

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00985

研究課題名(和文)電子黒板・デジタル教科書をベースにした数学ソフトを利用したミニ数学実験教材の開発

研究課題名(英文)Development of TExperimental Mathematics Approach Materials with Digital blackborad and Textbook.

研究代表者

清水 克彦(Shimizu, Katsuhiko)

東京理科大学・理学部第一部数学科・教授

研究者番号：00192609

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は電子黒板・デジタル教科書をベースにした数学ソフトを利用したミニ数学実験教材の開発をテーマとして、ミニ数学実験を取り入れた教材開発ならびにICT活用の指導法の一つとして、Researcher Like Activity(研究者の活動を模した学習活動)を取り入れることが、ミニ数学実験とICTを活用したアクティブラーニング(主体的・対話的で深い学び)を結びつける一つの方法であることを示した。具体的には、デジタル教科書の機能を充実させるためにGeogebraを用いて、授業の中で数学実験を行い、主体的な学習を展開できる教材を開発し、大学生への実践を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

教育におけるICTの活用ならびに主体的な学習活動として、本研究で開発した教材は数学教育の実践に資すると考えられる。

また、実験数学的アプローチは、今回の改訂で導入される理数探求や、課題研究において、有効な学習指導の方法として、有力な選択肢を与えると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study focused on use of experimental approach in mathematics with digital blackboard and textbook. Experimental approach in mathematics with those ICT make students possible to engage active learning (ex., RLA approach). In this study, several teaching materials had developed for highschool students. Because of Covid-19, actual trails were not able to be vconducted. But, alternative trials had done for preservice teachers in university.

研究分野：科学教育、教育工学

キーワード：実験数学 電子黒板 ICT活用 教材開発

1. 研究開始当初の背景

申請時の教育界においては、電子黒板、デジタル教科書の開発、一人一台のアプレット端末の配布などの検討が進められていたが、COVID-19 の蔓延などを経て、GIGA スクール構想の急激な普及、デジタル教科書の急速な普及、電子黒板の教室 1 台の設置などが、ほとんどのところで行われるようになってきている。また、COVID-19 以降、数学教育においては、グラフ電卓の普及は日本においては、ほとんど進捗は見られないが、タブレット端末の普及によって、Geogebra のような数学ソフトウェアの授業での使用が通常に行われる教室を日本でも見られるようになってきている。また、まだ申請時には、準備状態であった今年から開始される理数探求の導入されることによって、数学実験的な授業の本格的に検討が始まってきている。

このような研究実行期間中の変化を振り返ると、本研究のテーマが教育全体並びに、数学教育において、必要とされていたことがわかると思われる。

2. 研究の目的

本研究は「電子黒板・デジタル教科書をベースとした数学ソフトを利用したミニ数学実験教材の開発」と題して、現在推進が進められている電子黒板にデジタル教科書を投影し、教科書の例題や問題について、数学ソフトを用いてミニ数学実験を行う教材を開発することを目的とした。開発教材は、高等学校数学科の教材を対象とし、現在の高校の指導者用デジタル教科書は、数学実験のための機能をほとんど有していないか機能は非常に限られているという問題点を補うためにグラフ電卓や数学ソフトウェアの活用を行った。そこで、本研究では、数学汎用ソフトである Geogebra と一人 1 台の環境も実現しやすいグラフ電卓のエミュレータ(グラフ電卓と同じ機能を持つソフト)を用いてミニ数学実験の教材開発を行い、実験的な使用を行うことを目指した。

3. 研究の方法

本研究では以下のことを行った。

1)教科書レベルの例題や練習問題をもとにしたミニ数学実験の可能性の検討

数学実験と実験数学の分野では、その効用として山本芳彦の主張を元にするといくつかの利点があることが示唆されている。本研究では実験過程を教科書の展開のなかで簡便な実験を行うことをミニ数学実験と呼んだ。

数学実験は通常の一斉授業のアクティブラーニング化、実験数学は SSH 校等向けの格好の教材の提供となることがわかった。実験数学の分野ではさらに・現象の直感を得ること・新しいパターンや関係を見つけること・視覚化することで、原理を理解すること・気がついた仮説を検証すること・結果が証明に値するか、証明への手がかりさぐること・複雑な計算を代行させること・計算によって得られた結果を確信することが可能であることがわかった。これらの効用を見ると数学における実験的方法は、基礎レベルの生徒から発展レベルの生徒までに適応できる方法であることが同定された。米国の NSF の援助を受けた Core-plus プロジェクトの教科書の例題や問題を参考にし、教材や授業展開を検討開発した。

特に、このような実験数学を取り入れた学習活動を、本研究では「研究者を模した探究活動 (Researcher Like Activity)」と呼ぶことにした。RLA は「研究者の縮図的活動」という意味であり、猪俣を参考に「研究者的活動を学習者のレベルに合わせて行う教育方法」の総称とした。

2)電子黒板やデジタル教科書に期待される ICT の効果を実現するための授業法の開発

ICT の活用により容易となる学習場面として、「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会」報告書(中間まとめ)(2014)では、次の三つを挙げている。【思考の可視化】【瞬時の共有化】【試行の繰り返し】このような学習場面のうち、試行の可視化と試行の繰り返しは数学ソフトウェアの得意とするところであり数学における実験的方法にも挙げられているものである。本開発においては、この 3 点が容易に実現できるような電子黒板とデジタル教科書をベースとした数学ソフトウェアを利用した教材開発を進めた。

3)生徒を対象とした実証実験の実行

1)2)を通して、検討・開発したミニ電子黒板・デジタル教科書をベースとした数学ソフトウェアを利用したミニ数学実験教材について通常の生徒に対して、実施する予定であった。しかしながら、COVID-19 の影響により、高校生を対象にした実証授業は実施することはできなかった。そのため、本学の教職科目である数学科教育論において LETUS システム(Moodle をベースにした学習支援システム)でオンライン非同期によって、2000, 2001 に実施した。また、研究支援期間は終了したが今年度は高校2校ならびに大学での対面授業で実施をおこないつつある。

4)仮設検定の考え方における教材開発

数学 I に新指導要領から扱われることになった「仮設検定の考え方」は、シミュレーションを利用した実験による分布を活用する。本研究の研究計画には当初含まれていなかったが、シミュレーションや実験を取り入れた教材であるため、本研究の一部として、研究を進めた。

5)教師のための RLA 研修教材の開発

本開発も、研究計画にはなかったものであるが、同時期に独立行政法人教職員支援機構(NITS)の委嘱を受けて、教員の資質能力向上のために、教育委員会等と連携・協働し、先導的かつ先進的な研修プ

プログラムを開発・実施することになったため本学理数教育研究センターと川口市教育委員会との共同のもと「ICTを活用したRLA(Researcher Like Activity:研究者を模した探究活動)導入研修プログラム(数学教育を事例として)」を研究の一部として行い、教員向けの研修プログラムを開発することとした。

4. 研究成果

本研究では、グラフ電卓や数学ソフトによってミニ数学実験を取り入れ、デジタル教科書、電子黒板によるICTを利用した先進的な授業を構築することに特色があり、ミニ数学実験によるアクティブラーニング化・発展教材などにより幅広い生徒に対する数学学習の支援が可能となる教材を開発したことが主な成果である。以下の研究成果の一部から本研究の具体的な成果は

- ・数学ソフトウェアと電子黒板の連携的使用の一般的検討
- ・電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案(整数の性質、2次関数、絶対値関数、データの活用(相関))
- ・仮説検定の考え方とシミュレーション実験
- ・次世代型教員研修プログラム開発における数学ソフトウェアの活用の提案などを挙げるができる。

、独立行政法人教職員支援機構(NITS)の委嘱を受けて、教員の資質能力向上のために、教育委員会等と連携・協働し、先導的かつ先進的な研修プログラムを開発・実施したなかで、本研究に基づいた研修プログラムならびに教材開発を東京理科大学教職教育センターと連携して行った。その成果は以下のURLで参照できる。(フィボナッチ数の性質の探究がテーマの1つである)

<https://www.tus.ac.jp/ks/effort/training/#02>

- 1) 数学ソフトウェア等の電子黒板との連携的使用について、数式処理 2018、Vol.24, No.1, pp.21-28
- 2) 電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案 1—数学A「整数の性質」における数値計算機能の活用一、Teacher Teaching with Technology2018, Vol.20,46-51
- 3) 電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案2—2次関数、絶対値関数におけるグラフ機能の活用一、Teacher Teaching with Technology2018, Vol.20, pp.74-79
- 4) 電子黒板・デジタル教科書とグラフ電卓・数学ソフトウェアを用いた高校数学科の授業の提案3—数学I「データの分析」相関における統計機能の活用一、Teacher Teaching with Technology2018, Vol.20, pp.122-127
- 5) 「仮説検定の考え方」の指導に関する実践研究, 東京理科大学教職教育研究 2021, Vol.6, pp.33-44
- 6) ドミノタilingから現れる数列について, 日本数学教育学会誌第100巻臨時増刊, Vol.100, p.559
- 7) 高等学校数学科「数学I」における統計指導での変数変換の扱いに関する実践研究, 東京理科大学教職教育研究 2019, Vol.7, pp.1-10
- 8) 次世代型教員研修プログラム開発における数学ソフトウェアの活用, Teacher Teaching with Technology2017, Vol.19, pp.76-7

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2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 半田真、清水克彦	4. 巻 6
2. 論文標題 「仮説検定の考え方」の指導に関する実践研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東京理科大学教職教育研究	6. 最初と最後の頁 33-44
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 栗崎祐樹、清水克彦	4. 巻 100
2. 論文標題 ドミノタイリングから現れる数列について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本数学教育学会誌第100巻臨時増刊	6. 最初と最後の頁 559
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 半田真、清水克彦	4. 巻 3
2. 論文標題 高等学校数学科「数学」における統計指導での変数変換の扱いに関する実践研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東京理科大学教職教育研究	6. 最初と最後の頁 1 - 10
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 清水克彦	4. 巻 Vol.24, No.1
2. 論文標題 数学ソフトウェア等の電子黒板との連携的使用について	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 数式処理	6. 最初と最後の頁 14-20
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 清水克彦	4. 巻 Vol.21
2. 論文標題 次世代型教員研修プログラム開発における数学ソフトウェアの活用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Teacher Teaching with Technology Japan	6. 最初と最後の頁 76-79
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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 小松崎梨那、清水克彦
2. 発表標題 イングランドの必修教科書 'Compute-IT' の内容の検討
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金森千春、清水克彦
2. 発表標題 解説動画を作成する問題づくり」の活動の効果検証
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.Hara, Y.Watanabe, K.Shimizu
2. 発表標題 Developing A Video Clip for Mathematics Class at Night High School
3. 学会等名 International Conference on Educational Technologies (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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