

マルチメディア Vocabulometer による 動画の字幕を利用した英単語学習

山口 航平^{†1,a)} 岩田 基^{†1,b)} Andrew Vargo^{†1,c)} 黄瀬 浩一^{†1,d)}

概要：語彙は言語学習において不可欠な要素であり、新しい語彙を習得するための方法として単語帳アプリケーションが広く用いられている。しかし、単語帳で学習した学習者にとって、文脈の中で遭遇した単語の意味を思い出すことは困難である可能性がある。そこで我々は学習者が文脈とともに語彙を習得することを可能にするアプリケーションであるマルチメディア Vocabulometer を提案する。マルチメディア Vocabulometer は、マルチメディアコンテンツを教材として利用することで、学習者が興味と意欲を持って学習できるようにする。これにより、文脈を加味した語彙学習の効果を高めることが可能である。55名が参加した学習効果検証実験では、通常の単語帳を使用した語彙学習と比較して、提案システムを使用した語彙学習が2週間後の事後テストにおいて良い成績が得られた。しかし、その効果はすべての学習者に普遍的なものではなく、参加者の属性に依存するものであった。本論文は、提案システムが語彙の定着に大きな効果を発揮する学習者とその特徴について示唆する。

キーワード：語彙学習、意図的学習、偶発的学習、m-learning

1. はじめに

近年のIT分野の発展に伴い、教育分野においてはモバイル端末を用いた学習形態であるm-learningが注目されており[1], [2]、特にCOVID-19のパンデミック以降、学習者における一般的な学習形態として積極的に利用されている[3], [4]。m-learningは、これまでの学習形態と比較して、学習する場所や時間に関係なく取り組むことができるため[5]、言語学習などといったすき間時間を活用する学習タスクにおいて特に有効である[6], [7]。m-learningを語彙学習に適用した例として、暗記カードアプリケーションが広く普及している[8], [9]。既存の暗記カードアプリケーションにおける問題点として、予め登録されている語彙や、学習者自身が暗記をしたいと感じる語彙の学習に特化しており、コンテキストを考慮した学習を取り入れていない点が挙げられる。語彙は、単語帳に代表されるような意図的学習と、多種多様なコンテキストから偶発的に習得する偶発的学習と組み合わせることで、より高い学習効果が得られると報告されている[10]。本研究では、コンテキストを考慮した英単語学習システムの構築を目指す。

コンテキストを考慮した学習では、学習者の興味に関連した学習教材を与えることで、理解度や学習意欲が向上し、より良い学習成果を得ることが可能である[11], [12]。これまでのコンテキストを考慮した学習を導入する試みは、デスクトップ形式[13]とモバイル形式[14]の両方で実施されてきた。しかし、これらのシステムで用いられるコンテキストは文書を主としているため、学習者に提供できるコンテキストに大きな制約がある。多種多様なコンテキストは、単に複数の文章を用いるだけでなく、複数の媒体からも得られる。例えば、字幕付き動画は語彙習得に効果的であることが知られている[15]。そこで、本研究では様々な媒体から未知単語が含まれる文章を抽出し、コンテキストを考慮した暗記カードを自動的に生成するようなシステムの構築を目指す。これにより意図的学習と偶発的学習を組み合わせた学習が可能となり、高い学習効果が得られることが期待できる。

本論文では、動画や洋楽などといった様々なコンテキストを利用し、意図的学習と偶発的学習を組み合わせた英単語学習システムを提案する。提案システムを実装したアプリケーションを55名の実験参加者に利用してもらい、動画を用いて英単語を暗記する方法の学習効果の検証実験を行ったため、その実験結果についても報告する。以降、作成したアプリケーションをマルチメディア Vocabulometer

^{†1} 現在、大阪府立大学大学院工学研究科

a) yamaguchi@m.cs.osakafu-u.ac.jp

b) iwata@cs.osakafu-u.ac.jp

c) awv@m.cs.osakafu-u.ac.jp

d) kise@cs.osakafu-u.ac.jp

と呼ぶことにする。なお、本研究は大阪府立大学大学院工学研究科倫理委員会の承認を得ていることを付記しておく。

2. 関連研究

意図的学習と偶発的学習の学習効果についても数多くの議論がある。例えば、多読などの読書行動を通じた偶発的学習によって多くの語彙が獲得できるという報告がある [16]。偶発的学習が語彙学習に効果的である主な要因として、文脈から単語の意味を推測する学習戦略が指摘されており [17]、そのような学習戦略は意図的な学習よりも良い成績を示すという報告がある [18]。また、意図的学習と偶発的学習を組み合わせることで、それぞれを単独で用いるよりも高い学習効果が得られるという報告もある [10], [19]。例えば、Laufer [20] は、読書そのものでは語彙の増加は少ないが、辞書を使うなど単語に焦点を当てた活動を補助的に行うことで語彙が増加すると報告している。Schmitt [21] は語彙学習において、意図的学習と偶発的学習にはそれぞれ欠点があり、お互いがその欠点を補い合いながら積極的に利用する関係にあると指摘している。以上より、意図的学習と偶発的学習を組み合わせた英単語学習システムを提供することで、学習者が最も効果的な学習を行うことができると考えられる。

学習者が語彙を習得する際のコンテキストの有効性については、これまでも多く議論されてきた。例えば、コンテキストそのものは語彙習得に影響を与えず [22]、語彙を理解するための情報量が多いコンテキストが語彙習得の効果を向上させることが報告されている [23], [24]。さらに、単一の文から繰り返し学習するのではなく、複数の文から学習することで、コンテキストを用いた学習の効果が高まると報告されている [25], [26]。コンテキストを用いた学習の質を高めるための要素は多岐にわたる。例えば、語彙は学習者が興味を持つ文書を通じて効果的に習得することができるという報告されている [27], [28]。また、使用するコンテキストは文書に限らず、動画の字幕や洋楽の歌詞も効果的であると報告されている [15], [29]。さらに、このようなコンテキストを利用することで、視覚と聴覚の情報をコンテキストの理解に役立てることができるため、文書を用いた場合とは異なる側面から語彙習得に寄与すると報告されている [30]。以上より、様々な媒体から取得したコンテキストとともに未知単語を学習することで、高い学習効果が得られると考えられる。

3. 提案システムの構成

3.1 提案システムによる学習の流れ

動画を学習教材とした場合のアプリケーションを用いた学習の流れを図 1 に示す。まず初期設定として、San Diego Quick Assessment [31] という簡易的な語彙テストを実施する。システムはこの結果をもとに学習者の語彙力を推定

し、単語頻度リストと照らし合わせることで学習者独自の単語リストを作成する。次に、学習者が興味のある動画を選択し、アプリケーション上に登録する。登録が完了すると、画面上で図 1a のように動画とその字幕が表示される。字幕は未知単語と推定された単語がハイライトされた状態で表示される。動画を視聴し終わった後、学習者は図 1b に示す画面上で動画の主観的難易度のフィードバックを行う。このフィードバックと学習者独自の単語リストの情報をもとに未知単語を推定し、10 問から 20 問ほどのアンケートフォームを作成する。なお、“a”や“the”などの、語彙とは関係のない単語 (stopword) は除外されている。また、動詞は原型を提示する。学習者はこのアンケートフォームの中の単語のうち、未知単語であるものにチェックを入れる。学習者の単語リストはこのアンケートフォームに回答するたびに更新されるため、学習を繰り返すことにより学習者の語彙レベルに適した学習教材の推定精度向上が期待される。

次に復習に関する機能について述べる。学習者が動画の視聴後に入力する未知単語の情報をもとに、図 1c のような、暗記カードを作成し学習者に提示する。暗記カードは未知単語とその単語が含まれるコンテキスト要素で構成されている。暗記カードを使った学習記録は保存され、学習者が「記憶していない」とラベル付けした単語は「記憶した」とラベル付けされるまで提示される。学習者が「記憶した」とラベル付けした単語については Leitner System [32] と呼ばれる間隔反復原理に基づき間隔を置いて再度提示する。暗記カードは、学習者がアンケートフォームに答えた後のタイミングに加えて、プッシュ通知 API により 1 日 1 回自動的に更新される。この API は学習者の暗記カードが更新されたタイミングで通知を送り、学習者にマルチメディア Vocabulometer の利用を促す。

3.2 学習教材

提案システムでは、動画の他に文書、洋楽の歌詞などのマルチメディアコンテンツを教材として使用することができる。学習時に使用する画面を図 2 に示す。

文書は、Newsela データセット [33] と Yahoo! News^{*1} のニュース記事を使用する。Newsela は英語教材を提供する Web サービスであり、学習者は自身の英語能力を踏まえて文書の難易度を変更することができる。さらに、文書をエンターテインメント、経済、環境、ライフスタイル、政治、科学、スポーツの 7 カテゴリーに分類することで、学習者が興味関心のあるテーマを選択して学習することが可能となっている。学習者が Newsela データセットや Yahoo! News のニュース記事から学習教材を選択すると、提案システムは図 2a に示すように、推定した未知単語をハイライトし

^{*1} <https://news.yahoo.com/>

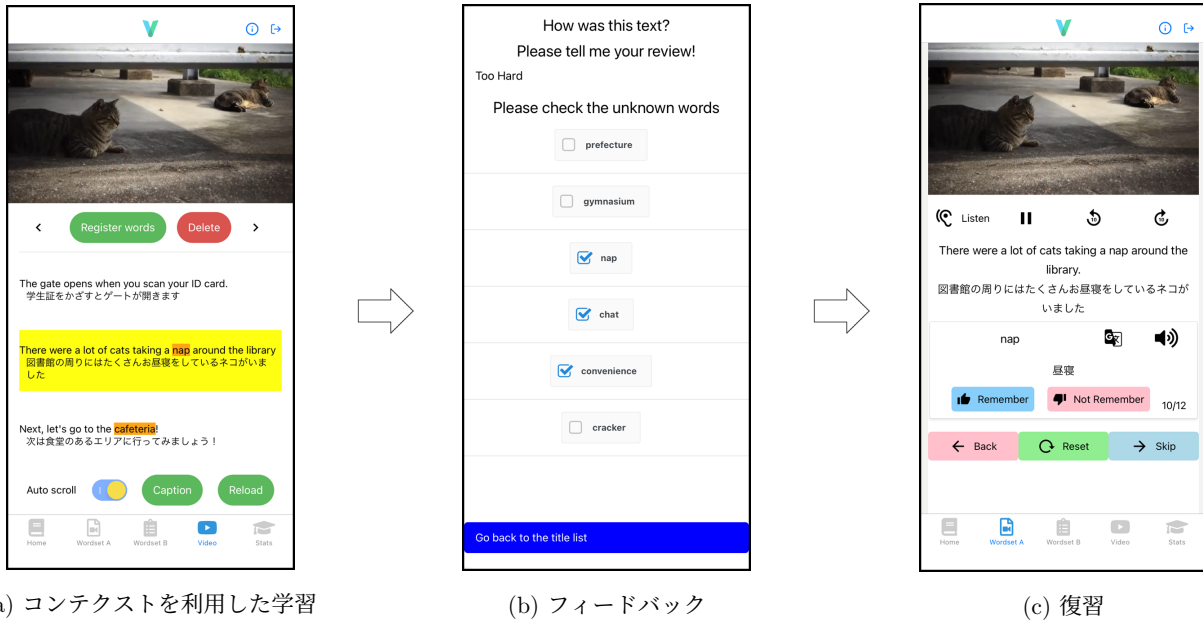


図 1: 提案システムによる学習の流れ



図 2: 利用可能な学習教材

た状態で画面上に表示する。

洋楽は、Spotify^{*2}で提供されている楽曲を使用する。まず、学習者が提案システム上から各自の Spotify アカウントにログインすることで、提案システムと Spotify アカウントの連携を行う。次に、学習者が各自の Spotify アカウントに登録されているプレイリストから視聴したい楽曲を選択すると、提案システムは Genius^{*3}という歌詞情報サイトから歌詞を取得する。その後提案システムは図 2b に示すように、推定した未知単語をハイライトした状態で、取得した歌詞を画面上に表示する。学習者はこの機能を用いて音楽を視聴しながら学習を行う。

これらの機能により、学習者はコンテキストの多様性と

いう観点から、偶発的な語彙学習の効果を高めることができる。また、学習者は動画や歌詞を教材として利用することで、文書では得られない学習効果を得ることができる。

4. 実験

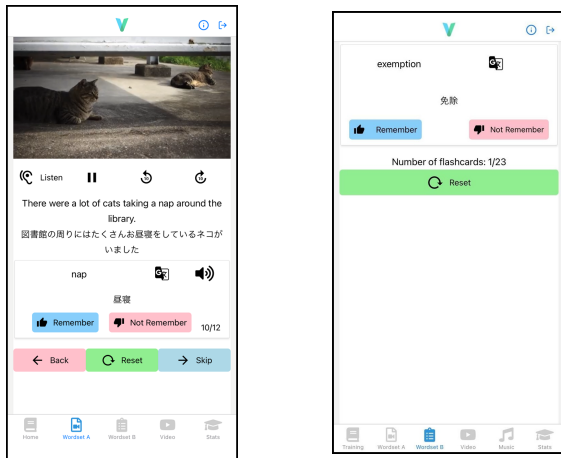
4.1 実験手順

コンテキストを用いた英単語学習とコンテキストを用いない英単語学習を比較することで、提案システムによる英単語学習が効率的であるかを検証した。実験参加者は日本人大学生、及び大学院生 53 名 (男性 39 名, 女性 14 名), 30 代男性 1 名, 40 代女性 1 名の計 55 名で、平均年齢は 22.07 歳、年齢の標準偏差は 3.25 である。実験参加者の英語力は幅広く、TOEIC スコアは最大で 955 点, 最低で 440 点, 平均は 686.1395 点だった。実験参加者の中には、毎日英語を勉強する者がいる一方で、ほとんど英語を勉強しない者もいた。実験には、実験参加者各自のスマートフォン (iOS: 37 名, Android: 18 名) を使用した。データを全て取得した実験参加者に対し、1 時間あたり 1,000 円, 総額 11,000 円の謝礼が支払われた。

実験参加者にはコンテキスト有りの場合とコンテキスト無しの場合でそれぞれ異なる未知単語を 100 単語ずつ暗記してもらった。暗記の順序による影響を避けるため、実験参加者をグループ 1 とグループ 2 に分割し、グループ 1 はまずコンテキスト有りの単語学習を行い、その後コンテキスト無しの単語学習を行った。グループ 2 はグループ 1 とは逆の順序で単語学習を行った。図 3 に実験で使用した暗記カードを示す。コンテキスト有りの場合は、実験参加者が興味のある動画から未知単語を抽出し、図 3a に示すような未知単語と、コンテキストとして動画の字幕、それに

*2 <https://www.spotify.com>

*3 <https://genius.com/>



(a) コンテキスト有り (b) コンテキスト無し

図 3: 実験で使用する暗記カード

対応する動画部分が表示された暗記カードを使用した。この暗記カードは、視聴ボタンをタップすることで適宜動画の内容を確認することができる。コンテキスト無しの場合は、図 3b に示すような未知単語とその和訳のみが表示される暗記カードを使用した。実験参加者に暗記をしてもらった未知単語に難易度の差が生じないようにするため、使用する暗記カード間で出現頻度を同程度に調整した。学習期間は3日間とし、各学習日において全ての未知単語に対して少なくとも1回以上暗記したと感じるまで学習を行ってもらった。その後、記憶の定着度合いを調べるための確認テストを、学習期間終了日から1日後、7日後、14日後と間隔を空けて計3回実施した。学習期間終了日から1日後の確認テストは全100単語を、7日後と14日後の確認テストは100単語をランダムに2分割し、50単語ずつ出題した。実験終了後、個人の性格特性を調べる Big Five テスト [34]、学習スタイル調査 (ILS) [35]、実験に関するアンケートに回答してもらった。以上の方法により、マルチメディア Vocabulometer を用いた学習の効果を検証した。

4.2 結果

表 1 にコンテキストの有無ごとの確認テストの平均点と標準偏差を示す。表 1 より、学習期間終了から1日後、7日後はコンテキスト無し、14日後はコンテキスト有りがそれぞれ正答率が高いことが分かる。さらに、全体的かつ普遍的な影響があるかどうかを統計的に確認するため、ノンパラメトリック検定のひとつであるウィルコクソンの順位符号検定を実施した。表 2 に各テスト日における検定結果を示す。表 2 より、各テスト日において p 値が 0.05 を上回っているため、有意差は見られなかった。以上の結果から、提案システムが全体的に高い学習効果を発揮していると結論づけることはできなかった。

図 4 は、コンテキストの有無による確認テストのスコアの差と各スコア差範囲に属する人数を示している。図 4a

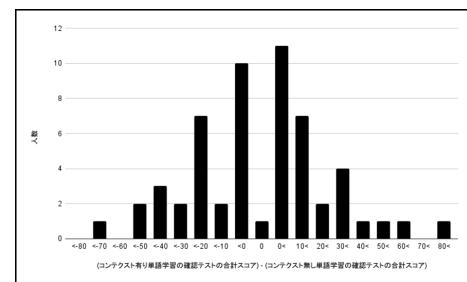
表 1: コンテキストの有無ごとの確認テストの平均点及び標準偏差

テスト日	コンテキスト有り	
	平均点 (平均正答率)	標準偏差
1 日後	79.46 (79.46%)	16.95
7 日後	35.82 (71.64%)	9.92
14 日後	29.20 (58.40%)	8.84

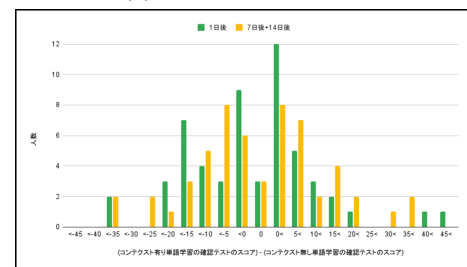
テスト日	コンテキスト無し	
	平均点 (平均正答率)	標準偏差
1 日後	81.57 (81.57%)	20.82
7 日後	37.57 (75.14%)	9.65
14 日後	27.95 (55.26%)	10.03

表 2: 各テスト日におけるウィルコクソンの順位符号検定の結果

テスト日	p 値
1 日後	0.220
7 日後	0.199
14 日後	0.343



(a) 合計スコアでの比較



(b) 1 日後のスコアならびに 7 日後+14 日後のスコアでの比較
図 4: コンテキストの有無による確認テストのスコアの差

は全ての確認テストの合計スコア、図 4b は 1 日後の確認テストのスコアと、7 日後と 14 日後の確認テストの合計スコアで分けて集計している。それぞれのグラフにおいて、横軸が正の値であれば提案システムを用いて効果的に学習できたことを意味する。図 4a より、55 人中 26 人がコンテキスト有り暗記カードで学習した場合の確認テストのスコアが高く、28 人がコンテキスト無し暗記カードで学習した場合の確認テストのスコアが高いことが分かる。この結果から、コンテキストの付与が語彙学習に効果的である実験参加者と、効果的でない実験参加者が混在していること

Participants	D(7.1)	D(14.1)
P21		
P43		
P16		
P01		
P19		
P27		
P51		
P11		
P29		
P04		
P35		
P13		
P46		
P54		
P05		
P03		
P25		
P49		
P37		
P41		
P34		
P33		
P40		
P53		
P52		
P07		
P42		
P23		
P38		
P48		
P39		
P47		
P30		
P17		

(a) コンテキスト有りの方が効果的だった人

Participants	D(7.1)	D(14.1)
P20		
P45		
P12		
P22		
P55		
P31		
P02		
P09		
P26		
P36		
P18		
P56		
P28		
P24		
P32		
P15		
P50		
P10		
P08		
P44		
P06		
P14		

(b) コンテキスト無しの方が効果的だった人

図 5: 学習期間終了から 1 日後と比較した 14 日後の語彙の忘却率と 7 日後の語彙の忘却率

が分かる。また図 4b より、1 日後の確認テストではコンテキスト無し暗記カードで学習の方がスコアの高い人が多く、7 日後と 14 日後の確認テストではコンテキスト有り暗記カードで学習の方がスコアの高い人が多いことが見て取れる。以上の結果から、コンテキストの付与による学習効果には個人差があることや、記憶の定着度に一定の効果が見られることが考えられる。

そこで、コンテキストが各実験参加者に与えた影響について調査した。図 5 に各実験参加者に対する、コンテキストの付与が 14 日後の記憶に対する影響を示す。この図は、学習期間終了から 1 日後のテスト結果と比較して、7 日後と 14 日後に正答率が減少したかを算出し、コンテキストの有無で差分を取ることで、コンテキストが語彙の定着に与えた影響を図示している。図 5 では、実験参加者の並び順を、コンテキストを付与した方が 14 日後の語彙の定着度に効果的である度合いが高い順に表示している。緑のセルはコンテキストを付与した方が、コンテキストを付与しない場合よりも語彙が定着していることを表している。白のセルはコンテキストの有無による語彙の定着度に差がないことを表している。青いセルはコンテキストを付与しない方が、コンテキストを付与した場合よりも語彙が定着していることを表している。また、セルの色が濃くなるほどそれぞれの影響が大きくなることを表している。この法則に基づき、図 5a はコンテキストを付与した方が 14 日後の

表 3: 重回帰分析に使用した変数

属性	変数
Big-Five テスト	Extraversion
	Agreeableness
	Conscientiousness
	Neuroticism
	Openness
学習スタイル調査	Active
	Reflective
	Sensing
	Intuitive
	Visual
	Verbal
	Sequential
英語能力	TOEIC スコア
	コンテキストの有無による繰り返し回数の差
	平均値
	最小値
実験後アンケート	最大値
	中央値
	Q1
	Q2
	Q3
	Q4

語彙の定着度に効果的である実験参加者、図 5b はコンテキストを付与しない方が 14 日後の語彙の定着度に効果的である実験参加者をそれぞれ表している。この結果から、提案システムが 14 日後の記憶に与える影響について考察する。例えば、図 5a の実験参加者のうち、2 列目と 3 列目でセルの色が青から緑に変化している実験参加者が存在する。これはコンテキスト有り暗記カードで学習した語彙は忘れにくく、コンテキスト無し暗記カードで学習した語彙は急速に忘れられることを示している。次に、図 5b の実験参加者のうち 2 列目と 3 列目でセルの色が薄く変化している実験参加者が存在する。これはコンテキスト無し暗記カードで学習した場合、その効果が失われやすいことを示している。反対に図 5b の実験参加者のうち、2 列目と 3 列目でセルの色が緑から青に変化している実験参加者や、図 5a の実験参加者のうち、2 列目と 3 列目でセルの色が薄く変化している実験参加者も一定数存在する。これらのことから、提案システムは全体として語彙の習得に寄与しているが、全ての実験参加者に有効なわけではないと考えられる。これは、提案システムが有効な実験参加者と従来の方法が有効な実験参加者がいることを意味する。

そこで、アンケート結果から得られた変数を用いて重回帰分析を行うことにより、提案システムによる学習が効果的な人に共通する特徴があるか調査した。表 3 に重回帰分析に用いた変数を示す。また、表 4 に重回帰分析に用いた質問項目を示す。独立変数は Big Five テスト、学習スタイル

表 4: 重回帰分析に使用した質問項目

No.	質問	回答方式	回答内容
1	英単語を暗記することは得意ですか?	均等目盛 (1~5)	1「非常に苦手だ」 5「非常に得意だ」
2	今後日常的に使用する場合、どちらの暗記カードをどの程度使用したいですか?	均等目盛 (1~9)	1「コンテキスト有り暗記カード」 5「どちらともいえない」 9「コンテキスト無し暗記カード」
3	コンテキスト有りの学習時に、コンテキストをどの程度活用しましたか?	選択式 (3項目)	1「コンテキストを補完的に利用」 2「暗記カードと同程度に利用」 3「コンテキストを主に利用」
4	ここ1年間の英語学習の頻度はどの程度ですか?	選択式 (6項目)	1「年1回程度」 6「週1回以上」

ル調査, TOEIC スコア, コンテキストの有無による繰り返し回数の差, 実験後アンケートの4つの質問項目から構成され, 連続尺度で正規化を行った. ここで ILS で測定される学習スタイルは, Active-Reflective, Sensing-Intuitive, Visual-Verbal, Sequential-Global の4タイプで定義されており, それぞれのタイプに2種の相反する構成要素が存在する. そこで, どの構成要素が提案システムに影響を与えるかを調べるため, 表3に示すように, ILS スコアを構成要素ごとに分割し重回帰分析に用いた. また, 質問項目4はクラス調整のため, 週1回以上学習しているか否かの2値に変換し重回帰分析に用いた.

ここで, 比較対象のスコアを以下のように定義する. 実験では, コンテキストを付与する場合と付与しない場合で, それぞれ100単語ずつ未知単語を暗記してもらった. そして, 学習期間終了から1日後の確認テストでは全100単語を出題し, 7日後と14日後の確認テストではこの100単語を無作為に2分割し, 50単語ずつ出題した. ここで, 学習期間終了から1日後の確認テストで正解した単語のうち, 7日後の単語テストで出題した単語群を s_1 , 14日後の単語テストで出題した単語群を s_2 とする. 関数 $m_x(s)$ を x 日後の確認テストで正答できた単語群 s 中の単語数と定義すると, 語彙の定着率は $r_x(s) = m_x(s)/|s|$, 語彙の忘却率は $f_x(s) = 1 - r_x(s)$ と表すことができる. よって, 学習期間終了から x 日後と y 日後の間における忘却率の差を $d(x, y)$ とすると, $d(14, 1), d(14, 7)$ は以下のように表される.

- $d(14, 1) = f_{14}(s_2) - f_1(s_2)$
- $d(14, 7) = f_{14}(s_2) - f_7(s_1)$

$d(x, y|P)$ をコンテキスト有りの場合における学習期間終了から x 日後と y 日後の間における忘却率の差, $d(x, y|S)$ をコンテキスト無しの場合における学習期間終了から x 日後と y 日後の間における忘却率の差と表すことにする. 学習期間終了から x 日後と y 日後の間における忘却率の差をコンテキストの有無によって比較した場合の変数を $D(x, y)$ と定義すると, $D(14, 1), D(14, 7)$ は以下のように表される.

- $D(14, 1) = d(14, 1|P) - d(14, 1|S)$

- $D(14, 7) = d(14, 7|P) - d(14, 7|S)$

この重回帰分析は $D(14, 1), D(14, 7)$ を目的変数として行った.

変数の正規性を確認した後, $D(14, 1), D(14, 7)$ の2つの一般化線形回帰モデルを構築した. 独立変数は, 赤池情報量規準 (AIC) に従って, 変数増減法により最適な組み合わせを選択した. $D(14, 1)$ のモデル選択の過程で, Cook の距離に従って, 実験参加者 P6 が高レバレッジポイントと判定されたため, 外れ値と見なしデータから除去した. さらに, TOEIC スコアを有していない実験参加者もデータから除去した. すべてのモデルは一般化線形回帰モデルの仮定を満たし, 多重共線性を判定する閾値は $GVIF < 5.0$ とし, 多重比較はボンフェローニ法により処理された.

以上の方法により選択された一般化線形回帰モデルを, McFadden の擬似決定係数 (pseudo R^2) [36] により評価する. 説明変数 $D(14, 1), D(14, 7)$ の pseudo R^2 はそれぞれ 0.5612 (> 0.5), 0.5234 (> 0.5) であり, $D(14, 1), D(14, 7)$ を十分に説明できているといえる. これらの一般化線形回帰モデルを用いて提案システムがどの学習者にとって有効であるかを考察する.

まず, 学習期間終了から1日後を基準とした14日後の忘却率の, コンテキストの有無による差である $D(14, 1)$ に基づいて考察する. 表5は $D(14, 1)$ を対象とした場合の提案システムの有効性に影響を及ぼした可能性のある指標を表している. 提案システムの有効性に Neuroticism, TOEIC スコアが好影響を及ぼしていると示唆された. Neuroticism のスコアは学習成績と負の相関があると知られているが, 提案システムでは高い学習効果が得られる傾向にあることが分かった. さらに, TOEIC スコアが高いことは, 学習時の動画のコンテキストを理解し, 記憶の定着に好影響を及ぼしていることを示唆している. 一方, 提案システムの有効性に Active, Reflective が悪影響を及ぼしていると示唆された. Active, Reflective は学習プロセスに関する指標で, ILS において相反する学習スタイルと定義されている. つまり, 提案システムのような, 意図的学習と偶発的

表 5: $D(14, 1)$ を対象とした重回帰分析の結果
(pseudo $R^2 = 0.5612$, $*p < 0.025$, $**p < 0.005$)

対象	変数	係数推定値 ($\times 10^{-2}$)	標準誤差 ($\times 10^{-2}$)	p 値
$D(14, 1)$	Extraversion	0.647	0.299	0.0369
	Neuroticism	-1.031	0.369	0.0081 *
	Active	4.897	2.089	0.0244 *
	Reflective	8.318	1.885	0.0001 **
	Sensing	-4.432	1.937	0.0278
	Intuitive	-5.726	2.888	0.0547
	Verbal	-8.121	5.190	0.1260
	TOEIC スコア	-0.053	0.019	0.0073 *
	factor(q3)2 ^{a)}	-11.979	5.283	0.0291
	factor(q3)3 ^{b)}	-12.920	5.954	0.0363
	中央値	-1.098	0.752	0.1524

^{a)} Q3 への回答「コンテキストと暗記カードを同程度利用した」

^{b)} Q3 への回答「コンテキストを主に利用した」

表 6: $D(14, 7)$ を対象とした重回帰分析の結果
(pseudo $R^2 = 0.5234$, $*p < 0.025$, $**p < 0.005$)

対象	変数	係数推定値 ($\times 10^{-2}$)	標準誤差 ($\times 10^{-2}$)	p 値
$D(14, 7)$	Extraversion	0.709	0.270	0.0123 *
	Openness	-0.821	0.330	0.0172 *
	Active	3.607	1.911	0.0666
	Reflective	6.092	1.690	0.0009 **
	Intuitive	-4.170	2.143	0.0590
	Visual	2.834	1.589	0.0823
	Verbal	9.924	3.561	0.0082 *
	q1	-3.909	1.976	0.0550
	q2	-2.311	0.907	0.0149 *
	factor(q3)2 ^{a)}	-3.784	4.728	0.4284
	factor(q3)3 ^{b)}	-15.910	5.435	0.0057 *

^{a)} Q3 への回答「コンテキストと暗記カードを同程度利用した」

^{b)} Q3 への回答「コンテキストを主に利用した」

学習の双方を活用した学習では Active, Reflective 双方の学習プロセスをバランスよく活用することが必要だと考えられる。

最後に、学習期間終了から 7 日後を基準とした 14 日後の忘却率の、コンテキストの有無による差である $D(14, 7)$ に基づいて考察する。表 6 は $D(14, 7)$ を対象とした場合の提案システムの有効性に影響を及ぼした可能性のある指標を表している。表 6 より、提案システムの有効性に Openness, 及びコンテキスト無し暗記カードを好むこと、学習時にコンテキストの利用回数が多いことが好影響を及ぼしていると示唆された。Openness は新しい経験への親和性や革新的なことを好む傾向と関連しており、提案システムによる語彙学習が効果的に作用したことを示唆している。コンテキスト無し暗記カードを好む人が好影響を及ぼした理由として、このような人はコンテキスト有り暗記カードを用いる方が学習しづらかったため、学習を念入りに行ったことが考えられる。一方で、コンテキスト有り暗記カードを好む人は、コンテキスト有り暗記カードを用いる方が学習しやすかったため、実際には暗記できていない単語を暗記できたと錯覚してしまったと考えられる。また、学習時にコンテキストの利用回数が多いことが提案システムに好影響を及ぼしていることから、学習から 7 日後以降の記憶において、コンテキストを活用して学習した単語は忘却されにくく、コンテキストを利用せずに暗記を行った単語は急激に忘却されたことを示唆している。一方、提案システムの有効性に Extraversion, Reflective が悪影響を及ぼしていると示唆された。Reflective は学習プロセスに関する指標で、学習内容を深く考えてから学習を進める傾向にあることが知られている。つまり、本実験の設定ではコンテキストの理解が深まらず、記憶の定着に影響を及ぼさなかった可能性がある。しかし、コンテキストの理解が十分に深まれば、提案システムの有効性に寄与する可能性

も秘めていると考えられる。

5. まとめ

本論文では、学習者が興味を持つ様々なコンテキストを用いることで、意図的学習と偶発的学習を組み合わせた学習効果を高めるシステムであるマルチメディア Vocabulometer を提案した。さらに、実験参加者 55 名に対して、マルチメディア Vocabulometer を用いた英単語学習が効果的であることを検証した。その結果、普遍的な学習効果を見出すことはできなかったが、提案システムによる学習方法が効果的な人に共通する指標を示唆することができた。

今後の課題として、マルチメディア Vocabulometer による学習が有効である人をより正確に判別することが必要である。例えば、実験で用いた指標以外に、個人の特性を説明するために有効な指標を見出すことが挙げられる。また、学習者の特性や学習状況に応じて意図的学習と偶発的学習の配合を調整することや、学習者にとって最適なコンテキストを提供することで、学習効果を最大化する語彙学習法を学習者一人ひとりに提供することも必要である。

謝辞 本研究の一部は JST CREST (JPMJCR16E1), JST Trilateral AI Research (JPMJCR20G3), JSPS 科研費基盤 (B) (20H04213), JSPS 国際共同研究強化 (B) (20KK0235), 阪大 Society5.0 グランドチャレンジの補助による。

参考文献

- [1] Sung, Y.-T., Chang, K.-E. and Liu, T.-C.: The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis, *Computers & Education*, Vol. 94, pp. 252–275 (2016).
- [2] Al-Emran, M., Elsherif, H. M. and Shaalan, K.: Investigating attitudes towards the use of mobile learning in higher education, *Computers in Human behavior*, Vol. 56, pp. 93–102 (2016).
- [3] Alhumaid, K., Habes, M. and Salloum, S. A.: Exam-

- ining the factors influencing the mobile learning usage during COVID-19 Pandemic: An Integrated SEM-ANN Method, *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 102567–102578 (2021).
- [4] Yurdagül, C. and Öz, S.: Attitude towards mobile learning in English language education, *Education Sciences*, Vol. 8, No. 3, p. 142 (2018).
- [5] Korucu, A. T. and Alkan, A.: Differences between m-learning (mobile learning) and e-learning, basic terminology and usage of m-learning in education, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 15, pp. 1925–1930 (2011).
- [6] Chen, Z., Chen, W., Jia, J. and An, H.: The effects of using mobile devices on language learning: a meta-analysis, *Educational Technology Research and Development*, Vol. 68, No. 4, pp. 1769–1789 (2020).
- [7] Crompton, H. and Burke, D.: The use of mobile learning in higher education: A systematic review, *Computers & Education*, Vol. 123, pp. 53–64 (2018).
- [8] Ashcroft, R. J., Cvitkovic, R. and Prayer, M.: Digital Flashcard L2 Vocabulary Learning Out-Performs Traditional Flashcards at Lower Proficiency Levels: A Mixed-Methods Study of 139 Japanese University Students., *The EuroCALL Review*, Vol. 26, No. 1, pp. 14–28 (2016).
- [9] Klímová, B. and Berger, A.: Evaluation of the use of mobile application in learning English vocabulary and phrases—a case study, *International Symposium on Emerging Technologies for Education*, Springer, pp. 3–11 (2018).
- [10] Karami, A. and Bowles, F.: Which Strategy Promotes Retention? Intentional Vocabulary Learning, Incidental Vocabulary Learning, Or A Mixture Of Both?, *Australian Journal of Teacher Education*, Vol. 44, pp. 25–43 (2019).
- [11] Hidi, S.: Interest, reading, and learning: Theoretical and practical considerations, *Educational psychology review*, Vol. 13, No. 3, pp. 191–209 (2001).
- [12] Harackiewicz, J., Smith, J. and Priniski, S.: Interest Matters: The Importance of Promoting Interest in Education, *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3 (2016).
- [13] Augereau, O., Jacquet, C., Kise, K. and Journet, N.: Vocabulometer: a Web Platform for Document and Reader Mutual Analysis, *2018 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS)*, IEEE, pp. 109–114 (2018).
- [14] Yamaguchi, K., Iwata, M., Vargo, A. and Kise, K.: Mobile vocabulometer: a context-based learning mobile application to enhance English vocabulary acquisition, *Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 156–159 (2020).
- [15] Perez, M. M., Van Den Noortgate, W. and Desmet, P.: Captioned video for L2 listening and vocabulary learning: A meta-analysis, *System*, Vol. 41, No. 3, pp. 720–739 (2013).
- [16] Pigada, M. and Schmitt, N.: Vocabulary acquisition from extensive reading: A case study., *Reading in a foreign language*, Vol. 18, No. 1, pp. 1–28 (2006).
- [17] Nation, I. S. P.: *Learning Vocabulary in Another Language*, Cambridge Applied Linguistics, Cambridge University Press (2001).
- [18] Ahmad, J.: Intentional vs. incidental vocabulary learning, *ELT Research Journal*, Vol. 1, No. 1, pp. 71–79 (2012).
- [19] Xie, L.: Intentional or Incidental?—An Overview of L2 Vocabulary Acquisition, *International Conference on Literature, Art and Human Development* (2019).
- [20] Laufer, B.: Reading, Word-Focused Activities and Incidental Vocabulary Acquisition in a Second Language., *Prospects*, Vol. 16, pp. 44–54 (2001).
- [21] Schmitt, N.: Instructed second language vocabulary learning, *Language teaching research*, Vol. 12, No. 3, pp. 329–363 (2008).
- [22] Webb, S.: Learning word pairs and glossed sentences: The effects of a single context on vocabulary knowledge, *Language teaching research*, Vol. 11, No. 1, pp. 63–81 (2007).
- [23] Restrepo-Ramos, F.: Incidental Vocabulary Learning in Second Language Acquisition: A Literature Review, *PROFILE Issues in Teachers' Professional Development*, Vol. 17, pp. 157–166 (2015).
- [24] Miles, K. P. and Ehri, L. C.: Learning to read words on flashcards: Effects of sentence contexts and word class in native and nonnative English-speaking kindergartners, *Early Childhood Research Quarterly*, Vol. 41, pp. 103–113 (2017).
- [25] Webb, S.: The effects of context on incidental vocabulary learning., *Reading in a foreign language*, Vol. 20, No. 2, pp. 232–245 (2008).
- [26] Frances, C., Martin, C. and Duñabeitia, J. A.: The effects of contextual diversity on incidental vocabulary learning in the native and a foreign language, *Scientific Reports*, Vol. 10 (2020).
- [27] Lee, S. and Pulido, D.: The impact of topic interest, L2 proficiency, and gender on EFL incidental vocabulary acquisition through reading, *Language Teaching Research*, Vol. 21, No. 1, pp. 118–135 (2017).
- [28] Santi, E., Kholipa, R., Putri, M. and Mujiono, M.: Reading Interest Strength and Vocabulary Acquisition of EFL Learners: A Meta-Analysis, *Journal of Language and Linguistic Studies*, Vol. 17, pp. 1225–1242 (2021).
- [29] Li, X. and Brand, M.: Effectiveness of music on vocabulary acquisition, language usage, and meaning for mainland Chinese ESL learners, *Contributions to music education*, pp. 73–84 (2009).
- [30] Rodgers, M. P.: The images in television programs and the potential for learning unknown words: The relationship between on-screen imagery and vocabulary, *ITL-International Journal of Applied Linguistics*, Vol. 169, No. 1, pp. 191–211 (2018).
- [31] La Pray, M. and Ross, R.: The graded word list: Quick gauge of reading ability, *Journal of Reading*, Vol. 12, No. 4, pp. 305–307 (1969).
- [32] Leitner, S.: *So lernt man lernen*, Angewandte Lernpsychologie ein Weg zum Erfolg, Herder (1972).
- [33] Xu, W., Callison-Burch, C. and Napoles, C.: Problems in current text simplification research: New data can help, *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, Vol. 3, pp. 283–297 (2015).
- [34] Goldberg, L. R.: The development of markers for the Big-Five factor structure., *Psychological assessment*, Vol. 4, No. 1, p. 26 (1992).
- [35] Felder, R. M. and Henriques, E. R.: Learning and teaching styles in foreign and second language education, *Foreign language annals*, Vol. 28, No. 1, pp. 21–31 (1995).
- [36] McFadden, D. et al.: Conditional logit analysis of qualitative choice behavior, *Frontiers in Econometrics*, pp. 105–142 (1974).