

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：14302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501050

研究課題名(和文) 中高生の科学的分析思考力を育てる数学的モデリングチャレンジプログラムの開発実施

研究課題名(英文) The development enforcement of the mathematical modeling challenge program to bring up a scientific analysis intellectual power of the secondary school students

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) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：日本で初めての中高生を対象とした数学的モデリング・チャレンジのプログラムを京都で開催し、その教育的効果を検証するとともに、実施上の問題点について考察した。1回目は2013年2月に中学3年生8名が、2回目は2014年2月に高校1年生21名が、3回目は2015年2月に中高生33名が、それぞれ参加し、ボブスレー問題や電力会社収支問題などの現実問題に数学を使って挑戦した。その結果、参加した生徒は数学の有用性を再認識するとともに数学を使った問題解決に挑む楽しさを感じ取っていた。そして、このプログラム実施によって、周辺の数学科教員に数学的モデリング教材についてより明確に認知してもらうことにも繋がった。

研究成果の概要(英文)：We held the program of the mathematical modeling challenge for 9th and 10th grade students in Kyoto. And we inspected the educational effect and considered problems in the enforcement of the program. The participants in this program were eight students in 2013, twenty one students in 2014, and thirty three students in 2015. They worked on a problem of the mathematical modeling in relation to the issue of bobsleigh, electric power company income and expenditure, and so on. As a result, the students who participated realized usefulness of the mathematics again, and enjoyed to solve the real problems using mathematics. And through these programs we made the mathematical modeling teaching materials available to school mathematics teachers.

研究分野：数学教育

キーワード：数学的モデリングチャレンジ 数学活用 自由参加型イベント

### 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。

しかしながら、数学的モデリングの教材は、日本の教科書では明示されておらず、学習指導要領においてもその位置づけが明確にされていない(必修カリキュラムの問題)。

一方、海外では、生徒が数学を使って現実の問題解決に取り組むチャレンジプログラムが、様々な形で実施されている。たとえば、米国の HiMCM(High School Mathematical Contest in Modeling)、ドイツ・ハンブルグ大学やオーストラリア・A.B.Paterson College の数学的モデリング・チャレンジ、オランダの A-lympiad などがある。これらのプログラムでは、多くの中高生が自由参加し、数学的モデリングの問題解決に挑んでおり、中等学校を中心としたこの種の問題解決型の学習活動が、子どもの生きる力と科学的分析思考力を養う上で重要な役割を果たしていることが窺える。日本では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プログラムはまだ見当たらない(自由参加型プログラムの問題)。

### 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、土日祝日等の休日を利用して、生徒希望者が数学的モデリングの問題解決に自由参加するチャレンジプログラムの開発を行い、実施することを研究目的とする。

これは、既存の授業時間(50分)の制約を受けず、長時間の問題解決活動を行うことができるとともに、その成果を参加生徒の帰属学校に持ち帰ること、および学会等での実施プログラムの公開等により、日本全体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ものである。

### 3. 研究の方法

国内外の調査を通して、数学的モデリングの教材開発をさらに進める。そして、京都を会場とした数学的モデリング・チャレンジプログラムを、次のように段階的に実施する。

- 1年目…中学生を対象に京都で実施(電卓、グラフ電卓、距離センサー使用)
- 2年目…高校生を対象に実施(グラフ電卓、距離センサー使用)
- 3年目…中高生を対象とした「数学的モデリング・チャレンジ・プログラム in 京都」

を実施し、この種のプログラムの日本における先駆けとする。

### 4. 研究成果

#### (1) 第1回 2013年の実施

1回目の実施は、中学3年生を対象に行われた。案内したのは、近隣の中高一貫校及び附属中学校の進路決定者である3年生が居るいくつかの中学校である。その結果、2つの中学校からの計11人の生徒が参加した。3人がチームとなり、社会的問題コースと理学的問題コースに分かれて、昼休みをはさんで約6時間のプログラムに挑んだ。

社会的問題Aコースでは、数学的モデリングによる問題解決に慣れることを目的に、午前は、まず電力についての基本的知識の確認と、ある家庭に太陽光パネルを設置した場合のコスト比較を関数で行う問題を扱った。そして、午後は、関西のある電力会社の年間収支について、いくつかの要因を変数として関数的に考察する問題に取り組ませた。収入の条件を変えた場合、支出の条件を変えた場合、それら両方の条件を変えた場合について検討させた。

理学的問題Bコースでは、まず午前は、台車実験Aとして、斜面を台車がふつうに転がるときの二次関数近似を扱った。斜面を台車が転がる時、その時間(x秒)と距離(y m)の関係を調べてみようという問いかけで、普通にグラフ電卓、データアナライザー、距離センサーを用いた実験を行った。次に午後は、台車実験Bとして、1辺25cm正方形厚紙の垂直な帆をつけた台車が斜面を転がる時に、その時間(x秒)と距離(y m)の関係を調べてみようという問いかけで、午前と同様にグラフ電卓、データアナライザー、距離センサーを用いた実験を行った。関数を2つの区間に分け、前半を2次関数、後半を一次関数に近似したモデル化を想定していたが、参加した生徒たちはそのような経験が不足していて難しい状況となった。

#### (2) 第2回 2014年の実施

2回目の実施は高校1年生を対象に行われた。参加したのは、近隣4高校からの計21人の生徒である。3人がチームとなり、社会的問題コースと理学的問題コースに分かれて、昼休みをはさんで約6時間のプログラムに挑んだ。

社会的問題Aコースでは、京都府の36行政市区有権者数一覧表と地図を配布し、「京都府の各行政市・町・区を6つのグループ(選挙区)に分けるとします。各グループの有権者数の差がなるべく小さくなるように分けてください。」という問題に挑戦した。前半は、市・町・区は隣接している必要はないという条件、後半は、グループ内の市・町・区は隣接してひとつかたまりであるようにという条件を設定した。

理学的問題Bコースでは、前半は、斜面の

台車実験で初速度を与えたときの時間と距離の関係を実験から考察し、後半は、「2人乗りボブスレーで、シュンさんチームは、スタート位置から100m地点を8.42秒で通過しました。このコースの勾配は、7.2%~8.7%となっています。(1) ゴールの1450m地点は、何秒で通過すると予想されますか。(2) (1)で求めた予想タイムを0.16秒縮められたら、シュンさんチームはメダルがとれます。初速度をどれくらい伸ばせばよいのでしょうか。」という問題に挑戦した。

参加者からは「数学的に現在の問題を考えていくことの大切さが少し分かった」「みんなで考えていくというのも楽しいことだ」「学校の授業では体験できないものでした」「今回、銀賞をもらえてすごく嬉しかったので、もっと数学を好きになっていきたいと思った」等の感想があり、このプログラムは好意的に受けとめられていた。

### (3) 第3回 2015年の実施

3回目の実施は中学2年生と高校1年生が対象となった。参加したのは、近隣の3つの中学校から18人、5つの高校から15人の計33人の生徒である。原則3人がチームとなり、中学生Jコースと高校生Hコースに分かれて、昼休みをはさんで約6時間のプログラムに挑んだ。

中学2年生Jコースでは、データ解析・予測を扱った。午前は、京都市の年最高気温のデータから様々な一次関数近似を行い、2050年や2100年の年最高気温を推測する内容を扱い、グラフ電卓の使用方法も理解させた。午後には、日本の子どもの出生数データから、2020年や2050年の子どもの出生数を予測する問題解決に挑ませた。

高校1年生Hコースでは、最密充填問題を取り上げ、スーパーの買物用プラスチックバッグに「みかん」のような球体の商品がどれだけ入るのかという問題場面を扱った。午前は、1辺が10cmの正方形に直径1cmの円がどれくらい重なり合うことなく敷き詰められるのか、内寸が15cmの立方体アクリルケースには直径は3cmのスチロールボールがどのくらい入るのか、という問題を考えさせた。午後は、25cm×34cmサイズのビニル袋に、同じスチロールボールがいくつ入るのかという問題に挑戦した。

参加者からは「数学をどのようにして生活に活かせばいいのかが分かったような気がした」「自分の社会について考えていかないといけないのかなと思った」「数学にこのような面があるのだなと思った」「今日の経験で数学が日常生活に活かそうだなと思った」等の感想があり、このプログラムの趣旨は生徒たちに伝わったようである。

### (4) 考察と今後の課題

〈参加者数と参加理由〉この3年間の数学的モデリング・チャレンジに京都に参加した人

数は、8人、21人、33人と増えてきている。対象学年が異なったり、募集の仕方が違っていたりということもあるが、回を重ねるごとに数学的モデリングが学校現場に少しずつ認知され、参加者が増えてきたものと考えられる。参加理由は、案内の内容に興味を持ったからが約4割、友人に誘われたからが約4割、先生にすすめられたからが約2割となっていた。

〈参加満足度〉今回のチャレンジに参加してよかったと思うかどうかについては、たいへんよかったが約8割、少しよかったが約2割となっており、ほとんどの参加生徒が満足していたといえる。

〈内容への興味関心〉課題について興味関心を持ったかどうかは、たいへん持ったが約7割、少し持ったが約3割となっており、各回の話題によって多少の差があるものの、全体的に参加者の興味関心を引くものになっていたことが分かる。

〈数学の有用性〉現実の問題を考えるのに数学が役立つかどうかについては、たいへん役立つと思うが事前の約5割から事後の約6割に約1割増え、少し役立つと思うが事前の約4割から事後の約3割へと約1割減る結果となっている。あまり役立つと思わないが事前事後ともに約0.5割であった。したがって、今回のモデリングチャレンジを通して、数学の有用性に対する生徒の認識は少し好ましい方向に変容したといえる。

〈プログラム実施〉我々がこの3年間取り組んだモデリング・チャレンジ京都のプログラムは、科研の助成を受けていたものの、実施組織としては個人研究の域を出ず、京都教育大学を拠点に個人的な繋がりで行われたものである。先に示した海外の事例と比較すると、A. B. Paterson College MMチャレンジに近い取り組みとなっているが、参加者数や指導教員の数など、まだまだ及ばない状況といえる。

〈今後の課題〉日本では、自由参加型の数学的モデリングチャレンジを企画実施しても、その知名度が低く、1大学1研究室の取り組みだけでは多くの生徒を集めることが難しかったといえる。京都の地域プログラムとしてこのイベントを継続的に実施して行くとしても、地域の数学教育関連団体等の組織的な支援が必要であろう。全国のいくつかの拠点地域で数学的モデリングチャレンジが運営されることが理想的である。プログラムの目的は、中間層に対する体験型のものと、上位層に対する挑戦的コンテスト形式のもの2種類が考えられる。いずれにしても、数学の必修カリキュラムの中に数学的モデリングの基本的内容を取り入れ、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。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- ① Akira Yanagimoto, Tetsushi Kawasaki, Noboru Yoshimura, Mathematical Modelling Challenge Program for J.H.S. Students in Japan, Mathematical Modelling in Education Research and Practice, 査読有, Springer, 2015
- ② 宮川敏之, 深尾武史, 谷口和成, 渡邊伸樹, 柳本哲, 数学的モデリングにおける理学的問題の可能性—中学生対象の台車実験を通じた学習—, 数学教育学会誌, 査読有, Vol. 55/No1・2, 2014, pp. 11~20,
- ③ 谷角裕之, 柳本哲, 中学校数学における授業改善—現実社会と数学とのつながりを実感させる—, 数学教育学会誌, 査読有, Vol. 54/No3・4, 2014, pp. 99~106
- ④ Ikeda, Toshikazu, Mathematical Modelling in Japan, Mathematical modelling from Theory to Practice, 査読有, 2014, pp. 83-96
- ⑤ Ikeda, Toshikazu, Applying PISA Ideas to Classroom Teaching of Mathematical Modelling, Assessing Mathematical Literacy, 査読有, 2014, pp. 221-238
- ⑥ 柳本哲, 宮川敏之, 数学的モデリングにおける条件設定と検証—太陽光パネルによる家庭発電問題から—, 数学教育学会誌, 査読有, Vol. 53/No1・2, 2013, pp. 15~23

[学会発表] (計6件)

- ① 村井翔馬, 柳本哲, 数学的モデリングの位置づけに関する研究—海外のカリキュラムや教科書等から—, 数学教育学会, 2015. 3. 22, 明治大学
- ② 柳本哲, 吉村昇, 数学的モデリングチャレンジについての考察—理学的問題コースの実施結果を通して—, 数学教育学会, 2014. 9. 27, 広島大学
- ③ 黄瀬正敏, 河崎哲嗣, 柳本哲, 稲葉芳成, 選挙区割の数学的モデリングチャレンジ—社会的問題のモデリングの一例として—, 数学教育学会, 2014. 9. 27, 広島大学
- ④ 柳本哲, 吉村昇, ボブスレーの数学的モデリングチャレンジ—高校1年生を対象にして—, 数学教育学会, 2014. 3. 17, 学習院大学
- ⑤ 宮川敏之, 深尾武史, 谷口和成, 渡邊伸樹, 柳本哲, 数学的モデリングにおける理学的問題の可能性—中学生対象の台車実験を通じた学習—, 数学教育学会,

2013. 9. 24, 愛媛大学

- ⑥ 吉村昇, 荊木聡, 柳本哲, 社会的問題を扱う数学的モデリング—教材開発と生徒の認識変容—, 数学教育学会, 2013. 9. 24, 愛媛大学

## 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

渡邊 伸樹 (WATANABE, Nobuki)  
関西学院大学・教育学部・教授  
研究者番号: 10362584

### (3) 研究分担者

大竹 博巳 (OTAKE, Hiromi)  
京都教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 70168970

### (4) 研究分担者

深尾 武史 (FUKAO, Takeshi)  
京都教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 00390469

### (5) 研究分担者

谷口 和成 (TANIGUCHI, Kazunari)  
京都教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 90319377

### (6) 研究分担者

安藤 茂樹 (ANDO, Shigeki)  
京都教育大学・その他の部局等・その他  
研究者番号: 40273817

### (7) 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

### (8) 研究分担者

佐伯 昭彦 (SAEKI, Akihiko)  
鳴門教育大学・その他の研究科・准教授  
研究者番号: 60167418

### (9) 研究分担者

池田 敏和 (IKEDA, Toshikazu)  
横浜国立大学・教育人間科学部・教授  
研究者番号: 70212777

### (10) 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