

Mindless Memorization Booster: 視覚刺激提示による暗記機能向上手法

双見 京介^{1,a)} 川東 大将¹ 村尾 和哉^{1,2,b)}

概要: 暗記機能は、様々な分野で必要であり、例えば、教育分野における言語学習時には語彙の暗記作業が必要とされる。暗記学習のために多くの手法が提案されてきたが、暗記機能を無自覚的に向上させる支援アプローチは少ない。そこで本研究では、情報提示画面の視覚刺激を利用して、ユーザの暗記機能を無自覚的に向上させる手法、Mindless Memorization Booster, を提案する。提案手法は、ユーザが暗記対象を見る場面で、心理現象を起こす視覚刺激(視界内の情報の動的な変化)を情報画面から提示することで、暗記機能の無自覚的な向上を起こす。この心理現象は、注意力や体感時間・集中度を変化させるものである。英語の語彙の暗記学習場面を設定し、提案手法のプロトタイプシステムを実装した。暗記における記銘と想起を対象にした評価結果から、情報画面から知覚する刺激によって暗記機能が影響されること、および、想起の速度が約2秒早くなることを確認した。この結果から、提案手法によって暗記学習支援に繋がる暗記機能向上が起こせることを確認した。本研究の成果は、情報提示システムが暗記機能に起こす現象の把握と、認知機能を無自覚的に向上させる技術開発のために、役立つと考えられる。

1. はじめに

本論文における暗記機能とは、対象を脳にインプットする認知機能(以降では記銘と呼ぶ)、対象を脳からアウトプットする認知機能(以降では想起と呼ぶ)を意味する。暗記機能は、様々な分野(例: 教育, スポーツ, 仕事, 一般生活)に必要な機能である。例えば、教育分野における言語学習時には語彙の暗記作業が必要とされる。この理由は、言語学習において様々な語彙を暗記することが、多様な能力(e.g., 聞く, 情報を受け取る, 話す, 書く, 読む, 勉強する能力)を伸ばすために必要[1]であり、コミュニケーションの際の思考, 感情, 表現に必要[2]だからである。こういった言語学習時の暗記の作業を支援するために、情報機器を用いる手法は多く提案されており、様々な要素(例: ゲーミフィケーション[3][4], 記憶の理論[5][6], その他[7])を用いた手法がある。暗記作業はしばしば困難で意欲低下を起こすため(例: 語彙学習時の意欲低下[5]), 暗記を支援する技術は、様々な活動において今後も必要になると想定できる。

一方、ユーザの心身の機能を向上させるために、無自覚的な現象(e.g., 認知バイアス, 心理効果, 錯覚)を利用する

アプローチが重要なことが、近年のHCIやUBICOMPの分野において示されてきた[8]。例えば、スマートウォッチから得る自己の心拍数センサ情報の知覚が起こす心理効果を利用することで、ユーザの認知や心理の機能の向上(例: 計算機能向上, 精神的不安低下)を無意識的に起こす手法が提案されている[9]。その他にも、多様な目的の支援に錯覚や心理効果を活用するアプローチが効果的なことが示されてきた(例: 行動変容[10][11][12], 感覚変容[13][8], 心身状態変容[11][14])。心身の機能の変容は、本来は自力での実行が難しく、ユーザーの意識的な努力や高いスキルを要するが、この無自覚的な現象を活用するアプローチは、ユーザの負担少なく無自覚的にその変容を誘発できるため、注目されている。

本研究のリサーチクエスションは次の点である。「RQ. 情報機器の知覚刺激によって、暗記のための認知機能が無自覚的に変容する現象が起こる。また、その現象を意図的に操作することで暗記学習の支援ができる。」先行研究では、視覚や聴覚などの知覚刺激によって、注意力[15][17]や体感時間・集中度[18][19]が、無自覚的に変化する心理現象が示されている。こういった心理現象を情報機器で起こすことで、暗記機能の無自覚的な向上を起こせると考えられる。このRQの検証は、学習支援をはじめとした暗記の伴う活動の支援システムの利用者と設計者に重要な示唆を提供すると考えられるが、この検証に焦点を当てた研究

¹ 立命館大学情報理工学部
² 科学技術振興機構さきかけ
^{a)} futami@fc.ritsumei.ac.jp
^{b)} murao@fc.ritsumei.ac.jp

はほとんどない。もし、RQを支持する結果を得られれば、現在よりも低労力で無自覚的に効率的に暗記作業が行えるようになり、暗記を要する多くの活動に役立つ知見が得られると期待できる。

そこで本研究では、前述のRQの検証を目的とした。そして、情報提示画面の視覚刺激を利用して、ユーザの暗記機能を無自覚的に向上させる手法、Mindless Memorization Booster,を提案する。提案手法は、ユーザが暗記対象を見る場面で、心理現象を起こす視覚刺激(例: 視界内の情報の動的な変化)を情報画面から提示することで、暗記機能の無自覚的な向上を起こす。この心理現象は、注意力や体感時間・集中力を変化させるものである。英語の語彙の暗記学習場面を設定し、提案手法のプロトタイプシステムを実装した。暗記における記銘と想起を対象にした評価結果から、情報画面から知覚する刺激によって暗記機能が影響されること、および、想起の速度が約2秒早くなることを確認した。この結果から、提案手法によって暗記学習支援に繋がる暗記機能向上が起こることを確認した。

この論文のHCI研究会への貢献は次のものである。

- 暗記機能の向上のために情報画面の視覚刺激が起こす錯覚を利用するアプローチを提案した。
- 語彙学習を対象にプロトタイプシステムを実装し、評価し、提案手法の有効性を確認した。
- 評価結果から、無自覚的なアプローチを、暗記機能を無自覚的に向上させるために利用できることを確認した。

2. 関連研究

2.1 暗記学習を支援する手法の研究

本研究では、言語学習時の暗記を対象に評価を行う。言語学習における様々な語彙の暗記は、多様な能力(e.g., 聞く, 情報を受け取る, 話す, 書く, 読む, 勉強する能力)を伸ばすために必要[1]とされている。また、コミュニケーションの際の思考, 感情, 表現においても、語彙暗記は必要[2]とされており、効果的なコミュニケーションには約7,000語の語彙が必要とされている。

こういった背景から、語彙学習をはじめとした言語学習支援のために情報機器を用いる手法は多く提案されている。人気の手法の1つに、モチベーション向上支援がある。学習はしばしば退屈であり、例えば、英語学習に対する退屈誘発やモチベーション低下は、語彙学習における退屈な訓練(例: 語彙の暗唱)によって、起こる[5]。モチベーション向上のためのゲーミフィケーションを利用した学習支援手法では、ゲーム中のプロセスに工夫(例: 学習者グループ間の協力, コミュニケーション, および社会的相互作用)を入れることで、ユーザの学習意欲や興味を促進し、積極的な学習を促す[4][22][23]。学習継続支援のためにゲーミフィケーションと難易度設定方法を利用する手法[3]や、英語発音学習の支援のためにゲーミフィケーションと自動

音声認識技術を利用する手法[24]がある。こういったゲーミフィケーションを利用した学習支援手法は、モバイルやユビキタスのコンピュータを利用して行われるようになってきている[4][25]。また、記憶の理論に基づいた手法も提案されている。語彙の効果的な記憶支援のために、個々の学習者の語彙能力と記憶サイクルに応じて適切な英単語を提示する手法[5]や、人間の言語過程に関わる認知能力を測定して個人に最適な学習シナリオを提供する手法[26]、エビングハウスの忘却曲線に基づいて適切な単語を提示する手法[6]がある。また、ユビキタス学習環境を利用して、学習者の情報(e.g., 位置情報, 学習時間, 個人の英単語能力, 余暇時間)に基づいた英単語学習の支援手法[7]がある。また、その他にも多様な支援手法がある。SMSを利用して語彙レッスンを提供する手法[27]、ユーザの学習への自信と不安を予測して学習効率向上に利用する手法[28]がある。写真の自動キャプションを生成することで、1枚の画像を使って複数の語彙を学習する手法[29]がある。

語彙などの暗記学習のために多くの手法が提案されているが、本研究のように心理現象を活用して認知機能を変容させるアプローチの研究はほとんどない。したがって、本研究成果は学習支援に新しい知見を提供すると考えられる。

2.2 知覚刺激が起こす心理現象

本研究で扱う視覚刺激は、視界内の見えている情報に変化を起こすものである。こういった知覚刺激が無自覚的な現象を起こすことが知られている。まず、体感時間が変化する充実時程錯覚(FDI: filled-duration illusion)[18]がある。これは、知覚刺激の量や回数の変化によって主観時間が変化する現象である。例えば、より多く刺激を知覚した主観時間が、より長く感じられる。この現象は、集中力の変化によるものとも考えられる。この現象が、視覚刺激や聴覚刺激、触覚振動によって起こることが心理学などの分野で報告されてきた。そして、これらの現象が情報機器の視覚刺激[19]や聴覚刺激[13]で起こることも示されている。また、知覚刺激の変化によって、注意力が増す現象がある。例えば、何らかの変化を知覚した際に強制的に人の注意力が喚起される現象があり、視界の中で動いた対象への注意力が増す現象や、視界情報や聴覚情報から何かの変化を知覚した際に注意力が増す現象がある[15]。そして、この現象を利用することで、学習動画の音声を注意低下時に変化させて、学習時の注意力を向上させる(動画を見続けさせる, 注意散漫行動の防止)手法も提案されている[16]。本研究では、これらの先行研究から着想を得て、こういった現象を介して人の暗記機能に起こる無自覚的な変化を検証する。

2.3 錯覚を活用した情報インターフェース

本研究と同じく、情報機器の刺激提示や情報提示が、ユー

ザの心身に起こす無自覚的な現象(錯覚や心理効果, 認知バイアス)を, 解明して操作する研究が行われている。

ユーザの心身の状態の変容を目的とする手法がある。Costa et al. は, メンタル機能や認知機能を向上させるために, 前述したように, 心拍数情報が起こす錯覚の操作手法を提案した [9]。また, ユーザの感情を向上させるために, Yoshida et al. [20] は自身の表情を実際よりもポジティブに改変してフィードバックする手法を提案している。また, 緊張場面でのメンタル機能を向上させるために, Futami et al. [21] は, 成功と条件づけた聴覚刺激を生成・提示する手法を提案した。また, 仕事や作業における集中力や生産性を向上させるための手法もある(生産性のログ提示 [10], 時間経過速度の変化 [30])。また, 対話コミュニケーションの質を向上させる手法も提案されている(声変化 [14], 表情変化 [31])。体感や感覚を変容させる手法も提案されている。体感経過時間を操作するために, 聴覚刺激 [13] や HMD からの視覚刺激 [19] を操作する手法がある。Ban et al. [32] は, 持ち上げられる物体の外観色を変えることで, 物体を持ち上げる際の主観的な疲労を軽減する手法を提案した。行動や選択を変容させる手法もある。観光客の流れをコントロールするための手法がある [33]。電車に乗り遅れない行動を誘発するために, Futami et al. [11] は電車の時刻表の見せ方を工夫する手法を提案している。

これら先行研究は, 情報機器が提示する刺激や情報によって, 人の心身の機能が無自覚的に影響される現象を明らかにし, その現象を情報機器を用いて操作することで, 人が自力では行い難い目的達成への無自覚的な支援が行えることを示してきた。これらから着想を得て, 本研究では暗記に関わる認知機能に起こる現象を対象にしている。本研究成果も, 先行研究同様に, 情報機器の設計に重要な示唆を提供し, また, 人の活動を無意識的に低労力で達成させるための支援に活用できると考えている。

3. 提案手法

本節では, 本研究の仮説と, 仮説を検証するためのシステムについて述べる。

3.1 仮説

本研究のリサーチクエストは 1 章で述べたものである。言語の語彙の暗記学習場面における, 本研究の想定する現象の流れを図 1 に示す。ユーザが暗記対象を見る場面で, 情報画面から視覚刺激(例: 視界内の情報の動的な変化)が提示される。この視覚刺激が認知や心理の機能(例: 注意力, 集中力, 体感時間)を変容する心理現象を起こすことで, 暗記機能の無自覚的な向上が起こる。この RQ の検証は, 情報機器の知覚刺激(例: 目に入る視覚刺激)によって暗記機能が無自覚的に影響されるかを知ることにも繋がる。

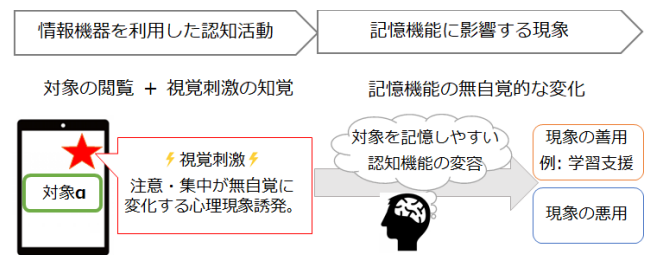


図 1 仮説. 知覚刺激による記憶機能の変化の現象

想定されるケース: 次のケースが想定される。ケース 1) この現象が存在しない。この場合, 情報機器の知覚刺激によって, 人の暗記機能が影響されないとわかる。この場合には, この現象によって何らかの悪い事態が起こる懸念がないことを報告できる。ケース 2) この現象が存在しているが, その現象が予測できない傾向で起こる。この場合, この現象を意図的に活用することができないとわかる。例えば, 特定の刺激を提示した際に, 暗記機能の向上と低下がランダムで起こる場合, この現象の操作はできない。この場合には, この現象の操作はできないが悪影響を受けないための何か(例: 施策, 仕組み, ユーザ理解)の議論が必要とわかる。ケース 3) この現象が存在していて, その現象が予測できる傾向で起こる。この場合, この現象を意図的に活用・抑制することができるとわかる。例えば, 特定の刺激を提示した際に, 暗記機能が予測通りに向上する場合, この現象を意図的に起こすことができる。この場合には, 暗記機能に起こる影響を考慮した情報機器やアプリケーションの設計に役立つ発見を得られる。

3.2 Mindless Memorization Booster の設計

本節では, 情報画面の視覚刺激を利用して, ユーザの暗記機能を無自覚的に向上させる現象を起こす手法について述べる。本論文では, 英語の語彙の暗記学習支援の場面を設定した。この場面の採用理由は, 2 章で述べたように, 情報機器の画面上での語彙学習は一般的に行われており, また, 英語の語彙の暗記学習支援は学習において重要なトピックだからである。

3.2.1 情報画面と視覚刺激の設計

情報画面の構成要素は, 図 2(A) のように, 暗記対象, 背景, 視覚アイコンの 3 種から成る。この画面は, 一般的な語彙学習アプリケーション画面を模したものであり, ほとんどの情報画面に存在できる構成要素を備える。

視覚的な変化を起こすように視覚刺激を設計した。視覚刺激の内容は, 図 2(B) の 3 種である。詳細には次のようになる。

(1) 刺激 1. 暗記対象のサイズ変化: この刺激は, ユーザが見る暗記対象のサイズの変化である。画面中央にある暗記対象のサイズが小さくなる大きくなるを繰り返す。具体的な実装における設定を次のようにした。暗記対象のサイ

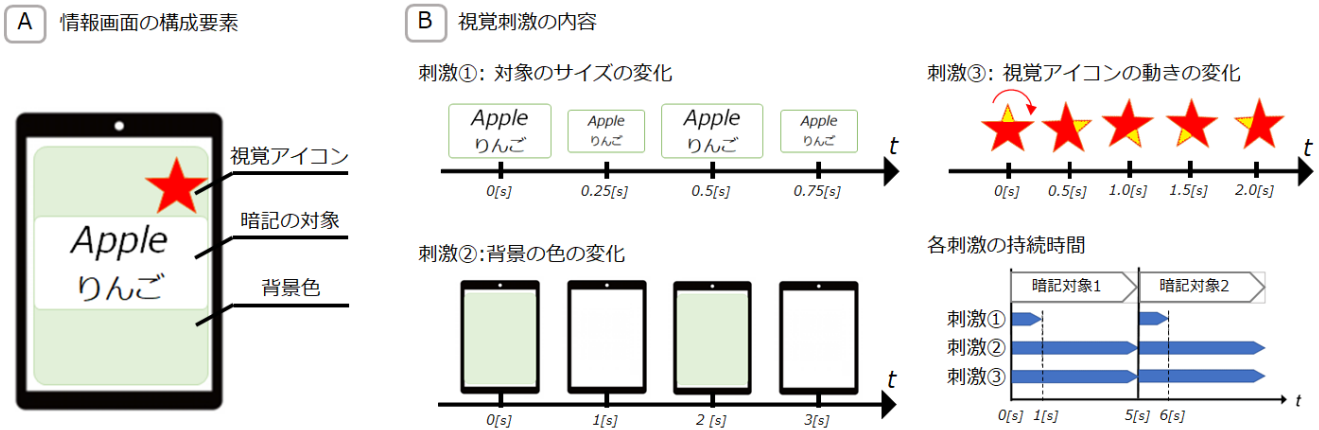


図 2 情報画面の設計, 視覚刺激の内容

ズは 2/3 倍小さくなって元に戻る。この変化が 1.0 秒間で 2 回起こる。暗記対象のサイズ変化を常に起こすと暗記対象が読みにくくなるため、この変化の持続時間は、1つの暗記対象の表示時間 (5 秒) のうち最初の 1 秒間とした。

(2) 刺激 2. 背景の色の変化: この刺激は、画面背景の色の変化である。背景色が赤と白の変化を繰り返す。具体的な実装における設定を次のようにした。背景色は、赤から白に 1 秒で変化し、白から赤に 1 秒で変化する。この変化の速度は光過敏性発作が起こらないように配慮した。この変化の持続時間は、1つの暗記対象の表示時間 (5 秒) のうち 5 秒間とした。

(3) 刺激 3. 視覚アイコンの動きの変化: この刺激は、画面上の視覚アイコンの動きの変化である。視覚アイコンが位置固定で回転する。具体的な実装における設定を次のようにした。視覚アイコンは星形であり、星形のアイコンが 360 度の右回転を 2.5 秒間で 1 回行う。この変化の持続時間は、1つの暗記対象の表示時間 (5 秒) のうち 5 秒間とした。

これらの視覚刺激を、視覚的な変化を起こすように設計した理由は次のものである。1つ目の理由は、知覚刺激の変化によって人の認知や心理の機能 (例: 体感時間・集中力 [18], 注意力 [15]) が変化する心理現象が起こることを踏まえたからである。これらの現象の際に、暗記しやすい認知や心理の状態が誘発されると仮定した。2つ目の理由は、ある心理現象が起こす認知や心理の機能の変化を介して、異なる認知や心理の機能の変化を起こせると仮定したからである。先行研究 [9] では、心拍情報提示システムを利用して心理状態 (不安程度) の変化を起こす心理現象を介して計算の認知機能の向上を起こした例がある。3つ目の理由は、今回検証する提案手法が、多くの情報画面において汎用的に適用できれば望ましいからである。今回採用した3つの要素は、どのような情報画面においても存在できるものである。そのため、暗記機能を要する生活の多くの場面で、自由な情報機器を用いて、今回検証した視覚刺激

と同一のものを利用できる。

3.3 実装

提案手法のプロトタイプシステムを実装した。実装に用いたツールは、premiere pro CC 2018, processing, Visual Studio C++ であった。

暗記学習アプリケーションは、記憶フェーズ画面、回答フェーズ画面の2つから成る。それぞれは次のようになる。

(1) 記憶フェーズ画面: 記憶フェーズ画面を図 3(左) に示す。図中の A は暗記対象であり、暗記する英単語とそれに対応する日本語が表示される。図中の B は視覚アイコンである。図中の C は背景である。1つの暗記対象の表示時間は 5 秒とし、自動で暗記対象の画面が変わる仕様とした。これは評価実験時に、暗記対象ごとに同一の閲覧時間とするためである。

(2) 回答フェーズ画面: 回答フェーズ画面を図 3(中央) に示す。暗記フェーズ画面を利用した後に、本画面で回答を行う。図中の A は暗記対象であり英単語が表示される。図中の B は回答であり、英単語に対応する日本語が 4 択で表示される。ユーザは回答を選択する。回答後は次へのボタンで、次の回答に移る。(その他) 記憶フェーズ画面と回答フェーズ画面における暗記対象の実施順番は、図 3(右) に示すように、同じである。

3.4 暗記学習の効率に関わる指標

評価実験では暗記学習を対象に実験を行う。そのため、本研究では、暗記学習の効率向上のための重要な指標として、正答率と回答速度の2つを定義した。これらは、暗記機能の構成要素である、対象を脳にインプットする認知機能 (記銘)、対象を脳からアウトプットする認知機能 (想起) を意味する。

正答率と回答速度の詳細な説明は次のようになる。(1) 正答率: この指標は、暗記対象を覚えた割合である。例えば、覚える対象が 5 個あった場合に、3 個覚えたら正答率

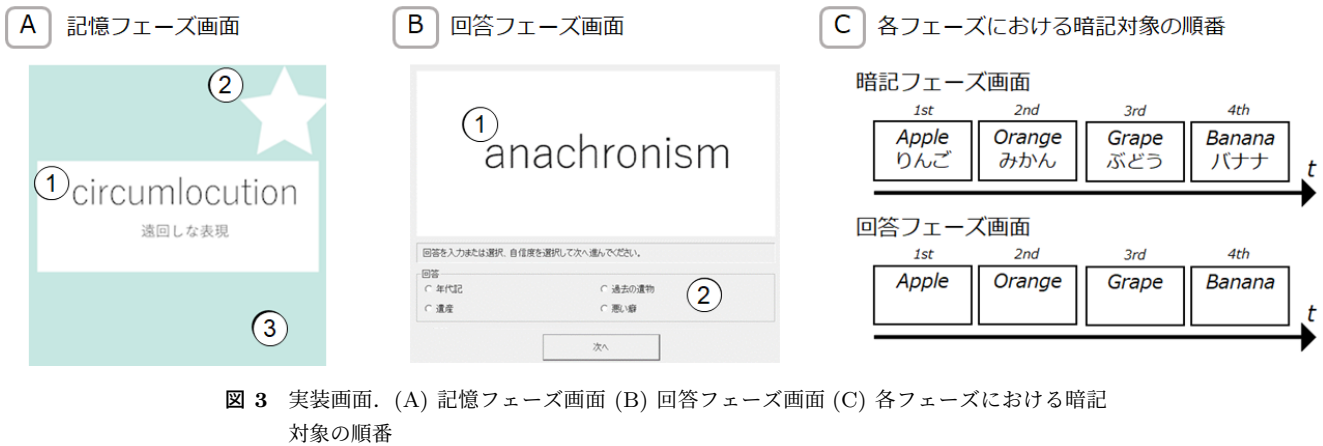


図 3 実装画面。(A) 記憶フェーズ画面 (B) 回答フェーズ画面 (C) 各フェーズにおける暗記対象の順番

は 60%となる。覚えた個数が多い程、この指標の数値は良くなる。(2) 回答速度: この指標は、暗記対象を見てから回答するまでにかかる速度である。これは、暗記対象の想起し易さともいえる。例えば、英語の語彙学習において、覚えたかを回答する段階で、提示された英単語の日本語の意味を回答するまでの速度が早いほど、この指標の数値は良くなる。想起速度は学習効率に関わる指標であり、例えば、想起速度が 0.5 秒 1 秒遅くなると、瞬間的に想起することが重要な場面 (例: 文章読解場面や会話場面) で困ることに加え、暗記学習時には 1 問あたりの回答速度の差が学習効率に与える影響は日や年を重ねるごとに大きくなる。

提案手法の刺激によって、これらの指標に変化が起こるかを検証する。学習効率の向上の観点においては、これらのうち少なくとも片方に良い効果が起こる必要があり、どちらに対しても悪い効果は起こらないことが望ましい。正答率が向上しても、暗記対象の想起がし辛くて想起速度 (思い出すまでの速度) が遅くなれば学習効率が向上しているとは言い難い。また、想起速度が向上しても、正答率が低下すれば学習効率が向上しているとは言い難い。

4. 評価実験

本研究の仮説を検証するために、提案手法の刺激による暗記機能への影響を評価した。被験者は 8 名で、大学生、平均年齢 21 歳 (標準誤差 0.23 歳, 最大 22 歳, 最小 20 歳), 男性 5 名, 女性 3 名であった。

4.1 刺激の提示割合の条件

暗記対象に対して刺激の提示割合を変えた 3 つの条件を用意した。提案手法の刺激は 1 つの暗記対象ごとに提示できるため、どの程度の割合で刺激を提示すれば影響があるかを検証するためであった。図 4 に概要を示す。1 つ目は無刺激条件で、全ての暗記対象に刺激はない。これは、統制条件にあたる。2 つ目は半刺激条件で、全ての暗記対象の 50% の割合で刺激が入っている。偶数番号 (i.e., 2 番目, 4 番目, 6 番目) の暗記対象に視覚刺激が入る。3 つ目は全



図 4 刺激の提示割合の条件

刺激条件で、全ての暗記対象に 100% の割合で刺激が入っている。

4.2 実験のタスクと手順

実験タスクの 1 サイクルは 2 フェーズから成る。詳細には次のようになる。

(1) 記憶フェーズ。記憶フェーズ画面を用いて暗記対象を閲覧する。暗記対象は 8 個であった。暗記対象は 1 個につき 5 秒ごとに自動で遷移させた。これは、全ての暗記対象の閲覧時間を同一にするためである。

(2) 回答フェーズ。回答フェーズ画面を用いて暗記対象に回答をする。1 つの暗記対象につき、4 択で回答した。

この 1 サイクルを、刺激の提示割合の条件ごとに行った。1 サイクルあたり約 5 分で、3 サイクルで約 15 分であった。暗記対象と刺激の提示条件の組み合わせ、刺激の提示条件の実施順序、は被験者ごとにランダムである。1 番目と 8 番目の暗記対象は、最初と最後という点で記憶されやすいと考えたため、集計結果からは省いた。

暗記する英単語は次のものを用いた。被験者の大学で指導されていないものを設定した。例えば、circumlocution (遠回しな表現), anachronism (過去の遺物), connoisseur (鑑定家), anthropocentricity (人間中心的), jurisprudence (法律学), ophthalmologist (眼科医), schizophrenia (統合失調

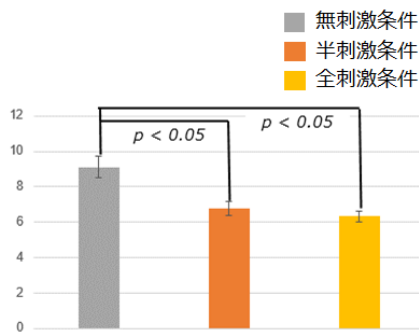


図 5 回答速度の結果

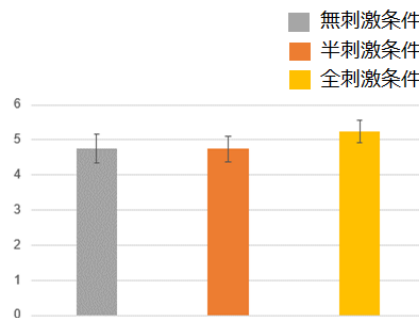


図 6 正答数の結果

症), plenipotentiary(全権大使) などであった。暗記対象のダミーの答えの選択肢においては、類義語と同義語を用意した。例えば、ophthalmologist(眼科医)の暗記対象であれば、精神科医、小児科医、内科医が選択肢であった。

評価指標は、3章で述べた正答率と回答速度の2つとした。正答率は、4択の回答の正答率とした。回答速度は、回答フェーズ画面が開かれてから回答入力をして次の画面ボタンを押すまでの速度とした。

4.3 結果と考察

評価指標について分散分析(ANOVA)と、Bonferroni法を用いた多重比較検定を行った。回答速度の結果を図5に示す。回答速度については、分散分析の結果有意であり($p < 0.05$)、多重比較検定の結果、全刺激条件と無刺激条件の間に有意差($p < 0.05$)があり、全刺激条件が無刺激条件よりも回答速度が早かった。また、半刺激条件と無刺激条件の間に有意差($p < 0.05$)があり、半刺激条件が無刺激条件よりも回答速度が早かった。回答正解数の結果を図6に示す。回答正解数については、分散分析の結果、有意差はなかった。

結果から、刺激の提示によって、暗記機能に影響が出た。全刺激の条件が無刺激よりも回答速度が有意に上がった。これは、想起のしやすさが向上(脳が答えを導出するまでの時間が短縮)したことを意味する。また、正答率には条件間に有意差はなかった。これは、言い換えると、刺激の提示によって、誤解答(記憶間違い)をさせる現象が起こらなかったといえる。これらの結果は、刺激の提示によ

て、暗記学習の効率の向上に繋がる暗記機能の無自覚的な変化が起きたことを示している。

また、本実験では刺激提示の条件として、3種類試した。結果として、全刺激と半刺激で回答速度が有意に向上した。したがって、刺激提示の割合は約50%以上であれば、同等の効果を起こすと考えられる。

5. 総合議論

本研究の結果、情報機器の視覚刺激の提示によって、暗記機能が無自覚的に変化する現象が起こること、そして、その現象を操作できるとわかった。この結果は、次の2点の可能性を示した。これらは、視覚刺激を提示できる多くの情報機器の利用と設計に関わる示唆と考えられる。

5.1 暗記機能向上のために情報機器が起こす心理現象を活用するアプローチ

本論文は、暗記に要する認知機能を無自覚的に向上させるアプローチとして、情報機器の視覚刺激が起こす無自覚的な現象が活用できることを示した。本来であれば、暗記機能を向上させるように心身の状態を調整することは、自力では困難であるが、情報機器の知覚刺激を用いることで簡便に行えた。また、提案手法が起こした現象は、瞬間的に起こり、ユーザーの追加の努力や追加の機器の用意の必要がなかった点も注目すべき点と考えられる。この現象を操作できる技術は、生活を快適にするために活用できると考えられる。本論文で実装した提案手法は、言語学習のための語彙の暗記学習支援に活用でき、また、言語学習以外の多様な学習内容(例: 数学, 化学, 社会)の暗記支援に活用できる。学習目的以外にも日常で暗記機能を向上させることで、生活を快適にする支援ができると考えられる。このような暗記対象の例としては、コミュニケーションをした人の情報、日常の楽しかった出来事、モノを置いた場所などが挙げられる。以上のように、本研究成果は、良い目的のためにユーザーの認知機能を変容させる技術開発のために、役立つと考えられる。

5.2 情報機器利用のバックファイヤ・ダークサイド

本論文は、情報画面から何気なく得る知覚刺激によって、本人に無自覚的に暗記機能が影響されることを示した。暗記機能の向上(i.e., 覚えやすくなる, 想起しやすくなる)を起こす現象は、学習支援の観点ではユーザにデメリットはない。しかし、この現象によって問題につながる思考誘導が起こる可能性もある。例えば、特定の群の人々が特定の銘柄の商品や人物(例: 芸能人, 政治家, 恋愛マッチングサイトの相手)を無自覚的に覚えやすく・想起しやすくなった場合、その人々はそれらの商品や人物を無自覚的に選択する可能性がある。実際に、記憶の中で容易に想起された対象に判断が影響されることが、認知バイアスの1つの

利用可能性ヒューリスティックとして知られている。こういった問題につながる思考誘導が、偶然に予期せず起こる場合と、誰かの悪意によって特定の国・組織・個人に都合が良くなるように意図的に起こる場合(例: 悪い現象を起こす仕組みがインストールされる場合)がある。また、本研究で確認した暗記機能への影響が、視覚刺激以外の知覚刺激(例: 聴覚, 触覚)でも起こる可能性も想定される。そのため、情報機器の知覚刺激を得る環境を利用・設計するにあたっては、知覚刺激が認知機能に影響する可能性を考慮する必要があると考えられる。

5.3 充実時程錯覚の応用可能性

本研究成果は、体感時間が変化する錯覚である充実時程錯覚(FDI)が、暗記に関わる認知機能に影響する可能性も示唆した。充実時程錯覚が知覚刺激の変化で起こることを踏まえると、提案手法による暗記に関わる認知機能に変化は、充実時程錯覚を通して起こったとも考えられる。充実時程錯覚に基づいて、主観的な体感時間を操作する研究は2章で述べたように多くあるが、充実時程錯覚を介して人の認知機能が変化するかを検証した研究例は筆者の知る限りほとんどない。そのため、本研究の成果は充実時程錯覚の研究分野に新しい発見を提供するものと考えられる。

5.4 制限事項と今後の作業

(1) 異なる知覚チャネルの知覚刺激が起こす現象の検証: 本研究では、視覚刺激を用いたが、聴覚や触覚などの他の知覚チャネルの刺激を用いても同様の現象を操作できると考えられる。異なる知覚チャネルで同様の現象が操作できれば、ある知覚チャネルの刺激を提示し難い状況において、適切な知覚チャネルの刺激提示が行えるため、便利である。今後は、異なる知覚チャネルの知覚刺激においても同様の現象が起こるかを調査する。

(2) 多様な被験者への検証: 今後は多様な被験者への検証を行う。本実験の被験者は若い大学生であったため、本研究で得られた知見をより広い集団に一般化するためには、追加の検証が必要である。被験者数は10名程度だったが、先行研究[8]では7名程度の被験者数であっても必要な検証結果が得られたと示されているため、本実験からも現象の傾向の確認に必要な検証結果が得られたと考えている。

(3) 提案手法が適用できる活動の検証: 提案手法が、多様な学習ドメインの暗記機能や、学習以外の日常活動の暗記機能に適用できるかを検証する。

6. おわりに

本研究では、情報提示画面の視覚刺激を利用して、ユーザの暗記機能を無自覚的に向上させる手法、Mindless Memorization Booster, を提案した。提案手法は、ユーザが暗記対象を見る場面で、心理現象を起こす視覚刺激(例: 視界内

の情報の動的な変化)を情報画面から提示することで、暗記機能の無自覚的な向上を起こす。この心理現象は、注意力や体感時間・集中力を変化させるものである。英語の語彙の暗記学習場面を設定し、提案手法のプロトタイプシステムを実装した。視覚刺激は、暗記対象のサイズ、背景色、視覚アイコンの動き、の3種を変化させるものだった。暗記における記銘と想起を対象にした評価結果から、情報画面から知覚する刺激によって暗記機能が影響されること、および、想起の速度が約2秒早くなることを確認した。この結果から、提案手法によって暗記学習支援に繋がる暗記機能向上が起こせることを確認した。また、暗記機能を無自覚的に向上させるアプローチとして、情報機器の視覚刺激が起こす心理現象が活用できることを示した。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費若手研究 JP19K20330 の助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Goulden, R., Nation, P., Read, J. (1990). How large can a receptive vocabulary be?. *Applied linguistics*, 11(4), 341-363.
- [2] Vermeer, A. (1992). 12. Exploring the second language learner lexicon. In *The construct of language proficiency* (p. 147). John Benjamins.
- [3] Hasegawa, T., Koshino, M., Ban, H. (2015). An English vocabulary learning support system for the learner's sustainable motivation. *SpringerPlus*, 4(1), 1-9.
- [4] Burguillo, J. C. (2010). Using game theory and competition-based learning to stimulate student motivation and performance. *Computers education*, 55(2), 566-575.
- [5] Chen, C. M., Chung, C. J. (2008). Personalized mobile English vocabulary learning system based on item response theory and learning memory cycle. *Computers Education*, 51(2), 624-645.
- [6] Zeng, L., Lin, L. (2011, May). An interactive vocabulary learning system based on word frequency lists and Ebbinghaus' curve of forgetting. In *2011 Workshop on Digital Media and Digital Content Management* (pp. 313-317). IEEE.
- [7] Chen, C. M., Li, Y. L. (2010). Personalised context-aware ubiquitous learning system for supporting effective English vocabulary learning. *Interactive Learning Environments*, 18(4), 341-364.
- [8] Adams, A. T., Costa, J., Jung, M. F., Choudhury, T. (2015, September). Mindless computing: designing technologies to subtly influence behavior. In *Proceedings of the 2015 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing* (pp. 719-730).
- [9] Costa, J., Guimbretière, F., Jung, M. F., Choudhury, T. (2019). Boostmeup: Improving cognitive performance in the moment by unobtrusively regulating emotions with a smartwatch. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 3(2), 1-23.
- [10] Kim, Y. H., Jeon, J. H., Choe, E. K., Lee, B., Kim, K., Seo, J. (2016, May). TimeAware: Leveraging framing effects to enhance personal productivity. In *Proceedings of*

- the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 272-283).
- [11] FUTAMI, K., TERADA, T., TSUKAMOTO, M. (2020). A Method for Controlling Arrival Time to Prevent Late Arrival by Manipulating Vehicle Timetable Information. *Journal of Data Intelligence*, 1(1), 001-017.
- [12] Shen, R., Terada, T., Tsukamoto, M. (2016). A method for controlling crowd flow by changing recommender information on navigation application. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*.
- [13] Komatsu, T., Yamada, S. (2020, April). Exploring Auditory Information to Change Users' Perception of Time Passing as Shorter. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12).
- [14] Costa, J., Jung, M. F., Czerwinski, M., Guimbreti re, F., Le, T., Choudhury, T. (2018, April). Regulating feelings during interpersonal conflicts by changing voice self-perception. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-13).
- [15] Stafford, T., Webb, M. (2004). *Mind hacks: Tips tricks for using your brain.* O'Reilly Media, Inc."
- [16] Arakawa, R., Yakura, H. (2021, May). Mindless Attractor: A False-Positive Resistant Intervention for Drawing Attention Using Auditory Perturbation. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-15).
- [17] Isoyama, N., Terada, T., Tsukamoto, M. (2017, September). Evaluating effects of listening to content with lip-sync animation on head mounted displays. In *Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 666-672).
- [18] Droit-Volet, S. (2008). A further investigation of the filled-duration illusion with a comparison between children and adults. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 34(3), 400.
- [19] Shimizu, T., Futami, K., Terada, T., Tsukamoto, M. (2017, November). In-clock manipulator: information-presentation method for manipulating subjective time using wearable devices. In *Proceedings of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (pp. 223-230).
- [20] Yoshida, S., Tanikawa, T., Sakurai, S., Hirose, M., Narumi, T. (2013, March). Manipulation of an emotional experience by real-time deformed facial feedback. In *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference* (pp. 35-42).
- [21] Futami, K., Terada, T., Tsukamoto, M. (2016, February). Success imprinter: A method for controlling mental preparedness using psychological conditioned information. In *Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference 2016* (pp. 1-8).
- [22] Hainey, T., Westera, W., Connolly, T. M., Boyle, L., Baxter, G., Beeby, R. B., Soflano, M. (2013). Students' attitudes toward playing games and using games in education: Comparing Scotland and the Netherlands. *Computers Education*, 69, 474-484.
- [23] Jong, B. S., Lai, C. H., Hsia, Y. T., Lin, T. W., Lu, C. Y. (2012). Using game-based cooperative learning to improve learning motivation: A study of online game use in an operating systems course. *IEEE Transactions on Education*, 56(2), 183-190.
- [24] Young, S. S. C., Wang, Y. H. (2014). The game embedded CALL system to facilitate English vocabulary acquisition and pronunciation. *Journal of Educational Technology Society*, 17(3), 239-251.
- [25] Hwang, G. J., Wu, P. H. (2012). Advancements and trends in digital game - based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), E6-E10.
- [26] Kwon, D. Y., Lim, H. S., Lee, W. G., Kim, H. C., Jung, S. Y., Suh, T. W., Nam, K. C. (2010). A Personalized English vocabulary learning system based on cognitive abilities related to foreign language proficiency. *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 4(4), 595-617.
- [27] Lu, M. (2008). Effectiveness of vocabulary learning via mobile phone. *Journal of computer assisted learning*, 24(6), 515-525.
- [28] Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tai, K. H., Chen, Y. L. (2014). Using calibration to enhance students' self-confidence in English vocabulary learning relevant to their judgment of over-confidence and predicted by smartphone self-efficacy and English learning anxiety. *Computers Education*, 72, 313-322.
- [29] Hasnine, M. N., Flanagan, B., Akcapinar, G., Ogata, H., Mouri, K., Uosaki, N. (2019, July). Vocabulary learning support system based on automatic image captioning technology. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 346-358). Springer, Cham.
- [30] Ban, Y., Sakurai, S., Narumi, T., Tanikawa, T., Hirose, M. (2015, March). Improving work productivity by controlling the time rate displayed by the virtual clock. In *Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference* (pp. 25-32).
- [31] Suzuki, K., Yokoyama, M., Yoshida, S., Mochizuki, T., Yamada, T., Narumi, T., ... Hirose, M. (2017, May). Faceshare: Mirroring with pseudo-smile enriches video chat communications. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 5313-5317).
- [32] Ban, Y., Narumi, T., Fujii, T., Sakurai, S., Imura, J., Tanikawa, T., Hirose, M. (2013, April). Augmented endurance: controlling fatigue while handling objects by affecting weight perception using augmented reality. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 69-78).
- [33] Shen, R., Terada, T., Tsukamoto, M. (2016, September). A Navigation System for Controlling Sightseeing Route by Changing Presenting Information. In *2016 19th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS)* (pp. 317-322). IEEE.