

発見的学習活動における創発的分業を支援する CSCLシステムの開発

舟生日出男¹⁾・鈴木 栄幸²⁾³⁾・久保田善彦⁴⁾・
平澤林太郎⁴⁾・加藤 浩³⁾⁵⁾

学習者が主体的かつ協調的に知識を構築するような発見的な学習活動では、他の学習者の活動内容に対する「気づき」と、それに基づく相互の参照や報告が、活動の成否を左右する。我々は、そうした相互の気づきや参照、報告を促すために、「創発的分業」の概念に基づき、学習活動を支援するためのCSCLシステムを開発してきた。本論文では、1) 発見的学習を創発的分業の枠組みでとらえ、2) 発見的学習における創発的分業のモデルを提案し、3) 協同による発見的学習を支援する機能をCSCLシステム「Kneading Board」に実装した結果と活用事例について報告する。

キーワード

発見的学習、創発的分業、モデリング、CSCL、システム開発

1. はじめに

学習者が主体的・協調的に知識を構築する発見的な学習活動は、理科や社会科を中心に、教育実践の中で盛んに取り入れられており、様々な支援システムが開発されている(例えば、コンセプトマップの協同作成: 舟生ほか, 2003, ハイパーメディアの協同作成: 大島ほか, 2002; 鈴木ほか, 2002, 建設的議論: 杉本ほか, 2002, 写真と気づきの共有: 久保田ほか, 2006a; 大久保ほか, 2002)。

しかし、協同による発見的な学習活動の成否は多分に、学習活動を導く教師や、参加する学習者の活動の仕方に左右される。学習者たちが個々に分担のみを遂行し、最後になってようやく、グループ間で報告し合う程度であれば、活動の成果は乏しいものに終わる。その一方で、活動の途中で互いの活動に気づき、活動内容を参照し、報告し合うことができれば、活動の問題点や新たな課題、新しいアイデアなどを見出すことができる。

しかし、CSCLの研究分野、とりわけ、同期的に、発見的な学習活動を支援するシステムに関する諸研究においては、リアルタイムな「気づき」を促すことはこれま

で試みられていない。例えば、CSILE(大島ほか, 2002)では、相互参照の機能は提供しているが、気づきをリアルタイムに促すための仕組みは提供していない。

我々は、こうした現状をふまえ、学習活動の最中における相互の気づきや参照、報告を促すために、「創発的分業(加藤, 2004)の概念に基づき、学習者の協同による発見的な学習活動を支援するための同期型CSCLシステム「Kneading Board」を開発してきた(舟生ほか, 2007; 稲垣ほか, 2006; 久保田ほか, 2006b; 平澤ほか, 印刷中)。

本論文では、1) 発見的学習を創発的分業の枠組みでとらえ、2) 発見的学習における創発的分業のモデルを提案し、3) 協同による発見的学習を支援する機能をCSCLシステム「Kneading Board」に実装した結果と活用事例について報告する。

2. 協同的な発見的学習と創発的分業

2.1 Kneading Boardが支援する協同的な発見的学習

協同による発見的学習では多くの場合、クラスの中で目標が設定され、その目標に基づいて、グループごとに目標が設定されて役割が分担される。そしてそれらの役割に基づいて、複数のグループで作業を分担し、最後に全グループの成果を総合して、クラスの目標を達成する。

例えば、理科の「電磁石」の単元における実験をベースとした学習活動では、まず、クラスの目標として、「電磁石と電流、コイルの巻き数の関係を明らかにする」ことを掲げる。次に、グループごとに、乾電池の数、コイルの巻数、鉄心の太さなどの実験条件が設定され、それ

¹⁾ 広島大学大学院

²⁾ 茨城大学

³⁾ 総合研究大学院大学

⁴⁾ 上越教育大学

⁵⁾ メディア教育開発センター

らの条件に基づいた役割分担がなされて、グループ毎に実験が行われる。そして、それらの結果をクラス全体でつきあわせて、上記の関係について明らかにしていく。

このとき、グループ間の相互作用（相互の参照、報告、質疑応答、アドバイスなど）によって、各グループの実験やクラス全体の目標の達成の成否が左右される。なぜなら、相互作用によって、作業の問題点が浮き彫りになり、それぞれ作業の内容や、分担の仕方がより良いものへと改善されるからである。

しかし、通常の授業実践では、グループ作業中の、グループ間の相互作用が希薄であることが少なくない。例えば前述の「電磁石」の学習活動では、グループが完全に独立して実験を行い、授業の最後で結果を紹介しあい、簡単に総括するだけで終わることが往々にしてある。このような場合、一部のグループで条件の設定を間違えていたり、グループ間で測定の方法が統一されていない、疑問点の洗い出しや結果の考察が不足しているなど、様々な問題をはらんでいることが多い。その結果、十分な学習成果しか得られないことになる。

その反対に、実験を行いつつ、グループが相互作用を通してリアルタイムに情報交換しあい、実験の方法を調整したり、繰り返しながら活動を進めることができれば、全体の成果を活用して、より豊かな成果を得ることができる。

このように、協同による発見的学習においては、知識を主体的かつ協調的に構築するために、こうした相互作用が不可欠である。

2.2 創発的分業と発見的学習

協同による発見的学習は、分業の一形態であり、「創発的分業」（加藤，2004）の枠組みの中で扱うことができる。

創発的分業によれば、協調的な活動において、分業の仕方は、事前に取り決めた場合であっても、「その時その場の状況」に応じて、臨機応変に変更・調整される。また、こうした分業の変更・調整は、活動が円滑であるほど、活発に起こる。逆に、活動が硬直的であったり、小さなトラブルが大きな問題に発展しやすいようなときには、分業の変更・調整が働いていない。

例えば、前述の「電磁石」の学習活動のように、それぞれのグループが最後まで、最初に取り決めた分担（制度的分業）しか視野に入れずに作業を進め、それぞれの分担が完全に独立しているような場合には、創発的分業は、全く働かない。先述のように、発見的学習を取り入れた学習活動が十分なものとならずに終わることがあるのは、こうした理由による。

つまり、発見的学習では、「その時その場の状況」に応じて、臨機応変な分業の変更・調整、即ち、分業の再編成が発生することが不可欠であると言える。

2.3 発見的学習における創発的分業

以上の議論をふまえ、協同による発見的な学習活動における創発的分業をモデル化した（図1）。

学習活動が活発になるためには、学習者たちは、制度的な分業の境界（最初に取り決めた分担の範囲）を越えて、他のグループの様子を見るなどして彼らの作業内容に気づき、自分たちの作業内容と比較して、異同を検討する。さらに、現在の作業内容を、当初の目標と比較・検討する。その結果として、「分業の揺らぎ」が生じる。そして、「グループ間で焦点化すべき箇所」（以下、フォーカス）について合意し、そこかしこでグループ間のローカルな話し合いと合意形成が折り重なる中で、目標を設定し直す、分担の範囲を調整する、作業方法を変えるなどの「分業の再編成＝新たな分業の創発」が発生する。この創発を契機として、より深い次元で、各グループの調査や、グループ間の質疑・応答や議論、考察が促進され、深みのある学習産物が生み出されるのである。

例えば前述の「電磁石」の学習活動では、グループ間で測定の方法が統一されていない場合でも、外化されたそれぞれの結果を互いに見合うことで、測定値のばらつきが大きすぎるなど、「何かがおかしい」ことに気づくことができる（分業の揺らぎ）。そして、「おかしい」と思われる箇所について合意し、その理由や対処方法を協議した上で、新たな役割分担を行うことができる（分業の再編成）。

このように創発的分業を眺めると、まず、1) 他者の作業内容に気づいて比較ができること、そして、2) 比較の結果をふまえてフォーカスを設定し共有できること、の2点が重要であることが分かる。

異同の比較やフォーカスの設定・共有が、行われるかどうかは、その実践に参加する学習者と教師それぞれの力量や、学習すべき対象、当初の分担のあり方などによって、大きく左右される。そこで、創発的分業を活性化するために、Kneading Boardでは特に、「分業の揺らぎにおける気づきと異同の比較・検討」、「分業の再編成におけるフォーカスの設定と共有」の2点を支援する。

3. 同期型CSCLシステム「Kneading Board」

3.1 概要

本システム（図2）では、ユーザが協同で、複数のシート上にラベルやリンクなどから構成される意味ネットワークを作成できる。ノードには、文字の他、画像ファイルを貼り付けることも可能である。また、複数のシートを開いて作業できる。Java 1.4以上がインストールされ、インターネットに接続されていれば、動作可能である。

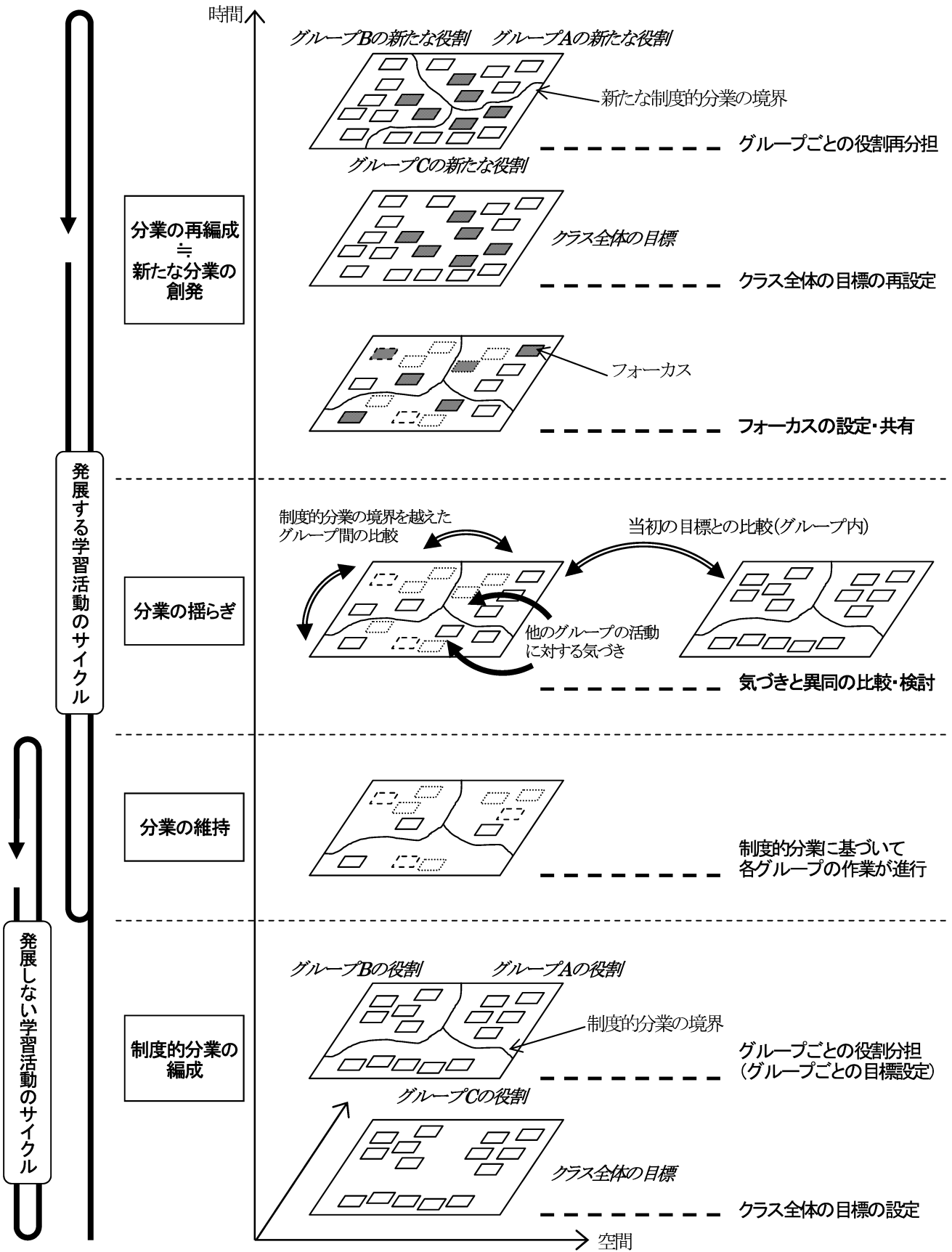


図1 創発的分業のモデル

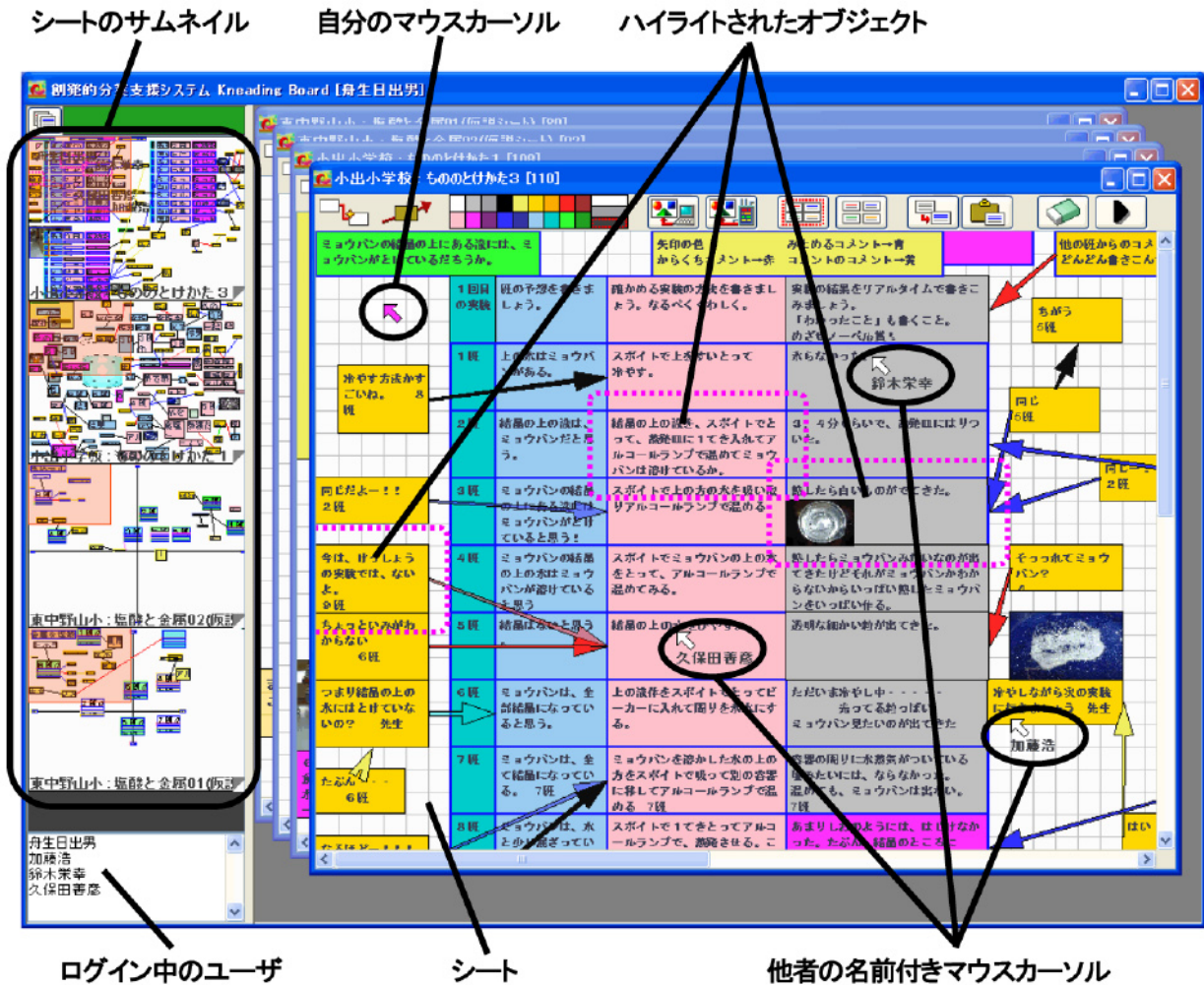


図2 Kneading Boardのユーザインタフェース

3.2 支援機能

3.2.1 アウェアネス情報提示機能

この機能は、アウェアネス情報を提示することで、役割分担された作業を進める中でリアルタイムに、他の学習者の作業状況への気づきを促し、「分業の揺らぎにおける気づきと異同の比較・検討」を支援する。他のグループが、どのシートのどのあたりで、どのように作業しているのかに気づいたり、シート上に外化されたリソースを作成したのが自分なのか他の学習者なのかを区別した上でそれらを比較できる。

このような気づきによって、作業の最中で、自分たちの作業だけではなく、他のグループが行っている作業の様子も視野に入り、グループ間の交流（相互参照、報告、質疑応答、アドバイス、など）が活発になることが期待できる。提示されるアウェアネス情報を以下に示す。

1) 他者の名前付きマウスカーソル：シート上には、他のグループのマウスカーソルが、名前とともに表示される。移動時には、どの方向にどの程度移動したかが把握しやすいよう、軌跡も表示される。他のシート上に移動したグループのマウスカーソルは、次で

説明するシートのサムネイルで確認できる。

2) シートのサムネイル：各シートが縮小表示されており、それぞれの作業の概要を知ることができる。サムネイル上にも他者の名前付きマウスカーソルが表示される。

3) オブジェクトのオーナーシップ：ラベルやリンクなどのオブジェクトの作成者が、オブジェクトの枠線の色と太さの違いで示される。自分が作成したものは青く太い枠線、他のユーザによるものは黒く細い枠線となる。

3.2.2 ハイライト機能

この機能は、新たな役割分担のあり方を考える上で着目すべき箇所についてリアルタイムに、他のグループに示したり、示された側がそれに気づいたりすることを促し、「分業の再編成におけるフォーカスの設定と共有」を容易にする。学習者がフォーカスしたいラベルを明示するために、また、教師がフォーカスとすべき箇所を学習者らに示すために、当該オブジェクトの周囲に点滅する枠を表示できる。この枠は、サムネイル上でも表示されるため、他のシートで作業しているグループに対して

も、気づきを促すことができる。

それによって、グループ間でフォーカスを共有でき、現状における問題点や、更に探求すべき点などについて、共通の認識を持って考えたり、議論したりしやすくなることが期待できる。

4. Kneading Boardの活用事例

これまで、理科を中心に、算数、国語、社会科における授業実践事例が報告されている (<http://kb.nime.ac.jp/>)。以下では、その内の代表的な2例について概説する。

小学校6年理科「電磁石のはたらき」では、各グループが、1枚のシートに実験結果を書き込んでいった。やがて、アウェアネス情報提示機能によって、グループ間のコミュニケーション（対面による対話と、シート上で展開されるチャット的な書き込み）が促進される中、電磁石でクリップを引き寄せる際の方法が統一されていないことが明らかになった。そして1人の児童から自発的に、クリップを引き寄せる際の「公式ルール」が提案され、その後、全てのグループがそれに則って、実験を進めた。

小学校6年理科「水溶液の性質」では、それぞれの実験結果を書き込むグループ毎のシートと、全グループの仮説を書き込むシートを用いた。児童らは、アウェアネス情報提示機能を有効に活用し、複数シートを巧みに切り替えて、実験結果や、仮説に対する自信と証拠を共有し参照しあいながら、それぞれの実験活動を再認識し、改善していった。

なお、これらの事例は、ハイライト機能を実装する以前のものであるため、ハイライト機能の効果については検証できていない（ただし、分業の再編成が発生していることは確認されている）。

また他の事例には、授業実践の制約上、2.3で説明した創発的分業のモデルを完全には踏襲していないものも見られる。だが、少なくとも部分的には創発的分業の概念が活かされ、グループ間の相互作用が促進されていることが確認されている。

5. まとめと今後の課題

本論文では、発見的学習を創発的分業の枠組みでとらえ、学習活動を促進するには、1) 分業の揺らぎにおける気づきと異同の比較・検討、2) 分業の再編成におけるフォーカスの設定と共有、の2点がリアルタイムに支援される必要があることを述べ、これらの支援機能を実装したCSCLシステム「Kneading Board」について説明した。

今後は、発見的な学習活動の支援について、1) アイマーカーレコーダで眼球運動を測定し、アウェアネス情報

提示機能による気づきや比較の支援について検証すること、2) 相互行為分析などによって学習者らの振る舞いを分析し、フォーカスの設定と共有を支援するハイライト機能の有効性を評価すること、の2点を実施する予定である。

6. 利用方法

Kneading Boardの利用方法、授業実践事例などに関する情報は、次のURLで公開している。<http://kb.nime.ac.jp/>

付 記

本研究の一部は、平成19年度科学研究費補助金・基盤研究(B) (課題番号：19300290, 代表：加藤浩), 平成19年度科学研究費補助金・若手研究(B) (課題番号：18700647, 代表：舟生日出男) の支援を受けている。

(平成19年10月9日受付)

引用文献

- 舟生日出男・山口悦司・稲垣成哲 (2003), 再構成型コンセプトマップ共同作成ソフトウェアの内省と対話の支援における有効性について 科学教育研究, 27(5), 318-332
- 舟生日出男・鈴木栄幸・久保田善彦・加藤 浩 (2007), 発見的学習活動における創発的分業を支援するシステムの機能的要件 信学技報, 107(109), 9-24
- 平澤林太郎・久保田善彦・舟生日出男・鈴木栄幸・加藤 浩 (印刷中), 同期型CSCLシステムのサムネイルによるアウェアネス支援の研究－小学校6年生「水よう液の性質」の班別実験活動から－ 日本教育工学会論文誌
- 稲垣成哲・山口悦司・出口明子・舟生日出男・望月俊男・鈴木栄幸・加藤 浩 (2006), 創発的分業を支援するCSCLシステムの実践的評価 科学教育研究, 30(5), 269-284
- 加藤 浩 (2004), 協調学習環境における創発的分業の分析とデザイン ヒューマンインタフェース学会論文誌, 6(2), 161-168
- 久保田善彦・余田義彦・山野井一夫・西川 純・戸北凱惟 (2006a), 「注釈付き写真」の制作が児童の「気づき」の振り返りに及ぼす影響 科学教育研究, 30(5), 285-293
- 久保田善彦・鈴木栄幸・舟生日出男・加藤 浩・西川 純・戸北凱惟 (2006b), 創発的分業支援システムによる教室内のコミュニティの変容と科学的実践：6年生「電磁石のはたらき」の実践から 理科教育学研究, 46(2), 11-19
- 大久保正彦・稲垣成哲・竹中真希子・黒田秀子・土井捷三 (2002), カメラ付き携帯電話を利用した協調学習支援システムの開発と評価 日本教育工学会論文誌, 28(Suppl.), 189-192
- 大島律子・大島 純・村山 功 (2002), CSCL環境における参加構造の統制と対話ルールの教示が学習に及ぼす効果 日本教育工学会論文誌, 26(2), 55-64
- 杉本美穂子・佐伯 胖・楠 房子・須藤正人 (2002), 科学教育における建設的会話支援システムの活用 科学教育

研究, 26(1), 56-65

鈴木栄幸・舟生日出男 (2002), 学習者間対話の支援をと
とした創造的学習領域の構成 科学教育研究, 26(1),
42-55



ふなおいひで
舟生日出男

2001年東京理科大学大学院基礎工学研究科電子応用工学専攻博士後期課程満期退学。博士(工学)。2002年茨城大学人文学部講師, 2004年同学部助教授, 2005年広島大学大学院工学研究科情報工学専攻助教授, 2007年同研究科准教授(現在に至る)。教育工学の研究に従事, とりわけ学習活動を支援するコンピュータシステムの開発と評価に取り組む。日本教育工学会, 日本科学教育学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本認知科学学会, ACM等各会員。



すずき ひでゆき
鈴木 栄幸

1988年慶應義塾大学大学院社会学研究科(心理学専攻)修士課程修了。同年日本電気株式会社入社, 2000年茨城大学人文学部助教授, 2007年同学部教授(現在に至る)。コンピュータを利用した協同学習環境のデザイン実践, 理論研究に従事。日本教育工学会, 日本科学教育学会, 日本認知科学学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 各会員。



くぼたよしひこ
久保田善彦

1992年東京学芸大学大学院教育学研究科修士課程修了。2001年上越教育大学大学院学校教育研究科修士課程修了。2006年兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科博士課程修了。1992年から2006年まで茨城県立公立学校教諭。2006年より上越教育大学大学院准教授。理科教育学, 教育工学を主たる専門とし, 臨床的研究に従事。博士(学校教育学)。日本理科教育学会, 日本科学教育学会, 日本教育工学会, 日本地学教育学会, 日本認知科学学会, 等各会員。



ひらさわりんたろう
平澤林太郎

1994年新潟大学教育学部小学校教員養成課程卒業, 1994年から新潟県公立小学校教諭, 現在, 2006年上越教育大学大学院学校教育研究科修士課程学校教育専攻在学中。CSCL利用時のオンライン交流とオフライン交流の関係, ゲーグルアースを利用した授業改善に関心があり, 公立小学校教諭の立場から理科教育・コンピュータ教育を中心に実践的な教育研究に従事。日本理科教育学会, 日本教育工学会, 日本教科教育学会, 日本科学教育学会, 各会員。



かとう ひろし
加藤 浩

昭58慶應大大学院工学研究科修士課程了。同年日本電気入社。平11東京工業大社会理工学研究科博士課程了。博士(工学)。平12メディア教育開発センター助教授。平12東京工業大大学院社会理工学研究科助教授連携併任。平13総研大文化科学研究科助教授併任。現在, メディア教育開発センター教授, 及び総研大文化科学研究科教授併任。教育工学の研究に従事。日本教育工学会, 日本科学教育学会, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 日本認知科学学会, ヒューマンインタフェース学会, 日本テスト学会, American Educational Research Association 各会員。

Development of a CSCL System for Emergent Division of Labor in Discovery Learning Activities

Hideo Funaoi¹⁾ · Hideyuki Suzuki²⁾³⁾ · Yoshihiko Kubota⁴⁾ ·
Rintaro Hirasawa⁴⁾ · Hiroshi Kato³⁾⁵⁾

Learning activities owe their success to whether emergent division of labor is smooth or not, in discovery learning activities in which learners construct independently and collaboratively their knowledge. Learners need some supports to facilitate emergent division of labor and improve the degree of successes of their learning activities. This paper reports 1) the result of a consideration to discovery learning activities in CSCL from the framework of emergent division of labor, 2) a model of emergent division of labor in discovery learning activities 3) functions for a CSCL system “Kneading Board” which support emergent division of labor in discovery learning activities and its application.

Keywords

Discovery Learning, Emergent Division of Labor, Modeling, CSCL, System Development

¹⁾ Hiroshima University

²⁾ Ibaraki University

³⁾ The Graduate University for Advanced Studies

⁴⁾ Joetsu University of Education

⁵⁾ National Institute of Multimedia Education