

超スマート社会における  
情報教育カリキュラム標準の策定  
に関する調査研究

[文部科学省先導的の大学改革推進委託事業]

平成 29 年度報告書

平成 30 年 3 月

一般社団法人 情報処理学会

「超スマート社会における  
情報教育カリキュラム標準の策定  
に関する調査研究」

事業実施統括委員会

# 目次

はしがき

研究の概要

はじめに

A 部 情報教育カリキュラム標準の策定に関する  
調査及び指針の策定

B 部 情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

C 部 教養教育として必要な  
情報教育カリキュラム標準の策定

D 部 専門基礎教育段階に対する  
情報教育カリキュラム標準の策定方策の提言

各部は、その先頭に色紙おいてによって区分けてしてある。

# 研究の概要

## • 研究目的

この調査研究は、文部科学省先導的・大学改革推進委託事業「超スマート社会における情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査研究」として実施したものである。大学学部段階における情報学の専門教育の指標となっている「大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J 9 7」や「情専門学科カリキュラム J 0 7」の内容を、最新の科学技術の進展や国際的動向、日本学術会議の策定した「大学の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野」（情報学分野の参照基準）などを踏まえた新たなカリキュラム標準として見直す必要がある。本事業では、高等教育機関における情報学の専門教育の現状、国際的な動向、新たなカリキュラム標準に対する産業界の要望、などについて調査し、大学の情報系学部学科の教育の在り方、及び非情報系学部学科において共通的に求められる情報教育の在り方、について有識者による検討を行い、『新たなカリキュラム標準の体系案』について提言を得ることを目的としている。

## • 研究組織

この調査研究は、教育担当理事を中心とする情報処理学会理事と情報処理教育委員会の委員長・J17WG 主査等からなる事業実施統括委員会が統括の下に行った。事業実施統括委員会の構成はつぎの通りである。

### 事業実施統括委員会

委員長	高岡 詠子	情報処理学会教育担当理事（上智大学）
副委員長	美馬 のゆり	情報処理学会教育担当理事（公立はこだて未来大学）
委員	萩谷 昌己	情報処理教育委員長（東京大学）
委員	浅井 光太郎	情報処理学会副会長（三菱電機(株)）
委員	今岡 仁	情報処理学会理事（NEC データサイエンス研究所）
委員	北村 操代	情報処理学会理事（三菱電機(株)情報技術総合研究所）
委員	鳥澤 健太郎	情報処理学会理事（情報通信研究機構）
委員	中川 八穂子	情報処理学会理事（(株)日立製作所）
委員	長谷川 輝之	情報処理学会理事（KDDI(株)）
委員	笈 捷彦	情報処理教育委員会 J17WG 主査（元早稲田大学）
委員	掛下 哲郎	海外動向調査 WG 主査（佐賀大学）
委員	角田 博保	CS 学科領域 WG 主査（元電気通信大学）
委員	寺田 真敏	サイバーセキュリティ(CyS) WG 主査（中央大学）

委員	中野 美由紀	データサイエンス(DS)WG 主査(産業技術大学院大学)
委員	佐渡 一広	教育認定(AC)WG 主査(群馬大学)
委員	稲垣 知宏	教養基礎教育段階(GE)WG 主査(広島大学)
委員	長尾 和彦	専門基礎教育段階(Eng)WG 主査(弓削商船高等専門学校)

事業の実施には、情報処理学会情報処理教育委員会の委員の多くがあたった。具体的には、下に示す通り、本事業の事業項目ごとにWGを設置して実作業を行った。WGの主査は、原則として情報処理教育委員会の委員であった。WGの委員は、そのWGが担当する事業内容に該当する既設の教育関係委員会が存在している場合は、ほとんどがその該当委員会の委員であった。WGの委員リストは個別の調査研究の報告の中に記すこととし、ここではWGとその主査だけを記す。

- (A) 情報教育カリキュラム標準の策定に関する、調査及び指針の策定
  - ・ 海外動向調査WG 主査 掛下 哲郎(佐賀大学)
- (B) 情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言
  - ・ CS 学科領域WG 主査 角田 博保(元電気通信大学)
  - ・ IS 学科領域WG 主査 富澤 眞樹(前橋工科大学)
  - ・ CE 学科領域WG 主査 岡部 忠(東海大学)
  - ・ SE 学科領域WG 主査 井上 克郎(大阪大学)
  - ・ IT 学科領域WG 主査 駒谷 昇一(奈良女子大学)
  - ・ サイバーセキュリティ(CyS)WG 主査 寺田 真敏(中央大学)
  - ・ データサイエンス(DS)WG 主査 中野 美由紀(産業技術大学院大学)
  - ・ 教育認定(AC)WG 主査 佐渡 一広(群馬大学)
- (C) 教養教育として必要な情報教育カリキュラム標準の策定
  - ・ 教養基礎教育段階(GE)WG 主査 稲垣 知宏(広島大学)
- (D) 専門基礎教育段階に対する情報教育カリキュラム標準の策定方策の提言
  - ・ 専門基礎教育段階(Eng)WG 主査 長尾 和彦(弓削商船高等専門学校)

## ・ 研究期間および経過

**研究期間：**受託日から平成30年3月末日まで

**研究経過：**

本研究調査は、WGの主査が担当作業の実施を主導して行った。

WG相互の情報交換は、WG間連絡会議を月に1回を目途としてつぎのとおりで開催した。このうち、括弧書きしたのは、委託事業開始に向けての準備会として開催したものである。

(11月24日)、12月22日、1月22日、2月19日

同じく月に1回を目途として事業実施統括委員会をつぎの通りに開催して、その期間の調査研究の進展についてWGの報告を聴取するとともに、進捗の管理



運営にあたった。

(11月29日)、12月27日、1月22日、3月27日

3月13日9:30～12:00には、情報処理学会第80回全国大会の中で、「カリキュラム標準 J17 と情報教育」と題するシンポジウムを開催して、この委託事業によって策定を行った専門学科向けカリキュラム標準を中心にその内容を紹介し、産学両サイドの立場からの反応を聞き意見交換を行った。また、3月13日13:20～15:50には「新しい一般情報教育の知識体系」と題するシンポジウムを開催して、この委託事業によって策定を行った一般情報教育のカリキュラム標準の内容について、その知識体系を紹介するとともに、新たな一般情報教育をどのように進めていくのか、現状の課題と最新の動向、将来へ向けた産学の期待について意見交換を行った。また、3月15日の9:30～12:00には「ソウル協定と情報専門分野の認定」と題するシンポジウムを開き、この委託事業で行ったカリキュラム標準と教育認定での認定基準との相互比較結果について報告を行った。

また、文部科学省の担当者には、月1回を目途としてつぎの日取りで事業進捗の報告を行った。

12月27日、3月6日

## ● 本報告書の構成

本報告書の構成は、次の通りである。

各WGによる調査研究の報告を単位報告として、A部、B部、C部、D部の4部に分けて構成し、その合本の形で構成してある。各部の先頭には色紙を置いて、それぞれの区分が一瞥できるようにした。

A部は「情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査及び指針の策定」に関する報告が集めてある。具体的にはつぎの2つの項目に対する報告書からなる。

- 情報教育カリキュラム標準の策定に関する指針の策定
- 情報教育カリキュラム標準の策定に関する海外調査

B部は「情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言」に関する報告が集めてある。具体的にはつぎの8つの項目に対する報告書からなる。

- カリキュラム標準 CS
- カリキュラム標準 IS

- カリキュラム標準 CE
- カリキュラム標準 SE
- カリキュラム標準 IT
- 側面別カリキュラム標準 Cyber Security
- 側面別カリキュラム標準 Data Science
- 教育認定

C部は「教養教育として必要な情報教育カリキュラム標準の策定」の報告書を収めている。

D部は「専門基礎教育段階に対する情報教育カリキュラム標準の策定方策の提言」の報告書を収めている。

□

# はしがき

本報告書は、情報処理学会が文部科学省先導的の大学改革推進委託事業「超スマート社会における情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査研究」を受託して行った調査研究の結果を取りまとめたものである。その調査研究は、実質的に情報処理学会の情報処理教育委員会が担当して行った。ここでは、この委託事業を受託することになった背景を説明し、その事業実施の状況を記しておく。

情報処理教育委員会は、情報処理学会として初めて理工系の情報専門学科向けのカリキュラム J90 を策定したのを機に設置された委員会である。設立当初の活動対象は、主として大学における情報専門教育にあった。1997年には日本国内の状況に即した「大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97」を公開・出版している。

その後、この委員会の活動対象はカリキュラム検討から広がって、教育認定（ア krediyteeshon）制度の導入を検討にまで進んだ。折しも工学分野でも教育認定制度の導入が検討されていたこともあって、情報処理学会は日本工学教育認定機構（JABEE）に参画することになった。JABEE の認定制度を立ち上げるには、認定の基準を定める必要が生じ、それには標準的なカリキュラムがあることが役にたった。当時、想定されていた学科の形としては、コンピュータサイエンス（CS）、情報システム（IS）が主であったが、よりハードウェアに近い部分を対象とするコンピュータ工学（CE）や、大規模ソフトウェアシステムを対象とするソフトウェア工学（SE）も対象としたものも含めて、標準カリキュラムが策定されて来っていた。

米国では、ACM/IEEE-CS/AIS が継続的に標準カリキュラムの改定作業を行なっていたが、1990年代後半のインターネットとウェブシステムの誕生・発展によって、それら IT を駆使したシステムを対象とする技術者育成を目標とする新しい形の学科が生まれてきたことを受けて、インフォメーションテクノロジー（IT）という標準カリキュラムが誕生した。J97 策定から 10 年後には、情報処理学会としても J97 の改定を行うべきだという声に押されて情報処理教育委員会が主体となって 2007 年度に策定したカリキュラム標準は J07 と呼ばれることになった。

早いもので、それから 10 年が経とうとしている。技術発展が急激である情報分野にあっては、10 年一昔どころか、10 年経つと枠組みから物事が変わってしまう。情報処理教育委員会でも遅くとも 2017 年度には J07 の改定を終えて J17 として世に問うべきであるということになり、準備を進めていたところであった。

2016 年 3 月には、日本学術会議が情報学分野に対する学部教育の参照基準を公表した。この参照基準が策定される過程では、情報処理教育委員会でもあれこれと議論し意見発表などもして大いに貢献したのであった。その参照基準では、従来からの「理工系」の情報専門教育で扱うことがらに加えて、「エ：情報を扱う人間社会に関する理解」という項目が付け加えられている。このエを J17 でどう扱うかは、J17 策定作業にとって一つの大きなポイントになることは必至である。

実際、大学側での動きを見ても、理工系に限定されることなく、文系学部にあっても「情報」を学科名や学部名に冠したものが多くなっていることに気がつく。J17 策定にあたっては、こうした学部学科の実態の調査も行う必要があると強く感じられるようになってきたタイミングで、文部科学省が先導的大学の改革推進委託事業の一環として 2016 年度の「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」に引き続き、2017 年度に「超スマート社会における情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査研究」というタイトルでの受託者を公募していることを知り、応募したところ受託するができたというのが背景である。

2016 年度の委託事業で行なった全大学を対象とする情報教育（共通基礎教育、専門基礎教育、専門学科教育を網羅）の現状調査、海外調査の結果を出発点として、この委託調査研究では、米国での情報教育カリキュラム策定状況の追加調査、欧州での情報教育カリキュラム策定の調査、豪州での情報教育カリキュラム調査を行うとともに、日本の状況を踏まえつつ国際的なカリキュラム標準を元に情報専門学科に対するカリキュラム標準の日本でのカリキュラム標準の策定を行った。加えて、J07 に引き続き、共通教育・教養教育過程での情報教育のカリキュラム標準の策定を行った。

新しいうねりとしてのサイバーセキュリティとデータサイエンスについては、それらの側面に限定して何をどのようにカリキュラムに落とし込むかの具体案作成に取り組んだ。サイバーセキュリティについては、成案を得るこ

とができたが、データサイエンスについては他国の状況を見てもカリキュラム標準を策定する段階までには内容が確定してきていないこともあって、次年度以降に向けての課題として残った。

情報専門学科以外の学科・学部においても、その専門基礎レベルでの情報教育が強く求められている。これに呼応する形でのカリキュラム策定へ向けて、一方で踏み込んだ提言をまとめることができた。

短期間の調査研究であったが、一定の成果が得られたことを多としたい。

「超スマート社会における情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査研究」

事業実施統括委員会委員長 高岡 詠子

## A 部

# 情報教育カリキュラム標準の策定に関する 調査及び指針の策定

この部は、つぎの 2 つの報告書からなる。それぞれの報告書は、その先頭に色紙を置いて区分してある

情報教育カリキュラム標準の策定に関する指針の策定

情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査 (FV)

。

情報教育カリキュラム標準の策定に関する  
指針の策定

# 情報教育カリキュラム標準の策定に関する 指針の策定

## 目次

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. はじめに                              | 1 |
| 2. 参照基準への対応 - CS, IS, CE, SE, IT, GE | 2 |

## 事業実施統括委員会

高岡 詠子(委員長)	上智大学
美馬 のゆり(副委員長)	公立はこだて未来大学
萩谷 昌己	東京大学
浅井 光太郎	三菱電機(株)
今岡 仁	NEC データサイエンス研究所
北村 操代	三菱電機(株)情報技術総合研究所
鳥澤 健太郎	情報通信研究機構
中川 八穂子	(株)日立製作所
長谷川 輝之	KDDI(株)
笥 捷彦	
掛下 哲郎	佐賀大学
角田 博保	
寺田 真敏	中央大学
中野 美由紀	産業技術大学院大学
佐渡 一広	群馬大学
稲垣 知宏	広島大学
長尾 和彦	弓削商船高等専門学校



## 1. はじめに

事業統括委員会は、この事業全般にわたる調査研究事業の指針を立て、事業項目ごとに  
もうけた担当 WG の活動全般を統括した。

情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査としては、前年の調査を補充することを  
目的として、米国の未訪問大学、欧州の複数の国、オーストラリアを対象とすることとし、  
調査項目・質問項目を文書として用意した上で訪問先の交渉が行われ、オーストラリアは  
ACS (Australian Computer Society) から文書で回答をしてくれるとの申し出があったの  
で、直接訪問することを割愛した。

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定に関しては、情報処理教育  
委員会の下に設けられているカリキュラム対応の委員会である、コンピュータ科学教育委  
員会、情報システム教育委員会、コンピュータエンジニアリング教育委員会、ソフトウェ  
アエンジニアリング教育委員会、インフォメーションテクノロジー教育委員会に、WG を設  
けて、それぞれ J07 の CS, IS, CE, SE, IT のカリキュラム標準を元に、ACM/IEEE-CS/AIS  
で進められている対応カリキュラム標準の改定も参考にして、策定を行うことを求めた。

その策定結果を相互に俯瞰できるよう、日本学術会議が定めている情報学分野に対する  
学部教育の参照基準を使って、それぞれのカリキュラム標準が、そこに挙げられている知  
識・スキルの項目にどのように対応するものに仕上げられているかを示すことを求めた。

サイバーセキュリティ、データサイエンスに関しては、それぞれの分野が専門内容とし  
ている知識・技術を洗い出し、それらの知識・技術の学習だけに特化したカリキュラムの  
策定を試みることにした。これらが策定できたら、それらを「側面別カリキュラム標準」  
と呼ぶことにした。サイバーセキュリティもデータサイエンスも社会的・産業的に注目さ  
れているだけに、側面別カリキュラム標準が策定できれば、それらを取り込んだ形で情報  
専門学科カリキュラムや一般情報教育カリキュラムを構成したり説明したりすることが容  
易になることが期待される。

情報処理教育委員会の下に設けられているカリキュラム対応の委員会には一般情報教育  
委員会もある。この委員会には、WG を設けて、J07 での対応カリキュラム標準である J07-  
GE を元に教養教育・一般情報教育の新しいカリキュラム標準の策定を求めた。

専門基礎教育段階に対する情報教育カリキュラム標準に関しては、CS, IS, CE, SE, IT の

カリキュラム標準が策定できれば、その必要部分を抜き出して、理工系の他学部・他学科向けの専門基礎教育段階に対する情報教育カリキュラム（いわゆる副専攻カリキュラム）を策定できることが期待される。しかしながら、今回の比事業実施期間が短いことを考えると、CS, IS, CE, SE, IT のカリキュラム標準策定を行う WG に副専攻カリキュラムまで策定する時間余裕はない。そこで、別に WG を設けてこうした課題について調査研究を行ってもらったこととした。

## 2. 参照基準への対応 — CS, IS, CE, SE, IT, GE

CS, IS, CE, SE, IT, GE それぞれのカリキュラム標準の大枠が固まった時点で、情報学分野の学部教育参照基準に盛り込まれている知識・スキルの項目表にそのカリキュラム標準が対応しているものに印をつける作業をしてもらった。その結果を表 1～表 6 に示す。

それぞれの表で、右側に並べられている列は、そのカリキュラム標準の大項目にあたる分類に対しての。大項目の立て方は、カリキュラム標準によって異なるから、列の数も違っている。また、WG 間連絡会議で議論をしてもらったものの、カリキュラム標準策定の途中段階にあっては参照基準の項目に「対応している」ことの深さ・強さを統一的な記号や数値で表すところまでには至らなかった。

それでも、学科類型の CS, IS, CE, SE, IT がどんな違いを持つのか、どんな共通性があるのかを見たいし、共通教育・一般基礎教育段階な GE とどんな違いが見られるのかを見たい。そこで、「対応している」という記号が一つでも書かれていれば“●”をつける（一つも記号がついてなければ空欄とする）ことにして、CS, IS, CE, SE, IT, GE の「対応」状況を示したのが表 7 である。見ての通り、「対応」することの意味づけや、その深さ・強さの表記が統一されていないまま、「一つでも印が付いていれば」“●”としたので、例えば CS は全ての項目に“●”がついている、といった具合に、細かいところまで読み取ることとはとてもできない。それでいながらも、部分部分ではカリキュラム標準同士での違いがすけて見えている。

これを出発点として、相互に知恵を出し合って、参照基準を介して、それぞれのカリキュラム標準の特徴がわかりやすく表示できる方法が生み出されることを期待したい。

領域名	調査項目名	内容	AL	AR	CN	DS	GV	HCI	IAS	IM	IS	NC	OS	PB	PD	PL	SD	SE	SF	SP	MR	
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味)	・生命にとっての意味と価値			○		○			○												○
	情報の種類(広義、狭)	・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な情報)									○											○
	情報と記号(情報は、記)	・類似記号(意味内容と類似したパターン)									○											○
	記号の意味解釈(意味情報)	・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味)			○						○											○
情報の変換と伝達	コミュニケーション(情報)	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体のモ)			○					○												○
	社会的価値の創造(情報)	・個々の選択行動が、経路経路や生存競争を			○					○												○
情報の表現・蓄積・管理	情報量	・シャノン情報量、エントロピー								○												○
	量子化(離散化)、構造化	・ナキスト周波数								○												○
	圧縮、符号	・データ圧縮、誤り検出訂正								○												○
情報の認識と分析	符号	・共通鍵符号、公開鍵符号								○												○
	データ	・文字コード、数値の表現								○												○
	データ構造	・配列、木、グラフ、集合	○		○	○	○			○												○
計算	データベース	・データモデル								○												○
	信号処理	・フィルタリング、ノイズ除去								○												○
	パターン認識	・音声認識、画像認識								○												○
各種の計算・アルゴリズム	環境学習	・教師あり学習、教師なし学習								○												○
	データマイニング	・回帰分析、クラスティング								○												○
	計算モデル	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)	○		○	○	○			○												○
コンピュータのハードウェア	アルゴリズム	・確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散	○		○	○	○			○												○
	計算の限界	・計算可能性、不完全性定理	○		○	○	○			○												○
	計算の効率	・計算量、計算量の階層	○		○	○	○			○												○
入出力装置	計算の表現	・プログラミング言語、形式意味論								○												○
	計算の正しさ	・プログラム論理、検証								○												○
	探索、整列	・文字列探索、整列アルゴリズム	○		○	○	○			○												○
基本ソフトウェア	木・グラフアルゴリズム	・二分木、B/D、ゲーム木	○		○	○	○			○												○
	数値計算	・行列(逆行列、固有値分解)	○		○	○	○			○												○
	シミュレーション	・数値モデル	○		○	○	○			○												○
情報システムを開発する技術	最適化	・線形計画法	○		○	○	○			○												○
	計算幾何	・三角形分割、ボロノイ図	○		○	○	○			○												○
	自動推論	・演出原理、モデル検査	○		○	○	○			○												○
情報システムを開発する技術	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法								○												○
	素子	・半導体、IC、VLSI								○												○
	デジタル回路	・組合せ回路、順序回路								○												○
情報システムを開発する技術	コンピュータアーキテク	・マイクロアーキテク、制御方式								○												○
	インタフェース	・シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース								○												○
	出力装置	・プリンタ、ディスプレイ、アクチュエータ								○												○
情報システムを開発する技術	入力装置	・キーボード、ポインティングデバイス、タッチパ								○												○
	二次記憶装置	・磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD								○												○
	オペレーティングシステ	・マルチタスク、マイクロカーネル、仮想機械								○												○
情報システムを開発する技術	モデルウェア	・DBMS、トランザクション、ネットワークサービ								○												○
	プログラミング言語と書	・プログラミング言語(低水準言語/高水準								○												○
	コミュニケーション	・非文字的情報、言語情報								○												○
情報システムを開発する技術	メディア~技術的・文化	・機械的な情報技術(印刷物関連)~文字情								○												○
	記憶、参加、デジタルデ	・記憶と記憶、参加と接続、情報格差								○												○
	報道、シミュレーション、	・報道の限界、計算の限界、科学的データと意								○												○
情報システムを開発する技術	情報倫理と社会組織の	・表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン								○												○
	経済システムと情報	・モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報								○												○
	存立と情報	・内部情報/外部情報、情報マネジメント、ババ								○												○
情報システムを開発する技術	アーカイブ	・映像、文書、図書館								○												○
	デジタル文化と資本	・SNSの文化								○												○
	近代社会からポ	・近代社会と情報技術、近代人と情報技術								○												○
情報システムを開発する技術	ポスト近代社会へ	・新たに求められる人間の能力、より民主的な社								○												○
	要求工学	・現場の観察法(フィールドワーク、エスノグラ								○												○
	システム工学	・システム思考、システム設計技法、システム案								○												○
情報システムを開発する技術	情報システムを記述する	・各種モデル化技法(構造化分析、データモデリ								○												○
	ソフトウェア工学	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデ								○												○
	プログラミング技術	・オブジェクト指向プログラミング								○												○
情報システムを開発する技術	情報システムの品質を保	・検証技術、テスト技法、ISO/IEC 9000/SQA/SQ								○												○
	プロジェクトマネジメント	・プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管								○												○
	情報システムを企画・構	・組織の改革・改善プロセス、業務モデリング、								○												○
情報システムを開発する技術	情報システムの利用	・利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング								○												○
	情報システムの運用、保	・ITサービスマネジメント								○												○
	企業・組織	・ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)、								○												○
情報システムを開発する技術	グローバルな組織と情報	・事業継続計画、環境に対する配慮								○												○
	安全・安心なシステム	・社会におけるさまざまな情報システム、情報シ								○												○
	社会制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アク								○												○
情報システムを開発する技術	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造、								○												○
	ユーザインタフェース設	・ユーザインタフェース指針、ユーザビリティア								○												○
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタ								○												○
情報システムを開発する技術	可視化	・情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション、								○												○
	情報処理・計算・データ	・情報の構造を設計する能力								○												○
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力								○												○
情報システムを開発する技術	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極								○												○
	創造性	・創造力、想像力、想像力								○												○
	論理的思考・計算論的思	・論理的思考能力、論理的厳密さ・演繹する能								○												○
情報システムを開発する技術	課題発見・問題解決	・問題発見能力、問題解決能力、システム思考								○												○
	コミュニケーション	・コミュニケーション能力、プレゼンテーション能								○												○
	チームワーク/リーダー	・協働性、リーダーシップ、ストレス耐性								○												○
情報システムを開発する技術	分野開拓・自己啓蒙	・主体的に学習する能力								○												○

図 1 参照基準への対応—CS

領域名	調査項目名	内容	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味作	・生命にとっての意味と価値	★							
	情報の種類(広義、狭義)	・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な情報)		◇						
	情報と記号(情報は、記号)	・類似記号(意味内容と類似したパターン)								
	記号の意味解釈(意味解釈)	・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味)		○						
	コミュニケーション(情報をも	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体のモデ		◇						
	社会的価値の創造(情報処	・個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を通じ								
情報の変換と伝達	情報量	シャノン情報量、エントロピー								
	量子化(離散化)、環本化	ナイキスト周波数								
	圧縮、符号	データ圧縮、誤り検出訂正								
情報の表現・蓄積・管理	データ	文字コード、数値の表現		○						
	データ構造	・配列、木、グラフ、集合		○						
	データ型	型検査、型推論		○						
	データベース	・データモデル		○						
情報の認識と分析	信号処理	フィルタリング、ノイズ除去								
	パターン認識	音声認識、画像認識								
計算	機械学習	・教師あり学習、教師なし学習								
	データマイニング	回帰分析、クラスティング	○							
	計算モデル	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)								
	アルゴリズム	線形的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散アル								
	計算の限界	計算可能性、不完全性定理								
	計算の効率	計算量、計算量の階層								
	計算の表現	プログラミング言語、形式意味論								
各種の計算・アルゴリズム	計算の正しさ	プログラム論理、検証								
	探索、整列	文字列探索、整列アルゴリズム								
	木・グラフアルゴリズム	・二分木、BDD、ゲーム木								
	数値計算	・行列(逆行列、固有値分解)								
	シミュレーション	・数値モデル								
	最適化	・線形計画法								
	計算幾何	三角形分割、ボロノイ図								
コンピュータのハードウェア	自動推論	導出原理、モデル検査								
	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法								
	素子	半導体、ゲート、VLSI								
入出力装置	デジタル回路	・組み合わせ回路、順序回路								
	コンピュータアーキテクチャ	・マイクロアーキテクチャ、制御方式	★							
基本ソフトウェア	インタフェース	シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース								
	出力装置	プリンタ、ディスプレイ、アクチュエータ								
社会において情報創造・伝達と	入力装置	キーボード、ポインティングデバイス、タッチパネル、								
	二次記憶装置	磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD、SSD								
	オペレーティングシステム	・モノリシック、マイクロカーネル、仮想機械						○		
	ミドルウェア	DBMS、トランザクション、ネットワークサービス、	○					○		
	プログラミング言語と言語	・プログラミング言語(低水準言語/高水準言語、文								
	コミュニケーション	非文字的情報、言語情報	◇							
	メディア～技術的・文化的	・機械的な情報技術(印刷物関連)～文字情報の								
	認識、参加、デジタルパ	認識と認識、参加と排他、情報格差	○							
	観測、シミュレーション、制	観測の限界、計算の限界、科学的データと意思決	○							
	情報倫理と社会組織の	表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン	○	○						
	経済システムと情報	モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報シ	○	○						
	存在と情報	内部情報/外部情報、情報マネジメント、パブリック	○	○						
	情報技術を基盤に	アーカイブ	映像、文書、図書館							
	した文化	デジタル文化と資本	・SNSの文化							
近代社会からポスト近代社会へ	近代社会の価値と人間	近代社会と情報技術、近代人と情報技術								
情報システムを開発する技術	ポスト近代社会への移行	新たに求められる人間の能力、より民主的な社会								
	要求工学	・環境の観察法(フィールドワーク、エスノグラ							○	
	システム工学	システム思考、システム設計技法、システム実装技							○	
	情報システムを記述する技	各種モデル化技法(構造化分析、データモデリン	○						○	
	ソフトウェア工学	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデル、ド							○	
	プログラミング技術	・オブジェクト指向プログラミング							○	
	情報システムの品質を保証	検証技術、テスト技法、ISO/IEC SQUAREシリーズ							○	
	プロジェクトマネジメント	プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管理、							○	
	情報システムを企画・構想	組織の改革・改善プロセス、業務モデリング、IT投						○	○	
	情報システムの利用	利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング、改						○	○	
情報システムの効果を得るための技術	情報システムの運用、保	ITサービスマネジメント						○	○	
	企業・組織	ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)、内部						○	○	
	グローバルな組織と情報シ							○	○	
	安全・安心なシステム	・事業継続計画、環境に対する配慮						○	○	
	社会制度	・社会におけるさまざまな情報システム、情報システ	○					○	○	
情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法	法制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アクセス、	○					○	○	
	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造、Fitts								
	ユーザインタフェース設計	ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、アクセ							○	
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタフェー								
情報学を学ぶ学生が獲得すべき専門的能力(情報創造性)	可視化	情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション、デー								
	情報処理・計算・データ分	・情報の構造を設計する能力			○					
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力				○				
	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極的に	○	○						
情報学を学ぶ学生が獲得すべきジェネリックスキル	創造性	創造力、構想力、想像力	★							
	論理的思考・計算論的思考	・論理的思考能力、論理的厳密さ・演繹する能力								
	課題発見・問題解決	課題発見能力、問題解決能力、システム思考、クリ								
	コミュニケーション	コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力								
	チームワーク・リーダーシッ	協働性、リーダーシップ、ストレス耐性								
分野開拓・自己啓発	主体的に学習する能力									
			◇			J17で追加				

図 2 参照基準への対応－IS



領域名	調査項目名	内容	回	エ	コ	プ	コ	デ	短	短	シ	コ	情	プ	ブ	デ	ソ	ソ	シ	イ
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味)	・生命にとっての意味と価値																		
	情報の種類(広義、狭)	・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な積)																		
	情報の記号(情報は、記)	・類似記号(意味内容と類似したパターン)																		
	記号の意味解釈(意味解)	・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味)																		
情報の変換と伝達	コミュニケーション(情報)	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体の生)																		
	社会的価値の創造(情報)	・個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を																		
	情報量	・シャノン情報量、エントロピー																		
	量子化(離散化)、標本化	・ナイキスト周波数																		
情報の表現・蓄積・管理	圧縮、符号	・データ圧縮、誤り検出訂正																		
	符号	・共通鍵暗号、公開鍵暗号																		
	データ	・文字コード、数値の表現																		
	データ構造	・配列、木、グラフ、集合																		
情報の認識と分析	データ型	・型検査、型推論																		
	データベース	・データモデル																		
	信号処理	・フィルタリング、ノイズ除去																		
	パターン認識	・音声認識、画像認識																		
計算	機械学習	・教師あり学習、教師なし学習																		
	データマイニング	・回帰分析、クラスターリング																		
	計算モデル	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)																		
	アルゴリズム	・確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散																		
各種の計算・アルゴリズム	計算の限界	・計算可能性、不完全性定理																		
	計算の効率	・計算量、計算量の階層																		
	計算の表現	・プログラミング言語、形式意味論																		
	計算の正しさ	・プログラム論理、検証																		
コンピュータのハードウェア	探索、検別	・文字列探索、検別アルゴリズム																		
	木・グラフアルゴリズム	・二分木、BDD、ゲーム木																		
	数値計算	・行列(逆行列、固有値分解)																		
	シミュレーション	・数値モデル																		
入出力装置	最適化	・線形計画法																		
	計算幾何	・三角形分割、ボロノイ図																		
	自動推論	・推論原理、モデル検査																		
	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法																		
基本ソフトウェア	素子	・半導体、ゲート、VLSI																		
	デジタル回路	・組み合わせ回路、順序回路																		
	コンピュータアーキテク	・マイクロアーキテクチャ、制御方式																		
	インタフェース	・シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース																		
社会において情報創造・伝達・流通を扱う人間	出力装置	・プリンタ、ディスプレイ、アクチュエータ																		
	入力装置	・キーボード、ポインティングデバイス、タッチパネ																		
	二次記憶装置	・磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD、SSD																		
	オペレーティングシステム	・ファイルシステム、マイクロカーネル、仮想機械																		
近代社会からポスト近代社会へ	ミドルウェア	・DBMS、トランザクション、ネットワークサービス																		
	プログラミング言語と言語	・プログラミング言語(低水準言語/高水準言語)																		
	コミュニケーション	・非文字的情報、言語情報																		
	メディア〜技術的・文化的	・機械的な情報技術(印刷物関連)〜文字情報																		
情報システムを開発する技術	討論、参加、デジタル化	・情報と価値、参加と接続、情報格差																		
	制御、シミュレーション	・制御の限界、計算の限界、科学的データと意思																		
	情報倫理と社会規範	・表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン																		
	経済システムの存在と情報	・モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報																		
情報技術を基盤にした文化	組織マネジメント	・内部情報/外部情報、情報マネジメント、ババ																		
	アーカイブ	・録音、文書、図書館																		
	デジタル文化と資本	・SNSの文化																		
	近代社会の価値と人間	・近代社会と情報技術、近代人と情報技術																		
情報システムを構築する技術	ポスト近代社会への移行	・新たに求められる人間の能力、より民主的な社																		
	要求工学	・現場の観察法(フィールドワーク、エスノグラ																		
	システム工学	・システム思考、システム設計技法、システム案																		
	情報システムを記述するソフトウェア工学	・各種モデル化技法(構造化分析、データモデリ																		
情報システムの効果を得るための技術	ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデ	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデ																		
	プログラミング技法	・オブジェクト指向プログラミング																		
	情報システムの品質を保	・検証技術、テスト技法、ISO/IEC 9000/SQUELリー																		
	プロジェクトマネジメント	・プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管																		
情報に関わる社会的システム	情報システムを企画・構	・組織の改革・改善プロセス、業務モデリング																		
	情報システムの利用	・利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング																		
	情報システムの運用、保	・ITサービスマネジメント																		
	企業・組織	・ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)																		
情報システムと人間のインタフェースに関する原理的検討	グローバルな組織と情報	・安全・安心なシステム																		
	安全・安心なシステム	・事業継続計画、環境に対する配慮																		
	社会制度	・社会におけるさまざまな情報システム、情報シ																		
	法制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アクセ																		
情報システムと人間のインタフェースに関する原理的検討	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造																		
	ユーザインタフェース設計	・ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、アク																		
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタ																		
	可視化	・情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション																		
情報システムと人間のインタフェースに関する原理的検討	情報処理・計算・データ分	・情報の構造を設計する能力																		
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力																		
	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極的																		
	創造性	・創造力、想像力、想像力																		
情報システムと人間のインタフェースに関する原理的検討	論理的思考・計算論的思	・論理的思考能力、論理的推論力・演繹する能																		
	課題発見・問題解決	・問題発見能力、問題解決能力、システム思考																		
	コミュニケーション	・コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力																		
	チームワーク・リーダー	・協働性、リーダーシップ、ストレス耐性																		
情報システムと人間のインタフェースに関する原理的検討	分野開拓・自己啓発	・主体的に学習する能力																		

図 3 参照基準への対応—CE

領域名	調査項目名	内容	Fou	Pro	Dis	Fou	Log	Fou	Fou	Sof	Mo	Sof	Sof	Vai	For	Sof	Hu	Dev	Intr	Bas	Adv	Ent	Emb
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味)	・生命にとっての意味と価値																					
	情報の種類(広義、狭)	・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な暗)																					
	情報と記号(情報は、記)	・類似記号(意味内容と類似したパターン)																					
情報の変換と伝達	記号の意味解釈(意味解)	・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味)																					
	コミュニケーション(情報)	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体のモ)																					
情報の表現・蓄積・管理	社会的価値の創造(情報)	・個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を																					
	情報量	・シャノウ情報量、エントロピー																					
	量子化(離散化)、標準化	・ビット、量子化																					
情報の認識と分析	圧縮、符号	・データ圧縮、誤り検出訂正																					
	符号	・共通鍵暗号、公開鍵暗号																					
	データ	・文字コード、数値の表現																					
計算	データ構造	・配列、木、グラフ、集合																					
	データ型	・型検査、型推論																					
	データベース	・データモデル																					
各種の計算・アルゴリズム	信号処理	・フィルタリング、ノイズ除去																					
	パターン認識	・音声認識、画像認識																					
	機械学習	・教師あり学習、教師なし学習																					
コンピュータのハードウェア	データマイニング	・回帰分析、クラスティング																					
	計算モデル	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)																					
	アルゴリズム	・確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散																					
入出力装置	計算の限界	・計算可能性、不完全性定理																					
	計算の効率	・計算量、計算量の階層																					
	計算の表現	・プログラミング言語、形式意味論																					
基本ソフトウェア	計算の正しさ	・プログラム論理、検証																					
	探索、探索	・文字列探索、線形アルゴリズム																					
	木・グラフアルゴリズム	・二分木、BDD、ゲーム木																					
社会において情報創造・伝達	数値計算	・行列(連行、固有値分解)																					
	シミュレーション	・数値モデル																					
	最適化	・線形計画法																					
情報システムを開発する技術	計算幾何	・三角形分割、ボロノイ図																					
	自動推論	・導出原理、モデル検査																					
	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法																					
情報システムを開発する技術	素子	・半導体、ゲート、VLSI																					
	デジタル回路	・組み合わせ回路、順序回路																					
	コンピュータアーキテク	・マイクロアーキテクチャ、制御方式																					
情報システムを開発する技術	インタフェース	・シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース																					
	出力装置	・プリンタ、ディスプレイ、プロジェクタ																					
	入力装置	・キーボード、ポインティングデバイス、タッチパネ																					
情報システムを開発する技術	二次記憶装置	・磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD																					
	オペレーティングシステム	・モノリシック、マイクロカーネル、仮想機械																					
	ミドルウェア	・DBMS、トランザクション、ネットワークサービス																					
情報システムを開発する技術	プログラミング言語と言	・プログラミング言語(低水準言語/高水準言																					
	コミュニケーション	・非文字的情報、言語情報																					
	メディア〜技術的・文化	・機械的な情報技術(印刷物関連)〜文字情																					
情報システムを開発する技術	討議、参加、デジタルデ	・読解と読説、参加と推説、情報格差																					
	観測、シミュレーション	・観測の限界、計算の限界、科学的データと意見																					
	情報倫理と社会組織の	・表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン																					
情報システムを開発する技術	経済システムと情報	・モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報																					
	組織マネジメント	・内部情報/外部情報、情報マネジメント、パブ																					
	アーカイブ	・映像、文書、図書館																					
情報システムを開発する技術	デジタル文化と資本	・SNSの文化																					
	近代社会からポスト近代社会への移行	・近代社会と情報技術、近代人と情報技術																					
	ポスト近代社会への移行	・新たに求められる人間の能力、より民主的な社																					
情報システムを開発する技術	要求工学	・現場の観察法(フィールドワーク、エスノグラ																					
	システム工学	・システム思考、システム設計技法、システム実																					
	情報システムを記述する	・各種モデル化技法(構造化分析、データモデル)																					
情報システムを開発する技術	ソフトウェア工学	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデ																					
	プログラミング技術	・オブジェクト指向プログラミング																					
	情報システムの品質を保	・検証技術、テスト技法、ISO/IEC 9000/REシリ																					
情報システムを開発する技術	プロジェクトマネジメント	・プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管																					
	情報システムを企画・構	・組織の改革、改善プロセス、業務モデリング																					
	情報システムの利用	・利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング																					
情報システムを開発する技術	情報システムの運用・保	・ITサービスマネジメント																					
	企業・組織	・ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)、																					
	グローバルな組織と情報	・安全・安心なシステム																					
情報システムを開発する技術	安全・安心なシステム	・事業継続計画、環境に対する配慮																					
	社会制度	・社会におけるさまざまな情報システム、情報シ																					
	法制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アク																					
情報システムを開発する技術	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造																					
	ユーザインタフェース設	・ユーザインタフェース設計、ユーザビリティ、アク																					
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタ																					
情報システムを開発する技術	可視化	・情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション																					
	情報処理・計算・データ	・情報の構造を設計する能力																					
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力																					
情報システムを開発する技術	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極																					
	創造性	・想像力、構想力																					
	論理的思考・計算論的思	・論理的思考能力、論理的推論力、演繹する能																					
情報システムを開発する技術	課題発見・問題解決	・問題発見能力、問題解決能力、システム思考																					
	コミュニケーション	・コミュニケーション能力、プレゼンテーション能																					
	チームワーク・リーダー	・協同性、リーダーシップ、ストレス耐性																					
情報システムを開発する技術	分野開拓・自己啓蒙	・主体的に学習する能力																					

図 4 参照基準への対応—SE

領域名	調査項目名	内容	Cyb	Glo	Info	Inte	Net	Plat	Sys	Sof	Use	We	App	Clo	Cyb	Dat	Inte	Mo	Sof	Soc	Virt	Pro	PBL
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味の種類(広義、狭義))	・生命にとっての意味と価値 ・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な暗																					
	情報と記号(情報は、記号の意味解釈(意味解	・類似記号(意味内容と類似したパターン) ・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味																					
	コミュニケーション(情報	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体のモ																					
情報の変換と伝達	情報の創造(情報	・個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を																					
	量子化(離散化)、離散化	・シャノン情報量、エントロピー																					
	圧縮、符号	・データ圧縮、誤り検出訂正																					
情報の表現・蓄積・管理	データ	・共通鍵暗号、公開鍵暗号																					
	データ構造	・文字コード、数値の表現																					
	データベース	・配列、木、グラフ、集合																					
情報の認識と分析	データ処理	・型検査、型推論																					
	パターン認識	・データモデル																					
	機械学習	・フィルタリング、ノイズ除去																					
計算	パターン認識	・音声認識、画像認識																					
	データマイニング	・教師あり学習、教師なし学習																					
	計算モデル	・回帰分析、クラスタリング																					
各種の計算・アルゴリズム	アルゴリズム	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)、																					
	計算の効率	・確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散																					
	計算の表現	・計算可能性、不完全性定理																					
コンピュータのハードウェア	計算の効率	・計算量、計算量の階層																					
	計算の表現	・プログラミン言語、形式意味論																					
	計算の正し	・プログラムの管理、検査																					
入出力装置	検査、検知	・文字列探索、整列アルゴリズム																					
	ホ・グラフアルゴリズム	・二分木、BDD、ゲーム木																					
	数値計算	・行列(逆行列、固有値分解)																					
基本ソフトウェア	シミュレーション	・数値モデル																					
	最適化	・線形計画法																					
	計算幾何	・三角形分割、ポロノイ図																					
社会において情報創造・伝達	自動推論	・導出原理、モデル検査																					
	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法																					
	素子	・半導体、ゲート、VLSI																					
情報システムを構築する技術	デジタル回路	・組み合わせ回路、順序回路																					
	コンピュータアーキテク	・組み合わせた回路、制御方式																					
	インタフェース	・マイクロアーキテクチャ、制御方式																					
情報システムを構築する技術	出力装置	・リアルタイムシステム、ネットワークインタフェース																					
	入力装置	・プリンタ、ディスプレイ、タッチパネル																					
	二次記憶装置	・キーボード、ポインティングデバイス、タッチパ																					
情報システムを構築する技術	オプティカルシステム	・磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD、																					
	ミドルウェア	・モリシック、マイクロカーネル、仮想機械																					
	プログラミング言語と言	・DBMS、トランザクション、ネットワークサービス、																					
情報システムを構築する技術	コミュニケーション	・プログラミング言語(低水準言語/高水準言																					
	メディア〜技術的・文化	・非文字的情報、言語情報																					
	討論、参加、デジタルデ	・機械的な情報技術(印刷物関連)〜文字情																					
情報システムを構築する技術	観測、シミュレーション	・監視と監視、参加と排除、情報格差																					
	情報倫理と社会組織の	・観測の限界、計算の限界、科学的データと意識																					
	経済システムと情報	・表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン																					
情報システムを構築する技術	組織マネジメント	・モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報																					
	アーカイブ	・内部情報/外部情報、情報マネジメント、パ																					
	デジタル文化と資本	・録音、文書、図書館																					
情報システムを構築する技術	近代社会からポスト近代社会へ	・SNSの文化																					
	近代社会の価値と人間	・近代社会と情報技術、近代人と情報技術																					
	ポスト近代社会への移行	・新たに求められる人間の能力、より民主的な社																					
情報システムを構築する技術	要求工学	・現場の観察法(フィールドワーク、エスノグラ																					
	システム工学	・システム思考、システム設計技法、システム実																					
	情報システムを記述する	・各種モデル化技法(構造化分析、データモデリ																					
情報システムを構築する技術	ソフトウェア工学	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデ																					
	プログラミング技術	・オブジェクト指向プログラミング																					
	情報システムの品質を保	・検証技術、テスト技法、ISO/IEC SQUAREシ																					
情報システムを構築する技術	プロジェクトマネジメント	・プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管																					
	情報システムを企画・構	・組織の改革・改善プロセス、業務モデリング、																					
	情報システムの利用	・利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング、																					
情報システムを構築する技術	情報システムの運用、保	・ITサービスマネジメント																					
	企業・組織	・ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)、																					
	グローバルな組織と情報	・安全・安心なシステム																					
情報システムを構築する技術	安全・安心なシステム	・事業継続計画、環境に対する配慮																					
	社会制度	・社会におけるさまざまな情報システム、情報シ																					
	法制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アク																					
情報システムを構築する技術	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造、																					
	ユーザインタフェース設	・ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、アク																					
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタ																					
情報システムを構築する技術	可視化	・情報デザイン、科学的ビジュアルイゼーション、																					
	情報処理・計算・デー	・情報の構造を設計する能力																					
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力																					
情報システムを構築する技術	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極																					
	創造性	・創造力、想像力																					
	論理的思考・計算論的思	・論理的思考能力・論理的厳密さ・演繹する能																					
情報システムを構築する技術	課題発見・問題解決	・問題発見能力、問題解決能力、システム思考																					
	コミュニケーション	・コミュニケーション能力、プレゼンテーション能																					
	チームワーク・リーダー	・協同性、リーダーシップ、ストレス耐性																					
情報システムを構築する技術	分野間協働・自己啓発	・主体的に学習する能力																					

図 5 参照基準への対応—IT



領域名	調査項目名	内容	情	情	コン	ア	デ	情	情	情	コン
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味作	・生命にとっての意味と価値	○								
	情報の種類(広義、狭義、	・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な増殖	○								
	情報と記号(情報は、記号	・類似記号(意味内容と類似したパターン)		○							
	記号の意味解釈(意味解釈	・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味解		○							
情報の変換と伝達	コミュニケーション(情報をも	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体のモデ	○								
	社会的価値の創造(情報処	・個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を通じ									
	情報量	シャノン情報量、エントロピー		○							
	量子化(離散化)、標本化	ナイキスト周波数		○							
情報の表現・蓄積・管理	圧縮、符号	データ圧縮、誤り検出訂正		○							
	番号	共通番号、公開鍵番号									
	データ	文字コード、数値の表現		○							
	データ構造	・配列、木、グラフ、集合					○				
情報の認識と分析	データ型	型検査、型推論						○			
	データベース	・データモデル						○			
	信号処理	フィルタリング、ノイズ除去									
	パターン認識	音声認識、画像認識									
計算	機械学習	・教師あり学習、教師なし学習									
	データマイニング	回帰分析、クラスタリング									
	計算モデル	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)、									
	アルゴリズム	確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散アル									
各種の計算・アルゴリズム	計算の限界	計算可能性、不完全性定理				○					
	計算の効率	計算量、計算量の階層				○					
	計算の表現	プログラミング言語、形式意味論									
	計算の正しさ	プログラム論理、検証									
コンピュータのハードウェア	探索、整列	文字列探索、整列アルゴリズム				○					
	木・グラフアルゴリズム	・二分木、BDD、ゲーム木									
	数値計算	・行列(逆行列、固有値分解)				○					
	シミュレーション	・数理モデル									
入出力装置	最適化	・線形計画法									
	計算幾何	三角形分割、ボロノイ図									
	自動推論	導出原理、モデル検査									
	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法									
基本ソフトウェア	素子	半導体、ゲート、VLSI									
	デジタル回路	・組み合わせ回路、順序回路				○					
	コンピュータアーキテクチャ	・マイクロアーキテクチャ、制御方式				○					
	インタフェース	シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース				○					
社会において情報が創造・伝達される	出力装置	プリンタ、ディスプレイ、アクチュエータ				○					
	入力装置	キーボード、ポインティングデバイス、タッチパネル、				○					
	二次記憶装置	磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD、SSD				○					
	オペレーティングシステム	・モニタリング、マイクロカーネル、仮想機械				○			○		
経済システムの存立と情報技術	ミドルウェア	DBMS、トランザクション、ネットワークサービス、							○		
	プログラミング言語と言語	・プログラミング言語(低水準言語/高水準言語、文				○					
	コミュニケーション	非文字的情報、言語情報	○								
	メディア～技術的・文化的	・機械的な情報技術(印刷物関連)——文字情報の									
情報システムを開発する技術	討議、参加、デジタルデバ	理解と誤解、参加と排除、情報格差									
	観測、シミュレーション、制	観測の限界、計算の限界、科学的データと意思決									
	情報倫理と社会組織の	表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン									○
	経済システムと情報	モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報シス									
情報技術の発展に	組織マネジメント	内部情報/外部情報、情報マネジメント、パブリック・									
	アーカイブ	映像、文書、図書館									
	デジタル文化と資本	・SNSの文化							○		
	近代社会からポスト近代社会へ	近代社会と情報技術、近代人と情報技術									
情報システムを開発する技術	ポスト近代社会への移行	新たに求められる人間の働き、より民主的な社会									
	要求工学	・現場の観察法(フィールドワーク、エスノグラ									
	システム工学	システム思考、システム設計技法、システム実装技									
	情報システムを記述する技	各種モデル化技法(構造化分析、データモデリン									○
情報システムの品質を	ソフトウェア工学	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデル、ド									
	プログラミング技術	・オブジェクト指向プログラミング									○
	情報システムの品質を	検証技術、テスト技法、ISO/IEC SQuaREシリーズ									
	プロジェクトマネジメント	プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管理、									
情報システムの効果を得るための	情報システムを企画・構想	・組織の改革・改善プロセス、業務モデリング、IT投									
	情報システムの利用	利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング、改									○
	情報システムの運用、保	ITサービスマネジメント									○
	企業・組織	ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)、内部									○
情報に関する社会的なシステム	グローバルな組織と情報シ										
	安全・安心なシステム	・事業継続計画、環境に対する配慮									
	社会制度	・社会におけるさまざまな情報システム、情報システ									○
	法制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アクセス、									○
人間とのインタフェースに関する原理	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造、Fittz									
	ユーザインタフェース設計	ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、アクセ									
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタフェー	○								
	可視化	情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション、デー	○								
情報学を学ぶ学生が獲得すべき	情報処理・計算・データ分	・情報の構造を設計する能力									
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力									
	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極的に									○
	創造性	創造力、構想力、想像力									
情報学を学ぶ学生が獲得すべき	論理的思考・計算論的思考	・論理的思考能力・論理的厳密さ・演繹する能力									○
	課題発見・問題解決	問題発見能力、問題解決能力、システム思考、クリ									○
	コミュニケーション	コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力									○
	チームワーク・リーダーシ	協調性、リーダーシップ、ストレス耐性									
ジェネリックスキル	分野間転・自己啓発	・主体的に学習する能力									

図 6 参照基準への対応—GE



領域名	調査項目名	内容	GE	CS	IS	CE	SE	IT
情報一般の原理	情報と意味(情報は意味)	・生命にとっての意味と価値	●	●				
	情報の種類(広義、狭)	・生命情報(意味作用の源泉、身体技能的な指)	●	●				
	情報と記号(情報は、記)	・類似記号(意味内容と類似したパターン)	●	●				
	記号の意味解釈(意味解)	・人間をふくむ生物個体(記号の自律的な意味)	●	●				
情報の交換と伝達	コミュニケーション(情報)	・自律的な閉鎖系(人間をふくむ生物個体の主)	●	●				
	社会的価値の創造(情報)	・個々の選択行動が、試行錯誤や生存競争を	●	●				
	情報量	・シャノン情報量、エントロピー	●	●				
	量子化(離散化)、離散化	・ナイキスト周波数	●	●				
情報の表現・蓄積・管理	圧縮、符号	・データ圧縮、誤り検出訂正	●	●				
	番号	・共通鍵番号、公開鍵番号	●	●				
	データ	・文字コード、数値の表現	●	●				
	データ構造	・配列、木、グラフ、集合	●	●				
情報の認識と分析	データ型	・型検査、型推論	●	●				
	データベース	・データモデル	●	●				
	信号処理	・フィルタリング、ノイズ除去	●	●				
	パターン認識	・音声認識、画像認識	●	●				
計算	機械学習	・教師あり学習、教師なし学習	●	●				
	データマイニング	・回帰分析、クラスタリング	●	●				
	計算モデル	・オートマトン、形式言語(チョムスキー階層)	●	●				
	アルゴリズム	・確率的アルゴリズム、並列アルゴリズム、分散	●	●				
各種の計算・アルゴリズム	計算の限界	・計算可能性、不完全性定理	●	●				
	計算の効率	・計算量、計算量の階層	●	●				
	計算の表現	・プログラミング言語、形式意味論	●	●				
	計算の正しさ	・プログラム論理、検証	●	●				
コンピュータのハードウェア	探索、整列	・文字列探索、整列アルゴリズム	●	●				
	木・グラフアルゴリズム	・二分木、BDD、ゲーム木	●	●				
	数値計算	・行列(逆行列、固有値分解)	●	●				
	シミュレーション	・数値モデル	●	●				
入出力装置	最適化	・線形計画法	●	●				
	計算発回	・三角形分割、ボロノイ図	●	●				
	自動推論	・述出原理、モデル検査	●	●				
	自然言語処理	・形態素解析、句構造文法	●	●				
基本ソフトウェア	素子	・半導体、ゲート、VLSI	●	●				
	デジタル回路	・組み合わせ回路、順序回路	●	●				
	コンピュータアーキテク	・マイクロアーキテクチャ、制御方式	●	●				
	インタフェース	・シリアル、パラレル、ネットワークインタフェース	●	●				
情報システムを開発する技術	出力装置	・プリンタ、ディスプレイ、アクチュエータ	●	●				
	入力装置	・キーボード、ポインティングデバイス、タッチパ	●	●				
	二次記憶装置	・磁気記録、光学記録、半導体メモリ、HDD、	●	●				
	オペレーティングシステ	・モノリシック、マイクロカーネル、仮想機械	●	●				
情報システムを開発する技術	ミドルウェア	・DBMS、トランザクション、ネットワークサービ	●	●				
	プログラミング言語と言	・プログラミング言語(低水準言語/高水準言	●	●				
	コミュニケーション	・非文字的情報、言語情報	●	●				
	メディア～技術的、文化	・機械的な情報技術(印刷物関連)～文字情	●	●				
情報システムを開発する技術	討議、参加、デジタルデ	・距離と臨臨、参加と排除、情報格差	●	●				
	観測、シミュレーション、	・観測の限界、計算の限界、科学的データと意	●	●				
	情報倫理と社会組織の	・表現の自由と責任、知的財産、情報公開、イン	●	●				
	経済システムと情報	・モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報	●	●				
情報システムを開発する技術	経済システムと情報	・モノの生産と制御、ロジスティクスを支える情報	●	●				
	組織マネジメント	・内部情報/外部情報、情報マネジメント、パブ	●	●				
	アーカイブ	・録像、文書、図書館	●	●				
	デジタル文化と資本	・SNSの文化	●	●				
情報システムを開発する技術	近代社会からのポ	・近代社会と情報技術、近代人と情報技術	●	●				
	スト近代社会への	・新に求められる人間の能力、より民主的な社	●	●				
	要求工学	・現場の観察法(フィールドワーク、エスノグラ	●	●				
	システム工学	・システム思考、システム設計技法、システム実	●	●				
情報システムを開発する技術	情報システムを記述する	・各種モデル化技法(構造化分析、データモデル)	●	●				
	ソフトウェア工学	・ソフトウェア設計技法(オブジェクト指向モデ	●	●				
	プログラミング技術	・オブジェクト指向プログラミング	●	●				
	情報システムの品質を保	・検証技術、テスト技法、ISO/IEC SQwareシリー	●	●				
情報システムを開発する技術	プロジェクトマネジメント	・プロジェクト計画、チーム編成、プロジェクト管	●	●				
	情報システムを企画・構	・組織の改革・改善プロセス、業務モデリング、	●	●				
	情報システムの利用	・利用計画、利用推進、効果測定、トレーニング	●	●				
	情報システムの運用、保	・ITサービスマネジメント	●	●				
情報システムを開発する技術	企業・組織	・ビジネスモデル(事業の定義、業務プロセス)、	●	●				
	グローバルな組織と情報	・	●	●				
	安全・安心なシステム	・事業継続計画、環境に対する配慮	●	●				
	社会制度	・社会におけるさまざまな情報システム、情報シ	●	●				
情報システムを開発する技術	法制度	・サイバー犯罪(電磁記録の改ざん、不正アク	●	●				
	人間の認知特性	・Model Human Processor、人間の認知構造、	●	●				
	ユーザインタフェース設	・ユーザインタフェース指針、ユーザビリティ、ア	●	●				
	対話手法	・GUI部品、タッチインタフェース、音声インタ	●	●				
情報システムを開発する技術	可視化	・情報デザイン、科学的ビジュアライゼーション、	●	●				
	情報処理・計算・データ	・情報の構造を設計する能力	●	●				
	システム化	・システムの体系・構造を理解し表現する能力	●	●				
	情報倫理・情報社会	・情報一般の原理を自覚して情報社会に積極	●	●				
情報システムを開発する技術	創造性	・創造力、想像力、想像力	●	●				
	論理的思考・計算論的思	・論理的思考能力・論理的厳密さ・演繹する能	●	●				
	課題発見・問題解決	・課題発見能力、問題解決能力、システム思考	●	●				
	コミュニケーション	・コミュニケーション能力、プレゼンテーション能	●	●				
情報システムを開発する技術	チームワーク・リーダー	・協働性、リーダーシップ、ストレス耐性	●	●				
	分野開拓・自己啓発	・主体的に学習する能力	●	●				

図 7 参照基準への対応一全て

## 情報教育カリキュラム標準の策定に関する海外調査

## 情報教育カリキュラム標準の策定に関する海外調査

### 目次

1. 概要	1
2. 米国調査	2
3. 欧州調査	14
4. オーストラリア調査	28
5. ソフトウェア技術者の生産性および処遇に関する国際比較	32

### WG 構成

掛下 哲郎 (主査)	佐賀大学
上松 恵理子	武蔵野学院大学
斎藤 俊則	星槎大学

## 1. 概要

海外調査 WG では、「調査項目 1：高等教育機関における、情報学の専門性及び教育段階に応じた情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査及び指針の策定」に該当する内容を調査研究した。当 WG では海外動向（アメリカ、オーストラリア、EU）の調査を行い、その結果を各カリキュラム標準の検討 WG にフィードバックした。調査の結果得られた事項を以下にまとめる。調査の詳細については 2 節以降を参照されたい。

1. 米国では、ACM (Association for Computing Machinery) および IEEE-CS (IEEE Computer Society) が中心となって CS 2013 (Computer Science), CE2016 (Computer Engineering), SE2014 (Software Engineering), IS2010 (Information Systems), IT2017 (Information Technology), CSEC2017 (Cyber Security) 等のカリキュラム標準の策定を進めている。このうち CSEC2017 は 2018 年 2 月 22 日に公開されたため、J17 との整合性を図るためには 2018 年度以降も継続的な作業が必要である。
2. ACM は Data Science に関するカリキュラム標準の策定を進めており、今後 2 年程度の時間をかけて取りまとめる予定である。その過程では、産業界に対するニーズ調査も実施される予定である。
3. 米 ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) では情報分野も含む教育認定に取り組んでおり、米国国内の多くの情報専門学科が認定を受けている。ABET は最近、サイバーセキュリティに関する認定基準を策定した。ABET の認定基準と ACM 等のカリキュラム標準の間には直接の連携はないが、サイバーセキュリティについては、ABET の認定基準と CSEC2017 の間で用語の統一が図られている。
4. ACM は CC2020 プロジェクト<sup>1</sup>を立ち上げて、情報分野における各種のカリキュラム標準の全体像を明確にする取り組みを進めている。情報処理学会もこの取り組みに参画しており、2012 年 2 月の会合で J17 プロジェクトおよび情報学の参照基準の取り組みについて紹介し、意見交換を行った。
5. 米国では、Stanford 大学 (CS), Hofstra 大学 (CE), Kennesaw 州立大学 (IT) の 3 学科に対する調査を行った。教育カリキュラムは学科毎に特色があるが、教育認定を受けている学科の方が「情報学の参照基準」を幅広く網羅している傾向にある。
6. 欧州では、Bologna Process を通じて高等教育の質保証に取り組んでいる。米国とは異なり、大学教育は 3 年制を採用しているケースが多い。欧州では英国の大学および教育認定の取り組みが特に参考になる。

---

<sup>1</sup> Clear, A. et al., “CC2020: a vision on computing curricula”, Proc. SIGCSE, pp. 647-648, March 2017.

7. オーストラリアでは、共通知識体系 CBOK を通じた教育認定と IT 資格制度の連携が進んでいる。オーストラリアの大学は多くが 3 年制であり、CBOK を参照してカリキュラムを策定することが多い。
8. ソフトウェア技術者が置かれている状況には国によって大きな差がある。日本のソフトウェア技術者は労働時間が長く、年収においても低い水準にある。米国のソフトウェア技術者は、主観的生産指標や職務満足度が高いことから、人気の職業である。米国の求人票では、求められる能力が明確に定義されており、教育上の指標を与える上でも望ましい。

## 2. 米国調査

米国における調査は、以下の項目で構成される。

- Stanford 大学 (CS 分野) に対する訪問調査 (含 ACM CS2013 に関するヒアリング)
- Hofstra 大学 (CE 分野) および Kennesaw 州立大学 (IT 分野) に対するメール調査
- ABET/CAC および CSAB に対するメール調査
- CC2020 会合における情報処理学会の取り組み紹介および意見交換

### 2.1 Stanford 大学 (CS 分野) における情報教育

Stanford 大学は Times Higher Education 世界ランク 3 位として高く評価されている。カリフォルニア州 Palo Alto に位置し、学部学生総数 7,032 名、大学院生総数 9,304 名、教員総数 2,180 名、純資産 347 億ドル (約 3.7 兆円)、年間支出 54 億ドル (約 5,770 億円) の規模を有する。Stanford 大学は私立大学なので、政府から自動的に支給される助成金はない。しかし、各種の外部資金を獲得して費用を賄っている。

本節では Stanford 大学 Department of Computer Science における情報専門教育の概況と教育内容についてまとめる。なお、一部に大学全体に対する情報教育の説明を含む。

- 3 学期制 (秋, 冬, 春) を基本としたクォーター制を実施しており、毎学期の授業は 10 週で構成されている。1 時間の授業を 1 学期実施すると 1 Unit になる (日本と同様、授業時間外の学修は授業時間の 2 倍必要)。1 Course は最低 3 Unit で構成される。
- 教育カリキュラムは以下のとおり、一般教育科目 (全学科共通) と専門教育科目から構成されている。

	科目区分	必要 Unit 数等	備考
育一般科目	Thinking Matters	1 Course	
	Ways of Thinking / Doing	11 Course	
	Writing and Rhetoric	3 Course	

	科目区分	必要 Unit 数等	備考
	Language	4-5 Unit	
専門教育科目	Mathematics	26 Unit	
	Science	11 Unit	
	Technology in Society	1 Class	
	Engineering Fundamentals	13 Unit	
	Track (Core)	15 Unit	トラック毎に履修要件を指定
	Track (Depth, Elective)	25 Unit and 7 Course	
	Senior Project	1 Course	

- 学科としては Computer Science で、学位名称は Bachelor of Computer Science になる。学科の学生は 8 つあるトラックのいずれかを選択して、トラックの履修要件に合わせて授業を履修する。トラックのうち、人気のある Big 4 は以下のとおり。
  - Artificial Intelligence (72 名)
  - Human Computer Interaction (56 名)
  - Systems (50 名) : Operating Systems and Networks
  - Information (49 名) : Databases and Data Science
  - トラック毎の履修要件 (Program Sheet) は以下からダウンロードできる。  
<https://cs.stanford.edu/degrees/undergrad/ProgramSheets.shtml>
- Stanford 大学 CS 学科における専門教育科目の構成 (専門分野およびレベル別の科目数) を以下の表に示す。各科目はコース番号によって系統的に分類されており、シラバスは <https://cs.stanford.edu/degrees/undergrad/> から参照できる。

専門分野	レベル							総計
	0	1	2	3	4	5	8	
Introductory, miscellaneous	6	36	6	2	2		8	60
Hardware Systems		2	3	2				7
Artificial Language	3	1	9	4	1	1		19
Numerical Analysis		1	9	5		1		16
Software Systems	5	13	12	6	3	6		45
Mathematical Foundation of Computing	5	3	3	1				12
Analysis of Algorithms	1	5	3	2				11
Computational Biology and Interdisciplinary Topics		1	9	8	2			20
Professional Practice	1	3				1		5
Independent Study and Practicum		36	2	32	8			78
総計	21	101	56	62	16	9	8	273

レベルの定義を以下に示す.

レベル	定義	レベル	定義
0	非 CS 学科向け	3	大学院生向け (中級以上)
1	学部生向け (初級)	4	実験的授業
2	学部生向け (中級以上) または大学院生向け (初級)	5	大学院生向けセミナー
		8	その他

- 情報学の参照基準が定義するカテゴリごとの履修率を以下に示す. なお, 調査の際には回答者の主観に基づき, 以下の基準で **Teaching Status** の回答を収集し, それに基づいて履修率を推計したため, 誤差がある点に注意されたい. また, **Stanford** 大学の CS 学科はア krediyteshon 認定を受けていないため, 「5」 のカテゴリはない.

回答	履修率	説明
0	0	不明
1	12.5%	25%以下の学生が履修
2	37.5%	25~50%の学生が履修
3	62.5%	50~75%の学生が履修
4	87.5%	75%以上の学生が履修
5	100%	ア krediyteshon の認定基準で義務化されている

カテゴリ毎の履修率(%)



- 履修率が 75%を超える科目について, 対応するコース番号を以下の表のとおり収集した. コース番号からは, 対応する科目のシラバスへのリンクを張ってある.

コース番号.	コース名
<a href="#">CS103</a>	Mathematical Foundations of Computing
<a href="#">CS105</a>	Introduction to Computers
<a href="#">CS106A</a>	Programming Methodology
<a href="#">CS106B</a>	Programming Abstractions
<a href="#">CS106X</a>	Programming Abstractions (Accelerated)
<a href="#">CS107</a>	Computer Organization and Systems
<a href="#">CS108</a>	Object-Oriented Systems Design
<a href="#">CS140</a>	Operating Systems and Systems Programming
<a href="#">CS142</a>	Web Applications
<a href="#">CS143</a>	Compilers
<a href="#">CS144</a>	Introduction to Computer Networking
<a href="#">CS145</a>	Introduction to Databases
<a href="#">CS147</a>	Introduction to Human-Computer Interaction Design
<a href="#">CS149</a>	Parallel Computing
<a href="#">CS154</a>	Introduction to Automata and Complexity Theory
<a href="#">CS157</a>	Logic and Automated Reasoning
<a href="#">CS161</a>	Design and Analysis of Algorithms
<a href="#">CS181</a>	Computers, Ethics and Public Policy
<a href="#">CS191</a>	Senior Project
<a href="#">CS194</a>	Software Project
<a href="#">CS210A</a>	Software Project Experience with Corporate Partner
<a href="#">CS210B</a>	Software Project Experience with Corporate Partner
<a href="#">CS247</a>	Human-Computer Interaction Design Studio

- Stanford 大学 CS 学科では, Deep Learning, Data Science 等の先端トピックについて, 学科の承認を得た上で機動的に授業を開講する仕組みがある. こうして蓄積した経験は, CS2013 の策定においても ACM にもフィードバックしている.
- Stanford 大学の CS 学科には, 2005 年頃までは 100 名程度の学生しか在籍していなかった. しかし, 2008 年頃からソフトウェア技術者の人気増大とともに履修希望者が急増し, 現在は 340 名程度に達している. 学科の選択は学生が入学後に行うことになっており, 大学の方針で, 学科毎の学生数には上限を設けていないので, このような状況になっている. 一方で, 教員数は 2000 年頃から 10~20%程度しか増えていない. そのため, 教員負担の増大が大きな問題になっている. TA を多数雇用しているのも, この問題があるためである.
- 学外者に授業を依頼することもあるが, どの授業にも専任教員が共同担当者として入っており, 責任は専任教員が負う.
- 卒業研究はないが, すべての学生は Senior Project または Software Project を行うこ



とが義務付けられている。Senior Project では、教員の指導のもとに研究を行う。Software Project ではソフトウェアを開発する。企業との連携 Project もある。

- ソフトウェア開発プロジェクトを行う場合のシステム開発環境は、教員が個別に用意する。多くは、学生が PC 上に開発環境を構築する。Git, Jenkins, Chef, JUnit 等の共同開発支援ツールの利用は担当教員に任されている。
- Stanford 大学の CS 学科は全学向けの情報教育(CS106A: Programming Methodology. 約 1,500 人が受講) や他学科向けの情報教育の授業も開講している。1,500 人規模の授業を開講するために、CS106A では多数の TA (学部生) を任用している。TA になるためには 1 学期のワークショップを受講してトレーニングを受ける。CS106A では教授が担当する座学を数百名の学生が聞き、その後、10-12 名の小グループに分かれてディスカッションを行う授業が行われる。TA は小グループを担当しており、演習課題の採点も行っている。同様の科目が 3 科目あるが、そのために毎学期 60~100 名の学生を TA として任用している。
- 米国におけるソフトウェア技術者は、給与等の待遇が良いことや仕事に対する満足度が高いことから、人気の職業である。CS 学科卒業生のみを対象とする求人も多いため、どこの大学でも情報系学科は人気がある。情報専門学科を卒業することで、ソフトウェア技術者として就職する際にも有利になる。
- 高校レベルの情報教育は州によって異なる。マサチューセッツ州のようにプログラミング教育を義務化した州もあるが、日本の高校と同様、教員の確保に問題を抱えている。Stanford 大学の入試では SAT を課しているが、その中にも情報系科目は含まれていない。そのため、Stanford 大学では、初歩のコースから提供している。IT スキルが高い入学生もいるが、そうした学生は自らの判断で初歩のコースを履修しない。

## 2.2 Hofstra 大学 (CE 分野) における情報専門教育

Hofstra 大学はニューヨーク州ロングアイランドにある私立大学である。Hofstra 大学の Computer Science 学科には CS および CE を教育する 2 コースが設置されており、今回は CE コースについて調査を行った。

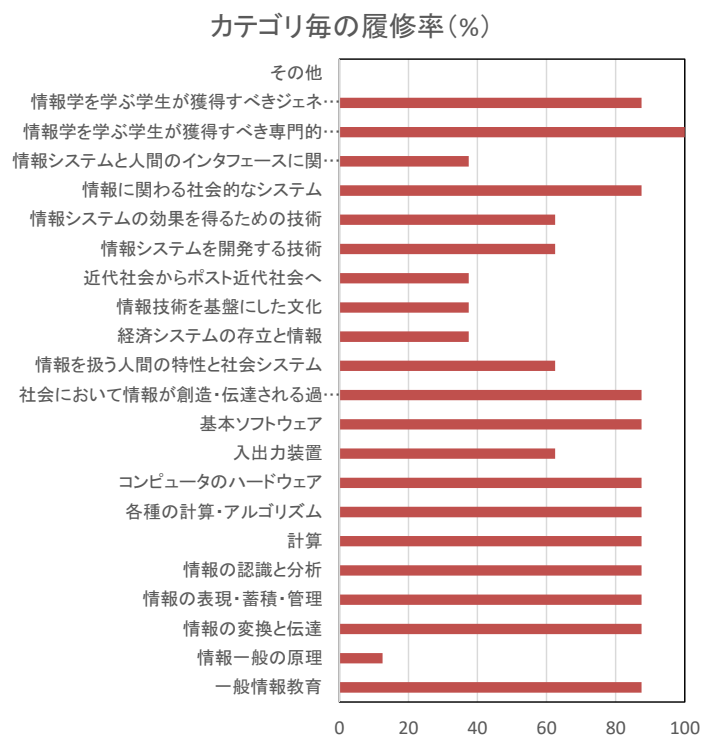
CE コースの学生数は 1 学年当たり 41 名であり、教員数は 8 名の小規模コースである。卒業生のうち 95% は就職し、残る 5% の学生は大学院に進学している。文科系学部と比較すると、情報分野の学位は就職の際にずっと有利に働く。

本学科はサイバーセキュリティ、データサイエンス、コンピュータグラフィックス、ゲームプログラミング、モバイル/Web アプリケーション開発、人工知能、組み込みシステム

等, 様々な選択科目も提供している. CE コースの教育カリキュラムは ACM/IEEE CE2016 を参照して設計している. 主要な教育用言語としては, Python, C++, Java, アセンブリ言語が挙げられる.

教員は全員, 情報分野の学部を卒業しており, 日本の情報系学科とは大きく異なる. 学生数が比較的少ないこともあり, サポートスタッフや TA (Teaching Assistant) はほとんど活用していない. 学生には PC 購入を義務付けており, 授業でその PC を使用している. 教育用計算機システムは学部で共用している.

次ページに情報学の参照基準のカテゴリ毎の学生の履修率を示す. 本コースは, 2018 年に ABET の教育認定を受ける予定で準備を進めており, Stanford 大学の履修率分布と比較すると, 履修率の高いカテゴリが多い.



### 2.3 Kennesaw 州立大学 (IT 分野) における情報専門教育

Kennesaw 州立大学はアトランタの北西約 40 キロメートルに位置するジョージア州の州立大学である. 今回調査した Information Technology 学科 (以下, IT 学科) は, bestcolleges.com では Best Online College の一つとしても評価されている. また, ABET による教育認定も受けている.

Kennesaw 州立大学の Computing and Software Engineering 学部は IT 学科の他にも CS, IS, SE 分野の学科および大学院も有している. また, 学部のみだが, ゲーム・デザイ

ンや CE 分野を専門とする学科もある。

IT 学科は 4 年間の教育課程で構成されており、学生総数は 636 名、教員はフルタイム 11 名、パートタイム 19 名である。教員は全て IT 分野を専門としている。卒業生は基本的に就職する。文科系の出身者と比較すると就職者の給料は明らかに高く、就職も容易である。しかし、工学部系の他学科の学生と比較すると、大きな差はない。

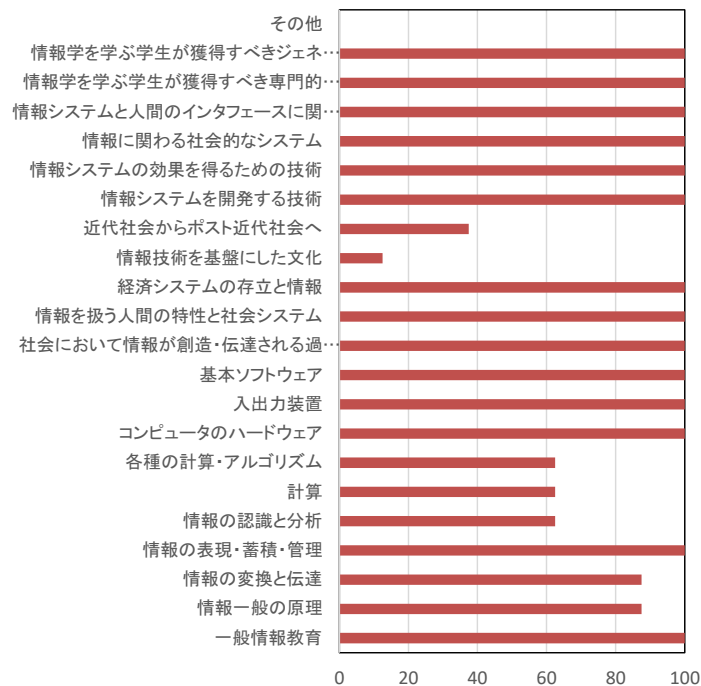
Kennesaw 州立大学の学生には PC 購入を義務付けており、それを授業で使用している。また、教育用計算機システムは全学で共用している。

主要な教育用言語としては、Java, Python, C#が挙げられる。ただ、初年次のプログラミング教育における不合格率が高い点が課題になっており、教育方法の改善を試みている。

IT 学科は ABET の教育認定を受けているため、継続的改善プロセスは文書化されており、それに基づいて教育を実施している。また、専門分野毎にカリキュラム検討 WG を設けており、教育内容が最新のものが常にチェックしている。教育カリキュラムは ACM/IEEE IT2017 を参照して設計している。

以下に情報学の参照基準のカテゴリ毎の学生の履修率を示す。本コースは、ABET の教育認定を受けており、Hofstra 大学の履修率分布と比較すると、履修率の高いカテゴリがさらに多い。このように、ABET の教育認定は、情報分野の広い範囲をバランスよく履修させる上で効果的に働くことが観察される。

カテゴリ毎の履修率(%)



Kennesaw 州立大学では、非情報系学科の学生に対しては、選択科目 ICT2101

(Information and Communication Technology) が開講されている。また、工学部の学生は全員、少なくとも1つのプログラミング科目を履修することになっている。

## 2.4 情報分野の教育認定（アクレディテーション）

米国において科学技術分野の教育認定を主に担っているのは ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) である。日本の認証評価制度と異なり政府が法的に義務付けている教育認定の仕組みはないため、ABET による教育認定はデファクト標準として多くの大学に普及している。

情報分野においては CSAB (Computer Science Accreditation Board) が ABET の認定基準を策定している。CSAB が策定した最近の認定基準について、CSAB 会長の Stephen Seidman およびサイバーセキュリティを専門とする Allen Parrish に聞き取り調査を行った結果を以下に示す。

質問 1 : ABET および CSAB が最近行った認定基準改定の趣旨はどのようなものか？

回答 : ABET で情報分野の認定審査を担う CAC (Computing Accreditation Commission)

は継続的に認定基準を改訂している。2017 年夏に行った CAC 会合での議論は以下のようなものだった。

- 基本的には Engineering 分野の基準改定に伴う表現の修正が多い。
- 大きな改訂の 1 つとしては、情報分野のプログラムに対して「大学レベル」の数学を義務付けなくなった点が挙げられる。しかし、これによる実質的な影響は、IT 領域のプログラムに限定されると考えている。
- 以前の認定基準には評価が難しい項目が含まれていたため、文言と場所を改めた。
- CS 領域のプログラムに対して、上級レベルのプロジェクトの実施を義務付けた。
- 全てのプログラムにサイバーセキュリティをある程度教育するように求めた。
- 今後の検討課題としては、教員に対する認定分野の学位要件をどの程度に設定するかが挙げられる。教育プログラムの専任教員は、認定分野に近い Ph.D. の学位を有することが望ましいが、現実にはそうでない教員も多数いるため、この点については多くの議論がある。

質問 2 : ACM および IEEE-CS は CS2013 をはじめとして CS, CE, SE, IS および IT 領域のカリキュラム標準を策定している。これらのカリキュラム標準と CSAB の認定基準の間には連携はあるのか？

回答 : ABET の認定基準と ACM/IEEE-CS のカリキュラム標準は基本的に連携していない。

しかし、両方の委員会に参画している人もいるので、それを通じて相互の整合性が確保されているケースもある。一般的に、ABET の認定基準では、特定の教育項目の推奨を避けるよう努めている。

以上のように、米国におけるカリキュラム標準の策定と教育認定の基準の間には、特段の連携はなかった。しかし、ACM CS2013 の策定時には、ACM と CSAB の間で意見交換が行われる等、状況は変わりつつある。2.4 節でも述べるように、サイバーセキュリティ分野ではカリキュラム標準と認定基準の間で密接な連携が図られている事例も見られる。

## 2.5 サイバーセキュリティ教育に関する標準カリキュラムと認定基準

ACM および IEEE-CS は、2 年間に渡って CSEC2017 (Cyber Security Education Curriculum) の検討を進めてきたが、2018 年 2 月 22 日に検討結果として CSEC2017 Version 1.0 を公開した<sup>2</sup>。CSEC2017 の策定には、35 か国から 320 名以上の専門家が参画している。

CSEC2017 は、以下に列挙する 8 つの知識エリア (Knowledge Area, KA) および複数領域にまたがる概念 (crosscutting concepts) から構成されている。

- データセキュリティ：データ保護
- ソフトウェアセキュリティ：セキュアなソフトウェアの開発と活用
- コンポーネントセキュリティ：より大きなシステムに組み込まれる部品に対するセキュリティ
- 接続に関するセキュリティ：部品間の物理的ないし論理的な接続部分に対するセキュリティ
- システムセキュリティ：システム全体に対するセキュリティ
- 個人に関するセキュリティ：個人情報保護およびセキュリティに関する人間の振る舞い
- 組織に関するセキュリティ：組織に関するセキュリティ保護
- 社会に関するセキュリティ：社会に対するサイバーセキュリティの影響や法制度
- 複数領域にまたがる概念：機密性、一貫性、可用性、リスク、敵対的思考 (adversarial thinking)、システム思考など

2.3 節でも述べたように、ABET の認定基準は、カリキュラム標準とは連携せず、独立に策

---

<sup>2</sup> <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cs-ec2017.pdf> にて公開されている。

定されることが多いが、サイバーセキュリティに関する認定基準（図 1）は CSEC2017（Cyber Security）との整合化を図るために、様々な努力がなされている。CSEC2017 を図 1 と比較すると分かる通り、コンポーネントセキュリティおよび接続に関するセキュリティは認定基準案からは除外されている。

図 1. ABET におけるサイバーセキュリティの認定基準（概要）

本認定基準は、プログラム名にサイバーセキュリティ等の名称を含む教育プログラムを対象としている。

3. 修了生が持つべき能力に関する要件

ABET/CAC が設定している既存の要件に加えて、以下の能力を有する必要がある。

- 6. セキュリティの原理を適用し、実践する能力
- 7. リスクや脅威に対する対処についてシステムを分析して評価する能力

5. カリキュラムに関する要件

a. 以下を含む情報分野およびサイバーセキュリティ分野の教育を 45 単位以上含むこと

1. 機密性、一貫性、可用性、リスク、敵対的思考、システム思考など、複数の領域をまたがる概念の適用
2. 以下の項目に関する基本的事項
  - a. データセキュリティ
  - b. ソフトウェアセキュリティ
  - c. システムセキュリティ
  - d. 個人に関するセキュリティ
  - e. 組織に関するセキュリティ
  - f. 社会に関するセキュリティ
3. 複数の領域にまたがる概念や基本的事項の理解を深めるための高度なトピック

b. 少なくとも 6 学期に渡る数学（離散数学および統計学を含む）

## 2.6 データサイエンス教育に関する標準カリキュラム

Stanford 大学を訪問して、Computer Science Department の Mehran Sahani 教授（ACM CS2013 の策定における Steering Committee co-Chair）の話を聞いた。ACM でも Data Science のカリキュラム標準の検討を進めているとのことである。

Data Science に関しては、各大学が採用しているカリキュラムの間に以下のような大きな違いがある。

- データベース（DB）技術を基盤とするもの
- 人工知能（AI）技術を基盤とするもの
- 統計学や応用数学を基盤とするもの

これらのうち統計学や応用数学を基盤とするものは、Computing Discipline とは言えない

め、ACM が策定するカリキュラム標準の基盤にはなり得ない、と考えている。しかし、例えば DB と AI の間での立場の違いもあるので、議論は難航している。そのため、Data Science のカリキュラム標準については、今後 2 年程度をかけて検討を進める予定である。

こうした議論に決着をつけるために、Data Scientist が持つべき能力について、米国の企業はどのように考えているか、についても質問した。LinkedIn 等に掲載される米国企業の求人を見ると、Job description や Required ability が明確に定義されている。そのため、求人票を調査することで、産業界のニーズにとも合致するカリキュラム標準が策定できるのではないか、と考えたためである。

それに対して、現在、そのような調査を実施しているところ、との回答が得られた。さらに、「こうした調査を踏まえたカリキュラム標準を策定することで、大学の立場からも、産業界の立場からも有益」との回答を得た。

日本においても、「データサイエンス」と銘打ったカリキュラムには様々な立場のものが混在している。そのため、データサイエンスに関するカリキュラム標準の策定に当たっては、同様の問題が発生している。産業界との連携を通じて調整を図る手法は、日本でも有効に機能することが期待される。

## 2.7 CC2020 プロジェクトとの意見交換

Stanford 大学を訪問した際、ACM で CS2013 の議論をしたとき、どのようなタイミングで CS カリキュラムを改訂すべきかが議論になる、との話を聞いた。日本ではどのようにしているか、との質問があったため、日本では 10 年毎に改訂することになっている、との説明を行った。その理由は、カリキュラム標準の策定・公開後、各大学がそれを踏まえたカリキュラムを策定・実施するために 2 年程度の準備期間を要し、実際に教育を行うためにさらに 4 年間の時間を要する。大学からのフィードバックを得るのはその後になるため、次期カリキュラム標準の検討期間を考慮すると、10 年程度の周期でカリキュラム標準の改訂を行うのが妥当と考えられるためである。こうした意見交換は、先方からも好意的に受け止められた。

また、2.2 節で述べた調査の過程で、Hofstra 大学の John Impagliazzo 名誉教授 (CE2016 委員長, IT2017 委員) との間で情報学の参照基準や J17 プロジェクトに関する意見交換を行った。ACM および IEEE-CS が策定している各種のカリキュラム標準は、それぞれ異なるコミュニティが策定に当たっているため用語の統一がされておらず、相互の関係を把握するのが難しい。そのため、日本では「情報学の参照基準」を策定して共通語彙とし、J17 を構成する各種のカリキュラム標準は、情報学の参照基準との間のマッピングを定義する

ことで、相互関係の明確化を図っている。その議論を通じて以下の提案を頂いた。

高田 眞吾 教授（慶應義塾大学）が CC2020 に情報処理学会代表として参画している。CC2020 の次回会合が 2018 年 2 月にあるが、その時に「情報学の参照基準」と「J17 における各領域と参照基準のマッピングについての取り組み」を CC2020 メンバーに紹介してほしい。そうすれば、CC2020 の文書に日本での取り組みを盛り込むことも検討できる。

そこで、高田教授に情報処理学会が行っている以下の取り組みの紹介を依頼した。

- 情報学の参照基準<sup>3</sup>（海外調査 WG が詳細項目の英語化作業を行った）
- J17 カリキュラム標準策定プロジェクトにおける各領域と参照基準のマッピング（対応表は英語版でも作成した）
- J17 を考慮した JABEE 認定基準の改訂
- 2016 年度に行った国内大学における情報教育に関する調査<sup>4</sup>

高田教授からの速報によると、competency が今回の CC2020 会合における大きなポイントになっている関係で、日本の取り組みに興味を持って頂いた方が数名いたそうである。

その後、Impagliazzo 名誉教授からは、以下に示すかなり大きな提案も頂いた。

日本では情報分野のカリキュラム標準策定に注力しているので、情報処理学会として情報分野のカリキュラム標準策定をテーマとした国際的なサミットを計画してはどうか。中国の情報専門学会や教育省も情報教育に強い関心を示しており、CS2013 や CE2016 には中国語に翻訳された版もある。IT2017 の中国語版も発表される見込みである。

本稿執筆時点で、IFIP (International Federation of Information Processing) の WCCE 2021 (World Conference on Computer in Education) を日本（広島）に誘致する計画がある。WCCE が開催される 2021 年は、ACM/IEEE-CS が CC2020 を出す予定の年の翌年に当たる。また、中国は教育省も含めて情報教育に関する活動を熱心に行っているとの情報も得たため、これらの取り組みに声を掛けて主要な方に参加して頂き、WCCE 2021 で Educational Summit を企画することも検討したい。

---

<sup>3</sup> Masami Hagiya, “Defining informatics across bun-kei and ri-kei”, *Journal of Information Processing*, Vol. 23, No. 4, pp. 525-530, July 2015.

<sup>4</sup> Tetsuro Kakeshita, “National survey of Japanese universities on IT education”, Proc. CSEDU 2017, pp. 607-618, April 2017.



### 3. 欧州調査

#### 3.1 欧州における情報学の状況—Informatics Europe より—

欧州における情報学の状況調査の一環として、2018年1月30日に Informatics Europe の代表である Enrico Nardelli 教授と事務的な役割を担う Christina Pereira 博士に欧州における情報教育の状況と Informatics Europe についてインタビューした。

Informatics Europe はヨーロッパの情報科学の発展を目的に大学の情報系学部と企業、研究所を結ぶ団体である。2005年の会議から始まり、2006年にスイスで非営利団体として立ち上がった。現在、30カ国から125の団体（大学の学部・研究機関など）情報学を研究する大学がこの分野の教育、研究、問題意識の強化のために結集している。Nardelli 教授の説明によれば、情報学が科学の一分野として理解されること、そして社会に対して情報学の正しい知識を普及させることを目的に、情報学の研究教育を行う全ての学術教育機関や関連企業のネットワーク化を目指しているという。政府機関はこの団体のメンバーにはなれないが、Microsoft や Google などの企業がメンバーとなっている。他にも様々な組織と協働している。

Informatics Europe にとって ACM ヨーロッパは最も親しい協力関係にある団体であり、両者は共通する問題意識を持ちながら課題に取り組んでいる。そのような課題の1つにヨーロッパでの情報学教育がある。両者は2017年3月に欧州委員会 (European Commission) として各学校による情報教育の重要性に関する談話を発表し、またレポートも共同で公表している。加えて、この課題に関してワーキンググループを作っており、報告書を出したりジョイントして課題解決に繋げたりしている。これら学校教育に関する取り組みの他に、共通課題としては AI の機械学習などが取り上げられている。

このように Informatics Europe は ACM ヨーロッパと協働しつつ情報学を構成する諸概念を作り出すことを通してこの分野の知識整備に努めている。また、Informatics Europe の中で、大学の学部長たちが集結する会議においても ACM ヨーロッパとの協力関係が確認されている。

また、Nardelli 教授は Informatics Europe の組織はボランティアベースで運営される点を強調している。基本的にこの団体はメンバーの会費で運営される。また企業会員は会員費を払いアワードなどの支援をしている。この方が会の独立性が高まり、特定企業のカラーが打ち出される懸念が少ないと考えている。例えばアワードで特定企業が賞金を出す場合があっても、そのアワードの審査員にその企業の関係者は入れない。

加えて、Informatics Europe では、情報学教育の解釈や運用に関して、国による相違を

尊重している。例えばカリキュラム標準は各国で使われる用語の種類や意味について見解が異なるため存在しない。その背景には、それぞれの国の歴史や教育制度の違いもある。このような前提から、特に **Informatics Europe** がこの分野について行った調査データはないという。**Informatics Europe** は基本的には情報学のカリキュラム標準はそれぞれの国が考えていくべきものであろうという前提に立つ。

ただし、Nardelli 教授は、実際にはヨーロッパ各国の情報学教育は ACM カリキュラムをベースにしているところが多いと考えている。ヨーロッパにはそれ以外に標準と呼べるものはないからである。実際に、イタリアでは ACM カリキュラム標準から 40 項目ほどを引用しているという。また、各国の資料はそれぞれの国の言語で書かれているため、統合するというのは大変であると予想される。

また、**Informatics Europe** は教育および政策において女性を対象とする情報学の理解の推進に取り組んでいる。例えばイギリスでは情報学に取り組む女性の比率が博士課程に至る間に段階的に下がる傾向がある。同団体における学長、学部長、上級教員指導者の会合では、出席者がそれぞれの所属する学部においてどうすれば女性の比率を拡大できるのかといった議論をしている。さらにベストプラクティス推進の観点から、ヨーロッパにおいて情報学教育の質と学問の魅力を向上させる優れた教育イニシアチブを表彰する年次賞、ミネルヴァ情報学賞、情報学の研究と教育における女性のキャリアを奨励し支援するベストプラクティスを表彰する賞などがある。2018 年には、教育の全面的なジェンダーバランスの見直しについて、特に女性の入学率および卒業率の向上、奨学金受給者のジェンダー比率の適正化と奨学金やその他の財政支援の拡充、ジェンダーに基づいたカリキュラムの改善、客観的なスタッフ調査や学生の経験の記録などが行われている。広告に Microsoft が、アワードは Google がそれぞれ出資している。

過去の主催会議の基調講演はそれぞれの分野で実績のある著名人が行い、スピーカーは世界で最も尊敬され受賞歴の多い研究者を呼んでいる。またサミットやアワードも行っており、特に欧州コンピュータサイエンスサミットが知られている。これは、情報学教育の質向上を目指す共同プロジェクトである。

**Informatics Europe** はオンラインリソースや研究および教育のディレクトリを提供している。たとえば研究グループの活動の詳細情報に直接アクセスすることができる、ヨーロッパ全域の情報・コンピュータサイエンスの研究部門と研究所の広範なデータベースがある。これらによって情報学および関連分野における科学的立場のためのジョブプラットフォームとなることを意図している。出版物（オープンアクセス/データ/ソフトウェア）もある。

## 3.2 スイスの事例

2018年1月30日、Zurich大学の情報学部長のAbraham Bernstein教授にインタビューした内容をもとに、スイスの情報学教育とZurich大学の事例を報告する。

### 3.2.1 スイスの情報教育の背景

スイスでは中学生の約20%しか高校に進級しない。そのため一般教育としての情報教育は事実上成立していない。大学の情報教育を理解する上ではこの背景を考慮しなくてはならない。高校に進級しない生徒は技術的な専門教育を受けることになる。他国のバカロレアのテストを受けてそちらに行くというケースも少ないがある。進級する高校生たちは皆、同じ内容の勉強をしている。その中でさらに5%は専門性がある勉強をする。加えて古代ギリシャ語やラテン語や法律を学ぶ。

Bernstein教授によれば、大学生のコンピュータスキルは大変低いという。大学の1年生でキーボードをうまく打てない学生も大学の情報学部に入る。これは高校で学んだことと違う分野を専攻することが認められているからであり、大学入学のための制度がそうになっているという。しかし大学関係者がこのような状況を危惧しているため、新しく高校に週2時間のコンピュータを学ぶための教科を立ち上げる予定になっている。この教科では、コンピュータサイエンスとプログラミング、メディア教育、デジタルリテラシーなどコンピュータが関わる幅広い事柄を学ぶことが想定されている。スイスは自治体によって教育条件が大きく異なるが、おそらく数年以内には全ての自治体がそうになるとBernstein教授は予想する。

新教科を立ち上げる理由についてBernstein教授は、従来コンピュータの学習がカリキュラムに位置付けられなかったせいで、生徒がコンピュータを学ぶ機会は教師次第であったことを危惧する声が高まってきたという経緯を説明した。高校の専攻が文科系であっても情報学部に入學可能であり、たとえば高校でギリシャ語やラテン語を専攻して勉強し、大学でコンピュータの専門を学ぶというケースは稀なことではない。大学に入ることはこれまでの勉強をリセットするという考え方も共有されている。

またBernstein教授は自治体によって教育の実施に違いがあることは実態としてであると述べた。共通の事柄としては希望すれば全ての高校生が大学に進学するわけではない点が挙げられる。80%もの高校に行かない生徒の中でコンピュータを教えてもらい仕事をする者ももちろんいるため、その中からプログラミングやネットデザインをするプロフェッショナルとして就職する者もいる。さらに、その中で進学したい者はロンドン大学などで学士号を3年かけて取理、それからスイスの修士課程に進学する学生もいるという。制度上

は高校に通わなくても修士号の学位を取得することができる。むしろ、そういう学生はモチベーションが高く、宿題をもっと出してほしいと言うケースが多いという。また、このように高校に通学しなかった学生は、社会に出てからモチベーションを持ち、本当に勉強したくて大学に入学して来ているので成績も上位のケースが多いという。こういった高校に行かなくても社会に出てからまた勉強をするために大学に進学することの可能なこの制度はスイスとドイツの独自の制度かもしれないが、スイスの企業の最高責任者の中には大学に進学せず、社会に出てからまた大学に進学した人物が多い。スイスの最大手の銀行の元頭取もそのケースにあたるが現在は名誉博士のような立場にある。

### 3.2.2 Zurich 大学における情報専門学科の事例

Bologna Process<sup>5</sup> により、スイスの Zurich 大学は ACM カリキュラムを参照している。ハードウェアに関する学部はないが、その代わりに、経済、アドミニストレーションの科目が設置されている。1 年生は、ビジネスアドミニストレーション、アルゴリズム・基礎プログラミング、人間工学・ヒューマンコンピュータインタラクションのクラスが設置される。2 年生は以下の 4 分野から選択することができる。

1. Information Systems (ビジネスの観点による)
2. Software Systems (ソフトウェア開発)
3. People-Oriented Computing (人間と機械がどうかかわるか)
4. Computing and Economics (コンピュータサイエンスと経済学、ミクロ経済学と共通する内容を扱うが、オプションでコンピュータのメカニズムデザインなどを行っている)

修士課程は 5 つの専攻領域から成っている。そのうちの 4 つは学士課程と共通であり、さらにデータサイエンスが加わる。修士課程ではその中から専攻と副専攻を選択する。副専攻の選択にカリキュラム上の制約はない。多くの学生は就職に活かすことができるものを選ぶケースが多いという。就職先は、スイス国内では銀行が多いため、銀行を就職先にするを前提に単位を取るという事例が多い。また言語学部にはコンピュータ言語学があるため、言語分析や自動翻訳などをマイナーで学ぶ学生もいる。最も稀なケースとしては、他大学の修士課程、たとえば Zurich 芸術大学ゲーム・デザインのコースに行く事例もある。大部分は同じ大学同じ大学の修士号に進学する。

プログラミングの学習については、データベースの科目を履修する場合にデータ分析を

---

<sup>5</sup> 高等教育における学位認定の質と水準を同一レベルとして扱うための整備を目的とする相互協定。現在、ヨーロッパ諸国 47 カ国が参加し、49 カ国が調印している。

するためにプログラミングが必要となる。しかし他の科目では行っていないため、情報学部以外の学部在籍者はプログラミングを学ぶ機会がない。したがってプログラミングができない学生であってもこの学科を卒業することができる。

2年前、Zurich 大学では ACM のカリキュラム標準を引用して情報学部のカリキュラムを刷新した。Informatics Europe からの情報も参考にしつつ、カリキュラム標準の中から学部のために必要のない科目を適宜外し、Zurich 大学に合うように変更した。

Zurich 大学の卒業生は 70%から 80%がそのまま大学院に進学するが、修士から入学する学生は国外から来る場合もある。Bernstein 教授は、国外の学生でも修士で受け入れた以上はしっかり勉強してもらいしっかり就職してもらいたいと考えている。

大学は出身高校には関係なく入試で学生の受け入れを決める。情報学部に来る学生は数学が得意な者が一般的には多いと Bernstein 教授は認識している。

### 3.3 英国の事例

英国では Cambridge 大学, King's College London 大学, Warwick 大学の調査を行った。

#### 3.3.1 Cambridge 大学における情報専門学科の事例

2018 年 1 月 31 日（水）に、Cambridge 大学 Computer Laboratory の Robert Harle 教授に話を伺った内容をまとめた。

##### I. 勉強熱心な学生たち

Cambridge 大学は 3 学期制であり、授業履修に関して単位制度ではなく時間制度を取っている。Computer Laboratory には教員は約 50 名、1 学年約 100 名の学生が在籍する。教員の契約上の責務は年に 40 時間の講座を担当することである。

学生は入学してから 1 年生の段階において、75%は Computer Science という必修のコースを受けることになっている。残りの 25%は高校で勉強していた数学の続きと、他には自然科学なども勉強する。

学部 1 年生の終わりに 4 つの試験がある。1~3 がコンピュータサイエンス系、4 目が数学である。1 年間勉強した内容が全てこの試験でカバーされ、1 つの試験が 60 時間（1 学期分 24 時間、2 学期分 24 時間、3 学期分 12 時間）に相当する内容である。1 つのコンテンツでそれぞれ 1 年間に 240 時間（60 時間×4 コンテンツ試験）を勉強する。

このようにしっかりとした時間数を学習する学生たちであるが、他方、Harle 教授によれば学生たちが自分で探求する時間がないという点を問題視する意見もあるとのことである。科目の課題によらない探究的な学習は夏休みなどの休暇にするしかない。授業は 8 週間×3

学期に渡って行われており、残る約 20 週間が休みとなる。

## II. Super Vision

Cambridge 大学では講義の他に Super Vision と呼ぶ少人数の授業を行っている。これは教員 1 人に 3 人程度の少人数の学生がエッセイ等を執筆し、輪読ののち感想を述べあう時間である。教員と 1 対 1 で話をする貴重な時間である。数人の生徒が 1 年次は 1 週間に 4 時間の Super Vision の授業を受ける。その準備時間は、5 時間から 7 時間に及ぶ。

## III. 学部 1 年生に対する情報専門教育

入学時点では IT スキルが低い学生もいるので、1 年次教育では、全員が同じレベルになるように、IT の基礎を教えている。1 年生の学習内容はプログラミング、ハードウェア、理論（基礎理論および AI など、実用や活用法も含む）、数学の 4 領域に大別される。

1 年生の成績の 20%が演習（Practical）によって決まる。演習では実践的なプログラミングの課題に対して 1 週間考えて、解題を Web で提出して教員と議論をする。博士課程の学生が成績をつける場合もある。学生は講義室で講義を聴くのではなく、およそ 3 時間の間に実験ルームと教室を行き来する。課題には合格するまでに何回挑戦してもよい。

1 年生の終わりで一番重要なのは、学生たちが「プログラミング言語を複数使えること」「アルゴリズムの分析ができること」「離散数学の証明ができること」である。この 3 点は全て必須の項目である。プログラミングは Java と ML→OCaml, Python, SQL である。高校生の頃から家庭において学校で教わらずに Raspberry Pi を扱っていた学生もいる。Raspberry Pi は Cambridge 大学で開発された。Raspberry Pi 財団のメンバー 3 人は今でも大学にいる。1 年生は 1 週間に 4 時間ほどの Super Vision の授業を受ける。

## IV. 学部 2 年生に対する情報専門教育

2 年生は全員がコンピュータサイエンスの授業を受ける。学習内容はプログラミング、ハードウェア、理論、アプリケーション（AI, グラフィックス, ソフトウェア開発も含まれる）の 4 領域に大別される。学習時間の合計は 200 時間程度と見込まれる。これらの全てを習得しなければ 3 年生になるための試験をパスできない。これに伴い、Super Vision の時間が減少する。

2 年生では最終成績における 20%の割合を Group Project と呼ばれる実践部分の成績評価が占める。もともと、Cambridge 大学の学生はグループワークが苦手ということで始められたものである。Group Project では、まず学生が 6, 7 名のグループを組む。そして、企業から年間 60 時間～70 時間で解決できるようなプロジェクト課題を学生たちに出しても

らい、学生たちがそのコンサルタントをつとめる。この実践を教員の立場からみると、学生たちは優秀なコンサルタントになっているケースが多くある。そのため、Group Projectの後に、企業からインターシップの申し込みがあった学生もいたそうである。

この Group Project は 10 年前から始められた。2 学期目 2 週間目という試験に差しさわりのないような時期に実施する。Google など大きな企業に対して、学生側がコンサルタントをし、企業との打ち合わせは 2 週間に 1 回ほどである。例えばある企業からは医療関連データの可視化がしたいというような提案が課題として出される。このようなケースでは、学生たちがその企業のビックデータ処理を担当することもある。Microsoft の課題では LEGO 制作を手伝ったり、他の会社では自動チェス機械を使ったりする事例もあった。VR プロジェクトでは、ヘッドセットにデータを入れたというユニークな事例もあった。

#### V. 学部 3 年生に対する情報専門教育

1, 2 年生を終了すれば ACM, IEEE, BCS が規定した教育内容はカバーされる。すなわち、コアのコンピュータサイエンスを 2 年で終了するという高標準のレベルである。3 年生からは附属コースがある。全ての教科の授業をバッティングしないよう時間割を作っているため、希望すれば全ての教科を履修できる。

試験は 3 つの項目で行われ、それぞれに 15 個の問題が用意されている。各項目について 5 個ずつの問題を受ける必要がある。3 年生で特徴的なことは卒業論文がある。卒業論文は 1 年間をかけてじっくりと書く。研究論文ではなくコンピュータサイエンスに関する自分の知識を示すためのものである。

#### VI. 4 年生（修士課程）に対する情報専門教育

イギリスでは学士課程は 1~3 年次までであり、4 年生は修士課程である。つまり、3 年生を終われば学士号を取得できる。そのまま修士課程に行く学生もいれば、外部から修士号を取るコースもある。4 年生が終われば博士課程がある。

3 年生から 4 年生に進級するには、例年、学年のトップ 25% の成績である必要がある。全体の 10% しか 4 年生の修士課程に進学することができなかった年もある。今年はトップ 35 人が 4 年生になったが、専門知識のレベルが高い学生が特に多かったためである。

モジュール（科目）が 55 個あり最低 5 つをその中から選んで履修しなければならない。ここには教員による裁量がありモジュールごとに評価の方法が違う。先生次第で長文の研究論文も書き、最も良い論文は出版される。3 年生の論文は 1 万ワード程度でセクションや形式が決まっているが、4 年生になると自由になる。学生は就職希望（IBM, Google などの有名企業を含む）が多い。企業は報酬がかなり高いため学生は研究の道にはなかなか進

まない。企業の側は Cambridge 大学の学生たちを早期から狙っている。

4 年生を終え進学すれば博士号を取得できる。Cambridge 大学の Computer Laboratory にいる学生の半数は留学生である。彼らの出身国は東欧やバルト三国，たとえばリトアニア，ブルガリア，ルーマニアなどの国のトップレベルの学生で占められている。

## VII. プログラミング教育

学生のプログラミングの学習状況は近年急激に変化している。5 年前から英国政府の方針により，小中高の教科 Computing の学習範囲に CS（コンピュータサイエンス）が入ったこともあり，大学に入る前の時点で 90%以上の学生がプログラミングを経験している。ただし，日本と同様，教科 Computing を教える教員の訓練が不十分であることから，大学はその学習効果を過大評価はしていない。

小中高校にプログラミング教育が導入されたことで学生のプログラミングスキルが高まったとしても，Cambridge 大学としてはカリキュラムを変えるつもりはない。もちろん，そういった学生のニーズに沿ったサポートは行っている。

Cambridge 大学にとっては，いつからプログラミングを学び始めたかは重要ではない。大学が求めている学生とは「教えられた以上に考えることができる人」であり，プログラミングについては「ある程度やったことがある」程度で十分である。その理由は大学に入ってからプログラミングが嫌いになると困るからである。

## VIII. カリキュラム

以下に Cambridge 大学 Department of Computer Science and Technology のカリキュラム表（1～3 年次）を示す。表中の数字は授業時間数である。学生は CST 75%と CST 50%のいずれかのコースを選択する。CST 75%の場合は，履修内容の 75%がコンピュータサイエンス，残りの 25%が数学である。CST 50%の場合は，履修内容の 50%がコンピュータサイエンス，25%が数学，25%が自然科学，理学，行動科学のいずれかである。

1A = CST 75% 一年生（全て必修科目）

L = lecture 講義時間

1B = CST 50% 一年生（全て必修科目）

P = practical 演習時間

2A = CST 75% 二年生（全て必修科目）

S = supervision Super Vision

2B = CST 50% 二年生（全て必修科目）

\*オンライン講義

3 = 三年生（全て選択科目）



専門分野	レベル・区分														
	1A			1B			2A			2B			3		
	L	P	S	L	P	S	L	P	S	L	P	S	L	P	S
Foundations of Computer science	12	5	3-4	12	5	3-4									
Object-oriented programming	12	5	3-4	12	5	3-4									
Digital Electronics	12	7	3-4	12	7	3-4									
Discrete Mathematics	24		6-8	24		6-8									
Databases	8	4	3							8	4	3			
Graphics	8	4	2				8		2	8	4	2	16		4
Scientific Computing Practical Course	1+5*			1+5*											
Algorithms	24	3	6-8	24	3	6-8							12		3
Operating Systems	12		3-4	12		3-4									
Machine Learning and real world data	16		4							16		4			
Numerical methods	12		4	12		4									
Software and security engineering	11		3	11		3									
Interaction design	8	7	2							8	7	2			
Computer design							18		5	18		5			
Concurrent and distributed systems							16		4	16		4			
ECAD and Architecture practical classes								8			8				
Economics, law and ethics							8		2						
Foundations of Data Science							12	4	3	12	4	3			
Further Java								5	2		5	2			
Group project							1			1					
Programming in C							10		3	10		3			
Prolog							8		2						
Semantics of Programming Languages							12		3	12		3			
Unix tools							8		1	8		1			
Compiler (construction,							16		4	16		4	16		4

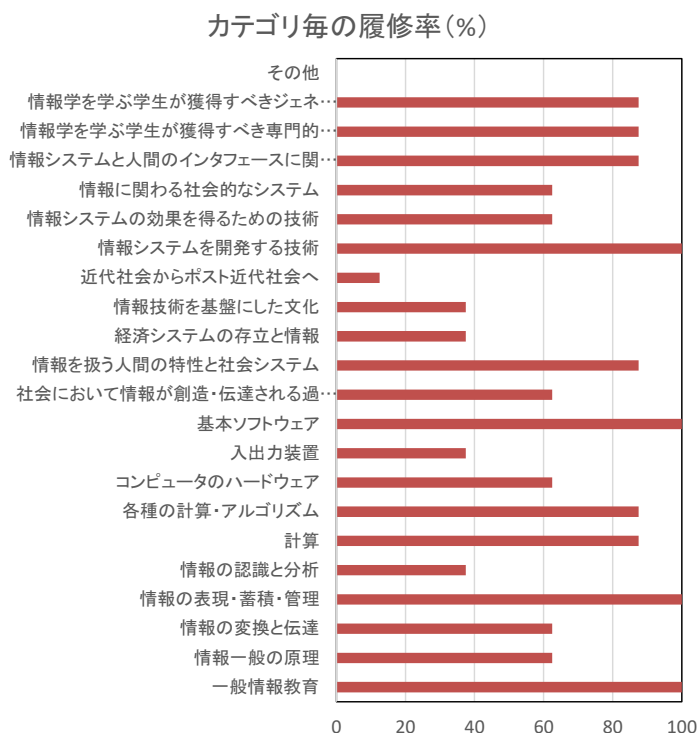
optimizing, design)																			
Computation theory							12		3	12		3							
Computer networking							20		5	20		5							
Human-Computer interaction							8		2					8					2
Logic and Proof							12		3	12		3							
Artificial Intelligence							12		3	12		3							
Complexity Theory							12		3	12		3							
Concepts in Programming Languages							8		2										
Formal Models of Language							8		2										
Security							12		3	12		3		16					4
Bioinformatics														12					3
Business studies														16					2
Denotational Semantics														10					3
Digital Signal processing														12					3
Information theory														12					
LaTeX and MATLAB														2					1
Natural language processing														12					3
Principles of Communications														24					6
Quantum computing														8					2
Types														12					3
Comparative Architectures														16					4
Computer systems modeling														12					3
Computer vision														16					
E-commerce														8					2
Information retrieval														8					2
Machine learning and Bayesian inference														16					4
Mobile and sensor systems														11					3
System-on-chip design														12					3
Topical issues														8					2
Hoare logic and model checking														12					3

### 3.3.2 英国 King's College London 大学の情報専門学科の事例

#### A) 学部概要と履修状況

King's College London 大学の情報学科 (Department of Informatics) は 1 学年の学生数 300 名、教員数 45 名の大規模学科である。学科の規模が大きいため、支援スタッフや TA をフルに活用しており、学生 20 名について 1 名程度の TA を割り当てている。大学全体で共用の教育用計算機システムを導入しており、学生は自分の PC を任意で購入している。プログラミング学習環境として、全学では BlueJ (<https://www.bluej.org/>) を、学部レベルでは Greenfoot (<https://www.greenfoot.org/door>) をそれぞれ活用しており、非常にうまく行っている。どちらの学習環境も Michael Kölling 教授のグループが開発したものである。

以下に情報学の参照基準のカテゴリ毎の学生の履修率を示す。本学科は BCS (British Computer Society) の教育認定を受けており、厳格なコアカリキュラムを求められるため、多くのカテゴリで履修率が高い。



#### B) 在籍教員へのインタビュー

2018 年 2 月 2 日に Kölling 教授にインタビューを行った。

King's College London 大学の情報学部のカリキュラムは ACM が創設される前から存在する。それゆえに、ACM のカリキュラム標準を直接的には参照していない。また、BCS のアクレディテーションについては 1 つの資料として参考になっている。また、ポーロニャ・プロセスによるカリキュラム改編により学部間の繋がりが多カリキュラムが導入された。

King's College の情報学部については、医学部との連携が強いのが有名である。

学生は入学前に「コンピューティングの勉強をして入学しなければならないという必要性はない」と考えられており、コンピュータの知識や技量の部分でレベルの幅がかなりある。しかし、高校の A レベルにおいては数学においてテクニカルな A レベルを受けていなければならない。

とはいえ、近年は小中高校における教科 Computing の必修化に伴い、「コンピューティングの勉強をして入学しなければならないという必要性はない」という考え方を見直さなければならないと考え始めている。たとえば学生の中にコンピュータの経験や知識のない者がいる場合、コンピュータスキルのある学生が授業に興味を失ってしまうことは問題である。しかし、今の段階ではまだコンピュータのスキルが高くない学生が多い。1年生ではプログラミング入門をおこなっており、主に Python が学習に用いられる。

### C) 卒業生の進路

King's College London 大学では学生の多くが就職を希望する。3年間の学士課程と4年間の学士課程（3年プラス企業体験1年）があり、それ以外に、4年間で学士号と修士号とを続けて取得するコースがある。後者の学生は全体のおよそ15%にあたる。学士号を取得した時点で修士課程への進学を希望する学生は少ない。最大の理由は情報学部の卒業生は卒業後すぐに就職ができて給料報酬がとても高いからであると考えられる。実際、この大学の情報学部の学生は、就職を希望する前の段階から企業からのオファーが来る。オファーを出す企業は主にIT企業、金融機関、保険会社などである。平均でいえば、同大学の他の学部の学生よりも入社した時点の賃金は高い。インターンシップなどでも学生たちは報酬を得ることができる。スタッフ社員よりもインターンシップに来た学生の方の報酬が良かったというエピソードがある。このような状況から、King's College London 大学では1年間のインターンシップの制度を伸ばす方向でカリキュラムの見直しを行った。

一方で、教員になる学生はとても少ない。これには教員の給料が低いことも関係している。King's College London 大学では卒業生が1年間だけ教員として行きたくないような学校に行くという Teach First というプロジェクト制度があるが情報学部にはない。大学によっては、1つのモジュールとして Computing in School という制度がある。学生が学校に教えに行くというものだが、King's College London 大学にはその制度はない。

#### 3.3.3 英国 Warwick 大学のサイバーセキュリティ教育の事例

Warwick 大学の Carsten Maple 教授に2018年2月1日にインタビューを行った。Maple 教授は Council of Professors and Heads of Computing の代表である。以下はそのインタビ

ューの概要である。

Warwick 大学のサイバーセキュリティセンターではコンピュータサイエンスは 3 年間で 4 年間の学士号コースがあり、いくつかの種類修士号を取得することができる。サイバーセキュリティセンターには 2 つのサイバーセキュリティエンジニアリングとマネジメントがある。マネジメントを履修するために IT スキルは要求されない。既に働いていてマネジメントのスキルがあつてコンピュータスキルが無い人がいるためである。イギリスでは GCHQ20 というコースがある。このコースは 3 年間で、その中では教員になったり政府に勤めたりする。すでに社会に出て働き、大学に来た学生は全体の 85% から 90% である。

ACM のカリキュラム標準を参照しているカリキュラムはイギリスには多い。

全ての教員が他の大学から来ている。特にこのサイバーセキュリティセンターは業界で働いている場合がある。大学のランキングがとても高いため良い先生がたくさんいる。優秀な人が働きたくなるような大学であると言えることができる。事実、Cambridge 大学よりも教員の給料が高い。

学生の約半分は大学でテクニカルコンピューティングを勉強し、あとの半分の学生はサイエンスを勉強している。どちらも大体 50% 程度が留学生である。留学生には 1 年から 2 年の職業体験がある。この制度は珍しいだろうと思われる。教員との 1 対 1 の勉強もあるため大変ではあるが、Warwick 大学の卒業生は企業から見て魅力的な学生であり、多くの卒業生が大学教員よりも高いお給料をもらっている。大学教員となり教える方が社会に出て会社に勤めるより給料が安いのが問題である。

サイバーセキュリティセンターは 80 年代に設立され、93 年まで大学と専門学校の 2 つの組織があり 1993 年に合併した。800 人の教授が入っている。King's College London 大学とも状況は違う。Warwick 大学は A レベルのトップの成績をとらなくてはならない。施設が充実し、修士課程の学費は 13500 ポンドである（よりランクの低い大学の学費はおおよそ 5000 ポンドである）。学士課程に関してもだいたい同じである。

GCHQ のア krediyteeshon と連携している。その理由は、イギリスには何百のサイバーセキュリティのコースがあり、その中でイギリスの国が認定されたのが Warwick 大学であったからである。そのため、決まったコースを受けなければならない。

倫理学は既にサイバーセキュリティの一部になっている。またコンピュータサイエンスの一部でもある。責任を持った AI、説明ができる AI も存在するようになった。サイバーセキュリティの中身の一部は AI だが、まだ全部ではない。AI が他の目的で使われていると弱点になる懸念がある。例えば、普通の言葉がたくさん入っているものがスパムだと思つたメールにフィルタリングをしなくなったと同時に問題が起きる。道を渡ることと同じ

ように4歳くらいから学ばなければならない。8歳になるとサイバーセキュリティの要素は楽しい活動を通して勉強しなければならない。サイバーセキュリティチャレンジというのがある。コベントリーという地域はバーミンガムにも近く、イギリスの車のローバーの会社がある。ナショナルオートモービルイノベーションセンターは9000ポンドの資金を提供している。またグーグルなどとも共同で車のセキュリティの研究をしている。これから自動運転になった場合のハッキングなど日本の大手自動車企業からも話がきている。

### 3.4 英国 BCS による大学情報コース認定機関からみた情報教育

#### A) BCS の概要

2017年2月時点で、BCSは335の教育プログラムを認定している。これらの教育プログラムには、学部のみのも（基本的に3年制）と大学院教育を含むもの（4年制以上）が混在している。認定されたプログラムは情報分野の広い範囲に及んでおり、重視している専門分野は様々である。例えば、サイバーセキュリティ、ネットワークとデータベース、ゲームプログラミング、情報システム、ビッグデータ、IoT、Webシステム開発、ソフトウェア工学、HCI、AI、ロボティクスなどがある。教育プログラムによってはビジネス、工学、理学と連携した教育を行っているものもある。

情報分野は非常に広い範囲に及ぶため、専門分野を分類するために英国の Quality Assurance Agency (QAA) は Subject Benchmark Statement (SBS) を分野ごとに策定している。情報分野の SBS は以下で公開されている。SBS は、それぞれの分野において期待されるレベルを定義するためにも活用されている。情報分野の SBS を策定する際には ACM のカリキュラム標準も参照された。

- <http://www.qaa.ac.uk/en/Publications/Documents/SBS-Computing-16.pdf> (学部レベル)
- <http://www.qaa.ac.uk/en/Publications/Documents/SBS-Masters-degree-computing.pdf> (大学院レベル)

教育統計 (<https://www.hesa.ac.uk/data-and-analysis/students>) によると、英国内で情報分野の高等教育を受けている学生総数は101,145名（うち英国出身者81,215名、EU内8,315名、EU外11,610名）である。卒業生のうち70%程度は就職するが、20%程度が大学院に進学している。

BCSは教育認定審査の過程で Best Practice を見出した場合、それを提供している高等教育機関に依頼して紹介記事を書いて頂くことにしている。また、高等教育機関側から Best Practice を申請することもできる。それらの Best Practice は以下で公開されている。

<http://www.bcs.org/category/18053>

BCSによる教育認定は、Chartered Engineer や Chartered Scientist の資格とも連携している。

#### B) BCS メンバーへのインタビュー

Academic Accreditation Manager Education BCS, The Chartered Institute for IT の Maxine Leslie 氏にインタビューを行った。

BCS には色々なエリアがある。たとえばア krediteーション=プロフェッショナルボディとして学校教育の小中高のコンピューティングのサポートをしている。CAS にメンバーとして 75,000 名が行っているが、BCS のア krediteーションを受けて、IT プロフェッショナルになってメンバーになる。BCS はメンバーシップの種類が様々で、内実は慈善団体であり、会費で運営されている。フェローや学生など色々な会員がいる。認定されてア krediteーションのメンバーになればステイタスになる。

企業での経験がなければチャータードの会員になることができない。チャータードの会員になると、会社から優遇される。これはステイタスである。

BCS と OCR はライバルである。専門教育では City and Guilds という資格がある。学校に関しては OCR や Pearson など色々やっているところがある。

Chartered Engineer を目指す学生は修士号を取得しなければならない。Cambridge 大学では学士課程が 3 年間、修士課程が 1 年間であるが、高校での成績に高いレベルを求めるため 3 年で学士号取得となる。高校での成績については、大学によって求めるレベルが異なるが、ラッセルグループに属する 24 の大学は高い成績を求めている。そのため、認定審査の際には、コースの入学条件をチェックし、レベルの低い学生を受け入れている場合には、入学後の支援に関する検証も行っている。

HESA (大学統計機関) により、IT を専門に勉強した者の、卒業半年後の就職率やお給料が高いと話題になっている。UNUSTATS <https://unistats.ac.uk/> という国営のサイトには、卒業半年後の給料が載っている。全国の大学の学生が卒業した半年後の給料が載っているので、学生の卒業後の状況が比較できる。

#### 4. オーストラリア調査

本調査では主に ACS (Australian Computer Society) の教育認定を担うメンバーに対するインタビュー (電子メールベース) を通じてオーストラリアにおける情報教育の現状を調査した。ACS は教育認定の審査の他に認定基準の策定も担っている。そのため、オース

トラリアの大学における情報教育の現状について豊富な知見を保有している。

#### 4.1 情報分野の教育認定（アクレディテーション）

オーストラリアにおいて情報分野の教育認定を担っているのは ACS である。米国における ABET と同様、ACS が教育認定におけるデファクト標準になっている。また、情報分野の教育認定における国際協定であるソウル協定の主要メンバーでもある。ACS の認定基準は以下で参照できる。

- <https://www.acs.org.au/cpd-education/acs-accreditation-program.html>

ACS は情報分野の教育認定の他に ACS Certified Professional / Technologist と名付けた資格制度を運営しており、IFIP IP3 (International Federation of Information Processing, International Professional Practice Partnership) を主導して情報分野における高度資格制度に関する国際的相互承認の枠組みを構築している。

米国における ACM や IEEE-CS とは異なり、ACS はカリキュラム標準を策定してはいない。しかし、以下で説明する CBOK を通じて、教育認定と資格制度の連携を図っている。

#### CBOK の知識体系

Essential Core ICT Knowledge	General ICT Knowledge
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT Professional Knowledge               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ethics</li> <li>✓ Professional expectation</li> <li>✓ Teamwork concepts and issues</li> <li>✓ Interpersonal communication</li> <li>✓ Societal issues, legal issues, privacy</li> <li>✓ Understanding the ICT profession</li> </ul> </li> <li>• ICT Problem Solving</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technology Resources               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hardware and software fundamentals</li> <li>✓ Data and information management</li> <li>✓ Networking</li> </ul> </li> <li>• Technology Building               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Human factors</li> <li>✓ Programming</li> <li>✓ Systems development</li> <li>✓ Systems acquisition</li> </ul> </li> <li>• ICT Management               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IT governance and organizational issues</li> <li>✓ IT project management</li> <li>✓ Service management</li> <li>✓ Security management</li> </ul> </li> </ul>

ACS Core Body of Knowledge for ICT Professionals (CBOK, 知識体系の概要を以下に



示す)<sup>6</sup> は、大学における情報教育や IT プロフェッショナルの育成・評価の際に参照する共通基盤として策定されている。そのため、ACS の教育認定においても重要な役割を担っている。さらに、Australian Qualification Framework (AQF) の他、Skill Framework for the Information Age (SFIA) やソウル協定等の国際的な枠組みでも参照されており、オーストラリアにおける情報教育や IT 資格の国際整合性を確保する上でも活用されている。

ACS の教育認定においては、CBOK の Essential Core ICT Knowledge について、深い理解が要求されている。一方、General ICT Knowledge については、少なくとも概念的に理解することが求められている。認定審査を受ける際には、CBOK の領域毎に Bloom の taxonomy による教育レベルを提示すること (Form 4: Mapping of Units to CBOK with Blooms Levels) と、プログラムの教育内容を CBOK の各領域と対応付ける (Form 5: CBOK Program Coverage) ことが求められている。

一方、ACS の認定基準では、演習や実験に関する定量的な要件が定められていない。IEA (International Engineering Alliance) が定めた Graduate Attribute はソウル協定においても参照されているが、その中で ICT に関する実践が求められている。この要件を満たすための具体的な方法は各大学に委ねられている。

ACS の認定基準では、日本における卒業研究の代わりに Capstone Project を義務付けている。この中では、学生のレポート、卒業論文、プロジェクトの評価等、様々な方法での評価を認めている。Capstone Project に対しては、最低でも 1 学期の 25% の負荷をかけることが求められている。

## 4.2 情報専門学科の概況

オーストラリアで情報専門教育を行っている学科に関する正式の調査は行われていないが、多くが ACS による認定を受けていると考えられる。ACS は情報分野で 124 学科 (学部)、70 専攻 (大学院) を認定している。学部での ACS 認定を受けている大学のうち 58 学科は情報分野のみを専門としている。一方、22 学科はビジネス分野、14 学科は工学分野、21 学科は理学分野と連携した情報教育を行っている。情報専門教育を受けている学生数は、1 学年当たり 5 万人程度と推定されている。一方、情報専門教育を担っている教員数は約 1000 名程度である。

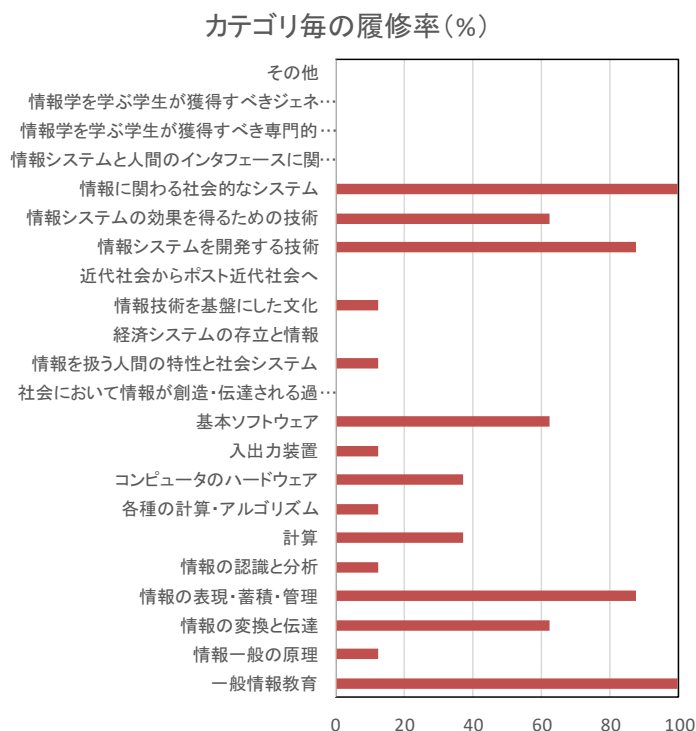
オーストラリアの大学での情報教育は ACM や IEEE-CS のカリキュラム標準とはあまり対応していない。各大学はこれらのカリキュラム標準を参照して教育課程を編成すること

---

<sup>6</sup> <https://www.acs.org.au/content/dam/acs/acs-documents/The-ACS-Core-Body-of-Knowledge-for-ICT-Professionals-CBOK.pdf>

もあるが、ACS が策定した CBOK に基づいてカリキュラムを策定することが多い。

以下に情報学の参照基準のカテゴリ毎の学生の履修率を示す。米国の大学と比較すると履修率の高い項目が少ないが、参照基準における各カテゴリのカバー範囲が広く、かつ CBOK は必要とされる最低限の項目のみを定義していることから、CBOK では参照基準の一部しかカバーしていないケースが見られる点には注意が必要である。



オーストラリアの大学では 20～40 名程度の小規模クラスの教育は TA (Teaching Assistant) が担うことが多い。教員は 20%程度の小規模クラスおよび、より大規模なクラスを担当するのが一般的である。

基本的にすべての大学は教育用計算機システムを保有しており、Moodle や Blackboard 等の LMS (Learning Management System) を活用するのが一般的である。学生の PC 購入は大学側で義務付けることはせずに、学生の自主性に任せることが多い。教育用プログラミング言語としては Python (31%), Java (31%), C (17%) 等が多く使われている。

オーストラリアの大学は欧州と同様、3 年制を採用するケースが多い。例外として、Combined Degree を取得する場合、一方の学位の標準年限+1 年の教育が必要になる(例: IT/Business Degree は 4 年, Engineering/IT Degree は Engineering で 4 年間の教育が求められるため 5 年が標準である)。

2015 年に実施された調査によると、情報専門学科の卒業生のうち 12.1%は大学院に進学している。その他の卒業生は就職している。現時点では 2015 年の調査が最新のものである。

情報専門学科以外でも、ほとんどの工学系の学科では情報教育を行っている。また、ビジネス系の学科でも情報系のコースを提供していることが多い。しかし、それ以外の学科では情報系のコースを提供するケースは少ない。

大学教育ではないが、小中学校における情報教育は2017～2020年にかけてオーストラリアのすべての小中学校で導入されることになっている。小中学校における情報教育カリキュラム (Digital Technologies) は Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (ACARA) という政府機関が策定している。その中では computational thinking, アルゴリズム, データに関する教育が行われることになっている。カリキュラムの詳細や各学年の生徒に期待される ICT 能力 (基礎から第 10 学年まで) は以下にて参照できる。なお、第 11 学年と第 12 学年の生徒に期待される ICT 能力は、まだ発表されていない。

- <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/technologies/digital-technologies/>
- <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/general-capabilities/information-and-communication-technology-ict-capability/>

## 5. ソフトウェア技術者の生産性および処遇に関する国際比較

効果的な情報教育を行うためには、情報教育を受けた学生が卒業後になることが期待されている IT 技術者の状況を踏まえる必要がある。その観点から、本節では IT 技術者の状況に関する国際比較を行う。本節の主要な内容は以下の報告書に基づくが、米国における IT 技術者の求人情報に関する調査を行って内容を補強した。

同志社大学, 2014 年度 ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業「日本のソフトウェア技術者の生産性及び処遇の向上効果研究: アジア, 欧米諸国との国際比較分析のフレームワークを用いて」に関する研究成果報告書 (独立行政法人 情報処理推進機構 委託事業), 2016 年 8 月。

表 1 には米国や欧州を含む世界 6 か国のソフトウェア産業に関するマクロ特性の比較を示す。同じソフトウェア産業であっても、国によって産業構造, 経営, 人材の各面で大きな違いがあることが分かる。

表 1 6 か国マクロ特性比較表

	産業構造	経営	人材
米国	世界的大企業から零細	革新的. リスクテイクの	多様で豊富. 労働市場の

	産業構造	経営	人材
	新興ベンチャー企業まで多様性に富む	度合いは高い	流動性も高い
中国	大企業から零細新興企業と多様性に富むが、中心は中小規模	ビジネス機会に対する高い反応力と高いリスクテイク性	極めて豊富だが、質のばらつきは大きい。労働市場の流動性は高い。
ドイツ	世界的企業も存在するが、組み込み系を中心に中小規模企業が中心	全般的に保守的で堅実。リスクテイクの程度は低い	毎年の新規参入は限定的ではあるが、質は全般に高い
フランス	大半は国内、ないしはEU内でのビジネスが中心の中小零細規模	リスクテイクの程度は高くなく、意思決定も速くない	技術と人材の質は高い。人材の流動性は高くない。
フィンランド	海外の大手企業の進出が活発。その結果、中小零細規模での起業率が高い	社会システム系で競争力が高い。経営は保守性と革新性の共存	労働力の新規供給力は低い。技術力と労働力の質は高い。労働力の流動性は低い。
インド	中小零細から世界的企業まで多様であるが、大半は中小零細規模	経営は、リスクテイクの程度も、市場機会に対する反応度とともに高い	毎年の新規労働力の参入量は大量。しかし、質においてはばらつきが大きい

日本国内および海外 6 か国において、時間当たり給与で見た労働条件について、個人要因（個人属性、教育、能力、能力認識、職務、およびキャリア・会社観）が年収に対してプラス効果を持つ。一方、購買力平価を用いて行った年収比較では、アメリカが最も高く、ドイツは、40 歳以下では、アメリカとほぼ同水準であるが、それ以上の年齢層では、アメリカよりは低い。日本の技術者年収購買力は、若干、中国、フランスを上回るものの、ほぼ同水準である。比較を時給で行った場合、日本の他国と比べた相対的な位置が、どの年齢層でも低下する。

日本の場合、法定労働時間である週 40 時間を超えない技術者の割合は、4.3%に留まる。一方、同じ比率はフランスでは 76%、ドイツでは 92%である。週当たり 10 時間以上の残業をするソフトウェア技術者の割合では、日本は 27%を超えるのに対し、中国 10.5%、アメリカ 7%、フランス 1.9%、そしてドイツで 0.4%である。日本のソフトウェア技術者

の長時間労働は突出している。

ソフトウェア生産性は、ソフトウェアプロダクトの生産を単位としてなら計測可能だが、技術者個人の単位では、客観的生産性の計測は行われていないし、可能とも考えられていない。技術者の単位で見たとき、心的な仕事の達成度評価や組織目標に対する貢献度、言い換えれば主観的な生産性指標（能力発揮、組織への貢献、および社会への貢献に関して、主成分分析を用いて回答を指標化）が、マネジメントにとっても、また技術者本人にとっても、客観的指標を代替する重要な指標とみなされている。

一方、ソフトウェア技術者の職務満足感は、以下に挙げる 6 つの設問に関して、主成分分析を用いて回答を指標化することで算出できる。

1. 仕事を一緒にする仲間に恵まれている
2. 今の仕事は面白い
3. 自分のペースで働くことができる
4. 自分の納得できる報酬や地位を得ている
5. 今の仕事は自分に合っている
6. 重要な仕事を任されている

心的生産性指標（主観的生産指標および職務満足感）による 5 ヶ国比較（中国、フランス、ドイツ、日本、米国）の結果も同様に明確である。日本の技術者は、ソフトウェア技術者もそれ以外の技術者も同様に、主観的な生産性指標で見ても、仕事満足のレベルで見ても、ともに比較 5 か国中、最も低い水準にある。一方、米国のソフトウェア技術者の両指標で見た生産性の高さは、他国を大きく凌駕する。両指標で見た日米間の生産性格差は極めて大きい。

このような背景から、以下の状況も観察されている。

- 専門能力および基礎的思考力に関する日本のソフトウェア技術者の自己評価は 5 か国中でも最低レベルにある。マネジメントからも、ソフトウェア技術者としての専門性より、他のメンバーと協調し、組織を管理できる人材が重んじられる。
- 週当たりの自己啓発時間を国際比較すると、日本の技術者は、週当たりの自己啓発時間が 0 時間の者の割合が 28%と 5 か国中最も高い。同時に、週当たり自己啓発時間が 10 時間を超えている者の割合は、1.7%と、ドイツとともに最も低い。
- 米国およびドイツでは外部労働市場が発達しており、労働市場により賃金相場がおおむね決定される。例えば、米国の場合、職務区分に基づき、労働市場の規制力を背景に成果主義的労働条件が決定されている。一方、ドイツでは、製品タイプ別に外部労働市場が発達し、市場賃金となっている。中国およびインドでは、能力主義的・業績

(チーム) 主義的な評価が行われている。これに対して、日本では職能と年功を中心とした労働条件になっており、成果物が見えにくいことへの配慮がない。

こうした背景から、米国におけるソフトウェア技術者は人気の職業であり、情報分野を専門とする大学や学部は学生の人気も高く、優秀な学生が集まる。一方、日本のソフトウェア産業の実態には改善すべき箇所が多くみられる。

さらに、米国におけるソフトウェア技術者の求人票をサンプル調査したところ、業務内容の説明や求められる能力が明確に定義されている事例が多く見られた。以下に民間企業と州政府の事例を示すが、業務内容の説明と併せて求められる能力を明確に定義することは、教育上の指標を与える上でも望ましい。

#### 例 1 : 民間企業 (LinkedIn)

##### 業務内容

- Design and execute user-facing features for the native LinkedIn native apps on one or more devices (iPhone/iPad) by leveraging mobile operating system frameworks for multi-threading, persisting data, and managing user experience and graphics across multiple screen sizes.
- Scale distributed applications, make architectural trade-offs applying synchronous and asynchronous design patterns, write code, and deliver with speediness and quality.
- Produce high quality software that is unit tested, code reviewed, and checked in regularly for continuous integration.
- Provide technical leadership, driving and performing best engineering practices to initiate, plan, and execute large-scale, cross functional, and company-wide critical programs.
- Identify, leverage, and successfully evangelize opportunities to improve engineering productivity.

##### 求められる能力

###### Basic Qualifications

- B.S. Degree in Computer Science or related technical discipline, or 4+ years of equivalent practical experience.
- 1+ years of relevant work experience.
- Programming experience in Java, JavaScript, Objective-C, C++, C# or Swift.

###### Preferred Qualifications

- 2+ years of relevant work experience
- MS or PhD in Computer Science or related technical discipline
- Extensive programming experience in Java, Objective-C, Swift and/or C++.
- Expansive technical knowledge and experience with mobile application development (iOS, Windows, or other).

- Deep foundation in computer science with a strong understanding in data structures, and algorithms.
- Experience developing multi-tier scalable and user-centric reliable applications that operate 24x7.
- Knowledge of UI and animation frameworks, touch user interface, and MVP application design.
- Experience with relational databases (transactional and non-transactional), database architecture, and distributed transaction management.
- Experience building services for information delivery from server to mobile clients working with relevant tools (IDEs, ant, JUnit, etc.).
- Strong object-oriented skills including design, coding, and testing patterns.

## 例 2 : 州政府 (Virginia State Government)

### 業務内容

The Virginia State Bar, an administrative agency of the Supreme Court of Virginia, has an immediate opening for a Senior Software Engineer/Developer to technically lead the design, development and implementation of innovative software solutions for business processes; maintain and enhance custom in-house and COTS applications; and mentor teammates. As a member of a small cross-functional IT department, this position will have an opportunity to work on a range of projects that will directly contribute to our mission. We are looking for an individual who keeps current on technology trends, values learning, takes initiative, and enjoys accountability for meeting business requirements and deadlines in a collaborative work environment.

### 求められる能力

#### Minimum Qualifications:

Significant full software development life cycle experience with HTML5 and Microsoft stack including VB.NET, ASP.NET, MS SQL Server, and Team Foundation Server; working knowledge of FTP and Web APIs; MS Office Integration; excellent troubleshooting skills; and ability to effectively work as a team with end users, developers, consultants, and technical support staff. BA or BS degree with a major in Computer Science, Information Systems, or a related field. Exceptional verbal, written, and interpersonal skills. Selected candidate must pass criminal and credit background check.

#### Preferred Qualifications:

C# and iOS Objective C; database administration; EDI and document management. Experience implementing and monitoring cloud based applications is a plus.

## B 部

# 情報学を専門とする学科対象の 教育カリキュラム標準の策定及び提言

この部は、つぎの 8 つの報告書からなる。それぞれの報告書は、その先頭に色紙を置いて区分してある。

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

CS

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

IS

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

CE

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

SE

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

IT

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

Cyber Security

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

Data Science

情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラム標準の策定及び提言

教育認定 (AC)



情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

CS

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

CS

目次

1. CS 学教育の動向調査	1
2. カリキュラム標準 J17-CS (要約)	2
3. ACM/IEEE-CS への報告	39

WG 構成

角田博保 (主査)	
石畑清 (副主査)	明治大学
河村彰星	九州大学
児玉靖司	法政大学
齋藤孝道	明治大学
清水謙多郎	東京大学
鈴木貢	島根大学
中里秀則	早稲田大学
中谷多哉子	放送大学
三浦孝夫	法政大学
箕原辰夫	千葉商科大学
吉永努	電気通信大学

## 1. CS 学教育の動向調査

### 1.1. ACM/IEEE-CS の CS カリキュラム標準

ACM はコンピュータ科学の教育カリキュラムを 1968 年に公表し、その後、1978 年、1988 年、1991 年と改訂した。2001 年には ACM と IEEE Computer Society が協同でカリキュラムモデル CC2001[1]を制定した。CC2001 の中間改訂版 CS2008 を経て、2013 年に ACM と IEEE Computer Society はコンピュータ科学カリキュラム CS2013[2]を公表している。コンピュータ科学の教育カリキュラムとしては現時点での最新版である。

CS2013 は CC2001 に引続き、知識体系 (Body of Knowledge) を基にしたカリキュラム標準である。BOK はエリア、ユニット、トピックスの 3 階層構成であるが、CC2001 の 14 より増えて 18 の知識エリアからなっている。各ユニットは複数のトピックスと学習到達目標 (learning outcome) によって説明される。各トピックスは Core か Elective に分類され、Core も Tier1 (必修) と Tier2 (選択必修) に分類された。また、学習到達目標に学習レベル (Familiarity、Usage、Assessment) が設けられている。

CS2013 は、標準的な科目構成例などはつけず、実際の大学でのコース例を多数載せることで、参考としている。

情報専門学科カリキュラム J07-CS が CC2001 を大いに参考にしたことから、今回策定するカリキュラム標準 J17-CS は CS2013 を出発点とし、J07 および日本国内の情報専門学科の状況や専門技術の現状を踏まえて策定する。

### 1.2. 国内での CS 教育の現状

文科省委託事業「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」平成 28 年度報告書によれば、日本の情報専門学科の総数は約 300、学士課程における 1 学年の平均学生総数は 2.8 万人程度と推計されている。アンケートに答えた 279 組織のうち、J07 で定めた 5 学科領域 (CS、CE、SE、IS、IT) に対応すると答えた組織が 164 (58.7%) であり、CS に対応すると回答した組織は 74 (26.5%) であった。5 学科領域における CS の占める割合は 45.1% と半数近くになる。

領域ごとのエフォート分布を見ると、情報学の参照基準における (イ) コンピュータで処理される情報の原理、(ウ) 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術、によって定義される伝統的な教育内容が大きな比率を占めていることが分かった。これは J17 の方向性と大いに一致していると考えられる。

### 1.3. J07-CS の内容

J07-CS とそれ以前の J97(「大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97」 [3]) との大きな変更点は、科目ではなく学問的な知識体系を与えたことである。これは米国カリキュラムモデル CC2001CS を参考にしたものであり、既存の情報学科を想定することに加えて、国際的な整合性、日本の科学技術を活かすこと、および最新技術への考慮であった。

J07-CS[4]の知識体系作成の基本方針としては、(a) J97 の後継としての、多くの理工系情報学科を想定してのカリキュラム標準、(b) 国際共通性、特に CC2001CS との整合性、(c) 日本の科学技術の特長と独自性を活かす、(d) 最新技術動向への考慮、があげられている。

J07-CS 知識体系 (CS-BOK-J 2007) は、15 の知識エリアからなり、各エリアはユニットからなり、ユニットの総数は 138 である。ユニットでは、その内容としてトピックスが列挙され、トピックスに対する学習成果がいくつか指定される。CC2001CS は 14 エリアであった。J07-CS ではマルチメディア表現というエリアが新設されている。

## 2. カリキュラム標準 J17-CS (要約)

J07 は数多くの大学でカリキュラム設計時に結構使われた。その後継の J17 としても、地に足がついたものを作る必要がある。そこで、J07 との継続性を考慮し、日本での現状に合うように適宜 CS2013 を変更した。また、CS2013 の BOK を翻訳する作業はせず、英文を使い、その代わりに、技術用語についての日英対照表をつけることとした。さらに、J07 でつけた科目例は含まず、CS2013 にある多量のコース例を参照することとした。

なお、カリキュラム標準そのものは本報告書には含めず CD/DVD メディアにて配布する。

### 2.1. 構成

J17-CS は 19 のエリアから構成される。CS2013 の 18 エリアに J07 で追加したマルチメディア表現エリアを、J17-CS ではメディア表現エリアとして加えた。

エリアごとの Tier1、Tier2 の時間を表 1 に示す。Tier1 が 166 時間、Tier2 が 142 時間である。Tier2 が 8 割達成されるとすると、全体でコア時間は 279.6 時間となる。これは J07 の 255 時間に比べると 1 割増しとなっているが、CS2013 とほぼ同じである。国際共通性、最新技術動向を考慮するとこの規模は妥当だと考える。

表 1. 各エリアのコア時間 (J17-CS と CS2013)

	知識エリア	J17-CS		CS2013	
		Tier1	Tier2	Tier1	Tier2
AL	Algorithms and Complexity	19	9	19	9
AR	Architecture and Organization	0	16	0	16
CN	Computational Science	1	0	1	0
DS	Discrete Structures	37	4	37	4
GV	Graphics and Visualization	2	1	2	1
HCI	Human-Computer Interaction	4	4	4	4
IAS	Information Assurance and Security	3	6	3	6
IM	Information Management	1	9	1	9
IS	Intelligent Systems	0	10	0	10
MR	Media Representation	1	1	0	0
NC	Networking and Communication	3	7	3	7
OS	Operating Systems	4	11	4	11
PBD	Platform-Based Development	0	0	0	0
PD	Parallel and Distributed Computing	5	10	5	10
PL	Programming Languages	8	20	8	20
SDF	Software Development Fundamentals	43	0	43	0
SE	Software Engineering	8	20	6	22
SF	Systems Fundamentals	18	9	18	9
SP	Social Issues and Professional Practice	9	5	11	5
	計	166	142	165	143

単位 時間

以下、各エリアのサマリーを載せる。

### 2.1.1. Algorithms and Complexity (AL) アルゴリズムと計算量

コンピュータを様々な問題の解決に役立てるには、目的に応じて効果的な計算法を適切に選択ないし設計する必要がある。この際には、アルゴリズム（算法）を作る考え方の枠組みやその効率、限界について、特定のプログラミング言語やハードウェアの細部によら

ない本質的な部分をよく理解することが大切である。このためアルゴリズムと計算量は、情報科学やソフトウェア工学において基盤的役割を果たす。

このエリアのコア時間は Tier1 が 19 時間、Tier2 が 9 時間であり、これに加えいくつかの高度な内容が選択ユニットとされている。

#### **AL/Basic Analysis (Tier1 : 2 時間、Tier2 : 2 時間) 計算量の解析**

計算量の解析に現れる概念や手法を扱うユニットである。トピックスには、最悪時評価と平均時評価、漸近解析の記法 ( $O$ 、 $o$ 、 $\Omega$ 、 $\Theta$ )、計算量解析とその具体例、再帰的アルゴリズムの計算量解析、時間量と空間量などがある。

#### **AL/Algorithmic Strategies (Tier1 : 5 時間、Tier2 : 1 時間) アルゴリズム設計の手法**

アルゴリズムの設計によく使われる考え方や手法を扱うユニットである。トピックスには、貪欲法、動的計画法、分割統治法、再帰的探索、分枝限定法、発見的解法、問題の間の帰着関係などがある。

#### **AL/Fundamental Data Structures and Algorithms (Tier1 : 9 時間、Tier2 : 3 時間) 基本データ構造とアルゴリズム**

典型的で重要なアルゴリズムやデータ構造を、実装法、解析法、活用法を含めて具体的に扱うユニットである。トピックスには、数値の処理、整列法、ハッシュ表とその衝突解決、グラフのなぞり、二分探索木、ヒープ、グラフの最短路、全域木、文字列照合などがある。

#### **AL/Basic Automata, Computability and Complexity (Tier1 : 3 時間、Tier2 : 3 時間) 形式言語、計算可能性、計算量の基礎**

計算理論（形式言語理論、計算可能性理論、計算量理論）の最重要事項を概説するユニットである。トピックスには、有限状態機械、正規表現、文脈自由文法、計算可能性、計算不能問題、計算量、多項式時間、非決定計算、P と NP などがある。

#### **AL/Advanced Computational Complexity (選択) 高度な計算量理論**

計算量理論のうち、コアユニットに含まれない高度な内容を扱うユニットである。

#### **AL/Advanced Automata Theory and Computability (選択) 高度な形式言語理論、計算可能性理論**

形式言語理論、計算可能性理論のうち、コアユニットに含まれない高度な内容を扱うユニットである。

## **AL/Advanced Data Structures, Algorithms, and Analysis (選択) 高度なデータ構造やアルゴリズムとその解析**

データ構造とアルゴリズムおよびその解析に関わる話題のうち、コアユニットにない高度なものを扱うユニットである。

### **2.1.2. Architecture and Organization (AR) アーキテクチャと構成**

CS 領域の専門家にとっては、コンピュータはプログラムを実行する単なるブラックボックスではあってはならない。このエリアでは、Systems Fundamentals (SF) の知識を基盤として、より抽象度が高いハードウェアの構築や、高度なソフトウェアレイヤに対するインタフェースの知識を与える。

学生がこのエリアを修めると、コンピュータシステムの各構成要素の特性や周囲とのやりとりを理解し応用できるようになる。また並列性への視点を得ることで、コンピュータの性能を将来にわたり向上させる能力を身につける。そしてプログラマとして高性能を追及する際に念頭に置くべき並列性や遅延の概念を身につける。さらに利用するシステムを選択する際に、プロセッサのクロック性能や命令当たりのクロック数、メモリサイズ、平均メモリアクセスタイムなどの間の兼合いを理解できるようになる。

このエリアのコア時間は、Tier1 はなし、Tier2 は 16 時間で、3 つのユニットが選択となっている。

## **AR/Digital Logic and Digital Systems (Tier2 : 3 時間) デジタル回路とデジタルシステム**

デジタル回路設計における基本的な知識に始まり、現代的な設計法に関する知識、コンピュータシミュレーションにおけるハードウェアの位置付け、物理的な制約の知識に関するユニットである。トピックスには、古典的な手法から FPGA (Field programmable gate array) の利用に至る組合せ回路と順序回路の構成法、アルゴリズム実現の階層におけるハードウェアの多様な位置付け、ハードウェアやアーキテクチャの表現を支援する CAD (コンピュータ支援設計) ツール、レジスタ転送言語とハードウェア記述言語 (Verilog/VHDL)、物理的な制約 (ゲート遅延、ファンイン、ファンアウト、エネルギー/電力) がある。

## **AR/Machine Level Representation of Data (Tier2 : 3 時間) 機械レベルでのデータの表**

## 現

コンピュータ内部におけるデータ表現を扱うユニットである。トピックスには、ビット・バイト・ワード、数値データの表現と基数、固定小数点と浮動小数点、符号付き整数と2の補数表現、非数値データの表現（文字コード、画像データ）、レコードと配列の表現がある。

### **AR/Assembly Level Machine Organization (Tier2 : 6 時間) アセンブリ言語レベルでのコンピュータの構成**

命令セットアーキテクチャという概念に始まり、メモリ領域のレイアウト、共有メモリ型マルチプロセッサ、フリンの分類に至るコンピュータハードウェア構成の概念を扱うユニットである。トピックスには、命令セットアーキテクチャの定義、プログラム格納方式（フォンノイマンマシン）の基本的な構成、プログラム格納方式のコンピュータの基本的な制御手順、命令セットとそのタイプの分類（データ操作、制御、入出力）、アセンブリ言語や機械語によるプログラミング、命令のフォーマットとアドレス指定モード、サブルーチンの呼出しと戻りの仕組み（PL/Language Translation and Execution に関連）、入出力と割込み、実行時システムのメモリレイアウト（ヒープ・静的データ領域・スタック・コード領域）、共有メモリ型のマルチプロセッサ／マルチコア、SIMD、MIMD の基本とフリンの分類がある。

### **AR/Memory System Organization and Architecture (Tier2 : 3 時間) メモリシステムの構成とアーキテクチャ**

メモリシステムの基本的な構成技術とその展開を扱うユニットである。トピックスには、記憶装置とその技術、メモリ階層（時間的局所性と空間的局所性）、主記憶の構成と操作、遅延・サイクル時間・帯域・インタリーブ、キャッシュメモリ（アドレスマッピング・ブロックサイズ・入替えと書出しの戦略）、マルチプロセッサのキャッシュの一貫性／メモリシステムのコア間同期への利用／アトミックなメモリ操作、仮想記憶（ページテーブル・TLB）、障害対応と信頼性、誤り検出訂正符号、データ圧縮、データ正常性（SF/Reliability through Redundancy と相互参照）がある。

### **AR/Interfacing and Communication (Tier2 : 1 時間) インタフェースと通信**

OS と相互参照になっており、入出力の処理や管理の視点から OS を議論する。デバイスへのインタフェースやプロセッサ間通信のハードウェアの仕組みを扱うユニットである。トピックスには、入出力の基本（ハンドシェイク・バッファリング・プログラム転送入出



力・割込み転送入出力)、割込みの構成 (ベクトル化割込み・優先順位付き割込み・割込み  
アクリッジ)、外部記憶 (物理的構成・ドライバ)、バス (バスプロトコル・仲裁 (アビ  
トレーション)・ダイレクトメモリアクセス (DMA))、ネットワークの基本、マルチメデ  
ィア支援、RAID の構成がある。

#### **AR/Functional Organization (選択) 機能別のハードウェア構成**

プロセッサのマイクロアーキテクチャを構成する要素に関するユニットである。トピック  
クスには、命令パイプラインやハザードの検出と解消を含む単純なデータパス、命令実行  
の3つの段階を実現する制御ユニット、命令パイプラインと命令レベル並列性がある。

#### **AR/Multiprocessing and Alternative Architectures (選択) マルチプロセッシングとその 構成の選択肢**

PD/Parallel Architecture との相互参照になっている。SIMD や MIMD のハードウェア  
実装に関するユニットである。トピッククスには、電力の法則、SIMD と MIMD の命令セ  
ットや構成の例、相互結合ネットワーク、共有メモリマルチプロセッサシステムとメモリ  
一貫性、マルチプロセッサのキャッシュ一貫性がある。

#### **AR/Performance Enhancements (選択) 性能向上のための技術**

コンピュータの性能を向上させる技術に関するユニットである。トピッククスには、スー  
パースカラ、分岐予測と投機的実行、アウトオブオーダー実行、先読み (プリフェッチ)、  
ベクトルプロセッサと GPU、マルチスレッドのためのハードウェア支援、スケール性、  
実行方式の別の選択肢 (VLIW/EPIC など)、特定用途向けプロセッサ (アクセラレータ  
など) がある。

### **2.1.3. Computational Science (CN) 計算科学**

Computational Science (CN) は、本来コンピュータが用いられた現実世界の数値的なモ  
デリングとシミュレーションを中心に扱うエリアとなっている。モデリングとシミュレー  
ションについて、その視覚化、計算処理方法、モデリングのためのデータ構築方法、およ  
び数値解析と計算のためのアルゴリズムを扱うユニットから構成されている。

このエリアのコア時間はTier1が1時間であり、それ以外のユニットはすべて選択とな  
っている。

#### **CN/Introduction to Modeling and Simulation (Tier1 : 1時間) モデリングとシミュレー**

## シヨンへの導入

現実世界の様々な解析が必要な事象をコンピュータでシミュレーションし、予測を行うために必要な、モデリング手法とシミュレーション技法への導入を与えるユニットになっている。

トピックスには、現実世界の対象を抽象化するためのモデリング、動的なモデリングとしてのシミュレーション、シミュレーション技法とツール、モデリングした結果の検証を行うための基本的な方法、モデル化されたシステムに対して関連付けられた結果の提示手法がある。

## CN/Modeling and Simulation (選択) モデリングとシミュレーション

モデリングとシミュレーションのための具体的な手法・技法を扱うためのユニットである。トピックスには、最適化、意思決定の支援の方法、予測、安全性の考慮などの目的の説明とトレーニング、処理性能・正確性・有効性・複雑性におけるトレードオフ、モデリングの過程において、キーとなる特徴や振舞いの識別、仮定の簡単化、結果の正当性を扱うこと、モデルを作るにあたっての数式・グラフ・制約など使用方法と動的なシミュレーションにおいて時間差分の使用法を扱うこと、よく使われる形式的なモデルおよびモデル手法を扱うこと、モデルの評価および様々なコンテキストにおけるシミュレーションのアセスメント、モデルのシミュレーションの妥当性と検証を扱うこと、重要な応用分野について扱うこと、支援ソフトウェアやパッケージを紹介することが含まれる。

## CN/Processing (選択) プロセッシング

モデリングとシミュレーションで決めた手法をどのように実装するかを扱うユニットである。トピックスには、アルゴリズムやそのプログラミングへの変換、ワークフローやソフトウェアのライフサイクル、よく知られたアルゴリズムの紹介を含む基本的なプログラミング手法を扱うこと、数値的にデータに合わせるようなアルゴリズムや、並列アーキテクチャを含む数値的な計算手法を実施するためのアーキテクチャの紹介を含む数値的処理手法を扱うこと、バンド幅・遅延・スケーラビリティ・粒度・並列アーキテクチャ・グリッド計算などを含む並列分散計算に対しての基本的な特性を紹介すること、計算のコストを扱うことが含まれる。

## CN/Interactive Visualization (選択) 対話的な視覚化

モデリングとシミュレーションに関連して、その結果をいかに視覚化するかについて扱うユニットであり、GV や HCI、あるいは MR のエリアのユニットと深く関連している。

トピックスには、データの視覚化の原理、グラフ化、視覚化のアルゴリズム、画像処理技法、スケーラビリティを扱うことが含まれる

### **CN/Data, Information, and Knowledge (選択) データ、情報、知識**

モデリングとシミュレーションに関連して、データ・情報・知識の表現をいかに行うべきかについて扱うユニットであり、IMやAL、SDF、あるいはMRのエリアのユニットと深く関連している。トピックスには、IMのユニットで扱うような情報の内容を管理するモデル・フレームワーク・システム・設計手法を扱うこと、テキストだけでなくMRのユニットで扱うような画像・音声・映像などの表現メディアを扱うこと、複雑・複合・集約オブジェクトや書誌レコードの機能要件を扱うこと、同じくMRのユニットで扱うようなコンテンツを作成する際のデジタル化における標本化・量子化・圧縮・変換・エミュレーション・ネットワークからのデータ抽出・メタデータ抽出を扱うこと、IMおよびMRのユニットで扱うような内容の情報データの構造化について扱うこと、パターン認識やメディアの処理について扱うこと、情報を利用する個人や社会について支援すること、および関連したソフトウェアやシステムを紹介することが含まれる。

### **CN/Numerical Analysis (選択) 数値解析**

モデリングやシミュレーションの際の数値解析手法を扱うユニットである。トピックスには、丸めなども含んだ誤差、安定性、収束について扱うこと、テイラー展開、補間、補外および回帰なども含めた関数の近似を扱うこと、数値微分、数値積分を扱うこと、微分方程式の数値的解法を扱うことが含まれる。

#### **2.1.4. Discrete Structures (DS) 離散構造**

情報学全般の数理的な基礎をなす分野である。集合、関係、グラフ、場合の数、確率に関する基本的な用語や知識、また適切な論証を行う方法などが含まれる。アルゴリズムと計算量(AL)などの理論分野において重要であるのはもちろんのこと、多くの応用分野においても、物事を的確に記述したり議論したりするために使われる基盤的知識である。

このエリアのコア時間はTier1が37時間、Tier2が4時間であり、選択ユニットは設けられていない。

### **DS/Sets, Relations, and Functions (Tier1: 4時間) 集合、関係、関数**

集合、関係、関数に関する基本的事項を扱うユニットである。

### **DS/Basic Logic (Tier1 : 9 時間) 論理の基礎**

形式論理を適切に用いて主張を数学的に表現、処理するための、命題論理や述語論理の基礎事項（真理値割当て、論理演算、標準形、推論規則など）を扱うユニットである。特に知能システム分野の IS/Basic Knowledge Representation and Reasoning の直接の前提となる項目でもある。

### **DS/Proof Techniques (Tier1 : 10 時間、Tier2 : 1 時間) 論証の技法**

前ユニットの論理の知識に基づいて、実際に数学的に正しい論証を行う手法を扱うユニットである。特に、命題の逆・裏・対偶、背理法、帰納法、再帰的定義などを理解し、必要に応じて適切に使いこなせるようにする。

### **DS/Basics of Counting (Tier1 : 5 時間) 場合の数と整数**

場合の数と整数に関する基礎的内容を扱うユニットである。トピックスには、数え上げの手法、鳩の巣原理、順列と組合せ、数列と漸化式、合同式などがある。特にアルゴリズムと計算量エリアの AL/Basic Analysis の前提となる項目である。

### **DS/Graphs and Trees (Tier1 : 3 時間、Tier2 : 1 時間) グラフと木**

多くの分野で要素どうしの関係を表すのに使われるグラフや木について基本的な用語や性質を扱うユニットである。特にアルゴリズムと計算量エリアの AL/Fundamental Data Structures and Algorithms の前提となる項目である。

### **DS/Discrete Probability (Tier1 : 6 時間、Tier2 : 2 時間) 確率**

確率に関する基礎知識を、主に有限な確率空間に限って扱うユニットである。トピックスには、確率の公理、事象の独立性、条件つき確率、ベイズの定理、期待値、分散などがある。

### **2.1.5. Graphics and Visualization (GV) グラフィックスと視覚化**

Graphics and Visualization (GV) は、コンピュータグラフィックスおよび視覚化について扱うエリアである。このエリアは、基礎概念・形状のモデリング・レンダリング・アニメーション・視覚化・計算幾何といった相互に関連する複数の分野から成り立っている。基本的な知識だけでなく、過去の技法をすぐに凌駕してしまう現在進行形の先端の技法についても扱う必要がある。このエリアは、基礎的な概念を扱うユニット、基礎および先端的なレンダリング手法を扱うユニット、幾何モデリングを扱うユニット、アニメーション

と視覚化をそれぞれ扱うユニットから構成される。

このエリアの最初のユニットだけコア時間があり、Tier1 が 2 時間、Tier2 が 1 時間になっている。それ以外の 5 つのユニットは選択になっている。

### **GV/Fundamental Concepts (Tier1 : 2 時間、Tier2 : 1 時間) 基礎概念**

コンピュータ科学者やソフトウェア設計者にとって、人間がコンピュータとどのように対話していくのかについては、グラフィックスのコースだけでなく、コンピュータ科学やプログラミングを扱うコースにおいても紹介する必要がある。このユニットにおいては、グラフィックスについての基本的な紹介に留めているが、選択として後に置かれているユニットにおいては、さらに深く扱う必要がある。Tier1 のトピックスには、ユーザインタフェース、音声動画編集、ゲームエンジン、CAD、視覚化、仮想現実を含むメディア応用について扱うこと、HCI や MR のユニットと連動して、アナログ世界のデジタル化について、解像度や人間の知覚限界も含めて扱うこと、ユーザインタフェースを構築するのに標準的な API を用いることや標準的なメディア形式を表示できることが含まれる。Tier2 のトピックスには、減法混色や加法混色に基づく色の再現方法および再現における色域、および国際標準表色系を扱うこと、画像におけるベクタ表現・ラスタ表現について、データ格納や再計算におけるトレードオフを扱うこと、静止画の連なりとしてのアニメーションを扱うことが含まれる。

### **GV/Basic Rendering (選択) 基本的なレンダリング**

基本的なグラフィックス技法と先端的なグラフィックス技法を理解するための基礎知識を扱うユニットになっており、MR のユニットで扱うのと同様に標本化やアンチ・エイリアシングが画像だけではなく、音声などの他のメディアにも同じように機能することを理解させる必要がある。トピックスには、発光や光の散乱とそれに関連した数値積分などのような自然の中のレンダリング、前進・後進レンダリングとそのアルゴリズム、ポリゴンによる表現、基本的な放射測定・類似三角形・投影モデル、座標体系とアフィン変換、レイトレーシング、デプスバッファ・ペインターのアルゴリズム・レイトレーシングのような技法の紹介を含む表示面と隠蔽面、単純三角形によるラスタ化、シェーダベースの API によるレンダリング、トリリニア MIP マッピングのような縮小化および拡大化を含むテクスチャマッピング、レンダリングのための空間データ構造用のアプリケーション、標本化とアンチ・エイリアシング、そしてシーングラフとグラフィック・パイプラインが含まれる。

## **GV/Geometric Modeling (選択) 幾何モデリング**

幾何モデリングは、グラフィックスで使われる幾何表現を扱うためのユニットである。トピックスには、交差計算や近接テストのような基本的な幾何演算、立体体積・ボクセル・頂点ベースの立体表現、パラメトリック多項式曲線および曲面、曲線や曲面の陰関数表現、多項式・ベジエ・スプライン・非一様有理スプライン (NURBS) 曲線や曲面による近似技法、テッセレーション (面充填)・メッシュ表現・メッシュの滑面化を含む曲面表現技法、メッシュ生成技法、空間的副分割技法、フラクタルや生成モデルあるいは L-system のような手続きモデル技法、プログラミング言語と相互的に関連のあるグラフィカル、弾力性をもって変形可能なモデル、自由変形モデル、副分割曲面 (SDS)、多解像モデリング、再構成、構成的固体幾何 (CSG) 表現が含まれる。

## **GV/Advanced Rendering (選択) 先進的なレンダリング**

Basic Rendering のユニットを受けて、先端的なレンダリング技法について扱うユニットである。トピックスには、分散レイトレーシングおよびパスレイトレーシング・フォトンマッピング・双方向パストレーシング・ラズレンダリング・メトロポリス光輸送モデルのようなレンダリング方程式の解決手法と近似、時間 (モーシオンブラー)・レンズの位置 (フォーカス)・連続周波数 (色の) とそれらがレンダリングに与える影響、シャドーマッピング、隠面消去、両方向散乱分布関数 (BSDF) の理論とマイクロファセット (微小切面)、表面下散乱、エリア光源、階層的なデプスバッファリング、非写実レンダリング、GPU アーキテクチャと GPU ベースのコンピュータシェーダ、光の受容・ノイズへの感受性・フリッカー融合を含む人間の視覚組織の紹介が含まれる。

## **GV/Computer Animation (選択) コンピュータ・アニメーション**

アニメーションを生成するための技法を扱うユニットである。トピックスには、運動の前進的解法、インバース・キネマティックス (IK)、衝突感知と反応、ノイズや規則 (ボイズ・群衆) およびパーティクル・システムを使った手続き的アニメーション技法、肌表面生成アルゴリズム、剛体力学や物理粒子システムおよび衣服や肌や毛髪のための質点バネ・ネットワークを含む物理ベースでの動き、キーフレーム・アニメーション、スプライン、四元数のような回転のためのデータ構造、カメラ・アニメーション、モーシオン・キャプチャが含まれる。

## **GV/Visualization (選択) 視覚化**

2次元および3次元での視覚化の技法について扱うユニットである。トピックスには、

カラー・マッピングやアイソ曲面のような 2 次元・3 次元のスカラー場における視覚化、光投影・輸送関数・断片化などの直接的な立体データへのレンダリング、ベクタ場や流れのデータ・時間変化データ・高次元のデータ（次元を減らす手法や並行軸を扱う手法を含む）・多乱数や木あるいはグラフ構造やテキストのような非空間データの視覚化、視覚的な抽象化を引き出す知覚および認知的基礎、視覚化デザイン、視覚化の評価、視覚化の応用が含まれる。

### **2.1.6. Human-Computer Interaction (HCI) ヒューマンコンピュータインタラクション**

Human-computer interaction (HCI) は、人間の行動とそれを支援するコンピュータシステムの間のインタラクション（相互作用）を設計すること、および、そのインタラクションを達成するインタフェースを構築することに関係するエリアである。このエリアのコア時間は Tier1 が 4 時間、Tier2 が 4 時間であり、多くの選択ユニットがある。

#### **HCI/Foundations (Tier1 : 4 時間) 基礎**

HCI の基礎に関するユニットである。トピックスには、HCI が使われるコンテキスト、ユーザ中心開発プロセス、様々な評価基準、ユーザビリティのヒューリスティックスやユーザビリティテストの原理、インタラクション設計を支える物理的能力・認知モデル・社会モデル、良い設計や良い設計者の原理、アクセシビリティ、年齢に応じたインタフェースがある。

#### **HCI/Designing Interaction (Tier2 : 4 時間) インタラクションの設計**

インタラクションの設計に関するユニットである。トピックスには、GUI、ビジュアル設計の要素、タスク分析、低忠実度のプロトタイプング、定量的評価の技法、ヘルプと文書化、人間やシステムのエラーの扱い、ユーザインタフェース標準がある。

#### **HCI/Programming Interactive System (選択) 対話システムのプログラミング**

ユーザエクスペリエンスを中心としたソフトウェア開発の視点から、それを実現するためのアプローチと技術をカバーしたユニットである。トピックスには、ソフトウェアアーキテクチャパターン、インタラクション設計パターン、イベント管理とユーザインタラクションなどがある。

#### **HCI/User-Centered Design and Testing (選択) ユーザ中心設計とテスト**

ユーザ中心の開発技法に関するユニットである。トピックスには、設計プロセスのアプリ

ローチと特性、機能要求とユーザビリティ要求、プロトタイピング技法とツール、各種評価法などがある。

#### **HCI/New Interactive Technologies (選択) 新対話技術**

新しい対話技術に関するユニットである。トピックスには、インタラクションスタイルと技術の選択法、マウスを使わないインタラクションの設計・実装・評価へのアプローチなどがある。

#### **HCI/Collaboration and Communication (選択) 協同作業とコミュニケーション**

協同作業とコミュニケーションに関するユニットである。トピックスには、非同期・同期グループコミュニケーション、社会ネットワーク分析、オンラインコミュニティなどがある。

#### **HCI/Statistical Methods for HCI (選択) HCI のための統計的方法**

HCI のための統計的方法に関するユニットである。トピックスには、t 検定、分散分析、実験的データ分析、統計的データの表現法、定性的結果と定量的結果の組合せなどがある。

#### **HCI/Human Factors and Security (選択) 人間的要因とセキュリティ**

人間的要因とセキュリティに関するユニットである。トピックスには、応用心理学とセキュリティポリシー、ユーザビリティ設計とセキュリティなどがある。

#### **HCI/Design-Oriented HCI (選択) デザイン指向の HCI**

デザイン指向の HCI に関するユニットである。トピックスには、技術に対する知的スタイルと視点およびそのインタフェース、設計規律としての HCI のとらえ方などがある。

#### **HCI/Mixed, Augmented and Virtual Reality (選択) 複合現実、拡張現実、仮想現実**

複合現実、拡張現実、仮想現実に関するユニットである。トピックスには、物理モデリングとレンダリング、システムアーキテクチャ、ネットワーキングなどがある。

#### **2.1.7. Information Assurance and Security (IAS) 情報セキュリティ**

CS2013 から、Information Assurance and Security (IAS) が知識体系に追加された。IAS は、機密性、完全性、可用性を確保し、認証と否認を提供することによって、情報システムと情報システムの保護と防御を目的とした技術とポリシーの両方のコントロールと



プロセスのセットである。

IAS 自体で Tier1 と Tier2 合わせて 9 時間のコア時間があり、他のエリアにも 63.5 時間の知識領域がある。IAS 独自のユニットとして、以下のものがある。

#### **IAS/Foundational Concepts in Security (Tier1 : 1 時間) セキュリティの基礎概念**

セキュリティの基本理念に関するユニットである。トピックスには、CIA (機密性、完全性、可用性)、リスク・脅威・脆弱性・攻撃ベクタの概念、認証と認可・アクセス制御、信頼 (トラスト) と信頼の概念、倫理 (責任ある開示) がある。

#### **IAS/Principles of Secure Design (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 1 時間) 設計の原則**

セキュリティの基本理念に関するユニットである。トピックスには、最小権限と分離、フェールセーフの原則、オープンな設計、エンドツーエンドセキュリティ、縦深防御、セキュリティバイデザイン、セキュリティと他の設計目標とのバランスがある。

#### **IAS/Defensive Programming (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 1 時間、選択) 防御プログラミング**

防御プログラミングに関するユニットである。トピックスには、入力検証とデータ・サニタイズ、プログラミング言語と型安全言語の選択、入力検証およびデータ・サニタイズ・エラーの例、競合条件、例外や予期しない動作の修正がある。

#### **IAS/Threats and Attacks (Tier2 : 1 時間) 脅威と攻撃**

脅威と攻撃に関するユニットである。トピックスには、攻撃者の目標・能力および動機、マルウェア、サービス拒否 (DoS) および DDoS、ソーシャルエンジニアリングがある。

#### **IAS/Network Security (Tier2 : 2 時間) ネットワークセキュリティ**

ネットワークセキュリティに関するユニットである。トピックスには、ネットワーク特有の脅威と攻撃タイプ、データセキュリティとネットワークセキュリティのための暗号技術の使用、セキュアなネットワークのアーキテクチャ、防御メカニズムと対策がある。

#### **IAS/Cryptography (Tier2 : 1 時間) 暗号化**

暗号に関するユニットである。トピックスには、さまざまな通信形態を包含する暗号技術に関する基本概念、暗号技術の種類とその暗号解析、デジタル署名などを含む PKI とその課題がある。

### **IAS/Web Security (選択) Web セキュリティ**

Web セキュリティに関するユニットである。トピックスには、Web セキュリティモデル、セッション管理・認証、アプリケーションの脆弱性と防御、クライアント側のセキュリティ、サーバ側のセキュリティツールがある。

### **IAS/Platform Security (選択) プラットフォームセキュリティ**

プラットフォームセキュリティに関するユニットである。トピックスには、コードの完全性とコード署名、セキュアブート・信頼の起点、Attestation、TPM とセキュアコプロセッサ、周辺機器のセキュリティ脅威、物理攻撃、医療機器・車などの組込み機器のセキュリティ、信頼できるパスがある。

### **IAS/Security Policy and Governance (選択) セキュリティポリシーとガバナンス**

セキュリティポリシーやガバナンスに関するユニットである。トピックスには、プライバシーポリシー、推論制御/統計開示の制限、バックアップポリシー・パスワードの更新ポリシー、セキュリティ侵害開示ポリシー、データの収集と保存のポリシー、サプライチェーンポリシー、クラウドセキュリティのトレードオフがある。

### **IAS/Digital Forensics (選択) デジタルフォレンジック**

デジタルフォレンジックスに関するユニットである。トピックスには、デジタルフォレンジックの基本原則と方法論、フォレンジックを考慮した設計システム、証拠のルール、証拠の検索と押収：法的要件と手続要件、デジタル証拠の方法と標準、データの保全に関する技術と標準、法的および報告上の問題、OS /ファイルシステムフォレンジック、アプリケーションフォレンジック、Web フォレンジック、ネットワークフォレンジック、モバイルデバイスフォレンジック、コンピュータ/ネットワーク/システム攻撃、攻撃の検出と調査、アンチフォレンジックがある。

### **IAS/Secure Software Engineering (選択) 安全なソフトウェア工学**

ソフトウェアセキュリティに関するユニットである。トピックスには、ソフトウェア開発ライフサイクルへのセキュリティ構築、安全なデザインの原則とパターン、セキュアなソフトウェア仕様と要件、安全なソフトウェア開発プラクティス、セキュアなテスト、ソフトウェア品質保証とベンチマーク測定がある。

## **2.1.8. Information Management (IM) 情報管理**

情報管理（IM）は、本来、情報の捕捉、離散化、表現、組織化、変換、提示を行い、効果的に効率よくアクセスや変更を行うアルゴリズム、データモデル化と抽象化、物理格納記憶域技術を扱う。このエリアの扱うトピックスにより、概念的物理的なデータモデルを構築し、適合する手法や技術を決定し、望ましい設計を得るための実装が可能である。

このエリアは 12 ユニットからなり、コア時間は Tier1 が 1 時間、Tier2 が 9 時間であり、選択ユニットは 9 個ある。

### **IM/Information Management Concepts (Tier1: 1時間、Tier2: 2時間) 情報管理の概念**

情報管理の概念に関するユニットである。Tier1 としてのトピックスには、情報システム、基本的な情報記憶検索、情報の表現と記述、情報の探索・関連付け・ブラウジング、巡航操作等があり、Tier2 には、情報管理応用、宣言型および案内型質問、分析と索引付け、情報管理の信頼性、拡張性、効率性、有効性などがある。

### **IM/Database Systems (Tier2: 3時間、選択) データベースシステム**

データベースシステムの利用と構造に関するユニットである。Tier2 としてのトピックスには、データベースシステムの構造、基本機能、データ独立、宣言型質問言語などがある。

### **IM/Data Modeling (Tier2: 4時間) データモデル**

さまざまなデータモデルに関するユニットである。Tier2 としてのトピックスには、概念モデル、関係モデル、オブジェクト指向モデル、半構造モデルなどがある。

### **IM/Indexing (選択) 索引付け**

索引利用に関するユニットである。扱うトピックスには、物理構造に対する索引の効果、基本構成、特徴語の抽出と利用などがある。

### **IM/Relational Databases (選択) 関係データベース**

関係データベースに関するユニットである。トピックスには、関係データベースに基づくスキーマ設計、関係代数・関係論理、正規形と従属性の関連、正規形への変換がもたらす性能上の影響が含まれる。

### **IM/Query Languages (選択) 質問言語**

データ操作言語に関するユニットである。トピックスには、SQL（選択、射影、結合、集

約関数、グループ化) と入れ子質問、手続き型言語との関連付け、XPath等の言語やストアドプロシジャがある。

### **IM/Transaction Processing (選択) トランザクション処理**

トランザクション処理に関するユニットである。トピックスには、トランザクション処理、障害回復、同時制御方式などがある。効率よいトランザクション処理の実現と孤立性の効果を示し、コミットおよび巻き戻し機能による同時制御規約を示す。

### **IM/Distributed Databases (選択) 分散データベース**

分散データベースおよび並列データベースに関するユニットである。トピックスには、分散データベースに関しては、分散データ記憶、分散データベース質問、トランザクションの分散処理、同質解と異質解などがあり、並列データベースに関しては、共有メモリ・記憶域・無共有構造の対照、拡張性と高効率性、データ複写に関する割当てと断片化技術などがある。

### **IM/Physical Database Design (選択) 物理データベース設計**

二次記憶域上のレコード、レコード形式、ファイルに関する技法を扱うユニットである。トピックスには、主索引、副次索引、クラスタ索引、ハッシュファイル・シグネチャファイル、B木がある。

### **IM/Data Mining (選択) データマイニング**

データマイニングの利用とアルゴリズムに関するユニットである。トピックスには、同時関係や順序パターンの発見、関係データベースとの関連付け、クラスタリング、データクリーニング、例外値分析、可視化などがある。

### **IM/Information Storage and Retrieval (選択) 情報記憶と検索**

情報記憶と検索の諸概念に関するユニットである。効率よい情報検索の諸問題を挙げ、応用分野に依存する探索戦略と設計技術を示す。トピックスには、マークアップ構造、トライ構造、逆索引構造、形態素解析、語幹抽出、語頻度・逆文書頻度、文書ベクトル空間モデル、シソーラス、オントロジ、文書分類などの多方面があり、ラッパやメディアエータなどの奉仕による情報の相互運用性なども含む。

### **IM/Multimedia Systems (選択) マルチメディアシステム**

マルチメディアシステムに関するユニットである。マルチメディア情報とそのシステムに用いられるメディアと装置を示し、内容に基づく情報分析と検索技術を示す。ここでは、オーディオ、ビデオ、画像、色彩等の概念を用いた情報の提示が重要であり、オーサリングシステムを用いた応用分野などのトピックスがある。

### **2.1.9. Intelligent Systems (IS) 知的システム**

人工知能 (AI) は、従来の技術では扱い難いあるいは現実的でない問題のうち、日常生活で生じるものに解を与えようとする技術である。広範囲な知識表現、問題解決機構、機械学習を前提とする人工知能技術を前提とする。センシング技術 (音声認識、画像認識、自然言語処理)、問題解決技術 (探索とプランニング)、動作 (構成空間と環境マップ、ロボット工学)、支援方式 (エージェント技術) など、解法は個別の分野に大きく依存する。知的システム (IS) のエリアでは、どのような問題に人工知能が有用か、望ましい知識表現は何か、解探索の動作原理な何かなど、を説明する。さらに、システムの構築と評価の手法や技術を示す。

このエリアは 12 のユニットからなり、コア時間は Tier2 が 10 時間であり、選択ユニットは 8 個ある。

#### **IS/Fundamental Issues (Tier2 : 1時間) 基本問題**

人工知能問題の概要と応用に関するユニットである。知的な振舞い、合理的な振舞い、人間的な振舞いを対照し、解決すべき問題の特徴を示している。

#### **IS/Basic Search Strategies (Tier2 : 4時間) 基礎的探索戦略**

問題空間での解の探索とその完全性、最適性、効率との観点から評価方法を示すユニットである。トピックスには、深さ優先・幅優先など探索の方法や、貪欲法、A\*法などの発見的な方法、後戻り法などの制約充足問題、評価方法がある。

#### **IS/Basic Knowledge Representation and Reasoning (Tier2 : 3時間) 基礎的知識表現と推論**

命題論理と述語論理に関するユニットである。トピックスには、推論の健全性・完全性、前向き・後ろ向き推論、ベイズ理論を用いた確率的推論がある。

#### **IS/Basic Machine Learning (Tier2 : 2時間) 基礎的機械学習**

機械学習の定義を例で示し、教師あり学習である分類操作を扱うユニットである。トピックスには、単純ベイズ分類や決定木、過学習問題がある。

### **IS/Advanced Search (選択) 応用探索**

分枝限定法や動的計画法を例として、探索器とその発展、焼きなまし法や遺伝的アルゴリズムなどの確率過程的探索、ミニマックス法・ $\alpha\beta$ 法を扱うユニットである。これらを問題に適用し、比較対照する。

### **IS/Advanced Representation and Reasoning (選択) 応用表現と推論**

情報の表現と様々な論理学に関するユニットである。また、エキスパートシステム、意味ネットワーク、プランニング技法など知識推論技術も扱う。トピックスには、記述論理とオントロジ工学、非単調論理、状況論理・イベント論理、時空間論理などがある。

### **IS/Reasoning Under Uncertainty (選択) 不確実推論**

確率理論・確率分布を基礎として、確率的な知識表現を扱うユニットである。トピックスには、ベイジアンネット、ランダムサンプリング、マルコフモデル・隠れマルコフモデル、決定性理論などがある。

### **IS/Agents (選択) エージェント**

エージェントおよび環境との協調を扱うユニットである。ここではエージェントを定義し、反射エージェント、階層エージェント、認知エージェントの構成の特徴を示し、決定論的エージェントとマルコフ決定プロセスとの関係を示す。エージェント理論により、協調エージェント、情報収集エージェント、擬人エージェントなどでの応用を示す。

### **IS/Natural Language Processing (選択) 自然言語処理**

自然言語処理の理論と応用を扱うユニットである。トピックスには、決定性文法と確率文法、自然言語の構文解析、意味の表現、コーパスに基づくアプローチ、情報検索、自動翻訳、文書分類などがある。

### **IS/Advanced Machine Learning (選択) 応用機械学習**

機械学習分野のうち、教師あり・教師なし学習、強化学習の諸原理を示し、このスタイルの違いの意味と効果を扱うユニットである。トピックスには、統計的学習とパラメタ推定、決定木・ニューラルネットワーク・サポートベクトルマシンなどの教師あり学習、ア

ンサンプル学習、信念ネットワーク、最近傍探索、期待値最大法 (EM) ・自己組織化マップ・クラスタリングなどの教師なし学習、半教師あり学習、次元の呪い問題、データマイニングへの適用などが含まれる。

### **IS/Robotics (選択) ロボット工学**

ロボット工学の概念と問題に関するユニットである。トピックスには、ロボット制御の熟考制御方式・反射制御方式・ハイブリッド制御方式、構成空間と環境マップを用いたプランニング、不完全なセンサデータの特徴付けなどがある。

### **IS/Perception and Computer Vision (選択) 画像認識とコンピュータビジョン**

コンピュータビジョン (イメージとオブジェクトの認識) の技術と応用に関するユニットである。ここではイメージの表現と処理、形状の表現と処理、動作解析を目的として、画像分割、閾値設定、エッジ・領域検出などによる2次元オブジェクトの認識などの手法を示す。さらに、オーディオスピーチ認識・一般的パターン認識アプローチを示し、分類手法や統計手法、特徴抽出のアプローチを示す。

#### **2.1.10. Media Representation (MR) メディア表現**

Media Representation (MR) のエリアは、これまで行われてきた様々なメディアを介した表現内容をコンピュータ上で実現する技術観点から捉え、情報としての表現原理と効果的な表現技術、およびそれを統合化し、配信する技術を探求するものである。そのために、メディア表現およびデジタル化におけるコンピュータ上での技術を深く理解する一方で、心理的および文化的な側面についても理解するためのユニットが配置されている。

このエリアのコア時間は、デジタル化のユニットにおいて、Tier1 で1時間、情報理論と標本化・量子化のユニットにおいて、Tier2 で1時間であり、その他のユニットは、選択になっている。

### **MR/Digital Representation of Information (Tier1:1時間) 情報のデジタル表現**

情報のデジタル化およびデジタル表現において必要とされる基本的な概念、および代表的な手法についての紹介を行うためのユニットになっている。トピックスには、アナログ表現およびデジタル表現、デジタルデータ、雑音 (S/N) 比、意味内容の記号化と解釈、符号化と復号、情報量および情報量の単位、標本化・量子化・圧縮が含まれる。

### **MR/Character Codes (選択) 文字コード**

文字コードについて技術的な側面から専門的に扱うユニットである。トピックスには、日本国内のコードおよび Unicode における文字の字形と符号化および文字コードを扱うこと、文字コードとフォントとの関連付けを扱うこと、および文字コードの国際規格である ISO の一連の文字コード規格と Unicode の技術的内容を扱うことが含まれる。

#### **MR/Sampling, Quantization, and Compression (Tier2:1 時間) 標本化、量子化、圧縮**

標本化、量子化、圧縮について十分な知識と技法を身につけるためのユニットである。トピックスには、シャノンの通信における情報理論、ナイキストの標本化定理を理解すること、画像・音声・映像の標本化と量子化を扱うこと、可逆圧縮と不可逆（劣化）圧縮について代表的な技術も含めて扱うこと、先端のメディア用のデータ圧縮技法（Codec）とそのアルゴリズムを紹介すること、標本化・量子化・圧縮を受けてデジタル化されたメディアについて人間の認識能力を考慮した品質の評価を扱うことが含まれる。

#### **MR/Devices for Media Representation (選択) メディア表現のための機器**

HCI のユニットとも重なるところがあるが、メディア表現のための機器やフォーマットについて扱うユニットになっている。トピックスには、入出力機器の紹介、容量計画と性能に関する問題を扱うこと、記録メディアと記録・編集・交換・配信用のフォーマットの紹介、メディア配信のためのサーバシステムを扱うこと、およびメディア開発をサポートするツールを紹介することが含まれる。

#### **MR/Authoring Target Information (選択) 目的とする情報のオーサリング**

IM および HCI のユニットとも重なるが、特にメディア表現において、ターゲットとする情報の提示方法を論理的な側面および修飾的な側面の両方について扱うためのユニットになっている。トピックスには、情報の提示方法について扱うこと、情報の論理構造を扱うこと、ユーザの情報閲覧のモデル化、文字について表音文字と表意文字を区別し、その両方を扱うこと、自然言語の文字表記と字形も含む表記方法の揺れを扱うこと、表現されたメディアに対しての検索手法を扱うこと、提示方法に対応したメディアの加工と品質について扱うこと、心理や知覚、理解度、あるいは文化背景を考慮したメディアの提示方法について扱うこと、リアルタイム制御の情報提示の場合も含む多様なメディアの選択と統合化について扱うことが含まれる。

### **2.1.11. Networking and Communication (NC) ネットワークと通信**

ネットワークと通信を扱うエリアである。



このエリアのコア時間はTier1が3時間、Tier2が7時間である。

### **NC/Introduction (Tier1 : 1.5 時間) 導入**

ネットワークの基本的な概念に関するユニットである。トピックスには、インターネットの構成、回線交換とパケット交換、ネットワークを構成する機器、プロトコル階層の概念、各プロトコル階層の役割がある。

### **NC/Networked Applications (Tier1 : 1.5 時間) ネットワークアプリケーション**

アプリケーション層に関するユニットである。トピックスには、命名方法とアドレスの付け方 (DNS、IP アドレス、URI など)、分散アプリケーション (クライアントサーバ、ピア・ツー・ピア、クラウドなど)、HTTP、TCP/UDP による多重化、ソケット API がある。

### **NC/Reliable Data Delivery (Tier2 : 2 時間) 信頼性のあるデータ配信**

データ配信の信頼性に関するユニットである。トピックスには、エラー制御 (再送、タイマ設定)、フロー制御 (受領確認、スライディングウィンドウ)、パフォーマンス (パイプライニング)、TCP がある。

### **NC/Routing and Forwarding (Tier2 : 1.5 時間) 経路制御と転送**

経路制御とパケット転送に関するユニットである。トピックスには、ルーティング (経路制御) とフォワーディング (パケット転送) の違い、静的な経路決定、インターネットプロトコル (IP)、スケーラビリティ (階層的なアドレス方式) がある。

### **NC/Local Area Networks (Tier2 : 1.5 時間) ローカルエリアネットワーク**

LAN に関するユニットである。トピックスには、多元接続の問題、多元接続で一般に利用される手法 (指数バックオフ、時分割多重など)、ローカルエリアネットワーク (Local Area Networks: LAN)、Ethernet、スイッチがある。

### **NC/Resource Allocation and QoS (Tier2 : 1 時間) リソース割当てと通信品質**

リソース割当てと通信品質に関するユニットである。トピックスには、固定割当て (時分割多重、周波数多重、波長多重) と動的割当て、通信品質 (QoS)、端末での通信品質制御とネットワークによる通信品質制御、公平性、通信品質制御の原理 (輻輳ウィンドウ、能動的キュー管理、スケジューリング、シェーピング)、Content Distribution Networks (CDN) がある。

## **NC/Mobility (Tier2 : 1 時間) モビリティ管理**

端末の移動管理に関するユニットである。トピックスには、携帯電話網の原理、モバイル IP、端末の移動支援の仕組み（ホームエージェント）がある。

### **2.1.12. Operating Systems (OS) オペレーティングシステム**

オペレーティングシステム (OS) は、ハードウェアの抽象化を定義し、コンピュータ利用者間の資源の共有を管理する。このエリアのトピックスでは、OS のネットワークに対するインタフェース、カーネルモードとユーザモードの違いの理解、OS の設計と実装に対する主要なアプローチの開発という観点から、OS の最も基本的な知識について説明する。

このエリアのコア時間は Tier1 が 4 時間、Tier2 が 11 時間であり、6 個の選択ユニットがある。

### **OS/Overview of Operating Systems (Tier1 : 2 時間) オペレーティングシステムの概要**

OS の概要に関するユニットである。トピックスには、OS の役割と目的、代表的な OS の機能、クライアントサーバモデルおよび携帯端末を支援する機構、設計上の問題（効率性、頑強性、柔軟性、可搬性、セキュリティ、互換性）、OS に対してセキュリティ、ネットワーク、マルチメディア、ウィンドウシステムが与える影響がある。

### **OS/Operating System Principles (Tier1 : 2 時間) オペレーティングシステムの原理**

OS の基本原理に関するユニットである。OS の構成法、利用インタフェース、ハードウェアとの関係、プログラムの実行管理などが含まれる。トピックスには、OS の構成法（モノリシック、階層型、モジュール化、マイクロカーネルモデル）、抽象化（プロセス、資源など）、アプリケーションプログラミングインタフェース (API) の概念、GUI と OS、ハードウェア/ソフトウェア技術および応用ニーズの進化、デバイスの構成、割込みの方式と実現、ユーザ/カーネルモードの概念と保護、プログラムのリンクとローディングがある。

### **OS/Concurrency (Tier2 : 4 時間) 並行性**

OS が実現する並行性に関するユニットである。プロセスの機構、同期・通信、デッドロックなどが含まれる。トピックスには、プロセスの状態と状態遷移、プロセスの構造（実行可能リスト、プロセス制御ブロックなど）、ディスパッチとコンテキスト切替え、プロセスとスレッド、割込みの役割、OS における同期の必要性、同期基本命令の実現（ロック、セマフォ、条件変数、モニタあるいはこれに類する構造）、プロセス間通信における共有メ

メモリ、メッセージ受渡し、ライブ障害の可能性とデッドロック（要因、条件、防止）、マルチプロセッサの問題がある。

### **OS/Scheduling and Dispatch (Tier2: 2 時間) スケジューリングとディスパッチ**

スケジューリング方針に関するユニットである。トピックスには、横取りのあるスケジューリングと横取りのないスケジューリング、スケジューラとスケジューリング方針、デッドラインとリアルタイム問題がある。

### **OS/Memory Management (Tier2: 3 時間) メモリ管理**

OS のメモリ管理の機構と方針に関するユニットである。トピックスには、物理メモリとメモリ管理ハードウェアの復習、ページングと仮想記憶、ページング方針、ワーキングセットとスラッシング、キャッシングがある。

### **OS/Security and Protection (Tier2: 2 時間) セキュリティと保護**

OS に関連したセキュリティと保護に関するユニットである。トピックスには、システムセキュリティの概要、方針と機構の分離、セキュリティ方式および装置、保護、アクセス制御、認証、バックアップ、セキュア OS がある。

### **OS/Virtual Machines (選択) 仮想マシン**

コンピュータの仮想化についてまとめたユニットである。トピックスには、仮想化のタイプ（ハードウェア/ソフトウェア、OS、サーバ、サービス、ネットワークなど）、ハイパーバイザ、ポータブル仮想化（エミュレーションと隔離の対比）、仮想化のコストがある。

### **OS/I/O Management (選択) 入出力管理**

デバイスおよびデバイスに対する入出力の管理に関するユニットである。トピックスには、シリアルデバイスとパラレルデバイスの特性、デバイスの差異の抽象化、バッファリング方式、直接メモリアクセス、障害からの回復、ネットワーク入出力管理がある。

### **OS/File Systems (選択) ファイルシステム**

ファイルおよびファイルシステムに関するユニットである。トピックスには、ファイル（データ、メタデータ、操作、編成、バッファリング、逐次アクセス、非逐次アクセス）、ディレクトリの内容と構造、ファイルシステム（区画化、マウント・アンマウント、仮想ファイルシステム）、標準的な実現技術（ファイル索引、割当て法、空き領域管理など）、

メモリマップトファイル、専用ファイルシステム、名前付け、探索、バックアップ、ジャーナルおよびログ構造ファイルシステムがある。

### **OS/Real Time and Embedded Systems (選択) リアルタイムおよび組込みシステム**

リアルタイムおよび組込みシステムの OS 技術に関するユニットである。トピックスには、プロセスおよびタスクのスケジューリング、リアルタイム環境におけるメモリ・ディスク管理、障害とリスクと回復、リアルタイムシステムに特化した対応がある。

### **OS/Fault Tolerance (選択) 耐故障性**

耐故障性の基本概念、実現手法などに関するユニットである。トピックスには、基本概念 (高信頼性および高可用性システム)、空間的および時間的な冗長性、耐故障性を実現する手法、耐故障性を実現する検出、回復、再起動の OS 機構の実例、およびこれらの技法の OS 自身のサービスへの適用がある。

### **OS/System Performance Evaluation (選択) システムの性能評価**

システムの性能評価についてまとめたユニットである。トピックスには、システム性能評価の必要性、評価の対象、システム性能に関わる方針 (たとえば、キャッシング、ページング、スケジューリング、メモリ管理、セキュリティなど)、評価モデル (決定的、解析的、シミュレーション、実装特化)、評価データの収集方法 (プロファイル、トレース機構) がある。

#### **2.1.13. Platform-Based Development (PBD) プラットフォームに依存した開発**

具体的なプラットフォーム上にプログラムを作成するために必要な開発制約や技術を扱うエリアで、他のソフトウェア関連知識エリアの基礎知識を活用する。たとえば、プラットフォーム固有の制約を守りながら API を使って開発を行う。特に、Software Development Fundamentals (SDF) が、関連の深いエリアである。

このエリアに Tier1、Tier2 のコア時間はなく、すべてが選択となっている。

### **PBD/Introduction (選択) 導入**

プラットフォームに依存した開発を行うために必要な知識を与えるユニットである。特に伝統的なソフトウェア開発との差異を強調している。トピックスには、プラットフォームの概観 (たとえば、Web、Mobile、ゲーム、産業向け)、プラットフォーム固有の API を用いたプログラミング、プラットフォーム言語の概観 (たとえば Swift、HTML5)、プラッ

プラットフォームの制約のもとで行うプログラミングがある。

### **PBD/Web Platforms (選択) Web プラットフォーム**

これ以降の四つのユニットは、それぞれ特定の種類のプラットフォームにおけるソフトウェア開発に関するものである。このユニットのトピックスには、Web プログラミング (たとえば、HTML5、JavaScript、PHP、CSS)、Web プラットフォームの制約、Software as a Service、Web 標準がある。

### **PBD/Mobile Platforms (選択) モバイルプラットフォーム**

このユニットのトピックスには、Mobile プログラミング言語、Mobile や無線通信への挑戦、Location-aware プログラミング、性能と電力のトレードオフ、Mobile プラットフォーム制約、新技術がある。

### **PBD/Industrial Platforms (選択) 工業プラットフォーム**

このユニットの知識は、IS/Robotics に関係する。トピックスには、様々な産業向けプラットフォーム (たとえば、数学、ロボット、産業系制御)、ロボットのためのソフトウェアとアーキテクチャ、ドメイン固有の言語、産業系プラットフォームの制約がある。

### **PBD/Game Platforms (選択) ゲームプラットフォーム**

トピックスには、様々なゲームプラットフォーム (たとえば、XBox、Nintendo、PlayStation)、ゲームプラットフォーム言語 (たとえば、C++、C#、Java、Lua、Python)、ゲーム開発環境 (たとえば、Unity、Unreal、CryENGINE)、ゲームプラットフォーム制約がある。

#### **2.1.14. Parallel and Distributed Computing (PD) 並列分散処理**

近年、マルチコアプロセッサやデータセンタ技術など、並列分散処理技術の進展が著しい。この状況を受けて、並列分散処理に関するエリアを新設し、学部カリキュラムのコア時間を Tier1 に 5 時間、Tier2 に 10 時間設けた。並列分散処理では、複数のプロセッサ上で同時に計算が実行される。並列分散処理エリアの内容は、並行性、並列実行、メモリ操作の一貫性、通信遅延など他の多くのエリアのシステム基礎概念の理解の上に形成される。実際の速度向上は、並列アルゴリズム、問題分割戦略、システムアーキテクチャ、詳細な実装、性能解析、チューニング等の理解を必要とする。分散処理では、セキュリティや耐故障性に焦点を当てる。

### **PD/Parallelism Fundamentals (Tier1 : 2 時間) 並列性の基礎**

並列処理の基本概念に親しみ、この基本概念を通じてより複雑な並列処理に関わる事項を探求する準備をするためのユニットである。なお、並列処理概念についてはSFでも学ぶ。したがって、SF/Computational Paradigms、SF/Parallelismと関連する。トピックスには、複数同時計算、並列性の目的と並行性、並列性・通信・協調、逐次プログラミングにはないプログラミングエラーがある。

### **PD/Parallel Decomposition (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 3 時間) 並列処理への分割**

並列処理プログラムの作成に必要なタスク分割やデータ並列性に関するユニットである。SF/Parallelismと関連する。トピックスには、通信および協調・同期、独立性と分割、並列処理への分割に関する基礎知識、タスク分割、データ並列処理の分割、アクタと呼び出されるプロセスがある。

### **PD/Communication and Coordination (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 3 時間、選択) 通信と協調**

並列処理で必要な通信と協調に関するユニットである。実装に関して OS/Concurrencyと関連する。トピックスには、コア時間として共有メモリ、データ競合のないプログラムを保証する言語機能、メッセージ交換、排他制御されたアトミック処理がある。また選択として、同期、条件付きの待ち合わせ処理がある。

### **PD/Parallel Algorithms, Analysis, and Programming (Tier2 : 3時間、選択) 並列アルゴリズム、解析とプログラミング**

並列アルゴリズム、解析、プログラミングに関するユニットである。トピックスには、コア時間としてクリティカルパス、アムダールの法則 (SF/Evaluationに関連)、速度向上とスケラビリティ、並列アルゴリズムがある。また選択として、並列グラフアルゴリズム (AL/Algorithmic Strategiesの分割統治法と関連)、並列行列計算、生産者-消費者モデルとパイプラインアルゴリズム、スケラブルでない並列アルゴリズムがある。

### **PD/Parallel Architecture (Tier1 : 1時間、Tier2 : 1時間、選択) 並列アーキテクチャ**

応用面から見た並列コンピュータアーキテクチャに関するユニットである。AR/Assembly Level Machine Organization, AR/Multiprocessing and Alternative Architectureと関連するが、ARの内容はハードウェア面に限られる。トピックスには、コア時間としてマルチコアプロセッサ、共有メモリと分散メモリ、シンメトリックマルチプ

ロセッシング (SMP) 、SIMD、ベクトル処理がある。選択としては、GPU、フリンによる並列処理の分類、命令レベル並列処理、並列アーキテクチャのメモリ技術、ネットワークトポロジーがある。

### **PD/Parallel Performance (選択) 並列性能**

並列処理性能に関するユニットである。トピックスには、負荷分散、性能測定、スケジューリングと競合 (OS/Scheduling and Dispatchと関連) 、通信オーバーヘッドの評価、データ管理 (SF/Proximityに関連) 、電力消費と管理がある。

### **PD/Distributed Systems (選択) 分散システム**

分散システムに関するユニットである。トピックスには、故障 (OS/Fault Toleranceに関連) 、分散処理メッセージ交換、分散システム設計のトレードオフ、分散処理サービス設計、分散処理アルゴリズムがある。

### **PD/Cloud Computing (選択) クラウドコンピューティング**

クラウドコンピューティングに関するユニットである。トピックスには、インターネット規模の計算 (PD/Parallel Algorithms, Analysis, and Programmingに関連) 、クラウドサービス、仮想化 (SF/Virtualization and Isolation, およびOS/Virtual Machinesに関連) 、クラウドによるデータ保存がある。

### **PD/Formal Models and Semantics (選択) 形式モデルと意味論**

並列処理に関する形式検証モデルについてのユニットである。トピックスには、プロセスとメッセージ交換の形式モデル、並列計算の形式モデル、計算依存性の形式モデル、共有メモリ貫性のモデルとプログラミング言語仕様の関係、アルゴリズムの正しさ、ノンブロッキング性の保証や公平性を含むアルゴリズムモデル、データ競合しないことなどの妥当性検証技術がある。

#### **2.1.15. Programming Languages (PL) プログラミング言語**

プログラミング言語に関するエリアである。プログラミング入門などとは切り離して、言語そのものを題材としている。複数のパラダイムを取り上げていて、特にオブジェクト指向言語と関数型言語に重きを置いた構成になっている。

プログラミング言語は、概念の記述、アルゴリズムの定式化、解の考察などをプログラマが正確に行うための道具である。ソフトウェア開発者は、言語ごとに異なるプログラミ

ングモデルと、それらの背景にある設計方針を理解しなければならない。プログラミング言語を効果的に使用し、かつその限界を知るには、言語処理系、プログラムの静的解析、メモリ管理などの実行時環境についても知る必要がある。

コア時間は、Tier1 が 8 時間、Tier2 が 20 時間になっている。

### **PL/Object-Oriented Programming (Tier1 : 4 時間、Tier2 : 6 時間) オブジェクト指向プログラミング**

オブジェクト指向言語とその使用方法に関するユニットである。Tier1 のトピックスには、オブジェクト指向設計、クラス、サブクラス、動的ディスパッチがある。Tier2 のトピックスには、サブタイプ、情報隠蔽のための機能、コレクションクラスがある。

### **PL/Functional Programming (Tier1 : 3 時間、Tier2 : 4 時間) 関数型プログラミング**

関数型言語とその使用方法に関するユニットである。Tier1 のトピックスには、副作用のないプログラム、構造を持つデータの扱い方、関数を他のデータと同様に扱う方法がある。Tier2 のトピックスには、関数閉包、map や reduce/fold などの高階関数がある。

### **PL/Event-Driven and Reactive Programming (Tier2 : 2 時間) イベント駆動プログラミングとリアクティブプログラミング**

外部からの信号に反応するイベント駆動型のプログラムに関するユニットである。Tier2 のトピックスには、イベントとイベントハンドラ、典型的な使用法、プログラムの構成、外部イベントとプログラムが生成するイベント、MVC の分離がある。

### **PL/Basic Type Systems (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 4 時間) 型システムの基本**

データの型のうちの基本的なものに関するユニットである。Tier1 のトピックスには、値の集合と操作の集合によって定まる型、型と変数その他の結合、型安全性と型エラー、静的な型の目標と限界がある。Tier2 のトピックスには、汎用型、静的な型と動的な型の比較がある。

### **PL/Program Representation (Tier2 : 1 時間) プログラムの表現**

言語処理系の中でのプログラムの表現法に関するユニットである。Tier2 のトピックスには、プログラムを処理する各種プログラム（コンパイラなど）、抽象構文木、プログラムを表現するデータ構造がある。



## **PL/Language Translation and Execution (Tier2 : 3 時間) 言語翻訳と実行**

言語処理系の処理の概要に関するユニットである。Tier2 のトピックスには、インタプリタとコンパイラ、言語処理系内部のフェーズ、データや関数の実行時表現、メモリの実行時レイアウト、メモリ管理がある。

## **PL/Syntax Analysis (選択) 構文解析**

構文解析に関するユニットである。トピックスには、正規表現による字句解析、各種構文解析法、仕様からの字句解析または構文解析プログラムの自動生成がある。

## **PL/Compiler Semantic Analysis (選択) コンパイラの意味解析**

意味解析に関するユニットである。トピックスには、抽象構文木、有効範囲と結合の解析、型検査、属性文法などの宣言的仕様がある。

## **PL/Code Generation (選択) コード生成**

コード生成に関するユニットである。トピックスには、手続き呼出し、分割コンパイル、命令選択、レジスタ割当て、覗き穴最適化がある。

## **PL/Runtime Systems (選択) 実行時システム**

実行時システムに関するユニットである。トピックスには、動的なメモリ管理、just-in-time コンパイル、仮想マシンの共通機能がある。

## **PL/Static Analysis (選択) 静的解析**

プログラムの静的解析に関するユニットである。トピックスには、フローグラフ、静的解析の非決定性、フロー解析、モデルチェック、最適化や検証との関係がある。

## **PL/Advanced Programming Constructs (選択) 高度な言語機能**

高度な言語機能に関するユニットである。トピックスには、遅延評価、例外処理、継続、多重継承、メタプログラミング、モジュールシステム、文字列処理、動的評価 (eval)、不変条件の検査がある。

## **PL/Concurrency and Parallelism (選択) 並行処理と並列処理**

並行処理と並列処理に関するユニットである。トピックスには、共有変数、アクタモデル、データ並列性に対する言語支援、メッセージ交換がある。

### **PL/Type Systems (選択) 型システム**

型システムに関するユニットである。トピックスには、複合的なデータを表現する型、型検査、型の安全性、型推論、静的オーバーロードがある。

### **PL/Formal Semantics (選択) 形式意味論**

形式意味論に関するユニットである。トピックスには、構文と意味、ラムダ計算、意味論各種（操作的、表示的、公理的）、帰納法による証明、形式的定義と証明、システムモデリングがある。

### **PL/Language Pragmatics (選択) 言語設計の実際**

実際に言語を設計する際に現れるさまざまな概念に関するユニットである。トピックスには、直交性などの言語設計の基本方針、評価順序（優先順位、結合性）、遅延評価、制御構造の定義、外部呼出しとシステムライブラリがある。

### **PL/Logic Programming (選択) 論理型プログラミング**

論理型言語に関するユニットである。トピックスには、データ構造とアルゴリズムの節による記述法、ユニフィケーション、バックトラックと探索、カットがある。

## **2.1.16. Software Development Fundamentals (SDF) ソフトウェア開発基礎**

ソフトウェア開発に必要な基本概念と技術を扱うエリアで、他のソフトウェア関連知識エリアの基礎を提供している。その主なものは、Programming Languages (PL)、Algorithms and Complexity (AL)、そして、Software Engineering (SE) である。ソフトウェア開発プロセス全体に焦点をあて、コンピュータ科学プログラムの初年度で習得すべき概念とスキルを示している。アルゴリズムの設計と簡単な解析、プログラミングの基本概念とデータ構造、基本的なソフトウェア開発方法とツールを含んでいる。

このエリアのコア時間はTier1のみで、43時間となっている。

### **SDF/Algorithms and Design (Tier1 : 11 時間) アルゴリズムと設計**

AL エリアの中核概念、特に Basic Analysis ユニットと Algorithmic Strategies ユニットのための基礎を与える、アルゴリズムと設計に関するユニットである。トピックスには、アルゴリズムの概念と特性、問題解決過程におけるアルゴリズムの役割、問題解決戦略、基本的設計概念と原理（抽象化、プログラム分割、カプセル化と情報隠蔽、仕様と実

現の分離)がある。

### **SDF/Fundamental Programming Concepts (Tier1 : 10 時間) プログラミングの基本概念**

PL エリアの中核概念の特にパラダイムとして扱われる Object-Oriented Programming ユニット、Functional Programming ユニット、および、Event-Driven and Reactive Programming ユニットのための基礎を与える、プログラミングの基本概念に関するユニットである。トピックスには、高水準言語の基本構文と意味論、変数と基本データ型、式と代入、ファイル入出力を含む単純な入出力、条件判定と繰返しの制御構造、関数と引数受渡し、再帰の概念がある。

### **SDF/Fundamental Data Structures (Tier1 : 12 時間) 基本データ構造**

AL エリアの中核概念の特に Fundamental Data Structures and Algorithms ユニットと Basic Automata, Computability and Complexity ユニットのための基礎を与える、基本データ構造に関するユニットである。トピックスには、配列、レコード/構造体、文字列と文字列処理、抽象データ型とその実現法 (スタック、キュー、順位キュー、集合、マップ)、参照とエイリアシング、連結リスト、適切なデータ構造を選ぶ戦略がある。

### **SDF/Development Methods (Tier1 : 10 時間) 開発方法**

SE エリアの中核概念の特に Software Processes ユニット、Software Design ユニットおよび Software Evolution ユニットのための基礎を与える、開発方法に関するユニットである。トピックスには、プログラム理解、プログラムの正当性 (エラーのタイプ、仕様の概念、防御プログラミング、コードレビュー、テスト基盤とテストケース生成、契約の役割と利用、単体テスト)、単純なりファクタリング、プログラミング環境 (コードサーチ、ライブラリ構成要素とその API を使ったプログラミング)、デバッグ戦略、文書化とプログラムスタイルがある。

#### **2.1.17. Software Engineering (SE) ソフトウェア工学**

ソフトウェア開発ライフサイクルに従った知識を学び、その知識に基づいて高品質なソフトウェアを開発するための技術と成果物の品質、およびプロセスを評価するための技術を学ぶ。PBD や SDF で実践的な技術を詳細に学習するため、ここではソフトウェア開発に関する重要な概念を学習することが主な目的となる。

このエリアのコア時間は、Tier1 が 8 時間で、Tier2 が 20 時間となっている。

### **SE/Software Process (Tier1 : 2 時間、Tier2 : 1 時間、選択) ソフトウェアプロセス**

ソフトウェア開発プロセスに関するユニットである。トピックスには、システムレベルの検討、ウォータフォール、インクリメンタル、アジャイルといったソフトウェアのプロセスモデルの紹介、大規模開発におけるプログラミングと一人で行うプログラミングの違いが含まれる。

### **SE/Software Project Management (Tier2 : 2 時間、選択) ソフトウェアプロジェクトマネジメント**

ソフトウェア開発プロジェクトの管理に関するユニットである。ただし、管理者としての知識や技術ではなく、PSP (Personal Software Process) で求められているような、チームに参加する技術者としての役割や責任、技術が対象である。Tier1 はない。トピックスには、開発チームへの参加、個人レベルの労力の見積り、リスクに関する事柄が含まれる。

### **SE/Tools and Environment (Tier2 : 2 時間) ツールと環境**

ソフトウェア開発で使われるツールや開発環境に関するユニットである。Tier1 はない。トピックスには、構成管理、版管理、リリース管理、モデリングツール、テストツール、プログラミング環境、ツール統合の概念と仕組みが含まれる。

### **SE/Requirements Engineering (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 3 時間、選択) 要求工学**

ソフトウェア開発プロジェクトの成功を左右する要求工学に関するユニットである。Tier1 のトピックスには、ユースケースやユーザストーリーなどを用いた機能要求の記述、要求の特性がある。Tier2 のトピックスには、要求抽出、データを記述する技術、非機能要求とソフトウェア品質との関係、要求仕様書の評価が含まれる。

### **SE/Software Design (Tier1 : 3 時間、Tier2 : 5 時間、選択) ソフトウェア設計**

ソフトウェアの設計法に関するユニットである。主なトピックスには、ソフトウェアの設計原理、設計パラダイム、構造と振舞いのモデル、デザインパターンが含まれる。選択トピックスには、IAS/Principles of Secure Design と関係のある項目が含まれる。

### **SE/Software Construction (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 1 時間、選択) ソフトウェアの構築**

ソフトウェアの作成法に関するユニットである。Tier1 のトピックスには、コーディング規約、イディオムがある。Tier2 のトピックスには、防御的コーディング、セキュアな

コーディング、例外処理の使い方が含まれる。IAS/Defensive Programming および SDF/Development Methods と関係がある。

### **SE/Software Verification and Validation (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 3 時間、選択) ソフトウェアの検証と妥当性確認**

ソフトウェアの検証と妥当性確認 (V&V) に関するユニットである。Tier1 のトピックスには、V&V の概念と V&V に適用される技術が含まれる。Tier2 のトピックスには、テストの種類、欠陥の追跡、テストの限界など、IAS/Secure Software Engineering および SDF/Development Methods と関係のある内容が含まれる。

### **SE/Software Evolution (Tier2 : 2 時間) ソフトウェア進化・発展**

従来の保守 (Maintenance) に代わり、進化・発展に相当する Evolution を使うようになった。これがこのユニットのテーマである。トピックスには、ソフトウェアの変更、進化・発展、保守性の高いソフトウェアの特徴、リエンジニアリング、再利用が含まれる。

### **SE/Software Reliability (Tier2 : 1 時間、選択) ソフトウェアの信頼性**

ソフトウェアの信頼性に関するユニットである。Tier2 のトピックスには、ソフトウェア信頼性、障害、欠陥の概念がある。ソフトウェア信頼性モデル、ソフトウェア・フォールトトレランス技術、ソフトウェア信頼性工学、信頼性を分析するための計測は、いずれも選択のトピックスであり、SF/Reliability through Redundancy と関係のある内容を含む。

### **SE/Formal Methods (選択) 形式手法**

形式的手法に関するユニットである。DS の知識エリア、特に DS/Sets, Relations, and Functions、DS/Basic Logic および DS/Proof Techniques と深い関係のある内容を取り扱う。トピックスには、ソフトウェア開発サイクルにおける形式的仕様および分析技術の役割、プログラムの表明言語と分析方針、ソフトウェアモデリングと分析に対する形式手法の取組みなどが含まれる。

#### **2.1.18. Systems Fundamentals (SF) システム基礎**

システムの基礎に関するエリアである。コンピュータ科学の各分野に共通して現れる基本的概念を取り出して、簡潔かつ統一された説明を与えることをねらっている。これらの概念は、従来、他の分野とは独立にそれぞれの分野で教えられていたが、それでは原理の

共通性を理解できないという問題があった。

コア時間は、Tier1 が 18 時間、Tier2 が 9 時間になっている。

### **SF/Computational Paradigms (Tier1 : 3 時間) 計算パラダイム**

計算パラダイムに関するユニットである。トピックスには、コンピュータの基本要素（ゲート、フリップフロップなど）、論理式と最小化、アプリケーションレベルの逐次処理、簡単な並列処理、パイプライン、スケーリングがある。

### **SF/Cross-Layer Communications (Tier1 : 3 時間) レイヤ間通信**

レイヤ間のやり取りに関するユニットである。トピックスには、プログラムの抽象化、インタフェース、ライブラリ、アプリケーションと OS の関係、仮想マシン、信頼性がある。

### **SF/State and State Machines (Tier1 : 6 時間) 状態と状態機械**

状態機械に関するユニットである。トピックスには、連続的なシステムと離散的なシステム、論理式と最小化、クロック、状態、組合せ回路、順序回路、ネットワークプロトコルがある。

### **SF/Parallelism (Tier1 : 3 時間) 並列処理**

並列処理に関するユニットである。トピックスには、逐次処理と並列処理、並列プログラミングと並行プログラミング、要求並列性とタスク並列性、クライアントサーバ、スレッド、パイプライン、マルチコアアーキテクチャがある。

### **SF/Evaluation (Tier1 : 3 時間) 性能評価**

性能評価に関するユニットである。トピックスには、性能評価、ベンチマーク、データの収集と評価の方法、アムダールの法則がある。

### **SF/Resource Allocation and Scheduling (Tier2 : 2 時間) リソース割当てとスケジューリング**

リソース割当てとスケジューリングに関するユニットである。トピックスには、リソースの種類、スケジューリングの種類、公平なスケジューリングと横取りありスケジューリング（プリエンプティブスケジューリング）がある。

### **SF/Proximity (Tier2 : 3 時間) 近接と性能向上**

高速化に関するユニットである。トピックスには、光の速度、遅延時間、キャッシュ、メモリ階層がある。

### **SF/Virtualization and Isolation (Tier2 : 2 時間) 仮想化と分離**

仮想化に関するユニットである。トピックスには、保護と性能の関係、間接のレベル、仮想記憶や仮想マシンの実現法がある。

### **SF/Reliability through Redundancy (Tier2 : 2 時間) 冗長化による信頼性向上**

冗長化による信頼性向上に関するユニットである。トピックスには、バグと欠陥、検査と再試行による冗長性、冗長コーディング、複製、その他のアプローチがある。

### **SF/Quantitative Evaluation (選択) 定量的評価**

性能評価に関するユニットである。トピックスには、分析ツール、O 記法、システム内の遅延要素、性能低下を起こす事象（ページフォルトなど）、階層化システムがある。

## **2.1.19. Social Issues and Professional Practice (SP) 社会的視点と情報倫理**

情報科学・工学のカリキュラムでは技術的な知識や課題解決能力を育成することが重要ではあるが、それだけでは不十分である。情報技術がもつ社会的な意味や、情報技術者が社会において果たすべき義務と責任について、明確な理解を促すような科目の設計がなされなければならない。そこでは、コンピュータに代表されるような情報技術とその応用について、歴史的、文化的、社会的、経済的、倫理的、または、哲学的な広い分野の視野を得られるようにすることが重要である。以上の分野を総合的に扱う。

このエリアのコア時間はTier1が9時間、Tier2が5時間であり、5個の選択ユニットがある。

### **SP/Social Context (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 2 時間) 社会におけるコンピュータ**

最近のコンピュータの発達とネットワーク化に伴って社会に生じる諸問題に関するユニットである。トピックスには、ネットワーク化された世界におけるコンピュータの社会的影響、個人主義、集団主義および文化に対するソーシャルメディアの社会的影響などがある。

### **SP/Analytical Tools (選択) 分析ツール**

情報倫理を分析し価値判断する方法に関するユニットである。トピックスには、倫理的な議論、倫理理論と意思決定、道徳的な前提と価値などがある。

#### **SP/Professional Ethics (Tier1 : 2 時間、Tier2 : 2 時間) 専門家としての倫理的責任**

専門家として必要な倫理的責任に関するユニットである。トピックスには、コミュニティの価値観と我々が生きるための法律、専門家精神の本質、専門家としての自己評価、技術的な最新性の維持管理、説明責任などがある。

#### **SP/Intellectual Property (Tier1 : 2 時間、選択) 知的財産権**

ソフトウェアプログラムなどの資産における無形の所有権の範囲に関するユニットである。トピックスには、知的財産権（特許、著作権、企業秘密、商標）、知的財産権の哲学的基礎、無形デジタル知的財産権（Intangible Digital Intellectual Property）などがある。

#### **SP/Privacy and Civil Liberties (Tier1 : 2 時間、選択) プライバシーと市民的自由**

電子情報共有におけるプライバシー保護と情報アクセスのバランスに関するユニットである。トピックスには、プライバシーの哲学的基礎、プライバシー保護の法的基盤、広範囲データ収集におけるプライバシーへの影響などがある。

#### **SP/Professional Communication (Tier1 : 1 時間、選択) 専門家としてのコミュニケーション能力**

専門家として特に技術情報を伝える方法、その意義などに関するユニットである。トピックスには、効果的な技術文書と資料の作成方法、ソースコードとドキュメントを含む技術資料の読解、理解、要約について、利害関係者との専門的コミュニケーションなどがある。

#### **SP/Sustainability (Tier1 : 1 時間、Tier2 : 1 時間、選択) 持続可能性**

コンピュータの発達において将来に向けて持続可能である社会に関するユニットである。トピックスには、実施決定における文化的小および環境的影響について、持続可能な設計基準のためのガイドライン、エネルギー、公害、資源利用、リサイクルと再利用などの環境問題とコンピュータの影響についてなどがある。

#### **SP/History (選択) 歴史**



コンピュータ発達の歴史に関するユニットである。トピックスには、1946年以前の世界、コンピュータ発達におけるパイオニア、インターネットの歴史などがある。

#### **SP/Economies of Computing (選択) コンピュータにおける経済問題**

コンピュータ周辺の経済問題に関するユニットである。トピックスには、独占とその意味、コンピュータ製品の品質に関する熟年労働需給の影響、価格戦略、ソフトウェア開発のアウトソーシングとオフショアリングの現象などがある。

#### **SP/Security Policies, Laws and Computer Crimes (選択) セキュリティポリシー、法律、コンピュータ犯罪**

情報システムの脆弱性とコンピュータ犯罪に関するユニットである。トピックスには、コンピュータ犯罪の例、ソーシャルエンジニアリング、個人情報の盗難と復旧、ウイルス、ワーム、トロイの木馬などのマルウェアの影響などがある。

#### **SP/Social Network (選択) ソーシャル ネットワーク**

ソーシャルネットワークに関するユニットである。トピックスには、ソーシャルネットワークの概要、ソーシャルネットワークプラットフォームの例、ソーシャルネットワークグラフの構造などがある。

### **3. ACM/IEEE-CS への報告**

学科領域別カリキュラム標準の策定は、ACM、IEEE-CS、AIS による該当のカリキュラム標準を出発点として、J07 および日本国内の情報専門学科の状況や専門技術の現状を踏まえて行った。この時の検討内容は、英文でまとめて、ACM、IEEE-CS、AIS 等、元の標準を作成した団体にも報告することとする。

以下に修正、加筆のあったエリアのみを列挙する。

#### **Architecture and Organization (AR)**

AR/Digital Logic and Digital Systems の歴史的視点を削除した。「命令セットアーキテクチャ」と「マイクロアーキテクチャ」という用語をそれぞれ Assembly Level Machine Organization と Functional Organization で明確に挙げた。Assembly Level Machine Organization で扱われていた「制御ユニット」を Functional Organization に移動した。そして前者では新たに「命令格納式コンピュータにおける命令実行の3つのステップ」というトピックスを加えた。「フォンノイマンマシン」という用語を「命令格納式コンピュ

ータ」に置き換えた。

### **Computational Science (CN)**

構成や必修要件などには変更がない。各ユニットにおいては、文章として書かれていたクロスリファレンスを抽出して、クロスリファレンスという項目において、参照することとした。また、Numerical Analysis のユニットにおいては、トピックスの中で常微分方程式の解法に、修正オイラー法およびルンゲ・クッタ法を追加した。

### **Graphics and Visualization (GV)**

構成や必修要件などには変更がない。Fundamental Concepts のユニットにおいては、MR のエリアができたことから、可逆圧縮、非可逆圧縮の項目およびそれに関連する学習目標に書かれていた画像形式などの項目を MR のユニットの方に移動した。また、国際標準の CIE L\*a\*b\* 表色系について言及した。選択の部分にあった Double Buffering の項目は削除した。Advanced Rendering のユニットにおいては、GPU を使ったコンピュータシェーダの項目を追記した。

### **Information Management (IM)**

IM/Indexing では、トピックスをサブタイトルで分け、物理的観点と論理的観点到に並べた。また、Learning Outcomes をこれに伴って並べ直した。IM/Distributed Databases では、Data replication and weak consistency models を Parallel DBMS から Distributed DBMS に移動した。IM/Information Storage and Retrieval では、トピックスに評価項目（再現率・適合率・マイクロ適合率）を追加した。

### **Intelligent Systems (IS)**

IS/Basic Knowledge Representation and Reasoning の導出原理に関する項目を Advanced Knowledge Representation and Reasoning に移動し、新たに推論の健全性と完全性を追加した。IS/Advanced Knowledge Representation and Reasoning には、上述の移動した導出原理に関する項目をトピックスおよび Learning Outcomes に追加した。

### **Media Representation (MR)**

元々 CS2013 にはないエリアである。基本構成は J07 の内容を踏襲しているが、CS2013 で分散していた情報理論の項目、デジタル化における標本化、量子化問題、圧縮についてもう少し立ち入った内容を扱えるようなユニットをまとめて扱えるようにしている。特

に Character Codes のユニットにおいては、漢字も含めた多種の文字を扱う日本語およびアジア圏特有の問題を特集している。これは、ASCII 主体の CS2013 に対して際立った特徴をなしている。英語圏では理解の得られにくい文字の字形の問題についても扱う内容となっている。また、Authoring Target Information のユニットにおいては、情報提示のための論理的な構造の設計について明示し、併せて英語では少ない表記の揺れの問題について積極的に扱えるように項目を示した。デジタル化のユニットにおいて、Tier1 で1時間、情報理論と標準化・量子化のユニットにおいて、Tier2 で1時間を計上した。

### **Networking and Communication (NC)**

「輻輳制御」を「QoS 制御」に変えた。NC/Social Networking のユニットを SP に移動した。

### **Operating Systems (OS)**

OS/Operating System Principles に、プログラムのリンキングとローディング、GUI と OS のトピックスを追加した。OS/Concurrency に、CS2013 で PD に組み込まれた相互排除、同期に関するトピックスを追加した。また、OS/Scheduling and Dispatch から、プロセスとスレッドのトピックスを OS/Concurrency に移動した。OS/Virtual Machines から、仮想記憶および仮想ファイルシステムのトピックスを、それぞれ OS/Memory Management、OS/File Systems に移動した。OS/Device Management の名称を OS/I/O Management に変更するとともに、ネットワーク管理のトピックスを追加した。OS/Security and Protection に、セキュア OS のトピックスを追加した。

### **Platform-Based Development (PBD)**

トピックスの中に例示されている具体的なプラットフォームおよび使用言語の一部を技術進化に伴い更新した。

### **Parallel and Distributed Computing (PD)**

PD/Parallelism Fundamentals と OS/Concurrency の間で相互にクロスリファレンスを追加した。

### **Software Engineering (SE)**

SE/Requirements Engineering の Learning Outcomes の 7. で、ソフトウェア要求のレビューを行うことを要求しているが。ここに、ソフトウェア要求の品質を定めた

ISO/IEC/IEEE 29148:2011 を参照することを明記した。また、選択項目に「要求変更の実践的な管理プロセスを知っていること」を追加した。SE/Software Construction のコア 1 時間を Tier2 から Tier1 に移した。具体的には、Tier2 の項目「Coding practices: techniques, idioms/patterns」を Tier1 に移動した。SE/Software Verification and Validation も同様に、コア 1 時間を Tier2 から Tier1 に移した。具体的には、Tier2 の項目「Verification and validation concepts」と「Inspections, reviews, audits」を Tier1 に移動した。

### **Social Issues and Professional Practice (SP)**

NC から Social Networking を追加した。Analytical Tools を Tier1 から選択に変更した。倫理教育は、適応範囲が広く、コアとして時間をとるのは難しいためである。

### **参考文献**

- [1] The Joint Task Force on Computing Curricula: Computing Curricula 2001 Computer Science, IEEE Computer Society/ACM (2001).
- [2] The Joint Task Force on Computing Curricula: Computer Science Curricula 2013, ACM/IEEE Computer Society (2013).
- [3] 情報処理学会情報教育カリキュラム調査委員会 J97 策定ワーキンググループ:大学の理工系学部情報系学科のためのコンピュータサイエンス教育カリキュラム J97(第 1.1 版), 情報処理学会 (1999).
- [4] 情報処理学会コンピュータ科学教育委員会:カリキュラム標準コンピュータ科学 J07-CS 報告書, 情報処理学会 (2009).

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

IS

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

IS

目次

1. IS学教育の動向調査	1
2. カリキュラム標準 J17-IS (要約)	13
3. ACM/AIS への報告	40

WG 構成

富澤眞樹(主査)	前橋工科大学
松澤芳昭(副主査)	青山学院大学
石川洋	新潟国際情報大学
石井信明	神奈川大学
居駒幹夫	(株)日立製作所
柿崎淑郎	東京電機大学
鎌田真由美	日本マイクロソフト(株)
川喜田博幸	富士通株式会社
神沼靖子	
児玉公信	(株)情報システム総研
清水則之	エドノール・インスティテュート
高木義和	新潟国際情報大学
田名部元成	横浜国立大学
辻秀一	特定非営利活動法人(NPO法人)M2M研究会
原潔	
松永賢次	専修大学
丸山広	青山学院大学
宮川裕之	青山学院大学
渡邊慶和	岩手県立大

## 1. IS 学教育の動向調査

### 1.1. ACM/AIS の IS カリキュラム標準

#### 1.1.1. IS 2010

情報システム (IS) の学部生向けの国際的なカリキュラムガイドラインとして、ACM と AIS が共同で策定した現在最も新しいバージョンは、IS 2010 (IS 2010 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems) である。J07-IS 策定時に参照した IS 2002 が IS' 97 のマイナーバージョンアップという位置付けであったのに対し、IS 2010 はその間の技術領域の変化に対応するよう、IS 2002 に対するメジャーバージョンアップという位置づけとなっている。IS 2002 までは、主として北米でのビジネス領域を対象とした学部レベルの教育機関を想定したカリキュラムモデルであったが、IS 2010 では、グローバルな多様な教育機関に対応できるモデルカリキュラムガイドラインとして策定されている。

IS 2010 以降、学部レベルの IS カリキュラムガイドラインは策定されていないが、大学院修士レベルの IS カリキュラムとして、ACM と AIS が共同で、MSIS 2016 (Global Competency Model for Graduate Degree Programs in Information Systems) が策定されている。MSIS 2016 においても、グローバルで多様な教育機関で利用できることを重視しており、卒業時に身につけるコンピテンシーを重視したものとなっている。

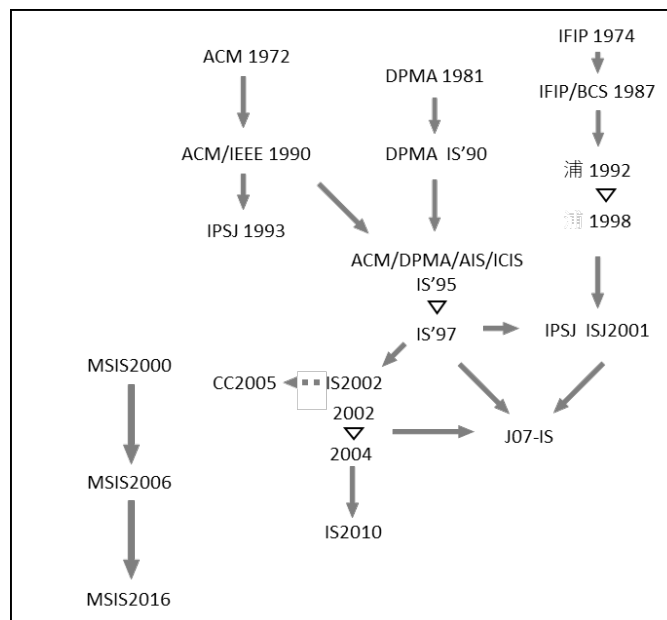


図1 情報システム (IS) に関するカリキュラムモデルの変遷

「“情報システム領域 (J07-IS)” 情報処理, Vol. 49, No.7 (Jul. 2008)」の図-1 をもとに追加・修正

以下 IS 2010 が、IS 2002 (IS 2002 Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems) からどのように改訂されているか述べていく。

### 1.1.2. IS 2010 におけるカリキュラム設計の原則

IS 2010 のカリキュラム設計の原則は次の通りとなっている。

- ① モデルカリキュラムは、情報システム (IS) コミュニティのコンセンサスを示したものであるべきである。
- ② IS プログラムは、企業で職務を遂行し、大学院でさらなる情報システムの研究ができる、有能で信頼できるエントリーレベルの卒業生を輩出する。モデルカリキュラムは、このような IS プログラム構成の支援をするように設計されるべきである。
- ③ モデルカリキュラムは、個別カリキュラム実装の手引となるべきであるが、その実装を規定すべきではない。モデルカリキュラムガイドラインを用いて、教員は独自のコースを設計できるし、教育機関は独自のプログラムを設計できる。
- ④ モデルカリキュラムは、確立された教育方法論に基づくものであり、IS の教員がカリキュラムを検討する際に良い示唆を与えるべきである。
- ⑤ モデルカリキュラムは、広く IS プログラム開発に活用できるための適応性と柔軟性を備えているべきである。
- ⑥ モデルカリキュラムは、特定のドメインに限定されるものではない。ただし、IS プログラムは、通常いくつかのドメインと関連している。
- ⑦ モデルカリキュラムは、国際的な IS プログラムに共通するコアの内容を持つ。
- ⑧ モデルカリキュラムは、キャリアターゲットを持ち、ターゲットにはコアと選択の内容を必要とする。
- ⑨ モデルカリキュラムは、特定の教授法に関する問題には焦点を当てない。本策定委員会は教授法の重要性について認識しているが、教授法に関する深い考察については、本文書の対象外とする。

IS 領域の変化が激しいため、カリキュラムの基礎を評価し直している。特に次の 2 点が重要である。

- ① ビジネスの領域に限定しないようにする。

IS 2002 では、ビジネスのドメイン知識は必須としていた。IS の主たるドメインはビジネスであるが、その枠を超えて、多様なドメインを対象として扱えるようにするための重要な専門性を身に付くようにする。



② IS の卒業生に期待されるアウトカムを見直し、カリキュラムトピックを変更した。

IS 2002 ではすべてのコースが必須であり、各教育機関が独自に変革をする余地が少なかった。IS 2010 では、より柔軟であるようにするため、すべての IS プログラムに共通のコアコースを7つとした。各教育機関が7つのコアコースを、より少ないコース内の構成要素として実現しても良い。コアの内容は、すべての教育機関が同じレベルの深さで教える必要はないが、プログラム毎に定めたレベルで扱う必要がある。

### 1.1.3. IS2010 で期待している能力

IS の将来の役割を考慮すると、IS の専門性に関する次の4つのエリアに関連している。

- ① IS の専門家は、幅広いドメインに存在する。例えば、ビジネス、健康、政府、NPO である。
- ② IS の専門家は、競争の激しいグローバル環境で成功するため、分析的・批判的思考の強力なスキルを持たなければならない。
- ③ IS の専門家は、強力な倫理規範を持ち、個人間のコミュニケーションとチームのスキルを持たなければならない。
- ④ IS の専門家は、組織のパフォーマンスを高めるような、IT ソリューションを設計し、実現しなければならない。

IS 2010 では、「最も高いレベルのアウトカムの期待として定義している高レベルな IS 能力」を示し、次にそれを達成するため必要となるドメイン知識・スキルを示している。

最も高いレベルのアウトカムの期待として定義している、高レベルな IS 能力は、次の通りである。

- 組織のプロセスを改善すること
- 技術のイノベーションによって生み出される機会を活かすこと
- 情報の要求を理解し対処すること
- エンタープライズアーキテクチャを設計し管理すること
- ソリューションと取得方法の代替案を見つけ出し評価すること
- データとインフラストラクチャを安全にすること
- IT のリスクを理解し管理しコントロールすること

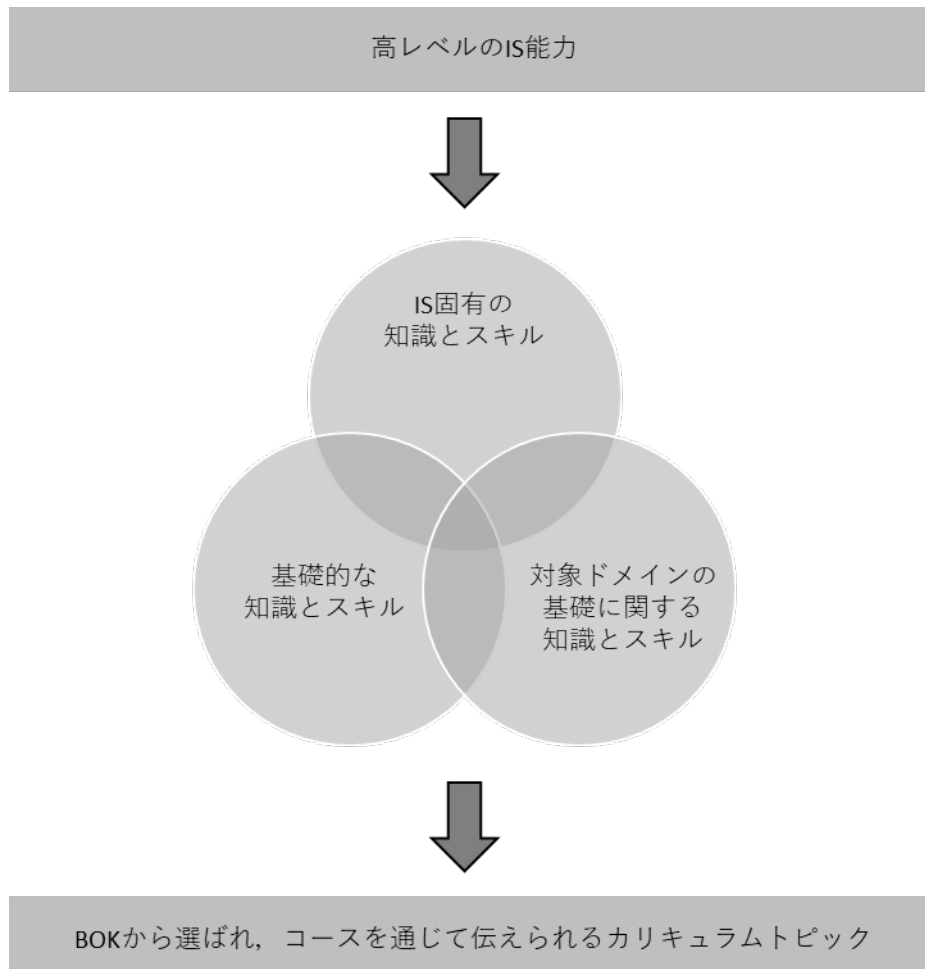


図2 IS 2010の基本コンセプトの全体構造

IS 2010のFigure 3をもとに作成

これらの能力を、3つの領域の知識・スキルに変換したものが次の通りである。

- ① IS固有の知識とスキル
  - ITによって可能となる組織の改善の機会を見つけ出し設計する
  - トレードオフの分析
  - 情報システムのソリューションの設計と実装
  - 進行中の情報技術のオペレーションを管理する
- ② 基礎的な知識とスキル
  - リーダーシップと共同作業
  - コミュニケーション
  - ネゴシエーション

- 分析的・批判的思考（創造性と倫理的分析を含む）
  - 数学的な基礎
- ③ 対象ドメインの基礎に関する知識とスキル
- 対象ドメインの一般的なモデル
  - 対象ドメイン内の鍵となる専門性
  - 対象ドメイン内のパフォーマンスの評価

IS 2010 では、「IS 固有の知識とスキル」に焦点をあてたコースを示している。

#### 1.1.4. IS 固有の知識とスキルに焦点をあてたコース

IS 2010 のコースは、他の Computing Curriculum Volume と同様に、図 3 の構成となっている。「コース」は、「コース記述」、「学習目標」の集まり、知識を三段階に階層化した「トピック」の集まりで記述される。

実現されたカリキュラムアーキテクチャ

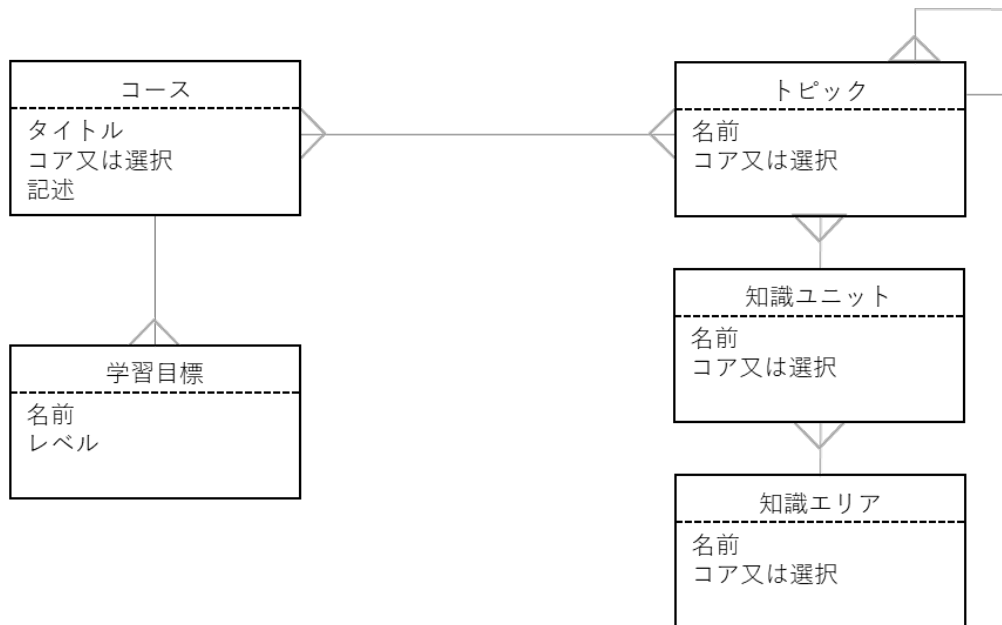


図 3 IS 2010 のカリキュラム構造

IS 2010 の Figure 5 をもとに作成

IS 2010 ではコア（必須）コースが7つにまとめられている。コアコース間の順序関係を示すのが、図4である。

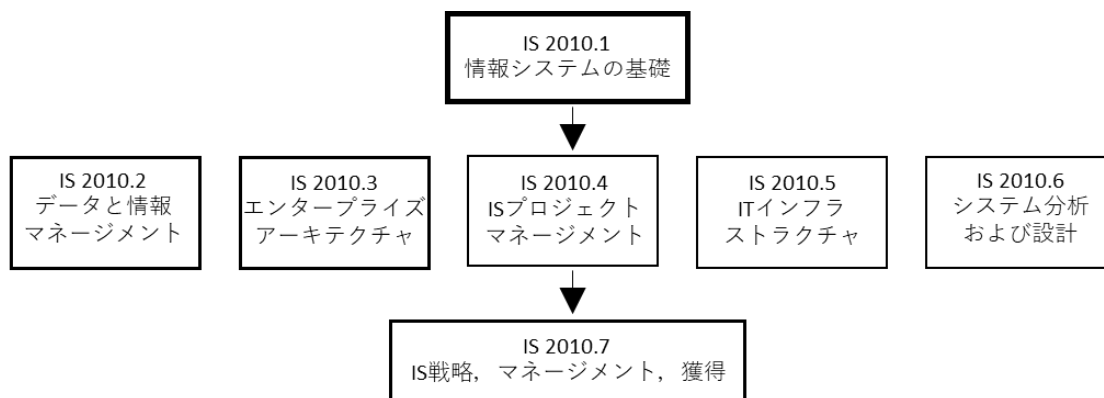


図4 IS 2010のコアコース

IS 2010 の Figure 7 をもとに作成

IS 2010 のコアコースは、IS 2002 と比較して次のようになっている。

- ① 「アプリケーション開発」はコアには入らない。
- ② ネットワーキングとコンピュータアーキテクチャは、「IT インフラストラクチャ」のコース (IS 2010.5) において、より高い抽象度で扱う。
- ③ 「エンタープライズアーキテクチャ」と、「ISプロジェクトマネージメント」がコアの一部となる (IS 2010.3, IS 2010.4)。
- ④ 個人の生産性についてのコースは、カリキュラムから取り除いた (J07-IS では、J07-IS00 に相当する)。
- ⑤ 前提要件の構造を単純化した。「データと情報マネージメント」、「システム分析および設計」がコアカリキュラムの中心として残っている (IS 2010.2, IS 2010.6)。

このように、コースの内容及び順序関係を単純化することで、多くの教育機関で IS 2010 を容易に取り入れられるようにしている。

また、情報システムを主専攻としない学生にとってのサブセットについても述べられている。コアカリキュラムのコースの中で、すべての学生を対象とするものが「情報システムの基礎 (IS 2010.1)」であり、情報システムを副専攻とする学生に対しては「データと情報マネージメント (IS 2010.2)」、「エンタープライズアーキテクチャ (IS 2010.3)」、「IS 戦略、マネージメント、獲得 (IS 2010.7)」を学ぶことが示されている。

コア以外のコース内容は、選択コースとなる。IS 2010 では次に示す代表的な選択コースを例示としてあげている。

- アプリケーション開発
- ビジネスプロセスマネジメント
- エンタープライズシステム
- ヒューマン・コンピュータインタラクション
- IT 監査・コントロール
- 情報システムの変革と新技術
- ITセキュリティとリスクマネジメント

アプリケーション開発 (IS 2002 では、IS 2002.5 プログラミング、データ、ファイル、及びオブジェクト構造) がコアから選択に移動したのは、非ビジネス領域を対象とした IS コースを設計できるようにするためである。プログラミングを含むプログラムを設計する際には、CS あるいは IT のカリキュラムを参考にすることができる。

図 5 は、学生たちの卒業後のキャリアトラック (アプリケーション開発者、ビジネスアナリスト等) によって、コアコースと選択コースをどのように組み合わせると良いのかを示したものである。黒丸は、各コースで示した内容の多くをカバーすることを示すもので、一方、白丸は、各コースの中で必要な部分を選んで扱えば良いことを示している。コアコースは必須であるため、黒丸又は白丸となっているが、各教育機関又は学生が想定するキャリアによって、科目内容の範囲や深さを調整できることを示している。

	アプリケーション開発者	ビジネスアナリスト	ビジネスプロセスアナリスト	データベース管理者	データベースアナリスト	eビジネスマネージャ	ERPスペシャリスト	情報監査・コンプライアンススペシャリスト	ITアーキテクト	ITアセットマネージャ	ITコンサルティング	ITオペレーションマネージャ	ITセキュリティ・リスクマネージャ	ネットワーク管理者	プロジェクトマネージャ	ユーザインタフェースデザイナー	Webコンテンツマネージャ
コアISコース																	
情報システムの基礎	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
エンタープライズアーキテクチャ	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
IS戦略, マネージメント, 獲得	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
データと情報マネージメント	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
システム分析および設計	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ITインフラストラクチャ	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ISプロジェクトマネージメント	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
選択ISコース																	
アプリケーション開発	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ビジネスプロセスマネージメント		●	●			○	○	○		○	○				○		
コラボレーティブ コンピューティング						○								○			○
データマイニング, ビジネスインテリジェンス		●		●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
エンタープライズシステム		●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
ヒューマン・コンピュータインタラクション	●					○	○			○						●	
情報検索・獲得		○		○	○								○				○
IT監査・コントロール	○		●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
ITセキュリティ・リスクマネージメント	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
ナレッジマネージメント		●		○		○	○			○							
社会情報学													○		○		

● = ほぼ扱う  
○ = 一部扱う  
空白 = 扱わない

図5 IS 2010 に示されたキャリアトラックとコースの関係

IS 2010 の Figure 6 をもとに作成

### 1.1.5. 3つの能力をカバーするカリキュラム全体

IS 2010 では「IS 固有の知識とスキル」に焦点を当てたコースについて述べられている。それに加えて「基礎的な知識とスキル」と「対象ドメインの基礎に関する知識とスキル」を修得する学部カリキュラムの事例が示されている（表1）。

表1 IS 2010 に示された学位プログラムの例

		IS 固有	基礎	ドメイン
北米の ビジネス学科	ビジネス副専攻（4科目）		○	○
	IS コアと選択（8科目）	○	○	○
	ビジネスコア（8科目）		○	○
	一般教育コア（20科目）		○	
北米の コンピューティング学科	副専攻又は自由選択（5科目）		○	○
	ドメインコア（5科目）		○	○
	IS コアと選択（15科目）	○	○	
	一般教育コア（15科目）		○	

（IS 2010 の Figure 8, 9 をもとに作成）

北米の1科目は、3単位で、35～45時間の授業と、110～140時間の授業時間外学習が想定されている。

「IS 固有の知識とスキル」にあてる時間について、教育プログラムの事情によって決めることができる。ビジネス学科の例では、ビジネス領域のコア科目を8科目とする一方、IS コアと選択は8科目としている。コンピューティング学科の例においては、IS コアと選択は15科目と充実しており、キャリアトラックにあわせて豊富な選択科目から学習することができることを示している。

## 1.2. 国内での IS 教育の現状

### 1.2.1. JABEE における認定プログラムの状況

JABEE（一般社団法人 日本技術者認定機構）により、2016年度現在認定されている情報系学士課程教育プログラムの数は、18プログラムある。その内訳は、CSが16プログラム、ISが2プログラム、情報一般プログラムが1プログラムとなっている。JABEEの認定を受けるようなレベルのIS教育プログラムは、非常に少ないことがわかる。

### 1.2.2. 「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」の分析結果

「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」文部科学省先導的大学改革推進委託事業平成28年度報告書 第2章「情報学分野の大学教育に関する現状調査」において示されている、ISに関連する状況をまとめると以下の通りである。

調査A（情報専門学科）の分析対象とした組織（学科、コース等）は276であった。J07専門領域としてISと回答した組織は33と、CSの74に次いで多かった（報告書表2.2.1.1-1）。33組織の内、対象領域（学校基本調査）が工学の組織が22と最も多かったが、次いで、社会科学が6組織、保健（医学・歯学以外）が3組織となっている。ISにおいては、対象領域の教育研究も含まれるため、ビジネスや医療に関する情報システムを扱う組織がある割合存在することがわかる。

情報専門学科における、一般情報教育および「情報学の参照基準」の大項目ごとの知識エフォートの比率が、報告書で示されている。回答されたJ07専門領域ごとに比べると（報告書図2.2.2.1-1）、ISと回答した組織は、「(オ)社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織」がやや多い傾向があるものの、IS以外と回答した組織と比較して小さな差にとどまっている。また、ISと回答した組織においても、「(イ)コンピュータで処理される情報の原理」の知識エフォート比率が最も高く、CSと回答した組織における、(イ)の比率と大きな差がない。(オ)は情報システムに関連する分野、(イ)がコンピュータサイエンスに関連する分野と考えられることから、ISと回答している組織でもCSに関連する分野の教育割合が高く、ISに関連する分野の割合は他と大きな差がないということがわかる。このことから、日本の情報専門学科において、J07専門領域による、教育内容の差は大きくないことがわかる。

非情報系専門学科を対象とした調査Bでは、「(オ)社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織」の知識エフォート比率が20%近くある分野として、家政、人文科学、社会科学がある。技能エフォート比率においては、人文科学、その他が20%を超えている。このように、情報学の中で、情報システム分野の教育ウェイトが比較的高い、非情報系専門学科が見られることがわかる。

「(オ)社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織」に含まれる中項目レベルでは、情報系専門学科、非情報系専門学科とも、「情報システムを開発する技術」の割合が、他の中項目より高く、「制度・組織」よりも「技術」に重点が置かれていることがわかる。

ACM/AISが策定したIS2010において、「アプリケーション開発」はコアではなく選択となっているのに対して、日本においては「情報システムを開発する技術」の高いこと、さらにIS2010では「ITインフラストラクチャ」はコアに含まれるが、IS副専攻の対象には



含まれていないのに対して、日本においては「(イ)コンピュータで処理される情報の原理」のウェイトが高いことを考えると、国際的な動向と、日本における実態との差違が認められる。

### 1.3. J07-IS の内容

J07-IS は、ACM、AIS、AITP による IS' 97 とその後継である IS 2002、及び日本で作成された ISJ2001 を配慮して、新たなカリキュラムとして作成したものである。

J07-IS で期待している情報システム専門家像は、次の通りである。

#### [期待される情報システム専門家像]

情報システムの専門家として期待される人間とは、高度な職業人であって、情報システムの作成または活用についての専門知識と能力を持ち、広い視野でシステムをまとめあげられる人のことである。情報システムを企画、開発する専門家、もしくは情報システムを活用して企業や社会を変革していく専門家として期待される人間像をまとめると、次のようになる。

(1) 「情報システムの専門家としてのプロフェッショナリズムと職業倫理を備えている」  
情報システムの専門家であることの自覚と誇りを持ち、市民としての一般的な倫理、高度な職業人としての倫理の上に、情報システムの専門家としての倫理を備えて真摯に仕事を遂行する。

(2) 「プロフェッショナリズムを支えるだけの情報システムについての広く深い専門知識、技術及び洞察力を持つ」

新しい情報システムを作り出す、あるいは情報システムを使って組織を改革する専門家としての専門学術、情報技術及び関連する対象領域に関する広く深い知識と技術を習得している。また、つねに新しい技術を吸収しようとする学習意欲を持ちつづけ、日々の業務の中でも自らの経験として新たなことを学び取ることが忘れない。

(3) 「広く深い知識をまとめあげ、創造的に問題の発見と解決ができる」

広くかつ深い知識と理解に基づき、社会や組織全体といった広い視野から検討を行ない、的確に問題の発見ができる。そのうえで、組織の変革、情報システムの開発・導入について、創造的で効果のある提案ができる。また、それを実現するための実行力も備えている。

(4) 「立場や国を超えた人たちとのコミュニケーションとプレゼンテーションができる」  
利害、興味、文化、国を超えて関係する多くの人とコミュニケーションを行ない、それぞれの立場を正しく理解したうえで、情報システムやその活用法を考え出すことができる。

また、自らの考えを理解してもらえらるプレゼンテーションを行なうことができ、リーダシップと協調性を備えている。

J07-IS は、図 6 に示すように、ラーニングユニット(LU)と知識体系(ISBOK)を中心に構成されている。LU は、教育目的、学習目標、関連する ISBOK によって構成される。LU を活用してカリキュラムを作成できることを示すため、モデルコースを LU の集まりとして示している。

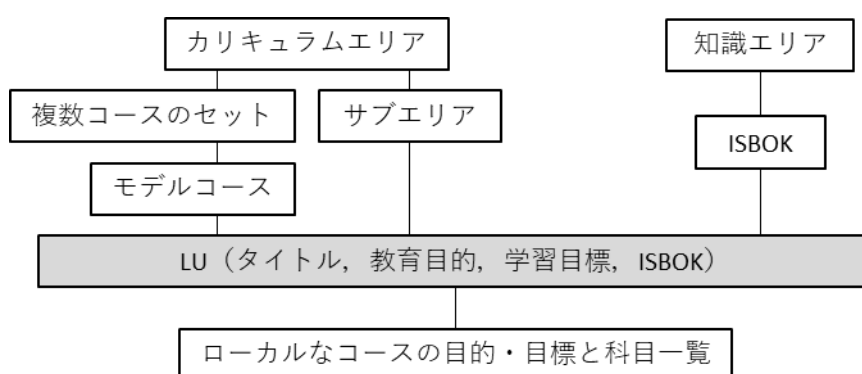


図 6 J07-IS のカリキュラムの仕組み

「“情報システム領域(J07-IS)” 情報処理, Vol. 49, No. 7 (Jul. 2008)」の図-2 をもとに追加・修正

LU は理解しやすいストーリーでまとめられるために話題の切り口に依存し、また使い方に適した粒度で作成される。粒度の大きいものでは科目に相当する LU があり、粒度の小さなものでは一つの用語の説明に相当する LU もある。小さな LU を内包した LU も存在する。

J07-IS で示されたモデルコースは、図 7 に示したものである。J07-11 として、「対象領域の情報システム」を用意することで、教育機関が提供する対象領域によってカスタマイズできるようにしている。

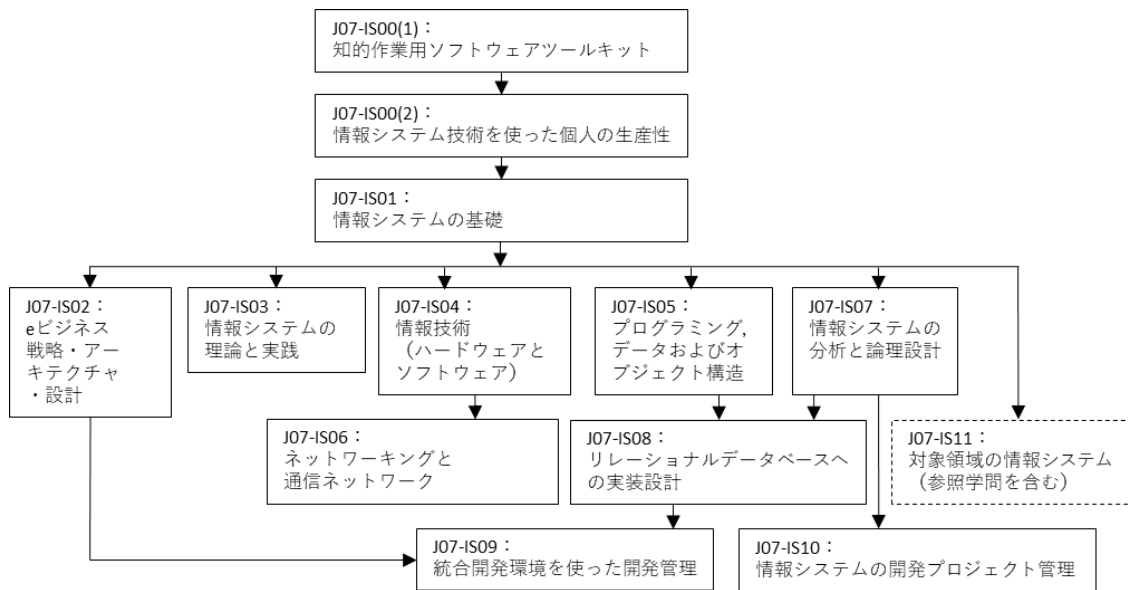


図7 J07-ISのモデルコース

「“情報システム領域(J07-IS)” 情報処理, Vol. 49, No.7 (Jul. 2008)」の図-3をもとに追加・修正

## 2. カリキュラム標準 J17-IS (要約)

### 2.1. 構成

2.2 では J17-IS が IS2010 を元にしてどのように作成したか、J07-IS とどのように違うのかについて述べる。2.3 ではラーニングユニットをどのように作成・改定したのか述べる。2.4 では、7つのコアコースの学習目標の日本語訳と、新たに用意した LU の事例を示す。2.5 では、副専攻等も含め、IS に関連する教育プログラムでの実現方法について述べる。2.6 では、今後の改訂の計画について述べる。

### 2.2. J17-IS 策定の考え方

J17-IS は、IS 2010 に加えて、コアカリキュラムの学習目標を満たすラーニングユニット(LU)を用意したものとする。

1.1 で述べたように、ACM/AIS が策定した IS 2010 は、その元となっている IS 2002 から大きなバージョンアップがなされている。J07-IS は、IS 2002 を大いに参考にして作成されているため、IS 2010(J17-IS)と J07-IS との間にも大きな変化があると言える。

具体的な成果物の差異は、次の通りである。

- BOK (知識体) の違い。J07-IS では、3 領域 (情報技術、組織と管理概念、システムの理論と開発) にわたって、その下に 3 階層の詳細な BOK が策定されている。一方、IS

2010 では 4 領域であり IS 固有の領域ではその下に 2 階層と簡素化されている。コンピューティング領域は、詳細を CS で記述するとされている。

- LU（ラーニングユニット）の違い。J07-IS は、LU を中心に構成されている。一方、IS 2010 においては、LU は用意されていない。
- モデルコースの違い。J07-IS のモデルコースと比べて、IS 2010 のモデルコースは簡素化されている。
- 科目事例の違い。J07-IS は、LU を活用して構成された科目事例が用意されている。その科目を利用したモデルカリキュラムを 5 つ用意した。IS 2010 では選択科目事例が示され、キャリアトラックにしたがいつどの選択科目を学習するのか、コア科目をどの程度学習するのか示している。

以上に述べた差異がある一方、IS の専門家の人材像の方針に大きな違いはない。対象ドメインをビジネス領域から広げることが、J07-IS から想定されている。1.2 で示した日本の高等教育機関で実施されている多様な IS 教育の現状に対して、J17-IS が寄与していくためには、IS 2010 が示しているカリキュラムの柔軟性の考えを含んでいることが望ましい。

そのため J17-IS は基本的に IS 2010 とし、それに加えて、日本の各高等教育機関が IS のカリキュラム、科目を構築する上で参考にできる基本単位になる LU を用意することとする。LU は J07-IS のものをベースとして、本 WG で修正・追加する。

### 2.3. J17-IS における LU のアップデート

IS 2010 で規定されている、7 つのコアコースの学習目標を達成できる LU を、本 WG では優先的に作成することとした。具体的には、以下の作業を行うこととした。

1. J07-IS の LU を、7 つのコアコースそれぞれに割り当てられるもの、選択科目として重要なシステム開発に割り当てられるもの、それ以外に仕分けした。
2. 仕分けした LU を精査し、現在の文脈にあわせて記述し直した方が良い箇所を修正した。
3. コアコースの学習目標と、J07-IS の LU とを付け合わせ、コアコースの学習目標の内、対応する LU がない学習目標を抽出した。
4. 抽出した学習目標を達成するような、新たな LU を作成した。
5. 新たな LU を作成する際、及び従来の LU を修正する際、セキュリティなど、IS で現在重要となっている内容を含むようにしている。

以上の作業により、7つのコアコースの学習目標すべてをカバーするLUを、J17-ISでは用意できた。その数は表2に示した通りである。ただし、「IS 2010.1 情報システムの基礎」は、基本的な内容のため、IS 2010.2～7のLUを利用しなければならないことがある。

表2 IS 2010 コアコースと対応するLU数

コアコース名	LU数
IS 2010.1 情報システムの基礎	26
IS 2010.2 データと情報マネジメント	37
IS 2010.3 エンタープライズアーキテクチャ	14
IS 2010.4 IS プロジェクトマネジメント	27
IS 2010.5 IT インフラストラクチャ	54
IS 2010.6 システム分析および設計	28
IS 2010.7 IS 戦略、マネジメント、獲得	34

今回、新たに用意したLUは、LU全体の教育目的、それを達成するための具体的な複数の学習目標から構成される内容としている。J07-ISのLUに記述されていた、関連する知識体、レベル、学年等は含まないこととしている。

IS 2010では、7つのコアコースは概念であり、各高等教育機関で実施する際には、一つの授業の内容が複数の科目に分けるなどすることができる。J17-ISにおいて、コースより小さな粒度であるLUを数多く用意することは、日本の各高等教育機関がIS教育を実施する上で、J17-ISを参考にする機会を増やすことになると考えている。

## 2.4. コアコースの学習目標と関連する LU 例

コースごとに、学習目標の日本語訳と、LU の中から代表的なものを約 10 個選び、以下に掲載する。

### IS 2010.1 情報システムの基礎

#### 【コースの学習目標】

1. 今日、情報システムが使われる方法と理由を理解する。
2. 情報システムの技術、人、組織の構成要素について説明する。
3. グローバル化と、グローバル化の発展において情報システムが果たした役割を理解する。
4. 「競争優位を築くもの」と「競争を保つために必要なもの」のためにいろいろな事業が情報システムをどのように利用しているかを理解する。
5. 情報システム投資の価値を理解するとともに、費用と便益の両方を見積もるなど、新しい情報システムのビジネス事例を策定することを学ぶ。
6. 情報システムインフラストラクチャの主要コンポーネントを把握する。
7. リスクを軽減するとともに、災害についてあらかじめ計画を立てるとともに、災害から復旧させる。
8. 情報システムが個人、組織、政府の間で新しい形の商取引をどのように可能にしているかを理解する。
9. 新しい形態のコミュニケーション、コラボレーション、およびパートナーシップを可能にする新興テクノロジーに注目する。
10. さまざまな種類の情報システムが、組織のさまざまなレベルや業務機能の意思決定をサポートするためのビジネスインテリジェンスを得るために必要な情報を、どのように提供するかを理解する。
11. エンタープライズシステムが顧客やサプライヤとより強固な関係を築く方法と、これらのシステムが組織の構造と業務プロセスを実施するために広く使われる方法を理解する。
12. 組織が情報システムと技術をどのように開発し、獲得するかを理解する。
13. 人と技術の両方のセキュリティ対策に焦点を当て、情報システムのリソースを保護する方法を理解する。
14. 社会で関心をもたれている情報システムの倫理的懸念と、犯罪、テロ、戦争で使われている情報システムの影響を評価する。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
1004	情報技術と社会	社会における情報技術の応用について紹介し、社会と情報技術の関連について説明すること。	<p>社会で利用されている情報システムの仕組みと役割、利点と欠点について、具体例をあげて説明できる。</p> <p>社会における情報技術のインパクトについて説明できる。</p> <p>企業内とグローバル環境とを対比して、情報システムの役割を説明できる。</p>
0708	費用対効果分析	情報システム化投資の有効性を説明するための費用対効果分析について理解させること。	<p>システム開発費用の見積り方法を理解し、説明できる。</p> <p>ライフサイクルの総費用と、期待される総効果を比較する方法を説明できる。</p>
1120	社会生活で利用されるネットワーク技術	社会生活で利用されている又は利用されるであろう様々なネットワーク技術について意識付けし、その特徴や社会に対するインパクトについて議論させること。	<p>個人が利用できるブロードバンド通信網やモバイル通信網及びそれらの網を利用する端末の具体例を知り、その特徴及びその特徴を活かした利用法、問題点を理解し説明できる。</p> <p>ブロードバンド通信網、モバイル通信網の普及によって、SOHOなどの仕事のやり方、家庭から企業サービスへのアクセス、個人同士の情報交換、などがどのように変化していくのか議論できる。</p> <p>ネットワーク上のクライアントサーバ型サービス及びP2P型サービスとしてどのようなサービスがあるのか具体例を知り、その特徴及</p>

			びその特徴を活かした利用法，問題点を理解し説明できる。
0122	個人対組織の情報システム	個人の情報システム要求と組織の情報システム要求を関連づけること。	個人の情報システムと組織の情報システムに関して、アプリケーション計画、開発、リスク管理について比較し対比できる。 ----- ユーザ開発のシステムにおける潜在的な問題について説明できる。
1301	ISの社会的意義	今後の知識社会における情報システムの意義（プロフィット及びリスク）について理解させること。	コンピュータ技術及び情報システムの歴史についての知識を持つ。 ----- 情報倫理についての知識を持つ。
0605	ビジネスプロセス	ビジネスの定式化について理解させること。	ビジネスモデル，ビジネスプロセスとは何かを理解する。 ----- ビジネスプロセスの表現手法を理解し，簡単なモデルを記述できる。 ----- ビジネスのモデリングを行い，シミュレーションを行うことができる。
0607	協働作業支援のための情報システム	コミュニケーションやコラボレーションに対する効果的な情報システムの活用方法について理解させること。	企業で用いられている情報システムのタイプとその特徴を述べることができる。 ----- コミュニケーションやコミュニケーションを支援する情報システムについて理解し，その特徴を述べることができる。
0606	問題解決と経営意思決定	問題解決と意思決定に対するアプローチを理解させること。	問題とは何か，どのような問題のタイプがあるのかを理解する。 ----- 問題解決のタイプについて理解する。



			意思決定問題に対するアプローチを理解する。
0137	情報使用の戦略	個人の情報管理環境について説明し、情報資源の実装、アクセス、使用に関する戦略と手段を導入すること。	<p>データ管理、及び個人や企業や他の情報資源へのアクセスについて説明できる。</p> <p>個人、作業グループ及び組織の仕事が与えられて活動するために、必要な情報技術を説明できる。</p> <p>個人または企業の情報システムや技術、IRM（情報資源管理）、開発、維持、運用などの管理に関する要求事項について議論できる。また、作業グループや部門や組織の要求事項について個々の情報技術環境と関連付けることができる。</p>
0154	I S 専門家の倫理綱領	情報システムに固有の行動を評価するために、職業上の倫理綱領を使用して説明すること。	<p>専門的な組織の特徴を特定し、それを記述できる。</p> <p>職業上の倫理基準の設定について説明できる。</p> <p>社会的な文脈や権力構造の中で発生する倫理的な問題や失敗したアプローチを説明できる。</p> <p>所与の開発環境の中でステークホルダは誰であり、開発によってそれぞれがどのような影響を受けるかを説明できる。</p> <p>倫理綱領を採用することがどういうことなのかを説明し、プロジェクトにおける行動がこれらの規定に整合的であることを保証できる。</p>

## IS 2010.2 データと情報マネージメント

### 【コースの学習目標】

1. 組織のデータおよび情報のマネージメントにおける、データベースと DBMS の役割を理解する。
2. DBMS と論理データモデルの歴史的発展を理解する。
3. データが物理的にどのように格納され、どのようにアクセスされるかの基礎を理解する。
4. 基本的なファイル編成技術の基礎を理解する。
5. より広範なシステム分析および設計の文脈において、情報要求仕様プロセスを適用する。
6. ある企業ドメインの情報要求を取り出すために、一つ以上の概念データモデリング手法（ER モデリングなど）を使う。
7. データ/情報モデリングとプロセスモデリングの結果を相互に結び付ける。
8. 高品質のリレーショナルデータベースを設計する。
9. リレーショナルデータベースの構造を正規化する目的と原理を理解する。
10. 少なくとも第三正規形（3NF）になるようにリレーショナルデータベースを設計する。
11. データ型の選択や索引づけの原則も含めて、業務用 DBMS を使ってリレーショナルデータベースを実装する。
12. 広く使用されている SQL 言語を一つ取り上げて、SQL のコンポーネントであるデータ定義・操作・制御言語を使う。
13. 簡単なデータベース管理タスクを実行する。
14. データベーストランザクションの概念を理解し、想定したアプリケーションに適切に適用する。
15. さまざまなアプリケーション開発環境からリレーショナルデータベースにアクセスするための基本的なメカニズムを理解する。
16. 企業情報システムにおけるデータベースと DBMS の役割を理解する。
17. データセキュリティの重要な原則を理解し、DBMS の設計におけるデータセキュリティのリスクと違反を特定する。
18. 組織におけるデータ品質と、その応用の中心的概念を理解する。
19. オンライントランザクション処理（OLTP）とオンライン分析処理（OLAP）の違い、およびこれらの概念とビジネスインテリジェンス、データウェアハウス、データマイニングの関係を理解する。
20. 簡単なデータウェアハウス（「データマート」）を作る。

21. 構造化、半構造化、および非構造化されたデータが、いかに企業情報とナレッジマネジメントの必須要素であるかを理解する。ここでは、企業内検索の原理を学ぶ。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
0126	データベース用語と概念	組織のデータベースの概念、構成要素、構造、アクセス、セキュリティおよび管理の考え方について説明すること。	リレーショナルデータベースの専門用語と使い方について説明できる。 ----- 組織のデータベースにアクセスするために必要な概念を説明できる。 ----- 組織のリポジトリからデータを問合せるためにデータベースアクセスの設備を利用できる。
0410	データベースの動作原理	リレーショナルデータベースの理論および基本的動作原理を理解してもらうこと。	関係データモデルの特徴を説明できる。 ----- DBMS とアプリケーションの関係を説明できる。 ----- RDB の専門用語を説明できる。 ----- 概念モデリングの結果が、3NF または BCNF に相当していることが分かる。 ----- 関係演算の意味を説明できる。
0213	DBMS の役割と機能	データベースマネジメントシステムの役割と基本的な機能を理解させること。	DBMS の役割、基本的な機能について説明できる。
0132	簡単なデータベースの設計	リレーショナルデータベースのパッケージを使用するために、目的	テーブル、関係、参照の一貫性、正規形の概念について説明できる。

		や開発について説明すること。	<p>ワークフロー図または他の要求文書から、簡単なマルチテーブルのデータベースを設計できる。</p> <p>リレーショナルデータベースのパッケージを用いてテーブルを実装し、データを探すために幾つかの簡単な問合せができる。</p>
0214	リレーショナルデータベースの基礎	リレーショナル・データベースの基礎知識を理解させること。	リレーショナル・データベースの基本的な概念を説明できる。
0411	データベース管理システムの定義と操作	RDBMS のスキーマ定義およびデータ操作ができるようにすること。	<p>リレーショナルデータベースのスキーマ設計ができる。</p> <p>RDBMS 製品を使って、スキーマ定義が行える。</p> <p>RDBMS 製品を使って簡単な照会が行える。</p> <p>RDBMS 製品を使ってデータの更新ができる。</p>
0215	SQL の基礎	SQL を使った簡単な実習を行い、使い方を理解させること。	<p>SQL の基本的な概念を説明できる。</p> <p>SQL を使ってデータベースの基本的な問い合わせができる。</p>
0412	トランザクション管理の原理	トランザクション管理の原理を説明すること。	<p>トランザクションの特性 ACID を説明できる。</p> <p>排他制御の原理と commit の意味を説明できる。</p> <p>データベースの障害回復の方法について説明できる。</p>
0216	データモデルの基礎	データモデルと表現方法について詳細に説明すること。	データモデルの概念を説明できる。

			リレーショナル・データベースで扱うデータモデルの表現方法を理解し、簡単なモデル作成ができる。
0415	NoSQL	関係モデル型でないデータベースの必要性和それぞれの特長について説明ができる。	非リレーショナル型のDBMSについて、どのようなトレードオフがあるか述べられる。

### IS 2010.3 エンタープライズアーキテクチャ

#### 【コースの学習目標】

1. エンタープライズアーキテクチャの分析と意思決定のためのさまざまなフレームワークを理解する。
2. アーキテクチャ候補ごとに総所有コスト（TCO）と投資収益率（ROI）を評価する。
3. 企業のポートフォリオ全体に渡るリスクを評価し、マネージメントするための手法を活用する。
4. 新技術群の統合性を評価し、計画する。
5. 仮想化と監視の使用、電源と冷却の問題を含めて、システム管理を検討する。
6. 急激に拡大するコンテンツの種類と量を適切に扱う。
7. データ/情報アーキテクチャの中心概念を理解し、既存のデータ/情報アーキテクチャ設計を評価する。
8. ビジネスの継続性を計画する。
9. サービス指向アーキテクチャ（SOA）の利点とリスクを理解する。
10. エンタープライズアーキテクチャにおける監査とコンプライアンスの役割を理解する。
11. サプライヤ、政府などの組織間で企業情報システムの統合性を理解する。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
04C1	企業情報システムの中長期的計画	企業情報システムの発展を構想し、中長期的な観点で全体最適化を図ることの重要性を提示する。	中長期的視点で、企業情報システムの最適化の重要性を説明できる。 ----- EA の参照モデルを例示できる。
2401	エンタプライズ情報システムの構造	IT によって実現される企業情報システムの構造を理解させる。	業務や経営の目的を達成するための仕事の手順であるビジネスプロセスを支援するエンタプライズ情報システムは、以下の 3 階層で成り立っていることを説明できる。 また、各階層における働きを説明できる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリケーション</li> <li>・プラットフォーム</li> <li>・インフラストラクチャ</li> </ul>
2404	ビジネスアーキテクチャ	ビジネスアーキテクチャをモデリングできるようにする。	エンタープライズレベルのビジネスアーキテクチャをどのように把握し、それを情報システムの概念レベルのデータ構造として表現する概念データモデリングを行えるようになる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ビジネスアーキテクチャの概念と作成法を理解する。</li> <li>・概念データモデリングの作成法を理解する。</li> </ul>
2407	システム・インテグレーション	情報システム開発における様々な要素を統合する監理について理解させる。	情報システム開発に関与する様々なステークホルダー間の取引構造を知る。

2409	IT 制御・管理 フレームワーク	IT サービスマネジメントにおける業界の「ベストプラクティス集（成功事例）」を文章化したフレームワークである ITIL を理解させる。	IT はビジネス上不可欠となっている反面、運用を誤ると企業にとって重大なリスクにもなりえる。このため、ビジネス戦略を実現させるために、なおかつリスクを最小限にするために、本来あるべき姿の IT 運用を目指すために以下のことを理解する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構成管理の徹底</li> <li>・ 障害管理の手順化</li> <li>・ サービスデスクの充実化</li> <li>・ 運用業務のベンチマークとしての活用</li> <li>・ 運用サービス部門としてのサービスメニュー、サービスレベルを明確化し、その業務プロセスを定義</li> <li>・ 費用対効果を重視したキャパシティ管理</li> </ul>
0161	IT 使用の展開	組織のバリューチェーンやサプライチェーン概念、および伝統的な経営活動の特徴とインターネット技術を用いた経営活動の発展の違いを説明すること。	組織のバリューチェーンやサプライチェーンの概念を説明できる。 <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> 伝統的な組織とインターネット技術を用いて展開している組織の違いを説明できる。
2406	サービス指向 アーキテクチャ	大規模なコンピュータ・システムを構築する際の概念あるいは手法の一つであるサービス指向アーキテクチャ（SOA）を理解させる。	システム・オブ・システムの要求をまとめる上で現れる問題を列挙できる。

2412	グリーン IT	環境配慮の原則を IT に適用することを理解させる。	グリーン IT は、環境配慮の原則を IT に適用したものであることを理解する。 ・ IT を活用して省資源、省エネルギーを実現することを学ぶ。 ・ IT 自体の省資源化、省エネルギー化を実現することを学ぶ。
0110	モデルと I S に関する組織的な関係	組織の他のモデルと情報システムとの関係を示すこと。	情報システムの分析と開発のために、一般システム理論を如何に適用できるかについて議論することができる。
2410	ビジネス継続	災害や事故に遭遇してもビジネスを継続することの重要性を理解させる。	災害などの緊急事態が発生したときに企業が損害を最小限に抑え、事業の継続や復旧を図るための計画である事業継続計画を学ぶ。
2411	監査と法令順守	コーポレートガバナンスの基本原理の一つで企業コンプライアンスとその監査を理解させる。	企業が法律や内規などのごく基本的なルールに従って活動する事、またはそうした概念を指すコーポレートガバナンスの基本原理の一つである企業コンプライアンスの重要性を学び、その監査についてを学ぶ。

## IS 2010.4 IS プロジェクトマネジメント

### 【コースの学習目標】

1. 情報システムプロジェクトを開始、指定、優先順位付け、これらのプロジェクトの実現可能性のさまざまな側面を決定する。
2. 現代の組織におけるプロジェクトマネジメントの定義、範囲、および必要性を含む、プロジェクトマネジメントの基礎を理解する。
3. プロジェクトマネジメントライフサイクルの各段階を理解する。
4. リーダーシップとチームモチベーションの基礎を含むプロジェクトチームのマネジメントを行う。



5. チーム内部でも、外部の他のプロジェクト関係者へでも、プロジェクトコミュニケーションをマネジメントする。
6. プロジェクトの選択やプロジェクトスコープの定義など、プロジェクトを開始する。
7. 適切な技術とツールを使用してプロジェクトのスケジュールをマネジメントする。
8. 人材、資本設備、時間などのプロジェクトリソースをマネジメントする。
9. プロジェクトの品質に対する脅威の識別、プロジェクトの品質を測定する技術、プロジェクトの品質を保証する技術など、プロジェクトの品質をマネジメントする。
10. プロジェクトリスクの識別、プロジェクトリスクの確実な管理などのプロジェクトリスクをマネジメントする。
11. 外部調達および外部調達の理解、外部調達のマネジメント手順など、プロジェクト調達プロセスをマネジメントする。
12. プロジェクトの進行状況を監視し、プロジェクトの変更をマネジメントし、プロジェクトの状態を適切に文書化し、伝達するなど、プロジェクトの実行をマネジメントする。
13. 情報の追跡とコストと変更管理の手法によりプロジェクトをコントロールする。
14. プロジェクトを終結する。これには、管理、人員、および契約終結(contractual closure)を含む。
15. 複雑なプロジェクトにおける法的問題に対処する仕組みを理解する。
16. 組織内のグローバルチームと協力して、またはオフショアアウトソーサーを従事させることで、民族文化の違いを正しく理解する。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
0710	システム開発プロジェクトの管理	情報システム開発プロジェクトの特徴を理解させ、プロジェクト管理の必要性について考察させること。	プロジェクトマネジャーの役割を説明できる。
			プロジェクト管理の管理対象とその管理方法を説明できる。
0442	プロジェクト管理の基礎	プロジェクト管理の基本的概念を理解させること。	プロジェクト管理の基本用語および管理対象を説明できる。
			プロジェクトの進捗評価技法を知っている。

			要求の変更管理の重要性を説明できる。
0445	プロジェクトファシリテーション	プロジェクト遂行のためのチームワークを構築させること。	プロジェクトにおけるリーダーシップの重要性を知っている。 プロジェクトファシリテーションとツールを知っている。
0444	プロジェクト計画書	簡単なプロジェクト計画書を書けるようにすること。	スコープの定義とその検収条件を記述できる。 作業定義と所要時間の見積もりに基づいて、スケジュールできる。 コストの見積もりができる。 プロジェクトの工程設計ができる。 品質計画を立て、検査の計画を立てられる。 チームの組織計画と投入計画を立てられる。 進捗の評価と報告ができる。 機器、要員の調達計画を立てられる。 プロジェクト計画を評価し改善を指示できる。
1715	PMのICT活用	プロジェクトマネジメントにおけるICT活用を理解すること。	プロジェクトマネジメントシステム(PMS)の主要機能、役割を理解できる。 MS-Project、Open-Projなどの利用を通して、その効果を理解できる。
0206	品質マネジメント	品質マネジメントの意義を理解させるとともに、関連する手法を理解できるようにすること。	品質マネジメントの意義を説明できる。 品質マネジメントの手法を理解し、適用できる。

0446	プロジェクトにおけるリスク管理	プロジェクトの状態を把握し、適切に対処させること。	進捗管理手法を知っている。 ----- プロジェクト進捗における課題を推定できる。 ----- リスクの評価と対応策が立てられる。 ----- プロジェクトの課題に対する適切な対応案を述べられる。
1714	ステークホルダー・マネジメント	プロジェクト成功へのステークホルダーの重要性を理解し、そのマネジメント手法を使えるようにすること。	ステークホルダー特定、ステークホルダーマネジメント計画、ステークホルダー・エンゲージメントマネジメント、ステークホルダー・エンゲージメントコントロールを理解し、説明できる。
0205	コスト・マネジメント	コスト・マネジメントの意義を理解させるとともに、関連する手法を使えるようにすること。	コスト・マネジメントの意義を説明できる。 ----- コスト・マネジメントの手法を理解し、適用できる。
3001	プロジェクト活動における異文化理解	民族文化の差異が組織内外のグローバルチームにおけるプロジェクト活動に与える影響を理解してもらうこと。	

## IS 2010.5 IT インフラストラクチャ

### 【コースの学習目標】

1. コンピューティングソリューションにおけるデータ表現と操作の重要な原則を理解する。
2. 階層化システムアーキテクチャの基礎となる原理を理解し、階層化システムアーキテクチャのコンピュータとネットワークへの適用を理解する。

3. IT インフラストラクチャソリューションのコア要素であるクライアント、サーバー、ネットワークデバイス、有線および無線のネットワークリンク、システムソフトウェア、特殊なセキュリティデバイスなどの相違点と類似点を理解する。
4. IT インフラストラクチャコンポーネントをさまざまな組織環境でインフラストラクチャソリューションに組織する方法を理解する。
5. サービス仮想化の根底にある原則を理解する。
6. 相互に接続されたコンピューティングデバイス間の通信を可能にするためにプロトコルがどのように使用されるかを实际的な例を通して理解する。
7. 標準技術のコンポーネント、サーバー、セキュリティデバイス、および数種類のコンピューティングクライアントに基づいたネットワークを含む、小規模組織向けの IT インフラストラクチャソリューションを構成する。
8. IP サブネット化を含む簡単なネットワーク設計の問題を解決するために、IP ネットワークの根底にある基本概念を適用する。
9. IT インフラストラクチャコンポーネントとしてのインターネットの役割と構造を理解し、インターネットの使用に基づいた簡単なインフラストラクチャソリューションを設計する。
10. 大規模な組織の IT インフラストラクチャソリューションのコンポーネントと構造を効果的に使用できるレベルで理解する。
11. 大規模組織 IT インフラストラクチャソリューションのマネージメントにおける IT コントロールおよびサービスマネージメントフレームワークの役割を理解する。
12. 設計と実装のソリューションを提供するベンダーと交渉する。
13. クラウドコンピューティングなどの仮想コンピューティングサービスプロビジョニングモデルが組織のために作成する機会を理解する。
14. IT インフラストラクチャ設計ソリューションのセキュリティおよびビジネス継続性への影響を分析し、理解する。
15. 単純なインフラストラクチャセキュリティソリューションを構成する。
16. IT インフラストラクチャの決定による環境およびリソース消費の影響を最小限に抑える。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
1104	通信ネットワークの標準及び標準化組織	通信ネットワークの標準，標準化団体とその標準に慣れ親しませること。	標準の役割，標準化団体とその標準の役割を，ローカルからグローバルまでの通信ネットワークを実現するためのまとめ役として理解し説明できる。 ----- 通信ネットワークに関連するデータのデジタル符号化を説明できる。
1106	通信ネットワークのアーキテクチャ，トポロジ，プロトコル	通信ネットワークのアーキテクチャ，トポロジ，プロトコルを示すことができるようにすること。	ISO モデルの各層の機能について理解し説明できる。 ----- ISO モデルの各層の機能での通信機械間における「仮想的な」通信の概念を説明できる。 ----- 通信ネットワークシステムに対する共通のトポロジ，実現方法及びその問題点を理解し説明できる。 ----- ビット及びバイトのプロトコルの構造と命令を理解し説明できる。 ----- 通信ネットワークサービスを議論し，ISO モデルの特定の実現を分析できる。 ----- ISO モデルと TCP/IP モデルを比較し説明できる。
1011	通信機器のハードウェア／ソフトウェア	コンピュータと通信機器の基本的な特徴と構成要素およびシステムソフトウェアをシステムの用語で説明し、要	システムズアプローチを使って、通信システムのハードウェア/ソフトウェアの各要素を説明し、各要素間の相互関係の本質を図式化して議論できる。通信システムの目的、期待と品質について、シス

		素の相互関係を明らかにすること	テム用語を用いて説明し、各要素が合目的的にどのように動作しているかを説明できる。
1122	ネットワークセキュリティ	ネットワークに関連するセキュリティについて理解させること。	<p>ネットワーク、OS、サーバ、データベースの脆弱性について理解し、ウイルス、ワームがどの脆弱性を狙ってくるのか説明できる。</p> <p>ネットワークセキュリティを守るための仕組み（ファイアウォール、侵入検知システム、VPN など）について理解し、説明できる。</p> <p>公開鍵暗号の原理を共通鍵暗号との対比で理解し説明できる。公開鍵暗号を利用した様々なアプリケーション（SSL、電子署名など）を例示できる。</p>
1123	Web 技術の基礎	Web の基本技術、標準化団体について理解させること。	<p>World Wide Web の構造を理解し、それを表現する言語としての HTML (XHTML)、資源を特定する記述としての URI を説明できる。</p> <p>Web におけるサーバとクライアントの役割について理解し、クライアントサーバ間の情報のやりとりとしての HTTP の説明ができる。</p> <p>Web に関連する標準規格にどのようなものがあるのか知り、標準化団体として W3C について議論できる。</p>
1103	通信ネットワークの経済性	通信ネットワークの経済性、設計及び管理に	特定のハードウェア及びソフトウェア構成要素を含む通信ネットワ

	及び設計に関する問題	関連する問題点を探求させること。	ークシステムを分析し設定するステップを説明できる。 相互接続システムにおける各種中継装置の目的を説明できる。
1633	IT インフラの運用管理	IT インフラの運用方法を理解する。	IT インフラの運用段階で、オペレーション、監視、インシデント対応、トラブル対応、ヘルプ対応等、日々の業務を理解する。 ITIL に記述された、運用管理のベストプラクティスを理解する。
1632	適用技術、製品の選定	情報インフラの要素製品、技術の導入方法を理解する。	IT インフラを構築するために必要な、機器や技術をどのような観点で、どのようなプロセス（調査、評価、交渉、購入、検収等）を経て導入するかを理解する。 IT インフラに関わる業務機能（コンサル、販売、ソリューション、保守、サービス）と、典型的なベンダ間の関係を理解する。
1641	クラウドコンピューティング	クラウドの特徴を理解する。	IaaS、PaaS、SaaS の特徴、違いを説明できる。オンプロミスな構成と比較して、そのメリット、デメリットを説明できる。 著名なクラウドサービスとその特徴が理解できる。OpenStack 等のオープンソースベースのクラウド構築技術を理解する。
1621	IT インフラによる可用性の向上技術	ネットワーク、ストレージの冗長設計を理解する。	ビジネス継続のために IT インフラの可用性の向上の必要性を理解する。

			ネットワーク、サーバ機、ストレージを組み合わせた冗長構成の必要性と、典型的な冗長構成（ホットスタンバイ、マルチリンク、マルチルート、RAID 等）を理解する。
--	--	--	---

## IS 2010.6 システム分析および設計

### 【コースの学習目標】

1. 情報技術ベースのソリューションを使用して対処できるビジネスニーズのタイプを理解する。
2. 情報システムプロジェクトの開始、特定、優先順位付け、およびこれらのプロジェクトの実現可能性のさまざまな側面の決定。
3. プロジェクトを開始する問題、機会、または権限を明確に定義する。
4. ビジネス状況（問題または機会）の分析と、形式的な技法によるモデリングと、ビジネスが実施される方法で生産的な変革を可能にするシステムへの要求仕様の作成に対して、少なくとも一つの特定の方法論を使用する。
5. 学生が学ぶ方法論の文脈の中で、明確かつ簡潔なビジネス要求文書を作成し、それらを技術仕様書に変換する。
6. さまざまな技術を使用して情報を収集するために、また提案されたソリューション特性をステークホルダーに伝えるために、さまざまな組織のステークホルダーと効果的にコミュニケーションをとる。
7. 確立されたプロジェクトマネジメント方法を使用して情報システムプロジェクトをマネジメントする。
8. パッケージシステム（ERP、CRM、SCM など）の使用、設計および開発リソースの委託を含む、さまざまなシステム調達の実施方法を明確にする。
9. プロセスおよびデータモデリングに使用するために、現在使われている CASE ツールを使用する。
10. 調達の実施方法を体系的に比較する。
11. システム開発プロセスの初めから、高いレベルのセキュリティとユーザーエクスペリエンスにつながる原則を組み込む。



12. 高水準の論理システム特性（ユーザーインターフェース設計、データおよび情報要件の設計）を設計する。
13. 代替的なソリューションの中で倫理的、文化的、法的な問題とその可能性を分析し明確にする。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
1314	コンピュータ活用ビジネスの理解	情報技術ベースのソリューションをいかしたビジネスについて理解させること。	ビジネス活動における技術の役割について理解できる。
0703	システム開発プロセスとコンセプトオペレーション	情報システムの開発プロセスとライフサイクルモデルについて理解させること。	<p>情報システムの開発プロセスとライフサイクルモデルについて説明できる。</p> <p>情報システム開発の各プロセスで行うべき作業の内容と、作成すべきドキュメントについて説明できる。</p>
0706	情報システムの分析と設計	業務プロセスの分析とモデル化の方法を習得させること。	<p>業務プロセスをモデル化し、図式表現（DFD/UML）することができる。</p> <p>業務改善を提案し、機能、性能、信頼性に関する要求仕様をまとめる事ができる。</p>
1030	システム視点の検証と検定	システム視点からの検証、検定方法を提示すること。	<p>検証と検定のプロセスを説明できる。</p> <p>手続き指向および（/または）オブジェクト表記の双方に対して、手作業のリエンジニアリングでコードの検証ができる。</p>

0142	I S 製品の実現	情報システムを実装するために、市販されているプログラム製品を比較し使用する機会を示すこと。	<p>パッケージをそのまま使う、カスタマイズする、モジュールを付加する、ユニークなアプリケーションを構築する、別のアプローチを示す、ことなどができる。</p> <p>-----</p> <p>コンピュータハードとソフトを入手する考え方を説明できる。</p> <p>-----</p> <p>見積要求や契約を行うプロセスを説明できる。</p> <p>-----</p> <p>契約締結のフェーズを説明し、各種の契約の具体例を書くことができる。</p>
0134	プロトタイピングによる I S 開発	プロトタイプ・プロセスについて説明し、開発ツールを利用してアプリケーションプロトタイプに評価と改良を適用すること。	<p>終了に際して、要求事項とアプリケーションの性能を比較できる。</p> <p>-----</p> <p>アプリケーションの検証プロセスで、別の結果と識別できる。</p> <p>-----</p> <p>プロトタイプ適用ソフトにおけるエラーの可能性や結果について評価できる。</p> <p>-----</p> <p>プロトタイプを改良するために、入力、出力、及び処理の修正ができる。</p>
0144	I S 設計と実装方法の検討	論理設計をする方法、それを実装する方法、更にそれらを比較分析する方法などを示すこと。	市販のツールなどを使用して上流のドキュメントを作成することができる。
0145	上流における UX の評価	高いユーザーエクスペリエンスにつながる、上流工程のやり方を理解できるようにすること。	情報システムを短期間に開発するためにラピッドプロトタイピング、またはそれと類似のメカニズムを使用できる。

0497	ユースケース設計	ユースケースを使った機能設計ができるようにすること。	機能とは何かを説明できる。 ----- 機能要求をユースケースの形式で表記できる。 ----- ユースケース記述が相互に漏れや矛盾がないことを確認できる。
9001	システムレベルのグローバルイゼーション	倫理的、文化的、法的な問題とその可能性を分析し明確にする。	

## IS 2010.7 IS 戦略、マネジメント、獲得

### 【コースの学習目標】

1. IT マネージメントと CIO の役割、組織内の IS マネージメントの構造化、企業内の IS 専門家のマネージメントなど、情報システム領域内のさまざまな業務機能とアクティビティを理解する。
2. 非 IT 部門の上級管理職の視点から、情報システムがどのように中核的かつ支援的なビジネスプロセスを可能にするか、そしてサプライヤーや顧客との連携を可能にするかを見る。
3. 企業レベルでの情報経済学の概念を理解する。
4. どのように IS が企業にとって競争優位の主要な源泉であるかを理解する。
5. 社内外の IS のビジネス価値を最大限に引き出すための IS 関連活動を構築する。
6. 既存および新興の情報技術を理解し、IS の機能とそれが組織の業務に及ぼす影響を理解する。
7. 企業に IS をうまく組み込んだり失敗したりすることに関連する問題と課題を評価する。
8. さまざまな調達オプションを評価する能力を含む、IS のリソースと能力の獲得に関する戦略的決定がどのように行われるかを理解する。
9. 授業をとおして得た情報を様々な産業や分野（領域）に応用する
10. 組織の IS 機能をマネジメントする観点から、IT コントロールおよびサービスマネジメントフレームワークの役割を理解する。

【LU 例】

LU ID	タイトル	教育目的	学習目標
1631	情報システムのガバナンス、コンプライアンス	情報システムのガバナンス、コンプライアンスを理解する。	ITIL、COBIT 等の IT の制御、管理用のフレームワークの意義、概要を理解する。
0421	利害関係者要求定義	施主が組織の問題を解決するにあたって、利害関係者と問題の解決状態を共有することの重要性を理解する。	組織の問題には利害関係者ごとに異なる視点がありうることを説明できる。
2413	ヒューマン・リソース・マネジメント	人的資源の管理について理解させる。	採用、配置、動機付け、報酬体系の設計、組織設計、組織開発、教育・訓練、福利厚生、労使関係、ダイバーシティなど管理的な機能と開発的な機能が総合的に含有された考え方を学び、そのための情報システムの開発と運用を考えられるようになる。
0102	戦略的要素としての I S	情報システムが如何に戦略的であるか、組織の重要な要素であるかを示すこと。	<p>情報システム分野の歴史的発展について記述できる。</p> <p>組織における情報システムの戦略的役割を説明できる。</p> <p>競争力を高める情報システム活動の戦略性について説明できる。</p> <p>戦略的、戦術的、業務的なレベルで、複数のアプリケーションについて相違を説明できる。</p>
0114	I S の実現とアウトソーシング	アウトソーシングなどによる IS 機能の実現方法について説明し議論すること。	IS 機能のいくつか（又は多く）を外注することの有利と不利、及び外注を要求するか否かについて説明できる。

0153	システムと品質尺度の評価	ライフサイクルの全ての段階における顧客の満足度を測るための品質の尺度を開発することの必要性を理解させること。	ライフサイクルのフェーズ毎に顧客の満足を確認するために、品質の尺度と性能のベンチマークを使用し、開発活動の中でその尺度をテストすることができる。
0422	情報システムの構想	原因除去ではなく、問題状況を解消する新しい理想システムを思い描いたのちに、現実システムとのギャップを認識し、これを埋める方法を構想する手法を提示する。	理想システムを構想することの重要性を説明できる。 理想システムと現実との間のギャップをどう埋められるかを構想できる。
1111	ISにおける新しい技術の管理	新しい技術の管理と移行に関連のある問題点を議論できるようにすること。	効果的なハードウェアとソフトウェアを精査し選択する環境に対する方法を説明し、詳しく述べることができる。 新しい技術の管理を説明できる。
0711	システムトラブルの分析と対策	システム稼働後に発生するシステムトラブルの発生原因の分析と、発生防止策について理解させること。	システムトラブルを発生させる原因についての例示を説明できる。 システムトラブルを発生させる原因ごとに、発生防止策を考察できる。
1635	情報システム部門の業務機能	情報システム部門の業務機能を理解させること。	企業、官庁等、大きな組織の情報システム部門の業務機能を理解する。

## 2.5. IS カリキュラムの実施の考え方

J17-IS (IS 2010) を利用して各教育プログラムで IS 教育を実施するためには、次のような手順をとることが考えられる。

- ① 対象教育プログラムの性格にあわせて、「当該教育プログラムの対象ドメインの基礎」、「基礎的な知識とスキル」、「IS 固有の知識とスキル」を、どのような科目群で、どのような修得要件で扱うのか決める。
- ② 卒業生に期待する能力に応じて「IS 固有の知識とスキル」の中から、コースの学習目標とその深さを決め、それをどの科目で、どの単位数で教育するか決める。コアをすべて深く学習する必要はなく、また選択科目の中で、当該プログラムで必修と指定することがあっても良い。
- ③ 各科目の教育内容を決める際に、ラーニングユニットを活用する。

## 2.6. 今後のアップデートについて

情報技術の変革に伴い、IS 教育の具体的な内容が変化している。そのため、LU をダイナミックにアップデートできる仕組みを作ることが重要であると考えている。例えば、LU を公募する、インターネット上の仕組みを用意することが考えられる。

## 3. ACM/AIS への報告

J17-IS は、IS 2010 を元に、それを実施するための事例として使用できる LU を追加したものである。IS 2002 由来の LU を除き、本 WG が作成した LU、および IS 2002 由来であるが本 WG が現在の情報技術にあわせて修正した LU について、その内容を英訳して報告する。

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

CE

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

CE

目次

1. はじめに	1
2. J07-CE 以降の状況	1
3. J07-CE から J17-CE への主な変更点	2
4. カリキュラム標準 J17-CE の要約	5
5. カリキュラム標準 J17-CE の個別知識の概要	10
6. ACM/IEEE-CS への報告	34
7. おわりに	35
付録	36

WG 構成

岡部忠 (主査)	(地独) 東京都立産業技術研究センター
秋田純一	金沢大学
清水尚彦	東海大学
金川信康	株式会社日立製作所
菊池浩明	明治大学
久野倫義	三菱電機株式会社
柴田裕一	長崎大学
高橋寿一	ソニー株式会社
津邑公暁	名古屋工業大学
中島康彦	奈良先端科学技術大学院大学
中西恒夫	福岡大学
南角茂樹	大阪電気通信大学
水野匡章	カンザス州立大学
和田成夫	東京電機大学
大原茂之 (アドバイザー)	東海大学名誉教授 / 九州工業大学客員教授



## 1. はじめに

本 J17-CE は、情報専門学科カリキュラム標準 J17 におけるコンピュータエンジニアリング領域のカリキュラムモデルである。本カリキュラム策定にあたっては、ACM、IEEE Computer Society（以下、IEEE-CS）による Computer Engineering Curricula および情報処理学会で 2007 年度に作成した J07-CE をベースにした。

本概要では、J07-CE 策定以降のコンピュータエンジニアリングの飛躍的な発展を専門教育に取り込むことと、世界を相手にできるような起業へのモチベーションをもった学生を育成することも視野に入れたこと、そして今後の取り組みについて概説する。

## 2. J07-CE 以降の状況

コンピュータエンジニアリングの活躍の場の多くは、産業構造的には川上に位置付けられる。川上産業は川下産業に比べて一般の目には触れにくい領域である。しかし、コンピュータの応用領域は広く、例えばセンサやアクチュエータ等を機能させる部品としての中に組み込まれる重要な要素技術であり、組込みシステムともよばれている。しかし、その存在はソフトウェアの影に隠れ、益々一般の人の目には触れにくくなっているのが現状である。

この状況は学生の獲得および教育する上で極めて不利な状況である。今後 18 歳人口が激減していく状況の中で、コンピュータエンジニアリングをベースにビジネスをしている企業にとっても由々しき問題である。コンピュータエンジニアリング領域に関係する大学、企業が人材を獲得していくためには、この領域の認知度を上げる方策が必要となる。取り分け組込み技術を専門に扱う学科を有する大学はごく僅かである。しかし、コンピュータエンジニアリングの活躍の場は広く、IoT、IoT のエッジ周り、AI、ロボット、電気自動車、自動運転など枚挙にいとまがない。一方で、コンピュータであるがために、コンピュータを組み込んだ個別機器がハッキングやウィルスの脅威に晒されており、常にその脆弱性が問われている。

この領域で力を発揮するには、電気の知識、回路技術、デジタル信号処理、メカトロニクス、オペレーティングシステム、データベース、AI、IoT など極めて広く深い知識や技術が求められる。しかも、J17-CE のカリキュラムを受けた学生が卒業するのは、早くても 2023 年頃となるであろう。そこから約 10 年間は J17-CE をベースにしたカリキュラムを使用することになる。そのため 10 年先のコンピュータエンジニアリングの状況がある程度想定してカリキュラムを策定する必要があり、内容は高度なものにならざるを得ない。

このように、認知度が低い一方で高度な技術修得が求められ、設計に於いては高い品質が求められる世界に飛び込んでくる学生は少なくなるであろう。カリキュラムの中に学生を惹きつける魅力を発信できるようにする必要があると当委員会は結論づけた。しかし、CE2016 および J07-CE にはこうした観点が乏しく、この現代日本が抱える問題に対しては魅力創出のための科目をカリキュラムに導入することを検討した。

この検討の結果、J17-CE を学んだアウトカムとして起業するモチベーションを醸成させることが日本の活性化にも繋がる魅力になるであろうという結論に至った。起業を目指すことで企業経営の意味、技術開発の重要性を理解し、大学としても産業界とも繋がりやすくなり、産学連携の芽も生まれる可能性も出てくるとともに、場合によってはイノベーションに繋がっていく期待も生じる。こうした観点から CE2016 のコアカリキュラムを包含しつつ、今後の技術動向を先取りできる学生教育を視野に入れたカリキュラムとして策定することとした。

### 3. J07-CE から J17-CE への主な変更点

J07-CE と J17-CE は、それぞれ CE2004 と CE2016 を参考にしている。しかし、CE2004 と CE2016 では 10 年以上の開きがあり、この間に大きな技術的变化があった。そこで、CE2004 と CE2016 の相違点を把握した後、J07-CE に対する J17-CE の相違点について述べることにする。

#### 3.1. CE2004 と CE2016 の相違点

CE2004 と CE2016 の基本的な比較結果は次の通である。

- (1) 専門の時間数は共に 420 コア時間である。ただし、1 コア時間は 50 分である。
- (2) CE2004 の知識領域から消えて、CE2016 の知識に吸収されたものは次の通りである。

- CE-DBS Database System  
⇒ CE-SWD Software Design
- CE-ELE Electronics  
⇒ CE-CAE Circuit and Electronics
- CE-HCI Human-Computer Interaction  
⇒ 殆ど姿を消している。これを実現する要素技術は CE-ESY Embedded System の中にある。
- CE-PRF Programming Fundamentals  
⇒ CE-SWD Software Design

- CE-CSE Computer System Engineering

⇒ CE-CAO Computer Architecture & Organization

(3)CE2016 知識領域からみて CE2004 の知識領域には無かった知識は次の通りである。

- CE-SPE System and Project Engineering

この科目のコア時間は 35 と大きい。

- CE-SEC Information Security

この科目のコア時間は 20 と大幅にとっている。これなどは大きな変化である。

(4)CE2004 の知識領域のコア時間よりも大幅に増えた CE2016 の知識領域は次の通りである。

- CE-ESY Embedded Systems (20 コア時間)

⇒ CE-ESY Embedded Systems (40 コア時間)

- CE-DSP Digital Signal Processing (17 コア時間)

⇒ CE-SGP Signal Processing (30 コア時間)

- CE-SWE Software Engineering (13 コア時間)

⇒CE-SWD Software Design (45 コア時間) ここにはデータベースも含まれるためこの時間になる。

CE2016 は CE2004 に比べて組込み技術、セキュリティ、信号処理などかなり実用的な技術にシフトしていることが分かる。

## 3. 2. J07-CE と J17-CE の相違点

### 3. 2. 1. CE2016、J17-CE、J07-CE の相互比較

J17-CE を中心に、CE2016 および J07-CE を相互に比較できるようにした表を表 A-1 に示す。CE-という領域の後の 3 文字の略語に続けて学問領域を示すタイトルを示している。3 つの領域に対し、同じ領域になるものは横並び一線になるように示し、該当する知識が無い箇所は空白のままとした。以下、J17-CE との比較概要について述べる。

#### (1) コア時間数

CE2016 420 コア時間

J17-CE 480 コア時間

J07-CE 309 コア時間

となっている。J17-CE は大幅に増えている点特徴的である。この理由は、川上産業として位置づけられる日本の CE 領域の広さによる。CE 領域は自動車、通信、電

力、家電、ロボット、医療等々極めて広い川下産業に係る。このことは J07-CE の時点でも同じ産業構造であるが、IoT による仮想空間と現実空間の接続の加速、AI やビッグデータの応用範囲の加速、組込み製品における情報セキュリティの重要性など 10 年前とは重要性が格段に増している。このため、大学で学ぶ学生はこの範囲まで修得しておかなければ社会で通用しなくなる可能性がある。また、起業を目指すことで、経営をより深く理解し、情報セキュリティや IoT による応用をビジネスの観点で理解できるようになる。こうした目論見から J17-CE のコア時間は増加している。

表 A-1 CE2016, J17-CE, J07-CE の知識領域比較表

CE2016 知識領域	コア時間	J17-CE 知識領域	コア時間	J07-CE 知識領域	コア時間
CE-CAL Computing Algorithms	30	CE-CAL コンピューティングアルゴリズム	30	CE-ALG アルゴリズム	22
CE-CAO Computer Architecture & Organization	60	CE-CAO コンピュータアーキテクチャ	62	CE-CAO コンピュータのアーキテクチャと構成	27
CE-CAE Circuits and Electronics	50	CE-CAE 回路とエレクトロニクス	54	CE-CGS 回路および信号	22
CE-DIG Digital Design	50	CE-DIG デジタルデザイン	54	CE-DIG デジタル論理	23
CE-SGP Signal Processing	30	CE-SGP デジタル信号処理	30	CE-DSP デジタル信号処理	21
CE-ESY Embedded Systems	40	CE-ESY 組込みシステム	48	CE-ESY 組込みシステム	31
CE-NWK Computer Networks	20	CE-NWK コンピュータネットワーク	28	CE-NWK テレコミュニケーション	22
CE-SWD Software Design	45	CE-SWD ソフトウェア工学	50	CE-SWE ソフトウェア工学	16
CE-SPE Systems and Project Engineering	35	CE-SPE プロジェクト管理&システム工学	36		
CE-SRM Systems Resource Management	20	CE-SRM システム資源管理	20	CE-OPS オペレーティングシステム	17
CE-PPP Preparation for Professional Practice	29	CE-PPP 技術リダ論	20	CE-SPR 社会的な観点と職業専門人としての問題	20
CE-SEC Information Security	20	CE-SEC 情報セキュリティ	30		
		CE-JIV イノベーションとベンチャー論	18		
				CE-PRF プログラミング	6
				CE-DBS データベースシステム	23
				CE-HCI ヒューマンコンピュータインタラクション	7
				CE-VLS VLSIの設計および製造	8
				CE-DSC 離散数学	23
				CE-PRS 確率・統計	21
合計	420	合計	480	合計	309

### 3.2.2. J17-CE と CE2016 との比較

#### (1) 知識の数

CE2016 は 12 個であるのに対し、J17-CE 領域は CE2016 の各知識に対応しつつ 13 個となっている。CE-JIV が増えている知識である。

#### (2) コア時間

CE2016 のコア時間は 420 であるのに対し、J17-CE 領域は 480 であり、60 時間の増加

となっている。

### (3) 知識の対応関係

すでに繰り返し述べてきたように、J17-CE は CE2016 を包含しつつ、新たな知識として CE-JIV を追加している。これを導入した目的は、日本の学生全般に不足している起業マインドを掘り起こすことと、技術者としてイノベーションを起こすことを目指す意欲を高めるためである。このことは、学生のみならず日本のコンピュータ系技術者が心掛けるべき事項であるともいえる。

## 3.2.3. J07-CE と比較した J17-CE のコンセプト

### (1) 知識の数

J07-CE 領域は 16 個であるのに対し、J17-CE 領域は 14 個であり 2 個減少している。

### (2) コア時間

J07-CE のコア時間は 309 であったのに対し、J17-CE は 490 と大幅に増えている。

### (3) コンセプト

J17-CE 策定のコンセプトは、CE2016 を包含しつつ日本の CE 領域で学ぶ目的を明確にし、資本主義経済構造の中で学生のモチベーションを高めることにある。そのため、アウトカムを明確にすることを心掛けたカリキュラムとした。

CE2016 をほぼ包含する J17-CE と J07-CE を比較すると、J07-CE にあったヒューマンコンピュータインタラクション、プログラミング、データベースシステム、VLSI の設計と製造が知識項目からは姿を消しているが、これらは J17-CE の他の科目に吸収されている。さらに数学系の科目も専門の領域からは外している。その理由は、CE 領域の範囲が広いため、専門的に使用する数学は各専門領域の中でツールとして使えるようにすることを前提としている。J17-CE は実践的なプロジェクト管理と情報セキュリティが新たに登場している。さらに、J17-CE の特徴的な点は、CE2016 には無かったイノベーションとベンチャー論が入ったことである。この科目の詳細は別途述べるが、イノベーションとベンチャー論の知識は学生のみならず、コンピュータ系技術者が心掛けるべき事項でもある。

## 4. カリキュラム標準 J17-CE の要約

### 4.1. 知識階層の構造

J17 CE 領域の知識体系は、第 1 階層として知識階層、第 2 階層として知識ユニット、第 3 階層としてトピックの 3 つの階層からなる。

#### 4.1.1. 第1階層：知識階層

ここで言う知識とはコンピュータ工学の中での個別の学問としての知識領域を示す。各知識領域を識別するために3文字の略語を使用するが、CE2016との対応関係が分かるように同じ知識領域であればCE2016の略語を流用する。例えば、コンピュータアルゴリズム(Computer Algorithms)はCE-CALなどとする。知識を細分化した内容がほぼ同様の場合、多少の違いがあっても知識領域の名称はCE2016を踏襲する。

#### 4.1.2. 第2階層：知識ユニット

知識ユニットは知識階層の下で知識の詳細化を示すものである。これについても知識階層の略語を頭にして、記号と番号で分類する。例えば、コンピュータアルゴリズムという知識領域の中の「アルゴリズムの歴史と概要」という知識ユニットは以下のように記載する。

CE-CAL-1

#### 4.1.3. 第3階層：トピック

第2階層の知識ユニットをさらに詳細な知識に細分化したものである。この階層で学習する目標が具体的に理解できる。

### 4.2. コアトピックと選択トピック

コアトピックは当該知識ユニットを学ぶ上で必須の知識を意味するもので、第2階層知識ごとに付加した時間数によって識別する。時間数は[ ]の中に記載する。一方、選択トピックは必須の知識ではなく、教育目的に応じて選択してシラバスの中に組み込むことを意味する。選択トピックに対しては時間数を設定していない。コアトピックは下記のように表現する。

CE-CAL-8 アルゴリズムの複雑性[3]

選択トピックは下記のように時間数表現[ ]をしていない。

CE-CAL-9 スケジューリングアルゴリズム

#### 4.3. 知識ユニットの修得に必要な履修時間数

日本の多くの大学では45分を1回分として1時間とし、週2時間の講義を15週行なって2単位となる。成績を評価する試験は15週の枠の外になる。これを前提に、知識ユニッ

トを教える時間はどの程度かという目安を [ ] で囲んで示す。括弧内に示す数字は1を45分として換算する。例えば、[2] は45分×2で90分となる。従って [30] は15週を意味する講義時間数である。ここで誤解が生じないように知識ユニットとシラバスの違いについて述べておく。

知識ユニットは科目を意味するものではなく、ある科目を構成するときに調達する知識を示している。従って、知識ユニットによっては [30] よりも少ない場合や、多い場合がある。

また、知識ユニットの教え方は講義のみに限定するものではない。演習、実習、あるいはアクティブラーニングなどで最も効果的な方法で実施してよく、単位数や教育に使う時間数についても調整する必要がある。

#### 4.4. カリキュラム標準 J17-CE の全体像

J17-CE 領域の13個の知識領域とその知識ユニットの要約を表A-2に示す。これらの知識ユニットは授業科目そのものを直接的に意味するものではなく、知識領域を具体的に明確化することを目的としている。従って、時間数も統一されている訳ではない。

表の中で\*を付加している知識領域あるいは知識ユニットは J17-CE で新たに設定したものであることを意味している。例えば、「CE-JIV\* イノベーションと起業」あるいは後述する CE-SWD のソフトウェア工学の中に出てくる「CE-JSW-14\* モデルベース開発」などである。これらは日本版の J17-CE 領域で追加した知識であることを意味している。

表 A-2 J17-CE 領域の知識体系

コンピュータ工学の知識領域と知識ユニット	
<p><b>CE-CAE 回路とエレクトロニクス</b> [54コア時間]</p> <p>CE-CAE-1 電気・電子回路の歴史と概要[1] CE-CAE-2 関連するツール、標準、工学的制約[2] CE-CAE-3 回路の基本法則と直流回路[4] CE-CAE-4 交流回路[8] CE-CAE-5 半導体の特性と電子回路[6] CE-CAE-6 増幅回路[8] CE-CAE-7 記憶デバイス[3] CE-CAE-8 インタフェース回路[4] CE-CAE-9 オペアンプ[4] CE-CAE-10 A/D、D/A変換回路[4] CE-CAE-11* フィルタの設計[4] CE-CAE-12* 過渡応答と波形[6]</p>	<p><b>CE-CAL 計算アルゴリズム</b> [30コア時間]</p> <p>CE-CAL-1 アルゴリズムの歴史と概要[1] CE-CAL-2 関連するツール、標準、工学的制約[1] CE-CAL-3 データ構造[4] CE-CAL-4 代表的なアルゴリズム[10] CE-CAL-5 線形計画法と動的計画法[4] CE-CAL-6 並列アルゴリズム[2] CE-CAL-7 暗号理論[2] CE-CAL-8 近似アルゴリズム[2] CE-CAL-9 計算量とアルゴリズムの複雑性[2] CE-CAL-10 オートマトン[2]</p>
<p><b>CE-CAO コンピュータアーキテクチャ</b> [62コア時間]</p> <p>CE-CAO-1 コンピュータの歴史と概要[1] CE-CAO-2 関連するツール、標準、工学的制約[1] CE-CAO-3 設計ツールチェーン[4] CE-CAO-4 命令セット[8] CE-CAO-5 性能評価[4] CE-CAO-6 算術演算の仕組み[4] CE-CAO-7 プロセッサの論理構成[8] CE-CAO-8 メモリシステムの構成[8] CE-CAO-9 入出力装置と入出力インタフェース[6] CE-CAO-10 I/Oサブシステム[6] CE-CAO-11 マルチコアとメニーコア[6] CE-CAO-12 分散システム[6]</p>	<p><b>CE-DIG デジタルデザイン</b> [54コア時間]</p> <p>CE-DIG-1 デジタル技術の歴史と概要[1] CE-DIG-2 関連するツール、標準、工学的制約[2] CE-DIG-3 情報の表現と演算[4] CE-DIG-4 ブール代数[4] CE-DIG-5 論理ゲート[4] CE-DIG-6 組合せ論理回路[5] CE-DIG-7 順序回路の設計[8] CE-DIG-8 タイミング設計[5] CE-DIG-9 複雑なハードウェアシステムの設計[6] CE-DIG-10* ハードウェア記述言語とデジタルデザイン[10] CE-DIG-11* FPGA、CPLDの設計と実装 [5]</p>
<p><b>CE-ESY 組み込みシステム</b> [48コア時間]</p> <p>CE-ESY-1 組み込みシステムの歴史と概要[2] CE-ESY-2 関連するツール、標準、工学的制約[3] CE-ESY-3 組み込みシステムの特長[6] CE-ESY-4 組み込み用ソフトウェアテクニック[6] CE-ESY-5 パラレル入出力[4] CE-ESY-6 非同期および同期シリアル通信[6] CE-ESY-7 周期割り込み、波形発生、時間計測[3] CE-ESY-8 データ収集、制御、センサ、アクチュエータ[4] CE-ESY-9 高度な組み込みシステムの設計工程[5] CE-ESY-10 低電力動作技術[3] CE-ESY-11 モバイルおよびネットワーク組み込みシステム[3] CE-ESY-12 高度な入出力の問題[3] CE-ESY-13 組み込みシステム用プラットフォーム</p>	<p><b>CE-NWK コンピュータネットワーク</b> [28コア時間]</p> <p>CE-NWK-1 ネットワークの歴史と概要[1] CE-NWK-2 関連するツール、標準、工学的制約[1] CE-NWK-3 ネットワークアーキテクチャ[4] CE-NWK-4 有線通信ネットワーク[4] CE-NWK-5 無線通信ネットワーク[3] CE-NWK-6 ネットワークプロトコル[3] CE-NWK-7 ネットワークアプリケーション[2] CE-NWK-8 ネットワーク管理[3] CE-JNW-9* Internet of Things (IoT)の階層構造 [4] CE-JNW-10* エッジコンピューティング [3] CE-JNW-11* ビッグデータ CE-NWK-9 データ通信 CE-NWK-10 性能評価 CE-NWK-11 ワイヤレスセンサネットワーク</p>
<p><b>CE-PPP 技術リーダー論</b> [20コア時間]</p> <p>CE-PPP-1 プロジェクト管理の歴史と概要[1] CE-PPP-2 関連するツール、標準、工学的制約[1] CE-PPP-3 コミュニケーションの重要性[2] CE-PPP-4 多分野の専門家からなるチームの管理[2] CE-PPP-5 プロジェクトを進める上での思想と文化的問題[2] CE-PPP-6 技術的解決策が社会へ与える影響[2] CE-PPP-7 専門家としての責任と倫理的責任[4] CE-PPP-8 知的財産権と法的問題[2] CE-PPP-9 新たな技術が生み出す問題[2] CE-PPP-10 ビジネス上の問題とその解決策[2]</p>	<p><b>CE-SEC 情報セキュリティ</b> [30コア時間]</p> <p>CE-SEC-1 情報セキュリティの歴史と概要[1] CE-SEC-2 関連するツール、標準、工学的制約[1] CE-SEC-3 ファイアウォール[2] CE-SEC-4 マルウェアと脆弱性[2] CE-SEC-5 共通鍵 [3] CE-SEC-6 メッセージ認証[2] CE-SEC-7 公開鍵[3] CE-SEC-8 電子メールセキュリティ[2] CE-SEC-9 ウェブセキュリティ[4] CE-SEC-10 フィンテック[4] CE-SEC-11 認証技術[3] CE-SEC-12* プライバシー保護とセキュリティ マネージメント[4]</p>



コンピュータ工学の知識領域と知識ユニット			
<b>CE-SGP</b>	<b>デジタル信号処理</b> [30コア時間]	<b>CE-SPE</b>	<b>プロジェクト管理 &amp; システムズ工学</b> [36コア時間]
CE-SGP-1	デジタル信号処理の歴史と概要[2]	CE-SPE-1	プロジェクト管理の歴史と概要[1]
CE-SGP-2	関連するツール、標準、工学的制約[3]	CE-SPE-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]
CE-SGP-3	伝達関数[2]	CE-SPE-3	プロジェクト管理の原則[8]
CE-SGP-4	各種変換技術[6]	CE-SPE-4	ユーザエクスペリエンス[2]
CE-SGP-5	周波数の分析技術[4]	CE-SPE-5	リスク、信頼性、安全性、耐障害性[4]
CE-SGP-6	サンプリング定理[4]	CE-SPE-6	ハードウェアとソフトウェアプロセス[2]
CE-SGP-7	周波数とスペクトル[5]	CE-SPE-7	要求分析と要求抽出[2]
CE-SGP-8	デジタルフィルタの設計[4]	CE-SPE-8	システム仕様[2]
CE-SGP-9	ウィンドウ関数	CE-SPE-9	システムアーキテクチャ設計と評価[2]
CE-SGP-10	マルチメディア処理	CE-SPE-10	ハードウェアとソフトウェアの並行設計[2]
		CE-SPE-11	システム適格性テスト[2]
		CE-SPE-12	保守性、持続可能性、製造性[2]
		CE-SPE-13	プロジェクト管理演習 [6]
<b>CE-SRM</b>	<b>システム資源管理</b> [20コア時間]	<b>CE-SWD</b>	<b>ソフトウェア工学</b> [50コア時間]
CE-SRM-1	システム資源管理の歴史と概要[1]	CE-SWD-1	ソフトウェアの歴史と概要[1]
CE-SRM-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]	CE-SWD-2	関連するツール、標準、工学的制約[2]
CE-SRM-3	マルチタスクとシステム資源[5]	CE-SWD-3	プログラミング構造とパラダイム[8]
CE-SRM-4	リアルタイムOSの仕組みと機能[2]	CE-SWD-4	問題解決戦略[2]
CE-SRM-5	様々なOSの特性[6]	CE-SWD-5	データ構造[3]
CE-SRM-6	リアルタイムシステムとRTOS[3]	CE-SWD-6	再帰[3]
CE-SRM-7	モバイルデバイス用オペレーティングシステム[2]	CE-SWD-7	オブジェクト指向設計[5]
		CE-SWD-8	ソフトウェアのテストと品質[4]
		CE-SWD-9	データモデリング[3]
		CE-SWD-10	データベースシステム[3]
		CE-SWD-11	イベント駆動および並行プログラミング[4]
		CE-SWD-12*	ユニバーサルモデリング言語 [5]
		CE-SWD-13*	アジャイル開発 [4]
		CE-SWD-14*	モデルベース開発 [3]
		CE-SWD-15	APIの設計
<b>CE-JIV*</b>	<b>イノベーションと起業</b> [18コア時間]		
CE-JIV-1	イノベーションに関する歴史と概要 [1]		
CE-JIV-2	関連するツール、標準、工学的制約[1]		
CE-JIV-3	資本主義経済の仕組みと特性[2]		
CE-JIV-4	企業の目的と企業価値[2]		
CE-JIV-5	企業の生産活動とマーケット[2]		
CE-JIV-6	イノベーションの推進とイノベータ理論[2]		
CE-JIV-7	知的財産権[2]		
CE-JIV-8	企業経営と経営資本[2]		
CE-JIV-9	起業に向けて[4]		

## 5. カリキュラム標準 J17-CE の個別知識の概要

コンピュータ工学の知識領域ごとのコア知識ユニットの概要について述べる。

### (1) CE-CAE 回路とエレクトロニクス

[54 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. 電気に関する基本的な物理量の特徴
2. 電気・電子回路の解析、設計の基礎技術
3. 電子回路を構成する半導体の特性と動作
4. 増幅回路など電子回路の動作

#### CE-CAE のコア知識ユニット

##### CE-CAE-1 電気・電子回路の歴史と概要[1]

###### 学習成果

1. 電気量の発見から応用領域が拡大されるまでの歴史を説明できる。
2. コンピュータに应用される半導体のサイズなどの変遷を説明できる。

##### CE-CAE-2 関連するツール、標準、工学的制約[2]

###### 学習成果

1. コンピュータを構成するハード部品群の概要について説明できる。
2. 回路素子の種類をあげることができる。

##### CE-CAE-3 回路の基本法則と直流回路[4]

###### 学習成果

1. キルヒホッフの法則など回路の基本的な法則とその特性を説明できる。
2. V-I 平面上で各受動素子の特性を説明できる。
3. 回路素子を組み合わせた簡単な回路について解析できる。

##### CE-CAE-4 交流回路[8]

###### 学習成果

1. 交流回路で使用される電気素子、周波数、角周波数などを使うことができる。
2. 回路解析に用いる基本的な数学的解法を扱うことができる。
3. 要求された回路の特性を出す回路素子のパラメータを求めることができる。

##### CE-CAE-5 半導体の特性と電子回路[6]

#### 学習成果

1. 線形素子と非線形素子の違いを V-I 平面上で説明できる。
2. ダイオードの V-I 特性を説明できる。
3. 電圧駆動型、電流駆動型の違いを説明できる。
4. 簡単な電子回路の動作を説明でき、解析ができる。

#### CE-CAE-6 増幅回路[8]

##### 学習成果

1. トランジスタの具体的な V-I 特性を説明できる。
2. トランジスタを使用した電子回路の動きを説明できる。
3. トランジスタを使用した増幅回路の動作を説明できる。
4. トランジスタを使用した増幅回路を設計できる。

#### CE-CAE-7 記憶デバイス[3]

##### 学習成果

1. 記憶とはどのような現象を指すかを説明できる。
2. 記憶を可能にする回路構成を説明できる。
3. 記憶を可能にする回路動作と物理量から見た限界を説明できる。

#### CE-CAE-8 インタフェース回路[4]

##### 学習成果

1. 異なるシステム間を結合する場合の物理的な課題と解決策を説明できる。
2. 異なるシステム間を接続している実例についてその物理的条件を説明できる。
3. 異なるシステム間を接続する場合の論理的な課題とその解決策を説明できる。
4. 異なるシステム間を接続している実例についてその論理的条件を説明できる。

#### CE-CAE-9 オペアンプ[4]

##### 学習成果

1. 異なるシステム間を結合する場合の物理的な課題と解決策を説明できる。
2. 異なるシステム間を接続している実例についてその物理的条件を説明できる。
3. 異なるシステム間を接続する場合の論理的な課題とその解決策を説明できる。
4. 異なるシステム間を接続している実例についてその論理的条件を説明できる。

#### CE-CAE-10 A/D、D/A 変換回路[4]

##### 学習成果

1. A/D、D/A 変換の必要性を説明できる。
2. D/A 変換回路、A/D 変換回路の動作を説明できる。

3. A/D 変換回路、D/A 変換回路の動作限界を説明できる。

#### CE-CAE-11\* フィルタの設計[4]

##### 学習成果

1. 信号がもつ周波数スペクトルの概要を説明できる。
2. 周波数スペクトルを振り分けるフィルタの特性を説明できる。
3. ローパスフィルタ、バンドパスフィルタなどの回路の事例を説明できる。

#### CE-CAE-12\* 過渡応答と波形[6]

##### 学習成果

1. コンピュータ内部の信号は基本的に ON/OFF を繰り返すパルス信号であることを説明できる。
2. ON/OFF の段階で回路内では過渡応答という現象が発生し、回路構成を誤ると誤作動に繋がることを説明できる。
3. 信号の周波数を高めていくと、並行する線路や線のカーブが誤作動の原因になることを定性的な面から説明できる。

## (2) CE-CAL 計算アルゴリズム

[30 コア時間]

### 本知識領域のスコープ

1. アルゴリズムの意味と必要性
2. 様々な典型的なアルゴリズム
3. アルゴリズムの特徴づけ

### CE-CAL のコア知識ユニット

#### CE-CAL-1 アルゴリズムの歴史と概要[1]

##### 学習成果

1. アルゴリズムの始まりから体系化までの歴史を説明できる。
2. アルゴリズムとプログラムの違いを説明できる。
3. アルゴリズムを記述する方法を説明できる。
4. アルゴリズムの構成を説明できる。

#### CE-CAL-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. アルゴリズムとプログラムの違いを説明できる。
2. アルゴリズムを記述する方法を説明できる。
3. アルゴリズムの構成を説明できる

CE-CAL-3 データ構造[4]

学習成果

1. アルゴリズムが扱うデータの分類を説明できる。
2. 分類したデータをアルゴリズムが扱いやすい構成に組み立てることができる。
3. データ構造によってアルゴリズムの分かり易さが連動することを説明できる。
4. 木構造など具体的なデータ構造を説明できる。

CE-CAL-4 代表的なアルゴリズム[10]

学習成果

1. ソート、文字列検索、二分木探索などのアルゴリズムを作成できる。
2. 再帰型のアルゴリズムを作成できる。

CE-CAL-5 線形計画法と動的計画法[4]

学習成果

1. 動的計画法とはどのようなもので、どのような役に立つかを説明できる。
2. 動的計画法のアルゴリズムを作成できる。

CE-CAL-6 並列アルゴリズム[2]

学習成果

1. 並列処理の意味と非調整について説明できる。
2. 並列処理の難しい問題点について説明できる。
3. 並列処理の具体例を説明できる。

CE-CAL-7 暗号理論[2]

学習成果

1. 暗号の必要性和暗号に求められる特徴を説明できる
2. 暗号化および複合化に関するアルゴリズムの事例を説明できる。

CE-CAL-8 近似アルゴリズム[2]

学習成果

1. 近似アルゴリズムの必要性を説明できる。
2. 近似アルゴリズムの例（貪欲アルゴリズムなど）を上げて説明できる。

#### CE-CAL-9 計算量とアルゴリズムの複雑性[2]

##### 学習成果

1. 計算量の概念を説明できる。
2. アルゴリズムの複雑性とは何かを説明できる。

#### CE-CAL-10 オートマトン[2]

##### 学習成果

1. 典型的なアルゴリズムを実行する最小限の機構としてオートマトンを説明できる。
2. 有限状態オートマトンによる文字列の識別のアルゴリズムを構築できる。
3. 入出力の履歴としての有限状態と記憶の違いを説明できる。

### (3) CCE-CA0 コンピュータアーキテクチャ

[62 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. コンピュータアーキテクチャと命令セットの関係
2. コンピュータを構成する各種リソース
3. 性能評価

#### CE-CA0 のコア知識ユニット

##### CE-CA0-1 コンピュータの歴史と概要[1]

##### 学習成果

1. コンピュータの歴史を説明できる。
1. 基本ブロック図を示すことができる。

##### CE-CA0-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

##### 学習成果

1. 基本ブロック図を示すことができる。
2. コンピュータアーキテクチャの意味を説明できる。
3. キーテクノロジーの歴史を説明できる。

##### CE-CA0-3 設計ツールチェーン[4]

##### 学習成果

1. 設計開発ツール全般について使用目的と併せて説明できる。

2. シミュレータの必要性和使い方について説明できる。
3. エミュレータの必要性和使い方について説明できる。

#### CE-CA0-4 命令セット[8]

##### 学習成果

1. コンピュータアーキテクチャと命令セットの関係を説明できる。
2. アセンブラ、コンパイラ、インタプリタの特性を説明できる。
3. 命令セットの特徴を活かすプログラミング戦略を説明できる。

#### CE-CA0-5 性能評価[4]

##### 学習成果

1. プロセッサの性能を評価するパラメータについて説明できる。
2. ベンチマークについて説明できる。
3. ベンチマークの結果からプロセッサの性能を評価できる。

#### CE-CA0-6 算術演算の仕組み[4]

##### 学習成果

1. 固定小数点、浮動小数点などの数値表現を説明できる。
2. 算術演算回路の仕組みを説明できる。
3. 演算回路の精度の限界とソフトウェアによるリカバリについて説明できる。

#### CE-CA0-7 プロセッサの論理構成[8]

##### 学習成果

1. 様々なプロセッサのアーキテクチャを説明できる。
2. 簡単な命令セットの設計とその命令セットを実行するプロセッサの設計ができる。

#### CE-CA0-8 メモリシステムの構成[8]

##### 学習成果

1. メモリとメモリに対する命令による動作の関係を説明できる。
2. メモリの階層構造を説明できる。
3. メモリのアクセスのロジックを説明できる。
4. メモリの階層に応じた半導体デバイスの特性を説明できる。

#### CE-CA0-9 入出力装置と入出力インタフェース[6]

##### 学習成果

1. 入出力ポートと入出力命令との関係を説明できる
2. 入出力ポートと入出力装置間の入出力インタフェースの特性を説明できる。
3. I/O サブシステムについて説明できる。

#### CE-CA0-10 I/O サブシステム[6]

##### 学習成果

1. 拡張バスについて役割や動作を説明できる。
2. 二次記憶など周辺装置のデータアクセスを説明できる。
3. 各種周辺装置のインタフェース、動作について説明できる。

#### CE-CA0-11 マルチコアとメニーコア[6]

##### 学習成果

1. 命令実行の高速化とマルチコアの関係を説明できる。
2. マルチコア間の物理的関係について説明できる。
3. マルチコアに対するプログラムの分割割り当ての関係を説明できる。

#### CE-CA0-12 分散システム[6]

##### 学習成果

1. 分散処理の必要性について説明できる。
2. 分散処理システムの粒度などを含めて事例について説明できる。

### **(4) CE-DIG デジタルデザイン**

[54 コア時間]

#### **本知識領域のスコープ**

1. 論理設計と論理ゲートの特性
2. 順序回路と状態遷移設計
3. ハードウェア記述言語
4. FPGA による順序回路の設計

#### **CE-DIG のコア知識ユニット**

##### CE-DIG-1 デジタル技術の歴史と概要[1]

##### 学習成果

1. 論理ゲートの発達の歴史を説明できる。
2. デジタル技術の応用分野の歴史を説明できる。

##### CE-DIG-2 関連するツール、標準、工学的制約[2]

##### 学習成果



1. デジタル技術で活用する数学的ツールを上げることができる。
2. 論理ゲートの物理的動作の限界を説明できる。

#### CE-DIG-3 情報の表現と演算[4]

##### 学習成果

1. デジタル化の意味や必要性を説明できる。
2. 補数の有用性を説明できる。

#### CE-DIG-4 ブール代数[4]

##### 学習成果

1. 要求された論理回路を設計する基礎としてブール代数を活用できる。

#### CE-DIG-5 論理ゲート[4]

##### 学習成果

1. 論理回路に使用する論理ゲートの回路図を示すことができる。
2. 論理ゲートの電気特性や遅延時間について説明できる。

#### CE-DIG-6 組合せ論理回路[5]

##### 学習成果

1. 組合せ論理回路の動作を説明できる。
2. 要求された組合せ論理回路を設計できる。
3. 組合せ論理回路をビルディングブロックなどで実現できる。

#### CE-DIG-7 順序回路の設計[8]

##### 学習成果

1. ラッチやフリップフロップで回路的な状態遷移を説明できる。
2. 提示された順序回路の状態遷移図を作成できる。
3. 要求された動作を行なう状態遷移図を設計でき、さらに状態遷移図から順序回路を設計できる。
4. 順序回路の同期信号による動作を説明できる。
5. 順序回路をビルディングブロックなどで実現できる。
6. 状態遷移モデルを示すことができる。
7. 実用的な状態遷移設計ができる。
8. 記憶と状態の違いを説明できる。

#### CE-DIG-8 タイミング設計[5]

##### 学習成果

1. 順序回路とクロック信号の必要性を説明できる。

2. データバスのパイプライン化について説明できる。

#### CE-DIG-9 複雑なハードウェアシステムの設計[6]

##### 学習成果

1. ある程度複雑なシステムの設計ができる。
2. 設計にあたって、設計制約と設計空間探索を行なうことができる。
3. FPGA を使ったハードウェアを説明できる。

#### CE-DIG-10\* ハードウェア記述言語とデジタルデザイン[10]

##### 学習成果

1. ハードウェア記述言語の特徴を説明できる。
2. ハードウェア記述言語でデジタルシステムを設計できる。
3. 設計したデジタルシステムの動作をシミュレーションで検証できる。

#### CE-DIG-11\* FPGA、CPLD の設計と実装 [5]

##### 学習成果

1. FPGA、CPLD の特性を説明できる。
2. FPGA、CPLD を用いてデジタルシステムを設計できる。

### (5) CE-ESY 組込みシステム

[48 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. 組込みシステムの定義と事例
2. 組込システムの要素技術
3. 組込システムと製品

#### CE-ESY のコア知識ユニット

##### CE-ESY-1 組込みシステムの歴史と概要[2]

##### 学習成果

1. 組込みシステムの歴史について開発者とともに説明できる。
2. マイクロチップと組み込みシステムの歴史を説明できる。

##### CE-ESY-2 関連するツール、標準、工学的制約[3]

##### 学習成果

1. 組込みシステムの重要性、言語ツールなどについて説明できる。
2. 統合開発環境について説明できる。

#### CE-ESY-3 組込みシステムの特性[6]

##### 学習成果

1. 計測ツール、信号レベル、通信プロトコルなどの標準を上げて、説明することができる。

#### CE-ESY-4 組込み用ソフトウェアテクニック[6]

##### 学習成果

1. 組込みシステムで使用するコンパイラ言語などを説明できる。
2. 製品の特性に合わせたソフトウェアの選択などについて説明できる。

#### CE-ESY-5 パラレル入出力[4]

##### 学習成果

1. パラレルデータの入出力プログラムを設計できる。
2. パラレル入出力ポートのハードウェア接続を設計できる。
3. ポーリング、ラウンドロビンなどの仕組みと動作を説明できる。

#### CE-ESY-6 非同期および同期シリアル通信[6]

##### 学習成果

1. シリアル通信と割り込みの関係を説明できる。
2. 非同期型シリアル通信の仕組みやステータスについて説明できる。
3. 同期型のシリアル通信の仕組みとステータスについて説明できる。

#### CE-ESY-7 周期割り込み、波形発生、時間計測[3]

##### 学習成果

1. タイマによる周期的な割り込みについて説明できる。
2. ウォッチドッグタイマによる割り込みについて説明できる。
3. 割り込みを活用したシステムの事例について説明できる。

#### CE-ESY-8 データ収集、制御、センサ、アクチュエータ[4]

##### 学習成果

1. 組み込みシステムが制御するシステムの事例について説明できる。
2. センサを用いた組み込みシステムの応用事例を説明できる。
3. アクチュエータを用いた組み込みシステムの応用事例を説明できる。
4. センサとアクチュエータを用いた簡単な組み込みシステムを設計できる。

#### CE-ESY-9 高度な組み込みシステムの設計工程[5]

学習成果

1. リアルタイム OS を用いた組み込みシステムを設計できる。
2. 状態遷移法によるソフトウェア設計ができる。

#### CE-ESY-10 低電力動作技術[3]

学習成果

1. 低電力動作の必要性とその事例を説明できる。
2. 低消費電力動作を可能にするプロセッサを選択できる。
3. 低消費電力動作を可能にした組み込みシステムの説明ができる。

#### CE-ESY-11 モバイルおよびネットワーク組み込みシステム[3]

学習成果

1. モバイルに求められる各種通信機能の仕組みを説明できる。
2. P2P やスター型など他の機器との接続に関する仕組みを説明できる。

#### CE-ESY-12 高度な入出力の問題[3]

学習成果

1. 各種入出力用バスに関する特徴を説明できる。
2. 入出力データをハンドリングするプロトコルなどについて説明できる。

#### CE-ESY-13 組み込みシステム用プラットフォーム

### (6) CE-NWK コンピュータネットワーク

[28 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. コンピュータネットワークの構造
2. インターネットとクラウド
3. IoT、エッジコンピューティング

#### CE-NWK のコア知識ユニット

##### CE-NWK-1 ネットワークの歴史と概要[1]

学習成果

1. コンピュータネットワークの発達史を説明できる。
2. インターネットの仕組みの概要を説明できる。

CE-NWK-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. 任意の相手と通信するための規格について説明できる。
2. インターネットプロトコルの概要について説明できる。

CE-NWK-3 ネットワークアーキテクチャ[4]

学習成果

1. デジタルネットワークの構成を説明できる。
2. パケット交換の基本的な仕組みを説明できる。
3. ネットワークプロトコルの意味を説明できる。

CE-NWK-4 有線通信ネットワーク[4]

学習成果

1. 有線通信の仕組みとメリットを説明できる。
2. 有線通信を実現する要素技術の概要を説明できる。
3. 有線通信によるネットワークアーキテクチャを説明できる。

CE-NWK-5 無線通信ネットワーク[3]

学習成果

1. 無線通信の仕組みとメリットを説明できる。
2. 無線通信を実現する要素技術の概要を説明できる。
3. 無線通信によるネットワークアーキテクチャを説明できる。

CE-NWK-6 ネットワークプロトコル[3]

学習成果

1. ネットワークプロトコルの必要性を説明できる。
2. ネットワークプロトコルの使い方を説明できる。
3. ネットワークプロトコルの仕組みを説明できる。

CE-NWK-7 ネットワークアプリケーション[2]

学習成果

1. ネットワークを用いたアプリケーションの事例をあげることができる。
2. ネットワークアプリケーションの事例の特徴を説明できる。

CE-NWK-8 ネットワーク管理[3]

学習成果

1. ネットワーク資源の管理を説明できる。
2. ネットワークのテストを説明できる。

CE-NWK-9\* Internet of Things (IoT) の階層構造[4]

学習成果

1. IoT の特徴を説明できる。
2. エッジからクラウドに至る IoT の構造をモデル化して説明できる。
3. IoT 空間上のデータの流れについて説明できる。
4. IoT 空間上の記憶階層について説明できる。

CE-NWK-10\* エッジコンピューティング[3]

学習成果

1. IoT 空間の内部と外側の接点となるエッジの特徴を説明できる。
2. IoT 空間の中でのデータの処理階層とローカルな処理を可能にするエッジフォグの必要性について事例をあげて説明できる。

CE-NWK-11\* ビッグデータ

学習成果

1. エッジで収集するデータの集積とその処理工程のモデルを示し、ビッグデータの扱いに関する問題点等を説明できる。
2. ビッグデータを処理する技術の例を挙げて説明できる。

CE-NWK-12 データ通信

CE-NWK-13 性能評価

CE-NWK-14 ワイヤレスセンサネットワーク

(7) CE-PPP 技術リーダー論

[20 コア時間]

**本知識領域のスコープ**

1. 技術開発およびプロジェクトを導くコンピュータ工学の専門家としての心構え
2. コンピュータの技術開発が文化や社会へ影響を及ぼす認識と責任の理解

**CE-PPP のコア知識ユニット**

CE-PPP-1 プロジェクト管理の歴史と概要[1]

学習成果

1. 技術と文化の歴史の関係を説明できる。

2. 技術が生み出す社会的問題の変遷を説明できる。

CE-PPP-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. プロジェクト管理の歴史と重要性を説明できる。

CE-PPP-3 コミュニケーションの重要性[2]

学習成果

1. プロジェクトを推進する上での意思疎通の重要性を説明できる。

2. 効果的なコミュニケーション戦略を検討することができる。

CE-PPP-4 多分野の専門家からなるチームの管理[2]

学習成果

1. 互いに異なる専門分野の複数のプロジェクトで意思統一を図る戦略を立案できる。

2. 集団の中で協力する意味と管理されることについて説明できる。

3. 集団をまとめていくための管理について説明できる。

CE-PPP-5 プロジェクトを進める上での思想と文化的問題[2]

学習成果

1. 小規模な社会集団の中にも個々の考え方や文化的背景が異なることを理解できる。

2. 各自の文化的背景の違いを前提に、チームの意思統一を図る戦略を考えられる。

CE-PPP-6 技術的解決策が社会へ与える影響[2]

学習成果

1. 技術者のアウトプットは技術的成果のみではなく、技術の成果が社会に与える影響もアウトプットになることを理解できる。

CE-PPP-7 専門家としての責任と倫理的責任[4]

学習成果

1. 技術が社会に与える影響を理解し、倫理面からの技術者の責任の重さを認識できる。

2. 社会に与えた技術的副作用としてのネガティブな影響の事例を挙げて説明できる。

CE-PPP-8 知的財産権と法的問題[2]

学習成果

1. 知的財産権の種類を説明できる。

2. 知的財産権の価値を説明できる。

3. 知的財産権が価値を発揮している事例を説明できる。

CE-PPP-9 新たな技術が生み出す問題[2]

#### 学習成果

1. 新しい技術をマーケットに投入した場合のポジティブな例を具体的に示して説明できる。
2. 新しい技術をマーケットに投入した場合のネガティブな例を具体的に示して説明できる。

#### CE-PPP-10 ビジネス上の問題とその解決策[2]

#### 学習成果

1. ビジネスを成功させる要素として、技術開発力、保守サービス力、知財化力、人材力などを列挙することができる。
2. ビジネスを成功させるためのコミュニケーション力、マネジメント力が必要であることを説明できる。

### (8) CE-SEC 情報セキュリティ

[30 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. セキュリティ上の問題点・弱点
2. サイバー犯罪
3. セキュリティ対策

#### CE-SEC のコア知識ユニット

##### CE-SEC-1 情報セキュリティの歴史と概要[1]

#### 学習成果

1. 情報セキュリティの歴史について説明できる。
2. サイバー犯罪の歴史について説明できる。

##### CE-SEC-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

#### 学習成果

1. プライバシ保護とは何かを説明できる。
2. 国際標準 ISO27001 (ISMS) とインシデントについて説明できる。
3. 情報セキュリティ用のツールをあげてその目的を説明できる。

##### CE-SEC-3 ファイアウォール[2]



学習成果

1. 情報システムをガードするファイアウォールの働きを説明できる。
2. ファイアウォールの特徴を説明できる。

CE-SEC-4 マルウェアと脆弱性[2]

学習成果

1. マルウェアの種類と具体例について説明できる。
2. 脆弱性とはどのようなものかを説明できる。
3. マルウェア検出技術と評価内容について説明できる。

CE-SEC-5 共通鍵[3]

学習成果

1. 共通鍵の仕組みを説明できる。
2. 共通鍵暗号の原理を説明できる。
3. 共通鍵のアルゴリズムについてその概要を説明できる。

CE-SEC-6 メッセージ認証[2]

学習成果

1. メッセージの必要性を説明できる。
2. 正しさを検証するためのメッセージ認証の役割を説明できる。
3. 暗号学的ハッシュ関数、それに対する攻撃などについて説明できる。

CE-SEC-7 公開鍵[3]

学習成果

1. 公開鍵暗号の必要性を説明できる。
2. 公開暗号の原理とアルゴリズムを説明できる。
3. デジタル署名と電子商取引の現状を調査し説明できる。

CE-SEC-8 電子メールセキュリティ[2]

学習成果

1. 電子メールの原理と各種攻撃について説明できる。
2. 電子メールのセキュリティ強化技術を取り上げてその内容を説明できる。

CE-SEC-9 ウェブセキュリティ[3]

学習成果

1. ウェブの転送プロトコルHTTPの仕組みを理解し、SQLインジェクションなどの各種攻撃方法の種類とその対策技術を説明できる。
2. ウェブと連携するSQLデータベースなどの構成やドメイン名システムなどのイン

ターネットの知識を広げていくことができる。

#### CE-SEC-10 フィンテック [4]

学習成果

1. 電子商取引の仕組みをオンライン決済などの観点から説明できる。
2. 電子通貨の種類、ブロックチェーンの仕組みについて説明できる。

#### CE-SEC-11 認証技術 [3]

学習成果

1. 認証技術の必要性について説明できる。
2. バイオメトリクスの仕組みについて説明できる。
3. 認証プロトコルの型式について説明できる。

#### CE-SEC-12\* プライバシ保護とセキュリティマネジメント [4]

学習成果

1. 情報セキュリティの国際規格 (ISO27001) について説明できる。
2. ISMS の立場からセキュリティとはどのようなことかを説明できる。
3. ISMS の立場から日常の行動で注意すべきことを列挙して説明できる。

### (9) CE-SGP デジタル信号処理

[30 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. アナログ信号とデジタル信号の相互変換
2. デジタル信号処理システム
3. デジタル信号処理用演算モジュール

#### CE-SGP のコア知識ユニット

##### CE-SGP-1 デジタル信号処理の歴史と概要 [2]

学習成果

1. デジタル信号処理の歴史を説明できる。

##### CE-SGP-2 関連するツール、標準、工学的制約 [3]

学習成果

1. サンプリング定理を使うことができる。

2. A/D 変換、D/A 変換回路の仕組みを説明できる。
3. 線形時不変性という制限について説明できる。

#### CE-SGP-3 伝達関数[2]

##### 学習成果

1. インパルス応答の意味と有効性を説明できる。
2. たたみ込み関数を使うことができる。
3. 伝達関数を導くことができる。

#### CE-SGP-4 各種変換技術[6]

##### 学習成果

1. フーリエ変換、ラプラス変換の意味を説明できる。
2. 離散フーリエ変換と離散時間フーリエ変換を使うことができる。
3. Z 変換の意味を理解し使うことができる。

#### CE-SGP-5 周波数の分析技術[4]

##### 学習成果

1. 周波数応答について説明できる。
2. Z 平面上の極点、零点の意味とフィルタの周波数選択性について説明できる。

#### CE-SGP-6 サンプリング定理[4]

##### 学習成果

1. サンプリング定理とナイキスト周波数を説明できる。
2. サンプリング誤差と量子化誤差を説明できる。

#### CE-SGP-7 周波数とスペクトル[5]

##### 学習成果

1. 周期信号と離散スペクトルの意味を説明できる。
2. スペクトルとフィルタの仕組みを説明できる。

#### CE-SGP-8 デジタルフィルタの設計[4]

##### 学習成果

1. FIR と IIR について説明できる。
2. 簡単なデジタルフィルタの設計ができる。

#### CE-SGP-9 ウィンドウ関数

#### CE-SGP-10 マルチメディア処理

## (10) CE-SPE プロジェクト管理&システムズ工学

[36 コア時間]

### 本知識領域のスコープ

1. コンピュータシステムのライフサイクルとシステムエンジニアリングの原則
2. システム要件
3. チームマネージメントとプロジェクト計画

### CE-SPE のコア知識ユニット

#### CE-SPE-1 プロジェクト管理の歴史と概要[1]

学習成果

1. プロジェクト管理の歴史について説明できる。

#### CE-SPE-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. プロジェクト管理の概要について説明できる。
2. PMBOK がどのようなものかを説明できる。

#### CE-SPE-3 プロジェクト管理の原則[8]

学習成果

1. 実際のプロジェクトのプロジェクト計画について説明できる。

#### CE-SPE-4 ユーザエクスペリエンス[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するユーザエクスペリエンスをレビューできる。

#### CE-SPE-5 リスク、信頼性、安全性、耐障害性[4]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するリスク、信頼性、安全性、耐障害性をレビューできる。

#### CE-SPE-6 ハードウェアとソフトウェアプロセス[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するプロセスをレビューできる。

#### CE-SPE-7 要求分析と要求抽出[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対する要求分析と要求抽出をレビューできる。

#### CE-SPE-8 システム仕様[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するシステム仕様のレビューができる。

CE-SPE-9 システムアーキテクチャ設計と評価[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するシステムアーキテクチャ設計と評価のレビューができる。

CE-SPE-10 ハードウェアとソフトウェアの並行設計[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するハードウェアとソフトウェアの並行設計をレビューできる。

CE-SPE-11 システム適格性テスト[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対するシステム統合テスト、システムテスト、システム適格性テストのレビューができる。

CE-SPE-12 保守性、持続可能性、製造性[2]

学習成果

1. プロジェクト計画に対する保守性、接続可能性、実現可能性のレビューができる。

CE-SPE-13 プロジェクト管理演習[6]

学習成果

1. 実際のプロジェクトを管理する観点で、プロジェクトの目的、課題、管理方法を説明できる。

## (11) CE-SRM システム資源管理

[20 コア時間]

### 本知識領域のスコープ

1. システム資源の定義と事例
2. システム資源の管理とオペレーティングシステム
3. リアルタイムシステム

CE-SRM のコア知識ユニット

CE-SRM-1 システム資源管理の歴史と概要[1]

学習成果

1. システム資源の種類と変遷を説明できる。
2. システム資源を管理する必要性を説明できる。

CE-SRM-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. システム資源管理の限界を説明できる。

CE-SRM-3 マルチタスクとシステム資源[5]

学習成果

1. システム資源を物理空間側と仮想空間側に分類できることを説明できる。
2. 物理空間の特性と仮想空間の特性を説明できる。
3. システム資源とタスクの関係を説明できる。
4. マルチタスクの必要性和動きについて説明できる。
5. タスクはオペレーティングシステムの管理対象であることを具体的に説明できる。

CE-SRM-4 リアルタイム OS の仕組みと機能[2]

学習成果

1. オペレーティングシステム (OS) の役割を説明できる。
2. リアルタイム OS (RTOS) の役割を説明できる。
3. OS、RTOS のシステムコールを使用して、プログラムを設計できる。

CE-SRM-5 様々な OS の特性[6]

学習成果

1. PC の OS を説明できる。
2. モバイル端末用 OS を説明できる。
3. ネットワーク用 OS を説明できる。

CE-SRM-6 リアルタイムシステムと RTOS[3]

学習成果

1. リアルタイムシステムの設計に RTOS を活用することができる。

CE-SRM-7 モバイルデバイス用オペレーティングシステム[2]

学習成果

1. モバイルデバイスの資源を管理するオペレーティングシステムの特徴を説明できる。

## (12) CE-SWD ソフトウェア工学

[50 コア時間]

### 本知識領域のスコープ

1. ソフトウェアのパラダイムシフト
2. 標準ライブラリ関数
3. オープンソース

### CE-SWD のコア知識ユニット

#### CE-SWD-1 ソフトウェアの歴史と概要[1]

##### 学習成果

1. ソフトウェアの概念、設計方法、範囲などの歴史について説明できる。

#### CE-SWD-2 関連するツール、標準、工学的制約[2]

##### 学習成果

1. ソフトウェアの開発ツール、保守ツール、シミュレーションツールなどツールの概要を説明できる。

#### CE-SWD-3 プログラミング構造とパラダイム[8]

##### 学習成果

1. ソフトウェアの開発工程について説明できる。
2. プログラムの構造について説明できる。
3. モジュール構造について説明できる。

#### CE-SWD-4 問題解決戦略[2]

##### 学習成果

1. 問題解決に向けた課題の洗い出しができる。
2. 問題解決のゴールを設計できる。
3. 問題解決に向けたプロセスを設計できる。

#### CE-SWD-5 データ構造[3]

##### 学習成果

1. 扱う対象のデータを分析して構造を明らかにすることができる。
2. データ構造を可視化できる。
3. データ構造を扱うプログラム構造を設計できる。

CE-SWD-6 再帰[3]

学習成果

1. 再帰的プログラムの動作を説明できる。
2. 再帰的プログラムを設計できる。
3. 再帰的プログラムを実行させる場合の注意事項を説明できる。

CE-SWD-7 オブジェクト指向設計[5]

学習成果

1. オブジェクト指向設計の概要を説明できる。
2. 要求モデル、静的モデル、動的モデルを説明できる。

CE-SWD-8 ソフトウェアのテストと品質[4]

学習成果

1. ソフトウェアのテスト、検証、妥当性について説明できる。
2. これらの簡単なモデルを設計できる。

CE-SWD-9 データモデリング[3]

学習成果

1. データモデリングの意味を説明できる。
2. データモデルの概念設計、論理設計、物理設計に関する説明と簡単な設計ができる。

CE-SWD-10 データベースシステム[3]

学習成果

1. データベースマネジメントシステムを活用できる。
2. データベースを設計できる。

CE-SWD-11 イベント駆動および並行プログラミング[4]

学習成果

1. イベント駆動型システムの動作を説明できる。
2. 並行プログラミングとイベントの関係を説明できる。

CE-SWD-12\* ユニバーサルモデリング言語[5]

学習成果

1. UML の歴史を説明できる。
2. UML を用いた設計ができる。

CE-SWD-13\* アジャイル開発[4]

学習成果



1. アジャイル開発の利点を説明できる。
2. アジャイルとスパイラルの関係を説明できる。

CE-SWD-14\* モデルベース開発[3]

学習成果

1. モデルベース開発の利点を説明できる。
2. モデルの設計ができる。
3. 簡単な制御モデルの設計ができる。

CE-SWD-15 API の設計

### (13) CE-JIV\* イノベーションとベンチャー論

[18 コア時間]

#### 本知識領域のスコープ

1. イノベーション
2. 企業経営
3. 起業

#### CE-JIV のコア知識ユニット

CE-JIV-1 イノベーションに関する歴史と概要 [1]

学習成果

1. イノベーションの意味と歴史を説明できる。

CE-SWD-2 関連するツール、標準、工学的制約[1]

学習成果

1. 企業経営とイノベーションの重要性を説明できる。
2. イノベーションと破壊的創造の違いを説明できる。

CE-JIV-3 資本主義経済の仕組みと特性[2]

学習成果

1. 資本主義経済の特性を説明できる。
2. 資源が有限であることが資本主義経済を特徴付けることを説明できる。

CE-JIV-4 企業の目的と企業価値[2]

学習成果

1. 有限な資源を前提にマーケットの特性を説明できる。
2. 有限な資源を前提にした企業活動を説明できる。
3. マーケットの創造と拡大

#### CE-JIV-5 企業の生産活動とマーケット[2]

##### 学習成果

1. 企業活動とマーケットの関係を説明できる。
2. マーケットの競争力とイノベーションの関係を説明できる。

#### CE-JIV-6 イノベーションの推進とイノベータ理論[2]

##### 学習成果

1. イノベーションは新製品やサービスあるいは画期的な製品を市場に送り出すだけでは起きないことを説明できる。
2. イノベーションを起こすにはマーケットのキャズムを乗り越える戦略が必要であることを説明できる。

#### CE-JIV-7 知的財産権[2]

##### 学習成果

1. イノベーションを起こす要素として知的財産の獲得があるが、十分条件ではないことを説明できる。
2. 知的財産を活用する筋道を説明できる。

#### CE-JIV-8 企業経営と経営資本[2]

##### 学習成果

1. 企業経営とはどのようなことかを説明できる。
2. 企業経営と経営資本の活用を説明できる。
3. 企業経営と経営資本の増大による企業の価値向上を説明できる。

#### CE-JIV-9 起業に向けて[4]

##### 学習成果

1. 起業とはどのようなことかを説明できる。
2. 起業のプロセスを説明できる。
3. 起業のリスクについて説明できる。

## 6. ACM/IEEE-CS への報告

4 章、5 章で述べた本カリキュラム標準 J17-CE は、ACM、IEEE-CS による Computer Engineering Curricula をベースにし、さらに J07-CE を参考に策定することとした。さら

に、日本の国内の各大学のコンピュータエンジニアリング系専門科目の教育内容とレベルの傾向なども参考にし、さらに日本を含めた世界的な産業動向を踏まえることとした。

J17-CE の策定に際しての検討内容については、英文としてまとめたうえで、ACM および IEEE-CS など、今回の策定で参考とした資料の発行元団体等にも報告する。また、CE2004 と CE2016 の違い、J07-CE と J17-CE の違いに関しては 3 章を参照のこと。

## 7. おわりに

本概要では、記述形式、知識項目等の概説を行った。さらに、本カリキュラムを活用した科目の設計例についても付録として提示した。しかし、ここまでは提案ベースであり、本カリキュラムを活用してどれだけの成果につながるかということに注視していく必要がある。

カリキュラムを実施する上で、授業の形態が重要である。情報技術を活用した授業形態、さらには反転授業や PBL など多様化が進んでいる。こうした環境の変化を活かす試みも次のカリキュラム策定に関しては重要な事項である。また、AI や IoT あるいはデータサイエンスなどのイノベーティブな取り組みが進んでいる一方で、自動運転やロボットなどの応用分野の拡大も激しくなっている。こうした変化を考えると、学部から大学院まで一貫させてカリキュラムのマイナーチェンジをしつつ、次の大改訂に向けて準備を重ねていきたい。

付録

ここではCE-CAEの回路とエレクトロニクスを活用した科目のシラバス作成例を示す。

1. 科目名「回路の基礎」のシラバス

表 A-4 に回路の基礎のシラバスを示す。J17-CE では教える内容ではなく、教えること  
によって学生が得られるアウトカムを示している。従って、シラバスを作成する側はこの  
アウトカムを実現するためのインスタンスを示すことになる。

表 A-4 J17-CE 領域カリキュラムを活用した「回路の基礎」のシラバス作成例 1/2

授業科目名	<b>回路の基礎</b>	
単位数	2	
セメスタ	3	
目的	コンピュータや各種電気電子機器のハードウェアを構成する回路の基礎を修得することを目的とする。回路素子の電気的特性(電圧-電流特性)を理解し、素子間に成り立つ電気法則を回路解析に応用することを学ぶ。ダイオードやトランジスタ(バイポーラトランジスタ, MOSFET)を用いたアナログ回路の動作理解を目的とする。	
概要	電子機器のハードウェアの基礎として回路の基礎知識を習得する。回路を構成する基本素子について理解し、回路解析について学習する。トランジスタを用いた増幅回路の動作について理解する。	
目標	1. 回路を構成する基本素子(抵抗, キャパシタ(コンデンサ), インダクタ(コイル), 電源)の電気的特性と動作を理解する。 2. 電子回路を構成する基本素子(ダイオード, トランジスタ)の動作を理解する。 3. 電気法則を用いた基本的な電気回路の解析法について理解する。 4. バイポーラトランジスタ及びMOSトランジスタを用いた増幅回路の動作を理解する。 5. 電子デバイスで用いられる半導体について理解する。	
先修科目	特になし	
関連科目	エレクトロニクス	
授業方法	講義及び演習	
評価方法	評価方法は、講義内容についての学力考査80%及び演習20%とする。評価基準は、目標1~目標5について各20%の比率とする。	
授業回数	授業内容	演習 対応ユニット
1	<b>【電気電子回路の基本】</b> 回路を構成する素子全般について、役割を素子の歴史とともに概説する。電流量及び直流と交流について説明する。電圧と電流が互いに独立であり、その直交座標系をV-I平面とよぶこと。さらに、V-I平面上で各種回路素子を定義できることを説明する。理想電源(電圧源, 電流源)の扱いについて説明する。 <b>【学習の目標】</b> 電気電子回路の基本量(電荷, 電圧, 電流, 電力, エネルギー)に関する基礎知識を修得 理想直流電圧源および電流源の特性について理解 理想交流電圧源および電流源の特性について理解	CE-CAE-1 CE-CAE-2
2	<b>【回路素子と特性】</b> キルヒホッフの法則をベースに、電気回路を構成する抵抗, キャパシタ(コンデンサ), インダクタ(コイル)の電圧-電流特性について説明する。オームの法則はV-I平面上での抵抗の特性を表すことや交流回路におけるインピーダンスについて説明する。 <b>【学習の目標】</b> 電気法則(オームの法則, キルヒホッフの法則)について理解 抵抗, キャパシタ, インダクタの素子端子間の電圧-電流の特性や関係式について理解 複素正弦波表現を用いた素子のインピーダンスやアドミタンスについて理解	CE-CAE-2
3	<b>【回路法則】</b> 重ね合わせの原理, テブナンの定理, ノートンの定理, 等価回路について説明する。 <b>【学習の目標】</b> 電圧と電流に関する重ね合わせの原理を理解 テブナンの定理を理解し, テブナンの等価回路を求められる。 ノートンの定理を理解し, ノートンの等価回路を求められる。	CE-CAE-3
4	<b>【直流回路の基礎 (抵抗回路)】</b> 抵抗の直列接続と並列接続について説明する。簡単な直流回路の解析について説明する。 <b>【学習の目標】</b> 直列抵抗及び並列抵抗の合成抵抗が求められる。 簡単な直流抵抗回路が解析できる。 分圧, 分流について理解する。	○ CE-CAE-3

表 A-4 J17-CE 領域カリキュラムを活用した「回路の基礎」のシラバス作成例 2/2

授業回数	授業内容	演習	対応ユニット
5	【直流回路】 直並列接続の抵抗回路やキャパシタ、インダクタを含む回路の解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 複雑な接続の抵抗回路の合成抵抗が求められる。 キャパシタの直流特性をもとにキャパシタを含む直流回路が解析できる。 インダクタの直流特性をもとにインダクタを含む直流回路が解析できる。	○	
6	【交流回路の基礎】 抵抗、キャパシタ、インダクタの正弦波応答について説明する。特に角周波数の意味と使い方を十分に説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 電圧及び電流のフェーザ表示について理解する。 キャパシタやインダクタのインピーダンス及びアドミタンスについて理解する。 等価インピーダンスについて理解する。		
7	【交流回路1 RC回路】 RC回路の定常回路解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】		
8	【交流回路2 RL回路】 RL回路の定常回路解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 RL直列交流回路の動作を理解し、解析ができる。 RL並列交流回路の動作を理解し、解析ができる。		
9	【交流回路3 RLC回路】 RLC回路の定常回路解析について説明する。	○	CE-CAE-4
	【学習の目標】 RLC直列交流回路の動作を理解し、解析ができる。 RLC並列交流回路の動作を理解し、解析ができる。 共振回路の動作を理解し、解析ができる。		
10	【半導体と電子デバイス】 n型半導体、p型半導体について説明する。半導体を用いた電子デバイス全般について説明する。	○	CE-CAE-4、 CE-CAE-5
	【学習の目標】		
11	【ダイオードの動作とダイオード回路】 pn接合について説明する。ダイオードの電圧-電流非線形特性について説明する。ダイオードを用いた回路の動作、整流作用等について説明する。	○	CE-CAE-5
	【学習の目標】 pn接合と順方向及び逆方向の電圧-電流特性について理解する。 ダイオードの静特性及び動特性について理解する。 ダイオードを用いた整流回路や基本回路の動作を理解する。		
12	【トランジスタの構造及び動作】 半導体で構成されるバイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ(FET)、MOSFETの構造、動作原理及び特性について説明する。トランジスタの役割について述べる。	○	CE-CAE-5
	【学習の目標】 バイポーラトランジスタの構造と動作について理解する。 バイポーラトランジスタの端子間の電気特性と動作点について理解する。 FET及びMOSFETの構造と動作について理解する。 MOSFETの端子間の電気特性と動作点について理解する。		
13	【トランジスタの小信号等価回路】 バイポーラトランジスタ及びMOSFETの小信号等価回路について説明する。	○	CE-CAE-5
	【学習の目標】 バイポーラトランジスタのhパラメータについて理解し、小信号等価回路のパラメータと特性の関係を理解する。 MOSFETの相互コンダクタンスについて理解し、小信号等価回路のパラメータと特性の関係を理解する。		
14	【バイポーラトランジスタを用いた増幅回路】 バイポーラトランジスタを用いた増幅回路の動作解析について説明する。バイアス回路について説明する。	○	CE-CAE-6
	【学習の目標】 トランジスタの温度特性とバイアス回路の役目について理解する。 バイアス回路の構成法と動作について理解する。 バイポーラトランジスタの小信号等価回路を用いた増幅回路の解析について理解する。		
15	【MOSFETを用いた増幅回路】 MOSFETを用いた増幅回路の動作解析について説明する。	○	CE-CAE-6
	【学習の目標】 MOSFETの小信号等価回路を用いた増幅回路の解析について理解する。増幅度、利得、入出力インピーダンスを求められる。		
16	学力考査		
教科書・ 参考書 備考	特に指定しない		

## 2. 科目名「エレクトロニクス」のシラバス

この科目は前述した回路の基礎と併用することを前提としている。そのため先修科目と関連科目に両者の名称がでていることに注意されたい。

表 A-5 J17-CE領域カリキュラムを活用した「エレクトロニクス」シラバスの作成例 1/2

授業科目名		エレクトロニクス	
単位数		2	
セメスタ		4	
目的		コンピュータや各種電気電子機器のハードウェアを構成する電子回路の基礎を修得することを主な目的とする。MOSFETの電気的特性を理解し、回路のスウィッチング動作及び過渡現象について学ぶ。トランジスタを用いたオペアンプ回路とフィルタの動作を理解し、応用できることを目的とする。	
概要		電子機器のハードウェアの基礎として論理回路の基礎知識を習得する。論理回路を構成する基本素子について学習する。演算増幅を行うオペアンプの動作について理解する。回路の定常応答と過渡応答について学習する。	
目標		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 論理回路を構成するMOSFETの電気的特性とスウィッチング動作を理解する。</li> <li>2. MOSFETのゲート回路の動作を理解する。</li> <li>3. 記憶素子及びメモリについて理解する。</li> <li>4. オペアンプを用いた演算増幅について動作を理解する。</li> <li>5. 回路の過渡現象の解析法について理解する。</li> </ol>	
先修科目		回路の基礎	
関連科目		特になし	
授業方法		講義及び演習	
評価方法		評価方法は、講義内容についての学力考査80%及び演習20%とする。評価基準は、目標1～目標5について各20%の比率とする。	
授業回数		授業内容	演習 対応ユニット
1	<b>【MOSFET】</b> nMOS, pMOS及びCMOSTランジスタについて概要を説明する。各種MOSFETの構造と特性、スウィッチング動作について説明する。 <b>【学習の目標】</b> トランジスタのスウィッチング動作について理解する。 MOSFETの構造とスウィッチング動作の原理及びその特性について理解する。		CE-CAE-6
2	<b>【論理ゲート回路】</b> MOSFETのゲート回路動作について説明する。ゲート回路を用いた論理回路について説明する。 <b>【学習の目標】</b> MOSFETのゲート回路の動作について理解する。 ゲート回路を用いた論理回路とその動作について理解する。		CE-CAE-6
3	<b>【MOS論理ゲート】</b> nMOS論理ゲート回路、pMOS論理ゲート回路の特性、動作について説明する。 <b>【学習の目標】</b> nMOS論理ゲート回路の動作及び特性について理解する。 pMOS論理ゲート回路の動作及び特性について理解する。		CE-CAE-6
4	<b>【CMOS論理ゲート】</b> CMOS論理ゲート回路の特性、動作について説明する。 <b>【学習の目標】</b>		CE-CAE-6
5	<b>【記憶素子】</b> ラッチ、フリップフロップ、レジスタの動作について説明する。 <b>【学習の目標】</b> 記憶素子の種類と役割について理解する。 ラッチ、フリップフロップ、レジスタの構造及びそれらの動作について理解する。		CE-CAE-7
6	<b>【メモリ】</b> SRAM, DRAM, ROMの動作について説明する。 <b>【学習の目標】</b> メモリの種類と役割について理解する。 SRAM, DRAM, ROMの構造及びそれらの動作について理解する。		CE-CAE-7 CE-CAE-8
7	<b>【回路インタフェース】</b> 種々の論理素子の入出力特性及び素子間、回路間の信号伝送について説明する。 <b>【学習の目標】</b> 種々の論理素子の入出力の特性について理解する。 種々の論理素子を接続する際のインタフェースについて理解する。		CE-CAE-8
8	<b>【オペアンプの基礎】</b> 理想オペアンプモデルを用いたオペアンプの動作について説明する。オペアンプを用いた基本増幅回路について説明する。 <b>【学習の目標】</b> 理想オペアンプの特性とモデルについて理解する。 理想オペアンプを用いた反転増幅回路及び正相増幅回路の構成法及びそれらの動作について理解する。	○	CE-CAE-9

表 A-5 J17-CE 領域カリキュラムを活用した「エレクトロニクス」シラバスの作成例 2/2

授業回数	授業内容	演習	対応ユニット
9	【オペアンプの応用回路】 オペアンプを用いた応用回路について説明する。	○	CE-CAE-9 CE-CAE-10
	【学習の目標】 オペアンプの種々の応用回路について理解する。 加算回路の構成法と動作について理解する。 減算回路の構成法と動作について理解する。 積分回路の構成法と動作について理解する。		
10	【A/D D/A変換回路】 サンプリング定理の原理と応用を簡単に説明し、それをもとにA/D、D/A変換回路の基礎、変換特性及び基本回路について説明する。	○	CE-CAE-10
	【学習の目標】 サンプリング定理の原理と応用について理解する。 A/D変換回路の変換特性及び基本回路の動作について理解する。 D/A変換回路の変換特性及び基本回路の動作について理解する。		
11	【フィルタ1】 波形の周波数成分について説明する。周波数選択性フィルタとは何かを説明する。低域通過型フィルタによって一定の周波数以下の成分を抑えることで、A/Dが可能となることなどを説明する。	○	CE-CAE-11*
	【学習の目標】 波形の周波数成分について理解する。 周波数成分を選択したり、除去するフィルタの動作原理について理解する。 各種フィルタの役割について理解する。		
12	【フィルタ2】 オペアンプを用いたフィルタの動作について説明する。	○	CE-JCE-11*
	【学習の目標】 オペアンプの周波数特性について理解する。 オペアンプを用いたアナログフィルタの構成法及びその動作について理解する。		
13	【キャパシタ(コンデンサ)及びインダクタ(コイル)の過渡応答】 キャパシタ及びインダクタの過渡応答について説明する。回路基板の配線などは容量性や誘導性のリアクタンス成分をもつため、パルス波形や高周波数信号を使用する場合は注意が必要であることなどを説明する。	○	CE-CAE-12*
	【学習の目標】 キャパシタやインダクタを含む回路の過渡応答について理解する。 高周波数回路におけるキャパシタによる容量性リアクタンスやインダクタによる誘導性リアクタンスについて理解する。		
14	【回路の過渡現象1】 スイッチを含むRC回路やRL回路の過渡現象について説明する。回路方程式を用いた解析法について説明する。	○	CE-CAE-12*
	【学習の目標】 スイッチを含むRC回路の過渡現象の解析法について理解する。 スイッチを含むRL回路の過渡現象の解析法について理解する。		
15	【回路の過渡現象2】 定常状態から他の定常状態へ変化する過渡現象について説明する。回路方程式を用いた解析法について説明する。	○	CE-CAE-12*
	【学習の目標】 RC回路における定常状態への過渡応答について理解する。 RL回路における定常状態への過渡応答について理解する。		
16	学力審査		
教科書・参考書備考	特に指定しない		

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

SE



情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

SE

目次

1. はじめに	1
2. J07-SE以降の状況	1
3. 旧版からの主な変更点	3
4. J17-SEの全体像	3
5. J17-SEの知識項目と科目	6
6. ACM/IEEE-CSへの報告	13
7. おわりに	13
付録1 J17-SEの知識項目	14
付録2 J17-SEの情報科学基礎科目(抜粋)	31
付録3 J17-SEのSE科目(抜粋)	35

WG構成

主査	井上 克郎(阪大)
副主査	鷺崎 弘宜(早大)
アドバイザー	鶴林 尚靖(九大)
幹事	沢田 篤史(南山大), 松下 誠(阪大)

委員

青木 利晃(北陸先端大), 大久保 隆夫(情報セキュリティ大), 大平 雅雄(和歌山大)  
菊地 奈穂美(沖電気工業), 白銀 純子(東京女子大), 高田 眞吾(慶応大)  
新田 直也(甲南大), 野田 夏子(芝浦工大), 長谷川 勇(スクウェア・エニックス)  
伏田 享平(NTT DATA), 道浦 康貴(JAMSS), 横川 智教(岡山県立大)

## 1. はじめに

J17-SE は、情報専門学科カリキュラム標準 J17 におけるソフトウェアエンジニアリング領域のカリキュラムモデルである。これは情報処理学会ソフトウェアエンジニアリング教育委員会において、2007 年度に策定を行った J07-SE をもとにして策定したものである。

本概要では、J07-SE 策定以降のソフトウェアエンジニアリング教育を取り巻く状況とともに J17-SE カリキュラムモデルについて述べ、今後の取り組みを概説する。

## 2. J07-SE 以降の状況

改めて述べるまでもなく、企業や政府ならびに地方公共団体といった日本を支える主要な組織における情報システム（エンタープライズ系システム）や、ソフトウェアが高度に組み込まれた製品（組込み系システム）などの普及によって、ソフトウェアは今日の社会になくしてはならない存在となっている。我々の生活も企業の活動も、ソフトウェアを利用せずに行うことは不可能となってきている。しかしその一方で、ソフトウェアに起因するシステム障害や製品リコールなど、数多くの問題が起きているのも事実である。特に最近では、銀行間取引システムのような重要な社会インフラや、人命に関わる製品にも及んでいる。

これらのソフトウェアに起因した問題の原因については様々な議論があるが、質の高い人材を生み出すためのシステムが依然機能していないことが一因であろう。我が国のソフトウェアの多くは、きちんとソフトウェアエンジニアリング（以降 SE）を学んでおらず、また企業でも十分な体系的教育を受けていない技術者によって作りだされている。

ソフトウェア工学の専門技術者の育成を目的として、世界的には欧米を中心に一定数の大学でソフトウェア工学専門の学科が設置されているが、我が国には従来ソフトウェア工学を専門とする学科が存在せず、従ってカリキュラム標準 J07-SE を、全面的に大学のカリキュラム開発へと適用する機会は存在しなかった。そのような中、2009 年 4 月に南山大学において我が国で初めて、学部・学科再編の過程においてソフトウェア工学を専門に体系的に扱うソフトウェア工学科が設置された。そのソフトウェア工学科のカリキュラム開発においては、J07-SE、および、J07-SE の元となっているカリキュラム標準 SE2004 が参照モデルとして採用している。

前述の通り、J07-SE 開発終了後、SE2004 の後継にあたるカリキュラム標準 SE2014 が米国で 2015 年 2 月に制定された。SE2014 は SE2004 の文書構造をおおむね引き継ぐ一方、10 年間に起きた SE 分野の広がり並びに変化を反映するために、内容の改変が行われている。さらに、SE2014 ではソフトウェアの要求ならびにセキュリティに関する内容をより明示的

にし、内容の充実が図られているが、これらは SE に対して外部から求められている視点であると言えよう。

情報処理学会ソフトウェアエンジニアリング教育委員会においては、このような流れを受けて、2016 年より J07-SE の改定作業として J17-SE に関する調査ならびに議論を行ってきた。具体的にはまず、現在の標準である SE2014 の構成を把握し、J07-SE 策定時の標準である CCSE2004 と SE2014 で述べられている SEEK (Software Engineering Education Knowledge) 内各項目の差異について精細な調査を行い、それに基づいて J17-SE で定める知識項目に関して検討を行った。J17-SE は、前身である J07-SE の構成を基本とすることによって変更内容の明確化を行うこととし、最近の標準である SE2014 を参照した上で、カリキュラム標準を再設計することによって制定することとした。

### 3. 旧版からの主な変更点

J07-SE と J17-SE では、元となったカリキュラム標準である SE2004 と SE2014 との違いが大きいため、まず SE2004 と SE2014 の違いについて述べる。

#### 3.1. SE2004 と SE2014 の相違点

SE2004 ならび SE2014 ではソフトウェア工学教育に関する項目を SEEK として定めており、概念の上位から順に Knowledge Areas, Units, Topics という 3 階層で構成される。SE2014 では、最上位の Knowledge Areas レベルにおいて SE2004 と比べ主に以下の変更が行われている。

- (1) EVO (Software Evolution) が削除された。ただし、ここに含まれている多くの Units 以下については、他の場所で再定義されているため (PRO. evo; Evolution processes and activities など)、概念として削除されたわけではない。
- (2) MGT (Software Management) も削除された。ただし、プロジェクトの計画やソフトウェア構成管理といった、この Knowledge Area に含まれる Units のいくつかは、他の場所で再定義されている。
- (3) SEC (Security) が新設された。セキュリティは情報、システム並びにネットワークを保護するために必要な知識であり、それと直行する考え方として、ソフトウェア開発サイクル中のすべての要素においてどのように保護するかを考慮する知識でもある。
- (4) REQ (Requirements analysis and specification) が新設された。要求自体は、ユーザ、顧客、その他のステークホルダといった実社会からの需要を表現するものであり、

ステークホルダの需要を引き出して分析を加え、望まれるシステム振る舞いや品質に関する適切な記述を作成するものである。

このほか SE2004 と SE2014 では、Units, Topics 単位で見ていった場合、いくつかの項目が消滅、ないし統廃合されている点、並びに、Topics 単位での細かい修正等が行われている。

### 3.2. J07-SE と J17-SE の相違点

J17-SE は、上記 SE2004 と SE2014 の相違点を J07-SE に取り込むことによって策定することとした。そのため、J07-SE と J17-SE の相違点は SE2004 と SE2014 の相違点に由来している。具体的な違いは以下の通りである。

- (1) J17-SE の知識項目を整理するにあたり、SE2014 で新設された SEC (Security) を主に扱うことを目的として「セキュアソフトウェア開発概論」という科目を 1 つ追加し、知識項目の整理の際に用いている。
- (2) J07-SE の知識項目は、存在するものに関してはすべて SE2014 で定められた項目で置き換えられ、J17-SE の知識項目とした。従って、知識項目の ID が J07-SE と J17-SE で同一であっても、その ID が指し示す内容が異なる場合、ないし、軽微な変更が行われている場合がある。なお、原則として J07-SE で扱われている科目の内容は、連続性を担保するために変更していないが、SE2014 での変更を取り込むために科目単位での割り当てや構成を変更して整合性を担保した部分がある。
- (3) J17-SE の各科目間にある依存関係を整理し、極力科目間の依存関係を持たせないようにした。
- (4) SAS 科目の内容を更新し、最新のトピックを許容するようにした。

## 4. J17-SE の全体像

### 4.1. ミニマムセットのカリキュラムモデル

J17-SE は、大学などの高等教育機関の情報専門学科における SE 教育のためのカリキュラムモデルである。まず、カリキュラムそのものではない点に注意が必要である。本カリキュラムモデルは、カリキュラムを開発するために最低限必要な知識項目、それらを教えるコア科目、演習やインターンシップの仕様、学科やコースの特色を出すための SAS 科目 (System and Application Specialties: システム応用・特化型科目) 科目の例から構成

される。学科やコースにおいてソフトウェアエンジニアリングのカリキュラムを開発するためには、本カリキュラムモデルを基にして、知識項目の把握、コア科目の理解、演習やインターンシップの実装、SAS 科目の選択や開発などの策定などを行うことが必要となる。

次に、J17-SE は SE の学科やコースにおけるミニマムセットである点に注意が必要である。本カリキュラムモデルは、日本の大学が置かれている競争的環境を踏まえ、学科やコースの特色を出す余裕を持たせるために、最低限必要な知識項目に絞ってコア科目を列挙している。そのため、学科やコースの特色を反映した科目を追加しなくてはならない。例として、エンタープライズ系システム向け SE カリキュラムや組込みシステム向け SE カリキュラム、Web システム向け SE カリキュラムなどの適用ドメイン的な特色を反映した学科やコース、要求開発やアーキテクチャ設計、実装、検証と妥当性確認、マネジメントなど技術的な特色を反映した学科やコースなどが考えられる。J17-SE では、カリキュラム開発者のために SAS 科目として、学科やコースの特色を反映させるための追加科目を例示している。また特色を出しやすいように、演習などについては内容の詳細に踏み込まず、仕様を提示するに留めている。

また真に実践的で充実した教育を行うためには、学部教育に許された時間数では少ないと言わざるを得ない。大学院との連携教育が可能な学科やコースは、ミニマムセットである J17-SE を拡張することで大学院修士課程も含めた 6 年間のカリキュラムモデルを構築するとよい。

#### 4.2. コンセプト

SE は、その名の通り「エンジニアリング」である。エンジニアリング教育には、主に 2 つの特性が求められる。一つは“実践的”であり、もう一つは“骨太”である。従来から大学で行われている情報系の教育は、その出自や理念などにより、理論的なものが多いと言われている。しかし産業界からは、開発現場であり役に立たないという批判も多い。そこで J17-SE は、産業界のニーズに応えるために従来の基礎一辺倒のカリキュラムから、実践的内容にも踏み込んだカリキュラムモデルを指向することとした。まず、プログラミング言語の習得に留まらず、開発の全体像である要求開発から検証と妥当性確認、保守、プロセスやマネジメントといった開発ライフサイクルを網羅するカリキュラムモデルとなっている。次に、理論の理解に留まらず、開発の目的である品質・生産性・コストといった要因を重視するカリキュラムモデルとなっている。また、個人に閉じた作業に留まらず、開発に必要なマネジメントやコミュニケーション、チームダイナミクスなどを学び実践するカリキュラムモデルとなっている。さらに、開発者のモチベーションや、不具合につながる開発者のヒューマンエラーといった心理的側面も取り扱っている。

一方で J17-SE は、SE の技術進化の速さを鑑みるに近視眼的な技術訓練では不十分であると考え、骨太なカリキュラムモデルを指向した。特に開発現場寄りの産業界からは、すぐに現場で使える技術を求められることもある。しかし、SE において重要なのは技術の使い方よりも“ものの考え方”そのものである。そこで、モデル化を習得することで「捉える力」や「考える力」、「表現する力」などを、検証と妥当性確認やプロセス改善を習得することで「問題発見能力」や「問題解決能力」などを、プロセスやマネジメントを習得することで「段取り力」や「調整力」などを涵養することを指向した。またソフトウェアに留まらない一般的な工学原則も学ぶこととした。これによって、技術を単に理解するだけでなく、臨機応変に応用でき中長期的に付加価値を生み続けられる技術者の育成が期待できる。

J17-SE の特徴は、こうした内容を PBL (Project Based Learning) のみに担わせるべきではないと意図している点にある。PBL はその性格上、基本概念や技術を習得する際に、PBL で採用した開発やマネジメントのスタイルに基づく一面的な理解になりかねない。そこで J17-SE では、講義においてさまざまな基本概念や技術を提示することで、PBL が採用するスタイル以外のさまざまな開発やマネジメントのスタイルの特徴を多面的に深く理解することを指向した。

#### 4.3. カリキュラムモデルの構造

J17-SE は、講義科目と実習科目、SAS 科目から構成される。講義科目はさらに、情報科学基礎科目と SE 科目に分けられる。情報科学基礎科目とは、論理と計算理論、離散数学、オペレーティングシステム基礎・データベース基礎といった SE の基礎となる科目である。SE 科目とは、ソフトウェア構築やソフトウェア設計、検証と妥当性確認、開発マネジメントといった SE 技術を扱う科目である。

実習科目は、プログラミング基礎実習、プログラミング応用実習、ソフトウェア開発実習から構成される。プログラミング基礎実習では、概略設計内容に対する個人でのプログラム開発と単体・統合テストを行う。プログラミング応用実習では、要求仕様に対する個人ないしグループでのアーキテクチャ設計、ソフトウェア設計、プログラム開発、単体・統合・システムテストを行う。ソフトウェア開発実習では、システムへの要望に対するグループでのシステム開発とプロジェクトマネジメントを行う。エンタープライズ系や組込み系など学科やコースの特色に合わせて、かなり具体的なシステムを想定した実習となる。

SAS (System and Application Specialties) 科目は、学科やコースの特色を反映させるための追加科目である。J17-SE では、システムのドメイン、システムの特性、システムの構造、開発技術による SAS 科目を例示している。ただし科目名の提示に留め、詳細は学科

やコースで定める必要がある。

## 5. J17-SE の知識項目と科目

### 5.1. 知識項目

カリキュラムモデルにまず必要となるのは、教えるべき知識項目の整理である。SE 分野には SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) などいくつかの知識項目が定義されているが、J17-SE では、SE2014 を参照し科目として取り扱いやすい単位として再体系化を行っている。表 1 に知識項目の第 2 カテゴリまでを示す。付録 1 に J17-SE の知識項目を示す。知識項目の ID は SE2014 と一致させている。

表 1 J17-SE の知識項目 (第 2 カテゴリまで)

コンピュータとソフトウェアの基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
DES		ソフトウェア設計
	DES.str	設計のパラダイム
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.tm	モデルの種類
確率統計		
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.ef	ソフトウェアのための工学基礎
	FND.mf	数理基礎
離散数学		
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.mf	数理基礎
プログラミング基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
	CMP.ct	構築技術
	CMP.tl	構築のためのツール
論理と計算理論		
FND		数理基礎・工学基礎

	FND.mf	数理基礎
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
ネットワーク基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
SEC		セキュリティ
	SEC.net	コンピュータとネットワークのセキュリティ
	SEC.sfd	セキュリティ基礎
工学基礎		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.ef	ソフトウェアのための工学基礎
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af	モデルの分析の基礎
PRF		プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr	プロフェッショナルリズム
REQ		要求の分析と仕様
ソフトウェア構築		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.tl	構築のためのツール
DES		ソフトウェア設計
	DES.con	設計に用いられる概念
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af	モデルの分析の基礎
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.con	プロセスの基礎
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.rev	レビューと静的解析
モデル化と要求開発		



MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.md	モデリングの基礎
	MAA.tm	モデルの種類
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.pp	プロジェクトの計画
REQ		要求の分析と仕様
	REQ.er	要求の獲得
	REQ.rfd	要求分析の基礎
	REQ.rsd	要求の仕様化と文書化
	REQ.rv	要求の評価
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.tst	テスト
ソフトウェアアーキテクチャ		
DES		ソフトウェア設計
	DES.ar	アーキテクチャ設計
	DES.con	設計に用いられる概念
	DES.ev	設計の評価
	DES.str	設計のパラダイム
ソフトウェア設計		
DES		ソフトウェア設計
	DES.con	設計に用いられる概念
	DES.dd	詳細設計
	DES.str	設計のパラダイム
検証と妥当性確認		
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.fnd	V&V の用語と基礎
	VAV.par	不具合の分析と報告
	VAV.rev	レビューと静的解析
	VAV.tst	テスト
形式手法		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.ct	構築技術

DES		ソフトウェア設計
	DES.dd	詳細設計
	DES.ev	設計の評価
MAA		ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af	モデルの分析の基礎
	MAA.md	モデリングの基礎
	MAA.tm	モデルの種類
REQ		要求の分析と仕様
	REQ.rv	要求の評価
VAV		検証と妥当性確認
	VAV.rev	レビューと静的解析
ソフトウェアプロセスと品質		
FND		数理基礎・工学基礎
	FND.ec	ソフトウェアのためのエンジニアリングエコノミクス
PRF		プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr	プロフェッショナリズム
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.cm	ソフトウェア構成管理
	PRO.con	プロセスの基礎
	PRO.evo	進化のプロセスと活動
	PRO.imp	プロセスの実装
	PRO.pp	プロジェクトの計画
QUA		ソフトウェア品質
	QUA.cc	ソフトウェア品質の概念と文化
	QUA.pca	プロセスの保証
	QUA.pda	プロダクトの保証
ヒューマンファクター		
CMP		コンピュータ基礎
	CMP.cf	コンピュータ科学基礎
DES		ソフトウェア設計
	DES.hci	ヒューマン・コンピュータ・インタフェース (HCI) 設計
開発マネジメント		

DES		ソフトウェア設計
	DES.ar	アーキテクチャ設計
PRF		プロフェッショナルプラクティス
	PRF.com	(SE に特化した) コミュニケーションスキル
	PRF.pr	プロフェッショナリズム
	PRF.psy	グループダイナミクスと心理学
PRO		ソフトウェア開発プロセス
	PRO.con	プロセスの基礎
	PRO.imp	プロセスの実装
	PRO.pp	プロジェクトの計画
QUA		ソフトウェア品質
	QUA.pca	プロセスの保証
セキュアソフトウェア開発概論		
SEC		セキュリティ
	SEC.dev	安全なソフトウェアの開発

## 5.2. 情報科学基礎科目

J17-SE では前述した知識項目を基に、8つの情報科学基礎科目を提示した。表2に情報科学基礎科目の一覧を示す。また付録2に情報科学基礎科目シラバスの一部を示す（シラバス全体は資料に掲載している）。なお確率統計については教養系で実施する講義を想定しているが、各種SE技術の背景・基礎という観点で習得の必要な内容をカリキュラムモデルに含めて策定した。プログラミング基礎については、学科やコースの特色に応じたプログラミング言語を対象として科目を開発すべきである。本カリキュラムモデルでは、例としてC言語を用いた科目を提示している。

表2 J17-SE の情報科学基礎科目の一覧

コンピュータとソフトウェアの基礎
確率統計
離散数学
プログラミング基礎
論理と計算理論
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎
ネットワーク基礎

### 5.3. SE 科目

J17-SE では前述した知識項目を基に、10 の SE 科目を提示した。表 3 に SE 科目の一覧を示す（シラバス全体は資料に掲載している）。また付録 3 に SE 科目シラバスの一部を示す。

表 3 J17-SE の SE 科目の一覧

ソフトウェア構築
モデル化と要求開発
ソフトウェアアーキテクチャ
ソフトウェア設計
検証と妥当性確認
形式手法
ソフトウェアプロセスと品質
ヒューマンファクター
開発マネジメント
セキュアソフトウェア開発概論

### 5.4. 実習科目

J17-SE では、4 つの実習科目を提示した。表 4 に実習科目の一覧を示す（シラバス全体は資料に掲載している）。ソフトウェア開発実習については、例としてエンタープライズ系と組込み系の 2 種を示す。

表 4 J17-SE の実習科目

プログラミング基礎実習
プログラミング応用実習
エンタープライズ開発実習
組込みソフトウェア開発実習

### 5.5. SAS 科目

J17-SE では SAS 科目の例を提示した。SAS 科目の例は、システムのドメイン、システム  
の特性、システムの構造、開発技術などに分類している。ただし J17-SE では各 SAS 科目の

内容は定めていない。表 5 に SAS 科目の例の一覧を示す。

表 5 J17-SE の SAS 科目の例の一覧

システムのドメインによる SAS 科目
Web システム (ネットワーク中心・Web システム)
企業情報システム・ERP (情報システムとデータ処理)
金融・電子商取引システム
物流・小売システム
通信・ネットワークシステム
エンターテインメントシステム (ゲーム・CG・音声)
ユビキタスシステム (モバイルシステム)
航空・車システム
工業プロセス制御システム
生命医学システム (バイオメディカルシステム)
科学技術計算システム
XR 利活用システム (AR・VR・MR)
システムの特性による SAS 科目
高信頼性・高可用性システム/組込み(ディペンダブルシステム)
高信頼性・高可用性システム/エンタープライズ(ディペンダブルシステム)
高セキュリティ情報システム
高安全性組込みシステム
システムの構造による SAS 科目
ハードウェア制御・リアルタイムシステム (組込み・リアルタイムシステム)
トランザクションシステム
制御モデル開発
経営情報システム
レガシーシステムとプロダクトライン
OSS によるシステム開発
エージェント・人工知能システム
IoT・サイバーフィジカルシステム
クラウド・モバイルシステム
開発技術による SAS 科目

ソフトウェア構築・応用
モデル化と要求開発・応用
ソフトウェアアーキテクチャ・応用
ソフトウェア設計・応用
検証と妥当性確認・応用
形式手法・応用
ソフトウェアプロセスと品質・応用
ヒューマンファクター・応用
開発マネジメント・応用
アジャイル・DevOps・応用

## 6. ACM/IEEE-CS への報告

4章および5章で述べた本カリキュラム標準 J17-SE の策定にあたっては、ACM、IEEE-CS によるカリキュラム標準である SE2014、前身となったカリキュラム標準である J07-SE、また日本国内の情報専門科目の状況や、ソフトウェア工学の専門技術の現状を踏まえて行った。

J17-SE 策定にあたっての検討内容は、英文でまとめたうえで、ACM、IEEE-CS など参照したカリキュラム標準を策定した団体等にも報告する。具体的には、SE2004 と SE2014 の違い、ならびに、我々が策定した J07-SE と J17-SE の違いなど、主に3章の内容について報告を行う。

## 7. おわりに

本概要では、ソフトウェアエンジニアリングを取り巻く状況、J17-SE カリキュラムモデルの全体像、知識項目および科目の概説を行った。今後の取り組みとしては、J17-SE を基にしたカリキュラム例の策定、複数の大学や大学院の SE カリキュラムの比較が考えられる。多面的な開発やマネジメントのスタイルを理解できるような PBL の例を提示することも必要だろう。また産業界や学会からの意見を募り、さらに実践的かつ骨太なカリキュラムを目指して改善していくとともに、大学院修士課程を含む6年でのカリキュラムモデルの検討も視野に入れたい。

付録1 J17-SE の知識項目

コンピュータとソフトウェアの基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.1	プログラミング基礎（制御とデータ、型付け、再帰）
		CMP.cf.2	アルゴリズムとデータ構造、データ表現（静的・動的）、複雑性
		CMP.cf.5	コンピュータの構造
		CMP.cf.8	プログラミング言語の基礎
		CMP.cf.9	オペレーティングシステムの基礎
		CMP.cf.11	ネットワークプロトコル
DES			ソフトウェア設計
	DES.str		設計のパラダイム
		DES.str.1	機能指向による設計
		DES.str.2	オブジェクト指向による設計
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.tm		モデルの種類
		MAA.tm.5	エンタープライズシステムのモデリング（ビジネスプロセス、組織、ゴール、ワークフローなど）
		MAA.tm.6	組込みシステムのモデリング（リアルタイムスケジューリング分析、外部インタフェース分析など）
確率統計			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.ef		ソフトウェアのための工学基礎
		FND.ef.2	統計解析（検定と推定、回帰分析、相関など）
	FND.mf		数理基礎
		FND.mf.6	離散確率
		FND.mf.9	数値誤差と精度

離散数学			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.mf		数理基礎
		FND.mf.4	数え上げ基礎
		FND.mf.5	グラフとツリー
		FND.mf.10	数論
プログラミング基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.1	プログラミング基礎（制御とデータ、型付け、再帰）
		CMP.cf.2	アルゴリズムとデータ構造、データ表現（静的・動的）、複雑性
		CMP.cf.4	抽象化（カプセル化や階層化など）
	CMP.ct		構築技術
		CMP.ct.2	コードの再利用とライブラリ
		<b>CMP.ct.4</b>	パラメータ化と汎化
		CMP.ct.5	アサーション、契約による設計(DbC)、防御的プログラミング
		CMP.ct.6	エラーハンドリング、例外処理、フォールトトレラント
	CMP.tl		構築のためのツール
		CMP.tl.1	開発環境
		CMP.tl.2	GUI 構築ツール
		CMP.tl.3	単体テストツール
		CMP.tl.4	プロファイリング・パフォーマンス分析のツール
論理と計算理論			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.mf		数理基礎
		FND.mf.1	関数、関係、集合
		FND.mf.2	論理学基礎（命題、述語）



		FND.mf.3	証明技法
		FND.mf.7	有限状態機械と正規表現
		FND.mf.8	文法
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.9	オペレーティングシステムの基礎
		CMP.cf.10	データベースの基礎
ネットワーク基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.11	ネットワークプロトコル
SEC			セキュリティ
	SEC.net		コンピュータとネットワークのセキュリティ
		SEC.net.1	ネットワークセキュリティの脅威と攻撃
		SEC.net.2	ネットワークセキュリティのための暗号理論の使用
		SEC.net.3	保護と防衛のメカニズムとツール
	SEC.sfd		セキュリティ基礎
		SEC.sfd.1	情報の保証の概念（秘匿、完全性、可用性）
		SEC.sfd.2	脅威の起源（自然、意図的、事故など）
		SEC.sfd.3	暗号化、デジタル署名、メッセージの認証、ハッシュ関数
		SEC.sfd.4	暗号プロトコル（アプリケーション、長所、短所）
		SEC.sfd.5	非技術的なセキュリティ問題（ソーシャルエンジニアリングなど）
工学基礎			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.3	問題解決技法
FND			数理基礎・工学基礎

	FND.ef		ソフトウェアのための工学基礎
		FND.ef.1	統計的技法と実験的技法（CPU やメモリの利用に対する測定法）
		FND.ef.2	統計解析（検定と推定、回帰分析、相関など）
		FND.ef.3	測定とメトリクス
		FND.ef.4	システム特性（セキュリティ、安全性、パフォーマンス、スケーラビリティ、機能競合など）
		FND.ef.5	工学的設計の基本概念（問題の定式化、別解、フィージビリティスタディなど）
		FND.ef.6	測定の理論（意味のある測定の基準など）
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af		モデルの分析の基礎
		MAA.af.1	まとまりの分析（完全性、一貫性、ロバスト性など）
		MAA.af.2	正当性の分析（静的解析、シミュレーション、モデルチェックなど）
		MAA.af.3	依存性の分析（フォールトモード分析、フォールトツリー解析など）
PRF			プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr		プロフェッショナルリズム
		PRF.pr.2	倫理綱領とプロフェッショナルとしての行動
REQ			要求の分析と仕様
	REQ.rfd		要求分析の基礎
		REQ.rfd.5	品質特性（非機能特性）の分析（安全性、セキュリティ、ユーザビリティ、性能など）
		REQ.rfd.8	トレーサビリティ
		REQ.rfd.9	優先順位付け、トレードオフ分析、要求のためのリスク分析および影響解析
ソフトウェア構築			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.ct		構築技術
		CMP.ct.1	API の設計と利用

		CMP.ct.2	コードの再利用とライブラリ
		CMP.ct.3	オブジェクト指向パラダイムにおける実行時のトピック（ポリモルフィズム、ダイナミックバインディングなど）
		CMP.ct.4	パラメータ化と汎化
		CMP.ct.5	アサーション、契約による設計(DbC)、防御的プログラミング
		CMP.ct.6	エラーハンドリング、例外処理、フォールトトレラント
		CMP.ct.7	状態ベースおよびテーブル駆動の構築技法
		CMP.ct.8	実行時コンフィグレーションと国際化
		CMP.ct.9	文法ベースの入力処理（パース処理）
		CMP.ct.10	並列処理の基本要素（セマフォ、モニターなど）
		CMP.ct.11	分散ソフトウェアのための構築技術（クラウド、モバイルコンピューティングなど）
		CMP.ct.12	ハードウェアとソフトウェアシステムの構築
		CMP.ct.13	ホットスポット分析とパフォーマンスチューニング
	CMP.tl		構築のためのツール
		CMP.tl.1	開発環境
		CMP.tl.2	GUI 構築ツール
		CMP.tl.3	単体テストツール
		CMP.tl.4	プロファイリング・パフォーマンス分析のツール
DES			ソフトウェア設計
	DES.con		設計に用いられる概念
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af		モデルの分析の基礎
		MAA.af.2	正当性の分析（静的解析、シミュレーション、モデルチェックなど）
PRO			ソフトウェア開発プロセス

	PRO.con		プロセスの基礎
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.rev		レビューと静的解析
		VAV.rev.3	静的解析（欠陥検出、形式仕様に対する検査など）
モデル化と要求開発			
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.md		モデリングの基礎
		MAA.md.1	モデリングの原則（分解、抽象化、汎化、投影 / ビュー、形式的アプローチの利用など）
	MAA.tm		モデルの種類
		MAA.tm.1	情報やデータのモデリング（ERD、クラス図など）
		MAA.tm.2	振る舞いのモデリング（状態遷移図、ユースケース分析、インタラクション図、FMEA、FTA など）
		MAA.tm.3	アーキテクチャのモデリング（アーキテクチャパターン、コンポーネント図など）
		MAA.tm.4	ドメインのモデリング（ドメインエンジニアリング・アプローチなど）
		MAA.tm.5	エンタープライズシステムのモデリング（ビジネスプロセス、組織、ゴール、ワークフローなど）
		MAA.tm.6	組み込みシステムのモデリング（リアルタイムスケジュール分析、インタフェースプロトコルなど）
PRO			ソフトウェア開発プロセス
	PRO.pp		プロジェクトの計画
		PRO.pp.1	要求のマネジメント（プロダクトのバックログ、優先順位、依存関係、変更など）
REQ			要求の分析と仕様
	REQ.er		要求の獲得

		REQ.er.1	要求を獲得する対象（ステークホルダ、ドメインエキスパート、操作環境や組織環境など）
		REQ.er.2	要求獲得の技法（インタビュー、アンケート/調査、プロトタイピング、ユースケース、観察、参加型技法など）
	REQ.rfd		要求分析の基礎
		REQ.rfd.1	要求という概念の定義（プロダクト、プロジェクト、制約、システムの境界、システムの外部、システムの内部など）
		<b>REQ.rfd.2</b>	要求分析のプロセス
		REQ.rfd.3	要求のレベル/階層（ニーズ、ゴール、ユーザ要求、システム要求、ソフトウェア要求など）
		REQ.rfd.4	要求が備えるべき特性（検証可能性、非曖昧性、一貫性、正当性、トレーサビリティ、優先度など）
		REQ.rfd.5	品質特性（非機能特性）の分析（安全性、セキュリティ、ユーザビリティ、性能など）
		REQ.rfd.6	システムエンジニアリングにおけるソフトウェア要求
		REQ.rfd.7	要求の進化
		REQ.rfd.8	トレーサビリティ
		REQ.rfd.9	優先順位付け、トレードオフ分析、要求のためのリスク分析および影響解析
		REQ.rfd.10	要求のマネジメント（一貫性管理、リリースの計画、再利用など）
		REQ.rfd.11	要求とアーキテクチャの競合
	REQ.rsd		要求の仕様化と文書化
		REQ.rsd.1	要求の文書化の基礎（種類、読み手、構造、品質、属性、標準など）
		REQ.rsd.2	ソフトウェア要求の仕様化技術（計画による要求の文書化、ディビジョンテーブル、ユーザストーリー、振る舞いの仕様）
	REQ.rv		要求の評価

		REQ.rv.1	レビューとインスペクション
		REQ.rv.2	要求の評価のためのプロトタイピング（累積型プロトタイピング）
		REQ.rv.3	受け入れテストの設計
		REQ.rv.4	品質特性の評価
		REQ.rv.5	要求競合のための分析（機能競合など）
		REQ.rv.6	形式言語による分析/モデル検査
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.tst		テスト
		VAV.tst.8	システムテストと受け入れテスト
ソフトウェアアーキテクチャ			
DES			ソフトウェア設計
	DES.ar		アーキテクチャ設計
		DES.ar.1	アーキテクチャスタイル（パイプアンドフィルタ、レイヤード、トランザクション中心、ピアツーピア、publish/subscribe、イベント駆動、クライアントサーバなど）
		DES.ar.2	アーキテクチャで考慮すべき様々な特性間のトレードオフ
		DES.ar.3	ソフトウェアアーキテクチャで考慮すべきハードウェア
		DES.ar.4	アーキテクチャにおける要求のトレーサビリティ
		<b>DES.ar.5</b>	サービス中心のアーキテクチャ
		DES.ar.6	ネットワーク、モバイル、組込みシステムのアーキテクチャ
	DES.con		設計に用いられる概念
		DES.con.1	設計という概念の定義
		DES.con.2	基本的な設計の考慮事項（データの永続性、ストレージマネジメント、例外など）
		DES.con.3	複数のソフトウェア開発ライフサイクルにおける設計の関係
		DES.con.4	設計の原則（情報隠蔽、凝集度と結合度）

		DES.con.5	設計と要求との競合
		DES.con.6	品質特性の設計（信頼性、ユーザビリティ、性能、テスト容易性、フォールトトレラント性）
		DES.con.7	設計におけるトレードオフ
	DES.ev		設計の評価
		DES.ev.1	設計上の特性（結合度、凝集度、情報隠蔽、関心事の分離など）
		DES.ev.2	設計のメトリックス
		DES.ev.3	フォーマルメソッドによる設計の分析
	DES.str		設計のパラダイム
		DES.str.1	機能指向による設計
		DES.str.2	オブジェクト指向による設計
		DES.str.3	データ構造を中心とした設計
		DES.str.4	アスペクト指向による設計
ソフトウェア設計			
DES			ソフトウェア設計
	DES.con		設計に用いられる概念
		DES.con.1	設計という概念の定義
		DES.con.2	基本的な設計の考慮事項（データの永続性、ストレージマネジメント、例外など）
		DES.con.3	複数のソフトウェア開発ライフサイクルにおける設計の関係
		DES.con.4	設計の原則（情報隠蔽、凝集度と結合度）
	DES.dd		詳細設計
		DES.dd.1	デザインパターン
		DES.dd.2	データベースデザイン
		DES.dd.3	ネットワークとモバイルシステムのデザイン
		DES.dd.4	設計の記法（クラス図とオブジェクト図、UML、状態遷移図、形式仕様など）
	DES.str		設計のパラダイム
		DES.str.1	機能指向による設計
		DES.str.2	オブジェクト指向による設計

		DES.str.3	データ構造を中心とした設計
検証と妥当性確認			
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.fnd		V&V の用語と基礎
		VAV.fnd.1	V&V の目的と制約
		VAV.fnd.2	V&V の計画
		VAV.fnd.3	V&V の戦略のドキュメント化（テストなど）
		VAV.fnd.4	メトリクスと測定（信頼性、ユーザビリティ、性能など）
		VAV.fnd.5	V&V に関連する活動
	VAV.par		不具合の分析と報告
		VAV.par.1	不具合報告書の分析
		VAV.par.2	デバッグ/不具合切り分けの技法
		VAV.par.3	欠陥分析
		VAV.par.4	不具合の追跡
	VAV.rev		レビューと静的解析
		VAV.rev.1	個人レビュー（デザイン、コードなど）
		VAV.rev.2	ピアレビュー（インスペクション、ウォークスルーなど）
		VAV.rev.3	静的解析（欠陥検出、形式仕様に対する検査など）
	VAV.tst		テスト
		VAV.tst.1	単体テストとテスト駆動開発
		VAV.tst.2	例外のハンドリング（境界条件と範囲条件のテスト）
		VAV.tst.3	カバレッジ分析と構造ベースのテスト
		VAV.tst.4	ブラックボックスの技法
		VAV.tst.5	結合テスト
		VAV.tst.6	ユースケースや顧客シナリオによるテストケースの設計
		VAV.tst.7	操作プロファイルによるテスト
		VAV.tst.8	システムテストと受け入れテスト



		VAV.tst.9	品質特性に関連するテスト（ユーザビリティ、セキュリティ、互換性、アクセシビリティなど）
		VAV.tst.10	回帰テスト
		VAV.tst.11	テストツールと自動化
		VAV.tst.12	ユーザインタフェースのテスト
		VAV.tst.13	ユーザビリティテスト
		VAV.tst.14	性能テスト
形式手法			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.ct		構築技術
		CMP.ct.5	アサーション、契約による設計(DbC)、防御的プログラミング
DES			ソフトウェア設計
	DES.dd		詳細設計
		DES.dd.4	設計の記法（クラス図とオブジェクト図、UML、状態遷移図、形式仕様など）
	DES.ev		設計の評価
		DES.ev.3	フォーマルメソッドによる設計の分析
MAA			ソフトウェアのモデリングと分析
	MAA.af		モデルの分析の基礎
		MAA.af.1	まとまりの分析（完全性、一貫性、ロバスト性など）
		MAA.af.2	正当性の分析（静的解析、シミュレーション、モデルチェッキングなど）
		MAA.af.4	フォーマルメソッドによる分析（定理証明など）
	MAA.md		モデリングの基礎
		MAA.md.1	モデリングの原則（分解、抽象化、汎化、投影 / ビュー、形式的アプローチの利用など）
		MAA.md.2	事前条件、事後条件、不変表明
		MAA.md.3	数理モデルと形式記述の紹介

	MAA.tm		モデルの種類
		MAA.tm.1	情報やデータのモデリング（ERD、クラス図など）
		MAA.tm.2	振る舞いのモデリング（構造化分析、状態遷移図、ユースケース分析、インタラクション図、FMEA、FTA など）
REQ			要求の分析と仕様
	REQ.rv		要求の評価
		REQ.rv.6	形式言語による分析/モデル検査
VAV			検証と妥当性確認
	VAV.rev		レビューと静的解析
		VAV.rev.3	静的解析（欠陥検出、形式仕様に対する検査など）
ソフトウェアプロセスと品質			
FND			数理基礎・工学基礎
	FND.ec		ソフトウェアのためのエンジニアリングエコノミクス
		FND.ec.1	ソフトウェアライフサイクルを通じた価値の考慮
		FND.ec.2	費用対効果の評価（利益実現、トレードオフ分析、コスト分析、ROI 分析など）
PRF			プロフェッショナルプラクティス
	PRF.pr		プロフェッショナルリズム
		PRF.pr.7	雇用形態・雇用契約
PRO			ソフトウェア開発プロセス
	PRO.cm		ソフトウェア構成管理
		PRO.cm.1	リビジョン管理
		PRO.cm.2	リリース管理
		PRO.cm.3	支援ツール
		PRO.cm.4	ビルド
		PRO.cm.5	構成管理のプロセス
		PRO.cm.6	保守に関する考慮事項

		PRO.cm.7	分散環境とバックアップ
	PRO.con		プロセスの基礎
		PRO.con.1	プロセスの概念と用語
		PRO.con.2	プロセスのインフラストラクチャ（開発者、ツール、教育など）
		PRO.con.3	プロセスのモデリングと仕様化
		PRO.con.4	プロセスの測定と分析
		PRO.con.5	プロセスの改善（個人、チーム、組織の改善）
		PRO.con.6	品質の分析とコントロール（プロセスと経験を改善するための、欠陥予防、レビュー、品質特性、致命的欠陥の根本原因分析など）
		PRO.con.7	システムエンジニアリングのライフサイクルモデル
	PRO.evo		進化のプロセスと活動
		PRO.evo.1	進化や保守の基礎
		PRO.evo.2	レガシーシステムの扱い
		PRO.evo.3	リファクタリング
	PRO.imp		プロセスの実装
		PRO.imp.1	プロセス定義のレベル（組織、プロジェクト、チーム、個人など）
		PRO.imp.2	ライフサイクルモデルの特性（計画ベース、インクリメンタル、繰り返し、アジャイルなど）
		PRO.imp.3	個人によるソフトウェアプロセス（モデル、定義、測定、分析、改善）
		PRO.imp.4	チームによるソフトウェアプロセス（モデル、定義、組織、測定、分析、改善）
		PRO.imp.5	システムエンジニアリングにおけるプロセスの実装
		PRO.imp.6	プロセスのテーラリング
		PRO.imp.7	プロセスの外的要因の影響（契約と法的要求、標準、調達など）
	PRO.pp		プロジェクトの計画

		PRO.pp.6	プロジェクト追跡のためのメトリクスと技術 (データの取得、速度、バーンダウンチャート、欠陥追跡、技術的負債のマネジメント)
QUA			ソフトウェア品質
	QUA.cc		ソフトウェア品質の概念と文化
		QUA.cc.1	品質という概念の定義
		QUA.cc.2	品質に対する社会の関わり方
		QUA.cc.3	低い品質によって発生するコストと影響
		QUA.cc.4	品質モデルのコスト
		QUA.cc.5	ソフトウェアの品質特性 (信頼性、ユーザビリティ、安全性など)
		<b>QUA.cc.6</b>	人、プロセス、技法、ツール、技術の役割
	QUA.pca		プロセスの保証
		QUA.pca.1	プロセス保証の起源
		QUA.pca.2	品質計画
		QUA.pca.3	プロセス保証技術
	QUA.pda		プロダクトの保証
		QUA.pda.1	プロダクト保証の起源
		QUA.pda.2	保証と V&V の違い
		QUA.pda.3	プロダクト品質モデル
		QUA.pda.4	根本原因分析と欠陥予防
		QUA.pda.5	プロダクト品質のメトリクスと測定
		QUA.pda.6	品質特性のアセスメント (ユーザビリティ、信頼性、アベイラビリティなど)
ヒューマンファクター			
CMP			コンピュータ基礎
	CMP.cf		コンピュータ科学基礎
		CMP.cf.6	ヒューマンファクターの基礎 (ユーザ側: 入出力、エラーメッセージ、障害対応)
		CMP.cf.7	ヒューマンファクターの基礎 (開発者側: コメント、構造、可読性)
DES			ソフトウェア設計

	DES.hci		ヒューマン・コンピュータ・インタフェース (HCI) 設計
		DES.hci.1	一般的な HCI 設計の原則
		DES.hci.2	モードやナビゲーションの使用
		DES.hci.3	コード化の技法とビジュアルデザイン (色、アイコン、フォントなど)
		DES.hci.4	応答時間とフィードバック
		DES.hci.5	デザインのリテラシー (直接操作、メニュー駆動、フォーム、問題回答型、コマンドなど)
		DES.hci.6	ローカライゼーションと国際化
		DES.hci.7	HCI 設計の技法
		DES.hci.8	インタフェースのリテラシー (音声と自然言語、音楽/映像、触感など)
		DES.hci.9	メタファとコンセプトモデル
		DES.hci.10	HCI の心理学
開発マネジメント			
DES			ソフトウェア設計
	DES.ar		アーキテクチャ設計
		DES.ar.7	プロダクトのアーキテクチャと開発組織および市場の構造との関係
PRF			プロフェッショナルプラクティス
	PRF.com		(SE に特化した) コミュニケーションスキル
		PRF.com.1	読解、理解、要約 (ソースコードやドキュメントなど)
			記述 (職務記述書、報告書、評価報告書、理由書など)
		PRF.com.2	チームとグループのコミュニケーション (口頭、文書、電子メールなど)
		PRF.com.4	プレゼンテーションスキル
	PRF.pr		プロフェッショナリズム
		PRF.pr.1	アクレディテーション、資格認定、免許制度
		PRF.pr.2	倫理綱領とプロフェッショナルとしての行動

		PRF.pr.3	社会的、法的、歴史的小よびプロフェッショナルとしての考慮事項
		PRF.pr.4	プロフェッショナル・ソサエティ（学会や協会、コミュニティなど）の起源と役割
		PRF.pr.5	標準の起源と役割
		PRF.pr.6	ソフトウェアの経済的重要性
		PRF.pr.7	雇用形態・雇用契約
	PRF.psy		グループダイナミクスと心理学
		PRF.psy.1	チームやグループでの作業の際のダイナミクス
		PRF.psy.2	個人の認知（制限など）
		PRF.psy.3	認知的問題の複雑性
		PRF.psy.4	ステークホルダとの対話
		PRF.psy.5	不確実性と曖昧性の取り扱い
		PRF.psy.6	多国籍・多文化環境の取り扱い
PRO			ソフトウェア開発プロセス
	PRO.con		プロセスの基礎
		PRO.con.2	プロセスのインフラストラクチャ（開発者、ツール、教育など）
	PRO.imp		プロセスの実装
		PRO.imp.1	プロセス定義のレベル（組織、プロジェクト、チーム、個人など）
		PRO.imp.2	ライフサイクルモデルの特性（計画ベース、インクリメンタル、繰り返し、アジャイルなど）
		PRO.imp.4	チームによるソフトウェアプロセス（モデル、定義、組織、測定、分析、改善）
		PRO.imp.5	システムエンジニアリングにおけるプロセスの実装
		PRO.imp.7	プロセスの外的要因の影響（契約と法的要求、標準、調達など）
	PRO.pp		プロジェクトの計画
		PRO.pp.1	要求のマネジメント（プロダクトのバックログ、優先順位、依存関係、変更など）

		PRO.pp.2	工数の見積り（過去データの利用、コンセンサスに基づく見積もり技術など）
		PRO.pp.3	作業の細分化とタスクスケジューリング
		PRO.pp.4	リソースの割り当て
		PRO.pp.5	リスクマネジメント（識別、緩和、修復、状況のトラッキングなど）
		PRO.pp.6	プロジェクト追跡のためのメトリクスと技術（データの取得、速度、バーンダウンチャート、欠陥追跡、技術的負債のマネジメントなど）
		PRO.pp.7	チームの自己管理（進捗追跡、動的負荷割り当て、緊急事態への反応など）
QUA			ソフトウェア品質
	QUA.pca		プロセスの保証
		QUA.pca.2	品質計画
セキュアソフトウェア開発概論			
SEC			セキュリティ
	SEC.dev		安全なソフトウェアの開発
		SEC.dev.1	セキュリティを組み込んだソフトウェア開発ライフサイクル
		SEC.dev.2	要件分析と仕様のセキュリティ
		SEC.dev.3	セキュアデザインの原則とパターン
		SEC.dev.4	安全なソフトウェア開発の技術
		SEC.dev.5	セキュリティに関連した検証と妥当性確認

付録2 J17-SE の情報科学基礎科目（抜粋）

授業科目名	<b>コンピュータとソフトウェアの基礎</b>		
単位数	2		
開設学期	1 年生前期		
目的	コンピュータの構成と動作原理やシステムの基本的な概念、さらに、コンピュータ上で動作するソフトウェアおよびその開発技術の概念と意義について理解することを目的とする。		
概要	コンピュータの概念、基本構造、データのメモリ上での表現、アセンブリ言語の構成、メモリシステム、入出力インターフェースといった一連のコンピュータの構成とシステムの基本的な概念、ならびにソフトウェア開発の全体像を学ぶ。		
目標	コンピュータの構成と動作原理、システムの基本的な概念、ソフトウェアおよびその開発技術の基本的な概念を習得する。		
先修科目			
関連科目			
授業方法			
評価方法・基準			
授業回数	授業展開	トピック	学習目標
1	SE コースを概説し、工学的アプローチについて述べる。また本講義の概要と目的および進め方について説明する（※講義 0.3h）。	コースの全体説明 工学的アプローチについて	
2	コンピュータの概念と基本的な構造を説明する	コンピュータの構成、バイトとビット、アドレス	CMP.cf.5
		メモリ、CPU、I/O	CMP.cf.5
		ノイマン型コンピュータの仕組み	CMP.cf.5



3	コンピュータの命令語の構成と種類、割り込みについて説明する	アセンブリ言語の命令の構成、基本的な命令の種類、割り込み	CMP.cf.5
4	2進数とN進数、数の計算機上での表現、各種文字コード、データの表現方法について説明する	2進数の演算、N進数、2進数と8進数、10進数、16進数の相互変換	CMP.cf.5
		BCD、EBCDIC、ASCII、漢字コード	CMP.cf.5
		計算機上での各種データの表現	CMP.cf.5
5	メモリ階層について紹介し、仮想記憶方式とキャッシュの仕組みについて説明する	仮想記憶方式の仕組み	CMP.cf.5
		キャッシュの仕組み	CMP.cf.5
6	入出力、割込み、インタフェース、ネットワーク技術とネットワーク階層について説明する	入出力、割込み、インタフェース	CMP.cf.5
		ネットワーク技術、ネットワーク階層	CMP.cf.11
7	プログラムの概念と定義、特長、言語処理系、各種のプログラム言語について説明する	プログラムの概念と定義、利点	CMP.cf.1
		コンパイラ、インタプリタ	CMP.cf.9
		手続き型、オブジェクト指向型、関数型、論理型など各種プログラム言語	CMP.cf.8
8	プログラムの基本となる制御構造、アルゴリズムの記法、構造化プログラムについて説明する	順接、選択、繰り返し	CMP.cf.1
		アルゴリズムとその記法	CMP.cf.2

9	構造化プログラム、プログラムとソフトウェアについて説明する	構造化プログラムの概念と利点、モジュール特性とメトリクス	CMP.cf.5
		プログラムとソフトウェアの共通点と差異	CMP.cf.5
10	ソフトウェア工学の背景、定義、成果について説明する	ソフトウェア工学の背景(歴史的経緯、実例、工学の必要性)	
		ソフトウェア工学の定義(プロダクト、プロセス、ピープル、プロジェクト、QCD)	
11	ソフトウェア開発プロセスとプロセスモデルについて説明する	プロダクトの要求、分析、設計、構築、V&V、保守・再利用	
		ソフトウェアライフサイクルプロセス、プロセスモデル	
12	開発プロジェクトとプロジェクト管理、要員、ソフトウェア品質、コスト、納期について説明する	プロジェクト	
		ピープル(人間系)	
		品質・コスト・納期(QCD)	
13	システムエンジニアリングと各種システムについて説明する	システムとは、システムの概念と利点、システムの分類	
		情報システムとコンピュータシステムの違い	
		システムとハードウェアとソフトウェアの関わり	

		組み込みシステムの紹介	
		企業情報システムの紹介	
14	重要事項のまとめ		
15	期末試験		
教科書・参考書	ロジャー・プレスマン: 実践ソフトウェアエンジニアリング, 日科技連, 2005. エリック・プロディ: ソフトウェアエンジニアリング, 翔泳社, 2004		
備考			

付録3 J17-SE の SE 科目 (抜粋)

授業科目名	<b>ソフトウェア構築</b>		
単位数	2		
開設学期			
目的	ソフトウェアを構築するにあたり必要とされる過程を理解し、構築の際に用いられる技術について学習することを目的とする。		
概要	ソフトウェアの構築とは何を行うことかを習得する。ソフトウェアを構築するに当たり、必要とされる過程とその重要性、および構築のための要素技術を習得する。		
目標	作成されるソフトウェアの設計内容が与えられた際、自分で、あるいは多人数で共同してソフトウェアを構築する能力を身につける。ソフトウェアを構築する他の作業者に、ソフトウェアを構築するために必要な作業が何かを指示し管理する能力を身につける。		
先修科目			
関連科目	ソフトウェア設計とHCI, 開発プロセスと保守, ソフトウェア開発マネジメント, ソフトウェアアーキテクチャ		
授業方法	講義		
評価方法・基準	期末試験の成績により決定する。		
授業回数	授業展開	トピック	学習目標
1	授業の概要と目的および進め方について説明する。		
	ソフトウェア開発の全体的な流れについて説明する。また、その流れの中でソフトウェア構築がどのような位置づけであるか説明する。	プロセスの基礎	PRO.con

	ソフトウェア開発の要素としてどのような作業があるかを理解する.	プロセスの基礎	PRO.con
2	ソフトウェア開発の全体的な流れの中で、ソフトウェア構築がどのような位置づけであるか、ソフトウェア設計との関連から説明する.	設計に用いられる概念	DES.con
3	ソフトウェア構築における開発環境の役割について説明する.	開発環境	CMP.tl.1
		開発環境の認識	CMP.tl.1
4	ソフトウェア設計時に用いるプログラミング言語としてオブジェクト指向言語を取り上げ、その特徴について説明する.	プログラミング言語基礎	CMP.cf.8
		オブジェクト指向パラダイムにおける実行時のトピック(ポリモルフィズム, ダイナミックバインディングなど)	CMP.ct.3
5	ソフトウェア設計時に用いるプログラミング言語としてオブジェクト指向言語を取り上げ、その特徴について説明する.	パラメータ化と汎化	CMP.ct.4
		アサーション, 契約による設計(DbC), 防御的プログラミング	CMP.ct.5
		エラーハンドリング, 例外処理, フォールトトレラント	CMP.ct.6
6	ソフトウェア設計時に用いるプログラミング言語としてオブジェクト指向言語を取り上げ、その特徴について説明する.	ユーザーインタフェースフレームワーク, ツール	CMP.tl.2
	単体テストツールを用いることにより, ソフトウェア構築をどのように行うことができるかを説明する.	単体テストツール	CMP.tl.3
		単体テストツールの利用	CMP.tl.3
7	複数の実行が並列・並行に動作するソフトウェアの動作原理について説明する. また, そのような	並列処理の基本要素(セマフォ, モニターなど)	CMP.ct.10

	ソフトウェアを構築するための技術について説明する.	分散ソフトウェアのための構築技術	CMP.ct.11
8	ソフトウェア設計の際に状態やテーブルが用いられた際, それをソフトウェア構築時どのようにして実装することが出来るかを説明する.	状態ベースおよびテーブル駆動の構築技法	CMP.ct.7
		状態ベースおよびテーブル駆動を用いたプログラムの作成	CMP.ct.7
9	ソフトウェアの振舞いをその実行時に決定する方法について説明する. また, その一例としてソフトウェアの国際化を取り上げ, 国際化がどのようにして行われるかを説明する.	実行時コンフィグレーションと国際化	CMP.ct.8
10	文字列等を入力とするソフトウェアを対象とし, 入力内容をソフトウェア内部で利用するために必要となる処理について説明する.	文法ベースの入力処理(パース処理)	CMP.ct.9
		文法ベースの入力処理を行うプログラムの作成	CMP.ct.9
11	実世界のソフトウェアにおける特定のドメインに関するソフトウェアについて説明する.	組込みシステムの構築とハードウェア・ソフトウェア協調設計	CMP.ct.11
			CMP.ct.12
12	ソフトウェアを構築する段階における, ソフトウェア分析手法について説明する.	ホットスポット分析とパフォーマンスチューニング	CMP.ct.13
		プロファイリング・パフォーマンス分析のツール	CMP.tl.4
		静的解析と動的解析	MAA.af.2, VAV.rev.3 (動的解析に関しては対応なし)

13	ソフトウェアを構築する際、既存のソフトウェアを流用することによって効率的にソフトウェアを作成する方法について説明する。また、既存のソフトウェアを流用することによる効果について説明する。	API の設計と利用	
			CMP.ct.1
		コードの再利用とライブラリ	CMP.ct.2
			CMP.tl.4
14	重要事項のまとめ		
15	期末試験		
教科書・参考書			
備考			

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

IT



情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

IT

目次

1. IT学教育の動向調査	1
2. カリキュラム標準 J17-IT	6
3. ACM/IEEE-IT への報告	11
4. J17-IT カリキュラムの各科目内容	11

WG 構成

駒谷昇一（主査）	奈良女子大学
佐渡一広（副主査）	群馬大学
高須泰治	三菱スペース・ソフトウェア株式会社
上野新滋	株式会社 FUJITSU ユニバーシティ
上原哲太郎	立命館大学
鈴木伸彦	NRI プロセスイノベーション株式会社
西田知博	大阪学院大学
満川一彦	株式会社 日立インフォメーションアカデミー

## 1. IT 学教育の動向調査

### 1.1. IT の学科領域カリキュラム

2005年9月にACM, IEEE-CS, AISによる「Computing Curricula 2005」(以下, CC2005と略す)が公開され, CS, IS, CE, SE, ITの5つの学科領域別カリキュラム標準の構成となった。IT(Information Technology Curriculum)は, このCC2005で初めてカリキュラム標準に組み込まれ, 5つ学科領域のうち最も新しい。

情報処理学会では, このCC2005が策定されたのを機に, 「情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07」(以下, J07と略す)の策定を始め, 専門情報教育の標準については, CC2005と同じ5つの学科領域別の構成とした。J07では, さらに一般情報教育および副専攻を追加し, 全体として7つの領域として策定し, 2008年3月に公開した。J07の専門情報教育である5つの学科領域別カリキュラム標準においても, 最も新しい学科領域がITである。J07の「ITの学科領域カリキュラム」(以下, J07-ITと略す)は, IT2005およびIT2006をもとに策定した。

J07の策定から10年が経過し, 今回, 「情報専門学科におけるカリキュラム標準 J17」(以下, J17と略す)を策定した。J17の「ITの学科領域カリキュラム」(以下, J17-ITと略す)については, ACM, IEEE-CSで策定が進められていた「Information Technology Curricula 2017」のDraft版を参考に検討を進め, 2017年12月10日に公開された正式版であるIT2017(以下, IT2017と略す)にもとづいて策定した。

現代の私たちの生活や社会基盤は情報通信技術により支えられており, 情報通信技術は私たちの生活や価値観を変え, ビジネスモデル, 職業観や働き方を変えてきている。企業では, ビジネスにどのように情報通信技術を活用するかが重要となってきたが, 情報通信技術の発展速度は早く, 10年後の情報通信技術を予測することは難しい。このため, 情報専門教育を受けた学生に対して, 情報通信技術を俯瞰し, 将来の情報通信技術のある程度予測できることが期待されている。「ITの学科領域カリキュラム」では, 情報通信技術の動向を見極め, 企業等の組織における情報通信基盤の設計, 構築, 管理, 維持を行うために必要な知識やスキルの修得を目的としている。

ネットワーク, データベース, セキュリティなどの情報技術の融合により情報システムが構成されているが, 情報技術の陳腐化は早く, 情報技術の動向を見極めた設計や構築が重要となっている。欧米や日本での専門情報教育は, 情報科学を中心に, ソフトウェア工学, 情報システム学などで構成されているが, 最新の高度な情報通信技術やその動向を学ぶ教育は少なく, 社会のニーズと大学の教育内容との間に大きなギャップが生じている。

このような問題認識をもとに、「ITの学科領域カリキュラム」が新たに策定された。

## 1.2. ACM/IEEE-CSのITカリキュラム標準

「ITの学科領域カリキュラム」は、先にも述べたように、ACM(The Association for Computing Machinery), AIS(The Association for Information Systems)およびIEEE-CS(The Computer Society)により2005年9月に策定されたComputing Curricula 2005(以下、CC2005と略す)に新設された領域である。CC2005ではITが新たに加わりCS, SE, IS, CE, ITの5つの領域となった。

CC2005では、各領域の関係について述べられているが、IT領域は、図1.2-1に示す右端の濃い灰色の部分に該当する。すなわち、理論的な部分ではなく、応用分野であり、ハードウェアは対象とせず、ソフトウェア技術を対象とする。

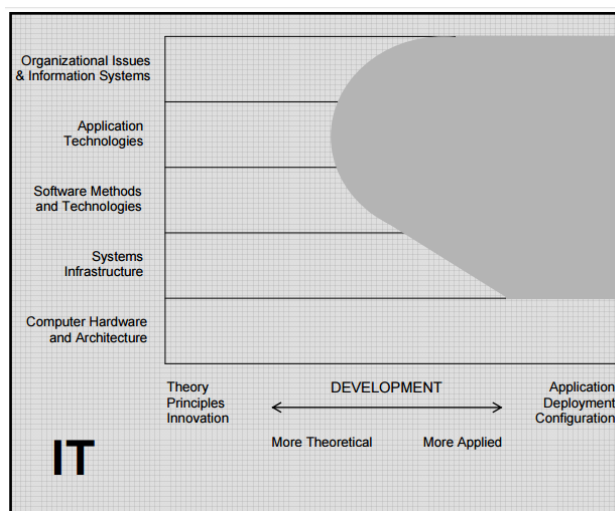


図 1.2-1 CC2005におけるIT領域の位置付け

(出典 <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2005-march06final.pdf>)

ACM, IEEE-CSで策定が進められていた「Information Technology Curricula」は、IT2005の後、IT2008, IT2010の改訂版が公開された。2017年7月に、IT2017のFinal Draft版が公開され、IT2017の正式版が2017年12月10日に公開された。

IT2017の正式版は、以下のURLでダウンロードが可能である。

<http://www.acm.org/binaries/content/assets/education/it2017.pdf>

J17-ITは、このIT2017をベースに策定した。

IT2017 の必修内容は、表 1.2-1、選択内容(補足的な内容)は、表 1.2-2 のとおりである。

表 1.2-1 IT2017 の必修内容

Essential IT Domains and Levels of Student Engagement	
<b>ITE-CSP Cybersecurity Principles [6%]</b> ITE-CSP-01 Perspectives and impact [L1] ITE-CSP-02 Policy goals and mechanisms [L1] ITE-CSP-03 Security services, mechanisms, and countermeasures [L2] ITE-CSP-04 Cyber-attacks and detection [L2] ITE-CSP-05 High assurance systems [L2] ITE-CSP-06 Vulnerabilities, threats, and risk [L2] ITE-CSP-07 Anonymity systems [L1] ITE-CSP-08 Usable security [L1] ITE-CSP-09 Cryptography overview [L1] ITE-CSP-10 Malware fundamentals [L1] ITE-CSP-11 Mitigation and recovery [L1] ITE-CSP-12 Personal information [L1] ITE-CSP-13 Operational issues [L2] ITE-CSP-14 Reporting requirements [L1]	<b>ITE-GPP Global Professional Practice [3%]</b> ITE-GPP-01 Perspectives and impact [L1] ITE-GPP-02 Professional issues and responsibilities [L1] ITE-GPP-03 IT governance and resource management [L1] ITE-GPP-04 Risk identification and evaluation [L1] ITE-GPP-05 Environmental issues [L1] ITE-GPP-06 Ethical, legal, and privacy issues [L1] ITE-GPP-07 Intellectual property [L1] ITE-GPP-08 Project management principles [L1] ITE-GPP-09 Communications [L1] ITE-GPP-10 Teamwork and conflict management [L1] ITE-GPP-11 Employability skills and careers in IT [L1] ITE-GPP-12 Information systems principles [L1]
<b>ITE-IMA Information Management [6%]</b> ITE-IMA-01 Perspectives and impact [L1] ITE-IMA-02 Data-information concepts [L2] ITE-IMA-03 Data modeling [L3] ITE-IMA-04 Database query languages [L3] ITE-IMA-05 Data organization architecture [L3] ITE-IMA-06 Special-purpose databases [L1] ITE-IMA-07 Managing the database environment [L2]	<b>ITE-IST Integrated Systems Technology [3%]</b> ITE-IST-01 Perspectives and impact [L1] ITE-IST-02 Data mapping and exchange [L2] ITE-IST-03 Intersystem communication protocols [L2] ITE-IST-04 Integrative programming [L2] ITE-IST-05 Scripting techniques [L2] ITE-IST-06 Defensible integration [L1]
<b>ITE-NET Networking [5%]</b> ITE-NET-01 Perspectives and impact [L1] ITE-NET-02 Foundations of networking [L1] ITE-NET-03 Physical layer [L2] ITE-NET-04 Networking and interconnectivity [L3] ITE-NET-05 Routing, switching, and internetworking [L2] ITE-NET-06 Application networking services [L2] ITE-NET-07 Network management [L3]	<b>ITE-PFT Platform Technologies [1%]</b> ITE-PFT-01 Perspectives and impact [L1] ITE-PFT-02 Operating systems [L1] ITE-PFT-03 Computing infrastructures [L1] ITE-PFT-04 Architecture and organization [L1] ITE-PFT-05 Application execution environment [L1]
<b>ITE-SPA System Paradigms [6%]</b> ITE-SPA-01 Perspectives and impact [L1] ITE-SPA-02 Requirements [L2] ITE-SPA-03 System architecture [L1] ITE-SPA-04 Acquisition and sourcing [L2] ITE-SPA-05 Testing and quality assurance [L2] ITE-SPA-06 Integration and deployment [L2] ITE-SPA-07 System governance [L2] ITE-SPA-08 Operational activities [L3] ITE-SPA-09 Operational domains [L3] ITE-SPA-10 Performance analysis [L1]	<b>ITE-SWF Software Fundamentals [4%]</b> ITE-SWF-01 Perspectives and impact [L1] ITE-SWF-02 Concepts and techniques [L2] ITE-SWF-03 Problem-solving strategies [L1] ITE-SWF-04 Program development [L2] ITE-SWF-05 Fundamental data structures [L2] ITE-SWF-06 Algorithm principles and development [L2] ITE-SWF-07 Modern app programming practices [L1]
<b>ITE-UXD User Experience Design [3%]</b> ITE-UXD-01 Perspectives and impact [L1] ITE-UXD-02 Human factors in design [L2] ITE-UXD-03 Effective interfaces [L2] ITE-UXD-04 Application domain aspects [L1] ITE-UXD-05 Affective user experiences [L1] ITE-UXD-06 Human-centered evaluation [L1] ITE-UXD-07 Assistive technologies and accessibility [L1] ITE-UXD-08 User advocacy [L1]	<b>ITE-WMS Web and Mobile Systems [3%]</b> ITE-WMS-01 Perspectives and impact [L1] ITE-WMS-02 Technologies [L2] ITE-WMS-03 Digital media [L2] ITE-WMS-04 Applications concepts [L2] ITE-WMS-05 Development Frameworks [L2] ITE-WMS-06 Vulnerabilities [L1] ITE-WMS-07 Social software [L1]

表 1.2-2 IT2017 の選択内容 (補足的な内容)

Supplemental IT Domains and Levels of Student Engagement	
<b>ITS-ANE Applied Networks [4%]</b> ITS-ANE-01 Proprietary networks [L2] ITS-ANE-02 Network programming [L2] ITS-ANE-03 Routing protocols [L2] ITS-ANE-04 Mobile networks [L2] ITS-ANE-05 Wireless networks [L2] ITS-ANE-06 Storage area networks [L1] ITS-ANE-07 Applications for networks [L2]	<b>ITS-CCO Cloud Computing [4%]</b> ITS-CCO-01 Perspectives and impact [L1] ITS-CCO-02 Concepts and fundamentals [L2] ITS-CCO-03 Security and data considerations [L2] ITS-CCO-04 Using cloud computing applications [L2] ITS-CCO-05 Architecture [L2] ITS-CCO-06 Development in the cloud [L2] ITS-CCO-07 Cloud infrastructure and data [L2]
<b>ITS-CEC Cybersecurity Emerging Challenges [4%]</b> ITS-CEC-01 Case studies and lessons learned [L1] ITS-CEC-02 Network forensics [L2] ITS-CEC-03 Stored data forensics [L2] ITS-CEC-04 Mobile forensics [L1] ITS-CEC-05 Cloud security [L1] ITS-CEC-06 Security metrics [L1] ITS-CEC-07 Malware analysis [L1] ITS-CEC-08 Supply chain and software assurance [L1] ITS-CEC-09 Personnel and human security [L1] ITS-CEC-10 Social dimensions [L1] ITS-CEC-11 Security implementations [L1] ITS-CEC-12 Cyber-physical systems and the IoT [L1]	<b>ITS-DSA Data Scalability and Analytics [4%]</b> ITS-DSA-01 Perspectives and impact [L1] ITS-DSA-02 Large-scale data challenges [L2] ITS-DSA-03 Data management [L2] ITS-DSA-04 Methods, techniques, and tools [L2] ITS-DSA-05 Data governance [L2] ITS-DSA-06 Applications [L2]
<b>ITS-IOT Internet of Things [4%]</b> ITS-IOT-01 Perspectives and impact [L1] ITS-IOT-02 IoT architectures [L2] ITS-IOT-03 Sensor and actuator interfacing [L1] ITS-IOT-04 Data acquisition [L1] ITS-IOT-05 Wireless sensor networks [L2] ITS-IOT-06 Ad-hoc networks [L1] ITS-IOT-07 Automatic control [L2] ITS-IOT-08 Intelligent information processing [L2] ITS-IOT-09 IoT application and design [L2]	<b>ITS-MAP Mobile Applications [3%]</b> ITS-MAP-01 Perspectives and impact [L1] ITS-MAP-02 Architectures [L1] ITS-MAP-03 Multiplatform mobile application development [L2] ITS-MAP-04 Servers and notifications [L1] ITS-MAP-05 Performance issues [L1] ITS-MAP-06 Views and gestures [L1] ITS-MAP-07 Interface implementations [L2] ITS-MAP-08 Camera, state, and documents interaction [L1] ITS-MAP-09 2D graphic and animation [L1]
<b>ITS-SDM Software Development and Management [2%]</b> ITS-SDM-01 Process models and activities [L2] ITS-SDM-02 Platform-based development [L1] ITS-SDM-03 Tools and services [L2] ITS-SDM-04 Management [L2] ITS-SDM-05 Deployment, operations, maintenance [L2]	<b>ITS-SRE Social Responsibility [2%]</b> ITS-SRE-01 Social context of computing [L2] ITS-SRE-02 Goals, plans, tasks, deadlines, and risks [L2] ITS-SRE-03 Government role and regulations [L1] ITS-SRE-04 Global challenges and approaches [L1] ITS-SRE-05 Risk management [L1] ITS-SRE-06 Sustainable Computing [L1]
<b>ITS-VSS Virtual Systems and Services [4%]</b> ITS-VSS-01 Perspectives and impact [L1] ITS-VSS-02 Application of virtualization [L2] ITS-VSS-03 User platform virtualization [L1] ITS-VSS-04 Server virtualization [L1] ITS-VSS-05 Network virtualization [L2] ITS-VSS-06 Cluster design and administration [L2] ITS-VSS-07 Software cluster applications [L2] ITS-VSS-08 Storage [L1]	

IT2017 の Draft 版までは、時間数は時間(Hour)で記述されていたが、正式版では%での表記になっている。%とは、4年間の卒業単位数を100%とした場合の%である。

### 1.3. 国内での IT 教育の現状

昨年度の事業では、国内の高等教育機関における情報学の専門教育の現状について調査した。高等教育機関に対してアンケート調査を行ったが、情報を専門教育として教えている学科やコースからの回答が、279箇所からあった。J07の5つ学科領域の各数(学科やコース数)は、次のとおりであった。

CS (コンピュータ科学)	74
IS (情報システム)	33
SE (ソフトウェアエンジニアリング)	4
CE (コンピュータエンジニアリング)	26
IT (インフォメーションテクノロジー)	27
その他	115
合計	279

その他の115件は、全体の41%に及ぶ。学科名やコース名を見ると、メディア情報、知能情報、医療情報、生命情報、経営情報、文化情報、図書館情報、情報通信などがあり、情報学の領域が5つの学科領域を超えて幅広いことが判る。

ITについては、27件で、全体の約10%であった。ITで回答のあった学科やコースのカリキュラムについて調査したところ、IT以外の領域(ISやCE)の方が適切と思われるものが22%、情報ネットワーク、情報セキュリティ、ヒューマンインタフェースなどJ07-ITの一部の内容が教えられているが、カリキュラムの範囲が広く、複数の領域に対応しているものがITのうち37%、医療情報やメディアデザインなど情報を専門とする学科やコースでないと思われるものが26%、そして、概ねJ07-ITの領域に該当すると思われるものは、ITのうち15%(4件)であった。なお、J07-ITには、サイバーセキュリティ、情報ネットワーク、情報管理の他に、システム統合、アーキテクチャ設計、システムの運用管理などが含まれるが、それらを含む学科やコースは見当たらなかった。

すなわち、J07-ITで示したカリキュラムに対応した教育カリキュラムで教育が行われている学科やコースは、0%で、概ね満たしていると考えられるもので全体の1.4%(279件中4件)である。

#### 1.4. IT教育のニーズ

情報システムの構築では、サイバーセキュリティ、情報ネットワーク、アーキテクチャ設計、システム統合など複数の情報技術が必要であり、それらの技術は日々より広くより深くなってきている。例えば、サイバーセキュリティの分野では、日々新しい攻撃やインシデントが発生しており、セキュリティに関する技術領域や最新技術の修得内容は日々広がりつつある。このため、セキュリティの技術者は、その最新の技術を修得することで精一杯で、他の分野の技術を身に付ける余裕はない。

しかし、情報システムが複雑化するなかで、各技術分野について個別に考えるのではなく、幅広く最新の技術知識を持ち、全体を考えながら情報システムの構築ができる技術者の育成が重要となっている。CC2005にITが追加されたのは、そのような問題認識に基づいている。

J07-ITおよびJ17-ITの目指す教育は、最新の情報技術を幅広く学ぶものであり、情報システムを構築している企業や、情報システムを発注する組織からの教育のニーズは今後ますます高まると思われる。しかし、実際にJ07-ITに対応した教育を実施している高等教育機関は数少ない。この理由として考えられることは、

- ・ITの学科領域を教えられる教員が少ないこと
- ・ITの学科領域を教えるための教科書が少ないこと

があげられる。

例えば、アーキテクチャの設計やシステムの運用管理などの技術を修得した技術者は企業には多数いる。しかし、その分野の研究者は少なく、大学において教えられる教員は少ない。また、企業で働く技術者向けの本はあっても、大学で教えるのに適切な教科書は少ない。例えば、情報処理学会で発行している専門情報教育の教科書であるIT-Textシリーズでは、情報セキュリティ、情報通信ネットワーク、データベースなどの教科書はある。しかし、ニーズが少ない、システムアーキテクチャ、システム統合、システム運用管理などの教科書はない。

現在、高等教育機関での専門情報教育では、アルゴリズム、プログラミングなど基礎的なCS中心の教育が行われている場合が多いが、その理由は、高等教育機関の教員の多くが、情報科学に関する研究者であり、企業での情報システムの企画設計や開発、運用管理、プロジェクト管理などの経験がないこともその要因のひとつである。

J17-ITの策定は、今後の社会からのニーズが高まると思われる、サイバーセキュリティ、情報ネットワーク、情報管理、システムアーキテクチャ、システム統合、システム運用管理、プロジェクト管理など、ITの学科領域の教育を行う上で参考となるものである。そし

て J17-IT により、今後、IT の学科領域の教育を行うことができる高等教育機関が増えることが望まれる。

## 2. カリキュラム標準 J17-IT

### 2.1 J17-IT 策定について

国内において、IT の学科領域のカリキュラム標準が初めて策定されたものは、2008 年 3 月に公開された J07-IT である。情報処理学会 情報処理教育委員会 インフォメーションテクノロジー教育委員会(以下、IT 教育委員会と略す)は、J07-IT を策定した後、IT2008 にもとづく改訂の検討を進めたが、カリキュラムの改訂版の公開には至っていない。IT 教育委員会では、J07-IT に続く J17-IT の策定のため、2017 年 1 月に IT 教育委員会を再編成し、J17-IT の策定を進めてきた。

### 2.2 J17-IT 策定の方針について

J07-IT の策定に際し、国際的な相互認証評価の観点から、CC2005 の IT 領域の内容がほぼ踏襲された。(ただし、米国特有の法律など日本国内では不適切な部分については日本の状況に合わせて修正が加えられた。)

J17-IT のカリキュラム標準の策定についても同様と考え、国際的な相互認証評価の観点から、ACM が策定する IT2017 のカリキュラム内容を踏襲したものとして J17-IT を策定した。

2017 年 1 月時点では、IT2017 のドラフト版が公開されており、その内容で検討を進めた。2017 年 12 月に IT2017 の正式版が公開され、J17-IT はその内容に準じて策定を行った。

IT 教育委員会では、J17-IT の策定について、以下の方針とした。

- ・ IT2017 正式版を基準に J17-IT を策定する。
- ・ J17-IT の知識体系は IT2017 と同じとし、日本語化は行わない。
- ・ 国内の高等教育機関に合った日本語カリキュラムを策定する。

### 2.3 J17-IT の日本語カリキュラム策定の方針について

J17-IT の日本語カリキュラム策定において、時間数については、IT2017 の時間数(%)を基準とした。IT2017 ドラフト版では、時間数は時間(Hour)で記述されていたが、IT2017 では、時間数は%表記となった。なおドラフト版の 1 時間とは 50 分の講義時間のことで、1 単位の授業時間は、50 分の授業を半期 14 週で実施することを想定している。

1%とは、4年間で取得する単位数を100%とした場合の%である。しかし日本の場合、学部  
の4年次で、卒業研究を行うことが多く、3年次までに概ね専門教育の単位を取得するこ  
とが一般的である。このため、IT2017の1%をJ17-ITではおよそ1単位として換算した。  
IT2017の1~2%をJ17-ITでは2単位、2~3%を2単位、4~5%を4単位、6%を4または6単  
位、を目安としてカリキュラムを策定した。

表 2.3-1 は、IT2005, J07-IT, IT2017, J17-IT の必修化科目の比較を示している。

表 2.3-1 IT2005, J07-IT, IT2017, J17-IT の必修化科目の比較

J17-IT			IT2017		J07	IT2005	
記号	科目名	単位	記号	時間 %	単位	記号	時間 時
	IT 基礎(J07-IT)	—	—	—	4	ITF	33
CSP	セキュリティ概論 ネットワークセキュリティ	4	CSP	6%	4	IAS	23
GPP	IT プロフェッショナルの行動規範	2	GPP	3%	2	SP	23
IMA	情報管理 1, 2	4	IMA	6%	4	IM	34
IST	システム統合技術	2	IST	3%	2	IPT	23
NET	情報ネットワーク 1, 2	4	NET	5%	2	NET	20
PFT	プラットフォーム技術	2	PFT	1%	2	PT	14
SPA	要求分析とアーキテクチャ設計 システム構築	4	SPA	6%	2	SIA	21
					2	SA	11
SWF	ソフトウェア設計 ソフトウェア設計演習	2	SWF	4%	4	PF	38
		2					
UXD	ユーザーエクスペリエンスデザイン	2	UXD	3%	2	HCI	20
WMS	Web およびモバイルシステム	2	WMS	3%	2	WS	21
PRG	プログラミング演習 1~3	6	—	—	6	—	—
PBL	総合演習 (PBL) 1,2	4	—	—			
	合計	40		40%	38		281H

日本の高等教育における情報の専門教育では、4年生に卒業研究を行うことが多いため、  
1年生から3年生までの間で教養科目や専門科目など120単位近くの単位を取得する。J17-  
ITの必修科目としては、このうち、1/3程度に相当する科目を設定することとした。



IT2017 の必修内容については、表 1.2-1 の必修内容の 10 の全ての分野をカバーするようにし、各授業科目でカバーしきれない内容については、ソフトウェア設計演習、プログラミング演習、総合演習を追加し、その中で学習することとした。

J17-IT のカリキュラム体系の策定方針は、J07-IT の策定方針を踏襲し、以下の方針で策定を行った。

- ・対象学年は 1 年前期から 3 年後期までとし、前期、後期とする。
- ・授業科目は 2 単位を基準とし、2 単位は 90 分×16 回(期末試験を含む)とする。
- ・授業科目は IT2017 のエリアの分類をなるべく尊重する。

各科目の一覧、科目の体系（必修科目と選択科目、履修年次、学期）を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 J17-IT の科目の一覧

J17-IT 記号	IT2017 のドメイン	J17-IT 科目名	年次	学期	必修 選択
ITE-CSP	Cybersecurity Principles	セキュリティ概論	1	後期	必修
ITE-CSP	Cybersecurity Principles	ネットワークセキュリティ	2	後期	必修
ITE-CSP	Cybersecurity Principles	システムセキュリティ	3	前期	選択
ITE-GPP	Global Professional Practice	IT プロフェッショナルの行動規範	2	後期	必修
ITE-GPP	Global Professional Practice	プロジェクトマネジメント	3	前記	選択
ITE-IMA	Information Management	情報管理 1	2	前期	必修
ITE-IMA	Information Management	情報管理 2	2	後期	必修
ITE-IMA	Information Management	情報管理 3	3	前記	選択
ITE-IST	Integrated Systems Technology	システム統合技術	2	後期	必修
ITE-NET	Networking	情報ネットワーク 1	2	前期	必修
ITE-NET	Networking	情報ネットワーク 2	2	後期	必修
ITE-PFT	Platform Technologies	プラットフォーム	2	前期	必修
ITE-SPA	System Paradigms	要求分析とアーキテクチャ設計	2	後期	必修
ITE-SPA	System Paradigms	システム構築	3	前期	必修
ITE-SPA	System Paradigms	システムの運用・管理	3	後期	選択
ITE-SWF	Software Fundamentals	ソフトウェア設計	2	前期	必修
ITE-UXD	User Experience Design	ヒューマンコンピュータインタラ クション	2	前期	必修
ITE-WMS	Web and Mobile Systems	ウェブ技術	2	前期	必修
ITE-PRG		プログラミング 1	1	前期	必修
ITE-PRG		プログラミング 2	1	前期	必修
ITE-PRG		プログラミング 3	2	前期	必修
ITE-SWF		ソフトウェア設計演習	2	後期	必修
ITE-PBL		総合演習 1	3	前期	必修
ITE-PBL		総合演習 2	3	後期	必修
ITS-ANE	Applied Networks	ネットワーク応用	3	前期	選択
ITS-CCO	Cloud Computing	クラウドコンピューティング	3	後期	選択

ITS-CEC	Cybersecurity Emerging Challenges	デジタルフォレンジック	3	後期	選択
ITS-DSA	Data Scalability and Analytics	データのスケーラビリティと分析	3	後期	選択
ITS-IOT	Internet of Things	IoT 技術	3	後期	選択
ITS-MAP	Mobile Applications	モバイル開発	3	前期	選択
ITS-SDM	Software Development and Management	ソフトウェア開発と管理	3	後期	選択
ITS-SRE	Social Responsibility	IT の社会的責任	3	後期	選択
ITS-VSS	Virtual Systems and Services	仮想システムと仮想サービス	3	前期	選択

J17-IT の各科目のカリキュラムについては、以下の方針で策定を行った。

- ・シラバスをイメージした表形式で作成する。
- ・シラバスの項目としては、講義名、単位数、必修か選択か、履修学年、開設学期、科目概要、目的、学習目標、授業方法、評価方法、教科書・参考書、授業展開（各回の授業内容）を項目とする。
- ・英文の科目概要も作成し、項目としては、Lecture, Credits, Elective, Year, Term, Overview, Learning objectives, Course goals, Course format, Evaluation を項目とする。
- ・目的(Learning objectives)については、IT2017 の 6.3 IT Domain Clusters の各ドメインの Scope を流用する。
- ・目標(Course goals)についても、IT2017 の 6.3 IT Domain Clusters の各ドメインの Competencies を流用する。

IT 教育委員会では、これらの対応が分かりやすくするため、日英の対応が確認できる EXCEL 形式の表を用いて各科目のカリキュラムを作成した。この際に、Learning objectives については、Scope の番号 1, 2, 3 を、それぞれのドメインの記号の末尾に -1, -2, -3 をつけるようにした。Course goals についても、Competencies の順番 A, B, C を、それぞれのドメインの記号の末尾に -A, -B, -C をつけるようにした。

また、授業展開について、IT2017 の Appendix B: Performances の内容を併記するようにした。Performance No. という欄を設け、Subdomains の順番である 01, 02, 03 とその中で

の順番 a, b, c をドメインの記号の末尾に付けるようにした（例えば，ITE-CSP-01-a）。

このことにより，IT2017 のどの部分が J17-IT に対応しているのか，詳細な対応をとることができ，記述の漏れや重複を最小限にすることができた。IT 教育委員会で作成した EXCEL 表については，本報告書とは別に公開を検討している。

本報告書の 4 章で，日本語版の各科目のカリキュラムを示す。

### 3. ACM/IEEE-IT への報告

学科領域別カリキュラム標準の策定は，ACM，IEEE-CS，AIS による該当のカリキュラム標準 IT2005 から IT2017 までを参照し策定を行ってきた。J07-IT および日本国内の高等教育機関における情報に関する専門教育の現状を踏まえて，J17-IT の策定を行った。

この検討において策定したカリキュラム案および検討内容については，英文でまとめて，ACM，IEEE-CS，AIS 等，元の標準を作成した団体にも報告することとする。

IT2017 では，Appendix C において，各国（United States, Saudi Arabia and Middle East, China）の事例が掲載されているが，日本の事例が次回の改訂において追記されるような報告を出す予定である。

### 4. J17-IT カリキュラムの各科目内容

次ページ以降に，各科目のシラバスを示す。

講義名	セキュリティ概論		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	1	開設学期	後期
概要	情報セキュリティの概要と重要性、およびマルウェア、暗号、ポリシーについて学ぶ。		
目的	技術、人間、情報、処理において、操作を保証するためのコンピュータの原則を学ぶ。		
目標	情報漏洩の危険性を減らすためのサイバーセキュリティの目的と機能を評価できる。 マルウェアの種類と対策を理解している。 基本的な暗号アルゴリズムとそれぞれの利用について説明できる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要を説明し、セキュリティの必要性や近年起こっている様々問題を紹介する。	
	2	情報セキュリティの重要性と、これまでの状況について学ぶ。また、サイバーセキュリティの問題が組織に与える影響について学ぶ。	
	3	マルウェアの概要を学ぶ。また、これまで発生した重大な問題を示す。	
	4	マルウェアの種類や危険性について学ぶ。また、それらから守るために何をすべきかを学ぶ。	
	5	パスワードなどの個人認証の方式、生体認証の概要について学ぶ。	
	6	システムをマルウェアからどのように守るか、その手法について学ぶ。また、マルウェアの識別方法の概要を学ぶ。	
	7	マルウェアに感染した場合の普及方法について学ぶ。	
	8	暗号の概要を学ぶ。暗号化と復号化、代表的な暗号化の方式、共通鍵方式と公開鍵方式について学ぶ。	
	9	基本的な暗号化の応用を学ぶ。特に、電子認証、ハッシュへの利用について学ぶ。また、公開鍵基盤(PKI)の基本的な仕組みを学ぶ。	
	10	様々な暗号化のシステムが、様々な状況において、どのように利用されるべきかを学ぶ。	
	11	セキュリティにおいて、人間に関わる問題について学ぶ。特に、組織に関わっている人々が守るべき事項について学ぶ。	
	12	人を騙すためのソーシャルエンジニアリングの基本的な手口や可能な対処について学ぶ。	
	13	セキュリティポリシー、プライバシーポリシーについて、目的と作成原則、および運用について学ぶ。	
	14	システムの運用において、欠陥がある時の様々な対処、方針について学ぶ。	
	15	現在社会における情報セキュリティの重要性と、社会に与えている影響について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	ネットワークセキュリティ		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	情報ネットワーク上のセキュリティ問題について学ぶ		
目的	情報セキュリティの実装、操作、解析、テストについて学ぶ。 法、政策、ヒューマンファクタ、倫理、リスクマネジメントを含んだサイバーセキュリティの学際的な性質を認識する。		
目標	組織を活発に運営するため、データ侵害のリスクを低減するツールとシステムを実現するためのサイバーセキュリティ技術の目的と機能を評価できる。 サイバーセキュリティの脅威に対処し、組織のサイバースペースに対するリスクを最小限に抑えるためのシステムの実装、ツールの適用、概念の利用ができるようになる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
教科書・参考書	IT Text ネットワークセキュリティ		
授業展開	1	講義全体の概要を説明する。情報ネットワークにおけるセキュリティの重要性について学ぶ。	
	2	サイバー攻撃の種類とその対応の概要について学ぶ。	
	3	ファイアウォールについて学ぶ。	
	4	マルウェアについて学ぶ。	
	5	共通鍵暗号について学ぶ。	
	6	公開鍵暗号について学ぶ。	
	7	認証技術について学ぶ。	
	8	PKI と SSL/TLS について学ぶ。	
	9	メールのセキュリティについて学ぶ。	
	10	Web のセキュリティについて学ぶ。	
	11	コンテンツ保護と Fintech について学ぶ。	
	12	匿名化技術について学ぶ。	
	13	プライバシー保護技術について学ぶ。	
	14	サイバー犯罪の現状と法規制について学ぶ。	
	15	組織のセキュリティ管理と運用について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	システムセキュリティ		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	情報システム全体を保護するためのセキュリティについて学ぶ。		
目的	情報システムのリスク管理について学ぶ。 高信頼性システムを中心に、情報システムの保護について学ぶ。		
目標	サイバーセキュリティへの脅威に対抗するための手段を理解できる。 リスクが顕在化した場合の、リカバリのための手段を理解できる。		
先修科目	ネットワークセキュリティ		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。信頼性の概要を理解する。システム設計においては、最小限の権限を与えるべきであることを理解する。	
	2	高信頼性システムにおける、フェールセーフの必要性を理解する。高信頼性コンピューティングの概念を理解する。	
	3	SE Linux などセキュア OS の特徴と具体的な事例について理解する。	
	4	高信頼性ソフトウェアやシステムの開発における手法を理解する。高信頼性ソフトウェアやシステムの開発での TPM の役割を理解する。	
	5	システムに潜在する脆弱性について理解する。リスク管理の基本について理解する。	
	6	実機を使用した、侵入テストツールによる脆弱性の特定方法を理解する。	
	7	複数のレベルでシステムの安全性を確保することを理解する。コンポーネントの境界に存在するリスクを理解する。	
	8	脆弱性データベースを利用して、システムに潜在する脆弱性を発見する方法について理解する。システム全体に潜在する脆弱性と、システムを構成する要素単体に存在する脆弱性とが異なることを理解する。	
	9	実機を使用して、バッファオーバーフロー攻撃やクロスサイトスクリプティング攻撃を経験し、システムに潜在する脆弱性を理解する。	
	10	マルウェア感染の防止など、リスク軽減策について理解する。セキュリティインシデント発生時のリカバリ計画について理解する。	
	11	攻撃を受けてしまった場合の証拠の保全策の概要を理解する。システムのバックアップおよび復旧の計画について理解する。	
	12	モバイル端末などデバイスの盗難・紛失時の対応策の立案について理解する。	
	13	組織全体の情報セキュリティ維持施策について理解する。セキュリティ製品導入に際して、ベンダを評価する手順について理解する。	
	14	新たに生じる脅威や脆弱性について、継続的に監視する方法について理解する。継続的なセキュリティ教育の在り方について理解する。	
	15	セキュリティ関連法規について理解する。必要に応じた情報公開の必要性について理解する。	
	16	期末試験	

講義名	IT プロフェッショナルの行動規範		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	IT プロフェッショナルがグローバル環境で活動する上で IT 専門技術に加えて、プロフェッショナルとしての行動規範、IT の進展が社会に及ぼす大きな影響に対する法的、倫理的考慮への理解が極めて重要となっている。本科目では、そういった IT プロフェッショナルの行動規範や必要スキル等について学ぶ。		
目的	IT プロフェッショナルとしての口頭や文書によるコミュニケーションスキルを含めて、業界内キャリア形成に不可欠なスキルの重要性を学ぶ。 チームワークが IT プロジェクト全体の中でどのように機能するか、また、IT が組織をどのように支援するかについて学ぶ。 情報技術の進展が社会や人に及ぼす影響や変化を理解し、倫理的行動規範の遵守について学ぶ。		
目標	チーム活動におけるコミュニケーションスキルの重要性を認識し、これらのスキルが組織目標の最適化にどのように貢献するかを説明できる。(コミュニケーションとチームワーク) システム開発を含む IT キャリアにおいて継続雇用を維持するために必要な特定スキルを評価できる。(雇用可能性 employability) 企業環境に関連したプライバシー、法的、倫理的な考慮事項を含む IT ポリシーを組織内で策定できる。(法的・倫理的観点) プロジェクトの開始から完了に至る IT プロジェクトが直面する諸課題・リスクを認識し、適切なプロジェクト計画の作成とプロジェクト管理ができる。(プロジェクト管理)		
関連科目	コミュニケーション関連の講座		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。IT の進展の歴史を踏まえ、情報社会における IT やプロフェッショナル人材の役割、位置づけ、課題について概要を説明する。	
	2	IT プロフェッショナルの業務内容を具体例をもとに知り、IT プロフェッショナルが直面している課題、社会における責任について説明する。	
	3	IT プロフェッショナルとしてのキャリア形成のありかた、必要なスキルとプロフェッショナリズム（マインド、行動特性、顧客志向等）について学ぶ。	
	4	社会で活躍する IT プロフェッショナルの人材像・社会への価値創造活動・行動規範を様々な領域の具体的事例を通じて学ぶ。	
	5	IT プロフェッショナルのエンプロイアビリティ（雇用されうる能力）を高める必要性やその方法について学ぶ。	
	6	チームの共同作業を効果的に進めるための方法やチーム活動の課題について学ぶ。	
	7	チーム内外のステークホルダーとのコミュニケーションが如何に重要かを説明する。さらに、多様なコミュニケーション手段を最適にデザインし、個人間・組織間のコミュニケーション課題の解決を学ぶ。	
	8	プロジェクトチームにおけるコミュニケーション課題を取り上げ、プロジェクトを成功させるためのコミュニケーションの条件についてケーススタディを実施する。	
	9	IT 関連の急速な進展に伴う社会の法的、倫理的な課題やバーチャル空間の拡大に伴うルール・知財・サイバーセキュリティの問題に対する全体像を学ぶ。	
	10	AI / IoT / ロボティクス等の普及に伴う情報倫理問題について、技術者視点から課題の考え方・対応策について学ぶ。	
	11	ビッグデータの個人情報保護の問題を取り上げ、プライバシー保護・個人の尊重など AI のリスクを多面的に考察するため、ケーススタディによる演習を行う。	
	12	技術者に求められる倫理的想像力とは何かについて、新しいサービスの提供が社会のステークホルダーにどのような影響を及ぼすを考えるケーススタディ討論を行う。	
	13	IT と環境問題について、グリーンコンピューティングの概要の説明をし、今後の動向について学ぶ。	
	14	IT ガバナンスの役割と IT リソースの最適管理について学ぶ。	
	15	IT のリスク管理、プロジェクト計画の重要性を知り、組織目標を達成する上での様々な阻害要因への対応を学ぶ。	
	16	期末試験	



講義名	プロジェクトマネジメント		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	プロジェクトの立ち上げから、終結までのプロセスにおけるプロジェクトマネジメントの基本的な知識を学ぶ。		
目的	チームワークがIT全体でどのように統合され、ITが組織をどのように支援するかの方法について学ぶ。ソフトウェアプロセスモデルとソフトウェアプロジェクト管理について学ぶ。		
目標	<p>チーム活動におけるコミュニケーションスキルの重要性を認識し、これらのスキルが組織目標の最適化にどのように貢献するかを説明できる。(コミュニケーションとチームワーク)</p> <p>プロジェクトの開始から完了に至るITプロジェクトが直面する諸課題・リスクを認識し、適切なプロジェクト計画の作成とプロジェクト管理ができる。(プロジェクト管理)</p> <p>プロジェクト管理ツールとメトリックを使用して、さまざまな能力・経験を持つチームのITシステム開発のプロジェクト計画、監視、進捗状況追跡、リスク処理を行うことができる。(管理)</p>		
関連科目	ソフトウェア開発と管理		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。プロジェクトとは何か、プロジェクトマネジメントの重要性について学ぶ。	
	2	情報システム開発プロジェクトの実例をベースにして、プロジェクトの立ち上げから終了までのプロジェクト管理の作業段階における重要ポイントの概要を学ぶ。	
	3	プロジェクトに対して、スコープ定義、ワークブレイクダウンストラクチャー等を演習を交えて学ぶ。	
	4	プロジェクトにおけるプロジェクト遂行全体の作業順序の設定、クリティカルパス等をふまえたスケジュール作成について、演習を交えて学ぶ。	
	5	プロジェクトにおける資源の割り当て、品質計画、調達等を学ぶ。	
	6	プロジェクトが必要する要員の計画と、プロジェクト全体のコスト計画を学ぶ。	
	7	プロジェクトの遂行におけるさまざまなリスクとリスクマネジメントのポイントを学ぶ。	
	8	プロジェクトのリスク分析と対応策について具体例に基づいて演習を行う。	
	9	プロジェクトにおけるコミュニケーション、ステークホルダーマネジメントを学ぶ。	
	10	プロジェクト計画書作成演習を行う。	
	11	プロジェクトの実行・監視について、プロジェクトチームの運営、進捗管理を学ぶ。	
	12	プロジェクトの実行・監視について、変更管理、問題管理、リスク管理を学ぶ。	
	13	プロジェクト実行中において発生する問題点を取り上げ原因分析と対応について演習をおこなう。	
	14	実際のプロジェクト実践事例をモデルにしてケーススタディを行う。	
	15	プロジェクトの終結管理およびプロジェクト管理の教訓・改善の方策について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	情報管理 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	概念モデルの構築を中心にして、データベースの基礎について学ぶ。		
目的	実世界を抽象化して、概念モデルを構築できる技術を学ぶ。		
目標	正規化、キーの設計ができる。組織のルールを考慮した ER 図を描き、データベースの設計ができる。		
先修科目	(なし)		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。データ、データベース、データベース管理システムなどの基本的な用語を理解する。従来のファイル処理と比較してデータベースの利点を理解する。データの格納や情報の検索が時代とともにどのように変化してきたかを理解する。	
	2	インターネットの普及と組織外の利用者(顧客や供給者)からの情報に対する要求の高まりが、データ処理にどのような影響を与えたのかを理解する。データベースモデルとその進化の歴史を理解する。	
	3	組織におけるデータと情報の違いを認識し、データベース管理システムの必要性、データマイニングについて理解する。メタデータについて理解する。	
	4	SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE など基本的な SQL の文法を理解する。実機を使って、リレーショナルデータベースにアクセスし、表の検索、行の挿入、行の削除などを行い、リレーショナルモデルの概念を体得する。	
	5	主キー、候補キー、超キー、非ナル制約、一意性制約、主キー制約、主キーの発見方法を理解する。	
	6	関数従属、部分関数従属、推移関数従属を理解する。	
	7	第 1 正規形～第 3 正規形を理解する。	
	8	ボイスコードの正規形、情報の喪失について理解する。	
	9	外部キー、参照制約、存在制約、更新時異常について理解する。	
	10	1 対 1, 1 対 n, n 対 n などカーディナリティを理解する。E-R 図の書き方を理解し、簡単な事例を基に E-R 図を描く方法を理解する。	
	11	n 対 n がもたらす不具合と、n 対 n の解消方法について理解する。	
	12	伝票の実例を基に、データモデルの正規化を行い、E-R 図を描くことを理解する。	
	13	第 4 正規形を理解する。	
	14	第 5 正規形を理解する。	
	15	トランザクション処理の実例を基に、データモデルの正規化を行い、E-R 図を描くことを理解する。	
	16	期末試験	

講義名	情報管理 2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	データベース操作言語について学ぶ。		
目的	データから情報を抽出して、組織に必要な情報に加工することを学ぶ。		
目標	SQL(DML, DDL) を使いこなし、データベースの構築とデータの操作ができる。		
先修科目	(なし)		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。SQL を用いた、データベースの作成、表の作成、表の管理についての基礎を理解する。	
	2	簡単な例を用いた、選択、射影、和、共通、差、自然結合などの基本的な関係代数を理解する。	
	3	表に格納するデータ型について理解する。表定義の基本的な文法を理解する。実機を用いて表定義を実行し、文法の定着を図る。	
	4	与えられたデータモデルを確認し、表間の制約などを理解する。基本的な SQL の文法を復習する。実機を使って、課題に従ってデータを挿入し、検索によって目的とするデータが作成できたことを確認する。	
	5	WHERE 句, BETWEEN 句, LIKE 句を用いた SELECT 文, 検索結果のヘッダの変更方法を理解する。	
	6	GROUP BY 句, HAVING 句を用いた SELECT 文と、簡単な集約関数を理解する。	
	7	検索条件における論理演算, DISTINCT 句の必要性を理解する。	
	8	計算可能な列, 集約関数を用いた, 様々な計算方法について理解する。	
	9	結合の種類, 結合の動作, 結合を用いた複数の表から情報を検索する方法を理解する。	
	10	副問合せ, 相関副問合せを理解する。	
	11	キーを作成, 更新, 削除する SQL を理解する。	
	12	INSERT, UPDATE, DELETE など更新系の SQL を用いて, 制約の実効性について理解する。	
	13	VIEW の使用目的, 更新可能な VIEW と更新不可能な VIEW を作成する文法と, 具体的な操作をすることを理解する。	
	14	表の作成, 更新, 削除の文法と, 実機を用いた操作について理解する。	
	15	埋め込み SQL の使用目的と, 使い方について理解する。	
	16	期末試験	

講義名	情報管理 3		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	データベース管理と、データベースの応用分野を学ぶ。		
目的	データの展開、管理、統合の方法と、組織を支援する情報システムについて学ぶ。 データと情報に関連する安全性とセキュリティの問題について学ぶ。 情報から有用なナレッジを作り出すためのツールと技術について学ぶ。		
目標	領域分断への対応、複製データベース複製、性能分析など、組織におけるデータベースの分析ができる。 データベースユーザ、役割、権限、バックアップ、リストアなど組織におけるデータベースの管理ができる。		
先修科目	情報管理 1～2		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。データの品質について理解する。データの正確性、完全性、即時性などが失われた場合の、組織に対する影響について学ぶ。データ収集の仕組みと、仕組みの構成要素(自動収集の方法、入力様式、収集元など)の関係について学ぶ。	
	2	データの保持のために必要となる、物理的媒体、バックアップ手段、安全性の確保などについて、基本的な事項について学ぶ。	
	3	物理モデルの概要と、論理モデルと物理モデルの関係について学ぶ。	
	4	正規化した結果とキーが与える影響を踏まえ、最適なパフォーマンスを発揮できる物理モデルの設計について学ぶ。	
	5	データの分断化、レプリケーションの状況、領域の割当てなどがデータベース性能に与える影響を分析について学ぶ。	
	6	OLTP と OLAP の対比などを例にして、関係モデルと多次元データベースの違いや類似点について学ぶ。	
	7	オブジェクトモデル、XML、NewSQL、NoSQL データベースなどの概要について学ぶ。	
	8	リレーショナルデータベースと、オブジェクトモデル、XML、NewSQL、NoSQL データベースなどの非リレーショナルデータベースの比較について学ぶ。	
	9	OLAP とデータウェアハウスの概要について学ぶ。	
	10	データマイニングの方法と、データマイニングによって何が得られるかについて学ぶ。	
	11	データ管理とデータベース管理の違いについて学ぶ。	
	12	データベース管理者が一般的に行う作業について学ぶ。	
	13	データベースユーザ、役割、特権の作成と管理について学ぶ。	
	14	データベースセキュリティとバックアップ・リカバリの概念について学ぶ。	
	15	データベース環境におけるメタデータの重要性について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	システム統合技術		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	2	開設学期	後期
概要	さまざまな構成要素を組み合わせて複雑なシステムを構築するための手法を学ぶ。		
目的	スクリプト言語の目的と仕組みについて学ぶ。 アプリケーションプログラムインターフェースについて学ぶ。 組織を支援するシステムの管理、統合、およびセキュリティを実装するプログラミングを行う。		
目標	文字、画像などのデータを、コンピュータに保存および処理する仕組み、および異なるコンピュータシステムを統合するときにしばしばデータ変換が必要な状況を示せる。 システム間通信の標準的なプロトコルについて、どのように動作するかを、利点と欠点を含めて示すことができる。 スクリプト言語で、選択、繰り返し、引数受け渡しを含めて、設計、デバッグ、テストができる。 安全なコードの目標を示せ、その目標をバッファオーバーフローの防御、ラッパー、安全なメソッドの利用のためにどのようなガイドとできるか示せる。		
先修科目	ウェブ技術、プログラミング3		
関連科目	情報ネットワーク2		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	現在の情報システムが、さまざまな種類の構成要素を組み合わせて構築されていること、および情報技術としてそれらを統合してシステムを構築することの重要性について学ぶ。	
	2	メタデータの概念、および文字データを表現する文字コードについて学ぶ。	
	3	XMLの基本的仕組みと活用について学ぶ。	
	4	XML文書を処理するためのツールであるXSL、XSLT、XPath等の概要を学ぶ。	
	5	システムを統合するにあたり、異なるアーキテクチャを扱う場合の注意点について学ぶ。	
	6	各種の分散処理の手法について学ぶ。	
	7	TCP/IPやデータグラム通信を用いた通信の違いや目的を学ぶ。	
	8	ソケットの動作の仕組みと各種のプロトコルについて学ぶ。	
	9	低レベル通信の仕組みとそれらのプロトコルについて学ぶ。	
	10	デザインパターンとプログラム作成への利用について学ぶ。	
	11	ウェブプログラミングで用いられることの多いデザインパターンについて学び、実際のウェブシステム構築との関連を学ぶ。	
	12	統合プログラミングにおけるデザインパターンの活用について学ぶ。	
	13	プログラムの再利用を行うためのプログラム作成方法やそのための仕組みについて学ぶ。	
	14	信頼性を考慮したシステム統合の基礎を学ぶ。	
	15	実システムを例にして、システム統合の実際を学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	情報ネットワーク 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	情報通信ネットワークの基礎とレイヤーモデル、プロトコルについて学ぶ。		
目的	ネットワークのトポロジーについて学ぶ。 国際標準や相互運用性におけるレイヤーモデルの役割について学ぶ。 物理レイヤーからルーティングレイヤーについて学ぶ。		
目標	さまざまな通信プロトコルを解析、比較することができる。また、それらがアプリケーションの要求をどのように援助するかを説明することができる。 分散通信環境における、異なるネットワークプロトコルの標準、コンポーネント、要求について説明できる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。情報通信ネットワークとその歴史について学ぶ。	
	2	さまざまなネットワークの構成とサービスの例について学ぶ。	
	3	ネットワークのさまざまなプロトコルと標準化について学ぶ。	
	4	通信路の種類と歴史について学ぶ。(物理層)	
	5	伝送方式とネットワークトポロジーについて学ぶ。(物理層)	
	6	イーサネットによるデータ伝送の技術(フレーム、イーサネットアドレス(MAC)、誤り制御)について学ぶ。(データリンク層)	
	7	データリンク層のプロトコル、VLANについて学ぶ。(データリンク層)	
	8	ネットワーク層のプロトコルとIPについて学ぶ。(ネットワーク層)	
	9	インターネットにおけるアドレッシング(IPv4,IPv6)について学ぶ。ルーティングとスイッチングについて学ぶ。(ネットワーク層)	
	10	演習を通じてルーティングを学ぶ。(ネットワーク層)	
	11	トランスポート層の機能について学ぶ。	
	12	TCPについて学ぶ。	
	13	TCPの輻輳制御について学ぶ。UDPについて学ぶ。	
	14	ネットワークのトポロジーとインターネットの構成について学ぶ。	
	15	アプリケーション層のサービスとプロトコルについて学ぶ。ネットワークアーキテクチャについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	情報ネットワーク 2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	ネットワークとサーバの構築とネットワーク管理について学ぶ。		
目的	アプリケーションやセキュリティに関する高レイヤーのネットワークについて学ぶ。 レイテンシー、スループット、エラー率などネットワーク設計について学ぶ。		
目標	クラウド環境を含めた強靭さ、拡張性、スループットの面でのネットワークトポロジーの解析、比較ができる。 サーバ障害に対応する管理ポリシーを作成できる。 さまざまなネットワーク管理に関する異なる重要課題を説明できる。		
先修科目	情報ネットワーク 1		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 60%+レポート 40%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。LAN の構成について学ぶ。	
	2	LAN の設計について実習する。	
	3	LAN のインターネットへの接続について学ぶ。	
	4	LAN のインターネット接続を実習する。	
	5	Web サーバを構築するソフトウェア (LAMP など) について学ぶ。	
	6	LAMP 環境上で Web サイトを構築する (1): サーバの設定, 基礎的なコンテンツの作成	
	7	LAMP 環境上で Web サイトを構築する (2): 動的なコンテンツの作成	
	8	LAMP 環境上で Web サイトを構築する (3): データベースの利用	
	9	電子メールシステムについて学ぶ。	
	10	DNS について学ぶ。インターネットの障害が及ぼす影響について学ぶ。	
	11	ネットワーク管理の機能と目的について学ぶ。	
	12	組織内ネットワークの構築とその管理について学ぶ。	
	13	ネットワーク管理機能 (SNMP) について学ぶ。	
	14	大規模ネットワークの管理について学ぶ。	
	15	ネットワークのトラブル対策と信頼性の向上について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プラットフォーム		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	ITシステムの基礎となるソフトウェアとハードウェアについて学ぶ。		
目的	さまざまなオペレーティングシステムをそれぞれの特性、長所・短所について学ぶ、組織のITインフラを支えるプラットフォームの選択、開発、構築、管理について学ぶ、ハードウェア、ソフトウェアの基礎と、それらをITシステムの根幹を構成するためにどのように統合するかについて学ぶ。		
目標	コンピュータのハードウェアとオペレーティングシステムの今日に至る歴史について説明することができる。 オペレーティングシステムをどのように選択すべきかを示すことができ、少なくとも1つのオペレーティングシステムをインストールすることができる。 IT環境における電力や熱の収支を考える必要性を示すことができ、コンピュータシステムにおけるそれらの考慮事項を文書化できる。 コンピュータの主要装置間の関係を示すブロック図を描くことができ、コンピュータ上でのデータの保存・取り出しの方法を図示できる。		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 60%+レポート 40%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。コンピュータのハードウェアとオペレーティングシステムの歴史について学ぶ。	
	2	オペレーティングシステムのプロセス制御について学ぶ。	
	3	オペレーティングシステムのメモリ制御について学ぶ。	
	4	オペレーティングシステムのファイル制御について学ぶ。	
	5	Windows系OSとUNIX系OSについて学ぶ。	
	6	実習としてLinuxのインストールを学ぶ。	
	7	実習としてLAMP環境のインストールを学ぶ。	
	8	Linux上でシェルスクリプトを記述し、処理の自動化について学ぶ。	
	9	Windows系OSでのサーバ構築について学ぶ。	
	10	Windows系OSとUNIX系OSの違いについて討論などを通して学ぶ。	
	11	コンピュータ上での数や文字の表現法について学ぶ。	
	12	コンピュータを構成する装置とその関係について学ぶ。主要装置間の関係を示すブロック図を描くことを学ぶ。	
	13	主記憶や外部記憶との間のデータの保存・取り出しの方法を学ぶ。	
	14	外部装置とのインタフェースについて学ぶ。	
	15	コンピュータシステムに必要な消費電力と熱収支について学ぶ。	
	16	期末試験	



講義名	要求分析とアーキテクチャ設計		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	システムインテグレーションの上流プロセスである要求分析とアーキテクチャ設計を学ぶ。		
目的	システムに対する要求の収集・分析に必要なスキルとツールについて学ぶ。 組織をサポートするためのコンピュータシステム群のアーキテクチャ設計について学ぶ。 システムインテグレーションの課題（単一のシステムへの統合、システム間の連携、アーキテクチャの役割、性能と効果、等）について学ぶ		
目標	組織にとって効果的なシステム（あるいはシステム群）を構築するために、要求の収集・分析とアーキテクチャ設計を行って利害関係者に提案できる。		
関連科目	システム構築, システムの運用・管理		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	導入： 要求分析から運用・管理までのシステムインテグレーションの全体プロセスにおける「要求分析とアーキテクチャ設計」の位置づけと講義全体の概要を説明する。本講義では、ビジネスレベルの要求分析とアーキテクチャ設計の目的を学ぶ。	
	2	要求分析： アンケート・ヒアリング・ブレインストーミングなどのユーザからの要求及びその他の要求を洗い出す技法、及びステークホルダーとの共通理解を得るためにそれらの要求をモデル化する技法を学ぶ。	
	3	要求分析： 要求を機能要求と非機能要求に整理・分類する目的と手順を学ぶ。	
	4	要求分析： 要求事項をモデル化するための技法としてのユースケース法と上流プロセスにおけるユースケース法の使い方を学ぶ。	
	5	要求分析： ユースケース法を使って機能要求モデルのメインフローを作成する。	
	6	要求分析： イベントフローについて学び、前回作成した機能要求モデルに例外フローを追記する。	
	7	要求分析： システムインテグレーションのライフサイクルにおける要求事項の確認方法と確認時期、及びライフサイクルを通じた各試験においてユースケースを活用する方法を学ぶ。	
	8	アーキテクチャ設計： システムインテグレーションにおけるアーキテクチャ設計、及びソフトウェアアーキテクチャ（IEEE1471）を学ぶ。	
	9	アーキテクチャ設計： アーキテクチャを記述するための各種アーキテクチャビューを学び、これらのアーキテクチャビューを使って複雑なシステムの記述方法を学ぶ。	
	10	アーキテクチャ設計： 適切なアーキテクチャビューを使ってシステムのライフサイクルに合わせたアーキテクチャを記述する。	
	11	アーキテクチャ設計： システム設計向けの代表的なアーキテクチャフレームワーク（SOA、Zackman Framework 等）を学ぶ。	
	12	アーキテクチャ設計： システムの運用・管理向けの代表的なベストプラクティス（ITIL、COBIT）を学ぶ。	
	13	アーキテクチャ設計： IT サービスマネジメントの代表的な認証基準及びガイドライン（ISO/IEC 20000）を学ぶ。	
	14	アーキテクチャ設計： 代表的なモデリングツールを使ってアーキテクチャビューの作成・維持・管理を学ぶ。	
	15	見積りと契約： 要求分析とアーキテクチャ設計に基づく見積り作成の重要性、契約の意味及び相互（発注者と受注者）の責務と責任について学ぶ。講義全体をふりかえり、要点を整理する。	
	16	期末試験	

講義名	システム構築		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	3	開設学期	前期
概要	システムインテグレーションの中核プロセスに重要な、品質保証と試験、サービスや資材の調達及びシステム構築のための技術を学ぶ。		
目的	プログラム開発、システムを構築するためのコンポーネントの評価と統合、システムの妥当性確認に必要なスキルとツールについて学ぶ。 コンピュータシステムの構築に必要なコンポーネントの選択、調達、展開について学ぶ。 プロジェクトマネジメントの基礎について学ぶ。		
目標	システムコンポーネント（ソフトウェア、ハードウェア）を取得するための調達プロセスを詳しく説明できる。また、システムの性能を確認するための試験手順を説明できる。 ミドルウェアプラットフォームの選択条件を評価できる。また、このような選択が、システムインテグレーションのための試験と評価にどのように影響するかを詳しく説明できる。		
先修科目	要求分析とアーキテクチャ設計		
関連科目	プロジェクトマネジメント、システムの運用・管理		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	品質保証： 要求分析から運用・管理までのシステムインテグレーションの全体プロセスにおける「システム構築」の位置づけと講義全体の概要を説明する。また、品質保証のための各種活動（標準・規約、設計審査、試験、IV&V等）の目的と特徴について学ぶ。	
	2	品質保証： システム構築の各プロセスにおける試験の目的と手順を学ぶ。	
	3	サービスとリソースの調達： システムに重要なサービス及び人的・物的リソースを確保するための方法（既製品の購入と新規開発）についての得失とそれらをトレードオフする技術を学ぶ。	
	4	サービスとリソースの調達： ソフトウェアを調達するための方法（内部開発と外部委託）についての得失とそれらをトレードオフする技術を学び、内部開発（あるいは外部委託）のプロジェクト計画を作成する。	
	5	サービスとリソースの調達： サービス及び人的・物的リソースを確保するための試験、評価及びベンチマークの特徴とそれらの得失を学ぶ。	
	6	サービスとリソースの調達： サービス及び人的・物的リソースを確保するためのRFP（提案招請）の目的、内容、使い方及び得失を学ぶ。	
	7	サービスとリソースの調達： サービス及び人的・物的リソースを確保するための契約書の目的と記述内容、及び契約書の不備がプロジェクトの遂行に及ぼす影響を学ぶ。	
	8	サービスとリソースの調達： 実際のRFPに記載されたサービス及び物的リソースに対する要求を満足する既製品を調査する。	
	9	システム構築技術： システム構築の方法として、ミドルウェアを使ったプラットフォーム構築について学ぶ。一例として、DBMSを使ったデータベースアプリケーションを構築する。	
	10	システム構築技術： 大規模システム構築のためのプラットフォーム技術とその選択基準とトレードオフする技術を学ぶ。	
	11	システム構築技術： 「wrapper」を使ったインテグレーション技法と得失を学ぶ。	
	12	システム構築技術： 「glue code」を使ったインテグレーション技法と得失を学ぶ。	
	13	システム構築技術： フレームワークを活用したコンポーネントのインテグレーション技法を学ぶ。	
	14	システム構築技術： 大規模システムインテグレーションにおけるデータウェアハウスの活用方法を学ぶ。	
	15	システム構築技術： 大規模システムインテグレーションにおける試験と評価の重要性と活用方法を学ぶ。講義全体をふりかえり、要点を整理する。	
	16	期末試験	

講義名	システムの運用・管理		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	システムは適正な運用・管理が行われてはじめて活かされる。ここではシステムガバナンス、性能分析を含む運用・管理の実務について学ぶ。		
目的	コンピュータシステムを適切に運用するために必要なコンポーネントの管理について学ぶ。 システムの構成要素（各種のハードウェア、ソフトウェア、システム文書）の運用・管理に大切なコンセプトとスキルについて学ぶ。 ITアプリケーションと関連する組織プロセスの連携について学ぶ。 システムのユーザのための教育とサポートについて学ぶ。		
目標	システムを効果的適切に管理する方針を整備・監視するために、組織の目標と制約に対する高い感度を持ち、情報技術に関わる知識を適用できる（システムガバナンス）。 全社のシステムを方針に則って運用・管理するために、手順を整備して情報技術を適用できる（運用・管理活動）。 技術センターの適切な管理部門に人的資源とIT資源の管理組織を設置できる（運用・管理組織）。 システムの性能問題を引き起こす原因を見つけ出し、性能向上のために適切な情報技術を使うことができる（性能分析）。		
先修科目	要求分析とアーキテクチャ設計、システム構築		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 80%＋レポート 20%
授 業 展 開	1	システムガバナンス： 要求分析から運用・管理までのシステムインテグレーションの全体プロセスにおける「システムの運用・管理」の位置づけと講義全体の概要を説明する。また、システムの運用・管理に必要なリソース、それらを供給するベンダーの選定について学ぶ。	
	2	システムガバナンス： 実在の組織を例にして、システムの運用・管理部門が必要としている全体システムの運用要求（非機能要求グレード）を踏まえた運用・管理方針を学ぶ。	
	3	システムガバナンス： 実在の組織を例にして、システムの運用・管理部門が必要としているネットワークシステムの運用要求（非機能要求グレード）を踏まえた運用・管理方針を学ぶ。	
	4	システムガバナンス： 小規模企業を例にして、システムの面からの事業継続計画を作成する。	
	5	運用： 効率的なシステム運用のためのユーザ管理及びユーザグループ管理について学ぶ。	
	6	運用： 効率的なシステム運用のためのリソース管理、構成管理及びベンダー管理について学ぶ。	
	7	運用： 効率的なシステム運用のためのプロジェクト計画について学ぶ。	
	8	運用： 中小企業で使われるシステムを想定して、ソフトウェア等のインストール・設定・試験を行う。	
	9	運用： 中小企業で使われるシステムを想定して、システムの構成要素を管理するためのツールのインストール・設定・試験を行う。	
	10	運用： 中小企業で使われるシステムを想定して、バックアップ及びリストアの方針・計画を作成し、ツールのインストール・設定・試験を行う。	
	11	運用・管理組織： システムの運用・管理に必要な組織について学び、中小企業規模のシステムを想定した運用・管理方針を作成する。	
	12	運用・管理組織： システムの運用・管理に必要な人的リソース及び物的リソース配置について学び、中小企業規模のシステムを想定したリソース配置計画を作成する。	
	13	性能分析： システムの運用・管理のために重要な性能指標の計測・評価・分析について学ぶ。	
	14	性能分析： 小規模企業で使われるシステムを想定し、災害発生時のシステムの被害と復旧をシミュレートして事業継続計画の有効性を検証する。	
	15	性能分析： 小規模企業で使われるシステムを想定して、バックアップ／リストア計画の作成、システムのバックアップ／リストアの実行、及びその精度と完全性を検証する。講義全体をふりかえり、要点を整理する。	
	16	期末試験	

講義名	ソフトウェア設計		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	ソフトウェアを設計するために必要となる技術について学ぶ。		
目的	効率的な問題解決のためのプログラミング戦略と実践について学ぶ。 さまざまなプログラミング問題を解決するためのプログラミングパラダイムについて学ぶ。		
目標	複数レベルの抽象化を使用し、適切なデータ構造を選択して、新しいプログラムを作成する方法を説明できる。 プログラムのスタイル、特定の入力に対する意図された動作、プログラムコンポーネントの正確さ、プログラム機能の記述の観点からプログラムを書く方法を評価できる。 計算問題を解決するためのアルゴリズムを開発でき、アルゴリズムがプログラムの命令処理、プログラム実行、および実行プロセスにどのように実装されるかを説明できる。		
先修科目	プログラミング2		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 60%+レポート 40%
授 業 展 開	1	講義全体の説明と、ソフトウェアが人々、組織、社会がどのように問題を解決するのに役立ったか、及び高い品質のソフトウェアを効率よく開発するために考え出されたさまざまな技法の概要を学ぶ	
	2	ソフトウェアの品質 (JIS X 25010) 及びデータ品質 (JIS X 25012) の考え方、システムの利用品質の品質特性、製品品質の品質特性について学ぶ。	
	3	システムの利用品質の品質副特性、製品品質の品質副特性、及びデータ品質の特性について学ぶ。	
	4	プログラムの手続きの抽象化技術、再利用技術の目的や手段について学ぶ。(サブプログラム、サブルーチン、プロシージャ、パラメータ化、ライブラリ、ソフトウェアコレクション、API)	
	5	プログラムデータの抽象化技術、再利用技術の目的や手段について学ぶ。(抽象データ型など)	
	6	抽象化技術、再利用技術を使ったプログラム開発を実習する。	
	7	プロセッサ、メモリ、ストレージなどのハードウェアを抽象化し、論理構成と物理構成を分離独立する技術について学ぶ。	
	8	ソフトウェアの設計レベルでの抽象化技術、再利用技術について学ぶ。(デザインパターン、フレームワーク)	
	9	デザインパターンを使った設計を実習する。	
	10	代表的なアプリケーションアーキテクチャの考え方や特徴、システムの構造について学ぶ。(事務処理システム (フロント系/バックオフィス系、バッチ処理/トランザクション処理/MQ 処理、販売管理/生産管理/在庫管理/会計/人事給与)、CAD/CAM システムなど)	
	11	代表的なアプリケーションアーキテクチャの考え方や特徴、システムの構造について学ぶ。(制御システム、リアルタイムシステム、同期処理/非同期処理、コネクションレスなど)	
	12	計算問題を解決するためのアルゴリズムの開発に必要な技術とアルゴリズムの開発の方法について学び、実習する。	
	13	開発した、計算問題を解決するアルゴリズムのプログラムへの実装とテストを実習する。	
	14	非機能要求とソフトウェアアーキテクチャの関連について学ぶ。	
	15	ソフトウェア要件定義～ソフトウェア詳細設計のプロセスと各プロセスにおけるソリューション選択 (意思決定) の視点とポイントについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	ヒューマンコンピュータインタラクション		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	人間とコンピュータとの相互的な作用において、ユーザー中心設計の基本的な考え方、様々なインタフェースの活用方法や設計方法、評価方法を学ぶ		
目的	IT アプリケーションおよび情報システムの開発におけるユーザの主張（要求）を理解する。 システム開発における、ユーザの重要性、コンテキストの活用、組織におけるコンテキストの認識に関する基本的な考え方を学ぶ。 IT アプリケーションおよびシステムの設計、開発、評価、および運用におけるユーザ中心の設計方法の適用について学ぶ。 アプリケーションの様々なインタフェースの評価基準、ベンチマーク、基準の適用について学ぶ。		
目標	企業でのユーザビリティとユーザエクスペリエンスを目指して、ユーザー中心設計の手順と関連ツールや技術を適用し、インタラクティブなアプリケーションを設計できる。 ユーザー中心設計のために、コンテキストの分析と評価、ステークホルダのニーズ、最先端のインタラクション技術、ユーザの特性を考慮した設計について説明できる。 ユーザー中心設計の評価基準や標準（ベンチマークと標準）への準拠について説明できる。 ステークホルダーに焦点を当て、複数の分野に対してユーザー中心設計の適用方法をチームで話し合いながら設計することができる。（アプリケーション設計）		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
教科書・参考書	岡田謙一, 西田正吾, 葛岡英明, 仲谷美江, 塩澤秀和：ヒューマンコンピュータインタラクション, オーム社, 2016		
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。人間とヒューマンコンピュータインタラクション（人間の感覚と知覚、人間の生理特性）について学ぶ。人間中心設計の考え方を学ぶ。	
	2	人間の認知と理解、人間特性を考慮したインタフェースの設計とは何かを学ぶ。	
	3	ユーザーの特性（年齢、性別、教育、文化、習慣）を考慮したインタフェースの設計について学ぶ。ユーザーの対象（グローバル、ローカル、特定のユーザー、不特定多数のユーザー）に応じたインタフェースの設計について学ぶ。適切なペルソナの設計について学ぶ。	
	4	ヒューマンコンピュータインタラクションの変遷について学ぶ。ユーザーインタフェースのデザイン目標とユーザー特性について学ぶ。対話型システムの設計の原則について学ぶ。	
	5	様々な入力インタフェースの活用方法（キーボード、ポインティングデバイス（直接入力、間接入力））について学ぶ。	
	6	ビジュアルインタフェース（表示デバイス、GUIシステムの基本構成、GUIのパラダイム、GUIのデザインと開発方法）について学ぶ。ハードウェアがユーザビリティに与える影響について学ぶ。	
	7	ビジュアライゼーション（情報の可視化、可視化の構成要素、ビジュアライゼーションの基本構成と設計方法）について学ぶ。	
	8	人とコンピュータなどの人工物とのコミュニケーション（ノンバーバルコミュニケーション、音声インタフェース、身振りインタフェース、視線・表情インタフェース、マルチモーダルインタフェース）について学ぶ。	
	9	空間型インタフェース（バーチャルリアリティ、実世界志向インタフェース（ユビキタスコンピューティング、オーグメンテッドリアリティ））について学ぶ。	
	10	協同作業支援のためのマルチユーザインタフェース（言語、民俗や文化や習慣の違いを考慮した設計の仕方）について学ぶ。	
	11	協同作業における共有空間（情報共有空間、意識共有空間、作業共有空間）について学ぶ。コンピュータによる協同作業支援について学ぶ。	
	12	ユーザー中心設計の感性に関する評価（生理・感覚に関する評価、認識に関する評価、感性に関する評価）について学ぶ。	
	13	ユーザー中心設計の認知モデルに対する評価（認知モデルに基づいた設計に対する評価（レスポンスタイム））について学ぶ。	
	14	障害者へのインタフェース（音声データの自動テキスト化、視線入力、反復性ストレス症候群、視覚、聴覚、認知、運動障害のある人のための支援技術）について学ぶ。	
	15	現在のヒューマンコンピュータインタラクションの課題について学ぶ。今後のヒューマンコンピュータインタラクションの技術動向について考える。	
	16	期末試験	

講義名	ウェブ技術		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	インターネットの基本的サービスのひとつであるウェブの仕組みと構築について学ぶ。		
目的	ウェブを基本としたアプリケーションの技術について、関連するソフトウェア、データベース、インタフェース、デジタルメディアを含めて学ぶ。 最新のウェブ技術とソーシャルメディアについて学ぶ		
目標	様々なオンラインコミュニティを支えているウェブのフレームワークと表現技術学び、簡単なウェブアプリケーションを設計できる。 適切なファイル、データベース、ストリーミング型式を用いて、ウェブアプリケーションを活用してデジタルメディアを保存、転送、および検索ができる。 ウェブサーバ、データベース、状況分析、およびフロントエンドのような、ウェブシステムの中心的構成要素を挙げ、それらがどのように協調して動作しているかを説明できる。		
先修科目	プログラミング2		
関連科目	プログラミング3, 情報ネットワーク1		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の説明と、ウェブシステムの基本と現代社会の関係について学ぶ。	
	2	ウェブシステムの通信の基本である HTTP と HTTPS を中心に、ウェブで使用されている各種のプロトコルと役割について学ぶ。	
	3	簡単なウェブページの作成方法を学び、実際に簡単なウェブページを作成する。	
	4	各種の文字コード間の変換と問題点、実社会における日本の漢字を中心に文字コードの問題点と注意点を学ぶ。	
	5	ウェブにおけるクッキー、セッション、問合せの仕組み、およびクライアントとサーバにおけるセキュリティの問題を学ぶ。	
	6	グラフィックスおよびストリーミングにおける各種のコーデックの違いや特質、およびサーバの要件を学ぶ。	
	7	コンテンツ配信の仕組みと方法を学ぶ。	
	8	ウェブプログラミングについて、サーバサイド (PHP) およびクライアント (Javascript) それぞれの特徴と違いを中心に、簡単なプログラミングの方法を学ぶ。	
	9	ウェブサイトのユーザエクスペリエンスに基づいた構築手法について学ぶ。	
	10	ウェブサイトの構築のための標準的な各種のツールについて、その概要と利点、欠点について学ぶ。	
	11	システム構築のための GitHub などによる協調開発ツールや手法について学ぶ。	
	12	ウェブの基本的なセキュリティの仕組みについて学ぶ。	
	13	ウェブにおける認証や安全な通信を提供するための仕組みを学ぶ。	
	14	システムサービスや資源の利用における認証の役割と、各種のセキュアプログラミングテクニックについて学ぶ。	
	15	典型的な攻撃からアプリケーションを保護するための手法、およびサーバサイドのプロセスに危害を与えないウェブページの作り方の仕組みについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プログラミング 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	1	開設学期	前期
概要	プログラミング言語およびプログラムの基礎を学ぶ。		
目的	プログラミング言語の基本的な文法と意味を学ぶ。 簡単なプログラムの作成と実行を行う。		
目標	プログラムの基本である、変数、文、制御構造、関数について説明できる。 プログラミング言語 Python を用いて簡単なプログラムが作成できる。		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 50%＋レポート 50%
授 業 展 開	1	授業全体の概要を説明する。特に授業の進め方と目的を説明し、プログラミング言語の役割を説明する。また、処理環境について説明する。	
	2	Unix 系の基本操作の説明とプログラミング言語 Python の基本的な書き方、変数とその役割、および代入について学ぶ。	
	3	整数型および文字列型、基本的な演算について学ぶ。また、Unix 系のシェルの基本操作について学ぶ。	
	4	条件分岐を用いたプログラミングを学ぶ。また、簡単な入力方法について学ぶ。また、プログラムを作成するためのテキストエディタについて学ぶ。	
	5	繰り返しの制御構造を用いたプログラミングを学ぶ。	
	6	複雑なデータを扱うための、タプルと列の概念とそれを用いたプログラミングを学ぶ。	
	7	少し高度な処理を含めた、文字列を用いたプログラミングを学ぶ。	
	8	関数の役割と定義の仕方、および関数の呼び出しを学ぶ。	
	9	関数を用いた簡単なプログラムと引数の扱いを学ぶ。	
	10	探索アルゴリズム（線形探索、二分探索）について学び、プログラムの処理時間の概念を学ぶ。	
	11	マッピングの概念とそのデータ型、およびそれを用いたプログラミングを学ぶ。	
	12	繰り返しの制御構造（for 文）とその使い方を学ぶ。	
	13	条件分岐と繰り返しを組み合わせたプログラミング方法を学ぶ。	
	14	探索のアルゴリズムを基に、さまざまな制御構造の書き方を学ぶ。	
	15	関数のさまざまな引数の扱い、および局所変数と大域変数について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	プログラミング2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	1	開設学期	前期
概要	Pythonの基礎とオブジェクト指向プログラミングの基礎を身につけ、簡単なプログラムやデータ処理の方法を学ぶ		
目的	オブジェクト指向の概念を学ぶ。 少し複雑なプログラムの書き方を学ぶ。		
目標	クラスとインスタンスについて説明できる。 メソッドと関数の違いを説明できる。 簡単なクラスを作成できる。		
先修科目	プログラミング1		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験50%+レポート50%
授 業 展 開	1	オブジェクト指向の概念を学ぶ。	
	2	クラスとメソッドの書き方、コンストラクタについて学ぶ。	
	3	クラス変数とインスタンス変数の役割と使い方を学ぶ。	
	4	プログラムの構築における、プログラムインタフェースの活用について、継承の概念を含めて学ぶ。	
	5	大きなプログラムを作成するためのモジュールの概念を学ぶ。および、プログラム開発環境について説明する。	
	6	入出力と例外処理について学ぶ。	
	7	列とリストの簡単なデータ構造の概念と目的を学ぶ。	
	8	連結リストとキューの構造の概念と使い方、および目的を学ぶ。	
	9	木構造の概念と使い方、および目的を学ぶ。	
	10	各種の整列のアルゴリズムを学び、計算時間や使用メモリについて学ぶ。	
	11	簡単なインターネット通信の方法を学ぶ。	
	12	インターネットの通信を利用した簡単なプログラム作成を学ぶ。	
	13	通信を利用した簡単なゲームを作成する(1)。	
	14	通信を利用した簡単なゲームを作成する(2)。	
	15	関数型プログラミングの活用について学ぶ。	
	16	期末試験	



講義名	プログラミング3		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	前期
概要	ウェブなどの情報システムを構築するためのプログラミング技術を学ぶ。		
目的	Python による高度なデータ処理を学ぶ。 ウェブプログラミングの基礎を学ぶ。 データベースの処理方法を学ぶ。		
目標	JavaScript による簡単なプログラム作成ができる。 PHP や Python を用いた簡単なウェブのサーバサイドプログラミングができる。 Python や PHP を用いて基本的なデータベース操作ができる。		
先修科目	プログラミング2		
関連科目	ウェブ技術, 情報管理1		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 50%+レポート 50%
授 業 展 開	1	Python によるスレッドの基本を学ぶ	
	2	スレッドを活用したプログラムの作成を行う。	
	3	ユーザインタフェースを扱うプログラムの作成を行う。	
	4	イベント処理に基づくプログラミング方法を, ウィンドウ操作を例に行う。	
	5	ウィンドウ操作, イベント処理, ネットワーク通信を合わせたプログラム作成を行う。	
	6	HTML を用いたウェブページの作成を行う。	
	7	JavaScript を用いたウェブページを作成する。	
	8	JavaScript の基本機能 (変数, 代入, 条件文, 繰り返し) を学ぶ。	
	9	JavaScript の関数とオブジェクト指向について学ぶ。	
	10	PHP によるウェブページの作成を行う (1)。	
	11	PHP によるウェブページの作成を行う (2)。	
	12	PHP や Python を用いて, データベースとの接続をするプログラムを作成する。	
	13	PHP や Python を用いて, データベースに対して表の作成やデータの挿入, 削除を行うプログラムを作成する。	
	14	PHP や Python を用いて, データベースからの検索を行うプログラムを作成する。	
	15	PHP や Python を用いてデータベースを利用した場合に起こる, 大容量データの扱いや排他制御を含むプログラムを作成する。	
	16	期末試験	

講義名	ソフトウェア設計演習		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	2	開設学期	後期
概要	ソフトウェアモデリングの各種技法を用いて、モデルを作成する演習を行う。		
目的	問題解決のための重要な手段の一つであるソフトウェアのモデリングの技能について学ぶ。		
目標	適切なデータ構造を選択し、データモデルを作成できる。 プロセスモデル、オブジェクトモデルを作成できる。 データの正規化、非正規化の考え方を理解し、ソフトウェアモデルに反映できる。		
先修科目	ソフトウェア設計, 情報管理 I		
授業方法	演習	評価方法	レポート+討論
授 業 展 開	1	システム構築における抽象化とモデリングの重要性とその技法の概要について説明し、演習に用いる情報システムの例題の説明を行う。	
	2	例題をもとに、情報システムの中心となるデータベースを設計するための、E-R図によるデータモデリングの演習を行う。	
	3	例題をもととした、E-R図によるデータモデリングの演習の続きを行い、正規化された論理E-R図を完成する。	
	4	例題をもととしたE-R図によるデータモデリング演習の結果発表を行い、チーム間の相違に対して考察する。	
	5	DFDによるプロセスモデルの表現方法とプロセスモデリングの技法について学び、例題をもとにDFDによるプロセスモデリングの演習を行う。	
	6	例題をもととしたDFDによるプロセスモデリングの演習の続きを行い、DFDを完成させる。	
	7	例題をもととしたDFDによるプロセスモデリングの演習の結果発表を行い、チーム間の相違に対して考察する。	
	8	UMLの全体概要と、静的モデル(クラス図, オブジェクト図, コンポーネント図, 配置図)の仕様記述の仕方について学ぶ。	
	9	UMLの動的モデル(ユースケース図, シーケンス図, コミュニケーション図, ステートマシン図, アクティビティ図)の仕様記述の仕方について学ぶ。	
	10	例題をもとに、UMLのクラス図の作成演習を行う。	
	11	例題をもとに、UMLのシーケンス図, コミュニケーション図, ステートマシン図の作成演習を行う。	
	12	例題に対するUMLによるモデリングの演習の結果発表を行い、違いに対して考察する	
	13	正規化されたデータモデルの問題と非正規化の必要性及び非正規化の方法を学び、例題をもとに非正規化の演習を行う。	
	14	例題をもとに非正規化の演習を行い、非正規化されたE-R図を完成する。	
	15	CRUD図, 状態遷移表, 状態遷移図, 決定表などその他のモデリング技法について目的と表記法を学び、状態遷移図, 決定表に関する演習を行う。	

講義名	総合演習 1		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	3	開設学期	前期
概要	各科目で学んできた技術や技法を適用して、プロジェクト ベースド ラーニング形式によるシステム開発の総合的な演習を行う。(年間を通じて実施する演習の前半)		
目的	要件定義プロセス及び開発プロセスの一連の活動のうち、要件定義～外部設計について、体験を通じて、実践的に学ぶ。 システム開発プロジェクトのプロジェクトマネジメントについて、体験を通じて、実践的に学ぶ。		
目標	システムの要件定義、外部設計を実施できる。 プロジェクトの計画、実行、コントロール、終結ができる。		
授業方法	演習	評価方法	レポート+討論
授 業 展 開	1	演習課題の内容及び演習の進め方の説明と、プロジェクトの結成、立上げを行う。	
	2	プロジェクトで開発するシステムの概要を検討する。	
	3	プロジェクトで開発するシステムの概要を検討する。	
	4	システムの要件定義～外部設計の活動をアクティビティーにブレークダウンして、役割分担、日程計画を作成し、プロジェクト計画（前半）を作成する。	
	5	プロジェクト計画（前半）をレビューして、プロジェクト計画（前半）を見直す。	
	6	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	7	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	8	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	9	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	10	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	11	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	12	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	13	プロジェクト計画（前半）に従って、システムの要件定義～外部設計のアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	14	要件定義～外部設計の活動成果及びプロジェクト活動の実績をまとめ、プロジェクトの振り返りを行い、プロジェクトの中間報告用資料を作成し、発表（プレゼンテーション）の準備をする。	
	15	要件定義～外部設計のプロジェクトの中間報告の発表（プレゼンテーション）を行う。	

講義名	総合演習 2		
単位数	2	必修・選択	必修
学年	3	開設学期	後期
概要	各科目で学んできた技術や技法を適用して、プロジェクト ベースド ラーニング形式によるシステム開発の総合的な演習を行う。(年間を通じて実施する演習の後半)		
目的	要件定義プロセス及び開発プロセスの一連の活動のうち、内部設計～システムテストについて、体験を通じて、実践的に学ぶ。 システム開発プロジェクトのプロジェクトマネジメントについて、体験を通じて、実践的に学ぶ。		
目標	システムの内部設計、プログラム開発、システムテストを実施できる。 プロジェクトの計画、実行、コントロール、終結ができる。		
先修科目	総合演習 1		
授業方法	演習	評価方法	レポート+討論
授 業 展 開	1	他のプロジェクトの要件定義～外部設計の中間報告の発表からの気づきをまとめ、今後の自分たちのプロジェクトの進め方について検討する。	
	2	システムの内部設計～システムテストでの活動をアクティビティーにブレークダウンして、役割分担、日程計画を作成する。	
	3	プログラム開発、テスト工程の進捗管理基準、品質評価基準を設定し、内部設計～システムテストに対するプロジェクト計画（後半）を作成する。	
	4	プロジェクト計画（後半）をレビューして、プロジェクト計画（後半）を見直す。	
	5	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	6	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	7	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	8	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	9	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	10	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	11	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	12	プロジェクト計画（後半）に従って、内部設計～システムテストのアクティビティーを実施する。プロジェクトの進捗と品質を確認して、必要があればプロジェクト計画を見直す。	
	13	ソフトウェア要件定義～システムテストまでの活動成果及びプロジェクト活動の実績をまとめ、プロジェクト全体（システム要件定義～システムテスト）の振り返りを行い、プロジェクトの最終報告用資料を作成し、発表（プレゼンテーション）の準備をする。	
	14	プロジェクト全体の最終報告の発表（プレゼンテーション）を行う。	
	15	他のプロジェクトの最終報告の発表からの気づきをまとめ、今後プロジェクトを実施する場合に向けての教訓をまとめて発表する。	

講義名	ネットワーク応用		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	ソケットプログラミングとモバイルやワイヤレスネットワークなどネットワークの応用分野について学ぶ。		
目的	<p>専用ネットワークプロトコルの目的と役割と専用ネットワークとオープン標準プロトコルとの比較について学ぶ。</p> <p>ソケットベースのネットワークアプリケーションプログラムの設計と実装を通しネットワークプログラミングに必要なプロトコルと言語について学ぶ。</p> <p>IPv6 や将来のプロトコルも含めたインターネットにおけるルーティングとプロトコルの学問的側面について学ぶ。</p> <p>無線通信で用いられる基本的なネットワークアーキテクチャとプロトコルを学ぶ。</p>		
目標	<p>TCP と UDP ソケットの双方を使い、2つの異なるサービス間の通信を行うソケットプログラムの設計、開発、テストができる。</p> <p>クライアントサーバアーキテクチャのモバイル通信を最適化し、より良くするための技術を比較できる。</p> <p>無線通信に関連するセキュリティとパフォーマンスに関する問題のシミュレーションを行い、説明することができる。</p>		
授業方法	講義＋演習	評価方法	試験 60%＋レポート 40%
授 業 展 開	1	講義全体の概要を説明する。ソケットプログラミングの役割と手法について学ぶ。TCP ソケットとデータグラム (UDP) ソケットの違いについて学ぶ。	
	2	TCP を用いたソケットプログラミングの演習を行う。	
	3	UDP を用いたソケットプログラミングの演習を行う。	
	4	非同期メッセージ通信のためのプログラム作成演習を行う。	
	5	モバイルネットワークのアーキテクチャについて学ぶ。	
	6	モバイルインターネットの利用例とその技術について学ぶ。モバイル IP について学ぶ。	
	7	モバイルネットワークにおけるクライアントサーバモデルの拡張について学ぶ。モバイルコンピューティングにおけるセキュリティと性能の問題について学ぶ。	
	8	ワイヤレスネットワークの歴史と発展について学ぶ。ワイヤレスネットワークとモバイルネットワークの関係について学ぶ。	
	9	有線ネットワークとワイヤレスネットワークの違いについて学ぶ。ワイヤレスネットワークのプロトコルについて学ぶ。	
	10	ワイヤレスネットワークのシミュレーションについて学ぶ。ワイヤレスネットワークにおけるセキュリティと性能の問題について学ぶ。	
	11	モバイル IP を用いたルーティングについて学ぶ。動的ルーティングについて学ぶ。	
	12	ストレージエリアネットワーク (SAN) とネットワークアタッチトストレージ (NAS) について学ぶ。	
	13	独自プロトコルを用いたネットワークについて学ぶ。	
	14	ネットワークアプリケーションについて学ぶ (1): P2P, インスタントメッセージ	
	15	ネットワークアプリケーションについて学ぶ (2): ネットワークゲーム, インターネット通話, ビデオ会議	
	16	期末試験	

講義名	クラウドコンピューティング		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	クラウドコンピューティングのサービスの違いとそれがもたらすビジネス革新について学ぶとともに、クラウドコンピューティングのアーキテクチャやセキュリティなどの技術についても学ぶ		
目的	クラウドコンピューティングのパラダイム（歴史、考え方、利点と課題）を学ぶ クラウドコンピューティングのサービス内容の違い（各サービスのメリットとデメリット）、セキュリティ、アプリケーションを学ぶ クラウドコンピューティングの技術とビジネスに用いる場合のメリットやリスク、評価方法を学ぶ		
目標	クラウドコンピューティングの利点と課題、クラウドサービスの違いと各サービスのメリットとデメリットについて説明できる。 クラウドサービスの契約とセキュリティインシデントへの対策方法と責任について説明できる。 クラウドアプリケーションのメリットとデメリット、パフォーマンスやサービスレベルの評価方法、クラウドコンピューティングの構築技術について説明できる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	授業の概要を説明する。クラウドコンピューティングの概念と基本(クラウドサービス、データセンター、オンプレミスとの違い(利点と課題))を学ぶ。一般的に使われているクラウドサービスの事例を紹介する。	
	2	クラウドコンピューティングの歴史について学ぶ。仮想化の歴史、仮想化のメリットを学ぶ。クラウドコンピューティングがビジネスに与えるインパクト、ビジネスで利用する際の利点とリスクについて学ぶ。	
	3	クラウドコンピューティングのサービス(IaaS, PaaS, SaaS)の各サービスの内容、それぞれの利用目的の違い、利点と課題)を学ぶ。	
	4	パブリッククラウド、プライベートクラウドの比較(コスト、信頼性、安全性、運用性、拡張性、耐障害性、セキュリティなど、インシヤルコスト、ランニングコスト)について学ぶ。	
	5	インタークラウド(パブリッククラウドの相互接続)、マルチクラウド(パブリッククラウドの使い分け)、ハイブリッドクラウド(パブリッククラウドとオンプレミスとの融合)について学ぶ。	
	6	クラウドコンピューティングとセキュリティ(ビジネス上のリスクとクラウドサービスの契約、クラウドサービスでのインシデント発生時の法律(個人情報保護法など)と企業の責任、民間企業と行政との違い、クラウドサービスの違いによるセキュリティインシデントと対策方法)について学ぶ。	
	7	クラウドコンピューティングアプリケーション(オンプレミスで提供するアプリケーションとクラウドで提供するアプリケーション、クラウドアプリケーションのメリットとデメリット)について学ぶ。	
	8	クラウドコンピューティングの代表的なアプリケーションとそれらを選択する場合の利点とリスクについて学ぶ。	
	9	クラウドコンピューティングの各サービスごとのアーキテクチャについて学ぶ。	
	10	クラウドサービスのパフォーマンスの評価方法を学ぶ。クラウドサービスのレベル設定と契約方法とその評価方法を学ぶ。	
	11	クラウドコンピューティングの技術事例として OpenStack の使い方を紹介する。	
	12	クラウド環境でのシステム開発と従来の環境でのシステム開発との比較(メリット、デメリット)について学ぶ。	
	13	クラウドコンピューティングでの運用(クラウドデータの管理方法)について学ぶ。	
	14	クラウドコンピューティングの構築技術を学ぶ。クラウド基盤ソフトウェアの比較(OpenStack など)について学ぶ。	
	15	クラウドコンピューティングの今後の動向について学ぶ。IoT とクラウドコンピューティングとの関係を学ぶ。ディープラーニングとクラウドコンピューティングとの関係を学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	デジタルフォレンジック		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	情報セキュリティインシデントが発生した際の情報の保全方法の方法を学ぶ。パソコン、タブレット端末、ネットワークにおける保全方法、保全方法の手順と国際基準について学ぶ。		
目的	犯罪の立証や訴訟や法的紛争を解決する裁判所の活動を支援するために、デジタルフォレンジック（証拠の保全）があり、技術、人、情報、プロセスを含むコンピューティングの課題であることを学ぶ。クラウドコンピューティングにおけるセキュリティ調査の課題について学ぶ。コンピュータ犯罪において、デジタル機器で見つかった証拠の保全と調査を含むデジタルフォレンジックスについて学ぶ。		
目標	コンピュータのマルウェアを分析し、ネットワーク、システムの保存データ、モバイルデバイスに関するデジタルフォレンジック（証拠の保全と分析）ができる。（マルウェアとフォレンジック分析）クラウドコンピューティングにおける情報セキュリティ（機密性、完全性および可用性）の標準、手順、およびアプリケーションについて説明できる。（システムの完全性）コンピュータシステムにおける搾取ができるようにする際の、人としての側面の分析について説明できる。（人の力学）		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
教科書・参考書	デジタル・フォレンジック概論 羽室英太郎, 國浦淳, 東京法令出版, 2015		
授 業 展 開	1	授業の概要を説明する。新しい技術の発展がサイバーセキュリティ与える影響	
	2	新たな犯罪の取締りにおけるサイバーセキュリティの技術とデジタルフォレンジック	
	3	パソコンにおけるメモリフォレンジック, 周辺機器の取り扱い	
	4	パソコンにおけるデジタルフォレンジック (ファイルの複写と復元)	
	5	ネットワークにおけるデジタルフォレンジック (ログの収集)	
	6	ネットワークにおけるデジタルフォレンジック (ログの監視, 分析, 解析)	
	7	クラウドコンピューティングにおけるセキュリティの課題	
	8	クラウドコンピューティングにおけるデジタルフォレンジック	
	9	モバイルにおけるデジタルフォレンジック	
	10	マルウェアの分析方法	
	11	各種ツールを使ったマルウェアの分析	
	12	マルウェアにおけるセキュリティの実装	
	13	セキュリティ測定基準とデジタルフォレンジック	
	14	デジタルフォレンジックと人のセキュリティ	
	15	これまでの授業の振り返り。デジタルフォレンジックの今後について。デジタルフォレンジックと社会的な見方	
	16	期末試験	

講義名	データのスケラビリティと分析		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	データの分析技法とデータの活用について学ぶ。		
目的	大規模で多様なデータセットから収集、クリーニング、操作、保存、分析、可視化、有用な情報の抽出に使用される重要な技術について学ぶ。 大量の構造化データおよび非構造化データを分析するためのデータマイニングおよび機械学習アルゴリズムについて学びます。 異なるアプリケーションドメインにおける大規模データ分析の課題について学びます。		
目標	現実の問題を解決するために、適切なデータ分析方法を使用できる。 データ前処理技術（データ統合、データクレンジング、データ変換、データ削減）を活用して、分析用のデータセットを準備できる。 Hadoop, Spark, R および Rstudio, MapReduce, SAS などのツールを使用できる。 クラスタおよびクラウド基盤において、データの集約とストリーミング分析を使用して、組織のより良い意思決定を推進することができる。 / 大規模なデータ分析がケーススタディを使用して組織のパフォーマンスに及ぼす影響を調べることができる。		
先修科目	(なし)		
関連科目	情報管理 1～3		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	授業の概要、到達目標、授業の進め方について説明する。データサイエンスについて、新しく話題になっている分野について学ぶ。大量のデータソースについて学ぶ。	
	2	非常に大量のデータの分析における課題について学ぶ。組織における重要かつ実用的な領域において、分析をどのように活用できるかについて学ぶ。	
	3	大量、多様性、迅速性、真正性などが求められる大規模なデータに関する課題について学ぶ。センサネットワーク、金融、小売、ゲノミクス、ソーシャルメディアなど、さまざまな分野で大規模なデータ分析の課題について学ぶ。大きなデータセットの処理と生成に使用できるさまざまなデータプラットフォームを理解し、特徴について学ぶ。	
	4	R や Python などの統計的プログラミング言語の文法について学ぶ。	
	5	一般的な ETL(データの抽出、変換、データウェアハウスなどへのロード) のシナリオについて学ぶ。データ統合、データクレンジング、データ変換、データ削減などのデータ前処理技術を適用について学ぶ。	
	6	デジタルデータの大規模かつ複雑な集合体から、知識と知見を抽出する方法について議論することについて学ぶ。データマイニングソフトウェアを使用して、具体例を対象にデータマイニングを実行することについて学ぶ。	
	7	よく使用されるデータ分析方法の技術的基礎について学ぶ。現実世界の問題を解決するための適切なデータ分析方法について学ぶ。	
	8	R および RStudio, MapReduce / Hadoop, および SAS などのツール使い方について学ぶ。	
	9	データ分析の結果を技術者および管理者に伝えることを学ぶ。ビジュアルな表現を用いてデータ分析の結果を効果的に伝えることについて学ぶ。	
	10	大規模データを管理するためのデータガバナンスの重要性の特定について学ぶ。データを保護するための論理的および物理的アクセスセキュリティ制御について学ぶ。	
	11	大規模なデータ分析に起因する現在の社会的、倫理的、法的、および政策上の問題の特定について学ぶ。	
	12	データの倫理を定義について学ぶ。データ管理に適用される遵守すべき規則と規制について学ぶ。	
	13	組織の問題を分析上の問題として定義することを学ぶ。戦略的な組織の問題に取り組む際に、大規模な分析手法と技法をどのように適用するかについて学ぶ。	
	14	ケーススタディのシナリオにデータ分析ライフサイクルを適用することについて学ぶ。クラスタおよびクラウド基盤上でデータを集約する仕掛けの実装について学ぶ。	
	15	ケーススタディを使用して組織のパフォーマンスに及ぼす大規模データ分析の影響を調べることについて学ぶ。	
	16	期末試験	



講義名	IoT 技術		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	デジタル技術を使ってイノベーションを促進するためには、IoT 技術の理解は欠かせない。本講座では、IoT システムを構築・活用していくのに必須となる知識と活用方法を、具体的な応用例も含めて学ぶ。		
目的	IoT ソリューションの革新的な設計と開発に携わるための基礎知識とスキルを学ぶ。 IoT 分野の動向と特徴を学ぶ。 IoT 設定におけるユーザインタラクションの課題とアプリケーションパターンの分析について学ぶ。		
目標	様々なドメイン、主要コンポーネント、アーキテクチャフレームワークを設計し、IoT 盗難警報システム内の信号処理用のセンサーとアクチュエータのインターフェースを設計できる。(IoT システムの設計と開発) マルチメディアシステム内のデータを取得するために、アドホックネットワークアーキテクチャ内でワイヤレスセンサーを使用できる。(無線データ収集) インテリジェントな情報処理と自動制御システムを使用して、IoT システムの関連性の高いアプリケーションを評価できる。(IoT システム評価)		
授業方法	講義+演習	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	IoT システムについて、センサーからゲートウェイ、クラウド、アクチュエータまでのシステム構成、主要な要素技術を学び、どんな価値を生み出しているか、IoT によるイノベーションの全体像を学ぶ。	
	2	IoT コンセプトがどのように発展してきたか、歴史と進展の経緯、ネットワーク・IoT 機器の技術動向を国際標準の動きも含め学ぶ。	
	3	諸外国の IoT 戦略を概観するとともに、日本の Society5.0 (超スマート社会) の動向と、スマートファクトリー、医療介護分野、スマートホームなどにおける IoT 技術活用の具体例を学ぶ。	
	4	実際の IoT 自動制御システム等の運用の現状を知り、その考慮点、セキュリティなど安全性を含めて IoT システムの課題、対応策など今後の方向性について学ぶ。	
	5	IoT システムのフレームワーク、構成要素とデータ連携方式のパターンなどシステムの企画・設計における基本と留意事項を学ぶ。	
	6	国内外の IoT プラットフォームの特徴と比較、実現しているソリューションの動向について、IoT デバイス管理、IoT データ活用基盤、IoT アプリ・分析基盤の個々の観点から学ぶ	
	7	ウェアラブルデバイスも含めて、多種多様なデバイスの種類、用途や動作原理・消費電力・無線モジュールのインタフェース等のセンサー技術を学ぶ。	
	8	データの収集・蓄積のため、複数センサーを組み合わせ、デジタルデータを処理しやすい形に変換、ネットワーク接続する流れを、実際の課題も含めて学ぶ。	
	9	ワイヤレスセンサーネットワーク設計、アドホックネットワーク設計の考慮点について、ゲートウェイ・Wi-Fi・LPWA なども含めて学ぶ。	
	10	IoT システムを構成するネットワークは重要な要素であり、デバイス設置環境によっては、電力面、通信エリアなどの条件により LPWA などの技術も認識する必要がある。IoT ネットワークの現状と今後の動向について学ぶ。	
	11	実デバイスやクラウドを用いてデータの収集、蓄積、分析、フィードバックなど一連のプロトタイプシステム構築の実習を行う。(前半)	
	12	実デバイスやクラウドを用いてデータの収集、蓄積、分析、フィードバックなど一連のプロトタイプシステム構築の実習を行う。(後半)	
	13	センサーデータの収集・分析・フィードバックの流れにおけるビッグデータ分析、アプリケーション設計のポイントについて、いくつかの事例をベースに学ぶ。また、基幹システムとの連携についても学ぶ。	
	14	防災、産業、電力等の領域を特定し、IoT を活用して新サービスを創出するためのビジネスモデルの提案、及びそのシステム概要の設計演習を行う。	
	15	IoT システムの構築における、セキュリティ、コスト面、データ利活用の環境整備、IoT 特許など今後の課題と展望について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	モバイル開発		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	スマートフォンやタブレットなどのモバイルデバイスのアプリケーションシステムの開発技術を学ぶ。		
目的	モバイル端末のアプリケーションの開発手法について学ぶ。 iOS や Android におけるモバイル端末のソフトウェア構造について学ぶ。 異なるプラットフォームにおけるアプリケーション開発手法について学ぶ。		
目標	複数のモバイル端末における構造の違いを示せる。 API やプラットフォーム独立のインタプリタ言語を用いたウェブアプリケーションが対比できる。 サーバサイドプログラミングを用いて、サーバサイドのアプリケーションの設計ができる。		
先修科目	プログラミング3, ウェブ技術, 情報ネットワーク2, 情報管理1		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業展開	1	モバイル端末のアプリケーション開発の概要を学ぶ。	
	2	各種のモバイル端末の変遷とアプリケーション開発手法の概要を学ぶ。	
	3	モバイル端末のユーザインタフェースや基本的仕組みを学ぶ。	
	4	モバイル端末のアプリケーションにおける、性能と消費電力のトレードオフなどの制約について学ぶ。	
	5	モバイル端末用の簡単なアプリケーションを作成する。	
	6	ウェブを利用した、モバイル端末の種類に依存しないアプリケーションを開発する手法を学ぶ。	
	7	モバイル端末とサーバとの通信の手法を学ぶ。	
	8	モバイル端末におけるサーバサイドプログラミングについて学ぶ。	
	9	モバイルアプリケーションの性能評価について学ぶ。	
	10	文字、図形、ジェスチャーの扱いについて学ぶ。	
	11	ユーザインタフェースと使いやすさについて学ぶ。	
	12	SDK やクロスプラットフォームのアプリケーション開発について学ぶ。	
	13	モバイル端末の基本的なサービスと機能について、その扱い方を含めて学ぶ。	
	14	ファイルのデータの扱いについて、文書ファイル、グラフィックデータおよびアニメーションについて学ぶ。	
	15	さまざまなウェブとモバイル通信における、特質について学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	ソフトウェア開発と管理		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	ソフトウェアを開発するためのプロセス、アクティビティと、ソフトウェア開発プロジェクトのマネジメントの考え方、技法を学ぶ。		
目的	ソフトウェアプロセスモデルとソフトウェアプロジェクト管理について学ぶ。 ソフトウェアライフサイクルの段階について学ぶ。(要件と分析、設計と構築、テスト、展開、運用、および保守)		
目標	ソフトウェアライフサイクルのプロセス、アクティビティを説明できる。 ソフトウェア開発プロジェクトのマネジメントの対象と方法を説明できる。 ソフトウェアの構成管理、リリース管理の考え方と、それをサポートするバージョン管理ツールの機能を説明できる。		
先修科目	プロジェクトマネジメント、システム構築		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授業 展 開	1	講義全体の説明と、ソフトウェア開発プロセスの概要、開発のマネジメントの重要性を学ぶ。	
	2	ソフトウェア開発プロセス(要件定義プロセス、方式設計プロセス)について学ぶ。	
	3	ソフトウェア開発プロセス(方式設計以降の開発プロセス)について学ぶ。	
	4	ソフトウェア開発プロセス(プロジェクトプロセス、支援プロセス)について学ぶ。	
	5	各種開発プロセスモデルの特徴と適用に適したシステム/プロジェクトの特性について学ぶ。	
	6	ソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントの全体について学ぶ。	
	7	ソフトウェア開発プロジェクトの進捗管理について学ぶ。	
	8	ソフトウェア開発プロジェクトのリスク管理について学ぶ。	
	9	ソフトウェア開発プロジェクトの品質管理について学ぶ。	
	10	ソフトウェア開発の構成管理、リリース管理及びバージョン管理ツールについて学ぶ。	
	11	バージョン管理ツールを使った構成管理、リリース管理を実習する。	
	12	疑似ソフトウェア開発プロジェクトでプロジェクト管理の演習を行う。	
	13	疑似ソフトウェア開発プロジェクトでプロジェクト管理の演習の続きを行う。	
	14	プロジェクト管理の演習の結果を踏まえて、プロジェクト管理について振り返る。(気づきを整理して発表する)	
	15	ソフトウェアの移行、運用、保守のプロセスについて学ぶ。	
	16	期末試験	

講義名	IT の社会的責任		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	後期
概要	デジタル経済の大進展とともに大きくなる IT の社会的な責任について、SDGs、政府・行政の役割などを含めて学ぶ。		
目的	IT・コンピューティングに関わる社会・行政の規制および環境問題の側面を学ぶ。 組織が成功に至るためのチームダイナミクス、倫理、プロフェッショナルリズムの重要性を学ぶ。 情報技術とリスクマネジメントの役割を学ぶ。 「グリーンコンピューティング」につながるエネルギー管理・標準について学ぶ。		
目標	政府の IT 環境においてチームワーク、倫理、法律上の配慮が果たす役割を分析できる。（チームワーク、法的および倫理的な考慮事項） 行政と環境の規制を評価し、それがどのように組織の環境に影響を与えるかを評価できる。（政府と環境） セキュリティ侵害とそれが金融機関に及ぼす影響を評価するために必要なスキルを身につけることができる。（危機管理）		
先修科目	IT プロフェッショナル行動規範		
授業方法	講義＋演習	評価方法	レポート＋討論
授 業 展 開	1	講座全体の概要を説明する。社会において IT が果たしてきた歴史的役割を考察し、社会全体に対する影響の大きさを認識し、社会の中で IT プロフェッショナルの果たす役割について学ぶ。	
	2	IT の社会的責任を具体的に考察するため、企業の CSR に関する報告書等をベースに IT がどのように社会問題と関わっているかを、演習を通じて学ぶ。	
	3	IT の社会課題解決を目指すチームについて、チーム目標設定・タスクの分担、スケジュールリングなど様々なチームコラボレーション、チームビルディングについて学ぶ。	
	4	IT の飛躍的進展に既存の社会制度・ビジネスルールが追いつかない状況で、IT の倫理的課題にどう対応するか、ロボット工学／AI の人間社会への影響を含めて考察する。	
	5	自動運転、自動制御などの自動化が進む中で、技術者が直面する倫理ジレンマのケースを取り上げ演習を行う。	
	6	社会課題の解決に向けて実施する政策・規制などについて、政府・行政が行う役割について、産官学連携のありかたを含めて学ぶ。	
	7	サイバー攻撃に対する対策や情報セキュリティの意識高揚等のセキュリティに関する危機管理について学ぶ。	
	8	サイバーセキュリティのリスクを低減するためのとるべきアクションを、具体的事例をもとに検討する。（グループで議論・発表する演習）	
	9	IT は経済・社会活動を支えるインフラとなっているため、操作ミスや品質問題などによる重大な事故を防止することが求められる。そのために IT プロフェッショナルが考慮すべき内容について学ぶ。	
	10	大規模な情報システムダウンの具体的なケースに対し、IT リスクをどのように考えるべきか、システムの安全性・信頼性という側面以外に人間心理・ヒューマンコミュニケーション等の側面からも分析する演習を行う。	
	11	グリーンコンピューティングに関連したグローバル課題や地球環境保全と IT の関連について学ぶ。	
	12	膨大なデータ量に対するグリーンコンピューティングの推進方策について、ケーススタディ演習を行う。	
	13	IT の社会的な責任の観点から、持続可能な開発目標（SDGs）の基本的な考え方と認識すべき事項を学ぶ。	
	14	SDGs の 17 個の目標の中で一つを取り上げ、その課題解決に向けて IT がどのように貢献できるかをグループ演習で議論する。	
	15	金融、政治など領域を限定し、IT 活用によるメリット・デメリットを総合的に整理・分析し、IT の社会的責任を考える視点を学ぶ。	

講義名	仮想システムと仮想サービス		
単位数	2	必修・選択	選択
学年	3	開設学期	前期
概要	仮想システム及び仮想サービスの仕組みについて学ぶ。		
目的	仮想化の仕組み及び技術と、その関連オープンソースコンポーネントについて学ぶ。 ネットワークストレージについて学ぶ。 クラスタを構築するために必要な技術について学ぶ。		
目標	仮想化されたプラットフォームと仮想化されていないプラットフォームの違いを説明できる。 仮想デスクトップ、仮想サーバ、クラスタをインストールできる。		
授業方法	講義	評価方法	試験 80%+レポート 20%
授 業 展 開	1	講義全体の説明と、仮想化技術の概要と仮想化技術がどのような場合にメリットをもたらすのかを学習する。	
	2	ユーザプラットフォームの仮想化技術について、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	3	ホストマシン上に異なる OS をインストールして、仮想化されたユーザプラットフォームを利用する実習を行う。	
	4	ネットワークの仮想化技術及びネットワークストレージについて、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	5	サーバの仮想化技術について、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	6	サーバの仮想化技術について、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。(続き)	
	7	ホストサーバに仮想マシンをインストールして利用する実習を行う。	
	8	サーバークラスタについて、その種類と仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	9	クラスタを管理するために利用するツールと技術について学ぶ。	
	10	クラスタを構成し、管理する実習を行う。	
	11	ソフトウェアのクラスタリング利用目的と、その仕組み、メリット、デメリットについて学ぶ。	
	12	フェイルオーバーの仕組みと技術的な要件について学ぶ。	
	13	フェイルオーバーの仕組みと技術的な要件について学ぶ。(続き)	
	14	負荷分散システム (ロードバランシングシステム) の目的と仕組みについて学ぶ。	
	15	負荷分散システム (ロードバランシングシステム) の技術的な要件について学ぶ。	
	16	期末試験	

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言  
Cyber Security

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

Cyber Security (CyS)

目次

1.	はじめに	1
2.	サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況	1
3.	サイバーセキュリティのカリキュラム作成の支援	8
4.	おわりに	12
5.	参考情報	13

WG 構成

寺田真敏(主査)	中央大学
上原哲太郎	立命館大学
大久保隆夫	情報セキュリティ大学院大学
菊池浩明	明治大学
齋藤孝道	明治大学
佐藤直	情報セキュリティ大学院大学
西垣正勝	静岡大学
平山敏弘	NPO 日本ネットワークセキュリティ協会

## 1. はじめに

情報専門学科カリキュラム標準 J17 では、サイバーセキュリティを側面別カリキュラム標準と位置付けている。本報告では、サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況とともに、「一般教育レベル」「セキュリティ基礎レベル」「セキュリティ専門レベル」の3段階に分類した参考となるカリキュラムについて述べ、今後の取り組みを概説する。

## 2. サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況

日本ではIT人材とサイバーセキュリティ人材の不足が指摘されており、2016年3月に、内閣サイバーセキュリティセンターからも「サイバーセキュリティ人材育成総合強化方針」が発表されている状況にある。国内産業界においては、2015年2月に経団連から「サイバーセキュリティ対策の強化に向けた提言」が公開され、産業界として具体的な取り組みを進めるため、翌2015年6月には「産業横断サイバーセキュリティ人材育成検討会」を発足させている。さらに、サイバーセキュリティにかかるインシデントに対処する体制であるシーサート(CSIRT)に求められる人材、セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップの作成や産業サイバーセキュリティセンターの人材育成事業など、産業界で求められる人材を育成していくための様々な取り組みが行われている。このような状況を踏まえ、国内学術界においては、2016年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究において、「高等教育機関における情報セキュリティ教育実施のためのモデル・コア・カリキュラムの策定」が進められてきている。

J17 サイバーセキュリティWGでは、このような流れを受け、求められる人材像を明らかにすること、その人材に必要なスキルを明らかにすること、スキルに関してレベル分けをすることが、ニーズを踏まえたカリキュラム作成などサイバーセキュリティ教育を進めるために有効であろうと考え調査を行った。

### 2.1. シーサート(CSIRT)に求められる人材

求められる人材像については、日本シーサート協議会が作成したシーサート(CSIRT)に求められる人材像を参考とした。シーサート(CSIRT: Computer Security Incident Response Team)は、サイバーセキュリティにかかるインシデントに対処するための組織の総称であり、インシデント関連情報、脆弱性情報、攻撃予兆情報を収集、分析し、対応方針や手順の策定などの活動を役割としている。国内シーサートの団体である日本シーサート協議会では、シーサートに求められる人材をその役割と共に明示しており(表1)[1]、サイバーセキュリティ人材のベースとなるモデルとして、セキュリティ知識分野(SecBoK)人



材スキルマップなどで参照されている。

[1] CSIRT 人材の定義と確保

<http://www.nca.gr.jp/activity/training-hr.html>

表1 シーサートに求められる人材

名称	役割
CSIRT 責任者、CSIRT 全体統括、コマンダー	自組織で起きているセキュリティインシデントの全体統制を行う。重大なインシデントに関してはCISO や経営層との情報連携を行う。また、CISO や経営者が意思決定する際の支援を行う。
連絡/調整担当、自組織外・自組織内連絡担当、IT 部門調整担当	社外窓口として、JPCERT/CC、NISC、警察、監督官庁、NCA、他 CSIRT 等との連絡窓口となり、情報連携を行う。 社内窓口として、IT 部門、法務、渉外、IT 部門、広報、各事業部等との連絡窓口となり、情報連携を行う。
トリアージ担当、優先順位選定担当	発生している事象に対して優先順位を決定する。被害がある場合の復旧優先順位や、拡散している場合にはどのシステムから停止していくべきか等の判断を行う。
インシデントマネージャー、インシデント管理担当	インシデントハンドラーに指示を出し、インシデントの対応状況を把握する。対応履歴を管理するとともにコマンダーへ状況を報告する。
インシデントハンドラー、インシデント処理担当	インシデントの処理を行う。セキュリティベンダーに処理を委託している場合には指示を出して連携し、管理を行う。状況はインシデントマネージャーに報告する。
ノーティフィケーション担当、組織内情報発信担当、自組織内調整・情報発信担当	自組織内を調整し、各関連部署への情報発信を行う。自組織システムに影響を及ぼす場合には IT 部門と調整を行う。
リサーチャー、情報収集担当	セキュリティイベント、脅威情報、脆弱性情報、攻撃者のプロファイル情報、国際情勢の把握、メディ

名称	役割
	ア情報などを収集し、キュレーターに引き渡す。単独機器の分析は行うが、相関的な分析はしない。
キュレーター、情報分析担当	リサーチャーの収集した情報を分析し、その情報を自組織に適用すべきかの選定を行う。リサーチャーと合わせてSOC(セキュリティオペレーションセンター)で実施することが多い。
セルフアセスメント担当、影響評価担当	自組織環境や情報資産の現状分析を行う。平常時の際にアセスメントを実施しておき、インシデント発生時にはアセスメント結果に基づいて影響範囲を特定する。
フォレンジック担当	システム的な鑑識、精密検査、解析、報告を行う。悪意のある者は証拠隠滅を図ることもあるため、証拠保全とともに、消されたデータを復活させ、足跡を追跡することも要求される。
インベスティゲーター、犯罪/不正調査担当	外部からの犯罪、内部犯罪の解決に向け調査する。セキュリティインシデントはシステム障害とは異なり、悪意のある者が存在する。通常の犯罪捜査と同様に、動機の確認や証拠の確保、次に起こる事象の推測などを詰めながら論理的に調査対象を絞っていくことが要求される。

## 2.2. セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップ

人材に必要なスキルについては、日本ネットワークセキュリティ協会が作成したセキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップを参考とした。セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップでは、セキュリティ知識分野の項目を規定すると共に(表 2)、情報セキュリティサービスベンダにおける人材についてはセキュリティ専門会社が定義する職種と、ユーザ企業における人材については、シーサートに求められる人材との対応付けをしている[2]。この紐付けを利用することで、サイバーセキュリティ人材で必要となるセキュリティ知識分野の項目を概観できる。

[2] セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップ 2017年版

表2 セキュリティ知識分野(SecBoK)人材スキルマップの項目

分野	大項目	中項目	小項目
基礎	ICT 基礎	情報理論	情報理論に関する知識、一般的なエンコード技術の識別に関するスキル
		計算機ハードウェア	マイクロプロセッサに関する知識、マンマシンインタラクションの原理に関する知識、計算機アーキテクチャに適用される電子工学(回路ボード、プロセッサなど)
		ネットワークインフラ	計算機ネットワークの基礎に関する知識、組織のLAN/WANの経路に関する知識、LANとWANの原理とコンセプトに関する知識、ネットワーク設計プロセスに関する知識など
		通信プロトコル・サービス	ネットワーク通信を提供するために、ネットワークサービスとプロトコルがどのように作用するかに関する知識、ネットワークアクセス、識別及びアクセス管理に関する知識など
		データ構造	データ管理とデータ標準化に関するポリシーと標準に関する知識、複雑なデータ構造に関する知識、データマイニングとデータウェアハウスの原理に関する知識など
		データベース	データベース理論に関する知識、データベース管理システム、問い合わせ言語、テーブル関係及びビューに関する知識、データベースシステムに関する知識など
		ナレッジマネジメント	ナレッジマッピング(ナレッジリポジトリのマップ)の実施に関するスキル、ナレッジマネジメント技術の利用に関するスキル
		アルゴリズムとプログラミング	計算機アルゴリズムに関する知識、計算機プログラミングの原則に関する知識、低レベル言語に関する知識、プログラミング言語の構造とロジックに関する知識など
		オペレーティングシステム	オペレーティングシステムに関する知識、サーバとクライアントのOSに関する知識、適用可能なシステム構成要素の識別、修正及び操作に関するスキルなど
		ソフトウェア	ソフトウェア工学に関する知識、ソフトウェアの構成と最適化に関するスキル、ソフトウェア設計ツール、手法及び技法に関する知識、ソフトウェアの品質保証プロセスに関する知識など

分野	大項目	中項目	小項目
		システム開発	システム開発のコンセプトに関するスキル、ソフトウェアのデバッグ原理に関する知識、ソフトウェアのデバッグの実施に関するスキル、デバッグ手続きとツールに関する知識など
		システム運用	システム運用のコンセプトに関するスキル、システム管理のコンセプトに関する知識、サーバ管理とシステム工学の理論、コンセプト及び手法に関する知識など
		エンタープライズアーキテクチャ	エンタープライズ IT アーキテクチャに関する知識、組織のエンタープライズ IT のゴールと目的に関する知識、情報技術のアーキテクチャコンセプトとフレームワークに関する知識など
		アプリケーションとサービス	仮想化技術と仮想マシンの開発と保守に関する知識、仮想マシンの利用に関するスキル、企業内メッセージングシステムと関連するソフトウェアに関する知識など
		その他	計算機の基本的操作に関するスキル、デジタル著作権管理に関する知識、個人識別情報と PCIDSS に関する知識、ITSS レベル 2 程度の基礎的な IT リテラシー
	工学基礎	16 進データの読解に関するスキル、プロセス工学のコンセプトに関する知識、システムエンジニアリングプロセスに関する知識、全 5 レベルにおける CMMI に関する知識など	
	ビジネス基礎	組織の評価と検証に関する要件に関する知識、組織のデータ資産のソース、特徴及び利用に関する知識、顧客組織の適用可能なビジネスプロセスと運用に関する知識など	
セキュリティ基礎	総論	情報セキュリティシステム工学の原理に関する知識、機密性、完全性、可用性、認証及び否認防止に関連する情報保証の原理と組織要件に関する知識など	
セキュリティガバナンス	総論	組織の企業情報セキュリティアーキテクチャシステムに関する知識、インテリジェンスの報告原理、方針、手続き及び手段、組織のリスク受容および/またはリスク管理のアプローチに関する知識	
セキュリティマネジメント	総論	セキュリティマネジメントに関する知識、システムセキュリティの目的を反映したポリシーの作成に関するスキル、情報保証の原理と信条に基づくセキュリティ管理策の設計に関するスキルなど	

分野	大項目	中項目	小項目
ネットワークセキュリティ	総論		ネットワーク通信のセキュア化に関するスキル、何がネットワーク攻撃及び脅威と脆弱性の双方への関係を構成するかに関する知識、脆弱性とシステム内の設定情報に基づくシステム的なセキュリティ問題を識別する能力など
	トラフィック解析		ネットワークトラフィック解析手法に関する知識、パケットレベル解析に関する知識、適切なツールを用いたパケットレベル解析の実施に関するスキルなど
	侵入検知		IDS ツールとアプリケーションに関する知識、IDS のハードウェアとソフトウェアの種類に関する知識、侵入検知技術によるホストならびにネットワークベースの侵入の検知に関するスキルなど
	脆弱性診断		脆弱性診断に関する基礎知識、ペネトレーションテストの原理、ツール及び技術に関する知識、警告、アドバイザリ及び報告書から得られる既知の脆弱性に関する知識など
	フィルタリング		ウェブフィルタリング技術に関する知識
	アクセス制御		ポリシーベースとリスクに適応できるアクセス制御に関する知識、ホスト/ネットワークのアクセス制御に関する知識など
	VPN		VPN セキュリティに関する知識、VPN 装置と暗号化の利用に関するスキル
	深層防御		深層防御の原理とネットワークセキュリティアーキテクチャに関する知識
システムセキュリティ	総論		アプリケーションの脆弱性に関する知識、システムとアプリケーションのセキュリティ上の脅威と脆弱性に関する知識、システムとアプリケーションのセキュリティ上の脅威と脆弱性など
セキュアシステム設計・構築	総論		ソフトウェアのセキュリティとユーザビリティを含む、システムライフサイクルマネジメントの原理に関する知識、セキュアな構成管理技術に関する知識、特定したセキュリティリスクについての対策の設計に関するスキルなど
	セキュアプログラミング		ソフトウェア開発に適用するための情報保証の原理と手法に関する知識、セキュアコーディング技術に関する知識、ソフトウェア関連の情報技術のセキュリティに関する原理と手法に関する知識など

分野	大項目	中項目	小項目
	テスト		ソフトウェアリリースにおける品質保証プロセスへのブラックボックスセキュリティテストツールの統合に関するスキル、セキュアテスト計画の設計に関するスキルなど
セキュリティ運用	総論		運用上のセキュリティに関する知識、新興の情報技術と情報セキュリティ技術に関する知識、システム診断ツールと障害識別技法に関する知識など
	インシデント対応		インシデントのカテゴリ、インシデントレスポンス及び応答のタイムラインに関する知識、インシデントレスポンスとハンドリングの方法論に関する知識など
	その他		内部不正の検出、報告、検出ツール及び法規制に関する知識と経験、セキュアな取得に関する知識、セキュリティイベント(事象)の相関ツールに関する知識
暗号・認証・電子署名	総論		暗号化アルゴリズムに関する知識、暗号に関する知識、暗号化手法に関する知識、アクセス時の認証手法に関する知識、一方向性ハッシュ関数に関するスキル
サイバー攻撃手法	総論		現在及び新興の脅威/攻撃手法に関する知識、攻撃者に悪用される可能性のある新興のコンピュータベースの技術に関する知識、一般的な攻撃ステージに関する知識など
	マルウェア		マルウェアの取扱いに関するスキル、マルウェアからのネットワークの保護に関するスキル、マルウェア解析のコンセプトと手法に関する知識、マルウェア解析ツールに関する知識
	その他		正常な動作に見せかける振る舞いに関するスキル、ソーシャルエンジニアリング技術の利用に関するスキル、Windows または Unix/Linux 環境におけるハッキング手法に関する知識など
デジタルフォレンジクス	総論		デジタルフォレンジクス用データの処理に関する基本コンセプトと実践に関する知識、標準の運用手続きまたは国内標準に基づいて証拠の完全性を維持するスキルなど
法・制度・標準	総論		業界標準かつ組織的に受け入れられる解析原理と手法に関する知識、プライバシー影響評価(PIA)に関する知識、システム設計に係るシステムソフトウェアならびに組織設計標準など

### 2.3. スキルに関するレベル分け

スキルに関するレベル分けについては、平成 28 年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業 工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究(情報セキュリティ人材育成) [3]などを参考にして、3段階の分類を利用することとした(表 3)。

表 3 スキルに関するレベル分け

レベル		内容
一般教育レベル		一般教養としての情報セキュリティに関する知識を備え、適切な判断ができる人材を対象とするもの
専門レベル	<基礎> セキュリティ基礎	情報セキュリティに関する基礎的な知識・経験と意識を身につけたい人材を対象とするもの
	<応用> セキュリティ専門	習得した知識・実践的経験を自らの専門分野のセキュリティ対策に活かせる人材を対象とするもの

[3] 平成 28 年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業 工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究(情報セキュリティ人材育成に関する調査研究)

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/sangaku2/1387701.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/sangaku2/1387701.htm)

### 3. サイバーセキュリティのカリキュラム作成の支援

サイバーセキュリティを側面別カリキュラム標準と位置付けていることから、サイバーセキュリティのカリキュラム作成に参考となるよう調査結果をまとめた。

#### 3.1. 各情報専門教育との対応

カリキュラムモデルにまず必要となるのは、教えるべき知識項目の整理である。そこで、サイバーセキュリティのカリキュラム作成の際に参考となる、セキュリティ知識分野 (SecBoK) 人材スキルマップにおける各情報専門教育がカバーする範囲と表 3 の専門レベルを対象としたレベル分けを整理した(表 4)。なお、専門レベルの前提知識の項目については、ICT 基礎として分類している。

表 4 各情報専門教育との対応とレベル分け

分野   大項目   中項目	CS	IS	CE	SE	IT	GE	CyS ICT 基 礎	CyS セキュ リティ 基礎	CyS セキュ リティ 専門
基礎   ICT 基礎   情報理論	●			●	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   計算機ハードウェア	●	●		▲	●		●		
基礎   ICT 基礎   ネットワークインフラ	●	●		▲	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   通信プロトコル・サービ ス	●	●		▲	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   データ構造	●	●		▲	▲		●		
基礎   ICT 基礎   データベース	●	●		▲	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   ナレッジマネジメント	●	●		▲	▲	●	●		
基礎   ICT 基礎   アルゴリズムとプログラ ミング	●			●	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   オペレーティングシステ ム	●	●		▲	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   ソフトウェア	●	●		●	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   システム開発	●			●	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   システム運用	▲	●		▲	●	●	●		
基礎   ICT 基礎   エンタープライズアーキ テクチャ	▲	●		×	●		●		
基礎   ICT 基礎   アプリケーションとサー ビス	●			▲	●		●		
基礎   ICT 基礎   その他	▲	●		▲	●	●	●		
基礎   工学基礎	●			●		●	●		
基礎   ビジネス基礎	×	●		▲	▲				
セキュリティ基礎   総論	●	●	●	●	●	●		●	
セキュリティガバナンス   総論		●	▲	▲	●				●
セキュリティマネジメント   総論	▲	●	●	▲	●				●
ネットワークセキュリティ   総論	●		●	▲	●	●		●	
ネットワークセキュリティ   トラフィッ ク解析	▲		▲	▲	●				●
ネットワークセキュリティ   侵入検知	▲		▲	▲	●				●



分野   大項目   中項目	CS	IS	CE	SE	IT	GE	CyS ICT 基 礎	CyS セキュ リティ 基礎	CyS セキュ リティ 専門
ネットワークセキュリティ   脆弱性診断	▲		▲	●	●				●
ネットワークセキュリティ   フィルタリ ング	▲		●	▲	●			●	
ネットワークセキュリティ   アクセス制 御	▲		●	▲	●			●	
ネットワークセキュリティ   VPN	▲		●	▲	●			●	
ネットワークセキュリティ   深層防御	▲		×	▲	▲				●
システムセキュリティ   総論	▲		●	●	●	●		●	
セキュアシステム設計・構築   総論	●		×	●	●				●
セキュアシステム設計・構築   セキュア プログラミング	●		×	●	●			▲	●
セキュアシステム設計・構築   テスト	●		×	●	●				●
セキュリティ運用   総論	▲		●	▲	●				●
セキュリティ運用   インシデント対応	▲		●	×	●				●
セキュリティ運用   その他	×	●	▲	×	▲				●
暗号・認証・電子署名   総論	●		●	●	●			●	
サイバー攻撃手法   総論	●		●	●	●			▲	●
サイバー攻撃手法   マルウェア	●		●	▲	●			▲	●
サイバー攻撃手法   その他	▲		×	▲	●				●
デジタルフォレンジクス   総論	●		▲	×	●				●
法・制度・標準   総論	▲		●	▲	▲				●

●：実施すべき

▲：実施すると良い

×：実施の必要はない

### 3.2. モデル・コア・カリキュラム

サイバーセキュリティのカリキュラム作成において参考となるモデルカリキュラムについては、平成28年度理工系プロフェッショナル教育推進委託事業 工学分野における理工

系人材育成の在り方に関する調査研究(情報セキュリティ人材育成)[3]のモデル・コア・カリキュラムを一般教育、セキュリティ基礎、セキュリティ専門レベル分けをし、整理し直した(表5)。詳細については、参考情報を参照のこと。

表5 モデル・コア・カリキュラム：レベルによる分類

レベル		モデル・コア・カリキュラム
一般教育		例示①：一般教養としての情報セキュリティに関する講義を対象とするもの
セキュリティ基礎		例示②：学士課程卒業後就職を予定している理工系学生等を対象とするもの
		例示③：情報セキュリティを専門とする学科等を対象とするもの
セキュリティ専門	学生	例示④：修士課程に進学予定の情報系学士課程の学生を対象とするもの
		例示⑤：情報セキュリティに関する単独の科目を対象とするもの
		例示⑥：専門とは別に情報セキュリティを学ぶコース等を対象とするもの
		例示⑦：情報セキュリティを専門とする専攻等を対象とするもの
	社会人学生	例示⑧：社会人学び直し向け短期(2週間程度)集中コース
		例示⑨：社会人学び直し向け中期(3~6ヶ月程度)コース
		例示⑩：社会人学び直し向け長期(1年程度)コース

### 3.3. 既存カリキュラム

サイバーセキュリティのカリキュラム作成において、既存カリキュラムも参考になると考え、表6に示す視点から整理をした。詳細については、参考情報を参照のこと。

表6 既存カリキュラムの整理テンプレート

テンプレート名	概要
レベル分類	既存カリキュラムのレベルを一般教育、セキュリティ基礎、セキュリティ専門に分類する。
属性項目	既存カリキュラムの具体的なカリキュラムの例示として、属性項目のテンプレートに沿って例示する。

表7 レベル分類テンプレート

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象 年度	単位数	講義/ 演習	必修/ 選択	備考
一般教育	情報セキュリティ論	商学部	学部3,4年	2単位	講義	選択	
	:	:	:	:	:	:	
セキュリティ基礎	情報セキュリティ技術	理工学部	修士1年	2単位	講義	選択	
	:	:	:	:	:	:	
セキュリティ専門	暗号理論	理工学部	修士1年	2単位	講義	選択	
	:	:	:	:	:	:	

表8 属性項目テンプレート

項目	内容
大学名	〇〇大学
レベル	セキュリティ基礎
授業科目名	ネットワークセキュリティ
学部/学科	△△学部
想定対象年度	修士1年
単位数	2単位
講義/演習	講義
必修/選択	必修
目的	ネットワークにおける脅威の理解およびネットワークセキュリティ基礎技術の習得
授業の概要	セキュアな情報システムを構成するにあたって念頭に置くべき、基本的なネットワークセキュリティを習得する。
授業計画と内容	1 イントロダクション、ネットワーク社会に潜む危険の認識 2 ネットワークアーキテクチャとセキュリティ 3 TCP/IPとセキュリティ(1)特別な意味を持つIPアドレス 4 TCP/IPとセキュリティ(2)経路制御 :

#### 4. おわりに

本報告では、サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況、サイバーセキュリティのカリ

キュラム作成の支援について概説した。特に、サイバーセキュリティ教育を取り巻く状況として、産業界を中心に、求められる人材像を明らかにすること、その人材に必要なスキルを明らかにすることが、シーサートに求められる人材、セキュリティ知識分野 (SecBoK) 人材スキルマップという形で具体化されている。今後の取り組みとしては、サイバーセキュリティのカリキュラム作成の支援と、シーサートに求められる人材、セキュリティ知識分野 (SecBoK) 人材スキルマップのような具体的な事例との繋がり作っていくことで、情報学を専門とする学科対象の教育カリキュラムと産業界との繋がりを作っていくことである。

## 5. 参考情報

### 5.1. モデル・コア・カリキュラム

モデル・コア・カリキュラムの付録では、レベル分けしたモデル・コア・カリキュラムの概要を紹介する。

付表1 モデル・コア・カリキュラム：レベルによる分類

レベル	モデル・コア・カリキュラム	カリキュラムの概要	
一般教育	例示①：一般教養としての情報セキュリティに関する講義を対象とするもの	付表 2	
セキュリティ基礎	例示②：学士課程卒業後就職を予定している理工系学生等を対象とするもの	付表 3	
	例示③：情報セキュリティを専門とする学科等を対象とするもの	付表 4	
セキュリティ専門	学生	例示④：修士課程に進学予定の情報系学士課程の学生を対象とするもの	付表 5
		例示⑤：情報セキュリティに関する単独の科目を対象とするもの	付表 6
		例示⑥：専門とは別に情報セキュリティを学ぶコース等を対象とするもの	付表 7
		例示⑦：情報セキュリティを専門とする専攻等を対象とするもの	付表 8
	社会人	例示⑧：社会人学び直し向け短期(2 週間程度)	付表 9

	学生	集中コース	
		例示⑨：社会人学び直し向け中期(3～6ヶ月程度)コース	付表 10
		例示⑩：社会人学び直し向け長期(1年程度)コース	付表 11

付表 2 一般教育レベル

例示①：一般教養としての情報セキュリティに関する講義を対象とするもの

情報セキュリティリテラシー教育向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	学士課程の新生(1年次・学部問わず)	
受講者の知識・スキル	普通科高校卒業程度の知識・スキルを想定する	
育成する人材像	日常の社会生活を営む上で必要となる情報セキュリティに関する知識を備え、適切な判断ができる人材	
到達目標	コア部分	以下の5点について理解する。 ①情報セキュリティをなぜ考える必要があるか ②情報倫理と著作権に関して遵守すべき事項 ③代表的な脅威がもたらす影響と対策のための技術や仕組み ④情報セキュリティに関する法律や制度 ⑤情報社会においてセキュリティとして留意すべきこと
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分と同じ内容の詳細化)
関連科目との関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本科目受講に先立って受講しておくべき科目はなし</li> <li>・リテラシー科目として以下の①②のいずれかの指定を推奨： <ul style="list-style-type: none"> <li>①全学生必修</li> <li>②情報処理関連の演習または情報セキュリティ専門科目の受講には本科目の単位取得を要件とする</li> </ul> </li> </ul>	
実施方法	講義またはeラーニング教材自習	

付表 3 セキュリティ基礎レベル

例示②：学士課程卒業後就職を予定している理工系学生等を対象とするもの

就職を予定している学士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ分野の実践講座向け

種別	科目シラバス	
想定する受講者	学士課程で卒業を予定しており、セキュリティに関する知識を得たいと考える 3～4 年次在籍者(理工系学生や IT 技術の利用者となる学生)	
受講者の知識・スキル	理工系教養科目+情報リテラシー教育を想定する	
育成する人材像	産業界で必要となる情報セキュリティ分野に関する基礎的な知識を身につけた人材(セキュリティ分野への就職は前提としない)	
到達目標	コア部分	受講者の志望業界で求められる次のような情報セキュリティに関する 知見を習得し、実務に活用できるようにする。 (例 1)工学系(非情報): 制御システムのセキュリティ対策技術 (例 2)保健医療福祉系: 個人・機微情報の管理手法 (例 3)芸術系: 作品の脆弱性対策及び著作権保護
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分に同じ)
関連科目との関係	本科目受講に先立って受講しておくべき科目を設定しないが、受講する学生の前提知識に応じて、以下の内容に関する教育を推奨する。 ①情報とデジタルデータの概念 ②コンピュータとして総称することが可能な機器の概念	
実施方法	講義及び演習	

付表 4 セキュリティ基礎レベル

例示③：情報セキュリティを専門とする学科等を対象とするもの

情報セキュリティ分野を専門とする学科向け		
種別	カリキュラム	
想定する受講者	情報セキュリティを専門とする学科の学生(1～4 年次)	
受講者の知識・スキル	普通科高校卒業程度の知識・スキルを想定する。	
育成する人材像	情報セキュリティに関する基礎的な知識経験と意識を身につけた人材 (セキュリティ分野への就職は前提としない)	
到	コア部分	情報セキュリティ上の主要な脅威と対策について理解すると

達 目		ともに情報セキュリティ分野の代表的な要素技術について演習等を通じてそれぞれの原理と活用方法を習得する。
標	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分に同じ)
関連科目との関係		学科内で体系的に整備する。
実施方法		講義及び演習、卒業論文

付表5 セキュリティ専門レベル

例示④：修士課程に進学予定の情報系学士課程の学生を対象とするもの

進学予定の情報系学士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ分野の実践講座向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	修士課程でセキュリティを学びたいと考える学士課程 3～4 年次在籍者	
受講者の知識・スキル	理工系教養科目+情報リテラシー教育を想定する	
育成する人材像	情報セキュリティを本格的に学ぶ上で必要となる基盤的知識を習得した人材	
到達 目 標	コア部分	情報セキュリティ分野の要素技術網羅的でなく部分的でよいの習得を通じて対策の重要性と脅威に応じた対策方法について理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分に同じ)
関連科目との関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本科目受講に先立って受講しておくべき科目を設定しないが、受講する学生の前提知識に応じて、以下の内容に関する教育を推奨する。</li> <li>①情報とデジタルデータの概念</li> <li>②コンピュータとして総称することが可能な機器の概念</li> </ul>	
実施方法	講義及び演習	

付表6 セキュリティ専門レベル

例示⑤：情報セキュリティに関する単独の科目を対象とするもの

修士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ分野の単独科目向け	
種別	科目シラバス

想定する受講者	情報セキュリティ以外の分野を専攻する修士課程在籍者等	
受講者の知識・スキル	理系大学卒業程度の知識・スキルを想定する	
育成する人材像	情報セキュリティに関する基本的な知識を備えた人材 (セキュリティ分野への就職は前提としない)	
到達目標	コア部分	情報セキュリティに関する基本的な知識を備えた人材 (セキュリティ分野への就職は前提としない)
	コア以外を含むカリキュラム全体	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について、主要な脅威とその対策に関する技術的背景知識を通じて理解する。
関連科目との関係	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について理解する。	
実施方法	・ 修士課程において前提とする科目等はなし。	

付表7 セキュリティ専門レベル

例示⑥：専門とは別に情報セキュリティを学ぶコース等を対象とするもの

修士課程在籍者を対象とする情報セキュリティ専門講座等向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	専門とは別に情報セキュリティを学ぼうと考える修士課程在籍者等	
受講者の知識・スキル	理系大学卒業程度の知識・スキルを想定する	
育成する人材像	習得した知識実践的経験を自らの専門分野のセキュリティ対策に活かせる人材	
到達目標	コア部分	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について脅威の特徴や対策に用いられる要素技術に関する専門的内容を座学と演習の組み合わせを通じて理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について理解する。
関連科目との関係	以下について十分な知識を有することを前提とする。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンピュータネットワーク (TCP/IP、無線 LAN)</li> <li>・ コンピュータアーキテクチャ</li> <li>・ オペレーティングシステム (Windows 及び UNIX 系)</li> </ul>	



	・プログラミング言語(C言語、アセンブラ)
実施方法	講義及び演習

付表8 セキュリティ専門レベル

例示⑦：情報セキュリティを専門とする専攻等を対象とするもの

情報セキュリティを専門とする専攻科向け		
種別	カリキュラム	
想定する受講者	情報セキュリティを専門とする専攻科の学生	
受講者の知識・スキル	理系大学卒業程度の知識・スキルを想定する	
育成する人材像	情報セキュリティに関する専門的な知識と実践的な経験及び意識を備えた人材とし、セキュリティの専門性をある程度発揮できる環境への就職等を想定する	
到達目標	コア部分	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について、脅威の特徴や対策に用いられる要素技術に関する専門的内容を座学と演習の組み合わせを通じて体系的に理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について体系的に理解する。
関連科目との関係	専攻内で体系的に整備する。	
実施方法	講義及び演習、修士論文	

付表9 セキュリティ専門レベル

例示⑧：社会人学び直し向け短期(2週間程度)集中コース

社会人学び直し：短期(2週間程度)集中コース向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	情報セキュリティの学び直しをしたい現役 IT 技術者(30代中～後半)	
受講者の知識・スキル	産業界で情報系業務に従事している技術者を想定する	
育成する人材像	習得した情報セキュリティに関する実践的知識経験を自らの業務に活かせる人材	
到達	コア部分	下記テーマについて、業務遂行に必要な知識を習得する。 (テーマ例)

目 標		<ul style="list-style-type: none"> <li>・組織における標的型攻撃対策</li> <li>・ソフトウェアの設計・開発段階におけるセキュリティ対策</li> <li>・情報セキュリティマネジメントと情報セキュリティ監査</li> <li>・CSIRT 運営</li> <li>・デジタルフォレンジック</li> </ul>
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分と同じ)
関連科目との関係	<p>以下の領域のうち、当該コース内容を理解する上で必要なものについて 基本的な知識を有することを前提とする(募集要項等で明示)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンピュータネットワーク(TCP/IP、無線 LAN)</li> <li>・コンピュータアーキテクチャ</li> <li>・オペレーティングシステム(Windows 及び UNIX 系)</li> <li>・プログラミング言語(C 言語、アセンブラ)</li> </ul>	
実施方法	講義及び演習	

付表 10 セキュリティ専門レベル

例示⑨：社会人学び直し向け中期(3～6ヶ月程度)コース

社会人学び直し:中期(3～6ヶ月程度)コース向け		
種別	科目シラバス	
想定する受講者	情報セキュリティの学び直しをしたい現役 IT 技術者(30代中～後半)	
受講者の知識・スキル	産業界で情報系業務に従事している技術者を想定する	
育成する人材像	習得した情報セキュリティに関する実践的知識経験を自らの業務に活かせる人材	
到達目標	コア部分	<p>下記の複数テーマに関する業務遂行に必要な知識を習得し、複合的な領域で構成される業務や脅威への対策に関する能力を得る。</p> <p>(テーマ例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・組織における標的型攻撃対策</li> <li>・ソフトウェアの設計・開発段階におけるセキュリティ対策</li> <li>・情報セキュリティマネジメントと情報セキュリティ監査</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CSIRT 運営</li> <li>・ デジタルフォレンジック</li> </ul>
	コア以外を含むカリキュラム全体	(コア部分と同じ)
関連科目との関係	<p>以下の領域のうち、当該コース内容を理解する上で必要なものについて 基本的な知識を有することを前提とする(募集要項等で明示)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンピュータネットワーク (TCP/IP、無線 LAN)</li> <li>・ コンピュータアーキテクチャ</li> <li>・ オペレーティングシステム (Windows 及び UNIX 系)</li> <li>・ プログラミング言語 (C 言語、アセンブラ)</li> </ul>	
実施方法	講義及び演習	

付表 11 セキュリティ専門レベル

例示⑩：社会人学び直し向け長期(1年程度)コース

社会人学び直し：長期(1年程度)コース向け		
種別	カリキュラム	
想定する受講者	情報セキュリティの学び直しをしたい現役 IT 技術者(30代中～後半)	
受講者の知識・スキル	産業界で情報系業務に従事している技術者を想定する	
育成する人材像	習得した情報セキュリティに関する実践的知識経験を自らの業務に活かせる人材	
到達目標	コア部分	産業界で技術者として活躍する際に知っておくべき情報セキュリティの考え方について脅威の特徴や対策に用いられる要素技術に関する専門的内容を座学と演習の組み合わせを通じて体系的に理解する。
	コア以外を含むカリキュラム全体	コア部分の知識の種類を拡張した形で、より幅広い脅威や対策技術について体系的に理解する。
関連科目との関係	<p>以下の領域について基本的な知識を有することを前提とする(募集要項等で明示)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンピュータネットワーク (TCP/IP、無線 LAN)</li> <li>・ コンピュータアーキテクチャ</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オペレーティングシステム(Windows 及びUNIX 系)</li> <li>・プログラミング言語(C 言語、アセンブラ)</li> </ul>
実施方法	講義及び演習

## 5.2. 既存カリキュラム

既存カリキュラムの付録では、一般大学と専門大学を対象に調査した事例を例示する。調査は、シラバス掲載 URL を利用した調査とヒアリング調査とを併用した。

### (1) 中央大学

#### (a) シラバス掲載 URL

<http://syllabus.chuo-u.ac.jp/syllabus>

#### (b) レベルによる分類

付表 12 中央大学：レベルによる分類

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象年度	単位数	講義 / 演習	必修 / 選択	備考
一般教育	インターネット&情報セキュリティ論	学部間共通科目	学部 1 年	2 単位	演習		付表 13
	情報セキュリティ論 / 情報技術と社会システム	総合政策学部	学部 2 年	2 単位	講義		
セキュリティ基礎	情報セキュリティ論	商学部	学部 3, 4 年	2 単位	講義		付表 14
	プログラム演習 V (情報セキュリティ技術論)	商学部	学部 3, 4 年	2 単位	演習		
	情報セキュリティ基礎	理工学部	学部 3 年	2 単位	講義		
	情報セキュリティ技術	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義		
	電子社会と情報セキュリティ	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義	選択	
	情報セキュリティ法制	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義		
	ネットワークセキュリティ	理工学研究科博士課程前期課程	修士 1 年	2 単位	講義	選択	
セキュリティ専門	—	—	—	—	—	—	—

#### (c) カリキュラムの概要

付表 13 中央大学：一般教育レベル：インターネット&情報セキュリティ論

項目	内容
大学名	中央大学
レベル	一般教育レベル
授業科目名	インターネット&情報セキュリティ論
学部/学科	学部間共通科目
想定対象年度	学部1年
単位数	2単位
講義/演習	演習
必修/選択	
目的	現代の情報通信技術の発達とインターネットの普及は便利で快適な社会を実現しているがその一方で今まで存在しなかった問題を発生させている。この授業では、現代のインターネット社会に対応する技術、倫理について必要な知識を身につけ、適切な対応ができるようにすることを目標とする。
授業の概要	インターネットに代表される情報通信技術(ICT)の急速な発達と普及は私達の日常を大きく変えている。他方、現在の社会において ICT を利用するということは、様々な制約を理解し、あるいはいろいろな面での危険性を理解しなければ、しばしば予期しない問題を生じたり、思ってもいないトラブルに巻き込まれたり、自分や他人を不快な状況を生じさせるようになっていきます。この講義ではこのような現実をふまえ、現代社会を生きる上で必要不可欠となる情報社会の問題点とそれに対応することを目標として、技術的側面と倫理的側面の両面についての理論的な背景、現実の問題の実例の解説し、具体的対処法あるいはそれらに対応するのに必要な心構えについて講義し、実習を行います。情報や情報システムを活用して、実り多い大学生活とするために、これらの事柄について理解し、注意を払い無用なトラブルに巻き込まれないよう、適切な行動を心掛けることを期待したい。
授業計画と内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 現代の情報環境と ICT の問題点 キーワード まず初めに</li> <li>2 ネットワークを知ろう キーワード ネットの基礎を学ぼう</li> <li>3 ネットワークを知ろう その2 キーワード ネット技術を使ってみよう</li> <li>4 クラウド型ビジネスと個人情報保護 キーワード なぜタダなのか</li> <li>5 クラウド型ビジネスの実際 キーワード 作って学ぼう</li> <li>6 クラウド型ビジネスの実際 その2 キーワード javascript を知ろう</li> <li>7 クラウド型ビジネスの実際 その3 キーワード Monaca でアプリ作り</li> <li>8 クラウド型ビジネスの実際 その4 キーワード タダより高いものはない</li> <li>9 情報倫理入門 I-1 自己決定と自己責任 キーワード 情報と倫理</li> <li>10 情報倫理入門 I-2 自己決定と自己責任 キーワード 情報倫理と私</li> <li>11 IoT の現状 キーワード 世界は変わるか</li> <li>12 人工知能と機械学習 キーワード コンピュータは人を超えるか</li> <li>13 人工知能と機械学習 その2 キーワード コンピュータも間違える</li> <li>14 情報倫理入門 II 社会と企業 キーワード 情報倫理と企業</li> <li>15 情報倫理入門 II-2 社会と企業 キーワード 社会と情報倫理</li> </ol>

付表 14 中央大学：セキュリティ基礎レベル：情報セキュリティ論

項目	内容
大学名	中央大学
レベル	セキュリティ基礎
授業科目名	情報セキュリティ論
学部/学科	商学部
想定対象年度	学部3,4年
単位数	2単位

項目	内容
講義/演習	講義
必修/選択	
目的	企業等の組織の一員になれば、必ず対応が求められる情報セキュリティ維持のための活動、規定等を、その背景、理由とともに理解することを目標とします。
授業の概要	企業活動において、情報の重要性はますます増してきています。従来からの文書類の情報とともに、ITの進展、ネットワークの拡大に伴い電子化された情報を有効に活用することが求められてきています。また個人の生活においても、ネットワークが各家庭に広くいきわたっている現在、やはり情報の収集、発信が重要な要素になってきています。これらの情報は、正しい内容であり、必要なときに適時に活用でき、また必要な情報が網羅されてこそ、その価値があります。と同時に、その情報は正当な権限を持つ関係者のみが利用することができ、権限の無い者には、秘匿されていることが必要で、その環境が整ってこそ、関係者が安心して情報を活用することができます。本講座では、企業活動および個人生活を行う人、更には企業などの組織で情報および情報セキュリティの管理を行う人に向けて、情報セキュリティの実務的な観点を紹介します。
授業計画と内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 情報セキュリティ論ガイダンス</li> <li>2 情報セキュリティとは</li> <li>3 情報システムを巡る動向と情報セキュリティ</li> <li>4 情報システムの脅威と対策の基本</li> <li>5 情報セキュリティ対策のポイント</li> <li>6 企業における情報セキュリティ対策</li> <li>7 情報セキュリティにおけるPDCAサイクルと監査</li> <li>8 情報セキュリティ対策の技術</li> <li>9 クラウドと情報セキュリティ</li> <li>10 リスクマネジメントとリスク分析</li> <li>11 個人情報保護</li> <li>12 事業継続計画</li> <li>13 我が国の情報セキュリティを巡る施策</li> <li>14 本年度の主要な情報セキュリティ事故</li> <li>15 まとめ</li> </ol>

## (2)情報セキュリティ大学院大学

### (a)シラバス掲載 URL

<http://www.iisec.ac.jp/education/curriculum/>

### (b)レベルによる分類

付表 15 情報セキュリティ大学院大学：レベルによる分類

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象年度	単位数	講義/ 演習	必修/ 選択	備考
一般教育	—	—	—	—	—	—	—
セキュリティ基礎	—	—	—	—	—	—	—
セキュリティ専門	情報セキュリティ輪講 I		修士1年	2単位		必修	
	情報セキュリティ特別講義		修士1年	2単位		必修	

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象 年度	単位数	講義/ 演習	必修/ 選択	備考
	暗号・認証と社会制度		修士1年	2単位		選択	
	暗号プロトコル		修士1年	2単位		選択	
	暗号理論		修士1年	2単位		選択	
	個人識別とプライバシー保護		修士1年	2単位		選択	付表 16
	不正アクセス技法		修士1年	2単位		選択	
	セキュアシステム構成論		修士1年	2単位		選択	
	セキュアプログラミングとセキュアOS		修士1年	2単位		選択	
	セキュアシステム実習		修士1年	2単位		選択	
	情報セキュリティマネジメントシステム		修士1年	2単位		選択	
	セキュリティシステム監査		修士1年	2単位		選択	
	セキュリティ管理と経営		修士1年	2単位		選択	
	リスクマネジメント		修士1年	2単位		選択	
	組織行動と情報セキュリティ		修士1年	2単位			
	セキュア法制と情報倫理		修士1年	2単位		選択	
	セキュリティの法律実務		修士1年	2単位		選択	
	統計的リスク管理		修士1年	2単位		選択	
	リスクの経済学		修士1年	2単位		選択	
	マスメディアとリスク管理		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(セキュリティ監査)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(情報セキュリティ運用リテラシー I・II)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(ハッキングとマルウェア解析)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(IoTセキュリティ特論)		修士1年	2単位		選択	
	特設講義(サイバー・インテリジェンス)		修士1年	2単位		選択	
	特設実習(セキュリティ実践 I)		修士1年	2単位		選択	
	特設実習(セキュリ		修士1年	2単位		選択	

レベル	授業科目名	学部/学科	想定対象年度	単位数	講義/演習	必修/選択	備考
	ティ実践Ⅱ)						
	情報セキュリティ輪講Ⅱ		修士2年	2単位		選択	
	特設実習(Windowsセキュリティ)		修士2年	2単位		選択	

(c)カリキュラムの概要

付表 16 情報セキュリティ大学院大学

セキュリティ専門レベル：個人識別とプライバシー保護

項目	内容
大学名	情報セキュリティ大学院大学
レベル	専門レベル(=セキュリティ専門)
授業科目名	個人識別とプライバシー保護
学部/学科	
想定対象年度	修士1年
単位数	2単位
講義/演習	
必修/選択	選択
目的	個人識別とプライバシーに関わるインターネット社会の諸課題について、技術面と法律面の両面から対応する基本能力を身につける。
授業の概要	本講義では、最初に個人識別と本人認証の原理を技術の面から解説し、それをベースにインターネット社会における本人認証の仕組みと利用における技術的・法的課題について、具体的事例を通して学ぶ。次に、個人識別や本人認証技術と深い関係を持つプライバシー保護の問題について、法律的な視点と技術的な観点から問題点を理解する。最後に、講義の内容を基礎として演習を行い、受講者の理解を深めると同時に具体的事案に対する対応力を養うこととする。
授業計画と内容	<p>本講義は、リレー講義形式と演習(計15回)で実施する。また、以下の(1)と(2)の各講義は、適宜、織り交ぜて行う。(3)の演習は、15回講義の最後の3回にて行う。</p> <p>(1) 技術面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ア) 個人識別と本人認証の技術の概要</li> <li>(イ) パスワード、PKI、バイオメトリック他</li> <li>(ウ) 認証基盤、電子申請・電子申告、電子商取引等</li> <li>(エ) アイデンについて管理とID連携</li> <li>(オ) 認可連携と属性交換</li> <li>(カ) クラウドサービスに向けた技術動向</li> <li>(キ) ビッグデータサービスにおけるプライバシー保護技術の動向</li> </ul> <p>(2) 法律面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ア) プライバシーの語源と空間的・時間的展開</li> <li>(イ) 人格権的保護と財産権的保護</li> <li>(ウ) 個人データの保護とプライバシーの保護</li> <li>(エ) CESS型理解とPASS型理解</li> <li>(オ) ケース・スタディ</li> </ul> <p>(3) 演習</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ア) 演習課題の提示と説明・解説</li> <li>(イ) 受講生による相互発表、討議</li> </ul>



項目	内容
	(ウ) 受講生による相互発表、討議

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言  
Data Science

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

## Data Science

### 目次

1. 概要	1
2. 情報学の学びとデータサイエンス	2
3. 米国におけるデータサイエンスのカリキュラムの動向	4
4. 我が国のデータサイエンスカリキュラムに関する提言	13

### WG 構成

中野美由紀（委員長）	産業技術大学院大学
角谷和俊	関西大学院大学
石川佳治	名古屋大学
江口浩二	神戸大学
鈴木優	奈良先端大学院大学
持橋大地	統計数理研究所

## 1. 概要

日本における IT 人材の不足が指摘され、IT 人材は現時点で 17 万人超が不足しており、今後人口減少に伴い退職者が就職者を上回ることによって 19 年から先は減少に転じる一方、IT 需要の拡大が見込まれるため、2030 年には IT 人材の不足数は 78.9 万人に上ると予測されている。なかでも、2011 年のマッキンゼーのビッグデータレポート<sup>1)</sup>以降、蓄積されたデータの中から社会にとって有用な価値を見出すデータサイエンスに関する IT 人材の育成が産学官のいずれからも強く求められている。

2013 年には内閣府から「創造的 IT 人材育成方針」として高度 IT 人材育成、特に分野横断的に IT を活用できる人材育成が課題と掲げられている。このような状況を踏まえ、2013 年から 3 年間、文部科学省委託事業として「データサイエンティスト育成ネットワークの形成」が進められ、情報・システム機構統計数理研究所を中心に産業界で不足しているデータサイエンティストの育成強化、推進が図られている。<sup>3)</sup>

米国では、産業界がビッグデータをけん引するなか、2012 年 3 月から「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」を大統領府・科学技術政策局 (OSTP) が発表し、6 政府機関 (NSF, NIH, DOE, DOD, DARPA, USGS) に対し、大規模デジタルデータへのアクセス、保存、知識発見を支援するためのツール及びデータマイニング、機械学習などの技術を飛躍的に進歩させることを明らかにした。また、NSF では、2014 年に、Big Data Innovation Ecosystem として、ビッグデータ研究の支援を表明した。国内のデータ収集、利用を共有することでビッグデータ研究を加速し、ビッグデータ人材を育成することを目的に Big Data Hub (国内に 4 拠点、北東部、中西部、南部、西部) と呼ばれる拠点を立ち上げた。各 Hub に Big Data Spoke と呼ばれるデータ共有、新たなデータ利活用をトピックとする研究グループから構成される大型プロジェクトである。米国ではこのような行政府やビジネスの動きを背景に、NSF が中心となって「データサイエンス」の学びについてカリキュラムの検討が始まった。2015 年には NSF からのファンドを得て、ACM Education 委員会において情報教育におけるデータサイエンス教育に関する研究会が開催された。本報告では、長年に渡り行われてきた統計解析を中心とした数学を基盤においた古典的なデータ解析技術の学びと、計算機科学、情報科学等におけるデータサイエンス教育のカリキュラムに関しては、多くの大学において異なる方針でカリキュラムが構成されていることを指摘し、具体的なカリキュラム構成に関しては今後の議論を待つ旨が結論となっている<sup>5)</sup>。また、2016 年には NSF からのファンドを得て、Park City Mathematical Institute (米国における数学教育のための研究所) およびプリンストン高等研究所にてデータサイエンスの学部カリキュラムの検討がなされ、2017 年に応用数学会からデータサイエンスの学部カリキュラムとして公表されている<sup>4)</sup>。また、NSF では副コース (second course) としてデータサイエンスを利用する専門

分野の調査（応用物理、医学、生物学等）へのファンドを行っている。2015 年以降、ACM Education Board ではデータサイエンスに関するカリキュラムに関する報告を行っていないが、海外調査チームの報告によると 2 年後までにデータサイエンスのカリキュラムをまとめるべく、引き続き検討されているとのことである。

データサイエンスは世界的に注目を浴びており、研究、産業界、政府の垣根を越えて広まっている。米国が主導的ではあるが、EU でも大型研究として Horizon2020 とよばれる 7 年間のプロジェクトが立ち上げられている。データサイエンスに関連しているプロジェクトも、Big Data, IoT Platform, Data Analytics のキーワードを元に EU に加盟している各地域においてビッグデータ研究が推進されている<sup>6)</sup>。また、データサイエンティストの教育に関しても、すでに企業等で働いている人に向けて EU としての検討が European Data Science Academy<sup>2)</sup> 等を中心に行われている。このカリキュラムはデータサイエンスを学びたい人に向けた要素技術の学びに焦点をあてており、従来の大学教育の枠組みとは異なり、データサイエンスに特化した形、特に現在のビッグデータに合わせた技術習得のコースが提供されている。また、Data Science の専門家を育てるためのカリキュラムの検討も積極的に行っており、EDISON プロジェクトとして ACM の CS カリキュラムをベースとした Data Science のカリキュラムの検討をおこなっている<sup>7)</sup>。

データサイエンスに関する教育は世界的に注目されているところではあるが、ACM Education Board の報告にもあるように、従来の要素技術、知識が複数の分野、数学、応用数学、情報科学、社会科学等にまたがり、また、実データを解析する分野（物理、地球科学、天文学、生物、医学等）により要求される知識レベルが異なる、あるいは、産業界で要求されるデータ解析実践力もまた異なっている。計算機科学、情報科学は多量のデジタルデータの生成、多様なコンテンツの管理、機械学習等のデータ解析処理、大規模データ処理、利活用プラットフォームの実装とデータサイエンス全体の基盤を支えている。

本報告では、いまだ流動的ともいえるデータサイエンスの学びの状況を、計算機科学、情報学の観点からまとめると共に、米国応用数学会の学部カリキュラムのガイドラインを詳細に報告する。また、米国応用数学会のデータサイエンス学部向けカリキュラムをベースに我が国におけるデータサイエンスカリキュラムの方向性についてまとめる。

## 2. 情報学の学びとデータサイエンス

ビッグデータを解析するという観点からデータサイエンスと情報学の学びの関連を検討したい。データサイエンスという言葉は 2011 年にマッキンゼーが Big Data レポートを出して以来、大きく取り上げられ、社会でデータ（コンテンツ）を利用するための専門家（データサイエンティスト）が米国において数十万人足りないとの報告もされている。

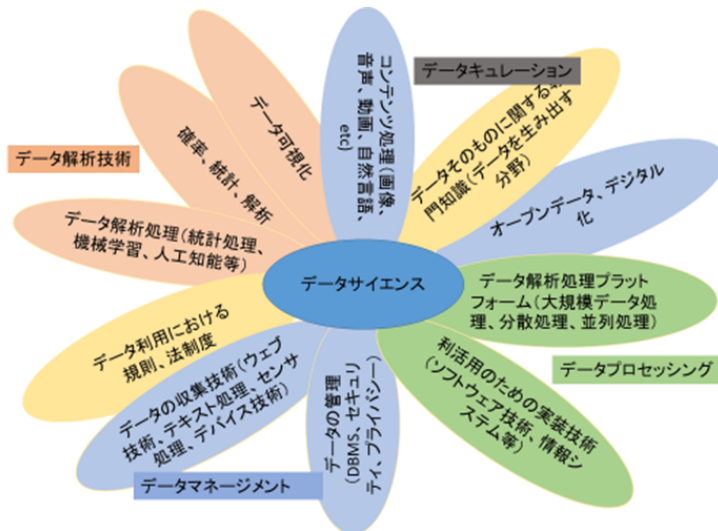


図1 データサイエンスと情報学のマッピング

データサイエンスは、データ解析をするために従来の統計処理等の数学的基礎に加え、情報学のなかでも、広い分野にまたがった知識と技術を必要とされる

分野である。図1はデータサイエンスと従来の情報学教育の関係を大まかに示したものである。以下、データキュレーション、データプロセッシング、データマネージメント、データ解析技術の四つの観点から必要となる知識、技術について簡単に示す。

まず、データキュレーションの観点からみると、データサイエンスは「データ」がその対象としてデータの存在が前提となっており、データを生み出す様々な分野、そのデータに関する分野の専門家との連携が必要不可欠である。また、対象となるデータも統計情報等の数値データからテキスト、写真や画像、音声、動画等、さらにはセンサーデバイスや科学データ等人間が記録する全てがデータサイエンスの対象となる。ビッグデータという言葉で表現されるように、データおよびそのデータ解析の結果は行政のサービスからビジネスの資産まで幅広く社会に還元されることが望まれ、価値判断も含め、利用する環境、分野の専門家の判断は欠かせない。また、個人活動に伴うデータ、企業活動のデータ、行政による統計データなどのコンテンツの種類、内容に合わせ、オープンデータに代表されるデータの共有技術やメタデータを利用するなどのデータ流通のための技術の理解も必要となる。

データ解析技術の観点からみた場合、統計解析に関する数学的基礎知識と統計解析技術の知識に加え、多種多様なデータコンテンツを処理するためのデータ前処理技術、多量のデータ解析を可能とする機械学習アルゴリズムおよび機械学習を利用した解析技術、さらに、データあるいはデータ解析結果の可視化技術などがあげられる。また、データ解析目的に合わせた適切なデータ解析技術の適用などの知識も必要となる。

データマネージメント技術に関しては、単なるデータの収集技術のみならず、各種データの生成元、利用対象などに適切な法制度の理解、データコンテンツの種類に適した収集技術、あるいは法制度も踏まえた上での収集と利用、さらには収集したデータの適切な管

理技術（データの永続的管理（データベースシステム）、セキュリティとプライバシー、プロヴィネンス、リネージュ）もデータサイエンスを行う上で必要な知識となる。単なるデータの形式のみならず、コンテンツとして対応が必要となる技術であり、蓄積と参照にとどまらないデータ管理への理解が必要となる。

データプロセッシング技術は、大容量あるいは多種多様なデータコンテンツに合わせた処理技術として大きくは二つの観点がある。一つはデータを処理するデータ解析基盤プラットフォームとしての情報技術として、大規模データに対応した分散処理技術、並列処理技術、あるいは大容量データ通信技術など計算機資源の適切な利用に関する知識である。一方、データ解析結果の利用という観点からは、データ解析技術で得られた結果としての、推定モデルや予測モデルを利用した情報システムの構築に関する知識が必要となる。いわゆるデータ利活用を目的としたシステムの実装技術は、従来のシステム構築技術に加え、データマネージメント、データキュレーション、データ解析技術と今までにあげた技術を統合する必要がある。

データサイエンスという言葉はまだ確固とした定義が定まっているわけではない。広義の意味では、ビッグデータという言葉に代表されるデータ収集、解析とその利用までが対象となると考えられる。その場合には、情報学との関連は、かなり広範囲にわたっていると考えられる。図1では、情報学の範疇ではないと思われる部分を薄い橙色の楕円で表している（収集されたデータに該当する分野の専門知識、データに関する法制度等）が、それ以外の部分をみるとほぼ情報学で学ぶべき範囲を網羅していると考えられる。

一方で、狭義の意味では、従来のデータ解析の範疇となると考えられる。狭義の意味ではデータ解析技術のみとすべきかと言えば、1990年代に着目を浴びた「データマイニング」では、すでにデータ解析技術に加え、大容量データの効率かつ高速な処理手法、あるいはデータベースシステムにおけるデータマイニング支援技術などが検討されていた。また、データの可視化やデジタルライブラリなどの技術も発展したという経緯を考えれば、データサイエンスは広義の意味で用いることが妥当と考えられる。

### 3. 米国におけるデータサイエンスのカリキュラムの動向

本節では、米国におけるデータサイエンスのカリキュラム動向として、ACM 教育委員会（Education Board）の動向および NSF からのファンドによる策定された応用数学会のデータサイエンスカリキュラムについて報告する。

#### 3.1. 協調によるデータサイエンス教育の強化について<sup>5)</sup>

2015年にはNSFからのファンドを得て、ACM Education委員会において情報学教育にお

けるデータサイエンス教育の強化に関する研究会が開催された。本報告では、米国におけるデータサイエンスの教育は、既存の学問体系、特に統計学、数学、計算機科学、情報学を中心に、統計学を利用する応用分野において長年に渡って実施されており、それぞれの学問分野あるいは各大学においてデータサイエンスのカリキュラムが定められている。したがって、データサイエンスとは何かも学問分野、あるいはそれに携わる人の観点により意味が異なり、容易にまとめた形のカリキュラムを策定することは難しいと結論している。一方で、データサイエンスは、社会全体（行政、産業界、科学）の進展を進めるうえで鍵を握る存在であり、重要であり、適切な教育環境のもと、プロフェッショナルなデータサイエンティストを短期に育成することは社会において、多いに有用であるとしている。しかしながら、様々なデータサイエンティスト育成のためのカリキュラム、教育法が集められたが、教育の質、将来に向けた育成方針、最適な構成、ベストプラクティスなどを導くには至らず、the Ensemble Computing Education Portal (<http://www.computingportal.org/>)を立ち上げ、計算機科学、情報学分野および他分野と広く情報を共有するとしている。また、引き続き、学士課程および修士課程の推薦カリキュラム、データサイエンスにとって有益なプラクティスなどについて検討をすすめている。

このレポート以降、ACM Education Board ではデータサイエンスに関するカリキュラムに関する報告を行っていないが、海外調査チームの報告によると2年後（2020年）までにデータサイエンスのカリキュラムをまとめるべく、引き続き検討されているとのことである。

### 3.2. 米国応用数学会による学部向けデータサイエンスカリキュラム・ガイドラインについて

2016年にはNSFからのファンドを得て、Park City Mathematical Institute（米国における数学教育のための研究所）およびプリンストン高等研究所にてデータサイエンスの学部カリキュラム・ガイドラインの検討がなされ、2017年に応用数学会からデータサイエンスの学部カリキュラム・ガイドラインとして公表されている。また、NSFでは副コース（second course）としてデータサイエンスを利用する専門分野の調査（応用物理、医学等）へのファンドを行っている。

このガイドラインは、Park City Mathematical Instituteとプリンストン高等研究所が中心となり、全米から25大学の計算機科学、統計学、数学分野に関連した教養学部および研究に関連する教員が参加し、策定された。その背景には、マッキンゼーのBig Dataレポート以降、世界中にてデータサイエンスへの関心が高まり、データサイエンスコミュニ



ティの大学リストによれば、データサイエンスに関するプログラムが 200 以上の大学（単科大学を含む）において 530 以上組まれている現状がある<sup>8)</sup>。

また、データサイエンティストの学部向けガイドラインを策定するにあたって、アメリカ数学会（MAA）のカリキュラムガイド<sup>9)</sup>、ACM の CS 学部向けガイドライン<sup>10)</sup>、アメリカ統計学会のカリキュラムガイド<sup>11)</sup>が参照、利用されている。

本ガイドでは、データサイエンスとして学部（教養学部）向け主要科目として 10 コマの科目を上げるとともに、現状の CS、数学などの従来のカリキュラムにおいてもデータサイエンスとして学べる科目があること、協調することでデータサイエンスとして学ぶことも可能であるが、14 コマ以上を学ぶ必要あると推定している。本ガイドは新たにデータサイエンスコースを立ち上げる、あるいは、従来からある数学、計算機科学、統計学のコースから統合する場合も想定した提案がされている。一方、実データを利用した学びの重要性を強調してはいるものの、実世界のデータという抽象的なレベルにとどまっている。

以下、本ガイドの内容について紹介する。

### 3.2.1. サイエンスとしてのデータサイエンス

**データサイエンスの定義：**社会応用として着目を浴びていることもあり、データサイエンスの定義はいまだ確定していないなか、このカリキュラムガイドでは統計 NSF 委員会（数学、物理分野で統計に関する委員会）の宣言「データサイエンスとは「データからのプランニング、獲得、管理、解析、推定の科学である」（NSF2014）に準じている。その上で、学部で学ぶデータサイエンスとはある世界を表現するにあたってデータ利用に重点を置いた工学（エンジニアリング）と同等の応用分野であると想定している。現在のところ、データサイエンスの理論基盤は統計、計算機科学、数学においてすでに確立された理論の一部から参照し、具体的な実世界とはそのデータが生み出された分野の視点からデータを解釈した結果から得られるものとする。また、学部のプログラムでは工学および計算機科学では一般的な事例ベースおよび実践によるアプローチを考えている。

**データサイエンスの学際的側面：**データサイエンスは本質的に学際的である。データを利用するためには、統計学、計算機科学、数学にまたがった多くの分野を含んだ多様なスキル、概念が要求される。データサイエンスはこの三分野の教育的コンテンツをブレンドしたものでなくてはならないが、決して三分野のインターセクションでも、あるいはこの三分野のスーパーセットでもないという点に気をつけねばならない。したがって、データサイエンスのカリキュラムはデータのコンテキストの観点でそれぞれの分野から必要とされる概念を適用しつつ、大幅にスリム化かつ拡張することが可能でなくてはならない。コースの統合にあたっては、データに焦点をあて、効率のよいデータサイエンスプログラム

としての基本的な特徴を踏まえ、結果として問題解決に向けての相乗効果が得られるようなものでなければならない。

このガイドでは、データサイエンスの学生が学ぶべきコアな知識および技術についてまとめる。理想的には、新たにデータサイエンスコースを作ることで、データサイエンスによって生み出される効率的で相乗効果のある統合的なアプローチを提供できる。しかしながら新たなコースをすぐに準備することのできない研究機関においても、既存のコースによってデータサイエンスの主要な基本トピックはカバーすることが可能であると考えられる。そこで、今後の可能性をも見据えた統合的なカリキュラムのモデルを提案する。

**核となるデータ**：知識発見サイクル (recursive data cycle)、すなわち、データの収集、整形、整理、管理、データの処理、探索、問題の定義、解析の実施、結果の評価にいたる一連のデータ解析を繰り返すこと、はデータサイエンス実験（経験）の核となる。したがって、学部学生は実際的な研究課題の下に、この知識発見サイクルの全てのステップを実際に実行しながら理解しなくてはならない。データを用いた実践 (Data experiences) は初級コースからより高度な科目にいたるまで全てのコースにおいて中心的な役割を果たす。またこの実践には多様なデータソースからの生データの取得やデータ解析のためのデータクレンジングが含まれていることが望ましい。また、データプロヴィナンスのトピックでいかにデータから結論を導いたかの過程を含むことが望ましい。データサイエンスは必然的に経験ベースの学び、すなわち、実践的な技法であり開発されたスキルである。データサイエンスの学生は基本的なアルゴリズムやモデルの理解を補うために、プロジェクトベースな実データを用いた実社会のアプリケーションの実装などが必要となる。

**解析的考え方 (計算的アプローチと統計的アプローチの融合)**：従来三分野においてアルゴリズム的モデルとデータモデル（あるいは、推測モデルと推論モデル）の二つの文化がある。データサイエンスでは、問題解決において、いずれかの手法にのみ重きをおくのではなく、双方のアプローチを統合、利用するような機会を提供しなくてはならない。また、二つの考え方を分けて教えることはせず、バランスをとった形で効果的かつ効率的に教えることが望ましい。

**数学的基礎**：データサイエンスでは、実世界を表すためのモデルを構築するが、これらのモデル表現を行うために、データサイエンティストは確固とした数学的基礎が必要である。しかしながら、従来の数学カリキュラムではしばしば抽象的な数学とデータに関連する実世界問題との橋渡し部分にずれが生じている。そこで、学部レベルの学びとして、データサイエンスに必要な基本的な数学の概念を教える新たなアプローチを提案したい。そのためには、従来の定理、導出、証明を中心とした数学のカリキュラムをスリム化し、特に実世界を解決するために必要となる概念の紹介を通して、数学的なツールの開発への動

機付けを行うモデル、前述の計算的アプローチと統計的アプローチ双方に向けて、を提案したい。例えば、行列計算は線形システムの解決として学び、導出は最適化や感度の高い解析の解決として学び、積分は確率的なアプリケーションの解決の解決として学ぶ。

**柔軟性**：また、データサイエンスでは、学生に今現在は存在しないかもしれない新しい技術、手法について学ぶ準備をさせなければならない。データサイエンスの学生は現在から大きくかけ離れた働き方をしなければならない可能性が高い。データサイエンスでは全てのレベルで変化と進化が非常に速い。このような状況において、データサイエンスコースでは、数学、計算機科学、統計学の核となる基礎を注意深く選ばなくてはならない。

### 3.2.2. データサイエンスにおけるキーコンピテンシーと特性

本ガイドでは、データサイエンスにおけるキーコンピテンシーとして、以下の6つのコンピテンシーと挙げている。

- ・ 解析的思考方（計算的および統計的思考方）
- ・ 数学的基礎
- ・ モデル構築と評価
- ・ アルゴリズムとソフトウェア基礎
- ・ データキュレーション
- ・ 知識伝達—コミュニケーションと責任

**解析的思考方**：データサイエンスはデータから得られた結果に基づく実験的環境において問題解決のアプローチが有効であるかどうか検討することで成り立っている。このアプローチは統計学、計算機科学、数学の思考が合成されたものである。

- **統計スキル**：データを通して世界を理解する力が求められる。そのために、データサイエンスの学生は基本的な統計理論を理解が求められている。学生はデータに関する解析、収集、モデル、推論等の過程において基本的な統計概念を理解していることが望ましい。
- **計算機科学スキル**：データを扱うためには、幅広い計算機スキルが必要となる。データサイエンスを学ぶ学生は職場や研究においてデータを扱うための準備が必要である。例えば、データベースのアクセス、構築、ウェブからのデータ獲得、データ内のテキスト処理、そしてデータの安全性、秘匿性に至るまで全ての計算機スキルが求められている。つまり、データサイエンスでは単なるプログラムが書けるというレベルではなく、計算機科学者としての思考が求められる。データサイエンスを学んだ者は、計算機科学の知識をもとにあるアルゴリズムや計算問題を解決できる多く

のソフトウェアスキルが必要である。また、データサイエンティストとしてのキャリアを考えた場合、専門的な統計解析に関するソフトウェアパッケージを含む広範なソフトウェアパッケージの利用と理解が求められる。

- 統合スキル：データサイエンスの学部学生は計算機科学スキルと統計学スキルを数学的基礎の上で統合する力を持たなくてはならない。つまり、いかなる課題においても立ち向かえる幅広く異なるスキルと問題解決アプローチを持ち、与えられた課題に対して適切なスキル、アプローチを適用できる力が必要となる。さらに、変化の激しいデータサイエンスと計算機技術のもと、新たな技術を学ぶ力が必要となる

**数学的基礎**：データサイエンスの学生は数学モデルを選び、問題に合わせ、使うことを学ぶことが推奨される。データ駆動の問題はしばしば雑然として不正確であり、数学理論を適用するにはある程度の数学スキルが必要となる。学生は関連するアルゴリズムの最適化や収束と共に統計や機械学習の汎用モデルの典型的な構造を理解していなければならない。これらのツールは微積分、線形代数、確率理論、離散数学を学ぶことが必要となるが、今回のガイドラインでは新たなコースのなかに関係する内容を埋め込むことで学生が十分に学べるように配慮する。

**モデル構築と評価**：モデルの構築には、informal modeling と formal modeling がある。informal modeling では、これからのモデル構築のための理解と最終的なモデルへの理論基盤の検討に用いられる。また、データ可視化ツールの利用が求められ、モデルの弱点などを他者と議論しなくてはならない。formal modeling では評価可能な統計モデルあるいは機械学習によるモデルを構築し、評価しなくてはならない。

**アルゴリズムとソフトウェアの基礎**：データサイエンスを学んだ学生は、問題解決にあたってアルゴリズムを利用した問題解決スキルを適用できなくてはならない。このスキルには、問題への要求を明らかな形で定義できる、問題を分解できる、適切なアルトリズミックな解決手段へ向かうための効率のよい戦略の利用、適切な高級言語を用いたプログラミングを通しての解の実装等、が含まれる。また、実行性能の効率化やソフトウェアの構成、利用したライブラリやパッケージへの理解も必要である。また、ドキュメンテーションによるよい事例の利用、構築したソフトウェアの適切なメンテナンスツールなども利用しなくてはならない。

**データキュレーション**：データキュレーションとは、課題解決の全てのプロセスにおいて適切なデータ管理を行うことである。大きくは Data Preparation と Data management に分けられる。

**知識伝達**：データは空の中には存在せず、必ず特定の文脈の元に生じる。この特定の文脈における知識がデータの解析に必須であり、データサイエンスの学部学生は統計学、計

算機科学、数学の外で経験を積みねばならない。つまり、データサイエンスのカリキュラムではデータによる発見の学びを物理学、生命科学、ビジネス、社会科学、人間学や芸術等の他コースから得ることが望ましい。また、この学びにおいては、他分野の人とのコミュニケーション、倫理性と生産可能性について学ぶことが重要である。

### 3.3. データサイエンスにおけるカリキュラムコンテンツ

上記にて必要とあげられているスキルおよび知識を学ぶための科目として、6の主要課題分野があげられ、データサイエンスカリキュラムとして10科目のコンテンツ概要が提案されている。以下に詳細に紹介すると共に、学びに関する実施順を図2に示す。

#### データサイエンスの6つの主要課題分野

- ・データデスクリプションとキュレーション
- ・数学的基礎
- ・計算的思考
- ・統計的思考
- ・データモデリング
- ・コミュニケーション、生産可能性と倫理

#### データサイエンスカリキュラムの概要

##### 1) データサイエンス入門

- ・データサイエンス入門Ⅰ
- ・データサイエンス入門Ⅱ

前期にはデータサイエンスの学生は最初にデータの扱いに関する高級言語を学び、データ探索、可視化、問題設定ができるようになる。後期では、さらにアルゴリズム的な言語を学び、前期に学んだ高級言語の背景にある考え方と構造を学ぶ。

- ー高級言語入門
- ーデータの探索と扱い方
- ー関数と基本的なコーディング
- ーモデリング入門 決定的および確率的
- ープロジェクトとコード管理の概念
- ーデータベース
- ーデータ収集および統計的推論入門

## 2) 数学的基礎

- データサイエンスのための数学 I
- データサイエンスのための数学 II

数学的基礎では従来の数学理論と証明の学びよりは実世界と数学理論を結び付ける力を養う。データサイエンスでは数学的モデルの価値を理解すると共にその限界も学ぶ。また、数学的訓練を通して幾何学的、直感的、あるいは視覚的な思考方法を学ぶ。また、2学期のコースにしているが、学生はすでに微積分 I に関しては理解していることを前提としている。

- 数学的構造 (例 関数、集合、関係、ロジック)
- 線形モデルと行列計算 (例 行列代数と行列因子分解、固有値と固有ベクトル、射影と最小二乗法)
- 最適化 (微積分と微分関数)
- 多変量解析 (大変量微分と積分の数値計算の概念)
- 確率的思考とモデリング

## 3) 計算的思考

- アルゴリズムとソフトウェアの基礎
  - アルゴリズムデザイン
  - プログラミングコンセプトとデータ構造
  - ツールと環境
  - ビッグデータに向けたスケーリング
- データキュレーション - データベースとデータ管理
  - データ管理の基本
  - 関係データベース
  - Non-SQL データベース
  - クレンジング、可視化、変換

## 4) 統計的思考

- 統計モデル入門

- ーデータ解析アプローチとグラフデータ解析モデル
- ー推定とテスト
- ーシミュレーションと再サンプリング
- ーモデル入門
- ーモデル選択と性能
- ・統計と機械学習
  - ー回帰と分類の選択
  - ーアルリズミックモデルにおけるスケーラビリティと実装
  - ー性能指標、予測と交差検定
  - ーデータ変換
  - ー教師有学習と教師無学習
  - ーアンサンブル手法

5) 他学科との連携コース

6) 終了コース

終了コースでは学生にとって科学的な問いをデータから見た文脈で与え、実際の解析を行わせ、得られた解析結果を他者に伝えるという課題をあたえる。

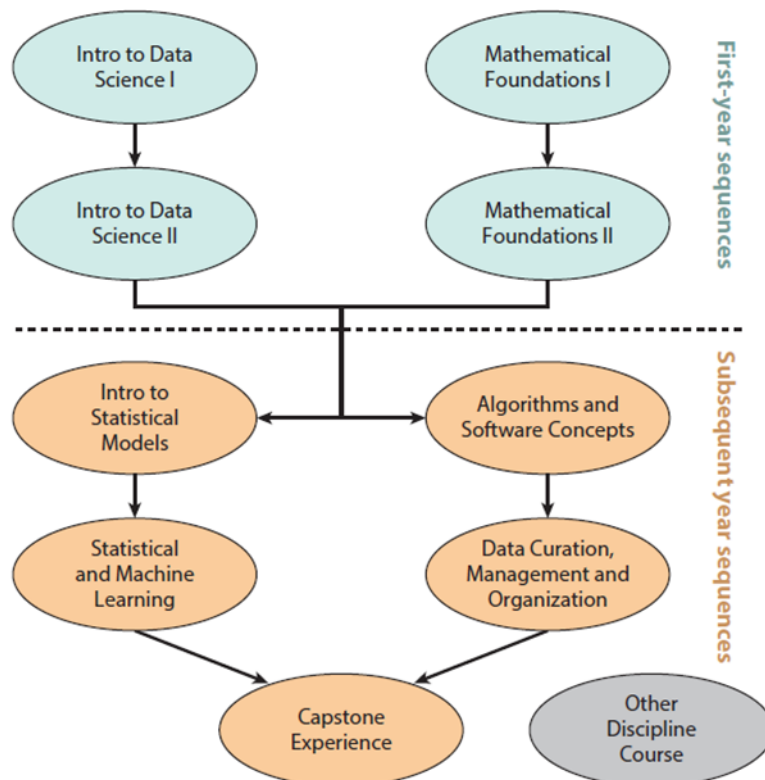


図2 データサイエンスカリキュラムの実施順番案

#### 4. 我が国のデータサイエンスカリキュラムに関する提言

本報告では、情報学におけるデータサイエンスカリキュラムの動向について、米国の調査結果をまとめた。残念ながら、ACMにおけるデータサイエンスカリキュラム案が具体的にまとまっておらず、情報学の学びにおけるデータサイエンスの位置づけに関しては、データサイエンスの知識の位置づけを概要図（図1）としてまとめるにとどまった。

米国応用数学会のデータサイエンスカリキュラムを簡単に紹介した。データサイエンスに対する知識背景の概要などは非常によくまとまっているおり、新たにデータサイエンス学部等を立ち上げる際には参考にできる内容である。一方で、米国の学問分野という事情により、数学、統計学、計算機科学の3分野にある意味、公平にまたがった形で記述されており、日本の情報学のカリキュラムに現状ではそのまま適応するには至らないと考える。情報学の観点からは、データキュレーションに関する学びなど現在の機械学習の動向を踏まえた様々なコンテンツ処理技術なども重要な要素になると考えられる。また、数学的基礎に関してはすでに微積分を学んでいると仮定されているが、統計、確率の基礎に関



しては新たに学ぶ形で導入されている。日本では高校教育でデータ分析として確率、データの分散、相関関係などが導入されているが、大学に入ってから統計学の学びは教養として組み込まれている範囲が理学部、工学部あるいは他の学部により大きく異なっている。したがって、統計基礎あるいは確率論基礎の扱いについては引き続き検討しなければならない。応用数学会で強調されているように、従来の数学の学びに新たに実社会応用からの観点を取り入れるための検討は我が国においても有用であると考えられる。

2年後にACMからデータサイエンスに関する情報カリキュラムが提案される予定である。新たな情報を収集し、我が国の情報学として、最先端の技術に追随することが可能な学生の育成を検討したい。

## 参考文献

- 1) McKinsey Global Institute: Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity |  
[http://www.mckinsey.com/Insights/MGI/Research/Technology\\_and\\_Innovation/Big\\_data\\_The\\_next\\_frontier\\_for\\_innovation](http://www.mckinsey.com/Insights/MGI/Research/Technology_and_Innovation/Big_data_The_next_frontier_for_innovation)
- 2) European Data Science Academy  
<http://edsa-project.eu/>
- 3) 統計数理研究所：データサイエンティスト育成ネットワーク  
<http://www.ism.ac.jp/shikoin/training/dstn/pdf/H27DSTN.pdf>
- 4) Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Data Science  
<https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/EDU-DataScienceGuidelines.pdf>
- 5) Workshop on Strengthening Data Science Education Through Collaboration  
[http://www.computingportal.org/sites/default/files/DataScienceReportDraft5-29-2016\\_0.pdf](http://www.computingportal.org/sites/default/files/DataScienceReportDraft5-29-2016_0.pdf)
- 6) Horizon2020: ICT and Innovation  
<https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/ict-research-innovation>
- 7) EDISON Project  
<http://edison-project.eu/>
- 8) Data Science Community: Colleges list  
<http://datascience.community/colleges>
- 9) 2015 CUPM Curriculum Guide to Majors in the Mathematical Sciences (MAA 2015):  
[http://www.maa.org/sites/default/files/pdf/CUPM/pdf/CUPMguide\\_print.pdf](http://www.maa.org/sites/default/files/pdf/CUPM/pdf/CUPMguide_print.pdf)

- 1 0) Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science (ACM/IEEE 2013):  
<https://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>
- 1 1) Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Statistical Science (ASA 2014b):  
<http://www.amstat.org/education/pdfs/guidelines2014-11-15.pdf>

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言  
教育認定（AC）

情報学を専門とする学科対象の  
教育カリキュラム標準の策定及び提言

教育認定 (AC)

目次

1. はじめに	1
2. 認定基準	1
3. 米国および韓国の基準との比較	10
4. J17の各分野の教育水準	12
5. おわりに	33

WG 構成

主査	佐渡一広	群馬大学	笥 捷彦	情報科学国際交流財団
副主催	掛下哲郎	佐賀大学	旭 寛治	
	冨樫 敦	宮城大学	鈴木 貢	島根大学
	高岡詠子	上智大学	美馬のゆり	公立はこだて未来大学
	萩谷昌己	東京大学	阿草清滋	京都大学
	井上克郎	大阪大学	石川 洋	新潟国際情報大学
	位野木万里	工学院大学	大岩 元	協創型情報空間研究所
	大谷 真		大場みち子	公立はこだて未来大学
	甲斐宗徳	成蹊大学	角田博保	
	神沼靖子		河合和久	豊橋技術科学大学
	河野浩之	南山大学	児玉公信	情報システム総研
	酒井三四郎	静岡大学	嶋田弘僧	富士通
	高橋 寛	愛媛大学	田名部元成	横浜国立大学
	玉井哲雄	法政大学	垂水浩幸	香川大学
	中谷多哉子	放送大学	中山泰一	電気通信大学
	西園敏弘	日本大学	西野浩明	大分大学
	萩原兼一	大阪大学	疋田輝雄	明治大学
	深海 悟	大阪工業大学	松永賢次	専修大学
	和田幸一	法政大学	安田 晃	特定非営利活動法人
	渡辺 治	東京工業大学		I Tプロ技術者機構

## 1. はじめに

カリキュラム標準の一つの目的は、ア krediteーションにおける標準となる教育内容を示すことである。このため、日本技術者教育認定機構（JABEE）<sup>1</sup>が定める認定基準とカリキュラム標準が以下の事項の関係が必要である。

1. 認定基準が求める専門教育の要件が、カリキュラム標準に含まれていること。（コアカリキュラムの設定）
2. カリキュラム標準から大きく外れた教育内容では、認定が難しいこと。（分野の限定）
3. 教育プログラムが、カリキュラム標準が求める教育内容を示せば、認定基準を満たすことが容易に示せること。

今回、JABEE は認定基準の改定作業を進めていることから、カリキュラム標準や米国、韓国における認定基準も含めて、情報専門系における認定基準の修正案を作成した。その上で、J17 で定めるカリキュラム標準と JABEE の認定基準の整合性をはかった。

## 2. 認定基準とカリキュラム標準

JABEE の定める認定基準<sup>2</sup>のうち、カリキュラムに関係するものは表 1 に示す、基準 1.2 および基準 2.1 である。

表1: 情報専門系の勘案事項

### 基準1.2 【学習・教育到達目標の設定と公開・周知】

プログラムは、プログラム修了生全員がプログラム修了時に確実に身につけておくべき知識・能力として学習・教育到達目標を定め、公開し、かつ、プログラムに関わる教員及び学生に周知していること。この学習・教育到達目標は、自立した技術者像（認定基準1.1）への標となっており、下記の知識・能力観点(a)～(i)を水準を含めて具体化したものを含み、かつ、これら知識・能力観点に関して個別基準に定める事項が考慮されていること。

(a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養

(b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、及び技術者の社会に対する貢献と責任に関

<sup>1</sup> <https://jabee.org>

<sup>2</sup> [https://jabee.org/accreditation/basis/accreditation\\_criteria\\_doc](https://jabee.org/accreditation/basis/accreditation_criteria_doc)

する理解

- (c) 数学、自然科学及び情報技術に関する知識とそれらに応用する能力
- (d) 当該分野において必要とされる専門的知識とそれらに応用する能力
- (e) 種々の科学、技術及び情報を活用して社会の要求を解決するためのデザイン能力(f) 論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力
- (g) 自主的、継続的に学習する能力
- (h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力
- (i) チームで仕事をするための能力

#### 基準2.1【カリキュラム・ポリシーに基づく教育課程、科目の設計と開示】

プログラムは、公開されている教育課程編成・実施の方針(カリキュラム・ポリシー)に基づく教育課程(カリキュラム)において、各学習・教育到達目標に関する達成度評価の方法及び基準、ならびに、科目ごとの学習・教育到達目標との対応、学習・教育内容、到達目標、評価方法、及び評価基準、を定め、授業計画書(シラバス)等によりプログラムに関わる教員及び学生に開示していること。なお、教育内容に関する必須事項を、必要に応じて個別基準で定める。

さらに、基準1.2の内、専門教育のカリキュラムに直接関係するものは(c)と(d)である。(c)は専門教育に関係してはいるが、J17では一部しか対象としていない部分である。このため、(d)はJ17でさだめるカリキュラム標準そのものにあたるので、(d)を中心に考える。

基準1.2では授業内容ではなく、学習・教育到達目標であり、カリキュラム標準で求めているアウトカムズを基にするものである。基準2.1でもとめるカリキュラムの内容は、アウトカムズ等は重視せず、教育の内容に関するものである。

#### 2.1. 個別基準と勘案事項

現在 JABEE では、エンジニアリング系学士課程、エンジニアリング系修士課程、情報専門系学士課程、情報専門系修士課程、建築系学士修士課程の5つの課程を定めている。各課程には、1つ以上の分野が属している。その上で、認定基準に附属して、各課程における要件の違いを取り入れるため、個別基準と勘案事項を設けている。これらは、課程ごとに定めている。さらに、それらの課程に含まれる分野ごとに、分野別要件として必要な事項を定めている。表2に情報専門系学士課程(以下 JACAC と記す)の勘案事項を示す。

表 2: 情報専門系の勘案事項

基準番号	勘案事項
基準 1.2(a)	<p>「(a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人類のさまざまな文化、社会と自然に関する知識</li> <li>・ それに基づいて、適切に行動する能力</li> </ul>
基準 1.2(b)	<p>「(b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、及び技術者が社会に対して負っている責任に関する理解」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当該分野の技術が公共の福祉に与える影響の理解</li> <li>・ 当該分野の技術が、環境保全と社会の持続ある発展にどのように関与するかを理解</li> <li>・ 技術者が持つべき倫理の理解</li> <li>・ 情報セキュリティに対する責任の理解</li> <li>・ 上記の理解に基づいて行動する能力</li> </ul>
基準 1.2(c)	<p>「(c) 数学及び自然科学に関する知識とそれらを応用する能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当該分野で必要な数学（離散数学及び確率・統計を含む）及び自然科学に関する知識</li> <li>・ 上記の知識を組み合わせることも含めた応用能力</li> </ul>
基準 1.2(d)	<p>「(d) 当該分野において必要とされる専門的知識とそれらを応用する能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当該分野において必要とされる専門的知識</li> <li>・ 上記の知識を組み合わせることも含めた応用能力</li> <li>・ 当該分野において必要とされるハードウェア・ソフトウェアを利用する能力</li> <li>・ 適切な技法及びツールを選択し、必要があれば作り出して、複合的な情報処理に適用する能力</li> <li>・ 情報セキュリティに関する基礎的な知識と応用能力</li> </ul>
基準 1.2(e)	<p>「(e) 種々の科学、技術及び情報を活用して社会の要求を解決するためのデザイン能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標</p>

	<p>が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 解決すべき問題を認識する能力</li> <li>・ 公共の福祉、環境保全、経済性などの考慮すべき制約条件を特定する能力</li> <li>・ 問題を分析し、モデル化を行い、その解決に必要な情報処理上の要件を抽出し定義する能力</li> <li>・ 与えられた要求に対して、各種制約の下でコンピュータを用いたシステム、プロセス、コンポーネント又はプログラムをデザインし、実装し、評価できる能力</li> </ul>
基準 1.2(f)	<p>「(f)論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 情報や意見を他者に伝える能力</li> <li>・ 他者の発信した情報や意見を理解する能力</li> <li>・ 英語等の外国語を用いて、情報や意見をやり取りするための能力</li> </ul>
基準 1.2(g)	<p>「(g)自主的、継続的に学習する能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 将来にわたり技術者として活躍していくための継続的研鑽の必要性の理解</li> <li>・ 必要な情報や知識を獲得する能力</li> </ul>
基準 1.2(h)	<p>「(h)与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時間、費用を含む与えられた制約下で計画的に仕事を進める能力</li> <li>・ 計画の進捗を把握し、必要に応じて計画を修正する能力</li> </ul>
基準 1.2(i)	<p>「(i)チームで仕事をするための能力」に関して、以下の観点を考慮して学習・教育到達目標が設定されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 他者と協働する際に、自己のなすべき行動を的確に判断し、実行する能力</li> <li>・ 他者と協働する際に、他者のとるべき行動を判断し、適切に働きかける能力</li> </ul>



表2の中で、下線の部分がエンジニアリング系学士課程と異なっている箇所である。このようになっているのは、欧米においてエンジニアは現実のものの構築を基本としているのに対して、情報専門系ではソフトウェアを中心としているため、別のものとして扱われているからである。<sup>3</sup>

J17が対象としているものは、JABEEではJCACに含まれる3分野（CS、IS、IT）、およびエンジニアリング系学士課程の1分野（電子情報通信・コンピュータ及び関連の工学分野）である。SEとCEは後者に2つとも含まれることになっている。JCACにはこのほか、新しい分野や複合融合的な分野のために、「情報一般」という分野を設けているが、J17ではこの分野のカリキュラムは示していない。

表2の基準1.2(d)のうち、「当該分野において必要とされるハードウェア・ソフトウェアを利用する能力」と「適切な技法及びツールを選択し、必要があれば作り出して、複合的な情報処理に適用する能力」については、専門分野の教育全般と必要な演習・実習・実験等によって身につけるものであり、J17では明確に含まれているものではないが、それぞれの分野のアウトカムズには含まれているものである。

次に、「情報セキュリティに関する基礎的な知識と応用能力」は、CS分野ではIASに、IS分野では多くのラーニングユニットに含まれており、IT分野ではITE-CSPで全体的に扱っているほか、ITE-IST、ITE-NET、ITE-WMS等においても触れている。このため、情報セキュリティに関しては、カリキュラム標準では十分に満たされていると判断できる。なお、基準1.2(b)に示している「情報セキュリティに対する責任の理解」については、技術者倫理に関するものとしての位置づけであるが、各分野のセキュリティ関係の教育内容の他、各分野では「プロフェッショナルとしての社会的責任」（CSのSPやITのITE-GPP）あるいはこれに類するBOKが定められている。

## 2.2. CS分野の分野要件

CS分野の特徴としては、基礎理論を基本としていることである。このため、分野別要件として表3のように、理論的、数学的な基礎を求めている。J17のCS分野のBOKでも、表3に記載されている項目は、数学以外は全て含まれている。また、BOKでも理論的な内容を重視するように構成されている。

規準1.2(c)については、BOKでは全てをカバーしていないが、平均的な理工系の学科であれば、解析学、線形代数、物理学、化学などが学習されており、その上で離散数学や統計学を含めれば満たす。

---

<sup>3</sup> 両者を統合する動きもある。

表 3: CS 分野の分野別要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 1.2(d)	<p>当該分野の『専門的知識とそれらに応用する能力』（水準を含む）として、以下が考慮されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンピュータを用いたシステムのモデル化及び設計に、アルゴリズムの諸原理と計算量、プログラミング言語の諸概念、及びコンピュータ科学の諸理論を応用する能力</li> <li>・様々な複雑性を有するソフトウェアシステムの構築に、設計や開発の諸原理を応用する能力</li> </ul>	AL、DS、PL
基準 2.1	<p>当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下が考慮されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「コンピュータアーキテクチャ、情報管理、ネットワークと通信、オペレーティングシステム、並列・分散処理、知的システム」のうち3つ以上の知識</li> <li>・一つ以上のプログラミング言語に対する深い知識と活用</li> <li>・コンピュータ科学に必要な十分な数学の知識と応用</li> </ul>	<p>AR、IM、NC、OS、PD、IS</p> <p>PL</p> <p>DS</p>

### 2.3. IS 分野の分野要件

IS 分野の特長は、情報システムの管理、活用であり、このために必要な知識や能力が求められる。システムを構築する能力は重視していない。改定案では、カリキュラムに「量的、質的なデータの収集と分析」に関するものを取り入れることを求め、情報を分析して活用するための学習を求めている。一つにはデータサイエンスの活用である。

表 4: IS 分野の分野別要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 1.2(d)	<p>当該分野の『専門的知識とそれらに応用する能力』（水準を含む）として、以下が考慮されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・組織と社会の活動に関わる情報システムの企画・計画・構築・運用・評価のプロセスを理解し、与えられた環境下で費用対便益を考慮して問題解決を実施する能力</li> </ul>	
基準 2.1	<p>当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下が考慮されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・量的、質的なデータの収集と分析</li> </ul>	

#### 2.4. IT・CSec 分野の分野要件

IT・CSec分野は、IT分野とCSec分野を合わせて、いずれかのカリキュラムに適合することを求めている。IT分野は、現在のインターネット、クラウドといった技術を含めた情報システムの設計から構築そして運用をするための技術的知識と能力を求めている。CS分野が求めるコンピュータ科学の理論的側面は求めず、実際の業務に活用できる知識と技術を求めている。表5に記載されている、インフォメーションテクノロジーに関する項目は、J17のIT分野のカリキュラムがそのまま適用できるようになっている。

サイバーセキュリティの分野は、これまで独立した学科のようなものを考慮しておらず、CSやIT分野でセキュリティ教育を強化することで対処していた。しかし、近年、セキュリティ対策として社会や組織あるいは人間の特性などを含めて考える必要があるため、セキュリティを中心とした教育プログラムが誕生している。このため、IT分野と合わせて、サイバーセキュリティ分野を認定できる仕組みを取り入れる。

なお、これまでもIT分野では他の分野より多くのセキュリティに対する知識と能力を求めるBOK が設定されていることから、当面の間ITとサイバーセキュリティを合わせて一つの分野としておくことは問題ないと考えている。

表5: IT分野の分野別要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 1.2(d)	<p>当該分野の『専門的知識とそれらを活用する能力』（水準を含む）として、以下のいずれかが考慮されていること。</p> <p>(1) インフォメーションテクノロジーに関する知識と能力</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ユーザニーズを正確に確認し、システムを構築し、出来上がった情報システムを、ユーザ環境との適合性を認識し、運用・管理して行く能力</li> </ul> <p>(2) サイバーセキュリティに関する知識と能力</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・セキュリティの原理と実践を環境、ハードウェア、ソフトウェアおよび人間的側面でシステムに適用できる能力。</li> <li>・リスクと脅威の存在を認識してシステムを運用していくことについて、分析と評価ができる能力</li> </ul>	<p>ITE-SPA、ITE-IST、ITE-IMA、ITE-UXD</p>
基準 2.1	<p>当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下のいずれかが考慮されていること。</p> <p>(1) インフォメーションテクノロジーに関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・インフォメーションテクノロジーの基礎としてのユーザインタフェース、情報管理、プログラミング、ウェブシステムと技術、ネットワークに関する知識</li> </ul> <p>(2) サイバーセキュリティに関する知識</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機密性、完全性、可用性、リスク、敵対者の概念を横断的に適用する知識</li> <li>・データセキュリティ、ソフトウェアセキュリティ、システムセキュリティ、ヒューマンセキュリティ、組織のセキュリティ、社会のセキュリティに関する知識</li> </ul>	<p>ITE-UXD、ITE-IMA、ITE-SWF、ITE-ITS、ITE-WMS、ITE-NET</p>

	・サイバーセキュリティに必要な情報学の知識	
--	-----------------------	--

## 2.5. SE および CE 分野の分野要件

現在の JABEE では、SE および CE は電子情報通信・コンピュータ工学としてまとめられており、電子工学や通信工学と合わせて一つの分野として扱われている。このため、特に SE においては適切な要件となっていない。CE については表 6 に示す分野要件が定められている。

表 6: 電子情報通信・コンピュータ工学分野の分野要件

基準	分野別要件	カリキュラム標準
基準 2.1	<p>当該分野にふさわしい『数学、自然科学及び科学技術に関する内容』として、以下が考慮されていること。</p> <p>(1) 電子情報通信に関する工学教育プログラムにおいては、回路理論、情報理論、通信理論などの知識とそれを組み合わせた応用能力</p> <p>(2) コンピュータ、ソフトウェア、情報等に関する工学教育プログラムにおいては、論理回路、情報理論、データ構造などの知識とそれを組み合わせた応用能力</p> <p>(3) プログラムの学習・教育到達目標に適合するハードウェア、ソフトウェア、又はその両方で構成される複雑なシステムに必要な知識</p> <p>(4) プログラムの学習・教育到達目標に適合するハードウェア及びソフトウェアに関する実験を計画・遂行し、データを正確に取得・解析し、工学的に考察し、かつ説明する能力</p>	

### 3. 米国および韓国の基準との比較

#### 3.1. 米国 ABET の基準との比較

JABEE はもともと米国の Engineer 教育の認定団体である ABET のやり方を踏襲しているため、基準もかなり ABET のものに近い。今回の JABEE の情報専門系の個別基準の改定を検討しているのは、ABET が頻繁に基準を改定していることにより、違いが出てきていることが一つの理由である。ABET では、エンジニアリング系の教育プログラムは EAC、情報専門系の教育プログラムは CAC として区別され、異なった基準をもとに審査をしている。ABET における分野は以下のようになっている<sup>4</sup>。

1. CAC に含まれる分野は、CS、IS、IT、GC0 の 4 分野である。GC0 は General Criteria Only の略で、JABEE の情報一般分野に相当する。CS、IS、IT のいずれの分野にも属さないが、広い意味での情報技術を基本とした情報専門系に属する教育プログラムの認定を行っている。現時点では、セキュリティ系の学科やネットワーク技術系の学科のように、まだ分野が定められていないが、今後増える可能性のある教育内容の教育プログラムが中心である。
2. CE と SE はエンジニアリング系として EAC に属している。また、CE は電気・電子分野と実質融合した審査体制で、認定されると電気・電子あるいは CE に分類されるという形態になっている。
3. ABET では、名称によって分野を定めることが基本になっている。このため、CAC では「Engineering」という語を含まない。Computer Science and Engineering のような名称の場合は、CAC と EAC 双方で審査を受け、認定される必要がある。名称を基本としているため、SE が EAC に含まれている。

ABET の CAC は 2018 年度から暫定で大きく変更した基準を適用することになっている<sup>5</sup>。EAC には大きな変更点はない。CAC の認定基準の大きな変更点は以下である。

1. セキュリティ教育の強化。「Secure Computing」に関する教育を必須としている。
2. CAC 共通の要件を簡素化し、必要があれば各分野でさだめるようにしている。
3. サイバーセキュリティ分野の新設。ただし、2018 年度は暫定の基準となっている。

JCAC としても、CAC が行っている改正には重要な意味があることを考慮し、サイバーセキュリティの教育を必須とする予定である。

---

<sup>4</sup> <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>

<sup>5</sup> <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2018/02/C001-18-19-CAC-Criteria-Version-2.0-updated-02-12-18.pdf>

JCAC でサイバーセキュリティ分野の認定が可能なようにするため、IT 分野と合わせ、IT またはサイバーセキュリティのいずれかを満たせばよいものとして認定ができるようにする予定である。このため、JABEE の情報専門系と ABET の CAC においては、大きな違いは無くなっている。

小さな違いとしては、以下の事項がある。

1. ABET は CAC としては統計学を必修とはせず、CS と IS で統計学を必修としている。JCAC では、全分野で統計学を必修としている。
2. サイバーセキュリティを、CAC ではカリキュラムの要件としているが、JCAC では、学習・教育到達目標に含めるべきものとして定めた。また、CAC では、情報倫理としてのセキュリティをはずしたが、JABEE の情報専門系はそのまま残すこととした。
3. その他、用語等から多少の違いがあるが、大きな差はないように配慮している。

### 3.2. 韓国 ABEEK の基準との比較

韓国 ABEEK は、分野の要件がハングルでしか公開されていないため、機械翻訳によって確認をした。基本的に JABEE、ABET、ABEEK は類似の形態と審査基準を設定しており、大きな違いはない。基本的な違いは分野の考えで、以下のようになっている。

1. CE 分野を明確にエンジニアリング系として設けている。しかし、SE 分野は設けていない。
2. 情報専門系として、マルチメディアとセキュリティの 2 分野を設けており、すでに複数のプログラムの認定を行っている。
3. IT 分野は設けているが、JABEE と同様認定はまだない。

ABEEK の情報専門系の基準のうち、プログラムアウトカムで専門科目に関係する部分を抜粋して示す。

1. an ability to apply knowledge of mathematics, basic sciences, liberal arts, computing and information technology to the solution of computing problems
2. an ability to verify theories or algorithms through formulae or program coding
3. an ability to define and model computing problems
4. an ability to apply latest information, research-based knowledge and

appropriate tools including programming languages to the solution of computing problems

5. an ability to design hardware or software systems to meet user requirements within realistic constraints
6. an ability to contribute to project team output in the solution of computing problems
8. an ability to understand the impact of computing solutions in the context of health and safety、
9. economics、 society and environment
10. an ability to understand the impact of computing solutions in the context of health and safety、 economics、 society and environment

ABEEK では、カリキュラムに関しては単位数関係以外の記載がなく、専門科目についてはプログラムアウトカムに JABEE や ABET よりも詳細に記載されている。ただし、JABEE や ABNET との実質的な違いは少ない。

次に、CS 分野の要件のうち、カリキュラムに関係する部分を要約すると、以下のようになっている。

1. 離散数学
2. コンピュータハードウェアの動作原理、コンピュータソフトウェアの基礎理論およびプログラミング技術、システムソフトウェアと関連した内容を扱う教科目
3. 基礎設計と総合設計を含んで最小 12 の単位以上の設計教科目
4. 工学士を排出するプログラムでは、基礎科学科目のうち一分野以上実験を含まなければならない

各分野の要件についても、ABEEK も ABET を参考にしており、大きな違いはない。

#### 4. J17 の各分野の教育水準

アクレディテーションにおいても一つ重要なことは、どの程度までの知識やスキルを身につけていることを求めるかである。実際にはかなり難しい問題がある。

1. 広さと深さ。教育プログラムによっては、狭い範囲（あるいは中心とする専門分野）に特化して深い教育を行っている。逆に、多くの分野をカバーするために、広く浅く教育



- をすることを中心としている場合もある。
2. その分野として必須の知識とスキルを身につけているか。
  3. カリキュラム全体として、その分野として適切な教育体系になっているか。

このため、CS、IS、SE、CE、IT について、情報学参照基準の各項目について、必須のレベル、概ね必要なレベル、およびその分野の教育としてあつかう項目を検討した。

#### 4.1. 各分野の教育目標の水準

アクレディテーションの仕組みでは、基準をもとに審査をするが、実際に基準をどの程度のものとするか難しいところがある。

1. 基準を満たすために必要な教育内容は何か。例えば、基準に記載されている「プログラミング言語の諸概念」を満たすためにはどの程度のことが要求されるのか明確でない。
2. 例えば CS 分野として、カリキュラム標準で CS 分野で示されている BOK をどの程度教育すればよいのか明確でない。アウトカムズが示されてはいても、それをかなり高いレベルであるべきだと解釈する人々もいれば、低く解釈する人々もいる。
3. 情報学参照基準をみても、どれが必要かわからない。

このようなことをある程度明確にする、あるいは目安を検討することが必要である。平成 29 年度文部科学省委託事業「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」において、全国の大学の情報教育についての調査の項目と調査結果を参考に、カリキュラム標準においてどのようなレベルを求めるかを比較した。比較においては表 7 に示す大項目の各領域のレベルである。「情報一般の原理」および「情報学を学ぶ学生が獲得すべきジェネリックスキル」については、カリキュラム標準と直接的な関係が少ないため、はずした。それぞれの領域には、表 7 で示している調査項目がある。

表 7: 情報学参照基準の大項目

大項目 記号	大項目	領域	調査項目 目数
A	コンピュータで処理される 情報の原理	情報の変換と伝達	4
		情報の表現・蓄積・管理	4

		情報の認識と分析	4
		計算	6
		各種の計算・アルゴリズム	8
B	情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術	コンピュータのハードウェア	3
		入出力装置	4
		基本ソフトウェア	3
C	情報を扱う人間社会に関する理解	社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み	2
		情報を扱う人間の特性と社会システム	3
		経済システムの存立と情報	2
		情報技術を基盤にした文化	2
		近代社会からポスト近代社会へ	2
D	社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織	情報システムを開発する技術	6
		情報システムの効果を得るための技術	6
		情報に関わる社会的なシステム	2
		情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法	4
E	情報学を学ぶ学生が獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）	(領域なし)	3

情報学参照規準について、CS、IS、SE、ITの各分野が、それぞれのカリキュラム標準が定めているBOK等において、必修としている領域で想定している水準、選択になっている領域で想定している水準（必修の領域でさらに進んだ内容の選択科目も含む）、およびそれらの領域とともに、情報学参照基準において、その分野に関する領域（概ねこの領域内を中心に学習する範囲とするもの）を検討した。このために、情報学参照基準のそれぞれの領域について、必修、選択の違いと求める最低の知識と技能（スキル）の水準を検討した。

水準の検討においては、例えば一つの講義において、広く浅く講義をする場合もあれば、特定のことに深く講義をする場合もある。また、各領域内の項目についても、特定

の一部の内容のみを扱う場合もあれば、全体を扱う場合もある。このため、おおむね例示されている内容（あるいは類似のもの）が半数程度扱われており、評価されるべきとする項目について、水準として、レベル2～4の値を設定することを目安とした。知識については、平成29年度の調査に合わせて、表8に示す水準を設定した。このため、通常入門的な授業、あるいは1学年ないし2学年で行う入門的な講義においては、レベルは概ね2～3となる。複数の科目で扱えば、知識のレベルは上がるものとしている。ただし、通常の授業におけるレベルのため、レベル5は例外的であると考え、通常はレベル4までの範囲を設定することとしている。カリキュラム標準は概ね1年～1年半の教育内容を示すものであり、その上で、それぞれの学科等がコアカリキュラムに加えてさまざまな教育内容を追加することが重要である。今回示す目安が高すぎればカリキュラム編成の自由度が少なくなり、低すぎれば適切な教育内容と言えない恐れがある。

なお、ここで扱っている水準は、全学生がそのレベル以上であることを求めるための、最低水準を基本としている。このため、通常の学生はより高いレベルとなっている場合が多い。

同様に、技能（スキル）については、表9に示す評価段階を設定した。演習や実習を多く行わない場合は、通常は知識の設定よりも0.5～1段階以上低くなると思われるし、遠州や実習を多くした場合は、知識よりも高いレベルとなる場合も考えられる。技能についても概ねレベル2から4の範囲を設定した。

表8: 知識に対するレベル

レベル	説明
0	修得済みまたは教育上不要のため教えていない。
1	時間的な制約がある、または内容が高度すぎるため教えていない。
2	授業で教えており、学生は個別の用語を聞いたことがある。
3	授業で教えており、学生は個別の用語の意味を説明できる。
4	授業で教えており、学生は関連する用語の相互関係や違いを説明できる。
5	授業または卒業研究で教えており、学生は用語に関連する分野や科目の相互関係を他者に指導できる。

表9: 技能に対するレベル

レベル	説明
0	教えていない。
1	講義の中で単純な演習課題に取り組ませている。
2	演習等の中で単純な課題に取り組ませており、具体的な指示があれば、学生はその内容を実行できる。
3	実験等の中で複合的な課題に取り組ませており、大まかな指示があれば、学生はその内容を実行できる
4	卒業研究等の中で総合的な課題に取り組ませており、学生はその内容を自律的に実行できる。
5	卒業研究等の中で総合的な課題に取り組ませており、学生はその実践を教えられる。

なお、情報学参照基準では、CS 分野や CE 分野において重要としている数学や電気回路などの一部の領域が含まれていないものがあることに留意が必要である。

#### 4.1.1. CS 分野の教育水準

CS分野が求めている水準は、図1に示すように、情報学参照基準の広範囲に渡って、レベル3を要求している。Tier 1、Tier 2を合わせて、およそ25単位程度でBOK が作成されているが、単位数の割には高めのレベルを考えているともいえる。多くの範囲をカバーすることを求めており、実際の教育としては授業科目数を増やさなければならない可能性がある。なお、図1では、Tier 1が黒、Tier 2すなわち選択が濃い灰色で示している。薄い灰色は、CS分野がおおよそ自由な選択をふくめて対象とする分野と水準である。

CS分野が主たる対象としていないものは、コンピュータのハードウェア関係、情報システムあるいは社会との関係のうち、構築（開発）にかかわるものを除いた部分である。しかし、CS分野として実際の学科等を構成する場合は、基礎を踏まえた上でどのような学問領域を対象とするかは自由度を高くすることを想定している。

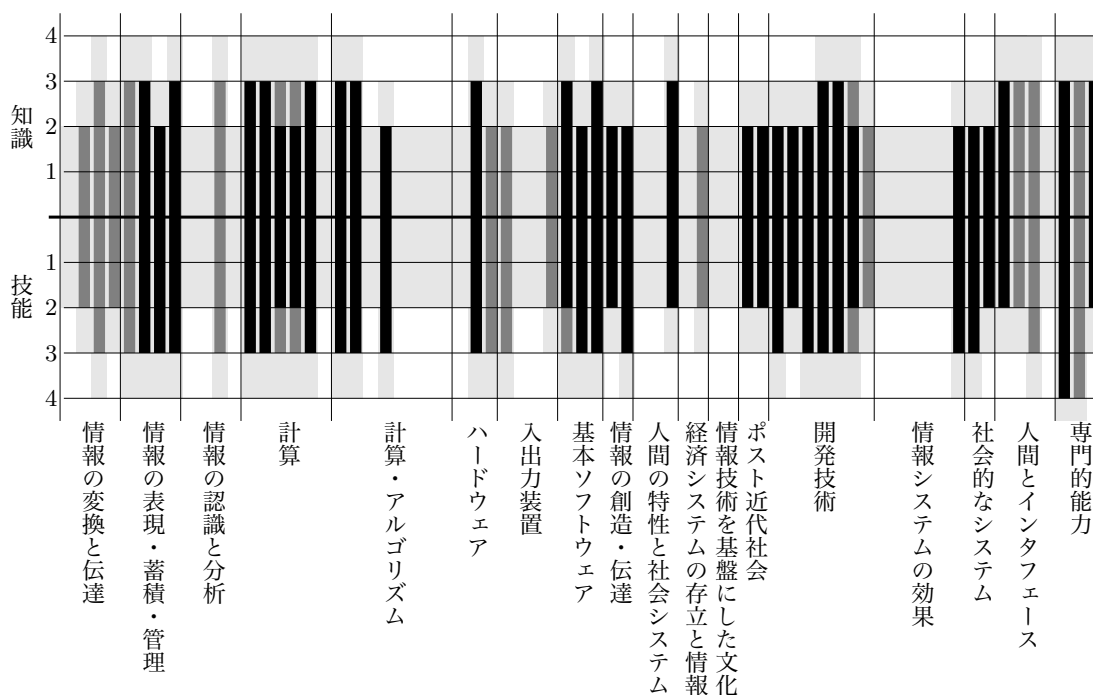


図 1: CS の教育水準の目安

必修単位数：15 単位

選択を含む単位数：25 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：80%

#### 4.1.2. IS 分野の教育水準

IS分野は、必修および強く求める教育内容は、かなり偏っている。コンピュータのソフトウェアやハードウェアはほぼ必修とせず、情報システムのかかわる技術や人展・社会面を強く求めていることがわかる。IS分野では、分野として特に重視する領域だけにレベルを設定しており、それ以外はある程度自由な選択を認める方針でカリキュラム標準を作成しており、複数の目的別のカリキュラムを示しているため、必然的に共通部分が少なくなっている。コンピュータハードウェアやソフトウェアについてはほとんど重視しないことが、CS分野との大きな違いである。

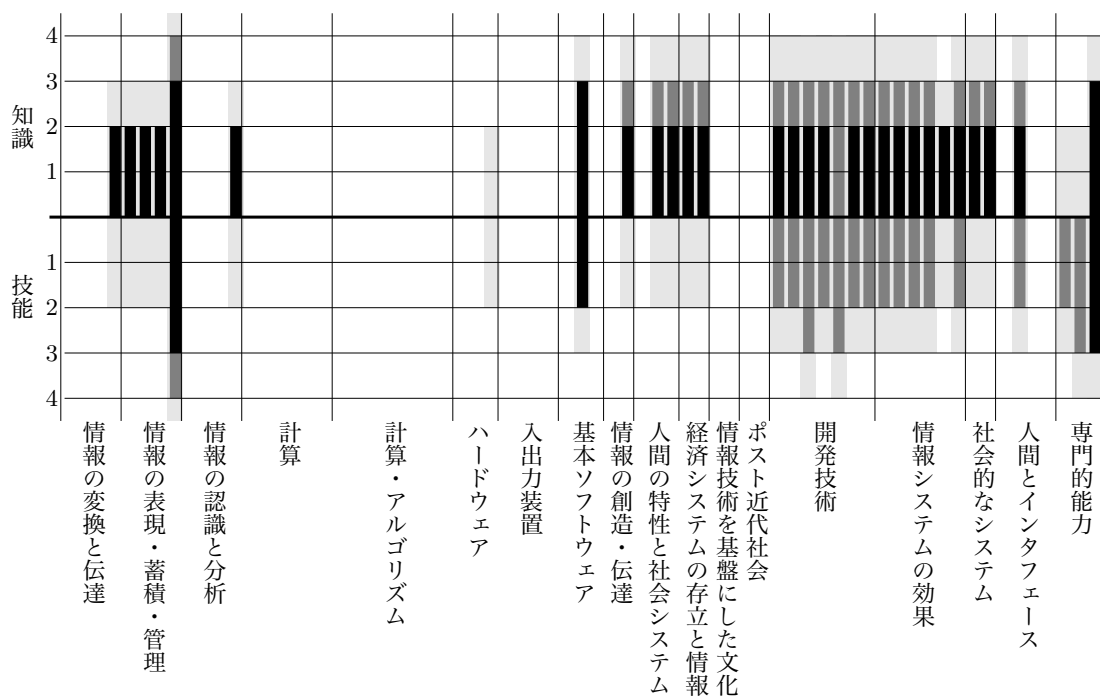


図 2: IS の教育水準の目安

必修単位数：14 単位

選択を含む単位数：24 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：50%

#### 4.1.3. SE 分野の教育水準

SE 分野は、SE としての必須の項目を中心にコアカリキュラムとしており、特徴のあるレベル設定をしている。実際のカリキュラムにおいては、CS や IS などといった他の分野の基礎的教育を含むこととなると思われる。

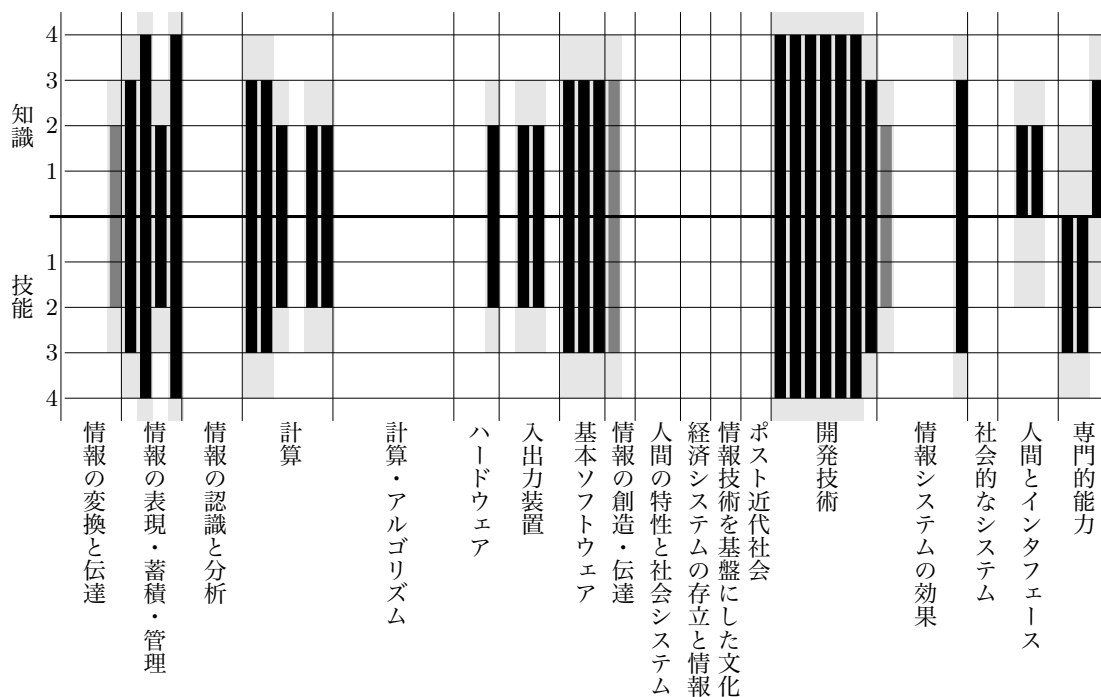


図 3: SE の教育水準の目安

必修単位数：20 単位

選択を含む単位数：30 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：50%

#### 4.1.4. CE 分野の教育水準

CE分野においては、CE2016を見ても、電子工学からコンピュータ科学領域まで広い範囲の学習が求められている。日本の大学においては単位数などの面から難しいことから、特定の領域を中心にした学科などが多い。図4は、CE分野の3つのモデルカリキュラムの合成であるため、選択科目として多くの領域と比較的高いレベルとなっているが、実際にはここからの選択であるため、単純にたの分野との比較はできない。

それでもCE分野の特徴はわかる。他の分野では比較的低いか全く記載のないハードウェアがかなり高いレベルとなるなっている。逆に、情報システムはほとんど記載がない。

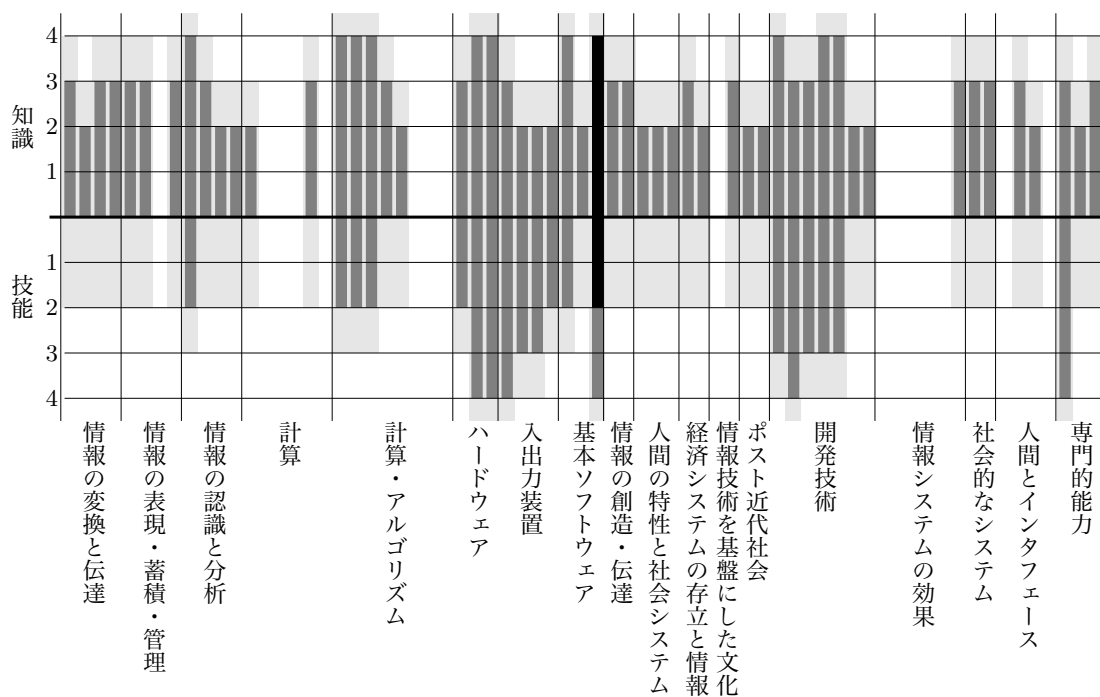


図 4: CE の教育水準の目安  
 必修単位数：2 単位  
 選択を含む単位数：40 単位  
 選択科目から履修すべき単位数の割合：50%

#### 4.1.5. IT 分野の教育水準

IT 分野は、図 5 が示す特徴として、CS 分野の中心となっている「情報を扱う機械」に関係した領域が薄いことである。これは、IT 分野は基礎理論やコンピュータなどの基礎原料は求めず、主に現代社会のコンピュータシステムやインターネットなどの構築、運用を行うための技術を中心としているためである。図 5 から、このことははっきりと読み取れる。それ以外においては、全体として広く扱っている。

なお IT 分野の今回のカリキュラムでは、必修科目を講義中心に 26 単位、演習を 12 単位として設定しているため、CS、IS、SE 分野に比べ、全体とすれば高い水準となっている。単位数を考慮すると、ほぼ同程度になっていると判断できる。



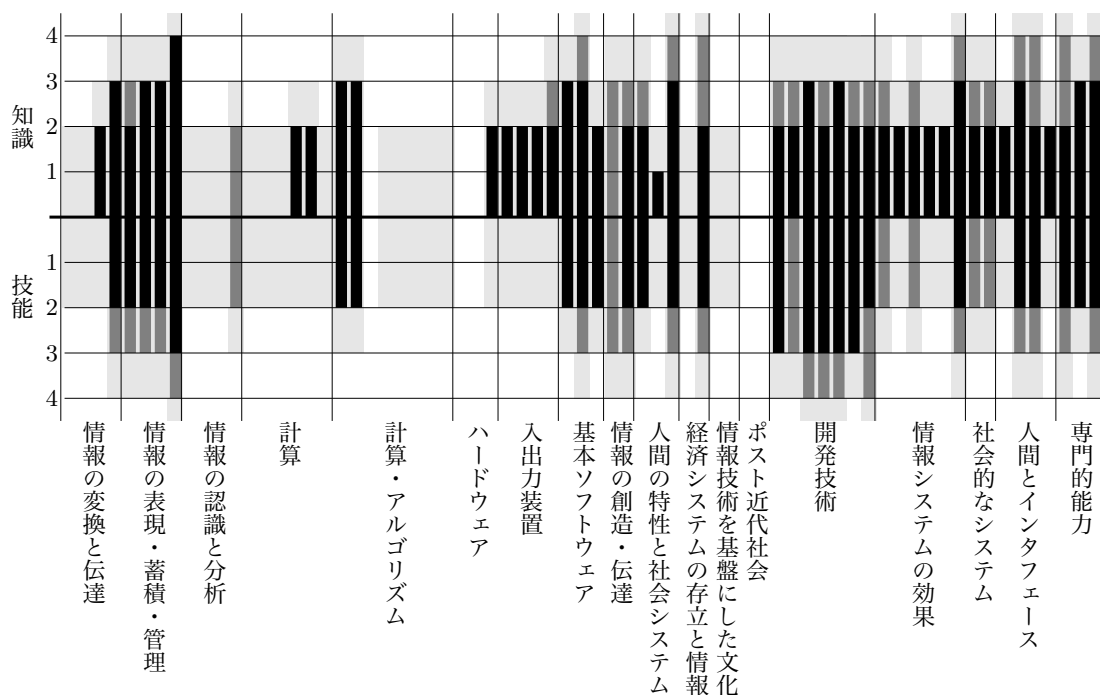


図 5: IT の教育水準の目安

必修単位数：38 単位

選択を含む単位数：50 単位

選択科目から履修すべき単位数の割合：30%

#### 4.2. 各分野の教育目標の水準

分野の全体的な特徴を抽出するために、情報学参照基準の大項目でCS、IS、SE、CE、ITの各分野の水準をまとめてみる。また、参考として、CS以外については、技術士第一次試験の水準も調査費、比較した。情報学参照基準では、次の5つの大項目にまとめた。

- A. コンピュータで処理される情報の原理
- B. 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術
- C. 情報を扱う人間社会に関する理解
- D. 社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織
- E. 情報学を学ぶ学生が獲得すべき専門的能力（情報学に固有の能力）

各項目に含まれる領域数は大きな違いがあるが、おおよその傾向を把握することができ

る。拡大項目は、単純に、知識と技能（スキル）ごとに平均値を採用している。このため、大項目の中の一部の領域が重要である場合であっても、平均値のために低くなっている場合もある。以下の図においては、●が必修科目による水準、▲がそれに加えて選択必修科目（つまり、重要度の高い科目）を加えた水準である。なお、選択必修の場合、すべてを満たす必要はなく、それぞれの分野によって要求する単位数に違いがあるため、単純な比較はできない。おおよその傾向を調べるに止める。

技術士一次試験は選択科目だが、そこからIS、SE、CE、ITの各分野が標準的に選択するであろう科目を想定して水準を設定している。

また、類似した分野同士の比較も行った。CSとCE、およびCEとITを比較した。

#### 4.2.1. CS 分野の知識水準の概観

CS分野の概観はかなりきれいな円に近いものとなっている。4.1.1 節では各大項目の中では扱う領域と扱わない領域がはっきりと分かれているが、大項目でまとめるとどの大項目にも大きな差が無くなっている。強いて上げれば、専門的能力については、知識・技能ともに高い能力を要求している。

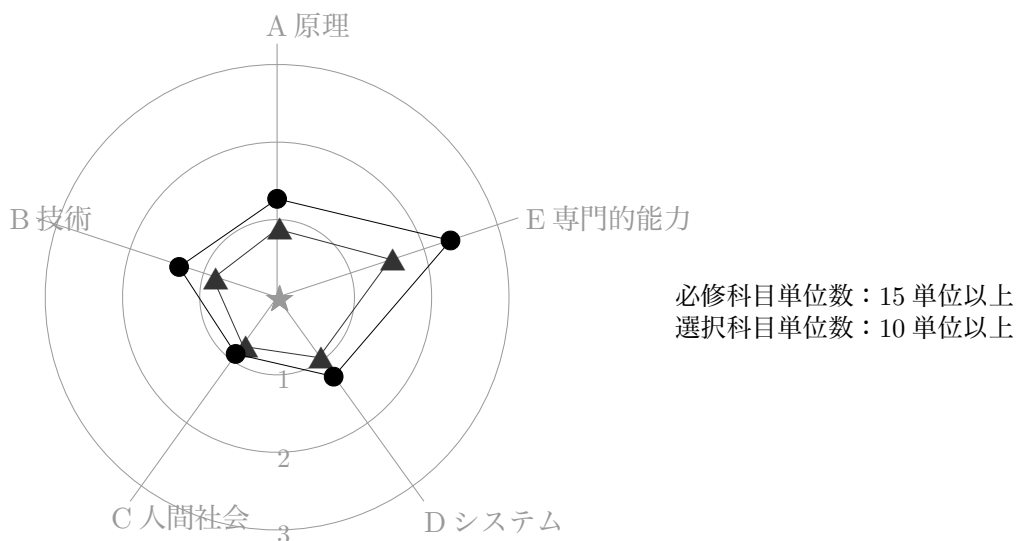


図 6: CS の必修，選択必修の知識水準（大項目）

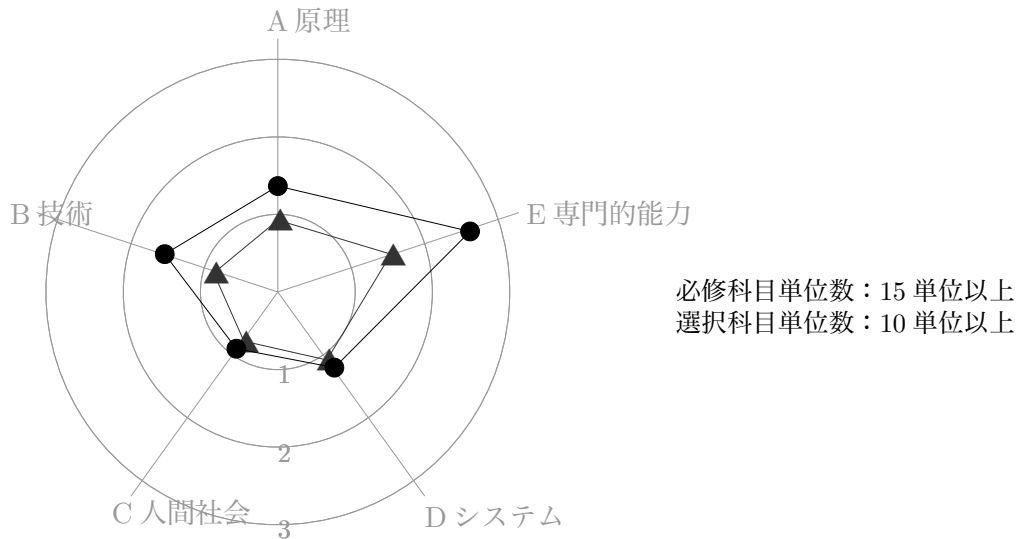


図 7: CS の必修，選択必修の技能水準（大項目）

#### 4.2.2. IS 分野の知識水準の概観

IS分野は、大項目でまとめても、情報システムの構築と人間、社会との関わりに強く関係していることがわかる。特に技能では、それが顕著になっている。ただし、今回の水準からみると、知識と技能でずれがある。

ところが、IS分野と技術士一次試験で想定しているIS分野の知識水準には、C とDでISのカリキュラム標準が高く、Bにおいて技術士一次試験が高いという、大きな乖離がある。この理由は、重視する項目に大きな違いがあることを示している。今後さらに調査する必要がある。

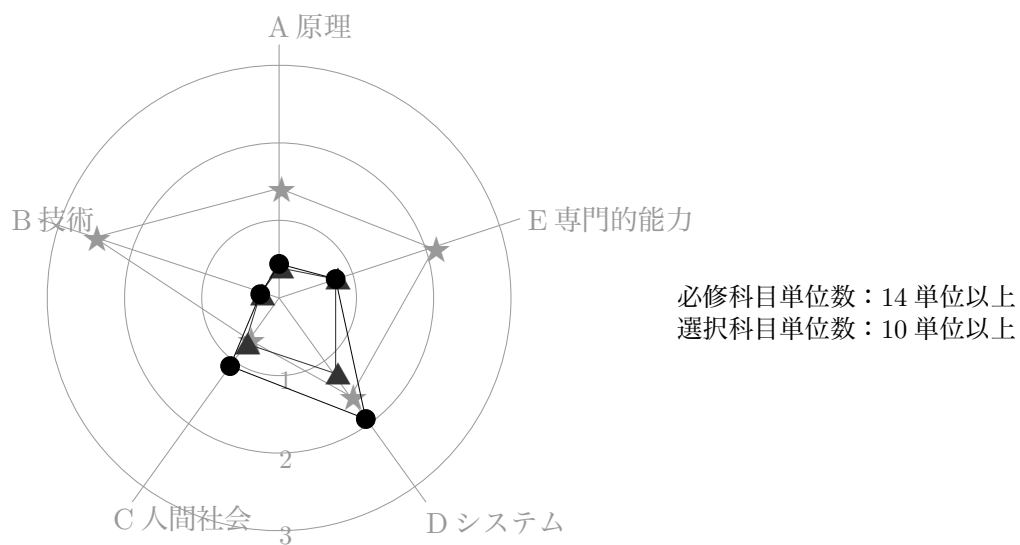


図 8: IS の必修, 選択必修の知識水準 (大項目)

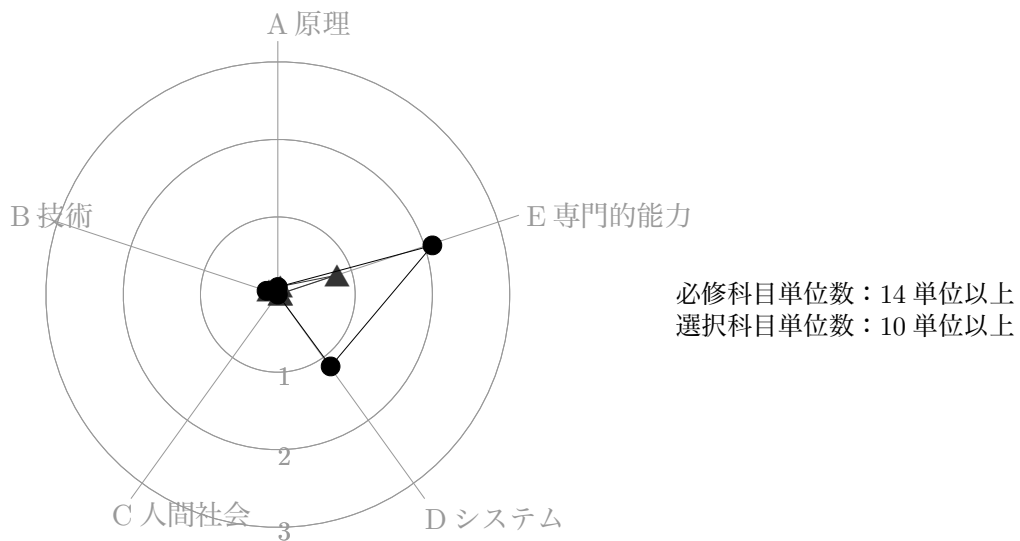


図 9: IS の必修, 選択必修の技能水準 (大項目)

### 4.2.3. SE 分野の知識水準の概観

SE分野は、特定の領域に強く関係しているBOKが作成されているといえる。SEの実際のカリキュラムとするには、CS、IS、ITなどの基礎を含めることが想定される。このため、特定の領域に集中している。SE分野が求める水準と、技術士一次試験で求める水準に乖離があるのは、SE分野ではSEの基本的な教育以外は示していない（ある程度自由に教育プログラムが選択可能）としているからである。

SE分野では、技能も知識と同様に高い水準を求めていることが図11からわかる。

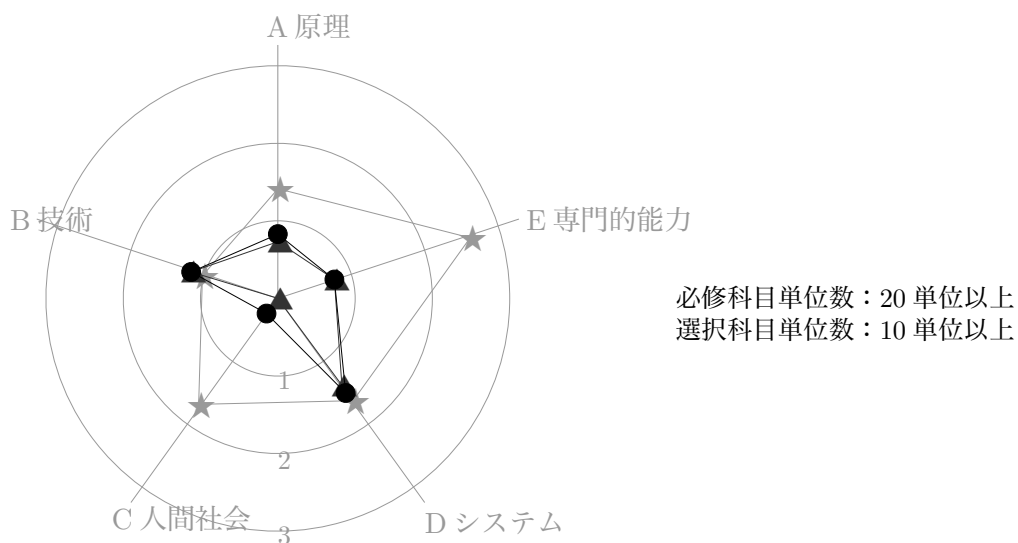


図 10: SE の必修，選択必修の知識水準（大項目）

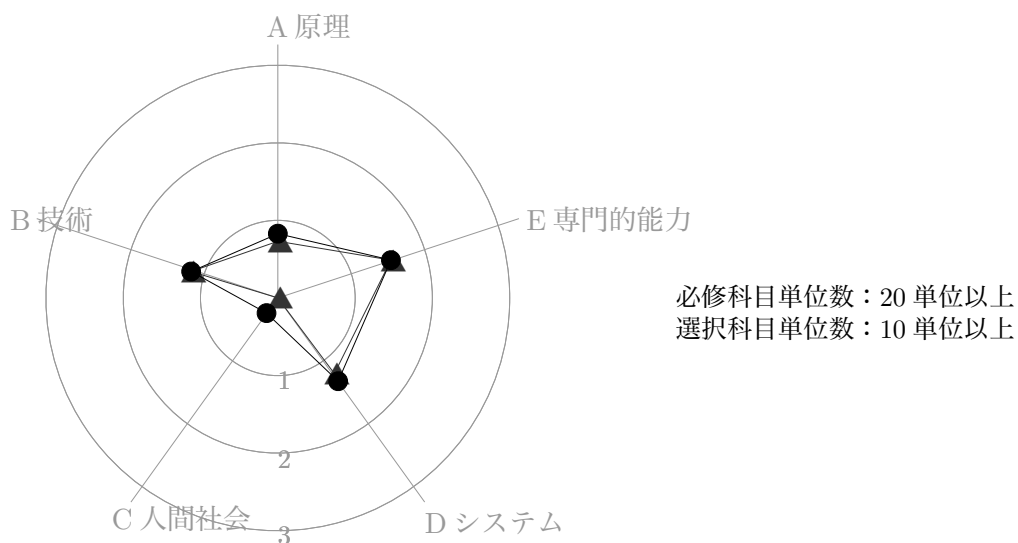


図 11: SE の必修，選択必修の技能水準（大項目）

#### 4.2.4. CE 分野の知識水準の概観

図 12、13 で示す CE 分野は、3 学科のカリキュラムをまとめた選択科目を多くした形式となっているため、選択科目として満遍なく、かつ高いレベルとなっている。技術士一次試験の想定レベルと比較しても、高いレベルになっている。ただし、この中から選択をすることを考えれば、ほぼ技術士一次試験と同程度のレベルとなると思われる。

技術士一次試験との比較で、「人間社会」に関する領域が高くなっている。これは技術士の試験ではあまり要求していない領域のためで、それ以外においては大きな違いは生じていない。

図 13 からは、技能に関するレベルが一部しか想定されていない。

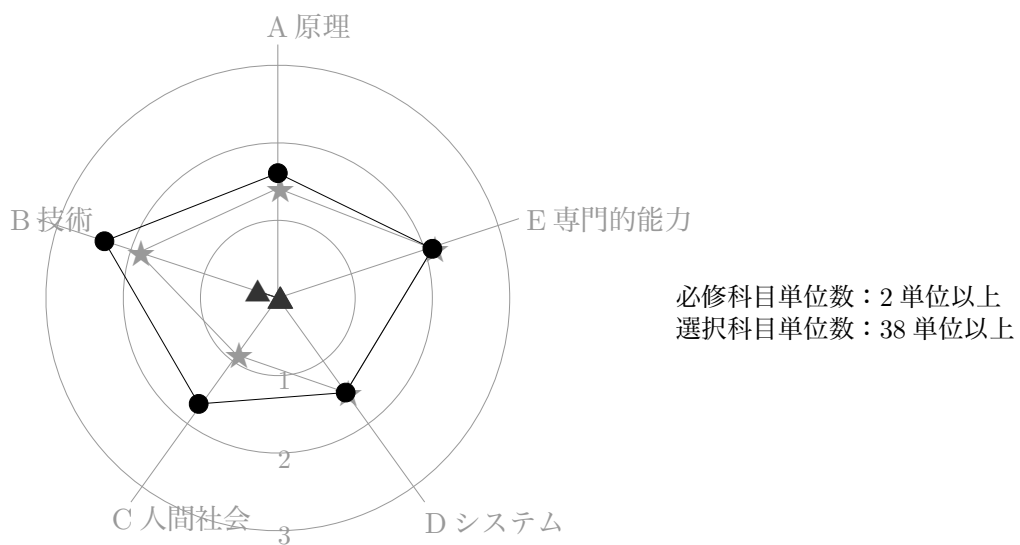


図 12: CE の必修，選択必修の知識水準（大項目）

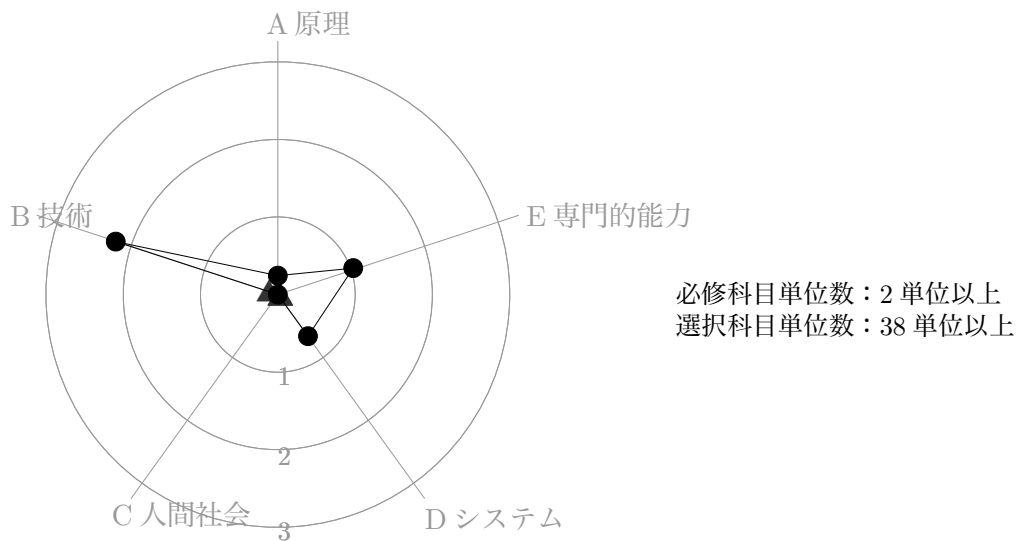


図 13: CE の必修，選択必修の技能水準（大項目）

#### 4.2.5. IT 分野の知識水準の概観

IT分野は、IT2017が公開されたのが2017年12月であったため、それをもとにしたカリキュラム例として多めの授業科目を設定している。そのため、知識・技能の水準は他の分野よりも高くなることのあるのと、5つの大項目を、CSと類似してカバーをしていることがわかる。

技術士一次試験の想定レベルと比較した場合、コアカリキュラムとしては妥当な水準になっているといえる。なお、IT分野はセキュリティが強化されたことと、人間・社会に対するものは技術士一次試験から外れる項目があるため、それらに関連する大項目はITのカリキュラムの方が高いものとなっていることがわかる。

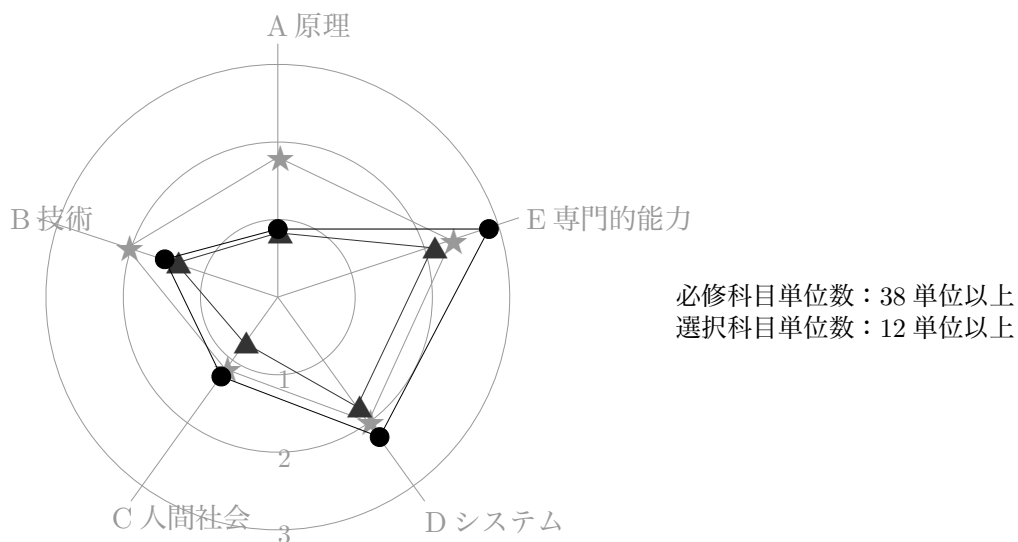


図 14: IT の必修，選択必修の知識水準（大項目）



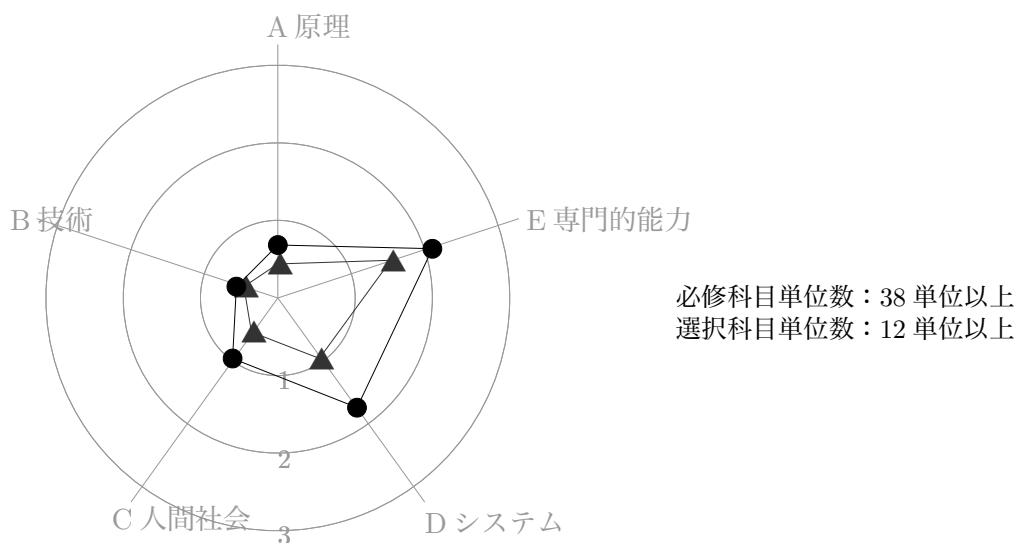


図 15: IT の必修，選択必修の技能水準（大項目）

#### 4.2.6. CS—CE 分野の知識水準の比較

CS 分野と CE 分野は、通常はハードウェアをどの程度含むかといった単純な違いで示される場合も多いが、この2つのレベルを比較してみる。図 16 では、求める単位数に大きな違いがあることを前提にしても、特徴的な違いが出ている。一つは「専門的能力」で、もう一つは「技術」に関する領域である。前者は、CS 分野の方が高くなっている。こうなっている原因は、レベルの設定に解釈の差があるためか、あるいは CE 分野では情報専門的な能力以外に、例えば電子工学の実習を含むなどのためとも考えられる。「技術」に関して大きな差があるのは、ハードウェア関係が影響しているものである。なお、「人間社会」においても大きな差があるが、これは CE 分野で選択科目を多く含むものとして集計しているためと考えられる。

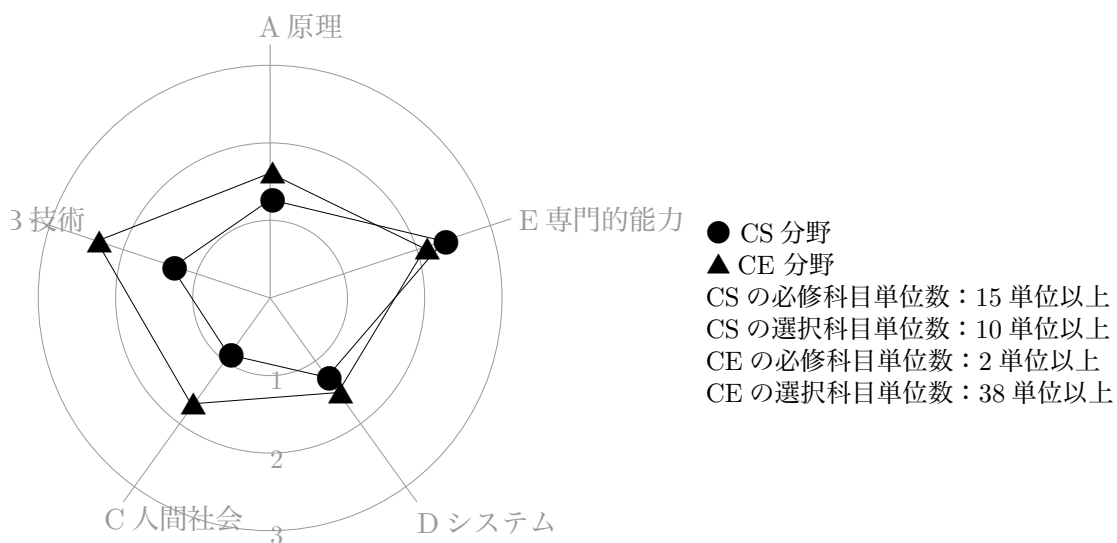


図 16: CS と CE の比較：知識

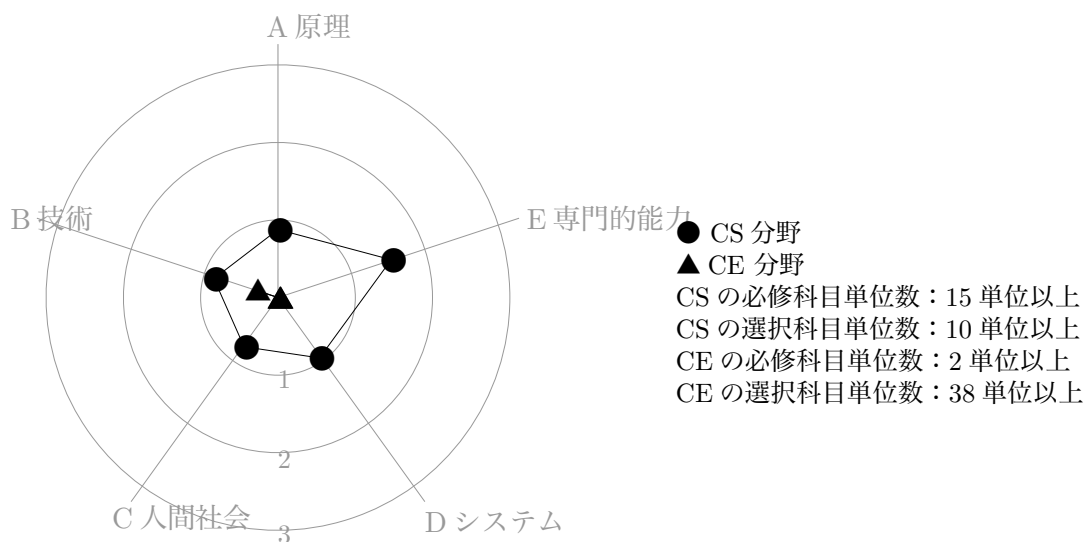


図 17: CS と CE の比較：技能

#### 4. 2. 7. CS—IT 分野の知識水準の比較

CSとIT分野を比較すると、図18、19のようになる。IT分野は、IT2017が公開されたのが2017年12月であったため、それをもとにしたカリキュラム例として多めの授業科目を設定している。そのため、知識・技能の水準は他の分野よりも高めになる多い。その点を踏まえて比較すると、CSとITは類似していることがわかる。その上で、それぞれの分野の特徴を調べると、技術的（コンピュータ科学の基礎的、内容が多い）はCSが高く、システムに関するものはITが高いことがわかる。これはそれぞれの分野の基本的な違いとして取ることができる。なお、大項目だけの比較だと類似に見えても、実際の教育内容を考えるとかなり異なる場合がある。例えば、プログラミングはCSではC言語のような汎用プログラミング言語が重要としてされるが、ITではスクリプト言語に習熟していれば差し支えない。このようにより詳細な比較は今後必要である。

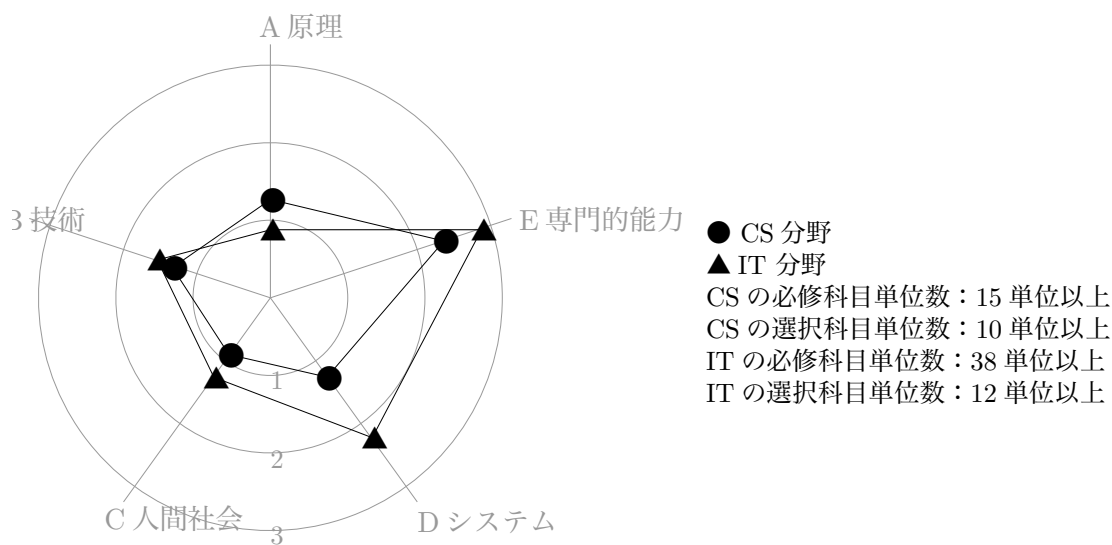


図 18: CS と IT の比較：知識

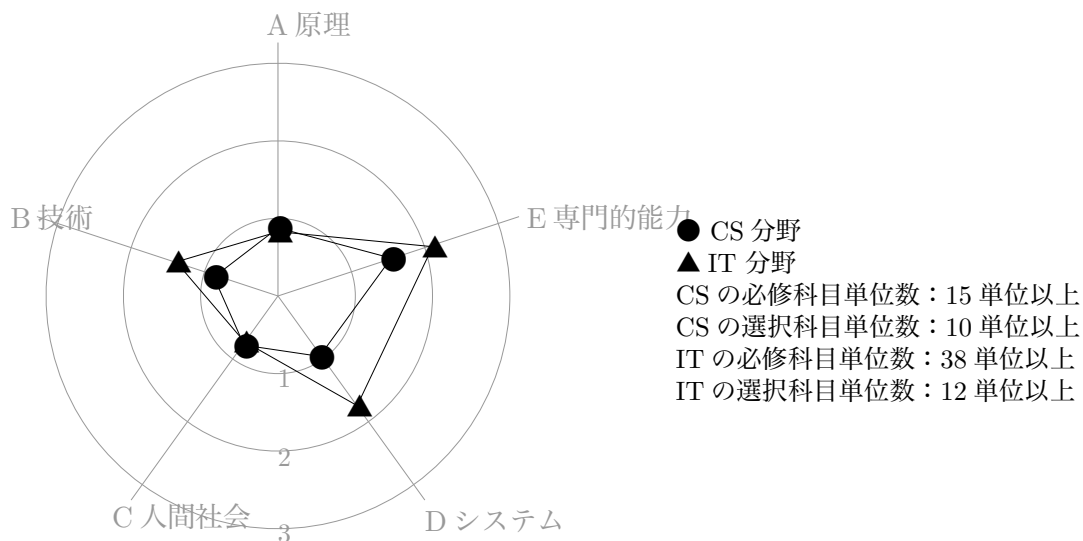


図 19: CS と IT の比較：技能

#### 4.2.8. CS、IS、IT 分野の共通の教育水準

それでは、各分野に共通のものがあるかを調べてみる。ただし、SE 分野と CE 分野は設定条件に違いがあるため、CS、IS、IT の 3 分野の共通点を調べてみる。知識と技能において、3 分野のうちの最低のレベルと 3 分野の平均のレベルを求めると、図 20 で示すものになる。

3 分野で最低のレベルであれば、これは情報分野で必須のレベルであると言える。これが含まれる領域は、知識では「情報の表現・蓄積・管理」の「データベース」、「基本ソフトウェア」の「ミドルウェア」、「情報の創造・伝達」の「メディア～技術的・文化的特性」、「人間の特性と社会システム」の[情報倫理と社会組織のルール]、「開発技術」全般、「情報システムの効果」、「社会的なシステム」全般、「専門的能力」の「情報倫理・情報社会」であり、技能では「情報の表現・蓄積・管理」の「データベース」、「基本ソフトウェア」の「ミドルウェア」、および「専門的な能力」の「情報倫理・情報社会」である。共通点を見ると、社会、倫理的な面は共通に必要とされるが、技術的な面では共通点がかかなり少ないことがわかる。情報専門系として 5 分野（今後さらに増える可能性がある）になっているのは、基本的な教育内容に大きな違いが生じているからであることが、図 20 から示されている。

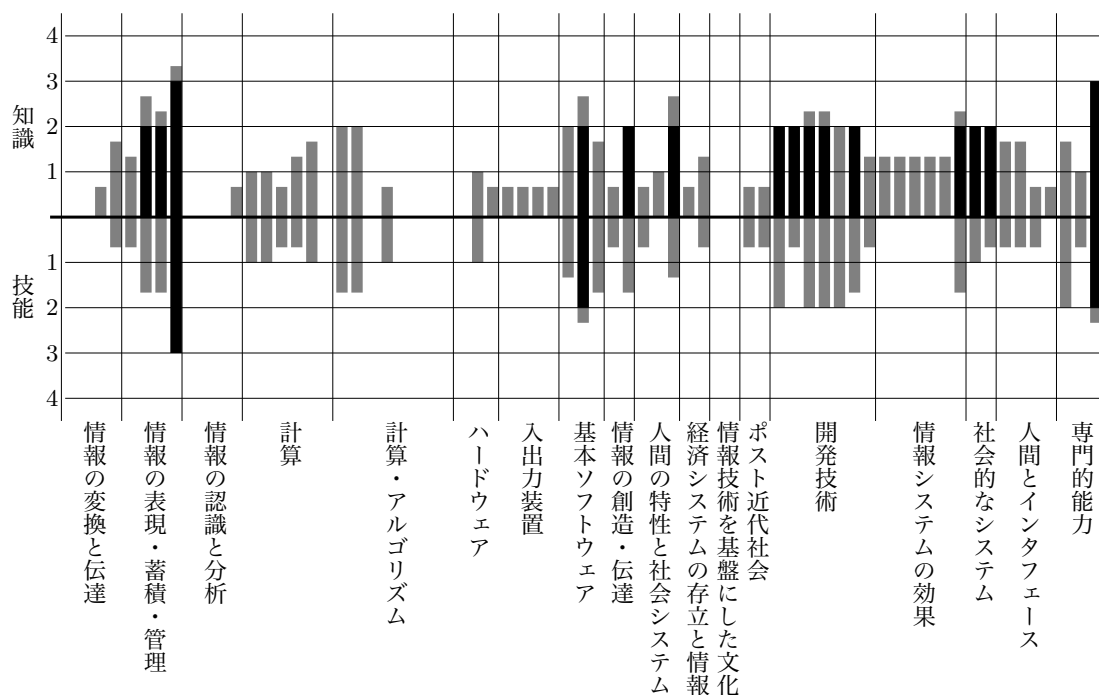


図 20: 共通項目

## 5. おわりに

JABEEにおけるCS、IS、SE、CE、IT分野において、J17で示すカリキュラムと認定基準の状況を示し、また情報学参照基準における各カリキュラムの状況を、水準を含めて検討した。J17の各分野とJABEEの認定基準とが関連していることを示した。

また、各分野の水準を調べることで、各分野の特徴が明らかになった。ただし、水準についての解釈が分野によって異なっていることから、今後この点を含めてさらに調査する必要がある。

## C 部

# 教養教育として必要な 情報教育カリキュラム標準の策定

この部は、つぎの報告書からなる。

教養教育として必要な情報教育カリキュラム標準の策定

## GE

## 教養教育として必要な情報教育カリキュラム標準の策定

### G E

### 目次

1. 一般情報教育のカリキュラム標準	1
2. 一般情報教育の知識体系（GEBOK2017.1）の構成	1
3. 一般情報教育の知識体系（GEBOK2017.1）の内容	3
4. 一般情報教育の標準的なカリキュラム例	31
5. 一般情報教育に関する調査	37
6. GEBOK2017.1 と情報学分野参照基準	40

### WG 構成

稲垣知宏（主査）	広島大学	高橋尚子（副主査）	國學院大学
喜多 一（幹事）	京都大学	湯瀬裕昭（幹事）	静岡県立大学
稲葉利江子	津田塾大学	岩根典之	広島市立大学
上繁義史	長崎大学	岡部成玄	北海道大学
河村一樹	東京国際大学	駒谷昇一	奈良女子大学
佐々木整	拓殖大学	立田ルミ	獨協大学
辰己丈夫	放送大学	中鉢直宏	帝京大学
徳野淳子	福井県立大学	長瀧寛之	岡山大学
中西通雄	大阪工業大学	布施 泉	北海道大学
堀江郁美	獨協大学	山際 基	山梨大学
山口 泰	東京大学	鷺崎弘宣	早稲田大学
和田 勉	長野大学		

## 1. 一般情報教育のカリキュラム標準

2007年度に大学での教養教育としての情報教育に関するカリキュラム標準の基礎となる一般情報教育の知識体系 GEBOK (GEBOK2007 と呼ぶ) を定めてから 10 年間が経過した。この間の我々を取り巻く社会と技術、初等中等教育での情報教育は大きく変化している。また、日本学術会議の策定した「大学の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準情報学分野」(情報学分野の参照基準と呼ぶ) を踏まえた新たなカリキュラム標準としても見直しが必要となっている。本事業では、2016 年度に実施した「超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究」の結果に基づき、初中等教育と大学教育との接続(アドミッションポリシーに含まれうる大学進学者としての情報活用力)及び社会との接続(ディプロマポリシーに含まれうる大学卒業者年の情報活用力)の実態とあるべき姿について考慮し、大学での教養教育として求められる情報教育について有識者による検討を行い、『新たな一般情報教育のカリキュラム標準』を策定する。

## 2. 一般情報教育の知識体系 (GEBOK2017.1) の構成

### 2.1. 一般情報教育の知識体系 (GEBOK2017.1) の全体構成

一般情報教育に関するカリキュラム標準の基礎となる GEBOK2017.1 を下記のエリア構成で策定し、エリア毎の教育目標、学習時間の目安、エリアを構成するユニット、ユニット毎のトピックスと学習目標を定める。GEBOK2017.1 の各エリアは独立した内容ではなく互いに関係している。このため、複数のエリアで重複して取り上げるトピックスもある。

---

GE-GUI	科目ガイダンス [コア授業時間: 1, 授業外学習時間: 0]
GE-ICO	情報とコミュニケーション [コア授業時間: 3, 授業外学習時間: 6]
GE-DIG	情報のデジタル化 [コア授業時間: 4, 授業外学習時間: 8]
GE-CEO	コンピューティングの要素と構成 [コア授業時間: 4, 授業外学習時間: 8]
GE-ALP	アルゴリズムとプログラミング [コア授業時間: 7, 授業外学習時間: 14]
GE-SIM	モデル化とシミュレーション [コア授業時間: 2, 授業外学習時間: 4]
GE-DMO	データベースとデータモデリング [コア授業時間: 3, 授業外学習時間: 6]
GE-AID	人工知能 (AI) とデータ科学 [コア授業時間: 4, 授業外学習時間: 8]
GE-INW	情報ネットワーク [コア授業時間: 7, 授業外学習時間: 14]
GE-INS	社会と情報システム [コア授業時間: 10, 授業外学習時間: 20]
GE-ISE	情報セキュリティ [コア授業時間: 5, 授業外学習時間: 10]
GE-IET	情報倫理 [コア授業時間: 12, 授業外学習時間: 24]
GE-AIL	アカデミック ICT リテラシー

---



GEBOK2017.1 では、GEBOK2007 の内容を踏襲しつつもエリアを 11 から 13 に増やし、各エリアの内容を改めている。GEBOK2007 にあった「データモデリングと操作」は「データベースとデータモデリング」にエリア名称を改め、データベースを中心に扱うこととした。また、「情報システム」は、社会との関係が強いことから「社会と情報システム」と名称を変更した。さらに GEBOK2017.1 では「モデル化とシミュレーション」、「人工知能(AI)とデータ科学」という 2 つの新たなエリアを設けることとした。このほか GEBOK2007 では、情報倫理と情報セキュリティを「情報倫理とセキュリティ」という一つのエリアとして扱っていたが、扱う内容、対象が増えてきたことに応じて「情報セキュリティ」と「情報倫理」との 2 つのエリアに分割した。基本的なコンピュータ操作やアプリケーション操作等のコンピュータリテラシーは基本的に初等中等教育で扱う内容と考え、GEBOK2007 では補講(先修条件)として取り扱っていたが、GEBOK2017.1 では、新たに広い分野の教養教育と組み合わせ高等教育段階で取り扱うべき ICT スキルとして「アカデミック ICT リテラシー」というエリアを設け、その中でパーソナルコンピュータ(PC)の基本的な取り扱いなどについて取り上げることとした。GEBOK2007 と同じ名称のエリアについても、その内容を更新している。

## 2.2. GEBOK2017.1 の記述

各エリアの BOK については、

---

エリア略称、エリア名 [学習時間の目安]

教育目標：教育を行う意義・思想・コンセプトを記述

ユニット略称、ユニット名 [学習時間の目安]

必選区分 (コアとなる必修は○、選択は●)

トピックス

学習目標：学習者がどれだけ知識を理解し、技能を習得すべきかを記述

---

という形で、それぞれ列挙することにする。学習時間は大学設置基準で求めている学修時間を勘案して授業時間と授業外学習時間それぞれの目安を記している。一般情報教育カリキュラム作成に当たっては、GEBOK2017.1 の広いエリアを網羅することも大切であるが、他分野の教養教育と連携し、いくつかのエリアを掘り下げて学ぶ科目を設けることも重要と考え、コアとなる必修には収めきれなかった選択のユニットについても記載するようにした。なお、授業時間については 45 分の授業をその前後の学生からの質疑なども考慮して 1 時間として想定している。

### 3. 一般情報教育の知識体系（GEBOK2017.1）の内容

#### 3.1. GE-GUI 科目ガイダンス [コア授業時間：1，授業外学習時間：0]

当該大学における情報環境について理解し、学内の規程に準じて学生自身が保有するノート型 PC などを学内ネットワークに接続し情報環境を利用できるようになることを目的とする。また、その際に考慮すべき情報セキュリティについても学ばせる。

##### ○ GE-GUI1 当該大学の情報環境 [授業時間：1，授業外学習時間：0]

トピックス

- ・ ネットワーク環境：ID、パスワード、メールアドレス、無線 LAN 接続など
- ・ 情報環境：学務情報サービス、LMS、e ポートフォリオ、学生ポータルサイト、オンラインストレージ、ソフトウェアなどのキャンパスライセンス、学内設置コンピュータ、大学図書館が提供する情報サービスなど

学習目標

- ・ 当該大学の環境を把握した上でネットワークに接続し、学内の情報環境を利用できる。

##### ● GE-GUI2 当該大学の情報セキュリティ規程

トピックス

- ・ 各種学内規約：ネットワーク利用規程、情報セキュリティ規程、個人情報保護規程、SNS 利用規程など

学習目標

- ・ 学内の各種利用規程について説明できる。
- ・ コンピュータをネットワークに接続して利用する場合、情報セキュリティに関する規程や知識に沿って扱うことができる。

#### 3.2. GE-ICO 情報とコミュニケーション [コア授業時間：3，授業外学習時間：6]

情報の一般原理、情報を扱う人間社会の社会的コミュニケーション、社会において情報を扱うヒューマンコンピュータインタラクションについて学ばせる。

##### ○ GE-ICO1 情報と情報化 [授業時間：1，授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ 情報、データ、知識

- ・ コンピュータ、情報システム
- ・ 情報化、情報技術革新

#### 学習目標

- ・ 情報とは何かについて、例を列挙して説明できる。
- ・ 情報の理論として、情報、データ、知識について説明できる。
- ・ 身近な情報システムを取り上げ、その役割について説明できる。
- ・ 情報システムの高度化、データの広域・大量化、及び IoT、人工知能（AI）等の情報技術革新の流れを踏まえ、情報化の進展について説明できる。
- ・ コンピュータの可能性と限界、情報処理の不可視性について説明できる。

#### ○ GE-IC02 社会的コミュニケーション [授業時間： 1, 授業外学習時間： 2]

##### トピックス

- ・ コミュニケーションとメッセージの理解
- ・ 社会的ネットワークとコミュニケーション
- ・ 情報格差（デジタルデバイド）と社会的コミュニケーション

#### 学習目標

- ・ 身近なコミュニケーションにおけるメッセージのやり取りについて説明できる。
- ・ 社会的ネットワークとコミュニケーションについて説明できる。
- ・ 情報格差と社会的コミュニケーションについて説明できる。

#### ○ GE-IC03 ヒューマンコンピュータインタラクション [授業時間： 1, 授業外学習時間： 2]

##### トピックス

- ・ ヒューマンコンピュータインタラクションのモデルと評価
- ・ ユニバーサルデザイン、アクセシビリティ

#### 学習目標

- ・ ヒューマンコンピュータインタラクションモデルの視点で身近なヒューマンコンピュータインタラクションを評価できる。
- ・ ユニバーサルデザイン、アクセシビリティについて説明できる。
- ・ ヒューマンコンピュータインタラクション機器の役割を説明できる。

### 3.3. GE-DIG 情報のデジタル化 [コア授業時間: 4, 授業外時間: 8]

現在のコンピュータは、ビット列に演算を施して処理するという方式がとられている。このため、数値・文字・画像・音声などの対象をコンピュータで扱えるようにするには、どのような対象であれ、有限のビット列で表現しなければならない。このエリアでは、各種の対象をコンピュータで扱う際にどのようにビット列で表現するかについて論じる。対象を効率良く符号化するための圧縮法や情報量については、発展的な内容とする。

#### ○ GE-DIG1 符号化の原理 [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2]

トピックス

- ・ 符号化:  $n$  ビットでは  $2$  の  $n$  乗種類のもので区別できること
- ・ ビット列と自然数の対応:  $2$  進法による自然数の符号化
- ・  $2$  進法における加算、あふれ
- ・  $16$  進法によるビット列の表記

学習目標

- ・ 複数ビットにより様々な事柄を符号化することができ、それに必要なビット数を述べられる。
- ・ 自然数を  $2$  進法により符号化し、また符号化されたビット列を自然数に復元できる。
- ・  $2$  進法による加算の演算ができ、それが「あふれ」を生じているかどうかを判定できる。
- ・ ビット列を  $16$  進法で表記し、また  $16$  進法での表記をビット列に変換できる。

#### ○ GE-DIG2 数値と文字の符号化 [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2]

トピックス

- ・ 絶対値表現と  $2$  の補数表現による符号付整数の符号化
- ・  $2$  の補数表現の演算上のメリット: 自然数の加算との加算器の共用、あふれの処理
- ・ 固定小数点と浮動小数点表現による実数の符号化
- ・ 正規化、丸め誤差
- ・  $1$  バイト系文字コード、図形文字、制御文字、バイト
- ・ 多バイト文字コード
- ・ 文字化け

学習目標

- ・ 符号付の数を表す場合の  $2$  の補数表現によることの利点を説明できる。

- ・ 絶対値表現と 2 の補数表現により符号付整数をそれぞれ符号化し、また符号化されたビット列を自然数に復元できる。
- ・ 2 の補数表現により符号化された符号付整数どうしを加算する演算ができ、それが「あふれ」を生じているかどうかを判定できる。
- ・ 実数を符号化する際の浮動小数点方式の利点を説明できる。
- ・ 任意の実数を浮動小数点表現により符号化し、また符号化されたビット列を実数に復元できる。
- ・ 浮動小数点方式において生じる丸め誤差について説明できる。
- ・ 文字はその個数が有限であることによって符号化されることを説明できる。
- ・ 多バイト文字コードにおけるエスケープシーケンス、およびそれらを用いた文字コードと用いない文字コードのそれぞれの利点欠点を説明できる。
- ・ 文書に含まれる文字の種類と符号化の方法からその文書のバイト数を算出できる。

○ GE-DIG3 アナログ情報からデジタル情報へ [授業時間：2，授業外学習時間：4]

#### トピックス

- ・ アナログ情報、デジタル情報
- ・ 標本化、標本化定理、エイリアシング
- ・ 量子化、量子化レベル
- ・ 音声の符号化、周波数、音声情報を感知するのに必要な標本化と量子化の方法
- ・ データ量、圧縮の必要性
- ・ 画像の符号化、画素（ピクセル）、色の3要素（RGB、CMY）
- ・ 静止画像、動画の性質
- ・ 画像の高解像度化の動向：4kテレビなど

#### 学習目標

- ・ アナログ情報とデジタル情報の区別について説明できる。
- ・ アナログ情報をデジタル情報に変換するのに必要な手続きについて説明できる。
- ・ 標本化定理と量子化レベルについて説明できる。
- ・ 音声や画像データのデジタル化が、データの情報としての性質と人間の感知能力に基づいていることを説明できる。
- ・ 静止画像、動画の性質を説明できる。
- ・ 画像の高解像度化の動向について説明できる。

## ● GE-DIG4 符号圧縮と誤り検出・誤り訂正符号

### トピックス

- ・ 可逆圧縮と非可逆圧縮、それぞれに適する適用対象：
- ・ 数値、文字、音声、静止画、動画像
- ・ 可逆圧縮の代表的な方式とその向き不向き：ハフマン符号化、ランレングス符号化
- ・ 非可逆圧縮の代表的な方式とその向き不向き：JPEG、MPEG、H. 264
- ・ 誤り検出および誤り訂正符号の代表的な方式：パリティ、2次元パリティ、チェックディジット

### 学習目標

- ・ 可逆圧縮と非可逆圧縮の違いについて説明でき、それぞれに適するデータの種類の述べることができる。
- ・ 可逆圧縮と非可逆圧縮それぞれについて、代表的な方式とその利点や欠点および向き不向きについて説明できる。
- ・ 出現確率からハフマン符号を決定でき、それを用いての符号化と復号ができる。
- ・ 擬似的な画像データを、ランレングス符号を用いて符号化し、また符号化されたデータを復号できる。

## ● GE-DIG5 情報理論

### トピックス

- ・ 情報量の単位としてのビット
- ・ 平均情報量

### 学習目標

- ・ 情報量の単位としてのビットの概念について説明できる。
- ・ 個々の事象の情報量と出現確率から平均情報量を計算でき、その意味について説明できる。

## 3.4. GE-CEO コンピューティングの要素と構成 [コア授業時間：4, 授業外学習時間：8]

コンピュータは多数の要素を組み合わせることで汎用性の高い情報処理機械として実現されている。これらの要素は、日々進歩し変化しているが、それぞれの要素についての原理的な仕組みの知識を持つことが大切である。原理的な知識を持つことにより、新システムへの対応、システムの変更やトラブルに適切に対処できる。ここでは、コンピュータに関

する最新の基本的な知識を取り上げるとともに、コンピュータの構成要素・動作原理を通して、新システムに対応できる能力を養成することを目的とする。

○ GE-CE01 コンピュータの構成 [授業時間：1，授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ パーソナルコンピュータ (PC) の全体構成
- ・ CPU のクロック周波数、CPU コア数、キャッシュメモリ
- ・ 主記憶の役割、揮発性、容量
- ・ 2次記憶装置の種類とその役割：HDD、USB メモリ、SSD、SD カード、フラッシュメモリ、ブルーレイ
- ・ HDD の構造、シーク・アクセスタイム
- ・ 入出力装置の種類とその動作機構：ディスプレイ (光の3原色)、プリンタ (色の3原色)、プリンタ (インクジェット方式、インパクト方式、レーザー方式)、3Dプリンタ
- ・ 通信装置の種類とその動作機構：光ファイバー、ルータ (家庭用)、無線 LAN ステーション
- ・ インタフェースの種類とその特性：DVI、Bluetooth、USB、HDMI、SATA、NVMe
- ・ 基本ソフトウェア応用ソフトウェア

学習目標

- ・ パーソナルコンピュータの全体構成と各構成要素の機能と役割について説明できる。
- ・ パーソナルコンピュータの製品仕様書に記載されている専門用語の意味が分かる。
- ・ CPU とメモリの役割について説明できる。
- ・ 主記憶装置と2次記憶装置の役割の違いについて説明できる。
- ・ 情報量の単位 (KB、MB、GB、TB) について説明できる。
- ・ コンピュータにデータを入力する機構と仕組みについて説明できる。
- ・ コンピュータから情報を出力する機構と仕組みについて説明できる。
- ・ コンピュータのデータ通信に必要な装置を選ぶことができる。
- ・ コンピュータのインタフェースの違いについて説明できる。

○ GE-CE02 論理回路と論理演算 [授業時間：1，授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ 論理ゲートの種類と特性 (AND、OR、NOT)
- ・ MIL 記号と真理値表

- ・ 半加算回路、全加算回路
- ・ IC と LSI

#### 学習目標

- ・ 電気信号の組合せで、コンピュータが制御されていることを説明できる。

#### ○ GE-CE03 ソフトウェアの構成要素 [授業時間：1, 授業外学習時間：2]

##### トピックス

- ・ オペレーティングシステムの機能と役割
- ・ 言語処理方式の役割とその動作手順：アセンブラ、インタプリタ、コンパイラ

#### 学習目標

- ・ オペレーティングシステムの機能と役割について説明できる。
- ・ 各種プログラミング言語の特徴と対応する言語処理方式の違いについて説明できる。
- ・ どんなプログラムも最終的には2進数に変換されて実行されることを説明できる。

#### ○ GE-CE04 コンピュータの動作原理 [授業時間：1, 授業外学習時間：2]

##### トピックス

- ・ コンピュータの起動の仕組み：BIOS
- ・ プログラムカウンタとメモリ番地
- ・ 命令レジスタとデコーダ
- ・ プログラム内蔵方式

#### 学習目標

- ・ CPU とメモリの相互関係について説明できる。
- ・ コンピュータを起動した際に、その内部でどのようなことが行われているのかを説明できる。
- ・ コンピュータで応用プログラムを実行するということを、コンピュータ内部からの視点に基づき説明できる。

#### ● GE-CE05 論理代数と論理回路

##### トピックス

- ・ 命題論理、命題



- ・ 論理記号：論理和、論理積、論理否定、含意
- ・ 命題変数、論理式、基本公理
- ・ 論理関数

#### 学習目標

- ・ 論理代数の基本的な考え方について説明できる。

#### ● GE-CE06 オペレーティングシステム

##### トピックス

- ・ プロセス管理：タスク、マルチプログラミング、タイムスライス
- ・ メモリ管理：メモリアロケーション、仮想記憶方式
- ・ 入出力管理：入出力チャネル、入出力制御装置、入出力装置
- ・ ファイル管理：ディレクトリ/フォルダ、パス、階層構造、ファイル識別子
- ・ ユーザインタフェース：GUI

#### 学習目標

- ・ オペレーティングシステムの各管理機能の基本について説明できる。
- ・ ファイル識別子とアプリケーションソフトウェアについて説明できる。

#### ● GE-CE07 プログラミング言語と言語処理方式

##### トピックス

- ・ 低水準言語：機械語、アセンブリ言語
- ・ 高水準言語：手続き型言語、関数型言語、論理型言語、オブジェクト指向言語
- ・ 簡易言語：スクリプト言語、Light Weight Language、ブロック型言語

#### 学習目標

- ・ プログラミング言語の発展系図を書くことができる。
- ・ プログラミング言語がコンピュータで実行する仕組みについて説明できる。

### 3.5. GE-ALP アルゴリズムとプログラミング [コア授業時間：7, 授業外学習時間：14]

コンピュータによる具体的な問題解決方法を、適切なアルゴリズムとして表現できるようになることを学ばせる。さらに、実際にコンピュータでそのアルゴリズムに基づいて処理を行わせるのに必要なプログラミング能力を修得させる。

○ GE-ALP1 アルゴリズム [授業時間: 3, 授業外学習時間: 6]

トピックス

- ・ アルゴリズムとは
- ・ アルゴリズムの記述 (アルゴリズムの視覚的表現、プログラミング言語による表現)

学習目標

- ・ アルゴリズムとは何かについて説明できる。
- ・ 何らかのプログラミング言語で記述された素数判定アルゴリズムなどのアルゴリズムを読み、それを理解できる。

○ GE-ALP2 プログラム [授業時間: 4, 授業外学習時間: 8]

トピックス

- ・ 変数と制御構造等のプログラムの構成要素
- ・ プログラミング演習

学習目標

- ・ 変数、制御構造等のプログラムの構成要素を理解し、それらを含む簡単なプログラムで、学習者自らが考案したアルゴリズムを実現できる。

● GE-ALP3 整列アルゴリズムとプログラミング

トピックス

- ・ バブルソート、選択ソート、併合ソート等

学習目標

- ・ 配列を用いて整列アルゴリズムを実装できる。
- ・ 同じ問題に対しても様々なアルゴリズムを構成できることを理解する。

● GE-ALP4 アルゴリズムの向き・不向き

トピックス

- ・ 整列アルゴリズムの比較
- ・ アルゴリズムの計算量の見積もりと実際
- ・ 解くことのできない問題

#### 学習目標

- ・ 処理速度など、アルゴリズムの優劣の判断基準を概観し、アルゴリズムの計算量、解くことのできない問題について理解できる。

#### ● GE-ALP 5 コンピュータ処理の不可視性

##### トピックス

- ・ コンピュータ処理の不可視性の問題

#### 学習目標

- ・ コンピュータ処理、とくに機械学習で、問題解決はできるが、仕組みが分からないことなど、不可視な要因とそれによって生じる問題を理解できる。
- ・ コンピュータによる情報処理で生じる誤り（とりわけソフトウェアのバグ）、とテストの必要性や限界を理解できる。
- ・ コンピュータ処理結果がどの程度信頼できるのか、考察できる。

#### 3.6. GE-SIM モデル化とシミュレーション [コア授業時間：2, 授業外学習時間：4]

現実世界の現象を抽象化してモデル化すること、さらにそのモデルを数値的に解くことによって現象をシミュレートできることを理解させる。

#### ○ GE-SIM1 現象のモデル化とモデル表現 [授業時間：2, 授業外学習時間：4]

##### トピックス

- ・ 様々な現象のモデル化とシミュレーション
- ・ 数学的モデル（動的モデル／ゲーム理論／統計モデル）と数式表現（方程式／微分方程式／最適化）
- ・ その他のモデル：グラフモデルとグラフ表現、確率論的モデル、対話型シミュレーション

#### 学習目標

- ・ 具体的な現象についてモデル化とその表現を作り、計算（シミュレーションを行う）という作業の流れを理解できる。

### ● GE-SIM2 数値計算

トピックス

- ・ 数値計算（順問題と逆問題、反復計算）、計算誤差、乱数、計算量、HPC

学習目標

- ・ 数式処理による数式解でなく、近似値を（主に）反復計算によって求めることや計算量の考え方を理解できる。
- ・ 離散表現による数値誤差の意味や誤差拡大（桁落ちや情報落ちなど）の基本を理解できる。
- ・ 大規模なシミュレーションと HPC（並列計算）との関連性を理解できる。

### ● GE-SIM3 可視化／視覚化

トピックス

- ・ コンピュータグラフィクス、画像処理

学習目標

- ・ コンピュータグラフィクスによる画像生成手法の流れ（光学シミュレーション）や画像処理の基礎（ヒト視覚系の特徴なども）について理解できる。

## 3.7. GE-DMO データベースとデータモデリング [コア授業時間：3, 授業外学習時間：6]

コンピュータで扱う「データ」をとらえる行為であるデータモデリングと、「データ」をコンピュータに蓄積し、利用する方法の一つであるデータベースを扱う。まず、データベースとは何か、その種類や特性、社会的な役割について取り上げる。データベースの概念を理解することによって、情報システムを適切に扱い、問題点があればそれを指摘できるようになることを目的とする。さらに、定番のモデルや、設計、操作言語などを学習させ、データベースを通し、より良い情報システムの構築に利用者として参画できる能力を育成する。

### ○ GE-DMO1 データベースシステムの概要 [授業時間：2, 授業外学習時間：4]

トピックス

- ・ ファイルとデータベース
- ・ データベースの機能、仕組み、設計、及び操作の概要
- ・ データベースの種類（リレーショナルデータベース、NoSQL データベースなど）

- ・ データベースの重要性、必要性、社会における役割、具体的な活用状況

#### 学習目標

- ・ ファイルによるデータ管理とデータベースによるデータ管理の違いを理解し、説明できる。
- ・ データベースの基礎的な内容について理解し、説明できる。
- ・ データベースの重要性や必要性を理解し、情報産業や社会におけるデータベースの活用状況や役割などを説明できる。

#### ○ GE-DM02 データモデルとモデル化 [授業時間：1, 授業外学習時間：2]

##### トピックス

- ・ データモデル、階層モデル、リレーショナルモデル、ネットワークモデル
- ・ データの分析とモデル化、ER モデル
- ・ データのコード化、コード設計、主キー

#### 学習目標

- ・ モデル化の特性の概念を利用して、与えられたモデル化を分析できる。
- ・ 与えられた対象を各モデルで表現できる。
- ・ 具体的な例をあげて各モデルの特徴を説明できる。
- ・ データのコード化の重要性を理解し、コード設計ができる。
- ・ 主キーについて理解し、データに主キーを設定できる。

#### ● GE-DM03 データベースの設計と演算

##### トピックス

- ・ リレーショナルデータベース、集合演算と関係演算（選択、射影、結合など）
- ・ 概念設計（ER 図）、論理設計（テーブル、正規化）
- ・ データ型、データ構造

#### 学習目標

- ・ リレーショナルデータベースの仕組みを理解し、与えられた対象をリレーショナルモデルで表現できる。
- ・ 与えられた対象を正規化できる。
- ・ データ操作の基礎的な技術と知識を取得し、各演算を説明できる。

- ・ 与えられた対象に対し、データ型、データ構造を考慮し、データベースを設計できる。

#### ● GE-DM04 データベースの操作言語

##### トピックス

- ・ データベース定義
- ・ データベース操作

##### 学習目標

- ・ データベース言語によってリレーショナルデータベースを操作するための基礎的な知識を理解する。
- ・ 与えられた対象を用いてリレーショナルデータベースを定義できる。
- ・ 与えられたリレーショナルデータベースの定義に則して SQL を用いてデータベースを操作できる。

#### ● GE-DM05 データベース管理システム

##### トピックス

- ・ データベース管理システム (DBMS) の概要
- ・ データベースの運用と保守

##### 学習目標

- ・ リレーショナルデータベース管理システム (RDBMS) が提供する基本的機能を理解できる。
- ・ リレーショナルデータベースの運用・保守の必要性と重要性について理解できる。

### 3.8. GE-AID 人工知能 (AI) とデータ科学 [コア授業時間: 4, 授業外学習時間: 8]

知的動作をする機械としての人工知能 (AI) について、人の知能との対比と構成することの難しさ、歴史的発展の概観、主要な構成方法の考え方、主たる応用として期待されるデータ科学と応用における課題を理解させ、批判的に検討させる。

#### ○ GE-AID1 人の知と機械の知 [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2]

##### トピックス

- ・ 人の知、脳神経系の働き
- ・ 知能の機械による実現、強い AI、弱い AI
- ・ 人工知能 (AI) 研究の進展

#### 学習の目標

- ・ 脳神経系の働きを中心に人の知能のメカニズムの概要を理解する。
- ・ 知能を機械で実現できるのか、という問いについての論点として例えば、強いAI、弱いAI などの考え方を理解する。
- ・ 情報技術の進展と並行して人工知能（AI）技術がどのように変化してきたかを理解する。

#### ○ GE-AID2 現代社会における人工知能（AI）・データ科学への期待と課題

[授業時間：1，授業外学習時間：2]

#### トピックス

- ・ 人工知能（AI）、データ科学実用化の背景
- ・ 人工知能（AI）、データ科学のビジネス機会
- ・ 人工知能（AI）、データ科学の社会的課題

#### 学習の目標

- ・ 人工知能（AI）実用化の背景やボトルネックの解消について、インターネット、クラウド、IoT、とビッグデータ活用、ディープラーニングなどの人工知能（AI）技術の出現、センサ、CPU、GPGPU の低廉化、などの状況を理解する。
- ・ 上記の動向を背景とするデータ科学という考え方について理解する。
- ・ 人工知能やデータ科学のビジネス機会として、ネットワークサービス、セキュリティ、自動運転などを理解する。
- ・ 人工知能がもたらす社会的課題として、自動化における倫理の問題、プライバシーの保護、雇用への影響、シンギュラリティなどの論点を理解する。

#### ○ GE-AID3 人工知能（AI）の仕組み [授業時間：2，授業外学習時間：4]

#### トピックス

- ・ 推論の方法としての演繹、帰納
- ・ 知識の表現、その利用と獲得
- ・ 演繹中心の人工知能（AI）の手法
- ・ 帰納中心の人工知能（AI）の手法

#### 学習の目標

- ・ 知的な機械を構成するための推論の方法として演繹・帰納の考え方を理解する。

- ・ 知的な機械を構成するための知識の表現方法と、その利用としての推論、その獲得としての学習を関係づけて理解する。
- ・ 対象の記号化と、記号化された空間での解探索を扱う演繹に基づく人工知能 (AI) の手法の概要を理解できる。
  - ・ 状態空間とその探索 (含むゲーム木)
  - ・ 最適化とメタヒューリスティクス
  - ・ 記号処理のためのプログラミング言語
  - ・ 限界：組み合わせ爆発、シンボリックな扱いの限界
- ・ 対象から得られるデータから学習により機能獲得を行う帰納に基づく人工知能 (AI) の手法の概要を理解する。
  - ・ データからの推論と確率的モデル、2種類の過誤を知る。
  - ・ 一般化能力とその獲得や検証の必要性について知る。
  - ・ 応用領域としてのパターン認識を知る。
  - ・ 統計的推論と機械学習について以下の概念の概略を知る。
    - 教師有り学習、教師無し学習、強化学習の考え方
    - 学習機械の構成要素としてニューラルネットワーク (NN)、決定木、サポートベクターマシン (SVM)、ディープラーニングの概略を知る。

## ● GE-AID4 自動化とロボティクス

### トピックス

- ・ 自動化機械の構成、センサ、アクチュエータ、情報処理
- ・ シーケンス制御とフィードバック制御
- ・ ロボットの構成と制御
- ・ 自動化と人間機械系

### 学習の目標

- ・ 自動化機械を構成するセンサ、アクチュエータとそれをつなぐ情報処理という構成を理解する。
- ・ 自動化機械を制御する基本的考え方として、シーケンス制御とフィードバック制御を理解する。
- ・ ロボットの構成と制御について、産業用ロボット、自律ロボット、ドローン、探査機、パワードスーツなどの具体的な例を理解する。
- ・ 自動化について人間機械系として、その構成と自動化と人間の意図との齟齬などの問



題を理解する。

### 3.9. GE-INW 情報ネットワーク [コア授業時間：7，授業外学習時間：14]

現代社会では様々な情報機器を情報ネットワークに接続することで、社会的活動のための仕組みを提供している。情報ネットワークの役割と種類、インターネットを構成する要素と仕組み、情報ネットワークを介した様々なサービスの仕組みを適切に利用する観点、情報ネットワークの利用の考え方などについて取り上げ、情報ネットワークを個人・仲間・社会との関わりから総合的に学ばせる。

#### ○ GE-INW1 情報ネットワークでできること [授業時間：1、授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ ネットワーク、情報ネットワーク
- ・ 情報ネットワークの構造と階層化
- ・ 情報機器（PC、携帯電話など）と情報ネットワーク、クライアント、サーバ
- ・ プロトコルの意味、必要性

学習目標

- ・ ネットワークの概念と情報ネットワークの特徴を説明できる。
- ・ 情報ネットワークの階層構造について、概念と必要性を説明できる。
- ・ 様々な情報機器が利用されている日常生活で、情報ネットワークがどのように組み込まれているか説明できる。
- ・ 情報ネットワークのなかで、どのようなコンピュータが稼働しているかについて説明できる。
- ・ プロトコルが果たす役割を説明できる。

#### ○ GE-INW2 ネットワークの構成[授業時間：2、授業外学習時間：4]

トピックス

- ・ LAN の意味、構成機器
- ・ ネットワークの構成、有線ネットワーク、無線ネットワーク、プライベートネットワーク
- ・ ネットワークの設定、IP アドレス、Mac アドレス、DNS、DHCP、SSID、IEEE802.11、無線 LAN での暗号化、モバイル通信（3G、4G、LTE）、VPN
- ・ 通信動作、ルータ、ハブ、ネットワークケーブル、アクセスポイント、テザリング、ロ

## ーミング

### 学習目標

- ・ 身近にあるネットワークについて、構成要素と役割を具体的に説明できる。
- ・ 情報端末 (PC、スマートデバイスなど) をネットワークに接続するとき、何を設定すればよいかを説明できる。

### ○ GE-INW3 インターネット [授業時間 : 1、授業外学習時間 : 2]

#### トピックス

- ・ ネットワーク同士の接続、ISP
- ・ ISP のサービス、インターネット上のサービス
- ・ エンド間通信、アドレス体系

### 学習目標

- ・ インターネットの仕組みを、自分の使っている機器や ISP を使って説明できる。
- ・ インターネットに接続するとき、どのように接続先を決めて、通信先に情報を届けているか、概略を説明できる。

### ○GE-INW4 ネットワークの仕組み [授業時間 : 1、授業外学習時間 : 2]

#### トピックス

- ・ パケット、交換方式、ルーティング
- ・ IP アドレス、IPv4 と IPv6
- ・ プライベートアドレス、グローバルアドレス
- ・ TCP、UDP、ポート番号とサービス、NAT
- ・ 名前管理、DNS、ドメイン名
- ・ DNS の仕組み、名前データベース
- ・ VPN の仕組み

### 学習目標

- ・ ネットワークで情報をやり取りする際に、どのように接続先を決めて、通信先に情報を届けているか、概略を説明できる。
- ・ パケットの考え方と利点を説明できる。
- ・ IP アドレスの役割と種類を説明できる。

- ・ TCP と UDP の役割を説明できる。
- ・ 自分の使っているドメイン名について、意味と IP アドレスとの関係を説明できる。
- ・ DNS の仕組みの概要を説明でき、自分の使っている IP アドレスを確認できる。
- ・ VPN の仕組みと役割を説明できる。

○ GE-INW5 インターネットサービス [授業時間：2、授業外学習時間：4]

トピックス

- ・ Web ブラウザ、Web サーバ
- ・ URL、HTTP、HTTPS、プロキシ
- ・ 電子メールクライアント、電子メールサーバ
- ・ データ形式、SMTP、POP3、IMAP
- ・ インターネット介した様々なサービス (IP 電話、メッセージャー、Web メール、SNS、動画配信、SaaS、PaaS、IaaS)

学習目標

- ・ 自分の使っている Web ブラウザに、Web ページが表示される仕組みを説明できる。
- ・ WWW で使われている http の手順・役割を説明できる。
- ・ 自分の使っている電子メールについて、どのように送受信されているかの仕組みを説明できる。
- ・ 電子メールで使われているプロトコルを列挙し、その役割を説明できる。
- ・ インターネット介した様々なサービスについて、その種類や仕組みが説明できる。

**3. 10. GE-INS 社会と情報システム [コア授業時間：10、授業外学習時間：20]**

情報システムの基本的概念を学習させる。情報システムを構成する要素（データベースやネットワーク）、情報システムを構築する際に考えるべき事項、人間と関わる情報システムの仕組みを考える。また、身近にある情報システムの存在、企業活動や社会基盤としての情報システムについての理解を深める。情報システムが日常の情報行為から防災、大企業の経営戦略まで密接な関係にあり、情報システムが常に進化していることについて扱う。

○ GE-INS1 企業活動と情報システム [授業時間：1、授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ 広義の情報システムと狭義の情報システム
- ・ 情報システムの構成
- ・ 情報システムの評価 (ROI、RASIS)

#### 学習目標

- ・ 情報システムについて広義と狭義から説明できる。
- ・ 情報システムの構成を述べることができ、その評価について説明できる。

#### ○ GE-INS2 情報システムの代表的事例 [授業時間：2，授業外学習時間：4]

トピックス・情報システムを理解する身近で代表的な事例：POS システム

- ・ PDCA マネジメントサイクル
- ・ 製造メーカーとのコラボレーション
- ・ POS システムと在庫管理
- ・ POS システム活用による新商品企画
- ・ POS システムの進化

#### 学習目標

- ・ 情報システムを代表する事例 POS システムについて説明できる。
- ・ POS システムではどのようなデータが収集され、それが仕入れにどう生かされているかを説明できる。
- ・ POS システムの進化を例に、情報システムの発展について説明できる。

#### ○ GE-INS3 企業での情報システム [授業時間：2，授業外学習時間：4]

トピックス

- ・ CIO、ステークホルダ
- ・ 情報技術を活用した企業のビジネス戦略、他社製品との差別化、
- ・ 企業内の情報システム（基幹系情報システム ERP）
- ・ グループウェア
- ・ 顧客情報の管理システム（CRM）
- ・ コールセンター
- ・ 生産管理システム、SCM、SCM の災害でのリスク
- ・ CAD、CAM、シミュレーション
- ・ 販売管理、ビッグデータ、意思決定支援システム
- ・ ナレッジマネジメント
- ・ 組み込みシステム、IoT、スマートフォンとの連動
- ・ 情報技術により、働き方が変化し、仕事の内容も変化
- ・ クラウド、オンプレミス

#### 学習目標

- ・ 企業において情報がどのように活用されているかを理解する。
- ・ CRM について、企業においてどのように活用されているかを説明できる。
- ・ グループウェアについて説明できる。
- ・ 企業活動において情報技術が働き方を変え、仕事の内容も変えてきていることを理解する。

#### ○ GE-INS4 社会基盤としての情報システム [授業時間: 2, 授業外学習時間: 4]

##### トピックス

- ・ 高度道路交通システム (ITS)、ETC、GPS、カーナビ
- ・ 流通システム、トレーサビリティ
- ・ 金融システム、クレジットカード、オンライントレード
- ・ 気象予報、緊急地震速報システム、防災情報システム、津波警報、Jアラート

#### 学習目標

- ・ 金融システムについて、その仕組みの概要について説明できる。
- ・ ITS などの交通システムがどのように利用されているかを説明できる。
- ・ 流通システムの発展の過程を説明できる。
- ・ 気象システム、緊急地震速報システムの仕組みの概要について説明できる。

#### ○ GE-INS5 大学生活での情報システム [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2]

##### トピックス

- ・ 学務情報システムによる学務の効率化
- ・ 図書館システム (OPAC という標準化)
- ・ 学習支援システム (LMS)、e-ポートフォリオ、学生ポータルサイト
- ・ IR (インスティテューショナル・リサーチ)

#### 学習目標

- ・ 大学にはどのような情報システムがあるかを説明できる。
- ・ 大学に情報システムがない生活との差異を考え、学生生活を最大限に効率化することを考えられる (例えば、学生生活に必要と思う情報システムを考えられる)。

○ GE-INS6 日常生活を快適にする情報システム [授業時間: 2, 授業外学習時間: 4]

トピックス

- ・ 快適なネット生活、SNS、動画や写真の投稿と視聴
- ・ 変わるネットビジネス (e-コマース)、ネット通販 (配送やバックヤードまで)
- ・ 電子政府・電子自治体 (マイナンバーや e-Tax など)
- ・ 予約システム (JR など乗り物、旅行やホテルなど、映画館などのエンターテイメント、など)

学習目標

- ・ 生活を快適にしている情報システムにどのようなものがあるかを認識する。
- ・ 情報システムがない生活との差異を考え、情報システムの恩恵とリスクについて説明できる。

### 3. 11. GE-ISE 情報セキュリティ [コア授業時間: 5, 授業外学習時間: 10]

新たな情報技術が社会にどのような変化をもたらし、いかなる問題を生じうるかについて、技術、法律、倫理、活用の4つの面から、自分で調べる態度を身に付けることを目的とする。

○ GE-ISE1 社会で利用される情報技術 [授業時間: 0.5, 授業外学習時間: 1]

トピックス

- ・ 大学内の情報システム (オンライン履修登録、Web 学習支援、電子メール、電子ポートフォリオ、認証システムほか)
- ・ 社会にて活用される情報システム (検索サービス、オンラインショッピング、オンラインゲーム、データ放送、IoT、AI ほか)
- ・ 社会基盤を構成する情報システム (電子マネー、仮想通貨、電子投票、電子政府、マイナンバーポータルほか)
- ・ 個人認証 (ID/パスワード/生体認証など)
- ・ 家庭等でのブロードバンド接続 (光)、IP 電話、テレビ会議システム
- ・ モバイル環境でのネット利用 (スマートデバイス、無線 LAN、モバイルルータ)

学習目標

- ・ 情報技術の進展に伴い、社会全体や日常生活の環境、仕事の方法などがどのように変化してきたかを、実例をあげて説明できる。

○ GE-ISE2 インターネット社会における脅威 [授業時間：1，授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ 個人情報等機密情報の流出、クラウドサービス等での意図しない情報共有、端末の盗難
- ・ 各種情報システム（IT系、産業系など）の停止による社会的影響
- ・ 自然災害による通信設備の破損や停電によりインターネットや情報システムが利用できないリスク
- ・ 新たな情報技術（人工知能(AI)、IoT、クラウドなど）の誤用・悪用による社会的影響

学習目標

- ・ 情報技術によって社会の情報化が加速する中で、生活環境や仕事の方法が便利になった反面で、生じてきている問題やその影響範囲を説明できる。

○ GE-ISE3 情報セキュリティ [授業時間：0.5，授業外学習時間：1]

トピックス

- ・ 情報の機密性・安全性・可用性
- ・ 情報セキュリティリスク

学習目標

- ・ 情報セキュリティの基本的な概念を説明できる。

○ GE-ISE4 情報セキュリティ技術 [授業時間：1，授業外学習時間：2]

トピックス

- ・ 暗号化（共通鍵暗号、公開鍵暗号）、公開鍵暗号基盤（PKI）、SSL、電子証明書
- ・ 電子署名
- ・ ブロックチェーン
- ・ 個人認証（ICカード、生体認証、チャレンジ・レスポンス方式、ワンタイムパスワード）
- ・ ウイルス対策ソフト
- ・ ファイアウォール、不正侵入検知・防御システム
- ・ システム冗長化

## 学習目標

- ・ 情報機器やインターネットを安全に利用するための技術について説明できる。

## ○ GE-ISE5 セキュリティ管理 [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2]

### トピックス

- ・ ウイルス対策ソフト、OS、アプリケーションソフトのアップデート
- ・ 公衆無線 LAN やインターネットカフェの利用と情報漏えい対策
- ・ データの暗号化 (補助記憶装置での暗号化、ファイルの暗号化、仮想プライベートネットワーク (VPN) を利用した通信データの暗号化))
- ・ Web のセキュリティ
- ・ 電子メールのセキュリティ
- ・ 個人や組織で保有する無線 LAN 機器の適切な管理
- ・ 情報セキュリティポリシー (体制、規則、教育、見直し)
- ・ 組織における PDCA サイクルに基づく情報セキュリティ
- ・ 情報フィルタリング
- ・ 情報発信 (SNS 等) における情報公開範囲の管理
- ・ PC の売却・廃棄時の注意

## 学習目標

- ・ ウイルス対策ソフト、OS、アプリケーションソフトのアップデートの必要性を説明できる。
- ・ 組織における情報セキュリティ維持の仕組みを説明できる。
- ・ データ流出事故を防止する対策を実行できる。
- ・ 情報発信における公開範囲設定の必要性を説明できる。
- ・ インターネットを利用する上での脅威と対処法を説明できる。
- ・ 電子メールを利用する上での脅威と対処法を説明できる。

## ○ GE-ISE6 サイバーセキュリティ [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2]

### トピックス

- ・ 不正行為の要素技術 (不正アクセス、フィッシング、迷惑メール、マルウェア)
- ・ サイバー犯罪 (ネットオークション詐欺、不正送金、不正請求)
- ・ ハクティビストによる攻撃
- ・ ネットワーク化の進展による新たな脅威 (生産系インフラ、病院等の各種情報システ



ムにおける脅威)

- ・ 情報窃取やシステム破壊を企図したサイバー攻撃の事例
- ・ デジタルフォレンジック技術
- ・ 日本の産官学でのサイバーセキュリティ対策に関する取り組み事例
- ・ 情報セキュリティ関連法（サイバーセキュリティ基本法、不正アクセス禁止法、刑法など）

#### 学習目標

- ・ 世界を席卷する様々なサイバー攻撃について、事例をあげて概要を説明できる。
- ・ サイバーセキュリティ対策に関する様々な取り組みについて、概要を説明できる。

### 3.12. GE-IET 情報倫理 [コア授業時間: 12, 授業外学習時間: 24]

情報技術の進展による社会の変化と個人への影響を理解するとともに、社会を構成するための法ならびに倫理の重要性を学ぶ。それらを踏まえ、個人としての主体的な情報参画を行う必要性を理解する。現在は指針の空白の時期であり、生涯学習が必要であることを理解する。

#### ○ GE-IET1 人間の特性と社会システム（現象と課題） [授業時間: 1, 授業外学習時間: 2] トピックス

- ・ 指針の空白
- ・ コミュニケーションと合意形成: 参加と排除、誤解と誤読、表現の自由と責任、決め方の論理
- ・ 技術進展による情報提供と社会変化: パーソナライズ、IoT と行動データ、AI による支援
- ・ 現実世界の拡張: 仮想現実 (VR)、拡張現実 (AR)
- ・ 個人の不健全な状況の回避: ネット依存症、ゲーム中毒、テクノストレス等
- ・ 適切な対象が適切に情報を取得できること: 情報格差、アクセシビリティ
- ・ 社会としての危機管理: システムダウンによる影響範囲の把握と対応  
※サイバーセキュリティ基本法の分類も参考に

#### 学習目標

- ・ 情報技術の進展による社会変化と個人への影響について、包括的かつ具体的に説明できる。

- ・ 情報技術の進展は今後も進みゆき、現在は「指針の空白」の時期であることを理解する。
- ・ システムは完全ではなく、問題が生じ得ることを知り、その影響範囲を検討できる。

○ GE-IET2 情報社会の権利と法（法の目的と技術進展による変化）[授業時間：5，授業外学習時間：10]

#### トピックス

- ・ 知的財産権：著作権と産業財産権ほか
- ・ 著作権：著作人格権、著作権（財産権）、著作隣接権、著作物（二次的著作物と編集著作物を含む）、創作とライセンス表示、AI、国際化（ベルヌ条約）など
- ・ 肖像権・パブリシティ権
- ・ プライバシー
- ・ 個人情報保護法：個人情報（個人識別符号の説明を含む）、匿名加工情報、自己情報コントロール権、OECD プライバシーガイドライン、EU 法（保護規則）と忘れられる権利、など

#### 学習目標

- ・ 情報技術の進展により、法も変化していることを理解し、生涯学習として、継続的に法の変化を確認する態度を身に付ける。
- ・ 各法の目的と概要を理解する。
- ・ 著作権では、情報社会において、誰もが創作者にも利用者にもなり得ることを理解し、創作者と利用者の両方の立場で権利の概要を理解する。また、著作物の派生物の展開可能性と著作者の意思表示の在り方について理解する。
- ・ 個人情報保護法では、個人の行動データやプライバシーとの関係性も含め理解する。

○ GE-IET3 情報社会の倫理 [授業時間：2，授業外学習時間：4]

#### トピックス

- ・ 道徳性の発達の理論、ジレンマ

#### 学習目標

- ・ 情報社会での活動においては、参加者数が対面に比べ多いために、また、情報通信技術による支援が人の活動の意思決定に影響を与えるために、従来の対面でのコミュニケーションに比して、十分に注意をしていたとしても、権利の対立が起こり得ることを

理解する。

- ・ 異なる他者が置かれた情報を適切に把握し、多面的に状況を把握した上で、最善の対応を検討できるようになる。

○ GE-IET4 情報社会への参画（諸問題への対応）[授業時間：4，授業外学習時間：8]

トピックス

- ・ 情報の発信：適切な伝達手段の選択（アクセシビリティ含む）と発信内容の確認  
メール：添付ファイル、メール文書形式、宛名・差出人の確認など  
ソーシャルメディア：発信内容、対象範囲の把握・確認など
- ・ 情報の受信：差出人、ソースの確認
- ・ 情報の信頼性の判断、デマ・流言、メディアリテラシー
- ・ 被害者・加害者にならないための知識、なったときの対応（知的所有権侵害、個人情報の流出、詐欺などを含む）、誹謗中傷・炎上、ネットいじめなど

学習目標

- ・ 情報社会に主体的に参画するための知識と態度、行動を身に付ける。被害者にならない、加害者にならないための対応の他、万が一そのような状況になった際に最善の対応をできるようにする。

### 3.13. GE-AIL アカデミック ICT リテラシー

コンピュータや情報ネットワークを、大学での学術的な情報活用のためのツールとして不自由なく扱えるためのスキルと能力を身に付けることを目的とする。セキュリティ対策も含めたパーソナルコンピュータ（PC）の基本的な取り扱い、レポート作成や論文の執筆に必要な文書処理、データ処理、ポスターやスライドを用いた研究発表、インターネットで提供される各種サービスの学術目的での利用について取り上げる。大学に入学するまでに修得しておくべき必要最低限のコンピュータリテラシーについても補講として取り上げている。アカデミック ICT リテラシーは大学での学習の基礎であり、入学後できる限り速やかに、広く教養教育と関連させてアカデミックスキルとして習得させることを推奨する。

● GE-AIL1 パーソナルコンピュータ（PC）の基本的な取り扱い

トピックス

- ・ 基本的な設定：ID とパスワード、ネットワーク接続、プリンタ接続、アプリケーションのインストール、

- ・ PC の管理：OS とアプリケーションのアップデート、ウイルス対策、暗号化、端末やメディアの適正な廃棄など
- ・ データのバックアップ・保存・受け渡し：補助記憶装置、クラウドストレージ

#### 学習目標

- ・ PC（含：タブレット端末）をネットワークに適切に接続できる。
- ・ ネットワークプリンタなどで印刷できる。
- ・ OS やアプリケーションの状態を適切に保ち、PC を安全に管理できる。
- ・ 補助記憶装置、もしくはクラウドストレージにデータをバックアップできる。
- ・ 他者との間で安全にデータを受け渡すことができる。

#### ● GE-AIL2 アカデミックライティングを実現する文書処理

##### トピックス

- ・ アカデミックライティング、パラグラフライティング
- ・ 序論、本論、結論の文書構成、見出しと目次作成
- ・ 書式：指定された書式（パラグラフ、見出し、箇条書き、引用など）の適用
- ・ 図表の挿入とキャプション作成、引用の適切な使用、脚注の挿入、参考文献
- ・ 校閲、校正作業、バージョン管理

#### 学習目標

- ・ 文書構成を意識し、ツールを使用してレポート・論文などアカデミックな文書を作成できる。レジюмеなど説明に必要な資料を作成できる。
- ・ 指定されたページ（用紙サイズ・文字数・行数）の設定で、指定された書式（文字フォント・サイズ・見出し設定など）の文書を作成できる。
- ・ 適切な図表を挿入し適切なキャプションを入れることができる。脚注を挿入したり、参考文献に番号を付し、文書内で適切に引用できる。
- ・ グループでバージョンを管理して文書を作成し、校閲、校正作業を行うことができる。

#### ● GE-AIL3 学術活動に必要なデータ処理

##### トピックス

- ・ 信頼性、誤差
- ・ 計算式、関数利用
- ・ 学術的文章に求められる書式でのグラフ作成

- ・ データ処理（並べ替え、フィルタ、ピボットテーブル）

#### 学習目標

- ・ 収集したデータの信頼性や誤差を評価できる。
- ・ スプレッドシートにデータを取り込み、必要に応じて適切な関数を選択し、計算式が立てられる。
- ・ 目的に合わせて学術的文章に求められる書式のグラフを作成できる。
- ・ フィルタ、ピボットテーブルなどを利用して、データの集約や集計が行える。

#### ● GE-A1L4 説明技術としてのプレゼンテーション

##### トピックス

- ・ 発表の準備：アウトライン、ストーリー、質疑応答を想定した準備
- ・ 発表資料のデザイン：テキスト、図解、表
- ・ 発表資料の作成：スライド、ポスター、ハンドアウト、著作権に配慮した素材利用
- ・ プレゼンテーションの実施：リハーサル、時間管理

#### 学習目標

- ・ タイトル、序論、本論、結論といった流れ（ストーリー）を意識して発表のアウトラインを作成できる。
- ・ 発表内容に合わせ、文字での表現、また、図解や表による文字以外での表現ができる。
- ・ 聴衆を意識してスライドやポスターによる発表資料を作成できる。
- ・ スライドやポスターを参照しながら、指定の時間でプレゼンテーションを実施できる。

#### ● GE-A1L5 学術活動のためのインターネット利用

##### トピックス

- ・ 電子メール：署名、添付ファイル、ウイルスやスパムメールへの対応など
- ・ 学習支援システム（LMS）：学習資料、テスト、レポート提出など
- ・ 学術情報調査：図書検索、論文検索、メディアリテラシー、情報の信頼性など
- ・ データベース：公的機関（白書・統計）、新聞、雑誌、企業情報など

#### 学習目標

- ・ 必要事項を相手に適切に伝達する表現で、電子メールを利用できる。
- ・ 学習支援システムに接続して、学習資料やテストの利用、レポートの提出を行える。

- ・ 目的に合わせて学術情報を検索し、その信頼性を評価、比較できる。
- ・ 公開情報とオンラインデータベースの違いが分かる、使い分けができる。

先修条件：コンピュータリテラシー

トピックス

- ・ タッチタイピング
- ・ ワードプロセッサ：文書の作成・保存、書式設定、図表の挿入、印刷など
- ・ スプレッドシート：データの入力・保存、セル参照、計算式の設定、基本的な関数設定、基本的なグラフ作成など
- ・ プレゼンテーション：スライドの作成・保存、スライドのレイアウト、デザイン、印刷など
- ・ Web ブラウザ：検索サイトの利用、証明書導入サイトの確認など
- ・ 電子メール：電子メールの送受信、返信、件名と本文、宛先と CC など

学習目標

- ・ 1 分間に指定した文字数で和文、および英文をタッチタイピングで入力できる。
- ・ ワードプロセッサを利用して指定されたページ設定（文字数・行数）を行い、指定された書式設定（文字サイズ・フォント）で、図表を挿入した文書を作成し、保存できる。
- ・ スプレッドシートを利用してデータの入力、表の書式設定、セル参照を使い分けた計算式の設定、集計・平均・最大・最小など基本的な関数の設定、棒・折れ線・円のグラフ作成ができる。
- ・ 作成した表をワードプロセッサやプレゼンテーションソフトで利用できる。
- ・ プレゼンテーションソフトを利用して、指定された縦横比・レイアウト・デザインでスライド資料が作成できる。
- ・ Web ブラウザを利用する際、証明書導入サイトかどうかを確認できる。
- ・ 電子メールで使用される項目（宛先と CC、件名と本文）を理解して、送受信、返信ができる。

#### 4. 一般情報教育の標準的なカリキュラム例

GEBOK2017.1 に沿った標準的なカリキュラム例を示す。GEBOK2017.1 にあげた各エリアの広い範囲をカバーするには4単位程度の授業として考えることが好ましいが、多くの大学で実施されている一般情報教育は2単位が卒業要件となっている。ここでは、4単位もしくは2単位のコアとなる授業科目とそれを補完する科目群として、標準的なカリキュラム

例を示す。

#### 4.1. 一般情報教育として4単位を卒業要件とする場合

演習2単位と講義2単位からコア科目を構成する例を示す。

##### 1) コア科目（演習） 2単位

###### 教育目標

自立したコンピュータとネットワークの利用者としての基礎的な知識と技能を修得するとともに大学における情報サービスの利用と調査やレポート、プレゼンテーションなどを学術的な活動として取り組むために必要な情報や情報技術を利用するための技能を獲得する。また、情報技術についての理解を深めるために基礎的なプログラミングに取り組む。

###### 授業の構成例

※毎回の授業は、当該トピックに関連する GE-IET もしくは GE-ISE（情報倫理と情報セキュリティ）の内容を短時間、組み込んで構成する。

- ・ 1回目 科目ガイダンスと大学の情報システムの利用  
GE-GUI1 に基づき実施する。GE-GUI2 については大学が課している e-Learning の受講について科目内でも徹底する。
- ・ 2回目 コンピュータの基礎  
GE-AIL1 に加え自立したコンピュータの利用者として GE-CE01、3、4、6 の内容を加味して実施する。GE-AIL にあげた先修条件について到達状況を確認し、自学自習での技能獲得を指示する。
- ・ 3回目 ネットワークの基礎  
GE-AIL1、5 について実践的な指導を行うとともに、その前提となる GE-INW1、2、3、4、GE-ISE3 などから必要事項を加味して実施する。
- ・ 4回目 知的生産について  
5回目以降の学習内容を「知的生産」という視点から俯瞰するとともに、そこでの情報や情報通信技術の役割を学ぶ。(GEBOK に直接該当なし)
- ・ 5回目 情報の探索  
GE-AIL5 から必要事項を取り上げ、大学図書館と種々のインターネット上の情報源について、学術的情報の視点から理解するとともに目的に沿って情報を探索することを学ぶ。

- ・ 6回目 表計算ソフトによるデータ処理（1）  
GE-AIL3 に沿って、表の標準的な構成法、入力の実査、集計、クロス集計、整列など学ぶ。
- ・ 7回目 表計算ソフトによるデータ処理（2）  
GE-AIL3 に沿って、グラフによるデータの可視化と学術的な文書に要求されるグラフの構成を学ぶ。
- ・ 8回目 ワードプロセッサによる構造的文書の作成（1）  
GE-AIL2 に沿って、表題、見出し、図表、参考文献、校閲などを含む学術的な文書作成のためのワードプロセッサの利用法を学ぶ。
- ・ 9回目 ワードプロセッサによる構造的文書の作成（2）  
レポート課題として作成している文書のドラフトを学生グループ内で相互評価する。
- ・ 10回目 プレゼンテーションの基礎（1）  
GE-AIL4 に基づき、スライドを用いた学術的なプレゼンテーションに求められる事項を学ぶ。
- ・ 11回目 プレゼンテーションの基礎（2）  
グループで作成したプレゼンテーションを発表し、相互評価する。
- ・ 12回目 プログラミングの基礎（1）  
GE-CE07 に基づきプログラミング言語とその処理方式に触れた後、GE-ALP2、GE-SIM1、2、3 などから題材を選んで、プログラミングを体験する。
- ・ 13回目 プログラミングの基礎（2）  
GE-ALP2、GE-SIM1、2、3 などから題材を選んで、プログラミングを体験する。
- ・ 14回目 プログラミングの基礎（3）  
GE-ALP2、GE-SIM1、2、3 などから題材を選んで、プログラミングを体験する。
- ・ 15回目 プログラミングの基礎（4）  
GE-ALP2、GE-SIM1、2、3 などから題材を選んで、プログラミングを体験する。

## 2) コア科目（講義）2単位

### 教育目標

情報とは何か、情報の処理や計算とはどのようなものかについて、情報の表現、情報の伝達、情報の呈示、情報の検索などの様々な側面から学ぶ。また、現在のコンピュータ、情報ネットワーク、様々な情報システムなどが、より具体的にはどのような仕組みで動いているのかについても取り上げる。



## 授業の構成例

- ・ 1回目 科目ガイダンス
- ・ 2回目 情報とは何か  
GE-IC01、 2 を含め、人の意思決定に情報が果たす役割の視点から情報について学ぶ
- ・ 3回目 人間のための情報の表現  
GE-IC01、 2、 GE-DM02 を含め、人間が用いるための情報の表現について学ぶ
- ・ 4回目 コンピュータのための情報の表現  
GE-DIG1、 2、 3 の視点からコンピュータで扱うための情報の表現を学ぶ
- ・ 5回目 計算のモデル  
GE-GE04、 GE-ALP1、 2、 3、 4、 5 から話題を選び、「情報の処理」が「計算」としてモデル化されることを学ぶ
- ・ 6回目 問題の解き方（1）  
GE-ALP1、 2、 3、 4、 5 から話題を選び、アルゴリズムによる問題解決について学ぶ
- ・ 7回目 問題の解き方（2）  
GE-SIM1、 2、 3、 GE-AID3 から話題を選び、最適化や演繹・帰納による推論を用いた問題解決について学ぶ
- ・ 8回目 大量情報の蓄積と処理  
GE-DM01、 3、 GE-ALP1、 GE-AID3 から話題を選び、パターンマッチングなどにより大量の情報の蓄積と処理について学ぶ。
- ・ 9回目 情報の伝達  
GE-INW1、 2、 3、 4、 5 掲げられた項目について情報の伝達という視点から学ぶ。
- ・ 10回目 情報の呈示  
GE-IC03、 GE-SIM3 を中心に情報を人に呈示するという視点から学ぶ。
- ・ 11回目 コンピュータの仕組み：ハードウェア  
GE-CE01、 2、 4、 5 で掲げられている事項を学ぶ。
- ・ 12回目 コンピュータの仕組み：ソフトウェア  
GE-CE03、 6、 7 で掲げられている事項を学ぶ。
- ・ 13回目 現代社会における情報通信技術  
GE-INS1、 2、 3、 4、 5、 6 に基づき現代社会において情報通信技術が果たしている役割を学ぶ。
- ・ 14回目 科学の方法としてのコンピュータ利用  
GE-SIM1、 2 に基づき、学術研究でのコンピュータ利用について学ぶ。

- ・ 15回目 コンピュータ技術の歴史、情報社会の歴史  
コンピュータ技術やその進展に伴う社会の変化について歴史的経緯を学ぶ。  
(GEBOK に該当項目なし)

#### 4.2. 一般情報教育として2単位を卒業要件とする場合

##### 1) コア科目 2単位

###### 教育目標

自立した個として、情報社会の中で適正な判断をするために必要な情報社会・情報科学に関する基礎知識を修得する。また、大学における学術活動を効果的に行うために必要な技術と態度を、グループ活動を通じて修得するとともに、情報技術の進展を踏まえた生涯学習の必要性を理解する。

###### 授業の構成例

※毎回の授業は、当該トピックに関連する GE-IET もしくは GE-ISE（情報倫理と情報セキュリティ）の内容を短時間、組み込んで構成する。

- ・ 1回目 ガイダンスと基礎知識の確認  
GE-GUI1、GE-GUI2 に基づき、実施する。GE-GUI2 の一部は、授業時間外での学修として構成する。
- ・ 2回目 情報とコミュニケーション  
GE-ICO1、GE-ICO2 の内容を基に、関連が深いGE-IET1、GE-AID1 についても触れて構成する。
- ・ 3回目 情報の表現と情報アクセシビリティ  
GE-ICO1、2、GE-AID1、GE-IET1 の内容を基に構成する。
- ・ 4～7回目 総合学習  
グループでの討論を行う。また討論を踏まえたレポート作成に取り組む。
  - ・ 題材として、GE-ICO、GE-IET1、4、GE-ISE1、GE-AID1、2 の内容から取り上げさせる。
  - ・ レポートをまとめる際には、GE-IET2（情報社会の権利と法：著作権等）を遵守する。
  - ・ レポート作成の際は、GE-AIL の内容を踏まえる（序論、本論、結論、およびトピックセンテンス等）。
  - ・ グループでの討論過程では、GE-ICO2 の内容を実践的に理解して行う。
  - ・ 提出レポートは相互評価を行い、フィードバックを踏まえ、改善したものを最終

版として提出する。

- ・ 8回目 個人情報保護法とプライバシーや肖像権等の関連の権利  
GE-IET2に基づき構成するが、GE-AIDとの関係性についても補足する。
- ・ 9回目 データベース  
GE-DMOの基礎的な内容に基づき構成するが、扱うデータを個人の行動に関わるデータを模したものとすることで、その抽出結果の意味を、GE-IET4、GE-ISE3、4との関わりを含めて考察させるように構成する。
- ・ 10回目 データの処理と分析  
GE-DMOおよびGE-AILにおけるデータ処理関連の内容を基に構成する。加えて、データ処理結果の分析を行い、その妥当性をGE-IET3、4の観点から判断させるように構成する。
- ・ 11回目 デジタル表現1（色、画像）  
GE-DIG1、2、3に基づき構成する。
- ・ 12回目 デジタル表現2（音）  
GE-DIG1、2、3に基づき構成する。
- ・ 13回目 アルゴリズムとプログラミング体験  
GE-ALP1、2に基づいて構成する。第11回に取り上げた音の内容と関連させ、音を作るプログラムを作成させる。実行結果の音を確認させ、第12回の内容理解の定着・深化を促す。
- ・ 14回目 暗号と認証（情報ネットワークと情報セキュリティ）  
GE-INWおよびGE-ISEにおける公開鍵暗号の仕組みに関する内容を基に構成する。
- ・ 15回目 情報社会の将来と限界  
当該時の情報社会の状況において、特に必要と思われる内容をGE-AID、GE-INS、GE-IET、GE-ISEからピックアップし、それを基に構成する。

#### 4.3. コア科目を補完する科目群の例

- ・ プログラミング演習（2単位）  
GE-ALP、およびGE-SIMの内容を基にした演習を行う。
- ・ 社会情報メディア論（2単位）  
メディアの進展に伴う社会の変化についての歴史的経緯、メディアリテラシー、情報デザインにGE-ICO、およびGE-INS、及びGE-AILの内容を加味して構成する。
- ・ メディア活用演習（2単位）  
メディアリテラシー、情報デザインにGE-ICO、GE-INS、及びGE-AILの内容を加味した

演習を行う。

## 5. 一般情報教育に関する調査

GEBOK2017.1の策定にあたり、以下の情報教育に関する調査結果を参照した。

- ・ 「一般情報教育の全国実態調査」、情報処理、Vol. 55、No. 12、pp. 1400-1402 (2014) ; Vol. 56、No. 1、pp. 94-97 (2015)
- ・ 「情報学分野の大学教育に関する現状調査」、超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究 (2017)  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/itaku/1386892.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/itaku/1386892.htm)

ここで、2017年度に実施した「情報学分野の大学教育に関する現状調査」を補完する調査結果について報告する。

追加調査にあたって、昨年度の全国調査アンケートの回答データにおいて特徴的なものを抽出した。今回の抽出は、調査Cの回答に登録したアカウント (ID) 数に着目した。全国調査アンケートでは、一般情報教育であることから、全学で1個、あるいはキャンパス毎、最小でも学部単位での回答を要求した。回答の登録アカウント数で見たとき、10以上の登録があったのは3大学、いずれも大規模大学であった。その後は、9個、8個…と少なくなるに従って、大学数が増えていく。登録アカウント数4位から9位まででも (登録数7個以上)、すべて私立大学で、1大学を除いて大規模な総合大学であった。大規模大学ではないのは、保健福祉を中心とする小規模大学で、学科単位で登録していた。抽出したうち、調査期間に2大学について、ヒアリングによる追加調査を実施した。その結果を、調査1として小規模大学で学科毎の登録をした大学、調査2として大規模大学で学部毎と全学での登録をした大学について報告する。

### 5.1. 調査 (1) 九州保健福祉大学

九州保健福祉大学は、1999年に宮崎県に開学した、4つの保健福祉系学部と通信教育の学部をもつ、学生数2,000名弱の大学である。ヒアリングには、保健科学部臨床工学科の竹澤真吾教授、戸畑裕志教授、スチューデントサポートセンター教務部小寺秀樹氏の3名にご対応いただいた。臨床工学科での一般情報教育の背景は、臨床工学技士の業務範囲の拡大に伴い、学科で扱うべきテリトリーが拡大してきたこと、医療関連の事柄に加え、工学 (電気電子工学、情報工学、機械工学、化学工学など) を扱っていることからである。教育方針は、様々なジャンルをできるだけ多く教えることで、将来、自分の興味のある事柄に特化して学べるようにすることである。臨床工学科における情報教育の特徴の1つは、情報の基礎科目 (一般情報教育の対象) のレベルから、座学+実技を徹底していることで

ある。ノート PC 必携化が行われている。開学当初からアクティブラーニングが実践されており、教室に講義室機能と実習室機能が同居し、座学で説明した後に実習できるようになっている。例えば、1 コマの中の授業で座学の後に電子回路製作まで行う。文書作成ソフトで臨床工学の関連文書のレイアウトを学習、表計算ソフトでアドインを利用して FFT による波形分析の基礎を学習する。表計算で作成したグラフを文書に貼りつけ、貼りつけたデータから情報が流出する可能性を読み取り、危機意識の涵養などを行う。教材は、企業と共同で独自に開発している。特徴の 2 つ目は、複数学年が同一の実習室内で異なる科目を学習していることである。学生同士の「縦のつながり」を大切にし、上位学年生が同じ実習室で異なる科目を学習している下位学年生にアドバイスするといった学習スタイルが見られる。課題としては、医療機器が高価で維持・更新が容易でないことや情報セキュリティ関連（ネットワークセキュリティや IoT のセキュリティなど）の教育などがあげられる。情報セキュリティについては、ネットワークに接続される医療機器（透析機器、ペースメーカなど）の増加により、遠隔メンテナンスやプライバシー性の高いデータの管理、通信データの安全性に対する関心の醸成など、情報（技術）が患者に影響に及ぼしうるものが例示されていた。

学科全体として（一般）情報教育での教育のプロセスが充実し、1 つの授業で電気・情報・医療に関する事柄を実践的に学習できる点は特筆すべきと考える。医療関係に特化した学科であるため、目標設定が具体的であり、学修効果を上げる一因になっている。

開講科目は、「メディアリテラシー」や「情報処理入門」など、大学で共通の名称であるが、学部・学科ごとに内容を設定して実施しており、特に全学横断的な会議体はない。

・参考 URL ⇒ <https://www.phoenix.ac.jp/>

## 5.2. 調査（2）帝京大学

帝京大学は、本部が板橋区、八王子や宇都宮など全国にキャンパスを置く、学生数約 2 万 3,000 人の大規模な私立の総合大学である。大学創立から 50 年を超え、人文社会系学部、理工系学部に加えて医学部まで 10 学部が設置されている。今回、調査に応じていただいた「学修・研究支援センター」は、同大学の八王子キャンパス（経済学部、法学部、文学部、外国語学部、教育学部）、約 1 万 5,000 人の学生を対象とする、教養教育をまとめている。なお、板橋・福岡・宇都宮では、キャンパスごとに個別に教養教育を実施している。

現在の一般情報教育は、平成 18 年度の教育改革により、次のように構成されている。開講科目は 7 種類あり、半期 2 単位の授業。それぞれの科目は独立しており、単独で履修することが可能である。科目は一般情報教育の分野別にあり、オーソドックスな内容で、どの学部でも必要となる共通の情報教育を揃えている。すべてが選択科目で、学生は自由に

履修登録ができる。また、教養科目として、一般情報教育科目を複数履修してもよいとされている。実習用のコンピュータ教室は、60名定員で6教室、予備としてBYOD用が1教室ある。学生が自習で利用するコンピュータは、図書館の関連施設にある。担当する教員は、兼担を含め専任教員が10名弱、非常勤講師が10数名程度である。

- ・情報リテラシーⅠ…ICTリテラシーのうち文書処理がテーマの実習科目
- ・情報リテラシーⅡ…情報リテラシーⅠとほぼ同様に表計算がテーマの実習科目
- ・情報処理Ⅰ…データ分析をテーマに、表計算ソフトを使用した実習科目
- ・情報処理Ⅱ…より高度なデータ分析をテーマにした実習科目
- ・情報処理Ⅲ…データベースをテーマにした実習科目
- ・情報処理Ⅳ…プログラミングをテーマにした実習科目
- ・社会と情報技術の基礎Ⅰ・Ⅱ…講義科目

情報リテラシーⅠおよびⅡは統一カリキュラムで、前期・後期にそれぞれ50コマ近く開講、開講時限が2～4限では履修希望者が定員(PC教室収容人数)を上回る。履修者の選抜方法は担当教員に任されているため、高学年から優先的に履修許可を行う教員や、1回目の授業で抽選を実施しその場で履修許可を行う教員もいる。これで年間2000～2700名程度が履修する。学生全体に対する履修率は70%程度であるが、ICTに不得手で情報教育の必要性の高い学生が苦手意識から履修を避けてしまう問題点も指摘されている。履修生のレベルは、キータッチもおぼつかない学生から、ICTリテラシースキルが高くても単位数の関係や良い成績を得るために履修している学生まで幅広い。履修生の単位取得率(合格率)は比較的高い。情報処理の科目では、授業の最初のうちは、基本的な内容を扱わざるを得ない。自由選択・単独開講での特徴であり学生には楽に見えるが、場合によっては就職活動時に困らないようにするなど先を見据えた履修指導を行うこともある。

さらに、学部によっては、情報リテラシーをより深く学ぶための独自科目を開講したり、情報リテラシーやソフトウェア操作の基礎は教養科目で補うことを前提とし、各分野・領域の学問に必要なより高度な情報教育に焦点を当てた科目のみを独自に開講している。このことから、全国調査アンケートの調査Cで学部ごとに一般情報教育のアカウント登録があり、詳細回答をした学部とそうでない学部が存在した理由が明確になった。また、学部で一般情報教育と一部重なる専門科目を開講していることから、学部に必要な専門基礎科目としての情報教育との棲み分けや連携など、検討すべき課題が内在していることが分かる。一般情報教育のカリキュラムは、一般情報教育検討委員会にて随時検討し、次年度の内容を決定している。さらに、使用テキストの選択、科目担当講師への指示、なども行う。現在、テキストは市販のものを使用している。授業は、すべて対面授業でSAやTAもなく教員が一人に対応し、補講も含めe-learningなどは使用していない。一般情報教育を代表

する1つの内容といえる。

- ・参考URL ⇒ <http://www.teikyo-u.ac.jp/index.html>

## 6. GEBOK2017.1 と情報学分野参照基準

GEBOK2017.1 と日本学術会議が示している「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野」（以下、情報学分野参照基準）の対応を別表に示す。一般情報教育の知識体系は、様々な分野の教養もベースにアカデミックスキルとも関連付けて、全ての分野の学生が学ぶべき教養について広くカバーするように定めている。情報学分野参照基準は大学（学士）専門課程の質保証を目的に定められたものである。あわせて同基準では情報学分野が広く市民が持つべき教養の一部ともなっているとの認識から専門基礎教育および教養教育としての情報教育の必要性にも言及している。このため、一般情報教育の知識体系と情報学分野の参照基準に包含関係があるわけではない。また、一般情報教育の知識体系には、参照基準と明確な対応付けが可能な項目とそうではない項目が混在している。

ここでは、一般情報教育の知識体系の中で少しでも触れている参照基準の項目に丸印を記した。一般情報教育の知識体系が情報学分野の参照基準の各項目を部分的ではあるが広くカバーしていることが確認できる。逆に、情報学分野の参照基準は一般情報教育の知識体系の多くのトピックをカバーしているが、専門教育を想定して策定されていることから、その深度、広がり、求めている知識には違いがあることにはご留意頂きたい。

## D 部

# 専門基礎教育段階に対する 情報教育カリキュラム標準の策定方策の提言

この部は、つぎの報告書からなる。

専門基礎教育段階に対する情報教育カリキュラム標準の策定方策の提言

Eng



非情報系学科専門基礎段階における  
情報教育のあり方に関する提言

ENG

目次

1 提言の目的	1
2 非情報系学科(大学)における情報教育の現状	2
3 高等専門学校における専門情報教育の取組	4
4 社会人基礎力としての情報技術力とその教育	8
5 情報教育の在り方に対する提言	17
参考文献	19
A OECD 高等教育政策レビュー	21
B 情報教育の事例	27
C 図表一覧	25

WG 構成

長尾 和彦 (主査)	弓削商船高等専門学校
金寺 登 (副主査)	石川工業高等専門学校
大岩 元	慶應義塾大学
松澤 照男	北陸先端科学技術大学院大学
高橋 尚子	國學院大学
楠 房子	多摩美術大学
野口 健太郎	国立高等専門学校機構本部事務局

## 1. 提言の目的

情報技術が深く社会に浸透し情報化社会が本格化したことを受けて、あらゆる教育機関における情報教育の充実が急務となっている。大学等における情報教育の指針に関しては、世界的に通用する人材育成のため、情報処理学会が情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07[1]を策定し、普及・啓蒙に務めてきた。現在、国際的な技術者標準の改定に合わせ J17 として改訂が行われている。

日本の大学における情報教育の特徴として、一般教養で行われる部分と専門教育で行われるものに分かれている点がある(図 1 を参照)。これは古くからの大学の教育体制から生まれた弊害であるとも言え、講義自体も情報教育センターなどで担当されることが多い。この状況を受けて J07 では、一般情報教育(GE)としてカリキュラムの検討・モデル化がなされている。GE は大学における情報教育の現状に合わせて、大学全体に共通する情報教育の充実を強く推進することを意識したものである。しかし、一般情報教育のみでは劇的に変化する情報社会に対応することが難しく、専門教育段階での情報教育を含めた再構築が急務である。

平成 29 年春、文部科学省先導的・大学改革推進委託事業「超スマート社会における情報教育のあり方に関する研究調査」の受託事業として、情報処理学会は全国の大学を対象として情報処理教育に関する大規模なアンケート調査を実施した[2、3]。調査結果から、情報専門教育[4]や一般情報教育[5]のエフォートや非情報系学部における取組などの現状と課題が確認された。一方、平成 28 年には日本学術会議において情報学分野に関する大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準[6]が策定されている。

大学をはじめとする教育について、グローバル化、キャリア教育、プログラミング、エンジニアリングデザイン、アクティブラーニングなど、様々な改革が進められている。学習到達目標を明確にし、「教える」から「学ぶ」への転換実現のため、入り口(入試)も出口(卒業要件・就職)も全面的に見直す必要が高まっている。

これらの変革に対応し、国民全てが情報技術を活用することができる社会の実現のため、高等教育を受けた人材が学部学科を問わず等しく有すべき情報技術を定義し、非情報系学科専門基礎段階における情報教育のあり方について、提言としてまとめることとした。本提言が非情報系学科における情報教育に関するカリキュラムや副専攻プログラム検討の指針として活用されることを期待する。

## 2. 非情報系学科(大学)における情報教育の現状

### 2.1. 調査の概要

2016年11月から12月にかけて、国内の全大学における情報学分野の教育に関する調査が行われた。この調査では、大学における情報学分野の教育を4種類(図1)に分け、プログラム構成、教育内容と教育レベル、プログラム履修者、担当教員、環境などのデータを収集している。

#### (A)情報学分野の専門教育に関する調査

情報学分野を専門とする学科、課程、コース等を対象とする。

#### (B)非情報系学科での情報専門教育に関する調査

情報学以外の分野を専門とする学科、課程、コース等のうち、専門教育の一部で情報学分野の教育を実施している学部、学科、課程、コース等を対象とする。

#### (C)一般情報教育に関する調査

全学または学部等の共通教育において、情報学分野の教育(一般情報教育)を実施しているものを対象とする。

#### (D)高校教科「情報」に関する調査

高校教科「情報」の教職課程を設置し教科に関する科目を実施している学部、学科、課程等を対象とする。

教育内容の調査では、情報学の参照基準[6]およびJ07-GEBOK[1]に基づき、21領域・90項目の調査項目を定義した(表1を参照)。

### 2.2. 回答状況と考察

調査B「非情報系学科」に対しては学部・学科等の組織から998件の回答があり、非情報系学科において情報学分野の専門教育を受けている学生数が1学年当たり少なくとも10万人以上いることが判明した。また、情報の専門教育はすべての学問分野で実施されており、理学、工学、医学・歯学分野における履修者数の比率は他の学問分野より高く、特に工学分野の学科では知識だけでなく技能に関するエフォート量も多いことがわかった(図2~7)。これにより、非情報系学科の専門教育における情報教育の重要性が高いことは明らかである。「一般情報教育」はいずれの分野でもエフォートが高いが、一般情報教育の内容を専門段階で行なっているとも考えられ、さらに内容を精査する必要がある。また、「教育」分野では、一般情報教育以外のエフォートが極めて低い傾向がある。今後の初等中等教育において情報教育を担当することを考えるとさらなる充実が求められる。

今後は、適切な必須単位数を指定している学部学科における情報教育の内容やエフォート値を参照して、これまで無秩序ともいえた非情報系学科における標準的な情報教育の内容

を検討すべきといえる。これを通じて、副専攻としての情報教育の位置づけを探るべきである。

表 2 から、国立・公立大学では専任教員が情報教育を担当する比率が高いが、私立大学では非常勤講師が全体の 37.7%を占め、情報系科目の担当教員における情報学分野の教員比率は低いことも判明した。非情報系学科における情報教育を強化するためには、専門の指導教員の増強が必要である。

調査 C 「一般情報教育」に対しては、530 大学が一般情報教育を実施し、1 学年の学生の約半数に当たる 24 万 7 千人が履修していることから、一般情報教育の必要性が高いことがわかる。講義単位数は必修 0 単位:63.3%、2 単位:16.6%、演習科目 0 単位:49.6%、1~2 単位:30%となっており、十分な時間が確保できないなかで様々な工夫がなされていることが推察される。項目別回答(図 8)については、「情報とコミュニケーション」「情報のデジタル化」などのコンピュータリテラシーの知識に対するレベルが高いのに対し、「アルゴリズムとプログラミング」「データモデリングと操作」は教えていないが最も多くなっている。実習を含む技能に対しても「情報ネットワーク」「情報倫理とセキュリティ」以外はほとんど実施されていない。このことから、一般情報教育の範囲内では情報教育で求めるべき内容を伝えられていないことがわかる。

さらに詳細な情報を収集して、一般情報教育と専門教育を接続したカリキュラムについて、横断的な検討を行う必要がある。

### 3. 高等専門学校における専門情報教育の取組

#### 3.1. 沿革・特徴

高等専門学校(以下「高専」)は、1950年代後半、我が国のめざましい経済成長を支える科学・技術の進歩に対応できる実践的技術者養成の要望に応じて、1962年に設立された。

高専は、大学の教育システムとは異なり、社会が必要とする技術者を養成するため、中学校の卒業生を受け入れ、5年間(商船高専は5年半)の一貫教育を行う高等教育機関である。

現在、高専は国立51校(55キャンパス)、公立3校、私立3校である。2003年、大学とともに高専も独立行政法人化され国立高等専門学校機構(高専機構)が設立され、国立高専55校は高専機構が設置する一つの法人としてまとめられた。

高専は、幅広く豊かな人間教育を目指し、数学、英語、国語等の一般科目と専門科目をバランスよく配置し、実験・実習を重視した専門教育を行い、大学と同程度の専門的な技術が身につけられるよう工夫しているのが特徴である。機械、材料、電気・電子、情報、化学・生物、建設、商船、経済など、工業系を中心とした学科が設置されている。

学生は中学校卒業後の15歳で本科に入学し5年間の一貫教育を受け準学士の称号を得る。その後さらに2年間の専攻科を終了すれば学士となる。本科に入学した学生には、受験競争の弊害なく、一貫した人材教育を受けられるメリットがある。学生は本科を修了し卒業する学生が約6割、残りは専攻科進学あるいは他の四年制大学へ編入学する。さらに専攻科が終わってから大学院へ進学する学生もいる。特に近年、産業界の人材育成に対する要請が高いレベルになっていることを受け、学生の中に本科以上の高いレベルの技術者を志向する割合が増えてきている。

#### 3.2. 評価

高専は、中学校卒業後の段階から5年一貫の実践的専門教育により、幅広い分野で活躍できる実践的・創造的な技術者を養成してきており、卒業生の高い就職率(ほぼ100%)・求人倍率(本科24倍、専攻科43倍)と、質の高い教育を行っている機関として社会から評価されてきた。これまで高専卒業生は約36万人を数え、実践的・創造的技術者、経営者、研究者など幅広い分野で活躍している。

2006年にOECDが日本の高度教育の調査団を派遣し、東京大学や京都大学などの有力大学、および高専を視察した。視察後、調査団は、日本の高専教育は質の高い職業教育を提供しており、高く評価すべきとの分析を行っている[7](付録A参照)。

一方、中央教育審議会答申(2011)[6]において、高専への指摘として、入学者の意識の多様化に対応し、学生の発達段階に応じたきめ細かなキャリア教育を充実させる観点から、幅広い職業意識の形成に着目した授業科目・専門科目の教育の充実(インターンシップ、PBL

などの体験的学習活動)が求められている。

### 3.3. モデルコアカリキュラムによる教育の質保証

高専教育については、これまで各方面から高い評価を受けており、時代の要請や学習者の多様化に対応してさらなる高度化をはかることが課題である。しかし、各高専における具体的な教育内容については、それぞれの高専が工夫改善を図ってきており、機関別認証評価や JABEE による認定にとどまり、高専全体としてのカリキュラムに関する統一的な基準は存在しなかった。

一方、国際的な高等教育の質保証の観点から、学習到達度の目標を作成する動きがあり、医療、法曹、工学分野の技術者で検討が進められている。国立高専機構では、大学に先駆けて詳細なカリキュラムの実態調査を行い、高専教育の特性を踏まえた内容を踏まえたモデルコアカリキュラムとして策定した。

モデルコアカリキュラムは、(国立)高専が養成しようとする実践的・創造的技術者像とそのための教育内容・方法の在り方について方針を明確にし、社会に対する説明責任を果たすとともに、教育の質を自ら保証し、各高専の個性と特色を發揮した教育改革・改善を促進するものである。

#### 3.3.1. 「コア(ミニマムスタンダード)」と「モデル」

高専のすべての学生が到達させることを目標とする最低限の能力水準・習得内容である「コア(ミニマムスタンダード)」とより高度な社会的要請に対応し高度化を図るため教育事例である「モデル」を定義する。

#### 3.3.2. カリキュラムと到達目標(アウトカムズ)

モデルコアカリキュラム[9]は、学校が編成・実施する具体的な教育課程自体を示すものではなく、教育課程編成の指針として学生に身につけさせるべき到達目標(アウトカムズ)を提示するものである(図9)。各学校は、到達目標を達成するために、それぞれの状況や方針に基づいて具体的な強化・科目・実践的学習、課外活動等の様々な教育活動を組み合わせつつ工夫されることが期待されている。

モデルコアカリキュラムでは、高専で育成する技術者が備えるべき能力を、

- 技術者が分野共通で備えるべき基礎的能力
- 技術者が備えるべき分野別の専門的能力
- 技術者が備えるべき分野横断的能力

の3つに大別し、さらに各能力を9能力分野に細分化している。図10に分類を示す。

この分類に対応して、習得すべき能力がユニット(BOK)として個別に設定されている。各分野それぞれに対して本科および専攻科における到達レベルが設定される。この到達レベル

は、社会および産業界が必要とする実践的技術者とその国際通用性を担保するために、ABET が示すアウトカムズ、UK スペックなどの国際標準との整合性を配慮した上で、高専の技術者教育における共通的な最低限の基準として設定されたものである。

各高専での具体的なカリキュラム作成にあたっては、必ずしも到達レベルから段階的に積み上げる必要はなく、複数の科目に渡って達成することが可能である。教員間や科目間でのシラバス、授業内容などの確認の上、学習内容との整合性について十分に確認する必要がある。この作業を円滑に進めるため、Web シラバス[10]を導入し、カリキュラムの作成支援・点検・評価を行なっている。

### 3.4. モデルコアカリキュラムにおける情報教育

モデルコアカリキュラムに含まれる情報教育に関連する項目について調査した。科目名の対応が事例として示されているが、時間数の目安はない。学習内容・到達目標がどの科目で実施されるかは、各組織でデザイン可能となっている。この内容は大学における共通基礎に対応するが、各学科の専門教員が授業を担当することが一般的である。

#### 3.4.1. 工学基礎

工学基礎は技術者が共通で備えるべき基礎的能力として求められているものである。図 14 に工学基礎の到達目標を示す。

- IV-A 工学実験技術(各種測定方法、データ処理、考察方法)
- IV-C 情報リテラシー  
専門分野によらずセキュリティに配慮して情報技術を活用し、課題解決のための基本的なアルゴリズムを考え、実装できるようになることを目標とする。
  - 情報を収集、処理、発信するための基本的なハードウェア、ソフトウェアに関する知識を活用できる。
  - 特定の課題に対し、アルゴリズムを考え、実装することができる。
  - 情報セキュリティに配慮した基本的な情報収集・発信、情報の保護ができる。

#### 3.4.2. 分野別専門

分野別専門における情報教育は、単独学科と複合融合学科によって内容が異なる。電気系・情報系学科では、情報系分野の割合が高いため、割合に応じて到達目標を設定できるように見直しを行った。その他の分野における情報教育は個別に内容が定義されており、より詳細に検討を行う必要がある。

- V-A-7 情報処理(機械系)、V-B-12 情報処理(材料系)  
プログラミングに関する操作、定数変数、演算、入出力、制御文、配列を基本的な課

題の解決に活用できる。

- 商船系(航海・機関)情報処理

船舶運航者に要求される情報リテラシー能力を習得するとともに、各種専門分野の報告書作成、データ処理、情報収集などに活用することができる。

- 情報系分野到達度(電気系・情報系)

単独学科、複合融合学科で特に専門とする分野、複合融合学科で組み合わせる周辺分野の専門性、均等に組み合わせる専門性のいずれかを選択する。図 12, 13 に情報系分野別到達目標を示す。

### 3.4.3. 分野横断的能力

参照基準[6]において、ジェネリックスキルとしてまとめられている部分に相当するのが分野横断的能力である。これらは専門教育の中で養成されるようになっており、直接的な情報教育分野とは言えないが、情報教育が必要とする論理的思考、説明能力などが広く定義されている。本科(1~5年)と専攻科で到達目標が異なる。(図 13 を参照)

### 3.5. 高専における情報教育の特徴

高専ではモデルコアカリキュラム作成により、共通基礎として工学実験技術、情報リテラシーを設定した。これは大学の一般情報教育に相当するものであり、1、2年次に2~4単位が配当される。ほとんどの高専には情報処理センター選任教員が配置されていないため、学科の専門教員が情報処理を担当することが多い。そのため、各分野での活用事例を教材として選ぶことで実践的な情報教育を行うことが可能となる。その一方で、情報教育の必要性を理解して授業設計を行うことが求められる。実際の開発手法などを積極的に取り入れ、効果をあげている事例も多い(B.1)。

高専の授業における演習の割合は高く、手を動かし、自分で考える姿勢が自然と身につけている点が高く評価されている。情報教育においても、演習を中心としたカリキュラムが構成されており、一定の効果が認められる。



#### 4. 社会人基礎力としての情報技術力とその教育

世界中で始まった市民のためのプログラミング教育を大学でも行なう意義を、日本の情報産業の特殊な発展形態と関連して論じ、その具体的な教育方法を例示する。

##### 4.1. はじめに

情報技術が深く社会に浸透した情報化社会が本格化したことから、21世紀の社会の在り方が大きく変わった。米国の情報産業を中心に提案された「21世紀スキル」が先進国では受け入れられ、日本でも文科省がこれまでの教育理念であった「生きる力」との整合性をとり「21世紀型能力」を定めて、2020年から始まる新しい指導要領の基本方針とした。

「21世紀型能力」は思考力を中核として、それを支える基礎力としての言語スキル、数量スキル、情報スキルを包含し、さらに思考力を囲む実践力が加わるという三層構造をしている。これまでの教育は実質的に基礎力だけであったと見ることもできるので、思考力と実践力が加わったことは、日本の教育理念が大きく変わったことを意味する。

もちろん、思考力が今まで教育されてこなかったわけではないが、日本の教育は正しい知識とスキルを教えこむという面が強力で、それが工業化社会では大きな力を発揮した。21世紀の本格化した情報化社会では、市民が自分自身で必要な知識を作り出し、スキルを磨くことが求められる社会に変わったので、教育の中心が思考力に移ったのである。

こうした社会の変革自体を理解するためには、それをもたらしたコンピュータと、世界中のコンピュータを繋いだネットワークの技術について、市民が知識とスキルを共有する必要がある。情報教育はそれを担うものであり、日本でも2003年から高校の教科「情報」として教育が始まった。

しかし、それはコンピュータとそのネットワークという情報手段の使い方を教える教育にとどまり、情報手段を使いこなす能力を育成するものではなかった。使いこなすためには、情報手段の基礎学問である情報学の教育が必要である。

情報学の教育、特にその中核であるプログラミング教育は、その必要性が世界中で認められ、先進国では小学校からの教育が始まり、日本それに追随した。思考力を養う教育として、プログラミングは最適の教材であるが、情報学を中心とする情報教育が遅れてしまった日本では、プログラミング教育がプログラミング言語の文法学習にとどまり、思考力を養う教育からは程遠いものになってしまっている。

思考力を養う情報学に基づくプログラミング教育について、本稿では背景となる状況の説明から始めて、社会全体がそれを共有する方法について述べる。

##### 4.2. 議論の背景となる状況

#### 4.2.1. 日本の情報産業の特異性と日本の大学の情報学教育

情報学に関する大学教育は、1968年に米国のACM(Association for Computing Machinery)が発表した情報学教育カリキュラムに従って、1970年代に世界中で始まった。日本でも1970年に京都大学、大阪大学に情報工学科が、東京工業大学に情報科学科が、山梨大学と電気通信大学に計算機科学科が、金沢工大に情報処理工学科の6学科が設立されたのを皮切りに、全国の大学に情報関連学科が設立された。

日本の大学に新しい学科を設立するには、その分野の専門家の教授を必要数配置しなければならない。最初の6学科以後に設立された情報工学科の多くは、電子工学の教育体制に、FORTRAN プログラミング入門の科目を加えただけのもので、情報学の教育を行なうものとしては極めて弱体であった。この状況は現在に至るまで続いている。

1970年代は日本の高度成長が本格化した時期であった。これにともなって、情報システムの導入が日本の企業や官庁で本格化した。急拡大する市場の要求に応えるために、日本IBMをはじめとする日本のコンピュータメーカーは、専門教育を受けた大学卒業生の採用を諦めて、大学卒業生の中から適性のありそうな人を選んで、自前で教育し、戦力化する方針が取られた。これが、今に至るまで続いているが、これは日本独自の状況である。

メーカーが自前で教育すると、半年程度しか業務に必要なプログラミング能力を教育する時間はとれない。現在はそれが1ヶ月程度にまで短縮されている。入社前に自習する制度も始まっているが、このような教育制度は大学専門教育としての情報学からは程遠いものである。

このような情報産業の構造が大きな影響を与えたのが、大学における情報学教育である。情報産業は「大学教育には期待しない、自前で教育できる」と豪語したため、大学では情報関係学科の数は拡大したが、情報学の基礎を教育して国際レベルの情報技術者を卒業させている学科の数は非常に限られる。東大においても情報科学科の学生定員は30名で、工学部には応用物理、電子工学、機械工学のための計数工学科、電子情報工学科、機械情報工学科があるが、情報学を応用することを目的とするこれら学科での情報学の基礎教育は、国際レベルから見るとまだ十分でない。

こうした特異な技術者教育体制が日本に生まれたのは、コンピュータがとてつもなく人間の能力を拡張することができるという事実によるところが大きい。人間が計算できるのはせいぜい1秒間に10回程度あるのに対して、現代のコンピュータは10億回以上計算可能である。1億倍の能力拡張は、飛行機が人間の歩行速度の250倍しか能力拡張ができないことから考えると、とてつもなく有能な道具を人間が使い出したことが分る。

このようなコンピュータを使う情報技術者は、その能力差が非常に大きい。日本で普通の技術者が1ヶ月かかる仕事を数分で済ませる達人技術者もいる。これは、日本の技術者の

能力差は 1000 倍あることを意味する。国際社会では、達人技術者をどれだけ育てられるかに注力してきたのに対して、日本の社会は達人技術者を育成するのではなく、国際レベルでは通用しない能力不足の「普通の」技術者を大量に動員する生産体制を選んだのである。この結果、日本の社会のコンピュータ観は、便利だが技術レベルは低いものというものとどまっている。少なくとも、情報産業の経営者はそのように考えて、人海戦術で開発を行なうシステムを定着させ、これが機能する社会制度を築いてきた。

ソフトウェアは人間が作るものであり、作る人間の能力を発揮させる社会システムができなかったことから、日本のソフトウェアは非常に高価格なものとなった。日本語の壁が、鎖国状態を生み、物作りで定着した縦の系列化が進んだため、国際的な標準開発技術が殆ど生まれていない。このため、ソフトウェアの世界に定着したオープンな開発環境で技術者に求められる、玉石混交のソフトウェア部品を組み合わせで開発が行なえる、いわゆるフルスタック技術者が、育成されてこなかった。

#### 4.2.2. 経営と情報技術が一体化した社会が 1990 年代から始まる

働き方にこだわる日本人は、自分の仕事が楽になる情報技術しか導入しようとししない。これに対して西欧の国々ではビジネスモデルで各組織が競争するのが一般的である。このため、情報技術の導入で仕事の仕方が全面的に変わっても、それで経営効率が上がるのが分れば、それを導入して、新しい働き方の導入訓練を社長以社員全員が受ける。

このような経営と情報技術が一体化した経営改革は 1990 年代に欧米では本格化した。このため、日本以外の先進国は 90 年代から経済成長が続いたが、日本だけが経済成長が停止してしまったと言われる。

この経済成長停止が、情報技術の導入が進まなかったためであることが、近年のマクロ経済分析から分ってきた[12]。政府は知的生産性の向上を図るべく、働き方改革を進める政策を打ち出したが、それを日本人が受け入れたとしても、情報技術者のレベルアップは簡単ではない。

技術者のレベルアップは本来大学教育で行なうべきであるが、硬直化した日本の大学制度の中で、情報学を教育する学科を拡大することは大変に難しい。東大が入学定員の 1% の 30 名しか情報学の専門家を育てられないのに対して、2016~17 年の学部入学者が 3717 名のスタンフォード大学では、学生が最も多い学科が 663 名 (2016~17 年) の情報学 (computer science) で、全入学者の 18% をしめる。

#### 4.2.3. 日本人ソフトウェア技術者の生産性

情報学の発展にともなって世界中で広がった情報産業におけるソフトウェア開発と、日本のソフトウェア開発は大きく異なる。しかし、最近まで組み込みソフトウェアに関しては、世界のトップレベルの開発技術を有していた。それは、電子工学や機械工学の技術者が自

分でプログラミングを行ってきたからである。問題を理解して仕様を作る仕様策定の部分を、海外では電子（機械）技術者とソフトウェア技術者の分業で行なうのが普通であるのに対して、日本では分業しないで行なうために、仕様策定の困難が避けられたからである。しかし、ソフトウェア技術の向上にともなって、作られるプログラムの大きさが車のように数百万行から数千万行に達すると、ソフトウェア工学を修得しなければ、作れなくなってきた。そうすると、分業せざるを得ないが、肝心のソフトウェア技術者が日本では殆ど育っていない。大学には少数のソフトウェア工学研究者がいるが、世界標準のソフトウェア工学研究を行っているため、日本の開発現場についての知見は殆ど持っていない。このため、組み込み技術者の育成についてもこれからの見通しは明るくない。

特に問題なのは、生産性と働き方である。組み込み技術者の働き方について国際比較研究を同志社大学の中田善文教授が行った所、ドイツでは週40時間しか働かない技術者が93.1%であるのに対して、日本ではそれが4.4%なのである。さらに米国では、週30時間しか働かない技術者が5.2%もいる[13]。

日本が国際的に、いかに異常な働き方をしているかが分るが、その原因は技術者の生産性に問題があることが、技術者へのアンケート調査で分った。

#### 4.2.4. 小学生からのプログラミング教育が意味するもの

先進国で小学生からのプログラミング教育が始まった。10年後に高等教育に進学する先進国の大学生の情報学に関する能力は今よりはるかに高いレベルに達していることが予想される。

日本もこの動きに同調して、小学校からのプログラミング教育を始めるとともに、中学校の技術・家庭、高校の情報で行なわれるプログラミング教育を諸外国で行なわれるレベルに近づけるべく、指導要領の改定が進行中である。

しかし、他の先進諸国進行中の、情報学と教育学の双方を学ばせる教師の育成に関しては、議論が全く始まっていない。オーストラリアでは、30年前からこのような教師養成を行なう大学教育制度が確立し、研究活動も盛んである。他の先進国もこれに準ずる教師養成を行ってきたのであるが、日本は全くこのような態勢にはなっていない。情報学を教育できる専門家を育成することをどうするのか、早急に検討する必要がある。

### 4.3. 大学卒業生に要求される情報技術力

#### 4.3.1. 大学生が備えるべきプログラミング能力

小学生からプログラミング教育が始まると、単純なコンピュータプログラミングの世界の中だけではあるが、自分で物事を考えぬく態度と能力が育成される。しかし、その影響は全ての教科に波及する。このようなプログラミング教育を米国で経験して帰国した中学生

の角南 萌氏は正しい知識とスキルを教えこむことしかしない日本の学校教育に絶望して、これで育った日本人が21世紀の世界で生きていけるとは思えないと、いう主張をYouTubeで公開している[14]。

小学生から、情報学の概念に基づくプログラミング教育を受けると、角南氏のように、欲しいソフトがなければ自分で作るという精神が生まれる。自分自身で作る技術がなかったとしても、技術のある人に自分が何を作りたいかを正確に伝えることができる。現在の日本の教育と社会環境では、これができる人が極めて少ないことから、情報産業は多大の努力をはらわなければならない。海外では、このための要求工学という新しい分野まで生まれたが、日本ではこの研究者は殆どいない。

コンピュータが社会の隅々まで使われる21世紀の社会の大学卒業生は、プログラムは自分で作れるものは作り、作れないものは何を作りたいかを作れる技術者に、明確に伝える能力を持たなければならない。その能力を育成することは、現在の大学生に対しても行っておかなければならない。情報学教育の体制が作れていない日本の学校教育を補完する意味からも、教育成果が上がる可能性が高い大学教育で、最低限のプログラミング能力を育成しておくことが必要である。プログラミング経験が無いと、制作者に必要な情報を伝えることが困難である。

#### 4.3.2. プログラミング教育とは何か

プログラミングは、単にプログラムを作るだけの活動ではない。課題に対して問題は何であるか、その問題は解けるのか、といった問題発見から始まり、その問題を解くには何を解決すればよいかを決定する(仕様策定)。次に、それをプログラムとしてどのように構成するかを決める(設計)。続いて具体的にプログラムを作り(製作)、それが課題をどこまで解決できたかを確認する(評価)。

この過程は、情報技術者が仕事をする時の作業を一般的に示したものであるが、大学教師は研究者であり、他人のためにプログラムを作ることは少ないので、この過程を全部体験することはまずない。プログラミング教育を担当する教師が体験するのは、自分の研究課題を解決するためのプログラム作成であることがほとんどで、設計と製作しか経験しない。評価は自分の問題であるから、計算結果を見れば簡単に達成できる。

これに対して、情報産業では他人の問題を解決するのであるから、その問題を理解するのが大変である。技術者は、まずこの問題で悩まされる。発注者が普通はプログラミングの経験がないため、製作者が必要とする情報を正しく伝えることができない。このため、不完全な情報をもとに仕様を策定し、その仕様を発注者が理解できないままに承認し、製作が終って評価の段階になって、それが課題の解決になっていないことが判明する、といったことがしばしば生じる。

大学教員は、自分の体験に基づいて情報学を理解するが、それは情報学の周辺のごく一部にしかすぎない。このため、日本の大学では情報学が学問としての市民権を得ていない。情報産業も、自前でプログラミング入門だけ教えるだけでビジネスを進めてきたので、初歩的なプログラミング技術でどうやって発注者の要求を満足させるかで、独特のソフトウェア技術を発展させてきた。それは、生産性が低く、高コストであったが、日本語の壁に守られて今に至るまで続いてきている。

この間、先進国では情報学は社会の要求に刺激されて、発展してきた。日本の情報学研究者はこうした海外の研究を追いかけて研究を続け、それを学生にも教育してきたが、そうした教育を受けた学生を生かせるようなソフトウェア開発現場は少なく、多くの卒業生は研究所か、海外の企業で就職するか、自分で起業するしか社会に出る道がない。

#### 4.3.3. 大学生が知的生活を一生送れるための基礎プログラミング教育

ソフトウェアが、経済活動全般に大きな影響を与えることが分った結果、プログラミングを中核とする情報学の素養を全市民が持つ必要があることが認識され、小学生からのプログラミング教育が世界中で始まり、日本でも行なわれることになった。しかし、日本の場合、情報学の研究／教育の必要性が社会全般で認識されていないことから、一番重要な教師教育も行なわれていないために、そうした教育が効果を現わすには、かなりの年月が必要である。

そこで、短期間に効果が上がる方法として、大学生に基礎プログラミング教育を行なうことが考えられる。それは、仕様策定から評価までの全過程を体験させるものでなければならないが、専門のソフトウェア技術者が学ばなければならない情報学を全部カバーする必要はない。

幸いプログラミング教育は入門段階であっても、仕様策定から評価までの全過程を教育として行なうことが可能である。この段階で、プログラムを作る全過程を体験し、それについての深い振り返りを行なえば、本質的な事が理解できる。この理解は、適切な課題を選べば効果を上げられるが、複雑なプログラムを課題として選ぶと本質的な理解に到達することが難しい。教師に教育技術が求められる。

小学校におけるプログラミング教育について、その経験のない小学校教師にできるかという疑問があるが、彼らは教育技術にすぐれており、学習能力があれば、入門段階のプログラミング技術を習得するのは難しくない。教育技術に優れた人に対するプログラミング入門の良い教育システムを作ることが重要である。

逆に、プログラミング技術に堪能であっても、教育の経験がない情報技術者は、学習者のつまずきが何であり、どのように指導すれば学習者が自分で問題解決ができるかを指導するのは易しいことではない。

従来の日本のプログラミング教育は、FORTRAN のような特定のプログラミング言語の書き方を教えるだけのものであった。研究のためのプログラミングはそれで十分であろうが、それすらも近年は困難になり、「写経プログラミング教育」と呼ばれる方法が、大学でも企業でも行なわれるようになった。

写経プログラミング教育では、最初から完成されたプログラムを学習者が自分で入力し、動作させた上で、そのプログラムを解説するという方法で行なわれる。学習者が能動的に行なう活動は、お手本の一部を変更したらどうなるかを体験する程度のものであって、自分でゼロからプログラムを作るにはどうするかというアルゴリズム構築教育は行なわれない。

アルゴリズム構築を目的としたプログラミング教育を行なうには、自分の作ったプログラムのデバッグを行なう必要がある（デバッグ自体が問題発見、問題解決のよい教育手法であって、21世紀の新しい教育の手段として適切である）。しかし、これを行なうには、覚えただけの英語由来のプログラミング言語の意味を正確に読みとる必要があり、これが初心者には大変難しく、時間のかかる学習であったために、写経教育が始まったのではないかと考えられる。写経教育は企業教育で始まり、今では大学教育にも持ち込まれている。企業活動の場合、写経教育でビジネスが成立するのであれば、その価値もあるが、大学教育の場合、アルゴリズム構築の訓練が行なわれない写経教育は単なる教養としての知識教育に終り、世界中で始まった情報学に基づく Computational Thinking (CT) の教育にはならない。

広く知られる CT についての定義は、カーネギー・メロン大学のジャネット・ウィング教授によれば、次の通りである。

Computational thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in a form that can effectively be carried out by an information-processing agent.

ここで最後の an information-processing agent はコンピュータと人間が想定される。この二者の分業、またはどちらか一方だけで問題解決を行なうかを決めるのは、一般にはむずかしい問題である。それが判断できるようになるには、人間とコンピュータに関する深い理解が必要となる、ここではコンピュータの理解の方に限ることにして議論を進めるが、人間についての理解を深める必要性も重要であることは論じるまでもない。

ここでウィング教授は CT とは問題を定式化することであり、その定式化は情報処理手段で効果的に実行できなければならないとしている。これが行なえるようになるためには、

効率的なコンピュータプログラムを作る能力がなければならない。写経プログラミング教育では、教わったプログラムについてはそれが保証されるが、教わらないものを自分で作り出す訓練は行なわれない。

竹田尚彦氏によって開発された「プログラム開発体験に基づくソフトウェア技術者育成プログラム」[15]は、このようなCTの教育に適した教育法である。本来企業の技術者を育成する方法として心ある企業等で使われてきたが、その内容はプログラム書法や例外処理を重視した初級編と、再利用とプログラムの進化を体験させる中級編から成り、仕様策定、設計、製作、評価の全プロセスを体験させる教育になっている。また、設計法として目的を手段に展開する方法論であるHCPチャートを用いた段階的詳細化を行なわせるので、CTの中心概念である抽象化を教育することができる。プログラミング教育では、学習者の能力差が大きい場合が多い。これに対しては、初級編の教育を丁寧に行うことで、学習者のレベルを一定水準にそろえることが可能である。これを踏まえて、中級編の学習は、能力に応じて取り組むことが出来るように考慮されている。反転学習やグループ学習で行なうことも考えられるが、その運用には指導技術が必要になる。30年近く前に開発された方法のため、現在の教育技術を取り入れることで、さらに教育効果が高まることが期待できる。数学等で訓練される記号操作になれていない学習者には、実行可能なプログラムの意味を日本語で読みとれる「日本語プログラミング」言語を用いることで、理工系以外の学習者にも、この方法は適用できる。実際、アルゴリズム構築教育ができずに、写経教育に近い方法が使われていた慶応大学SFCで、高校教師の免許を持つ杉浦学氏を中心として開発された教材「論理思考とプログラミング」[16]を実施したら、挿入ソートのアルゴリズムをアンプラグド法で理解した後、クラスの全員がプログラムを作成することができた[17]。このように日本語プログラミングで基礎プログラミング教育を行った後、JAVA言語で同じ内容を教え、さらにそれを発展させた内容に続けることが容易であることが知られている。用いた言語は「ことだま on Squeak」である[18]。

竹田氏の教育システムは、企業教育では用いられて効果があることが実証されているが、大学ではこれまで使われることはあまりなかった。今後、プログラミング教育の高度化に対応して、全ての大学生がこの内容以上のプログラミング能力が要求される時代が10年後にはやってくる。竹田氏の方法が唯一ではないであろうが、同等の効果をもたらすプログラミング教育を全ての大学生が修得できる教育体制を日本の大学がとる必要がある。

#### 4.3.4. コンピュータとネットワークに関する知識教育

CT教育としてのプログラミング教育を行なうには、コンピュータとネットワークに関する教育が欠かせない。これらの教育は高校の「情報」でもあつかわれるし、大学の一般教養科目でもあつかわれるはずである。社会人基礎力としての能力としては、これが創造的な



プログラミング教育に役立つ必要がある。

コンピュータシステムに関する重要な概念として「ベストエフォート」は正確に理解しておくことが望まれる。この概念が複雑な情報システムの構築には不可欠であるが、一般には知られていない。このために、情報システムに対しても、人間が行なう簡単な情報処理と同じように、完璧を求めてしまう。此の結果、情報システムの欠陥に対して関係者の努力不足であると決めつけて、本質的な欠陥除去が行なわれない場合が非常に多い。「ベストエフォート」の深い理解は情報システムの制作に長年かかわる必要があるが、知識教育としても行っておいた方がよい。その例としてインターネットの構成がベストエフォートを基本概念とする TCP/IP で構成されていることを知ることは、有効な方法であろう。

最初は有線通信の関係者から「そんないいかげんなことで、電話は運用できない」と言われたものが、結果としてソ連の崩壊に際しては、電話は簡単に政府によって遮断されたのに対して、インターネットは国境を越えてつながり続けたこと、今では有線電話も TCP/IP が経済効率の観点から使われるようになったことが、理解し易い説明になるだろう。考える教育を行っても、知識教育はある程度行なう必要がある。その際、それが如何に役立つかという説明とともに行なうべきである。

## 5. 情報教育の在り方に対する提言

大学を対象とした情報教育の在り方に関する調査研究から、専門基礎段階における情報教育の問題点が明らかになった。情報教育の内容の多様化により、教授項目が広がっているにも関わらず、授業時間の拡大は進んでいない。アルゴリズムとプログラミングが一般情報教育段階で行われていない組織が多い。これらの大半は専門教育段階で一般情報教育を行なっていると考えられる。

非情報系学科では、工学系を除いて情報リテラシー教育に重点を置く傾向がみられる。分野ごとに項目のレベルが異なり、すべての学生が十分な情報技術を習得しているとは認められず、さらなる強化が求められる。特に初等中等教育で情報教育を担当する教育分野は全面的な改善が必要である。情報教育を行う担当教員に対する情報学分野の専門教員比率が低いことも判明した。

高専ではモデルコアカリキュラムを策定することで、すべての学科のミニマムスタンダードを定義している。この中で情報教育の内容を単独学科、複合融合学科（メジャー）、複合融合学科（マイナー）など細分化して定義されている。演習主体の授業形態により、技術者養成で高い評価を得ている。また、プロジェクト管理、アジャイル開発など、実践的な内容を演習等に取り入れることにより、教育効果を高めていることが確認された。

プログラミングは、論理的思考、抽象化、創造力を養うための格好の教材であり、初等教育から導入が進められている。大学においてもジェネリックスキルを伸ばすため、プログラミングを積極的に進めるべきである。その一方で、プログラミング言語にとらわれることで論理的思考などの習得の弊害となることも留意すべき点である。

非情報系専門学科における情報教育について、以下の指針を示す。

### ● プログラミングを中心とした情報教育の充実

プログラミングを専門教育段階に移行し、各分野の問題を解決するような作品製作を求める。プログラミングを通して初等中等教育の情報教育が軌道に乗るまで、論理的思考を促すプログラミング教育を実施すべきである。プログラム作成において、必ずシステム設計を課し、第三者に理解できる仕様書作成などを行わせることが望ましい。グループワーク、PBL形式、アジャイル開発など、実践的な手法を積極的に取り入れるべきである。

### ● 情報教育を行える専門教員の充実を図る

私立大学を中心として、情報教育担当教員のスキルが十分備わっていないことから、早急な人材育成プログラムが求められる。各分野における情報学の活用事例について熟知し、システム設計が行えるスキルが求められる。また、プログラミングの必要性を理解し、演習に対応できることが必要である。このような人材は、情報専門学科においても十分確保されていない。情報専門学科においても情報教育を行えるスキルを有する人材育成のため

のコースが必要である。特に教育分野における情報教育の強化が喫緊の課題である。既存の教員を対象とした講習会なども合わせて検討しなければならない。

- モデルカリキュラムの策定

アンケート結果から、各分野の情報教育に対する傾向を確認できた。一般情報教育と専門課程の切り分けが難しくなっていることから、専門教育における情報教育の充実は必須と言える。大学卒業生全員が論理的な思考ができ、プログラム作成を含む活用能力が求められることから、適切なカリキュラムの検討が必要である。そのためには分野ごとに先進的な事例を調査し、情報教育の重要度に応じたモデルカリキュラムを作成することが必要である。この作業においては、高専のモデルコアカリキュラムの取組が参考となるであろう。

## 参考文献

- [1] 情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07, <https://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/J0720090407.html>, 2010
- [2] 文部科学省先導的・大学改革推進委託事業「超スマート社会における情報教育のあり方に関する研究調査平成28年度報告書」, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/itaku/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2017/06/26/1386892\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/itaku/__icsFiles/afieldfile/2017/06/26/1386892_1.pdf), 2017
- [3] 掛下, 高橋, 国内750大学の調査から見えてきた情報学教育の現状-(1)調査の全貌編-, 情報処理 Vol. 58. No. 5, 2017
- [4] 掛下, 国内750大学の調査から見えてきた情報学教育の現状-(2)情報専門教育編-, 情報処理 Vol. 58. No. 6, 2017
- [5] 高橋, 国内750大学の調査から見えてきた情報学教育の現状-(3)一般情報教育編-, 情報処理 Vol. 58. No. 6, 2017
- [6] 日本学術会議, 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h160323-2.pdf>, 2016
- [7] 文部科学省, OECD 高等教育政策レビュー(高等専門学校に関する記述)(仮訳), [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo10/shiryo/attach/1266207.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo10/shiryo/attach/1266207.htm), 2009
- [8] 高等専門学校教育の充実について(答申), [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1217069.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1217069.htm), 2011
- [9] 国立高等専門学校機構, モデルコアカリキュラム-ガイドライン-, 2017
- [10] 高専機構, Web シラバス, <https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicSchools>, 2017
- [11] 長尾, 大事なことはみんなプロコンが教えてくれた, 工学教育 (J. of JSEE), 65-2, 2017
- [12] 乾友彦, 存在感低下する成長戦略(下) 労働市場の流動化が先決, :日経新聞 経済教室, 2017. 6. 26
- [13] 日本のソフトウェア技術者の生産性及び処遇の向上効果研究:アジア, 欧米諸国との国際比較分析のフレームワークを用いて, IPA2014 年度成果報告書, 2014
- [14] 角南 萌, 天才中高生、驚異のプレゼン (2/7), <https://www.youtube.com/watch?v=C1Yb91F6X0I21>
- [15] 竹田, 大岩, プログラム開発体験に基づくソフトウェア技術者育成カリキュラム, 情

報処理学会論文誌, 33(7), 944-954, 1992

[16] 杉浦, 論理思考とプログラミング, [http://crew-lab.sfc.](http://crew-lab.sfc.keio.ac.jp/lectures/2011s_ronpro/pukiwiki/index.php)

[keio.ac.jp/lectures/2011s\\_ronpro/pukiwiki/index.php](http://crew-lab.sfc.keio.ac.jp/lectures/2011s_ronpro/pukiwiki/index.php), 2011

[17] 杉浦, 松澤, 岡田, 大岩, アルゴリズム構築能力育成の導入教育: 実作業による概念理解に基づくアルゴリズム構築体験とその効果, 情報処理学会論文誌, 49(10), 3409-3427, 2008

[18] 岡田, 杉浦, 松澤, 大岩, 日本語プログラミングを用いた論理思考とプログラミングの教育, 情報処理学会研究会報告 Vol. 2007, no. 123 (2007-CE- 092) pp. 123-128, 2007

[19] 高専 IT 教育コンソーシアム, e-Learning 創造性教育コース, <http://kosen-e.jp>, 2006

## A. OECD 高等教育政策レビュー（高等専門学校に関する記述）

「高等専門学校においては、学校数の 87.3%は公的資金により運営されており、また高等専門学校生の 87.5%は国立高等専門学校機構を通じ運営される国立の高等専門学校に通っている。高等専門学校では、15歳～20歳にかけての期間に質の高い職業教育を提供しており、卒業後に正式な学士課程に編入学することもできる。高等専門学校は、高水準の職業訓練を提供しているだけではなく、さらに産業界（特に製造業部門）のニーズに迅速・的確に答えていることから、広く国際的な賞賛を受けてもいる。さらに、高等専門学校は、社会経済的に低い位置にいる家庭出身の学生達に対し、社会に参加しその中で自らの地位を向上させていくための機会を与えてもいる。数知れぬ海外の評価者たちと同様、我々も高等専門学校の運営、質、工夫に感銘を受けた。」

### A. 1. OECD 高等教育政策レビュー我が国の高等教育政策に関する報告書（概要）

#### A. 1. 1. 概要

- OECD においては、各国の高等教育政策について調査を行っており、本報告書は、日本の高等教育政策に関して、2006年5月に行われた10日間の訪日調査に基づき、2009年3月にとりまとめたもの。
- 本報告書においては、我が国の高等教育制度や教育財政、高等教育と労働市場や技術革新、国際化と質の保証等について分析がなされている

#### A. 1. 2. 我が国の高等教育制度について

- 昨今の新たな人口構造や労働市場の変化を踏まえ、引き続き改革が必要
- 国立大学の法人化により、学長のリーダーシップが発揮されつつある
- 高等専門学校は質の高い職業教育を提供しており、高く評価すべき

#### A. 1. 3. 我が国の高等教育財政について

- 日本の高等教育機関に対する公財政支出は OECD 内で最低レベル
- 卒業生や保護者、企業等からの寄附を拡大するための努力が必要
- 大学の授業料や奨学金については、一層の柔軟性が必要

#### A. 1. 4. 高等教育と労働市場について

- 高等教育機関における授業や学習、卒業後の進路に関する情報提供の充実が必要
- 卒業生の就労状況を長期的に追跡した情報を開発し、進学志望者に提供すべき

#### A. 1. 5. 高等教育と技術革新について

- 研究者が大学と企業や研究機関のポストを行き来できるキャリアパスの充実

#### A. 1. 6. 高等教育における国際化と質の保証について

- 大学の国際化や、外国人留学生の受入れのためのプログラムの充実
- 学習意欲や学習成果に関する評価への積極的な参加が必要

## B. 情報教育の事例紹介

本調査に関連して、各校の特色ある取り組みについて提供をいただいた。3つの事例から、ものづくりの体験や実際の開発手法の体験を講義や演習に取り入れることで、学生のスキル向上を図っていることが共通している。講義に比べて時間や手間はかかるが、重要な取り組みである。専門教育過程での情報教育では、それぞれの分野における情報システムの活用事例などを反映させて教材を設計することが求められる。

### B.1. 弓削商船高専情報工学科

弓削商船高専は高専プログラミングコンテストで継続して優秀な成績を収めている[7]。

プログラミングに関する授業展開を以下に示す。

実践的な技術者育成のため、実体験を重視した教育を提供することを目的とする。授業時間を最大限活用して、課題を出し、学生の自主的な学習に振り向けている。3年次に「プログラミングスキルの習得」、4年次に「システム開発スキルの習得」を目的とし、ソフトウェア開発の現場で「プロジェクト活動ができる人材の育成」を目標とする。

以下に、重点科目の教育方法を示す。

#### B.1.1. プログラミング応用(3年次 3単位)・アルゴリズム(3年次 1単位)

プログラミング基礎(2年)において、Java 言語プログラムに関する基礎的な知識の習得を前提として、メソッドやクラス設計等の応用的なプログラミングスキルの習得を目的とする。すでにプログラムに対する苦手意識を持つものも多く、学生の負担軽減と学習意欲向上のため、実際の開発現場で用いられる XP 手法やゲームを導入した授業を展開している。

- ペアプログラミング

プログラム作成をペア(2人組)で相談しながら行うこと。互いに教え合うことで、双方の理解度を深めることを期待している。ペアは学生の希望で設定するが、テスト結果により、振り分けを実施している。

- テストファースト

プログラム設計の段階で、検証に必要なテストをあらかじめ作成する方法。課題の提出において、テストを付与したものを与えることで、作成するプログラムに対する具体的な目標と動作保証が得られる。

- リファクタリング

出来上がったプログラムをよりよい形式に改良していくこと。学生同士のリファクタリングやクラス全体に対するレビューを行っている。

- ゲームを題材としたプログラミング

学生の興味を維持するため、RoboCode や大貧民など対戦形式のゲームプログラムを導入

している。これらはオブジェクト指向の概念を学ぶ良い教材になっている。

#### B.1.2. プログラミング特論(4 年次 2 単位)

3 年次で基本的なプログラム作成能力を習得したとはいえ、実際の現場での体験がないため、学生は自分のスキルレベルが理解できない。そのため漠然とプログラミングやシステム開発への不安感を持つ学生が少なくない。実際のシステム開発に近い体験を課すため、プロジェクト管理手法、創造性教育体験コースによるグループ学習(前期)、小型マイコンボード Arduino を用いたシステム開発(後期)を行っている。

#### B.2. デザイン系学科：多摩美術大学情報デザイン学科

情報家電が普及してあらゆるものがマイコンを搭載してネットに繋がりつつある。情報デザイン学科では、この「IoT」を背景に、新しいプログラムやマイコンを搭載した創作や造形を通じた演習を行っている。そして、ネットワーク・システムの構築や情報処理の知識を活用した表現を含んだ幅広い授業をおこなっている。例えば、レーザー加工機や 3D プリンタなどを使用したデバイスの造形から、情報をセンシングしたインタラクティブな作品制作、映像などのマルチメディア表現、あるいは情報共有を図る物理的な空間設計などが含まれる。

##### B.2.1. 情報と社会

創作した作品の製作過程、流通過程に関わる法律の仕組みを明らかにし、著作権を中心とした知的財産権、そして所有権や契約関係に関する諸規定を学ぶ。

##### B.2.2. 情報言語基礎 I (1 年次)

HTML、CSS 演習 (2 つの言語の役割と基礎的な使い方を理解し、WEB デザインとしての情報整理の方法を身につける)。プログラミングの基本概念の演習 (書式・構造・構文を理解し、自分の手で記述する)

##### B.2.3. 情報デザイン演習 IV (2 年次)

コンピュータや、多様なデバイスをもちいて、アルゴリズムや情報検索について学び、それらをもとに作品を制作する。データの表現、データ構造、情報検索について学び、演習を行い、学内 LAN でのネットワークの構造を理解する。レーザー加工機などの機材を用いたデジタルファブ리케이션を行う。Arduino を使用したセンサープログラミングを学び、その応用としてインタラクティブな作品の制作を行う。様々なデバイスの I・O について学ぶ。Actionscript3.0 によるプログラミングを行い、ネットワークを用いたインタラクティブな作品を制作する。

##### B.2.4. メディア芸術演習 IV (2 年次)

ハードウェアとソフトウェアの関係性を入り口に、多様な形態のプログラミング実装をお



こなう。センシングプログラムを実装したデバイスを屋外に設置し、収集した情報をもとに作品を制作する。センサーやアクチュエータを用いた表現を考察し、人間だけで行う表現との差異を理解し、コンピュータや情報処理の役割や存在意義について学習する。画像編集や映像編集、プログラミング環境の使用など様々なソフトウェアを実際に利用し、それらを使いこなすスキルを身につける。

#### **B. 2. 5. 情報デザイン演習 II (2 年次)**

情報システムの知識を学び、実際に情報システムを設計し運用する手法を学び、演習を行う。知識表現の手法を学び、ユーザが理解できるシステムを設計する演習を行う。リサーチ・分析・編集・軸の設定・プロットの手法を取得し、情報の可視化を学ぶ情報の可視化の応用として、建築物の情報のサインや美術館の情報をを用いた展示など具体的な情報システムの内容を学び、実際に、プロットタイプのシステムを設計する。

#### **B. 2. 6. メディア芸術演習 II (2 年次)**

距離センサー等を使用した情報収集とデータベース化をおこなう。収集されたデータベースをオリジナルのプログラミングをとおして「ビジュアル&サウンド」に変換する。Arduino や Raspberry Pi に代表されるラピッドプロトタイピングのための先端的なデバイスを用いてセンサーの制御方法を学習し、アクチュエータの制御方法を合わせて理解することにより、入力→情報処理→出力の関係性とソフトウェアの役割を理解する学習を行う。様々な情報源から収集したビッグデータを解析し、ソフトウェアを用いた変換を行い、3次元グラフィックスとして出力したり、動的なシナリオの生成などを行い、人間の思考と機械による思考の際などについて理解する。

#### **B. 2. 7. ネットワークメディア論**

ネットワーク上でのメディアの機能、および人と人とのコミュニケーションを考察する。新しいメディアの形態を論じながら、特に「アーキテクチャ」と「インタラクション」の観点から分析し、その意義や可能性を検討する。

#### **B. 2. 8. 情報デザイン演習 III (2 年次)**

WEB サイト構築の UX デザインのプロセスを学ぶ。

情報アーキテクチャの理論と実習、グループワークによるサイト構築。3D の理解、図面、手加工による造形、加工機器による造形、3D 造形ソフトと 3D プリンタによる造形など。Processing を使用した作品制作。3D 表現や画像処理、データ解析なども用いた表現の実習。

#### **B. 2. 9. メディア芸術演習 I (2 年次)**

ネットワークによる情報やエネルギーの伝達を理解するために、物理的なエネルギーの伝達を具現化し、伝達される構造を理解する。Arduino や Raspberry Pi に代表されるラピ

ッドプロトタイピングのための先端的なデバイスを用いて、アクチュエータの制御方法を学び、ソフトウェアが物理的な世界に与える影響について考察する。発光するデバイスを用いたオブジェを作成する過程で、情報を媒介する光という物理的存在について考察し、形のない情報という概念を身近なものとして理解する学習を行う。遠隔地にあるアクチュエータや端末を制御することにより通信処理を学習し、ネットワークの構造やインターネットの基本原則についても理解する。

#### **B. 2. 10. 情報言語基礎 II (1 年次)**

JavaScript を組み込んで、動きのある web サイトの制作を行う。

アルゴリズムについての演習、応用的なプログラミングについての演習。インタラクションの設定やデータビジュアライゼーションの手法の習得。

#### **B. 2. 11. 造形基礎 I**

線、色彩、文字に関する基礎演習、手で描くこととコンピュータのソフトウェアで描くことの両方を行ない、表現の手法を学ぶ。

インタラクションコンテンツの作成を行なう。

#### **B. 2. 12. 造形基礎 II**

インフォグラフィックスの作成、情報の視覚化の基本的プロセスを学ぶ。立体造形の基礎を学ぶ。紙工作、スチレンボード工作、ダンボール工作を制作する。

#### **B. 2. 13. 映像基礎**

映像表現のための基礎知識と技術を身につけ、技法から実践を通じた理解を深める。

#### **B. 2. 14. インタラクション**

インタラクションの基礎を学びながら、デバイスとプログラミングをベースにした表現の手法を身につける。また、メディア・アート設計を通じて、アート&テクノロジーの歴史的な流れを理解していく。

#### **B. 2. 15. 映像音響**

音響を重視した映像作品の制作に取り組む。

#### **B. 2. 16. 情報と職業**

IT 社会での情報と職業の関わりや情報社会での職業人としての倫理観を学ぶ。

### **B. 3. 経済・経営系学科：國學院大学経済学部**

#### **B. 3. 1. 経済・経営系学科における情報教育のあり方**

経済・経営系学科は非情報系分野の中でも、工学に次いで情報教育と親和性が高く、接する領域が多い分野である。情報技術の活用なくして、現在の企業や社会活動を支える経済・経営は成り立たない。特に、企業活動や社会サービスを支える情報システムの企画設計に

は、経済・経営系の卒業生も多く関わることとなる。

そのため、情報学の専門知識の基本が必要であり、開発を発注する立場における情報教育が重要となる。

経済・経営系の学部・学科の学生数は多いことから、対象履修者数もどの分野よりも多い。企業や社会で活躍する多くの人材を輩出しているため、情報教育の教育内容やレベルを示すことで、社会全体への効果が期待できる。

古くから専門基礎段階に情報教育を設置しているところもあるが、情報科教職免許課程と兼用にしたり、新たに設置したところも多いとみられる。情報科教職課程を設置したことで、情報教育を広くカバーしているが、一般情報教育に近い、基礎的な内容が多い。

経済学や経営学の情報教育であれば、実学との連携を図った内容を取り込むことが必要と考える。単に、知識や技能だけを習得しても、実際の経済や経営にどのように利用し、役立つのか、それらが社会にどのように影響を与えるのか、といった連携がない限り、実用的な学問とはなり得ない。情報学では、企業や団体における情報処理利用の歴史や実例、経済活動への影響、情報産業の歴史など、社会的アプローチが不足している。経済教育や経営教育の専門家との意見交換、知識共有を行い、本分野における情報教育の特色として組み入れていくことが重要と考える。

### B.3.2. 國學院大学経済学部の例

情報教育を主に履修する学生は経済ネットワーク学科情報メディアコース(1996年度～)である。コースの目標は、情報リテラシーを基礎とする高度な情報スキルの使い手の育成で、「受け手としても情報を厳しく吟味する能力が必要になり、無数の情報から有益な情報を取捨選択する力が不可欠です。送り手としても価値のある情報コンテンツを作成し、有効に発信する力が求められます。これからはどんな職業でもこのような高度な情報リテラシー能力が要求されます」とある。

本学部の情報教育は古く1990年代の始めから設置されている。

当初は、計量経済などの専門応用科目としてBASICのプログラミング、表計算ソフトを利用したデータ処理であった。その後、PC利用が盛んになった1990年代後半から、学部全体を対象とした必修科目の情報リテラシー教育が開始された。2003年から、情報科教員免許過程が設置されたことから、各分野の科目を順次開講し、現在に至っている。なお、情報系専門科目は、学科を超えて履修可能なため、全科目とも、経済・経営を意識した内容にシフトしている。加えて、「情報メディア問題入門・演習」「ネットワーク型組織」「法情報学」「福祉社会と情報」という本学部独自に情報学の専門科目として開講していることも特徴である。

情報系専門科目を表3、4に示す。

C. 付録: 図表一覧

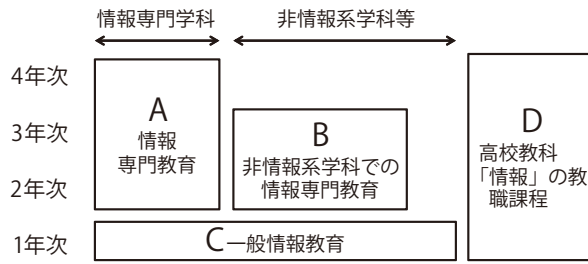


図 1: 大学における 4 種類の情報教育 ([3] より抜粋)

表 1: 調査に用いた領域名 ([3] より抜粋)

出典	情報学の参照基準での区分	領域名
J07-GEBOOK		一般情報教育
情報学の参照基準	(ア) 情報一般の原理	情報一般の原理
		情報の変換と伝達
		情報の表現・蓄積・管理
	(イ) コンピュータで処理される情報の原理	情報の認識と分析
		計算
		各種の計算・アルゴリズム
	(ウ) 情報を扱う機械および機構を設計し実現するための技術	コンピュータのハードウェア
		入出力装置
		基本ソフトウェア
	(エ) 情報を扱う人間社会に関する理解	社会において情報が創造・伝達される過程と仕組み
		情報を扱う人間の特性と社会システム
		経済システムの存立と情報
		情報技術を基盤にした文化
	(オ) 社会において情報を扱うシステムを構築し活用するための技術・制度・組織	近代社会からポスト近代社会へ
		情報システムを開発する技術
情報システムの効果を得るための技術		
情報にかかわる社会的なシステム		
	情報システムと人間のインタフェースに関する原理や設計方法	
	情報学を学ぶ学生が獲得すべき専門的能力 (情報学に固有の能力)	
	情報学を学ぶ学生が獲得すべきジェネリックスキル	

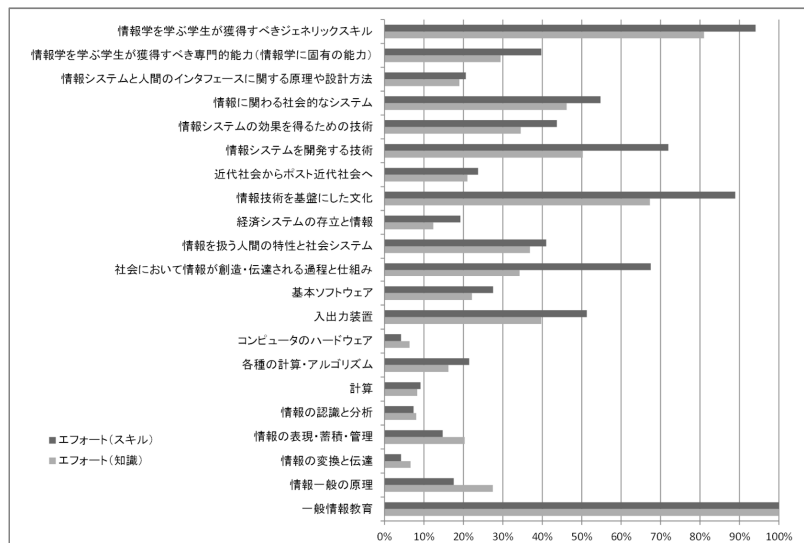


図 2: 情報学参照基準の領域別エフォート分布:人文科学 [2]

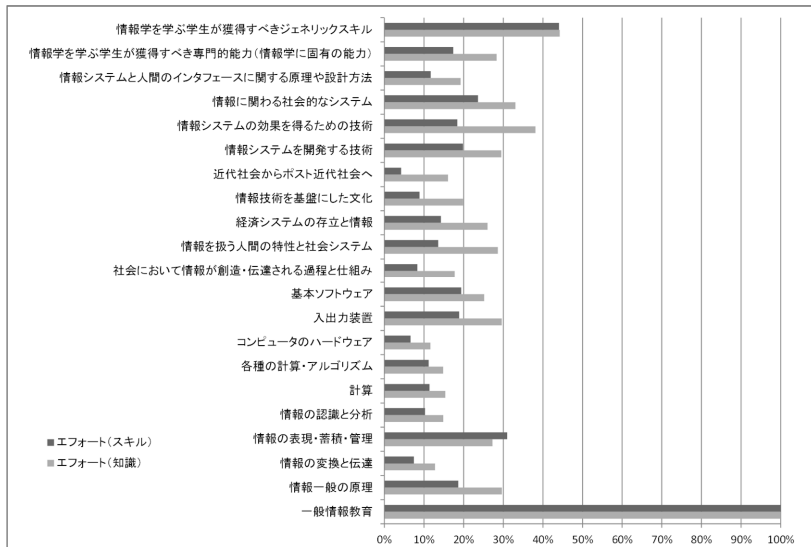


図 3: 情報学参照基準の領域別エフォート分布:社会科学 [2]

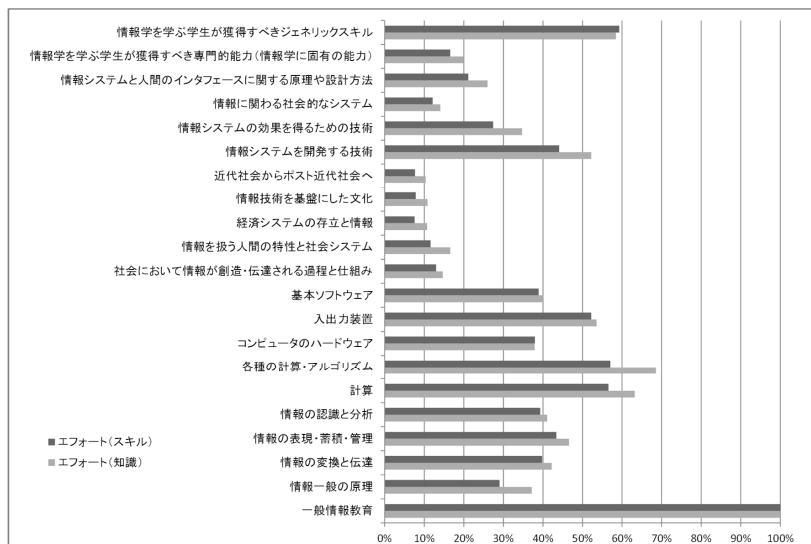


図 4: 情報学参照基準の領域別エフォート分布:工学 [2]

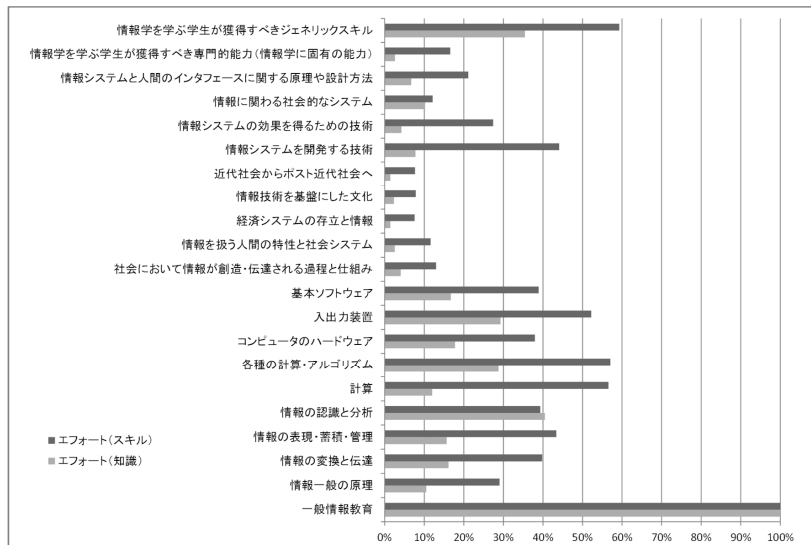


図 5: 情報学参照基準の領域別エフォート分布:保健(医学・歯学以外) [2]

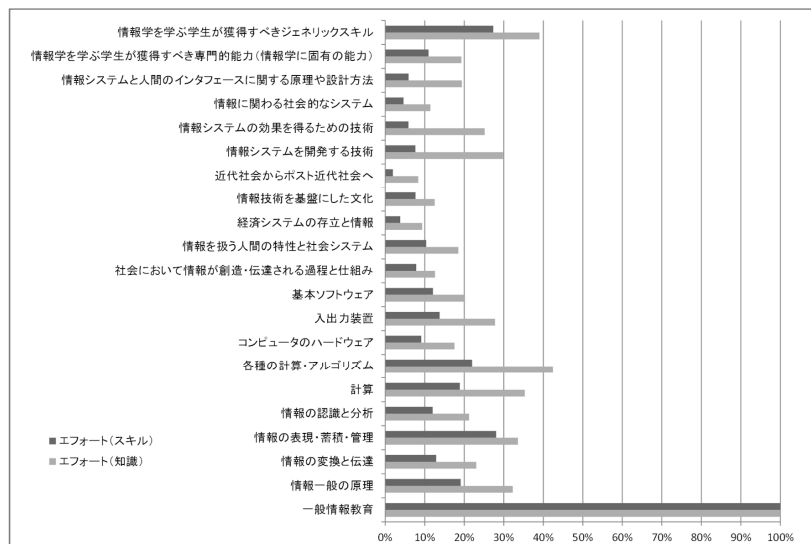


図 6: 情報学参照基準の領域別エフォート分布:教育 [2]

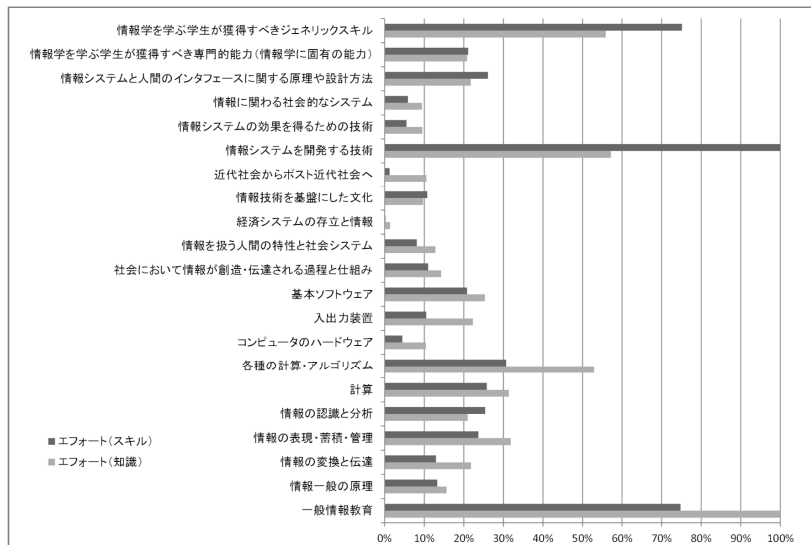


図 7: 情報学参照基準の領域別エフォート分布:その他 [2]

表 2: 情報系科目担当教員の出身大学と専門分野

専任教員 (任期なし)

	教員数	情報専門学科 卒業者数	情報専門学科 卒業者比率	情報学分野 教員数	情報学分野 教員比率
国立	2,007	311	15.5%	370	18.4%
公立	172	22	12.8%	41	23.8%
私立	2,658	405	15.2%	830	31.2%
計	4,837	738	15.3%	1,241	25.7%

専任教員 (任期付き)

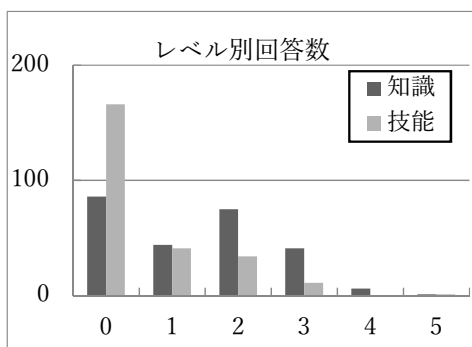
	教員数	情報専門学科 卒業者数	情報専門学科 卒業者比率	情報学分野 教員数	情報学分野 教員比率
国立	231	33	14.3%	27	11.7%
公立	41	7	17.1%	6	14.6%
私立	373	47	12.6%	76	20.4%
計	645	87	13.5%	109	16.9%

併任・兼任教員 (学内)

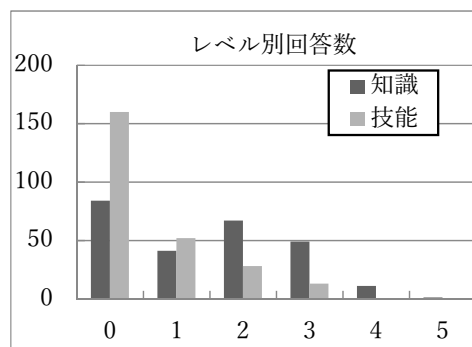
	教員数	情報専門学科 卒業者数	情報専門学科 卒業者比率	情報学分野 教員数	情報学分野 教員比率
国立	260	72	27.7%	105	40.4%
公立	34	10	29.4%	11	32.4%
私立	541	104	19.2%	191	35.3%
計	835	186	22.3%	307	36.8%

非常勤講師 (学外)

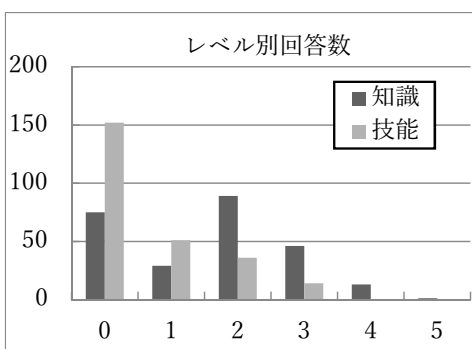
	教員数	情報専門学科 卒業者数	情報専門学科 卒業者比率	情報学分野 教員数	情報学分野 教員比率
国立	336	80	23.8%	103	30.7%
公立	36	1	2.8%	7	19.4%
私立	2,162	366	16.9%	598	27.7%
計	2,534	447	17.6%	708	27.9%



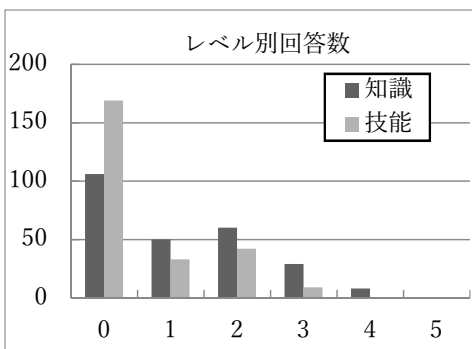
(a) 情報とコミュニケーション



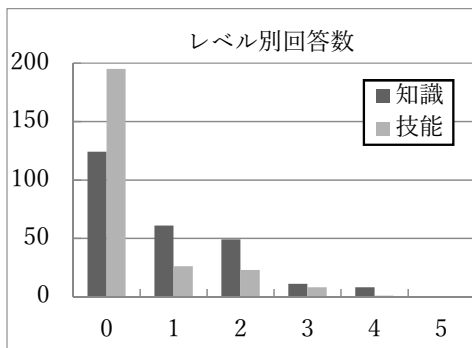
(b) 情報のデジタル化



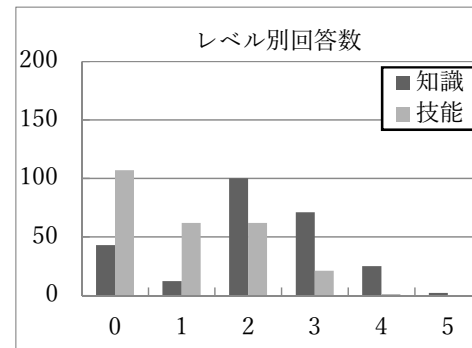
(c) コンピューティングの要素と構成



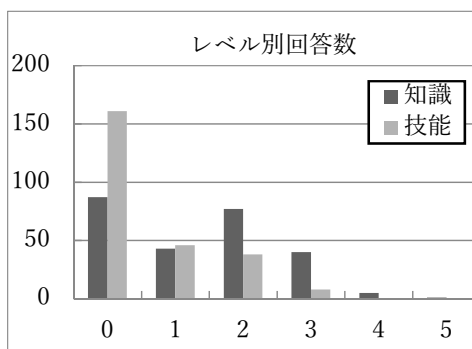
(d) アルゴリズムとプログラミング



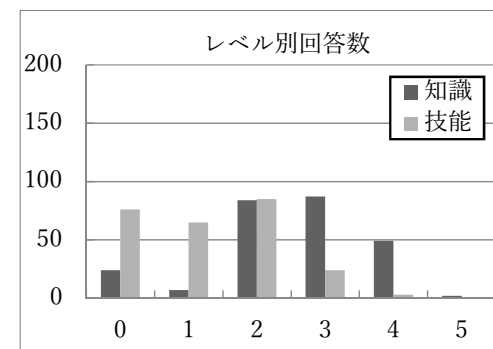
(e) データモデリングと操作



(f) 情報ネットワーク



(g) 情報システム



(h) 情報倫理とセキュリティ

図8：一般情報教育の項目別回答レベル ([2]より)



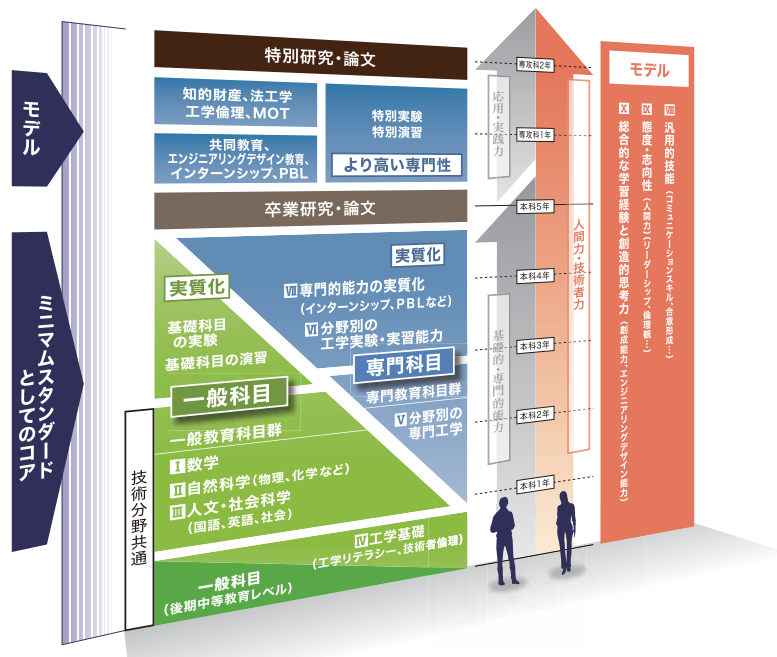


図9：モデルコアカリキュラムの構造（[9] より抜粋）

技術者が分野共通で備えるべき基礎的能力		技術者が備えるべき分野別の専門的能力
<b>I 数学</b>	<b>II 自然科学</b> II-A 物理 II-B 物理実験 II-C 化学 II-D 化学実験 II-E ライフサイエンス・アースサイエンス	<b>V 分野別の専門工学</b> V-A 機械系分野 V-B 材料系分野 V-C 電気・電子系分野 V-D 情報系分野 V-E 化学・生物系分野 V-F 建設系分野 V-G 建築系分野 V-H 商船系分野(航海) V-I 商船系分野(機関)
<b>III 人文・社会科学</b> III-A 国語 III-B 英語 III-C 社会	<b>IV 工学基礎</b> IV-A 工学実験技術(各種測定方法、データ処理、考察方法) IV-B 技術者倫理(知的財産、法令順守、持続可能性を含む)および技術史 IV-C 情報リテラシー IV-D グローバリゼーション・異文化多文化理解	<b>VI 分野別の工学実験・実習能力</b> VI-A 機械系分野 VI-B 材料系分野 VI-C 電気・電子系分野 VI-D 情報系分野 VI-E 化学・生物系分野 VI-F 建設系分野 VI-G 建築系分野 VI-H 商船系分野(航海) VI-I 商船系分野(機関)
技術者が備えるべき分野横断的能力		
<b>VII 汎用的技能</b> VII-A コミュニケーションスキル VII-B 合意形成 VII-C 情報収集・活用・発信力 VII-D 課題発見 VII-E 論理的思考力	<b>VIII 態度・志向性(人間力)</b> VIII-A 主体性 VIII-B 自己管理能力 VIII-C 責任感 VIII-D チームワーク力 VIII-E リーダーシップ VIII-F 倫理観(独創性の尊重、公共心) VIII-G 未来志向性・キャリアデザイン力 VIII-H 企業活動理解 VIII-I 学習と企業活動の関連	<b>IX 総合的な学習経験と創造的思考力</b> IX-A 創成能力 IX-B エンジニアリングデザイン能力

図10：モデルコアカリキュラムの分類（[9] より抜粋）

表 4-4 情報系分野到達目標のまとめ その1

情報系		コア（総合科目）		コア（総合科目）		コア（総合科目）		
領域		コア（総合科目）		コア（総合科目）		コア（総合科目）		
領域		コア（総合科目）		コア（総合科目）		コア（総合科目）		
I 数学	I-A 物理	専門分野の基本的知識の解決に数学的知識や計算技術を用いることができるように、数学的知識を専門分野の現象に関連付けて活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		物理学の基本的知識を修得し、自らの工学分野に応用できる。さらにその過程で、自然現象を系統的・論理的に考え、広く自然の現象を科学的に説明するための物理的な見方、考え方を身に付ける。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		理数・算数を通して、物現象を理解し、考察する力を付けるように、様々な物理量の測定を通して、実験器具やコンピュータ、情報通信機器などの使い方、レポートの書き方を修得する。さらに測定用のデータ処理において、有効数字の意味や誤差の処理、最小二乗法、グラフの作成など、実験結果に関する基本的な操作を身に付ける。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		工学的課題に化学的な観点から取り組むことができない基本的な知識として、代表的な材料、物質の成り立ち、化学反応などについて概念を用い、必要計算ができる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		化学的現象・現象について観察、実験を通して、自然科学に対する関心や探究心を持つ。このため薬品や火の取り扱いなどの安全上の配慮ができ、慎重に当たって代表的な器具の取り扱い、基本操作（気体発生、ろ過）、データの収集や考察ができる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		II-4 化学						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		II-3 物理実験						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		II-2 化学実験						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		II-1 化学実験						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		II 自然科学	II-A 物理	科学技術に関する内容を広範囲に日本を対象とし、より高度な理解、社会公衆・思想・思考、豊かな表現を促す効果的なコミュニケーションの基礎知識を有する。				
英語で構造的にコミュニケーションを図ろうとする態度を身に付け、ある程度の読解、流暢さ、即応性を持つ。社会性のある話題や自らの専門に関する基礎的な情報や考えなどを理解し、伝言し、伝えられる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
国際社会に生きる市民としての国際的関心・社会の形成者として主体的に社会に参画し、社会が抱える諸問題の解決のために人文・社会科学の知識・理論・情報を利用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
工学実験技術（各種測定方法、データ処理、考察方法）、技術者倫理および技術史、情報リテラシー、グローバル・イノベーション・異文化理解のための知識を有し、自らの工学の分野に応用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること		
III 人文・社会科学	III-B 英語	英語で構造的にコミュニケーションを図ろうとする態度を身に付け、ある程度の読解、流暢さ、即応性を持つ。社会性のある話題や自らの専門に関する基礎的な情報や考えなどを理解し、伝言し、伝えられる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		国際社会に生きる市民としての国際的関心・社会の形成者として主体的に社会に参画し、社会が抱える諸問題の解決のために人文・社会科学の知識・理論・情報を利用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		工学実験技術（各種測定方法、データ処理、考察方法）、技術者倫理および技術史、情報リテラシー、グローバル・イノベーション・異文化理解のための知識を有し、自らの工学の分野に応用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
IV 工業基礎	IV-C 社会	工学実験技術（各種測定方法、データ処理、考察方法）、技術者倫理および技術史、情報リテラシー、グローバル・イノベーション・異文化理解のための知識を有し、自らの工学の分野に応用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること
		変数、関数型、代入や演算子、制御構造、プログラム（注）は、関数、サブルーチンなどの概念を説明でき、それらの知識を実用問題の解決に活用できる。						専門分野における上位概念の到達目標で達成させること

図11: 情報系分野到達目標モデルコアカリキュラム その1 ([9] より抜粋)

情報系	細カテゴリー	コア (単独学科)	コア (総合融合学科で特に専門とする分野)	コア (総合融合学科で組み合わせる専門分野の専門性)	コア (総合融合学科で組み合わせる専門分野の専門性)	履修上の配慮
VI 分野別の工学能力 工学能力 実習能力	VI-1 専門工 業・実習	コア (単独学科)	コア (総合融合学科で特に専門とする分野)	コア (総合融合学科で組み合わせる専門分野の専門性)	コア (総合融合学科で組み合わせる専門分野の専門性)	履修上の配慮
		VI-4 コンピュータシステム	コンピュータシステムの各種問題について説明でき、それらの知識を実課題の解決に適用できる。例えば、ハードウェアソフトウェアの機能分担とそれを含む設計の仕様が説明でき、それらの知識を実課題の解決に適用できる。	コンピュータシステムの各種問題について説明でき、それらの知識を基本的な課題の解決に活用できる。例えば、ハードウェアソフトウェアの機能分担とそれを含む設計の仕様が説明でき、それらの知識を実課題の解決に活用できる。	コンピュータシステムにおけるハードウェアソフトウェアの位置づけを説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	情報系を主分野、前分野とする総合融合学科では、必須の学習内容である。
		VI-5 システムプログラム	その知識を実課題の解決に適用できる。コンパイルの仕組みとそれを交える知識を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。	その知識を実課題の解決に適用できる。コンパイルの仕組みとそれを交える知識を説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	コンピュータシステムにおけるハードウェアソフトウェアの位置づけを説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	情報系を主分野、前分野とする総合融合学科では、必須の学習内容である。
		VI-6 情報通信ネットワーク	階層化プロトコルの概念や利点を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。コネクトドネットワークとルーティングの概念、TCP/IPの階層に関する標準的な技術や技術を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。各種通信の仕組みと関係、使用する基本的な技術について説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。	階層化プロトコルの概念や利点を説明できる。コネクトドネットワークに関する標準的な技術や技術を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。各種通信の仕組みと関係、使用する基本的な技術について説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	コンピュータシステムにおけるハードウェアソフトウェアの位置づけを説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	情報系を主分野、前分野とする総合融合学科では、必須の学習内容である。
		VI-7 情報科学・情報理論	アルゴリズムの設計と数学的概念的関係を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。シミュレーションソフトウェア等の数値処理を用いたソフトウェアを構築するための基礎知識、効率と精度に情報理論を行ったための理論を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。数値処理と精度の要因とその影響を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。	アルゴリズムの設計と数学的概念的関係を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。シミュレーションソフトウェア等の数値処理を用いたソフトウェアを構築するための基礎知識を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。数値処理と精度の要因と、その影響を説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	コンピュータシステムにおけるハードウェアソフトウェアの位置づけを説明でき、その知識を基本的な課題の解決に活用できる。	学科コースには必ず、数値処理と精度の概念的関係を説明して必須の学習内容である。
		VI-8 その他の学習内容	電気電子分野の基礎的な法則や半導体素子について説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。リファレンス分野ではコンピュータを業務で使用するための基本操作を掌握でき、そのスキルを分業ではコンピュータを業務で使用するための基本的な操作とそれらへの対策法に、前分野やシステム設計技術について説明できる。その知識を実課題の解決に適用できる。ゲームの基本的な概念やゲームエンジンを用いた基本的なゲーム開発を基盤として、その知識を実課題の解決に適用できる。各種言語の特性、情報理論化の技術的現象、ソフトウェア情報の表現形式や処理技術法を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。	電気電子分野の基礎的な法則や半導体素子について説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。リファレンス分野ではコンピュータを業務で使用するための基本操作を掌握でき、そのスキルを分業ではコンピュータを業務で使用するための基本的な操作とそれらへの対策法に、前分野やシステム設計技術について説明できる。その知識を実課題の解決に適用できる。ゲームの基本的な概念やゲームエンジンを用いた基本的なゲーム開発を基盤として、その知識を実課題の解決に適用できる。各種言語の特性、情報理論化の技術的現象、ソフトウェア情報の表現形式や処理技術法を説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。	コンピュータシステムの基礎的な法則や半導体素子について説明でき、その知識を実課題の解決に適用できる。リファレンス分野ではコンピュータを業務で使用するための基本操作を掌握でき、そのスキルを分業ではコンピュータを業務で使用するための基本的な操作とそれらへの対策法に、前分野やシステム設計技術について説明できる。その知識を実課題の解決に活用できる。	学科コースには必ず、工学基礎や専門研究に必要な基礎的な知識を備えて、結果的に基礎を考察することができること。

図12: 情報系分野到達目標モデルコアカリキュラム その1([9] より抜粋)

表4-4 情報系分野到達目標のまとめ その2

情報系		本科における到達目標	専攻科における到達目標	履修上の配慮
<b>II 知識・技能</b> <b>情報技術</b> <b>用・実務力</b>	<b>Ⅱ-1 コミュニケーション能力</b> 日本語以外の外国語を用いて相手の意見聞きとることができ、効果的な質問方法や手段を用いて、自分の意見を伝へ、円滑なコミュニケーションを図ることができる。	特定の集団による問題解決、プレゼンテーションなどの命題を解決・実現するための方法を適宜使用する。	技術者や一般市民など、コミュニケーションの対象者により相手を理解し、上で、使用する方法を工夫し、自分の意見や考えをわかりやすく伝える、十分な理解を得ることができる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-2 社会形成</b> 特定の集団による問題解決、プレゼンテーションなどの命題を解決・実現するための方法を適宜使用する。	特定の集団による問題解決・促進等を行うため、構成員が全員が互いの進捗の状況を把握し、適切な役割を担うことができる。	特定の集団による問題解決・促進等を行うため、構成員が全員が互いの進捗の状況を把握し、適切な役割を担うことができる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-3 情報収集・活用・実務力</b> ICTやITツール、文書等をツールに基き、情報収集や情報発信に活用できる。	情報の専門分野に対し、情報の正確性や信頼性を確認して情報収集・活用場面で活用できる。	情報の専門分野に対し、情報の正確性や信頼性を確認して情報収集・活用場面で活用できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-4 問題発見</b> 問題を発見し、問題の背景や原因を整理し、解決策を提案できる。	問題の背景や原因を整理し、解決策を提案できる。	問題の背景や原因を整理し、解決策を提案できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-5 創造的思考力</b> 問題を想定し、創造的な思考のための手段を提案でき、論理的に説明して解決策の提示に資するプロセスを構築できる。	問題を想定し、創造的な思考のための手段を提案でき、論理的に説明して解決策の提示に資するプロセスを構築できる。	問題を想定し、創造的な思考のための手段を提案でき、論理的に説明して解決策の提示に資するプロセスを構築できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-6 主体的能力</b> 具体的な状況下で、問題の状況を改善するべく自身の能力を主体的に発揮する行動をとれる。	具体的な状況下で、問題の状況を改善するべく自身の能力を主体的に発揮する行動をとれる。	具体的な状況下で、問題の状況を改善するべく自身の能力を主体的に発揮する行動をとれる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-7 自己管理能力</b> 日常生活の行動面、精神面、健康面での自己管理能力が、常に自身を良い状態で維持することができる。	日常生活の行動面、精神面、健康面での自己管理能力が、常に自身を良い状態で維持することができる。	日常生活の行動面、精神面、健康面での自己管理能力が、常に自身を良い状態で維持することができる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-8 責任感</b> 社会の一員として、意義を持って責任ある行動、言動、役割を演ずることができる。	社会の一員として、多面的な視点から責任ある行動、言動、役割を演ずることができる。	社会の一員として、多面的な視点から責任ある行動、言動、役割を演ずることができる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-9 チームワーク</b> 特定の課題に対し、チームの一員として他者の意見を尊重し、適切なコミュニケーションを円滑に実施し、チームの目標達成に貢献できる。	特定の課題に対し、チームの一員として他者の意見を尊重し、適切なコミュニケーションを円滑に実施し、チームの目標達成に貢献できる。	特定の課題に対し、チームの一員として他者の意見を尊重し、適切なコミュニケーションを円滑に実施し、チームの目標達成に貢献できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
	<b>Ⅱ-10 働き方・リーダーシップ</b> 技術者が社会や自然に及ぼす影響や倫理を認識し、技術者が社会に果たすべき責任を自覚し、責任ある行動をとることができる。	技術者が社会や自然に及ぼす影響や倫理を認識し、技術者が社会に果たすべき責任を自覚し、責任ある行動をとることができる。	技術者が社会や自然に及ぼす影響や倫理を認識し、技術者が社会に果たすべき責任を自覚し、責任ある行動をとることができる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。
<b>Ⅱ-11 本学独自の到達目標</b> 自身の学びたい領域を実現するための職業を選択する上で、価値観を明確にし、自己キャリアアップや適性の認識の中でキャリアアップ計画を立て、目標を明確に設定できる。	自身の学びたい領域を実現するための職業を選択する上で、価値観を明確にし、自己キャリアアップや適性の認識の中でキャリアアップ計画を立て、目標を明確に設定できる。	自身の学びたい領域を実現するための職業を選択する上で、価値観を明確にし、自己キャリアアップや適性の認識の中でキャリアアップ計画を立て、目標を明確に設定できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。	
<b>Ⅱ-12 企業活動理解</b> 企業活動を複数の観点から調査できる。	企業活動を複数の観点から総合的にとらえるために情報を収集・整理・比較・分析することができる。	企業活動を複数の観点から総合的にとらえるために情報を収集・整理・比較・分析することができる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。	
<b>Ⅱ-13 学習と企業活動の関連</b> 社会人として活躍するために必要な学習・体験・能力を具体化して問題が解ける。	社会人として活躍するために必要な学習・体験・能力と自らの強みを考え、社会人として活躍するために必要な学習・体験・能力を具体化して問題が解ける。	社会人として活躍するために必要な学習・体験・能力と自らの強みを考え、社会人として活躍するために必要な学習・体験・能力を具体化して問題が解ける。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。	
<b>Ⅱ-14 創造的能力</b> 指定された工学的問題の解決のためにシステム、構成要素、工程等を創出できる。	指定された工学的問題の解決のためにシステム、構成要素、工程等を創出できる。	指定された工学的問題の解決のためにシステム、構成要素、工程等を創出できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。	
<b>Ⅱ-15 総合的な学習の時間</b> <b>Ⅱ-16 総合的な学習の時間</b> <b>Ⅱ-17 総合的な学習の時間</b>	指定された工学的問題の解決のためにシステム、構成要素、工程等を創出できる。	指定された工学的問題の解決のためにシステム、構成要素、工程等を創出できる。	社会的に、言語的な一般的な教育科目や、IT科目、卒業研究、インターンシップ、部活動などさまざまな学習・学生活動を通じて達成させることができる。	

図13: 情報系分野到達目標モデルコアカリキュラム その2 ([9] より抜粋)

## 2-4-1 IV-A 工学実験技術(各種測定方法、データ処理、考察方法)

<p><b>【本科における教育領域の到達目標】</b>          工学実験技術は実験計画、安全にも配慮した実験実施、結果の整理と考察までの基本的かつ必須の到達目標である。また工学実験を実施する上で基本的な態度を身に付け実践できることも目標とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>適切な手順に従って、基本的な実験実習を実施できる。</li> <li>必要なデータを整理し、その結果に基づいた論理的な考察ができる。</li> <li>実験を通して課題を解決する上での基本的ルールを守ることができる。</li> </ul>	
<p><b>【専攻科における教育領域の到達目標】</b>          本科での学習内容を、より応用的・実践的な課題解決に活用できること。</p>	
<p><b>【一般的な科目名】</b>          ・工学実験</p>	
学習内容	到達目標
実験・計測・分析方法	物理、化学、情報、工学における基礎的な原理や現象を明らかにするための実験手法、実験手順について説明できる。 実験装置や測定器の操作、及び実験器具・試薬・材料の正しい取扱を身に付け、安全に実験できる。 実験データの分析、誤差解析、有効桁数の評価、整理の仕方、考察の論理性に配慮して実践できる。
考察・レポート作成	実験テーマの目的に沿って実験・測定結果の妥当性など実験データについて論理的な考察ができる。 実験ノートや実験レポートの記載方法に沿ってレポート作成を実践できる。 実験データを適切なグラフや図、表など用いて表現できる。 実験の考察などに必要な文献、参考資料などを収集できる。
実験・実習に関わる態度	実験・実習を安全性や禁止事項など配慮して実践できる。 個人・複数名での実験・実習であっても役割を意識して主体的に取り組むことができる。 共同実験における基本的ルールを把握し、実践できる。 レポートを期限内に提出できるように計画を立て、それを実践できる。

## 2-4-3 IV-C 情報リテラシー

<p><b>【本科における教育領域の到達目標】</b>          専門分野によらずセキュリティに配慮して情報技術を活用し、課題解決のための基本的なアルゴリズムを考え、実装できるようになることを目標とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>情報を収集、処理、発信するための基本的なハードウェア、ソフトウェアに関する知識を活用できる。</li> <li>特定の課題に対し、アルゴリズムを考え、実装することができる。</li> <li>情報セキュリティに配慮した基本的な情報収集・発信、情報の保護ができる。</li> </ul>	
<p><b>【専攻科における教育領域の到達目標】</b>          本科での学習内容を、より応用的・実践的な課題解決に活用できること。</p>	
<p><b>【一般的な科目名】</b>          ・プログラミング、基礎情報工学</p>	
学習内容	到達目標
情報の基礎	情報を適切に収集・処理・発信するための基礎的な知識を活用できる。 論理演算と進数変換の仕組みを用いて基本的な演算ができる。 コンピュータのハードウェアに関する基礎的な知識を活用できる。
情報ネットワーク	情報伝達システムやインターネットの基本的な仕組みを把握している。
アルゴリズム	同一の問題に対し、それを解決できる複数のアルゴリズムが存在していることを知っている。 与えられた基本的な問題を解くための適切なアルゴリズムを構築することができる。 任意のプログラミング言語を用いて、構築したアルゴリズムを実装できる。
情報セキュリティ	情報セキュリティの必要性および守るべき情報を認識している。 個人情報とプライバシー保護の考え方についての基本的な配慮ができる。 インターネット(SNSを含む)やコンピュータの利用における様々な脅威を認識している。 インターネット(SNSを含む)やコンピュータの利用における様々な脅威に対して実践すべき対策を説明できる。

図14: 工学基礎モデルコアカリキュラム ([9] より抜粋)

表 3: 國學院大学経済学部:情報系専門科目

	授業科目	単位	開講 学年	前提科目	履修要件	テーマ	概要
学部共通	コンピュータ基礎	2	1	⇒「コンピュータと情報」	このほか3科目あり、2科目4単位以上を履修する	コンピュータの実践的応用・利活用法の修得	調査や研究活動に役立つ文書・論文作成、表計算の活用方法を解説し、実習する。また、この先の「コンピュータ応用」の科目群や情報系科目に続くさまざまな関連技能を解説する。
	情報システムの基礎*	2	1			ネットワーク社会における情報システムおよび情報環境を総合的に理解するための基礎知識	ネットワーク社会を構成しているさまざまな情報システムと情報環境についての基礎知識を習得するのが目的である。この講義では情報科学的視点にとどまらず、広い視野で俯瞰的にわかりやすく説明したい。また、将来の仕事との関係で今なにを学べばいいかについても、ここでオリエンテーションをつけたいと考えている。
学科基礎	情報システム	2	2		このほか6科目あり、2科目以上4単位以上を履修する	ネットワーク社会における情報システムの総合的理解	情報に関する講義のうち「情報と社会」「情報学の概論」として位置づけ、日々進化する情報システムや、情報学の基礎知識を広い視野で解説する。システムエンジニアではなく、情報システムを発注する立場での視点、高度なユーザーとして情報システムを運用し、道具やメディアとして利活用し、ネットワーク社会で生活するために必要な知識を解説する。情報システムがもたらす社会への影響や、情報システムに問題意識を持って接することができるようなさまざまな社会現象を紹介する。
	情報メディア問題入門*	2	2			メディアの現実構築、社会的構築物としてのメディア	第一にメディアとは何であるかについて理解し、第二にコンテンツ種として代表的なメディア文化あるいは情報文化を取り上げて、メディアと情報の関係について理解する。第三にメディア業界の事情について理解し、第四にこれまでの調査研究や理論的知見について理解する。
専門基礎	コンピュータ応用・データベース	2	2	⇒「コンピュータ基礎」	このうち、4科目8単位以上履修する	関係データベースに関する基礎理論の修得及び、データベースファイルの作成・活用	・データの蓄積、処理、加工、閲覧など、データベースの基本機能を学ぶ。 ・具体例を用いて関係データベースの設計・正規化等の理論を学ぶ。 ・実際にデータベースファイル作成の実習を行う。
	コンピュータ応用・ネットワーク活用	2	2			ネットワークを利用した情報収集とコミュニケーション技術	・インターネットでの情報検索、検索結果の見方、信ぴょう性の判断方法などについて解説し、実習する。 ・電子メールによる、説明文・報告文・返信文などの書き方について解説し、実習する。複数メンバーでの電子メールの交換を行い、メッセージのやり取りを行う。 ・SNSを想定したグループウェアでの情報交換のルールやマナー、情報収集、討論や共同作業を実習する。
	コンピュータ応用・プレゼンテーション	2	2			プレゼンテーションについての概念理解と実践	・プレゼンテーションに効果的な文章表現、図解、カラーの知識 ・プレゼンテーションの種類や意義と制作技術、発表技術、プレゼンテーション技法の知識 ・決められたテーマに従い、効果的なプレゼンテーション資料を作成 ・聴衆を意識した口頭でのプレゼンテーションのポイント理解と実習 ・他人のプレゼンテーションの聴講と評価
	コンピュータ応用・Webデザイン	2	2	⇒「コンピュータ基礎」と「マルチメディア表現と技術」		Webコンテンツ作成・管理の基礎技術の習得	以下を目標にWebサイトの作成実習を行う。 1. 企業団体などの公式サイト。 2. 視覚色覚障害者なども対象としたバリアフリー。 3. プラットフォーム、OS、ブラウザ等に左右されず閲覧できる。 4. 著作権などの配慮をしている。
	情報処理の基礎	2	2			コンピュータハードウェアに関する基本的な理解および、コンピュータによる情報処理システムの理解	・情報通信機器を用いる上で必要な基本知識をパーソナルコンピュータを例として、コンピュータの部品や周辺機器の機能と仕組み、接続の仕方を確認しながら解説する。 ・コンピュータを利用した情報処理システムの特徴を解説する。 ・情報通信機器を用いる上で必要な基本知識を解説する。 ・授業に関連する、最新のIT情報を解説する。
	情報通信ネットワーク	2	2	⇒「コンピュータと情報」		情報通信ネットワークおよびインターネットに関する概念や仕組み、アーキテクチャの理解	コンピュータネットワークの基礎から世界的規模のインターネットまで、情報通信ネットワークのさまざまな仕組みや形態、活用方法について解説する。大学の情報ネットワークをモデルに、コンピュータネットワークの概念や基礎技術、構築と運用・管理などに必要な知識を解説する。
	マルチメディア表現と技術	2	2			Webコンテンツを始めとするデジタルメディアの作成・管理の基礎知識の習得	映像、音楽、書籍など情報メディア全てのデジタル化が進んでいる、その事を踏まえ、以下の内容を講義する 1. メディアのデジタル化技術の解説、2. 認知論的側面からユーザーインターフェース技術の解説、3. 電子書籍や電子マネーの現状を見ながら、デジタル化技術と社会を考える、4. コンピュータ運用の歴史と現在、5. 今後のコンピュータの使われ方を考える。
	ネットワーク型組織	2	3			組織の有効性を向上させる要因	組織の有効性を向上させる要因についての理解を目的とする。
	情報倫理とセキュリティ*	2	3			情報倫理とセキュリティ	情報の取り扱い上の問題点について、歴史的かつ実例的に実態を説明し、現代のネットワーク社会における新しいタイプのトラブルに対して、どのような解決がありうるかを考えていきたい。
	情報社会と職業	2	3			情報社会と職業	現代の情報社会における労働市場・職業の仕組みを解説するとともに、若者の就職活動のあり方について現状と課題を詳しく学ぶ。



表 4: 國學院大学経済学部:副専攻「情報」科目

	授業科目	単位	開講 学年	前提科目	履修要件	テーマ	概要
専門応用	情報メディア問題演習*	2	2	⇒「情報メディア問題入門」		メディアの現実構築、社会的構築物としてのメディア	第一にメディアとは何であるかについて理解し、第二にコンテンツ編として代表的なメディア文化あるいは情報文化を取り上げて、メディアと情報の関係について理解する。第三にメディア業界の事情について理解し、第四にこれまでの調査研究や理論的知見について理解する。
	法情報学	2	3			インターネットと法	情報化社会がもたらす諸問題につき、最近の立法動向や判例を紹介しつつ、法律的な観点から検討を加えます。さらに、「インターネットと法」をめぐる諸問題の理解を深める上で、リーガル・リサーチ（法情報調査）能力の養成についても重視する予定です。
	コンピュータ実践・セキュリティ管理	2	3	⇒「コンピュータ基礎」と「情報通信ネットワーク」		情報セキュリティマネジメントの概要と実践的な情報セキュリティ対策	国内で日々発生している情報セキュリティの事件・事故事例を受講者に説明し、情報セキュリティのリスクを認識してもらう。そして、事件・事故を予防するためには、どのような対策が有効であるかをISO27001の「管理目的及び管理策（附属書A）」をもとに検討し、情報セキュリティを維持する具体的な方法と実践的な情報セキュリティ対策を理解できるようになることを目指している。
	コンピュータ実践・シミュレーション	2	3	⇒「コンピュータ基礎」と「情報処理の基礎」		コンピュータを使った数値シミュレーションとコンピュータグラフィックの原理の理解、習得	1. コンピュータ内での数値、数式の扱い。 2. 数値シミュレーションの基礎知識 3. コンピュータグラフィックの基礎知識。 学習環境としては、表計算ソフトEXCELや、Web開発環境を使用する。 動くアプリケーションを作る仕組み、子供向けプログラミング学習用環境として高く評価されている「Scratch」を使ったプログラミングの体験、JavaScriptを使用し、簡単なゲームプログラムを製作、画面上で物を動かす仕組みを実験する。
	プログラミング技法	2	3			コンピュータプログラムにおける処理構造とプログラミング手法	コンピュータにプログラムを実行させるための仕組みとして「アルゴリズムの考え方」と「フローチャートの表現方法」を行う。
	プログラミング演習	2	3	⇒「コンピュータ基礎」と「情報処理の基礎」と「プログラミング技法」		プログラミングの仕組みとプログラム実習	問題解決の道具として、コンピュータを利用するためのプログラム作成技術を実習する。実習はコンピュータ教室で行い、各自でプログラムを作成して動作させる。プログラミング言語には「AVA」を用い、統合開発環境ソフトウェアを利用して実習を行う。
	福祉社会と情報	2	3			加齢や障害、またそれらを支援する情報技術	障害者・高齢者の認知・運動特性、生活の実感や情報生活について理解し、それらを通じてあらゆる人が参加できる豊かな共生社会＝福祉社会の可能性を探る。とりわけ、情報技術が特別なニーズを持たず福祉社会への影響と可能性の広がりについて

\*は、本担当の教員が派遣研究にて授業を持っていないため、2016年度のシラバスを参照した

太字は、実習科目

斜体文字は、本学独自に情報学の専門教育として開講しているもの