

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月18日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700815

研究課題名（和文） テーブルトップインターフェイスを基盤とする教室機能拡張型 e-Learning

研究課題名（英文） E-Learning by Classroom Functionality Extension Based on Table Top Interface

研究代表者

光原 弘幸（MITSUHARA HIROYUKI）

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師

研究者番号：90363134

研究成果の概要（和文）：本研究では、教室におけるノートテイキングを支援するために、紙とデジタル教材を融合した Paper-Top Interface (PTI) を提案・開発した。PTI システムは、AR (Augmented Reality) マーカを貼付した紙のノート（各ページ）にプロジェクタで対応教材を投影するものである。従来のノートテイキング手法との比較実験を通じて、PTI がノートテイキングの負担を軽減し、学習効果も損なわれないことを示した。加えて、PTI のインタラクティブ化として、AR マーカを隠したり塗ったりすることで、教材内容を変化させることも実現した。

研究成果の概要（英文）：In this study, Paper-Top Interface (PTI) was proposed and developed, which fused paper and digital learning material to support note-taking in a classroom. The PTI system uses a visual-marker-based AR (Augmented Reality) technology and projects a digital learning material onto the corresponding page of a notebook. In comparison with common note-taking styles, it was revealed that the PTI (system) was not inferior to the common styles and did not decrease learning effect. In addition, interactivity of the PTI system was diversified to control the content of learning material (e.g., hiding and painting the visual marker.)

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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：教育工学, e-Learning, 教材情報システム, HCI, テーブルトップインターフェイス

1. 研究開始当初の背景

e-Learning が教育機関に広く普及・定着し、学習者（学生）にとって“いつでもどこでも”という学習環境が提供される一方で、従来から存在する教室という学習環境における学

習意欲や理解度の低下は否めなかった。このような状況の中、学習意欲や理解度の向上を目的として、現代の学習者にとって身近な携帯情報端末を講義に導入する試みが多く行われてきた。しかし、携帯情報端末の入出力

インターフェイスでは、教材のバリエーションが限定され、学生のニーズや特性に応じた学習支援が困難な場合も多かった。

このような背景から、入出力インターフェイスの拡張を軸に、教材のバリエーション化で新しい教室空間を構築し、学習意欲と理解度を向上させることが次世代 e-Learning として重要であると考えた。特に、教材のバリエーション化として、インタラクティブ性の向上が見込めるテーブルトップインターフェイスに注目した。

2. 研究の目的

本研究では、教室空間（実世界）と e-Learning の長所を融合し、新しい Blended Learning 環境をデザイン・開発・評価することを目的とし、以下の研究課題を設定した。

(1) テーブルトップインターフェイス (TTI) による実世界指向の教材配信：HCI 技術により入出力インターフェイスを実世界に拡張し、従来の学習活動や学習道具をそのまま適用できる TTI を開発・評価する。

(2) 認知負荷適用に基づく Adaptive Scaffolding（個人適応支援）：(1)を基盤として動作する e-Learning 教材推薦機能などを開発・評価する。

(3) 学習活動プロセスの記録・再現による復習支援：(2)を通じた学習プロセスに着目して復習支援を開発・評価する。

(4) インタクションの多様化：新しい Blended Learning 環境の利点を強化するために、TTI における多様なインタクション機能を開発・評価する。

3. 研究の方法

本研究では基本的に、システムの設計・試作を短いスパンで実施し、実験的評価により課題等を見出して、システムの改善や再設計に取り組むサイクルで実施された。2で示した研究課題に個別に取り組み、後にひとつのシステムとして統合するというアプローチを採用した。

4. 研究成果

2で挙げた研究課題に加え、教材オーサリングの重要性を認識し、Web ベースの教材オーサリングシステムの開発にも着手した。また、具体的な学習トピックを設定し、その教材を作成、実験的評価を実施した。

(1) TTI システムの開発・評価

TTI を適用する教室での学習活動としてノートテイキングに着目し、ノートテイキングを支援する TTI システムの開発に取り組んだ。

- 学習道具として鉛筆やノートに着目し、それらをそのまま適用できる TTI として、Paper-Top Interface (PTI) を提案し、システムを設計・開発した。PTI は、AR マ

ーカー (ARToolkit) を用いてノートの各ページを認識し、対応するデジタル教材をプロジェクタで机上のノートに投影する (図1~3)。PTI システムにより、学習者はページを自由にめくって眼下で教材を参照しながら、使い慣れた道具でノートテイキングすることで、板書を書き写す負担が軽減し、学習内容 (考えること) に集中することができる。

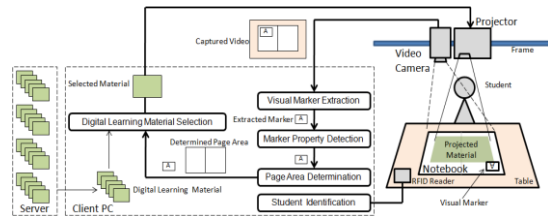


図1 PTI システムの構成

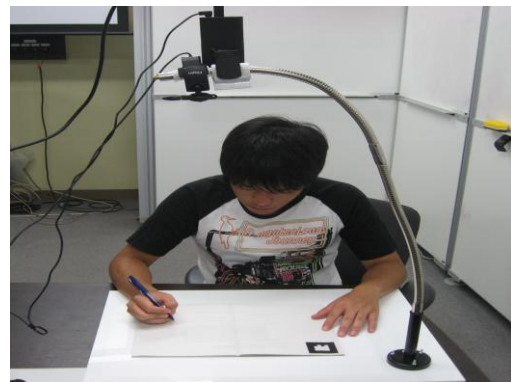


図2 PTI システムの外観

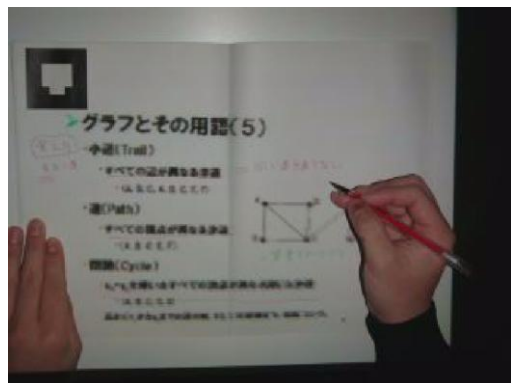


図3 ノートに投影されたデジタル教材

- PTI 群と従来の代表的な3つのノートテイキングスタイル群 (白紙ノート群, 講義資料印刷群, タブレット PC によるデジタルノートテイキング群) を用意し、PTI によるノートテイキングの負担軽減や学習効果等を実験的に評価した。その結果、白紙ノート群及びタブレット PC 群との比較において、ノートテイキングの負担が軽減しており、講義資料印刷群と同等の低い負担となっていた。さらに、PTI 群は板書を書き写すのではなく、投

影された教材に注釈をつける傾向があることが分かった。これにより、PTI はノートテイキング支援として機能していると考えられる。事後テストの結果には4群とも差が見られなかったことから、PTI は従来と同等の学習効果が期待できる。PTI の基本機能については、ページ認識や教材の追従性で改善の余地が認められた。また、PTI に適した教材の形式や内容、投影された教材のデザインや画質、投影領域など検討すべき点が見つかった。

- PTI に接続されたリーダーで学生の RFID タグを読み取り、その時間その教室で受講する授業の教材を投影するようにした。これは PTI と e-Learning システムの連携の一部である。

(2) Adaptive Scaffolding の設計

Adaptive Scaffolding の基本方針として、学習者の教材とのインタラクション記録から学習者の理解度や学習意図を推測し、復習を促進することを目指した。

- Adaptive Scaffolding 及び復習支援として、クイズの正誤状況や教材への明示的な属性から学習者間の類似度を算出し、類似学習者の特徴に基づいてアノテーション (例、「x ページを見返してください」) を表示する機能を設計した。

(3) 学習活動プロセスの記録・再現による復習支援

(2)に開発遅延が生じたことから、(1)の延長として実装可能な復習支援機能を実装した。

- 講義後の復習を支援するために、ページ認識用に撮影したノート映像を画像として一定間隔で保存する機能を実装した。これにより、タブレット PC 等でノートを見返し、復習することができる。

(4) PTI におけるインタラクションの多様化

ノートに対する操作により、投影教材に変化を生じさせたり、機能を起動させたりする以下のようなインタラクションを実現した。

- ノートを手前に傾けることによって、教材を非投影にできるようにした (反対に傾けると投影される)。
- 定期的なノートの画像撮影は保存容量の消費や検索の困難さがあったため、AR マーカを塗り潰すというインタラクションを実装し、学習者の任意のタイミングで画像撮影できるようにした (図4)。
- 教材に演習問題をアノテーション表示し、AR マーカを手で隠すことにより、選択肢を選べるようにした。また、次のページをめくることで、その正誤を表示することもできるようにした (図5)。

- 静止面の教材だけでなく、動画も投影し、ノートの移動や回転に追従するようにした。

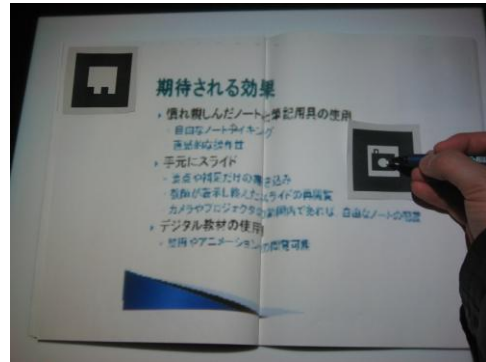


図4 AR マーカを塗るインタラクション

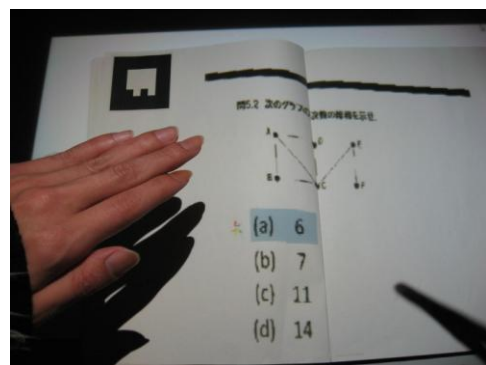


図5 AR マーカを隠すインタラクション

(5) Web ベース教材オーサリングシステムの開発

標準的な Web ブラウザで動作する教材オーサリングシステムを開発した。本システムにおいて、教師はマウス操作で PTI 用の教材を作成することができる (図6)。

- ノートの各ページに対する投影教材 (デジタルスライド) の枚数や投影位置を指定できるようにした。
- クイズをアノテーションとして教材に埋め込めるようにした。

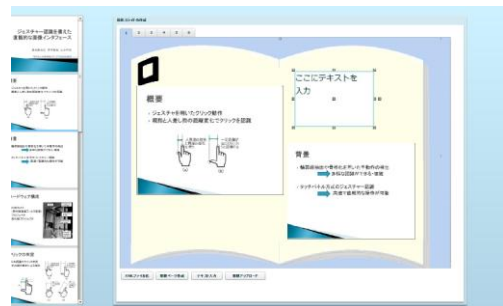


図6 教材オーサリングシステムの一面

(6) 天体学習への適用

紙媒体とデジタル教材の融合の長所を強化するために、PTI の適用科目として理科の

“天体”を選定し、PTI システムにおけるインタラクションの多様化を進めた。

- ノートを傾けるというインタラクションにより天体（太陽，地球，月）のCGを移動させ，天体の位置と月の満ち欠けの関係性を学習させる機能及び教材を実装した（図7）。
- ノート上のAR (Augmented Reality) マーカを隠すという SNI により教材内容（天体の初期配置）を切り換える機能を実装した。
- 学習者がマーカを塗り潰すことで月の満ち欠けを表し，システムがその満ち欠け具合を判断してクイズの正誤判定をする機能を実装した。
- 上記機能を実装したPTI システムと機能無しのPTI システムとの比較実験を行い，天体に対する興味，学習意欲や理解度を向上させることを示した。



図7 天体学習におけるノートを傾けるインタラクション

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1件）

- ① 光原弘幸，森山利幸，山田佳幹，金西計英，矢野米雄，ノートとデジタル教材の融合により“学習内容を書き留めること”を促進する Paper-Top Interface の設計・開発，日本教育工学会論文誌，査読有，Vol. 34, No. 3, 2010, pp. 191-200, http://ci.nii.ac.jp/els/110007988930.pdf?id=ART0009578143&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1337908515&cp=

〔学会発表〕（計7件）

- ① 光原弘幸， DIVERSIFYING STUDENT-NOTEBOOK INTERACTION IN PAPER-TOP INTERFACE SYSTEM, IADIS International Conference e-Society 2012, 2012. 3. 10, Ramada Berlin Alexanderplatz (ドイツ・ベルリン)

- ② 光原弘幸， ADAPTIVE SUPPORT IN PAPER-TOP INTERFACE SYSTEM FOR CLASSROOM EDUCATION, International Technology, Education and Development Conference, 2012. 3. 6, MELIA VALENCIA (スペイン・バレンシア)
- ③ 光原弘幸， AR 技術を用いたノートとデジタル教材の融合，動的画像処理実用化ワークショップ 2011, 2011. 3. 3, 四国大学交流プラザ (徳島市)
- ④ 光原弘幸， 飛び出さない教科書：教室授業の現状を踏まえたノートテイキング支援用 Paper-Top Interface, エンタテインメントコンピューティング 2010, 2010. 10. 23, 京都工芸繊維大学 (京都市)
- ⑤ 光原弘幸， Paper-top Interface for Supporting Note-taking and its Preliminary Experiment, The 2010 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2010. 10. 13, Istanbul Convention & Exhibition Centre (トルコ・イスタンブール), DOI: 10. 1109/ICSMC. 2010. 5642448
- ⑥ 光原弘幸， AR を用いた学習用 Paper-top Interface の試作と予備実験，第72回情報処理学会全国大会，2010. 3. 8, 東京大学 (東京都)
- ⑦ 光原弘幸， PAPER-TOP INTERFACE IN CLASSROOM, IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age 2009, 2009. 11. 20, Aran Mantegna Hotel (イタリア・ローマ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

光原 弘幸 (MITSUHARA HIROYUKI)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス
研究部・講師
研究者番号：90363134

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

金西 計英 (KANENISHI KAZUHIDE)
徳島大学・大学開放実践センター・教授
研究者番号：80204577
矢野 米雄 (YANO YONEO)
徳島大学・名誉教授
研究者番号：40035663