

8 大学における情報教育 J07

寛 捷彦 (J07 連絡委員会委員長／早稲田大学理工学術院 (基幹理工学部情報理工学科),
情報処理教育委員会委員長)

はじめに

情報処理学会が情報専門学科カリキュラム標準 J97 を公表してからすでに 10 年近くが経過した。この間に、情報に関する科学技術は大いに発展し、情報技術をインフラストラクチャとして社会も大きく変貌しつつある。米国では、IEEE-CS と ACM が共同してカリキュラム標準策定を進め、2001 年～2005 年にかけて、CS、IS、SE、CE、IT の各領域に対するものを公表してきた。日本国内でも、高度情報技術者を求める声も大きくなり、2005 年には経団連が高度情報技術人材養成に関する社会提言を出したこともあって、各種の高度 IT 技術者養成施策が省庁連携の下に実施されるに至っている。

こうした動きに呼応して、情報処理学会では、その情報処理教育委員会の下に情報専門学科カリキュラム標準策定プロジェクト J07 を発足させた。このプロジェクトは、2007 年度中にカリキュラム標準を公表することを目標とする。作業は、CS、IS、SE、CE、IT の領域ごとに委員会を設けて行い、その相互連絡と全体調整を連絡委員会で行う。

2006 年度中に、それぞれの領域で教育対象とするべき知識項目を洗い出し、その必須項目をコアとして定めた知識体系の案を定め、2007 年 3 月の全国大会で発表した。2007 年度は、コアを教育するに足るカリキュラム例を作成し、2008 年 3 月の全国大会で発表する予定である。

J07 プロジェクトの目的

情報処理学会では、理工系学部情報系学科のためのカリキュラムについて、その標準 J90¹⁾、J97²⁾ を発表してきた。これらは、各大学の情報系学科がそのカリキュラムを策定したり改定したりする際に必ずといっていいほど参照されるものとして定着している。しかし、すでに J97 策定から 10 年が経とうとしている。この間に、情報に関する科学技術は大いに発展し、情報技術をインフラストラクチャとして社会も大きく変貌しつつある。

米国では、IEEE-CS と ACM が共同してカリキュラム標準策定を進め、2001 年に CS 領域に対するカリキュラ

ム CC2001³⁾ を公表して以降、順次 IS⁴⁾、SE⁵⁾、CE⁶⁾ 領域に対するものを公表してきた。2005 年には IT 領域を新設⁷⁾ してそのカリキュラム標準⁸⁾ を公表するに至っている。日本国内でも、産業界の状況が大きく変わり、情報技術がその根幹部分にまで関与するようになった。高度情報技術者を求める声も大きくなり、2005 年には経団連が高度情報技術人材養成に関する社会提言を出し、2006 年には文科省による先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラムによる拠点プロジェクトが実施されるに至っている。

こうした国内外の状況に対応し、国際的な整合性をもった、現時点での情報系専門教育カリキュラムに関する基準参照文書を用意することを目的として、J07 プロジェクトが発足した。

基準参照文書の位置づけ

教育に関する標準策定は、向こう 10 年、50 年を見据えた調査・検討を経て行うべきものである。しかしながら、J97 発行以来の年月の間に生じた情報科学・情報技術の発展・変化は非常に大きい。その変化を読み解き、向こう 10 年、50 年の策を立てるには数年を要するであろうし、学会挙げての組織作りと傾注した作業とを要するものになる。それ以上に、情報処理学会にとどまることなく、広く産業界、学界と連携して進めていく必要がある。

J07 プロジェクトは、そうした本格的な情報専門教育の標準策定活動を起こす前段階として、2007 年度末を期限として、この時点での情報専門教育のカリキュラムについて、J97 に代わる基準参照文書を用意することを目標とする。具体的には、米国で先行して策定が進んでいる CC2001～CC2005 を基本とし、国際的な整合性を保ちながらも国内での状況を勘案して実効的な基準参照文書を作成する。

J07 プロジェクトが J97 を下敷きにしたプロジェクトであると同様に、CC2001～CC2005 も 1991 年に発表した CC1991⁹⁾ を下敷きにしている。1991 年からの 10 年の間に、情報科学・情報技術が大きく発展・変化したばかりではなく、大学教育のあり方も大きく発展・変化した。知識を教授する、という従来からの方式・方

法にとどまらず、プロジェクト中心の学習方式（PBL, Project Based Learning）やインターンシップが大幅に取り入れられ、知識を知識として覚えこむだけでなく現実問題に適用していく能力の育成と連携させる動きが広がった。Web システムによる遠隔教育もさまざまに活用されてきている。こうした中でこの分野でも教育課程の認定（accreditation）が広く行われるようになった。そこでは、何が教えられたか、ではなく、学生が何を身に付けたかが問われる。学科であれ、コースであれ、教育課程を立てるには、まず学生に何をどこまで身に付けさせるのかの目標設定が必要とされ、その設定した目標をすべての学生に達成させるためにどんな教育方法・教育手段をとるかを工夫する。加えて、その方法・手段がうまく機能しているかどうかを、学生の目標達成状況に照らして点検し、改善を重ねているかが問われる。

こうした状況の中では、カリキュラムに関する基準参照文書も従来のものとはその発想を換えたものにならざるを得ない。具体的にどんな授業科目をどう配置するかはそれぞれの教育機関が工夫するものであるから、標準の“カリキュラム”（科目内容と科目配置）を示す、という発想ではまとめられない。そこで、学科・コース等として典型的な領域について、その領域での学習対象として挙げられる知識項目にどんなものがあるかを一覧する“知識体系”（BOK, Body Of Knowledge）を明らかにするとともに、その領域を対象にする教育プログラムにあっては、最低限、これこれの項目についてこの程度までの知識を身に付けるのが望ましい、というものをコア（core）として示すこととした。具体的な科目構成や科目内容は、参考としていくつかの例を示すにとどめる。この方式は、CC2001～CC2005 が採用した方式でもある。

J07 プロジェクトの目標と 5 領域

J07 プロジェクトは、CS（コンピュータ科学）、IS（情報システム）、SE（ソフトウェアエンジニアリング）、CE（コンピュータエンジニアリング）、IT（インフォメーションテクノロジー）の 5 領域について、知識体系を定め、それにそったカリキュラム例を作成して提示することを目標とする。

情報処理学会は、電子情報通信学会・電気学会と共同して、JABEE（Japan Accreditation Board for Engineering Education）の“情報および情報関連分野”の大学教育プログラムの認定審査に当たっているが、この分野は“情報および情報関連分野の一般または特化された領域（CS: Computer Science, CE: Computer Engineering, SE: Software Engineering, IS: Information Systems, またはその他類似の領域）の技術者教育プログラム”を対象としている。CS、

CS（Computer Science, コンピュータ科学）

CS は、情報の表現・蓄積・伝達・変換に関するアルゴリズムのプロセスを、理論・分析・設計・実現・評価の各面にわたって系統的に扱う領域である。この領域の根底にある問題意識は、「何が効率よく自動化できるか」である。

IS（Information Systems, 情報システム）

IS は、社会や組織の問題点を見つけ出し、組織の変革を行い、費用対便益の高い情報システムの開発・導入を創造的・効果的に実現するために必要となる、理論・技術・技量を幅広く扱う領域である。この領域の根底にある問題意識は、「いかにして最大の費用対便益をもたらすか」である。

SE（Software Engineering, ソフトウェアエンジニアリング）

SE は、CS およびソフトウェア工学を基にし、「体系化された方法論および計量技法を用いて、ソフトウェアシステムを開発、運用および保守すること」を目的とする領域である。

CE（Computer Engineering, コンピュータエンジニアリング）

CE は、情報のプロセスを応用各面にわたって系統的に扱い、ハードウェアでの実現を目指す領域である。

IT（Information Technology, インフォメーションテクノロジー）^{☆1}

IT は、情報システムから、アプリケーション技術、そしてシステム基盤に至るまでの広い範囲にわたって、組織や個人の情報技術に関する広範なニーズに答えることを目指す領域である。

^{☆1} Overview Report, CC2005⁷⁾ の 2.4.4 からの抜粋

表-1 各領域の特徴

CE, SE, IS の 4 領域については、3 学会の Web ページ¹¹⁾にそれぞれの内容を例示している。その中で、それぞれの領域の特徴として掲げられているものを表-1 に示しておく。IT は、米国で新たに誕生したもので、実践力の養成に重きを置いたものになっている。

J07 プロジェクトの日程

作業は、この 5 領域それぞれの委員会を設けて行い、各委員会の委員長・幹事を集めた J07 プロジェクト連絡委員会（表-2）を設けて相互の連携・調整を行う。

2006 年度には、知識体系の骨子を定めることに充てた。すなわち、体系に含めるべき知識項目とその項目内容を示すキーワードの一覧を作成し、さらに、その中でコアとする項目を定めた。2007 年度には、知識体系を詳細にわたって完成するとともに、その知識体系にそったカリキュラム例を作成する。知識体系については、少なくともコア項目に対する学習達成目標（水準）を示すところまで詳細化する。カリキュラム例は、少なくともコアとする項目すべてを網羅できる科目の構成・配置の例を作成する。

中間報告書 — 2006 年度の成果

2006 年度の成果は、2007 年 3 月の全国大会で発表するとともに、学会の Web ページに資料を公開して、広く意見を求めている。その後、さらに文書として体裁を整え、関連する諸資料も合わせて中間報告書¹⁰⁾として刊行した。中間報告書は、全 550 ページであり、第 1 部

の70ページに策定した知識体系が収めてある。第2部の480ページには、全国大会での発表スライド（情報専門学科での達成度調査結果を含む）およびCC2001～CC2005の翻訳版が収めてある。

第1部は、知識体系をキーワードの形で示したものであり、まだそこには、それぞれのキーワードが意味するところや、コアを定めた背景などの説明がない。これらは、2007年度末までに文書化され、最終報告書で補われる予定である。そこで、中間報告書を読むには、J07プロジェクトで作業の出発点としたCC2001～CC2005の知識体系を参考にしてもらうほかはない。これが第2部にCC2001～CC2005を収めた理由である。特に、Overview Report⁷⁾の翻訳版は、IT領域が生まれた理由を含め、5領域の特徴付けや米国の事情を知るのに有効である。

中間報告書は、1部5,000円（送料込み）で頒布している。学会のWebページから申し込みたい。なお、中間報告書の全内容をPDFとして学会のWebページからダウンロードすることも可能である。

J07の知識体系とコア

中間報告書にまとめられた、知識体系の骨子を表3～表7に示す。それぞれの表は、知識体系骨子の、大項目・中項目の2段階までが示してある。それぞれの項目に括弧書きで数値が付してある項目がコアであり、数値はその項目を講義するのに必要な時間数を示している。

コア項目は、その領域を対象とする学科・コース等にある最低限学生の達成目標に含めるべきものを示す。このコア項目を定めるに当たっては、CC2001～CC2005での指定を参考にしつつも、日本の状況を踏まえて実効ある基準となることを目指した。まず、そのコア項目に対して設定すべき学習達成目標（水準）を検討した。このとき、従来からの講義+演習等（予復習、演習、実習）の形態で教育する場合に必要なコア項目の内容に対する講義時間数を想定し、コア項目全部の講義時間総数が1年分の講義時間数（ほぼ350時間）を上限として、可能な限り項目・内容を絞り込んだ。

日本では、多くの大学が、4年間で習得する単位数を124単位とし、90分の講義時間15回をもって2単位としている。したがって、1年分の講義時間は $31 \times 1.5 \times 15 \div 2 = 348.75$ 時間である。いわゆる社会科学・人文科学・数学・基礎科学などに1年分、卒論に1年分を割り当てている大学が多いことを考えると、専門教育の講義に充てる時間は2年分相当になる。コアの項目は、その領域を対象とする学科・コース等で必ず教えるべき内容である。それぞれの学科・コース等で特色を出した教

委員長

寛 捷彦（早稲田大学基幹理工学部情報理工学科）

理事

富田悦次（電気通信大学電気通信学部情報通信工学科）

岡本栄司（筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻）

CS委員会

足田輝雄（明治大学理工学部情報科学科）

石畑 清（明治大学理工学部情報科学科）

IS委員会

神沼靖子

宮川裕之（文教大学情報学部情報システム学科）

SE委員会

阿草清滋（名古屋大学情報科学研究科）

西 康晴（電気通信大学電気通信学部システム工学科）

CE委員会

大原茂之（東海大学大学院組込み技術研究科）

山浦恒央（東海大学大学院組込み技術研究科）

IT委員会

駒谷昇一（筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻）

上野新滋（富士通（株）FUJITSU ユニバーシティ）

福嶋義弘（NEC ソフト（株）ITトレーニングセンター）

委員長補佐

西村高志

経済産業省

永見祐一（経済産業省商務情報政策局情報処理振興課）

磯貝智也（経済産業省商務情報政策局情報処理振興課）

表-2 J07プロジェクト連絡委員会（2006年度）

育・学習を組み立てる余地を残すことを考えると、コア項目の講義に必要なと想定される時間数がこの1年分の講義時間数内に収まっていなければ、実効的な基準として機能し得ないと判断した。

IS領域、SE領域では、知識体系を定めコアを指定するという取りまとめ方をとっていない。IS領域では、情報の科学技術に関することがらとともに情報システムが対象とする社会・組織・人間に関することがらを学ぶ必要があり、それらを含めた知識項目を網羅することが難しい上に、コアとして特定の対象に絞り込むことも不可能に近い。SE領域では、大規模なソフトウェア開発に関して、情報の科学技術の知識をもとにしながらも、チームを率い、あるいはチーム員として分担して開発にあたる実務的な側面の訓練が不可欠であり、知識項目の体系を教程と切り離して扱うことが難しい。こうしたことから、CC2001～CC2005においても、他の領域とは違ったまとめ方を採用している。

IS領域、SE領域とも、CC2001～CC2005の策定作業に関係者が関与してきたこともあり、国際的整合性を重んじて、CC2001～CC2005での枠組みの中で作業をすることとなった。この結果、IS領域⁴⁾にそった形での知識体系の整理を行って、その要約を成果として示してある。SE領域⁵⁾にあっては、SE2004⁵⁾で議論されている講義・演習などの単位（ユニット）の中でソフトウェアエンジニアリングを対象とする日本の学科・コース等で最低限設定すべきものを抽出し

て、成果としてそれらをコアユニットと呼んで提示している。

おわりに

J07 プロジェクトについて、その概略を説明した。プロジェクトは、現在進行中のものである。よりよいものにするために、広く学界・産業界・官界からの意見・コメントを求めています。特に、学会員の皆様からの意見・コメントを期待しています。

参考文献

- 1) 大学等における情報処理教育検討委員会：大学等における情報処理教育のための調査研究報告書（平成2年度報告書），情報処理学会（1991-03）。<http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/monbu2.html>, 2003-11-28.
- 2) 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, 1.1 版（1999-09）。<http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J97dist.html>, 2003-11-28.
- 3) ACM/IEEE-Curriculum 2001 Task Force, Computing Curricula 2001 -Computer Science, IEEE-CS Press and ACM Press (2001-12). <http://www.computer.org/curriculum> or <http://www.acm.org/education/curricula.html>
- 4) ACM/AIS/AITP Joint Task Force on Information Systems Curricula, IS2002 -Model

- Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems, Association for Computing Machinery, Association for Information Systems, and Association for Information Technology Professionals (2002). <http://www.acm.org/education/curricula.html> or <http://www.computer.org/curriculum>
- 5) IEEE/ACM Joint Task Force on Computing Curricula, Software Engineering 2004 -Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering, IEEE-CS Press and ACM Press (2004-08). <http://www.computer.org/curriculum> or <http://www.acm.org/education/curricula.html>
 - 6) IEEE/ACM Joint Task Force on Computing Curricula, Computer Engineering 2004 -Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering, IEEE-CS Press and ACM Press (2004-12). <http://www.computer.org/curriculum> or <http://www.acm.org/education/curricula.html>
 - 7) The Joint Task Force for Computing Curricula 2005 (ACM/AIS/IEEE-CS), The Overview Report Covering Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering, Computer Science, Information Systems, Information Technology, Software Engineering (2005-12-30). <http://www.acm.org/education/curricula.html>
 - 8) The ACM SIGITE Task Force on IT Curriculum, IT 2005 -Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Technology (Draft) (2005-10). <http://www.acm.org/education/curricula.html>
 - 9) Tucker, A. B. et al.: Computing Curricula '91, ACM & IEEE-CS (1991).
 - 10) 情報処理学会情報処理教育委員会 J07 プロジェクト連絡委員会，情報専門学科におけるカリキュラム標準 J07（中間報告）－知識体系（BOK, Body of Knowledge）中間報告（2007-07-31）。<http://www.ipsj.or.jp/12kyoiku/J07/J07index.html>
 - 11) アクレディテーション委員会のページ，情報処理学会，<http://jabec.ipsj.or.jp/>

（平成19年10月4日受付）

DS 情報の基礎となる数学など (41) DS1 関数，関係，集合 (6) DS2 論理 (6) DS3 グラフ (4) DS4 証明技法 (8) DS5 数え上げと離散確率の基礎 (7) DS6 オートマトンと正規表現 (6) DS7 計算論概論 (4) DS8 計算論 (-)	NC ネットワークコンピューティング (14) NC1 ネットワークコンピューティング入門 (2) NC2 通信とネットワーク接続 (7) NC3 ネットワークセキュリティ (2) NC4 クライアントサーバコンピューティングの例としての Web (3) NC5 Web アプリケーションの構築 (-) NC6 ネットワーク管理 (-) NC7 ワイヤレスおよびモバイルコンピューティング (-)	IS インテリジェントシステム (3) IS1 インテリジェントシステムの基礎 (3) IS2 探索および制約充足 (-) IS3 知識表現および推論 (-) IS4 高度な探索 (-) IS5 高度な知識表現と推論 (-) IS6 エージェント (-) IS7 自然言語処理 (-) IS8 機械学習とニューラルネット (-) IS9 AI プランニングシステム (-) IS10 ロボット工学 (-)
PF プログラミングの基礎 (38) PF1 プログラミングの基本的構成要素 (9) PF2 アルゴリズムと問題解決 (6) PF3 基本データ構造 (14) PF4 再帰 (5) PF5 イベント駆動プログラミング (4)	PL プログラミング言語 (19) PL1 プログラミング言語の概要 (2) PL2 仮想計算機 (1) PL3 言語翻訳入門 (2) PL4 宣言と型 (4) PL5 抽象化メカニズム (4) PL6 オブジェクト指向プログラミング (6) PL7 関数型プログラミング (-) PL8 言語翻訳システム (-) PL9 型システム (-) PL10 プログラミング言語の意味論 (-) PL11 プログラミング言語の設計 (-)	IM 情報管理 (14) IM1 情報モデルとシステム (2) IM2 データベースシステム (2) IM3 データモデリング (4) IM4 関係データベース (3) IM5 データベース問合わせ言語 (3) IM6 関係データベース設計 (-) IM7 トランザクション処理 (-) IM8 分散データベース (-) IM9 データベースの物理設計 (-) IM10 データマイニング (-) IM11 情報格納と検索 (-) IM12 ハイパーテキストとハイパーメディア (-) IM13 マルチメディア情報とシステム (-) IM14 電子図書館 (-)
AL アルゴリズムの基礎 (18) AL1 アルゴリズムの解析の基礎 (4) AL2 アルゴリズム設計手法 (8) AL3 アルゴリズム設計例 (6) AL4 アルゴリズムの高度な解析 (-) AL5 高度なアルゴリズムの設計 (-) AL6 計算量クラス P と NP (-) AL7 暗号アルゴリズム (-) AL8 幾何アルゴリズム (-) AL9 データ分析アルゴリズム (-) AL10 並列・分散アルゴリズム (-)	HC ヒューマンコンピュータインタラクション (8) HC1 ヒューマンコンピュータインタラクションの基礎 (6) HC2 簡単なグラフィカル・ユーザインタフェースの構築 (2) HC3 人間中心のソフトウェア評価 (-) HC4 人間中心のソフトウェア開発 (-) HC5 グラフィカル・ユーザインタフェースの設計 (-) HC6 グラフィカル・ユーザインタフェースのプログラミング (-) HC7 マルチメディアシステムの HCI の側面 (-) HC8 協同作業とコミュニケーションの HCI の側面 (-)	SP 社会的視点と情報倫理 (11) SP1 コンピュータの歴史 (1) SP2 社会におけるコンピュータ (2) SP3 倫理・価値判断の方法 (-) SP4 専門家としての倫理的責任 (3) SP5 コンピュータ・ベース・システムのリスクと脆弱性 (-) SP6 知的財産権 (3) SP7 プライバシーと市民的自由 (2) SP8 コンピュータ犯罪 (-) SP9 コンピュータにおける経済問題 (-) SP10 哲学的枠組み (-)
AR アーキテクチャと構成 (33) AR1 論理回路と論理システム (6) AR2 データのマシンレベルでの表現 (2) AR3 アセンブリレベルのマシン構成 (7) AR4 メモリシステムの構成とアーキテクチャ (5) AR5 インタフェースと通信 (3) AR6 機能的構成 (7) AR7 並列処理と新たなアーキテクチャ (3) AR8 性能の向上 (-) AR9 ネットワークと分散システムのためのアーキテクチャ (-)	MR マルチメディア表現 (3) MR1 情報理論 (2) MR2 文字コード (1) MR3 標準化・量子化と圧縮 (-) MR4 マルチメディア機器 (-) MR5 オーサリング (-) MR6 メディア・インタラクション (-)	SE ソフトウェア工学 (20) SE1 ソフトウェア設計 (5) SE2 API の使用 (2) SE3 ソフトウェアツールおよび環境 (3) SE4 ソフトウェアプロセス (2) SE5 ソフトウェア要求および仕様 (5) SE6 ソフトウェア妥当性検査 (3) SE7 ソフトウェアの進化 (-) SE8 ソフトウェアプロジェクト管理 (-) SE9 コンポーネントベース開発 (-) SE10 形式手法 (-) SE11 ソフトウェアの信頼性 (-) SE12 専用システムの開発 (-)
OS オペレーティングシステム (15) OS1 オペレーティングシステムの概要 (1) OS2 オペレーティングシステムの原理 (2) OS3 プロセスの構造とスケジューリング (2) OS4 並行性 (4) OS5 メモリ管理 (4) OS6 デバイス管理と入出力 (-) OS7 ファイルシステム (1) OS8 認証とアクセス制御 (1) OS9 セキュリティと高信頼性 (-) OS10 リアルタイムシステムと組み込みシステム (-) OS11 並列・分散処理のためのオペレーティングシステムの機能 (-) OS12 オペレーティングシステム構成法 (-) OS13 システム性能評価 (-)	GV グラフィックスとビジュアル・コンピューティング (3) GV1 グラフィックスにおける基礎技術 (2) GV2 グラフィック・システム (1) GV3 モデリング (-) GV4 レンダリング (-) GV5 コンピュータ・アニメーション (-) GV6 視覚化 (-) GV7 仮想現実 (VR) (-) GV8 コンピュータ・ビジョン (-)	CN 計算科学と数値計算 (-) CN1 数値解析 (-) CN2 オペレーションズリサーチ (-) CN3 モデリングとシミュレーション (-) CN4 ハイパフォーマンス・コンピューティング (-)

表-3 コンピュータ科学の BOK（括弧書きはコア項目の講義時間数）

1. 情報技術 1.1 コンピュータアーキテクチャ 1.2 アルゴリズムとデータ構造 1.3 プログラミング言語 1.4 オペレーティングシステム 1.5 通信 1.6 データベース 1.7 人工知能	2. 組織と管理概念 2.1 組織理論一般 2.2 情報システム管理 2.3 意思決定理論 2.4 組織行動 2.7 変革プロセスの管理 2.8 ISの法的、倫理的側面 2.9 プロフェッショナルリズム 2.10 個人的または対人関係の技能	3. システムの理論と開発 3.1 システムと情報の概念 3.2 システム開発へのアプローチ 3.3 システム開発の概念と方法論 3.4 システム開発ツールと技術 3.5 アプリケーション計画 3.6 リスク管理 3.7 プロジェクト管理 3.8 情報とビジネスの分析 3.9 情報システム設計 3.10 システムの実装とテストの戦略 3.11 システムの運用と維持 3.12 特殊な情報システムの開発
---	--	---

表 -4 情報システムのBOK

確率・統計 (-) 離散確率 数値誤差と精度 統計解析 (検定と推定, 回帰分析, 相関など)	ソフトウェアモデリングと要求開発 (22.5) モデリングの原則 (分解, 抽象化, 汎化, 投影/ビュー, 明快性, 形式的アプローチの利用など) モデルの種類 要求の評価
離散数学 (22.5) 関数・関係・集合 グラフとツリー 数論 代数構造	ソフトウェアアーキテクチャ (22.5) 設計に用いられる概念 設計のパラダイム アーキテクチャ設計 設計の支援ツールと評価
論理と推論・計算理論 (22.5) 論理学基礎 (前置, 述語) 証明技法 数え上げ基礎 有限状態機械と正規表現 文法	ソフトウェア設計とHCI (22.5) ヒューマン・コンピュータ・インタフェース (HCI) 設計 詳細設計の技法 (SSA/SD, JSD, OOD など) デザインパターン コンポーネント設計 コンポーネントとシステムのインタフェース設計 設計の記法 (クラス図とオブジェクト図, UML, 状態遷移図など)
コンピュータ基礎 (22.5) コンピュータの構造 システムの基礎	ソフトウェアV&V (22.5) V&Vの用語と基礎 レビュー テスト HCIのテストと評価 不具合の分析と報告
オペレーティングシステム基礎・データベース基礎 (22.5) オペレーティングシステムの基礎 データベースの基礎	形式手法 (22.5) 形式手法 モデリングの原則 (分解, 抽象化, 汎化, 投影/ビュー, 明快性, 形式的アプローチの利用など) 事前条件・事後条件・不変表明 数値モデルと仕様記述言語 (ZやVDM) の紹介 モデリング言語の性質 モデルの表現と意味 (モデルの表現の理解) 明快性 (前提が全くない場合, すべての前提を記述する場合)
ネットワーク基礎 (22.5) ネットワーク通信の基礎	開発プロセスと保守 (22.5) ソフトウェアライフサイクルを通じた価値の考慮 システム目的の策定 (ユーザ参加型設計, ステークホルダー間のWin-Win関係, 品質機能展開, プロトタイピングなど) 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) システム価値の実現 (優先順位付け, リスクの解決, コストのコントロールなど) 雇用形態・雇用契約 ソフトウェアの進化や保守 プロセスの基礎 プロセスの実装 ソフトウェア品質
一般工学基礎 (22.5) 問題解決技法 システムの基礎 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) 統計解析 (検定と推定, 回帰分析, 相関など) 測定とメトリクス 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) 工学的設計の基本概念 (問題の定式化, 別解, フィーチャビリティスタディなど) 測定の理論 (意味のある測定の基準など) ソフトウェア工学以外の分野における工学原理 (材料強度, デジタル回路の原理, 論理設計, 熱力学の基礎など) 倫理綱領とプロフェッショナルとしての行動	ソフトウェア品質とエンジニアリングエコノミクス (22.5) システム目的の策定 (ユーザ側: 入出力, エラーメッセージ, 障害対応) 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) ソフトウェアの経済的重要性
データ構造とアルゴリズム・プログラミング言語基礎 (22.5) プログラミング基礎 (制御とデータ, 型付け, 再帰) アルゴリズムとデータ構造 データ表現 (静的・動的) と複雑性 抽象化 (カプセル化や階層化など) プログラミング言語の意味論 コードの再利用とライブラリ パラメータ化と汎化 アサーション・契約による設計 (DbC)・防御的プログラミング エラーハンドリング・例外処理・フォールトトレラント 構築のためのツール	ソフトウェア開発マネジメント (22.5) システム目的の策定 (ユーザ参加型設計, ステークホルダー間のWin-Win関係, 品質機能展開, プロトタイピングなど) グループダイナミクス/心理学 読み込み, 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) 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) プレゼンテーションスキル アクレディテーション・資格認定・免許制度 倫理綱領とプロフェッショナルとしての行動 社会的, 法的, 歴史的およびプロフェッショナルとしての考慮事項 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 標準の起源と役割 モデルの分析の基礎 要求分析の基礎 要求の獲得 要求の仕様化と文書化 ソフトウェア開発のマネジメント
ソフトウェア構築 (22.5) プログラミング言語の基礎 APIの設計と利用 コードの再利用とライブラリ 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) パラメータ化と汎化 アサーション・契約による設計 (DbC)・防御的プログラミング エラーハンドリング・例外処理・フォールトトレラント 状態ベースおよびテーブル駆動の構築技法 実行時コンフィグレーションと国際化 文法ベースの入力処理 (パース処理) 並列処理の基本要素 (セマフォ, モニターなど) ミドルウェア (コンポーネントとコンテナ) 分散ソフトウェアのための構築技術 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 ホットスポット分析とパフォーマンスチューニング プラットフォーム標準 (POSIX など) テストファーストプログラミング 構築のためのツール 設計に用いられる概念 コンポーネント設計 コンポーネントとシステムのインタフェース設計	表 -5 ソフトウェアエンジニアリングのBOK (括弧書きはコア項目の講義時間数)

<p>CE-ALG アルゴリズム (25)</p> <p>CE-ALG0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-ALG1 基本アルゴリズムの分析 (2)</p> <p>CE-ALG2 アルゴリズム戦略 (8)</p> <p>CE-ALG3 アルゴリズムの複雑性 (2)</p> <p>CE-ALG4 アルゴリズムと問題解決 (4)</p> <p>CE-ALG5 データ構造 (6)</p> <p>CE-ALG6 再帰 (2)</p> <p>CE-ALG7 基本的計算可能性理論 (-)</p> <p>CE-ALG8 コンピューティングアルゴリズム (-)</p> <p>CE-ALG9 分散アルゴリズム (-)</p>	<p>CE-ESY 組込みシステム (30)</p> <p>CE-ESY0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-ESY1 低電力コンピューティング (2)</p> <p>CE-ESY2 高信頼性システムの設計 (2)</p> <p>CE-ESY3 組込み用アーキテクチャ (6)</p> <p>CE-ESY4 開発環境 (2)</p> <p>CE-ESY5 ライフサイクル (1)</p> <p>CE-ESY6 要件分析 (1)</p> <p>CE-ESY7 仕様定義 (1)</p> <p>CE-ESY8 構造設計 (1)</p> <p>CE-ESY9 テスト (1)</p> <p>CE-ESY10 プロジェクト管理 (1)</p> <p>CE-ESY11 並列設計 (ハードウェア, ソフトウェア) (1)</p> <p>CE-ESY12 実装 (2)</p> <p>CE-ESY13 リアルタイムシステム設計 (8)</p> <p>CE-ESY14 組込みマイクロコントローラ (-)</p> <p>CE-ESY15 組込みプログラム (-)</p> <p>CE-ESY16 設計手法 (-)</p> <p>CE-ESY17 ツールによるサポート (-)</p> <p>CE-ESY18 ネットワーク型組込みシステム (-)</p> <p>CE-ESY19 インタフェースシステムと混合信号システム (-)</p> <p>CE-ESY20 センサ技術 (-)</p> <p>CE-ESY21 デバイスドライバ (-)</p> <p>CE-ESY22 メンテナンス (-)</p> <p>CE-ESY23 専門システム (-)</p> <p>CE-ESY24 信頼性とフォールトトレランス (-)</p>	<p>CE-SPR 社会的な観点と職業専門人としての問題 (16)</p> <p>CE-SPR0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-SPR1 公的ポリシー (2)</p> <p>CE-SPR2 分析の方法およびツール (2)</p> <p>CE-SPR3 社会的な観点と職業専門人としての問題 (2)</p> <p>CE-SPR4 リスクと責任 (2)</p> <p>CE-SPR5 知的財産権 (2)</p> <p>CE-SPR6 プライバシーと市民的自由 (2)</p> <p>CE-SPR7 コンピュータ犯罪 (1)</p> <p>CE-SPR8 コンピュータにおける経済問題 (2)</p> <p>CE-SPR9 哲学的枠組み (-)</p> <p>CE-SPR10 個人情報保護 (-)</p> <p>CE-SPR11 内部統制 (-)</p> <p>CE-SPR12 人材育成 (-)</p> <p>CE-SPR13 環境問題 (-)</p> <p>CE-SPR14 ハイテク製品の輸出入規制 (-)</p> <p>CE-SPR15 各国のハイテク関連法規 (-)</p>
<p>CE-CAO コンピュータのアーキテクチャと構成 (38)</p> <p>CE-CAO0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-CAO1 コンピュータアーキテクチャの基礎 (6)</p> <p>CE-CAO2 メモリシステムの構成とアーキテクチャ (6)</p> <p>CE-CAO3 インタフェースと通信 (10)</p> <p>CE-CAO4 デバイスサブシステム (1)</p> <p>CE-CAO5 CPU アーキテクチャ (6)</p> <p>CE-CAO6 性能・コスト評価 (2)</p> <p>CE-CAO7 分散・並列処理 (3)</p> <p>CE-CAO8 コンピュータによる計算 (3)</p> <p>CE-CAO9 性能向上 (-)</p>	<p>CE-HCI ヒューマンコンピュータインタラクション (7)</p> <p>CE-HCI0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-HCI1 ヒューマンコンピュータインタラクションの基礎 (2)</p> <p>CE-HCI2 グラフィカルユーザインタフェース (2)</p> <p>CE-HCI3 I/O 技術 (1)</p> <p>CE-HCI4 人間中心のソフトウェア評価 (1)</p> <p>CE-HCI5 インテリジェントシステム (-)</p> <p>CE-HCI6 人間中心のソフトウェア開発 (-)</p> <p>CE-HCI7 対話型グラフィカルユーザインタフェースの設計 (-)</p> <p>CE-HCI8 グラフィカルユーザインタフェースのプログラミング (-)</p> <p>CE-HCI9 グラフィックスと可視化 (-)</p> <p>CE-HCI10 マルチメディアシステム (-)</p> <p>CE-HCI11 次世代インタラクション (-)</p> <p>CE-HCI12 インタラクションデザイン (-)</p> <p>CE-HCI13 パーチャルリアリティ (-)</p>	<p>CE-SWE ソフトウェア工学 (16)</p> <p>CE-SWE0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-SWE1 ソフトウェアプロセス (2)</p> <p>CE-SWE2 ソフトウェアの要求と仕様 (2)</p> <p>CE-SWE3 ソフトウェアの設計 (2)</p> <p>CE-SWE4 ソフトウェアのテストと検証 (2)</p> <p>CE-SWE5 ソフトウェアの保守 (2)</p> <p>CE-SWE6 ソフトウェア開発・保守ツールと環境 (2)</p> <p>CE-SWE7 ソフトウェアプロジェクト管理 (3)</p> <p>CE-SWE8 言語翻訳 (-)</p> <p>CE-SWE9 ソフトウェアのフォールトトレランス (-)</p> <p>CE-SWE10 ソフトウェアの構成管理 (-)</p> <p>CE-SWE11 ソフトウェアの標準化 (-)</p>
<p>CE-CSG 回路および信号 (18)</p> <p>CE-CSG0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-CSG1 電気量 (2)</p> <p>CE-CSG2 キルヒホッフの電流則, 電圧則 (2)</p> <p>CE-CSG3 回路素子 (2)</p> <p>CE-CSG4 直流回路 (3)</p> <p>CE-CSG5 交流回路 (3)</p> <p>CE-CSG6 過渡応答 (3)</p> <p>CE-CSG7 演算増幅器 (2)</p> <p>CE-CSG8 抵抗回路とネットワーク (-)</p> <p>CE-CSG9 反応回路とネットワーク (-)</p> <p>CE-CSG10 周波数応答 (-)</p> <p>CE-CSG11 正弦波解析 (-)</p> <p>CE-CSG12 たたみこみ (-)</p> <p>CE-CSG13 フーリエ解析 (-)</p> <p>CE-CSG14 フィルタ (-)</p> <p>CE-CSG15 ラプラス変換 (-)</p> <p>CE-CSG16 雑音 (-)</p> <p>CE-CSG17 波形解析 (-)</p>	<p>CE-NWK テレコミュニケーション (22)</p> <p>CE-NWK0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-NWK1 通信ネットワークのアーキテクチャ (3)</p> <p>CE-NWK2 通信ネットワークのプロトコル (4)</p> <p>CE-NWK3 LAN と WAN (2)</p> <p>CE-NWK4 クライアントサーバコンピューティング (1)</p> <p>CE-NWK5 データのセキュリティと整合性 (4)</p> <p>CE-NWK6 ワイヤレスコンピューティングとモバイルコンピューティング (2)</p> <p>CE-NWK7 データ通信 (3)</p> <p>CE-NWK8 組込み機器向けネットワーク (1)</p> <p>CE-NWK9 通信技術とネットワーク概要 (1)</p> <p>CE-NWK10 性能評価 (-)</p> <p>CE-NWK11 ネットワーク管理 (-)</p> <p>CE-NWK12 圧縮と伸張 (-)</p> <p>CE-NWK13 クラスタシステム (-)</p> <p>CE-NWK14 インターネットアプリケーション (-)</p> <p>CE-NWK15 次世代インターネット (-)</p> <p>CE-NWK16 放送 (-)</p>	<p>CE-VLS VLSI の設計および製造 (8)</p> <p>CE-VLS0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-VLS1 物質の電子特性 (2)</p> <p>CE-VLS2 基本的インバータ構造の機能 (1)</p> <p>CE-VLS3 組合せ論理の構造 (1)</p> <p>CE-VLS4 順序論理の構造 (1)</p> <p>CE-VLS5 半導体メモリとアレイの構造 (2)</p> <p>CE-VLS6 チップ入出力回路 (-)</p> <p>CE-VLS7 処理とレイアウト (-)</p> <p>CE-VLS8 回路の特性決定と性能 (-)</p> <p>CE-VLS9 代替回路の構造と低電力設計 (-)</p> <p>CE-VLS10 セミカスタム設計の技術 (-)</p> <p>CE-VLS11 ASIC 設計の手法 (-)</p>
<p>CE-DBS データベースシステム (コア 5 時間)</p> <p>CE-DBS0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-DBS1 データベースシステム (2)</p> <p>CE-DBS2 リレーショナルデータベース (2)</p> <p>CE-DBS3 データモデリング (-)</p> <p>CE-DBS4 データベース間合わせ言語 (-)</p> <p>CE-DBS5 リレーショナルデータベースの設計 (-)</p> <p>CE-DBS6 トランザクション処理 (-)</p> <p>CE-DBS7 分散データベース (-)</p> <p>CE-DBS8 データベースの物理設計 (-)</p>	<p>CE-OPS オペレーティングシステム (22)</p> <p>CE-OPS0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-OPS1 並行性 (6)</p> <p>CE-OPS2 スケジューリングとディスパッチ (3)</p> <p>CE-OPS3 メモリ管理 (3)</p> <p>CE-OPS4 セキュリティと保護 (2)</p> <p>CE-OPS5 ファイル管理 (2)</p> <p>CE-OPS6 リアルタイム OS (3)</p> <p>CE-OPS7 OS の概要 (2)</p> <p>CE-OPS8 設計の原則 (-)</p> <p>CE-OPS9 デバイス管理 (-)</p> <p>CE-OPS10 システム性能評価 (-)</p>	<p>CE-DSC 離散数学 (23)</p> <p>CE-DSC0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-DSC1 関数, 関係, 集合 (6)</p> <p>CE-DSC2 数え上げの基礎 (4)</p> <p>CE-DSC3 グラフとツリー (4)</p> <p>CE-DSC4 帰納法 (2)</p> <p>CE-DSC5 推論 (6)</p> <p>CE-DSC6 ファジ集合 (-)</p>
<p>CE-DIG デジタル論理 (29)</p> <p>CE-DIG0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-DIG1 スイッチング理論 (2)</p> <p>CE-DIG2 組合せ論理回路 (2)</p> <p>CE-DIG3 組合せ回路のモジュラ設計 (4)</p> <p>CE-DIG4 順序論理回路 (8)</p> <p>CE-DIG5 デジタルシステムの設計 (12)</p> <p>CE-DIG6 記憶素子 (-)</p> <p>CE-DIG7 モデリングとシミュレーション (-)</p> <p>CE-DIG8 形式的検証 (-)</p> <p>CE-DIG9 故障モデルとテスト (-)</p> <p>CE-DIG10 試験性を考慮した設計 (-)</p>	<p>CE-PRF プログラミング (14)</p> <p>CE-PRF0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-PRF1 プログラミングの構成 (7)</p> <p>CE-PRF2 オブジェクト指向プログラミング (1)</p> <p>CE-PRF3 OS のシステムコールの使用 (4)</p> <p>CE-PRF4 機器制御プログラミング (1)</p> <p>CE-PRF5 プログラミングのパラダイム (-)</p> <p>CE-PRF6 イベント駆動プログラミングとコンカレントプログラミング (-)</p> <p>CE-PRF7 API の使用 (-)</p> <p>CE-PRF8 コーディング作法 (-)</p>	<p>CE-PRS 確率・統計 (15)</p> <p>CE-PRS0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-PRS1 離散確率 (4)</p> <p>CE-PRS2 連続確率 (4)</p> <p>CE-PRS3 期待値 (2)</p> <p>CE-PRS4 標本分布 (2)</p> <p>CE-PRS5 推定 (2)</p> <p>CE-PRS6 確率過程 (-)</p> <p>CE-PRS7 仮説検定 (-)</p> <p>CE-PRS8 相関関係と回帰 (-)</p> <p>CE-PRS9 待ち行列理論 (-)</p> <p>CE-PRS10 状態遷移モデルとマルコフチェーン (-)</p> <p>CE-PRS11 モンテカルロ法 (-)</p>
<p>CE-DSP デジタル信号処理 (17)</p> <p>CE-DSP0 歴史と概要 (1)</p> <p>CE-DSP1 理論と概念 (3)</p> <p>CE-DSP2 デジタルスペクトル解析 (1)</p> <p>CE-DSP3 離散フーリエ変換 (4)</p> <p>CE-DSP4 デジタルフィルタ (8)</p> <p>CE-DSP5 サンプリング (-)</p> <p>CE-DSP6 変換 (-)</p> <p>CE-DSP7 離散時間信号 (-)</p> <p>CE-DSP8 窓関数 (-)</p> <p>CE-DSP9 たたみこみ (-)</p> <p>CE-DSP10 音声処理 (-)</p> <p>CE-DSP11 画像処理 (-)</p>		

表 -6 コンピュータエンジニアリングの BOK (括弧書きはコア項目の講義時間数)

ITF. IT 基礎 (33) ITF1. IT の一般的なテーマ (17) ITF2. 組織の問題 (6) ITF3. IT の歴史 (3) ITF4. IT 分野 (学科) とそれに関連のある分野 (学科) (3) ITF5. 応用領域 (2) ITF6. IT 分野における数学と統計学の活用 (2)	PF. プログラミング基礎 (38) PF1. 基本データ構造 (10) PF2. プログラミングの基本的構成要素 (9) PF3. オブジェクト指向プログラミング (9) PF4. アルゴリズムと問題解決 (6) PF5. イベント駆動プログラミング (3) PF6. 再帰 (1)
HCI. ヒューマンコンピュータインタラクション (20) HCI1. 人的要因 (6) HCI2. アプリケーションにおける HCI の側面 (3) HCI3. 人間中心の評価 (3) HCI4. 効果的なインタフェースの開発 (3) HCI5. アクセシビリティ (2) HCI6. 新しい技術 (2) HCI7. 人間中心のソフトウェア (1)	PT. プラットフォーム技術 (14) PT1. オペレーティングシステム (10) PT2. アーキテクチャと機構 (3) PT3. コンピュータインフラストラクチャ (1) PT4. デプロイメントソフトウェア (-) PT5. フォームウェア (-) PT6. ハードウェア (-)
IAS. 情報保証と情報セキュリティ (23) IAS1. 基礎的な問題 (3) IAS2. 情報セキュリティの仕組み (対策) (5) IAS3. 運用上の問題 (3) IAS4. ポリシー (3) IAS5. 攻撃 (2) IAS6. 情報セキュリティ分野 (2) IAS7. フォレンジック (情報証拠) (1) IAS8. 情報の状態 (1) IAS9. 情報セキュリティサービス (1) IAS10. 脅威分析モデル (1) IAS11. 脆弱性 (1)	SA. システム管理とメンテナンス (11) SA1. オペレーティングシステムの導入と運用 (4) SA2. アプリケーションの導入と運用 (3) SA3. 管理作業 (2) SA4. 管理分野 (2)
IM. 情報管理 (34) IM1. 情報管理の概念と基礎 (8) IM2. データベース問合わせ言語 (9) IM3. データアーキテクチャ (7) IM4. データモデリングとデータベース設計 (6) IM5. データと情報の管理 (3) IM6. データベースの応用分野 (1)	SIA. システムインテグレーションとアーキテクチャ (21) SIA1. 要求仕様 (6) SIA2. 調達/手配 (4) SIA3. インテグレーション (3) SIA4. プロジェクト管理 (3) SIA5. テストと品質保証 (QA) (3) SIA6. 組織の特性 (1) SIA7. アーキテクチャ (1)
IPT. 技術を統合するためのプログラミング (24) IPT1. システム間通信 (5) IPT2. データ割り当てと交換 (5) IPT3. 統合的コーディング (4) IPT4. スクリプティング手法 (4) IPT5. ソフトウェアセキュリティの実現 (4) IPT6. 種々の問題 (1) IPT7. プログラミング言語の概要 (1)	SP. 社会的な観点とプロフェッショナルとしての課題 (23) SP1. プロフェッショナルとしてのコミュニケーション (5) SP2. コンピュータの歴史 (3) SP3. コンピュータを取り巻く社会環境 (3) SP4. チームワーク (3) SP5. 知的財産権 (2) SP6. コンピュータの法的問題 (2) SP7. 組織の中の IT (2) SP8. プロフェッショナルとしての倫理的問題と責任 (2) SP9. プライバシーと個人の自由 (1)
NET. ネットワーク (20) NET1. ネットワークの基礎 (3) NET2. ルーティングとスイッチング (8) NET3. 物理層 (6) NET4. セキュリティ (2) NET5. アプリケーション分野 (1) NET6. ネットワーク管理 (-)	WS. Web システムとその技術 (21) WS1. Web 技術 (10) WS2. 情報アーキテクチャ (4) WS3. デジタルメディア (3) WS4. Web 開発 (3) WS5. 脆弱性 (1) WS6. ソーシャルソフトウェア (-)

表-7 インフォメーションテクノロジーの BOK (括弧書きはコア項目の講義時間数)

箕 捷彦(正会員)
kakehi@waseda.jp

本会フェロー、情報規格調査会技術委員、JABEE 認定・審査調整委員、ACM 日本支部長 (ACM 大学対抗プログラミングコンテストを担当)、パソコン甲子園審査員、IPA 未踏ユースの PM などを務める。1945 年生まれ。