

# 辞書検索履歴の自動収集に基づく 英単語マイクロラーニング支援手法

徳田 博行<sup>1,a)</sup> 高橋 雄太<sup>1</sup> 松田 裕貴<sup>1,2</sup> 荒川 豊<sup>1,3</sup> 安本 慶一<sup>1</sup>

概要：モバイル端末などで手軽に、隙間時間を使った学習を可能にするマイクロラーニングが注目されている。これまでの語学学習に関するマイクロラーニングの研究は、次の3つの課題を抱えている：(課題1) 学習に気づかせること、(課題2) 気づかせた上で学習させること、(課題3) 学習した知識を定着させること。本研究では、課題3の解決に向け、日常生活の隙間時間の中で効率よく記憶を定着させるマイクロラーニングシステムの実現を目指す。教育心理学に関する研究から、人は記憶の中から情報を思い出す(検索する)行為をする方が記憶が強化されることが明らかになっている。このことからユーザが過去に調べた単語に着目し、調べた単語を学習に利用することでより効率的な知識定着を図る。本研究の目的の実現に向け、ユーザが調べた単語を自動で収集する Chrome Extension、および調べた単語から語学学習の問題を出題する Android アプリを開発した。本実験では、8名の実験参加者に対して、作成した単語データセットから単語の意味が既知であるかどうかを判定してもらい、単語の意味が未知であった単語から Chrome Extension を通して、辞書サイトで調べる単語データセット、調べない単語データセットが同程度になるようにデータセットを作成した。単語検索実験後、Android 端末から上記それぞれの単語データセットの単語をランダムに出題されるように設定し、1週間の英単語学習実験を通して、自由な時間に英単語の問題に解答してもらった。実験後、学習履歴のある単語の学習効果を確認テストにより、学習履歴のない単語との比較評価を行なった。確認テストの結果、実験参加者は1週間の間に約56単語(学習履歴のある単語：約30単語、学習履歴のない単語：約26単語)の意味を定着させたことが確認できた。学習履歴のある単語とない単語の定着率に対し、wilcoxon の符号順位検定を行なった結果、 $p = 0.069$  ( $p < 0.10$ ) となり、学習履歴のある単語とない単語の定着率に有意差が確認でき、学習履歴のある単語の方がより知識が定着する可能性が示唆された。

## English Word Micro-Learning Support System Based on Automatically-Collected Dictionary Search History

### 1. はじめに

近年、グローバル化の影響により、日常的に英語が必要とされる機会が増え、語学学習の必要性が高まっている。英語の習得には、語彙を増やす、文法や構文を理解する、正しい発音を身につけるなど必要なことが多く、非常に時間を要する。これまでの Foreign Service Institute (FSI) の調査では、英語を第一言語とする人々にとって極めて習得

困難な言語に日本語が分類されており、習得に約2200時間(88週)が必要であると言われている<sup>\*1</sup>。同様に、日本語を第一言語とする人々にとって英語は習得が困難な言語に分類され、習得に非常に時間がかかると考えられている。このため、学習者には、英語を習得するために定期的な学習時間の確保と知識定着のための反復学習が求められる。しかし、日常生活の中で継続的に学習の時間を作ることは容易ではない。これまでの研究結果から、社会人の学習のドロップアウト率は約70%であることが明らかになっている[1]。そこで、学習を継続することが困難な学習者に対し、短い時間で、比較的取り組みやすい学習方法として、マイクロラーニングが注目を集めている[2]。マイクロラー

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学

Nara Institute of Science and Technology

<sup>2</sup> 日本学術振興会特別研究員 DC1

JSPS Research Fellowships for Young Scientists, DC1

<sup>3</sup> JST さきがけ

Japan Science and Technology Agency

a) tokuda.hiroyuki.tf5@is.naist.jp

<sup>\*1</sup> <https://www.state.gov/m/fsi/sls/c78549.htm>

ニングとは、学習コンテンツを細かい単位に区切り、少量の情報にすることにより、モバイル機器などで手軽に、隙間時間を使った学習を可能にする学習方法である [3]。この学習方法を導入することにより、学習者のモチベーションの向上や隙間時間の有効活用による、学習の習慣化といった行動変容が期待されている。

現在、語学学習に関するマイクロラーニングの研究では主に 3 つの課題が挙げられる。

課題 1：学習者に対して学習アプリの通知に気づかせること (通知) とを想定している。その際、どんな単語を調べた

従来研究では、スマートフォンなどの端末からの通知により、ユーザに対していつ、どこで通知すると気づいてもらえるのか、通知割り込みのタイミングに関する研究が多く行われている [4], [5], [6], [7], [8], [9]。これらの研究では、メッセージ系やアンケート系のアプリケーションであり、元々反応率の高いアプリケーションによる通知であることが多い。このため、学習の割り込み通知に対しても適切なタイミングを明らかにする必要がある。

課題 2：学習者に対して気づかせた上で学習させること

従来研究では、学習者に対して、通知などにより語学学習を割り込むタイミングに関する研究も行われている [10], [11], [12]。これらの研究では、待ち時間が発生する可能性が高そうなタイミング、また既存のモバイル端末でユーザの退屈状態を判定した時に単語学習を割り込んでいる [13]。しかし、前者の研究では、限られたシチュエーションのみでしか考慮されておらず、待ち時間や隙間時間が発生するタイミングは他にも様々な場面が考えられる。また、後者の研究では、通常時と退屈時に学習を割り込んだ場合に関して統計的な有意差は得られていない。

課題 3：学習者に対して学習した知識を定着させること

従来研究では、高頻出名詞の辞書データを作成し、間違えた単語を定着させるといった手法が用いられている。しかし、この手法では、学習者の環境によっては学習する単語や使用する単語は大きく異なると考えられるため、学習者が覚えたい単語や日常で高頻度で取り扱う単語ではない可能性がある。

これらの課題を踏まえて、本研究では、課題 3 の解決を目指し、ユーザにより効率よく記憶を定着させるマイクロラーニングシステムの実現を目指す。

学習した知識を効率的に定着させるために、学習者が学習時に検索した単語に着目する。これまでの教育心理に関する研究から、記憶の中から情報を思い出す (検索する) 行為をする方が記憶が強化され、忘却もスローダウンさせることが明らかになっている [14], [15]。このことから、学習者が過去に調べた単語を問題として出題した方が記憶の中から情報を思い出す行為をすることで、従来の手法よりも記憶が強化され、知識の定着しやすくなると考えられる。

しかしながら、単語を調べる度に、その履歴を保存して単語帳にするといった作業は面倒であるため、調べた単語だけを反復学習させることはこれまで難しかった。

そこで、本研究では、ユーザがパソコン上で調べた単語を自動的に収集、蓄積し、それを単語テストとして隙間時間に反復学習を促すマイクロラーニング支援システム Diclog を提案する。提案システムは、大学生などが論文を読む際に、パソコンを使って Web 上の辞書サイトを用いて意味を調べた (通称) とを想定している。その際、どんな単語を調べたかは、キーボード入力から取得する方法や独自の辞書サイトを作成するといった方法が考えられる。しかしながら、世の中にはさまざまな優れた辞書サイトがすでに存在していることや、キーボード入力から英単語だけを分離することが煩雑であることから、我々はブラウザの拡張機能として実装するアプローチを取った。本研究では、Google が提供するブラウザ Chrome が有する Extension という仕組み (以降、Chrome Extension) を用い、特定の辞書サイトにアクセスした場合に、その URL (Uniform Resource Locator) を解析し、調べた英単語を取得するシステムを提案、実装した。取得された単語は、クラウド上のサーバに、ユーザ ID や検索時刻などとともに自動的に保存される。また、学習者向けのアプリとして、クラウド上に蓄積された辞書検索履歴に基づき、反復学習用の単語テストを出題する Android アプリを開発した。

提案システムによる記憶定着の効果を調べるため、Chrome Extension を使用した単語検索履歴収集実験、Android アプリによる単語学習実験を実施後、学習履歴のある単語の学習効果を確認テストにより、学習履歴のない単語との比較評価を行なった。確認テストの結果、実験参加者は 1 週間の間に約 56 単語 (学習履歴のある単語: 約 30 単語、学習履歴のない単語: 約 26 単語) の意味を定着させたことが確認できた。学習履歴のある単語とない単語の定着率に対し、Wilcoxon の符号順位検定を行なった結果、 $p = 0.069$  ( $p < 0.10$ ) となり、学習履歴のある単語とない単語の定着率に有意差が確認でき、学習履歴のある単語の方がより知識が定着する可能性が示唆された。

本論文の構成は以下の通りである。まず、第 2 章において本研究の関連研究について述べる。第 3 章では、辞書検索履歴の自動収集に基づく英単語マイクロラーニングシステムの概要と構成について述べ、第 4 章で、実験の概要について述べる。そして、第 5 節において、今回提案する辞書検索履歴の自動収集に基づく英単語マイクロラーニング支援手法の実験結果について述べる。最後に第 6 章において、本稿の結論および今後の課題を述べ、本論文をまとめる。

## 2. 関連研究

本章では、本研究に関連するマイクロラーニングに関する

る研究, 記憶・忘却に関する研究について述べる。

## 2.1 マイクロラーニングに関する研究

ユーザに待ち時間が発生する可能性が高いと想定されるシチュエーションでマイクロラーニングを促す研究に, Cai らの研究がある [10], [11]. Cai らは日常生活の中で生じる待ち時間を調査し, チャット中, メール送信時, Pull-to-Refresh 時 [16], Wi-Fi 接続時, エレベーター乗り場という 5 つのシチュエーションで単語学習を促した時の反応の早さ, 学習実行率などを計測した. チャット中に学習を割り込むアプリケーションのみを用いた実験 [10] では, チャット返信直後に促した場合, タイピング中に促した場合, ランダムに促した場合の 3 つのパターンで比較した結果, チャット返信直後の反応の早さ, 学習実行率が最も良くなることがわかった. さらに, 5 つのシチュエーションでの結果から, エレベーター乗り場の待ち時間, Pull-to-Refresh 時の学習実行率が高いことがわかった.

退屈検知アルゴリズム [17] を単語学習アプリケーションに導入し, 適切なタイミングでの学習の割り込み, 学習形式の違いにおける学習効果を調査した研究に Tilman らの研究がある [12]. 退屈状態の定義は Martin ら [17] が行った実験でユーザの主観評価 (5 段階評価) から成り立っている. Tilman らはフラッシュカードによる学習形式と多種選択問題による学習形式, プッシュ通知からの問題出題, および回答が可能な QuickLearn という Android アプリケーションを開発し, 学習回答数や学習実行率, 学習の際のコンテキストなどを調査した. フラッシュカードと多種選択問題による学習効果を比較した結果, フラッシュカードの方が効果的に学習できているにも関わらず, 両者の学習効果に統計的に有意差は得られていない. また, アプリ起動による学習と通知画面による学習による学習効果を比較した結果, アプリ起動による学習の方が統計的に有意な学習効果が得られた. さらに, 通知画面による学習の方がアプリ起動による学習よりも統計的に有意に短時間で学習を持続できることがわかった. しかしながら, 退屈検知による適応的な割り込みには通常状態と比較して, クリック率, 学習実行率ともに統計的な有意差は得られていない. このことから, 割り込むコンテンツによって退屈状態においてもコンテンツへの従事率が大きく異なることがわかった.

これらの研究では, 主にどのようなタイミングで学習を促すと学習をやらしてもらえるのかというところに焦点が当てられている.

## 2.2 記憶・忘却に関する研究

Ebbinghaus ら [18] は人の記憶が時間の経過とともにどのように変化していくかを示す忘却曲線の理論を提案している. 実験内容として, 被験者に対して, 意味を持たない

3 つのアルファベットの羅列を大量に被験者に覚えさせて, 被験者の記憶がどのように忘れられていくかを調査した. この結果, 人は 20 分後には 42% の内容を忘れ, 1 日後には 3/4 以上内容を忘れてしまうことが明らかになった. しかし, この実験で使用されているのは意味をもたない文字列であるため, 英単語などの意味を持つ文字列の場合, 学習方法によって, 人の忘却は異なる結果になると考えられる. Baddeley ら [19] は, 前の学習から, その学習内容の復習までの間隔を延ばしていくことで心理学の間隔効果を利用して効果を上げる学習技術, 間隔反復を提唱している. この学習技術は, 主に学習者が非常に多くの事柄を長期に記憶しなければならぬ分野, 第二言語の語彙の習得に適用され, 単語学習アプリなどに導入されている. しかし, このアルゴリズムには大きな効果はないとする研究結果もある.

Roediger ら [14][15] は, 情報を聞いたり, 書いたりするのに比べ, 情報を思い出す (検索する) 行為をする方が記憶が強化される「テスト効果」という学習方法を用いることで, 学習した素材について再度学習するよりもテストを行った方が後のテストにおける成績が良くなり, 忘却もスローダウンさせることを明らかにした. 本研究では, ユーザが過去に調べた単語を学習に提示することで, 情報を思い出す (検索する) 行為を行うことで, より記憶の定着が図れるのではないかと考えている.

## 3. Diclog – 英単語マイクロラーニング支援システムの提案

本章では, 辞書検索履歴の自動収集に基づく英単語マイクロラーニング支援システム *Diclog* について提案する. *Diclog* のコンセプトは, 学習者が普段の作業を変えることなく, オンライン辞書サイトで検索した単語を自動的に収集し, モバイル端末で隙間時間に自身が検索した単語を学習することで, 効率的に記憶の定着を図ることである. *Diclog* の構成図を図 1 に示す. 以下の節では, *Diclog* のシステムを構成する辞書検索履歴収集用の Chrome Extension, および英単語マイクロラーニング支援 Android アプリの詳細について述べる.

### 3.1 辞書検索履歴収集 Chrome Extension

*Diclog* の辞書検索履歴収集機構を担う Chrome Extension の画面を図 2, 収集するデータを表 1 に示す. 図 2 の左がユーザのログイン画面になっており, 右がログイン後の画面になっている. ユーザはログイン画面でメールアドレスとパスワードを入力することでログインすることができる. ユーザ情報の登録には, Google が提供しているモバイル, および Web アプリケーション開発プラットフォーム

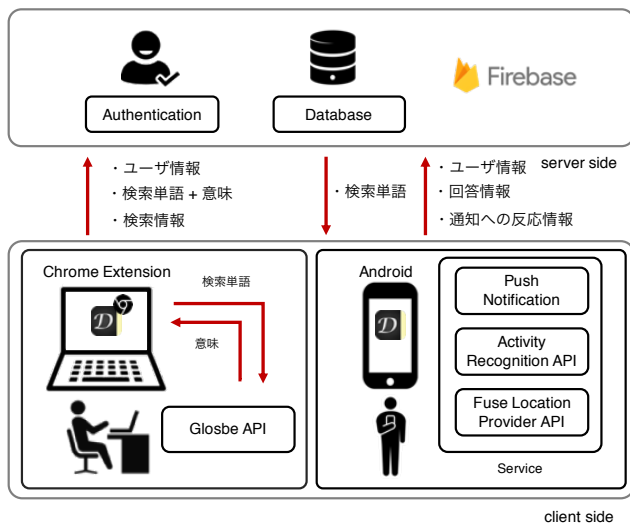


図 1 Diclog システム構成図

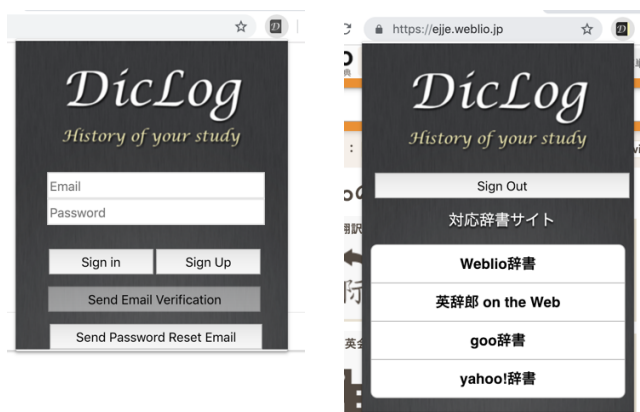


図 2 Diclog の辞書検索履歴収集 Chrome Extension

ムである Firebase<sup>\*2</sup> を使用した。この Firebase プラットフォームにおける Authentication 機能によりユーザの情報を管理することができる。ログイン後、4つのオンライン辞書サイト、Weblio<sup>\*3</sup>、アルク<sup>\*4</sup>、Goo<sup>\*5</sup>、Yahoo<sup>\*6</sup> で単語、および熟語を検索すると Firebase の Database に検索した単語が登録される。検索した単語、熟語の意味の取得には、多言語オンライン辞書サイト、Glosbe<sup>\*7</sup> が提供している Glosbe API<sup>\*8</sup> を使用した。この API を使用することでユーザが検索した英単語の日本語の意味を取得できる。これらの機能により、Diclog の Chrome Extension を通じて、検索時の単語、検索単語の意味、検索時のタイムスタンプ、検索サイトが Firebase Database に収集される仕組みとなっている。

\*2 <https://firebase.google.com/>

\*3 <https://ejje.weblio.jp/>

\*4 <https://www.alc.co.jp/>

\*5 <https://dictionary.goo.ne.jp/ej/>

\*6 <https://dic.yahoo.co.jp/>

\*7 <https://ja.glosbe.com/>

\*8 <https://glosbe.com/a-api>

表 1 Chrome Extension による収集データ

データ	概要
単語	検索した単語
単語の意味	Glosbe API より取得した検索単語の意味
タイムスタンプ	単語を検索した時間
辞書サイト	単語検索時のオンライン辞書サイト

### 3.2 英単語マイクロラーニング Android アプリ

前節の Chrome Extension で収集した辞書検索履歴を元に、英単語マイクロラーニングを提供する Android アプリの画面を図 3、アプリ使用中に収集するデータを表 2 に示す。ユーザが上記の Chrome Extension と同じメールアドレス、パスワードでログイン後、上記のオンライン辞書サイトで検索した単語が Android アプリケーションの学習画面に出題されるようになっている。

英単語学習の学習形式としてフラッシュカードによる学習方法を採用した。この理由として、語彙学習において比較的容易に語彙を学ぶことができる一般的な方法 [20] であること、本研究の関連研究 [11], [12] においてもこの学習形式が使用されていること、これまでの既存研究においてフラッシュカードによる語彙学習効果が明らかになっていること [21], [22] がフラッシュカード採用の理由である。

英単語の問題の回答方法として、まず Android アプリログイン後、図 3 左の画面、Firebase Database に登録された英単語が表示され、「TRANSRATE」と書かれたボタンを押すと図 3 右の画面に遷移し、日本語の意味が表示される。出題された英単語の日本語の意味を知っていた場合、左側の「KNEW IT!」と書かれたボタンを押す、出題された英単語の日本語の意味を知らなかった場合、右側の「DID NOT KNOW」と書かれたボタンを押す。いずれかのボタンを押すと回答が完了し、ユーザの回答ログを取得する。

また、ユーザが Android アプリにログイン後、バックグラウンドサービスを開始し、Google が提供するサービス群の Google Developers<sup>\*9</sup> の API、Activity Recognition API<sup>\*10</sup>、Fused Location Provider API<sup>\*11</sup> により、バックグラウンドでユーザの行動認識結果、位置情報を取得することができるになっている。さらに、バックグラウンドサービスからユーザにプッシュ通知を送る機能があり、Android アプリの通知による割り込みの例を図 4 に示す。ユーザは Android アプリから送られてきた「英単語を学習しよう」という通知をクリックすることでアプリを起動することができる。Android アプリから送信された通知には UUID が割り振られている。これは通知に対するアクション(クリック/削除)があった時、どの通知に対してのア

\*9 <https://developers.google.com/>

\*10 <https://developers.google.com/location-context/activity-recognition/>

\*11 <https://developers.google.com/location-context/fused-location-provider/>



図 3 Diclog の英単語マイクロラーニング Android アプリの画面

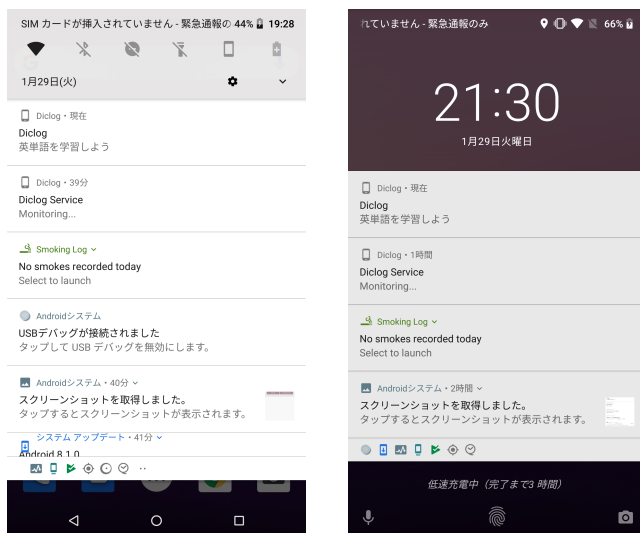


図 4 Android アプリによる通知割り込みの例

クションがあったかを知るためである。これらの機能により、Diclog の Android アプリでは、ユーザの英単語の問題回答に関するデータとして、回答結果、出題された単語、回答時間、位置情報、行動認識結果、また通知に関するデータとして、通知に対するアクション（クリック/削除）、通知が送信された時間、通知にアクションした時間、位置情報、行動認識結果がそれぞれ Firebase Database に収集される仕組みになっている。

#### 4. 実験

本節では、ユーザの辞書検索履歴に基づき英単語学習を出題する提案システムの有用性を評価する実験について述べる。本実験の流れを図 5 に示す。以下の 4.1 節で実験条件、4.2 節で英単語確認・検索実験、4.3 節で英単語学習実験、4.4 節で定着率の評価方法について述べる。

表 2 Diclog Android アプリによる収集データ

##### (a) 回答に関するデータ

データ	概要
回答結果	ユーザの回答結果
出題単語	出題された単語
タイムスタンプ	問題回答時の時間
位置情報	英単語問題回答時の緯度経度情報 (Latitude, Longitude)
行動認識	IN_VEHICLE ON_BICYCLE ON_FOOT STILL TITLING UNKNOWN

##### (b) 通知に関するデータ

データ	概要
タイムスタンプ	通知送信時間 / 通知アクション時間
ID	通知に割り振られた UUID
位置情報	英単語問題回答時の緯度経度情報 (Latitude, Longitude)
行動認識	IN_VEHICLE ON_BICYCLE ON_FOOT STILL TITLING UNKNOWN
通知アクション	通知をクリック / 通知を削除

#### 4.1 実験条件

実験参加者はすべて大学院生の 8 名であり、年齢は 20 代（平均：23.9、標準偏差：1.4）、性別は男性 6 名、女性 2 名である。実験参加者の英語能力を示す指標として、TOEIC スコアを採用し、参加者の平均点は 598 点（最高点：740、最低点：450、標準偏差：103）であった。

単語データセットには、アルクがネイティブスピーカーの「使用頻度」をベースにし、日本人学習者にとっての「有用性」、「重要性」を考慮して、厳選した重要英単語リスト「標準語彙水準 SVL12000」(SVL = Standard Vocabulary List)<sup>\*12</sup>の Level 6 の 1000 語の中から 200 単語を選定した。

#### 4.2 英単語確認・検索実験

本節では、英単語確認・検索実験について述べる。図 5 における単語が既知かどうかの回答、Chrome Extension による単語検索実験に該当する。まず実験参加者に上記の作成した単語データセット 200 単語をスプレッドシートで配布し、単語の意味を知っていた場合：YES、単語の意味を知らなかった場合：NO と回答してもらうように伝えた。参加者が NO と回答した中で、単語を初めて見た場合：0、単語を見たことあるけど意味は知らない：1、単語を見たことあるけど意味は自信がない、曖昧：2 とラベルをつけて

\*12 <https://www.alc.co.jp/vocogram/article/svl/>

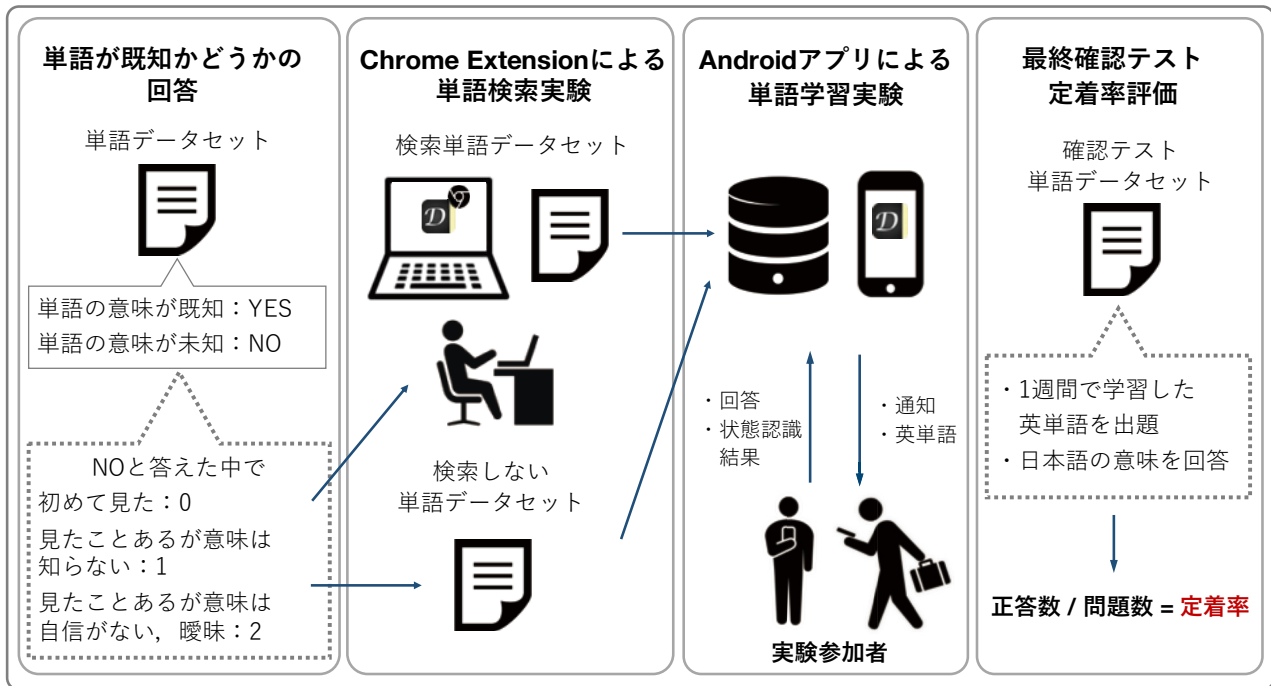


図 5 本実験の流れ

もらうように伝えた。実験参加者が単語データセットの確認、およびラベルづけ終了後、NO と回答した単語の上記の3つのラベルの数が同程度になるように単語データセットを2つに分割した。1つが実験参加者に検索してもらう単語データセットであり、もう1つが検索しない単語データセットである。その後、提案システムにおける Chrome Extension にログインしてもらい、オンライン辞書サイトを通して、検索単語データセット中のそれぞれの単語の意味を覚えてもらうように伝えた。本システムで Firebase に収集した、Glosbe API で取得した意味が曖昧な単語に関しては手動で意味の修正を行なった。検索しなかった単語データセットの単語と単語の意味をそれぞれ Firebase の Database に保存した。

### 4.3 英単語学習実験

本節では、英単語学習について述べる。図5における Android アプリによる単語学習実験に該当する。英単語確認・検索実験終了後、実験参加者に提案システムにおける Android アプリを配布し、自由な時間にアプリを起動（アプリアイコンクリック / 通知クリック）し、1週間の間、英単語を学習してもらうように伝えた。さらに、英単語学習実験後に確認テストとアンケートを実施することを伝えた。回答する問題数に制限は設けていないことを伝えており、実験中に取得したデータを本研究に使用する承諾を得ている。

### 4.4 定着率の評価

本節では、定着率の評価について述べる。図5における

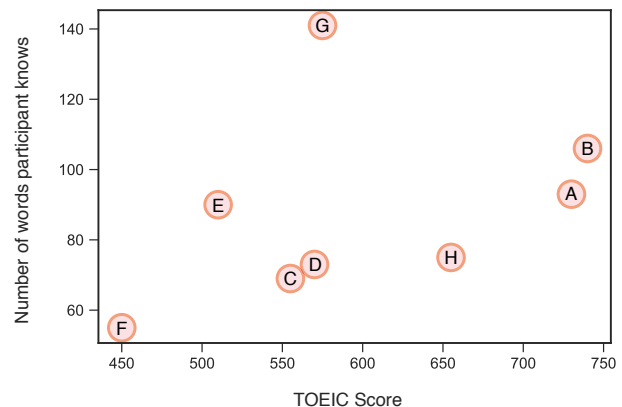


図 6 実験参加者ごとの TOEIC スコアと単語データセット内の既知単語数の関係

最終確認テスト、定着率評価に該当する。確認テストでは、4.3 節の Android 端末における実験で、学習した単語を最終確認テストで選定し、実験参加者に表示された英単語の日本語の意味を回答してもらった。回答してもらった問題数と正答数から正答率を算出し、これを本実験における定着率とした。

## 5. 実験結果・考察

1 週間にわたる Android 端末による英単語学習の実験の結果、実験参加者 8 名から計 4,303 件（平均：537.86，最大値：1,274，最小値：149，中央値：492，標準偏差：367.99）の英単語の問題回答データの収集に成功した。なお、実験参加者ごとの TOEIC スコアと単語データセット内の既知単語数の関係は図 6 に示す通りである。図 7 に実験参加者

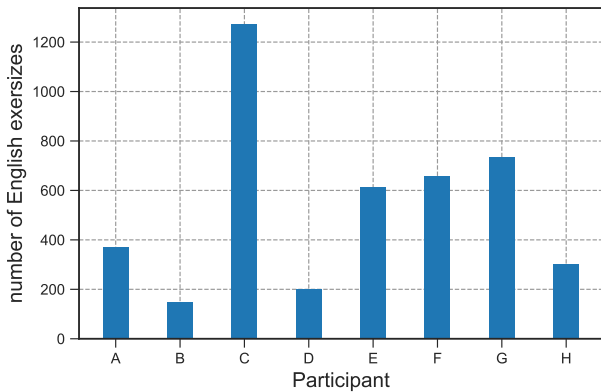


図 7 実験参加者ごとの英単語の問題回答数

ごとの英単語の問題回答数の結果を示す。横軸が実験参加者、縦軸が英単語の問題回答総数を表している。図のように実験参加者ごとに英単語の問題の回答数には大きく違いが見られた。

得られた実験参加者ごとの英単語の定着率の結果を図 8 に示す。横軸が実験参加者、縦軸が英単語の定着率(確認テストの正答率)を表している。図のように実験参加者ごとの定着率、および調べた単語と調べていない単語の定着率には違いが見られた。辞書検索履歴のある単語の定着率は実験参加者の順に、81.1%(43/53), 35.9%(14/39), 69.2%(45/65), 28.8%(15/52), 37.0%(20/54), 68.0%(49/72), 100.0%(29/29), 40.4%(23/57), 辞書検索履歴のない単語の定着率は実験参加者の順に、76.0%(38/50), 25.0%(10/40), 76.9%(50/65), 17.0%(8/47), 31.5%(17/54), 50.7%(36/71), 96.6%(28/29), 37.3%(22/59)となった。結果として、実験参加者 C を除き、辞書検索履歴のある単語の方が定着率が高い結果となり、実験参加者は 1 週間の間に未知の単語を平均約 56 単語(調べた単語: 約 30 単語, 調べていない単語: 約 26 単語)の意味を定着させた。辞書検索履歴のある単語の定着率および辞書検索履歴のない単語の定着率に関して Wilcoxon の符号順位検定を行なった結果、 $p = 0.069$  となり、有意差が確認できた ( $p < 0.1$ )。この結果から、全ユーザに学習効果があるわけではないが、全体を通してみると、提案システム、辞書検索履歴に基づいた単語の方が有意差が示され、比較した辞書検索履歴のない単語よりもより記憶が定着する可能性が示された。

辞書検索履歴のある単語の定着率が辞書検索履歴のない単語の定着率よりも下回る結果となった実験参加者 C について考察する。実験参加者 C は図 7 からわかるように全被験者の中で最も英単語学習の実行回数が多かった。この結果から反復学習をすればするほど、辞書検索履歴のある単語の効果がなくなり、定着率が下回る結果になったと考えられる。逆に反復学習が少なかった実験参加者 B と D は学習履歴のある単語の定着率が学習履歴のない単語の定

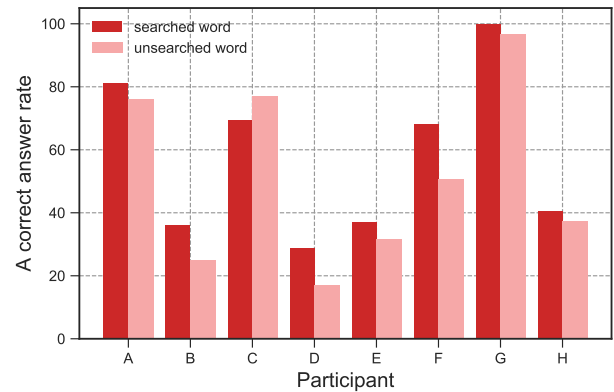


図 8 実験参加者ごとの学習履歴のある単語とない単語の定着率

着率よりも 10%以上上回る結果となった。この結果から、全ユーザに当てはまるわけではないが、反復学習をしないユーザの方が辞書検索履歴のある単語の学習効果が高まる可能性があるということがわかった。

## 6. まとめ

本稿では、ユーザが過去に検索した単語を用いた反復学習を実現するために、ユーザの辞書検索単語を自動収集する Chrome Extension と検索された単語から問題を出题する Android アプリから構成されるマイクロラーニング支援システム Diclog を開発し、その学習効果を評価する実験を行なった。8 名を対象として一週間の実験を行った結果、実験参加者は 1 週間の間に未知の単語を平均約 56 単語(調べた単語: 約 30 単語, 調べていない単語: 約 26 単語)の意味を定着させたことが確認できた。調べた単語と調べていない単語の定着率に対し、Wilcoxon の符号順位検定を行なった結果、 $p = 0.069$  ( $p < 0.1$ ) となり、有意差が確認でき、過去に調べた単語の方がより知識が定着する可能性が示唆された。

今後の展望として、単語ごとの調べた単語と調べていない単語についての記憶の定着率を調査すること、学習した時間や場所などのコンテキストデータから記憶の定着と相関のあるユーザ状態を調査すること、実験参加者数を増やし、長期間の実験を行うことなどが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、JST さきがけ「行動認識と行動介入による情報駆動型社会システムの実証」(16817861) および JST CREST「経験サプリメントによる行動変容と創造的協働」(JPMJCR16E1) の支援により実施した。ここに記して謝意を示す。

## 参考文献

- [1] Park, J.-H. and Choi, H. J.: Factors influencing adult learners' decision to drop out or persist in online learning., *Journal of Educational Technology & Society*,

- Vol. 12, No. 4 (2009).
- [2] Gassler, G., Hug, T. and Glahn, C.: Integrated Micro Learning—An outline of the basic method and first results, *Interactive Computer Aided Learning*, Vol. 4, pp. 1–7 (2004).
- [3] Beaudin, J. S., Intille, S. S., Tapia, E. M., Rockinson, R. and Morris, M. E.: Context-sensitive microlearning of foreign language vocabulary on a mobile device, *European conference on Ambient intelligence*, Springer, pp. 55–72 (2007).
- [4] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A. K. and Tokuda, H.: Attelia: Reducing user’s cognitive load due to interruptive notifications on smart phones, *Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2015 IEEE International Conference on*, IEEE, pp. 96–104 (2015).
- [5] Okoshi, T., Tsubouchi, K., Taji, M., Ichikawa, T. and Tokuda, H.: Attention and engagement-awareness in the wild: A large-scale study with adaptive notifications, *Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2017 IEEE International Conference on*, IEEE, pp. 100–110 (2017).
- [6] Okoshi, T., Tsubouchi, K. and Tokuda, H.: Real-world large-scale study on adaptive notification scheduling on smartphones, *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 50, pp. 1–24 (2018).
- [7] Obuchi, M., Sasaki, W., Okoshi, T., Nakazawa, J. and Tokuda, H.: Investigating interruptibility at activity breakpoints using smartphone activity recognition API, *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*, ACM, pp. 1602–1607 (2016).
- [8] Pielot, M., Cardoso, B., Katevas, K., Serrà, J., Matic, A. and Oliver, N.: Beyond interruptibility: Predicting opportune moments to engage mobile phone users, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, No. 3, p. 91 (2017).
- [9] Goyal, N. and Fussell, S. R.: Intelligent Interruption Management using Electro Dermal Activity based Physiological Sensor for Collaborative Sensemaking, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, No. 3, p. 52 (2017).
- [10] Cai, C. J., Guo, P. J., Glass, J. R. and Miller, R. C.: Wait-learning: Leveraging wait time for second language education, *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 3701–3710 (2015).
- [11] Cai, C. J., Ren, A. and Miller, R. C.: WaitSuite: Productive use of diverse waiting moments, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 24, No. 1, p. 7 (2017).
- [12] Dingler, T., Weber, D., Pielot, M., Cooper, J., Chang, C.-C. and Henze, N.: Language learning on-the-go: opportune moments and design of mobile microlearning sessions, *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, ACM, p. 28 (2017).
- [13] Pielot, M., Dingler, T., Pedro, J. S. and Oliver, N.: When attention is not scarce—detecting boredom from mobile phone usage, *Proceedings of the 2015 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing*, ACM, pp. 825–836 (2015).
- [14] Roediger III, H. L. and Karpicke, J. D.: Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention, *Psychological science*, Vol. 17, No. 3, pp. 249–255 (2006).
- [15] Roediger III, H. L. and Karpicke, J. D.: The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice, *Perspectives on Psychological Science*, Vol. 1, No. 3, pp. 181–210 (2006).
- [16] Ren, A.: Pull-to-refresh and learn: Leveraging mobile email load time for education, *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp. 145–150 (2015).
- [17] Matic, A., Pielot, M. and Oliver, N.: Boredom-computer interaction: Boredom proneness and the use of smartphone, *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, ACM, pp. 837–841 (2015).
- [18] Ebbinghaus, H.: Memory: A contribution to experimental psychology, *Annals of neurosciences*, Vol. 20, No. 4, p. 155 (2013).
- [19] Baddeley, A. D.: *Human memory: Theory and practice*, Psychology Press (1997).
- [20] Nakata, T.: English vocabulary learning with word lists, word cards and computers: Implications from cognitive psychology research for optimal spaced learning, *RECALL*, Vol. 20, No. 1, pp. 3–20 (2008).
- [21] Basoglu, E. B. and Akdemir, O.: A comparison of undergraduate students’ English vocabulary learning: Using mobile phones and flash cards., *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, Vol. 9, No. 3, pp. 1–7 (2010).
- [22] Edge, D., Fitchett, S., Whitney, M. and Landay, J.: MemReflex: adaptive flashcards for mobile microlearning, *Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, ACM, pp. 431–440 (2012).