

令和元年6月5日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00923

研究課題名（和文）数学科と理科を総合する教材開発と教科間の教育内容のずれを解消する実証的研究

研究課題名（英文）Case Study of Teaching materials development of Integrated on mathematics and science with reducing of the gap of both subjects

研究代表者

金児 正史（KANEKO, Masafumi）

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：00706963

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：筆者らは、数学科と理科を総合するための勉強会を3年間にわたって月1回開催してきた。参加者は小中高等学校の数学科と理科の教員と申請者らである。継続的な勉強会を実施してきた結果、参加教員は、数学科と理科の教育内容を理解したうえでそれぞれの教科指導をする重要性を知るとともに、参加教員が議論によって作成した、数学科と理科が関連する学習指導計画に沿った授業では、生徒が主体的に理解を深めることを実感した。このように、数学科と理科が関連する単元の学習指導案を、数学科と理科の教員が協働して作成していくことで、学習者は提供された学習内容を深めるだけでなく、主体的に活動しやすくなることが実証的に明らかにできた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

次期学習指導要領では、教科の枠を超えて学習者の主体的な学習として深い学びを実現することが求められ、高等学校では「理数探究」などの科目が設定される。しかし教科を総合する具体的な学習内容の吟味や実践は十分ではない。本研究は理科と数学科に限定しているが、教員が互いの教科の壁を越えて学習内容を理解すれば、自分の教科科目の指導に奥深さが出ることを実感できることや、小・中・高等学校の理科と数学科の教員が協働して学習指導案の議論を重ねる研究会が実現できることが、実証的に明らかにできた。さらに、教科を総合・横断できる教師の育成をどのように企画し実践していくかが大きな課題であることも明確になった。

研究成果の概要（英文）：We held a study session to integrate science and mathematics once a month for three years. Science teachers or mathematics teachers of primary school, middle school and high schools attended to the session. As a result of the continuous study session, the teachers who attended the session recognized the necessity that both subject teachers should understand contents of science and mathematics before the instruction of both subjects. In addition, they realized that the students of the classes which were designed by the teachers attending the session deepened their considerations to learning contents.

In this way, in the making of the teaching plan of the unit of study that science and mathematics were related to, teachers recognized the teaching contents to provide to a learner more deeply and it was revealed that it became easy for learners to be active substantially when the teachers of the course in mathematics and science collaborated deepened.

研究分野：科学教育

キーワード：理科と数学科の総合

1. 研究開始当初の背景

児童生徒の「生きる力」を育むために、1996年に提言された総合的な学習の時間の理念は、現行の学習指導要領でも小中高等学校共通の理念として継承されている。それは、日常生活における課題を発見して解決するなど、実社会や実生活とのかかわりを重視するとともに、教科等の枠を超えた、横断的総合的な学習や、探究的な活動を求めている。この理念は21世紀型能力の「基礎」や「思考」を育むことにもつながる。申請者らは、総合的な学習の時間の理念に直結する考えのもとで、数学科と理科を総合する教材開発と、その教材を活用した学習指導の実践・検証を行ってきた。例えば、現象の変化とグラフを関係づける実践授業とその検証(佐伯・土田 2009, 佐伯・末廣・中谷・土田 2013, 佐伯・土田・末廣・中谷・松崎 2013)、現象の変化を図形から読み解く実践授業とその検証(Kawakami・Saeki・Matsuzaki 2012, Saeki・Matsuzaki 2013)、集計方法が異なるデータから情報を読み取る実践授業とその検証(金児 2012)、さおばかりと力の合成・分解を題材とした実践授業とその検証(金児 2012, 金児 2014)をおこなった。こうした申請者らの研究から、数学科と理科を総合する教材を開発し、これを活用した実践授業を行うと、児童生徒は自ら課題を発見し、自ら考え、着眼した特徴や性質を、数学科と理科の既習事項を総合して解決しようとする傾向が強いことが明らかになった。

こうした成果の一方で、申請者らの研究から、数学科と理科の教科書で同じ用語が用いられる際に、不統一な定義や解説がなされていることが明らかになった。例えば数学科の教科書では三角比と三角関数を区別して定義しているものの、物理の教科書ではそれほど判然としていなかったり、三角関数の定義域では度数法や弧度法が混在して使われている。児童生徒の立場に立てば、彼らの学習媒体である数学科と理科の教科書の表記に疑問を持たせるのは望ましいことではない。教科内容のずれを、小中高等学校の数学科と理科の教科書から精査して、小中高等学校を接続する一連のカリキュラムを見通して、教科内容のずれを解消する教材開発と実践授業およびそれらの検証は、大きな教育課題である。事実、高等学校物理のソレノイドの電流が作る磁場について、定量的に与えられる公式 $H = nI$ を学習しても H は I に比例していると捉えられない生徒が相当数いるなど、数学科と理科を総合する重要性と必要性は、喫緊の課題である。

ソレノイドの内部の磁場： $H = nI$

H :磁場の強さ, n :単位長あたりの巻数, I :電流

また、特に中学校や高等学校では教科担任制で教科科目の指導を行っていることから、近接教科と考えられる数学科と理科でも、教科の枠を超えて教師が互いの教育内容を理解する環境がない。それぞれの教科指導にあたって、数学科と理科の教員が協働して学習指導案を作成したり教材開発する機会を設けることができれば、教員は互いの教科内容を理解しながら自分の教科の指導に幅広く当たることも可能になる。しかしながら、現状では教科を横断したり総合するような取り組みはほとんど実践されていない。このように、継続的に実践を積み上げていく上では大きな課題である。

国内では、日本科学教育学会の課題研究として、教科等の枠を超えた横断的・総合的な学習として、技術教育と理数教育の連携・協働や、数学科と理科を総合する教育の充実をめざして、学術研究者や実践研究者がそれぞれの研究や取り組みについて発表し、研究成果と課題の蓄積が進んでいる。しかし、数学科と理科を総合する教育の研究成果を、日常的・継続的に活用する授業の普及は十分とは言えない。本研究は、その一助として数学科と理科の教科内容について、ずれがない授業の提案と普及に貢献できると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、数学科と理科の教育内容のずれを解消するために、学術研究者と実践研究者(現職教員)が一体となって教科書の内容分析を行い、数学科と理科を総合する教材開発とその教材を活用した学習指導の実践・検証を行うことである。申請期間内(2015年度~2018年度)で計画した研究項目は、(1)数学科と理科の小中高等学校の教科書の内容分析、(2)数学科と理科を総合する教材開発、(3)数学科と理科を総合する学習指導案の立案、(4)実践授業の実施とその検証、の4つである。

3. 研究の方法

1. で述べた研究開始当初の背景や成果と課題をもとに、本研究は申請者らが数学科と理科の教科書の教育内容のずれを解消し、数学科と理科を総合する教材開発とその教材を活用した学習指導の実践・検証を行う。申請期間内では、2. で示した研究項目を実行した。

(1) 数学科と理科の小中高等学校の教科書の内容分析

申請者らは、数学科と理科の小中高等学校の教科書を、児童生徒が学習内容を的確にとらえられるかどうかの視点に立って、教育内容のずれがある個所を精査する。また、教育内容のずれを解消する記述案を作成する。記述の改善策の作成にあたっては、小中高等学校の一連のカリキュラムを通して、児童生徒の数学科と理科の学習進度を勘案する。これらの検証から得られた知見は、実践授業の授業者となる研究協力者と申請者らが共有する。

(2) 数学科と理科を総合する教材開発

申請者らが、これまでに実施してきた数学科と理科を総合する教材の開発をさらに推進し、

他の学習単元でも教材開発する。学習指導案は、学術研究者と実践研究者との討議を経て、改善を図る。

(3) 数学科と理科を総合する学習指導案の立案

改善学習指導案に沿った実践授業を行う際に、申請者らと実践授業の授業者である研究協力は、事前に十分な打ち合わせを行う。特に、数学科と理科の教科書の教育内容のずれがある学習単元における実践授業では、あらかじめ作成した記述内容を十分に確認し、実践授業で活用する。

(4) 実践授業の実施とその検証

改善学習指導案に沿って、研究協力が実践授業を行う。実践授業では、授業全体を撮影するビデオカメラ(現有設備)や、児童生徒やグループ活動のプロトコルを分析するためのハンズフリービデオカメラ(申請設備)を活用して、児童生徒の発言や反応を可能な限り記録する。数学科と理科を総合する教材の評価では、事前調査と事後調査を活用するとともに、児童生徒のワークシートや授業の振り返りシートを活用する。また、数回にわたる実践授業の場合は、着目すべき児童生徒に対するインタビュー調査も試みて、学習者の思考過程を捉える。また、実践授業後の研究協議では、新たな成果や課題も明らかにする。

4. 研究成果

4年間にわたる本研究を通じて、申請者らは以下の4点の成果を見出すことができた。

(1) 小中高等学校の先生方と申請者らの継続的な勉強会の開催

平成29年1月より校種を超えた数学科と理科の先生方と申請者らが一堂に会する勉強会を、毎月1回開催し続けることができた。この勉強会は、当初は高等学校の数学科と理科の先生を対象として発足した。次期学習指導要領の動向もあり、数学科と理科を総合する学習の必要性がひっ迫していたことによる。平成27年度は、この勉強会の発足に向けた企画・立案を行っていた。現在は徳島県下の小中高等学校の数学科と理科の教員が参加し、2019年5月現在では勉強会の構成教員数は右表のとおりである。

	数学	理科
小学校	2	
中学校	2	1
高等学校	4	4

この勉強会の参加教員には、ご自身が授業担当していない校種や教科・科目の教科書を配布している。勉強会での話題が、ご自身が知らない学習内容になることも多いため、参考図書として教科書を活用してきた。それでもわからない場合は質問しあい、指導内容について理解している教員や申請者らが解説するようにした。この勉強会では、参加者の素朴な質問が教材開発や学習指導案の作成に大きな役割を果たすことも多く、質問しあうことが大切であることを、参加教員は理解してきている。

毎月1回の割合で実施している勉強会であるが、法定研修ではないために、公務を縫っての参加となっている。毎回の勉強会にすべての参加教員がそろわないことが残念であるが、議論した内容は記録を作成して全員に配布し、共有できるようにしてきた。

(2) 勉強会を通して計画した学習指導案の作成と授業の実施

小中高等学校の先生方と申請者らの継続的な勉強会を通じて、校種を超えた数学科と理科を総合する教材開発と学習指導案が作成された。数学科と理科を総合する学習単元としては、この原理と剛体に働く力とベクトル、二次曲線と波の干渉、等速円運動と三角関数、単振り子と関数の極限などがある。作成した学習指導案に沿った授業の実施にあたっては、授業者は勉強会の参加教員が行い、可能な限り他の参加教員も参観するようにした。また、授業の様子はビデオや音声録音機で録画・録音し、授業評価もできるようにした。

(3) 数学科と理科を総合する実践授業に関する学会発表

実践した授業について検討し、授業構想の考え方や授業での児童生徒の反応の実際を、日本科学教育学会やCERME11(Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education)などの国際学会で発表した。また、発表を通していただいた貴重な意見や考えを、論文化するための課題とした。

(4) 数学科と理科を総合する研究の論文化

学会発表を受けて、研究成果を論文化して広く公表することをめざし、鳴門教育大学の研究紀要のほか、日本科学教育学会誌、数学教育学会誌に論文が掲載された。このほかに、プロシーディングも掲載される予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7件)

金児正史, 矢田 耕資, 西條 武志, 笠江 由美, 吉田 晃弘, 安原 誠, 二次曲線の定義を重視する指導の一方策 ~ 放物線の定義と標準形の理解を深める学習 ~ , 鳴門教育大学授業実践研究, 査読無, vol.18, 2019, 印刷中 pp. - .

金児正史, 小島敦, 池田誠喜, 学校種を超えた教科・科目を総合する教材研究, 鳴門教育大学学校教育研究紀要, 査読無, vol.33, 2019, pp.43-49.

金児正史, 長尾真紀, 松岡隆, 松崎和孝, オイラーの多面体定理に関する発展的指導のための基礎的研究 - 頂点, 辺, 面の本質的な定義を意識した指導 -, 数学教育学会誌, 査読有, vol59, No.3/4, 2019, pp.1-15.

安原誠, 金児正史, 理科と数学科のつながりを意識した学習指導事例の分析とそれぞれを総合する必要性の考察, 鳴門教育大学授業実践研究, 査読無, vol.17, 2018, pp.165-173.
長尾真紀, 金児正史, 不定方程式から派生した不等式を活用した正多面体の考察-生徒が主体的に活動する学習の事例研究, 鳴門教育大学授業実践研究, 査読無, vol.17, 2018, pp.153-163.
金児正史, 安原誠, 矢田耕資, 吉田晃弘, 笠江由美, 西條武志, 理科と数学科を総合する学習指導の事例分析と考察, 鳴門教育大学授業実践研究, 査読無, vol.17, 2018, pp.137-144.
佐伯昭彦, 金児正史, 齋藤大輔, サイエンス・コミュニケーション活動を取り入れたアクティブラーニング型授業の事例研究 - 数学と美術を横断する指導における大学院生の意識変容 -, 科学教育研究, 査読有, vol.40, No.1, 2016, pp.46-62.

〔学会発表〕(計 11件)

KANEKO Masafumi, SAEKI Akihiko, KAWAKAMI Takashi, Creating contact points between empirical modelling and theoretical modelling in teacher education: The case of pendulum problem, CERME11(Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education),2019.
KAWAKAMI Takashi, SAEKI Akihiko, KANEKO Masafumi, Secondary Teachers Constructing Perspectives on Developing Mathematical Modelling Problems: Use of a Modelling Diagram For 'KYOZAIKENKYU', ICMI-EARCOME8, 2018.
米田重和, 川上貴, 佐伯昭彦, 金児正史, 山口高志, 中学校数学における「歩く」事象をもとにした「速さ」の概念の深化・拡充; 微分につながる解法に焦点をあてて, 日本科学教育学会第42回年会, 2018.
金児正史, 物理の教科書を数学的に読み取る学習の考察; 単振り子の等時性を示す公式の考察, 日本科学教育学会第42回年会, 2018.
長尾真紀, 金児正史, 松岡隆, 松崎和孝, 数学Aのオイラーの多面体定理に関する発展的指導とその指導課題, 数学教育学会 夏期研究会(関西エリア), 2017.
KOMEDA Kazushige, KAWAKAMI Takashi, KANEKO Masafumi, Deeping and expanding mathematical models of speed in relation to 'walking': the case of year 8 students, The International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications ; ICTMA, 2017.
KANEKO Masafumi, SAEKI Akihiko, A case study of pre-service teacher education for interdisciplinary modelling activities with mathematics: mathematical modelling and applications connecting with paintings, The International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications ; ICTMA, 2017.
川上貴, 佐伯昭彦, 金児正史, 数学的モデリングの指導に関わる教師教育のための教材開発 - 数学的モデリング指導の初心者を対象に -, 日本科学教育学会第41回年会, 2017.
金児正史, 数学の学習内容を加味する物理と物理の学習内容を加味する数学の授業 - 三角関数の指導と等速円運動の学習を意識した数学と物理の指導実践 -, 日本科学教育学会第41回年会, 2017.
金児正史, 数学の学習内容を意識して指導する物理基礎の事例研究: 三角比やベクトルの指導を組み込んだ物体にはたらく力のつりあいの学習, 日本科学教育学会第40回年会, 2016.
KANEKO Masafumi, SAEKI Akihiko, SAITO Daisuke, The analysis of Students' Notion Invented by Prescriptive Modelling in Preservice Teacher Education: Reading Background of Paintings with Mathematics, ICME13(International Congress of Mathematics Education 13), 2016.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:

種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：土田 理

ローマ字氏名：TUCHIDA Satoshi

所属研究機関名：鹿児島大学

部局名：学術研究院法文教育学域教育学系

職名：教授

研究者番号(8桁): 10217325

研究分担者氏名：佐伯 昭彦

ローマ字氏名：SAEKI Akihiko

所属研究機関名：鳴門教育大学

部局名：大学院学校教育研究科

職名：教授

研究者番号(8桁): 60167418

(2)研究協力者

なし

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、研究者個人に帰属されます。