

令和 3 年 5 月 25 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02571

研究課題名(和文)小中学校における日本型STEM教育のためのユニットプランナー作成と授業モデル開発

研究課題名(英文)Unit planning and lesson model for Japanese-style STEM education in elementary and junior high schools

研究代表者

後藤 太一郎 (Goto, Taichiro)

三重大学・教育学部・教授

研究者番号：90183813

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)：本研究は、日本におけるSTEM教育として、理科で学ぶ基礎と、その応用面として技術・家庭を教科横断的に結びつける探究的な学習が、科学的思考と創造性を高めるために重要であることを明らかにすることを目的とした。9項目の教科横断的なユニットプランナー(単元指導案)を作成し、探究のテーマと指導案に基づいた実践を行った。中学校における問題解決型学習として、「明るい自転車のライトを開発しよう」や「切り花を長持ちさせるには」などは生徒が興味をもち理解を深めるものであり、既存の授業時間内に取り入れることが容易であった。これらの成果は、日本で導入が進みつつあるSTEM教育の実践に寄与することが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界の科学教育の情勢として進むSTEM教育の中で特に注目されているのがプログラミング教育である。その教材開発が急速に進み、2020年度から日本でも新学習指導要領の中でプログラミング教育が必修化された。しかし、日本におけるSTEM教育のあり方に関する調査研究や、適切なカリキュラムの構築に関する研究は進んでいない。STEM教育の目的は科学技術人材の育成であるが、その本質は、児童生徒が、科学の基礎と応用を結びつける力を育成することにあることを本研究事例は示した。

研究成果の概要(英文)：As STEM education in Japan, science education should be cross curricular learning connecting technology and home economy. The purpose of this research is to clarify that inquiry learning of the cross curricular programs are important for enhancing scientific thinking and creativity of elementary and junior high school students. We focused on issues of manufacturing, health, and food, and we planned nine themes and put them into practice in the classroom. Nine themes were examined and planned, and we gave lessons about "making moving toys" in elementary school, "developing bright bicycle lights", "how to make cut flowers last longer", and simulation experiments in junior high schools, and "electrocardiogram measurement" in human body in high school. In each case, students were interested in the programs and understood of the contents of the course of study. The programs could be easily introduced into the class hours and would contribute to STEM education in Japan.

研究分野：理科教育

キーワード：STEM教育 PBL ICT ユニットプランナー 教科横断 シミュレーション実験

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

世界の科学教育の情勢として、2003年頃からアメリカやイギリスが進めている STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育は科学と数学を土台として展開する科学技術人材育成を行うためのもので、教育機関のみならず、産業界や民間団体が関わりながら推進されている。

STEM 教育の中で特に注目されているのがプログラミング教育であり、その教材開発が急速に進むとともに、日本でも新学習指導要領の中でプログラミング教育が必修化され、2020年度から小学校で実施されることが決定された。しかし、日本における STEM 教育のあり方に関する調査研究や、適切なカリキュラムの構築に関する研究は進んでいない。

科学技術の発展が基礎から応用という直線的な流れでなく、応用から基礎へのフィードバックが重要であることから、科学教育についても同様な視点で行われるべきである。特に日本では技術・家庭の教科の中で、実践的・体験的な学習活動を通じて幅広い分野に関する基礎的な知識や技術を習得することから、理科と技術・家庭の融合は STEM 教育の核心であると言える。

小中学校における科学教育の中で、児童生徒が科学的な現象を正しく理解し、課題を発見・解決する学習活動が重要であり、その中でも教科横断的なカリキュラムの構築が必要となる。その優れた事例として、近年、日本でもグローバル人材育成の観点から注目されている IB (国際バカロレア) プログラムがあげられる。このプログラムでは、基本的な理念の一つとして「包括的学習」があり、基本概念から出発して探究テーマを盛り込んだユニットプランナー(単元指導案)の作成が教科横断的に行われている。ユニットプランナー作成に関する質的・量的な研究が、日本における STEM 教育について検討するために必要となっている。

STEM 教育の目的は科学技術人材の育成であるが、その本質は、児童生徒が、科学の基礎と応用を結びつける力を育成することにある。日本における STEM 教育のあり方に関する調査研究が半ばの段階でプログラミング教育が推進されている状況で、STEM 教育の本質を見失しないことが重要である。

本研究の核心となる学術的な問いは、「日本における STEM 教育はどうあるべきか」についてである。小中学校理科において探究学習を進める上で、既存のカリキュラムにとらわれずに学習内容を構築することが重要であることから、課題設定と課題解決を含む学習を重視した教科横断的なユニットプランナーに関する研究を進めることで、この問いについて検討し、小中学校の理科教育のみならず、日本の科学教育政策に寄与しようとするものである。

## 2. 研究の目的

本研究は、日本における STEM 教育として、理科で学ぶ基礎と、その応用面として技術・家庭を教科横断的に結びつける探究的な学習が、小中学生の段階で科学的思考と創造性を高めるために重要であることを明らかにすることを目的としている。

このために、日本の学習指導要領にある内容を基本としながら、科学現象に関する基礎的学習と、応用面での課題設定と課題解決を含んだユニットプランナーを作成し、実践に必要な教材開発を進めながら、具体的な授業モデルを作成して、教育現場での実践的研究を行う。児童生徒の学びについて調査・分析を行うことで、授業モデルを評価する。

## 3. 研究の方法

### (1) 分野横断型 STEM 教育のための単元抽出とユニットプランナーの作成

小中学校理科の単元と、その応用面としての課題を技術・家庭の単元から抽出し、ユニットプランナーのリストを作成した。抽出した授業項目・学習の分類と系統性を検討し、これに基づいて小中学校を通じた学習計画の策定を試みた。また、科学的思考を育むために必要な実験プロセスを重視し、ICTを活用した探究活動を含めて検討した。テーマによっては高校での内容も含めた。

### (2) 授業モデルの実践

作成したユニットプランナーに基づき、具体的な授業モデルとワークシートを作成し、これを小中学校で実践することで児童生徒および教育現場の教員からの評価を受けて改善を進めた。また、テーマによっては高校、教員養成系学部の授業、および教員研修などでも試行的実践を実施し、受講者からの意見を調査して改善を図ることとした。

### (3) ユニットプランナー作成に関する海外調査研究

ユニットプランナーを検討するために、海外における STEM 教育および IB プログラムで教科横断的に行われている実践や教員を対象とした実践に関する動向調査を行った。調査国および小中学校訪問に関する研究協力者の所属大学は、米国・コロラド大学ボルダー校、シンガポール・南洋理工大学(国立教育学院) およびニュージーランド・オークランド大学とした。

#### 4. 研究成果

理科で学ぶ基礎と、その応用面としての技術・家庭を教科横断的に結びつける探究的な学習プログラムとして、健康と科学、食の科学、ものづくりの科学に焦点をあてて、教材開発、授業実践、分析支援について研究を進めた。

##### (1) 分野横断型STEM教育のための単元抽出とユニットプランナーの作成

テーマの検討と計画としては、以下の9つを行った。小学校2年生の生活科の「動くおもちゃづくり」の授業において、算数の学習内容と関連した指導案の作成。小学校5年における「水の中の小さな生きもの」および中学校2年における無脊椎動物の体のつくりで活用する「ミジンコの透明モデル」の開発。小学校におけるプログラミング授業の開発と指導案作成。中学校1年生「植物のつくりやはたらき」の授業における「切り花を長持ちさせるには？」というテーマの実験と指導案の作成。中学2年生の電気の学習において、「明るい自転車のライトを開発しよう」というテーマで電磁誘導とワイヤレス電流計による測定を行う指導案の作成。健康に関するテーマとして「リスク教育」としてカフェインを取り上げた授業案計画。「ヒトの体の調節」に関する学習として、健康診断における心電図の理解を結びつける授業案を開発。「食の科学」に関する6種の調理実習についての指導計画。シミュレーションソフトであるPhETを活用した中学校理科の16単元についての指導案作成。

##### (2) 授業モデルの実践

作成した指導案に基づいた実践と成果は以下の通りである。

小学校2年生の生活科における「動くおもちゃづくり」の中で、楽しく遊ぶための工夫、得点化するなどの算数の学習内容、遊び方の説明書作成などの言語学習の内容を組み合わせた。その結果、児童の作品には数や得点を他の児童と競うような変容が見られ、1年生に遊び方を説明するなどの言語活動の充実がみられた。

中学校における探求型の学習実践としては、以下の2つを行った。一つは中学2年生の電気の学習の中で、生徒が抱える問題として、通学路が暗いということがあったことから、「明るい自転車のライトを開発しよう」という課題のもとに、オームの法則、発電、光、LED、レンズの基礎を学びライトの開発を行った。この実践ではデータロガーを活用し電流測定センサーを自転車に取り付けてiPadで計測した。この実践は、生徒の総合的な学習に繋げることができた。

中学校における「生物の体のつくりとはたらき」における栄養吸収で探求型の学習実践を行った。「切り花を長持ちさせるには？」という課題について、実験を通じて「栄養と吸収」に関する本質的理解を図る単元計画を立て、中学校2校で実践した。糖を含む溶液ほど切り花が長持ちすることに気づき、生徒は糖が吸収されることで生命維持が行われることや、光合成によってつくられるデンプンは糖となって植物体に吸収されることを理解できた。

ヒトの健康に関するテーマとして、高校生物基礎の「ヒトの体の調節」における心臓の学習と、健康診断における心電図の理解を結びつける授業案を開発し高校で実践した。生徒は心臓の活動に関する理解を深めるとともに、他の器官や生物電気に関する関心を広げた。この授業計画をさらに実験に発展させるために、小型魚種であるメダカの心電図測定法を開発して、薬理学的実験を含めた実践を行った。メダカを麻酔して計測することから、高校での授業実践では生命倫理を含む学習となった。

中学校におけるSTEM教育プログラムを実践する上でシミュレーションソフトであるPhETの活用は欠かせないため、中学校理科における16単元においてPhETを活用した指導案作成を行い、中学校における実践を行った。作成した指導案については、副教材として活用するための準備を進めている。

食の科学については、科学的思考を育む調理実験として、5つの課題設定（固まる不思議、ふくらむ不思議、おいしさの秘密、長持ちの不思議、発酵の秘密）について6種の調理実習について指導計画を作成し、科学イベントによる実践を通じてその妥当性について検討した。

ものづくりについては、「理科実験に使用したい材料を設計してみよう」という課題設定で、小型で簡単な道具をCADで設計し、立体模型を3Dプリンタで出力するプログラムを考案した。その一例として、タブレットのカメラに装着する拡大レンズを考案した。これは小中学校で顕微鏡を用いて観察する内容についてタブレットを用いて観察するもので、「ミエル1mm」と名付けた。今後、小中学生が、このような理科教材を考案するための実践を行う計画である。

授業分析・評価については、子どもたちの学習過程として目的設定・習得・活用・探究の4つを設定し、教材から学習者がどのような内容を考え、学習を広げるかという全体像を事前に把握し、学習者たちにどのような学習過程で教材について考えさせるかを検討するため、カリキュラム開発・分析支援ツールについてまとめた。

##### (3) ユニットプランナー作成に関する海外調査研究

米国・コロラド大学ボルダー校は科学シミュレーションであるPhETを開発し、STEM教育推進のために多数のプログラムを実施している。2019年3月14日にPhETの開発者の一人であるAriel Paul博士が三重大学に訪し、PhETを用いた教員研修の進め方と日本における今後のPhETの活用について意見交換した。これは、本研究におけるPhETを活用した指導案作成につながった。

シンガポールはSTEM教育やIBプログラムを推進していることから、南洋理工大学(国立教育大学院)のDaniel Tan博士が2018年10月14日 11月9日に三重大学に短期滞在された際に探求型授業に際にセンサー等のICT機器を取り入れた授業について意見交換し、センサーなどを取り入れた効果的な実験とタイミングの実践例を知ることができた。これはデータロガーを活用した授業実践の計画につながった。

ニュージーランドは小学校で教科書を用いておらず、教科横断的な授業が行われていることや、同国のIntermediate School(12、13才)では教科担任制としてSTEM教育が行われ、教員間で連携していることから、2019年9月17 - 18日にオークランドのPasenda中間学校(12,13歳)およびLangitoto高校を訪問した。CADによる3Dモデルの製作や、ニュージーランドの電気・ガス会社であるVector社がニュージーランド全土で実施している「Eproチャレンジ」というSTEM学習ソースと活動を見た。年間800校、10,000人以上の生徒が科学と工学を促進する設計競技と科学イベントに参加し、ニュージーランドのSTEM教育に寄与している実態を知ることができた。これはCADを使ったものづくりのプログラムを計画する上での参考になった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13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 0件）

1. 著者名 岡崎こころ・後藤太一郎	4. 巻 71
2. 論文標題 アリの営巣観察のための新型アリ飼育容器の開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 31-36
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中川瑛美・浅田将希・後藤太一郎	4. 巻 71
2. 論文標題 魚類の立体解剖模型の開発と教材化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 37-42
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 和田欣子・吉本 敏子・磯部 由香	4. 巻 71
2. 論文標題 教科横断型の探究的な学び（グローバル・ヒューマン学）におけるパフォーマンス評価の導入についての考察 - パフォーマンス課題を設定した授業実践の分析を通して	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 245-254
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本金矢	4. 巻 491
2. 論文標題 教員養成学部教科専門担当者から見た奈良の探究授業	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 学習研究	6. 最初と最後の頁 16-21
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高城紀孝・荻原彰・國仲寛人	4. 巻 71
2. 論文標題 中学校での「回路と電流・電圧」の指導における粒子モデルとPhETの使用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 423-430
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 國仲寛人	4. 巻 68
2. 論文標題 教員養成課程の授業におけるシミュレーション教材PhETの活用 - 物理分野の授業実践例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 理科の教育	6. 最初と最後の頁 855-858
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本金矢・守山紗弥加	4. 巻 11
2. 論文標題 生活における「もの」との関わりに求められる感性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 感性哲学	6. 最初と最後の頁 57-71
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤有紗・東啓太・岡崎こころ・市川俊輔・後藤太一郎	4. 巻 72
2. 論文標題 栄養と吸収の学習に関する問題解決型授業の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 57-67
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中西理紗・平島円・荻原彰・市川俊輔・磯部由香	4. 巻 72
2. 論文標題 高等学校教育課程修了時における学生の科学的リテラシーの習得状況	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 181-187
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉川大貴・松本金矢・中西康雅・守山紗弥加	4. 巻 27
2. 論文標題 探究的な学びを支えるカリキュラム開発・分析 支援 ツールの提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 三重大学高等教育研究	6. 最初と最後の頁 45-56
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 荻原彰・井ノ口絢子・前田昌志	4. 巻 30
2. 論文標題 伝統的治水を含む多様な治水手法を題材とした初等教育プログラムの開発と思考	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 環境教育	6. 最初と最後の頁 271-278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5647/jsoee.30.1_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 橋爪勇樹・前田令子・里中拓馬・佐藤達也・小西伴尚・荻原彰	4. 巻 34
2. 論文標題 三重県鳥羽市における海洋教育プログラムの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 75-80
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 萩原彰	4. 巻 30
2. 論文標題 教員免許状更新講習における河川防災教育の実践	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 環境教育	6. 最初と最後の頁 30-35
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 水谷友美・深澤健吾・後藤太郎
2. 発表標題 心電図測定を取り入れた心臓の活動調節の学習
3. 学会等名 日本生物教育学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉川大貴・松本金矢・中西康雅
2. 発表標題 小学校生活科における STEAM 教育の実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本金矢
2. 発表標題 家庭生活におけるものとの関わりに求められる感性
3. 学会等名 日本感性工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 守山紗弥加、松本金矢
2. 発表標題 生活と学びの調和を生み出す感性
3. 学会等名 第14回日本感性工学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荻原彰
2. 発表標題 えひめサイエンスリーダースキルアッププログラムの実践から学ぶことと課題
3. 学会等名 日本理科教育学会第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荻原彰
2. 発表標題 コンピテンスに基づく学習コンテンツ再構成に関する研究(6)～地学領域について～
3. 学会等名 日本理科教育学会第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤優香、後藤太一郎
2. 発表標題 アメリカザリガニの行動と尿放出を観察するための簡易実験法
3. 学会等名 日本生物教育学会第103回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤ありさ・深澤健吾・後藤太一郎
2. 発表標題 メダカの心電図測定を用いた心臓の活動調節に関する学習
3. 学会等名 日本生物教育学会 第105回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川大貴・松本金矢・中西康雅
2. 発表標題 探究学習のための授業構成を考慮したカリキュラム支援ツールの提案
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第63回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中西理紗・平島円・磯部由香
2. 発表標題 高等学校教育課程修了時における学生の科学的リテラシーの習得状況
3. 学会等名 日本家政学会中部支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荻原彰・森ひなの・小西伴尚
2. 発表標題 副読本と人形劇による「がんと免疫」教材の開発と実践
3. 学会等名 日本理科教育学会第70回全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 荻原彰	4. 発行年 2019年
2. 出版社 幻冬舎	5. 総ページ数 294
3. 書名 人口減少社会の教育 日本が上手に縮んでいくために	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	中西 康雅 (Nakanishi Yasumasa)  (00378283)	三重大学・教育学部・准教授  (14101)	
研究分担者	松本 金矢 (Matsumoto Kin'ya)  (10239098)	三重大学・教育学部・教授  (14101)	
研究分担者	荻原 彰 (Ogihara Akira)  (70378280)	三重大学・教育学部・教授  (14101)	
研究分担者	國仲 寛人 (Kuninaka Hiroto)  (70402766)	三重大学・教育学部・准教授  (14101)	
研究分担者	佐藤 年明 (Satou Toshiaki)  (80162452)	三重大学・教育学部・教授  (14101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	磯部 由香  (Isobe Yuka)  (80218544)	三重大学・教育学部・教授    (14101)	

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