

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：34314

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650519

研究課題名(和文)モノづくりの手法を活用した 数学的活動 の授業設計

研究課題名(英文)Plans of classes of mathematical activities based on skills of making goods

研究代表者

剣持 信幸 (KENMOCHI, Nobuyuki)

佛教大学・教育学部・教授

研究者番号：00033887

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の最終目標は 数学的活動 の理念を確立し、それにフィットした学校数学教育における授業設計を行うことであった。「大災害からの復興」をテーマに追加したことで、学校教育の中で 数学的活動 の新たな側面がその重要性とともに浮上した。それは、現実社会に起こる様々な現象を数理の世界でモデル化し将来を予測するに止まらず、自由に未来社会を数理の世界でデザインすることである。研究初年度と2年目はそのための基礎研究を展開し、最終年度で、それらを教材として再編成した上で、学校現場で実践した。それらの成果はワルシャワ大学と本研究組織が共同開催した国際会議、及び、ミャンマーで開催された国際会議で紹介された。

研究成果の概要(英文)：The goal of our research is to establish the idea of "Mathematical Activities" and to design classes of mathematics in the school education, based on it. Since this project started just after a big earthquake struck the east part of Japan, "Revival activities from disasters" was added to our research as one of main subjects. During its research a new aspect was found with its importance and it is that the claim of mathematical activities in schools is not only learning skills to describe various phenomena around us in mathematics but also designing our future without being tethered to the past data. In the first and second years of this project we built some fundamental works, and in the final year we arranged them as school teaching materials of mathematical activities. Moreover they were presented in the international conferences organized by Warsaw University (Poland) with us as well as by Mandalay University (Myanmar).

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：モノづくり 数学的活動 授業設計

1. 研究開始当初の背景

(1) 学習指導要領の改訂に伴い、日々の授業のなかで 数学的活動 の実施が、学校現場の各教員に委ねられた。そのために、複数の単元を関連づけて扱うことの出来る豊富な教育内容を包含する学習素材を発掘するとともに、それらを、数学的活動を伴う学校教育教材として再編成するノウ・ハウを確立する必要が生じてきた。

(2) 数学は最も抽象性の高い科学で、形の無い抽象的な概念を研究対象とする。したがって、数学は技術・工芸の意味合いの強い「モノづくり」とは直接結びつかなかった。しかし、対象が具体物であるか否かの違いはあるが、数学における問題解決の過程は技術・工芸における「モノづくり」の手法そのものである事に着目し、本研究提案に至った。

2. 研究の目的

本研究では具体的に次のような目標を設定した。

(1) 「近未来型数学教育」の基本的考え方を明確にする。日本の現状分析に止まることなく、現状から持続的に変化できる日本独自の「近未来型数学教育」の方向性を具体的に学習プログラムとして盛り込む事が重要である。

(2) 「モノづくり」の手法を活用した 数学的活動 のあり方を確立する。それを伴う具体的な学習プログラムの開発とその授業設計を提案する。数学における「モノづくり」は現在ある概念から新しい概念を創る理論の世界での作業のみならず、コンピュータ等による可視化体験も含まれる。

(3) 学校現場で具体化が可能であることを実証するため、 数学的活動 を主軸にした学校数学学習のモデルプログラムを実践する。それによって、 数学的活動 の理念だけでなく、その実質的な役割が明確になる。その効果として、 数学的活動 を利用した探求型学習のスタイルが生まれ、必修の学習内容にまで波及することを期待した。

3. 研究の方法

(1) 研究組織を3班G1(総合企画班)、G2(学習プログラム開発班)、G3(授業実践準備計画班)に分け、効率よく研究が進められた。

(2) 計画初年度：G1は中・高等学校の学習内容的を絞り、 数学的活動 の理念を明らかにしながら学習プログラムの中

で、その役割を具体化した。

(3) 計画2年目：G2を中心にG1も加わり、素材「地球温暖化現象」、「大災害からの復興」をテーマに、 数学的活動 を主軸にした学習プログラムのモデル設計に着手した。

(4) 計画3年目：G2とG3は高専での予備実践を行い、高等専門学校での実践を行った。研究成果の国際レベルでの評価を問うため、2つの国際会議で発表した。

4. 研究成果

(1) 「地球温暖化現象」をテーマとした教材開発研究：本テーマでは、先行研究から、関数、図形、統計、確率等の単元の学習と関連していることが明らかにされていたが、これらを 数学的活動 として、どのように見直し、組み立て直して行くかが課題であった。この点について次のような結論が得られた。

① 中学校の内容との関わりでは、地球上の二酸化炭素濃度の観測データから現状分析をする等、統計的な学習との関わりは容易に取り出すことが出来る。また、平面座標の導入も可能になり、推移傾向が直線的であるとすれば、その程度を表す量として傾きの概念、さらには直線の方程式まで学習することは容易である事が検証された。

二酸化炭素濃度の将来予測を取り上げることで、2次関数の導入を直線の折れ線近似の立場からアプローチすることも出来る。これは、高等学校の微積分学への繋がりを考えると極めて意味のある2次関数へのアプローチであることが示唆された。

(2) 「大災害からの復興」をテーマにした教材開発研究：本テーマは、東日本を襲った巨大地震の直後に設定された。従って、先行研究は皆無で、学校教育教材としての可能性を探るレベルから開始した。まず、学校教育を離れ純粋に理論のレベルの研究として「被災地における人間生活の活性化と産業・経済復興モデル」の構築を試みた。この課題研究過程で、数理モデリングに対する考え方が大きく変化した。従来、数理モデリングは、着目する現象を、これまで蓄積されてきたデータに基づいて数理モデルを構成し、さらにコンピュータ等を使い可視化した上で、将来の動向を予測する事をその使命としてきた。しかしながら、「大被害からの復興」のデザインは過去のデータ

に依存することなく、数理モデルを構成する事が要求される。ここに、数理モデリング活動の新しい側面が見いだされた。これは、基本的な考え方として大きな収穫の1つであった。この研究で得られた成果は国際会議で発表され、学術雑誌からも論文として出版されている。特に、経済復興モデルはこれまでも様々な視点から論じられているが、地域の人間生活の活性化も組み込んだものは見当たらない。また、このモデルは、地域の豊かさを表す指標は、経済だけではなく、地域社会の文化や生活環境等、様々なものの総合力であるとし、多様なパラメータを含む連立微分方程式系として記述されている。

(3) 国際会議の主催(研究2年目、平成24年11月5-9日):本研究課題の内容と密接に関係する、国際ワークショップ「学際科学における非線形解析学 - モデリング、理論、シミュレーション -」を京都において開催し、日本も含め5カ国から50名余りの参加者があった。数学を基盤にした、医療、エネルギー、経済、生物、物質等の幅広い範囲で研究発表は行われた。本研究組織からも4つの招待講演を行った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計25件)

岡崎 貴宣、漸化式を用いたモデリング教材の実践、数学教育学会誌 2014年度春期年会発表論文集、pp. 2-5、数学教育学会、2014、査読無

黒田 恭史、脳機能の成長と変化に基づくヒューマン・ウェルフェア支援に関する研究、佛教大学総合研究所紀要 第21号、189-206、2014、査読無

剣持 信幸、Mathematical activity programs for elementary and secondary schools in Japan, Proceedings of the 6th International Conference on Science and Mathematics Education in Developing Countries, pp. 23-30, University of Mandalay, Myanmar, 2013, 査読無

深尾 武史、A study of educational contents of mathematical modeling for beginners, Proceedings of the 6th International Conference on Science and Mathematics Education in Developing Countries, pp. 305-310, University of Mandalay, Myanmar, 2013, 査読無

愛木 豊彦, Examples of application of mathematics learning at junior high school, Proceedings of the 6th International Conference on Science and Mathematics Education in Developing Countries, pp. 151-157, University of Mandalay, Myanmar, 2013, 査読無

深尾 武史, On a variational inequality of Bingham and Navier-Stokes type in three dimensional space, Gakuto International Ser. Mathematical Sciences and Applications, Vol. 36, pp.57-71, 2013、査読有

愛木 豊彦, A. Muntean, A free-boundary problem for concrete carbonation: Rigorous justification of root t-law of propagation, Interfaces and Free Boundaries, Vol. 15, pp.167-180, 2013, 査読有,

愛木 豊彦, A. Muntean, Large-time asymptotics of moving-reaction interfaces involving nonlinear Henry's law and time-dependent Dirichlet data, Nonlinear Analysis Series A: Theory, Methods & Applications, Vol. 93, pp.3-14, 2013, 査読有

深尾 武史, 剣持 信幸, Abstract theory of variational inequalities and Lagrange multipliers, Discrete and Continuous Dynamical Systems-Supplement, pp. 237-246, 2013, 査読有

岡崎 貴宣、モデリング教材についての一考察、数学教育学会誌 2013年度秋季例会発表論文集、pp.148-150 数学教育学会、2013、査読無

剣持 信幸, Parabolic quasivariational diffusion problems with gradient constraints, Discrete and Continuous Dynamical Systemes, Ser. S, Vol.6-2, pp.423-438, 2013, 査読有

岡本 尚子、黒田 恭史、前迫 孝憲、計算課題遂行時における教師 - 学習者間の神経科学的検討、教育システム情報学会誌、Vol.30-1, pp.122-127, 2013, 査読有

角谷 敦、剣持 信幸、Revival model of human and economic activities in disaster regions, Advances in Mathematical Sciences and Applications, Vol.22, pp.349-390, 2012, 査読有

愛木 豊彦、熊崎 耕太、Mathematical model for hysteresis phenomenon in mois-

ture transport of concrete carbonation process, *Physica B*, Vol.407, 1424-1426, 2012, 査読有

T. Fatima, A. Muntean, 愛木 豊彦, Distributed space scales in a semilinear reaction-diffusion system including a parabolic variational inequalities: A wellposedness study, *Advances in Mathematical Sciences and Applications*, Vol.22, pp. 295-318, 2012, 査読有

愛木 豊彦, On the existence of a weak solution to a free boundary problem for a model of a shape memory alloy spring, *Discrete and Continuous Dynamical Systems, Ser. S*, Vol.5, pp.15-28, 2012, 査読有

伊藤昭夫, 剣持信幸, 山崎教昭, Global solvability of a model for grain boundary motion with constraint, *Discrete and Continuous Dynamical Systems, Ser. S*, Vol.5, pp.127-146, 2012, 査読有

剣持 信幸, 深尾 武史, Variational inequality for the Navier-Stokes equations with time-dependent constraint, *Gakuto international Ser. Mathematical Sciences and Applications*, Vol.34, pp.87-102, Gakkotosho, 2011, 査読有

愛木 豊彦, The position of the joint of shape memory alloy and bias springs, *Discrete and Continuous Dynamical Systems, Ser. S*, Vol.4, pp.239-246, 2011, 査読有

剣持 信幸, Warning time estimates for collapse in viscoelastic materials, *Advances in Mathematical Sciences and Applications*, Vol.21, pp.75-104, 2011, 査読有

[学会発表] (計 30 件)

黒田 恭史, 小・中学校の幾何教育を考える教員養成について, 数学教育学会春季年会, 2014年3月15日, 学習院大学, 招待講演

岡崎 貴宣, 漸化式を用いたモデリング教材の実践, 数学教育学会 2014 年度春期年会, 2014年3月15日, 学習院大学

岡本 尚子, 黒田 恭史, Physiological measurement in educational research, European Conference on Social and Behavioral Science, 2014年2月6日, Sapienza University, Rome, Italy

深尾 武史, A study of educational contents of mathematical modeling for

beginners, The 6th International Conference on Science and Mathematics Education in Developing Countries, Univ. of Mandalay, Myanmar, 3 November, 2013, 招待講演

愛木 豊彦, Examples of application of mathematics learning at junior high school The 6th International Conference on Science and Mathematics Education in Developing Countries, Univ. of Mandalay, Myanmar, 2 November, 2013, 招待講演

剣持 信幸, Mathematical activity programs for elementary and secondary schools in Japan, The 6th International Conference on Science and Mathematics Education in Developing Countries, Univ. of Mandalay, Myanmar, 1 November, 2013, 招待講演

岡崎 貴宣, モデリング教材についての一考察, 数学教育学会 2013 年度秋季例会, 数学教育学会, 愛媛大学, 2013年9月26日
剣持 信幸, Phase-field approach to models of regional economic trend, DIMO 2013 - Diffuse Interface Models, Levico Terme (Trento), Italy, 11 September, 2013, 招待講演

剣持 信幸, 角谷 敦, A mathematical model for the recovery of human and economic activities in disaster regions, Equadiff 13, Charles Univ. in Prague, Czech Republic, August 27, 2013, 招待講演

愛木 豊彦, Large time behavior of a solution to a two-scale problem as mathematical model for sulfate attack in sewer pipes, Equadiff 13, Charles Univ. in Prague, Czech Republic, August 27, 2013, 招待講演

深尾 武史, Abstract theory of variational inequality and application to nonlinear PDE, Equadiff 13, Charles Univ. in Prague, Czech Republic, August 26, 2013, 招待講演

剣持 信幸, A model of bactrias' activities under environmental constraints, Conference on Interface and Free Boundaries: Analysis, Control and Simulation, Overwolfach, Germany, 2013年3月29日, 招待講演

愛木 豊彦, A two-scale problem as mathematical model for suitable attack in sewer pipes, ADMAT 2012 PDEs for multi-phase advanced materials, Cortona, Italy,

2012年9月20日、招待講演

深尾 武史、On a variational inequalities of Bingham and Navier-Stokes type in three dimension, ADMAT 2012 PDEs for multiphase advanced materials, Cortona, Italy, 2012年9月17日、招待講演

岡本 尚子、黒田 恭史、How can brain activity data contribute to understanding of mathematical learning process?, 12th International Congress on Mathematical Education, COEX(Soule), Korea, 2012年7月6日、招待講演

剣持 信幸、Revival full models of Human and economic activities in disaster regions, 9th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, Orlando, Florida, USA, 2012年7月2日、招待講演

愛木 豊彦、One-dimensional model for concrete carbonation phenomena with nonlinear Henry's law, 9th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, Orlando, Florida, USA, 2012年7月2日、招待講演

岡本 尚子、黒田 恭史、Classification of characterizations of brain activity data during mathematical tasks from the view of educational research, EARLI Neuroscience and Education, London Univ., London, UK, 2012年5月24日、招待講演

剣持 信幸、Weak solvability for parabolic variational inequalities with a class of weakly time-dependent obstacles, 日本・ドイツ国際ワークショップ「非線形発展方程式 - 関連のトピックスと応用 - 」, 2012年3月19日、早稲田大学、招待講演

愛木 豊彦、Large time behavior of a carbonation front for one-dimensional concrete carbonation problem with nonlinear Henry's law, 日本・ドイツ国際ワークショップ「非線形発展方程式 - 関連のトピックスと応用 - 」, 2012年3月19日、早稲田大学、招待講演

⑲ 剣持 信幸、Revival models of human and economic activities in disaster areas, オランダ・日本国際ワークショップ「物質・生命科学における非平衡発展問題の解析」, 2011年11月11日、Eindhoven 工科大学、Eindhoven, オランダ、招待講演

⑳ 深尾 武史、Well-posedness for the

variational inequality related to the Navier-Stokes equations, オランダ・日本国際ワークショップ「物質・生命科学における非平衡発展問題の解析」, 2011年11月9日、Eindhoven 工科大学、Eindhoven, オランダ、招待講演

㉑ 愛木 豊彦、Large-time behavior of a free boundary problem describing concrete carbonation, オランダ・日本国際ワークショップ「物質・生命科学における非平衡発展問題の解析」, 2011年11月8日、Eindhoven 工科大学、Eindhoven, オランダ、招待講演

㉒ 剣持 信幸、Warning time estimate for collapse of viscoelastic materials derived from Fremond models of damage, INDI2011 Interfaces and Discontinuities in Solids, Liquids and Crystals, 2011年6月22日、Gargnano (Brescia), Italy, 招待講演

[図書] (計2件)

黒田 恭史、共立出版、数学教育実践入門、2014、総ページ264

愛木 豊彦、深尾 武史、剣持 信幸、M. Niezgodka, 大谷 光春, Nonlinear Analysis in Interdisciplinary Sciences -Modellings, Theory and Simulations-, Gakuto International Ser. Mathematics Sciences and Applications, 2013, 総ページ341

6. 研究組織

(1) 研究代表者

剣持 信幸 (KENMOCHI, Nobuyuki)

佛敎大学・教育学部・教授

研究者番号: 00033887

(2) 研究分担者

黒田 恭史 (KURODA, Yasufumi)

佛敎大学・教育学部・教授

研究者番号: 70309079

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

(3) 連携研究者

愛木 豊彦 (AIKI, Toyohiko)

日本女子大学・理工学部・教授

研究者番号: 90231745

岡崎 貴宣 (OKAZAKI, Takanobu)

岐阜工業高等専門学校・一般・准教授

研究者番号: 50548295