

平成21年 6月23日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17500605  
 研究課題名（和文） 自然事象の理解を促す IT を活用した新しい初等・中等理科学習支援システムの開発  
 研究課題名（英文） Study on developing of learning support system utilizing IT to induce scientific thinking of natural phenomena for primary and lower secondary science lessons  
 研究代表者  
 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

## 研究成果の概要：

子どもたちに自然事象の振る舞いを理解させるために、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モデルを自ら生成し、修正し、再構成する過程をモニタリングすることができる学習支援ツールとして、3D CG モデル・電子黒板等を開発した。実証的授業を実施した結果、これらの学習ツールは、子どもたちの知的好奇心を引き出して、自らの学習状況を実感しながら、自然事象を理解させていく効果があることが確認された。

## 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	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,300,000	300,000	3,600,000

研究分野：科学教育・教育工学

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：教授・学習，認知心理学，理科教育，概念変容，学習支援システム

## 1. 研究開始当初の背景

従来、自然事象に対する子どもたちのもつイメージは、文章表現された抽象的なものや、線で書かれたイラストのような静止画よりはむしろ、リアリティのあるアニメーションのような三次元上の動的なもので創造されている。しかし現行の理科教育では、最前線においても、「教授者が考えたモデルをリアリティをもって与える」という学習支援の開発にとどまり、「子どもたち自身が考えたモデルをより近い形で表現する」という視点からの学習支援は見あたらない。与えられたモデルで思考させるのではなく、子どもたちの

もつ概念モデルをより近い形で表現し、抽象的な自然事象を具象化しながら、体験（シミュレーション）的に理解させることが重要であると考えた。

## 2. 研究の目的

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」を克服する一手段として、本研究では、理科教育カリキュラムの中で、子どもたちに身近な自然事象を取り上げ、子どもたちの「知的好奇心」

や「科学的思考」を引き出す学習支援システムの設計・開発を目指すことを目的とする。

第1に、20世紀に生み出された新しい自然観である「分子論」の初歩的な概念を理科教育に導入することで、自然事象の概念を促す理科教育カリキュラムを構築する。

第2に、抽象的な自然の事象の振る舞い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をイメージしたモデルを自ら生成し、修正し、再構成する過程を、シミュレーションを通してモニタリングでき、その実態を実感しながら理解させていく学習支援ツールを開発する。

### 3. 研究の方法

従来、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う結果、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、本研究では、理科教育の研究者（清水）が科学的カリキュラムを開発し、認知心理学の研究者（高垣、田爪）が学習コンテンツを開発し、科学的知識を構築していく心的過程の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アプローチを採用した。

研究組織は、理科教育の研究者（清水）、心理学の研究者（高垣、田爪）の三者の協議の基に進められ、この協議会の下に協力小・中学校を位置づけた。平成17～20年度にかけて、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、学習支援システムとしての理科教育カリキュラム及び学習支援ツールを考案した。具体的には、子どもたちに自然事象の振る舞いを理解させるために、単に観察・実験を行うだけではなく、対象となる自然事象をイメージしたモデルを自ら生成し、修正し、再構成する過程を、シミュレーションを通してモニタリングすることができる学習支援ツールとして、3D CGモデル・電子黒板等を作成し、学習状況を実感しながら自然現象を理解させていく理科教育カリキュラムを考案した。これらの学習支援システムに基づき、実践授業を実施し、その教授効果を実証的に検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 実践授業

##### ① 対象

神奈川県内の小学校児童5年生37名。

##### ② 授業構成

本研究で行われた授業は、現行の「小学校新学習指導要領」に基づく、小学5年生の教科書「ものの溶け方」の指導計画を参考に立案された。

##### ③ 指導計画（全17時間）

本研究で考案した学習支援ツール（3DCGモデル、電子黒板）を使用する箇所を\*で示す。  
<第1・2時>

『食塩が水に溶ける様子（シュリレーン現象）の観察』

・巨大試験管を使って食塩が溶ける様子を観察し、結果について話し合う。\*

<第3・4時>

『食塩が溶ける様子について、仮説を立てて説明しよう』

・食塩が溶ける現象についての仮説を発表し、互いの考えを吟味し合う。\*

<第5・6時>

『食塩やホウ酸はどれくらい溶けるのかを調べよう』

・水50mLに溶ける食塩の量とホウ酸の量を調べ、結果について話し合う。\*

<第7・8時>

『食塩やホウ酸の溶ける量に限界があるのはどうしてだろう?』

・ものが溶ける量に限界がある理由について仮説を発表し、互いの考えを吟味し合う。\*

<第9・10・11時>

『食塩の重さはなくなってしまうのだろうか?』

・水に食塩を溶かしたら食塩水の重さはどうなるのかを調べ、結果について話し合う。\*

<第12・13時>

『食塩やホウ酸は温めると溶ける量は変わるか?』

・温めると、溶質の溶解する量は変化するかどうかを調べ、結果について話し合う。\*

<第16・17時>

『ろ液には、ホウ酸が溶けているのだろうか?』

・ろ過の仕組みについて理解し、ろ液にはホウ酸が溶けているかどうかを調べ、結果について話し合う。\*

#### ④ 手続き

全17時間の授業について参与観察を行い、各班と電子黒板に向けて1台ずつのビデオカメラ及びデジタルボイスレコーダーを設置して、映像、音声、文字記録の採取を行った。本研究で用いた電子黒板は、プロジェクターをホワイトボードにフロント投影し、専用ペンによる受信形式での操作を行う形式を採用した。電子黒板は、学習記録のデジタル保存・再生・編集が可能であるため、子どもたちが作成した文書・描画・グラフ・表・モデル等を、教師がスキャナーでノートPCに取り込むという簡易な操作を行い、そのデータの中から教師あるいは学習者自身が必要なものを取捨選択し、クラス全体の話合いの場で電子黒板上に投影した。また、複数の授業をまたいで参照する場合も、集積された履歴を瞬時にレビューすることができるようにした。



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 13 件)

1. コンフリクトマップを用いた教授方略の効果とそのプロセス—実験・観察の提示による波動の概念学習の事例的検討— 2008

高垣マユミ・田爪宏二・降旗節夫・桜井修  
教育心理学研究, 56, 93-103. 査読有

2. 仮説検証型の問題志向の討論を導入したグループの協同学習における概念変化過程の事例的検討 2008

高垣マユミ・田爪宏二・森本信也・加藤圭司  
教授学習心理学研究, 4, 17-28. 査読有

3. The study of class assessment and reflection on the fieldwork activities in seikatu-ka with analyzing students' performances. 2008

Sakata,S., Takagaki,M., & Shimizu,M.  
埼玉大学教育学部研究紀要,56,1-6. 査読無

4. 相互教授と概念変容教授を関連づけた学習環境による概念変化の促進—溶解時の保存概念の事例的研究— 2007

高垣マユミ・田爪宏二・松瀬歩  
教育心理学研究,55,426-437. 査読有

5. Inquiry into the scientific thinking processes through fieldwork activities in biology. 2007

Sakata,S., Takagaki,M., & Kumano, Y.  
静岡大学教育学部研究紀要,38,51-59. 査読無

6. 外化と内省が理解に与える効果—維管束の学習を事例に— 2007

清水誠・渡邊文代・安田修一  
理科教育学研究,48, 45-51. 査読有

7. 理科授業の学習環境のデザイン—観察・実験による振り子の概念学習を事例として— 2006

高垣マユミ・田原裕登志・富田英司  
教育心理学研究, 54, 558- 571. 査読有

8. 理科授業の議論過程におけるトランザクティブディスカッションの生成を促す教師の介入方略 2006

高垣マユミ・田爪宏二・清水誠  
教授学習心理学研究, 2, 23-33. 査読有

9. 「水のすがたとゆくえ」の授業における発話事例の解釈的分析—小集団の議論を通じた概念変化の様相— 2006

高垣マユミ

科学教育研究, 30, 27-36. 査読有

10. 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—小学校5年理科「ものの溶け方」を事例として— 2006

高垣マユミ・森本信也・加藤圭司・松瀬歩・田原裕登志  
理科教育学研究, 47, 31- 39. 査読有

11. 外化物の違いが学習者同士の相互作用に与える影響 2006

清水誠・福田健  
科学教育研究, 30,70-77. 査読有

12. 相互教授が小学生の電流概念の変容に及ぼす効果とそのプロセス 2005

高垣マユミ・田原裕登志  
教育心理学研究,53,551-563. 査読有

13. 観察・実験によって「振り子の概念」はどのように形成されるのか 2005

高垣マユミ  
科学教育研究, 29,184-195. 査読有

[学会発表] (計 16 件)

1. ピア・ラーニングと動機づけ過程—社会的文脈における学業達成(3)— 2008

日本教育心理学会第 50 回総会自主シンポジウム, 56-57.

東京学芸大学 10. 11

中谷素之, 野崎秀正, 伊藤崇達, 富田英司, 鹿毛雅治, 高垣マユミ

2. カリキュラムの教育心理学—その可能性と課題—学習科学による授業研究：協調学習過程の分析を中心に 2008

日本教育心理学会第 50 回総会自主シンポジウム, 48-49.

東京学芸大学 10. 11

白水始, 小林寛子, 高垣マユミ

3. 科学的リテラシーの獲得を支援する学習環境のデザイン 2007

日本発達心理学会第 18 回大会発表論文集, 282.

大阪国際会議場 3. 19

高垣マユミ

4. 概念変化のプロセスを把握する理科授業の分析手法 2007

日本科学教育学会第 5 回研究発表会論文集, 1-4.

鎌倉女子大学 2. 20

高垣マユミ, 降旗節夫, 桜井修

5. 認知的／社会的文脈の学習環境下における概念化の促進 2007

日本認知科学会第24回大会発表論文集, 234-235.

同志社大学 9.5

高垣マユミ

6. ビデオ分析を用いた授業リフレクションに実践—理科フィールドワーク授業を通して— 2007

日本科学教育学会第31回年会論文集, 451-452.

北海道大学 8.17

松浦静治, 森嘉代子, 坂田尚子, 高垣マユミ

7. 科学的概念の理解を促す学習環境のデザイン—その動向と課題—(招待講演) 2007

日本科学教育学会第31回年会論文集, 41-44.

北海道大学 8.17

高垣マユミ

8. 教授学習を促す説明のあり方—教育実践に生かす説明活動のデザイン— 2007

日本教育心理学会第49回総会自主シンポジウム, 86-87.

文教大学 9.15

比留間太白, 山本博樹, 高垣マユミ, 中野美香, 富田英司, 田島充士

9. 相互教授が小学生の電流概念の変容に及ぼす効果とそのプロセス 2006

日本発達心理学会第17回大会発表論文集, 408.

九州大学 3.20

高垣マユミ

10. 知識の協同構築場面で生成される相互作用の質的分析 2006

日本認知科学会第23回大会発表論文集, 280-281.

成城大学 9.5

高垣マユミ

11. 生活科におけるフィールドワーク授業の評価・検討の試み—子どもたちの行動・発話の分析を通して— 2006

日本科学教育学会第30回年会論文集, 187-188.

筑波学院大学 8.18

坂田尚子, 高垣マユミ

12. 科学的概念への変容を促す学習環境のデザイン—観察・実験場面における説明活動— 2006

日本教育心理学会第48回総会発表論文集, 599.

岡山大学 9.16

高垣マユミ

13. マクロ・マイクロな観点から統合的な授業分析の手法—理科授業における概念変化プロセスの把握— 2006

日本教科教育学会第32回全国大会発表論文集, 153-154.

大阪教育大学 11.21

高垣マユミ, 田爪宏二

14. 知識の協同構築の場面ではどのような相互作用がみられるのか 2005

日本発達心理学会第16回大会発表論文集, 289.

神戸国際会議場 3.27

高垣マユミ

15. 素朴概念の変容に関わる要因は何か? 2005

日本教育心理学会第47回総会自主シンポジウム, 50-51.

浅井学園大学 9.17

杉村伸一郎, 藤村宣之, 高垣マユミ, 布施光代, 小林寛子, 山名裕子

16. フィールド学習における科学的思考のプロセススキルに関する研究 2005

日本科学教育学会第29回年会論文集, 473-474.

岐阜大学 9.9

坂田尚子, 高垣マユミ

〔図書〕(計4件)

1. 新学習指導要領・小学校学習指導要領解説(理科編) 2008 全105頁

高垣マユミ他

文部科学省.

2. 教育心理学へのいざない

「教授方略のデザインと授業分析(第7章)」

2008 Pp.159-187. 全293頁

並木博(編)・高垣マユミ 他

八千代出版.

3. 授業デザインの最前線—理論と実践の知のコラボレーション— 2005

「序章」, 「授業研究の新しい視点と方法(第1章 Pp.1-16.)」, 「新しい授業理論の構築(第2章 Pp.17-32.)」 全237頁

高垣マユミ (編)

北大路書房.

4. 認知科学辞典(追加項目) 2005

「交流的対話」 Pp.12, 19. 全25頁

日本認知科学会オントロジー委員会(編)・

高垣マユミ他

認知科学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高垣 マユミ

(鎌倉女子大学・児童学部・教授)

(2) 研究分担者

清水 誠

(埼玉大学・教育学部・教授)

(3) 連携研究者

田爪 宏二

(鎌倉女子大学・児童学部・准教授)