

教員養成課程における「STEAM教育演習」の開発と評価
—2021年度兵庫教育大学「教養ゼミ」における試行的実践を通して—

Development and Evaluation of a STEAM Education Seminar
in Teacher Education Programs: Trial Implementation in the Seminar
in Liberal Arts in 2021 at the Hyogo University of Teacher Education

永田 智子* 濱中 裕明** 掛川 淳一***
NAGATA Tomoko HAMANAKA Hiroaki KAKEGAWA Junichi

浅海 真弓**** 垣内 敬造***** 清遠 和弘*****
ASAUMI Mayumi KAKIUCHI Keizo KIYOTO Kazuhiro

小和田 善之** 坂口 真康***** 清水 優菜*****
KOWADA Yoshiyuki SAKAGUCHI Masayasu SHIMIZU Yuno

田中 雅和***** 森田 猛*****
TANAKA Masakazu MORITA Takeshi

福本 謹一***** 森山 潤*
FUKUMOTO Kinichi MORIYAMA Jun

これからの学校教育において、STEAM教育の推進が求められており、教員にはその実践を展開できる指導力が必要とされてきている。これを受けて兵庫教育大学では、教職課程におけるSTEAM教育科目の一つとして「STEAM教育演習」の開発を構想した。まず、文部科学省や経済産業省の捉えを参考に、STEAM教育を、教科横断的・文理融合の学び、実社会での問題発見・解決に生かされる学び、主体的で「知る」学びと「創る」学びが往還する学び（探究・創造的なプロジェクト型学習（PBL））と捉えることとした。その上で、2021年度はSTEAM教育検討チームが「STEAM教育演習」として3つの事例を開発し、現行科目である「教養ゼミ」で試行的に実践した。これらの実践は、①SDGsをテーマとした探究/創造型プロジェクト、②「糸掛けアート」を核に自ら「問い」を深める探究/創造型プロジェクト、③テキストマイニングで文学作品の特徴を探究するプロジェクトであった。これらの試行的実践の成果と課題から今後の教職課程におけるSTEAM教育科目の在り方について考察した。

キーワード：教職課程，STEAM教育，試行的実践

Key words：teacher education programs, STEAM education, trial practice

*兵庫教育大学大学院人間発達教育専攻生活・健康・情報系教育コース 教授

**兵庫教育大学大学院教育実践高度化専攻理数系教科マネジメントコース 教授

***兵庫教育大学大学院人間発達教育専攻生活・健康・情報系教育コース 准教授

****兵庫教育大学大学院人間発達教育専攻芸術表現系教育コース 教授

*****兵庫教育大学先端教職課程カリキュラム開発センター 教授

*****東京書籍株式会社兵庫教育大学 プロジェクト研究員

*****兵庫教育大学大学院人間発達教育専攻教育コミュニケーションコース 講師

*****兵庫教育大学先端教職課程カリキュラム開発センター 助教

*****兵庫教育大学 名誉教授

*****兵庫教育大学大学院教育実践高度化専攻社会系教科マネジメントコース 教授

*****兵庫教育大学先端教職課程カリキュラム開発センター 特命教授

令和4年4月29日受理

1. 研究の背景と目的

2019（令和元）年5月17日、第2次安倍内閣の教育諮問機関である教育再生実行会議は『技術の進展に応じた教育の革新、新時代に対応した高等学校改革について（第十一次提言）』において、次のように述べている。初等中等教育に関しては、「国は、幅広い分野で新しい価値を提供できる人材を養成することができるよう、初等中等教育段階においては、STEAM教育（Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics 等の各教科での学習を実社会での問題発見・解決にいかしていくための教科横断的な教育）を推進するため、「総合的な学習の時間」や「総合的な探究の時間」、「理数探究」等における問題発見・解決的な学習活動の充実を図る。」とした。また教員養成に関しては、「国は、教員養成を先導するフラッグシップ大学をはじめとした教員養成機関において、AIやIoTなどの技術革新に伴って変化するこれからの社会で活躍することのできる人材を育てるために、STEAM教育や、児童生徒がICTを道具として活用することを前提とした問題発見・解決的な学習活動等についての高い指導力を有する教員の養成を促進する。」とした。つまり、これからの初等中等教育においてSTEAM教育は必要であり、教員養成機関においてはSTEAM教育を指導できる教員を養成すること、そのため教員養成のフラッグシップ大学を創設することとされた。

兵庫教育大学では、社会や国の要請に応えるべく、2020年度より本稿筆者らで構成されるSTEAM教育検討チームを設置し、教員養成におけるSTEAM教育の科目の在り方や内容・方法について検討を進めてきた。2020年度はチーム内のArts&Humanities作業部会が、STEAM教育に関する諸外国の取り組みや概念等の整理を行うとともに、科目編成案や教育内容を検討した（福本他、2021）。その後も、STEAM教育検討チームにおいて検討を重ね、2021年度当初には、教員養成におけるSTEAM科目として「STEAM教育概論」「STEAM教育演習」の2科目を開設することを構想した。しかし、大学生も大学教員もSTEAM教育を、学習者としても指導者としても経験したことがなく、どのような目標・内容・方法が望ましいのか見当もつかない状態であった。そこで、「STEAM教育演習」で実施可能な授業テーマや内容・方法等を検討し、現行科目内で試行的に実践することを通して、「STEAM教育演習」の目標・内容・方法等の在り方等を探ることを本研究の目的とした。

2. 兵庫教育大学におけるSTEAM教育の捉え

科目の開発にあたり、文部科学省及び経済産業省におけるSTEAM教育の捉えを参考に、兵庫教育大学におけるSTEAM教育の捉えを明確にした。

2.1 文部科学省におけるSTEAM教育の捉え

2018（平成30）年6月5日、Society 5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会「新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォースは、『Society 5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～』において、Society 5.0の社会像・求められる人材像、学びの在り方等について述べている。その中で小・中学校時代においてはSTEAM教育に関する記述はなく、高等学校時代において「多くの生徒は2年生以降、文系・理系に分かれ、特定の教科については十分に学習しない傾向にある」ことなどから「思考の基盤となるSTEAM教育を、すべての生徒に学ばせる必要がある。」と述べている。また高等学校卒業から社会人時代において「今後、学生が所属する学部等に関わらず、教育におけるSTEAMやデザイン思考の必要性を踏まえ、学生が必要とする教育をいかに提供していくか、各大学の工夫が期待される。」と述べている。つまりこの時点ではSTEAM教育は高等学校以上に求められるものであった。

2021（令和3）年1月26日の中央教育審議会答申『「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～』では、「STEAM教育は、「社会に開かれた教育課程」の理念の下、産業界等と連携し、各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていく高度な内容となるものであることから、高等学校における教科等横断的な学習の中で重点的に取り組むべきものである」と記述されたものの、「その土台として、幼児期からのものづくり体験や科学的な体験の充実、小学校、中学校での各教科等や総合的な学習の時間における教科等横断的な学習や探究的な学習、プログラミング教育などの充実にも努めることも重要である。さらに、小学校、中学校においても、児童生徒の学習の状況によっては教科等横断的な学習の中でSTEAM教育に取り組むことも考えられる。」と記述された。小学校・中学校におけるSTEAM教育についての記述がみられるようになり国の捉えに近づいたといえる。

2.2 経済産業省によるSTEAM教育の捉え

STEAMについては文部科学省のみならず経済産業省も取り組んでいる。経済産業省が設置した「『未来の教室』とEdTech研究会」は、2019年6月に『「未来の教室」ビジョン』を発表した。その中で未来の教室の構築に向けた3つの柱のうちの一つを「学びのSTEAM化」であるとしている。「学びのSTEAM化」とは、教科学習や総合的な学習の時間、特別活動も含めたカリキュラム・マネジメントを通じ、一人ひとりのワクワクする感覚を呼び覚まし、文理を問わず教科知識や専門知識を習得すること（＝「知る」）と、探究・プロジェクト型学習（PBL）

の中で知識に横串を刺し、創造的・論理的に思考し、未知の課題やその解決策を見出すこと（＝「創る」）とが循環する学びを実現すること」としている。

2.3 兵庫教育大学における STEAM 教育の捉え

文部科学省や経済産業省の捉えより、兵庫教育大学では、STEAM 教育を、教科横断的・文理融合の学び、実社会での問題発見・解決に生かされる学び、主体的で「知る」学びと「創る」学びが往還する学び（探究・創造的なプロジェクト型学習（PBL））と捉えることとした。

なお、STEAM 教育を実践する教員には、STEAM 教育の考え方を理解した上で、上記で示した項目に基づいたテーマを設定できること、PBL をファシリテートし展開できること、異なる専門性を持った同僚教員と協働すること、企業や地域と連携するなどの資質・能力が必要であろう。ただし、今回開発する「STEAM 教育演習」では、教員としての資質・能力育成までは求めておらず、学生に STEAM 教育を体験させることを主眼とした。このような捉えに基づき、兵庫教育大学 STEAM 教育検討チームで、「STEAM 教育演習」のコア要素を検討、開発し、試行した。

3. STEAM 教育科目の開発・実施・評価

本章では、STEAM 教育検討チーム 3 班に分かれて検討し、2021 年度後期に行った「STEAM 教育演習」の試行的実践について報告する。

試行は、学部 2 年生向けの教養科目である「教養ゼミ」で実施することとした。「教養ゼミ」は国語や社会といった各教科等を柱に据えて、「探究することの意味や面白さ、研究テーマそれ自体の広がりや他の研究領域との関連について学ぶ」授業であり、「問いの立て方、探究の仕方、探究をする上で必要になる技能や技法を修得するとともに、時代や社会を俯瞰できる力を身につけることが期待される」授業として、開設されている科目である。上述した本学の STEAM 教育の捉えと共通点が多く、「教養ゼミ」において「STEAM 教育演習」を実施しても教育的な問題はないと判断した。

開発・実施・評価に向けては、STEAM 教育検討チームを 3 つの班に分けた。また、各班には「教養ゼミ」の担当者 1 名ずつ配置し、さらに必ず文系と理系の教員が混在するようなメンバー構成とした。事前検討の結果、3 つの班はそれぞれ、① SDGs をテーマとした探究 / 創造型プロジェクト、② 「糸掛けアート」を核に自ら「問い」を深める探究 / 創造型プロジェクト、③ テキストマイニングで文学作品の特徴を探究するプロジェクトをテーマとした実践を展開することとなった。

3.1 第 1 班：SDGs をテーマとした探究 / 創造型プロジェクトの実践

3.1.1 実践の概要

第 1 班は、授業のテーマを「家庭生活 for SDGs」とし、SDGs の 17 のゴールの中から、学生が興味・関心を持った内容について探究し、実生活の問題解決に取り組む授業とすることとした。

学生の興味・関心に基づくため、授業者から解決すべき問題や解決策を指示することはしない。ただし、家庭科教育・教育工学（教員 A）、科学（教員 B）、芸術（教員 C）、という異なる専門性を持つ 3 名がチームティーチングを行い、必要に応じて学生の学修内容が教科横断・文理横断するようファシリテートすることとした。

また授業の展開は、スタンフォード大学 d.school の提唱するデザイン思考の 5 つのプロセス（共感、問題定義、創造、プロトタイピング、テスト）に即して進めることとした。デザイン思考を採用した理由は、「STEAM 人材は、「デザイン思考」と呼ばれるデザイナーの方法論を駆使して発想・活動を行って（ヤング・木島 2019）」いる等、STEAM 教育との親和性が高いことによる。

3.1.2 授業の展開

全 15 回の授業を、デザイン思考の 5 つのプロセスで進めたところ、結果的に「Ⅰ. オリエンテーション（第 1 回）」「Ⅱ. 共感：知識理解（第 2～4 回）」「Ⅲ. 共感：体験（第 5～7 回）」「Ⅳ. 問題定義・創造（第 8～9 回）」「Ⅴ. プロトタイピング（第 10～14 回）」「Ⅵ. 実行・テスト（第 15 回）」の 6 つのフェーズとなった。「共感」が最も長く、第 2 回～第 7 回にまで渡ったため、知識理解の段階と、体験の段階に分けることにした。以下、フェーズ毎に授業の様子を報告する。

Ⅰ. オリエンテーション（第 1 回）

第 1 回目の授業では、オリエンテーションとして、本授業のテーマが「家庭生活 for SDGs」であること、本学の STEAM 教育やデザイン思考の 5 つのプロセスに基づいて授業を進めること、最終成果は「大学 SDGs ACTION! AWARDS」に応募する予定であることなどを説明した。その後、学生 4 名と授業者 3 名のアイスブレイクと SDGs の理解を兼ねて、国際連合広報センターの「ゴールズ」という SDGs を理解するためのすごろくを行った。

Ⅱ. 共感：知識理解（第 2～4 回）

第 2 回目の授業は、教員 3 名から、教員自身の専門性や興味・関心に基づき SDGs に係る話題提供を行った。教員 A は SDGs に取り組む他大学生の事例、教員 B は再生可能エネルギー、教員 C は竹害について紹介した。第 3・4 回は学生から興味のある内容について報告した（図 1-1）。学生 a は海の豊かさを守るための海のエコラベル

について、学生 β は環境問題に配慮した化粧品容器について、学生 γ はレジ袋の有料化の功罪について、学生 δ は大手カフェチェーン店がストローを紙製に変えている取り組みなどを報告した。以上の報告を踏まえて学生で議論した結果、プラスチック問題について探究していくこととなった。



図1-1 第3回授業 学生が報告している様子

Ⅲ. 共感：体験（第5～7回）

プラスチック代替品について理解を深めるため、実際に試してみることを教員Bが提案したことから、第5回は、紙・麦わら・竹でできたストローで飲み比べを行うこととなった。また、教員Aはラップに代わるミツロウ



図1-2 付箋で意見を整理している様子



図1-3 学内の竹林散策の様子

布ラップがあることを紹介し、その制作体験も行った。体験活動について付箋を用いて意見整理を行った（図1-2）ところ、学生らが竹ストローに関心を向けたことから、第6回は、教員Cが用意した竹と工具により、竹のストロー・コップ・皿などの製作を行い、自宅で試用してみることとなった。さらに、第7回は大学内の竹林を散策して、竹の生態等を観察した（図1-3）。また、教員Aは、レーザー彫刻機で竹製品を加工できることを紹介した。

Ⅳ. 問題定義・創造（第8～9回）

教員Aが学生らに、実生活において解決可能な課題を設定するよう促し、学生らがディスカッションした結果、現在学食で使用されているプラスチック容器に焦点化することとなった。さらに、教員Cが用意した竹の器のサンプルからヒントを得て、プラスチック問題に興味のない大学生に興味を持ってもらうため、プラスチック容器に代わる竹の弁当箱を限定品として学食で販売するというアイデアを考え出した。

Ⅴ. プロトタイピング（第10～14回）

第10回は木材加工室で竹の器の表面を削る作業体験を行った（図1-4）。第11回は今後の計画を学生自身で考え、第12回から竹の器の製作や、photoshopを使ったデザイン、レーザー加工機による加工など、役割分担して取り組んだ（図1-5、1-6）。



図1-4 木材加工室で竹を加工する様子



図1-5 竹の器にデザインをレーザー加工する学生



図1-6 完成した竹の弁当箱

また、「大学 SDGs ACTION! AWARDS 2022」にエントリーするための、説明動画や応募書類の作成を通して、本活動の意義等について学生はさらに理解を確かなものにしていった。さらに、学食とメニューや値段の交渉、ポスターを大学に掲示してもらったり大学公式インスタ等に掲載してもらったりするため、大学事務職員との交渉など、多様な大人とも関わるようになった(図1-7)。学食の担当者との交渉の結果、持ち帰り弁当ではなく、竹の容器を使用した特別定食10食分の販売ということになった。



図1-7 学食の担当者と交渉する学生

VI. 実行・テスト (第15回)

第15回の授業日の昼休みに学食で販売活動を行った。当日は、サンプルの展示、呼び込み、販売機への誘導、アンケートフォームへの回答依頼などの活動を行った(図1-8)。販売活動後、学生と教員で、全15回の振り返りを行った。

3.1.3 実践の評価

授業に参加した教員や学生の振り返りより、以下のような成果が得られた。

- ・「家庭生活の SDGs」をテーマとすることで、理科・社



図1-8 販売活動の様子

会・芸術・家庭・技術等の学びを、食生活や消費生活など実生活の問題解決に生かすことができた。

- ・学生は、デザイン思考に基づく学修プロセスにおいて、自分の考えたデザインが形になったり、知らなかった道具を使ったり学んだりしたことに楽しさを感じていた。
- ・学生自身が役割分担を自覚し、リフレクションで多数の課題を抽出(認識)したことは、今後の可能性・継続性を示唆しており、主体性が育成されたと考えられる。
- ・活動の中で、教員が適切な関与を行うことで、学生は問題解決のための過程を一通り経験することができた。
- 一方で、次のような課題が明らかとなった。
- ・学生の主体性を引き出すための、教員によるファシリテーション能力が重要かつ難題。
- ・授業時間が充分とはいえない。学生の力量によっては教員の積極的な関与が必要。
- ・学生の STEAM に対する認識は十分とは言えないため、演習の前に STEAM についての別の授業が必要。

以上より、課題は残るものの、1班の実践は「教科横断的で文理融合の学び」「実社会での課題解決問題解決に生かされる学び」「主体的な、知ると創るが往還する学び」として評価に値する実践だったと言える。

3.2 第2班:「糸掛けアート」を核に自ら「問い」を深める探究/創造型プロジェクトの実践

3.2.1 実践の概要

糸掛けアートとは、板に釘を打ち、そこに規則的に糸をかけていくことで制作される作品およびその手法のことを指す(図2-1, 図2-2)。多くの場合に、釘は円周上に並ぶように配置されるが、それ以外にも様々なアイデアが考えられ、糸のかけ方の規則により多種多様なデザインが考えられる。第2班の実践では、この糸掛けアートに関わる探究型の学習をテーマとした。

実際、ある糸のかけ方の規則からどのようなデザインや形状が生じるのか、それはなぜかといった部分は、数学的考察そのものとなる。一方で、そうしたデザインの考案や考察には、紙と鉛筆で考えるよりも、コンピュータソフトを使った試行錯誤が効果的であり、実際、動的幾何学ソフトと呼ばれるソフトウェア上で簡単なスクリプトによるプログラムを組むことで、糸掛けアートのデザインの試行が可能となるため、技術の使用も必然的となる。さらに、実際に糸掛けアートを制作することも、技術の領域になる。そして、こうした新しいタイプのアートの創造と制作を経験したのちに、こうしたアートを文化として社会の中で醸成していくことの課題について考察させることは、STEAM教育のA、つまり芸術と人文的要素に当たると考えられる。そのため、本テーマは本学の考えるSTEAM教育に適合的と考えたのである。

2021年度の実践では、学生は3名であり、少人数の探究型学習を展開することとなった。3名とも数学グループの学生ではなく、むしろ数学は苦手と自認している様子であった。そのため、数学的探究は深入りせず、むしろ教科横断的な学習が前面にでる形として展開されていた。

3.2.2 授業の展開

本実践は、12回の授業として実践された。最初の5回の授業では、授業の最後に簡単な振り返りシート（今回の探究の内容、感想、次に考えたいこと）を書かせている。また、最初の5回は、3名で探究した経過や成果をまとめるノート（探究ログ）を記述させた。第1～5回では「糸掛けアート」の探究、第6～9回ではオリジナル作品の設計・製作、第10～12回ではアートを文化として社会の中で醸成していくことの課題について考える、という3段階で構成した。授業は主として数学を専門とする教員Eが行った。

I. 「糸掛けアート」の探究（第1～5回）

第1回（10月4日）では、まずこの授業の展開について説明した。探究型の学習では、通常の授業とは異なる

姿勢が求められる。例えば、探究型の学習といいながら、実際には教員が設定した必ず到達してほしいゴールがあり、そのゴールに学習者が到達するように教員がヒントを出す、あるいは学生が教員にやり方の説明を求めるようでは、探究型の学習は成立し得ない。そこで、ここでは「教員があらかじめ設定したゴールは存在しない」、「各回の授業では探究の題材となるような糸掛けアートの作品や問いを示すが、そこから自由に問いを発展させて探究してかまわない」、「インターネットを閲覧して調べることも自由である」ことを強調した。

そのうえで、第1回の授業では「循環糸掛け」と呼ばれる作品を提示し、これがどのように作られているのかを考えることを促した（図2-1）。この糸掛け作品は、円周上に釘が等間隔に並んでおり、その釘に一定の間隔で飛ばして糸を掛けていくことで作られている。この作品では、7種の色の糸がかけられていて、糸の色ごとに掛ける釘の間隔が異なり、その間隔は5本、7本、11本、13本、17本、19本、23本となっている。このとき、間隔の本数は素数となっているが、実際には全ての釘の本数と間隔の本数が互いに素であることが、うまく糸をかけるための条件であり、そのことに気づくことが第1回で想定された探究であった。学生たちは、具体的な作品の構成方法を調べた後は、釘の本数が少ない場合の図を紙に描いてみるなどの試行錯誤を重ねて、その想定された探究成果にたどり着いていた。

第2回・第3回の授業では、「リズム糸掛け」とも呼ばれる作品を提示し、やはりこの作品がどのように作られているのか、という問いを起点として、その背景にある数学的原理について考察することを想定していた（図2-2）。この作品では、釘が60本、円周上に等間隔に並んでおり、これを順に0番から59番までの釘とすると、1番と2番、2番と4番、3番と6番、4番と8番、…以下 n 番と $2n$ 番の釘を結ぶように糸がかけられている（ただし、 n と $2n$ が60以上の場合には、60で割った余りに置き換える）。

このように糸を掛けたとき、図2-2のようにある曲線が浮かび上がる。この曲線は、すべての糸と接するような曲線（糸の示す直線たちの包絡線）で、カージョイド

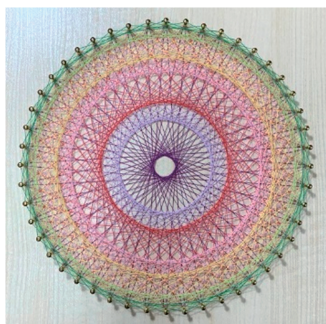


図2-1 循環糸掛け

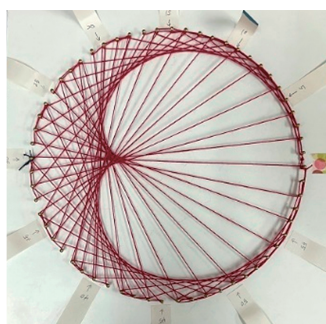
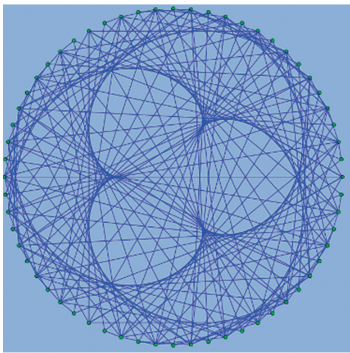


図2-2 リズム糸掛け



図2-3 学生が発見した多数の直角



```
n=60; k=0; pi=3.1415926535; m=0;
while(m<60,
  k=0;
  while(k<n,
    draw([cos(2*pi*k/n),sin(2*pi*k/n)]);
    a=2*k+m; b=k+m;
    draw([cos(2*pi*a/n),sin(2*pi*a/n)], [cos(2*pi*b/n),sin(2*pi*b/n)]);
    k=k+1;
  );
  m=m+20;
);
```

図2-4 スクリプトによるデザイン (左) とそのスクリプト (右)

とよばれる曲線である。そうした包絡線に関する事項が、本実践の開始以前には想定されていたが、今回の実践対象となる学生には、インターネットで自由に調べてもよいという条件のもとでも、到達しかねる内容であった。

しかし、学生たちが何も探究できなかったのか、というそうではない。学生らは、教員側が想定もしていなかった独自の目線で、作品を観察し数学的探究を行っていた。実際、学生の一人がこの作品には多くの直角が含まれている気がする、と発言し (図2-3参照)、それを受けて作品の上で角度を測ったり、どうしてなのかを教員と一緒に考察したりする中で、自ら立てた問いに対する答えに到達することができた。その意味で、この回は、教員が設定した探究の軌道をなぞるのではない、真の探究型学習となっていたのではないかと考えられる。学生自身、振り返りシートに「法則に気づくことができると、一気に見え方が変わるので面白い」と書いており、自ら法則を見出し、考察することの楽しさを味わっていることが分かる。

第3回までの考察は、具体的な糸かけアートの作品とそれに関する紙面上での図や式を用いた考察を行ってきたが、より複雑な糸かけアートについて考察するには、紙とペンで考えるのでは限界がある。そこで、第4回と第5回は、動的幾何学ソフト「シンデレラ」を今後用いるために、その使い方を学習するフェーズとした。動的幾

何学ソフトは本来、画面上での幾何学的な作図操作と、作図プロセスで指定した幾何学的関係を保ったまま作図した図形を動かすことが主たる機能ではあるが、「シンデレラ」にはスクリプト機能というものがあり、簡単なプログラムにより以下の機能が実装できる。

- ・数値やベクトルといった変数が扱える。
- ・式で指定した座標に点を描く。
- ・座標で指定した2点を結ぶ線分を描く。
- ・while文を使った繰り返し。

これらにより、簡単な規則で描かれる糸かけアートの図を描くことが極めて容易となる。プログラミングは学生3名とも、ほぼ初めての経験であったが、第4回・第5回の授業を通じて、例えば20行ほどのスクリプトを書いて、図2-4のようなデザインを生成することが出来るようになった。

第4回と第5回で、今回の糸かけアートの考察を進めるのに十分なスキルが身に着いたと考えられたため、第6回と第7回は、これまでの考察結果や知見を基にして、独自の糸かけアートのデザインを考案することを求めた。

II. オリジナル作品の設計・製作 (第6～8回)

学生の新たなデザインを探し求める探究は、多くが第2回・第3回で扱ったリズム糸かけの拡張であった。実際、リズム糸かけは、釘の本数を60本として、 n 番と $2n$ 番の釘 ($n=1,2,3,\dots$) を結ぶように糸をかけていく。こ

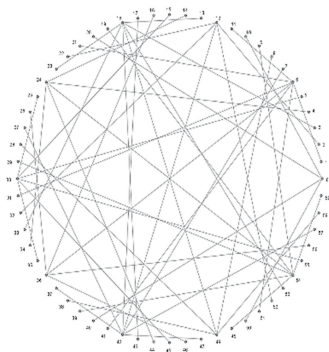


図2-5 $k=6$ の模様

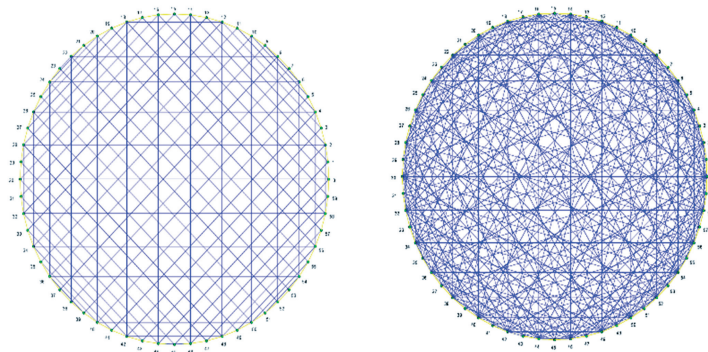


図2-6 $k=44$ の模様 (左) とそれを3つ回転して重ね合わせた図 (右)

れを、 n 番と $3n$ 番を結ぶ、あるいは、もっと一般化して、固定した自然数 k に対し、 n 番と kn 番を結んでいく($n=1,2,3,\dots$)とどのような模様となるのかといった方向の探究が多かった。その中から、ある学生は、上の糸のかけ方で、 $k=6$ のとき、五芒星のような模様が現れることに気づき、そこから、 k が5で割って1余る数のときは、できあがる模様が5回対称性(72° 回転させても不変)を持つことを見だし、この性質をデザインに取り入れて、独自のデザインを完成させていった(図2-5)。別の学生は、上の糸のかけ方で $k=14,29,44$ など、60と大きな公約数をもつ数から1引いた数を k の値とすると、極めて特異なパターンが現れることに気づき、さらにそのパターンをいくつか回転して重ね合わせることで、極めて複雑かつ緻密なパターンが現れることに気づき、これをデザインとして完成させていった(図2-6)。第8回と第9回は、それまでに考案した糸かけアートを実際に製作する回とした(図2-7)。製作にあたって技術科教育を専門とする教員Fも指導に加わった。



図2-7 制作の様子

Ⅲ. アートを文化として社会の中で醸成していくことの課題について考える(第9~12回)

さて、ここまで独自に自分のデザインを追求する教科横断型の学習を展開してきたが、授業の文脈をここで大きく転回する。糸かけアートは、工夫により様々なデザインが作れるが、一方で、シンプルな規則で糸かけが構成されているため、規則が分かっただけでは原理的にはだれでも再現可能なものであり、アートとしての性格が弱い部分もある。それでも、一つの作品を考案し、作り上げる大変さを学生たちはここまで実感してきているはずである。こうした特性をもつ糸かけアートを、文化としてはぐくみ興隆していくにはどうしたらいいだろうか、という論点を提案する。この点での議論を深めるために、第10回では、「いつの日か糸かけを文化に」というスローガンを掲げて、独自に糸かけアートの教室を展開されている岡田晃次氏を招いて、オンラインでの講

義を依頼した。講義では、今でこそ正しい情報が伝わるようになったが従前は循環糸かけに関する(「素数の糸かけ」といった)誤った情報が多かったことや、純粋に理数的な探究に関わる遊びであるにもかかわらず曼荼羅といったスピリチュアルな活動と思われがちなことなど、これまで糸かけアートを取り巻く状況やそれを改善するべく活動してきた経緯などが紹介された。

それに引き続いて、第11回では陶芸を専門とする教員Gから、芸術・デザイン活動と著作権保護についての講話を行った。その中では、著作権とはそもそもどのような目的のものなのか、そして、何が保護され、何が保護されないのか、といった視点の講話がなされ、結論から言えば、著作権としても、産業財産権としても、糸かけアートのデザインは知的財産権の保護を受けにくいことが議論された。

最後に第12回では、これまでのことを振り返って、糸かけアートを持続可能な文化としてにぎわうようにしていくにはどうしたらいいだろうか、というテーマでディスカッションを行った。その中では、折り紙や編み物、あるいは数学といった創造的活動に関わる文化が対比され、真摯な意見が飛び交うこととなった。

3.2.3 実践の評価

本実践を「教科横断的で文理融合の学び」という観点で振り返ってみると、3.2.2節で述べたように、技術の活用(T)、具体的な制作活動(E)、デザインの考案や文化としてのアートの興隆に関する議論(A)、数学的探究(M)の要素が含まれていたことが分かる。科学(S)の要素は含まれていないが、数学的探究を起点としてSTEAM教育を展開する、有効な題材の一つとして評価できよう。

一方で、「実社会での課題解決問題解決に生かされる学び」という点では、まだ改善すべき点もある。実際、前半は学生個人のデザイン探究としての性格が強く、後半で文化としての糸かけアートの興隆が議論されたが、もう少し実社会への還元を強めたいところではある。また、「知る学びと創る学びの往還」という観点では、実際、探究的考察を基にしてその知見を創るに活かしたという点では評価できるが、往還とまでは至らなかった。デザインの考案のフェーズから、もう一度そこで見出したことを、数学的探究へ往還させると、探究が深まるようにも思われる。

しかし、それでも、「学習者のワクワクを大切にする主体的な学び」という観点では、かなり評価できる実践となっていたように思う。特に、第2・3回の探究では、独自の視点で考えるなど、通常の授業とは異なる態度で探究しており、第6・7回のデザイン考案の部分でも、授業者の想定を超える成果を上げていて、まさにワクワク

くしながら主体的に学びを深めていく様子が見られた。こうした点を総合すると、本実践はSTEAM教育として十分に評価できるものであったと考えられる。

3.3 第3班：テキストマイニングで文学作品の特徴を探究するプロジェクトの実践

3.3.1 実践の概要

本実践では、文学作品を対象として計量言語学的なアプローチに基づく著者の記述の特徴を探ることを課題として設定した。具体的には、俳句をとりあげ、特定の俳人の俳句データから、テキストマイニング技術による支援を受けつつ、対象の俳人の俳句の特徴を探るというものである。つまり、学生には、統計学、自然言語処理技術、テキストマイニング技術、およびプログラミングによるプログラムを道具とし、文学作品である俳句にアプローチさせる。対象とする俳人としては、松尾芭蕉、および小林一茶とした。両俳人は著名であり、特に松尾芭蕉は学校教育において扱われていることから、学習活動においては、学生の既有知識を活用させることが期待できる。また両俳人と彼らの俳句は作風や当時の文化等から比較されることが多く、それぞれの俳人、もしくは両俳人の比較についての書籍やWeb上の情報も存在するため、活動のための知識のリソースが多々存在する。くわえて両俳人ともにWeb上に俳句のデータベースサイトが存在し、コンピュータにより俳句を扱うことが容易であることも、選定の理由の一つにあげられる。俳句データからのテキストマイニングにおいては、既存のフリーのテキストマイニングツールであるKH Coder（樋口，2020）を活用させ、それにより単語の頻度や共起を確認しつつ、一方で単語をベースとする分析を主体とするKH Coderでは扱いにくい表現（単語の系列）については、対象の俳句集合と比較対象の俳句集合の出現頻度比に基づく特徴的な単語系列（単語 n-gram）候補の抽出（ χ^2 値を使用）をプログラミングにより行わせ、その抽出結果について、KH CoderのKWIC（KeyWord In Context）機能や共起ネットワークに戻り、具体例を確認させることとした。また、両俳人の俳句のサンプルデータからは、頻度に基づく上位単語の集合に大きな差がないため、俳句の特徴を検討するうえで、表現が重要になるものと考えられた。なお、プログラミング言語としては、出力を表形式で簡単に扱えるExcel VBAを採用した。また初学者が多いことが想定されたため、学生には、単語 n-gram 抽出の部分のみを穴埋めとしてプログラミングさせることとした。

3.3.2 授業の展開

授業は、第1～5回：テキストマイニング技術の理解と初期仮説の構築、第6～7回：仮説検証のためのデー

タクリーニング、第8～13回：プログラミングと仮説の洗練、第14回：プレゼンテーション、第15回：まとめと振り返りで構成した。授業は主として情報工学を専門とする教員Hが行った。

I. テキストマイニング技術の理解と初期仮説の構築（第1～5回）

オリエンテーションを含めた第1回では、対象の俳人について検討を行うグループの構成を行った。その後、自然言語処理技術、テキストマイニングツールについての説明の受講・体験・試用（それぞれ1コマ分、第2～3回）ののち、各俳人の俳句のサンプルデータに対するテキストマイニングツールの出力に基づき、各グループにおいて対象俳人の俳句の特徴について、最初の仮説の構築を行い、それらをグループ間で共有させた（あわせて2コマ分、第4～5回）。構築した仮説の共有時における様子を図3-1に示す。



図3-1 仮説共有の場面例

II. 仮説検証のためのデータクリーニング（第6～7回）

構築した仮説については、検証を行うべく、俳句データの収集を行わせ、それらのクリーニング（片仮名の平仮名化、踊り字の書き下し、ふりがなや余分は空白の削除等）を行わせた（2コマ分、第6～7回）。また、データ収集・クリーニング作業が早めに終わったグループが現れたため、そのようなグループに対しては、附属図書館において対象の俳人に関連する書籍を探し、読むよう指示した。なお、グループ編成は、データ収集・クリーニングに3グループ（4名/グループ）とし、松尾芭蕉、小林一茶、およびその他の俳人の俳句を収集・クリーニングさせた。その他の俳人の俳句を収集させたのは、松尾芭蕉、および小林一茶の間の比較のみでは、得られた結果が一般的であるとは言い難いためである。仮説構築においては、その他の俳人のデータ収集・クリーニングを行ったグループを2つに分割し、松尾芭蕉、および小林一茶のグループに合流させ、作業を行わせた。

III. プログラミングと仮説の洗練（第8～13回）

次に、プログラミング（2コマ分、第8～9回）、作成したプログラムの出力結果を解釈するための統計学の講

義を行い、プログラムの出力の確認をさせた（あわせて1コマ分、第10回）後、テキストマイニングツールや作成したプログラムにより、仮説の根拠となる具体例を収集させ、仮説を洗練させた（2コマ分、第11～12回）。この際、仮説を修正しても良いものとした。国語学を専門とする教員Iに対し、構築した仮説、およびその根拠（仮説を象徴する俳句の具体例を含む）を発表させるべく、発表の準備（1コマ分、第13回）を行わせた。プログラミング時における教員からの説明の様子を図3-2に示す。

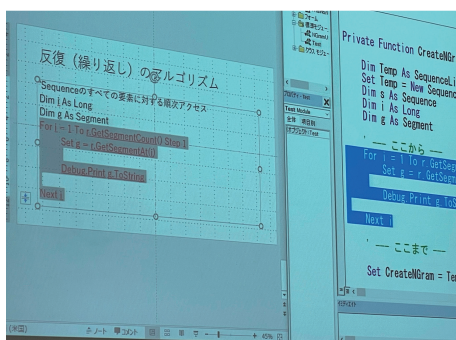


図3-2 プログラミング時の教員からの説明

IV. プレゼンテーション

第14回（1コマ分）では、Web会議システムを用いて発表を行わせた。そこでの画面・音声を収録し、それを最終回に至る間に教員Iに視聴してもらった。松尾芭蕉の俳句を担当したグループからは、松尾芭蕉の俳句に、五感を踏まえた句が多いこと（「音」、「声」、「きく」、「香」、「匂い」等の単語を含む句が多く、 χ^2 値も大きいことから）、具体的な地名が含まれている句が存在すること（小林一茶の俳句に対して）、雪・月・花や旅情を詠んだ句が多い（その他の俳人（正岡子規）の俳句に対して）ことについて、具体例や共起ネットワークを交えた発表がなされていた。また、小林一茶の俳句を担当したグループからは、類似する俳句が多いこと、小動物や子どもなどの弱いものを詠んだ句が多いこと、無常観が感じられる句が多いこと、オノマトペが多用されていること（踊り字の書き下し作業からも）、農民の生活に関連する句が多いことについて、具体例や共起ネットワークを交え、発表がなされていた。両グループともに、俳句データやそこからのテキストマイニング結果以外に、既有知識やWeb上の情報、場合によっては書籍を知識のリソースとしても活用していたことがうかがえた。松尾芭蕉のグループの発表時におけるスライドの例、および小林一茶のグループが発表時に用いた共起ネットワーク図を、それぞれ図3-3、および3-4に示す。

仮説① 五感に焦点を当てている。

〈理由〉

・スコアの高い名詞に、「音、声、聞く、香、匂い」などが挙がっている。

→ 感覚を研ぎ澄まし、感じたことをよく読んでいる。

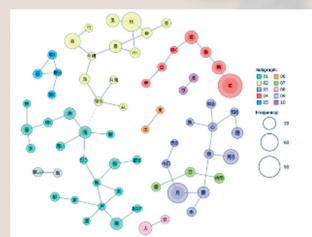


図3-3 松尾芭蕉の俳句の特徴の仮説の発表スライド例

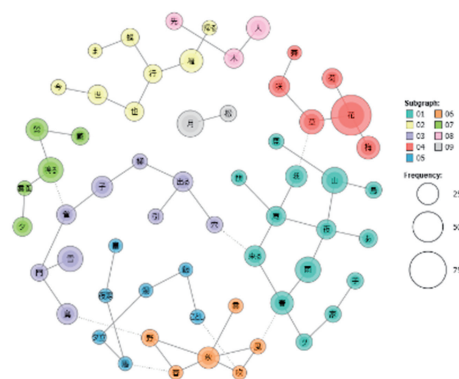


図3-4 小林一茶の俳句の共起ネットワーク図

V. まとめと振り返り

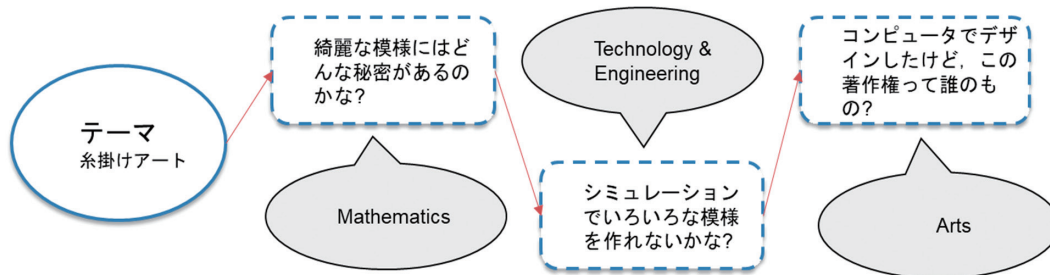
最終コマ（第15回）においては、教員Iより、各グループからの発表内容に対し、時代背景や各俳人の歴史、および言語学の知見に基づき、補足の講義やコメントを行った。また、併せて、参加していた教員からも、発表の内容や学生の活動についてのコメントを行った。特に、教育心理学・数学教育学を専門とする教員Jからは、学生が行った活動やそこで用いた技術・知識が、実際の研究活動においても行われ/用いられているものであるということもコメントがなされた。

3.3.3 実践の評価

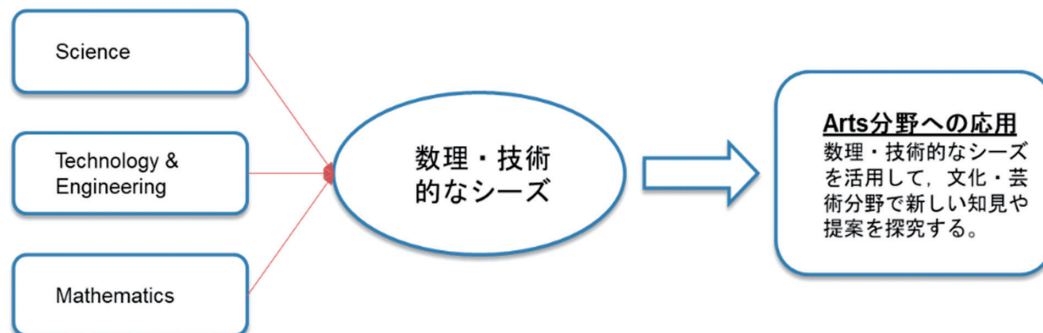
授業後の学生の感想としては、授業の内容に対して、さまざまな知識・技術が取り扱われたため、それぞれについて理解や習得が難しかったこと、結果として、知識・技術、さらには知識のリソースを活用しきれず、浅い仮説となってしまったことを挙げる学生が少なからず存在した。一方で、少数ながら、文学作品に対する技術的なアプローチに興味を持ったこと、プログラミングや活動に付随した発生した表計算ソフトの操作等から自身のICT活用スキルに対する認識につながったことを挙げる学習者もいた。また、グループ構成については、最初のコマにおいて、着席している机に基づきグループ分けを行ったこともあり、グループワークの当初においてグループ



第1班: 総合的 / 社会的なテーマから問題発見・課題設定し文理を横断しながら探究する STEAM 教育のモデル



第2班: 文理融合の所与のテーマに対する「問い」を深めながら横断的に探究する STEAM 教育のモデル



第3班: 先端技術の仕組みを知り、それを応用して探究する STEAM 教育のモデル

図4 本研究における STEAM 教育のテーマ設定と探究プロセスのモデル

に入り込めなかったことを述べた学生も存在した。

探究活動については、取り扱った知識・技能が多くなり、結果として学生の深い検討を難しくさせる結果となってしまったこと、またグループ構成に対する工夫が欠けており、加えてグループを途中で変化したため、学生のグループへの帰属意識を増していくことを難しくさせてしまったことについては、今後の改善を要する。また、授業担当教員が各グループの活動を促進するような支援や介入を十分に行えていなかったこともあり、担当教員のファシリテーション能力の向上も今後の課題として挙げられる。

4. 総合的考察

以上、本研究では、3つのタイプの実践を開発するこ

とができた。これらの試行的実践の成果と課題を以下に整理する。

成果としては、文理融合の教科横断的な学びの創造という観点から、テーマ設定と探究プロセスのデザインについてモデルを示し得たことが挙げられる。本研究では、SDGs、「糸掛けアート」、文学作品の特徴抽出というテーマで実践を展開した。これらのテーマはいずれも、設定の段階で、文理融合を強く意識したものである。言うまでもなく、STEAM 教育の実践では、あらかじめ文理の両側面を有する総合性のある適切なテーマを設定することが肝要と考えられる。しかし、その設定に至るプロセスは決して容易ではなかった。各班を担当する文系、理系、芸術系の教員が事前に何度も協議を繰り返し、このような文理融合のテーマ設定へと至ることができ

た。そのアプローチは、班によって異なっている。

第1班は、SDGsをテーマに設定することで、探究の間口を幅広く設定している。しかし、このような幅広いテーマ設定では、学生の探究が適切に文理を横断できなくなる危険性もある。この問題について第1班では、教員が学生の探究を見守りつつ、適宜、文理を横断できるようなヒントやサンプルなどを与え、探究が文理を横断するように方向づけていた。これは、いわば総合的/社会的なテーマから問題発見・課題設定し文理を横断しながら探究するSTEAM教育のモデルと考えることができる。

一方、第2班は、当初から「糸掛けアート」というテーマに限定している。これは、「糸掛けアート」が所与のテーマとして、数学と芸術の要素でデザインできるという文理融合の側面を有していることに着目したためである。しかし、これだけでは、技術や人文科学との関連性が生じにくい。そこで第2班では、学生の「問い」をきっかけに探究を深める中で、プログラミングによるデザインのシミュレーションや文化としての「糸掛けアート」の興隆の議論といった学習を設定することで、段階的に教科横断的な学びを実現している。これは、文理融合の所与のテーマに対する「問い」を深めながら横断的に探究するSTEAM教育のモデルということができる。

これに対し第3班は、テキストマイニングによる自然言語処理という数理・技術的なシーズを先に選定し、それを応用する対象を文学作品とすることで、文理の横断を試みている。こうした数理・技術的なシーズの設定によって、技術、数学の要素が担保される。その上で、応用対象をArts分野に求めることで、文理が自然と横断する探究プロセスを実現している。

これら各班のアプローチを図式化すると図4のように整理することができる。少なくとも、これら3つのタイプは、テーマ設定と探究プロセスのデザインのモデルとして、今後の学校現場におけるSTEAM教育の実践イメージとなりうるものと期待できよう。

一方、課題としては、次の2点が挙げられる。第一に、学生主体の探究を軸とする活動に対するファシリテーションやマネジメントの難しさが挙げられる。実践の振り返りでは、いずれの実践においても、学生の主体性を引き出すためのファシリテーションの難しさが指摘された。また、探究に係る授業時間数が切迫し、一つのプロジェクトとしては完遂できたものの、「知る学びと創る学びの往還」を実現することは困難であった。加えて、グループワークでは、グループを適切に機能させる手立ての必要性が指摘された。これらはいずれも、学生の主体的な探究と、授業という時間的、空間的、人的な制約条件とのバランスを取ることに難しさに起因すると考えられる。特に、学生の探究に対して「伴走者」として支

援するファシリテーションの難しさは、それを担当した大学教員が痛感するものであった。このことを勘案すると、今後の教職課程においてSTEAM教育に係る指導力を育成する際には、学生のファシリテーション力を育成することが、重要な鍵になるものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

以上、本研究では、教職課程における「STEAM教育演習」の開発に向けて、現行科目内での試行的な実践を試みた。実践を通して得られた最大の成果は、いずれの班でも学生が探究に興味・関心を示し、楽しみながら、時に驚きをもって学びを深めていた点である。STEAM教育の持つ可能性を担当教員自身が実感することができた。こうした学習者としてのSTEAM探究の体験を基礎に、指導者としての視点を形成させることで、より実践的なSTEAM教育の指導力を育成できるのではないかと期待される。

今後は、学生にSTEAM教育の考え方を概念的に理解させた上で、指導者の視点でSTEAM教育の展開方略について学ぶ授業科目を開発していく予定である。また、本科目についても、2022年度は、2021年度に開発した3つのモデル以外のSTEAM教育の題材開発に取り組んでいく予定である。

引用文献

- 中央教育審議会(2021)「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(答申), https://www.mext.go.jp/content/20210126-mxt_syoto02-000012321_2-4.pdf (2022年3月3日参照)
- 福本謹一, 田中雅和, 森田猛, 浅海真弓, 坂口真康(2021) 兵庫教育大学におけるSTEAM教育に関する予備的考察 - Arts & Humanities 作業部会での検討を軸に -, 兵庫教育大学学校教育学研究(34), pp.59-72.
- 樋口耕一(2020) 社会調査のための計量テキスト分析 - 内容分析の継承と発展を目指して - 第2版, ナカニシヤ出版, 京都.
- 経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会(2019)「未来の教室」ビジョン, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mirai_kyoshitsu/pdf/20190625_report.pdf (2022年3月3日参照)
- 経済産業省「未来の教室」とEdTech研究会 STEAM 検討ワーキンググループ(2020) 中間報告, <https://www.learning-innovation.go.jp/existing/doc202008/steam-2020-midreport.pdf> (2022年3月3日参照)
- 教育再生実行会議(2019), 技術の進展に応じた教育の革新, 新時代に対応した高等学校改革について(第十一次提言), <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouiku>

saisei/pdf/dai11_teigen_1.pdf (2022年3月3日参照)

Society 5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会 新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース (2018), Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる, 学びが変わる～, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf (2022年3月3日参照)

ヤング吉原麻里子, 木島里江 (2019) 世界を変える STEAM 人材－シリコンバレー「デザイン思考」の核心－, 朝日新聞出版

