



Title	「科学技術と社会」の将来を見据えた授業デザインと実践：シリアスゲーム教材の制作とトランスサイエンス
Author(s)	鹿野, 祐介; 武田, 浩平; 肥後, 楽
Citation	大阪大学高等教育研究. 2023, 11, p. 11-22
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91123
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

「科学技術と社会」の将来を見据えた授業デザインと実践

— シリアスゲーム教材の制作とトランスサイエンス —

鹿野 祐介^{*1}・武田 浩平^{*2}・肥後 楽^{*3}

Design and Implementation of a Course for the Future of “Science, Technology and Society”: Creating Serious Game Materials and Trans-Science.

SHIKANO Yusuke^{*1}, TAKEDA Kohei^{*2}, HIGO Konomi^{*3}

近年、「科学技術と社会」への関心の高まりとともに、文理の垣根を越えた学際的な人材育成が求められている。著者らは、学際的な人材育成の一環として、早い段階からの異分野協働への意識づけを企図し、大学1年生を対象に、学生が協同してトランスサイエンスをテーマとしたシリアスゲーム教材を制作する授業「科学技術と社会の将来を考える」の設計・実践を行った。本稿では授業設計および実践の概要を報告するとともに、学生の制作したシリアスゲーム教材や授業課題・アンケートの分析を行う。結果として、段階的な授業展開が学生の概念理解に貢献すること、トランスサイエンス領域における諸課題が倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal, Social Issues : ELSI）と概ね一致したものとして学生に理解されていること、学生の主体性が授業設計によって学生自身が自覚できる仕方で生み出していることなどが明らかとなった。本研究は、学際的な人材教育の一事例として「科学技術と社会」に関する今後の教育実践に貢献するために、その実践と分析の結果を報告する。

キーワード：科学技術と社会，シリアスゲーム，トランスサイエンス，異分野協働，ELSI，大学教育

In recent years, due to growing interest in “Science, Technology and Society (STS)”, there has been an increasing demand for interdisciplinary education that goes beyond the boundaries of the humanities and science. Therefore, as part of interdisciplinary education with the aim of raising awareness of interdisciplinary collaboration from an early stage, we designed and taught a course called ‘Deliberating on the Future of Science, Technology and Society’ for first-year university students. The course included collaboration among students to create serious game as learning materials on the theme of trans-science. In this paper we present an overview of the course design and implementation, as well as an analysis of the serious games produced by the students, class assignments and questionnaires. These results suggest that the incremental approach of the course helped students improve their conceptual understanding, that their understanding of various trans-scientific issues aligned with Ethical, Legal and Social Issues (ELSI), and that the course design promoted student autonomy by making them aware of their own learning process.

Keywords : serious game, STS, interdisciplinary education, ELSI

所 属：^{*1}大阪大学COデザインセンター ^{*2}大阪大学社会技術共創研究センター ^{*3}大阪大学21世紀懐徳堂／社会技術共創研究センター

Affiliation：^{*1}Center for the study of Co* Design, Osaka University ^{*2}Research Center on Ethical, Legal and Social Issues, Osaka University ^{*3}Kaitokudo for the 21st Century/ Research Center on Ethical, Legal and Social Issues, Osaka University

連絡先：shikano@cscd.osaka-u.ac.jp（鹿野 祐介）

1. はじめに

2021年、科学技術基本法の改正に伴い、「人文科学のみに係るものを除く」という人文科学除外規定が削除され、第6期科学技術・イノベーション基本計画では、人文社会科学と自然科学の知識の融合による「総合知」と呼ばれる知の在り方が提示された⁽¹⁾ (中村 2021)。このように、日本の科学技術政策では、学際領域における異分野協働および文理の垣根を越えた人材育成を重視する方向へと大きく舵が切られている。

学際融合教育として、例えば、大阪大学では、大学院生を対象として、専門性を幅広く活用するための大学院副専攻プログラムや大学院等高度副プログラムが展開されている。なかでも、「政策のための科学」推進事業の一環として2012年より開始された教育プログラム「公共圏における科学技術・教育研究拠点 (STiPS)」では、科学技術の倫理的・法的・社会的課題 (Ethical, Legal, Social Issues: ELSI) に関する異分野協働の研究および教育のもと、政策形成に貢献しうる学際的な人材育成が進められている⁽²⁾。また、2019年からは学部1年生を対象としてアカデミック・スキルズの指導を含む少人数制セミナー「学問への扉 (マチカネゼミ)」が開講されており、文理の垣根を超えた人材育成も始まっている⁽³⁾。

著者らは大阪大学初年次教育の必須科目として設定されている少人数セミナー型授業マチカネゼミ「学問への扉」に「科学技術と社会の将来を考える」(以下、本授業)と題した授業を提供した。

本稿では、著者らが実施した本授業の教育実践についての報告を行う。また、学生による課題への回答や制作されたシリアスゲーム教材、授業アンケートの分析を通じて、著者らの展開した授業が、学生のトランスサイエンス理解や授業体験にいかなる効果があったかを検証する。

2. 授業開発

2.1. 授業の位置づけ

著者らが授業を実施した「学問への扉」は、大学に入学したばかりの一年生に、それまでの受動的な学びから、高等教育における主体的な学びへと意識転換を促す機会として設定されており、大学における専門的な学びに触れるとともに、アカデミック・スキルズの初歩を学ぶことが想定されている。250以上設置されたクラスの候補から、学生自身が興味のあるものを希望して受講す

る必修科目で、一クラスが15名前後の少人数規模で実施される。この少人数セミナーでは、基本的に様々な学部の学生が混ざり合う設計になっているため、異分野の学生との交流のなかで多様な視点や考え方を学ぶこともできる。

著者らが実施する授業では、「科学技術と社会の将来を考える」という題目のとおり、科学技術と社会が交錯する領域を焦点化した。この領域は、科学によって問うことができても、科学によって答えることができないという意味で、科学を超越した「トランスサイエンス」と呼ばれる領域であり、そこでは様々な倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) が見出される (Weinberg 1972; 小林 2007)。

著者らはELSIに関する異分野間での協働形成や実践研究を通じて、専門家間での用語法や問題関心の相違、「問題の枠組み」についての認識ないしフレーミング⁽⁴⁾の食い違いにもとづく科学コミュニケーション上の問題、あるいは学際領域への問題関心の低さなど、学際領域における異分野協働の困難を目の当たりにしてきた。しかし、学際的な異分野協働を果たし「総合知」を創出するためには、学際領域における諸課題の存在を把握するだけでなく、異分野間での円滑なコミュニケーションやフレーミングの相互承認が必要不可欠である (肥後ら 2021)。そのためには、専門家としての高度な知識だけでなく、学際領域や異分野への関心や協働する人々のフレーミングを敬う姿勢を涵養する機会が求められる (八木ら 2013)。

「学問への扉」は理工系や医歯薬生命系、人文社会科学系など、多分野の学生が文理の垣根を越えて集まるため、相互に異なる問題関心やフレーミングをもつ人が授業を通して出会うことが期待できる。また、大学の初年次教育において、科学技術と社会の関わりに対する多角的な視座を養うことは、将来的に、自身の専門分野以外への目配せにとどまらず、自身の専門分野を俯瞰的に眺めることにもつながるため、極めて有益である。

以上のような問題意識のもと、本授業では、学生がトランスサイエンス領域で見出される諸課題への対応を見据えて、異なる視点や問題関心をもつ他の学生とじっくりと意見を交わし、異分野間でのコミュニケーションや異なるフレーミングと触れる機会を設けることで、学際領域における将来的な活躍のきっかけを提供することを企図した。

2.2. 授業設計

ELSIを含むトランスサイエンス領域における諸課題を取り扱うにあたって、学際的な異分野協働を成立させることが必要不可欠である。しかし、専門家間においてもそこで協働を形成することそれ自体がひとつのハードルとなる。そこで、本授業では、知識の習得だけでなく、協働形成に比重を置き、トランスサイエンス領域における諸課題を見抜き、それらへの対策を検討するというところにとどまらず、それら諸課題を言語化し、他者と共有するというところまでを目標に定めた。

しかし、このような目標を達成するためには、授業設計において、単に知識を習得する機会だけではなく、得た知識を活用する機会や習得された知識を言語化し、他者に伝達する機会が設定されていなければならない。本授業の設計においては、学生が、授業への参加を通じて、トランスサイエンス領域における諸課題に対する洞察を養い、その対応策を他の学生と熟議できる機会を設置するため、最終的な目標をシリアスゲーム教材の制作として設定した。また、その過程において、講義法、シリアスゲーム教材の体験によるアクティブラーニング、シリアスゲーム教材の企画・制作による協同学習（中井2015）、そして、他の学生に向けた体験会による教育の経験学習を取り入れた（Cruess 2008=2012；中島2016）。

科学技術と社会に関わる問題やトランスサイエンス領域の諸課題についての教育実践においては、講義法に加えて、グループワークや課題解決型学習（Problem-Based Learning：PBL）といったアクティブラーニングが活用されている（Lindahl et al. 2011, Hernandez-Ramos et al. 2021）。トランスサイエンス領域における諸課題には単一の「答え」があるわけではなく、知識の不確実性や諸個人の価値観によって、往々にして意見が対立し、その時々で意志決定や解決方法も様々である。そのため、教育の場においても、知識をただ受動的に獲得する学びよりも、能動的に知識を活用し、多角的な視点から自律的に学ぶことが不可欠である。

また、近年では、社会課題についての熟議に関するアクティブラーニングの一手法として、シリアスゲーム教材の活用が実践されている（藤本2007）。トランスサイエンス領域における様々な諸課題を考える上でも、既にシリアスゲーム教材を用いた教育が国内外で行われてきている（Dao-Kroeker et al. 2021；Tsai et al. 2019；水町2018；標葉ら2017）。シリアスゲーム教材を活用する教育上の利点としては、学生に高いモチベーションを喚起できること、社会課題の全体像の把握ができるこ

と、疑似体験による「安全な」失敗ができることなどが挙げられる（藤本2007、矢守2005）。

さらに、より反省的な試みとして、学生自身の興味・関心にもとづいて、シリアスゲーム教材を制作する取り組みが報告されている（標葉ら2018）。シリアスゲーム教材の制作は、扱うテーマや社会課題について十分に理解し、課題の枠組みを抽象化してモデル化する過程が必要になる（Greenblat 1988=1994）。そのため、扱うテーマが同じであっても、シリアスゲーム教材をただ体験するよりも、より一層深い理解と問題意識の醸成が期待される。本授業はこれら先行的な教育実践を参考に、学生の主体的な学びを促進するため、シリアスゲーム教材の制作を最終的な目標に位置づけた。

2.3. 授業展開

学際的な異分野協働においては、知識生産の各フェーズに応じて各自が持つ知識を様々な仕方で総動員することが求められる。そこで、本授業では展開に応じて知識の利活用のチャンネルを適宜変化させ臨機応変に対応しなければならないような授業環境を設計として組み込み、知識の利活用のチャンネル変更を疑似的に体験できるような授業展開を設定した。授業の進行に応じて（Ⅰ）知識の習得、（Ⅱ）知識の活用、（Ⅲ）知識の総合、（Ⅳ）知識の伝達という四段階の発展フェーズを設定し、これに対応する仕方で、講義法、アクティブラーニング、協同学習、経験学習、と段階に応じて異なる授業方法・アプローチを採用している（これらのフェーズ対応と授業計画、授業概要や学習目標等については表1を参照）。

加えて、本授業では学生が対面で集まるという機会を活かし、授業内をグループワークでの調査報告・情報共有を通じた知識のアウトプットの機会として、授業外を情報検索・調査による知識のインプットの機会とする反転授業形式を採用した⁽⁵⁾。また、課題への積極的な取り組みの促進（グループメンバーへの知的貢献）およびフリーライダーの防止といった効果を見込んで⁽⁶⁾、授業内にグループ内での調査報告および情報共有の機会を設定し、授業外課題として行った調査の成果を直接的に授業および同じグループで協働する他者に還元できる仕組みをつくった。

3. 授業実践

本授業の受講学生の総数は15名で、所属学部の内訳は人間科学部7名、外国語学部2名、薬学部1名、基礎

表1 授業の全体像

授業計画 および 進行ごとの取り組みの推移			講義	AL	協同	経験
第1回	4月13日	授業ガイダンス：講義「科学技術と社会」	(I)			
第2回	4月20日	アカデミックリサーチ基礎：講義「情報収集と調査報告」				
第3回	4月27日	トランスサイエンス入門：講義「科学技術と社会のあいだの課題」・熟議型グループワーク				
第4回	5月11日	トランスサイエンス実践 (1)：アクティブラーニング「Democsの体験」	(II)			
第5回	5月18日	トランスサイエンス実践 (2)：アクティブラーニング「iPS細胞かるたの体験」				
第6回	5月25日	トランスサイエンス実践 (3)：アクティブラーニング「nocobonの体験」・講義「ゲーム教材」				
第7回	6月1日	シリアスゲーム教材の企画 (1)：グループ結成・個人企画書検討・テーマ決定・情報収集	(III)			
第8回	6月8日	シリアスゲーム教材の企画 (2)：企画会議・情報収集・熟議型グループワーク				
第9回	6月15日	シリアスゲーム教材の企画 (3)：企画会議・グループ内中間発表・熟議型グループワーク				
第10回	6月22日	中間報告会：企画書発表・相互フィードバック				
第11回	6月29日	シリアスゲーム教材制作 (1)：教材制作・熟議型グループワーク				
第12回	7月6日	シリアスゲーム教材制作 (2)：教材制作・熟議型グループワーク				
第13回	7月13日	制作発表会 (1)：デモ実演・体験会・相互フィードバック	(IV)			
第14回	7月20日	制作発表会 (2)：デモ実演・体験会・相互フィードバック				
第15回	7月27日	総括：授業アンケート・フィードバック・コメント「異分野コミュニケーションについて」				
授業の目的と概要			<p>科学技術がひとつのまちにこまれば、私たちの生活や社会はさまざまな仕方では影響を受けます。科学技術は、私たちの生活や社会に好影響を及ぼすだけでなく、悪影響を及ぼすこともあります。しかし、その影響がよいものか悪いものかは立場に応じて評価が異なります。では、私たちがどのような影響を受けるべきかを誰が決めるのがよいのでしょうか。</p> <p>科学技術を私たちの生きる社会との関係で考えると、科学で問いを立てることはできても、科学だけでは答えることのできない課題が数多く見えてきます。それらさまざまな課題を見抜き、その解決策（とまではいかないにしても、対応策や予防策）を様々な立場の人々のあいだでの熟議を通して見つけていく。科学技術において、このような取り組みは極めて重要です。「科学技術と社会の将来を考える」では、教材・教育ツール作成を通じて、このような取り組みを実際に経験してもらい、科学技術と社会の将来について熟議ができる能力・スキルの獲得を目指します。</p> <p>具体的には、次のことを行います。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・科学技術と社会の間で生じる課題を捉える。 ・課題への対応策や予防策を検討しつつ、次の世代（後輩たち）に科学技術と社会の間で生じる課題を伝える方法や工夫を考案する。 ・次の世代の人々が同じ課題を捉え、自分たちより一歩先まで考えることができる教材・教育ツールを作成する。 			
学習目標			<p>①問いの発想と言語化 ：科学技術が社会のなかで直面する諸課題を捉え、疑問の形式で表現できる。</p> <p>②課題の共有と整理 ：科学技術がもたらす諸課題を他者に理解可能な仕方でも共有し、相互に利用可能な形式で整理することができる。</p> <p>③課題を捉え共有するための効果的な提案 ：自ら捉えた諸課題を他者に伝えるための教材・教育ツールを作成し、その手法を他者に提案することができる。</p>			

工学部5名と、学際的な異分野協働という本授業のねらいに合う文理のバランスの取れた配分であった。また、授業実施にあたっては、トランスサイエンス領域の諸課題に対する洞察やフレーミングの擦り合わせ、異分野間コミュニケーションや異分野協働の経験が豊富な研究者6名が参加した⁽⁷⁾。

以下、授業展開に応じた、授業実践の内容について紹介する。

(I) 知識の習得 (第1回～第3回：講義)

科学技術と社会とのあいだにいかなる問題が生じうるか、その視点および「問題の枠組み」としてのフレーミングの形成を目的として、トランスサイエンス領域の諸課題に関する導入となる講義を行った。トランスサイエンス領域の諸課題については事例ベースで紹介しつつ⁽⁸⁾、トランスサイエンスの概念については、定義や理論に関する詳細な説明はあえて避け、情報収集・検索術に関するアカデミック・スキルズを自ら実践的に習得す

ることを意図して、学生が自ら調べて学ぶという自主性にまかせた⁹⁾。なお、次節で紹介するように、このような授業方針は、結果として学生がトランスサイエンスの概念を定義とは異なる仕方で解釈し、そのことが学生間で共有されるという結果につながった。

(II) 知識の活用 (第4回～第6回：アクティブラーニング)

トランスサイエンス領域における課題のフレーミングについて得られた知識を活用することを目的として、科学技術やそれと社会との関係性を題材としたシリアスゲーム教材の体験学習を行った¹⁰⁾。学生には課題として、各シリアスゲーム教材の効果的な使い方やさらなる創意工夫の方法についてのレポートを課し、教材制作者の視点から教材を捉える機会を設定した。

体験するシリアスゲームの選定にあたっては、学習目的の多様さを考慮し、科学コミュニケーションにおける分類のもと、理解増進を促すもの、熟考や熟議を促すもの、協働を促すものという三つの異なるタイプのもとで、Democs (Deliberative Meetings Organised by Citizens：図1)、iPS細胞から見た、コミュニケーション型推理ゲーム nocobon を選定した¹¹⁾ (平川 2012)。このような工夫は結果として、学生が制作するシリアスゲーム教材の多様性を確保することにつながった。



図1 シリアスゲーム「Democs」の体験風景

(III) 知識の総合 (第7回～第12回：協同学習)

これまでの授業フェーズ (I) (II) を通じて習得したトランスサイエンス領域における諸課題についての知識を言語化し、他者と共有しつつ、ひとつの教材へと総合することを目的として、学生グループごとのシリアスゲーム教材の企画・制作を行った。このプロセスでは、フレーミングの異なる異分野協働に加えて、学際的な共同研究を疑似的に体験できるよう、いくつかの工夫を

行った。まず、分野や問題関心の異なる学生同士での協働形成を見据えて、所属分野の異なる学生がチームとなるようにグループ分けを行った。グループは互いの貢献度の明確化やフリーライド防止を見込んで、各3名で構成し、A～Eの合計5グループを形成した。そのうえで、学生各個人に企画書の作成を指示し、グループディスカッションによる意見の擦り合わせとグループとしてひとつの制作をするための企画協議を行わせた。学生は協議を踏まえて、グループごとに制作するシリアスゲーム教材を一つに絞り込み、再度、企画書を作成した後、シリアスゲーム教材の制作に取り組んだ¹²⁾。

シリアスゲーム教材の制作にあたっては、既存のシリアスゲーム教材の体験に加えて、他のシリアスゲーム教材を参考資料として用意し、適宜教員からの助言等を行ったが、制作するシリアスゲーム教材のテーマや形式、目的や使い方の確定については学生の自主的な決定に任せた。ただし、対象群は受講学生と同世代の高校生3年生程度と設定し、その対象群に対して、トランスサイエンス領域における諸課題の認識および熟考を促進するシリアスゲーム教材の制作をミッションとした¹³⁾。

(IV) 知識の伝達 (第13回～第15回：経験学習)

最後に、シリアスゲーム教材の体験を通して、自らの知識が他者に伝達されえたかどうかを検証することを目的とし、制作発表会で他の学生に対してのデモ実演および体験会を実施した。

デモ実演および体験会では、各グループの学生が制作したシリアスゲーム教材をデモンストレーションとして実演し、他の学生が実際に体験プレイを行うという形式をとった。このプロセスにおいて、シリアスゲーム教材から体験した学生にどのような仕方で知識伝達がなされるか、また、制作されたシリアスゲーム教材がその知識伝達にいかにか寄与したかを確かめるため、体験プレイをした学生を含む制作グループ以外の学生による教材評価およびフィードバックを行った。その際、De Bono (1985) による「シックスハット思考法 (Six Thinking Hats)」を導入し、学生がある種のロールプレイのもとで評価を行うことを可能にし、学生同士での評価およびフィードバックへの心理的負担を軽減させた。

各グループの学生が制作・発表したシリアスゲーム教材の概要、ならびに、その政策上の工夫と相互フィードバックの内容は以下のとおりである。

表2 制作されたシリアスゲーム教材と制作上の工夫、相互フィードバック

	シリアスゲーム教材	テーマ・形式・コンテンツ	制作グループによる工夫	相互評価・フィードバック
A	<u>トランスサイエンス ゲームブック</u>	トランスサイエンス課題（AI技術、デザイナーベビー、遺伝子組換え技術）を題材とするゲームブック形式の教材。参加者は、トランスサイエンスに関する重要な選択を迫られるたびに、参加者間で対話を通して選択を重ね、マルチエンディングのストーリーを追う。	トランスサイエンス領域の諸課題に関する各人の意見を引き出すために、プレイヤーの選択によって複数の結末が用意されているゲームブックというゲーム設計がなされている。	「自分の回答によって結末が変わるため、選択場面で真剣に考えることができた」「さまざまな観点から考えられた」など、トランスサイエンスの問題を多面的に考えられるというコメントが寄せられた。
B	<u>世界エネルギー資源 すごろく</u>	世界のエネルギー資源に関するトランスサイエンス課題を題材とするすごろく形式の教材。世界を周遊するマスが用意されていて、マスを進めたり、クイズに挑戦したりしながら世界各国のエネルギー問題やトランスサイエンス課題の帰趨についての知識を得ることができる。	エネルギー開発に関する良い結果と悪い結果とを生事象とコマの進退を関連づけた特殊マスや、進んだマスに合わせたクイズや知識を復習するためのクイズが出題される設計がなされており、ゲーム内で知識の定着が確認できるようになっている。	「テストのようにクイズで知識を復習できたところがよかった」というコメントがある一方、「特殊コマで指示される〈進む・戻る〉の設定や調整が難しそう」という改善コメントも見られた。
C	<u>宇宙開発すごろく</u>	宇宙開発に関するトランスサイエンス課題を題材とするすごろく形式の教材。地球上での宇宙計画や、月や火星の探査を舞台に、宇宙開発にかかる莫大なコストや人類へのベネフィットを学びながら、宇宙開発（科学）と宇宙倫理（倫理）に関する重大な選択を経て、トランスサイエンス課題のフレーミングを形成することができる。	宇宙開発に関するさまざまなテーマをエリアの区分けによりボードの中に組み込み、情報量に応じてコマ数を自由に増減できるという点ですごろくというゲーム形式が選択された。また、開発を進めるか、倫理的配慮を行うか選択機会を設け、ゴールまでの速さだけでなく、開発と倫理の二者択一によるポイント制で勝敗を決めるという工夫もなされた。	開発と倫理の二者択一によるポイント制に対して「計算が大変そう」というコメントがある一方、この工夫のおかげで、プレイヤーに対して意思決定の機会が与えられていることを肯定的に捉えるコメントも複数寄せられた。
D	<u>討論カード 「もしもこれが実現したら？～未来の技術について～」</u>	トランスサイエンス課題（自動運転、クローン技術）について、ディベートを行うための討論カード教材。ランダムに配布された情報カードをもとに、特定の科学技術がもたらすトランスサイエンス課題を知りつつ、科学技術への賛否の態度を決めてディベート討論を行うことにより、得た知識を即座に活用することができる。	科学技術への〈賛成・反対〉の立場が割り振られ、その役割に応じて、色々な立場の登場人物のストーリーを参照しながら自分の意見を形成することが求められるという設計上の工夫が凝らされている。テーマに関する情報カードが用意され、トランスサイエンス領域の諸課題についての知識を持っていなくても討論ゲームに参加できる配慮がなされた。	「情報の伝え方が面白い」「情報量が多くて良い」などのコメントがあった。また、授業内で体験されたDemocsと異なり、配布された役割に応じたロールプレイではなく、あくまで自分の意見を形成するという設計に変更されている点に肯定的な意見が寄せられた。
E	<u>バイオテクノロジー モノポリー</u>	遺伝子組換え作物などバイオテクノロジーの研究開発現場を題材とするモノポリー形式の教材。バイオテクノロジーの研究開発によるコストベネフィットを所持金の増減により直観的に理解すると同時に、研究開発の現場（ラボラトリーライフ）における研究者の苦難を疑似体験することもできる。	バイオテクノロジー開発を焦点化しつつ、不動産関係のマスを研究所などバイオテクノロジーの研究開発に関係する場所に変えたり、チャンスカードを遺伝子組換えに関する事例紹介に変更しながら、モノポリー本来の設定を踏襲する設計がなされた。	科学と倫理との対立図式を展開し、〈科学ポイント〉と〈倫理ポイント〉のポイント制を導入したことで、自らの意思決定時に、トランスサイエンスに対する視点を意識しやすいというコメントが複数寄せられた。

4. 結果と考察

著者らによる授業実践を通じて、受講学生はトランスサイエンスについていかなる理解を抱くに至ったか。また、授業内で制作を行ったシリアスゲーム教材にどのような理解が含まれているか。そして、本授業が学生にとってどのように受け止められたか。以下では、これらについて検証する。

4.1. トランスサイエンス概念についての理解

まず、学生が授業を通じて、トランスサイエンスという概念についていかなる理解を得たのかを確認する。本授業では、学生に対して、知識の習得のフェーズ（I）におけるレポート課題、および、授業最後のフェーズ（IV）で、「トランスサイエンスとは何か」という形式の問いに回答する機会を設定した。なお、先述の通り、学生による自主的な情報収集と積極的な解釈を重要視し、トランスサイエンスに関する理論的な説明などはあえて行っていない。

以下では、受講学生による回答への記述内容をもとに、トランスサイエンスの定義⁽¹⁴⁾についての理解と、その理解が倫理的・法的：社会的課題（ELSI）とどの程度相関するかについて、分類を行った。なお、分類に際して、トランスサイエンスの定義としては、TS^①「科学技術によって問うことができる」、TS^②「科学技術によって答えることができない」に関する言及を、ELSIとしては、E「倫理的課題」、L「法的課題」、S「社会的課題」についての言及をカウントした。その結果は表3のとおりである〔なお、同一学生による複数回の言及は1としてカウントしている〕。ただし、レポート課題としての回答は1週間を期限とするレポート形式で授業外課題として課したものであるのに対し、アンケートはウェブフォーマット入力形式で授業内の20分という時間制限のなかで回答を課したものであるため、両者を単純に比較することはできないということはあらかじめ断っておく。そのうえで、この結果から示唆されることについて検討する。

第一に、トランスサイエンスの定義に関して、「科学によって答えることができない」という点（TS^②）への言及に比して、「科学によって問うことができる」という点（TS^①）への言及が少ないことが見て取られる。その要因として、学生の多くが、TS^①の科学的言語による問いの記述可能性を、科学技術によって実現可能という仕方では解釈していたことが挙げられる。実際、「科学技

表3 トランスサイエンス概念についての理解

タグ	関連するワード	言及した人数 (n=15)	
		レポート課題	アンケート
TS ^①	科学的言語による問いの記述可能性	2 (13%)	2 (13%)
TS ^②	科学的言語による問いの回答不可能性	10 (67%)	8 (53%)
E	倫理的課題	11 (73%)	8 (53%)
L	法的課題	4 (27%)	2 (13%)
S	社会的課題	7 (47%)	7 (47%)

術によって実現可能であるが、」と言及していた学生は7人おり、レポート課題とアンケートの両方でそのような解釈を提示していた⁽¹⁵⁾。また、「科学によって答えることができない」という点（TS^②）に言及していない学生は、トランスサイエンスの「答えが一律に定まらない」という側面に言及していた。

これらのことから示唆されるのは、トランスサイエンスという概念が、ワインバーグによって規定されたような、科学的用語による問いの言語化（事実認識）を超えた課題としてではなく、実現可能であるもののその実現についてはさらなる検討が必要であるという意味で科学技術を超えた問題として理解されているということである。このようなトランスサイエンスについての理解は、学生が制作したシリアスゲーム教材にも反映されており、例えば、すぐろくの選択マスで科学を取るか倫理を取るかという選択を迫るもの（(C)「宇宙開発すぐろく」）や、徳と利益とが数値化され、科学と倫理とが二項対立で提示されるもの（(E)「バイオテクノロジーモノポリー」）が見て取られた。

第二に、トランスサイエンスの概念について、法的課題への言及は少ないものの、倫理的課題や社会的課題との関連で語られていることが多く、その意味で、倫理的、法的、社会的課題（ELSI）とオーバーラップするものとして理解されているということが見て取られる。本授業では、ELSIとの関連についてのバイアスが生じないように、教材やスライドではできる限り「ELSI」という用語を使用しないように徹底していた。それでもなお、学生はトランスサイエンスをELSIとして理解しているという事実は興味深い。

これに関連して、たとえば、「社会に関わる様々な立場によって意見が変わってしまう」や「法整備や政府の方針、周辺住民への影響など、多角的に捉えなければならぬ」、「実用に向けて法整備や話し合いが必要となる」など、立場ごとのフレーミングの相違への気づきや

多様なステークホルダーの包摂の意義、法整備や熟議の必要性など、集計結果にはあらわれないものの、学生のトランスサイエンスに関する理解のうちに、ELSIに関して重要視される論点が含まれていることも見出された。

4.2. シリアスゲーム教材の分析

次に、学生が授業内で制作を行ったシリアスゲーム教材に、トランスサイエンスに関するどのような理解が含まれているかを検討する。

学生が制作したシリアスゲーム教材はいずれも、高校生程度の知識をもっている人であれば誰でも体験できるよう、該当するテーマに関する情報提供が設計上組み込まれている。しかし、各教材で目指される教育目的に応じて、提供されている情報の質や量、内容に差があることが確認された。



図2 学生が制作したシリアスゲーム教材 (B)「世界すごろく」

提供する情報の量を重視したシリアスゲーム教材として、(B) 世界すごろくが挙げられる (図2)。この教材では、世界で生じているエネルギー開発に関する情報がすごろくのマスに書き込まれており、特定のマスでは、既に通過したマスで提示された知識に関する復習クイズが出題される仕組みになっている。このような設計から、エネルギー開発に関するトランスサイエンス領域における諸課題について、プレイヤーが情報を多く取得しそれらを知識として定着させることに重きが置かれた教材であることが読み取れる。

提供する情報の質を重視したシリアスゲーム教材として、(D) 討論カード、(A) トランスサイエンスゲームブックが挙げられる (図3)。討論カードは、特定の科学技術のテーマに関する討論を可能にするため、討論するプ

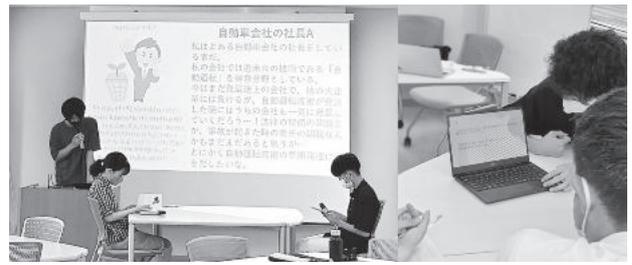


図3 学生が制作したシリアスゲーム教材 (D)「討論カード」、 (A)「トランスサイエンスゲームブック」 (左：討論カード、右：トランスサイエンスゲームブック)

レイヤーに、その科学技術が様々な視点からどのように見えるか、どのような影響があるかを情報カードとして配布する設計になっている。ゲームブックでは、特定の科学技術がもたらす影響の幅をマルチエンディングとして取り込み、複数のプレイヤーがじっくりと意見形成をしながら分岐選択を行える仕組みを取り入れている。このような設計からは、トランスサイエンス領域における諸課題の検討に際して、多様な価値観のなかで熟議を行うことが前提とされていることが読み取れる。また、教材の体験を通して科学技術が社会にもたらす様々な影響についてプレイヤー間に議論を促すことを意図した教材であることも見て取れる。

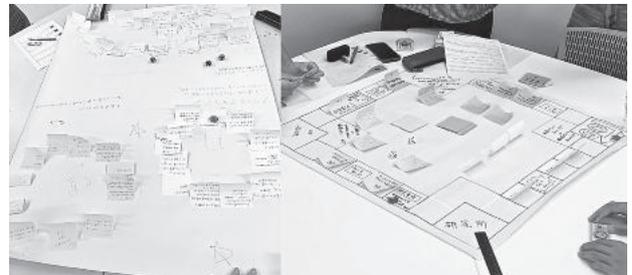


図4 学生が制作したシリアスゲーム教材 (C)「宇宙開発すごろく」、 (E)「バイオテクノロジーモノポリー」 (左：宇宙開発すごろく、右：バイオテクノロジーモノポリー)

提供する情報として、科学技術と社会や倫理とが対立構造にあるという制作者側の解釈が設計に組み込まれたシリアスゲーム教材として、(C) 宇宙開発すごろく、(E) バイオテクノロジーモノポリーが挙げられる (図4)。いずれの教材でも、プレイヤーは科学技術の推進か倫理的配慮かの選択を迫られる⁽¹⁶⁾。科学技術の研究開発及び推進とそれに伴う影響について、社会および倫理という視点から検討する機会を取り入れ、ゲームの勝利条件も科学技術の研究開発および推進に偏った選択によっては満たされないように設定されている。このような設計からは、ゲームプレイを通してプレイヤーがトランスサ

イェンス領域の存在に気づくことを促す教材であるということが読み取れる。また、制作者側に、科学技術の開発推進には必然的に倫理的懸念や社会的課題がつきまとうという理解があることも見て取ることができる。

しかし、科学技術と倫理ないし社会という二項対立が前景化したシリアスゲーム教材では、科学技術がもたらす倫理的課題や社会的課題が多く扱われる一方で、科学技術政策や政策的意志決定、法・ガイドラインの整備といった法的課題が扱われる割合が少ないことも指摘できる。トランスサイエンス領域の諸課題をテーマに学生が制作するシリアスゲーム教材で、倫理的課題や社会的課題が中心的話題となり、法的課題が周縁化したという結果は、前節で触れた、学生によるトランスサイエンス概念の理解において倫理的課題や社会的課題への言及が比較的多く、法的課題への言及が少なかったという結果とも相関している（表3）。

以上のように、学生が制作したシリアスゲーム教材の分析を通して、トランスサイエンス領域の課題への対応において、当該の科学技術に関する知識が重要であるという理解、課題の検討において多様な立場からの熟議がなされるべきであるという理解、科学によって問うことができても、科学によって答えることができない領域が確実に存在するという認識のもとで科学技術は捉えられるべきであるという理解が形成されていることが明らかとなった。また、トランスサイエンス領域の課題は科学技術と倫理や社会という二項対立の図式で捉えられる傾向にあり、それゆえに、法的課題は落とされる傾向があることも示された。

4.3. 授業アンケートの分析

最後に、受講学生にとって、授業全体を通して本授業の体験がどのようなであったかについて、著者らが独自に行った授業アンケートへの回答を用いて検討する。なお、授業アンケートについては、学生間での相互フィードバックと同様、学生の意見形成を促す目的でシックスハット思考法を用いた。

以下では、受講学生によるアンケート回答をもとに、授業に対する肯定的な回答について分類を行った。学生の主体性や自主的な学びへの言及は〈学生本位〉、異なる視点や意見との遭遇についての言及は〈異分野協働〉、グループワークへの言及は〈協同学習〉、段階的な授業展開への言及については〈授業展開〉、教材制作に関する言及については〈アウトプット〉として、それぞれ分類してカウントした。合わせて、トランスサイエンスと

表4 学生の授業体験とトランスサイエンスについての理解

分類	関連するワード	言及した人数 (n=15)
		アンケート
学生本位	主体的な学び 自主性, 少人数制	6 (40%)
異分野協働	異なる視点 異なる分野	5 (33%)
協同学習	グループワーク ディスカッション	3 (20%)
授業展開	ステップアップ	9 (60%)
アウトプット	教材作成 作り上げる体験	3 (20%)
トランス サイエンス理解		12 (80%)

いう概念についての理解を自認する言及についても〈トランスサイエンス理解〉としてカウントした。その結果を表4に示す。

学生の授業体験として言及された内容として、第一に、学生本位な授業展開への言及が複数あったことが挙げられる。「知識を得る場が多く、そのうえで自分の意見を考えさせられた」、「学生の自主的な活動を促す授業内容」など、本授業の授業設計が学生の自主的な学びを促すものであったという回答に加えて、「小人数で主体的に活動できる」、「少人数制であったため、自分が参加しているという意識を強く持つことができた」など、学問への扉の設計として展開される少人数制が学生の主体的な学びに貢献したとする回答もあった。このように、学生が自らの就学態度について自主性や主体性とともに関与できたという点で、本授業が学生の主体的な学びに貢献し得たと評価することができる。

また、グループワークや異分野協働を肯定的に捉える言及も一定程度見受けられた。「ディスカッションが多く、様々な人と意見を交換できた」、「様々なグループでの活動があった」などグループワークの機会が十分に確保されていたという回答や、「自分とは違う考えを持つ人の意見を聞いた」、「理系の分野は普段触れることがないのでその面白さがよく伝わってきた」など、異分野コミュニケーションが有意義であったことを指摘する回答もあった。このように、反転授業で、授業内ではグループワーク中心とした授業展開を行い、異なる学部に所属する学生と接する機会を設けたことが効果的であったことも示唆されている。

本授業の授業展開を肯定的に捉える回答は比較的多かった。「まずトランスサイエンスについて知識を深め、

その後色々なゲーム教材を実際にプレイして、その効果を考えることで、教材を作るときにアイデアが浮かびやすかった」、「授業が進むにつれ少しずつステップアップしたので、あまり難しいと感じず抵抗感なく課題に取り組めた」などの回答があったが、これらの回答は、知識を習得し、それを徐々に拡大し応用するという仕方で授業が展開していったことを学生自身が気づいていることを示している。

特筆すべきは、最後の授業アンケートにおける「授業テーマ」（選択制自由回答欄・自由記述形式）への回答として、本授業のテーマであるトランスサイエンスについて「理解できた」という自認に言及した学生が8割（12名）に及んだということである（なお、その他の学生3名のうち2名は選択制自由回答のため、空欄回答であり、1名は異分野協働の興味深さに関する回答を行っている）。先述の通り、トランスサイエンス概念についての理解の正確性については議論の余地はあるものの、このような自覚的気づきを多くの受講学生のうちに形成できたことは、教育実践を評価するうえで重要な指標である。

以上、本授業を通して、学生がトランスサイエンスに関していかなる理解を得たか、シリアスゲーム教材に、トランスサイエンスに関するどのような理解が含まれているか、授業体験がどのようなものであったかを検証した。これらのことから、本授業の受講学生は、大学入学後間もない時期に、科学技術と社会というテーマのもと、トランスサイエンスという概念について一定の理解を獲得していただけてだけでなく、図らずもトランスサイエンスを通して、ELSIに関する理解を同時に深められていたということが示唆された。また、制作されたシリアスゲーム教材からは、科学技術と社会の将来を考えるうえで、科学技術に関する知識の重要性、多様な立場からの熟議の必要性、サイエンスとトランスサイエンスとの必然的な関係性が示されたことも示唆された。そして、授業アンケートからは、学生が内容理解を伴う仕方で主体的に取り組むことができたという自覚の形成に本授業が貢献しえたことも示唆された。

5. まとめ

本稿では、トランスサイエンス領域における諸課題をテーマに、その課題解決や対応に資する人材の育成への貢献を企図した授業設計およびその実践結果について報

告した。実践に関する分析により、本授業を通して、学生がトランスサイエンス概念についてELSIと関連づく仕方で理解していることが明らかにされた。本授業では「ELSI」という用語を授業内外で用いなかった点で、この関係性が学生自ら発見された点は興味深く、本授業の成果として重要である。また、学生によるシリアスゲーム教材の制作というアウトプットの分析から、次代の人材育成において、科学技術に関する豊富な知識が必要であり、トランスサイエンス領域の存在を認知して、多様な価値観をもつ人々による熟議の場を確保するべきであると学生たちが認識していることが示唆された。

最後に、今後の授業実践の課題について付言しておく。本授業はトランスサイエンスという概念の正確な理解を目的とするものではなかったとはいえ、学生の多くが、多かれ少なかれ、その意味について誤解をしていたということは事実である。この点は今後、講義法による正確な知識のインプットの充実と、知識の定着を確認し、適宜修正する機会の設定が求められる。また本授業では設計上、限られた時間の中で多くの学習プロセスを組み込んだため、なかには反転授業での時間外学習に対する負担を感じる学生もいた。加えて、シリアスゲーム教材の制作に費やす時間が少なく、もう少しじっくり制作を行いたいといったアンケート回答も散見された。そのため、授業展開における時間配分の見直しやシリアスゲーム教材の制作にかかる省力化の工夫を模索していく必要がある。

受付 2022.9.30 / 受理 2023.1.13

謝辞

本研究で、シリアスゲーム教材を制作された学生のみならず、授業担当教員としてご協力くださった水町衣里准教授、八木絵香教授、村上正行教授、ゲーム教材の教育開発についてご助言くださいました標葉靖子准教授、標葉隆馬准教授に心から感謝申し上げます。また本研究は公益財団法人トヨタ財団特定課題プログラム「先端技術と共創する新たな人間社会」の支援を受けています。

註

- (1) 第6期科学技術・イノベーション基本計画における「総合知」の分析については、肥後ら（2021）を参照。
- (2) <http://stips.jp/stips/>（最終確認日 2022年9月30日）
- (3) <https://www.celas.osaka-u.ac.jp/education/gakumon/>（最終確認日 2022年9月30日）

- (4) フレーミングの用語法についてはEntman (1993), 標葉 (2020) を参照.
- (5) 反転授業および授業時間外の学習については中井 (2015), 中島 (2016) を参照.
- (6) フリーライダーは「必要な費用を負担せず便益を得る」人を指し, 授業におけるグループ活動への消極的参加や役割を果たさないにもかかわらず, 積極的に参加し役割を果たす学生と同等の評価を得てしまうという学習評価上の問題が指摘される。(中島 2018, p. 111).
- (7) 参加した教員はELSIに関する協働形成および実践研究を行う研究者で, 専門分野は哲学, 音楽学, 動物行動学, 科学コミュニケーション, 科学技術社会論, 教育学など多岐に渡る.
- (8) 事例として, 自動運転や顔認証などのAI活用テクノロジー, 遺伝子組換えやゲノム編集などのバイオテクノロジー, 海洋資源やエネルギー開発などの国際的な社会課題などを取り扱った.
- (9) アカデミック・スキルズに関しても, 既存のオンデマンド教材を活用するなど, 知識は自ら習得するという研究者の姿勢を促した. 教材として「大阪大学 動画で学ぶスタディスキルズ」や「名古屋大学生のためのアカデミック・スキルズ・ガイド」を紹介した.(全て最終確認日2022年9月30日)
大阪大学 動画で学ぶスタディスキルズ, <https://www.celas.osaka-u.ac.jp/education/support/study-skills/>; 名古屋大学生のためのアカデミック・スキルズ・ガイド <https://www.cshe.nagoya-u.ac.jp/asp/>
- (10) シリアスゲーム教材の体験は, 知識の活用という目的に加えて, (Ⅲ) のフェーズでの, 教材・教育コンテンツの制作に関するヒントや自ら制作するもののイメージや相場観を得るといった目的もあった.
- (11) シリアスゲーム教材の詳細についてはそれぞれ以下を参照 (全て最終確認日2022年9月30日).
Democs, <https://participedia.net/method/1278>; iPS細胞かるた, <https://www.cira.kyoto-u.ac.jp/j/faq/karuta.html>; nocobon (標葉ら 2020), <http://science-interpreter.c.u-tokyo.ac.jp/nocobon/>
- (12) 教材制作の材料として, 一般的な文房具・筆記用具 (ハサミ, カッター, テープ, 定規, マジック, のり等) の他に, ふせん, A0模造紙, 6面サイコロ, マグネットなどを用意した.
- (13) 標葉ら (2018) による先行研究との比較という点では, 専門分化する以前の学部1年生を対象とし, 週1回の授業で実施し, 時間外学習やグループ間で検討する時間を確保したことや, 教員側では積極的な指示や方向修正は行わず, 学生が自ら調査し, 考えるという自主的な学びの機会を確保したということに相違がある.
- (14) 「科学や技術と社会との相互作用の過程で生じる問題の多くは, 例えば, 技術の有害な副作用や, 科学の手続きによって社会問題に対処しようとする試みなど, 科学に問うこと
- はできるが, 科学では答えることができない問題への答えに関わるものである. 私はこれらの問いを「トランスサイエンス的」と呼ぶことを提案する. というのも, 認識論的に言えば, 事実に関する問いであり, 科学の言語で述べることはできるが, 科学では答えることができないからである. それらは科学を超越しているのである.」(Weinberg 1972: 209)
- (15) 仮にTS^①に7人の回答を加算すると, トランスサイエンスの定義に関するTS^①・TS^②への言及比率はおおよそ同程度となる.
- (16) (C) 宇宙開発すごろくでは, 科学技術の開発投資を名目とした資金獲得か, 倫理的配慮による〈徳〉ポイントの獲得かを迫られる設計になっている. (E) バイオテクノロジーモノポリーでは, 進行に応じて, 科学ポイントと倫理ポイントを二者択一で選択することが迫られる設計になっている.

参考文献

- Cruess, R., Cruess, S., & Steinert, Y. (Eds.). (2008=2012). *Teaching Medical Professionalism: Supporting the Development of a Professional Identity* Cambridge University Press. 日本医学教育学会倫理・プロフェッショナルリズム委員会監訳. 医療プロフェッショナルリズム教育: 理論と原則. 日本評論社.
- Dao-Kroeker, Z., Kitson, A., N. Antle, A., Murai, Y., & Adibi, A. (2021). Designing Biotech Ethics Cards: Promoting Critical Making During an Online Workshop with Youth. *IDC '21: Interaction Design and Children*, 450-455. <https://doi.org/10.1145/3459990.3465182>
- De Bono, E. (1985). *Six Thinking Hats*. Little, Brown and Company.
- Entman, R. M. (1993). Framing: Toward Clarification of a Fractured Paradigm. *Journal of Communication*, 43, 51-58. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1993.tb01304.x>
- Greenblat, C. S. (1988=1994). *Designing Games and Simulations: An Illustrated Handbook*. Sage. 新井潔・兼田敏之訳. ゲーミング・シミュレーション作法. 共立出版.
- Hernández-Ramos, J., Perna, J., Cáceres-Jensen, L., & Rodríguez-Becerra, J. (2021). The Effects of Using Socio-Scientific Issues and Technology in Problem-Based Learning: A Systematic Review. *Education Sciences*, 11 (10), 640. <https://doi.org/10.3390/educscil1100640>
- Lindahl, B., Rosberg, M., Ekborg, M., Ideland, M., Malmberg, C., Rehn, A., Ottander, C., Silfver, E., & Winberg, M. (2011). Socio-Scientific Issues -- A Way to Improve Students' Interest and Learning? *US-China education review*, 1, 342-347. <https://eric.ed.gov/?id=ED524900> (最終確認日: 2022年9月30日)
- Tsai, J. C., Cheng, P. H., Liu, S. Y., & Chang, C. Y. (2019). Using Board Games to Teach Socioscientific Issues on

- Biological Conservation and Economic Development in Taiwan. *Journal of Baltic Science Education*, 18 (4), 634-645. <http://dx.doi.org/10.33225/jbse/19.18.634>
- Weinberg, A. M. (1972). Science and Trans-Science. *Minerva*, 10 (2), 209-222.
- 小林傳司. (2007). トランス・サイエンスの時代, NTT出版.
- 小林傳司. (2012). トランス・サイエンスの時代の学問の社会的責任. 学術の動向, 17 (5), 18-24. https://doi.org/10.5363/tits.17.5_18
- 標葉靖子, 江間有沙, 福山祐樹. (2017). 科学技術と社会への多角的視点を涵養するためのカードシリアスゲーム教材の開発. 科学教育研究, 41 (2), 161-169.
- 標葉靖子, 福山祐樹, 江間有沙. (2018). 「科学技術と社会」への多角的視点を涵養するためのシリアスゲームデザイン授業の開発・実践. 科学技術コミュニケーション, 24, 45-54.
- 標葉靖子, 福山祐樹, 江間有沙. (2020). 残された酸素ボンベ, ナカニシヤ出版.
- 標葉隆馬. (2020). 責任ある科学技術ガバナンス概論, ナカニシヤ出版.
- 清水右郷. (2021). トランスサイエンス概念をつくりなおす. 科学哲学, 54 (1), 85-104. https://doi.org/10.4216/jpssj.54.1_85-1
- 中井俊樹編. (2015). シリーズ大学の教授法3 アクティブラーニング. 玉川大学出版部.
- 中島英博編. (2016). シリーズ大学の教授法1 授業設計. 玉川大学出版部.
- 中島英博編. (2018). シリーズ大学の教授法4 学習評価. 玉川大学出版部.
- 中村征樹. (2021). 科学技術基本法改正と人文・社会科学. 学術の動向, 26 (5), 36-41. https://doi.org/10.5363/tits.26.5_36
- 肥後楽, 鹿野祐介, 武田浩平. (2021). 第6期科学技術・イノベーション基本計画をゼロから考えるために: その概要と論点. ELSI NOTE, 10, 1-51. <https://doi.org/10.18910/87541>
- 平川秀幸. (2012). 科学技術振興機構社会技術研究開発センター「科学技術と人間」研究開発領域研究開発プログラム「科学技術と社会の相互作用」研究開発プロジェクト「市民と専門家の熟議と協働のための手法とインタフェイス組織の開発」報告書 https://www.jst.go.jp/ristex/funding/files/H23_hirakawa_houkokusho_final.pdf (最終確認日: 2022年9月30日)
- 藤本徹. (2007). シリアスゲーム: 教育・社会に役立つデジタルゲーム. 東京電機大学出版局.
- 松山桃世. (2022). 萌芽的技術の用途などのアイデア創出を促す科学コミュニケーションツールの開発: ひみつの研究道具箱カードゲーム. 科学技術コミュニケーション, 31, 61-94. <https://doi.org/10.14943/104235>
- 水町衣里. (2018). 生物や価値観の多様性を扱う教育プログラム「宇宙箱舟ワークショップ」の実践を通じて生態学と社会のつなぎ方を考える. 日本生態学会誌, 68 (3), 189-197. https://doi.org/10.18960/seitai.68.3_189
- 八木絵香, 山内保典. (2013). 論争的な科学技術の問題に関する「気軽な」対話の場づくりに向けて: 「生物多様性」をテーマとしたプログラムの開発を例に. 科学技術コミュニケーション, 13, 72-86. <https://doi.org/10.14943/61994>
- 矢守克也, 吉川肇子, 網代剛. (2005). 防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション. ナカニシヤ出版.