

STEAM 教育推進教師に必要な専門性の導出

Deriving the Professionalism Required for Teachers Promoting Steam Education

竹本 石樹・小川 博士・櫻井 宏明・伊堂 凜

要 約

21 世紀型スキルの育成を目指す STEAM 教育の推進は、我が国の喫緊の課題である。しかし、現在、STEAM 教育を推進できる教師の養成・育成の状況は充実しているとは言えない。

筆者らは、実践者、研究者、工学者とともに STEAM 授業検討会を行い、STEAM 授業を実践化した。そして検討会における発話を記録し分析することを通して STEAM 実践に関わる者が保有している知識の導出を試みた（4 ケース）。また、STEAM 教育先進的実践機関に所属する STEAM 教育リーダーである研究者に STEAM 教育を実践する上で大切なことについて聞き取りをした。そして、その発話を記録し分析することを通して STEAM 実践に関わる者が保有している知識の導出を試みた（2 ケース）。本稿ではこのような取組を経て導出した STEAM 教師に必要な知識を整理し報告する。このような知識が明確になれば、STEAM 教育を推進できる教師の養成・育成を行えるようになると思われる。

ただし、今回、報告する知識は導出の途上であることを明確に述べておく。今後、このような取組を繰り返し、理論的な飽和が起こるまで導出作業を繰り返していく必要がある。

キーワード：STEAM 教育、STEAM 教育推進教師、教師知識、専門性

1. 我が国における STEAM 教育の現状

STEAM 教育の前身である STEM 教育は、20 年ほど前にアメリカで始まったとされている(竹本、2022)。そして、現在 STEM 教育や STEAM 教育というワードが社会に浸透している。現在では、アメリカ、中国、イギリス、シンガポール等の多くの国においてその取組が報告されている(新井、2020)。

日本も同様に STEAM 教育の重要性を認識しており、例えば、経済産業省(2019)は、文科省と連携し、「『未来の教室』ビジョン」を事業化し、その中で「学びの STEAM 化」をあげている。これは「1 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(=知る)し、探究・プロジェクト型学習(=PBL)の中で、創造的・論理的に思考することと未知の課題やその解決策

を見出す(=創る)ことの循環する学び」として説明されている。

2. STEAM 教師の専門性への着目

さて、経済産業省が説明する「学びの STEAM 化」のためには、新井(2020)が指摘するように「どのような課題を設定するか」、「どのようにして有効な問題解決のプロセスを探索するか」などの教師の授業デザイン力が必要となる。

しかし、佐藤(2015)の「一般的に言って、日本の教師は教科書の知識を教えることについては優秀であるが、教科書の知識を学問背景と結び付けて発展的に教えることについては不十分であり、教科書の知識を学問の学びとして生徒が探究する課題にデザインする能力において不十分である」という指摘からは、

日本の教師による STEAM 教育の推進に懸念を抱かざるを得ない。

日本において、STEAM 教育を推進していくならば、日本の教師が STEAM 教育実践をデザインするために必要な専門性をもつ必要があると考える。

3. 本稿が目指すところ

筆者らは、日本において STEAM 教育を推進していくために、教師教育が不可欠であると考えた。そして、そのためには、STEAM 教育を行う教師に必要な教師知識を明確にするべきだと考えた。現在、STEAM 教育の実践者、研究者、工学者等と交流を重ね、STEAM 教育談義の中から STEAM 教師に必要な教師知識を導出しようとしている。

今回は、以下の交流における発話を分析対象とし、導出された教師知識を報告する。

- ・ STEAM 授業検討会における発話
- ・ STEAM 教育先進的実践機関の聞き取りにおける発話

なお、本交流は、主に小学校の授業づくりにフォーカスしているが、発話の内容は、他校種にも関係していることが多い。そのため他校種でも生かせる知見であると考えている。

また、今回報告する教師知識は導出の途上であることを明確に述べておく。今後、このような取組を繰り返し、理論的な飽和が起こるまで導出作業を繰り返していく必要があると考えている。

4. STEAM 授業検討会発話分析および STEAM 教育先進的実践機関発話分析による教師知識の導出

4-1. STEAM 授業検討会および STEAM 教育先進的実践機関調査の概要

STEAM 授業が行われる前に、教師と研究者、工学者が、授業検討会を行い、授業につ

いて検討した(2021年4月から6月)。その授業検討会は、表1に示す参加者及び検討内容で都合4回行った。なお、本授業検討会への参加者は、STEAM 授業開発を2年以上行なってきた者であり、STEAM 教育についての理解を深めている者である。また、授業検討会における検討内容は、授業者が STEAM 授業開発のために必要とすることであり、参加者がもつ知識を考慮し、会ごとに設定した。参加者からは、本 STEAM 授業開発のために必要な情報を引き出すことができた。

また、先進的に STEAM 実践を行っている機関を訪問し、STEAM 教育をリードしてきたリーダーから STEAM 実践を行う上で大切にしていることを聞き取った(2021年10月～2022年9月)。訪問した先進的 STEAM 実践機関、聞き取りを行った STEAM 教育リーダー、聞き取り内容は表2に示す通りである。

表 1 STEAM 授業検討会の概要

参加者	検討内容
教師と研究者 A	実践の方向性(目標、内容、活動)について
教師と研究者 B	学びの文脈について
教師と研究者 A、 工学者 A	ものづくりや教材について
教師と研究者 A、 工学者 A、B	プログラミングについて

表 2 STEAM 教育先進的実践機関調査の概要

	STEAM 教育先進的実践機関	STEAM 教育リーダー	聞き取り内容
A	S 実践機関	A 氏(アメリカ)	STEAM 教育を推進する上で大切なこと
B	K 実践機関	B 氏(日本) C 氏(日本)	STEAM 教育を推進する上で大切なこと

ここで、前者と後者の関係を示しておく。前者については、日本科学教育学会第 46 回

年会において既に発表している（竹本ほか、2022）。後者は、その発表後、前者に新たな調査結果を上積みしたものである。本研究では、両者で得られた発話を統合して分析対象とし、これらを分析することにより教師知識の導出を図っている。

4-2. 分析材料

STEAM 授業検討会においては、表 1 の STEAM 授業検討会参加者の発話を IC レコーダーで記録し、その音声データ（全 390 分）をテキスト化したものを分析材料とした。

また、STEAM 教育先進的実践機関調査において、表 2 中の A については、聞き取り内容を IC レコーダーで記録し、その音声データ（全 60 分）を分析材料とした。しかし、表 2 中の B については、音声データ未収録になってしまったため、参加者 4 名の聞き取りメモを統合し、再テキスト化したものを分析材料とした。

4-3. 分析作業

STEAM 授業検討会の発話分析においては、STEAM 授業に取り組む教師に必要な教師知識の構成要素を明らかにするために、KJ 法を参考にした。KJ 法は、データ整理方法の一つであるが、その本来的意義は、「分類と整理をとおして、分析前には気づかなかった知見を得ること」（中寫、2015）にある。STEAM 授業に必要な教師知識は、これまでの伝統的な授業に必要な教師知識とは異なる可能性があるため、本研究における分析には適していると考えた。分析には、質的データ分析ソフト NVivo（QSR International、2021）を用い、図 1 の手順で分析を行った。なお、恣意的な結果にならないように複眼的な視点で分析を行った。まず、3 チーム（第 1 著者と第 2 著者、第 1 著者と第 3 著者、第 1 著者と第 4 著者）による分類を行い、その結果を踏まえ、第 1 著者、第 2 著者、第 3 著

者、第 4 著者が調整し、合意形成していくことにした。

また、STEAM 教育先進的実践機関における発話分析においても、STEAM 授業検討会の発話分析と同様の作業を行った。

- ①発話データを繰り返し読み、発話データを内容ごとに切片化する。
 - ②NVivo に切片化したデータを読み込み、そこに見られる概念をコーディングする(コード化)。リサーチクエション(RQ)としては、「STEAM 教師には、どのような知識が備わっているべきか」を設定する。
 - ③類似コード同士をまとめ、サブカテゴリーを生成する(サブカテゴリー化)。
 - ④さらにサブカテゴリー同士をまとめ、カテゴリーを生成する(カテゴリー化)。
 - ⑤なお、②から④においては、切片データの内容と一致しているか常に見直し、恣意的な分類になっていないか、確認する。
- * 本分析作業は、竹本(2022)より引用

図 1 分析手順の概略

4-4. 分析結果

表 3 には、生成されたコード、サブカテゴリー、カテゴリーの一覧表を示した。切片データとコードを何度も行き来し、切片データに対し、適切なコードが生成されるようにした。そして、各コードをサブカテゴリーに整理する中で、STEAM 授業を行う教師の知識に関する新たな発見に至った。

さらに、表 4～表 27 には、カテゴリー、サブカテゴリー、コードの関係性を示した。ここでは、コードを使い、サブカテゴリーに示した教師知識の説明をしている。なお、この説明文を作成する際には、コードと原文である発話の関係性が保たれるように、両者間を往復しながらコードの意味を押さえて作成することに留意した。

4-5. 考察

2 でも述べたが、本研究で得た知見は、4 回の授業検討会、2 回の聞き取りにおいて得

られたものである。STEAM 教師に必要なすべての教師知識を導出できたわけではなく、あくまでもその途上である。よって、現時点では、「STEAM 教師に必要な教師知識」について包括的な考察をすることができない。

しかし、表 3 から表 27 に示した結果を導くにあたり、実践者、研究者、工学者が参加しているため、STEAM 授業を実践する教師だけでは捉えることができていない知識について導出できたと考えている。例えば、A の「目的・目標に関する知識」では、「21 世紀型スキル」、「STEM リテラシー」、「基礎的汎用的能力」をコードとしているが、管見の限り、これらに着目している学校や教師は多くはない。また、B の「内容に関する知識」についても「領域横断概念」、「領域コア概念」などについては、多くの教師が知らないことであると考えられる。これらについては、STEAM 教育を推進していく上では重要な知識であるため、今回の導出は、STEAM 教師育成のためには、有意義であったと考える。

また、D の「授業デザインに関する知識」における工学的プラクティスは、これまで日本の教育でも行ってきた「ものづくり」と同義である。しかし、従来の「ものづくり」においては、本研究で生成されたコード（「デザイン思考」「ティンカリング」「エンジニアリングデザイン」）は十分に意識されてこなかったと考えている。今後、このような導出された知識を意識した教育活動が行われれば、従来の「ものづくり」は質的に向上すると考える。これまで何気なく取り組んできた活動が少しずつ STEAM 教育化されていく可能性がある。

さらに、これまでの教育活動において大切にされてきた教師知識は、STEAM 教育を行っていく上でも大切である。例えば、C「カリキュラムに関する知識」における「学びの文脈」、D「授業デザインに関する知識」の「場の設定」、「レリバンズ」などは、STEAM

教育を行う際にも引き続き大切にしなければならない。これまでの教育で大切としてきたことにさらに磨きを掛け、STEAM 教育に取り組む必要がある。

さて、本研究では、8 カテゴリー、25 サブカテゴリーの教師知識の導出を行なった。我々は、STEAM 教育を推進したいと考えている教師が、「これらが全て備わっていないと、STEAM 教育はできないのか」と不安に思ってしまうことを心配する。しかし、その不安は無用である。導出した教師知識は従来の教師が有する知識の枠を超えているものが多いため、STEAM 教育に取り組み始める際には、それらを完備している教師は稀有である。今後、実践と検証の繰り返しの中で、STEAM 教育推進教師自身も教師知識を進化させていけばよいと考える。我々が導出する教師知識は、結果として STEAM 教育推進教師に必要となる専門性（＝教師知識）という捉えであり、推進する立場の教師であってもこれらの知識のすべてを STEAM 教育のスタートに備えていなければならないということではないことを付け加えておく。

5. 今後の展望

文部科学省では、将来の国際的な科学技術関係人材を育成するため、先進的な理数教育を実施する高等学校等をスーパーサイエンスハイスクール（SSH）として指定している。この取組は STEAM 教育につながるものである。また、経済産業省においても「未来の教室」実証事業の中で、STEAM 教育の事例研究を行なっている。さらに、海外に目を向けても STEAM 教育の取組が活性化している地域が多く存在する。今後は、このような様々な場で、STEAM 教育推進に関わる多くの人々と交流を深め、新たな STEAM 教師知識の導出を試みたいと考えている。

表 3 生成されたコード・サブカテゴリー・カテゴリーの一覧表

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
A 目的・目標に関する知識	【A-1】 21 世紀型のソフトスキルに関する知識	資質・能力、育てたい力、コラボレーション、21 世紀型スキル、STEM リテラシー、基礎的汎用的能力(47 発話)
	【A-2】 21 世紀型人材に必要なマインドセットに関する知識	挑戦、意欲、深い学び(25 発話)
B 内容に関する知識	【B-1】 S・T・E・A・M に関する知識	STEM/STEAM の意味、S の内実、T の内実、E の内実、A の内実、M の内実(12 発話)
	【B-2】 領域横断概念に関する知識	分野横断的な概念(2 発話) 概念＝①パターン、②原因と結果、③規模・割合・量、④システムとシステムのモデル、⑤エネルギーと物質、⑥構造と機能、⑦安定と変化
	【B-3】 領域コア概念に関する知識	STEM 領域における概念(2 発話) * 領域＝「物理科学」、「生命科学」、「地球と宇宙の科学」、「工学、技術、および科学の応用」
	【B-4】 学びを統合して得られる観念や概念に関する知識	未来、価値、概念化(43 発話)
C カリキュラムに関する知識	【C-1】 カリキュラムのスコープを設定するための知識	統合化、総合化、統合、学びの文脈(18 発話)
	【C-2】 カリキュラムのシーケンスを設定するための知識	つながり、見通し、見方・考え方(24 発話)
	【C-3】 カリキュラムに目標を設定する方法に関する知識	授業とのつながり、学校カリキュラム、学校経営方針、グランドデザイン、カリキュラム作成の進め方(37 発話)
D 授業デザインに関する知識	【D-1】 問いを設定するために必要な知識	未来の生活や社会、現実の生活や社会、発展的問題解決、場の設定、出会い、自分事、絞り込み、レリバンズ、オーセンティック(39 発話)
	【D-2】 科学的・工学的プラクティスに関する知識	探究、デザイン思考、ティンカリング、エンジニアリングデザイン(12 発話)
E 指導・支援に関する知識	【E-1】 教師の役割に関する知識	ファシリテーション(3 発話)
	【E-2】 21 世紀型スキルを育てるための知識	ORID、指導案への位置付け方(5 発話) * ORID＝Observational(客観的事実)、Reflective(感情、反応)、Interpretive(解釈)、Decisional(決断)
	【E-3】 ものづくりの指導に必要な知識	子どもへの介入、子どもの発達段階、素材の特性、テクノロジーの特性、プロトタイプ作成、グループでの話し合い(10 発話)
	【E-4】 ものづくりを構想する際に必要な知識	必要感、社会や生活との関係、知識の活用・発展、新規創造・既製改良、実現可能性、子ども中心の限界、ものづくりの理論、テクノロジーの特徴・特性(29 発話)

	【E-5】プログラミングへの取組に関する知識	初期指導、失敗を生かす、教えることと考えさせること、ティンカリング(5 発話)
F プロダクト製作に関する知識	【F-1】連携に関する知識	産学官民、教師の役割(16 発話)
	【F-2】意義や意味に関する知識	社会を変える、役立つ実感(8 発話)
	【F-3】見通し、実現可能性に関する知識	自由度、学校の年間計画、インフラの限界・制限、アウトプットイメージ、テクノロジー活用、技術的ハードル(22 発話)
	【F-4】ゴールイメージに関する知識	教材配列、実現可能性、テクノロジー活用、情報発信(17 発話)
	【F-5】安全性に関する知識	安全・安心(5 発話)
G 学習者に関する知識	【G-1】STEAM 授業に取り組む学習者の情報に関する知識	知識レベル、技能レベル、テクノロジーレベル、家庭の状況、アウトプット(24 発話)
H 教師のマインドセットに関する知識	【H-1】見識を広げる・深めるための知識	STEM/STEAM、21 世紀型の力、ICT 活用(3 発話)
	【H-2】(教師自身の)リフレクションの方法に関する知識	授業デザイン、ものづくり、カリキュラム(3 発話)

表 4 【A-1】 21 世紀型のソフトスキルに関する知識

カテゴリー	A 目的・目標に関する知識
サブカテゴリー	【A-1】 21 世紀型のソフトスキルに関する知識
コード	資質・能力、育てたい力、コラボレーション、21 世紀型スキル、STEM リテラシー、基礎的汎用的能力
説明	STEM/STEAM 教育の目的・目標は、21 世紀型人材の育成である。そのためには、教師は、 育てたい力 や 資質・能力 を明確に描き、STEM/STEAM 教育に取り組む必要がある。教師は、 21 世紀型スキル 、 STEM リテラシー 、 基礎的汎用的能力 に関する知識をもつ必要がある。 コラボレーション は、これからの人材育成に必要な 21 世紀型の力の一つであり、授業づくりの際、多くの教師が着目した力であった。

表 5 【A-2】 21 世紀型人材に必要なマインドセットに関する知識

カテゴリー	A 目的・目標に関する知識
サブカテゴリー	【A-2】 21 世紀型人材に必要なマインドセットに関する知識
コード	挑戦、意欲、深い学び
説明	21 世紀型人材を育成するためには、子どものマインドセットに着目する必要がある。挑戦することを避けたり、難しいとすぐに諦めたりしては、未来を拓くことはできない。何事にも 意欲 をもって 挑戦 する成長型のマインドセットが必要であり、教師は、このマインドセットに関する知識をもたなければならない。そして、このようなマインドセットは 深い学び を経験することによって子どもに育成されることも理解しなければならない。

表 6 【B-1】 S・T・E・A・M に関する知識

カテゴリー	B 内容に関する知識
サブカテゴリー	【B-1】 S・T・E・A・M に関する知識
コード	STEM/STEAM の意味、S の内実、T の内実、E の内実、A の内実、M の内実
説明	STEM/STEAM の意味について理解する必要がある。また、S の内実、T の内実、E の内実、A の内実、M の内実、それぞれの役割と、それぞれの学問内容をに関する知識をもつ必要がある。

表 7 【B-2】 領域横断概念に関する知識

カテゴリー	B 内容に関する知識
サブカテゴリー	【B-2】領域横断概念に関する知識
コード	領域横断的な概念
説明	STEM の重要概念である 3 Dimensions of Science Teaching and Learning の1つである。領域横断的な概念の原語は、Cross-Cutting Concepts である。領域横断的な概念は、S/T/E/A/M の様々な知識を結び付けて、統合する際に必要になるため、教師はこのことに関する知識をもつ必要がある。 具体的な領域横断的な概念は、以下の通りである。①パターン、②原因と結果、③規模・割合・量、④システムとシステムのモデル、⑤エネルギーと物質、⑥構造と機能、⑦安定と変化

表 8 【B-3】 領域コア概念に関する知識

カテゴリー	B 内容に関する知識
サブカテゴリー	【B-3】領域コア概念に関する知識
コード	領域コア概念
説明	STEM の重要概念である 3 Dimensions of Science Teaching and Learning の1つである。領域コア概念の原語は、Disciplinary Core Ideas である。「物理科学」、「生命科学」、「地球と宇宙の科学」、「工学、技術、および科学の応用」のそれぞれの領域におけるコアが領域コア概念である。教師は、STEM の学びを構成するために、このような学問のコアに関する知識をもたなければならない。

表 9 【B-4】 学びを統合して得られる観念や概念に関する知識

カテゴリー	B 内容に関する知識
サブカテゴリー	【B-4】学びを統合して得られる観念や概念に関する知識
コード	未来、価値、概念化
説明	STEM/STEAM 教育は、断片的な知識を習得するための学びではない。教師は、知識と知識をつなぎ、概念化し、学ぶことの価値を明確にするための知識をもたなければならない。 STEM/STEAM 教育では、知識と知識をつなぎ、現在の課題を解決し、未来を創り出していく教育である必要がある。その過程で知識は概念化され、価値がつくられていく。

表 10 【C-1】 カリキュラムのスコープを設定するための知識

カテゴリー	C カリキュラムに関する知識
サブカテゴリー	【C-1】 カリキュラムのスコープを設定するための知識
コード	統合化、総合化、統合、学びの文脈
説明	STEM/STEAM 教育では、学問分野を 総合化、統合化 する必要がある。教師は、Transdisciplinary、Interdisciplinary など、教科領域を 総合化、統合化 する際の考え方に關する知識をもたなければならない。 教科領域が 統合 された際、そこには 学びの文脈 が存在するはずであり、教師は 学びの文脈 のつくるための知識をもたなければならない。

表 11 【C-2】 カリキュラムのシーケンスを設定するための知識

カテゴリー	C カリキュラムに関する知識
サブカテゴリー	【C-2】 カリキュラムのシーケンスを設定するための知識
コード	つながり、見通し、見方・考え方
説明	STEM/STEAM 教育においても「 見方・考え方 」を働かせ、子どもの資質・能力を育成していかなければならない。そのために教師は学習内容の つながり を考え、 見通し をもってそれらを構成するための知識をもたなければならない。

表 12 【C-3】 カリキュラムに目標を設定する方法に関する知識

カテゴリー	C カリキュラムに関する知識
サブカテゴリー	【C-3】 カリキュラムに目標を設定する方法に関する知識
コード	授業とのつながり、学校カリキュラム、学校経営方針、グランドデザイン、カリキュラム作成の進め方
説明	学校でSTEM/STEAM 教育を実践するためには、 学校カリキュラム を作成し、 授業とのつながり を示す必要がある。そのために教師は、 学校経営方針 や グランドデザイン などにSTEM/STEAM 教育をどのように位置づけるかに関する知識をもつ必要となる。また、STEM/STEAM 教育を実践するための カリキュラム作成の仕方 に関する知識をもたなければならない。

表 13 【D-1】 問いを設定するために必要な知識

カテゴリー	D 授業デザインに関する知識
サブカテゴリー	【D-1】 問いを設定するために必要な知識
コード	オーセンティック、未来の生活や社会、現実の生活や社会、発展的問題解決、場の設定、出会い、自分事、絞り込み、レリバンス
説明	STEM/STEAM 教育では、 オーセンティック な問いを必要とする。 オーセンティック な問いは、子どもが描いた 未来の生活や社会 と 現実の生活や社会 とのギャップから生まれる。教師は、子どもをこのギャップに 出会わせる ための知識をもたなければならない。 子どもが問いをもつためには、従来の学びにおいても重要であるように 場の設定 が大切である。教師には、 場の設定 に関する知識が必要である。子どもたちはそこでハテナに出会い、 自分事 になった 発展的問題解決 に取り組む。また、 個人的レリバンス と 社会的レリヴァンス の調和も大切になる。教師は、 レリバンス を調和させるよう問題を 絞り込んで いく知識ももたなければならない。

表 14 【D-2】 科学的・工学的プラクティスに関する知識

カテゴリー	D 授業デザインに関する知識
サブカテゴリー	【D-2】科学的・工学的プラクティスに関する知識
コード	探究、デザイン思考、ティンカリング、エンジニアリングデザイン
説明	STEM/STEAM 教育の 探究 には、科学的なアプローチと工学的なアプローチがある。これまで日本の教育において行われてこなかったのは、工学的なアプローチであり、教師は、このことに関する知識をもつ必要がある。 工学的アプローチの際には、 エンジニアリングデザイン のプロセスが大切である。そのプロセスは、Define(定義する)→Develop Solutions(解決策を模索する)→Optimize(最適化する)である。また、このプロセスにおいては、ユーザーの求める最適なニーズを探究する デザイン思考 、試行錯誤し、最適化する ティンカリング が大切になる。教師は、 エンジニアリングデザイン を行う際に必要なこれらの知識をもたなければならない。

表 15 【E-1】 教師の役割に関する知識

カテゴリー	E 指導・支援に関する知識
サブカテゴリー	【E-1】 教師の役割に関する知識
コード	ファシリテーション
説明	STEM/STEAM 教育を行う教師には、子どもの学びを ファシリテート する役割に関する知識をもたなければならない。それは、教師の役割が知識や解決策を提示するのではなく、 既存の知識や感情を尊重し、寄り添い、問いかける という方法の知識である。また、子どもの 興味・関心 や 主体性を重視し、子ども自らが新たなアイデアや問題解決策を発見できるようにしていく という知識である。

表 16 【E-2】21世紀型スキルを育てるための知識

カテゴリー	E 指導・支援に関する知識
サブカテゴリー	【E-2】21世紀型スキルを育てるための知識
コード	ORID、言語活動、指導案への位置付け方
説明	STEM/STEAM 教育においては、子どもへの問いかけの知識が必要である。「ORID」という大切な問いかけは、何が起きているのかという「客観的事実 (Observational)」を問うもの、どのように感じたかという「感情・反応 (Reflective)」を問うもの、どう考え、どう意味づけたかという「解釈 (Interpretive)」を問うもの、どうしたいのかという「決断 (Decisional)」を問うものがある。また、言語活動を充実させ、知識と知識を結び付け、考える力を発達させる問いかけも必要な知識である。 そして、これらを指導案に位置付け、どのような状況で、このような問いかけをするのかという知識も必要である。

表 17 【E-3】ものづくりを行っている際に必要な知識

カテゴリー	E 指導・支援に関する知識
サブカテゴリー	【E-3】ものづくりの指導に必要な知識
コード	子どもの発達段階、子どもへの介入、素材の特性、テクノロジーの特性、プロトタイプの実成、グループでの話し合い
説明	STEM/STEAM 教育に限らず、指導・支援を行う際、教師には、子どもの発達段階をみとめるための知識が必要である。教師は、子どもの実態をみとり、子どもの活動に適切に介入する必要がある。 STEM/STEAM 教育においては、ものづくりの活動の質を向上させるために、教師の素材の特性、テクノロジーの特性に関する知識が必要となる。このような知識があれば、子どもたちにとともにプロトタイプの実成ができるようになる。 また、21 世紀型スキルを育成するために、グループでの話し合いを適切に組み込むなどの知識も必要である。

表 18 【E-4】ものづくりを構想する際に必要な知識

カテゴリー	E 指導・支援に関する知識
サブカテゴリー	【E-4】ものづくりを構想する際に必要な知識
コード	必要感、社会や生活との関係、知識の活用・発展、新規創造・既製改良、実現可能性、子ども中心の限界、ものづくりの理論 (エンジニアリングデザイン)、テクノロジーの特徴・特性
説明	STEM/STEAM 教育においてもものづくりの構想を立てる際には、教師はコードに示す多様な知識をもたなければならない。以下のように整理した。 ・子どもに興味・関心をもたせる (必要感、社会や生活との関係) ・知識の発展させる (知識の活用・発展、テクノロジーの特徴・特性) ・子どもの実態を踏まえる (新規創造・既製改良、実現可能性、子ども中心の限界) ・ものづくりの本質を押さえる (ものづくりの理論 (エンジニアリングデザイン))

表 19 【E-5】プログラミングへの取組に関する知識

カテゴリー	E 指導・支援に関する知識
サブカテゴリー	【E-5】プログラミングへの取組に関する知識
コード	初期指導、失敗を生かす、教えることと考えさせること、ティンカリング
説明	STEM/STEAM 教育におけるものづくりでは、プログラミングが関係してくることが多い。その際、教師には、 教えることと考えさせること に関する知識が必要となる。そして、これは、 初期指導 の内容を決定する際にも大きく関係してくる。 また、プログラミング活動の質をあげるためには、どのように ティンカリング をさせるのか、どのように 失敗を生かす ようにさせるかなどの知識も必要となる。

表 20 【F-1】連携に関する知識

カテゴリー	F プロダクト製作に関する知識
サブカテゴリー	【F-1】連携に関する知識
コード	産学官民、教師の役割
説明	STEM/STEAM 教育ではプロダクト製作を行うことが多い。その際、教師は子どもにプロダクト製作の支援をする必要があるが、教師がプロダクト製作に関する完璧な知識をもつことは難しい。教師は、 自らの役割 に関する知識が必要であり、プロダクト製作に関する知識は 産学官民の連携 から得る必要がある。教師には、 産学官民 とつながる知識が必要である。

表 21 【F-2】意義や意味に関する知識

カテゴリー	F プロダクト製作に関する知識
サブカテゴリー	【F-2】意義や意味に関する知識
コード	社会を変える、役立つ実感
説明	STEM/STEAM 教育においてプロダクト製作を行う際、教師には子どもに制作の意義や意味を感じ取らせるための知識が必要である。教師は、そのために、プロダクトが 社会を変える ものであることや 社会で役立つ ものであることを子どもが感じとることができるように支援する必要がある。教師は、これらに関する支援に関する知識をもたなければならない。

表 22 【F-3】見通し、実現可能性に関する知識

カテゴリー	F プロダクト製作に関する知識
サブカテゴリー	【F-3】見通し、実現可能性に関する知識
コード	学校の年間計画、自由度、インフラの限界・制限、アウトプットイメージ、テクノロジー活用、技術的ハードル
説明	STEM/STEAM 教育を日本の学校で推進しようとする際、多くの制約があり、教師には、その制約に関する知識が必要である。それは、学校には 年間計画 があり実践を行う際の 自由度 が低いこと、道具や材料などは十分でなく インフラの限界・制限 があること、 テクノロジー活用 が不十分だったり 技術的なハードル の存在があったりすることなどである。そしてこれらの制約により、STEM/STEAM 活動の アウトプットイメージ が影響を受けることを理解しておく必要がある。

表 23 【F-4】ゴールイメージに関する知識

カテゴリー	F プロダクト製作に関する知識
サブカテゴリー	【F-4】ゴールイメージに関する知識
コード	教材配列、実現可能性、テクノロジー活用、情報発信
説明	STEM/STEAM 教育においてプロダクト製作を行う際、ゴール(完成形)をイメージすることは大切である。教師には、ゴールに迫るための 教材配列 に関する知識が必要である。また、ゴールを意識した 実現可能性 に関する知識が必要である。さらに、どのように テクノロジーを活用 するのかに関する知識も必要である。 また、現在の実践を見ていると、ポスター発表やプレゼンテーションなどの 情報発信 をゴールとする活動がよく見られるが、教師はものづくりもゴールの一つとすることができるとよい。そのために、教師は多様なプロダクト表現に関する知識をもつ必要がある。

表 24 【F-5】安全性に関する知識

カテゴリー	F プロダクト製作に関する知識
サブカテゴリー	【F-5】安全性に関する知識
コード	安全・安心
説明	STEM/STEAM 教育においてプロダクト製作を行う際には、教師は子どもにただ作らせるだけではない。 安全な プロダクトを作らせることが必要であり、教師にはそのための知識が必要である。また、教師には、プロダクト製作により、ユーザーの 安全・安心 が得られるようにするための知識が必要である。

表 25 【G-1】STEAM 授業に取り組む学習者の情報に関する知識

カテゴリー	G 学習者に関する知識
サブカテゴリー	【G-1】STEAM 授業に取り組む学習者の情報に関する知識
コード	知識レベル、技能レベル、テクノロジーレベル、家庭の状況
説明	STEM/STEAM 教育において、科学的な実践、工学的な実践を行うためには、教師は子どもの実態に関する十分な知識をもっている必要がある。その知識は、子どもの 知識や技術、テクノロジー活用 のレベル、 家庭の状況 など多岐にわたる。

表 26 【H-1】見識を広げる・深めるための知識

カテゴリー	H 教師のマインドセットに関する知識
サブカテゴリー	【H-1】見識を広げる・深めるための知識
コード	STEM/STEAM、21 世紀型の力、ICT 活用(3 発話)
説明	STEM/STEAM 教育を推進する際、教師自らが、常に自らの見識を広げたり深めたりするようにならなければならない。そうでなければ、教師を見習う子どもは成長型のマインドセットをもつことができない。教師は、自らが常に見識を広げたり深めたりするために、例えば、 21 世紀型の力 を育むための STEM/STEAM 教育 に関する知識やこれからの時代に不可欠な ICT 活用 に関する知識などをもつようにならなければならない。

表 27 【H-2】（教師自身の）リフレクションの方法に関する知識

カテゴリー	H 教師のマインドセットに関する知識
サブカテゴリー	【H-2】(教師自身の)リフレクションの方法に関する知識
コード	カリキュラム、授業デザイン、ものづくり
説明	STEM/STEAM 教育を推進する際、教師は常に自らの実践を振り返り、子どもたちによりよい実践を提供できるように努力しなければならない。そうしなければ、子どもは21世紀型の力を育成することができない。そのために教師は、自らの実践である カリキュラム、授業デザイン、ものづくり の振り返り方に関する知識をもたなければならない。

<付記・謝辞>

本研究は JSPS 科研費 JP20H01743 (研究代表者 熊野善介)、JSPS 科研費 JP18K02992 (研究代表者 竹本石樹)、JSPS 科研費 JP21K02955 (研究代表者 竹本石樹)、JSPS 科研費 JP20K14122(研究代表者 小川博士)の研究成果の一部である。

竹本石樹 (2022) :第 1 章 理科教育学研究の方法論と実践 第 14 節 STEM/STEAM 教育、理論と実践をつなぐ理科教育学研究の展開、一般社団法人日本理科教育学会編著、pp.86-92.

<文献>

新井健一 (2020) : STEM 教育の海外動向、日本科学教育学会年会論文集 (第 44 回年会)、日本科学教育学会

経済産業省 (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 5 月 17 日)

中寫洋 (2015) : 初学者のための質的研究 26 の教え、医学書院、84-87

QSR International (2021) : NVivo、
<https://www.qsrinternational.com/nvivo-qualitative-data-analysis-software/home>

佐藤学 (2015) : 専門家として教師を育てる—教師教育改革のグランドデザイン、岩波書店
竹本石樹、小川博士、伊堂凜、熊野善介 (2022) : STEAM 授業推進教師に必要な教師知識の導出—STEAM 授業開発過程における教師・研究者・工学者による発話の分析を通して—、日本科学教育学会 第 46 回年会 (課題研究)