



香り体験を言葉に接地させた単語学習法の検討

The examination of a vocabulary learning method based on grounding scent experiences in words

本田祐大¹⁾, 谷澤健太¹⁾, 正井克俊¹⁾, 中村優吾¹⁾, 崔赫秦¹⁾, 福嶋政期¹⁾

Yudai HONDA, Kenta TANIZAWA, Katsutoshi MASAI, Yugo NAKAMURA,

Hyuckjin CHOI, and Shogo FUKUSHIMA

1) 九州大学 (〒 819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744, {honda.yudai.771@s. , tanizawa.kenta.945@s. , katsutoshi.masai@human.ait. , y-nakamura@ait. , choi@ait. , shogo@ait.}kyushu-u.ac.jp)

概要: 語彙学習において, 単語 (記号) をその単語に関連する経験に紐付ける (接地する) 記号接地という手法が注目を集めている. 香りは感情と共に多様な感覚を想起させるため, 強力な記号接地の効果が期待できる. そこで本研究は香りを学習のターゲット語彙に接地させることを目指す. 具体的には画像生成 AI を用いて, 単語の頭文字を埋め込んだ香りのイメージを作成し, 画像と香りの空間を経由して単語にイメージを接地させる手法を提案する.

キーワード: 嗅覚, 記憶, クロスモーダル, 単語学習

1. はじめに

従来の第二言語学習においては, 復習が学習効果を高めるために重要であることが広く認識されている. 特に, 自己テスト (自分の脳内で単語や文法を思い起こす作業) を行うことが記憶の強化に寄与する「テスト効果」が知られている. このテスト効果は, 学習者の認知能力に依存せず, 全ての学習者に有効であることが示されている [1]. また, 単語学習プロセスにおいては, 記号接地という概念がよく用いられる. これは, 抽象的な記号や言葉が具体的な意味や感覚に結びつくプロセスを指す概念であり [2], これにより, 単語や記号が単なる抽象的なシンボルから具体的な経験や知識と関連付けられ, 学習や記憶の効率が向上するとされている. 例えば, 特定の単語を学習する際に, その単語が指す対象物や状況を具体的にイメージすることで, その単語の記憶が強化される.

しかし, 復習プロセスは記憶媒体を再度提示する必要がある, 面倒である. これを効率化するために, 嗅覚による想起を利用することが考えられる. 嗅覚信号は他の感覚信号とは異なり, 直接大脳辺縁系に送られる特徴がある [3]. 辺縁系は記憶や感情の処理に深く関与しており, この特徴は, 香りが記憶を直接的に想起させることを示している. この効果は「プルースト効果」として広く知られ [4], この効果を学習に応用する試みも多く行われている. 先行研究 [5] では, 学習時とリコール時に同じ香りを提示することで, 宣言的記憶 (エピソード記憶) の遅延テストにおける成績が有意に向上した. これは, 香りによるコンテキストの統一によって, 記憶が強化されたことを示している.

以上の嗅覚の特性を踏まえて, 本研究では, 香りを提示することで記号接地 (記号とその意味を結びつけるプロセス) を強化し, 単語学習を促進する手法を提案する. 具体的には,

図 1 に示すような香り体験空間を構築する. 香りから想起されるイメージ画像に英単語を埋め込んだものをプロジェクターで提示し, イメージ画像の中には, 各英単語の頭文字を大きく表示している. プロジェクターの前には, 画像方向から実験者の方向に向けて扇風機を設置した. 扇風機には香りを染み込ませた布を貼り付け, 香りを風にのせて参加者に提示した.



図 1: 香り体験空間による英単語学習実験の様子

2. 関連研究

2.1 バイリンガル二重符号化理論

バイリンガル二重符号化理論 [6] は, 脳内には言語的な情報を処理するシステムと非言語的な情報を処理するシステムの二つが備わっていると提唱している (図 2). この理論によれば, L1 (母語) および L2 (外国語) の単語に関する情

報は、それぞれ V1 (母語の言語処理システム) および V2 (外国語の言語処理システム) 内で言語的表象 (ロゴジェン) 間の連想ネットワークによって保持されている。一方、概念イメージなどの非言語的情報は、I (イメージシステム) 内で非言語的表象 (イメージン) の連想ネットワークによって保持されている。イメージシステムと V1 システム、V2 システムはそれぞれ V1-I 接続、V2-I 接続によって情報を共有しており、V1-V2 接続は、英単語から日本語訳、またはその逆の対応を表している。

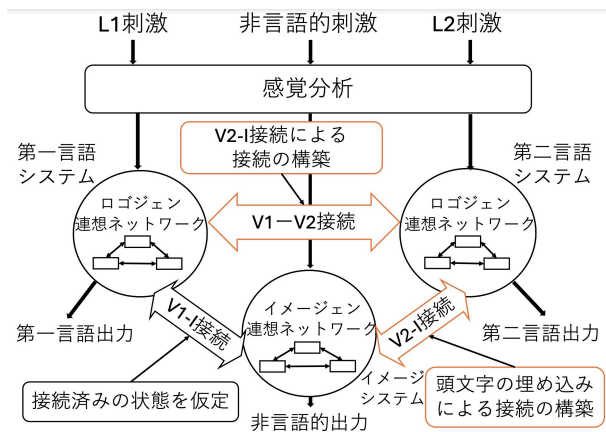


図 2: バイリンガル二重符号化理論

2.2 概念ペグ仮説と符号化特異性原理

バイリンガル二重符号化理論から発展した概念的ペグ仮説 [7] は、非言語的刺激として視覚イメージを用いることで、これが記憶想起のトリガーとなり、記憶を向上させる可能性を示している。具体的な実験では、参加者に具体的 (例: パン) および抽象的 (例: 楽しみ) ペグ単語を用いたリストを提示し、二つのグループに対して暗記タスクを課した。イメージ使用の指示を与えたグループは、心的イメージを使用するように指示された。その結果、イメージ使用指示を受けたグループは、指示を受けなかったグループに比べて記憶成績が著しく向上した。この結果は、心的イメージが記憶を向上させる効果的な手段であることを示している。

また、Tulving と Thompson の符号化特異性原理 [8] は、学習時に統合されたコンテキストを提示することで記憶力が向上することを示している。この原理によれば、記憶が形成されたときと同じ手がかりや状況が存在すると、その記憶がより容易に検索される。この理論は概念的ペグ仮説と異なり、コンテキスト全体の統一感に焦点を当てている。

2.3 本研究の位置付け

上記の理論に基づき、本研究では非言語刺激として統一のイメージ概念を持つ香りイメージ画像を同時に提示する香り体験空間を構築する。その環境の中で、イメージ概念に関連した英単語の学習を行い、テスト時に同じ香りを提示することで符号化特異性原理に基づいた記憶の強化を目指す。これにより、学習時と同じコンテキストが再現され、記憶想起が促進されることが期待される。

3. 提案手法

本研究で提案する単語学習法の概要を図 2 に示す。本研究では未知の英単語に対し、その日本語訳との対応である V1-V2 接続を構築することによって、日本語訳を容易にリコールできるようにすることを目的とする。したがって、学習前には日本語訳と概念イメージ間の V1-I 接続のみ存在し、V1-V2 接続および V2-I 接続はいずれも構築されていない状況を仮定する。

バイリンガル二重符号化理論に則して考えると、英単語とイメージシステムの接続である V2-I 接続の構築によって V1-V2 接続が活性化され、英単語とその日本語訳が結びつくはずである。本実験では、非言語的刺激として与えるイメージ画像の中に英単語と日本語訳を埋め込んでいるが、それに加えてイメージの中に英単語の頭文字を大きく埋め込んでいる。これによって英単語の頭文字が包含されたイメージがイメージシステム内に保存されると、英単語の頭文字がイメージとして取り出され、この頭文字が英単語を思い出すために作用すると考えられる。したがって、V2-I 接続が形成されやすくなると期待される。

3.1 香り体験空間の構築

本研究における非言語的刺激は、香りを嗅いだ際のイメージと統合されなければならない。先行研究では、単語暗記課題中に複数の香りを提示することで効果を確かめる実験が行われた [9]。この実験では非言語刺激として香りを用いたが、記憶の定着に対して有意な効果は見られなかった。この実験では、用いた香りが覚える単語と無関係のものであったために、V2-I 接続が生じなかったと考えられる。

本研究では、香りと画像のイメージを統合させるために、香りに対する印象をアンケートし、その回答に基づいて、画像生成 AI を用いてイメージ画像を生成した。また、作成した生成画像について、その画像から連想される英単語を生成 AI に出力させ、出力された単語と元のイメージ画像を統合することによって、単語を含んだイメージ単語を作成した。

4. 実験

4.1 香りイメージの設計

本研究では 12 種類の香水を用意し、5 人の被験者に対してアンケートを実施し、香りから想起されるイメージの色・質感・動きといった要素について調査した。このアンケート結果に基づき、3 人以上の回答が近い色であった香りの中から、それぞれオレンジ、紫、緑のイメージを持つ 3 つの香りを選択した。選択された香りは、ジョー・マロンのオレンジブロッサム (オレンジ)、メゾン・マルジェラのセーリングデイ (紫)、エルメスのオー・ドゥ・ルバーブ・エカルラット (緑) である。以降、これらの香りをオレンジの香り、紫の香り、緑の香りとして表記する。

アンケートから得た質感および動きのイメージを基に、抽象的なイメージ画像を生成 AI である DALL・E を用いて作成した。また、この抽象的なイメージ画像を ChatGPT に入力し、画像から想起される単語を出力させ、これらの単語と

その日本語訳を抽象的なイメージ画像に埋め込んだイメージ画像を新たに生成した。表示する英単語および日本語訳は、画像中からスポットを用いて抽出し、フォントは埋め込まれた頭文字に近いものを選択した。

4.2 実験の概要

本実験では、既存手法（英単語と日本語訳のみの提示）と比較して、提案手法が忘却率の低減に寄与するかどうか、およびそれぞれの香りによる記号接地の度合いとテストスコアの相関を調査した。これらのリサーチクエストを解決するために、実験の参加者に対し、香り体験空間の中での暗記タスク（香りあり暗記タスク）と、香り体験空間を提示していない状態での暗記タスク（香りなし暗記タスク）をそれぞれ実施し、直後テストおよび1日後の遅延テストによって単語の忘却率を調査した。参加者には、事前に全ての英単語について、その日本語訳を把握していないことを確認している。また、記号設置の度合いを確かめるために、遅延テスト時におけるイメージ画像の鮮明さをアンケートで尋ねた。このアンケートでは、単語の頭文字とその配置、色の特徴、テクスチャや模様の3つの項目について、1-5の5段階で評価させ、色ごとの平均の値を算出した。評価スケールには、心的イメージの評価に多く用いられる VVIQ[10] を用いた。また、香りイメージ画像が統合されていたかどうかについても、1-5の5段階で尋ねた。

本実験の流れを図3に示す。参加者には事前に嗅覚に異常がないことを自己申告で確認した。参加者はA群とB群に分けられ、A群は香りあり暗記タスクの後に香りなし暗記タスクを行い、B群はその逆の順番で実験を行った。

香りあり暗記タスクでは、それぞれの香りにつき4単語の英単語暗記を3分間行った。これを3つの香りについて行い、香りを変える際には2分間の室内換気を行い、先に提示した香りが消えたことを参加者に確認した後、次の香りの提示を行った。3つの香りについて暗記タスクを行った後、直後テストを実施し、12単語の日本語訳を答えさせた。香りなし暗記タスクでも同様に3分間で4単語の暗記作業を3回繰り返し、各セット間には2分間の休憩を設けた。3セット終了後、こちらも12単語の日本語訳を答えさせた。実験室の様子は図1に示した通りである。香りを風にのせて提示したのは、画像と香りの感覚的な統合を図るためである。

1日経過後、合計24単語の遅延テストとアンケートを実施した。このテストの際には、暗記タスク時に提示した香りを準備し、リコール時に嗅がせるようにした。

5. 結果と考察

直後テストと1日後遅延テストの結果を図4に示す。各テスト（12点満点）における参加者のテストスコアの平均は、直後テストでは既存手法が10.6点に対し提案手法は9.2点、遅延テストでは既存手法が9.3点に対し提案手法は7.7点となり、いずれも提案手法の方が低いスコアとなった。また、参加者の忘却単語数の平均は既存手法では1.4点に対し、提案手法では1.6点となり、わずかに提案手法の方が忘却数

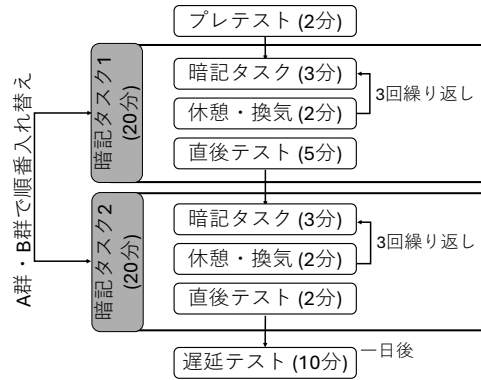


図3: 実験の流れ

が多い結果となった。

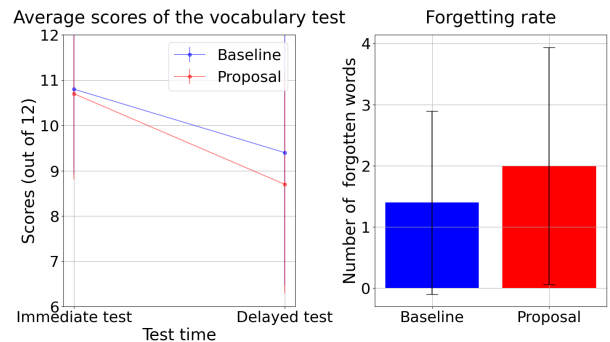


図4: 実験結果

(左: 各タスクのテストの得点平均, 右: 忘却単語数の平均)

色ごとの忘却単語数をまとめたグラフを図5に示す。紫色の香りを用いた場合に、他の香りと比較して、遅延テストにおける成績が高くなっていることが読み取れる。また、イメージ画像の鮮明度を尋ねたアンケートの色ごとのスコア平均は、オレンジが2.67、紫が3.43、緑が3.23(5点中)となり、このデータと、遅延テストにおける色ごとのスコア平均(オレンジ: 2.4, 紫: 3.3, 緑: 3.0)のデータのコサイン類似度は0.9996程度であった。これは、記号接地の度合いとテストスコアの間に関係があることを示している。

本実験では、既存手法と提案手法の忘却率には有意な差は見られなかった。原因の一つとしては、遅延テストが1日後であり、忘却が起こった参加者とそうではない参加者でスコアが二極化したことが考えられる。実際、提案手法における直後テストのスコアが11点以上の3名の参加者においては、遅延テストにおいても10点以下のスコアは見られなかった。一方、提案手法における直後テストのスコアが8点以下の3名の参加者においては、平均して既存手法では2.33点程度、提案手法では1.67点程度の忘却が見られた。この二極化の影響によって、図4に示されるように、標準偏差が大きく、正確な結果が得られていないと推測される。忘却後のスコアを正確に得るためには、直後テストから1週間程度の期間を設

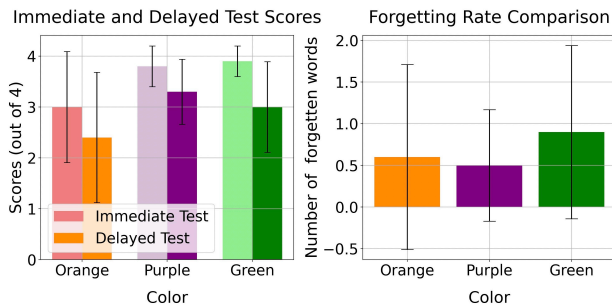


図 5: 香りごとのスコア比較

けることが望ましいと思われる。

また、図 5 に示されるように、色によっては香りとイメージ画像が統合されていなかったことにより、記号接地がうまく行われなかったことも原因の一つであると考えられる。実際、参加者が比較的イメージ画像と統合された香りであると答えた紫の香りに関しては、既存手法と比較しても遅延テストの結果は低くなかった。

以上の結果を受けて、直後テストの後に実験の参加者の中から 5 人を追加で招集してテストを再実施し、香りごとのスコアを比較した。この結果を図 6 に示す。この結果では、紫色の香りに関して、既存手法よりも有意にスコアが高かった。これらのことから、統合した香り体験空間の提示によって、単語学習の効率が有意に向上するが、統合が不十分であると逆効果となることが示唆される。

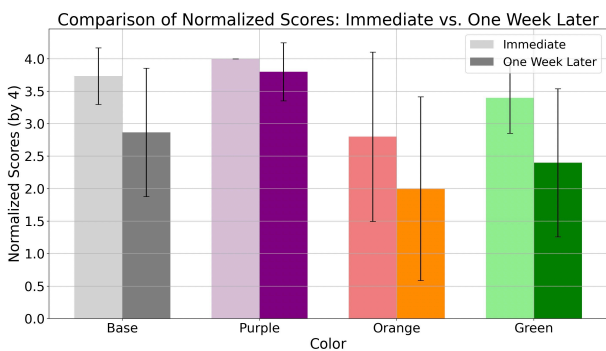


図 6: 1 週間後テストの結果

6. まとめと今後の課題

本研究では、香りを用いた記号接地の手法が第二言語学習における単語記憶の向上に寄与するかどうかを検証した。実験結果として、直後テストおよび遅延テストの成績は、既存手法と比較して提案手法の方が低いスコアとなった。しかし、香りとイメージ画像の統合度合いが高い場合においては 1 週間後の遅延テストの成績が向上することが示唆された。また、記号接地の度合いとテストスコアの間には強い相関があることが示唆された。これらの結果から、香りと視覚イメージの統合が記憶強化に重要な役割を果たすことが示唆された。

本研究の結果を踏まえ、今後の課題としては、まず遅延テ

ストの期間を 1 週間程度に延長し、忘却のプロセスをより詳細に観察する必要がある。また、画像生成手法を見直し、より香りとイメージ画像を強く統合させることが求められる。さらに、大規模な被験者数を用いた実験を行い、結果の再現性と一般化可能性を高めることが重要である。特に 1 週間後の遅延テストを多くの人数で実施することで、より信頼性の高いデータを収集することが期待される。これらの課題に取り組むことで、香りを用いた記号接地の手法が第二言語学習における有効なツールとなる可能性が高まる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP24834281 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Henry L. Roediger, Andrew C. Butler : The critical role of retrieval practice in long-term retention, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 15, No. 1, pp. 20–27, 2011.
- [2] Stevan Harnad : The symbol grounding problem, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Vol. 42, No. 1, pp. 335–346, 1990.
- [3] P. A. Roberts : Olfactory and Limbic Systems, in *Neuroanatomy*, Springer US, pp. 75–78, 1991.
- [4] Siu-lan Chu, John J. Downes : Odour-evoked autobiographical memories: psychological investigations of proustian phenomena, *Chemical Senses*, Vol. 25, No. 1, pp. 111–116, 2000.
- [5] Agnieszka Sorokowska, Malin Nord, Monika M. Stefańczyk, Maria Larsson : Odor-based context-dependent memory: influence of olfactory cues on declarative and nondeclarative memory indices, *Learning & Memory*, Vol. 29, No. 5, pp. 136–141, 2022.
- [6] Allan Paivio, Alain Desrochers : A dual-coding approach to bilingual memory, *Canadian Journal of Psychology / Revue canadienne de psychologie*, Vol. 34, No. 4, pp. 388–399, 1980.
- [7] Allan Paivio : Mental imagery in associative learning and memory, *Psychological Review*, Vol. 76, No. 3, pp. 241–263, 1969.
- [8] Endel Tulving, Donald M. Thomson : Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory, *Psychological Review*, Vol. 80, No. 5, pp. 352–373, 1973.
- [9] 平野雅人, 山中俊夫, 崔ナレ, 竹村明久, 小林知広 : 40770 香りが学習環境に及ぼす影響に関する研究 (その 5) 精油噴霧による香り環境が学習効率に及ぼす影響, *環境工学 I*, 日本建築学会, pp. 1617–1618, 2020.
- [10] David Marks : Visual Imagery Differences in the Recall of Pictures, *British Journal of Psychology (London, England : 1953)*, Vol. 64, pp. 17–24, 1973.