

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008年度～2010年度

課題番号：20300266

研究課題名（和文）認知的徒弟制に基づく学習スキルの段階的獲得・向上支援環境の構築

研究課題名（英文）COGNITIVE APPRENTICESHIP ENVIRONMENT FOR SYSTEMATIC ACQUISITION AND DEVELOPMENT OF LEARNING SKILL

研究代表者

柏原 昭博 (KASHIHARA AKIHIRO)

電気通信大学・情報理工学研究科・准教授

研究者番号：10243263

研究成果の概要（和文）：本研究では、大学の研究グループなどにおける研究活動に着目し、徒弟的な関係を踏まえて研究初心者が熟練者と同様に真正な文脈で学ぶことができるようになるためのスキルの獲得・向上を支援する計算機システムを構築した。特に、研究活動と連携しつつ段階的に学習スキルアップを図る新しい支援の仕組みを実現した。具体的には、Web リソースから研究活動に関連する知識を学ぶスキル、研究ミーティングでの学習スキル、プレゼンテーションスキルを取り上げ、学習プロセスを具体化する認知ツールを基盤とした学習スキル向上支援技術を設計・開発した。

研究成果の概要（英文）：This work addressed the issue of how to implement computer-based system for a research group that allows research novices to acquire and develop the same learning skill as the research experts could demonstrate in authentic research contexts. In particular, systematic development of the learning skill in connection with research activities in the research group is focused. The work provided fruitful results in regard to software technologies for developing skills in learning with Web resources, learning in research meeting, and presentation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2010年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	11,600,000	3,480,000	15,080,000

研究分野：知識工学

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：教育工学、認知科学、認知的徒弟制、学習スキル、自己調整、知的学習支援、研究活動

## 1. 研究開始当初の背景

Web 利用の普及により、様々な実践的コミュニティにおける真正な (authentic) 活動の中で、Web を活用しながら学習を行う能力 (学習スキル) が非常に重要となっている。例えば、大学の研究グループでは、多種多様な Web リソースから必要な情報を収集・再構

成しながら、研究に関連した知識を得ようとするスキルが不可欠となってきている。特に、研究活動では、研究熟練者と同様に真正な文脈でも学ぶことができるようになるためのスキルの獲得・向上を、徒弟的な関係に基づいていかに支援するかが重要な課題となっている。

こうした学習スキル向上支援に対して、社会構成主義的学習観に立脚した認知的徒弟制と呼ばれる学習理論がある。これは、真正な文脈における熟練者の認知プロセス遂行能力（認知スキル）を手本として、初心者が段階的に認知スキルを習得するための方法論を提供する。認知科学の一分野である学習科学などの領域では、こうした方法論に基づく教育実践が見られるものの、計算機システムをベースとした認知的徒弟制に関する研究はまだ少ない。現状では、認知的徒弟制におけるスキル習得の一部だけを扱う研究がほとんどであり、段階的なスキル習得支援や、真正な活動との連携まで実現している研究例はない。実践的コミュニティにおける Web 活用は今後ますます重要になることから、認知的徒弟制に基づく学習スキルの向上支援技術の開発は急速にその必要性が高くなってきている。

## 2. 研究の目的

本研究では、大学の研究グループなどにおける研究活動に着目し、研究初心者が熟練者と同様に真正な文脈において Web リソースを活用しながら学ぶことができるスキルの獲得・向上を支援する環境の構築を目的とした。特に、認知的徒弟制に基づき、研究活動と連携しつつ段階的にスキルアップを図る新しい枠組み、および有用な支援技術の開発を目指した。なお、Web リソースを学ぶプロセスでは、Web リソースや Web ページごとに学んだ内容を相互に関係づけて知識を構築するとともに、構築した知識の見直し・再構成を行いながら新たに学ぶべきリソースやページを探索・同定するなど、学習者自身が知識構築プロセスを調整すること（自己調整）が重要である。そこで、本研究では学習スキルとして自己調整スキルに焦点を当てた。また、知識構築プロセスを可視化するとともに操作可能とすることで自己調整を具体化する認知ツールを開発し、そのツールを基盤とした自己調整スキルの獲得・向上支援の実現を目指した。具体的には、以下に示す支援メカニズムの開発を目的とした。

### (1) スキル獲得支援メカニズムの開発

認知的徒弟制における学習スキル習得を以下の4段階に分けて、それぞれの段階におけるスキルの獲得を支援するメカニズムを開発する。

- ①観察支援：認知ツールを用いた熟練者の自己調整事例を分かりやすく見せるメカニズムを開発する。こうした観察支援は、初心者にはスキル習得の価値を認識させるために重要である。

- ②遂行支援：認知ツールを提供して、学習者に Web リソースからの知識構築と自己調整を遂行させる。その過程で、認知ツール利用のガイド、Peers や熟練者から得られる認知ツール操作履歴のマイニングによる典型的な自己調整パターンの推定・提示、学習者のスキルレベルに応じた遂行支援機能の Fading を行い、効果的に自己調整を助長するメカニズムを開発する。

- ③自己評価支援：自己調整の善し悪しを自己評価することはスキルを高める上で重要であるが、初心者にとっては容易ではない。そこで、Peer の自己調整プロセスとの比較、あるいは自己調整プロセスに対する熟練者のレビューにより自己評価を促進するメカニズムを開発する。

- ④スキル適用支援：様々な文脈における自己調整スキルの適用を支援するために、典型的な文脈での自己調整の演習、真正な文脈での自己調整を行わせるメカニズムを開発する。

### (2) 連携メカニズムの開発

真正な研究活動での熟練者や Peers による知識構築事例・認知ツール操作履歴などの情報（研究活動情報）を収集し、適切なタイミングで (1) の支援メカニズムに提供する方法を開発する。

### (3) 段階的スキルアップ支援メカニズムの開発

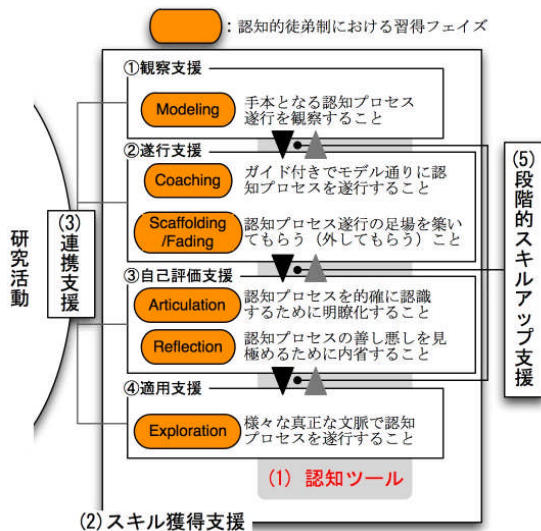
(1) で開発した支援メカニズムを統合して、段階的に初心者のスキルアップを図るシステムの開発を目指す。各段階で行き詰まりが発生した場合には、認知ツールの操作履歴から自己調整のスキルレベルを推定し、次に学ぶべき自己調整段階を同定するメカニズムを提供する。

## 3. 研究の方法

認知的徒弟制に基づき、次頁の図に示すような支援メカニズムを開発するために、次の通り研究を行った。

### (1) モデル構築と認知ツールの開発

自己調整スキルに関わる認知科学研究、Web 空間での学習支援研究についての最新動向を幅広く調査するとともに、研究の熟練者による自己調整過程を分析することで、自己調整について学習者に良い見通しを与えるモデルを構築する。そして、それに基づき自己調整プロセスを具体化する認知ツールを開発する。また、研究活動に関連する学習と



して、研究ミーティングおよびプレゼンテーションにおける学習のスキルを取り上げ、学習のスキルを表現するモデルを構築し、学習プロセスを具体化するツールを開発する。

## (2) スキル獲得メカニズムの開発

認知ツールを基盤に学習経験を積み重ね、学習スキルの獲得を支援するメカニズムを開発する。

- ① 観察支援：研究熟練者による認知ツール利用事例をあらかじめ収集し、データベース化しておく。そして、データベースから熟練者の自己調整や学習プロセスを再現し、分かりやすく見せることで学習の仕方を伝えるメカニズムを開発する。
- ② 遂行支援：認知ツールによる自己調整や学習の遂行を助長するために、まず学習者の要求に応じて認知ツールの使い方をガイドとして表示するメカニズムを開発する。次に、Peers あるいは幾人かの熟練者から得られる認知ツールの操作履歴をマイニングし、典型的な自己調整・学習パターンを推定・提示するメカニズムを開発する。また、学習者のスキル獲得状況に応じて遂行支援機能・認知ツールの操作機能を徐々に除く Fading メカニズムを開発する。これによって、学習者が自力で学習プロセスを遂行できるように支援する。
- ③ 自己評価支援：学習者による認知ツールの操作履歴と類似した操作履歴を有する Peer を自動的に同定し、両者の履歴の差分を提示することで自己調整・学習プロセスの自己評価を助長する機能を実現する。また、熟練者か

ら不適切・不十分な点を指摘してもらい、それらを効果的に提示するメカニズムを開発する。

- ④ スキル適用支援：実際の研究活動と連携して、熟練者や Peers と研究を進めている真正な文脈で Web リソースを学ぶ必要性が生じた際に、そのアウェアネスを与えて認知ツールを用いるように促すメカニズムを開発する。

## (3) 連携支援メカニズムの開発

熟練者や Peers が研究活動の中で認知ツールを利用したことをトリガーとして知識構築事例や認知ツールの操作履歴といった研究活動情報を収集し、データベース化するメカニズムを開発する。また、データベース化した情報を適切なタイミングで各スキル獲得支援メカニズムに提供する方法を検討する。

## (4) 予備実験

開発したメカニズムの稼働テストを行い、各支援メカニズムが想定通りに学習スキルの獲得・向上に対して機能するかどうか確認し、支援メカニズムを洗練する。

## (5) 段階的スキルアップ支援システム開発

認知的徒弟制に基づき段階的にスキルアップを図るメカニズムを開発する。各段階で自己調整の遂行に行き詰まりを生じた場合には、研究グループ内で学習者自身が自分の自己調整・学習スキルレベルを推定し、次に学ぶべき自己調整の段階を見いだすメカニズムを開発する。

## (6) 有効性評価実験と支援システムの洗練

まずケーススタディとして大学生・大学院生に使わせて、本スキルアップ支援が自己調整の向上、学習効果・効率に与える影響を調査する。この際、ツールの操作履歴や操作時間を取得し、自己調整がどのように変化したか、学習効率・効果がどう変化したかを分析・調査する。また、研究代表者・分担者・研究連携研究者の研究室において中長期的な評価を行う。ここでは、真正度の高い文脈のもとで支援システムの利用が学習効率・効果に与える影響を分析するとともに、学習スキル獲得支援、段階的スキルアップ支援の有効性を調査する。これらの評価実験の結果を踏まえて、開発した支援システムを洗練する。その後、本研究テーマに関連した国内の研究グループの協力を得て、本支援システムを利用してもらい必要な機能などについて意見聴取する。

(7) 支援システム活用ポータルサイト検討  
国内外の様々な研究室から本支援システムを活用するための Web ベースのポータルサイトの構築方法について検討する。ここでは、研究室ごとの自己調整スキル獲得・向上支援に加えて、研究室間でデータ共有することにより、より高度なスキル獲得・向上支援の可能性を検討する。

#### 4. 研究成果

以下に、主な研究成果とそれらの意義、および今後の展望を示す。

(1) Web リソースの学習における自己調整プロセスをモデル化し、それに基づいて自己調整を具体化する認知ツールを開発した。また、本ツールによって、自己調整プロセスが助長されることを実験的に確かめた。

(2) 自己調整を具体化する認知ツール機能を学習者のスキルレベルに応じて段階的に取り除く Fadable (Adaptable) Scaffolding という独創性の高い自己調整遂行支援メカニズムを開発した。また、中期的な評価の結果、本メカニズムが自己調整スキルの向上に対して有効に機能することを確かめた。

(3) 複数の学習者から得られる認知ツール操作の履歴をマイニングすることによって、典型的な自己調整パターンを抽出し、自己調整遂行の足場を築く非常に独創的な手法を開発するとともに、スキルアップへの有効性を確認した。

(4) 複数の学習者から得られる認知ツール操作の履歴から集合知を抽出し、個々の学習者の自己評価を促進する手法を提案した。本手法は、テキスト教材のように学習向けに構造化されていない Web リソースの学習に対する評価手法を提供する非常に有力な手法と位置づけることができる。

(5) 研究活動の中で重要な役割を果たすミーティングにおける学習スキルの向上支援を目的として、研究熟練者によるミーティング中の発言や振る舞いを注意深く観察できるようにするために、ポータブルデバイス上でミーティングの様相をレビューすることができる新規な手法を開発した。ケーススタディの結果、研究初心者の観察支援として有効であることが確認できた。

(6) 研究プレゼンテーションスキルの獲得・向上を目的として、研究熟練者が作成するドキュメントのモデルを構築し、そのモデルを介してプレゼンテーションの観察、遂行、自己評価、適用を連携して行うプレゼンテ-

ション支援の枠組みとメカニズムを開発した。

(7) 自己調整スキル、その他の研究活動に関連する学習スキルの段階的な向上を支援するために、研究活動に関する情報を収集してデータベース化する仕組みとして Hyperblog システムを開発した。研究室における長期的な運用によって、Hyperblog システムが学習スキルの段階的な向上支援に必要な情報の蓄積・共有に適した場を提供することを確認した。また、Hyperblog システムは、学習スキルの習得と研究活動を連携するための足場を築くことにも寄与することを確かめた。

(8) 研究活動のような真正な文脈で必要とされる学習スキル育成について計算機システムベースの支援手法が確立されていない現状に対して、本研究の成果は認知的徒弟制の観点から独創的なスキル育成に関する知見を提供する。

(9) 認知的徒弟制に基づき学習スキルをシステムティックに高めるという手法は、国内外の関連研究でも見られない非常に独創的なものであり、今後の学習スキル習得支援研究に対しても段階的スキルアップ、真正な活動との連携について有望な指針を与えることができる。

(10) 本研究では研究グループごとに学習スキルの段階的な獲得・向上支援を検討してきたが、より高度な学習スキルの獲得・向上支援手法を開発するために、異なる研究グループ間で認知ツールの利用履歴などを含めた研究活動に関する情報を共有・再利用する枠組み・メカニズムを構築することが今後の展望として挙げられる。

#### 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 26 件)

① 太田光一、柏原昭博

ハイパー空間におけるナビゲーションプランニング支援のための Guided Map 生成、教育システム情報学会誌、28 巻 3 号、2011、掲載予定、査読有

② 永留圭祐、柏原昭博、長谷川忍

研究コミュニティ知の表現・構造化を支援する Hyperblog システムの開発、教育システム情報学会誌、28 巻 1 号、pp.94-107、2011、査読有

- ③ 柏原昭博、塚本寛之  
ナビゲーションプランニング情報のオー  
サリング支援、日本教育工学会論文誌、34  
巻3号、pp.259-268、2010、査読有
- ④ Akihiro Kashihara, and Ryoya Kawai  
A Self-regulator for Navigational  
Learning in Hyperspace, Lecture Notes in  
Computer Science 6094, Springer,  
pp. 389-400, 2010, 査読有
- ⑤ 後藤充裕、柏原昭博、長谷川忍  
研究ミーティングのためのポータブルレ  
ビュー支援システムの開発、教育システム  
情報学会誌、27巻2号、pp.174-186、2010、  
査読有
- ⑥ 柏原昭博  
Webにおけるナビゲーションを伴う学習活  
動と支援環境のデザイン、人工知能学会誌、  
25巻2号、pp.268-275、2010、査読無
- ⑦ Akihiro Kashihara, and Kazuaki Taira  
Developing Navigation Planning Skill  
with Learner-Adaptable Scaffolding,  
Proc. of the 14th International  
Conference on Artificial Intelligence  
(AIED 2009), pp. 433-440, 2009, 査読有

[学会発表] (計 44 件)

- ① Akihiro Kashihara, Model-based  
Scaffolding Technologies for Learning  
Web Resources, 18th International  
Conference on Computers in Education  
(ICCE2010) [招待講演], Putrajaya,  
Malaysia, 2010年12月2日
- ② 川崎眸、学習シナリオ再構成によるリフレ  
クション支援とその評価、人工知能学会先  
進的学習科学と工学研究会、早稲田大学  
(埼玉県)、2010年7月30日
- ③ 太田光一、集合知を用いた Web リソース  
再構成とその評価、人工知能学会先進的学  
習科学と工学研究会、早稲田大学(埼玉県)、  
2010年7月30日
- ④ 柏原昭博、ハイパー空間における知識構築  
プロセスの活性化と支援環境、2010年度人  
工知能学会(第24回)全国大会、長崎ブ  
リックホール(長崎県)、2010年6月9日
- ⑤ 谷田亮秀、プレゼンテーションドキュメン  
トの意味的構造同定とリフレクション支  
援、人工知能学会先進的学習科学と工学研  
究会、山城温泉・瑠璃光(石川県)、2010

年3月15日

- ⑥ 永留圭祐、真正な研究活動との連携による  
コミュニティ知の持続可能な進  
化・継承支援、教育システム情報学会研究  
会、畿央大学(奈良県)、2010年3月13日
- ⑦ Akihiro Kashihara, HyperBlog for  
Sharing and Inheriting Knowledge from  
Research Activities, Workshop on The  
Challenge of Demographic Change -  
Sustainable Life-long Learning and  
Digital Media, Berlin, Germany, 2009年  
9月11日
- ⑧ 柏原昭博、ハイパー空間における自己調整  
ナビゲータとその評価、人工知能学会先進  
的学習科学と工学研究会、電気通信大学  
(東京都)、2009年3月9日
- ⑨ 谷田亮秀、プレゼンテーションセマンティ  
クスによる研究発表スキルアップ支援、教  
育システム情報学会第33回全国大会、熊  
本大学(熊本県)、2008年9月5日
- ⑩ 太田光一、学習履歴マイニングに基づく  
Web リソースの再構成、教育システム情報  
学会第33回全国大会、熊本大学(熊本県)、  
2008年9月4日
- ⑪ 沢崎和郎、認知ツールを用いた Fodable  
Scaffolding とその評価、人工知能学会先  
進的学習科学と工学研究会、電気通信大学  
(東京都)、2008年6月7日

[その他]

ホームページ等

<http://wlgate.ice.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・  
准教授  
研究者番号：10243263

### (2) 研究分担者

渡辺 成良 (WATANABE SHIGEYOSHI)  
電気通信大学・名誉教授  
研究者番号：90008532

### (3) 連携研究者

長谷川 忍 (HASEGAWA SHINOBU)

北陸先端科学技術大学院大学・遠隔教育  
研究センター・准教授  
研究者番号：30345665

岡本 竜 (OKAMOTO RYO)  
高知大学・理学部・准教授  
60274362