

エビングハウスの忘却曲線に沿った単語出現による 読書環境の構築

大場璃々^{†1} 松岡竜輝^{†1} 菅さやか^{†2} 今井倫太^{†3}

概要: 語彙学習の分野においては、未知の単語がどの程度の頻度で出現するかが、学習者の記憶保持や理解に大きく影響すると考えられている。本研究では、大規模言語モデルを活用した新たな英単語学習手法を提案することを目的とする。英単語を学習する際には、一般的に単語帳を使用して英単語と日本語訳を繰り返し目にする方法や、洋書を読みながら文脈とあわせて単語を覚える方法が用いられる。しかし、単語帳を用いる学習法では、単語が実際にどのように使われるかを習得しにくく、一方で洋書での学習では、単語が繰り返し出てこないために定着しにくいという課題がある。そこで本研究では、エビングハウスの忘却曲線に基づき、覚えたい単語が洋書の中で適切な頻度で再登場するように設計したシステムを開発した。これにより、学習者は話の流れとともに単語を繰り返し目にすることができ、単語の意味や使い方が記憶に残りやすくなる。最終的に、このシステムを用いることで、ユーザが洋書を読み終える頃には、新出単語を潜在的に学習できるようになることを目指している。

1. 序論

語彙習得は言語学習において極めて重要な要素である。特に第二言語習得では、学習者が未知の単語にどのように接し、その単語をどの程度記憶できるかが、習得の進捗に大きく影響する。英単語の学習方法としては、一般的に単語帳を使って英単語と日本語訳を繰り返し確認する方法や、洋書の内容とあわせて単語を覚える方法が知られている。しかしながら、前者の方法では単語とその訳が1対1対応となり、実際の文脈での活用が難しい。一方、後者の方法では、覚えたい単語が繰り返し登場しない場合、記憶に定着しにくいという課題がある。エビングハウスの忘却曲線は、記憶の劣化過程を説明するモデルとして、復習タイミングを最適化するための基盤を提供する。この曲線に基づき、適切な間隔で単語を繰り返し提示することにより、長期記憶への定着が促進されると考えられてきた。また、近年では Chat-GPT をはじめとする大規模言語モデル (LLM) の登場によって、文章を書き換えることが容易となり、汎用的な文章を学習者の目的に沿った内容へ柔軟に変換できるようになった。本研究では、これらを組み合わせ、洋書の文章を LLM によって書き換えることで、エビングハウスの忘却曲線に沿った頻度で未習得単語が繰り返し登場するように設計したシステム “Ebbinghaus-Guided Reading Vocabulary Builder” を提案する。本システムは、洋書のストーリーを活用しながら、学習者が必要な単語を効果的に習得できるよう支援するものであり、語彙学習における新たなアプローチの提供に貢献する。

2. 関連研究

2.1 適応型学習システム

適応型学習システムとは、学習者の進捗や理解度に応じてコンテンツを動的に変更するシステムを指す。過去の研究においては、こうしたシステムが学習者のパフォーマンスを向上させることが示されている。たとえば、和久ら [1] は、学習者の理解度に応じて問題を適応的に提示するシステムが、学習の促進に有効であることを示した。また、Joanne et al. [2] は、生成 AI を用いて作成した文章やストーリーを通じて学習意欲が向上することを示している。しかし、語彙学習における、学習者の理解力や記憶の定着を促進するために、特定の単語がテキスト中で現れる頻度を指す “適応的な単語の出現頻度” に焦点を当てた研究はまだ少ない。特に、洋書を書き換えた教材を用いて単語の記憶保持率を調査した研究はほとんど存在していない。本研究では、洋書を用いた語彙学習の適応型システムにおいて、その効果を検証することを試み、新規性をもたらす点に意義がある。

2.2 エビングハウスの忘却曲線

エビングハウスの忘却曲線 [3] は、学習した情報が時間の経過とともにどのように忘却されるかを示す理論であり、記憶保持に関する研究で広く用いられている。特に、忘却曲線に基づく復習タイミングが記憶保持を最適化するうえで効果的であることは、先行研究でも指摘されてきた。具体的には、Cepeda et al. [4] や Chih-Ming Chen [5] では、エビングハウスの曲線を応用した復習スケジュールが、従来の固定的な復習パターンと比較して、学習者の長期記憶に対してより有効であることが示されている。こうした理論的背景は、適応的に単語を再提示する学習システムの設計にも

^{†1} 慶應義塾大学大学院 理工学研究科

^{†2} 慶應義塾大学大学院 文学部

^{†3} 慶應義塾大学大学院 理工学部

応用しうが、実際に学習者が読んでいる文章に単語を配置し、その記憶保持への影響を実証した研究事例は少ない。本研究では、忘却曲線の理論を応用して、洋書を動的に書き換えながら単語を配置するシステムを設計し、その効果を検証する。

2.3 LLM の応用

GPT (Generative Pre-trained Transformer) は、文脈を理解し、それに応じた自然な文章を生成できる強力な言語モデルである。GPT-3 や GPT-4 の登場により、従来よりも高度な文脈理解と自然な文章生成が可能となった。Brown et al. [6] による GPT-3 の研究では、文脈を保持しながら新しい情報を生成し、ユーザーが指定した語彙を適切に挿入できることが示されている。

これにより、語彙学習の領域でも、文脈に基づいた適応的な単語配置が実現可能となり、学習者に対してより自然で効率的な学習体験を提供することが可能となる。本研究では、GPT-4o mini を用いて学習者にとって効果的な単語配置を行い、その学習効果を検証することを目的とする。

3. 提案手法

ある文章の中で意味が分からない単語を複数回登場させるため、本研究ではエビングハウスの忘却曲線を模した手法で文章間の間隔を調整し、単語の書き換え位置を取得する。取得後、文章内の該当単語の出現箇所を抽出し、その位置をもとに GPT-4o mini に対して「文章全体の意味を変えずに、指定した単語を含むように書き換える」よう指示する。書き換えの対象外となる文はそのまま出力し、最終的にすべての文をつなぎ合わせることで、対象単語が複数回登場する新しい文章を生成する。本システムの概要を図 1 に示す。

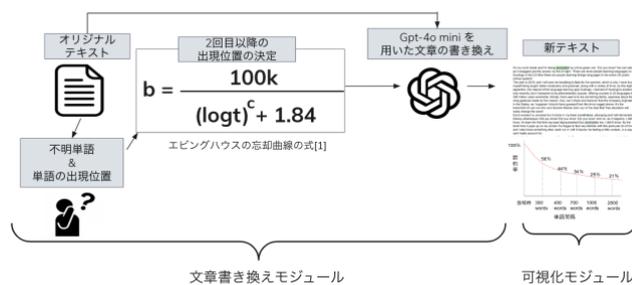


図 1 Ebbinghaus-Guided Reading Vocabulary Builder の概要図

3.1 文章書き換えモジュール

まず、原文に含まれる「意味が分からない単語」の出現位置を特定する。次に、図 2 に示したように、エビングハウスの忘却曲線を表す式 (1) を t について解いたものに、日本人が洋書を読む際の目安 WPM (90 語/分) [7] を掛け合わせ、2 回目以降の単語出現間隔を算出する。なお、単語間

隔は文章量に応じて式 (1) 内のパラメータ b には 0-100 の値を用いることで調整する。

書き換え対象が確定したら、対象となる単語が含まれる一文と、挿入したい単語および文章の内容を、文章全体を扱えるモデルの GPT-4o mini へ引数として渡す。それにより GPT-4o mini は、該当単語を含みながらも文章全体の意味を損なわないように一文を書き換える。一方、一文の書き換え対象でない箇所には何も処理を行わない。最後に、書き換えられた文と書き換えが行われなかった文を組み合わせることで、単語が繰り返し登場する新しい文章を出力する。

$$b = \frac{100k}{(\log_{10} t)^c + 1.84} \quad (1)$$

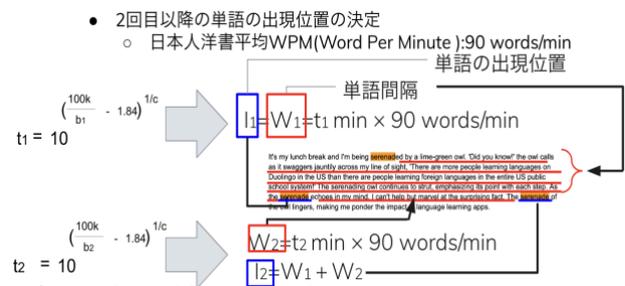


図 2 単語の出現位置の決め方

3.2 可視化モジュール

文章書き換えモジュールによって生成された文章を可視化し、どの位置に該当単語が挿入されているかをグラフで示す。これにより、実際に書き換えられた文章内での単語の配置状況を直感的に把握することが可能になる。

4. 今後の課題

今後は、単語の出現頻度が実際にエビングハウスの忘却曲線に沿っているかを検証する必要がある。加えて、提案システムを英語学習中の大学生に使用してもらい、単語の正答率の変化を調べる定量的評価と、使用感に関するインタビューなどを通じた定性的評価を組み合わせ、システムが英単語の記憶にどの程度貢献できたかを総合的に検討する予定である。

5. 結論

本研究では、LLM を活用した新たな英単語学習方法の提案を目的として、洋書の文章内でエビングハウスの忘却曲線に沿った単語出現頻度を設定し、該当行に該当単語を含むように LLM で書き換えるシステムを開発した。これにより、学習者が話の流れとともに単語を繰り返し目にする環境を構築した。

今後は、実際のユーザに本システムを利用してもらい、そ

の効果を検証することで、新たな単語学習手法に貢献したいと考えている。

謝辞

本研究は、JST、CREST、JPMJCR19A1 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1]和久友親, 田村哲嗣, & 川瀬真弓. (2024). 学習者の理解度に応じた自動問題生成 AI システムの開発. 日本教育工学会論文誌, 48004.
- [2]Joanne Leong, Pat Pataranutaporn, Valdemar Danry, Florian Perteneder, Yaoli Mao, and Pattie Maes. 2024. Putting Things into Context: Generative AI-Enabled Context Personalization for Vocabulary Learning Improves Learning Motivation. In Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '24). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 677, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642393>
- [3]Ebbinghaus H. Memory: a contribution to experimental psychology. *Ann Neurosci*. 2013 Oct;20(4):155-6. doi:10.5214/ans.0972.7531.200408. PMID: 25206041; PMCID: PMC4117135.
- [4]Cepeda NJ, Pashler H, Vul E, Wixted JT, Rohrer D. Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychol Bull*. 2006 May;132(3):354-80. doi: 10.1037/0033-2909.132.3.354. PMID: 16719566.
- [5]Chih-Ming Chen, Ching-Ju Chung, Personalized mobile English vocabulary learning system based on item response theory and learning memory cycle, *Computers & Education*, Volume 51, Issue2,2008,Pages 624-645,ISSN 0360-1315
- [6]Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in neural information processing systems*, 33, 1877-1901.
- [7]"WPM とは？英語の読解スピードの指標-測り方や数値を上げる方法". <https://max-reading.com/tips/wpm/>, (参照 2024-11-28)