

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：12612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560106

研究課題名(和文) 擬似力覚呈示による知識構築支援のための認知ツール

研究課題名(英文) A COGNITIVE TOOL FOR KNOWLEDGE CONSTRUCTION WITH PSEUDO-HAPTICS

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ノードやリンクを基本オブジェクトとする知識マップを用いて、学習教材から学んだ知識を学習者自身に外化させるプロセスに重さや張力などの力覚を伴わせることで、教材に内在する知識の重要度や関連度などについての気づき(認知的示唆)を適切に与える認知ツールを開発した。特に、タブレットメディア上で力覚を伴った新しい学習体験を実現する技術として、学習者が知識マップを作成する操作に擬似的な力覚を呈示し、認知的示唆を与えるための手法を開発した。また、評価実験の結果、擬似力覚呈示の認知的効果を確認することができた。

研究成果の概要(英文)：The main issue addressed in this work was to design and develop a cognitive tool with tablet media that allowed learners to externalize knowledge learned from an instructional material by means of a knowledge map including nodes and links, and that accompanied some touch operations for the map composition with pseudo-haptic senses. The pseudo-haptic senses are expected to produce cognitive awareness about the importance or relevance of knowledge learned. In particular, the work focused on how to provide pseudo-haptic senses according to the touch operations conducted by learners to enhance their awareness. The results of the case studies suggested that the pseudo-haptic senses provided could effectively promote awareness and retention of the important nodes/links.

研究分野：知識工学

キーワード：教育工学 知識構築支援 擬似力覚 認知ツール タブレットメディア

1. 研究開始当初の背景

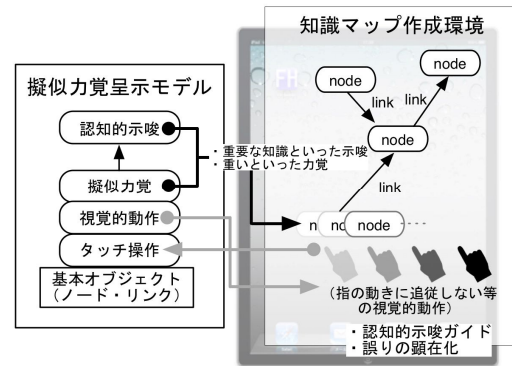
学習教材から学んだ知識を外化させる際に視覚的表現を用いて知識構築を支援することは、教材を提示するだけでは気づきにくい知識の属性や知識間の関連性に認知的示唆を与えることができ、教材の理解や知識の定着に効果的である。この点を踏まえて、これまでも広く研究が行われており、筆者も知識外化プロセスを活性化することに着目した認知ツールを開発してきた。しかしながら、視覚的表現だけでは適切に認知的示唆を与えることが難しい場合があり、外化のプロセスに視覚以外の感覚を伴わせることが学習者自身による気づきを高めるために必要不可欠であると考えられる。そこで、本研究では認知的示唆を高めるために、知識構築支援として擬似力覚の導入に着目した。

擬似力覚とは、視覚から力覚が生じる錯覚のことであり、オブジェクトの視覚的な動きが主体の感覚に整合せず違和感を感じることで起こる。例えば、タブレットメディア上でオブジェクトをタッチ操作により移動しようとする際に、主体(学習者)による指の動きに追従せず移動を遅らせることで、あたかもオブジェクトを重く感じる事が知られている。こうした錯覚を擬似力覚と呼ぶ。

知識構築プロセスに対して複数の感覚を伴わせることで単一の感覚では得られないような認知的効果を挙げる可能性は経験的にも了解されうることはあるが、視覚に加えて擬似力覚を導入するにあたり、その認知的効果を検証することは必要不可欠である。しかしながら、CHI やユーザインタフェースに関する研究分野では視覚情報から擬似力覚を生成する手法に力点が置かれ、擬似力覚による認知的効果を解明しようとする試みは国内外でほとんど行われていない。

2. 研究の目的

学習教材から学んだ知識を外化表現させる上で本質的に重要な点は、学習者自身が表現プロセスにおいて教材に関する何らかの気づきを得ることにある。本研究では、外化プロセスに対して視覚だけでなく擬似力覚を伴わせる手法を提案するが、学習者による気づきを高めるためには擬似力覚がより適切に顕在化可能とする知識の属性や知識間の関連性を同定しておく必要がある。これによって、学習者に与えたい認知的示唆に応じて、外化プロセスに伴わせるべき擬似力覚を使い分けることが可能となる。このような擬似力覚呈示を実現するために、本研究では学習教材から学んだ知識の視覚的表現として知識マップ(教材に内在する個々の知識をノード、知識間の関係をリンクとして表現)を取り上げ、タブレットメディアにおける知識マップ作成操作に対して呈示可能な擬似力覚を調査し、個々の擬似力覚によって学習者に提供可能となる認知的示唆を対応づけるモデルを構築することを目指した。また、こ



のモデルにしたがい、学習者の操作に応じた擬似力覚を呈示して認知的示唆が与えられるように支援するタブレットメディアベースの認知ツールを開発することを目的とした。具体的には、以下の機能を実現することを目指した。

(1) 知識マップ作成・擬似力覚呈示

上図に示すように、タブレットメディアでのタッチ操作に対してオブジェクトの視覚的動作から呈示可能な擬似力覚と、擬似力覚から提供可能となる認知的示唆とを対応づけるモデルを構築し、学習者のノード・リンク操作に対してモデル通りに擬似力覚を呈示する機能を実現する。また、学習者が誤ったマップを作成した場合、誤りの示唆を意図した擬似力覚を呈示する機能を実現する。

(2) 認知的示唆ガイド

擬似力覚呈示から学習者が認知的示唆を得られない場合に、知識の重要度や知識間の関連度への気づきをガイドする機能も実現する。

3. 研究の方法

擬似力覚の呈示および認知的示唆の提供を実現する認知ツールを開発するために、次の通り研究を行った。

(1) 擬似力覚呈示モデルの構築

筆者は、これまでテキスト教材や Web 上の学習リソースから学んだ知識を視覚的に表現する場として、ノードとリンクを基本オブジェクトとする知識マップの作成環境を構築してきた。本研究でも、これらの研究成果を踏まえてタブレットメディア上でのタッチ操作から知識マップを作成する環境を構築することを前提に、ノードを配置(再配置)・移動する際に重さを感じさせる、あるいはノード間にリンクを張る際に張力や斥力を感じさせるなどの擬似力覚を呈示し、ノードが表す知識の属性やリンクが表す知識間の関係性、あるいは誤った関係を顕在化して認知的示唆を与える仕組みを検討する。具体的には、次の手順で擬似力覚呈示モデルを構築する。

呈示可能な擬似力覚の調査：CHIや力覚インタフェース研究の最新動向を幅広く調査し、知識マップの基本オブジェクトごとに、タブレットメディア上でのタッチ操作（ドラッグ、スワイプ、ピンチアウト等）に対する視覚的な動かし方によってどのような擬似力覚が呈示可能かを検討する。

認知的示唆の検討：学習教材に対する認知的示唆として、知識の重要度、知識間の関連度などの定量的な示唆に着目し、知識マップ作成からの学習効果を高める上で学習者に与えるべき具体的な示唆を分類する。

擬似力覚と認知的示唆の対応づけ：様々なドメインの教材を用いて、で検討した擬似力覚がで分類したどの認知的示唆の提供に適切かを確かめる実験環境を準備し、基本オブジェクトごとの擬似力覚と認知的示唆との対応関係を構築する。

(2) 認知ツールの開発

(1)のモデルに基づき、以下の支援機能を有する認知ツールを開発する。

知識マップ作成・擬似力覚呈示環境：学習教材から事前に知識マップのノードを抽出しておき、学習者によるノードの（再）配置とリンク作成を可能とする知識マップ作成支援ユーザインタフェースを開発する。また、擬似力覚呈示が意図されたオブジェクトが操作された場合、そのオブジェクトにあらかじめ埋め込まれた視覚的動作を実行して擬似力覚を呈示する機能を実現する。また、学習者が誤ったリンクを作成しようとするタッチ操作に対しては、誤りの認知的示唆を意図した擬似力覚を呈示する機能を実現する。

認知的示唆ガイド：擬似力覚を呈示しても学習者が認知的示唆を得られない場合、オブジェクトの動作やその擬似力覚について問いかけ（Prompting）を行いながら、顕在化しようとしている知識の重要度や知識間の関連度に気づかせる機能を実現する。

(3) 擬似力覚呈示の有効性評価実験

開発した認知ツールの有効性を、擬似力覚呈示および認知的示唆の可能性、知識定着への貢献、視覚のみによる認知的示唆との対比、から評価する実験を行う。まず、では、オブジェクトの視覚的動作から意図した擬似力覚が呈示可能かどうか、擬似力覚から認知的示唆が提供されるかどうかを、知識マップ作成後にアンケート調査する。では、知識マップ作成の一定期間後に知識マップ再生を行わせて、擬似力覚呈示による知識定着の効果を分析する。では、知識マップ作成に擬似力覚を与える実験群と与えない統制群

に被験者を分け、マップ作成後に被験者が得た認知的示唆を対比し、視覚に対して擬似力覚が提供できる学習効果について検討する。

(4) 擬似力覚呈示モデル・認知ツールの洗練

(3)の結果から擬似力覚と認知的示唆の対応関係を見直し、認知ツールの擬似力覚呈示機能を改善する。また、(3)での認知ツール操作履歴から認知的示唆ガイドの有用性を分析し、必要に応じて支援機能の洗練を図る。

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)知識マップの基本オブジェクトであるノードの（再）配置や移動時に重さを感じさせる、ノード間にリンクを張る際に張力を感じさせるなどの擬似力覚を呈示して認知的示唆を与えるために、擬似力覚呈示モデルを構築した。特に、力覚インタフェース研究の最新動向を踏まえて、タッチ操作で呈示可能な擬似力覚を検討した。次に、知識の重要度、知識間の関連度などの定量的な認知的示唆に着目し、学習者に与える具体的な認知的示唆を分類した。また、擬似力覚がどの認知的示唆の呈示に適切かを検証し、基本オブジェクトごとに擬似力覚と認知的示唆との対応関係を明らかにした。

(2)擬似力覚呈示モデルに基づきタブレットメディアでのタッチ操作による知識マップ作成に対して擬似力覚を呈示する認知ツールを開発した。本ツールでは、擬似力覚情報を埋め込んだオブジェクトが操作された場合、そのオブジェクトに付与された視覚的動作を実行するユーザインタフェースを実現した。また、学習者が誤ったマップを作成した場合、誤りの示唆を意図した擬似力覚を呈示する機能を実現した。

(3)学習者に与えたい認知的示唆に応じた擬似力覚の呈示を実現する技術の開発は、本研究が技術的に最も重視した点であり、知識構築支援に関連する研究に対するインパクトは非常に大きいと考えられる。

(4)タブレットメディアでは、一般に指による直接的なオブジェクト操作を通して学習を行わせることが多いが、指への感覚として力覚は親和性が高い。本研究では、擬似的であるものの力覚を伴う新しい学習体験を提供することができる。こうした学習体験は非常に斬新であり、タブレットメディアにおける新たなインタラクション方法を提供することになり、タブレットメディアの学習・教育活用方法を拡大することに寄与すると考えられる。これらのことを踏まえると、力覚を伴う学習体験を実現するための技術を開

発することは斬新かつ非常に有意義であるといえる。

(5)学習者の知識マップ操作に対する擬似力覚呈示から認知的示唆が得られない場合を想定して、当初認知的示唆ガイド機能を実現する予定であったが、擬似力覚呈示モデルの構築を進める過程で、ガイドを与えることよりも、擬似力覚による認知的示唆の呈示可能性を見極めることが重要であるとの認識に至り、認知ツールを用いたケーススタディの実施を優先させた。なお、ケーススタディの結果から、どのようなタイミングで、どのような情報提示が認知的示唆のガイドには有用であるかの知見を得ており、その知見を踏まえれば今後認知的示唆ガイドの実現は十分可能である。

(6)様々なタイプのテキスト教材を題材として、認知ツールによる擬似力覚呈示の有効性を評価した。その結果、一部の擬似力覚以外は想定通り呈示可能であり、かつモデル通りに知識の重要性や知識間の関係の重要性、および誤りに関して認知的示唆を呈示できることが確認できた。また、擬似力覚を呈示した箇所については、擬似力覚を与えない場合と比較して知識の定着が促進される可能性があることが確認できた。さらに、視覚情報のみ呈示される知識マップ作成と比較して、学習者自ら気づきを得ることができるように仕向けることができ、その効果として教材に対する理解を深める可能性や、教材の学び方に気づく可能性を確認することができた。

(7)(6)の結果を踏まえて、想定通り呈示できなかった擬似力覚を見直すとともに、認知ツールの擬似力覚呈示を改良した。また、学習者自ら気づきを得ることができなかった場合の認知的示唆ガイドを提供する方法について検討した。

(8)擬似力覚による認知的効果を解明する試みがほとんどない中で、本研究はその効果を検証した先駆けであると位置づけることができる。

(9)本研究は、知識構築支援を対象としているが、タブレットメディアを用いた他の学習支援でも、呈示したい擬似力覚と認知的示唆の対応を明らかにできれば、本研究で提案した学習支援方法論は応用可能であり、力覚を伴った新しい学習体験を様々な学習文脈で提供できる。今後は、知識構築以外の領域において、擬似力覚呈示を可能とする認知ツールを開発し、その認知的効果を検証することが望まれる。

(10)認知ツールの評価実験から、擬似力覚呈示の意図を学習者が把握し、教材の学び方を変える可能性が見られた。これは、教示なしに、学習者自ら重要な知識や知識間の関係に気づくだけではなく、学び方に気づく可能性

を示唆している。今後、擬似力覚から学び方の気づきについて検証を進める必要がある。

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 2件)

柏原昭博、塩田剛、擬似力覚呈示による知識構築支援、電子情報通信学会論文誌、Vol.J98-D、No.1、104-116、2015、査読有

Akihiro Kashihara, and Go Shiota, Knowledge Construction with Pseudo-Haptics, Lecture Notes in Computer Science 8474, Springer, pp.61-68, 2014, 査読有

[学会発表](計 15件)

柏原昭博、擬似力覚呈示の学習効果に関する検討、教育システム情報学会第6回研究会、2015年3月21日、香川大学幸町キャンパス(香川県)

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、014年度人工知能学会(第28回)全国大会、2014年5月12日、ひめぎんホール(愛媛県)

柏原昭博、塩田剛、タブレットメディアにおける擬似力覚の認知的示唆効果、人工知能学会先進的学習科学と工学研究会、2014年3月10日、ホテルグランティア太宰府(福岡県)

柏原昭博、塩田剛、擬似力覚を伴った知識構築支援、日本教育工学会研究会、2013年12月14日、徳島大学(徳島県)

Go Shiota, and Akihiro Kashihara, Cognitive Effects of Concept Map Generation with Pseudo-Haptic Feedback, ITHET2013 (International Conference on Information Technology Based Higer Education and Training), 2013年10月12日、Antalya (Turkey)

Keita Kinoshita, and Akihiro Kashihara, Scaffolding Learning Scenario Building with Web Resources, ITHET2013 (International Conference on Information Technology Based Higer Education and Training), 2013年10月12日、Antalya (Turkey)

塩田剛、柏原昭博、タブレットメディアにおける擬似力覚呈示効果の評価、教育システム情報学会第38回全国大会、2013年9月2日、金沢大学(石川県)

柏原昭博、塩田剛、タブレットメディア
がもたらす新しい認知ツール、教育シス
テム情報学会第 38 回全国大会プレカン
ファレンス、2013 年 9 月 2 日、金沢大学
(石川県)

〔図書〕(計 4 件)

Chen-Chung Liu, Hiroaki Ogata, Siu
Cheung Kong, and Akihiro Kashihara
(eds.): Proceedings of the 22nd
International Conference on Computers in
Education (ICCE2014), 1042, 2014.

Ying-Tien Wu, Thepchai Supnithi, Tomoko
Kojiri, Chen-Chung Liu, Hiroaki Ogata,
Siu Cheung Kong, and Akihiro Kashihara
(eds.): Workshop Proceedings of the 22nd
International Conference on Computers
in Education (ICCE2014), 895, 2014.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔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 (Akihiro Kashihara)
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

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：