

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 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：2014～2016

課題番号：26560125

研究課題名(和文) デジタル教科書のための主観的注釈による学習支援機能に関する研究

研究課題名(英文) A study on leaning assistance function for a digital textbook by subjective annotation

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) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、学習者が学習テキストに対して、面白さを含む文と興味ある画像を自ら作ることで動機づけを高め、記憶保持と再生を容易化するデジタル教科書のための学習支援機能を提案し、その特性を明らかにした。学習テキストに付す文は、知人友人が主語の特定行動の叙述であり、主語依存型、音韻型、情動型、一般の短文とした。実験の結果、主語依存型と音韻型の文が、再生率向上に特に効果的であることがわかった。

興味ある画像で学習者の記憶を促進する手法では、記銘単語に関連する画像を取得して、それに擬人化キャラクター画像を合成させた。その結果、意味が関係しているキャラクター画像で再生率が著しく高まることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we proposed a learning support function for digital textbooks that enhanced motivation and facilitated memory retention and reproduction of learners by allowing them to create an interesting sentence and image to attach to the target text. The sentence was a description of specific behaviors of the user's friend or acquaintance. It was a short sentence either of a subjective dependent type, phonological type, emotional type, or general type. Experimental results showed that both the subject dependent and phonological type sentences were particularly effective for improving the recall ratio.

Regarding the method to promote the learner's memorization by using the image of interest, the image related to the target word was acquired first, and then, the personified character image was synthesized with it. As a result, the recall ratio was remarkably increased when the character image with consistent meaning was used.

研究分野：認知工学、超臨場感、バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェース

キーワード：認知工学 主観的注釈 画像合成 ストーリー 超臨場感

1. 研究開始当初の背景

教科書のデジタル化が進行しつつある。デジタル教科書は、特にアジア諸国において注目されており、新しい教育への適用準備が活発に行われている。韓国、台湾、シンガポールなどでとりわけ積極的に行われており、試験的な導入が始まっている。我が国においても、2020年の実現がIT戦略本部による政府目標として取り上げられた。2010年にはデジタル教科書教材協議会が設立され、教育界および関連業界を含む各種側面からの参加が進んでいる。文科省、総務省およびデジタル教科書教材協議会などによって、実証実験が進行しつつあり、いわゆる教科書の学習の内容のデジタル化の体制・環境は整いつつある。しかし、教科書としての規範性や安定性、児童生徒への多面的な影響評価の観点から、コンテンツの制作は慎重な検討を要求される側面が強い。技術的には、利用可能な端末(PC、タブレット、スマートフォン)の技術的進展は著しく、柔軟な学習支援環境への自由度は著しく高まってきた。一方で、子供の学習意欲の低下や学習に困難を感じる子供の存在(通常学級でも6%、2002)、読解力低下など、将来を担う人材の育成において重大な問題が存在しており、多方面からの学習の促進方法が強く求められている。

2. 研究の目的

本研究では、学習者の動機づけに効果的かつ記憶に残りやすいような主観的な注釈を付ける(欄外への書き込み)ことで、興味が持ちやすく記憶保持に有効な手法の一原理を明らかにし、その半自動合成機能を実現する。動機づけを高めるために対象のテキストについて、自分が日常高頻度で接する身近な人とその特徴を使った文を構成する手法を提案し、効果的な文の構成法を明らかにする。更に、記憶における画像優位性を利用するため、自分の趣味の分野の画像との合成を用いることを提案し、それらを合成させる場合の条件として有利な手法を明らかにする。この2つの手法を用いて、学習者の動機づけを行う場合の特性を、実験により明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、学習テキストに対して、学習者が「面白さを含む文と興味ある画像」を自ら作り上げて動機づけを行い、それと同時に記憶保持と再生を高めるデジタル教科書のための学習支援機能を解明する。

具体的には、学習テキスト中で記憶したいキーワードに対して、学習者に関係した情報(身近な人物や趣味)を含むテキストを、学習者が選択して合成する操作を行わせて付加すること(主観的注釈)で動機づけと記憶

効率の向上を実現するソフトウェアを構成する。上記の機能を、PCおよびタブレットに実装して、実験による効果の評価と改良を行なう。

更に、学習に対するモチベーションを高める手法として、学習対象に対して、興味を持つ画像を学習者に自ら作らせる。これらは近年ゲーム性を持たせることが動機づけに効果的とされる事と共通性がある。また、記憶効果が著しく高い記憶術の基本要素を組み込んでいることが大きな特徴であり、記憶支援の効果は確実に期待できる。

本研究では、上記のように学習への動機づけとして、従来と異なるアプローチで、主観的な興味を引き、同時に記憶を促進する。模擬デジタル教科書は、中等高等教育程度の社会・理科の科目の教科書を参照して独自に制作する。評価は、初等中等高等教育課程の生徒・学生を対象とした模擬学習の実験を連携研究者と実施し、動機づけ効果と記憶効果を定量化する。

4. 研究成果

(1) テキストによる方法

記憶術における体制化手法の1つとして物語法があり、記憶対象語を特定の文脈に組み込んだ物語を使用することで、再生を容易化できることが知られている。また、能動的な認知的活動としての選択効果、生成効果を持ったインタラクティブ性の利用も記憶効率を向上する。これらの特性を有効に活用するようにデジタル技術を駆使して学習テキストを拡張することによって、記憶術の修得困難性を緩和しつつ学習効率を高めることが可能と考えられる。

本研究では、最小の「物語」要素を記憶項目への注釈として学習テキストに付す方法を考える。ここで物語要素とは、ある人物が何らかの行動をなしたことの叙述であり、時系列を持った出来事の記述である。物語の主要な要素は、主語(人)とその行動である。複数の記憶項目に対応させるための複数の物語を体制化するためには、全ての主語が体制化されればよい。ここでは、知人、友人など良く知っている人物を物語の主語系列として使用する。記憶項目の再生時には、これらの主語を手がかりとして物語を思い出すのが、既知の人物の想起は容易で、修得困難性を緩和すると同時に、その人物には興味を持ち易いので、学習への動機づけにも一定の効果が期待できる。

行動を規定する述語部分は、符号化に有効な形式が必要であり、ここでは4種類(主語依存型、音韻型、情動型、一般型)を取り上げる。以下の例文では、記憶対象単語を網掛け(赤)文字で表している。

(a) 主語依存型

「A 君はガンジス川に電子書籍を落とした」

※主語と述語部に強い結合性

(b) 音韻型「A 君はアテナを宛名(あてな)にした」

※記銘語と述語部に強い結合性

(c) 情動型「A 君はパレスチナで死体を見た」

(d) 一般型「A 君はヴェーダを覚えた」

本研究では、学習者が良く知っている人物を主語(体制化支援要素)とし、特徴のある行動(精緻化要素)を述語とした文で、記銘対象の記憶を支援する手法を提案する。この主観的な短文(最小の物語、MicroStory)を注釈文として付すことで、再生を支援し、興味を持ち易くすることを目標としたシステムを構築して、その効果の検証を行った。

支援あり(主語依存型、音韻型、情動型、一般型の述語を実験者が指定)、支援機能無し(5条件で再生率を比較した。実験参加者には、知人 10 人を実験前に申告させた。記銘対象は、世界史のテキスト教材で、1 頁の中でハイライトした 50 単語である。1 頁 10 分間モニタに提示し、実験参加者に記憶させた。実験終了直後に、ハイライトされた 50 単語を自由記述形式で白紙に再生させた。実験参加者は 7 名(大学(院)学生、平均年齢 22.3 歳)である。

記銘セッションの直後、3 日後、7 日後および 2 ヶ月後に再生された単語の正解率を図 1 (標準誤差を誤差棒で付す。以降の図も同様。)に示す。主語依存型の文と、音韻型の文が、再生率向上に特に効果的であることがわかった。(統制条件との多重比較の結果(フィッシャーの最小有意差法)主語依存型では $p=5.68 \times 10^{-12}$ 、音韻型では $p=3.04 \times 10^{-9}$ 。)直後再生において主語依存型と音韻型の再生率に差は見られなかったが、再生開始時間の遅延に伴って両条件の差が大きくなった。

実験参加者のコメントによると、各条件では記銘語の想起のプロセスが異なっている。主語依存型においては、主語→述部→記銘語の順、音韻型に関しては、述部→記銘語と想起する傾向があった。再生の際に主語を経由することで体制化が強化され長期的な記憶再生が可能になったと考えられる。つまり、主語依存型は強力な体制化と特徴の利用により、長期的な記憶再生の手法として有効であったと考えられる。また、音韻型は音の類似性で記銘語を記憶するため、物語法が前提とする視覚的イメージ化を必要としない。従って、音韻型はイメージ化が困難な単語の想起手がかりとして有効と考えられる。

このイメージ化支援の効果を、主観的注釈文の場合と記銘語単体の場合で比較した。両者について視覚イメージ化することの容易

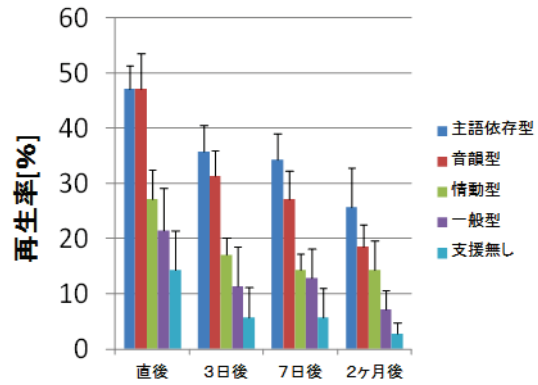


図 1 特徴付けと遅延時間に対する再生率

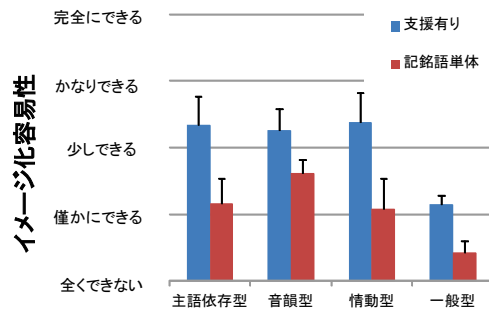


図 2 イメージ化容易性

さを、グラフスケールを用いて主観評価させた結果を図 2 に示す。全ての特徴付けにおいて支援あり条件の場合、記銘語単体に比べて、イメージ化が有意に容易であるという結果となった ($p=0.73 \times 10^{-4}$)。提案手法において、物語が提示されると、イメージ化が行いやすくなったことが分る。つまり、記憶時にイメージ符号化が有効に支援できると考えられる。

実験参加者の年齢の効果を調べるため、高校生に対して同様の実験を行った。記銘項目の負荷は次のように低減した。実験参加者には知人 15 人と対応する特徴を実験前に申告させた。記銘対象は、中学校の日本史の登場人物をまとめたテキスト教材から選択した。1 頁につき 5 単語、支援の有無についてそれぞれ 2 頁、全 6 頁 30 単語が予めハイライトされた。1 頁を 150 秒ずつモニタに提示して記憶させた。実験終了直後に、ハイライトされた 30 単語を自由記述形式で白紙に再生させた。実験参加者は 10 名(平均年齢 15.5 歳)である。

実験参加者の中で、記憶を得意としないと自己評価した参加者について、記銘セッションの直後、1 日後、7 日後に再生させた単語の正解率を図 3 に示す。統制条件に比べ、支援あり条件は 1%水準で有意に高再生率であった ($p=0.0027$)。本手法が高校生に対しても有効に作用し、特に記憶が苦手な学生に対して大きな支援効果があるという示唆が得ら

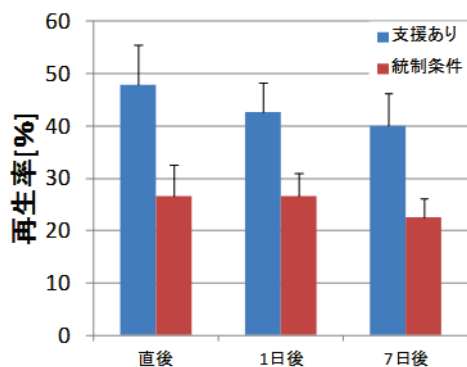


図3 高校生の再生率

れた。

(2) 画像による方法

教科書中のキーワードに対して画像の注釈を付けることにより、学習者の記憶が促進できる。利用者は、最初に、単語（記憶単語）にハイライトマークを付けて、その画像をインターネットで検索する。得られた画像は、近傍にリストとして表示されるので、そこから一つを自由に選択する。この画像（単語関連画像）には、それに関連するペグ画像をオーバーレイして合成する操作をユーザが行う。ここで合成された画像を注釈画像と呼ぶ。この注釈画像を、ハイライトされた記憶単語の近傍に配置する。

合成に用いるペグ画像としては、記憶単語に関連する意味（属性）を持った（擬人化）キャラクタ画像を利用する。このキャラクタ画像は、本来は学習者本人が嗜好している画像群を採用し、それ自体を記憶する必要がないものを想定する。ここでは、例として、ゲーム（マンガ）キャラクタを採用することとして、例を図4に示す。これは、記憶単語「海溝」に対して、その写真と、関係のある擬人化キャラクタを重畳して合成した注釈画像である。



図4 注釈画像の例（記憶単語は、海溝）

上記の注釈画像を用いた記憶特性について、モデル実験によって、その効果を評価した。実験参加者は、都内の高校生10名（平均年齢15.5歳）である。教科書の科目は、地理とし、文中に指示された単語（実験者があらかじめマークを付けた記憶単語）を記憶させ、再

生を求めた。

擬人化キャラクタとして24個の画像を実験者が用意し実験参加者に予め記憶させた。モデル教科書は、1ページにつき6単語を黄色ハイライトマークで指示しておき、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。条件1：意味が関係（対応）するキャラクタ画像を使った対応条件（単語関連画像と対応型キャラクタ画像を表示）、条件2：意味が関係（対応）しないキャラクタ画像を使った非対応条件、条件3：マークの指示のみの統制条件、である。実験参加者には、全6ページ、36単語を1セッションとして記憶させた。

各遅延時間における再生率を図5に示す。いずれの遅延時間においても、対応型条件が他の条件を再生率で上回った。分散分析の結果、図5において、対応型支援の有無に有意差 ($p=4.0 \times 10^{-7}$) が見られた。非対応条件は、統制条件とほぼ同等の再生率であった。この点は特筆すべきであり、意味の共通性が再生手がかりにとって決定的に重要であることが示唆される。

遅延時間の要因について、再生率に有意差はなく、時間経過の効果は比較的少ない。このシステムに対する主観評価を質問紙で行った結果を図6に示す。モチベーションの喚起、および記憶容易性において、システムの評価は高く、どちらも支援なしと比較して、有意に高かった。（a: $p=4.2 \times 10^{-2}$ 、 b: $p=4.2 \times 10^{-3}$ ）

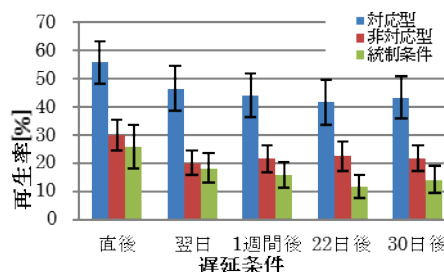
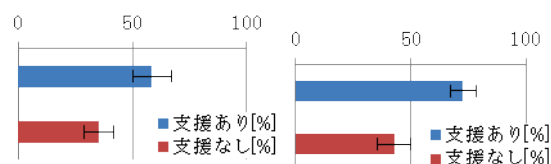


図5 再生率 (SE 誤差棒)



(a) モチベーション (b) 記憶容易性

図6 システムの主観評価

(3) 結言

本研究では、デジタル教科書における記憶学習の過程を支援し、モチベーションを高めることを指向した学習ツールを提案した。主観的注釈を用いた記銘促進ツールを、認知的効果の観点から評価した結果、知人を主語としその特徴を述語とする注釈を対象語に付けることにより、再生率を有意に高め得ることが明らかとなった。更に、記銘の容易さとモチベーションの向上にも寄与しうるとの示唆が得られた。記憶を得意としないと申告した高校生に対しても再生率は有意に高くなり、学習支援システムとして大いに有意義であることが示された。

画像による注釈に基づいた単語記銘実験を高校生を対象として行った結果、短時間の注釈画像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。単語関連画像の意味に対応したキャラクタ画像を記憶ペグとして利用することにより、記銘を容易化し得ることが示唆された。

今後の課題としては、複数の特徴を用いた支援方法の考案、主語の自己選択による効果の検証、より効果的な物語を作るための要因、意味が対応する画像の自動提示などについて更に分析・調査する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. Ikei Y., Ishigaki K., Ota H., Yoshida K. (2016) Image Mnemonics for Cognitive Mapping of the Museum Exhibits. In: Yamamoto S. (eds) Human Interface and the Management of Information: Applications and Services. HIMI 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9735. Springer, Cham (査読有)

2/ Takashi Nishikawa, Yasushi Ikei, Takeshi Kitazawa. MicroStory Method: A Memorization Assistance Tool for a Digital Textbook. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Vol. 2014, No. 1, pp. 899-903 (査読有)

〔学会発表〕(計 7 件)

1. 西川貴士, 池井 寧, 北澤 武, 主観的な注釈を利用した記憶学習支援手法に関する研究, VR と超臨場感研究会, pp. 29-30, 2015-1-6, 首都大学東京 (東京都日野市)

2. 中丸匠, 西川貴士, 池井 寧, 北澤 武, 竹澤見江子, 記憶/学習支援システムにおける画像利用手法に関する研究, VR と超臨場感研究会, pp. 33-34, 2015-1-6, 首都大学東京 (東京都日野市)

3. Takumi Nakamaru, Yasushi Ikei, Takeshi Kitazawa, Mieko Takezawa, The method for the usage of a visual image in the memorization/learning aid system--- Memorization aid using an attributed character image, Proc. ASIAGRAPH 2015 Conference PROCEEDINGS, pp. 101-102, 2015-4-24-27, 2015, Tainan (Republic of China)

4. 中丸 匠, 西川貴士, 池井 寧, 竹澤見江子, 北澤 武, 記憶/学習支援システムにおける画像利用手法に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, VR 学研法 Vol. 20, No. VRUR-2, pp. 3-4, VR と超臨場感研究, 2015-1-6, 首都大学東京 (東京都日野市)

5. 中丸 匠, 竹澤見江子, 池井 寧, デジタル教科書における学習支援手法の研究, 第 20 回バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 477-478, 2015.9.9, 芝浦工業大学 (東京都江東区)

6. 西川貴士, 池井 寧, MicroStory Method: 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, pp. 7-8, 2014-8-2, 首都大学東京 (東京都日野市)

7. 小田万莉, 中丸 匠, 池井 寧, ユーザの嗜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, pp. 5-6, 2014-8-2, 首都大学東京 (東京都日野市)

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) 連携研究者

北澤 武 (TAKESHI, Kitazawa)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号: 80453033