

英語語彙間の語義繋がり可視化アプリ開発

—学習者の語彙記憶保持を求めて—

金崎航平^{*1}・小野真嗣^{*2}・曾我聡起^{*1}

Email: m2250080@photon.chitose.ac.jp

*1: 公立千歳科学技術大学 大学院理工学研究科

*2: 室蘭工業大学 大学院工学研究科

◎Key Words コサイン類似度, 可視化, WordNet

1. はじめに

本研究は、英語学習者が既習語の一部しか活用できていない現状を改善し、語彙の運用力を向上させることを目指す。語彙間のつながりを可視化することで語彙間の関係性の理解を促し、豊かな英語発話を可能にする支援サービスの構築を目的としている。学習者に関連語を効果的にグループピングして学習させるため、文字情報に加え視覚的な図示情報を提供する。これにより語彙に関する知識を高め、学習満足度の高いUI設計を備えたシステム開発を到達点とする。

本稿では、語義に基づく語彙間の関係性を可視化描写した場合に学習記憶に与える影響と開発した可視化アプリについて報告するものである。

2. 本研究の目的

語彙の運用力を向上させるために、語彙関係の理解を支援する機能設計を目的とする。この目的を達成するために、本研究では、語彙学習において関連語を可視化した描写を用いることの効果、ならびに可視化描写を取り入れた語彙学習支援サービスの活用が学習者の語彙学習に対する満足度に与える影響について検証する。

語彙間の関連性の可視化を行うために、本研究では語彙情報にフリーで入手可能な既存の電子類語辞典である WordNet を用いる。WordNet には1つの語に対する上位語や下位語の概念が収録されており、この情報を語彙の関係性に用いることとした。また、本研究では、語彙の関係性を可視化描写する手法の一つとして、語彙間の意味的類似性に着目し、数値情報として算出可能なコサイン類似度を用いることとした。コサイン類似度とは、2つのベクトルがどのくらい似ているのかという類似性を表す尺度であり、値は -1 から 1 の範囲で表され、完全に似ていないものが -1、完全に似ているものが 1、無関係のものが 0 で表される。また、テキストの意味や文脈を考慮するために、コサイン類似度を算出する際のベクトル化に、事前学習済みの深層学習モデルである Universal Sentence Encoder を活用した。同モデルを用いてベクトル化し、語彙それぞれの定義文間のコサイン類似度を FileMaker の CosineSimilarity 関数を用いてコサイン類似度を算出することで、語彙間の意味的類似度を数値化することができる。

3. 可視化システムの開発

小野(2024)⁽¹⁾では、WordNet を用いて学習定着効果を促すサービスを考案している。小野(2024)の可視化例を図1

に示す。同研究は、関連語彙を線で結び、マッピングする形で語彙情報の可視化を行なっている。筆者ら⁽²⁾の先行研究において、WordNet の収録データを活用し、上位語・下位語の距離関係を可視化させるシステムを開発した。その可視化描写の例を図2に示す。本研究では、ローコードでアプリ開発が可能である Claris 社の FileMaker と JavaScript を組み合わせて開発を行った。検索語を中心に表示し、上位語と下位語を周りに表示した。下位語から上位語に向かうように矢印で繋ぎ、コサイン類似度の値に応じて線分間距離を変化することで、語彙間の意味的類似度の可視化を行った。

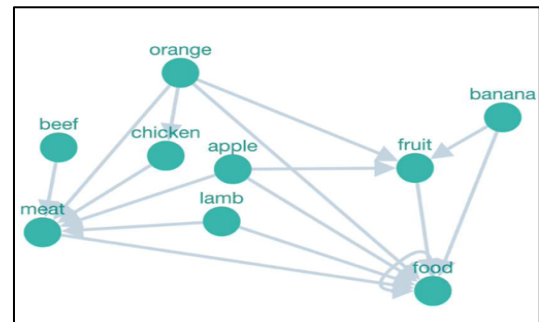


図1 小野(2024)の可視化例⁽¹⁾

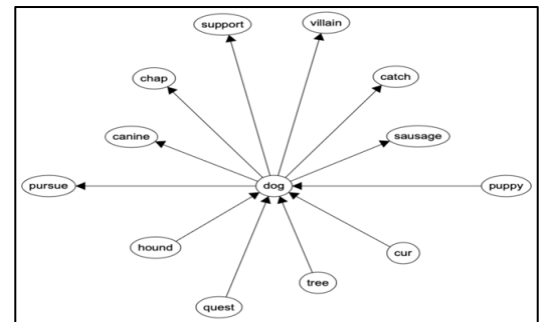


図2 “dog”の可視化例

4. 語彙の記憶に関する実験

Tada(2016)⁽³⁾が行った実験を参考に、開発したシステムを用いて語彙学習を行った際に記憶と想起がどのような影響を受けるかを検証した。本実験は、公立千歳科学技術大学の学生30名を被験者とした。実験群間で被験者が持つ英語能力に関する公的な資格やスコアに偏りが出ないように、被験者を3つの実験群に分けた。次節以降で、実験の詳細について記述する。

4.1 実験の目的

本実験では、関連語を可視化描写すると共に、語彙間の意味的類似度を距離として表現することによって記憶と想起に与える影響を明らかにすることを目的に、以下の仮説を検証する。

仮説 1: 語彙学習において、関連性のある語彙の可視化描写の有無は、語彙の記憶に影響を与える。

仮説 2: 可視化描写を用いた語彙学習サービスを用いることで、語彙学習に対する満足度が向上する。

4.2 実験群

本実験では、関連性のある語彙の可視化描写の有無が語彙の記憶に与える影響を検証するため、被験者を次の3群に振り分ける。

- ① 関連語非利用群：図3の左端の画面のように、上位語・下位語を用いずに、ターゲット単語のみ学習を行う。
- ② 関連語利用群：図3の中央の画面のように、ターゲット単語に加え、ターゲット単語の上位語・下位語を関連づけて学習を行う。なお、図1のような可視化図は用いない。
- ③ 可視化図利用群：図3の右端の画面のように、可視化図を用いて、ターゲット単語の学習を行う。



図 3 実験用アプリケーション

4.3 実験方法

本実験の手順を以下に示す。

1. 実験の説明

被験者に対して実験の目的、手順について詳細な説明を行った。この際、被験者が持つ英語能力に関する公的な資格やスコアを確認し、実験群間で偏りが出ないように、被験者を3つの実験群に分けた。

2. 実験用アプリケーションの操作方法の説明

各実験群のアプリケーションの操作方法を説明した。全ての被験者がアプリケーションの操作に慣れたことを確認して、実験を行った。

3. ターゲット単語の学習

被験者は割り当てられた実験群(関連語非利用群、関連語利用群、可視化図利用群)に応じた学習方法で、10分間でターゲット15語を学習した。

4. 即時テスト

10分間の学習後、ターゲット単語の日本語訳を答えるテストを行った。テストはGoogle Formを用いて行い、4択の選択肢の中から正しい日本語訳を選択する形式で行った。なお配点は1問1点の15点満点である。

5. 遅延テスト

即時テストの1週間後に、同様のテストを再度行なった。なお即時テストから遅延テストまでの1週間で、今回学習したターゲット単語の自主学習は禁止とした。

6. アンケート調査

遅延テスト終了後に、参加者に対してアンケート調査を行なった。この調査では、上位語・下位語の表示や可視化図がターゲット単語の記憶にどのような影響を与えたか、また、それぞれの実験群での学習方法に対する満足度の調査などを行った。

4.4 実験結果

実験を通して得られた結果について、以下にまとめる。なお解析にはJMPProを使用した。実験には、各群10名ずつの合計30名が参加した。

4.4.1 テスト結果

各実験群の即時テスト、遅延テストの平均点と平均点の標準誤差、また即時テストと遅延テストの平均点の差を表1に示す。以下の結果に対して、各テスト内での実験群間の有意差検定と各実験群内での即時テストと遅延テストの間の有意差検定を行なった。各テストでの実験群間の有意差検定は、有意水準5%でTukey検定を行なった。また、各実験群での即時テストと遅延テストの有意差検定は、有意水準5%でt検定を行なった。Tukey検定の結果を表2、t検定の結果を表3に示す。表2、表3より、実験群間および各群内の即時・遅延テスト間において有意差は認められなかった。

表 1 即時テストと遅延テストの平均点

	即時テスト	遅延テスト	平均点の差
関連語非利用群	14.7±0.2	14.4±0.4	0.3
関連語利用群	14.6±0.4	14.1±0.2	0.5
可視化図利用群	14.6±0.2	14.6±0.2	0.0
全体	14.6±0.2	14.4±0.2	0.2

表 2 各テストスコアの3群比較

	即時テストのp値	遅延テストのp値
関連語非利用— 関連語利用群	0.961	0.773
関連語非利用— 可視化図利用群	0.961	0.891
関連語利用— 可視化図利用群	1.000	0.495

表 3 各実験群での即時テストと遅延テストとの比較

	p値
関連語非利用群	0.517
関連語利用群	0.295
可視化図利用群	1.000

4.4.2 学習方法の比較

遅延テスト後に実施したアンケート調査から以下の3つの質問に対して実験群間での有意差検定を行った。質問は5段階のリッカート尺度を用いた。有意差検定は、有意水準5%でTukey検定を行なった。

- (1) ターゲット単語の学習はどの程度難しかったですか？
 - (2) 遅延テストでは、即時テストと比較して、ターゲット単語を思い出すのがどの程度難しかったですか？
 - (3) 今回の学習方法の満足度を教えてください。
- 以下、各質問の分析結果をまとめる。

(1)の質問に対する回答を図4に示す。各実験群の平均値は関連語非利用群が3.9、関連語利用群が2.6、可視化図利用群が2.5であった。検定の結果、関連語非利用群と関連語利用群、関連語非利用群と可視化図利用群との間にそれぞれ有意差が認められた(関連語非利用群と関連語利用群、 $p=0.032$ 、関連語非利用群と可視化図利用群： $p=0.020$)。

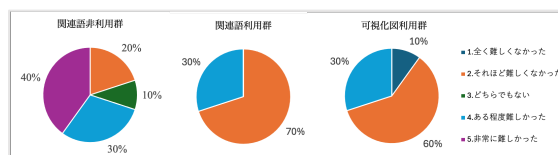


図4 各実験群の学習の難しさ

次に(2)の質問に対する回答を図5に示す。各実験群の平均値は関連語非利用群が3.8、関連語利用群が2.9、可視化図利用群が2.3であった。検定の結果、関連語非利用群と可視化図利用群との間に有意差が認められた($p=0.011$)。

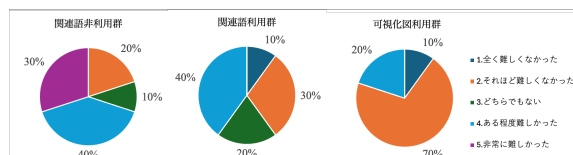


図5 各実験群の単語の想起の難しさ

最後に(3)の質問に対する回答を図6に示す。各実験群の平均値は関連語非利用群が3.5、関連語利用群が4.3、可視化図利用群が4.8であった。検定の結果、関連語非利用群と可視化図利用群との間に有意差が認められた($p=0.006$)。

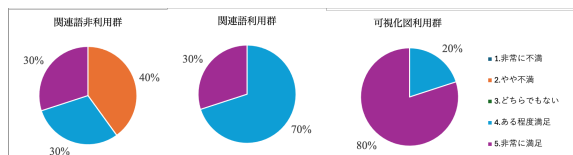


図6 各実験群の学習方法の満足度

5. アプリケーションの作成

本章では、語彙の意味関係を可視化し、語彙学習を支援するためのアプリケーションの詳細とユーザビリティテストについて示す。

5.1 アプリケーションの機能

本アプリケーションは可視化図利用群が使用したアプリケーションに語彙の検索機能と音声再生機能を新たに追加した。図7の左の画面で検索窓に単語を入力し、リストアップされた単語をタップすると、図7の右の画面に遷移する。可視化図では新たに、ターゲット単語の周りに表示されている、上位語・下位語をタップすることで、タップした単語の日本語訳がポップアップで表示される機能とボタンでの操作に加え、ピンチイン・ピンチアウトの操作でのズームイン・ズームアウト機能を追加した。また、画面右上のスピーカーボタンをタップすることで、検索した単語の音声再生機能を追加した。この機能はiPhoneのショートカット機能で音声再生機能を作成し、作成したアプリケーションと連携させて実現した。



図7 作成したアプリケーションの画面

5.2 ユーザビリティテスト

本アプリケーションの評価を行うために、公立千歳科学技術大学の学生10名を被験者として、SUSを実施した。本研究におけるSUSスコアの評価は、Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS)⁽⁴⁾を参考にして評価を行い、スコアの評価のランクは、表2に示した。

テストの結果、SUSのスコアは78.5点±2.4点であった。SUSスコアの平均値の下限である76.1点は表4によると、評価がBでユーザビリティが良いものであった。本アプリケーションへの肯定的な意見として、語彙関係が理解しやすい、音声が開けるのがわかりやすくて良いといったものが挙げられた。否定的な意見として、可視化図から他の単語を検索したいといったものが挙げられた。

表4 SUSスコアの評価ランク

SUSスコア	評価	評価の状態
> 80.3	A	素晴らしい
68 - 80.3	B	良い
68	C	問題なし
51 - 68	D	乏しい
< 51	E	酷い

6. アプリケーションの改善

語彙の記憶に関する実験と、ユーザビリティテストから得られた知見を踏まえ、アプリケーションのUI改善と機能の追加を行った。

6.1 収録語彙数の拡充

本アプリケーションでは、ターゲット単語 30 語とターゲット単語の上位語 75 語、下位語 51 語を収録したが、収録語彙数の拡充が今後の課題として挙げられた。そこで WordNet に収録されている 148,730 語の定義文を用いて、それぞれの語義間のコサイン類似度をオフラインで一括計算し、全語彙間の類似度情報をデータベースとして構築した。これにより、ユーザが語彙を検索する際に都度外部の類似度 API 等へアクセスする必要がなくなり、アプリケーションの応答速度が大幅に向上した。また、外部サービスに依存しないため、アプリ使用時の追加料金等も発生しない設計となっている。計算したデータから、より学習効果の高い語彙リストを活用するため、菊池ら (2014)⁽⁵⁾ の北大語彙表や COSET3300 などの語彙情報を統合した、統合語彙表 15,885 語をアプリケーションに取り込んだ。これにより、ターゲット語彙の選定における精度を向上させ、実用的な語彙学習支援システムの構築が期待される。

6.2 可視化図の改善

本アプリケーションでは、上位語と下位語を矢印の向きで識別していたが、否定的な意見として、矢印の方向を確認するのに時間がかかるといったものが挙げられた。そこで図 8 に示すように、上位語と下位語を色で識別した。さらに、従来の上位語と下位語の可視化に加え、新たに同位語の可視化を行った。同位語とは、同じまたは非常に似た意味を持つ単語である。これらの改善により、語彙関係の把握が改善されることが期待される。

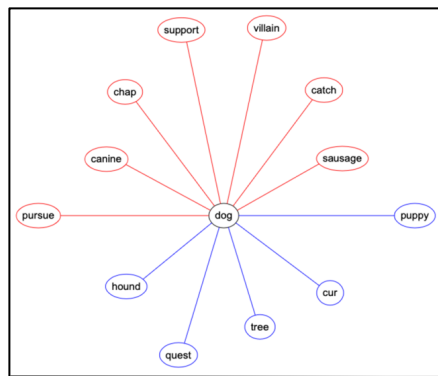


図 8 改善後の可視化図

6.3 検索手法の改善

ユーザビリティテストの結果、可視化図から他の単語を検索したいといった意見が挙げられた。そこで、可視化図内で各単語をタップすることで、日本語訳の検索や画面の遷移などの操作を可能にした。また、iOS のショートカット機能を活用し、アプリケーション外部から当該アプリケーションを呼び出して語彙検索を実行できる仕組みを構築した。これらの改善により、検索機能におけるインタフェースの直感性向上や、より迅速かつ容易に語彙の検索が行えることが期待される。

6.4 履歴の管理

本アプリケーションでは、ユーザ自身で検索した単語を振り返る機能が実装されていなかったため、ユーザが

検索した単語の履歴を表示する機能を追加した。図 9 に示すように、ユーザが検索した単語がリスト形式で表示され、各単語をタップすることで、可視化図を表示することができる。この機能により、検索した単語の復習や弱点を把握できることが期待される。

また、データ分析を行うために、各ユーザがアプリケーションを使用したデータをスプレッドシートに記録した。具体的なデータとしては、ユーザを識別する ID、緯度・経度の位置情報、アプリケーションを使用した日時、検索した単語、ユーザの英語能力に関する公的な資格やスコアを記録した。分析方法は、検討中であるが、単語と位置情報との関係や、ユーザの英語能力と検索する単語との関係などの視点から分析を進めたい。



図 9 履歴の表示画面

7. おわりに

本研究は、語彙の意味関係の可視化が語彙学習に与える影響を検証し、語彙関係の理解を支援する機能設計を目的とした。特に、語彙の意味的類似度を数値化し、視覚的に提示することで、学習者の記憶・想起に対する効果を分析した。実験の結果、語彙の可視化は学習者の満足度向上に寄与し、学習の負担を軽減する傾向が示された。一方で、記憶および想起の向上に関しては、統計的に有意な差を確認することはできなかった。これは、可視化による学習効果が短期間の学習環境においては限定的である可能性を示唆している。したがって、本研究の目的は部分的に達成されたといえる。

今後の展望としては、今回実施した実験では、短期間の学習実験に基づいて記憶・想起の効果を検証したものの、可視化手法が中期間の学習にどのような影響を与えるかは十分に検討されていないため、さらなる研究を継続する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K02825 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 小野真嗣: 「WordNet 収録データの可視化による語彙学習サービスに向けた 語彙関係表示システムの開発」. 春季カンファレンス論文集 Vol.15, pp41-47. (2024)
- (2) 金崎航平, 小野真嗣, 曾我聡起: 「語彙間の意味的類似度の可視化学習データベースの作成」『2024 PC カンファレンス北海道論文集』. pp.29-30 (2024)
- (3) Tada, G.: "Learning Associates of Known Words: Effects of Semantic Relationship and Similarity on Memorization and Retrieval", Graduate School, University of Tsukuba, (2016)
- (4) MeasuringU 「Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS)」 <https://measuringu.com/sus/>
- (5) 菊池真人, 小野真嗣: 「英語学習語彙表の精密化による難易度の再定義に関する研究」. 第 19 回高専シンポジウム in 久留米, 講演要旨集 pp5-21, 国立高専機構. (2014)