

# 単語記憶を効率化する触覚提示装置の開発

## Tactile cue presentation for vocabulary learning

○小川 大地 (電通大) 池野 早紀子 (電通大)  
岡崎 龍太 (電通大) 梶本 裕之 (電通大, 科学技術振興機構)

Daichi OGAWA, The University of Electro-Communications, ogawa@kaji-lab.jp  
Sakiko IKENO, The University of Electro-Communications, ikeno@kaji-lab.jp  
Ryuta OKAZAKI, The University of Electro-Communications, okazaki@kaji-lab.jp  
Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications, JST, kajimoto@kaji-lab.jp

Vocabulary learning is considered one of the most time-consuming parts of language learning. Considering the fact that we generally memorize words by associating them with other cues, and one such cue is tactile sensation, we propose to use tactile vibration cues for vocabulary learning. In this paper, we developed a device that can replay vibration resulting from keyboard typing, and presented studies on efficacy of a device.

**Key Words:** Tactile cue, Vocabulary learning, Mnemonics

### 1. はじめに

国際化が進む現代において、母語以外の言語によるコミュニケーション能力を持つことは重要である。言語によるコミュニケーション能力の根幹のひとつは語彙力であると考えられ、中條らはコミュニケーション能力を語彙力である程度推定することができることを示唆した[1]。

我々は言語学習において多くの時間を占めている単語記憶を効率化できないかと考えた。単語を記憶する際、何らかの関連付けによって記憶が補助されることは広く知られている。Oxfordらは、第二言語、外国語の単語学習の分析で、視覚や聴覚、触覚といった感覚に関連付けた学習の評価を行なっている[2]。

我々はこうした単語の記憶を補助する手段として、触覚的手がかりに着目した。単語を記憶するために何度も「書いて覚える」という方法は我々の多くが体験している。一方でキーボードを「打つ」ことも記憶の補助に役立つという傍証も得られている。例えば Bojinov らは、パスワードを無意識的に記憶するためにキーボードを使ったゲームを考案、効果を実証している [3]。また Huang らは、ピアノの打鍵順の想起において各指に振動提示を与えることが有効であると報告している[4]。

これらの知見に基づき本研究では単語の記憶の際にキーボードで打鍵する状況を想定し、打鍵の際に生じる振動を指ごとに記録、この振動を指ごとに再生することで想起の手がかりとさせる手法を提案する。記憶の対象は英単語を用いた。

キーボードにおいては一本の指が担当するキーは複数であるので、指ごとに与えられる振動は手がかりとしては不完全である。しかし、その不完全さが、ユーザが「不完全な手がかりから次のキーを想起する」という主体性を保

持することにつながり、その結果記憶の強化につながるのではないかと考えた。本稿ではハードウェア及び提案手法による記憶学習の効果を述べる。

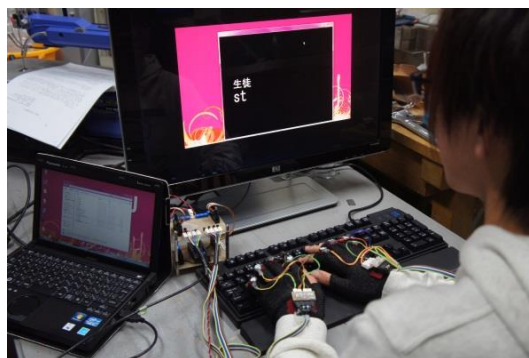


Fig. 1 Overview of the use of the device.

### 2. 提案手法

指の付け根に振動子と加速度センサを搭載した指輪型デバイスを、左右の親指を除く8本の指に装着する。記憶の方法は二段階にわかれ、それぞれ学習フェーズ(図2)と、訓練フェーズ(図3)と呼ぶことにする。

初期の学習フェーズでは日本語とともに回答となる英単語が視覚的に提示され、文字を打鍵していく。加速度センサによって打鍵した指情報が同定され、キーボードの出力と合わせて、単語毎の指とキーの対応関係が記録される。訓練フェーズでは、日本語のみ表示され、その回答を打鍵していく。回答を打鍵していくなかで、デバイスから振動を提示することによって、単語に関連付けられた触覚の手がかりを与える。

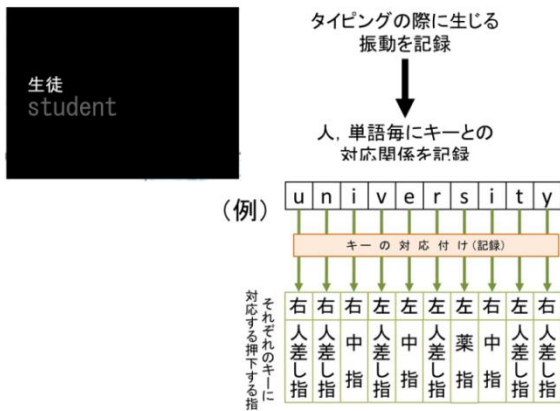


Fig. 2 Learning phase.

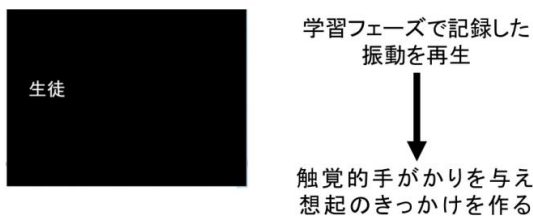


Fig. 3 Training phase.

### 3. システム構成

触覚提示デバイスのシステムの構成を図4に示す。本システムはPC、8個の指輪型デバイス、マイクロコントローラ (mbed NXP LPC1768 NXP 社製)、PC用キーボードで構成される。指輪型デバイスには加速度センサ (KXM52-1050 Kionix 社製) および小型振動子 (FM34F 東京パーツ工業社製) が搭載されている。

指輪型デバイスは左右の手の親指以外の指の付け根に装着される。これは一般的にアルファベットの打鍵時に親指は使用しないためである。加速度センサによって打鍵した指を検出し、キーボードにより打鍵したキーを特定する。PCには日本語が表示され、対応する英単語を入力するアプリケーションを作成した。このアプリケーションに対し、2章で提案した記憶手法を行う。

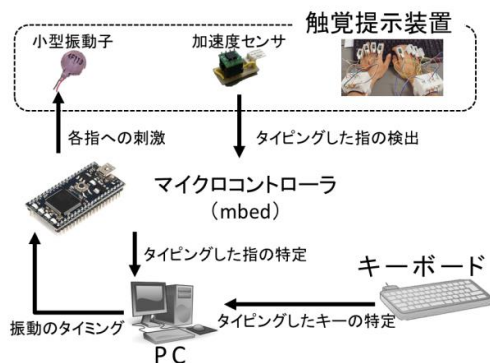


Fig. 4 Structure of the system.

### 4. 触覚提示装置を用いた記憶学習

本研究の目的である記憶の補助に関して開発した装置を用いた記憶実験を行った。加速度センサによるタイピング検出率が85%程度であったため、予備実験では誤検出が多発し実験が長時間かかる結果となった。

そこで本実験では加速度センサによるタイピング検出を行わずに一般的なホームポジションによる指配置によって振動を提示した。これは例えば、次に打つキーがwかsかxであれば左手薬指に振動提示するという手法である。予備的検討の結果、ユーザは必ずしも振動提示された指そのものは意識しないことがわかったためこの手法でも問題無いと考えた。この簡略化により、当初試作した加速度センサを含めた指輪型装置を使用する必要はなくなり、振動子のみを用いて図5のグローブ型の触覚提示装置を作成した。

触覚提示装置を用いてトレーニング中に触覚指示を行いトレーニング短縮、長期記憶の効果を検証した。実験に用いた単語は、「新 TOEIC テストよく出る単語 3000」から TOEIC の単語のレベルでスコア 730 以上獲得に必要な単語群から選定した。

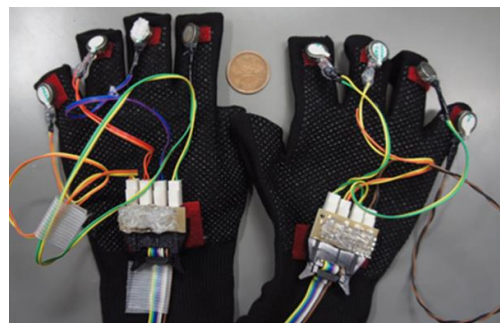


Fig. 5 Tactile glove.

#### 4.1 実験1: 触覚指示を用いた記憶実験

タイピングによる記憶学習における指への触覚指示の有効性を検証するため、振動が提示されない場合つまり、指示がない場合との比較実験を行った。

実験は22歳から24歳の男女7名(男性5名,女性2名)に対して行われた。実験当日は20単語を覚えるためのトレーニングと記憶テストを行い、1日後と2ないし3週後に再度記憶テストを行った。

被験者には画面上に表示された日本語の解答となる英単語を入力してもらった。1日目は、英単語20個に対して10回ずつ、合計200回の入力をランダムな順序で行った。最初の20単語×3回の入力には日本語と共に解答となる英語が灰色で表示された(学習フェーズ)。このとき適切な文字を入力すると文字が白色に変化した。残りの20単語×7回の入力、最初日本語のみが表示され英単語は表示され

ず（訓練フェーズ）、適切なキーを入力するに従い一文字ずつ白色で表示されていく設定とした。

訓練フェーズ終了後5分間の休憩を挟み、休憩前に入力した20単語の記憶テストを行った（テストフェーズ）。さらに一日後および2ないし3週間後に同様の記憶テストを行った。

訓練フェーズは触覚による手がかり提示を行う場合と、行わない場合との2パターンに分けて行った。触覚提示を行う場合は次に打つべきキーに対応した指に振動提示を行った。

実験グループはグループA、Bの2つに分けた。グループAは触覚提示を行う場合を先にいき、グループBは触覚提示を行わない場合を先にいき、各提示手法による順序効果を調べた。またトレーニングの効率化に関する分析を行うためトレーニング中の単語入力時間とミスタイピングの回数を記録した。

#### 4.2 実験1：結果

図6に記憶テストの結果を示す。触覚教示を行った場合、行わなかった場合の両者のトレーニングによって記憶した単語の数に対しては直後、一日後の結果では有意な差は認められなかったが、2、3週間後のテストの結果に有意傾向（t検定、 $p < .10$ ）が認められた。グループA、Bによる差は認められなかった。

トレーニングの効率化に関しては、振動を提示した場合の入力時間の合計値は平均751秒（標準偏差308秒）、ミスタイピングの合計値は平均373回（標準偏差256回）、提示しない場合の入力時間の合計値は平均1144秒（標準偏差623秒）、ミスタイピングの合計値は平均1890回（標準偏差1696回）であった。入力時間、ミスタイプともに有意な差が認められた（t検定、 $p < .05$ ）。

触覚提示によって学習者の学習レベルによってどのくらい効率化されたかを検証するためにTOEICのスコアとトレーニング中の効果を比較した（図7）。図7の縦軸はそれぞれ触覚トレーニングと教示なしトレーニングの差であり、この数値が高ければ触覚提示による効果が高いことを示す。TOEICのスコアとミスタイピング、入力時間の合計の差に関して負の相関が見られた。つまり、TOEICのスコアが低い学習者ほど、触覚教示トレーニングの学習効果が高い傾向にあった。

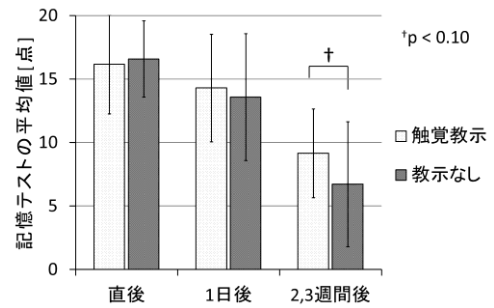


Fig. 6 Experiment 1 : The result of test in each phase.

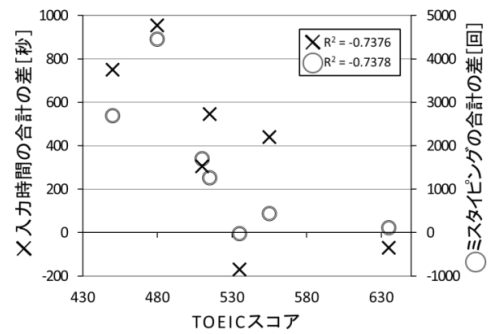


Fig. 7 Experiment 1 : Comparison with the TOEIC score.

#### 4.3 実験2：触覚教示と視覚教示の比較

実験1では訓練フェーズにおいて触覚教示が行われない場合には何の手がかりも与えられないため、最悪の場合キーボードをすべて押して回答を見つける必要があり、平等な比較とはいえない可能性が高い。このため実験2では触覚による教示と、普段我々が行っていると考えられる視覚による教示の比較を行った。

実験は、21歳から23歳の男女7名(男性4名、女性3名)に対して行われた。被験者には触覚教示を行う場合と行わない場合の2パターンの手法を行い、実験1と同様に20単語を覚える記憶実験を行った。

実験の初期の段階では実験1で用いた学習フェーズを英単語20個に対して1回ずつ入力させた。次に、訓練フェーズを英単語1個に対して1回の入力、合計20回の入力を行い、テストフェーズを行った。

実験1とは異なり、時間短縮のため直前のテストフェーズで正解できなかった英単語に対してのみ再度訓練フェーズを行い、その後すべての単語に対してテストフェーズを行った。テストフェーズと訓練フェーズを繰り返す最大の回数は5回、また連続で2回全問正解した場合に終了とし、単語はランダムに提示した。長期記憶を検証するため実験終了1週間後に再度記憶テストを行った。

訓練フェーズにおいて触覚提示を行う場合と、視覚提示を行う場合との2パターンに分けて行った。触覚提示を行う場合、次に打つべきキーに対応した指に触覚教示を行った。視覚提示を行う場合は、次の正解となる文字を灰色で表示させた。どちらの教示手法も、入力間隔が0.5秒以上

かかった場合、すなわちユーザがキーを思い出せないと判断された時に提示した。

実験1と同様、グループA、Bの2つの実験グループに分け、各提示手法による順序効果を調べた。グループAは触覚提示の条件を先に行い、グループBは視覚提示の条件を先に行った。

#### 4.4 実験2：結果

図8に実験期間中のすべてのテストの結果を示す。一週間後の記憶テストの結果に対して有意な差(t検定,  $p < .01$ )が認められ、視覚教示でトレーニングを補助するよりも15%多く記憶できることがわかった。トレーニングの際に振動教示を行うことにより、視覚情報を提示するよりも長期的に記憶を保持できることを示した。またグループA、Bによる差は認められなかった。

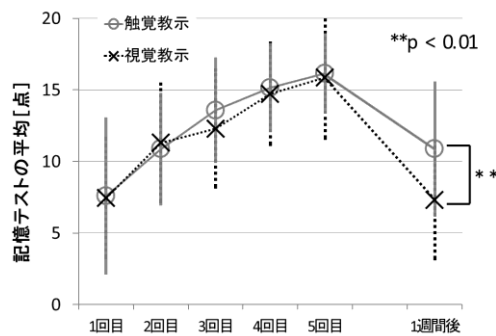


Fig. 8 The result of test during Experiment 2.

### 5. 考察

実験1では使用する指に振動を提示すると、その指が担当する文字の配置から単語を連想させ、解答の所要時間が短くなったと考えられる。さらに、次の文字が全く想起できない場合でも振動提示を行えば、文字の予測は立てられ、解答に辿り着くまでに少ない回数で想起した。しかし、振動提示を行わないとき、最悪の場合では解答にたどり着くまでにすべてのアルファベットを入力することになる。これは非効率な学習であると考えられる。

この問題に対処し、従来の視覚的な教示と比較するために実験2を行った。実験2に関しては記憶トレーニング時においては提案手法である触覚教示の効果は見られなかったが、1週間後の記憶力の保持という観点から触覚教示の効果を示すことができた。これは視覚と触覚の違いというよりは、視覚が完全な手がかり(次の文字)を与えていたのに対して触覚が不完全な手がかり(次の打つ指)を与えていたことにより、ユーザの主体性が維持され、結果として記憶力の向上に繋がったと考えられる。

しかし振動を提示することによる問題点も生じている。

本システム体験者ひとりには振動を提示してからキーを入力するまでの間に単語のつづりを忘れてしまうという問題を報告していた。この場合振動を提示してから正しいキーを発見するのに集中してしまい、本来の目的である単語記憶ができなかったと考えられる。

### 6. おわりに

本稿では、言語学習の中でも学習時間の多くを占め、言語学習に膨大な時間がかかる要因の一つとなっている単語学習に着目した。キーボードタイピングにおいて単語を記憶する際、次の文字を打つときに使用する指に触覚教示を行うことにより記憶の補助を行った。

開発した触覚提示装置による記憶実験を行い、英単語学習での触覚教示の効果を検証した。まず触覚教示を使用したトレーニングと教示を全く使用しないトレーニングを比較した。触覚教示を行うとトレーニングの時間が短縮できることがわかった。

次に視覚教示との比較を行った。記憶の補助の効果は、1週間後の記憶テストにおいて視覚教示よりも触覚教示によるトレーニングのほうが記憶できる単語の数を15%増やすことを示した。

今後は視覚が不完全な教示で学習を補助する場合との比較を行い触覚提示の有効性を再検証する。また、キーボード入力補助[6]やSRT (Serial Reaction Time) 改善[7]のために触覚提示が用いられている様に、本システムの応用例としてタイピング練習補助にも触覚提示を使用できると考える。正確なタイピングタイピングを触覚により教示することにより効率的なトレーニングができると考える。

### 文献

- [1] 中條清美, 竹蓋順子, 高橋秀夫, 竹蓋幸生: 語彙力と実用コミュニケーション能力の関係, 「Language Education & Technology」, 第39号, pp.105-115, 2002.
- [2] Rebecca Oxford, David Crookall: Vocabulary Learning: A Critical Analysis of Techniques, TECL CANADA JOURNAL/REVUE TESL DU CANADA, VOL.7, NO.2, MARCH, 1990.
- [3] Hristo Bojinov, Dan Boneh, Daniel Sanchez, Paul Reber, Patrick Lincoln: Neuroscience Meets Cryptography, USENIX Security 2012.
- [4] Kevin Huang, Thad Starner, Ellen Do, Gil Weinberg, Daniel Kohlsdorf, Claas Ahlrichs, Ruediger Leibrandt: Mobile Music Touch - Mobile Tactile Stimulation For Passive Learning -, CHI 2010, April 10-15, 2010.
- [5] Susan Anderton: 新 TOEIC テストよく出る単語 3000, 語研, pp.289-417, 2013
- [6] Gilles Bailly, Thomas Pietrzak, Jonathan Deber, Daniel Wigdor: Métamorphe - Augmenting Hotkey Usage with Actuated Keys -, CHI 2013, April 27-May 2, 2013.
- [7] Dongwon Kim, Brandon J. Johnson, R. Brent Gillespie, Rachael D. Seidler: Role of Haptic Cues in Motor Learning, IEEE World Haptics Conference 2013, April 14-18, 2013.