

STEM教育における学問領域の統合に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 岐阜大学教育学部・教育学研究科 公開日: 2025-04-28 キーワード (Ja): STEM教育, 統合されたSTEM, 学問領域の統合, 指導方法 キーワード (En): 作成者: 内海, 志典 メールアドレス: 所属: 岐阜大学
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/0002001002

STEM教育における学問領域の統合に関する研究

Study on Integration of Disciplines in STEM Education

内海 志典¹

UTSUMI Yukinori¹

[キーワード Keyword] STEM教育, 統合されたSTEM, 学問領域の統合, 指導方法

[所 属 Institution] ¹岐阜大学教育学部 (Faculty of Education, Gifu University)

[要 旨 Abstract]

本研究では, STEM教育の教育実践の充実に向けて, STEM教育における学問領域の統合をどのように捉えればよいのかについて検討した。その結果, 以下の3点が明らかとなった。(1) STEM教育を学問領域の統合の視座から捉えるとモデルを提示することができ, カリキュラム開発の際の統合に関する目標とすることができる。(2) 学問領域の統合のモデルは多様であり, アメリカの科学教師が望ましいと認識している概念モデルも多様である。(3) 「統合されたSTEM」の5つの鍵となる原則は, 学問領域の統合に関する「STEM内容の統合」と指導方法に関する「問題中心の学習」, 「探究学習」, 「デザインベースの学習」, 「協働学習」である。

1. はじめに－問題の所在と研究の目的－

世界の政策立案者と教育研究者は, STEM教育における生徒の持続と成功を保証することに, 益々, 重点的に取り組んでいる (Skinner et al., 2017)。わが国においても, 国家の方針として, 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ことを表明している (教育再生実行会議, 2019)。

しかしながら, STEMという用語が政策立案者や研究者の両者により大まかに用いられてきたため, すべての教育段階の教育者は, STEM教育が何であるかという異なった認識を有していることは無理からぬことである (Dare, et al., 2019)。これは, わが国のSTEM教育についても同様であると考えられる。そのため, 教科横断的な教育として, STEM教育を実践することが求められているが, STEM教育をどのように捉えればよいのかについて明確になっているとは言い難い。本研究では, STEM教育の教育実践の充実に向けて, STEM教育をどのように捉えればよいのかについて検討することを目的とする。

2. 研究の方法

分析方法については, STEM教育における各学問領

域の統合とその指導方法について, 文献研究を中心とした理論的研究を行う。具体的には, STEM教育における学問領域間の統合が多様であるため, STEM教育の捉え方を困難にしていることから, 学問領域の統合に焦点をあてて検討する。加えて, STEM教育の教育実践を行うためには, 指導方法も重要なため, 指導方法にも焦点をあてて検討する。

3. STEM教育と学問領域の統合

3.1. STEM教育の定義

Vasquez, et al. (2013) は, STEM教育を展開する上で, 以下のように定義している。

STEM教育は, 科学, 技術, エンジニアリング, 数学の4つの領域を分離する伝統的な障壁を取り除き, 生徒を対象として, それらを実社会の, 綿密な, 現実の問題に直結する学習経験を統合する学習に対する学際的なアプローチである。

つまり, STEM教育は, 科学, 技術, エンジニアリング, 数学の4つの学問領域間において, 何らかの統合を有しており, 実社会の問題を検討する教育と考えることができる。

3.2. 学問領域の統合

知識、概念、スキルは、各学問領域において個別に学習するが、STEMでは、2つ以上の各学問領域が統合される。Vasquez, et al. (2013) は、STEM統合に関するより包括的な見方として、統合されたSTEMカリキュラムをデザインするアプローチを、統合の程度により、表1に示す「多学問領域(Multidisciplinary)」、 「学問間領域 (Interdisciplinary)」、 「学問横断領域 (Transdisciplinary) 」の3つに整理している。各学問領域の統合は、学問的、学際的、学際横断的などさま

ざまなレベルで起こりうる (Vasquez, et al., 2013) 。また、これらの3つのアプローチには明確な区分がなく (Vasquez, et al., 2013) , これらの3つのアプローチにおいて、どのように学問領域の統合が達成されるかという見通しは、多様である (English, 2016) 。

3.3. STEM教育の捉え方

Bybee (2013) が提示したSTEM教育の捉え方を表2に示す。Bybee (2013) は、特に、モデルで提示するという明晰さの必要性を指摘したが、各モデルが共存す

表1. 統合されたSTEMカリキュラムをデザインするアプローチ

アプローチ	多学問領域 (Multidisciplinary)	学問間領域 (Interdisciplinary)	学問横断領域 (Transdisciplinary)
焦点を体系化する	領域の基準は、テーマに沿って体系化される。	教科間領域のスキルと概念は、領域の基準に埋め込まれている。	実生活における、生徒の駆動となる問いを伴った問題あるいはプロジェクト・ベースである。
内容の開発	知識とスキルは、各学問領域の構造を通して最適に学習が行われる。	知識とスキルは、相互接続し、相互依存している。	知識とスキルは、一部は教師により、一部は生徒により決定される。
領域の役割	固有の学問領域に関するスキルと概念は、他の学問領域から独立して教授される。学問領域の順序が最も重要である。	教科間スキル、実践、概念が、至る所で編み込まれている。順序は、異なった学問領域の質を結び付ける。	学問領域の境界は、生徒が実生活の問題、またはプロジェクトとして取り組めるように、重視されない。順序は、教師により設定された目標に対応して、少なくとも一部は、生徒により決定される。
学習目標	学問領域固有の概念とスキル	学問領域を横断する概念とスキル	学問領域、実社会の文脈、生徒の興味・関心を横断する概念とスキル
統合の程度	小規模	中程度	大規模

(出典： Vasquez, et al., 2013を基に作成)

表2. Bybee (2013) が提示したSTEM教育の捉え方

STEMの分類	説 明
A. 1つの学問領域に関連	STEMは、科学と同等である。
B. 科学と数学に対する関連としてのSTEM	STEMは、科学と数学の両者を意味している。
C. 他の学問領域を包含する1つの科学の学問領域	STEMは、科学を意味しており、技術、エンジニアリング、数学を包含している。
D. 個別の学問領域	STEMは、4つの個別の学問領域と同等である。
E. 技術、あるいはエンジニアリングのカリキュラムと関連のある科学と数学	STEMは、科学と数学が技術、あるいはエンジニアリングのカリキュラムと結び付けられていることを意味している。
F. 学問領域間の調整	STEMは、学問領域間の調整を意味している。
G. 2つまたは3つの学問領域の結合	STEMは、2つまたは3つの学問領域の結合を意味している。
H. 統合された学問領域	STEMは、学問領域間を重複する補完を意味している。
I. 複数の学問領域を内包するコース、またはカリキュラムとしてのSTEM	STEMは、複数の学問領域を内包するコース、またはカリキュラムを意味している。

(出典：Bybee, 2013を基に作成)

る可能性があることと、どのモデルも他のモデルよりも正しいとは考えられないことについても指摘しており、すべてに受け入れることができる1つに定義を探し求めている傾向に対して警鐘を鳴らしている。しかしながら、STEM教育においてカリキュラム開発を行う際に、各学問領域をどのように統合するかといった学問領域の統合についてのモデルを設定することは、STEM教育の授業実践を具現化に向けた各学問領域の統合という目標が明確になることにつながる。

4. 教師のSTEM教育における学問領域の統合に対する認識

Ring, et al. (2017)は、アメリカのK-12の科学教師(以下、教師とする)がSTEM教育における学問領域の統合についての認識について、8つの概念モデルを特定している。さらに、Dare, et al. (2019)は、教師がRing, et al. (2017)が特定した8つの概念モデルについて、どの概念モデルが望ましいと認識しているかを調査した。教師が認識しているSTEM教育の統合についての概念

モデルと望ましいと考える割合を表3に示す。

STEM統合については、まったく望ましくないと認識している「A. 接頭語としてのSTEM」と「D. 個別の学問領域としての科学、技術、エンジニアリング、数学」は、各学問領域の統合が考慮されていない概念モデルである。78.4%の教師が望ましいと認識している「E. 統合された学問領域」では、教師はSTEM教育について単に各学問領域が統合されることが望ましいと認識しているが、この概念モデルはどのように統合するかについては具体的に示されていないため、教師は他の概念モデルと重複して望ましいと認識していると考えられる。

86.5%の教師が望ましいと認識している「B. 文脈としての実社会の問題解決」と、78.4%の教師が望ましいと認識している「C. 文脈としての科学」は、文脈が各学問領域の統合に関係している概念モデルである。64.9%の教師が望ましいと認識している「F. 内容としてのエンジニアリング・デザイン・プロセス」と、35.1%の教師が望ましいと考えている「G. 文脈とし

表3. 教師が認識している STEM統合についての概念モデルと望ましいと認識している割合

STEMの概念モデル	概 要	望ましい (N=37)
A. 接頭語としてのSTEM	科学と数学、科学または数学を別々の教室で教授するという伝統的なモデルを示しており、技術やエンジニアリングの教授法の役割は、ほとんど強調されていない。	0 (0%)
B. 文脈としての実社会の問題解決	STEM教育が、学校と実社会の関係に焦点をあてて、STEMの概念を生徒の生活に関連付けるための文脈を提供する。	32 (86.5%)
C. 文脈としての科学	科学的概念を教授するとともに、必要に応じて技術やエンジニアリング、数学を活用する。	29 (78.4%)
D. 個別の学問領域としての科学、技術、エンジニアリング、数学	補助的な役割として他の学問領域が含まれているが独立した学問領域として示され、有意義にまたは実質的に学問領域を超えて統合されていない。	0 (0%)
E. 統合された学問領域	科学、技術、エンジニアリング、数学に関する教育を融合する構成要素がある。	29 (78.4%)
F. 内容としてのエンジニアリング・デザイン・プロセス	生徒が技術を使用して科学や数学の概念を学ぶプロセスとして、エンジニアリング・デザインの反復プロセスに重点を置いている。	24 (64.9%)
G. 文脈としての科学とエンジニアリング・デザイン・プロセス	適切なきに技術や数学的概念を使用して、科学的概念とエンジニアリング・デザイン・プロセスを教授することに等しく重点を置く。	13 (35.1%)
H. 文脈としてのエンジニアリング	必要に応じて、科学、技術、数学を活用するエンジニアリングに重点を置く。	21 (56.8%)

(出典：Ring et al., 2017とDare, et al., 2019を基に作成)

ての科学とエンジニアリング・デザイン・プロセス」は、エンジニアリング・デザイン・プロセスが各学問領域の統合に関係している概念モデルである。56.8%の教師が望ましいと認識している「H. 文脈としてのエンジニアリング」は、エンジニアリングが文脈として、各学問領域の統合に関係している概念モデルである。

5. 統合されたSTEM教育

5.1. 「統合されたSTEM教育」の定義

より生徒中心の学習環境の潮流の中で、STEM教育における現在の国際的な関心の1つは、「統合されたSTEM」を用いて、カリキュラムにおける個別のSTEM学問領域を統合する動向である(Honey, et al., 2014)。

「統合されたSTEM 教育」は、2つ以上のSTEM教科間、あるいは、そのSTEM教科の中の教授と学習、および/または、STEM教科と1つ以上の教科間の教授と学習を探究するアプローチである(Sanders, 2009)。また、Nadelson & Seifert (2017)は、「統合されたSTEM」について、一般的には、以下のように定義している。

多数からなるSTEM学問領域から内容と概念の調和した融合として定義することができる。統合は、学問領域に関係なく、むしろ、問題、プロジェクト、あるいは課題の文脈において、特定のSTEMの学問領域の知識とプロセスが同時に検討されるような過程において生起する。

つまり、STEM教育においては、問題、プロジェクト、あるいは課題が、各学問領域の統合の「接着剤」としての役割を担い、それらに関連する各学問領域の統合が行われる。

5.2. 統合されたSTEM教育の教育実践

Thibaut, et al. (2018)は、「統合されたSTEM教育」における教育実践について、文献レビューを行い、「STEM内容の統合(integration of STEM content)」、「問題に関する焦点(focus on problems)」、「探究(inquiry)」、「デザイン(design)」、「チームワーク(teamwork)」、「生徒中心(student-centered)」、「実践(hands-on)」、「評価(assessment)」、「21世紀型スキル(21st century skills)」の9つの類型に大別している。それらの教育実践の概観を表4に示す。

5.3. 統合されたSTEMにおける教育実践の枠組み

Thibaut, et al. (2018)は、文献レビューにより、表4に示したSTEM教育の教育実践から導出した「統合されたSTEM教育」における教育実践の枠組みを整理している。

生徒中心の学習環境としての「統合されたSTEM教育」は、社会的構成主義が基盤となって展開され(Struyf, et al., 2019)、中等教育において、以下に示す「STEM内容の統合」、「問題中心の学習」、「探究学習」、「デザインベースの学習」、「協働学習」の5つが鍵となる原則である(Thibaut, et al., 2018)。

- ・「STEM内容の統合」は、様々なSTEM学問領域から派生した内容を意図的に統合する。
- ・「問題中心の学習」は、真正の実社会の問題の使用を示唆し、学習内容の関連を増加させる。
- ・文脈における「探究学習」は、生徒に新しい概念を発見させ、新しい理解を発達させる疑問、経験に基づく学習と、実践的活動に取り組ませる。
- ・「デザインベースの学習」は、生徒を技術デザイン、または、エンジニアリング・デザインに取り組ませるといった学習環境に言及する。
- ・「協働学習」は、例えば、小グループの活用を通じたチームワークの促進と他者との協働に関連している。

これら5つの鍵となる原則のうち、「STEM内容の統合」は、学問領域の統合に関するものであり、残りの4つの「問題中心の学習」、「探究学習」、「デザインベースの学習」及び「協働学習」は、指導方法に関するものである。

6. 考察

6.1. STEM教育における各学問領域の統合

Thibaut, et al. (2018)が指摘しているように、5つの鍵となる原則の1つである「STEM内容の統合」については、その捉え方は多様であり、その1つの捉え方として、3.3節で前述したように、Bybee (2013)の捉え方がある。その多様性は、Dare, et al. (2019)が指摘しているように、既に数多くの実践が行われているアメリカにおいても、教師のSTEM教育の望ましい概念モデルが様々であることからわかる。しかしながら、STEM教育を実践していくためには、科学、技術、エンジニアリング、数学の各学問領域の少なくとも2

表4.「統合されたSTEM教育」における教育実践の枠組み

類 型	論文から抽出された教育実践
STEM内容の統合 (integration of STEM content)	・学際的アプローチ ・異分野間アプローチ ・内容統合 ・文脈統合 ・2つ以上の学問領域に同じ注意を払う統合カリキュラム ・明確な同一化, または1つ以上の学問領域の概念統合 ・技術の統合 ・異なったSTEM学問領域からの表現の変換 ・特定の学問領域に渡る学習目標, 原則, 概念, スキルの関連 ・2つ以上のSTEM内容領域の追加, または結合
問題に関する焦点 (focus on problems)	・問題解決学習 ・問題中心学習 ・プロジェクト学習 ・問題の定義, 説明, 評価, 解決 ・有意味の, 動機付けとなる, または魅力的な文脈 ・ビッグ・アイデア, 概念, テーマへの焦点化 ・オープンエンドで, 実世界の, 真正な問題
探 究 (inquiry)	・問題の設定 ・調査の計画と実施 ・データまたは情報の収集, 分析, 解釈 ・発見学習 ・科学的探究 ・真正な科学的実践またはプロセス
デザイン (design)	・デザインを通じた学習 ・デザインに基づく学習 ・モデルの開発と使用 ・解決のデザイン ・エンジニアリング・デザイン ・デザインの根拠 ・失敗から学習する機会とその学習に基づいて再設計する機会
チームワーク (teamwork)	・協働学習 ・共同学習 ・情報の伝達 ・チームワーク ・小グループでの作業 ・他者との作業 ・グループワークの相互依存
生徒中心 (student-centered)	・生徒中心の教授法
実践 (hands-on)	・実践的な学習 ・実践的活動 ・操作の有効性
評価 (assessment)	・生徒の誤概念と能力の理解 ・指導の一部としての評価の使用 ・パフォーマンス評価と形成的評価 ・省察の記述 ・予備知識
21世紀型スキル (21st century skills)	・21世紀型スキルの発達

(出典: Thibaut, et al., 2018)

つ以上の学問領域の統合を図る必要がある。

Dare, et al. (2019)は、アメリカのK-12の教師が望ましいSTEM教育の統合モデルについて、文脈やエンジニアリング・デザイン・プロセスが、科学、技術、エンジニアリング、数学の各学問領域の統合を図るために用いられている統合モデルが望ましいと認識していることを明かにしている。これらのモデルでは、文脈やエンジニアリング・デザイン・プロセスが、各学問領域の統合する「接着剤」として機能している。各学問領域の統合を図るための「接着剤」として機能する文脈の中では、問題、プロジェクト、あるいは課題が生起する(Nadelson & Seifert, 2017)。統合を図るための「接着剤」として機能するエンジニアリング・デザイン・プロセスは、エンジニアがよりよい製品を開発する際に用いるアプローチである。

6. 2. STEM教育における指導方法

Thibaut, et al. (2018) が指摘している「問題中心の学習」、「探究学習」、「デザインベースの学習」、「協働学習」の4つの鍵となる原則は、すべて生徒中心の指導方法であり、創造性、イノベーション、クリティカル・シンキング、問題解決、コミュニケーション、協働といった「21世紀型スキル」の発達を促進させるものである(Struyf, et al., 2019)。

STEM教育の指導方法については、真正の問題を取り扱い、探究学習、または、エンジニアリング・デザイン・プロセスといった「デザインベースの学習」を行い、他者と協働して学習に取り組む必要がある。

わが国において、エンジニアリング・デザイン・プロセスについては、内海・仲村(2024)の研究があるものの教育現場においてまだ幅広く認識されているとは言いがたい。しかしながら、「探究学習」は、小学校では「問題解決の過程」、中学校や高等学校では、「探究の過程」を踏まえた学習として認識されており、真正の問題は、「日常生活や社会との関連」する問題として、他者と協働することは、「主体的・対話的で深い学び」における「対話的な学び」として認識されている。

7. おわりに

STEM教育の捉え方については、学問領域の統合が多様であるため、STEM教育の捉え方を困難にしている。STEM教育を学問領域の統合の視座からと捉えると、モデルを提示することができ、STEM教育のカリキュラム開発の際に、授業実践の具現化に向けた各学

問領域の統合といった目標とすることができる。また、STEM教育を指導方法の視座からみると、多様な指導方法が採用されているが、これらの指導方法は、わが国の理科教育において既に実践されているものであり、同様な指導方法を用いてSTEM教育を実践していくことができると考えられる。わが国において、STEM教育を実践するためには、学問領域の統合と指導方法を組み合わせることで、より容易に、多様なSTEM教育の実践ができることが示唆される。

附記

本稿は、令和3年度一般社団法人日本科学教育学会第47回年会において発表した「STEM教育における学問領域の統合に関する基礎的研究」の内容を、大幅に加筆・修正したものである。

引用文献

- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education challenges and opportunities*. Washington, DC: National STEM Teachers Association.
- Dare, E. A., Ring-Whalen, G. H., & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701-1720.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1-8.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.
- 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)」. Retrieved from https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/giji/_icsFiles/afieldfile/2019/08/30/1420732_009.pdf (accessed 2022.07.05)
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221-223.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher*

- Education*, 28(5), 444–467.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68, 20-26.
- Skinner, E., Saxton, E., Currie, C., & Shusterman, G. (2017). A motivational account of the undergraduate experience in science: Brief measures of students' self-system appraisals, engagement in coursework, and identity as a scientist. *International Journal of Science Education*, 39(17), 2433–2459.
- Struyf, A., Loof, H. D., Pauw, J. B. & Van Petegem, P.V. (2019). Students' engagement in different STEM learning environments: integrated STEM education as promising practice? *International Journal of Science Education*, 41(10), 1387–1407.
- Thibaut, L. Ceuppens, S., Meester, H. D., Goovaerts, L., Struyf, A., Pauw, J. B., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M. D., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., L., Struyf, A., Pauw, J. B., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M. D., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Velde, D. V., Petegem, P. V. & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 2.
- 内海志典・仲村勇輝 (2024) 「アメリカ・テネシー州の初等教育段階のSTEM教育教材におけるエンジニアリング・デザイン・プロセス (EDP) に関する研究ーわが国の理科における問題解決の過程への示唆ー」『理科教育学研究』第64巻, 第3号, 221-235.
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics*, Heinemann.

(2025年1月14日受理)

