

平成 22 年 5 月 27 日現在

研究種目：基盤研究(A)
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18200048
 研究課題名(和文) ユビキタス社会における創造的人材育成をめざした科学教育プログラムの開発と評価
 研究課題名(英文) Development and Evaluation of Science Education Programs for the Cultivation of Creative Human Resources in Ubiquitous Society
 研究代表者
 稲垣 成哲 (INAGAKI SHIGENORI)
 神戸大学・人間発達環境学研究科・教授
 研究者番号：70176387

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ユビキタス技術を用いた複数の協調学習支援システムを構築し、それらのシステムを有効に活用した『創造的人材の育成』を可能にするような科学教育プログラムの開発と評価をするとともに、その成果を受けて、新しい科学教育のあり方を提案することであった。創造的人材に求められる資質能力領域として、科学的議論・論述能力、科学概念統合能力、科学的観察・情報活用能力、科学的推論・問題解決能力の4領域を設定し、それぞれの領域に対応させて、ITシステムを活用した新しいタイプの授業を実験校に導入し、実証実験を行った。その結果、学習者における資質能力の向上に寄与できる授業のデザイン指針を策定することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to create several CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) systems originate in ubiquitous technology, thereby to develop and evaluate programs in science education that enable to foster human resources with creativity, which ultimately represents innovative science education that enhances ubiquitous society. To achieve these goals, our group firstly set four realms of scientific aptitudes considered to be desirable to equip such as: Discussion/Description, Conceptual Integration, Observation/Informational Application, and Deduction/Solution. Subsequently, based on the foresaid respective realms, we have introduced epoch-making IT lessons at targeting schools as demonstrative experiments. As results, we defined effective design principles in the school lessons that would contribute to the advancement of students' aptitudes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	14,200,000	4,260,000	18,460,000
2007年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2008年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2009年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
年度			
総計	36,000,000	10,800,000	46,800,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学／科学教育

キーワード：科学教育，教育プログラム開発，学習支援，創造的人材育成，ユビキタス社会

1. 研究開始当初の背景

(1) 社会的背景

現在、内閣府の総合科学技術会議「第3期科学技術基本計画」関連資料や文部科学省「科学技術と社会という視点に立った人材養成を目指して-科学技術・学術審議会人材委員会 第三次提言-」等では、近未来の科学教育への課題として、科学への興味・関心を高め、科学好きの子どもの裾野を広げたり、高度・先端的な内容の科学をわかりやすく教えたりする等、魅力ある授業を実現するための初等中等教育の充実が求められている。また、学習者には、知の大競争時代を先導するような知の創造力と活用能力、さらには、イノベーションを可能とする難問への挑戦力等の資質能力を身に付けることが期待されている。これらの諸課題を克服するために、実験・観察などの体験的な学習活動とデジタル技術を生かした学習活動を統合的に活用することの重要性が指摘されている。

(2) ユビキタスネット社会と教育

デジタル技術の活用については、社会を取り巻く環境が急速に変化し、現在、ユビキタスネット社会という従来にない新しい環境が出現しつつある。上述の総合科学技術会議の関連資料においても、ユビキタスネット社会の実現と革新を続ける「イノベータ日本」の実現、それに関わる次世代の人材育成を重要な政策課題としており、その具体化は、緊急性を帯びたものであると考えられる。こうした動向は、近未来の科学技術人材の育成に密接に関係するといえる。新しい環境の出現は、新しい人材育成のあり方を求めるからである。したがって、ユビキタスネット社会を先取りした学習環境を学校に構築し、その中で一般的な教育方法論の枠組みを超えて、ユビキタスネット社会に固有な科学教育のあり方、言い換えれば、現在、課題として指摘されている子どもたちの科学への興味・関心を高め、PISAなどで問題視されている科学的リテラシーや読解力を向上させ、高度・先端的な内容の科学をわかりやすく教えることのできる新しい科学教育のあり方を統一的にかつ実践的に検証していくことが重要な課題であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、近未来の科学教育における主要な資質能力領域として、「科学的議論・論述能力」「科学概念統合能力」「科学的観察・情報活用能力」「科学的推論・問題解決能力」を設定し、(1)それぞれの領域に対応したユビキタス学習環境で利用できる学習支援システムを開発すること、(2)それらのシステムを利用した授業実践の開発と評価を行うこと、(3)その成果に基づいて、授業のデザイン指針を策定することであった。

3. 研究の方法

研究の遂行にあたっては、各資質能力領域に即した研究グループを構成した。

(1) 学習支援システムの開発

本研究では、前述した「科学的議論・論述能力」「科学概念統合能力」「科学的観察・情報活用能力」「科学的推論・問題解決能力」の領域において、効果的に利用できる学習支援システムの改良及び開発を行った。

(2) 授業のデザイン研究

(1)で開発した複数の学習支援システムを活用した具体的な授業のデザイン研究を行った。各授業では、各資質能力領域における学習者の評価を丁寧に実施した。すべての授業は録画され、授業評価のための基礎資料とするとともに、学習者に対する質問紙調査、面接調査、教師に対する面接調査等が多角的に実施された。また、デザイン研究として、研究期間内に同じテーマの授業を繰り返し実施し、デザインの比較、改善等の検討を行うことで、デザイン指針の抽出を行った。

4. 研究成果

(1) 科学的議論・論述能力グループ

科学的議論・論述能力グループでは、小学校の理科において、Knowledge Forumを利用した科学的議論・論述能力育成型授業の開発・評価を行った。図1には、本研究用にカスタマイズしたKnowledge Forumのviewを示している。



図1 「燃焼の3要素原理」のview

開発した授業は、化学分野の「燃焼の3要素原理」、総合分野の「遺伝子組み換え食品問題」「電力問題」等をテーマとしたものであった。評価の結果、科学的議論・論述能力の基礎となる科学的思考としての原理・法則のメタ理解の支援、社会的意思決定における問題定義の支援に着目したシステム及び授業のデザインの有効性が確認された。

(2) 科学概念統合能力

科学概念統合能力グループでは、2つのシステムと、各システムに即した授業の開発を行った。まず、再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェア「あんどろ君」の改良版の開発を行った。改良のポイントは、検索機能と比較機能、階層化機能の実装であった。これらの改良は、学習者による科学概念の統合を促進するためのリフレクションの支援に着目したものであった。図2には、「あんどろ君」のインターフェースを示している。

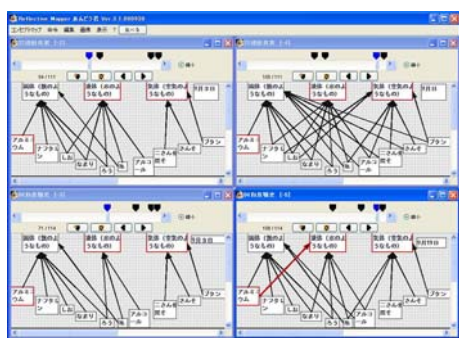


図2 比較機能を実装した「あんどろ君」

次に、デジタル運勢ラインシステムの開発を行った。本システムは、学習者における科学概念へのコミットメントを即時的に表示、共有できるものであり、最終型としてはモバイル端末に実装した。図3には、本システムのインターフェースを示している。



図3 デジタル運勢ラインシステム

「あんどろ君」を利用した科学概念統合能力育成型授業は、小学校の理科において、「生命の誕生」「人体」「水溶液」「磁石」「三態変化」、中学校の理科で「電磁石」「遺伝と生殖」等のテーマで実施された。デジタル運勢ラインを利用した授業は、小学校の「三態変化」「電流」等のテーマで実施された。評価の結果、システム及び授業のデザインとしては、検索、比較、階層化、コミットメント表示、集計等が効果的であり、学習者の科学概念統合能力を向上させることがわかった。

(3) 科学的観察・情報活用能力

科学的観察・情報活用能力グループでは、ケータイを利用した情報共有システム (clippicKids) を開発するとともに、当該

システムを活用した授業実践を行った。図4には、本システムの情報共有部分のインターフェースを示している。本システムは、複数のケータイで撮影した写真を一つのHP上に集約し、検索、比較、コメント付け等が可能なシステムである。

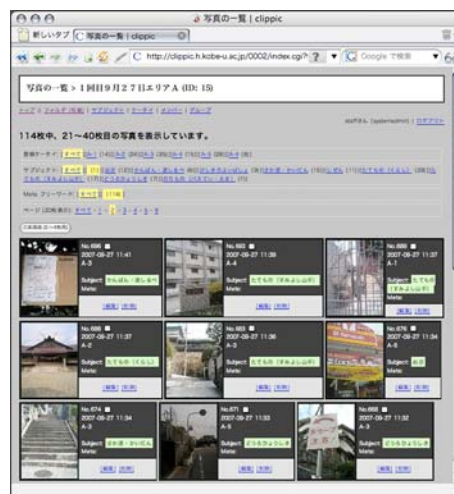


図4 clippicKidsのインターフェース

clippicKids を利用した科学的観察・情報活用能力育成型の授業は、小学校の生活科において、「町探検」「季節みつけ」「植物しらべ」「朝食しらべ」等のテーマで実施された。とくに、「朝食しらべ」等では、ケータイの特性を利用して家庭と連携した授業が実施された。評価の結果、携帯性、編集可能性、比較、検索の支援に着目したシステム及び授業のデザインは、科学的観察・情報活用能力の育成に有効であることがわかった。

(4) 科学的推論・問題解決能力

科学的推論・問題解決能力グループでは、複合現実技術を用いて、学習者相互の協調と学習者個人の内省をシームレスに支援するボードゲーム型協調学習支援システムを、小学校の教育現場と連携しつつ構築した。図5には、本システムの全容を示している。

本システムについて、環境問題学習を対象として行った実践の分析を進めた結果、学習者の可触性、内省のための個人空間、即時的なシミュレーションによる結果の表示等に着眼したシステム及び授業は、科学的推論・問題解決能力の育成に有効であることがわかった。

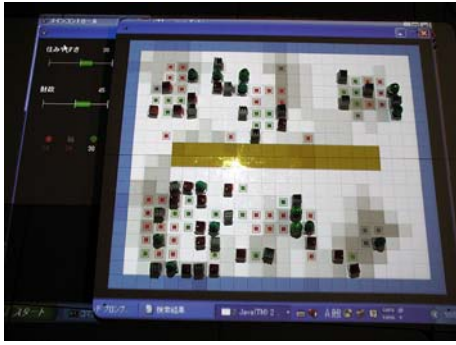


図5 環境問題学習用ボードゲーム

(5) 成果の位置づけと今後の展望

本研究では、「科学的議論・論述能力」「科学概念統合能力」「科学的観察・情報活用能力」「科学的推論・問題解決能力」の領域を設定し、それぞれの領域に対して、効果的に利用できるユビキタス環境で稼働するITシステムを開発するとともに、それらのシステムを利用した継続的な授業実践と評価を行ってきた。このように学習支援システムの開発と同時に、現実の授業にそれらを導入することで継続的な実践的評価を行っている研究は、国内外において例が少なく、新規性や独創性が評価されていると考えられる。本研究の成果が、以下に列挙するように国内外の論文誌や国際会議録に採択されていることはその証左である。

しかしながら、本研究により抽出された授業のデザイン指針は、各授業のテーマに固有なものであり、それらを『創造的人材育成』の観点から体系化するまでには至らなかった。デザイン指針の体系化のためには、さらに研究を継続し、授業デザインの知見を蓄積するとともに、デザイン指針の相互関係等を明らかにしていくことが重要である。

今後の展望としては、本研究において開発されたシステムや授業のデザイン事例等のオープン化を推進することで、研究成果の社会還元を行うことが考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計42件)

- ① 坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲・大島純・大島律子・村山功・中山迅・竹中真希子・山本智一・藤本雅司・橘早苗(印刷中), 知識構築型アーギュメントの獲得:小学生を対象とした科学技術問題に関するカリキュラムの開発と改善を通して, 教育心理学研究, 査読有, 第58巻, 第1号.
- ② 坂本美紀・山本智一・山口悦司・稲垣成哲・大島純・大島律子・中山迅・竹中真希子・村山功(印刷中), 科学技術問題の解決を目指した協調学習のデザイン

研究:電力問題を取り上げた単元における「問題を定義すること」の学習, 科学教育研究, 査読有, 第34巻, 第2号.

- ③ 舟生日出男・大黒孝文・稲垣成哲・山口悦司・出口明子(印刷中), 再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアを利用した協同的概念整理型ノートテーキングの指導:中学校理科「電流のはたらき」での実践を通して, 科学教育研究, 査読有, 第34巻, 第2号.
- ④ Etsuji Yamaguchi, Hideo Funaoi, Akiko Deguchi, & Shigenori Inagaki(in press). Development of digital fortune line system for iPhone/iPod touch toward supporting science learning. Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications 2010, refereed, Toronto, Canada.
- ⑤ Makiko Takenaka, Yasuhisa Okazaki, Kazuhiro Yasutani, Masahiko Ohkubo(2010) Development of a mobile quiz game authoring system for supporting fieldwork learning, Proceedings of the IADIS International Conference Mobile Learning 2010, refereed, pp.341-345.
- ⑥ 橘早苗・稲垣成哲・山口悦司・坂本美紀・大島純・大島律子・中山迅・竹中真希子・藤本雅司・山本智一(2009), 科学的思考としての原理・法則のメタ理解の再検証, 科学教育研究, 査読有, 第33巻, 第4号, pp.362-369.
- ⑦ 黒田秀子, 竹中真希子, 稲垣成哲(2009) 学校と家庭との連携を支援するための授業デザイン:カメラ付き携帯電話を活用した生活科での親子学習, せいかつか&そうごう, 査読有, 第16号, pp.102-109.
- ⑧ Akiko Deguchi, Shigenori Inagaki, Etsuji Yamaguchi, & Hideo Funaoi(2008), A design experiment in elementary science lesson using concept mapping software for reconstructing learning processes: Conceptual understanding of "three states of matter". A. J. Cañas, P. Reiska, M. Åhlberg & J. D. Novak (Eds.) Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping 2008, refereed, Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland, Vol. 1, 30-36.
- ⑨ 黒田秀子, 竹中真希子, 出口明子, 稲垣成哲(2008) 知的な気付きの質を高める生活科の授業デザイン:2年生の「季節見つけ」におけるテクノロジーの利用, せいかつか&そうごう, 査読有, 第15

- 号, pp. 68-75.
- ⑩ 大黒孝文・出口明子・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲 (2008), 協同学習における基本的構成要素の活性化支援: ジョンソンらの協同学習論に基づいた思考外化テクノロジー利用のデザイン原則の提案, 理科教育学研究, 査読有, 第 49 巻, 第 2 号, pp. 41-58.
- ⑪ 坂本美紀・村山功・山口悦司・稲垣成哲・大島純・大島律子・中山迅・竹中真希子・山本智一・藤本雅司・竹下裕子・橘早苗 (2007), 科学的思考としての原理・法則のメタ理解: 小学校第 6 学年「燃焼」を事例として, 科学教育研究, 査読有, 第 31 巻, 第 4 号, pp. 220-227.
- ⑫ 出口明子・稲垣成哲・山口悦司・舟生日出男 (2007), 理科教育におけるテクノロジーを利用したリフレクション支援の研究動向, 科学教育研究, 査読有, 第 31 巻, 第 2 号, pp. 71-85.
- ⑬ 大黒孝文・出口明子・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲 (2007), 協同学習における対面的-積極的相互作用の活性化: テクノロジーを利用した思考の外化に着目して, 理科教育学研究, 査読有, 第 48 巻, 第 1 号, pp. 35-49.
- ⑭ 竹中真希子, 稲垣成哲, 黒田秀子, 出口明子, 大久保正彦 (2007) 自然観察の道具としてのカメラ付き携帯電話の可能性, 理科教育学研究, 査読有, 第 48 巻, 第 2 号, pp. 53-62.
- ⑮ Jun Oshima, Ritsuko Oshima, Isao Murayama, Shigenori Inagaki, Makiko Takenaka, Tomokazu Yamamoto, Etsuji Yamaguchi, & Hayashi Nakayama (2006). Knowledge-Building Activity Structures in Japanese Elementary Science Pedagogy. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, refereed, 1(2), 229-246.
- ⑯ 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司・出口明子 (2006), あんどう君プロジェクト: リフレクションを指向した学習コミュニティの発展, 科学教育研究, 査読有, 第 30 巻, 第 3 号, pp. 132-144.
- [その他 26 件]

[学会発表] (計 40 件)

- ① 坂本美紀・山口悦司・稲垣成哲・村山功・Knowledge Forum Japan Research Group (大島純・大島律子・中山迅・竹中真希子・山本智一・藤本雅司) (2009), 知識構築型アーギュメントの獲得を目指した科学教育カリキュラムの改善: 教師の支援と児童の学習活動の検討, 日本教育心理学会第 51 回総会発表論文集,

- p. 260, 静岡大学, 2009 年 9 月 20 日
- ② 出口明子・稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司 (2009), 他者の思考プロセスの活用を促進するリフレクション支援ソフトウェアの開発と評価, 日本教育工学会第 25 回全国大会講演論文集, pp. 63-66, 2009 年 9 月 21 日, 東京大学
- ③ 山口悦司・稲垣成哲・舟生日出男・出口明子・神山真一 (2009) 「デジタル運勢ラインシステムと紙ベース運勢ライン」の比較研究: 概念変化に寄与する教室談話の観点から, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 第 7 号, p. 130, 2008 年 8 月 18 日, 福井大学
- ④ 出口明子・山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲・三澤尚久・神山真一 (2008), デジタル運勢ラインシステムの機能拡張: 集計機能の改良と評価, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 第 6 号, p. 371, 2008 年 8 月 19 日, 福井大学
- ⑤ 竹中真希子 (2008) テクノロジーによる学習支援研究の現状と課題, 日本科学教育学会第 32 回年会論文集, pp. 41-44, 2008 年 8 月 24 日, 岡山理科大学
- ⑥ 黒田秀子, 竹中真希子, 稲垣成哲, 大久保正彦 (2008) ケータイを活用した生活科での親子学習, 日本科学教育学会第 32 回年会論文集, pp. 441-442, 2008 年 8 月 24 日, 岡山理科大学
- ⑦ 山口悦司・舟生日出男・稲垣成哲・神谷太一・三澤尚久・出口明子・神山真一 (2007), リフレクションを促進する理科授業のデザイン研究: 小学校第 3 学年「磁石」の評価, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 第 5 号, p. 219, 2007 年 8 月 5 日, 愛知教育大学
- ⑧ 大久保正彦, 竹中真希子, 稲垣成哲 (2007) ホスティングサービス可能なケータイ写真共有システムの開発: 学習コミュニティを支援するプラットフォーム, 教育システム情報学会第 32 回全国大会講演論文集, pp. 390-391. 8 月 25 日, 信州大学
- ⑨ 大島純・大島律子・Knowledge Forum Japan Research Group (稲垣成哲, 山口悦司他) (2007), 電子掲示板コミュニケーションにみられる社会的知識発展の評価: 複雑ネットワーク理論の適用, 日本教育工学会第 23 回全国大会講演論文集, pp. 727-728, 2007 年 9 月 23 日, 早稲田大学
- ⑩ 稲垣成哲・楠房子・杉本雅則・山口悦司・橘早苗・山本智一・竹内雄一郎・出口明子・関孝雄 (2006), PDA とセンシングボードを活用した実践のあゆみ, 日本科学教育学会第 30 回年会論文集, pp. 123-126, 2006 年 8 月 18 日, 筑波学

院大学

[その他 30 件]

[図書] (計 1 件)

① Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Akiko Deguchi, Yuichiro Takeuchi, Takao Seki, Sanae Tachibana, and Tomokazu Yamamoto (2009), Fostering students' participation in face-to-face interactions and deepening their understanding by integrating personal and shared spaces. Z. Pan et al. (Eds.) Transactions on Edutainment II, LNCS 5660, pp. 228-245.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲垣 成哲 (INAGAKI SHIGENORI)
神戸大学・人間発達環境学研究科・教授
研究者番号：70176387

(2) 研究分担者

山口 悦司 (YAMAGUCHI ETSUJI)
神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授
研究者番号：00324898

舟生 日出男 (FUNAOI HIDEO)
広島大学・工学研究科・准教授
研究者番号：20344830

出口 明子 (DEGUCHI AKIKO)
宇都宮大学・教育学部・講師
研究者番号：70515981

大島 律子 (OHSHIMA RITSUKO)
静岡大学・情報学部・准教授
研究者番号：70377729

竹中 真希子 (TAKENAKA MAKIKO)
大分大学・教育福祉科学部・准教授
研究者番号：70381019

杉本 雅則 (SUGIMOTO MASANORI)
東京大学・工学系研究科・准教授
研究者番号：90280560

楠 房子 (KUSUNOKI FUSAKO)
多摩美術大学・美術学部・教授
研究者番号：40192025
(2007→2008：連携研究者)

大島 純 (OSHIMA JUN)
静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：70281722
(2007→2008：連携研究者)

中山 迅 (NAKAYAMA HAYASHI)
宮崎大学・教育学研究科・教授
研究者番号：90237470
(2007→2008：連携研究者)

村山 功 (MURAYAMA ISAO)
静岡大学・教育学研究科・教授
研究者番号：40210067
(2007→2008：連携研究者)

坂本 美紀：(SAKAMOTO MIKI)
神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授
研究者番号：90293729
(2007→2008：連携研究者)

(3) 研究協力者
大黒 孝文 (DAIKOKU TAKAFUMI)
同志社女子大学・教職課程センター・教授
研究者番号：80551358

山本 智一 (YAMAMOTO TOMOKAZU)
宮崎大学・教育文化学部・准教授
研究者番号：70584572

黒田 秀子 (KURODA HIDEKO)
神戸大学・附属小学校・教諭

神山 真一 (KAMIYAMA SHINICHI)
神戸大学・附属住吉小学校・教諭

藤本 雅司 (FUJIMOTO MASAJI)
小林聖心女学院小学校・教諭

三澤 尚久 (MISAWANAOHISA)
小林聖心女学院小学校・教諭

橘 早苗 (TACHIBANA SANAE)
三木市立緑が丘小学校・教諭