

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 29 日現在

機関番号：17601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22650193

研究課題名（和文） 粒子概念に基づいて自然現象を動的に表現する科学教育用ソフトと実践モデルの開発

研究課題名（英文） Development of animation creation software and educational practice models that students can use in the learning of the particle concept of a substance

研究代表者

中山 迅 (NAKAYAMA HAYASHI)

宮崎大学・教育学研究科（研究院）・教授

研究者番号：90237470

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、物質の粒子概念の学習で児童・生徒が利用可能なアニメーション作成ソフトウェアを開発し、それを学校の理科授業で利用可能にすることであった。このため、児童・生徒用アニメーションソフト”Galop”の機能を、粒子概念の学習に最適化するように開発・改良し、小学校の理科授業での利用に耐えるような安定化に取り組んだ。開発したソフトウェアと、学校現場で利用可能なマニュアル児童用簡易マニュアルなどは web サイトから提供可能にした。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to develop the animation creation software that students can use in the learning of the particle concept of a substance, and to enable use of it by the science lesson of the schools. We developed an animation software Galop for students and improved it to be optimized for students learning of the particles. The software and the user manual for teachers and students can be downloaded from the web site of “Galop”.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	0	1,000,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	2,900,000	570,000	3,470,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育学，科学教育

キーワード：自然科学教育（数学，理科，物理・化学・生物・地学，情報），ICT活用教育

1. 研究開始当初の背景

研究チームでは、これまでに学習者の素朴な概念を科学的な概念に変化させることを支援するための、反復再生可能型描画システム Polka や、児童・生徒用アニメーションソフト Galop を開発してきた。

一方、平成 20 年の学習指導要領の改訂に伴い、小中学校理科の内容の柱に「粒子」がとり入れられ、従来以上に理論的背景に基づく理解が児童・生徒に求められるようになった。「粒子概念」は小学生にとっては難解で、これを基礎にしつつ科学的な物質概念を形

成することは容易ではない。そこで、粒子概念に基づく現象の動的モデルを学習者自身が描きながら考えることを支援する教育システムが、理科授業における ICT 活用に熱心な理科教師から求められるようになってきた。

2. 研究の目的

科学的説明の中心の対象である動的な現象を、児童・生徒自身がパソコン上に表現することによってそのプロセスの本質を理解し、規則性について推論できるようにする理

科授業のシステムを開発することが目的である。これは、新しい学習指導要領・理科の内容の柱である「粒子」概念に基づく理解と思考を支援するものである。例えば小学生なら、水に食塩の粒子が溶けて細かい粒子が拡散する過程を、中学生なら、イオンの移動と反応や、水の蒸発、大気中の水蒸気の凝結などの現象を自らモデル化して動画として描くことで理解できるようにする。これは、学習指導要領改訂によって追加された論理的に難易度の高い内容を生徒が実感を伴って理解する学習の有効な手立てとなる。

3. 研究の方法

システム開発(香川大学サイト)と実践モデル開発(宮崎大学サイト)が連携して行う。その際、宮崎大学サイトは学校現場の実践者から要望を引き出して香川大学サイトにフィードバックして香川大学サイトでシステム開発を行い、宮崎の実践現場での実証実行を行う。具体的には、次の通りである。

- (1) 学校現場の教師から、理科の各単元でアニメーション機能の利用が求められているかを調査してシステム設計する。
- (2) 学校現場からのニーズ調査に基づいて、粒子概念に関する動画を表現するシステム開発を行う。
- (3) 学校現場での試験運用を行い、その結果をフィードバックしてシステムの修正を繰り返す。
- (4) 学校現場で利用するマニュアル等を作成する。
- (5) 開発したシステムと教育実践モデルについての成果を発表する。

4. 研究成果

(1) システム開発

理科学習用の動画作成ソフト Galop の開発、改良を行った。学校現場からは、描画機能やアニメーション動画の表現力以前に、終始一貫して安定した動作をすることを強く望む要求があり、それに対応するためのバグ取りと修正を繰り返して、少しずつ安定したシステムに近づいてきた。

Galop の画面には、「つくる」画面(図1)と、「うごかす」画面(図2)がある。

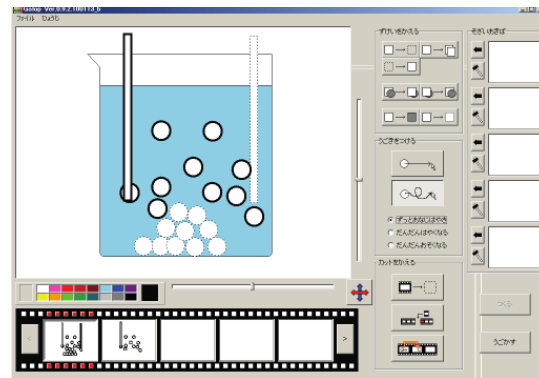


図1 つくる画面

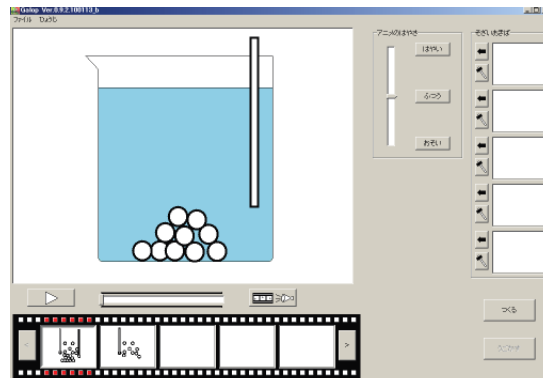


図2 うごかす画面

つくる画面に投入する「素材」は、別のプロジェクトで開発済みの反復再生可能型描画システム Polka で描いて、そのファイルを読み込む仕組みである。そして、図3のような機能を用いて、素材を動画の画面に挿入したり動きをつけたりする。

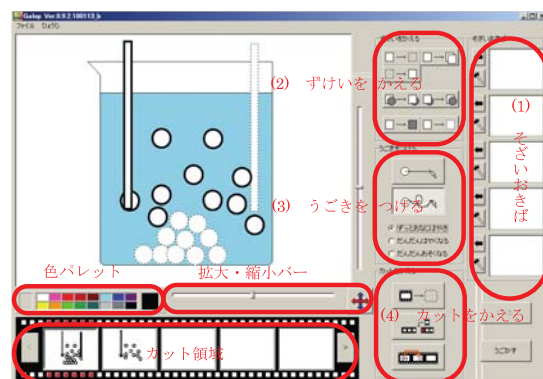


図3 つくる画面の詳細

つくる画面では、粒子の動きを「カット」として作りためていて、うごかす画面では、それらのカットを連続して再生することで、粒子の動きとしての現象を表現する(図4)。

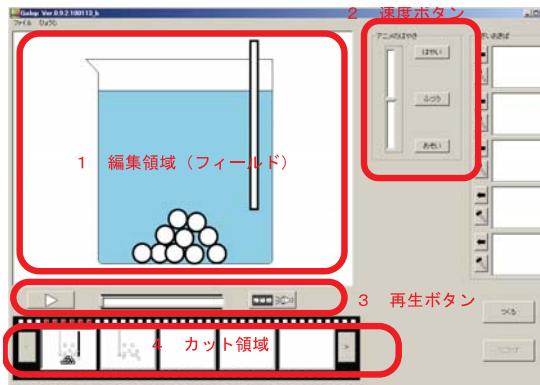


図4 うごかす画面の詳細

以上についての、大まかな流れは、図5～図8のようなものである。



図5 背景や素材を取り込む

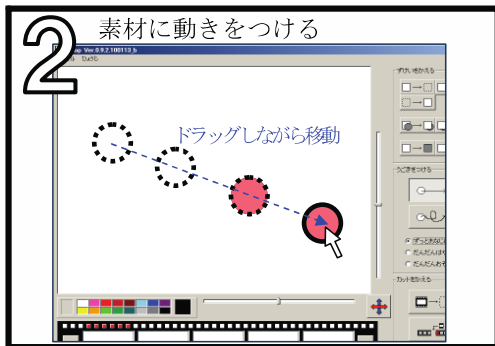


図6 素材に動きをつける

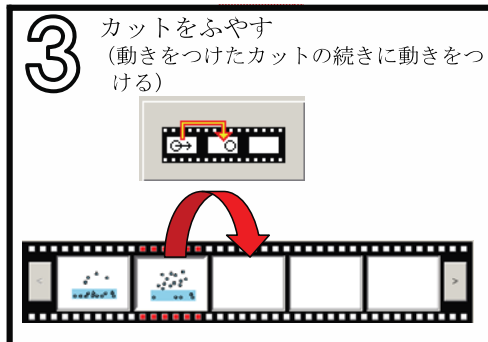


図7 カットをふやす

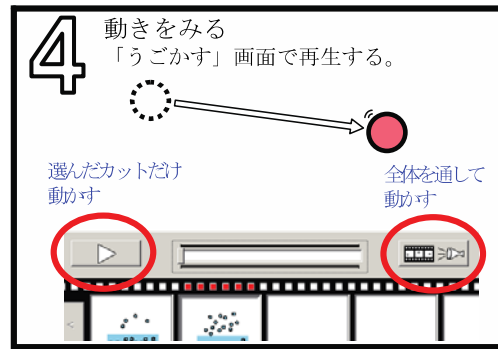


図8 動きをみる

このようなシステムについて、最終年度には、特に理科授業用動画作成支援ソフトウェア Galopの動画作成過程可視化システムの開発を行った。開発したソフトウェアGalopを用いた授業実践の結果から、Galopには児童が動画を作成したときの詳細な動画作成過程を教師が見ることができないという問題点があることがわかった。この問題により、現状では、教師が児童の作成した動画を分析するとき多くの時間と手間を要し、また、児童の思考過程を読み取ることが困難であった。

そこで、児童がGalopを用いたときの動画作成過程を可視化し、教師による児童動画分析を支援するシステムの開発に取り組んだ。まず、可視化が必要な項目や可視化における条件を調査し、それをもとに可視化手法の検討を行い、操作の時間と内容を時間軸上のセルの位置と色で表現する、表形式による可視化手法を採用した。また、教師が分析したい項目や状況に合わせて可視化手法を選択し、効率よく分析を行えるように、特徴の異なる5種類の可視化手法を提案して選択できるようにした。

さらに、教師が状況に適する可視化手法を短時間で選択できるように、テンプレートを作成することで、教師による児童動画分析の誘導を試みた。そして、大学生を対象とした利用実験を実施し、提案した可視化手法をテンプレートによる誘導に従って用いることで、児童の動画を短時間で容易に分析可能であることを確認した。その結果、短時間での児童動画分析が可能であるということがわかり、その結果に基づき、実際にシステムの実装を行った。なお、これらに関する研究成果は教育システム情報学会研究会などで発表した。

(2) 教育現場で利用可能な実践モデル開発

小学校6年生・理科の「水溶液の性質」単元において、水溶液に入れた金属が溶ける現象に関する授業でGalopを利用する実証実験を行った。授業では、児童が水溶液の実験を行う前と後に、Galopを使用して自分の考え

を表出させた。児童は、金属が小さい粒のような状態になって水の中に入り込んでいく過程を、自らの考えを動画で表現することができた(図9)。これが、Galop を用いて児童が粒子概念に基づく思考と表現を行う一つの教育実践モデルとして提案された。

また、Galop 利用マニュアルや児童用の簡易マニュアルを学校現場の教師の協力を得て作成し、授業での利用を円滑にした。

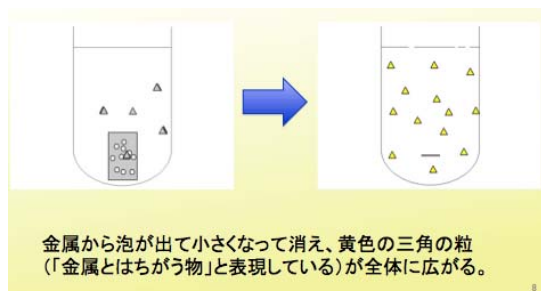


図9 水溶液中の金属が溶ける変化についての児童による Galop 描画の例

(3) ソフトウェアの提供

ソフトウェアは、Galop ホームページから、常時、最新のバージョンをダウンロードできるようにした。さらに、利用マニュアルや簡易マニュアルのダウンロードも可能にした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- ① Toshihiro Hayashi, Hayashi Nakayama, Hiroyuki Tarumi, Thinking Representation Tools for Science Education with Drawings, Proceedings of EIDWT2012 (Third International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies), 査読有, 2012, 265-269
- ② Kazuhiro URA, Shuhei FUJISAWA, Toshihiro HAYASHI, Hayashi NAKAYAMA, Hiroyuki TARUMI, Development of an Animation Making System for Students to Represent Dynamic Phenomenon, Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education, 査読有, 2011, 434-440
- ③ 佐野工・中山迅・林敏浩, 理科学習用アニメーション作成支援ソフトウェア『Galop』を活用した小学生による概念学習-「水のゆくえ」の学習を通して-, 日本科学教育学会研究会研究報告, 査読なし, 25(2), 2010, 55-60

[学会発表] (計11件)

- ① 裏和宏・松澤祐希・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 簡易動画作成システム Galop を対象とした動画作成過程可視化システムの

開発, 平成24年度電気関係学会四国支部連合大会, 2012年9月29日, 四国電力株式会社

- ② 裏和宏・松澤祐希・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 動的な現象の理解を支援する簡易動画作成システム“Galop”における動画作成過程の可視化, 教育システム情報学会研究会, 2012年9月8日, 香川大学
- ③ 裏和宏・藤澤修平・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 動的な科学現象の理解支援のためのアニメーション作成システム, 教育システム情報学会学生研究発表会, 2012, 180-181, H24年3月8日, 香川大学(香川)
- ④ 中山迅・林敏浩・伊黒雅洋・裏和宏, アニメーション作成支援ソフト“Galop”を利用する理科授業(2), 日本科学教育学会第35回年会, 査読無, 2011, 432-433, 2011年8月24日, 東京工業大学(神奈川)
- ⑤ 裏和宏・藤澤修平・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 理科教育における動的な現象の理解支援システムの開発, 平成23年度電気関係学会四国支部連合大会, 2011, 305, 2011年9月23日, 阿南高専(徳島)
- ⑥ 松澤祐希・裏和宏・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, アニメーションから描画の特徴を抽出する教育支援システムの開発, 平成23年度電気関係学会四国支部連合大会, 2011, 306, 2011年9月23日, 阿南高専(徳島)
- ⑦ 裏和宏・藤澤修平・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 描画法を用いた理科教育における動的な現象の理解支援システムの開発, 教育システム情報学会研究会, 26, No. 3, 2011, 3-6, 2011年8月3日, 香川大学(香川)
- ⑧ 藤澤修平・裏和宏・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 動的な科学現象の理解を支援するアニメーション作成システムの開発, 平成22年度電気関係学会四国支部連合大会, 2010年9月25日, 愛媛大学工学部城北キャンパス
- ⑨ 裏和宏・藤澤修平・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 描画法を用いた理科教育支援システムの現場ニーズに合わせたカスタマイズ手法, 平成22年度電気関係学会四国支部連合大会, 2010年9月25日, 愛媛大学工学部城北キャンパス
- ⑩ 中山迅・林敏浩・佐野工・藤澤修平, アニメーション作成支援ソフト“Galop”を利用する理科授業, 日本科学教育学会代34回年会, 2010年9月10日, 広島大学教育学部
- ⑪ 藤澤修平・裏和宏・林敏浩・垂水浩幸・中山迅, 動的な科学現象の理解を支援する動画作成支援システムの開発, 教育情報システム情報学会研究会, 2010年9月4日, 香川大学生涯学習教育研究センター

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

Galop ホームページ

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~hayashi/galop/galopHP.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 迅 (NAKAYAMA HAYASHI)

宮崎大学・教育学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90237470

(2) 研究分担者

林 敏浩 (HAYASHI TOSHIHIRO)

香川大学・総合情報センター・教授

研究者番号：90264142

(3) 連携研究者

猿田 祐嗣 (SARUTA Yuji)

国立教育政策研究所・教育課程研究センター・総合研究官

研究者番号：70178820