

STEM 教育から STEAM 教育へ

早稲田大学 人間科学学術院 教授 森田 裕介

1. はじめに

本題に入る前に、10 数年前の経験談で恐縮だが、筆者が STEAM 教育に関わることになった経緯を紹介したい。筆者の愚息は小学校低学年のときに科学実験、4 年生ころからロボットプログラミングに興味を持ち、ロボカップジュニアと呼ばれる大会に参加していた。当時、赤外線ボールを使ったロボットサッカーの大会では、各種センサー類を実装してプログラミングを競っていた。その後、小職が米国マサチューセッツ工科大学 (MIT) の客員研究員となり、愚息も渡米した。「マインドストーム」の概念を提唱したシーモア・パパートのお膝元であるボストン近郊では、レゴ・マインドストームを用いた FLL (First Lego League) と呼ばれる大会が主流であった。

FLL は、探究活動と創造活動に加えて、21 世紀に必要なだと提唱された能力の育成を具現化した競技の大会である。FLL では、年ごとに人類が抱えるテーマ、例えば、環境問題、食料問題、都市開発、宇宙、エネルギー、災害、教育、芸術などが掲げられる。競技では、テーマに関するプロジェクト (探究、可視化と分析、プレゼンテーション)、ロボットゲーム (創造性、ロボットデザイン、プログラミング)、コアバリュー (発見、イノベーション、インパクト、多様性、チームワーク、楽しさ) が点数化

されて総合的に評価される。児童・生徒たちは、これらの活動を通じて、単にプログラミングのスキルを学ぶだけではなく、自己の興味関心がどこにあるのか、自分は何が得意なのかを認識し、足りないところはチームとして他者と協働で問題解決することを学ぶ。

FLL は、米国における STEAM 教育の一例であるが、筆者は保護者としてロボカップジュニアや FLL の大会に周辺参加した経験から STEAM 教育に関わるようになった。日本に帰国した 2015 年、折しも米国において STEM 教育法が制定され、続いて 2017 年には A (Art/Arts) を加えた STEAM 教育が推進されることとなった。

STEAM 教育とは、STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) に A (Art/Arts) を加えた統合的な学びの枠組みである^[1] (図 1)。拙稿に目を留められた諸氏の中には、STEM 教育と聞いて「何をいまさら」という感を抱く方がおられるかもしれない。工業教育は、日本のエンジニアを育成するための教育を支えてきた。プログラミング教育やものづくりを内包する STEAM 教育は、日本の工業高校や高等専門学校、大学の工学部や理工学部などで行われている教育と何か異なるのだろうか。

本稿では、STEAM 教育がどのような経緯で日本の教育政策に取り入れられるようになった

STΣ@M: A Framework for Teaching Across the Disciplines

STΣ@M =
Science & Technology
interpreted through
Engineering & the Arts,
all based in
Mathematical elements.

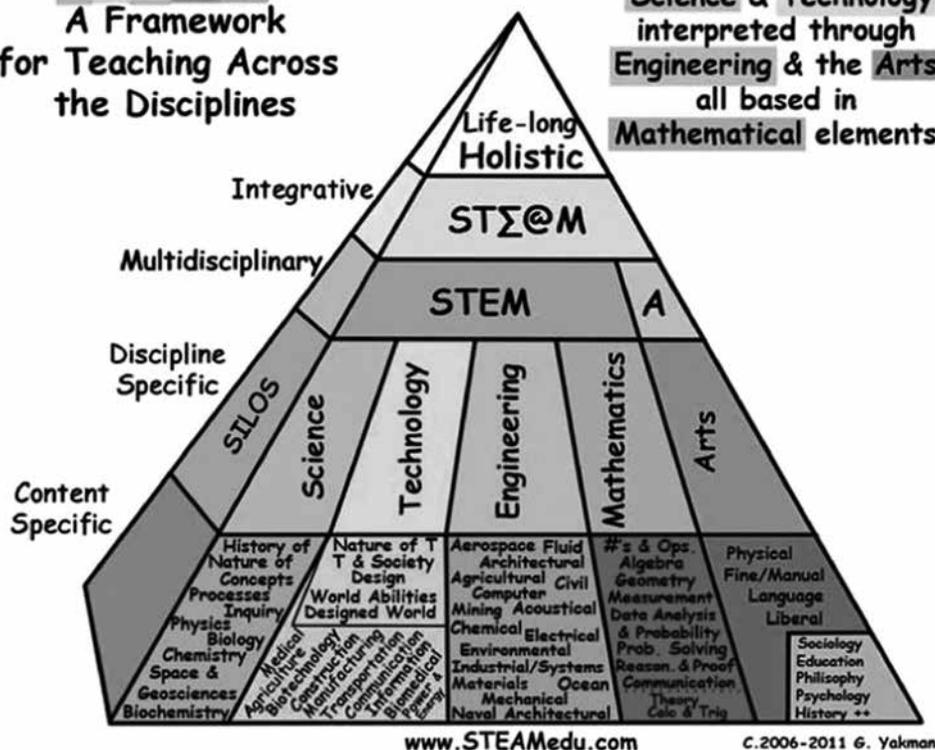


図1 Yakman が考案した STEAM ピラミッド [1]

のか、政策的側面と教育的側面の双方を鑑みながら論を進める。なお、STEAM を構成する要素である Technology を技術、Engineering を工学と訳すことについては異論がある [2] ため、以降はそれぞれ「テクノロジー」、「エンジニアリング」とカタカナで表記する。また、Art(s) については芸術と訳されたこともあったが、現在ではデザインや人文社会系の内容を含みバラルアーツとされているが、本稿では単に、「アート」と表記する。

2. 政策と教育の側面からみた STEAM 教育

(1) 政策的側面からみた STEAM 教育

STEAM 教育が国家政策として進められている背景には、海外における STEAM 教育の推進が関係している。例えば、米国では 2015 年に STEM 教育法 (STEM Education Act of 2015)

が制定された。その後、2017 年に STEM 教育法を修正し、STEAM 教育法 (STEM to STEAM Act of 2017) が制定されている。米国の STEM 教育法は、1957 年のスプートニクショックに端を発する科学技術振興政策のひとつであり、1996 年の全米研究評議会による「全米科学教育スタンダード」や、2013 年に発表された「NGSS (Next Generation Science Standard)」などを踏まえて推進されている [3]。中華人民共和国 (中国) においても、ほぼ同時期に国家政策として STEM/STEAM 教育の振興が始まっている [4]。両国とも、科学技術振興を目的とした国家的な人材育成の促進が急務であると政治的に判断している点は共通している。

STEAM 教育が日本の政策に取り上げられるようになったのは、内閣府の「第 5 期 科学技術基本計画」(2016 年 1 月 22 日閣議決定)

で提唱された Society 5.0 である。経済産業省においても、2018年7月から「未来の教室 Learning Innovation」事業が進められ、その成果を STEAM Library として公開し始めた。その後、2021年3月26日に閣議決定された「第6期 科学技術・イノベーション基本計画 (STI 政策)」では、初等中等教育段階からの STEAM 教育や GIGA スクール構想を推進することがまとめられた。また、2022年6月2日に開催された総合科学技術・イノベーション会議では、「Society 5.0の実現に向けた教育・人材育成に関する政策パッケージ」が明示され、探究・STEAM 教育を社会全体で支えるエコシステムの確立が目標に掲げられることとなった。そこには、「高専や専門高校を小中学生の STEAM の拠点に」することや、高校においては「探究や STEAM が実施可能な学校体制の構築」を行うことが示されている^[5] (図

2)。
Society 5.0 は文部科学省の教育政策にも大きな影響を与えた。STEAM 教育は、文部科学省が学習指導要領に掲げた個別最適な学びと協働的な学び、探究学習やプロジェクト学習などと関連がある。ご承知のとおり、2017年に告示した小・中学校の学習指導要領には、「総合的な学習の時間」に探究のプロセスが盛り込まれている。また、2018年に告示された高等学校学習指導要領では、「総合的な探究の時間」、「理数探究基礎」、「理数探究」、「地理探究」、「日本史探究」、「世界史探究」、「古典探究」が科目として新設された。2019年には、「総合的な探究の時間」と STEAM 教育との関連を高校教育のワーキング会議において整理している^[6]。加えて、STEAM 教育のテクノロジーやエンジニアリングと関わりがあるプログラミング的思考の育成にも言及している。文部科学

3. 3本の政策と実現に向けたロードマップ

【政策2】探究・STEAM教育を社会全体で支えるエコシステムの確立<目指すイメージ①>



図2 探究・STEAM教育に関する政策の概要^[5]

省は、伝統的な知識体系の伝承としての教科学習に加えて、問題解決にむけた探究的な学びや教科横断型の学びとしてSTEAM教育の推進を進めている。

以上の経緯を経て、現在では、文部科学省だけではなく、経済産業省や内閣府の政策にも“STEAM”が散見されるようになった。日本は、この四半世紀の間に「理科離れ」が進み、大学入試における理系選択者が減少している。VUCAの時代を生き抜く子どもたちに必要な実社会の問題発見・解決力、論理的思考力、批判的思考力、創造性を育むためには、文系理系を問わず、すべての児童・生徒たちに科学技術への興味・関心を喚起させたり、ものづくりを経験させたりする機会が必要になっている。STEAM教育は、これからの日本の将来を見据えた国家政策として位置付けられているのである。

(2) 教育的側面からみたSTEAM教育

STEAM教育を教育的側面から述べるにあたって、まず学習観について説明する。学習観とは戦後日本の教育行政の基盤となった考え方で、行動主義、認知主義、構成主義の3つに分けられる(図3)。まず、戦後からおおよそ1980年代ころまでは、行動主義的学習観を基盤とした教育が主流であった。ドリルなどの反復練習を行いペーパーテストでパフォーマンスを測定する教育は、技能の習得や習熟に効果的であることが知られている。次に、おおよそ1990年代ころから2010年ころまでは、認知主義的学習観を基盤とした教育が展開されていた。記憶研究の知見をもとに知識の精緻化や体制化を行ったり、メタ認知を用いて自身の学習を振り返ったりすることの効果が示された。そして、2010年ころから現在に至るまで、構成主義的学習観を基盤とした教育が展開されている。アクティブラーニングを取り入れた学習者主体かつ対話的な深い学びは、創造性や問題発見・解決力の育成に効果があるとされている。

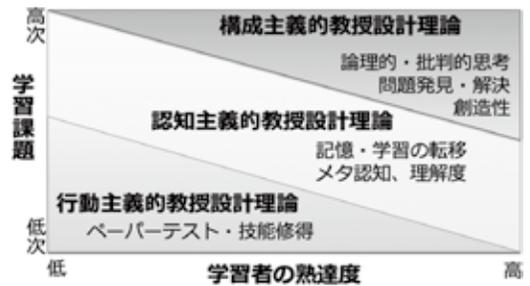


図3 学習観と授業設計^[7]

STEAM教育は、構成主義的学習観を基盤とした学びである。構成主義的学習観では、学習者が主体的かつ協働的に学ぶ設計を行い、ファシリテートするのが教師の役割である。学習場面や学習目標、学習者のレベルによって3つの学習観を効果的に補完させて効果的な授業設計を目指す。教師は、児童・生徒が興味を持って持続的に探究する課題、疑問を解決するツールとしてのICT、それぞれが責任を持って学び合うクラスメイトなどを適切に配置し、主体的に学べるようにデザインすることが求められる。

しかしながら、行動主義的学習観のもとで教育を受けてきた教師にとっては、何を教えてどのように評価したらよいのかわからないとの声が多い。中には、学習者に主体的に学習させても何も学ばないと主張する教師もいる。この理由は、学習観の相違に起因する。学習観の相違は、目的（知識習得か能力育成か）と方法（どのように学ばせることがより効果的なのか）だけでなく、最終的なゴール（試験合格なのかより良く生きることなのか）に関わっている。構成主義的学習観の視座においては、児童・生徒がモチベーションをもって自ら課題に関わっていく学びが求められるのである。ただ、誤解のないように付記したい。確かに行動主義的な学習は思考力や動機づけを考慮せず創造性を育むのに適していない。しかし、行動主義的教育を否定しているわけではない。創造性を育む構成主義的授業設計を行う中で、必要な習得すべき

学習を行動主義的な設計で補完することも重要だと考えている。新しい学習観を受け入れ、柔軟な思考で設計をすることが肝要なのである。

3. STEAM 教育の設計

STEAM 教育の設計モデルのひとつに、Kolodner が提唱した Learning by Design™ モデル^[8]（以下 LBD と略す：図 4）が挙げられる。このモデルの右側は探究活動であり、先に述べた通り、2018 年に告示された学習指導要領に示された探究のプロセスに類似している。左側のデザイン活動は、エンジニアリングとアートが融合した「ものづくり」と捉えることができる。探究活動と創造活動を Need to Do や Need to Know によって往還しながら、それぞれのプロセスを短期的もしくは長期的に繰り返すように設計をすることで深い学びを促進することができる。学校外のインフォーマルな学習や、FLL のような大会の設計において有用なモデルである。

STEAM 教育の設計では、モデルに加えて「問い」も重要な要素となる。松原ら^[9]は、STEAM 教育のような教科横断アプローチを Thematic（学問領域）、Interdisciplinary（学際）、Transdisciplinary（越境）の 3 段階に分けて、それぞれの問いの役割や目的、教師の役割についてまとめている。児童・生徒の発達段階に合わせて、問いを立てることも、設計上の重要なポイントとなる。



図 4 Learning by Design™ モデル^[8]

4. STEAM 教育の課題

STEAM 教育の課題は大きく分けて 4 つある。

(1) 修得と探究のバランス

学習指導要領には、学すべき学習内容が記載されている。そのすべてを修得することが法的に定められている。そのため、児童・生徒が楽しみながら探究活動をしたり創造的なものづくり活動をしたりする時間は限定される。もし、探究活動やものづくり活動を行うための時間を確保したいのであれば、例えば小学校における学童保育や中学校における課外活動など、学校のカリキュラム外の時間を活用するしかない。

(2) テーマ設定とオリジナリティ

STEAM 教育では、先に述べたように「問い」、すなわちテーマ設定が重要となる。児童・生徒自身が主体的に学ぶためには、自らが知的好奇心を抱いたり、解決したいと思う課題を取り上げたりすることが重要である。

しかしながら、自身のオリジナリティを發揮するようなテーマを自ら見つけることは、研究者でもない限り難しいが、テーマを教師が与えてしまっても元も子もない。また、領域を横断したテーマは、理科、数学、情報などの教科をベースにした探究からは見つけにくい。加えて、興味・関心を抱いたことや解決したいと思う課題は、インターネットや生成 AI を使って調べるとおおよそのことが明らかになる。すべての問いに答えがあると誤解する児童や生徒もいる。

STEAM 教育に、実社会の問題を解決するプロジェクト学習を取り入れるのは、実社会の問題が複雑で簡単に解を得られるものではないことを体験的に学ぶためである。体験学習を通じて、自身が取り組みたい課題やオリジナリティのあるテーマに辿り着ける可能性は高くなるし、複数人で取り寄せたりすることによって継続性を確保することも可能になる。

(3) 学校教育に導入する場合の評価

STEAM 教育を FLL のようなイベントとして実施したり、課外活動として実施したりする

場合は問題ない。しかし、もし学校教育に導入する場合には、教科の中でパフォーマンス評価を用いることになる。評価とは、児童・生徒に Knowledge of Results をフィードバックすることで、成績をつけることではないが、教師や保護者の多くは、点数をつけることと同義に捉えている場合が多い。探究活動やものづくり活動における試行錯誤や失敗も大切な体験である。児童生徒の成長に資するフィードバックを教員が行うためには、評価を取り巻く考え方も考慮する必要がある。

(4) 担当者の資質能力

STEAM 教育を設計して実施する担当者（学校の場合は教員）には、教科横断的な探究活動と、ものづくりや問題を解決する創造活動、双方の経験を有することが求められる。しかし、高校、大学、大学院などで研究活動を行い、主体的にテーマを自身で考える経験を有している担当者は少ないように思われる。もちろん、テーマ（課題）を与えられて、それを正確に迅速に遂行する能力も重要であるが、これからの時代に求められているのは、自ら問題を発見する力である。それに加えて、担当者には高い ICT 活用能力が求められるようになってきた。生成 AI をはじめとした先端的なテクノロジーを修得した指導者の育成も今後の課題であろう。

5. おわりに

本稿では、STEAM 教育について政策的側面と教育的側面からまとめた。探究とものづくりの融合を小学校や中学校などの早い段階で経験し、より多くの児童・生徒がサイエンス・テクノロジー・エンジニアリングに関わるきっかけとなるのであれば、STEAM 教育は社会的意義を達成したと言える。日本には、独自の工学教育が根付いている。今後の課題は、文化的かつ歴史的に異なる工学教育と STEAM 教育をどのように融合させ発展させていくのか、議論を

行い、実践を始めることであろう。

参考文献

- [1] Yakman, G. (2010) STEAM Pyramid. https://www.researchgate.net/figure/A-framework-for-STEAM-education-C-Yakman-G-2010-used-with-permission_fig2_333908373 (2025/8/7 閲覧)
- [2] 山崎貞登 (2020) STEM, STEAM, エンジニアリング教育概念の比較教育からの論点整理. 日本産業技術教育学会誌, 62(3), pp197-207
- [3] 胸組虎胤 (2019) STEM 教育と STEAM 教育. 鳴門教育大学研究紀要, 34, pp. 58-72
- [4] 林晨洋, 史珍妮, 森田裕介 (2021) 中国における STEM/STEAM 教育の研究動向. 人間科学研究, 34(2), pp. 109-117
- [5] 内閣府 (2022) 総合科学技術・イノベーション会議資料. p33 https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/saishu_print.pdf (2025/8/7 閲覧)
- [6] 文部科学省 (2019) 新学習指導要領の趣旨の実現と STEAM 教育について: 「総合的な探究の時間」と「理数探究」を中心に. p16 https://www.mext.go.jp/content/1421972_2.pdf (2025/8/7 閲覧)
- [7] 鈴木克明 (2005) 教育・学習のモデルと ICT 利用の展望: 教授設計理論の視座から. 教育システム情報学会誌, 22(1), pp. 42-53
- [8] Kolodner, J.L. (2002) Learning by Design™: Iterations of Design Challenges for Better Learning of Science Skills. *Cognitive Studies*, 9(3), 338-350
- [9] 松原憲治, 高阪将人 (2017) 資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い. 科学教育研究, 41(2), pp. 150-160