

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03106

研究課題名（和文）STEM領域での問題解決能力育成と評価についての研究

研究課題名（英文）Research on the development and evaluation of problem-solving skills in STEM areas.

研究代表者

鈴木 久男（Suzuki, Hisao）

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：20192619

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：STEM領域におけるスキル養成について、問題解決は非常に重要な意味を持つ。しかし、特に学部段階における問題は、その多くがアルゴリズム問題であり、社会で必要なスキルを十分に習得するのが困難である。たとえば、状況に応じた判断が求められる判断力問題は、STEM領域の問題設定ではほとんどあらわれていない。この研究では、海外での視察を中心にして、社会で必要なスキル習得のために重量な問題設定について研究をおこなってきた。このようなスキル養成のためには、単一のディシプリンにおいても、他分野との融合型問題が有効であることがわかった。そのためにも、STEM教育で用いられている問題について分類解析をおこなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海外のSTEM教育は、生活の質の向上を目的としており、社会科学融合型である。韓国や日本ではSTEAMと呼ばれる教育は、初等中等教育において、世界各国でおこなわれ、多くの成果を挙げている。本研究課題では、海外のSTEM教育コンファレンスでのトピックの紹介は、STEM教育の各国での取り組みや問題設定などを日本に紹介し、日本の教育力向上に資する。

研究成果の概要（英文）：Problem-solving is a crucial aspect of skills development in STEM areas. However, most problems, especially at the undergraduate level, are algorithmic problems, which make it difficult to fully acquire the skills needed in society. For example, decision-making problems, which require situation-specific judgements, are rarely represented in problem settings in the STEM domain. In this study, based mainly on observations abroad, research has been conducted on problem settings that are weighted towards the acquisition of skills needed in society. It has been found that even in a single discipline, problems integrated with other disciplines are effective for the development of such skills. To this end, a classification analysis of problems used in STEM education was conducted.

研究分野：科学教育、物理学

キーワード：STEAM教育 STEM教育 問題解決

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

STEM 領域において、社会で必要な問題解決スキルのさらなる変化が予測されており、社会で役立つ問題解決能力育成は重要な課題となっている。しかし、中等教育や高等教育の科学教育においては、社会に現れる問題パターンのうち、半数以下のパターンにとどまる。海外では、大学の科学教育において、様々な問題パターンが試みられ、教育実践研究がなされている。また、新しい問題パターンのいくつかは既にアメリカの大学教育やイギリスでの入学試験共通テストに導入され、ジェネリックスキル測定や習得を目的とした試みがなされている。しかし、現在まで、問題解決での一般的な問題パターンのうちいくつかを試みられているに過ぎない。

2. 研究の目的

科学教育の分野での問題解決能力育成と評価についての研究は、単に学術的価値があるだけでなく、STEM 分野の実践教育に波及効果があると共に、日本の入試改革にも大きな波及効果があり、科学教育の発展にも資するものとなる。また、海外の新しい STEM 教育を日本で紹介していくことにより、日本の教育現場での教育力向上に資する。

3. 研究の方法

以下の3つの手法をとる。

- (1)物理学、化学および生物学のディシプリンの中で、社会に現れるような様々なパターンの問題とその評価基準を開発し、高校生や大学生対象に試験を実施・分析を行うことにより、様々な思考力や表現力など問題解決に必要な能力について明らかにする。
- (2)海外では、大学初年次からデザイン力を重視した授業や、オープンエンドなストーリー問題を教育に利用している大学を視察し、新たな問題による問題解決能力育成の視察研究を行う。
- (3)海外で新しいタイプの問題による入試を行っている入試センターの出題および採点体制などの実施体制を調査し、国際的比較調査研究を行う。またこの結果を、学術誌や学会において公表していく。

4. 研究成果

ミネソタ大学では、日常生活と関係した STEM 領域の問題設定により物理学を教えるという Context Rich Problems という手法の開発で有名である。2019年9月に、ミネソタ大学への視察を、研究代表者(鈴木久男)分担者(吉永契一郎、齋藤準)によりおこなった。通常の問題では必要な情報のみが示されるが、多大な情報の中から問題解決に必要な情報を抜き出すという

分析的思考力養成に大変効果的であることが確認できた。その他、大規模授業におけるクリッカーによるアクティブラーニング授業が一般的におこなわれていることが確認できた。

この視察では、サンフランシスコの高校での教育視察もおこなった。Nueva School では、1年次から自ら課題を発見させようとする授業がおこなわれていた。たとえば、通常重力加速度の測定の実験では実験器具を指定してやり方を説明するが、Nuova School では実験のデザインから始めていた。また、K9 段階で、デザイン思考のクラスがあるなど、革新的なものであった。その他、College Preparation School や公立高校の視察をおこなった。この視察の結果は、2020 年に「アメリカの物理教育と高大接続」というタイトルで学術誌に公表されている。

STEM 領域における問題そのものは、海外と日本では異なるものもある。高校での問題設定について、数学や物理学、化学の中で、アドバンスドプレースメントテストや、国際バカロレアの試験、また A-level の試験では、日本の大学入試には見られない、オープンエンドな問題を出すことがある。問題の出題や採点体制についての視察をおこないたかったが、コロナの流行により事務局が閉鎖されており、実現できなかった。

社会における問題解決に関係する STEM 教育としては、統合型 STEM カリキュラムが重要となる。大学における STEM 統合型カリキュラムを実践している大学はいくつかあるが、残念ながら世界標準たるべく試みは未だないことがわかった。そのため、初等・中等教育における統合型 STEM 教育における問題設定について調査をおこなった。この結果は、「創造性駆動型社会に対応した STEM 教育」(佐々木, 伸, 細川, 敏幸, 鈴木, 久男, 吉永, 契一郎, 斉藤, 準, 高等教育ジャーナル, 30号 2023) で公表されている。

本研究は視察研究が主要な方法の一つであったが、新型コロナウイルスの流行により延長されることとなった。また、インフレや航空便の減少により、出張旅費が高騰し、当初の予定よりも縮小せざるを得なかった点は残念であった。しかし、2023 年 2 月にはシンガポールデザイン工科大学の視察をおこなった。この大学では、理系の基礎科目を含むすべての科目に対して、PBL を導入している。そのため、生物学、化学、物理学における、新たな問題設定の手法について知見をえることができた。毎回の授業に導入すると時間超過となるため、1 コースあたり 1, 2 回のプロジェクトであったり、毎回少しずつのプロジェクトとしたりする工夫がなされていた。本研究では、これら海外の事例を日本で紹介し、日本の STEM 教育に資することを一つの目的としていた。そのため、この視察についての発表を大学教育学会(2023 年 6 月 PBL 教育の最前線-シンガポール・デザイン・工科大学)においておこなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 大森不二雄, 斉藤 準, 鈴木 久男 | 4. 巻 44 |
| 2. 論文標題 理系基礎教育におけるアクティブラーニングと伝統的講義 大学生・大卒者の全国調査による学習者視点からの教授法とその効果 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 大学教育学会誌 | 6. 最初と最後の頁 29-39 |
| 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 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 大森 不二雄, 斉藤 準, 松葉 龍, 鈴木 久男 | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 エビデンスに基づく教授法の変革を普及するための課題 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Quality Education | 6. 最初と最後の頁 1-24 |
| 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 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 佐々木, 伸, 細川, 敏幸, 鈴木, 久男, 吉永, 契一郎, 斉藤, 準 | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 創造性駆動型社会に対応したSTEM教育 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 高等教育ジャーナル : 高等教育と生涯学習 | 6. 最初と最後の頁 51-62 |
| 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 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 斉藤準 | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 H5Pインタラクティブ・ビデオの視聴状況に関する学習分析 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本ムードル協会全国大会発表論文集 | 6. 最初と最後の頁 12-19 |
| 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 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 吉永契一郎, 鈴木久男, 斉藤準 | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 理系大学教育の視点から考える高大接続 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 大学教育学会誌 | 6. 最初と最後の頁 94-98 |
| 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 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 斉藤 準 | 4. 巻 70 |
| 2. 論文標題 DBERの展開 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 物理教育 | 6. 最初と最後の頁 28-33 |
| 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 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 斉藤 準 | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 物理基礎科目におけるオンライン授業 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 IDE現代の高等教育 | 6. 最初と最後の頁 30-34 |
| 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 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 斉藤 準 | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 物理のオンライン授業における H5P, STACK, Essay (auto-grade) の活用 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本ムードル協会全国大会発表論文集 | 6. 最初と最後の頁 28-34 |
| 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 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 椎名希美, 杉村逸郎, 細川敏幸 | 4. 巻 29 |
| 2. 論文標題 デザイン・シンキング実施報告 沼田町まるごと自然体験プロジェクトへの提言 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 高等教育ジャーナル-高等教育と生涯学習 | 6. 最初と最後の頁 99-103 |
| 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 白水始, 鈴木久男, 本多正尚, 篠崎和夫 | 4. 巻 38 |
| 2. 論文標題 大学入試における主体性に代表される第3の学力要素をどう評価するか? | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 大学入試研究の動向 | 6. 最初と最後の頁 43-71 |
| 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 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 細川敏幸, 鈴木久男, 斉藤準, 吉永契一郎 | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 デザイン・シンキング入門 スタンフォード大学d.school研修報告 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 高等教育ジャーナル | 6. 最初と最後の頁 73-81 |
| 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 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 斉藤準 | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 物理基礎科目における授業外学習の定量的評価 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 第9回大学情報・機関調査研究会論文集 | 6. 最初と最後の頁 68-73 |
| 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 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 鈴木久男 | 4. 巻 41 |
| 2. 論文標題 AAC&U STEM Meetingの報告 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 大学教育学会誌 | 6. 最初と最後の頁 45-48 |
| 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 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 鈴木久男、吉永契一郎、斉藤準 | 4. 巻 68 |
| 2. 論文標題 アメリカの物理教育と高大接続 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 物理教育 | 6. 最初と最後の頁 46-49 |
| 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 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 宮本淳, 山田邦雅, 細川敏幸 | 4. 巻 26 |
| 2. 論文標題 米国高等教育機関における教学IRの訪問調査 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 高等教育ジャーナル-高等教育と生涯学習 | 6. 最初と最後の頁 77-82 |
| 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 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 - |

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件)

| |
|-------------------------|
| 1. 発表者名 鈴木久男 |
| 2. 発表標題 既存の大学入試制度の課題 |
| 3. 学会等名 大学教育学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 齋藤準 |
| 2. 発表標題 ブレンド型実験授業における学習成果と認知段階因子との関係 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 齋藤準 |
| 2. 発表標題 H5Pインタラクティブ・ビデオの視聴状況に関する学習分析 |
| 3. 学会等名 2022年日本ムードルムート |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------|
| 1. 発表者名 齋藤準 |
| 2. 発表標題 入学前教育から考える高大接続 |
| 3. 学会等名 大学教育学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木久男 |
| 2. 発表標題 Educational Improvement in Microscopic and Macroscopic Levels: A Case Study of Hokkaido University |
| 3. 学会等名 2020 International Forum on Liberal Education, Dec.5 ,Yonsei University, Korea (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-----------------------------|
| 1. 発表者名 吉永契一郎 |
| 2. 発表標題 カール・ワイマンの大学教育改革案 |
| 3. 学会等名 第42回大学教育学会自由研究 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-------------------------|
| 1. 発表者名 吉永契一郎 |
| 2. 発表標題 デザイン思考の手法と実践 |
| 3. 学会等名 第42回大学教育学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 斉藤準 |
| 2. 発表標題 スタンフォード大学d.schoolにおける教育研修 |
| 3. 学会等名 大学教育学会第42回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 細川敏幸, 山田邦雅, 宮本淳 |
| 2. 発表標題 日本におけるカレッジ・インパクト理論の有効性の検証 |
| 3. 学会等名 大学教育学会第42回大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hisao Suzuki |
| 2. 発表標題 Role of Integrated Science Approach in Higher Education; An attempt at Hokkaido University |
| 3. 学会等名 World Education Research Association Focal Meeting |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 斉藤 準 |
| 2. 発表標題 課題モジュールによる試験答案の返却 |
| 3. 学会等名 北海道ムードル・サマワークショップ2019 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 斉藤 準 |
| 2. 発表標題 STEM教育とアクティブラーニング 物理基礎科目における実践と評価 |
| 3. 学会等名 北海道FDSDフォーラム2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 斉藤 準 |
| 2. 発表標題 アセスメント・ポリシーの導入 |
| 3. 学会等名 令和元年度IDE大学セミナー「学習成果の可視化」シンポジウム「北海道における可視化の展開」(招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 鈴木久男 |
| 2. 発表標題 PBL 教育の最前線ーシンガポール・デザイン・工科大学 |
| 3. 学会等名 大学教育学会第45回大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

〔図書〕 計2件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 カール・ワイマン、大森 不二雄、杉本 和弘、渡邊 由美子、小池 武志、合田 美子、今野 文子、斉藤 準、佐藤 万知、鈴木 久男、辻森 樹、山内 保典、吉永 契一郎 | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 玉川大学出版部 | 5. 総ページ数 304 |
| 3. 書名 科学立国のための大学教育改革 | |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 吉永契一郎 | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 東信堂 | 5. 総ページ数 19 |
| 3. 書名 「アメリカの大学管理職の実際」有本章編『大学教授職の国際比較 世界・アジア・日本』 | |

〔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 | 細川 敏幸 (Hosokawa Toshiyuki) (00157025) | 北海道大学・高等教育推進機構・名誉教授 (10101) | |

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 | 吉永 契一郎 (Yoshinaga Keiichiro) (70313492) | 金沢大学・高等教育開発・支援系・教授 (13301) | |
| 研究分担者 | 斉藤 準 (Saito Jun) (90757668) | 帯広畜産大学・畜産学部・准教授 (10105) | |

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 |
|---------|---------|
| | |