

STEAM 教育推進教師に必要な専門性の導出（2）

Deriving the Professionalism Required for Teachers Promoting STEAM Education (2)

竹本 石樹・小川 博士・Thomas F. Meagher・櫻井 宏明・中宿 豪

要 約

2022年に日本のSTEAM教師を対象とし「STEAM教育推進教師に必要な専門性の導出」を行った。本研究は、この継続研究であり、STEAM教育先進国であるアメリカの教師を調査対象としたものである。アメリカのSTEAM教師が授業場面で大切にしていることを問うアンケート調査を実施し、その回答記述を日本でSTEAM教育に取り組む研究者と実践者（以下、研究推進チーム）が分類・整理した。そして、その分類・整理の中から研究推進チームが日本のSTEAM教師の実態を鑑み、彼らが参考にすべき教師知識の導出を行った。

ただし、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、さらに多くのSTEAM教師を対象とした調査によって、新たな知識発見の可能性があるからである。

キーワード：STEAM教育、STEAM教育推進教師、教師知識、専門性

1. 研究の背景

(1) 日本におけるSTEAM教育の現状

Society 5.0の時代を迎え、IoT、AI、ビッグデータなどの領域における労働力創出が我が国の課題として浮上している（内閣府、2022）。そして、そのために21世紀型スキルを備えた人材育成が求められている。21世紀型スキルは、ATC21s（Assessment and Teaching of 21st Century Skills）により提唱された次代を担う人材が身に付けるべきソフトスキルであり、具体的には、創造性やコミュニケーション能力、情報リテラシーなどが含まれる（例えば、Griffin,2012）。

21世紀型スキルを備えた人材育成は、諸外国においても同様に重視されており、近年では、その人材育成のためにSTEAM教育が注目を集めている。そして、日本でも2018年から経済産業省主導の「未来の教室」事業において21世紀型スキル育成を目指したSTEAM教育実践が見られるようになった。現在では、「未来の教室」事業ウェブサイト

に先進的な実践が蓄積されている。しかし、日本の一般的な義務教育学校では、STEAM教育への積極的な取組が未だ見られていない現状がある。

(2) STEAM教育推進と教師のPD

STEAM教育を推進させていくためには、教師のPD（Professional Development）が不可欠であることが指摘されている（Gillian, 2020）。しかし、現在、我が国においてSTEAM教育を推進できる教師のPDは充実しているとは言えない。

筆者らは、まずこのPDの内実を知る必要があると考え、これまでに日本のSTEAM教師の専門性に関する研究（竹本ら、2022a, 2022b）を行い、専門性を支える教師知識を蓄積してきた。蓄積した教師知識の大カテゴリーには、「目的・目標に関する知識」、「内容に関する知識」、「カリキュラムに関する知識」、「授業デザインに関する知識」、「指導・支援に関する知識」、「プロダクト製作に関する知識」、「学習者に関する知識」、

「教師のマインドセットに関する知識」がある。しかし、この捉えは、暫定的であり、STEAM 教育実践を行える教師を育成するためには、さらに多面的・多角的に教師知識を捉えていく必要があると考えている。

2. 問題の所在と研究の目的

(1) 問題の所在

2023 年度に「STEAM 教育推進教師に必要な専門性の導出」（竹本ら，2023）を行ったが、これは暫定的な段階であり、STEAM 教師に必要なとされる教師知識を包括的に捉えているとは言えない。継続的に多くの STEAM 教師から教師知識を導出し、STEAM 教師に必要な知識を包括的に捉える必要がある。これにより、教師知識を拡張したり、これまでに捉えていた教師知識の内実を補足したりすることが可能になると考える。

(2) 研究の目的

本研究では、STEAM 教師が有する教師知識を多面的・多角的に捉え、2023 年度に行った「STEAM 教育推進教師に必要な専門性の導出」に継続的に取り組む。

具体的には STEAM 教育先進国アメリカで意欲的に STEAM 教育実践を行っている教師が有している教師知識を捉え、日本の STEAM 教師が参考にすべき教師知識を導出することを目的とする。

3. 研究方法

筆者らは、まず、アメリカの A 地区の公立学校で STEAM 教育実践に取り組んでいる教師にアンケート調査を実施した。次にその回答記述の意味を文脈に即して解釈し、そこに含まれる教師知識を研究推進チームが分類・整理した。さらにその後、研究推進チームが日本の STEAM 教師の実態に鑑み、日本の STEAM 教師が参考にすべき教師知識の導出を行った。

(1) A 地区公立学校の STEAM 教師へのアンケート調査の実施

本研究に参画している STEAM 教育の研究者と実践者が検討会を行い、表 1 のアンケート設問を作成した。なお、この設問（A～G）は、STEAM 授業を計画する場面、実践する場面でどのような知識を必要とするかを問うことを目的として設定した。その後、設問を英訳し、Google の forms を活用した調査（2023 年 10 月 2 日から 10 月 13 日まで）を行い、自由記述による回答を求めた。なお、回答者は STEAM 教育の Certificate(証明書)を有している専門性の高い教師である。

表1 A 地区公立学校の STEAM 教師へのアンケート調査設問一覧(日本語版)

A	STEM/STEAM レッスンプランの学習目標を決定する際、教師はどのような背景知識が必要だと思いますか？
B	STEM/STEAM のレッスンプランで何を学ぶかを決めるとき、教師はどのような背景知識が必要だと思いますか？
C	STEM/STEAM レッスンプランのカリキュラムを作成する際、教師はどのような背景知識が必要だと思いますか？
D	子どもたちのために STEM/STEAM 学習活動をデザインするために、教師はどのような知識が必要だと思いますか？
E	STEM/STEAM 活動で生徒の学習をサポートするための指導を考えると、教師はどのような知識が必要だと思いますか？
F	STEM/STEAM 教育の授業で子どもたちのために工学設計活動を計画するとき、教師はどのような背景知識が必要だと思いますか？
G	STEM/STEAM の授業を計画するとき、教師は学習者についてどのような知識が必要ですか？

(2) アンケート回答記述の内容解釈

得られたアンケート回答は、英文で記述されており、アメリカの教育文脈に基づいた回答であった。そのため、不明箇所については、AI(ChatGPT)を活用したり、現地の STEAM 教育コーディネーターに質問したりし、情報の補足を行った。具体的には図 1 に示す通りである。

方法 1: 生成系 AI ChatGPT 解説の活用

ChatGPT に以下のプロンプトを与え、内容解釈の参考になる文書を出力させた。「アメリカの教師に、『STEAM 教育を行う教師に必要な知識は何か?』というアンケート調査を行いました。そして、あるアメリカの教師は、[アンケートの回答 * 任意の回答を入力]と回答しました。この意味を日本の教師に理解できるように示してください。」

方法 2: STEAM 教育コーディネーター補助説明の活用

アメリカと日本の教育文脈が異なることによる不明箇所については、A 地区で STEAM 教育コーディネーターを行っている X 氏に問い合わせを行い、正しく内容理解ができるようにした。

図 1 アンケート内容解釈の方法

(3) アンケート回答記述の分類・整理

研究推進チームがアンケートの回答記述を KJ 法(中畠, 2015)によって分類・整理し、教師知識の特徴を捉えた。その時、質的データ分析ソフト NVivo(QSR International, 2021) を用い、図 2 に示した手順で行った。

なお、その際には、2(2)の内容解釈を手掛かりにして行い、アンケート回答者の考えを正しく反映するように心掛けた。また、設問項目の枠を取り外し、柔軟な視点で分類・整理をするように心掛けた。さらに恣意的な分類・整理にならないように複眼的な視点で分析を行った。まず、2 チーム(第 1 著者と第 2 著者、第 1 著者と第 5 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 5 著者が調整し、合意形成していくことにした。

- ① 2(2)の内容解釈を参考にし、アンケート回答記述を繰り返し読み、意味のまとまりごとに切片化し、コードを付ける。
- ② NVivo に切片化したアンケート回答記述を読み込む。そして、共通点のあるもの同士を分類・整理し、サブカテゴリーを作成する。
- ③ さらに、共通点のあるサブカテゴリー同士を分類・整理し、カテゴリーを作成する。

図 2 KJ 法による教師知識の導出

(4) 日本の STEAM 教師の実態を鑑みた STEAM 教師に必要な知識の導出

3(3)を基に、研究推進チームが図 3 に示す留意事項を意識した話し合いを行い、日本の STEAM 教師が参考にすべき教師知識の導出を行った。

- ① 3(3)から、Certificate を有しているアメリカの STEAM 教師がもつ高い専門性は何かを明らかにする。
- ② 日本の STEAM 教師の実態を鑑み、その上で、上記①から日本の教師に必要な教師知識を導出する。

図 3 教師知識導出のための話し合い時の留意事項

4. 研究結果

(1) A 地区公立学校の STEAM 教師へのアンケート調査

資料 1 に 4 名の STEAM 教師から得た設問に対する回答を示した。

(2) アンケート回答記述の内容解釈とカンファレンスでの意見

資料 2 に設問(A~G)に対するアメリカの STEAM 教師による回答(I)、そして、その内容解釈(II)を示した。ただし、紙幅の都合により、一部のみを示すことにした。

(3) アンケート回答記述の分類・整理

表 2 には、資料 1 をコーディングし、カテゴリ、サブカテゴリ、コードに分類・整理した一覧表を示した。ただし、コードは、数が多いため、その一部を示した。

なお、本コーディング作業の際には、アンケート回答内容を正しく反映させるため、資料 2 の内容解釈を参考にした。

(4) 分類・整理の説明

表 2 の右欄では、STEAM 教師にどのような教師知識が必要かを説明した。これは、研究推進チームが、カテゴリ、サブカテゴリ、

コードと調査記述（原文）を関連付け、文章化したものである。

(5) 日本の STEAM 教師に必要な知識の導出

(4) までを踏まえ、日本の STEAM 教師が参考にすべき教師知識について研究推進チームが検討し、チームが着目したものに下線を付した。

そして、表 3 には、その検討で着目された意見の概要を記述した（5 つの着目箇所）。これらは、日本の STEAM 教師に必要な教師知識を導出した理由にあたるものになる。

表 2 アンケート回答記述の分類・整理と日本の STEAM 教師に必要なだと考えられる教師知識

カテゴリ	サブカテゴリ	コード例	説明
A 目的・目標に関する知識	S・T・E・A・Mに関する知識（領域、分野、学科等）	「firm content knowledge」、 「knowledge of all the subjects you are teaching in that lesson」、 「solid content knowledge」	STEAM 教師は、確かな学問的知識や教科の目標に関する知識を有している必要がある。
	S・T・E・A・Mに関する知識（学校の基準、行政の基準等）	「knowledge of their standards」、 「standards」、 「benchmarks」、 「grade level standards」「learning goals」	<u>STEAM 教師は、行政区や学校が作成した基準やベンチマーク(全体、学年、授業、活動ごと)に関する知識を有している必要がある。</u>
	21 世紀型のソフトスキルに関する知識	「knowledge of 21st century skills」	STEAM 教師は、STEAM 教育の究極の目標である 21 世紀型スキルに関する知識を有している必要がある。
	キャリア領域の状況に関する知識	「knowledge of the vast and rapidly changing “career-scape.”」	<u>STEAM 教師は、子どものキャリア発達に対応できるよう、現代の職業に関する正確な情報と将来に役立つスキル等に関する知識を有している必要がある。</u>
B 内容に関する知識	S・T・E・A・Mに関する知識（領域、分野、学科等）	「firm content knowledge」、 「knowledge of all the subjects you are teaching in that lesson」、 「solid content knowledge」	STEAM 教師は、確かな学問的知識や教科の内容に関する知識を有している必要がある。
	S・T・E・A・Mに関する知識（学校の基準、行政の基準等）	「knowledge of their standards」、 「standards」、 「benchmarks」、 「grade level standards」「learning goals」	<u>STEAM 教師は、行政区や学校が作成した基準やベンチマーク(全体、学年、授業、活動ごと)に関する知識を有している必要がある。</u>
C カリキュラムに関する知識	S・T・E・A・Mに関する目標、内容のつながりの知識	「scope」、 「sequence」	STEAM 教師は、目標や内容の順序的つながり、内容の領域や範囲に関する知識を有している必要がある。

する知識	カリキュラムの修正・改善に関する知識	<p>「formal assessment」、「informal assessments」、「what worked/what didn't, revise the curriculum」</p> <p>「implement the cycle and curriculum through another cycle」、</p> <p>「through collaboration with others – Vertically & Horizontally」</p> <p>「through collaboration with others」</p> <p>「with their science rep to take back to the district committee grade level team」</p>	<p>STEAM 教師は、学習者の学習状況把握やカリキュラムの適切性等を捉え、カリキュラムを修正改善する方法に関する知識を有している必要がある。学校や行政関係者等と協働して修正改善する方法に関する知識を有している必要がある。</p>
D 授業デザインに関する知識	トピックの設定に関する知識	<p>「topic of study」、「need to know what interest students」、「what impacts them in their daily and future lives」、「create storylines that embed science」、「what problem is it going to solve」、「which ideas are feasible and those that are no longer feasible」、「research topics to understand」、「a wide array of hooks」、「What content knowledge do students need before applying their learning」</p>	<p>STEAM 教師は、学習者が何に興味をもっているか捉え、社会・生活とのかかわりの中に学びの文脈をつくるための知識が必要である。また、目的意識や実現可能性、興味の持たせ方、必要な事前知識といったテーマ探究の際に必要な要素を保有することも大切である。</p>
	実践と目標、内容、カリキュラムをつなぐための知識	<p>「backwards design」、「connect the STEM/STEAM learning activities back to the learning goals which should also connect to the standards」、「plan learning activities in preparation for their end goal.」、「have their end assessment in mind」、「understand and unpack the standards and benchmarks.」、「clear goals of understanding」</p>	<p>STEAM 教師は、目標や内容を明確に見据えながら、学びの姿を逆向きにたどって目標や内容と学びを結びつけていく知識を有している必要がある。</p>
	教科横断に関する知識	<p>「confident leaving the comfort zone of science/embracing the T-E-A-M of STEAM」、「How can I bundle learning standards together?」</p>	<p>STEAM 教師は、教科の枠を超え、異なる学習基準を効果的に組み合わせ統合することに関する知識を有している必要がある。</p>
	STEAM 化の方法に関する知識	<p>「something a stem/steam learning activity.」、「lesson formats」、「implementing science and engineering best practices and 3D Learning」、</p>	<p>STEAM 教師は、STEAM 教育の具体的な姿に関する知識や、実践をするための形式や構造についての知識を有している必要がある。</p>
	現実の状況や制約に対応する知識	<p>「what are the constraints?」、「be able to modify」、「adapt the allotted</p>	<p>STEAM 教師は、STEAM 活動には時間的制約、資源的制約等が伴うこ</p>

		time to the current reality」	とを知っている必要がある。また、それらに対応するための知識を有している必要がある。
	教育資源、教材、ツールなどと目標・内容、トピック等をつなぐための知識	「what materials will work best for a lesson」、「how things work?」、「experience using study tools available for STEM fields」、「STEM resources to draw from」、「be given permission to modify」、「feasible materials」、「for student use」	STEAM 教師は、ソースを選択したり、柔軟な調整をしたりして学習者にとって最適な教材にするための知識を有している必要がある。
	評価に関する知識	「end project」、「display of learning」	<u>STEAM 教師は、学習者や学びを評価するために、どのようなプロダクトやアウトプットが適切か考え出すための知識を有している必要がある。</u>
E 指導・支援に関する知識	発問の方法に関する知識	「keeping the opportunity to brainstorm open」、「good questions to ask the students for open discussion」、「good questioning」、「asking a variety of questions」	STEAM 教師は、学習者の活動の質を高めるためにどのような発問をしたらよいかに関する知識を有している必要がある。(例えば、拡散的思考を促す発問の仕方)
	学習形態に関する知識	「individually」、「in small groups」、「whole groups」	STEAM 教師は、活動に適している学習形態を決定するための知識を有している必要がある。
	振り返りの方法に関する知識	「how to journal and make observations」	STEAM 教師は、学習の過程や成果・課題を振り返らせるための方法に関する知識を有している必要がある。
F プロダクト製作に関する知識	EDP(エンジニアリング・デザイン・プロセス)に関する知識	「be familiar with the design process」、「knowledge of the EDP」、「how productive struggle looks」、「what problem is it going to solve」、「engineering design to plan activities」、「which ideas are feasible and those that are no longer feasible」	<u>STEAM 教師は、EDP の進め方に関する知識を有する必要がある。また、EDPに必要な葛藤場面、目的意識、実現可能性などに関する知識を有している必要がある。</u>

G 学習者に関する知識	学習者の特性や段階に関する知識	「misconceptions」、「teachers need to know their students」、「Every group is different」、「a basic understanding of appropriate scaffolds」、「knowledge of their students' current level of understanding with the topic」、「is it challenging enough?」、「knowledge of the child's appropriate development for that age you will teach」	<u>STEAM 教師は、多面的に学習者の学びを捉えるための方法に関する知識を有している必要がある。(ミスコンセプション、適切な足場、学習者のトピックに関する理解度、活動の適切なレベル、年齢に着目した発達段階)</u>
	学習者支援スキルに関する知識	「scaffolding knowledge for building supports and preparing students to take on larger projects」、「chunk lessons into segments or “steps”」、「over use of scaffolds does not allow students the opportunity to engage in the productive struggle」	STEAM 教師は、学習者一人一人が学びを深めるための足場かけに関する知識を有している必要がある。
H 学習理論に関する知識	STEAM 教育推進に必要な理論的知識	「3D Learning」、「Backward Design」、「Design Thinking」、「Engineering Design Process(EDP)」、「Crosscutting Concepts (CCCs)」、「Scaffolding」、「scope」、「sequence」、「misconceptions」	<u>STEAM 教師は、STEAM 活動における学習者の学びの質を高めるための学習理論に関する知識を有している必要がある。</u>

表 3 日本の STEAM 教師が参考にすべき教師知識の導出

着目点	研究推進者が着目した教師知識			研究推進者が着目した理由
	カテゴリー	サブカテゴリー	注目コード	
着目点 1	A 目的・目標に関する知識	S・T・E・A・M に関する知識(学校の基準、行政の基準等)	「benchmarks」、「standards」	アメリカの STEAM 教師は、STEAM 授業を行う際、ベンチマークや最終成果物を具体的に示すことにより、学習者の進捗や能力を評価している。日本では、このようなことを行っている教師もいるが、多くの教師は、ベンチマークや最終成果物を具体的に示すことは行っていないようである。これは、日本の教師が参考にすべき教師知識であると考えられる。
	B 内容に関する知識	S・T・E・A・M に関する知識(学校の基準、行政の基準等)	「benchmarks」、「standards」	
	D 授業デザインに関する知識	評価に関する知識	「end project」、「display of learning」	
着目点 2	A 目的・目標に関する知識	キャリア領域の状況に関する知識	「knowledge of the vast and rapidly changing “career-scape.”」	アメリカの STEAM 教師は、STEAM 授業を計画する際、職業や産業、キャリアの選択肢全体を包括的に捉えている。これにより、現代の職業に関する正確な情報と、将来に役立つスキルや適応力を意識した上で授業を計画できる。日本の教師もこのようなことに着目

				することにより、学習者のニーズに応じたテーマ設定を行ったり、学習者にとって今後必要な力を育成したりすることができるようになる。これは、日本の教師が参考にすべき教師知識であると考えられる。
着 目 点 3	C カリキュラムに関する知識	カリキュラムの修正・改善に関する知識	「what worked/what didn't, revise the curriculum」 「implement the cycle and curriculum through another cycle」、「collaboration with others」	アメリカの STEAM 教師は、多くの人と協働して STEAM 授業を計画し、実施し、評価し、改善することを行っており、これにより、質の高い STEAM 実践を蓄積している。日本の学校においてもカリキュラムの修正・改善を行っているが、十分とは言えず、具体的な方法を参考にすべきである。
着 目 点 4	F プロダクト製作に関する知識	EDP(エンジニアリング・デザイン・プロセス)に関する知識	「how productive struggle looks」、「what problem is it going to solve」、「engineering design to plan activities」、「which ideas are feasible and those that are no longer feasible」	アメリカの STEAM 教師は、EDP の過程を知っているだけでなく、具体的に指導すべきポイントに関する知識を有している。例えば、「葛藤場面の設定」、「目的意識の保持」、「実現可能性の予測」などに関する指導方法である。これは、日本の教師が参考にすべき教師知識であると考えられる。
着 目 点 5	H 学習理論に関する知識	STEAM 教育推進に必要な理論的知識	「3D Learning」、「Backward Design」、「Design Thinking」、「Engineering Design Process(EDP)」、「Crosscutting Concepts (CCCs)」、「misconceptions」 「Scaffolding」、「scope」 「sequence」	アメリカの STEAM 教師は、STEAM 教育を実践していくための理論的知識を有している。これらの理論的知識は、STEAM 実践の質を上げるために有効であると考えられる。また、STEAM 教師は、このような理論と実践を往還させながら PD を行っていると考えられる。日本の教師は、理論的知識を獲得することを見習う必要があると考えられる。

5. 日本の STEAM 教師が参考にすべき教師知識の導出

本研究では、アメリカの STEAM 教師のアンケート回答記述をコーディングし、彼らが有する教師知識をコード、サブカテゴリー、カテゴリーへと分類・整理した。日本の STEAM 教師調査（竹本ら，2023）で導出されたカテゴリーと比較すると、新たに「H 学習理論に関する知識」が拡張された（表 2 及び表 3）。「H 学習理論に関する知識」には、

デザイン・プロセス、エンジニアリング・デザイン・プロセス、足場がけなどが含まれており、これらは A から G のカテゴリーにも広く登場している。つまり、アメリカの STEAM 教師の実践を支える根幹になっていることを推測できる。日本の教師は、今後、このような学習理論に関する知識を学んでいくべきであると考えられる（表 3 の着目点 5）。

また、カテゴリーに変化はなかったが、サブカテゴリーに補充のあったものがある（表

3 の着目点 1～着目点 4)。これは研究推進チームが日本の STEAM 教師の現状を捉えた上で、日本の STEAM 教師が参考にすべきこととして着目した箇所である。日本の STEAM 教師が、これらの教師知識に着目し、意識的に獲得していくことにより、日本の STEAM 教師の PD につながることを期待できる。

6. 本研究における成果と今後の課題

(1) 成果

STEAM 教育先進国アメリカの STEAM 教師が有する教師知識を探索することを通して、日本の STEAM 教師調査 (竹本ら, 2023) で導出された教師知識のカテゴリーを拡張することができた (1 箇所)。また、新たにサブカテゴリーの要素を導出し、それを補充することができた (4 箇所)。このように新たな

教師知識を導出できたことは本研究の成果であると言える。これは、STEAM 教師の PD に貢献する知見になると期待できる。

(2) 課題

さらに多くの STEAM 教師を対象とした調査によって、新たな教師知識発見の可能性がある。そのため、引き続き本研究を継続する必要がある。

今回、協力いただいたアメリカの STEAM 教師からは、多くの示唆をいただいた。アメリカの STEAM 教師を対象とした詳細な調査により、新たな教師知識の発見を期待できるため、可能な限り早急にアメリカの STEAM 教師へのインタビュー調査を行いたいと考えている。

資料 1 A 地区公立学校の STEAM 教師へのアンケート調査回答

Q	Teacher1	Teacher2	Teacher3	Teacher4
A	A. What background knowledge do you think teachers need when determining learning goals for STEM/STEAM lesson plans? When determining goals for STEM lesson plans teachers need knowledge of their standards, topic of study, as well as their end project/display of learning as a summative assessment.	Teachers should ideally have firm content knowledge, knowledge of 21st century skills, and knowledge of the vast and rapidly changing "career-escape."	Knowledge of all the subjects you are teaching in that lesson.	Background Knowledge: What are the standards? benchmarks? What is the scope? What is the sequence? After unpacking these, have knowledge in backwards design to create storylines for the units of study that embed science and engineering best practices along with the stem/steam learning goals.
B	B. What background knowledge do you think teachers need when deciding what to study in a STEM/STEAM lesson plans? When deciding the topic of study, teachers need to refer to their grade level standards and curriculum resources.	Teachers need firm content knowledge, and experience using study tools available for STEM fields. Teachers should have STEM resources to draw from and be given permission to modify however it is needed.	Backwards design, good questions to ask the students for open discussion.	Using the learning goals, use the backwards design to create storylines that embed science and engineering best practices to create the stem/steam lesson plans.
C	C. What background knowledge do you think teachers need when writing curriculum for STEM/STEAM lesson plans? When writing curriculum for STEM lesson plans, teachers need to think about: How can I bundle learning standards together? What content knowledge do students need before applying their learning? What informal assessments can support my instructions as we continue throughout the lesson? What formal assessment shows student learning and application of their knowledge? What are feasible materials for student use?	Solid content knowledge, and a wide arrange of hooks and lesson formats.	Knowledge of all the subjects you are teaching in that lesson. Clear goals of understanding.	1. What are the standards? Benchmarks? What is the scope? What is the sequence? 2. Understand and unpack the standards and benchmarks. Research topics to understand. 3. What are the learning goals? 4. Use backwards design to create storylines for the units of study—implementing science and engineering best practices and 3D Learning. 5. What are the essential vocabulary words? 6. Of course, be able to modify and adapt the allotted time to the current reality. 7. Plan the curriculum, study the curriculum, teach the curriculum, make observations about what worked/what didn't, revise the curriculum, through collaboration with others—vertically & horizontally, and implement the cycle and curriculum through another cycle.

D	D.What knowledge do you think teachers need to design STEM/STEAM learning activities for children?	I think teachers need to be familiar with the design process. When designing learning activities teachers should have their end assessment in mind and plan learning activities in preparation for their end goal. Teachers also need to know if the learning activities will be completed individually, in small groups, or whole groups.	Teachers need to know what interests students, and what impacts them in their daily and future lives. Teachers should have strong content knowledge. Teachers need to be confident leaving the comfort zone of science and embracing the T-E-A-M of STEAM.	They need knowledge of the child's appropriate development for that age you will teach, how to use hands on materials, good questioning, how to journal and make observations	Connect the Stem/Steam learning activities back to the learning goals which should also connect to the standards. Teachers also need to understand what makes something a stem/steam learning activity.
E	E. What knowledge do you think teachers need when considering instruction to support students' learning during STEM/STEAM activities?	Teachers need knowledge of their students' current level of understanding with the topic. They should also have a basic understanding of appropriate scaffolds for their students to ensure students have enough support to complete the learning activities. However, I would caution that the over use of scaffolds does not allow students the opportunity to engage in the productive struggle.	They need scaffolding knowledge for building supports and preparing students to take on larger projects. Teacher should be able to chunk lessons into segments or "steps."	They need knowledge of the child's appropriate development for that age you will teach, how to use hands on materials, good questioning, how to journal and make observations	No matter what the activities, teachers need to know their students. Every group of students is different. Ideally, when scaffolding activities takes place, teachers should be sharing what they create with their science rep to take back to the district committee grade level team. These scaffolds could be uploaded to shared drives to be available to other teachers as needed.
F	F. Similar to science above, what background knowledge do you think teachers need when planning engineering design activities for children in STEM/STEAM education classes?	Teachers need to be familiar with the design process, asking a variety of questions, and observing student work. One important step of the design process is keeping the opportunity to brainstorm open. When providing students with too much information right away, we limit their opportunities to brainstorm. After they have created some initial ideas, then begin exploring which ideas are feasible and those that are no longer feasible.	They need knowledge of the EDP (Engineering Design process), and how productive struggle looks in a classroom.	How things work, what are the common misconceptions, what materials will work best for a lesson, what problem is it going to solve, is it challenging enough, what are the constraints?	First, teachers need training in engineering design to plan activities. No matter what the activities, teachers need to know their students. Every group is different.
G	G. When planning STEM/STEAM lessons, what knowledge do teachers need to know about their learners?	Teachers need to know what causes frustration among their learners to anticipate appropriate supports/scaffolds. Teachers also need to know their learners strengths when grouping students into intentional small groups to highlight each learners' strengths.	They should understand productive struggle, and developmentally appropriate content.	They need knowledge of the child's appropriate development for that age you will teach, know the students and what motivates them, what are their interests to tie it into the lesson.	Teachers need to know what the students already know about the topics/skills in their learning goals. (KWL) They also need to know of their learning styles and needs so that they can scaffold accordingly. In addition to this, teachers need to know the EL levels of their students. This year, I have a newcomer with very little English who only can speak Spanish. (Does not read Spanish.)

資料2 アンケート回答記述の内容解釈（一部を例示）

No.	I	II
	目標決定に必要な教師知識に関する回答	内容解釈
2-1	基準、学習テーマ、そして総括的評価としての最終プロジェクト/学習の展示についての知識 (teachers need knowledge of their standards, topic of study, as well as their end project/display of learning as a summative assessment.) →Teacher1	・「End project」、「Display of learning」は、学習者が学習の最終段階で取り組むプロジェクトや成果物を指す。学習者が習得した知識やスキルを実践的な形で示す機会となる。「最終プロジェクト/学習の展示」は、「何ができるようになるのか(中教審, 2016)」に通じる。
2-2	しっかりとした内容知識 (firm content knowledge) →Teacher2	・「Firm」という言葉は、強力で堅固なことを示す。教師には特定の教科やトピックに関して確かでしっかりとした知識が必要である。 ・「Content knowledge」は、特定の教科やトピックに関する知識を指す。理科の教師であれば理科の内容に関する知識、数学の教師であれば数学の内容に関する知識が必要ということである。

<p>2-3</p>	<p>21 世紀型スキルに関する知識 (knowledge of 21st century skills) →Teacher2</p>	<p>・「21st-century skills」は、現代社会や労働市場で求められるソフトスキルを指す。これには、伝統的な学問的な知識だけでなく、情報リテラシー、問題解決能力、コミュニケーションスキル、創造性などが含まれる。これらのスキルは、学習者が現代社会で成功するために重要である。</p> <p>・教師は、単なる教科の知識だけでなく、学習者が現代社会で必要とされるスキルを身につけることを支援していかなければならない。そのために教師は 21 世紀のスキルに関する知識を持つことが重要である。教師は、21 世紀型スキルを教育活動に組み込み、学習者の 21 世紀型スキルを育成できるようにならなければならない。</p>
<p>2-4</p>	<p>広大で急速に変化する "キャリアスケープ" に関する知識 (knowledge of the vast and rapidly changing "career-scape.") →Teacher2</p>	<p>「career-scape」は、職業や産業、キャリアの選択肢全体を包括的に捉えたものだと言える。教師が子どもの将来の職業やキャリアについて正確かつ包括的な理解を持つことが重要ということだと考える。</p> <p>また“vast and rapidly changing”は、キャリアの領域が広範であり、急速に変化していることを示していると言える。これは、技術の進歩、経済の変化、産業の変革などが影響して、職業の景観が急速に変わっていることを指していると言える。</p>

————— 以下、省略 —————

謝 辞

アメリカの STEAM 教師の皆さんにはご多忙の中、アンケート調査にご協力いただきました。また、STEAM 教育コーディネーターの Thomas F. Meagher 氏には研究内容に対するご示唆をいただきました。心より感謝申し上げます。

付 記

本研究は、JSPS 科研費 JP 21K02955(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。

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
Gillian (2020) : Teacher Leadership for

STEM Programming, Handbook of Research on STEM Education, 375-386
三宅ほか (2014) : 21 世紀型スキル: 学びと評価の新たなかたち、北大路書房
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(2023 年 12 月 1 日)
内閣府(2022) : 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 https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/saishu_print.pdf (2023 年 12 月 1 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>

- 竹本石樹，小川博士，伊堂凜，熊野善介
(2022a) : 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)
- 竹本石樹 (2022b) : 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、86—92
- 竹本石樹，小川博士，櫻井宏明，伊堂凜
(2023) : STEAM 教育推進教師に必要な専門性の導出、浜松学院大学研究論集、第 19 号、87—99