

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650546

研究課題名(和文) デジタル教科書の学習支援機能の創出に関する研究

研究課題名(英文) Creation of learning aid devices for a digital textbook

研究代表者

池井 寧 (IKEI, YASUSHI)

首都大学東京・システムデザイン研究科・教授

研究者番号：00202870

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学習者の学習力を引き出すためのデジタル教科書の新機能を探求した。具体的には、学習者に合わせた学習を支援するため、記憶に残りやすいインタラクティブな情報生成操作と遊びの要素を加えた機能を構築した。これにより、さまざまな生徒・学生が主体的な学習活動を行えるようなデジタル教科書の学習支援ツールを実現した。

携帯端末等に表示された教科書の本文に対して、学習者がその要点や特に記憶しにくい場所の内容を表す画像を選ぶことができ、その画像に対して、記憶を体制化し容易に符号化するための画像ペグを瞬時に組み合わせさせることで、想起のための手がかりと記録のための精緻化を顕著に促進することができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, we pursued a new learning-assistance function for a digital text book that promoted the learner's ability to obtain information. Specifically, an interactive generative manipulation of information that involved an aspect of a play to assist a memorable and fitted learning process for the learner was developed. A learning aid tool that helps a proactive learning for various students was established.

Graphic images that showed the meaning of the target word/phrase in the textbook, were provided to the learner who could select one, and add an image memory-peg to the image in a very short time. This method could markedly promote the mental organization for the subsequent recall, and the elaboration of items to remember.

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：教材情報システム デジタル教科書，インタラクティブ学習支援 携帯端末

1. 研究開始当初の背景

ICTの急速な進展は、教育や学習の分野にも大きな影響を与えつつある。従来の学習教材は、実質上、紙の印刷物に限定されていたが、電子的なデバイスの進展により、デジタル教科書／教材の利用が進められつつある。近年のネットワークと端末処理速度の向上、使い易いモバイル（タブレット型）端末の出現によって、電子的な教材は近い将来に実用化されると考えられている。

2. 研究の目的

本研究では、電子デバイスのマルチメディア機能、インタラクティブ機能を利用し、学習者の学習力を引き出すためのデジタル教科書の新機能を探求した。具体的には、教科書の学習（記憶）を促進する新しい手法を開発し、将来のデジタル教科書等の電子教材に応用するための基礎を構築することを目的とした。タブレット端末に表示された教科書のテキストの中の項目（単語）を記憶する際に、その単語の意味に関連する画像を選択させた上で、その画像に記憶（再生）支援のペグ画像を簡単に合成する手法を開発し評価した。ペグ画像は、数字を図形化した図形化数字ペグ、およびユーザの嗜好する（擬人的）キャラクタの写真または絵を切り出したキャラクタペグを用いた。これらペグを単語の関連画像に合成させることで当該内容の記憶を強化する学習支援手法の有効性を実証した。

3. 研究の手法

(1) 基本機能

本研究に先行して開発された空間型電子記憶術（Spatial Electronic Mnemonics, SROM）[1]は、記憶術[2]の主要な技法となっている掛けくぎ法を発展させて、実空間のランドマークや物の画像を利用して記憶支援を行う「電子デバイス支援の記憶の掛けくぎ」を提案し、その機能的な可能性を与えた。その基本機能は、教科書の文字テキストに対して、学習者自身が選択操作する画像アノテーションの付加と記憶掛けくぎの組み込みである。これに基づいた本システムの記憶支援のための基本的な機能の特徴は、次の通りである。

- 画像による二重符号化支援
- 記憶ペグによる体制化（再生手がかりの構造化）
- 嗜好領域の擬人化キャラクタをペグとすることによる精緻化支援
- 合成操作による生成効果
- タブレットによる直接操作
- インターネットデータ（ベース）の利用

(2) 実装の構成

これらの機能をタブレットで使用可能とするソフトウェアを構築し、デジタル教科書のプロトタイプとしての機能を実証した。図1は、タブレット型コンピュータ iPad 実装したシステムの機能イメージである。

表示されているモデルデジタルテキスト中のキーワード単語に対して、学習者はハイライトマーカを付ける。そのキーワード（記銘単語）に意味的に関連する画像をインターネットで検索して、単語の近傍に画像リストとして表示する。リストから一つを自由に選択し、その画像（単語の関連画像）を学習支援のための画像として、そのページに配置する。更に、この関連画像を体制化するため、その画像上に、図形化数字ペグをオーバレイ合成する。例を図2、3に示す。この合成画像を合成ペグ画像と呼ぶ。この合成操作は、自分で意味付けられた画像を構築する過程であり、記憶の精緻化に有効な生成効果を与える。この合成ペグ画像を、ハイライトされた記銘単語の近傍に配置する。



図1 機能イメージ

図2 実装態様



図3 合成ペグ画像の例（記銘単語は、ロンドン、および古墳）

4. 研究成果

(1) システムの評価実験 1——図形化数字ペグの効果

①実験の概要

上記のシステムの基本となる機能の一部について、モデル実験によってその効果を評価した。本実験の参加者は、都内の高校生5名（平均年齢17.6歳）である。実験内容は、合成ペグ画像の構築による記憶対象単語の記銘である。モデル教科書の内容は、高校の歴史、地理、生物とした。実験参加者は、モデル教科書の文中に指定された単語（実験者が予め、単語に下線を付けたもの）を記憶し、

後に再生した。さらに質問紙による主観評価を行った。

実験開始前に、記憶ペグ画像（図形化された数字）を参加者に記憶させた。モデル教科書 1 ページ毎に、赤い下線で指定した単語 10 個を異なる条件で記憶させた。条件は支援有り（マーカー引き、関連画像、図形化数字表示）と統制（マーカー引き）の二条件である。全 6 ページ、60 単語を 1 セッションとして記憶させた。支援条有り条件では、指定単語に黄色マーカーを引いて、インターネットで画像を検索し、表示された画像リストの中から任意に 1 つを選択する。選択した画像上にペグ画像を配置して合成ペグ画像を構築し、文章中の指定単語の傍に配置することで、関連画像とともに記憶するように指示した。図の配置操作も含めた 1 ページ（10 単語）の記憶時間は 164 秒であり、1 単語あたり 16.4 秒である。回答は、制限時間 10 分以内の自由再生で行い、白紙に指定単語を書かせた。再生は、実験直後、翌日、1 週間後、8 週間後に予告なく行った。

②実験結果

各遅延時間における単語の再生率を図 3 に示す。直後再生において、支援有り条件で平均再生率は 48.7%、統制条件では 29.3%となった。直後から 8 週間後まで、いずれの遅延回答においても支援有条件の場合に再生率が高かった。支援の有無と遅延時間を要因とした分散分析の結果、支援有無と遅延時間の両者に有意差が認められた。以上の結果から、本提案手法が単語項目の記憶の支援に有効であることが示唆された。

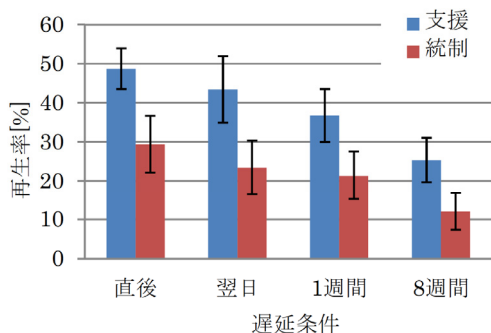


図 4 遅延条件における単語再生率 (SE 誤差棒)

(2) システムの評価実験 2——嗜好画像を利用した記憶ペグの評価

画像ペグとして、各ユーザが好む分野の人物、または擬人化キャラクター（マンガ等）の画像を取上げて評価した。ここではこれを人物型ペグと呼ぶ。人物型ペグでは、ユーザの好きな人物・キャラクターの画像を利用するため、ユーザはそのペグに対して属性情報を多く所有している。その結果、関連画像と合成する際に、多くの連合手がかりの可能性を持

つことになる。当然、ペグとして学習する際の負荷が非常に少なく、直ちに利用可能である。

①実験の概要

本実験の参加者は、本学学生 6 名（平均年齢 22.7 歳）である。評価対象は、合成ペグ画像と記憶単語との連合による単語再生である。モデル教科書の内容は、高校の歴史、地理、生物とした。実験参加者は、モデル教科書の文中に指示された単語（実験者があらかじめマーカーを付けた記憶単語）を記憶し、後に再生した。質問紙による主観評価も行った。

②実験手順

最初に、参加者が好きな人物・キャラクターの名前を挙げてもらい、それらの画像を人物型ペグとして記憶させた。図形化された数字も同時に記憶させた。モデル教科書 1 ページにつき単語 8 個を黄色ハイライトマーカーで指示し、1 ページ毎に次の 3 条件を順に繰り返し適用して記憶させた。3 条件とは、人物型ペグを使った支援条件 1（単語関連画像と人物型ペグ画像を表示）、図形化数字を使った支援条件 2（単語関連画像と図形化数字を表示）と統制条件（マーカーの指示のみ）である。全 9 ページ、72 単語を 1 セッションとして記憶させた。

支援条件では、ハイライトされた記憶単語をタッチすると、実験者が予め用意した単語の意味内容を表す画像（単語関連画像）が、画面中央に提示される。その際、ペグ画像も右下に提示される（図 5a）。参加者は、ペグ画像を単語関連画像の上で出来るだけ有意義な場所に配置して、合成ペグ画像を構築する。この合成ペグ画像を直ちに記憶する。配置を完了すると、合成ペグ画像は一旦縮小されてマーカー近傍に自動的に配置される。1 ページ分の画像合成操作が全て完了すると、合成された 8 個の合成ペグ画像と単語が一覧表示される（図 5b）。



(a) 画像合成時

(b) 一覧表示

図 5 ペグ画像の合成

1 単語当たりの操作と記憶の時間は合計 15 秒であり、1 ページ当り 120 秒である。18 分で全てのページが完了する。その後、制限時間 10 分以内の自由再生において、記憶した

単語を白紙に書かせた。さらに認知的負荷を質問紙で調べた。再生遅延時間は、実験直後、翌日、1週間である。意識的な復習は行わないように指示した。

③実験結果

各遅延時間における再生率を図6に示す。図7はその両対数表示である。いずれの遅延回答においても再生率は、人物型ペグ画像を使った支援条件1、図形化数字を使った支援条件2、統制条件の順となった。直後再生では、支援条件1が64.6%、支援条件2が42.4%、統制条件が30.6%であった。また、時間の経過に伴う再生率減少はほぼ同じ傾向である。支援条件と遅延時間を要因とした分散分析及び多重比較の結果、いずれの組み合わせにおいても有意差が見られた。この結果から、人物型ペグを利用した記憶支援機能の有効性が示唆された。

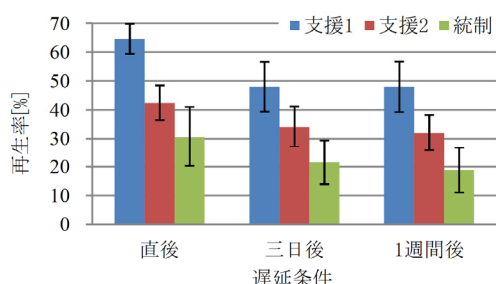


図6 記銘単語の再生率 (SE 誤差棒)

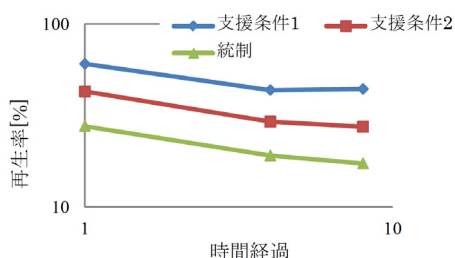


図7 記銘単語の再生率 (SE 誤差棒)

支援条件1、2と統制条件の差の要因としては、関連画像による記憶対象の二重符号化と、ペグ画像による体制化効果が挙げられる。支援条件1と支援条件2の間の差は、ペグの特性によるものと考えられる。人物型ペグは、ユーザの熟知している人物であり、その属性情報を有効に利用して関係が連想しやすいような合成ペグ画像がより多く作成できたと考えられる。特に、人物・キャラクタ画像を関連画像と合成する際に人物が行っている動作の要因は大きい。人物型ペグ画像では、図形化数字ペグに比べ、身体各所(手や足等)を関連画像内のランドマークに視覚的に配置・関連させることにより、連想しやすい合成画像を生成できたものと考えられる。

主観評価として、記銘時及び再生時の認知的

的負荷について、「全く気楽に」から「極めて集中」までの7段階のグラフ尺度で解答させた結果を図8、9に示す。

いずれの局面においても、システムを利用した場合(支援条件1、2)が統制条件に比べて低い結果となった。分散分析の結果、再生時では、支援条件と統制条件の間に有意差が観られた。この結果から本手法が、単語の記銘及び再生時の負荷を軽減しつつも、記憶を容易にすることが示唆された。

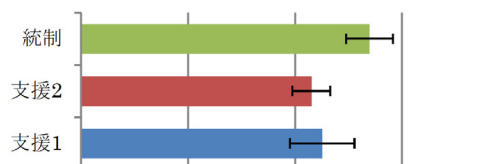


図8 記銘時の認知的負荷 (SE 誤差棒)

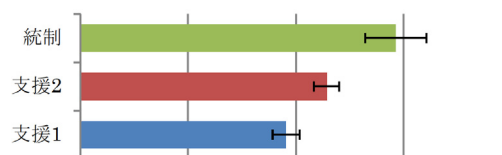


図9 生成時の認知的負荷 (SE 誤差棒)

(3) まとめ

本研究では、デジタル教科書のための記憶学習支援システムの構築と評価について述べた。モデル教科書を使った単語記銘実験の結果、短時間の掛けくぎ操作による記銘支援によって、著しい再生率の向上が認められた。特に、ペグ画像として、ユーザが嗜好する人物型画像が、図形化数字よりも記銘を容易化する効果を有することが示唆された。

参考文献

- [1] 池井寧, 太田浩史, 空間型電子記憶術に関する研究—基本概念の提案と登録操作の特性, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 14, No. 2, pp. 241-249, 2009
- [2] F. S. Bellezza. Mnemonic devices: Classification, characteristics, and criteria, Review of Educational Res., 51(2), 247-275, 1981

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)

[学会発表] (計 16 件)

- ①池井 寧, 空間情報を利用する記憶支援, 電子情報通信学会信学技報, vol. 111, no.

155, HIP2011-33, pp. 31-32, 2011-7 (招待講演)

②小田万莉, 柳沢 舞, 池井 寧, 記憶支援のための画像情報の利用手法に関する研究, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 83-84, 2011-9

③小田万莉, 佐藤 瞬, 池井 寧, デジタル教科書のための記憶学習支援機能に関する研究, 第27回日本教育工学会論文集, pp. 807-808, 2011-9

④Banri Oda, Mai Yanagisawa, Yasushi Ikei, Memorization/learning assistance system for a digital textbook, Proc. ASIAGRAPH 2011 in Tokyo, pp. 57-60, 2011-10

⑤Banri Oda, Mai Yanagisawa, Yasushi Ikei, Memorization/learning assistance system for a digital textbook, Proc. ASIAGRAPH 2011 in Tokyo, pp. 57-60, 2011-10

⑥Banri Oda, Yasushi Ikei, Memorization assistance system to augment a digital textbook, Proc. ASIAGRAPH Forum 2012 in Tokyo, pp. 67-68, 2012-3

⑦Banri Oda, Yasushi Ikei, Memorization Assistance System for a Digital Textbook, Proc. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (EdMedia) 2012, pp. 1377-1384, 2012-6

⑧小田万莉, 池井 寧, デジタル教科書のための学習支援環境に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 61-62, 2012-9

⑨小田万莉, 池井 寧, タブレットを利用したデジタル教科書のための学習支援システムの構築に関する研究, 日本VR学会 VRと超臨場感研究会論文集, pp. 27-28, 2012-12

⑩西川貴士, 池井 寧, デジタルメディアによる学習支援環境に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会 VRと超臨場感研究会論文集, pp. 45-46, 2012-12

⑪ Takashi Nishikawa, Yasushi Ikei, Memorization and learning assistance for an electronic book---Implementation design of semiautomatic generation of a personal reference sentence, Proc. ASIAGRAPH 2013 in Hawaii, pp. 103-104, 2013-4

⑫小田万莉, 池井 寧, タブレットを利用したデジタル教科書のための学習支援システ

ムに関する研究, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, CDROM, 2013-9

⑬Banri Oda, Yasushi Ikei, Learning aid tool for the electronic textbook on a tablet computer---Implementation design of memorization aid using a character image, Proc. ASIAGRAPH 2013 in Kagoshima, pp. 113-114, 2013-9

⑭西川貴士, 池井 寧, デジタル教科書のための記憶学習支援手法に関する研究, VRと超臨場感研究会論文集, pp. 5-6, 2014-1

⑮小田万莉, 池井 寧, ユーザの趣好画像を利用した記憶/学習支援機能に関する研究, VRと超臨場感研究会論文集, pp. 7-8, 2014-1

⑯ Takashi Nishikawa, Yasushi Ikei, Takeshi Kitazawa, MicroStory Method: A Memorization Assistance Tool for a Digital Textbook, EdMedia 2014, CDROM, 2014-6

[産業財産権]

○取得状況 (計1件)

名称: 学習支援装置, 学習支援システムおよび学習支援プログラム

発明者: 池井 寧, 鴨泰弘

権利者: 首都大学東京

種類: 特許

番号: 特許第5515150号

取得年月日: 平成26年4月11日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池井 寧 (IKEI, Yasushi)

首都大学東京・システムデザイン研究科・教授

研究者番号: 00202870

(2) 研究分担者

北澤 武 (KITAZAWA, Takeshi)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号: 80453033