

研究報告書

「情動や運動の記憶保持機能を基盤とした次世代語彙学習システムの設計」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016年12月～2020年3月

研究者: 福島 政期

1. 研究のねらい

記憶に関する神経生理学や心理学の最新の研究成果より、人が新たな事象を記憶する際に、「情動(感情を含む)」や「運動」がその五感覚情報を長期記憶化させることが明らかになりつつある。例えばホラー映画など、「情動」をかきたてられた場面の体験は忘れてたくても忘れられないことがある。また、「運動」には、神経細胞新生を促す効果や脳由来神経栄養因子を増加させる効果、ノルアドレナリンを増加させる効果など、学習に最適な脳と身体の状態をつくり出す機能がある。米国では10年以上前からこの機能に着目し、高校の0時限に体育の授業を取り入れる試みが行われている。

本研究課題では、近年明らかになりつつあるこのような情動や運動の生理学的効果とVR・AR技術を統合し、記憶の長期化に効果的な語彙学習手法を創出することを目指す。長期的な記憶を得るために、英語と日本語を眺めながら機械的に反復するのではなく、情動や運動を伴った「体験」で学ぶ選択肢を学習者に提供する。これにより、留学が困難な状況や語彙学習に費やす時間が少ないなどの社会状況に調和させる。

情動の記憶保持機能を利用するアプローチでは、情動性の音声で英単語を暗記することで「少ない提示回数で覚えられる」学習手法を目指す。暗記直後の記憶情報だけでなく、1週間後の記憶情報を測ることで、記憶が長期化されたことを検証する。また、英語から日本語、日本語から英語の相互の連合記憶を強化するための方法論も検討する。

運動の記憶保持機能を利用するアプローチでは、通勤・通学路に学習したい英単語を関連付けながら配置できる学習システムや、屋外を散歩しながら英単語に遭遇できるような学習システムを目指す。これにより、歩行やジョギングなどの軽度の運動をしながら学習したくなるような学習環境を実現する。また、歩行中に安心して扱える情報の視覚デザインについても基礎的な研究を行う。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究課題は、「情動」や「運動」の生理学的効果とVR・AR技術を統合し、記憶の長期化に効果的な語彙学習手法を創出することを目指した。

情動については、英単語の意味を効果音やバイノーラル音声で表現し、3Dの音響変化の記憶として残すことに取り組んだ。例えば「aerate - 空気を吹き込む」という単語は、ダミーヘッドマイクに息を吹きかけながら収録する。学習者は吹き込まれた息の体感を通じて、意味記憶ではなくエピソード記憶を形成し、情動を喚起することで長期的な記憶を得られた[1]。ただし、この音声集は、個々の単語を覚えることに特化していたため、各エピソードの場面や時間、登場人物が離散的になってしまうことがあった。そこで、人の自伝的記憶に語彙をマッピングしながら

ら覚えるアプリケーションを制作した。さらに、英単語とそれに付随するエピソード情報との連合記憶の関係を知るために、映画を素材として用い、字幕の英単語とシーンの連合記憶を強化することに取り組んだ。具体的には、字幕の提示位置をシーンに応じて変化させることで、字幕の英単語とシーンの連合記憶を強化できることを示した[3]。

運動については、通勤・通学路に、学習したい英単語を関連付けながら覚える意図的学習手法と、場所に関連した単語を音声聴取する偶発的学習法を実装し、評価した。まず、前者の手法が記憶に与える影響を調べた。場所に無関係な英単語 10 語を、場所に関連付けながら覚えた場合と、屋内の部屋で英単語 10 語を覚えた場合を比較したところ、前者のほうが長期記憶に残ることが示唆された。ただし、前者においても場所と単語の関連付けに失敗した場合は忘却してしまうことがあった。そのため、単語を表す画像を選定し、その画像を場所に関連付けて覚えられるスマートフォンアプリケーションを制作した[4]。後者は、通勤・通学のような隙間時間に利用できる、場所に関する単語が音声で再生される偶発的語彙学習手法である。本手法で英単語を学習する場合と安静状態で英単語を学習する場合の両方を経験し、両者の忘却数の差異を比較した。その結果、本手法によって忘却数の低減が示唆された[2]。屋外での学習において、音声に加えて文字を用いて学習する際に、AR 用ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を利用することが想定される。その際のテキストの視覚デザインについても基礎的な検討を進めた[5]。

(2) 詳細

<研究項目 1>

英単語学習で利用される発音を確認する用途の音声の多くは、英語母語かつ訛りの少ないナレータの発音であり、正しく聞き取りやすいが印象に残りにくい。そこで、英単語の意味を効果音やバイノーラル音声で表現し、3D の音響変化の記憶として残すことに取り組んだ(図 1)。例えば「aerate - 空気を吹き込む」という単語は、ダミーヘッドマイクに息を吹きかけながら収録する。学習者は吹き込まれた息の体感を通じて、意味記憶ではなくエピソード記憶を形成し、情動を喚起することで長期的な記憶を得る。発音を確認する用途の音声(Baseline)と本手法をフラッシュカードアプリで比較したところ、Baseline よりも約 1.6 倍の英単語を長期記憶に残すことに成功した[1]。



図 1 左:学習の様子と画面、右:英単語を 10 語暗記した際の忘却数の比較結果

ただし、これらの音声集は、個々の単語を覚えることに特化していたため、各エピソードの場面や時間、登場人物が離散的であった。そこで、人の自伝的記憶に語彙をマッピングしながら覚えるアプリケーションを制作した。まずは、日本人の英語学習者向けの単語データである SVL12000 のすべてを、音のみで意味を他者に伝達できるものとそうでないものに分類した。次

に、伝達できると判断された単語をグルーピングして、10単語のプロットを制作し、キャラクターと共にその単語をストーリーで学習できるアプリケーションを制作した(図2)。



図2 左:単語の分類結果(濃青が伝達可能)、中央:単語セットの例、右:学習画面

英単語とそれに付随するエピソード情報との連合記憶の関係をj知るために、映画を素材として用い、字幕の英単語とシーンの連合記憶を強化することに取り組んだ。具体的には、字幕の提示位置をシーンに応じて変化させることで、英単語と日本語訳の連合記憶および、英単語とシーンの連合記憶が強化されるかどうかを調べた(図3)。ひとつの映画から10シーンを選び、実験参加者間で比較したところ、字幕の英単語とシーンの連合記憶は強化されることは示せたが、シーンと日本語訳との連合記憶を強化することは現状できなかった[3]。



図3 左:字幕位置を固定した場合と動かしした場合、右:シーンに関する再認テストの結果<研究項目2>

通勤・通学路に、学習したい英単語を関連付けながら覚える意図的学習法と、場所に関連した単語を音声聴取しながら学習する偶発的学習法を実装し評価した。

前者の手法が記憶に与える影響を調べるために、場所に無関係な英単語10語を、場所に関連付けながら覚えた場合と、屋内の部屋で英単語10語を覚えた場合を比較したところ、前者のほうが約1.4倍の英単語を長期記憶に残すことができた(図4左、中央)。ただし、前者においても場所と単語の関連付けに失敗した場合は忘却してしまうことがあった。そのため、英単語を表す画像を選定し、その画像を場所に関連付けて覚えられるスマートフォンアプリケーションを制作した[4](図4右)。学習者はアプリケーションのAR機能を使い、場所に画像を配置するだけで関連付けを行うことができる。

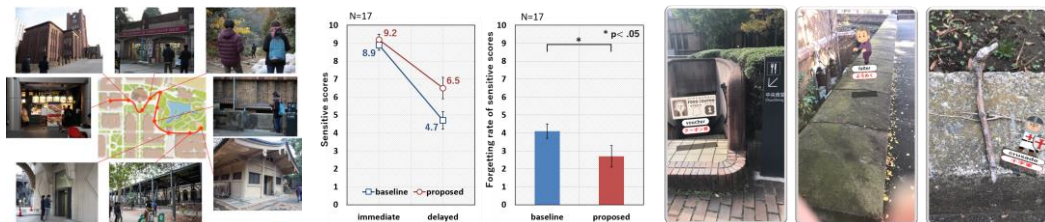


図4 左:場所のリスト、中央:実験結果、右:AR機能で画像を関連付けるアプリケーション

後者は、通勤・通学のような隙間時間に利用できる、場所に関する単語が音声で再生される偶発的語彙学習手法である(図 5)。本手法で英単語を学習する場合と安静状態で英単語を学習する場合(Baseline)の両方を経験し、両者の忘却数の差異を比較した。その結果、安静状態と本手法の条件間に有意差が認められ、本手法の学習によって忘却数が低減されることが示唆された[2]。



図 5 左:実験で利用した場所と単語の例、右:実験結果

屋外での学習において、音声に加えて文字を提示する際に、AR 用ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を利用することが想定される。その際の文字の視覚デザインについても基礎的な検討を進めた。HMD にテキストを表示する場合、画面の座標系でテキストを固定する方法(Screen)と、外部環境の座標系でテキストを固定させる方法(World)が考えられる(図 6)。ここでは、トレッドミルで歩行しながら、これら二つの座標系でテキストを表示した際の可読性と認知負荷、身体負荷を計測し、環境固定の方がすべてのスコアが高いことを示した[5]。

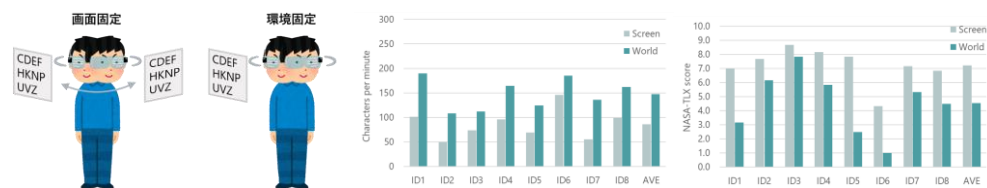


図 6 左:画面固定のテキスト表示と環境固定のテキスト表示、右:可読性と認知負荷に関する比較結果。Screen が画面固定で、World が環境固定を表す。

3. 今後の展開

<研究項目 1>

これまでは実験室の統制された環境での実験しか行っていない。今後は、日常生活の環境で大規模な実証実験を行う。そのために現在、スマートフォンアプリケーションのデバックやサーバー構築などを進めている。

スマートフォンアプリケーションの収録単語数を拡充する。現在、アプリに収録できた語彙は 90 単語であり、TOEIC レベル B(どんな状況でも適切なコミュニケーションをできる素地を備えている)の必要語彙数 6000 語には及ばない。語学学習者が本アプリで TOEIC レベル B の語彙に到達するためには、コンテンツの拡充が必須である。今後、語学学習企業と連携し、コンテンツを拡充する。

<研究項目 2>

研究項目 1 と同様に日常生活の環境での大規模な実証実験を行う。そのために、屋外の場所

に英語を表す画像を関連付けた写真を学習者同士で共有できるプラットフォームを構築する。また、場所から単語を生成するアルゴリズムを洗練させ、スマートフォンアプリとして実装する。

4. 自己評価

<研究目的の達成状況>

おおむね達成できている。特に研究項目 1 のえもたんはリリースに向けて進んでおり、新規の学習手法を設計・実装し、評価を積み重ねて社会に還元するまでに至った。しかし、研究項目 2 は、評価を積み重ねる段階で、研究期間が終了してしまい、社会に成果を還元するまでに至らなかった。また、研究項目 1 では、HMD や触覚モダリティとの統合を検討する予定だったが、進めることができなかった。

<研究の進め方(研究実施体制及び研究費執行状況)>

おおむね妥当な体制と執行状況であった。苗村教授の所属研究室の学生と共に、特に評価と考察について議論ができた。また、同じ学科の濱田助教やアリ助教と連携し、本研究課題に関連した研究成果を挙げることができた。ただし、実施すべき量に対して人手が足りず、学術成果数としては課題が残った。

<研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果(今後の見込みを含む)>

科学技術分野に波及しつつある。本研究課題以前は、運動の記憶保持機能を取り入れた語学学習の研究は、情報系の学会でほとんど発表されていなかった。しかし、2019 年度の情報処理学会の研究会で運動を利用した語学学習の研究が発表された。また IEEE Pervasive Computing では、2018 年に「Augmenting Humans」という特集号が生まれ、そのキーワードの一つに memory augmentation systems が挙げられた。さらに、東大にバーチャルリアリティ教育研究センターが設立し、エドテック連携研究機構が設立する予定である。学術界として、ここ 3 年で、VR や AR を教育や学習に統合する流れが加速している。今後、5 年間はこの流れが続くと予想している。

経済への波及はまだ十分ではない。これは研究成果をスマートフォンのアプリとしてリリースできていないためである。2020 年のリリースを機に徐々に認知されていくのではないかと考えている。今後、継続的に研究成果を社会に還元することで、情動や運動を踏まえた語学学習を経済へ波及させていく。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

1. Shogo Fukushima: “EmoTan: enhanced flashcards for second language vocabulary learning with emotional binaural narration”, Research and Practice in Technology Enhanced Learning, vol. 14, no. 1, 16 pages, 2019.11.
2. Ari Hautasaari, Takeo Hamada, Kuntaro Ishiyama, and Shogo Fukushima: “VocaBura: A Method for Supporting Second Language Vocabulary Learning While Walking”, Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol. vol. 3, no. 4, Article 135, 23 pages, 2019.12.

- | |
|---|
| 3. 九鬼 慧太, 上久保 竜輝, 宗 健智, 福嶋 政期, 苗村 健: “映画を用いた英単語学習における話者追従字幕がコンテンツの記憶保持に与える影響”, 信学技報 MVE2019-20, vol. 119, no. 190, pp. 79-84, 2019.8. |
| 4. 上久保 竜輝, 九鬼 慧太, 宗 健智, 福嶋 政期, 苗村 健: “写真撮影によって日常空間と単語を紐づける英単語学習”, 信学技報 MVE2018-78, vol. 118, no. 502, pp. 143-148 2019.8. |
| 5. 福嶋 政期, 濱田 健夫, ハウタサーリ アリ: “AR 用ヘッドマウントディスプレイでのテキストの提示座標系が可読性に与える影響”, 第 36 回 VR 心理学研究委員会、琉球大学医学部, 2020.2. |

(2)特許出願

研究期間累積件数:1 件(公開前の出願件名については件数のみ記載)

1.

発 明 者: 福嶋 政期

発明の名称: コンテンツ作成方法

出 願 人: 産業技術総合研究所

出 願 日: 2017/11/30

出 願 番 号: 特願 2017-230887

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. MVE 賞. 濱田 健夫, 福嶋 政期, ハウタサーリ アリ: “場所に関連した単語の音声提示による偶発的語彙学習手法”, 電子情報通信学会 信学技報 MVE2017-71, vol. 117, no. 485, pp. 29-33, 2018.3.
2. 中村光貴, 福嶋政期, 苗村健: “場所法を応用した AR 英単語学習システムに向けた基礎検討”, 情報処理学会第 79 回全国大会(日本, 名古屋), 2017.3
3. 中村 光貴, 荒見 篤郎, 上久保 竜輝, 福嶋 政期, 苗村 健: “英単語暗記システムのための綴りの類似性に関する基礎検討”,信学技報 MVE2017-37, vol. 117, no. 392, pp. 51-56, 2018.1.
4. 福嶋 政期: “情動喚起を伴う立体音響ナレーションで覚える体感型英単語学習の設計”, 電子情報通信学会 MVE 研究会 (MVE) 2017-70, vol. 117, no. 485, pp. 23-28, 2018.3
5. Shogo Fukushima, Ari Hautasaari and Takeo Hamada: “Second Language Vocabulary Learning While Walking”, In Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019 (AH2019). ACM, New York, NY, USA, Article 44, 2019.3.
6. Shogo Fukushima: “Design of Enhanced Flashcards for Second Language Vocabulary Learning with Emotional Binaural Narration”, 10th Augmented Human International Conference (AH2019), Article No. 46, 2019.3
7. 宗 健智, 九鬼 慧太, ハウタサーリ アリ, 福嶋 政期, 苗村 健: “歩行時のスマートグラスにおける縦書きと横書きの可読性に関する比較”, 信学技報, vol. 119, no. 457, pp. 257-262, 2020. 3.