

平成 30 年 6 月 3 日現在

機関番号：14302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00916

研究課題名(和文) 中高生の問題解決能力を育てる数学的モデリング教材集の作成と普及に関する研究

研究課題名(英文) A study on making and spread of collections of mathematical modelling teaching materials in secondary education.

研究代表者

柳本 哲 (Yanagimoto, Akira)

京都教育大学・教育学部・教授

研究者番号：90441401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：学校教育現場、特に中等教育に適した数学的モデリング教材の調査開発を行った。学校現場の教員が指導しやすい入門教材としてワークシート教材を作成し、関西編と関東編に分け、web上のHPへの掲載、ブックレット冊子の作製を行った。関西編と関東編のブックレット冊子『数学的モデリングの入門教材-関西編』(柳本哲編著)、『数学的モデリング入門教材-関東編』(西村圭一、松崎昭雄編著)は、全国の主要な教育センターへ配布し、数学的モデリング教材の普及の一助となるようにした。教材は「砂漠化で私たちの食卓が危ない」「放射線量はどれくらい」「ロボットの動作を特定しよう」「90°システム広告をつくらう」等である。

研究成果の概要(英文)：We made the two booklets, Kansai edition and Kanto edition, which consisted of introduction work-sheet teaching materials for general school lessons from the mathematical modeling teaching materials which we investigated and developed. Some of them were on our website. And we made 400 copies of each booklets of the work-sheets and distributed to the main education centers in Japan. There are 30 examples, "Our dining table is dangerous by desertification", "How necessary is the contaminated water storage tank?", "How much is the premium of the bicycle accident insurance?", "How does it turn out if we make a pension a tax method?", "How long is the runway of the airport?", "To win the hampionship at bobsled", "Can you take a photograph of the whole Cinderella Castle with a smartphone?", "Let's think about a new education policy", "Let's make up a 90 degrees system advertisement", "Let's identify the operation of the robot", "Let's decide the order of the chorus contest", and so on.

研究分野：数学教育学

キーワード：数学的モデリング教材 数学活用 課題学習 数学の実用性

1. 研究開始当初の背景

新学習指導要領で数学的活動が重視され、数学の活用場面を取り扱う重要性が指摘されている。その中でも、数学を現実の問題解決に使う数学的モデリングの学習活動は、将来のための様々な問題解決能力を養うという意味で、今後の高度情報化社会を力強く逞しく生きる人間の育成へ緊密に繋がっていくものである。

このような学習活動の提案は、1970年代からの島田茂らによるオープンエンドアプローチや、三輪辰郎による数学的モデル化、古藤怜による Do Math、最近では、長崎栄三『算数・数学と社会・文化のつながり』、池田敏和「数学的活動を再考する」などに見ることができる。

我々が行ってきた研究成果には、柳本哲『数学的モデリング-本当に役立つ数学の力-』(明治図書,2011)、M.Stephens・柳本『総合学習に生きる数学教育』(明治図書,2001)、西村圭一『数学的モデル化を遂行する力を育成する教材開発とその実践に関する研究』(東洋館出版社,2012)等の著書がある。その中では、運動体を距離センサーで測定し自然現象を数学化することや、クロマグロやバンドウイルカの絶滅問題、年金問題などの社会事象、自動車の死角、東京の夏のヒートアイランド現象等々を数学化して分析する学習教材について、授業実践した結果を紹介している。

これらの学習教材は、生徒の学習意欲を高めることに繋がるとともに、数学が架空の無意味な存在であると捉えている生徒の認識を変容させることにより、生徒たちが理数離れを起こしている現状を打開する意味を持っている。これらを学校教育現場に普及していくことが急務である。

一方、この分野における国際会議 ICTMA が2年ごとに開催されており、この国際会議に参加することによって、数学的モデリングの教育についての国際的な潮流に遅れないよう努めることも重要である。我々(柳本、河崎、松寄)は ICTMA に何度も参加し、発表も行い、実績を積んできた。海外では、中高生向けの教科書やブックレットで、数学的モデリングの教材が多面的に提供されており、研究会等でも教育研究者や現場教員等の間で活発に議論されている。

日本の現状を見ると、数学オリンピックや数学検定のようなプログラムは普及しているものの、数学を現実問題の解決に使う活動、つまり数学的モデリングを主テーマとした教材の扱いはまだまだ少ない。

2. 研究の目的

これまで中等学校を中心に行ってきた数学的モデリングの教材開発をさらに進め、教育現場での実践を拡げていくため、数学的モデリングの教材集ブックレットを作成し普及することを研究目的とする。

ブックレットは、コピー印刷してそのまま

授業で使える生徒用ワークシートと、教師用の指導ガイドから構成され、数学的モデリングによる問題解決力を育成する教材集とする。大学HP等で公開し、全国の中高生の科学的分析思考力と問題解決能力の向上に寄与する。

3. 研究の方法

国内外の調査を通して、研究分担者と研究協力者で議論し、数学的モデリングの教材集に相応しい教材作りを進める。そして、生徒用のブックレットと教師用の指導ガイドを作成し、全国へ普及させる。

〔1年目〕国内外の中高生を対象とした数学的モデリングの教材を集めて検討・吟味する。

〔2年目〕生徒向けワークシートを作成し、広く公開する。

〔3年目〕学校教員の指導の手助けとなるように、教師用指導ガイドを作成し普及させる。さらに Web 上から授業用ワークシートをダウンロードできるようにする。

4. 研究成果

(1) 数学的モデリング教材の調査

まず、国内で開発してきた数学的モデリング教材を集め、広く日本の中高生を対象として教材化する場合の問題点や適性について考察した。特に、前述の柳本哲『数学的モデリング』、M.Stephens/柳本哲『総合学習に生きる数学教育』、西村圭一『数学的モデル化を遂行する力を育成する教材開発とその実践に関する研究』等の書籍にはすでに有効な教材があることを確認し、どのような教材が一般的な学校で広く教材として取り扱いやすいのかを検討した。

次に、海外で使われている数学的モデリング教材を集め、それらが日本の中高生を対象として教材化できるかどうかを検討した。オーストラリアの教科書 Heinemann Outcomes シリーズや Math World シリーズ、アメリカの教科書 Algebra 1(Common Core Edition)、Peter Galbraith “Macmillan Senior Mathematical Modelling and Application” 等の中には有効な教材があることも確認でき、一般的なワークシートとして教材化できそうかどうかの検討を行った。

そして、英国・ノッティンガム大学で開催された国際会議 ICTMA17 に参加し、柳本・吉村が「中高生対象の数学的モデリング・チャレンジ」、吉村・柳本が「日本の年平均気温の上昇と出生数の減少」、松寄・他が「モデリングワークショップとグラフ電卓使用」について発表し、西村が「日本での数学教育の改造」について講演を行った。合わせて、海外の研究者による諸発表講演からこの分野の国際的な研究状況を把握した。

関西グループは、柳本と河崎が中心となり、数学的モデリング教材集のブックレットに取り上げる教材についての検討を随時進めて行った。

関東グループは、西村と松寄が中心となり、同様の作業を行った。

(2) ワークシート教材化

まず、これまでに収集したり開発したりしてきた数学的モデリングの教材について、一般的な日本の中高生を対象としたワークシート教材として適切かどうかの検討を行った。そして、どのようなワークシートのデザインがよいのか、また、どんな形式のワークシートが学校現場の教員にとって使いやすいのかを分析した。特に、日本の生徒は、数学の問題解きでは1つの答えを求めるクローズドエンドに慣れているが、多様な思考を求められるオープンエンドの現実問題場面には慣れていないことから、数学的モデリングの入門期に学ぶワークシート教材としては、オープン性を少しずつ取り入れていくことが有効であると考えた。

また、吉村・柳本はドイツ・ハンブルグで開催された国際会議 ICME13 に参加して「日本の数学的モデリングに向けたオープンエンド文章題の開発」について講演を行い、西村は英国 Loughborough 大学で開催された BSRLM Conference にて「日本の高等学校の授業研究－問題解決アプローチに焦点をあてて－」について講演を行った。そして、それぞれ世界の研究者との情報交換を行った。

(3) 入門教材集のブックレット作成

調査開発した数学的モデリング教材の中から、学校現場向けのワークシート入門教材を作成し（一部は Web 上で公開）、そのワークシート及び模範解答付をブックレットにした関西編と関東編の入門教材集を各 400 部作成し、全国の主要な教育センター等へ配布した。

関西編で取り上げた話題は、「砂漠化で私たちの食卓が危ない!？」(小6, 中1, 中2), 「汚染水貯蔵タンクはどれだけ必要なか」(中1), 「自転車(傷害)保険の保険料はいくらか」(中1), 「ポップコーンに必要なトリスは何本だろうか」(中1), 「どちらのガソリンスタンドで給油するか」(中1, 中2), 「男子マラソンの世界記録はいつ2時間を切るか」(中2), 「年金を税方式にしたらどうなるか」(中2), 「太陽光パネル発電で電気代は安くなるのか」(中2), 「アルコールを飲んでから何時間たてば運転可能か」(中3), 「空港の滑走路の長さはどれくらい?」(中3), 「ボブスレーで優勝するには」(高1), 「スマホでシンデレラ城全体を写せるだろうか」(高1), 「放射線量はどれくらい?」(高2)の16事例となっている。

関東編で取り上げた話題は、「いくらくらい集まるかな」(中1), 「ハンドボール大会の計画を立てよう」(中1), 「新たな教育政策を考えよう」(中1), 「90°システム広告をつくろう!基礎編」(中1), 「飛行機の速さはどのくらい?」(中2), 「もっとスピー

ドが出ていたら…」(中3), 「合唱コンテストの順位を決めよう」(中3), 「文学作品を数学の眼で見よう」(中3), 「ロボットの動作を特定しよう!」(中3), 「BIG4のなかのNo.1は?」(高1), 「子どもの貧困に見える化するには?」(高1), 「パトロールのルートを決めよう」(高1), 「90°システム広告をつくろう!応用編」(高2), 「漫画のスリーポイントシュートは現実で起こるか?」(高2)の14事例となっている。

ブックレットでは、はじめに数学的モデリングについての一般的な解説と日本の新学習指導要領数学科解説(2017)との関わりについて取り上げている。新学習指導要領では、【現実の世界】と【数学の世界】を含む学習過程として、日常生活や社会の事象を数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決し、解決過程を振り返り得られた結果の意味を考察する過程が示されている。日常の事象や社会の事象を数理的に捉える過程は、数学的モデル化に当たり、そのようにして問題解に取り組むことは数学的モデリングを行っていることになる。

数学的モデリングの一般的な入門教材としてのワークシートを作成するにあたって、そのデザインは、原則として次のようにすることにした。

ワークシート(1)

0 問題 現実問題場面の提示

1 (条件整理) 必要な仮定などの考察

ワークシート(2)

2 (解決)問題A 現実モデルと解決

3 (ふりかえり) 解決の検証

ワークシート(3)

4 (解決)問題B 現実モデルと解決

5 (ふりかえり) 検証と残された課題

ワークシートは1枚ずつ配布し、考察や検証を行った後、その典型的な帰結として、次のワークシートへと学習を進めて行くように設計されている。これは、ここに紹介している教材ワークシートが数学的モデリングに慣れていない普通の児童生徒を対象とした入門教材と位置づけているからである。

(4) 考察と今後の課題

〈考察〉数学的モデリング教材を一般の学校で広く取り扱うには、身近で使いやすい教材が豊富に用意されていることと、そのための指導時間数の確保が必要である。本研究では、入門教材集を学校現場に提供し、数学的モデリング教材を普及することが目的であり、そのことは一定程度達成できたのではないかと考えられるが、十分に学校現場に普及するまでには至っていない。また、その指導時間数が学校現場で補償されているかということ、現状のカリキュラムと指導時間数ではなかなか難しい状況にあるといえる。

〈今後の課題〉日本では、教科書の教材が日々の学習の中では定着しているが、習熟のための問題集を除き、その他のブックレット等の副教材まで取り扱われることはまれである。これは、先に述べた指導時間数不足とともに指導内容が受験数学に偏重していることにも起因している。

日本の生徒が真に現実問題を解決するために数学を活用できるようにするためには、教員や生徒が数学的モデリングについての基礎的知識を持つようにすることが重要である。そのために適切な教材を示すとともに、学校現場の教員による研修と活発な議論が今後の課題といえるだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- ① 岡本英通, 森田勝也, 河崎哲嗣, フェルミ推定を活用した数学的モデリングの基礎研究～小学校高年の児童を対象とした教育実験からの一考察～, 近畿数学教育学会学会誌第31号, 2018, pp.1-14
- ② Tsukahara Kosuke, Matsuzaki Akio, A study of evaluation for modelling on the premise of using ICTs: Focus on functions of LEGO®MINDSTORMS®EV3 and graphing calculator, International Journal of Research on Mathematics and Science Education, 査読有, 2017, pp.11-18
- ③ 柳本哲, Studies to Implement Practical Mathematics in Japan, 数学教育学会誌, Vol.57/No.3・4, 査読有, 2016, pp.169-175
- ④ 稲葉芳成, 河崎哲嗣, 黄瀬正敏, 柳本哲, 高等学校における数学的モデリングに関する実践事例－モデリング・チャレンジプログラムの記録－, 科学教育研究, Vol.40 No.2, 査読有, 2016, pp.186-197
- ⑤ 後藤 貴裕, 西村 圭一, 高等学校情報科において乱数シミュレーションによるモデル化を通じた数理科学的意思決定能力の育成を図る授業実践の事例研究, 科学教育研究, Vol.40 No.2, 査読有, 2016, pp.198-208
- ⑥ 西村圭一, イギリスの後期中等教育段階の数学に関する改革について, 数学教育98巻7号, 2016, pp.20-23

〔学会発表〕(計8件)

- ① 西村圭一, 次世代のための算数数学科の授業づくり, 第7回科学技術教育フォーラム, 2018.3.24, 電気通信大学
- ② 山崎孝啓, 柳本哲, 数学的な探究を評価

するルーブリックの在り方について, 数学教育学会, 2018.3.21, 東京大学

- ③ 松寄昭雄, 小・中・高等学校を見通したプログラミング指導とモデリングーICT利用を前提とするモデリングの記述に焦点をあててー, 日本科学教育学会, 2017.8.31, サポート高松
- ④ 柳本哲, 算数・数学教育におけるアクティブラーニング再考ー中高の意義ある教育実践を考えるー, 数学教育学会, 2017.6.18, 関西学院大学
- ⑤ 塚原康介, 松寄昭雄, プログラミングを取り入れたモデリング授業の実践報告, 日本科学教育学会, 2017.4.15, 埼玉大学
- ⑥ 吉村昇, 柳本哲, Open-Ended Word Problems toward Mathematical Modelling in Japan, ICME13, 2016.7.29, ハンブルグ大学
- ⑦ 西村圭一, Lesson Study at the upper secondary level in Japan: Focus on the 'Problem Solving Approach', BSRLM Conference, 2016.6.11, 英国 Loughborough 大学
- ⑧ 山崎孝啓, 北尾順子, 岡本勇輝, 柳本哲, 高等学校における数学的モデリングの実践事例ーSGHの取組についてー, 数学教育学会, 2016.3.18, 筑波大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳本 哲 (YANAGIMOTO, Akira)
京都教育大学・教育学部・教授
研究者番号: 90441401

(2) 研究分担者

河崎 哲嗣 (KAWASAKI, Tetsushi)
岐阜大学・教育学部・准教授
研究者番号: 00582488

(3) 研究分担者

松寄 昭雄 (MATSUZAKI, Akio)
埼玉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 10533292

(4) 研究分担者

西村 圭一 (NISHIMURA, Keiichi)
東京学芸大学・教育学部・教授
研究者番号: 30549358