

平成21年 5月20日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2005～2008

課題番号：17330193

研究課題名 (和文) 学習を外化し認識を深める理科教授方法の開発

研究課題名 (英文) Development of science teaching method based on internalization and externalization in learning

研究代表者

森本 信也 (MORIMOTO SHINYA)

横浜国立大学・教育人間科学部・教授

研究者番号：90110733

研究成果の概要：

子どもの表現を電子黒板上でシミュレーションしながら、彼らの現在の思考を露わにすることで、それは、彼らが次のステップへ学習を進める契機となる。あるいは、子どもの言語に基づく議論、ノートに記された多様な表現の交流等は、すべてこうした活動と同質である。これが、本研究の題目である「学習を外化し認識を深める理科授業法」の基本的なイメージであり、PISA の指定する能力観の具現化が本研究の成果である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,100,000	0	4,100,000
2006年度	4,900,000	0	4,900,000
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
総計	12,100,000	930,000	13,030,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：科学概念構築, 外化と内化, 学習動機, メタ認知, 表象, 自己制御的学習

1. 研究開始当初の背景

将来の科学技術の発展を担うべき、我が国の子どもたちの「理科離れ」は、教育現場において深刻な問題となっている。子どもたちの「理科離れ」や「学習意欲の低下」を克服するためには、子どもたちの「知的好奇心」や「科学的思考」を深める学習支援方法の開発が必須である。

子どもたちの「知的好奇心」を刺激し、「科学的思考」を深めながら科学概念を理解させるためには、単に観察・実験を行うだけではなく、対象となる自然事象の「仮説モデル」

を自ら生成・修正・再構築する過程をモニタリングし、学習を外化（自覚化）できる学習支援プログラムを作成し、学習状況を実感しながら理解させていく教授法が必要である。

ところで、子どもたちがイメージする「仮説モデル」は、文章表現された抽象的なものや (F.Bach,1996), 線で描かれたイラストのような静止画で表現されたもの (M.Lichtfeldt,1996) にとどまっているのが現状であり、子どもたちの考えがより実態に近い形で表現され、相互批判のもとで学習を深化させる理科教授は実践されているとは言い難い状

況にある。したがって、本研究で開発する新しい学習支援プログラムを提示すれば、多くの研究者が関心を示すことが予想される。

さらに、先行研究のアプローチではいずれも、理科教育の研究者が、「科学的カリキュラムの開発」から「学習過程の分析」に至るまでの一連の検討を行っている。その結果、学習過程の微視的分析の部分がおろそかになっているという問題点が挙げられている。この問題点について、本研究のように、理科教育の研究者（森本，加藤）と、認知心理学の研究者（高垣，田爪）が共同で科学的知識を構築していく過程の数量的かつ質的分析を行うという、各々の専門的視点から実証的な検討を試みる学際的研究は、極めて少ないと言える。

これら社会的・学問的背景に基づき、本研究に着手することとした。

2. 研究の目的

本研究は、初等・中等理科教育において、子どもたちの「知的好奇心」や「科学的思考」を深める学習支援方法を開発することを目的とする。

具体的には、以下に述べる2点を目的として設定する。

(1) 自然事象について、子どもが作成した仮説モデルを、リアリティをもって再現する3D CG学習ツールを開発すること。

この学習ツールの使用は、各々の子どものもつ考えをより鮮明にイメージ豊かに表現し、抽象的な自然の事象の振る舞いを具象化し、体験的に理解することを可能にする。こうした学習の外化により、子ども自身が現在の学習状況を容易に把握できるようになる。これは、学習内容の修正、発展という認識の契機をもたらす。この活動を通じて、従来、子どもにとって実感として捉え難いという印象を持たれている科学概念が、「知的好奇心」を持って、感動的に学習できるようになることが期待される。

(2) 自然事象に関わる仮説モデルを自ら構成し、その妥当性を検証していくプロセスにおいて、電子黒板（スマートボード）を使用した理科授業での議論を通して、一つの自然事象について多様な考えを吟味することにより、科学的思考を発展させていくという、新しい小・中学校理科教育の可能性を具現化すること。

3. 研究の方法

(1). 研究組織の特徴に関して

本研究の遂行に際して、理科教育の研究者（森本，加藤）が理科の教授方法の開発を担当し、認知心理学の研究者（高垣，田爪）が科学的知識を構築していく過程の数量的かつ質的分析を行うといった、専門性を基軸と

したアプローチを採用することとした。これは、領域を越えて各々の専門的視点から共同して初めて成し得る新たな研究の創造を目指したことによる。

(2). 研究の手続きについて

本研究は、以下に述べる5つのステップによる手続きをもとに遂行された。

①. 初等・中等教育の理科に関するIT授業の教授法の現状と、これに関する先進的な取り組みの調査・解析を行う。得られた結果はデータベース化する。

②. 小学生及び中学生を研究対象とし、自然事象に関する学習者の理解の様相と誤概念の適用範囲を、描画ならびに概念地図を用いて分析する。

③. ①及び②の実態調査に基づき、小・中学校の理科教授法を構築し、指導計画の第1次素案を作成する。授業方法は、コンピュータの3DCG及び電子黒板を組み合わせた探究的な学習活動を授業の中核に据える。その具体的なイメージは、以下の図1に示すとおりである。

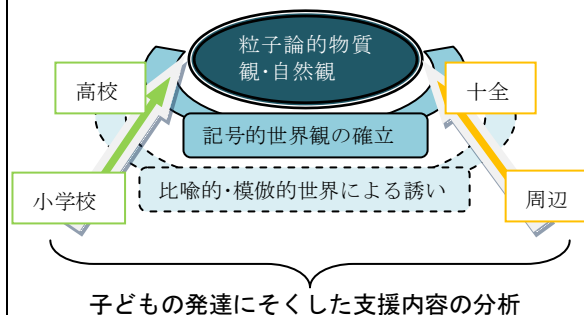


図1 系統的に粒子論的物質観の理解を促すための支援のイメージ

小・中学校の物質概念を例にすると、具象的な物質観からこれを抽象した粒子論的な物質観への移行である。その過程での子どもの認識は、Lave,J.(1991)の言うところの周縁的参加から十全的参加という形態がとられる。すなわち、初期的な比喩的・模倣的世界による科学への誘いから、記号的世界観の確立という変容であり、この過程における支援内容の分析が、ここでの研究の中心である。

具体的には、子どもの発達にそくした学習支援の内容を分析していくことが、主たる研究手続きであると言えよう。

④. 学習コンテンツは、子どもの実態を熟知している現職教員を研究協力者として加え、子どもの理解の促進に有効か、指導内容との統合性が図られているか否か等の点について、第1次のレビューを行う。蓄積されたアーカイブを分析して再度レビュー（第2次）を行い、全員による検討会を行う。最終的な学習コンテンツの完成を目指して問題点の解決を図る。

子どもの描いた静止画を動画に変換する学習コンテンツの作成に関する手続きを、以下に示す。

- ア. **Illustrator** を用いて、子どもが書くための背（ピーカーや注射器など）を作成
 - イ. **ペイント** や **Expression** を使って、モデル図を作成
 - ウ. 数枚の静止画イメージ図を、各アプリケーションで作成。アニメーション・スライドも併せて設定。
 - エ. 子どものイメージに合わせてキーを作成し、効果を設定する。
 - オ. ファイルサーバに保存されたものを、メインコンピュータやグループコンピュータから閲覧
- ⑤. 作成された 3D 学習コンテンツと③で分析された支援の方法に基づき、電子黒板を利用した協同的な理科授業を試行する。実践の際の教師の支援と想定される子どもの活動は、以下に示すとおりとする。

資料 1 電子黒板を利用した理科授業における教師の支援と、想定される子どもの活動

教師の支援	<p>ア. 子どもの図を投影し、解説・整理・修正・補足を行う。</p> <p>イ. 各人のイメージを、より科学的なものへと協同構築していく。具体的には、以下の支援を中心にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ イメージ図をいくつかパターン化する。 ・ パターン化からイメージの特徴を分析し、子どもに議論の素材として提示する。 ・ 議論しながら、子どもに再パターン化を促しながら、概念の変容を支援する。
子どもの活動	<p>ア. 子ども自ら黒板上に書き込み、イメージについて議論を加えながら、概念の修正や協同構築を行う。具体的には、以下の視点からの活動を中心とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ イメージ図による学習の外化を図る。 ・ 外化した内容について、議論により概念の変容を図る。 ・ 新しいイメージ図に描き換える。

4. 研究成果

17～20 年度においては、以下の(1)～(3)に示すように、相互交渉的な理科学習が学習者の学習の内化と学習の往復運動に有効であることを基礎とし、さらに学習動機とを加味した理科授業デザインする視点の明晰化として発展させることができた。

(1) 学習の内化の外化

学習の内化とは情報や知識の処理過程のみならず、これらを価値付け、意味付ける学習動機としての側面をも包含させることが明らかとなった。また、学習の外化はこの意味で、子ども自身のメタ認知のもとで、意図的になされるとき、より有意味な学習が生起

される。

具体的には、中学生における進化概念、花の構造概念の構築過程において、学習者によるメタ認知に基づく概念構築 (conception) の局面とこれに続く、学習者による内包の変換と概念変換の自覚化局面において、理科学習における内化と外化が生起する様態を実証した(森本・甲斐・森藤,2006) (甲斐・森本,2008)。

(2) 学習の内化と外化の学習者自身によるコントロール

学習者自身による意図的な学習の内化と外化は、いわば学習コントロールとして表現することができる。こうした状況の生起は、教授者による足場作り (scaffolding) の量と質に依存していることが明らかとなった。具体的には、次の学習課題の示唆、新たな観察・実験の提示、学習履歴の振り返り活動の促進が子どもの学習コントロールする意欲と新たな概念構築活動へ寄与することが明らかとなった。

具体的には、こうした学習の局面を生起させるべく、「理科学習ガイド」を作成した。このガイドを作成するための視点は「単元の目標の明確化」「学習の進め方の明確化」「習得すべき科学概念の明示」「科学概念の構築過程のメタ認知の促進」であった。こうした視点から、中学生を対象として電気概念を事例として、授業を実施した。その結果、中学生はいわゆる「自己調整的 (self-regulated)」

な学習を実行し、科学概念構築を果たすことができた(小野瀬・村澤・森本,2008)。

(3) 相互交渉的な理科授業のデザインとその評価

学習者には明瞭な動機付けのもとでの科学概念構築を志向する状況が生まれる。それは、学習者のノートやレポートなどにおける認識の変容過程を見ながら実証できた。さらに、電子黒板を利用することによりこれらの視点を、理科授業デザインとして結実させていった。

この研究においてはまず、対話ボードとしての電子黒板の機能を明らかにした。それは、次の三つに分けることができた。

- ① 学習者のアイデアを分類・整理する場としての対話ボード
- ② 学習者のアイデアを交換する場としての対話ボード (絵図掲示を使った情報交換、協同作業を行う情報交換等)
- ③ 操作説明の情報伝達

また、この機能の理科授業における充実と具現化が学習者の科学概念構築に寄与することが明らかとなった(高垣・森本・加藤・松瀬・田原,2006)。

電子黒板のこうした機能を踏襲し理科授業デザインを図った。具体的には、ブルーナー (Bruner,J) による「活動的」「映像的」「記

号的」表象プロセスを踏まえた対話的な理科授業を構想した。高等学校における化学の酸化・還元概念構築過程を事例として、学習者の表象プロセスを電子黒板上で再現し、この内容についての学習者相互の学び合いを通じた授業を進めていった。その結果、電子黒板上における学習の内化と外化の過程をシミュレーションすることにより、学習者の思考に即した科学概念構築を図ることができた(和田・森本,2008)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 35 件)

(1) 甲斐初美・森本信也「意図的科学概念変換に関する一考察」,「理科教育学研究」,2008,Vol.48,No.3,35-44,査読有り

(2) 小野瀬倫也・村澤千晴・森本信也「理科における自己制御的学習支援に関する研究」,「理科教育学研究」,2008,Vol.48,No.3,25-34,査読有り

(3) 和田一郎・森本信也「電子黒板の特性を利用した理科学習の内化と外化に関する研究」,「理科教育学研究」,2008,Vol.48,No.3,85-96,査読有り

(4) 高垣マユミ・森本信也・加藤圭司・松瀬歩・田原裕登志「社会的な学びを構成するツールとしての『電子黒板』の活用に関する試み」,「理科教育学研究」,2006,Vol.47,No2,31-39,査読有り

[学会発表] (計 29 件)

(1) 森本信也・遠藤かおる・長友広成・藤枝央真・豊田光乃・斉藤裕一郎・村澤千晴・甲斐初美・和田一郎・小野瀬倫也・佐藤寛之「子どもの科学概念構築に影響を与える諸要因に関する研究(1)－(8)」,日本理科教育学会第 58 回全国大会,2008.9.14,福井大学

(2) 森本信也・村澤千晴・甲斐初美・和田一郎・小野瀬倫也・佐藤寛之「子どもの科学概念形成と理科学習指導に関する研究(1)－(5)」,日本理科教育学会第 57 回全国大会,2007.8.4,愛知教育大学

(3) 小野瀬倫也・森本信也「子どもの学習動機と理科授業デザインの視点」,日本理科教育学会第 56 回全国大会,2006.8.5,奈良教育大学

(4) 和田一郎・森本信也「電子黒板を利用した双方向的な理科授業デザインに関する研究」,日本理科教育学会第 56 回全国大会,2006.8.5,奈良教育大学

(5) 森本信也・甲斐初美・森藤義孝「科学概念構築過程の類型化に関する考察」,日本理科教育学会第 56 回全国大会,2006.8.5,奈良教育大学

(6) 森本信也・岩堀礼「中学生における量概念の認識に関する考察」,日本理科教育学会第 56 回全国大会,2006.8.5,奈良教育大学 [図書] (計 7 件)

(1) 森本信也「構成主義からの学習と評価」(辰野編),「新教育評価辞典」所収,2007,103,図書文化社

(2) 森本信也「考え・表現する子どもを育てる理科授業」(森本編著),2007,総ページ数 152,東洋館出版社

(3) 加藤圭司「理科の学習論」,「未来を展望する理科教育」所収,2006,73-86,東洋館出版社

(4) 高垣マユミ「授業デザインの最前線」(高垣編著),2005,総ページ数 237,北大路書房

(5) 田爪宏二「保育原理 保育者を目指すあなたへ」「子どもを知る」(小川・田川編),2007,44-62,学芸図書

(6) 田爪宏二「保育方法論」(上野編),2007,166-184,三晃書房

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森本 信也 (MORIMOTO SHINYA)
横浜国立大学・教育人間科学部・教授
研究者番号 90110733

(2) 研究分担者

加藤 圭司 (KATO KEIJI)
横浜国立大学・教育人間科学部・准教授
研究者番号 00224501

高垣 マユミ (TAKAGAKI MAYUMI)
鎌倉女子大学・児童学部・教授
研究者番号 50350567

田爪 宏二 (TAZUME KOUJI)
鎌倉女子大学・児童学部・准教授
研究者番号 20310865

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

森藤 義孝 (MORIFUJI YOSHITAKA)
福岡教育大学・教授

岩堀 礼 (IWAHORI AYA)
神奈川県立氷取沢高等学校・講師

小野瀬 倫也 (ONOSE RINYA)
東京学芸大学附属竹早中学校・教諭

甲斐 初美 (KAI HATSUMI)
東京学芸大学連合学校教育研究科・博士課程
大学院生

松瀬 歩 (MATSUSE AYUMU)
横浜市立荏田東第一小学校・教諭

村澤 千晴 (MURASAWA CHIHARU)
横浜国立大学附属鎌倉小学校・講師

和田 一郎 (WADA ICHIRO)
東京学芸大学連合学校教育研究科・博士課程
大学院生