

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：33810

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02992

研究課題名(和文)産学官民の連携・協働による科学技術コミュニケーションとSTEM実践開発方法の構築

研究課題名(英文) Build methods of science and technology communication and methods of STEM practice creation through collaboration and cooperation among industry, academia, government, and the private sector.

研究代表者

竹本 石樹 (IWAKI, TAKEMOTO)

浜松学院大学・現代コミュニケーション学部・教授

研究者番号：90805277

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：これからの社会においては、21世紀型スキルを備えた人材育成が求められる。そして、STEM教育には、そのような人材育成を担える可能性がある。学校教育においてもSTEM教育が推進される必要があるが、現時点では、STEM教育を推進できる教師が十分に育成されていない。そのため、教師以外の専門家の知を生かしながらSTEM実践開発を行う必要があると考えた。

本研究では、教師、研究者、工学者等がどのようなコミュニケーション活動を行い、STEM授業開発を行っているかを明らかにした。そして、その知見を生かし、STEM実践を開発する際、何に留意したらよいかの整理を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

STEM実践開発には、多分野の専門家の知が必要になる。本研究における学術的意義は、STEM実践開発を行う際に、教師、研究者、工学者等が何に着目し、どのような発言をしているかを明らかにしたことである。そして、本研究における社会的意義は、これらの知見を活用し、STEM授業検討会において、何に着目し、どのような点に留意すべきかの発見を試みたことである。これは、学校教育におけるSTEM実践開発の参考になると考える。しかし、これについては、さらなる事例研究から知見を得る必要があると考えている。

研究成果の概要(英文)：In the coming society, human resource development with 21st century skills will be required. STEM education has the potential to foster such human resources. STEM education needs to be promoted in school education, but at present, there are not enough teachers who can promote STEM education. Therefore, we considered the need to develop STEM practices while utilizing the knowledge of experts other than teachers. In this study, we identified what kind of communication activities teachers, researchers, engineers, and others engage in to develop STEM classes. Then, using the findings, we attempted to organize what to keep in mind when developing STEM practices.

研究分野：STEM/STEAM教育

キーワード：STEM教育 STEAM教育 科学コミュニケーション 教師教育 産学官民の連携・協働

1. 研究開始当初の背景

(1) STEM 教師の専門性

Society5.0 や第 4 次産業革命における労働力の創出は、日本の喫緊の課題である。経済産業省は、2030 年には、2015 年を基準とした労働人口の 1 割超の 735 万人の雇用が減ると試算しており、産業構造の変化に対応できる人材育成の必要性を訴えている(経済産業省、2016)。そして、このような新たな産業構造の変化に対応するためには、科学(Science)、技術(Technology)、工学(Engineering)、数学(Mathematics)を総合的、統合的に学ぶ STEM 教育が有効であることが指摘されている(例えば熊野,2016)。STEM 教育先進国であるアメリカでは、STEM 教育を推進するために「2020 年までに K-12(幼稚園から高等学校までの 13 年間)段階における STEM 分野の優れた教師を 10 万人養成するとともに、現在の STEM 教師を支援する(括弧は筆者らが加筆)」(例えば谷,2017)としており、STEM 教師の職能開発(Professional Development 以下,PD)を重点の 1 つとしていることが分かる。日本においても、STEM 教育への取組が加速するにつれて STEM 教師の育成は喫緊の課題になることが予想される。なお、佐藤(2015:p.15)は、「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つ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」と指摘している。STEM 教育を推進する教師は、単に教科書の知識を教えるのではなく、多様な学問背景と結びつける力や学習者が探究するに値する課題へデザインする力が必要であり、このようなことを自律的に行う STEM 教師の職能開発が必要になると考える。

STEM 教育を推進するために、教師にはこれまで以上の新たな専門性が求められ、そのための PD が必要になる。そして、その 1 つの指標となる可能性があるものとして、STEM 教育固有の Pedagogical Contents Knowledge(以下、STEMPCK)(Bekir & Emine,2018)をあげることができる。Bekir et al . (2018)は、STEM 教育の PD のために、「 Pedagogical Knowledge、 Science、 Technology、 Engineering、 Mathematics、 21.Century Skills Knowledge」の 6 つの要素からなる STEMPCK を提案している。これら 6 つの STEMPCK 要素に着目することは、STEM 教育に対する PD にとって有効であると考えられる。

(2) STEM 教師育成の方法

さて、現状において日本における STEM 教師の専門性育成は可能であろうか。これまで日本においては、教師同士による授業研究が教師の専門性を支えてきた。例えば、Stigler & Hiebert(1999)は、教師がグループで授業について研究する日本の教師による「自律的な授業研究(Lesson Study)」が、専門性を支援する社会的装置であることを指摘している。しかし、近年では日本における授業研究の文化そのものが衰退し、日本の教師の授業に関する学習機会は減る傾向にあるとの指摘もあり、日本の教師教育は窮地に立たされたと言える(千々布,2005)。そのような中で、学校に依存した社会的装置を機能させて STEM 教師の PD を行っていくことは可能であろうか。STEM 教育を推進するためには、例えば、前述の佐藤の指摘のように多様な学問背景と結びつけることができる教師や、学習者が探究するに値する課題をデザインすることができる教師の PD が必要であろう。STEM 教育の関連分野は多様であり、これまで以上の多様な専門性が求められることが予想される。多忙化した学校の中で日々の授業研究さえもままならない教師同士が自律的に STEMPCK を発展させていくことは困難な状況にあると考える。

木原(2015,2017)が多様な立場の人間の授業に対する対話により、教師の PD を期待できると指摘するように、STEMPCK を発展させるためには、教師が学校内における閉じた教師同士の関係性を外部に拓き、STEM 分野の専門性をもつ専門家と出会うことが必要であると考えられる。そして、協働的に STEM 授業をデザインする過程を通して PD を行っていくことが必要である。2019 年改訂学習指導要領の「社会に開かれた教育課程」は、「地域の人的・物的資源を活用」し、「目指すところを社会と共有・連携」することが重要であるとしている(中央教育審議会,2016)。STEM 教育は教師だけでなく地域の STEM 教育分野に関連する人々と連携して行われるべきであり、STEM 教師の PD も社会に開かれていくべきであると考えられる。

また、具体的な手法に着目すると、現状では、同じ時間に同じ場所に集まって STEM 授業に関する研究を行うことが困難な状況にあり、「空間的制約の解消と時間的制約の部分的解消(鈴木ら,2010,2014)」が必要である。鈴木は、日本および海外の Web ベースの交流を活用した教師の PD に関する事例を整理し、紹介している。さらに本研究に近いところでは、中原ら(2000a,2000b)が CSCL(Computer-Supported Collaborative Learning)を活用し、協働的な授業研究を通して教師が PD を行っていくことを試みている。

2. 研究の目的

本研究では、教師と研究者、教師と技術者が Web ベース上で STEM 授業デザインを行う際の関わりの特徴を STEMPCK の要素に着目し見つけ出すことを目的とする。この特徴を見つげ出すことは、教師が研究者や技術者と「Pedagogical Knowledge、Science、Technology、Engineering、Mathematics、21.Century Skills Knowledge」の話題について、どのような関わりをもっているかを突き止めることになる。そして、その情報は、今後、効果的な STEM 授業デザイン検討会を組織するための知見になると考える。

さらに、教師、研究者、技術者の三者による授業検討会に焦点を当て、そこにおける授業検討を活性化させる要因、また停滞させる要因を明らかにすることも行う。STEM 授業検討会を運用していく際には、何に着目し、どのような点に留意すべきかを整理しておく必要があり、これは、その情報ソースになると考えた。そして、このことに関する知見は、学校教育において STEM 実践開発を行っていく際の参考になると考える。

3. 研究の方法

本研究では、まず、Web ベースのチームコミュニケーションツール Slack における教師、研究者、技術者の STEM 授業デザイン検討の機会を計画し(準備段階)、教師、研究者、技術者が協働して Slack 上で STEM 授業をデザインするための検討を行った(実践段階)。そして、教師と研究者、教師と技術者の関わりにはどのような特徴があるのかを見つげ出すために、得られた発話を授業要素や STEMPCK の要素に基づいてコーディングし、ネットワーク図を作成した(ネットワーク図作成段階)。さらに、教師が Slack 上での検討を振り返る機会を設け、分析段階で明らかになった特徴の再吟味を行った(振り返り段階)。

また、授業検討を活性化させる要因、停滞させる要因を明らかにするために、教師が研究者、技術者等と連携・協働した授業デザイン検討会を振り返ることを行った。具体的には、教師が、Slack 上の発話を読み返し、授業検討の経過を想起した後、教師自身の PD につながったこと、つながらなかったことを捉えるための半構造化インタビューを行った。そして、グラウンデッド・セオリー・アプローチ(例えば、戈木,2008,2016)により、ラベルとカテゴリー、そしてそれらの基になる教師の発話データ、プロパティ、ディメンションを往還

させ、活性化要因、停滞要因の記述を試みた。

なお、研究方法の詳細については、竹本ほか(2020a)、竹本ほか(2020b)、竹本(2021)に記してある。

4. 研究成果

(1) 産学官民の連携・協働による科学技術コミュニケーションに関する研究成果

STEM 授業を検討していく上で、教師が研究者及び技術者に関わる際の特徴に関して、以下のような知見を導き出した。まず、1つ目の知見は、[Pedagogical Knowledge]は検討会を行っていく際、重要な要素であり、すべての参加者は、[Pedagogical Knowledge]を共通項としているということである。[Pedagogical Knowledge]は、ほとんど全ての話題に含まれており、検討を深めるためには、不可欠な要素であることを確認している。これが含まれない場合には、情報伝達的な話し合いになってしまっていた。[Pedagogical Knowledge]が含まれる話し合いにより、参加者が子どもの実態や学校や学級の実状を踏まえながら検討を深め、新たな方向性を生み出していくことを期待できる。

次に、2つ目の知見は、[Pedagogical Knowledge]だけでは、STEM 教育の授業を構想することはできないことである。[Pedagogical Knowledge]だけでなく、[Engineering][Technology][Science][21.Century Skills Knowledge]の専門性は STEM 授業を開発する際には不可欠である。【目標】、【教材・教具(実験セット)】、【教授行為(問い)】、【教授行為(追究)】を検討する際、[Engineering][Technology][Science][21.Century Skills Knowledge]の要素が含まれた発話が関わり合い、新たな方向性を生み出していることを確認しており、今後、科学、工学、技術等の各専門家の関わりが重要になってくる。そのために、教師が研究者や技術者と検討できる機会の創出を急がなければならない。

今後、STEM 教育推進のために学校は、[Engineering][Technology][Science][21.Century Skills Knowledge]の要素を含んだ発話ができる多くの専門家と関わりながら、[Pedagogical Knowledge]を大切にしながら授業デザイン検討を行い、STEM 教育を推進していく必要がある。

ただし、本研究では、1事例を対象としているため、その適用範囲や過度の一般化には留意して議論を進める必要がある。しかし、今後、STEM 授業デザイン検討会における教師と研究者、技術者との関わり合いに関する知見を重ねていくことにより、STEM 教師のPDを行う上での基本的視座の獲得につながると考える。そのためには方法論の確立が必要であり、本研究はそれに寄与すると考えている。

(2) 産学官民の連携・協働による STEM 実践開発方法に関する研究成果

授業デザイン検討会における具体的な活性化要因、停滞要因は以下の通りである。

- ・教師は、研究者や技術者の STEM の各プロパー的な「専門性」や教育的な「専門性」に期待しており、教師が研究者や技術者の専門性に触れ、自身に新たな発想が生まれることを期待する時、議論は活性化する。しかし、難しい知識や難しい言葉に触れることもあり、これらがある時には、考え込んでしまうことがあり、議論が停滞する。
- ・教師は、学習指導要領や年間計画、学年内の同一步調などの「制約」の中で授業を行っており、研究者や技術者がこれらの「制約」を意識した議論をしている時、議論は活性化する。

- ・研究者や技術者の専門性が強く出すぎた時、子ども主体の議論がされない時、子どもの興味、関心、知識、技能等の実態の捉えがずれている時、議論は停滞する。子どもが活躍する授業場面を想定した「子ども中心」の議論の時は、活性化する。
- ・教師、研究者、技術者の問題意識が共有されている時、教師の主体性が保証されている時、議論は活性化する。研究者、技術者が自身の考えを押し付けず、相談にのるというスタンスがある時、議論は活性化する。

そして、これらの記述を総合した結果、STEM 授業検討に参加する研究者や技術者は、「専門性」を発揮する必要があり、教師が置かれている「制約」を意識し、「子ども中心」の議論をすることが大切である。また、教師の「自律性」を大事にし、問題意識を共有し、ともに考えるというスタンスで授業検討に臨む必要があるという知見を得ることができた。

ただし、本研究においても、1 事例を対象としているため、その適用範囲や過度の一般化には留意して議論を進める必要がある。

< 付記 >

本報告書は、本研究のコアにあたる以下の文献の一部を手直ししてまとめたものである。

竹本石樹・小川博士・堀田龍也・熊野善介（2020a）、Web ベースの小学校 STEM 授業デザイン検討会における教師と研究者、技術者との関わりに関する特徴：発話データを用いたネットワーク分析を通して、科学教育研究、44 巻 2 号、pp.338-352、日本科学教育学会

竹本石樹（2021）、博士論文：日本の STEM 教育推進を支えるプラットフォーム構築に関する実証的研究、静岡大学創造科学技術大学院

竹本石樹，小川博士，堀田龍也，熊野善介（2020b）、教師，研究者，技術者による Web ベースの STEM 授業検討会の進め方に関する考察、日本科学教育学会 第 44 回年会（課題研究） pp.231-234

< 文献 >

上記の論文に掲載

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 竹本 石樹, 小川 博士, 堀田 龍也, 熊野 善介	4. 巻 44巻4号
2. 論文標題 Webベースの小学校STEM授業デザイン検討会における教師と研究者, 技術者との関わりに関する特徴 発話データをういたネットワーク分析を通して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 338-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssej.44.338	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 竹本 石樹, 小川 博士, 堀田 龍也, 熊野 善介	4. 巻 44
2. 論文標題 教師, 研究者, 技術者によるWeb ベースのSTEM 授業検討会の進め方に関する考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 231-234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssep.44.0_231	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小川 博士, 竹本 石樹	4. 巻 44
2. 論文標題 STEM教師の専門性開発に寄与する教師, 研究者, 技術者によるWebベースの小学校STEM授業検討会の構築とその評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会年会論文集	6. 最初と最後の頁 319-322
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14935/jssep.44.0_319	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小川 博士, 竹本 石樹	4. 巻 7号
2. 論文標題 教師, 研究者, 技術者によるWebベースの小学校STEM授業デザイン検討会の試行的評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 こども教育研究(京都ノートルダム女子大学)	6. 最初と最後の頁 33-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 竹本石樹・小川博士・市川紀史・横山勝之・堀田龍也・熊野善介	4. 巻 15
2. 論文標題 小学校STEM教育教材としてのIoTブロックの可能性に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 浜松学院大学 研究論集	6. 最初と最後の頁 87-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 市川紀史・伊藤啓太・竹本石樹	4. 巻 15
2. 論文標題 STEM教育の考え方を取り入れた総合的単元構成のデザインに関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 浜松学院大学 研究論集	6. 最初と最後の頁 103-116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 笹原康夫・竹本石樹・小川博士・杉山和香菜・吉政和奏	4. 巻 18
2. 論文標題 教科「生活科」における重要事項整理とそれを踏まえた授業改善要素の理論的導出 - 生活科における製作活動へのSTEM教育要素導入を目指して -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 浜松学院大学 研究論集	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 竹本石樹・今井昌彦・小川博士・岡田芳樹・吉政和奏	4. 巻 20
2. 論文標題 小学校のSTEAM学習充実のためのプログラミング教材選定に関する一考察 - 6年生「総合的な学習の時間」におけるSTEAM教材の開発を通して -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 浜松学院大学短期大学部 研究論集	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小川博士、竹本石樹
2. 発表標題 STEM教師の専門性開発に寄与する教師，研究者，技術者によるWebベースの小学校STEM授業検討会の構成
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川博士、竹本石樹
2. 発表標題 STEM教師の専門性開発に寄与する教師，研究者，技術者によるWebベースの小学校STEM授業検討会の構築とその評価
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹本石樹
2. 発表標題 小学校STEM教育教材としてのIoTブロックの可能性に関する研究
3. 学会等名 理科教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹本石樹、小川博士、堀田龍也、熊野善介
2. 発表標題 教師，研究者，技術者によるWeb ベースのSTEM 授業検討会の進め方に関する考察
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川博士、竹本石樹
2. 発表標題 STEM授業づくりの難しさや悩みに関する教師の認識：小学校理科教師へのインタビューを通して
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

竹本石樹（2021）、博士論文：日本のSTEM教育推進を支えるプラットフォーム構築に関する実証的研究、静岡大学創造科学技術大学院

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	熊野 善介 (Kumano Yoshisuke) (90252155)	静岡大学・教育学部・特任教授 (13801)	
研究分担者	堀田 龍也 (Horita Tatsuya) (50247508)	東北大学・情報科学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	小川 博士 (Ogawa Hiroshi) (90755753)	白鷗大学・教育学部・准教授 (32204)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------