

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17530654
 研究課題名（和文）中学校数学科・理科・技術科の統合的な学習領域『モデリング』のキュラム開発
 研究課題名（英文）Curriculum Development of Modeling in Secondary School Mathematics, Science and Technology
 研究代表者
 鈴木 次雄（SUZUKI TSUGIO）
 信州大学・教育学部・准教授
 研究者番号：90020627

研究成果の概要：

本研究は、中学校の理系教科（数学科，理科，技術科）において，子どもが身の回りの事象を科学的な視点からとらえて考察する活動（以下，「モデリング」）できるようになるために，各教科におけるモデリングの特性に基づいて，理系教科で共通なモデリングの考えを定め，その考えに基づいて身の回りの事象のモデリングを軸とする教材を開発し，モデリングの能力を評価するための視点を特定した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	1,100,000	0	1,100,000
2006年度	700,000	0	700,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,500,000	510,000	4,010,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：教育学・科教育学

キーワード：モデリング，カリキュラム開発，数学科，理科，技術科，中学校

1. 研究開始当初の背景

現在，中学校では，数学科，理科，技術科が独立した教科として存在し，それぞれの教科において，身の回りの現象をモデル化して考察する内容が扱われている。しかし，各教科の間において，身の回りの現象をモデル化すること（以下，「モデリング」）の概念は必ずしも整合しているわけではなく，教科の間における「モデリング」の概念の違いが，子どもの学習に悪影響をもたらしていることが懸念される。一方，科学・技術の発展によって「モデリング」の概念とその活用が不可欠であるのは間違いない。それゆえ，数学科・理科・技術科を統合した視点から，「モ

デリング」の概念形成と，この概念の活用能力の育成を意図したカリキュラムの開発が必要である。

従来の研究において，「モデリング」は理系教科（数学科，理科，技術科）のなかで主に学習の方法知として扱われてきた。そのため，それぞれの教科における「モデリング」の概念や活用の仕方には大きな差異があり，学習者にとって理系教科の間で学びの連続性を欠くものになっている。そこで，本研究では，「モデリング」を学習の方法知から内容知に格上げし，科学・技術の進歩や発展に寄与する「モデリング」の概念や活用能力の形成に寄与することが意図されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、中学校において、数学科・理科・技術科を統合した新しい学習領域『モデリング』のカリキュラムを開発することである。

3. 研究の方法

前述の目的を達成するために次の3つの考察を行った。

(1) 理系教科における「モデリング」の概念枠組みに関する考察

この考察は、科学及び科学教育における「モデリング」の先行研究に基づいて主に理論的に進められ、理系教科における「モデリング」の概念を規定すること、そして、「モデリング」プロセスを学習活動に適したものとして分化することが行われた。

(2) 理系教科における学習領域「モデリング」のカリキュラム開発に関する考察

この考察は、カリキュラム開発の準備として、既に教科縦断的に「モデリング」の概念やプロセスが含まれている統計領域の海外の教科書を分析すること、そして、理系教科で扱われる現象の「モデリング」に関する教材を開発することが行われた。

(3) 理系教科における「モデリング」の評価に関する考察

この考察は、国立教育政策研究所による「全国学力・学習状況調査」のうち、「モデリング」に関する問題及び子どもの回答状況に基づいて、「モデリング」の評価に必要な視点を特定することが行われた。

4. 研究成果

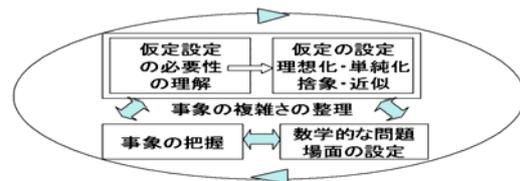
(1) 「モデリング」の概念枠組みに関する成果

数学科・理科・技術科における「モデリング」の概念に関する先行研究を収集・整理した結果、それぞれの教科に「モデリング」の概念が内在しており、“現実を映す鏡”という意味で共通な側面と同時に、現実に対する相対性（数学科）、説明可能性（理科）、実用性（技術科）など、教科の特殊性に起因する諸側面がある。特に、教科の特殊性に起因する側面が、“現実を映す鏡”という共通な側面と、現象の理解・説明・予測に関して相互補完的な関係にある。それゆえ、数学科、理科、技術科を理系教科として統合する場合、「モデリング」の概念は、人類の認識的営みにおいて、モデルの現実に対する相対性、説明可能性、実用性が相互補完的であること、すなわち、認識論的相補性を内在する必要があることが明らかとなった。

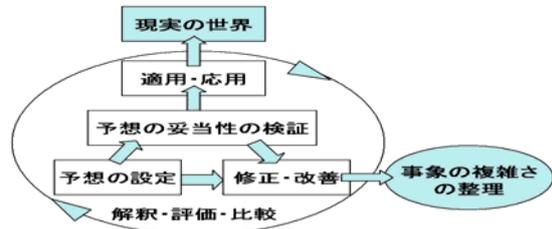
一方、「モデリング」は、一般に、「定型化→モデルによる結果の生成→現実世界における、結果の解釈・評価→再モデリング」という一つのプロセスをなしており、このプロセスを理系教科における学習活動にそのま

ま持ち込むことは困難である。

特に、「定型化」の部分はモデリングプロセスの第一歩であり、プロセス全体の基幹を成すものである。学校教育で子どもがモデリングに取り組むことができるようにするため、「定型化」を次の諸相に分化した：事象の混沌とした状態を観察し、全体の傾向や特徴をつかむ段階／仮定を設定することの必要性を理解する段階／仮定を設定し、変数や変数間の関係について理想化・単純化、捨象・近似を行う段階／事象を目的に合った数学的な問題場面に作りかえる段階。



また、「解釈・評価」の部分については、モデリングプロセスに取り組むのが子どもであるという点を考慮し、学校教育で子どもがモデリングに取り組むことができるようにするため、「解釈・評価」を次の諸相に分化した：モデルによる結果から予想を得る段階／予想の妥当性を検証する段階／予想を現実の世界に適用・応用して実際の解決を図る段階／事象の複雑さの整理をしていく活動に戻り、あらためて現実の世界のよりすすんだ解決を図る段階。



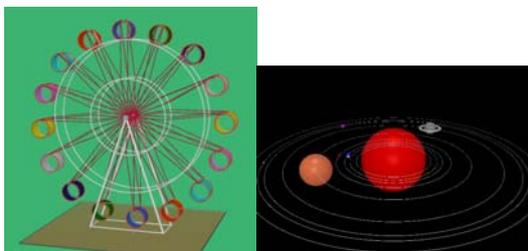
(2) 「モデリング」のカリキュラム開発に関する研究成果

この研究成果は次の2点である。

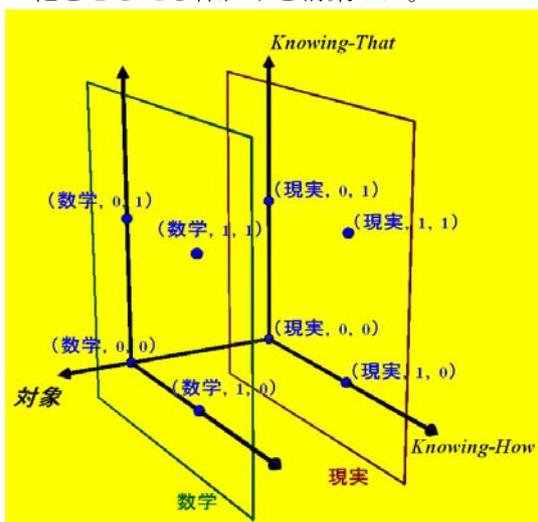
- 海外における統計領域の教科書分析
 - 現象のモデリングに関する教材開発
- 「海外における統計領域の教科書分析」については、中学校数学科・理科・技術科を横断可能な領域として、PISA 調査（OECD 生徒の学習到達度調査）の「不確実性」領域に着目し、この領域の教材開発が先進的に進められ、PISA 調査で一定の成果をおさめているオーストラリアの教科書（南オーストラリア州、第5学年—第10学年）を分析した。その結果、第8学年で、6ステップからなる「統計的探究」が明記されており、理系教科で扱われる事象とともに、それ以外の事象についても、統計的な手法でモデリングの教材化がなされていることがわかった。また、第5—7学年では、「統計的探究」の準備とな

る教材が適切に配置され、第9-10学年では、「統計的探究」を活用し、中心をはかる指標（平均値、メジアン(中央値)、モード(最頻値))やデータの散らばりをはかる指標（四分位範囲、上位・下位四分位数など）への理解を深めるとともに、これらをいかした整理の仕方として、箱ひげ図及び五数値整理(最小値・下位四分位数・メジアン・上位四分位数・最大値)が扱われていることがわかった。残された課題は、「統計的探究」を統合的な学習領域『モデリング』のカリキュラムとして、どのように理論的に位置付けていくか、教科書分析によって収集した教材をカリキュラムとしてどのように配置していくか、そして、我が国の子どもに応じた教材として、新たに開発すべき教材は何であり、それをどのように配置していくかである。

一方、「現象のモデリングに関する教材開発」については、理科や技術科で考察される事象の振る舞いを3次元動的幾何ソフトでモデリングする教材を開発した。



そして、“表現する対象”と“制作における方法”とに着目し、表現する対象としての観点に“数学”と“現実”，制作における方法としての観点に Knowing-That（・・・ということを知っている）と Knowing-How（いかに・・・するかを知っている）を組み合わせることによって、子どもによる事象の振る舞いのモデル化をとらえる枠組みを構築した。



また、気象情報による経済活動（気象マーケティング）に着目し、気象情報と商業活動の定性的な関係とともに、定量的な関係

を参考にして、数学科・理科・技術科を総合した理系教科において子どもが取り組むことが可能な教材を開発した。

(3)「モデリング」の評価に関する研究成果

国立教育政策研究所による「全国学力・学習状況調査」の中学校「数学 B」における、モデリングにかかわる問題（「問題解決の構想と結果の振り返り（サッカー大会）」、「事象の数学的な解釈と問題解決の方法（水温の変化）」）の趣旨及び構成、解答類型の構成、調査結果における類型ごとの子どもの反応率を考察した。その結果、モデリングの評価を少なくとも次の3視点から行う必要があることが示唆された：構築されたモデルの評価、モデルの構築の仕方を説明する能力の評価、モデルの構築の理由やよさを説明する能力の評価。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 6件）

- ① Miyazaki, M., Cognitive Incoherence of Students Regarding the Establishment of Universality of Propositions through Experimentation/Measurement, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 533-558, 2008、査読有
- ② 榎原保志、基本的概念「地球」を捉える視点と教材開発、『理科の教育』、第57巻、816-818、2008、査読有
- ③ 榎原保志、小高正寛、ペットボトル簡易気圧計の教材開発とその教材を利用した気象観測実習、*理科教育学研究*、48、35-44、2007、査読有
- ④ 榎原保志、下田好行、吉田俊久、ホリスティックな視点を取り入れた理科教育、656、242-244、2006、*理科の教育*、査読有
- ⑤ 榎原保志、個別学習用ヒートン簡易モーターの開発、『理科の教育』、第54巻、59～64頁、2005、査読有
- ⑥ 榎原保志、生物・地学領域の教材開発のあり方、『理科の教育』、第54巻、300-303、2005、査読有

〔学会発表〕（計 6件）

- ① 宮崎樹夫、我が国の数学教育における3次元動的幾何ソフトの活用に関わる研究の「実」と「種」、*日本科学教育学会年会論文集31*（日本科学教育学会第31回年会：北海道大学（札幌市）、pp.369-370、2007

- ② K. Chino, T. Morozumi, H. Arai, F. Ogihara, Y. Oguchi, & M. Miyazaki. The effects of "spatial geometry curriculum with 3D DGS" in lower secondary school mathematics, Woo, J. H., Lew, H. C., Park, K. S. & Seo, D. Y. (Eds.), Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 2, pp.137-144), 2007
- ③ Miyazaki, M., Arai, H., Chino, K., Ogihara, F., Oguchi, Y., & Morozumi, T. Development of web environment for lower secondary school mathematics teachers with 3D dynamic geometry software. In Novotna, J., Moraova, H., Kratka, M., & Stehlikova, N. (Eds.). Proceedings 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Vol. 1, p. 409, 2006, Prague: PME.
- ④ 両角達男, 新井仁, 伊藤武廣, 岩永恭雄, 小口祐一, 茅野公穂, 宮崎樹夫, 中学校数学における3次元動的幾何ソフトの利用に関する研究:「空間図形のカリキュラム」による情意的な効果, 日本科学教育学会年会論文集30 (日本科学教育学会第30回年会:筑波学院大学(つくば市), pp.387-388, 2006
- ⑤ 茅野公穂, 新井仁, 伊藤武廣, 岩永恭雄, 小口祐一, 宮崎樹夫, 両角達男, 中学校数学における3次元動的幾何ソフトの利用に関する研究:「空間図形のカリキュラム」による認知的な効果, 日本科学教育学会年会論文集30 (日本科学教育学会第30回年会:筑波学院大学(つくば市), pp.391-392, 2006
- ⑥ 宮崎樹夫, 新井仁, 伊藤武廣, 岩永恭雄, 小口祐一, 茅野公穂, 両角達男, 中学校数学における3次元動的幾何ソフトの利用に関する研究:空間図形のカリキュラム開発における新たな可能性, 日本科学教育学会年会論文集30 (日本科学教育学会第30回年会:筑波学院大学(つくば市), pp.389-390, 2006
- ② 山崎良雄、榊原保志、『学力向上につながる理科の題材―「知の活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 地学編』、東京法令、2006、総 221 頁

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 次雄 (SUZUKI TSUGIO)
信州大学・教育学部・准教授
研究者番号：90020627

(2) 研究分担者

宮崎 樹夫 (MIYAZAKI MIKIO)
信州大学・教育学部・教授
研究者番号：10261760
榊原 保志 (SAKAKIBARA YASUSHI)
信州大学・教育学部・教授
研究者番号：90273060

(3) 連携研究者

なし

〔図書〕(計 2件)

- ① 宮崎樹夫, 新井仁, 荻原文弘, 小口祐一, 茅野公穂, 両角達夫, 空間図形の不思議な世界: 3次元動的幾何ソフトならここまでできる、『新世紀型理数科系教育の展開研究 授業実践のためのすぐ使える新コンテンツ・カリキュラム: より幅広い活用を願って』(第2章第2節), Retrieved December 10, 2007, from http://nime-glad.nime.ac.jp/program/research/pdf/a03-all_ver3.pdf.