

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282047

研究課題名(和文) Web調べ学習におけるモデルベースの学び方習得支援環境

研究課題名(英文) A MODEL-BASED ENVIRONMENT FOR LEARNING HOW TO INVESTIGATE ON THE WEB

研究代表者

柏原 昭博 (KASHIHARA, Akihiro)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・教授

研究者番号：10243263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：人類の知の集積・流通メディアであるWebにおいて調べ学習する能力は、現代の知識社会では極めて重要との観点から、Web調べ学習モデルを構築し、学び方の習得支援を図る認知ツールを開発した。特に、ツールの支援機能を段階的に取り除き、操作スキルを高める手法を開発した。また、本ツールを基盤に学習経験を積み重ねる場となるWebマイクロワールドを開発した。具体的には、LOD(Linked Open Data)に基づき、Webリソース群を収集する方法と、調べ学習の解を同定して学習の足場を制御する方法を開発した。評価実験の結果、認知ツール操作スキルの向上、Webマイクロワールドの設定制御の有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In modern knowledge society, it is essential to develop skills in investigative learning on the Web as the information media for accumulating and circulating knowledge and wisdom humankind has been producing. The main issue addressed in this work was to design a model of Web-based investigative learning and to help learners learn how to learn as modeled. In order to address the issue, we developed a cognitive tool that allows learners to gain experiences in model-based investigative learning. We also developed fadeable scaffolding for skill development, which fades out the functions of the tool. We also designed Web micro-world, which could gather Web resources suitable for learning and identify a promising solution of investigation by means of LOD (Linked Open Data) on the Web. The results of the case studies suggest the effectiveness of fadeable scaffolding the cognitive tool provides and the usability of Web micro-world.

研究分野：知識工学

キーワード：教育工学 調べ学習 学習モデル 認知ツール Webマイクロワールド

### 1. 研究開始当初の背景

膨大な情報リソース(Webリソース)を含むWeb空間は、調べ学習しやすいように構造化されているわけではないため、学習課題の解決に資する情報を学習者自身がWeb空間から切り出し(分節化)、構造化することが不可欠となる。しかし、このような非構造化空間からの情報分節化・構造化は非常に困難である。そのため、Web調べ学習における学び方を習得することが肝要となる。一方、初等教育から高等教育に至る教育の場では、学び方よりも調べ学習した結果に対する指導が中心となっており、Web調べ学習支援に関する研究でもWebからの情報構造化を助長することに力点が置かれ、学び方の習得は学習者に委ねる場合がほとんどである。特に、モデルベースに学び方を表現して習得を目指そうとする研究例は見受けられない。

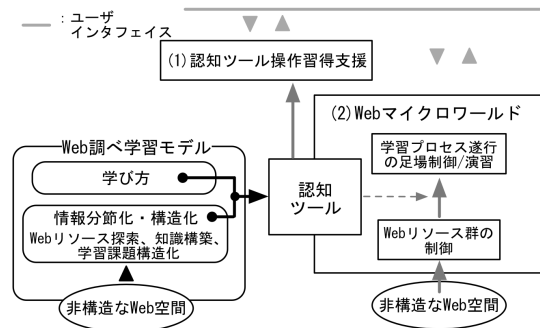
また、学び方習得支援では学び方にそって遂行された学習プロセスの良し悪しを評価することが不可欠となるが、Web空間では解となるプロセスを事前に想定することが難しいため、解との比較を基本とする従来の評価方法は適用できない。

こうした現状に対して、解の想定が困難な学習や研究活動の遂行スキルを、コミュニティにおける認知的徒弟制の考え方に基き向上させる研究を推進してきた。ここでは、スキルの異なる個人間のプロセスを比較することで相対的にプロセス遂行スキルを向上させる方法を提案してきた。しかしながら、比較から得られる気づきに基づき、プロセス遂行をいかに修正するかは学習者に委ねられてしまっているという問題がある。こうした問題点を踏まえた上で、学習プロセス遂行のやり方をシステムティックに習得させる方法論を確立する必要がある。

### 2. 研究の目的

学び方を習得するためには、非構造化Web空間において学び方にしがたい学習プロセスを遂行する経験、および学習プロセス遂行経験の積み重ねが必要である。その際、実空間としてのWebはあまりに巨大かつ雑多で、学び方を習得するための空間として適していない。そのため、Webの非構造化を備えつつ、解となる学習プロセスを想定可能とし、かつ学習プロセスを遂行するための実験環境となるような空間(Webマイクロワールドと呼ぶ)を準備する必要がある。

そこで、本研究では学び方を表現するためにWeb調べ学習モデルを構築し、モデル通りに学習課題の解決に資する情報をWeb空間から分節化・構造化することを可能にする認知ツールの開発を目的とした。そして、この認知ツールを基盤として、Web調べ学習における学び方の適切な習得を図るために、次の図に示すように認知ツールの操作習得支援メカニズムとWebマイクロワールドの開発を目指した。



#### (1) 認知ツールの操作習得支援メカニズム

Web調べ学習プロセスの遂行スキルを高めるために、認知ツール操作の習得を支援する。具体的には、認知ツールにおける情報分節化・構造化の支援機能を段階的に取り除くメカニズムを開発する。一部の機能が無効となった認知ツールを用いることによって、取り除かれた機能がなぜ必要なのかを学習者に深く考えさせるきっかけを与えることができる。

#### (2) Webマイクロワールド

学習課題および学習者に応じて、Webリソース群と解となる学習プロセスを同定する手法を考案し、学習プロセス遂行の足場となるWebマイクロワールドを設定するメカニズムを開発する。また、学習プロセス遂行経験の適切な積み重ねを支援するためのWebマイクロワールド設定制御(演習)メカニズムを提供する。

### 3. 研究の方法

以下に示すように、Web調べ学習における適切な学び方の習得支援環境の開発を進めた。

#### (1) Web調べ学習モデルの構築

Web調べ学習では、検索エンジンなどを利用してWebリソース群を探索し、リソースごとに提供されるパイパー空間内をナビゲーションしながら学習課題の解決に資する情報を切り出し、関連づけて学んだ知識を構築することになる。また、この知識構築プロセスを通して学習課題からさらに探究すべき課題を部分課題として展開し、部分課題ごとにWebリソースの探索・ナビゲーションを伴う知識構築を継続する。このようなプロセスを部分課題が見出されなくなるまで繰り返すことで、学習課題の構造および課題ごとに構築された知識の構造が得られる。本研究では、このような複雑なプロセスをWebリソース探索、ナビゲーションを伴う知識構築、

学習課題の構造化、の3つのフェーズに分けて表現する方法を基盤として、認知科学および学習支援研究の最新動向を幅広く調査することでWeb調べ学習モデルを構築する。

#### (2) 認知ツールの開発

Web調べ学習モデルに基づいて、Web調べ学習プロセスの遂行を可能とし、情報の分節

化・構造化を支援する機能を持つ認知ツールを開発する。また、学習者が自らの学び方習得レベルに応じ、で開発する認知ツールの支援機能を取り除くメカニズム、および学習者が行き詰まった場合には取り除いた機能を元に戻すFadable Scaffolding技術を開発する。

### (3)Webマイクロワールドの基本設計

Webマイクロワールドで取り扱う学習課題、および調べ学習に有用なWebリソースを収集・分類するとともに、設定されるWebリソース群に対して解となる学習プロセスを同定する方法を開発する。

学習課題・Webリソースの収集：インターネット上で毎年実施されている調べ学習コンテンツなどを参考にしながら、有用なWeb調べ学習の課題を収集・分類し、Webマイクロワールドで取り扱う学習課題とする。また、Googleなどの検索エンジンにおけるWebリソースの分析・ランキング手法を参考に調べ学習にとって有用と考えられるWebリソース群を収集する方法を考案する。特に、学習課題についての意見・主張の多様性、資料としての多様性、および信頼性を重視してリソースの有用性を判断し、学習課題ごとにWebリソースを収集する。

解プロセスの同定：学習課題ごとに設定されるWebリソース群について、WebサービスであるLOD(Linked Open Data)を活用して、学習課題の構造を自動的に生成し、解となる学習プロセスとして同定する手法を開発する。特に、Wikipediaなどの信頼度の高いWebリソースを対象としたLODを基盤とすることを検討する。

### (4)Webマイクロワールド設定制御の開発

Webマイクロワールドの設定を制御するメカニズムを開発する。マイクロワールドの設定制御は学習者の学び方習得レベルを推定して行うため、学習者の認知ツール操作履歴情報などを収集・管理し、学び方レベルを同定する方法も検討する。

Webリソース群の制御：学習課題ごとに、学習者の学び方習得レベルに応じてマイクロワールドに含めるべきWebリソースの総数および多様性(学習課題についての意見・主張など)の度合いを調整するメカニズムを開発する。

学習プロセス遂行の足場制御：設定されたWebリソース群に対して、解プロセスに基づき学習プロセスの足場を築くメカニズムを開発する。まず、解プロセスに含まれる学習課題構造の部分を提示することで、学習者による学習課題の構造化の足場を築く。このとき、学習者の学び方習得レベルが低

い場合には、提示する部分構造を大きくし、習得レベルが高い場合には提示する部分構造を小さくすることで足場の高さを制御するメカニズムを開発する。また、学習者による自己評価の足場として、解となる学習課題構造と学習者が作成した課題構造との差異を比較させるメカニズムを開発する。

演習メカニズム：Webマイクロワールドにおける調べ学習での情報分節化・構造化操作の困難さ(操作量、操作の複雑さなど)が徐々に高まるように、段階的にマイクロワールドの設定(Webリソース群の設定、足場の設定)を変化させるメカニズムを検討する。

### (5)有効性評価実験

認知ツールとWebマイクロワールドの有効性を調査するために評価実験を行う。まず、数回にわたり認知ツールを用いた調べ学習遂行の実験を通して、ツール操作履歴や操作時間などを取得し、学習プロセスの遂行がどのように変化するかを分析・調査する。また、Webマイクロワールドの基盤となる解プロセスの妥当性を評価するとともに、Web調べ学習の初心者と見なせる大学生・大学院生を対象にWebマイクロワールドの設定を制御しながら調べ学習プロセス遂行の可能性を分析・調査する。

これらの評価結果を踏まえて問題点を抽出し、認知ツール、マイクロワールドの基本設計・設定制御の見直し・洗練を行う。

### (6)タブレットメディアでの活用

開発したシステムを広く利用できるようにするために、ポータブルなWebマイクロワールド環境を整備する。

## 4. 研究成果

以下に、主な研究成果とそれらの位置付け、および今後の展望を示す。

(1)Web調べ学習における学習プロセスを分析することでWeb調べ学習モデルを構築した。本モデルでは、学習課題解決に資する情報をWeb空間から分節化・構造化する操作を学び方として表現している。また、Web調べ学習モデルにそった学習プロセスの遂行を可能とし、情報の分節化・構造化を支援する機能を持つ認知ツールを開発した。

(2)学び方習得レベルに応じて認知ツールの支援機能を段階的に取り除くことで学習スキルを高めるFadable Scaffolding技術を開発した。

(3)Web マイクロワールドで取り扱うべき有用なWeb調べ学習課題を収集・分類するとともに、Wikipediaを対象としたLODに基づき解となるWeb調べ学習プロセスを学習課題構



造として同定する手法を開発した。

(4)マイクロワールドに含めるべきWebリソース群を調整するメカニズム、および設定されたWebリソース群に対するWeb調べ学習の解を同定して足場を築くメカニズムを開発した。さらに、学習者による自己評価支援として解と学習者による学習プロセスを比較するメカニズム、および調べ学習での情報分節化・構造化操作の困難さが徐々に高まるように、段階的にマイクロワールドの設定(Webリソース群の設定、足場の設定)を変化させ演習メカニズムについて検討した。

(5)非構造的なWeb空間からの学び方をモデルベースに表現し、その学び方にそった学習プロセスの遂行を経験する場を、Web本来の非構造性を維持したWebマイクロワールドとして提供しようとする点は、Webを基盤とした学習の支援研究では非常に独創的なものである。また、これまで非構造的な学習空間では不可能であった学習者による学習プロセスの評価を可能にしようとする本研究の試みは、当該分野にとって非常に有意義な取り組みと位置づけることができる。

(6)Web調べ学習遂行能力の重要性が高まる中、学び方の習得について新しいシステムティックな支援方法論を提供することができることは、非常に意義が大きいと考えられる。

(7)開発したWebマイクロワールドを学習者に使わせて認知ツールの操作履歴を取得し、学習プロセスの遂行がどのように変化するかを分析するケーススタディを実施した。また、その結果を踏まえて問題点を抽出し、Webマイクロワールドの基本設計を見直すとともに、マイクロワールド設定制御メカニズムの洗練を図った。

(8)Webマイクロワールドの有効性について、解として生成した学習課題構造の妥当性評価、Webマイクロワールドにおける調べ学習遂行の可能性評価、の2点から評価する実験を実施した。その結果、開発した解の生成手法として、おおむね妥当な学習課題構造が得られた。その一方で、学習課題によってはWikipediaのLODから妥当な解の生成が難しい場合があることを確認した。また、Webマイクロワールドの設定を制御することで、調べ学習における学び方の習得が可能であり、学習能力の育成にも資する可能性を確認した。Webマイクロワールド設定制御は、調べ学習演習の基礎となるメカニズムであることから、マイクロワールド上での演習は有効に機能する可能性があることを確認できた。

(9)有効性評価実験の結果を踏まえて、LODからの解生成において学習課題間の関係を表す属性を導入することで、生成されるシナリ

オの妥当性を改善する手法を開発し、実装した。そして、生成された解の妥当性評価を再度実施したところ、改善が認められた。

(10)タブレットメディア上で認知ツールを稼働させ、ポータブルな環境でもWebマイクロワールドにおける調べ学習の演習を実施できるような環境について検討した。

(11)本研究の遂行は、これまでの非構造的な学習空間に関する研究に対して、モデルベースの支援と、解となる学習プロセスに基づくマイクロワールドの設定という斬新な視点をもたらすもので、支援技術開発に新しい方向性を与える研究として位置付けることができる。

## 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 7件)

Akihiro Kashihara, and Naoto Akiyama, Learning Scenario Creation for Promoting Investigative Learning on the Web, Journal of Information and Systems in Education, Vol.15, No.1, pp.62-72, 2017, DOI: 10.12937/ejsise.15.62, 査読有

Hangyu Li, Hajime Kira, and Shinobu Hasegawa, Cultivating Listening Skills for Academic English Based on Strategy Object Mashups Approach, IEICE Transaction Information & system, Vol. E99.D, No. 6, pp.1615-1625, DOI: 10.1587/transinf.2015EDP7404, 2016, 査読有

Yasuhiro Kakinuma, and Akihiro Kashihara, A Micro-Web Involving Learning Scenario Generation with LOD for Web-based Investigative Learning, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 9753, Springer, pp.344-355, DOI: 10.1007/978-3-319-39483-1\_32, 2016, 査読有

Hangyu Li, Shinobu Hasegawa, and Akihiro Kashihara, A Multi-layer Map-oriented Resource Organization System for Web-based Self-directed Learning Combined with Community-based Learning, The Journal of Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol.10, DOI: 10.1186/s41039-015-0012-2, 2015, 査読有

柏原昭博、伊藤真、認知ツールの操作スキル向上支援を目的とした Fadable

Scaffolding, 人工知能学会論文誌, Vol. 30, No. 3, pp. 559-569, DOI: 10.1527/tjsai.30.559, 2015, 査読有

[学会発表](計47件)

柏原昭博、柿沼保宏、太田光一、Web 調べ学習のためのマイクロワールドデザイン、2017年度人工知能学会全国大会、2017年5月23日～26日、ウインクあいち(愛知県・名古屋市)

岡崎航樹、光原弘幸、獅々堀正幹、Google Map 上で危険箇所情報共有可能な集合知活用型運転支援システム、教育システム情報学会 2016 年度学生研究発表会論文集、2017年3月3日、香川大学幸町キャンパス(香川県・高松市)

柏原昭博、アクティブラーニング推進における教育工学の役割～情報システムの立場から～、日本教育工学会パネル討論会、2016年12月9日、東海大学校友会館(東京都・千代田区)

Akihiro Kashihara, and Naoto Akiyama: Widening and Deepening Questions in Web-based Investigative Learning, 13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age 2016 (CELD2016), 2016年10月28日～30日, Mannheim (Germany)

Mitsuhiro Goto, and Akihiro Kashihara, Understanding Presentation Document with Visualization of Connections between Presentation Slides, 20th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information Systems (KES2016), 2016年9月5日～7日, York (UK)

Kasumi Nishio, and Akihiro Kashihara, Retrip: A Learning Environment for Augmenting and Presenting Knowledge from Field Trip, 20th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2016), 2016年9月5日～7日, York (UK)

柏原昭博、柿沼保宏、小野遼、マイクロ Web 構想～Web のマイクロワールド化～、第 2 回教育システム情報学会研究会、2016年7月9日、千歳科学技術大学(北海道・千歳市)

柏原昭博、知識社会における Web を用いた学びの技術、日経 BP 社ヒューマンキャピタル/ラーニングテクノロジーセミナー、

招待講演、2016年6月8日、東京国際フォーラム(東京都・千代田区)

Hiroyuki Mitsuvara, Masami Shishibori, and Akihiro Kashihara, Preventing Web Page Plagiarism in Investigative Report Writing, 7th International Conference on Applications of Digital Information and Web Technologies 2016 (ICADIWT2016), 2016年3月29日, Keelung City (Taiwan)

柏原昭博、ラーニングインフォマティクスと学習支援システム研究の変遷、e-Learning Conference 2016 Winter、招待講演、2016年2月22日、(株)富士通ラーニングメディア品川ラーニングセンター(東京都・品川区)

小野遼、柏原昭博、視点提示と情報対比による多視点からの Web 調べ学習支援、電子情報通信学会教育工学研究会、2015年12月4日、福井県地域交流プラザ AOSSA (福井県・福井市)

柿沼保宏、柏原昭博、LOD を用いた学習シナリオ自動生成とマイクロ Web の構築、電子情報通信学会教育工学研究会、2015年12月4日、福井県地域交流プラザ AOSSA (福井県・福井市)

Kouji Inoue, and Akihiro Kashihara, Knowledge Construction with Note Taking from Presentation Slides for Lecture, World Conference on E-Learning (E-Learn2015), 2015年10月19日～22日, Hawaii (USA)

柿沼保宏、柏原昭博、マイクロ Web におけるカウンターリソースを用いた Web 調べ学習支援、第 40 回教育システム情報学会全国大会、2015年9月1日～3日、徳島大学(徳島県・徳島市)

木下恵太、柏原昭博、Web 調べ学習における課題展開のための属性提示手法の評価、電子情報通信学会教育工学研究会、2015年3月14日～15日、四国大学交流プラザ(徳島県・徳島市)

Hiroyuki Mitsuvara, Takehisa Inoue, Kenji Yamaguchi, Yasuichi Takechi, Mari Morimoto, Kazuhisa Iwaka, Yasunori Kozuki, and Masami Shishibori, Learning by Scenario Authoring: Web-based Scenario Authoring System for Disaster Prevention Education, 9th International Technology, Education and Development Conference

(INTED2015), 2015 年 3 月 2 日, Madrid (Spain)

Keita Kinoshita, and Akihiro Kashiara: Scaffolding Topic Decomposition in Investigative Learning with Web Resources, 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), 2014 年 11 月 30 日~12 月 4 日, 奈良県新公会堂 (奈良県・奈良市)

木下恵太、柏原昭博、Web 調べ学習における学習課題分節化および構造化支援、教育システム情報学会第 4 回研究会、2014 年 11 月 8 日、電気通信大学 (東京都・調布市)

柏原昭博、学習リソースからの知識構築における情報の分節化と構造化、2014 年度人工知能学会 (第 28 回) 全国大会、2014 年 5 月 12 日~15 日、ひめぎんホール (愛媛県・松山市)

〔図書〕(計 7 件)

柏原昭博、共立出版、人工知能学大事典新版、印刷中、2017 年

赤倉貴子、柏原昭博 (編)、ミネルヴァ書房、eラーニング/e テスティング、教育工学選書 II, 212 ページ、2016 年

Chen-Chung Liu, Hiroaki Ogata, Siu Cheung Kong, and Akihiro Kashiara (eds.), ICCE2014 Organizing Committee, Japan, Proceedings of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), 1042 ページ, 2014 年

長谷川忍、東信堂、Web における主体的学びとリフレクション支援、主体的学び創刊号、176 ページ、2014 年

〔その他〕

ホームページ等

<http://wlgate.inf.uec.ac.jp/contents/publication/publications.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

柏原 昭博 (KASHIHARA, Akihiro)  
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授  
研究者番号：10243263

### (2) 研究分担者

長谷川 忍 (HASEGAWA, Shinobu)  
北陸先端科学技術大学院大学・情報社会基盤研究センター・准教授  
研究者番号：30345665

光原 弘幸 (MITSUHARA, Hiroyuki)  
徳島大学・大学院理工学研究部・講師  
研究者番号：90363134