

薬剤耐性のパンデミックにつながる社会的ジレンマの観測と国際比較 Observation and international comparison of the social dilemma leading to the pandemic of antimicrobial resistance

伊東 啓[†] 和田 崇之[‡] 一ノ瀬 元喜[¶] 谷本 潤[§] 吉村 仁[†] 山本 太郎[†] 守田 智[¶]
Hiromu Ito Takayuki Wada Genki Ichinose Jun Tanimoto
Jin Yoshimura Taro Yamamoto Satoru Morita

1. はじめに

抗生剤(抗菌薬/抗生物質)が普及したことで、それまで致命的だった細菌性の感染症を治療になり、多くの人々が救われた。一方で抗生剤の使用は、それ自体が効かない薬剤耐性菌(以下:耐性菌)の出現を加速させることになった。

ここでは「抗生剤を飲む(使う)」という、我々の生活にとって身近な治療行為の背景に社会的ジレンマが存在することを示す。また、この社会的ジレンマが薬剤耐性菌のパンデミックを引き起こすメカニズムを説明する。そして、日本・アメリカ・イギリス・スウェーデン・台湾・オーストラリア・ブラジル・ロシアで実施した Web アンケート調査から、抗生剤使用の背景にある社会的ジレンマを観測し、その強度を可視化して国際比較した結果を報告する[1]。

2. 背景

2.1 薬剤耐性の脅威

耐性菌は、抗生剤が処方された患者の体内に劇的な選択圧がかかることで出現しやすくなる抗生剤の効かない細菌である。有名なオニールレポートは、2013年の時点で約70万人、2050年には約1,000万人が世界中で耐性菌によって死亡すると予想した[2]。実際、2019年の時点で耐性菌に起因する推定死者数は127万人(関連死も含めると495万人)に達するという報告もあり、これは三大感染症であるHIV/AIDSやマラリアの死者数を超過している[3]。日本では2017年時点で年間約8,000人が耐性菌による菌血症で亡くなっており、これは年間の交通事故死者数の倍以上の数である[4]。耐性菌が蔓延すると、薬で治療できない病気で苦しむ人が増えるだけでなく、抗生剤の効果を前提とした外科手術や臓器移植といった既存の医療システムが機能しなくなることが危惧される[5]。

このような状況下で、世界保健機関(WHO)や各国の医療機関は耐性菌の拡散を大きな脅威と位置づけ、抗生剤は「真に必要な時に、必要な量を、必要な期間だけ」使用するよう警鐘を鳴らし続けている[6,7]。しかしながら、実際には抗生剤の過剰使用には歯止めがかかっていない。例えば入院患者に対する抗生剤処方のうち、約半分は適切でないという指摘がある[8]。最近ではコロナ禍の肺炎で入院した患者のほとんど(72%)に抗生剤が処方されたが、そのうち抗生剤が効く細菌性の肺炎患者は僅か8%しかいなかった[9]。医師にとっても抗生剤を処方しないという決断

[†]長崎大学 Nagasaki University
[‡]大阪公立大学 Osaka Metropolitan University
[¶]静岡大学 Shizuoka University
[§]九州大学 Kyushu University

は経験と勇気を要するため、処方される抗生剤がなかなか減らない現状がある[10,11]。経済コストも大きく、日本で2016年に上気道炎を対象に処方された不適切な抗生剤に係る推定年間コストは297.1百万米ドルに上る[12]。

2.2 投薬と薬剤耐性化の社会的ジレンマ

耐性菌の氾濫を未然に防止するためには、人々が足並みを揃えて、社会全体で抗生剤の使用をなるべく控えていく必要がある。しかし、現実には抗生剤の濫用に歯止めが効かない可能性がある。なぜなら、自分以外の人々が抗生剤の使用を我慢すれば、それだけ耐性菌の出現リスクも低くなり、短期的には耐性菌の出現をほとんど心配せずに自分だけが抗生剤の利益を享受できるからだ。

つまりここには、「社会全体から見れば抗生剤を控える必要があるが、個人の視点から見れば抗生剤は気軽に使用したい」という、個人の合理的な選択と社会の最適な選択とが一致しないために生じる葛藤:「社会的ジレンマ」が生じている。

2.2.1 協力が裏切りか

社会的ジレンマは、意思決定理論を礎とするゲーム理論の領域で盛んに研究されてきた。抗生剤使用と耐性菌の問題をゲーム理論として捉えれば、「抗生剤を控える」を利他行動(協力戦略)、「抗生剤を使う」を利己行動(非協力戦略)とみなすことができる(図1)。



図 1. 協力戦略と非協力戦略

2.2.2 フリーライダー

社会的ジレンマが抗生剤の過剰使用を促すメカニズムを説明する。

まず、自分の周りに抗生剤の使用を控える協力的な人々が多数いる場合は、既に述べたように社会全体としての耐性菌の出現リスクは低くなる。よって「自分一人くらいは抗生剤を使用しても良いだろう」もしくは「病気で苦しむ自分と親しい人(家族・子供・恋人など)には抗生剤を処方してほしい」という合理的判断から、他者に抜け駆けし

て抗生剤を使用する動機が生まれる (図 2 A)。このような他者の協力的な行動にタダ乗りする者を、ゲーム理論ではフリーライダーと呼ぶ。フリーライダーによる利己的(かつ合理的)な投薬行動は、集団内に耐性菌が出現するリスクを増加させる。

フリーライダーが増えると、それまで協力的に抗生剤の使用を控えていた者にも、「我慢しない他者のせいで耐性菌が出現するのであれば、自分だけが我慢するのは損」という合理的な理由から、抗生剤を使用する動機が生まれる (図 2 B)。

このように抗生剤の過剰使用は、他者の協力行動にタダ乗りしようとする(他者を搾取しようとする)動機と、他者のタダ乗り行為に利用されるのを回避しようとする(他者から搾取されまいとする)動機の両方から促進される。このような社会的ジレンマによって不適切な投薬が増えれば今まで以上に強力な耐性菌が生み出されるだけでなく、その拡散も制御不能になり、やがてパンデミックにつながる (図 2 C)。



図 2. 投薬と薬剤耐性化の社会的ジレンマ

2.2.3 共有地の悲劇

抗生剤に対する新たな耐性菌が出現してそれが世界中に蔓延したとき、抗生剤はその効果を失う。それは人類にとって有効な抗生剤が一つ喪失したことを意味する。1968 年に G. Hardin は、誰もが自由に利用できる状態にある共有資源(放牧場・漁場など)を利己的に奪い合うことで、過剰な搾取と資源の劣化(枯渇や消耗)が起こる“共有地の悲劇”というコンセプトを提唱した。有効な抗生剤を人類共有の医療資源として考えれば、抗生剤の使用に関して起きていることも同様の現象と言える[13] (図 2 C)。

3. 目的

本研究の第一の目的は、薬剤耐性のパンデミックにつながる社会的ジレンマを観測することである。この社会的ジレンマは「他人には抗生剤の使用をなるべく控えてほしいが、自分は抗生剤を気軽に使用したい」という思惑を持つフリーライダーの存在によって確かめられる。

第二の目的は、社会的ジレンマの強度を可視化して国際比較することである。本研究が着目する社会的ジレンマは、「抜け駆けして抗生剤を使用する誘惑の強さ」を意味するため、その強度を可視化することで各国・地域の潜在的な耐性菌の出現リスクを明らかにすることができる。

最後に、世界的な耐性菌問題に対する市民の意識を調査することで、今後悪化が予測される耐性菌問題に立ち向かうための課題を浮き彫りにすることである。

4. 方法

本研究では、抗生剤使用の背景にある社会的ジレンマの実態を調べるために、日本・アメリカ・イギリス・スウェーデン・台湾・オーストラリア・ブラジル・ロシアにおいてウェブ調査を実施した。

なお、本研究は長崎大学熱帯医学研究所倫理委員会の承認(承認番号: 190619213)を得た上で実施している。

4.1 質問票

まず、各国の調査会社が保有するパネル(回答者候補)に対して質問票が配信される。それに対し、調査参加に同意した者だけが回答者となる。回答者は年齢・性別等の基本情報を入力した後、本質問の回答にうつる。なおここで性別は自己申告であることから、sex ではなく gender とみなす。

本質問では、世界的な耐性菌問題について説明した上で、世界優先型 AI と個人優先型 AI という二つの仮想上の医療診断 AI を想定して、参加者に対して「自分が(家族が/子供が/恋人が/友達が/他人が)病気になった際、どちらの AI による医療診断を希望するか」を尋ねた。このような質問票の設定は、自動運転 AI の普及を題材にした社会的ジレンマの研究から着想を得ている[14,15]。

質問票は各国の言語に翻訳された後、民間の Web 調査会社のプラットフォーム上で「医療の進歩に関するアンケート調査」という題名で配信された。

4.1.1 世界優先型 AI

世界優先型 AI (以下:世界型 AI) は、世界的な耐性菌の拡散リスクも考慮して、抗生剤の処方なるべく控えようとする(図 3 左)。例えば、患者が罹っている病気は数日間寝ていれば治るようなものだと判断した場合には、世界型 AI は抗生剤を処方しない。

4.1.2 個人優先型 AI

個人優先型 AI (以下:個人型 AI) は、耐性菌問題を一切考慮せず、患者個人の迅速な治癒だけを最優先して抗生剤の処方を決定する(図 3 右)。この処方には、just-in-case (とりあえず)の予防的な処方も含まれる[10,11]。

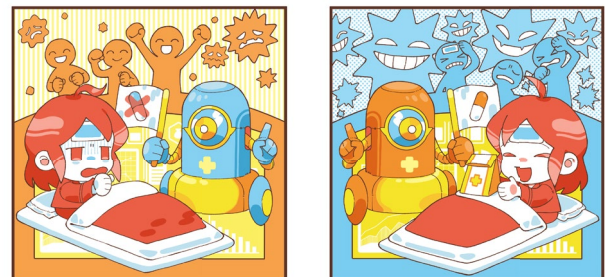


図 3. 世界型 AI と個人型 AI のイメージ

よってこの質問票では、耐性菌問題に対抗するための唯一の理想的な回答は「自分が病気になったときには世界型 AI による診断を希望し、他人が病気になったときにも世界型 AI による診断を希望する(自分も相手も抗生剤の使用を控える)」という組み合わせである。

そして、社会的ジレンマを認識している回答は「自分が病気になったときには個人型 AI による診断を希望するが、他人が病気になったときには世界型 AI の利用を希望する

(自分は気軽に抗生剤を使用したいが、相手にはなるべく控えてほしい)」という組み合わせであり、このように回答した者はフリーライダーとみなすことができる。

4.2 サンプル数

調査対象は20～60代の各年代の男女である。各年代の性別ごとに10の区分とし、各区分の500人以上から回答を得るまで調査を配信した。例えば日本の調査の場合、20代男性500人、20代女性500人、30代男性500人、30代女性500人、…、60代男性500人、60代女性500人、と区分した上で計5,000人から回答を得ることで、各年代の男女から十分な数の回答を収集した。人口が比較的少ないオーストラリアと台湾ではその半数(各区分から最低250人、計2,500人)から回答を得た(表1)。

4.3 調査会社

質問票は、二つの民間調査会社によって配信された。日本の調査では株式会社クロス・マーケティング(<https://www.cross-m.co.jp/>)が、その他の国・地域での調査ではCint(<https://www.cint.com/>)の日本代理店であるCint Japanが、自社の持つ調査プラットフォーム上で質問票を配信して回答を収集した。

最初の調査は2020年1月上旬に日本で実施したが、その後、新型コロナウイルス感染症のパンデミックが本格化した。これにより公衆衛生の社会的ジレンマに対する市民の意識が変化した可能性があったため、日本では同年7月に二回目の調査を実施した(表1)。

4.4 分析

自分と他人の診断の際のAI選好度の違いはカイ二乗検定で、性別と年齢層の違いはロジスティック回帰分析で検証した。各解析には(ver.4.0.2)およびR studioを用いた。

表 1. 調査の基本情報

国・地域	略称	調査期間(年/月/日)	回答者数(男:女)	調査会社
日本(1回目)	JPN1	2020/1/8~10	5000(2500:2500)	Cross Marketing Inc.
日本(2回目)	JPN2	2020/7/1~7	5000(2500:2500)	Cross Marketing Inc.
アメリカ	US	2020/7/1~7	5037(2519:2518)	Cint Japan
イギリス	UK	2020/7/1~7	5038(2517:2521)	Cint Japan
スウェーデン	SWE	2021/5/18~26	5446(2708:2738)	Cint Japan
台湾	TWN	2021/5/18~26	2820(1405:1415)	Cint Japan
オーストラリア	AUS	2021/5/18~26	2723(1353:1370)	Cint Japan
ブラジル	BRA	2021/6/23~30	5471(2726:2745)	Cint Japan
ロシア	RUS	2021/6/23~30	5443(2722:2721)	Cint Japan

5. 結果

日本・アメリカ・イギリス・スウェーデン・台湾・オーストラリア・ブラジル・ロシアにおいて調査を実施し、各国・地域の20～60代の男女計41,978人から回答を得た(表1)。

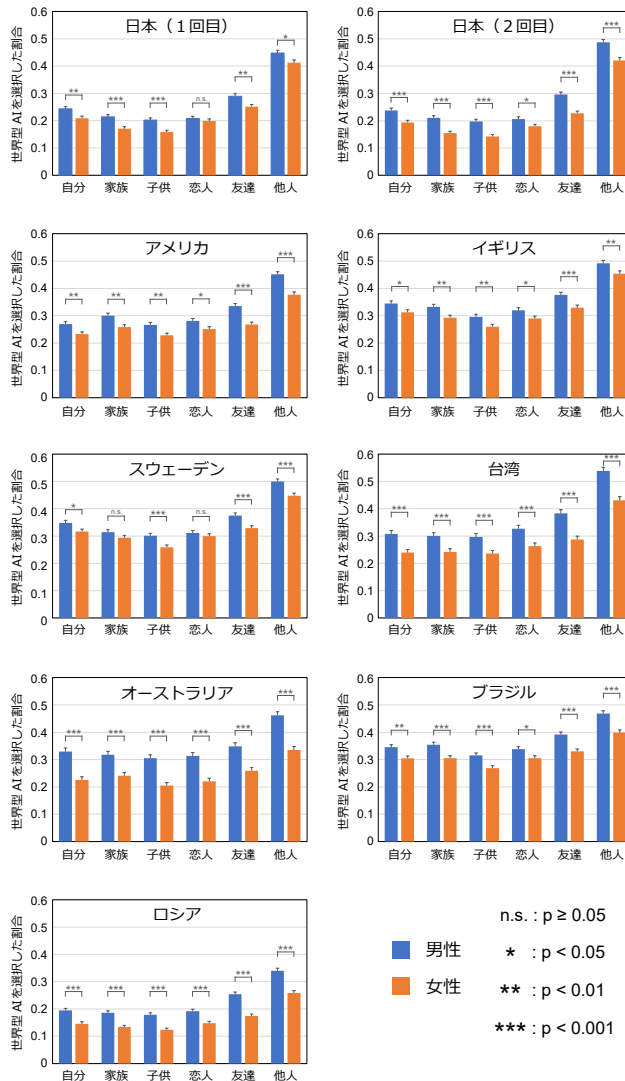


図 4. 各対象に世界型 AI を選んだ割合

5.1 診断対象と AI 選好の性差

まずは自分、家族、子供、恋人、友達、他人の各診断対象における世界型 AI の選好度を分析した。いずれの国でも世界型 AI の選好は女性に比べて男性でより強かった(図4)。

自分の診断に世界型 AI を選択する割合はいずれの国でも40%未満(14.6~34.9%)で、最小がロシア女性(14.6%)で、最大がスウェーデン男性(34.9%)だった。一方で、見知らぬ他人の診断に世界型 AI を選択する割合は25.9~53.9%で、最小がロシア女性(25.9%)で、最大が台湾男性(53.9%)となり、自分の診断に対して世界型 AI を選択する割合よりも約10~25%高かった。

5.2 自分と他人の扱いの違い

自分の診断と比較して、自分以外(家族、子供、恋人、友達、他人)の診断では、世界型 AI の選好に差があった。

図5は、日本(1回目)の調査結果だが、自分と自分以外の診断対象では世界型 AI の選好割合に有意差があった。例えば日本の場合、自分自身の診断に比べて、自分の家族

と自分の子供に対する診断で世界型 AI を選択した割合は低い。逆に、自分の友達や他人の診断では、自分自身の診断に比べて世界型 AI を選択した割合が高い。

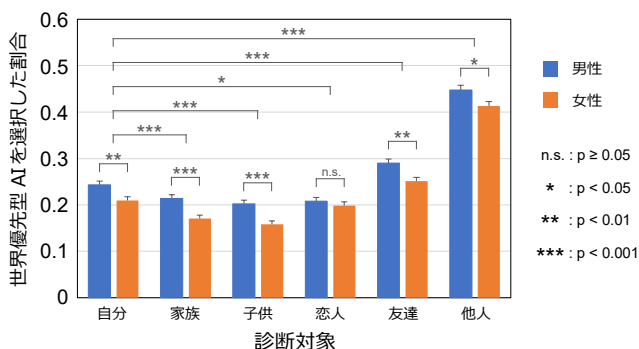


図 5. 各対象に世界型 AI を選んだ割合 (JPN1)

表 2 では、「自分の診断で世界型 AI を選んだ割合」と「比較対象 (家族、子供、恋人、友達、他人) の診断で世界型 AI を選んだ割合」の差を示している。「+」の表記は、自分の診断よりも比較対象の診断で世界型 AI が忌避されていることを示す。「-」の表記は、自分の診断よりも世界型 AI が選好された診断対象である。

いずれの国でも、自分自身よりも子供の診断に対しては個人型 AI の利用を望んでいる (世界型 AI を忌避している)。その逆に、友達や他人に対しては世界型 AI の利用を望んでいる。特に他人の診断は、自分自身の診断と比べて世界型 AI を選好する傾向がある。

言い換えると、「+」の表記が示す診断対象は、自分よりも抗生剤を気軽に使ってほしい (自分よりも大事に思っている) 対象だとみなせる。その逆に「-」の表記の診断対象に対しては、抗生剤をなるべく控えるという協力的行動を望んでいる。

表 2. 自分の診断と比較した AI の選好

	自分との比較対象				
	家族	子供	恋人	友達	他人
JPN1	+ ***	+ ***	+ **	- ***	- ***
JPN2	+ ***	+ ***	+ **	- ***	- ***
US	- **	+	-	- ***	- ***
UK	+	+ ***	+ *	- *	- ***
SWE	+ **	+ ***	+ **	- *	- ***
TWN	+	+	-	- ***	- ***
AUS	-	+	+	- *	- ***
BRA	-	+ ***	+	- ***	- ***
RUS	+	+ **	+	- ***	- ***

5.3 社会的ジレンマの観測

自分と他人の診断で選好された AI の組み合わせから、回答者を 4 つのカテゴリーに分類した (図 6)。

5.3.1 理想追求型 (自分：世界型、他人：世界型)

自分と他人の診断の両方に世界型 AI を選択した回答者で、各国回答者のうち 14.0~28.9% を占めた。回答割合が最も高かったのはブラジルの 28.9% で、最も低かったのはロシアの 14.0% であった。世界的な耐性菌問題の重要性を認識

しており、耐性菌問題に対抗するための唯一の理想的な回答を選択している。

5.3.2 個人尊重型 (自分：個人型、他人：個人型)

自分と他人の診断の両方に個人型 AI を選択した回答者で、各国回答者のうち約半数 (47.4~67.0%) を占めた。これは 4 つのカテゴリーの中の多数派である。回答割合が最も高かったのはロシアで 67.0%、最も低かったのはイギリスで 47.4% だった。この集団は、耐性菌問題よりも、(自他の区別なく) 個人の治療を優先する態度を見せている。

5.3.3 フリーライダー型 (自分：個人型、他人：世界型)

自分の診断には個人型 AI を選んだが、他人の診断では世界型 AI を選んだ回答者である。この回答を選んだ者は、世界的な耐性菌問題の重要性を認識しつつも、自分の診断の際には耐性菌問題を考慮してほしくないという社会的ジレンマに曝されている。このようなフリーライダーの存在は、抗生剤使用の背景に社会的ジレンマが存在することの証左である。フリーライダー型の回答者は各国の全回答者のうち 14.5~27.5% を占めた。回答割合が最も高かったのは日本 (2 回目) の 27.5% で、最も低かったのはブラジルの 14.5% だった。この集団は短期的に見れば最も合理的な選択肢を選んでる。

5.3.4 お人よし型 (自分：世界型 AI、他人：個人型)

自分の診断に世界型 AI を選び、他人の診断に個人型 AI を選んだ回答者である。自分は協力するが他人には協力を強くないという意味で、経済的に不合理な選択肢を選んでる。各国回答者のうち 3.0~5.3% しかいない。

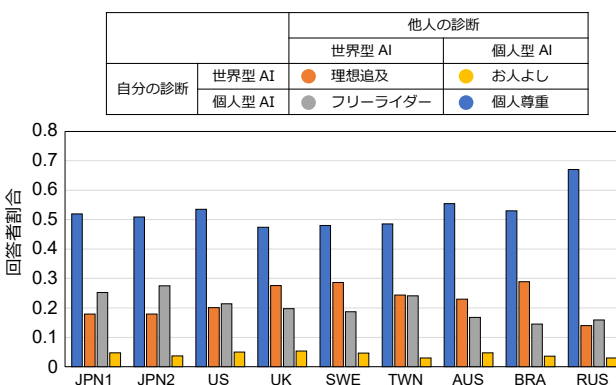


図 6. 各国の回答者割合 (カテゴリー別)

5.4 社会的ジレンマの可視化と国際比較

各国・地域で推定される社会的ジレンマの強さと耐性菌の潜在的リスクの可視化を試みた。横軸を自分の診断に対して個人型 AI を選択した割合とし、縦軸を他人の診断に対して個人型 AI を選択した割合とし、散布図を描いた (図 7)。

5.4.1 社会的ジレンマの強度

この散布図において、対角線より右下の領域は、他人の診断に対して個人型 AI を選んだ割合よりも自分の診断に個人型 AI を選んだ割合が高い集団である。他人と自分で個人型 AI を選んだ割合の乖離が大きいほど、その集団は対角線から右下に離れた領域にプロットされることになる。

したがって、対角線とプロットとの間の距離を社会的ジレンマの推定強度とみなすことができる。これは社会的ジレ

シナメの強度の数学的な定義ではないが、本研究のように現実世界における利得行列を把握することが困難な議題において、社会的ジレンマの強さを推定する最も有効な方法だと考えた。

5.4.2 耐性菌の潜在リスクの大きさ

この散布図上では、自分と他人の両方の診断に対して個人型AIを選んだ割合が高い集団が右上の領域（個人尊重）にプロットされる。同様の考え方で、自分と他人の両方の診断に対して世界型AIを選んだ割合が高い集団が左下の領域（理想追求）にプロットされる。

つまり、右上にいくほど耐性菌の潜在リスクは大きい、個人を優先する治療が受けられる社会（自分も他人も我慢せず抗生剤を使って良い社会）が望まれている集団である。その逆に、左下にいくほど耐性菌の潜在リスクは小さい、個人を優先する治療は受けづらい社会（自分も他人も我慢してなるべく抗生剤の使用を控える社会）が望まれている集団である。

まずは、各国・地域の集団を性別で分けて散布図上にプロットした。結果、全てのプロットが対角線よりも右下の領域に位置していた（図7）。したがって、いずれの性別においても、社会的ジレンマが存在しているとみなすことができる。

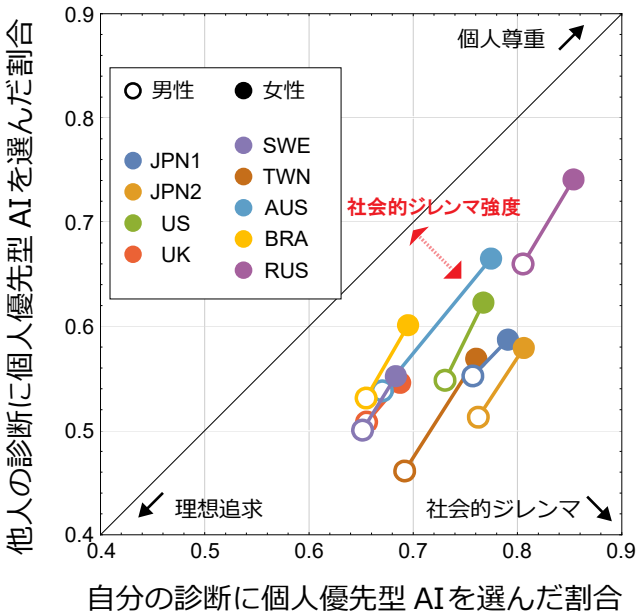


図7. 社会的ジレンマの強度（性差）

男女のどちらかが極端に対角線から離れている（社会的ジレンマが強くなっている）ようなプロットは描かれなかった。一方で、いずれの国・地域でも男性が左下に、女性が右上に位置していた（図7）。つまり、本稿の4つのカテゴリで言い換えれば、男性は女性よりも理想追求的であり、女性は男性よりも個人尊重的である。

ロジスティック回帰分析から、女性が男性に比べて自分にも他人にも個人型AIを有意に選好していることが分かった（図8）。

このような回答傾向に、国・地域に依らない特徴的な性差が見出されたことは興味深い。

		オッズ比 (95% 信頼区間)	P値
JPN1	自分	1.217 (1.065, 1.390)	0.004
	他人	1.160 (1.036, 1.297)	0.010
JPN2	自分	1.306 (1.140, 1.496)	< .001
	他人	1.314 (1.175, 1.469)	< .001
US	自分	1.223 (1.074, 1.392)	0.002
	他人	1.367 (1.220, 1.531)	< .001
UK	自分	1.159 (1.029, 1.305)	0.015
	他人	1.165 (1.042, 1.302)	0.007
SWE	自分	1.161 (1.036, 1.301)	0.010
	他人	1.238 (1.112, 1.378)	< .001
TWN	自分	1.417 (1.199, 1.674)	< .001
	他人	1.552 (1.336, 1.802)	< .001
AUS	自分	1.721 (1.442, 2.033)	< .001
	他人	1.725 (1.475, 2.016)	< .001
BRA	自分	1.202 (1.073, 1.346)	0.001
	他人	1.331 (1.195, 1.482)	< .001
RUS	自分	1.427 (1.236, 1.648)	< .001
	他人	1.493 (1.327, 1.680)	< .001

図8. 自他の診断への個人型AI選好の性差

次に年代に着目する。全てのプロットが対角線よりも右下の領域に位置しているため、いずれの年代においても、社会的ジレンマが存在している。性別と同様に、年代によって極端に対角線から離れているようなことはなかった。一方で、いずれの国・地域でも若年層の方が左下に、高齢層が右上に位置しているように見える（図9）。若年層は高齢層よりも理想追求的であり、高齢層は若年層よりも個人尊重的である。

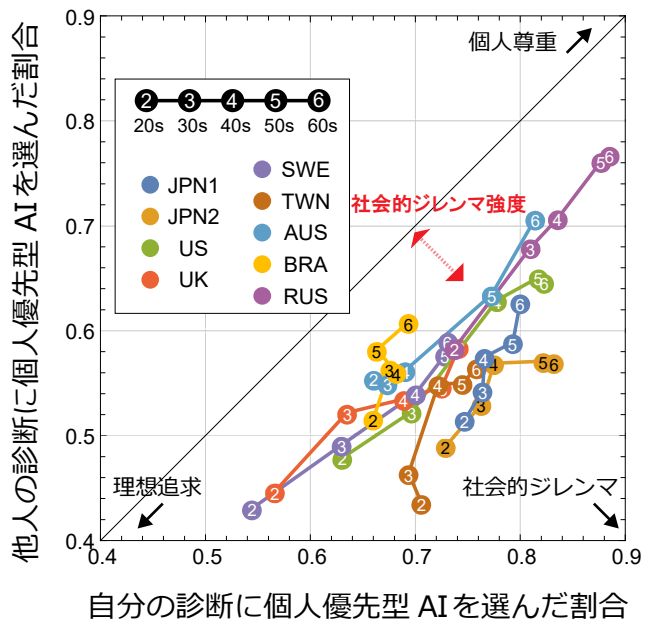


図9. 社会的ジレンマの強度（年代差）

ロジスティック回帰分析からはブラジルを除いた各国・地域で、高齢層は若年層に比べて自分にも他人にも個人型AIを有意に選好していることが分かった（図10）。

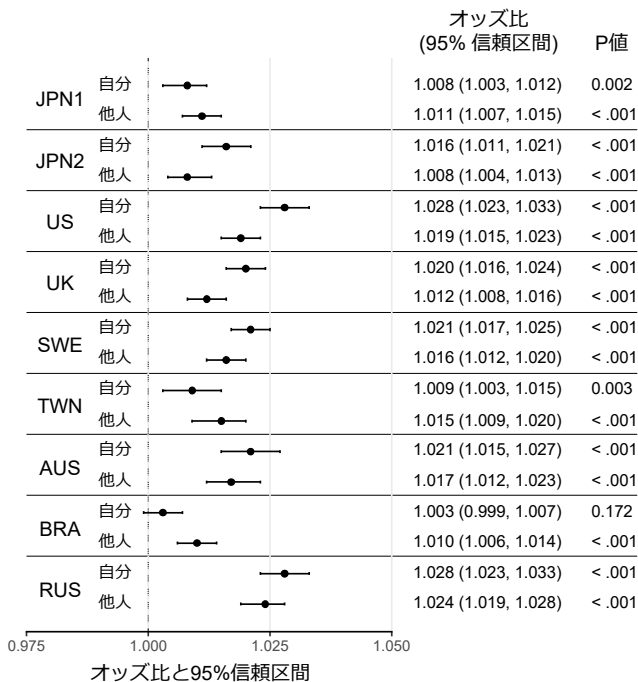


図 10. 自他の診断への個人型 AI 選好の年代差

6. 議論

調査結果から、「自分は個人型 AI に診断してほしいが、他人には世界型 AI に診断してほしい（自分は気軽に抗生剤を使用したいが、他人にはなるべく控えて欲しい）」という回答をしたフリーライダーの存在が確かめられたことで、抗生剤使用の背景に社会的ジレンマが存在することを示すことができた。

6.1 公衆衛生の社会的ジレンマ

意外なことに、短期的には最も合理的な選択肢であるフリーライダー戦略は各国・地域の 14.5~27.5%にとどまった。当初の予想では、フリーライダー戦略は 100%ではないにしても、その合理性から回答者全体の半数以上を占めると考えていた。しかし結果は、ほとんどの人がフリーライダーの選択肢を選ばなかった。

これも意外だったが、いずれの国・地域でも約 50~70%を占めたのは自分と他人の診断の両方に個人型 AI を選択した回答であった。この個人尊重型の回答者は、「自分も他人も、抗生剤の使用を控える必要はない」と考えていると予想され、世界規模の耐性菌問題よりも個人を優先した治療を受けられる世界を望んでいる。そして、自分自身の健康を完全に私的な私有財 (private good) であると認識しており、見知らぬ他人の健康も純粋にその人自身の私有財であると認識し、互いに尊重しあっている。だからこそ、他人の診断にも個人型 AI を選択しているのだと考えられる。

ここでの問題は、感染症疫学の文脈では、個人の健康状態は社会から見れば公共財 (Public good) としてみなされる点である。人から人へ伝播する感染症によって公衆衛生が脅かされる以上、個人の健康は私有財としてだけではなく、周囲の人の健康にも影響を与える公共財の側面をもつ。この研究では、「個人の健康はその人自身の私有財であると同時に公共財でもある」という部分に、感染症における本質的な難しさがあることが示された。

6.1.1 ワクチン接種ジレンマとの違い

パンデミックが関連する社会的ジレンマの一例として、2004 年に体系化されたワクチン接種ゲームがある[16]。これは、他者のワクチン接種によって集団免疫が確立されれば、ワクチン接種の費用や副反応のコストを支払わないフリーライダーも感染を回避できるという社会的ジレンマに着目したもので、予防的かつ自発的ワクチン接種と集団免疫の議論でよく研究されている[17]。

ワクチン接種ゲームでは、自発的なワクチン接種行動 (協力的行動) によって生じる「集団免疫」が公共財になる。一方、本研究が注目している社会的ジレンマの概念では、「有効な抗生剤のレパートリー」や「(耐性菌のない) 公衆衛生」そのものを公共財とみなしている点でワクチン接種ゲームと異なる。また、本研究ゲーム構造は、抗生剤が普及した 1940 年代以来続くゲームであることから、季節性インフルエンザのように流行期の前にワクチンを打つか否かを判断するワクチン接種ゲームとは構造が異なる。

このように異なる点はあるが、公衆衛生を考える際に社会的ジレンマ重要な視点である。

6.1.2 畜産業との違い

現在、畜産業における抗生剤の過剰使用も問題になっている。しかし、本研究で注目している過剰使用の問題は、それとは異なる問題であることに注意してほしい。

一部の抗生剤は、家畜 (牛、豚、鶏、魚など) の成長を促進させるために、かつ偶発的な感染を避けるために過剰に使用されている[18]。故にここには、安易に抗生剤を使用するフリーライダー畜産家が、抗生剤の使用を控える畜産家よりも多くの利益を得るというゲーム構造がある。これは典型的な共有地の悲劇であり、合理的な意思決定が耐性菌のパンデミックを引き起こすという本研究の視点と近いゲーム構造を持つ[5]。

しかし、調査結果を見てみると、自分自身の健康に関する問題は畜産業のような経済活動とは異なる意思決定が下されていることが分かる。合理的なフリーライダー型の選択肢を選んだ割合は多数派を占めず、互いに非協力を選ぶ (個人尊重型の) 選択肢が過半数を占めていた。つまり、健康の問題は単なる経済活動とは一線を画した倫理的に複雑な問題であり、経済的に合理的に見える選択肢が必ずしも選ばれるわけではないことを本研究は示している。

6.1.3 プレイヤーは誰か (病院間・医師間のジレンマ)

これまでの研究でも、耐性菌問題の背景にある社会的ジレンマについて指摘した研究はある。ここで重要なのは、これまでの研究では、耐性菌問題 (抗生剤使用) の背景にある社会的ジレンマを全て国家間・病院間・医師間のレベルで起きるものだとみなしていたことだ。

例えば、Smith et al. 2005 は病院をプレイヤーとみなして、どれだけの労力を割いて耐性菌の院内感染対策をするかというゲームを開発した[19]。その後、Colman et al. 2019 と Diamant et al. 2021 によって医師をプレイヤーとした抗生剤処方ゲームが開発・拡張された[20,21]。これらは抗生剤を処方する側をプレイヤーとみなしたゲームを想定しており、市民をゲームのプレイヤーとみなしている本研究とは異なる。労力を割いて耐性菌問題に取り組む (協力する) 病院や医師と、労力を惜しんで抗生剤を安易に処方してしまうフリーライダーが発生する問題として捉えている。確かに、

抗生剤の処方権を持つ医師がしっかりと処方を管理すれば耐性菌問題は解決できるという考え方もある。

しかし、インフォームド・コンセントが確立された社会では、患者自身が治療方針を決定することができるため、市民間の社会的ジレンマを無視することはできない。その意味で本研究は、市民の中にある社会的ジレンマの認識と存在を明らかにした最初の研究である。

6.2 AI という設定について

本研究では、抗生剤使用の背景にある「抗生剤を使いたい」という本音と「抗生剤は控えなくてはいけない」という建前を抽出することで、その本音と建前の乖離から社会的ジレンマの実態把握を試みた。このとき、回答者からの率直な回答を得るために、いくつか工夫した部分がある。

第一に、質問票ではトロッコ問題のように直接の死亡人数を明示することなく、診断AIの利用に関する質問として配信した。これにより、「1人よりも10人を救う」のように人命の数を比較して即座に論理的な導出をすることのないようにすることで、回答者の直感的な選択肢を収集できるよう努めた。

第二に、質問票の登場人物を人間の医師ではなく医療診断AIとした。これによりまず、国・地域で異なる医療制度や、個人ごとに異なる医師に対するイメージから生まれるバイアスの排除を試みた。加えて、「お医者さんがくれた薬は飲むし、くれなければ飲まない」のように、抗生剤の使用に関する問題を全て医師に転嫁することはできないようになる。

将来的には、世界型AIと個人型AIにするのではなく、同様の仕様で診断する人間の医師を想定して、「どちらの医師に診察してほしいか」という質問にするという方法も考えることができる。

6.2.1 性差と年代差

興味深いことに、AIの選好には性差と年代差があった。女性は男性よりも、高齢層は若年層よりも自他の診断に対して個人型AIを好んでいた。なぜこのような性差と年代差が生じたのか、その理由を本研究は明確に示すことはできない。ただし、このような性差と年代差が、AIに対する考え方の違いを反映している可能性は議論できる。例えば、男性や若年層は、女性や高齢層よりもAIと接する機会が多く、AIに対してより好意的な印象を持つことが知られる[22,23]。男性や若年層が世界型AIを選好することは、AIに対する好意的な印象に由来するとも考えられる。その逆に、目の前の患者を最優先してくれる個人型AIは人間の医師に近い振る舞いをすると受け止めることができるため、女性や高齢層から選好されることに繋がった可能性がある。

6.3 調査時期について

6.3.1 新型コロナウイルス感染症の影響

新型コロナウイルス感染症のパンデミックによって、公衆衛生の社会的ジレンマに関する市民の意識が変わった可能性があった。そこで、本研究では、コロナ禍が本格化する前(JPN1:2020年1月8日~10日)と後(JPN2:2020年7月1日~7日)で調査した結果を比較したが、定性的な違いは見られなかった。コロナ禍ではワクチンに対する様々な意見が飛び交ったが、耐性菌の問題までには意識の変化を及ぼさなかったと考えられる。同時にこれは、

コロナ禍で議論が盛んになったワクチンの存在に比べて、耐性菌問題の認識が広がっていないことの表れかもしれない。将来的には、耐性菌の被害が拡大して、耐性菌の問題が大きく報道されて知名度が上がった後には、同じ質問票から異なる調査結果が表れてくる可能性は残る。

6.3.2 生成AIの普及時期の影響

本調査の実施時期は、ChatGPTをはじめとした生成AIがまだ広く一般にまでは普及していなかったタイミングである。つまり、現在は既にAIと言え生成AIを前提に議論することが多くなってしまったが、調査時はまだAIという存在があくまで仮想的な存在だった。したがって、「AI(エーアイ)」という言葉に対するイメージが、調査時期と現在では大きく異なる点に留意する必要がある。AIに対するイメージの変化がどの程度結果に影響を及ぼすかは不明であるが、本質問票を用いて数年ごとに継続的に調査していくのも興味深い研究となるかもしれない。

7. 結論

本研究では、抗生剤使用の背景にある社会的ジレンマを観測し、可視化して国際比較することに成功した。

「他人には抗生剤の使用を控えて欲しいが、自分は抗生剤を気軽に使用したい」と回答した者は全体の約15~30%を占めていた。彼らの存在は、抗生剤使用の背景に社会的ジレンマが存在していることを示している。

意外なことに、最も多かった回答は「自分も他人も抗生剤の使用を控えてよい」というもので、全体の約50~70%を占めていた。つまり、回答者の過半数は、世界規模の耐性菌問題よりも個人の望む治療が受けられる社会を望んでいる。したがって、自らの治療を患者自身が決めることができるインフォームド・コンセントの発達した社会では、たとえ高精度の医療診断AIが実用化されたとしても、倫理的障壁から抗生剤の過剰使用には歯止めがかからない可能性が高い。

8. おわりに

本研究が着目した社会的ジレンマには、「自分や大切な人にだけは苦しんでほしくない・早く治ってほしい」という願いと「身内以外の他人には抗生剤を使わせたくない」というエゴが包括されている。そして、このような社会的ジレンマは、抗生剤を使う・使わないを自ら選択できる自由があるときにしか生じない。そのため筆者は、自由な社会でこそ生じる社会的ジレンマを、必ずしも悪い存在だとは考えていない。しかしながら、社会的ジレンマが引き金となって耐性菌のパンデミックに至る可能性があることは無視できない事実である。故に、これまで抗生剤を処方する医療側だけで議論されてきた耐性菌の問題を、これからは「どのような治療を受けられる社会を望むのか」という問題として社会全体で考えていく必要があるだろう。なぜなら、抗生剤使用による耐性菌の出現・拡散という問題は、環境問題と同様に、全市民・全人類が否応なく参加させられてしまう秩序問題(ゲーム)だからである。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23KK0210, 22H01713, 21H01575, 21K03387, 19KK0262, 19K04903, 18K03453, 17H04731 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Ito H, Wada T, Ichinose G, Tanimoto J, Yoshimura J, Yamamoto T, Morita S. "Social dilemma in the excess use of antimicrobials incurring antimicrobial resistance" *Sci Rep*, 12: 21084 (2022).
- [2] O'Neill J. "Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations" The Review on Antimicrobial Resistance, Government of the United Kingdom (2016).
- [3] Antimicrobial Resistance Collaborators. "Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis" *Lancet* 399: 629–655 (2022).
- [4] Tsuzuki S, Matsunaga N, Yahara K, Gu Y, Hayakawa K, Hirabayashi A, Kajihara T, Sugai M, Shibayama K, Ohmagari N. "National trend of blood-stream infection attributable deaths caused by *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in Japan" *J Infect Chemother* 26: 367–371, (2020).
- [5] Jamrozik E, Selgelid M. (Eds.) "Ethics and Drug Resistance: Collective Responsibility for Global Public Health" Springer (2020).
- [6] WHO. "Global Action Plan on Antimicrobial Resistance" WHO Press, 2015.
- [7] WHO. Antimicrobial resistance. 2021; <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- [8] Davey P, Brown E, Charani E, Fenelon L, Gould IM, Holmes A, Ramsay CR, Wiffen PJ, Wilcox M. "Interventions to improve antibiotic prescribing practices for hospital inpatients" *Cochrane Database Syst Rev*. (4):CD003543 (2013).
- [9] Rawson TM, Moore LSP, Zhu N, Ranganathan N, Skolimowska K, Gilchrist M, Satta G, Cooke G, Holmes A. "Bacterial and Fungal Coinfection in Individuals with Coronavirus: A Rapid Review To Support COVID-19 Antimicrobial Prescribing" *Clin Infect Dis*. 71: 2459–2468 (2020).
- [10] Goff DA, File Jr TM. "The risk of prescribing antibiotics "just-in-case" there is infection" *Seminars in Colon and Rectal Surgery*. 29: 44–48 (2018).
- [11] McGow CJ. "Prescribing antibiotics "just-in-case" must be tackled to slow rise in antibiotic resistance" *BMJ* 364: 1553 (2019).
- [12] Tsuzuki S, Kimura Y, Ishikane M, Kusama Y, Ohmagari N. "Cost of inappropriate antimicrobial use for upper respiratory infection in Japan" *BMC Health Serv Res*. 20: 153 (2020).
- [13] Hardin G. "The tragedy of the commons" *Science* 162: 1243–1248 (1968).
- [14] Bonnefon JF, Shariff A, Rahwan I. "The social dilemma of autonomous vehicles" *Science* 352: 1573–1576 (2016).
- [15] Awad E, Dsouza S, Kim R, Schulz J, Henrich J, Shariff A, Bonnefon JF, Rahwan I. "The moral machine experiment" *Nature* 563: 59–64 (2018).
- [16] Bauch CT, Earn DJ. "Vaccination and the theory of games" *Proc Natl Acad Sci USA*. 101: 13391–13394 (2004).
- [17] Tanimoto J. "Sociophysics approach to epidemics" Springer (2021).
- [18] Van Boeckel TP, Brower C, Gilbert M, Laxminarayan R. "Global trends in antimicrobial use in food animals" *Proc Natl Acad Sci USA*. 112: 5649–5654 (2015).
- [19] Smith DL, Levin SA, Laxminarayan R. "Strategic interactions in multi-institutional epidemics of antibiotic resistance" *Proc Natl Acad Sci USA* 102: 3153–3158 (2005).
- [20] Colman AM, Krockow EM, Chattoe-Brown E, Tarrant C. "Medical prescribing and antibiotic resistance: A game-theoretic analysis of a potentially catastrophic social dilemma" *PLoS One* 14: e0215480 (2019).
- [21] Diamant M, Baruch S, Kassem E, Muhsen K, Samet D, Leshno M, Obolski U. "A game theoretic approach reveals that discretizing clinical information can reduce antibiotic misuse" *Nat Commun*, 12: 1148 (2021).
- [22] Selwyn N, Gallo Cordoba B. "Australian public understandings of artificial intelligence" *AI & Soc* 37: 1645–1662 (2022).
- [23] Yigitcanlar, T, Degirmenci K, Inkinen T. "Drivers behind the public perception of artificial intelligence: insights from major Australian cities" *AI & Soc* (2022).