

平成21年 6月 3日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500803

研究課題名（和文） 問題変更による作問を対象とした学習支援システムに関する研究

研究課題名（英文） Interactive Environment for Learning by Problem Changing

研究代表者

平嶋 宗（Hirashima Tsukasa）

広島大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10238355

研究成果の概要： 報告者は、これまでに学習者の理解状態に応じて適応的に振舞う知的な学習支援環境（知的CAI）の実現を目指した研究に従事してきており、近年では、「問題作りからの学習」を対象とした研究に取り組んでいる。本研究で行った、「問題変更による作問を対象とした学習支援システム」に関する研究は、それまでに研究してきた問題作りからの学習の支援を、すでにある問題を変更するという形での作問にまでの拡張を試みた。結果として、システムの実装とその試験的運用およびその結果に基づく評価を行うことができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：作問，学習支援，問題変更

## 1. 研究開始当初の背景

学習活動において主に解決の対象とされている「問題」は、それ自体が探求の対象となりえる。たとえば、「問題を変更していくことによって新しい問題を作成し、吟味する」といった活動は、「問題がなぜそのような設定として与えられているのか」、「その設定を変えたらどうなるのか」、といったその問題およびその背景となっている学習課題へのより本質的な理解へ繋がると期待できる。また、「自分が何をすでに理解できているか」、「何を理解できていないか」あるいは

「理解する必要があるか」といった学習者自身の学習についての認識を促進することも期待できる。「問題変更としての作問」のこのような有効性についてはすでに広く認識されており、また、実践例も報告されている。

それにもかかわらず、必ずしも幅広く実践されるに至っていない最大の理由は、この学習方法において最も重要な活動といえる「作成された問題の吟味」に対する支援が困難なことである。「作成された問題の吟味」を助けるためには、個々の学習者が作った個々の問題の内容を踏まえた個別指導が求められる

ることになるが、通常の授業の形態ではほぼ不可能であった。このため、問題の吟味については学習者自身の能力に任させることになり、このような条件下でこの学習法を成立させるためには、学習者の能力や学習課題に大きな制約があったといえる。

## 2. 研究の目的

報告者は、学習活動を促進するソフトウェアシステム(学習支援システム)に関する研究に継続的に従事してきたが、本研究では、知識工学的手法に基づき、(1)学習者による問題変更とその変更が解法に及ぼす影響を診断し、(2)その結果に基づいて問題の吟味や変更を促すフィードバックを生成する、ことのできる学習支援システムを設計・開発した。さらに、このシステムを用いて学習活動を行なうことによる学習効果の実験的検証を試みた。具体的に取り扱う問題としては、ある特定の数量関係が存在することを前提として、与えられている属性の値から求めるべき属性の値を導く、といった数学や物理においてよく見受けられる問題を取り扱った。

学習において「問題を解くこと」は、獲得した知識を確認し、またその使い方に熟練する上での不可欠な活動とされている。このような観点においては、「問題」は学習者に対して与えられるものであり、学習者が行うべきことは、その問題を正しく解くことであった。これに対して、Polya は、与えられた問題をそのまま解こうとするだけでなく、与えられた問題設定を様々に変えてみて、その変更によって新たに作られた問題がどのように解けるのか、またその問題設定の変更が解き方にどのような影響を与えるのか、といったことを探求的に考えてみるのが、より高度な問題解決と問題理解のために重要であるとの主張を行っている。また、Brown & Walter は、問題を構成する属性を列挙した上で、その値の変更によって新しい問題を作成するといった作問形式(What-If-Not型と呼ばれている)を提案し、問題およびその問題の背景にある学習対象への理解を深める方法として有効であるとの報告を行っている。さらに、国内においても、「問題から問題へ」あるいは「オープンエンドアプローチ」などとして、問題を変更することによる探求的学習の重要性が様々な形で指摘されている。コンピュータの活用としては、作図ツールを用いることによって幾何の問題設定を探求的に変更することを可能にするといった試みが国内外で行なわれており、実践的な成果が報告されている。作図ツールを用いたこれらの研究は、学習者の行った問題変更を図形上に反映するという意味で、個別指導に踏み込んだものとなっているが、ソフトウェアシ

テムとしては作図ツールの域を出ておらず、対象が幾何に限定されるとともに、問題の吟味自体は依然として、学習者が自力で行うしかなかったといえる。

本研究は、このような研究の動向を踏まえた上で、学習者の問題変更を解法の観点から診断し、その診断結果を踏まえて指導的フィードバックを生成することのできる学習支援システムの実現を試みたものである。システムの実装および実験的な評価について成果を挙げており、この成果は前掲の形で学会誌等においても公表しており、そのうち一つは人工知能学会研究会優秀賞を受賞している。学習者による問題変更の診断とそれに基づく問題吟味の支援に踏み込んだ試みは、国内外を通じて報告者の知る限り存在せず、これらの成果の独自性は高いといえることができる。

## 3. 研究の方法

本研究では、「問題変更としての作問学習」の支援システムを設計・開発した。このためには、まず、(1)学習者による問題変更をどのようにして実現するのか、(2)作られた問題をどのようにして診断するのか、が基本的な課題となる。さらに、(3)そのようにして実現した作問がどのような学習効果を持つのか、および(4)その学習効果はどのようなモデルに基づいて説明できるのか、といった問いに答える必要がある。平成19年度においては(1)および(2)の課題を解決することで「問題変更としての作問学習」の支援システムを実現した。平成20年度においては、このシステムの運用とその学習効果の確認を行った。なお、本研究では、「問題変更としての作問学習」の実現対象として、中学から高校程度の力学の問題を取り上げた。これは、本研究の基礎となる問題のメタデータの研究が主に力学の問題を中心として成果を挙げており、この成果をシーズとして活かす上で適当であるとの判断とともに、力学の学習課題自体がある課題をより一般的な課題へを拡張していく体系として構築されているにもかかわらず、学習課題間の関係の意識化を促進するような学習機会が必ずしも多いとは言えず、本作問学習へのニーズは十分あると考えたからである。

## 4. 研究成果

本研究の結果として、問題を変えることによる学習を支援するインタラクティブな環境を設計・開発した。さらに、この学習環境を用いた学習活動が可能であることを確認する運用実験を大学生7名を被験者として実施した。実験は、20分のプレテスト、45分

×5回(2週間に渡る)のシステム利用, 20分のポストテストとアンケートで構成された。結果として, システム利用の回を重ねるにしたがって問題の作整数および正解率が向上する結果が示された。また, アンケート結果からは, 本システムを利用した活動が学習に役立つことに関しては, 全員ポジティブな判断であった。これらのことから, 被験者は本システムを用いて活動を行うことができ, また, その活動を学習活動として認識していることが分かった。これは, 本システムが学習支援システムとして機能していることを意味している。ただし, システムの使い勝手に関しては問題点が多いことが指摘されており, 今後改善を要する点である。学習効果に関しては, 問題間の関係付けテストをプレテストとポストテストとして用いた。ポストテストにおいて成績の向上が見られたものの, 有意な差を出すには至らなかったが, 効果量は中であり, 人数を増やして実験を行うことでよりはっきりした結果を出せる可能性が示唆された。

#### 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22件)

(1) 舟生日出男, 亀田卓司, 平嶋宗, "幾何証明課題の解決過程における推論の誤りのインタラクティブな可視化", 日本教育工学会論文誌(査読有), Vol.32, No.4, pp.425-433, (2009, 02)

(2) Tsukasa Hirashima, Isao Imai, Tomoya Horiguchi, Takahito Toumoto: Error-Based Simulation to Promote Awareness of Errors in Elementary Mechanics and Its Evaluation, AIED2009(査読有)(accepted)

(3) Tomoya Horiguchi, Tsukasa Hirashima: Intelligent Authoring of 'Graph of Microworlds' for Adaptive Learning with Microworlds based on Compositional Modeling, AIED2009(査読有)(accepted).

(4) 松田憲幸, 高木佐恵子, 曾我真人, 堀口知也, 平嶋宗, 瀧寛和, 吉本富士市, "鉛筆デッサンが表す写実誤りの三次元モデルによる顕在化", 電子情報通信学会論文誌(査読有), D, Vol. J91, No. 2, pp. 324-332, (2008. 2).

(5) 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗, "シミュレーションに基づく学習環境における漸進的な知識獲得支援のためのマイクロワールドグラフ", 電子情報通信学会論文誌 D(査読有), Vol. 91-D, No. 2, pp. 303-313(2008. 2).

(6) 國近秀信, 古賀崇年志, 出山大誌, 村上卓見, 平嶋宗, 竹内章, "誤りの可視化による英作文学習支援", 電子情報通信学会論文誌 D(査読有), Vol. J91-D, No. 2, pp. 210-219(2008. 2).

(7) 梅津孝信, 垣屋良式, 平嶋宗, 竹内章, "問題解決演習を対象とした学習ゲーム作成法", 電子情報通信学会論文誌 D(査読有), Vol. J91-D, No. 2, pp. 293-302(2008. 2).

(8) 今井功, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗, "中学理科における Error-based Simulation を用いた授業実践: 「ニュートンに挑戦」プロジェクト", 教育システム情報学会学会誌(査読有), Vol. 25, No. 2, pp. 194-203(2008. 9).

(9) 倉山めぐみ, 匂坂洋介, 東本崇仁, 平嶋宗: 数式に基づく状況の設計を通じた力学学習の支援システムの設計・開発, 教育システム情報学会学会誌(査読有), Vol. 25, No. 3, pp.282-291(2008. 11).

(10) 堀口知也, 東本崇仁, 今井功, 平嶋宗: Error-based Simulation を用いた中学理科の授業実践 -ニュートンの第三法則を事例として-, 日本教育工学会誌(査読有), 32 巻 Suppl. pp. 113-116(2008, 12).

(11) Hirashima, T., Yokoyama, T., Okamoto, M., & Takeuchi, A.: An Experimental Use of Learning Environment for Problem-Posing as Sentence-Integration in Arithmetical Word Problems, Proc. of ITS2008(査読有), pp. 687-689 (2008. 6).

(12) Tomoya Horiguchi and Tsukasa Hirashima: Domain-Independent Error-Based Simulation for Error-Awareness and Its Preliminary Evaluation, PRICAI2008(査読有), pp. 951-958(2008. 12)

(13) Tsukasa Hirashima, Takuro Yokoyama, Masahiko Okamoto, Akira Takeuchi: Long-term Use of Learning Environment for Problem-Posing in Arithmetical Word Problems, Proc. of ICCE2008(査読有), pp. 817-824(2008. 10).

(14) Takanobu UMETSU, Tsukasa HIRASHIMA, Akira TAKEUCHI: A Method to Embed Problem Solving Exercises into a Playing Card Game, Proc. of ICCE2008(査読有), pp. 789-790(2008. 10).

(15) Atsuo Yoshitaka, Akihiro Kawano, Tsukasa Hirashima: Speaker Tracking for Automated Lecture Archiving using Tagged Microphone, Proc. Tenth IEEE International Symposium on Multimedia(査読有), pp. 45-52(2008. 12).

(16) Horiguchi, T. & Hirashima, T: Intelligent Support for Authoring 'Graph of Microworlds' based on Compositional

Modeling Technique., Proc. of QR'08(査読有), pp. 49-57 (2008.6)

(17) 東本崇仁, 市将治, 平嶋宗, 竹内章, “多桁減算を対象とした作問学習支援環境の設計・開発”, 日本教育工学会論文誌(査読有), Vol. 31, No. 1, pp. 61-68, (2007.6)

(18) 横山 琢郎, 平嶋 宗, 岡本 真彦, 竹内 章, “作問学習支援システムの小学1年生での利用報告”, 教育システム情報学会誌(査読有), Vol. 24, No. 1, pp. 68-74, (2007.1)

(19) 工藤 照久, 平嶋 宗, 竹内 章, “算数の文章題を対象とした異種演習の複合的運用の試み”, 教育システム情報学会誌(査読有), Vol. 24, No. 1, pp. 62-67, (2007.1)

(20) 梅津 孝信, 平嶋 宗, “プロパティ交換法とそれに基づく学習ゲーム設計支援システムの開発”, 人工知能学会論文誌(査読有), Vol. 22, No. 1, pp. 19-28 (2007.1)

(21) 東本 崇仁, 堀口 知也, 平嶋 宗, 竹内 章, “実験方法の考案による学習を支援する仮想実験環境の構築”, 教育システム情報学会誌(査読有), Vol. 24, No. 2, pp. 83-94 (2007.6)

(22) 横山琢郎, 平嶋宗, 岡本真彦, 竹内章, “単文統合による作文を対象とした学習支援システムの長期的利用とその効果”, 日本教育工学会論文誌(査読有), Vol. 30, No. 4, pp. 333-341, (2007).

[学会発表] (計10件)

(1) 平嶋宗, 作問学習のインタラクティブ化, 日本教育工学会全国大会, pp. 653-654(2008, 10, 11-13, 早稲田大学)

(2) 今井功, 平嶋宗, 堀口知也, 東本崇仁, 誤り可視化シミュレーションを用いた授業実践とその評価, 日本理科教育学会年会, pp. -(2008, 9, 14-15, 福井大学)

(3) 佐々木一真, 平嶋宗, “力の説明入力機能を付加したEBSシステムの設計・開発”, 教育システム情報学会第33回全国大会, pp. 428-429(2008, 9, 3-5, 熊本大学)

(4) 脇浩美, 浦智之, 平嶋宗, 堀口知也, “問題ベースの作問学習支援システムとその利用実験”, JSiSE2008 第33回全国大会講演論文集, pp. 102-103(2008, 9, 3-5, 熊本大学)

(5) 中川和之, 舟生日出男, 平嶋宗, “問題解決における問題状況の理解を促進するシステムの提案”, 日本科学教育学会第32回年会論文集, pp. 295-296(2008, 8, 22-24, 岡山理科大学)

(6) 倉山めぐみ, 匂坂洋介, 東本崇仁, 平嶋宗, “数式と状況の双方向の関係付けを指向した力学学習支援システム”, 2008年教育システム情報学会中国支部研究発表会, pp. 5-8(2008, 6, 28, 岡山理科大学)

(7) 平嶋宗, 岡本真彦, 横山琢郎, 竹内章,

単文統合型の対話的作問学習支援システムとその評価, 人工知能学会全国大会, 1C1-03(2008, 6, 11-13, 旭川).

(8) 倉山めぐみ, 高橋侑也, 平嶋宗, “作問学習支援における誤りの可視化の試み”, 人工知能学会第52回先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), pp. 83-87(2008, 3, 14-15, 広島)

(9) 東本崇仁, 平嶋宗, “力学を対象とした数式からの物理状況の設計学習支援システム”, 第50回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), pp. 31-36(2007.7.27, 東京)

(10) 倉山めぐみ, 舟生日出男, 平嶋宗, “作問学習支援システムの実践例とシステム拡張の提案”, 2007年JSiSE中国支部研究発表会, pp. 26-28(2007, 6, 30, 宇部フロンティア大学).

[図書] (計3件)

(1) 平嶋宗: e テスティング (分担執筆), pp. 121-142, 培風館 (2009)

(2) 平嶋宗: 情報教育事典(分担執筆), pp. 87-88, 丸善 (2008).

(3) Tsukasa Hirashima, Ulrich Hoppe, Shelley Shwu-Ching Young (Eds.): Supporting Learning Flow Through Interactive Technologies, IOS press, 665pages (2007).

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

(1) 特願 2008-298717 (平成20年11月21日)

名称: 学習支援プログラム、情報記録媒体、及び学習支援システム, 2008.

特許権者: 国立大学法人広島大学

発明者: 平嶋 宗

国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平嶋 宗 (Hirashima Tsukasa)

広島大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 10238355

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者