

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K18635

研究課題名（和文）現実的数学教育論に基づく高等学校STEMモジュールと評価問題の開発

研究課題名（英文）Developing STEM Module in High School based on Realistic Mathematics Education

研究代表者

大谷 実（OTANI, MINORU）

金沢大学・学校教育系・教授

研究者番号：50241758

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、現実的数学教育論に基づき、社会生活・職業・他学問領域との連関を重視する高等学校数学のSTEMモジュールと評価問題を開発するため、3つの課題に取り組みました。現SGDsを意識した数学コンテスト「日本数学A-lympiadコンテスト」を実施し、レポート課題の評価基準を検討した。教科横断的な授業実践を附属高等学校でのWWLコンソーシアム実践した。附属高校数学科で数理クラブを充実させ、探究ゼミを組織し、日常や社会生活の事象を数理的な視点で考察する課題を継続的に蓄積した。STEMモジュールと評価問題を収集し、高等学校教授資料を3冊発行し、全国の高等学校に無償配布した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高等学校では社会に開かれた教育課程や大学入試共通テストなどの改革が進められている。他方で、高等学校数学の内容や評価枠組みは旧態依然としており、その改善が喫緊の課題となっている。本研究は、現実的数学教育論に基づき、社会生活・職業・他学問領域との連関を重視する高等学校数学のSTEM教材と評価問題を開発し、高等学校数学科の内容や評価システムの改善するために、授業で使用可能な教材・問題集を3冊作成し、全国の高校に無償配布を行い、もってわが国の高等学校数学の革新に寄与した。

研究成果の概要（英文）：Based on a realistic theory of mathematics education, this study addressed three issues in order to develop STEM modules and assessment questions for high school mathematics that emphasize the linkage with social life, occupations, and other academic fields. (1) Conducted the "Japan Mathematics A-lympiad Contest," a mathematics contest that was designed with the current SGDs in mind, and studied the evaluation criteria for report assignments. (2) Practice of cross-curricular lessons was carried out in the WWL consortium at the attached high school. We collected STEM modules and assessment problems, published three volumes of high school teaching materials, and distributed them free of charge to all high schools in Japan.

研究分野：数学教育学

キーワード：現実的数学教育論 高等学校数学科 STEMモジュール

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 学習指導要領が改訂され、数学教育は大きな質的転換期にある。特に、高等学校学習指導要領では、新教科「理数」及び新科目「理数探究基礎」・「理数探究」が設けられ、その解説では、複数の教科・科目等の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究のプロセスを通して課題解決に取り組むことと、さらに探究の名称が付されていない教科・科目等についても、それぞれの内容項目に応じて探究的な活動を取り入れることが述べられている。このように、高等学校数学科全体において、教科横断的な視点や内容項目に応じた探究的なプロセスについて具体的に検討し、授業実践や評価方法を改善することが一層重要になっている。社会に開かれた高等学校数学科の学習指導要領の改訂が検討され、大学入学共通テストでも記述式問題や思考力・判断力・表現力等を問う問題と評価方法の開発が進められている。他方で、高等学校数学科の内容と問題は旧態依然の様相である。

(2) OECD PISAが強調するように、数学が将来の個人の生活、職業生活、市民生活に有用である様に、初等的な数学を洗練した仕方でも活用することへと高等学校の数学教育のパラダイムをシフトする必要がある。特に、近年は、高等学校数学科においてSTEM（科学・技術・工学・数学）教育として特徴付けられるモジュールの開発が喫緊の課題となっている。OECD PISAを主導するオランダでは、現実的数学教育論に基づく高校数学のモジュールと全国共通試験が既に30年近く運用されており、わが国の高等学校数学カリキュラムや大学入学共通テストのモデルとして有望である。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、社会生活、職業、他学問領域との連関を重視するオランダの「現実的数学教育論」(Realistic Mathematics Education)に基づき、高等学校数学科においてSTEM（科学・技術・工学・数学）教育として特徴付けられるモジュールと評価問題を開発することで、高等学校数学科の内容や評価システムの刷新に寄与することを目的とする。

(2) 本研究では、STEMモジュールと評価問題は単に開発するだけでなく、実際の授業で実践し、実践に裏打ちされた理論の実現可能性や問題点を検討する。そのために、本研究では、先導的な研究を推進する附属高等学校のWWLコンソーシアム事業として実践を公開するとともに、モジュールを公開し、広く提供することでわが国の高等学校数学の革新に寄与する。

3. 研究の方法

(1) 金沢大学附属高校数学科・理科教員チームと共同し、オランダの数学科教科書、全国最終試験問題、フロイデンタール研究所作成のモジュール等を参照しつつ、テストでの電卓使用等を使用しない日本の現状に配慮したSTEMモジュールと評価問題を開発するとともに、教授資料集として公開し、全国の公立学校に無償で頒布する。

(2) 開発したモジュールや評価問題を、附属高等学校でのWWL (World Wide Learning) コンソーシアム事業に位置付け、数学科と他教科と連携した教科横断的なSTEM授業を研究授業として公開するとともに、参観者からの外部評価を受ける。

4. 研究成果

(1) オランダの「現実的数学教育論」に基づくモジュールと大学進学資格試験である全国最終試験に着目し、応募者が元校長を務める金沢大学附属高校の数学科・理科の教員チームと共同で開発し、それを公立学校等で使用可能となるように評価・改善した。その際、オランダのフロイデンタール研究所 (Flsme) 並びに全国共通試験を実施している教育測定研究所 (Cito) とも連携し、日本の現状(指導要領の指導内容やテストでの電卓使用等)に配慮した改良を行った。全国共通試験は、ハンス・フロイデンタールの「現実的数学教育」の思想に根ざしていることが確認された。実際、現実的数学教育は、何よりも数学は人の活動であると考え、様々な分野における専門的職業人や研究者等が数学を活用する本質をふまえて生徒が取り組む数学的活動を構想し、生徒が取り組む問題として実生活に密接に関係ししかも現代社会の喫緊の課題を設定している。その際、数学科の科目や内容を意図的に越えて関連付けたり、他教科や自然科学・社会科学の諸分野とも関連付けたりするよう配慮し、生徒が問題の解決に取り組む際には、個人での活動に留まらず、チームやグループで協働して問題に取り組み、議論し、結果をまとめ、発表する機会を意図的に設けながら、素朴な数学のモデルが議論を通じて洗練する過程を大切にしている。また、実際の組み込んだデータを処理するために ICT 機器を積極的に利用する。かくして、現実的数学教育は、人の実践活動において生きて働く知識や技能、実生活や現代社会の喫緊の課題に対して数学を活用して解決策を提案する力、課題を多面的・多角的に考察する力、他者と協働して課題解決に取り組む力、自分の考えを数学的な表現を用いて簡潔・明瞭・的確に表現する力などを育成する STEM で育成する資質・能力の構成要素を明確にした。

(2) STEMモジュールと評価問題を集成し、高等学校教授資料「日常生活や社会の事象に数学を活用する力の育成：オランダの「全国共通試験」問題」として3冊() 公刊し、全国の高等学校等に無償配布した(図1)。これらの資料が、全国の高等学校数学科を通じた教科横断的で探究的な学習課題を提供するとともに、生徒が実生活や社会における様々な事象に関心をもち、数学的な見方・考え方を柔軟に働かせながら、事象を数理化することにより自ら問題を定式化し、得られた解について多面的・多角的に解釈したり、批判的に吟味したり、賢明に判断したりする数学的な探究プロセスを通して、数学の有用性を感得することに寄与することが期待される。

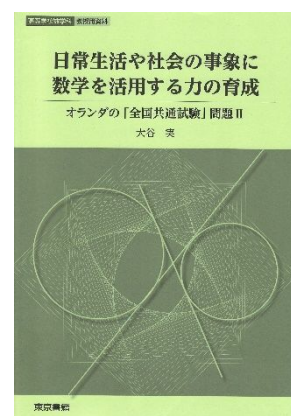


図1 教授資料

(3) 開発したSTEMモジュールを附属高等学校でのWWL研究大会において他教科と協働して、公開授業を行った(川谷内他, 2020)。本研究期間で、「交通渋滞の解消」(総合的な学習)、「適切な心拍数等の指標に基づくスポーツ運動の計画」(データの活用)、「薬の適切な服用」(指数関数)、「SIRモデルによるCovid-19の感染拡大の分析」(数列と漸化式)の研究授業を行った(図2)。いずれの授業でも高校数学で今後重要性が増すICT機器を積極的にし、数学的モデルを用いてシミュレーションを行う活動を取り入れた(図2)。

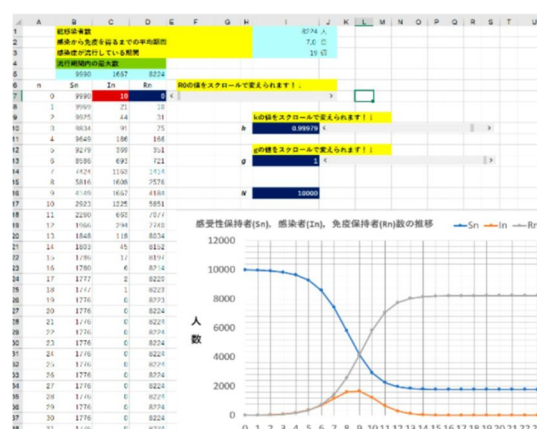


図2 SIRモデルによるシミュレーション

(4) WVLでの研究授業では、研究協力者に、授業中の生徒の活動の様子から3名の生徒を選んでもらい、整理会で各生徒の考えを聴く機会を設けた(図3)。通常の研究授業での授業整理会は、こうした生徒の視点を反映していない点で、授業研究としての新しい提案を行うことができた。実際には、研究協力者が、研究授業中の実際の生徒の活動の観察をとおして、3名の生徒を指名し、授業整理会において、生徒からの授業に対する見解、研究協力者からの質問ならびに、参観者からの質問という3点から、生徒の視点を取り入れた。授業整理会で生徒の視点を取り入れることにより、生徒個人の省察や、グループ活動での他の生徒との関わりについて授業中ではつかみにくい情報を得ることができた。生徒の視点として、

教師が想定している活動を超えて、生徒なりの固有の関心に基づく独自かつ多様なアプローチがみられること、数学のモデルと現実事象を明確に区別しより現実的で複雑な事象を捉えるためにモデルを改良する姿がみられること、そして、授業で学んだ事象を実世界の課題の探究に活かしていきたいという学びに向かう力が明確にうかがわれた。



図3 生徒参加の授業整理会

<引用文献>

川谷内哲二, 戸田偉, 酒井祐士, 外山康平, 大谷実, 伊藤伸也, 高校数学における探究的・協働的で教科横断的な学び - RMEアプローチへの金沢大学附属高校の取り組み -, 日本数学教育学会誌数学教育, 102巻, 2020, 12-23

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3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 川谷内哲二, 戸田偉, 酒井祐土, 外山康平, 大谷実, 伊藤伸也	4. 巻 102
2. 論文標題 高等学校における探究的・協働的で教科横断的な学び: RMEアプローチへの金沢大学附属高校の取り組み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本数学教育学会誌・数学教育	6. 最初と最後の頁 12-23
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 大谷実, 川谷内哲二	4. 巻 12
2. 論文標題 高等学校数学科における教科横断的な学習課題: オランダの全国共通試験の分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 金沢大学人間社会研究域学校教育系紀要	6. 最初と最後の頁 1-8
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 戸田偉, 丹内周子, 山本潤平, 大谷実, 伊藤伸也	4. 巻 70
2. 論文標題 現実課題を文脈とする数学科の教材実践	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 高校数学教育研究	6. 最初と最後の頁 87-94
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9件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ohtani Minoru
2. 発表標題 Task design and analysis
3. 学会等名 14th Internatuonal Conference of Mathematics Education (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 実
2. 発表標題 高等学校数学科における課題探究的な授業のデザイン：感染症課題を事例として
3. 学会等名 日本数学教育学会第54回秋期研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 外山康平，大谷実
2. 発表標題 事象を数学化する思考を培う実践研究：現実世界の数学化と数学の数学化
3. 学会等名 日本数学教育学会・第101回大会（沖縄大会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸田偉，大谷実
2. 発表標題 薬剤師やスポーツトレーナーの擬似体験：EUの数理教育プロジェクトmascilを手掛かりに
3. 学会等名 日本数学教育学会・第101回大会（沖縄大会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林徹也，大谷実，川谷内哲二，光永文彦
2. 発表標題 SDGsに協働的に取り組む数学コンテスト「日本数学A-Iympiad」：生徒感想と「新しい学習指導要領が目指す姿」
3. 学会等名 日本数学教育学会・第101回大会（沖縄大会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川谷内哲二, 大谷実, 小林徹也, 光永文彦
2. 発表標題 SDGsに協働的に取り組む数学コンテスト「日本数学A-Impiad」: 教材化への試み
3. 学会等名 日本数学教育学会・第101回大会(沖縄大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 光永文彦, 大谷実, 小林徹也, 川谷内哲二
2. 発表標題 SDGsに協働的に取り組む数学コンテスト「日本数学A-Impiad」: 事象を多角的, 複合的に捉える「理数探究」との関連を中心に
3. 学会等名 日本数学教育学会・第101回大会(沖縄大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井祐土, 大谷実
2. 発表標題 日常生活や社会の事象に数学を活用する力の育成: オランダの共通テストに向けた作問と実践報告
3. 学会等名 日本数学教育学会・第101回大会(沖縄大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大谷実
2. 発表標題 数学的活動を通じた主体的・対話的で深い学びの実現
3. 学会等名 第100回全国算数・数学教育研究(東京)大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 大谷実	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東京書籍	5. 総ページ数 54
3. 書名 日常生活や社会の事象に数学を活用する力の育成：オランダの「全国共通試験」問題	

1. 著者名 大谷実	4. 発行年 2018年
2. 出版社 東京書籍	5. 総ページ数 47
3. 書名 日常生活や社会の事象に数学を活用する力の育成：オランダの「全国共通試験」問題	

1. 著者名 大谷実	4. 発行年 2022年
2. 出版社 東京書籍	5. 総ページ数 32
3. 書名 日常生活や社会の事象に数学を活用する力の育成	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>日本数学A-Iymiad https://www.kanazawa-u.ac.jp/contest/a_lympiad オランダからの挑戦状 http://kfshs2.w3.kanazawa-u.ac.jp/cito/</p>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------