

単語記憶を補助する触覚提示デバイスの提案

小川 大地^{†1} 池野 早紀子^{†1}
 岡崎 龍太^{†1} 梶本 裕之^{†1†2}

言語学習において、単語の記憶は多くの時間を占めており、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。単語を記憶する際、何らかの関連付けによって忘れにくく、また想起の時間も短縮できることは広く知られており、数多くの記憶法が提案されている。本研究ではこうした記憶法の一つに「書いて覚える」という触運動との関連付けがあることに着目し、触覚的な手がかりを与えることで単語の記憶を補助する手法を提案する。本稿では、キーボードタイピングでの学習時において、触覚的な手がかりを用いて反復学習を行えるデバイスの開発を試みた。

Tactile cue presentation for vocabulary learning

DAICHI OGAWA^{†1} SAKIKO IKENO^{†1}
 RYUTA OKAZAKI^{†1} HIROYUKI KAJIMOTO^{†1†2}

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 is composed of accelerometers and vibrators attached to all fingers except thumb, and that can record and replay vibration resulting from keyboard typing.

1. はじめに

単語の記憶は言語学習において多くの時間を占めている。我々はこの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[1]。

我々はこうした単語の記憶を補助する手段として、触覚的な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 [2]。この研究では、記憶実験をおこなった2週間後でも記憶が保持されることが示されている。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 [3]。

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。現代におけるPCの使用頻度を考慮すれば、キーボードタイピングに状況を限定することは大きな問題ではないと考えられる。記憶の対象としては英単語を用いた。

なお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が、その不完全さが単語の記憶におけるユーザの能動性につながり、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および指の打鍵検出のアルゴリズムについて述べる。



図 1 デバイスの使用例

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、それぞれ練習段階と、訓練段階と呼ぶことにする。

初期の練習段階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

^{†1} 電気通信大学
 University of Electro-Communication
^{†2} 科学技術振興機構
 Japan Science and Technology Agency (JST)

合わせて、単語毎の指とキーの対応関係が記録される。図 2 は university という単語を入力した際のそれぞれのキーに対応する指の記録の例である。

訓練段階では、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。

この訓練段階の教示手法として、ユーザの打鍵間隔に基づき、打鍵が止まった場合にのみ手がかりを与える手法、常に次の打鍵手がかりを与える手法、ユーザの打鍵状態に関係なく記録した手がかりを時系列的に与える手法を提案する。以下に3つの手法の詳細を述べる。

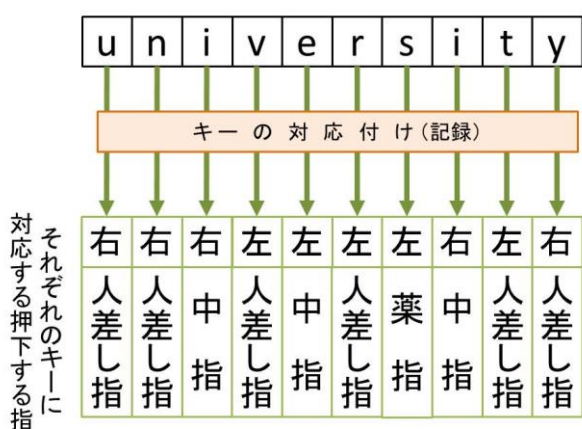


図 2 単語を入力する際の各キーに対応する指の記録

2.1 ユーザの打鍵間隔に基づく手法

訓練段階で毎回の打鍵間隔時間を記録し、各文字に対して前回の打鍵間隔よりも長い時間かかった場合のみ次の文字を打鍵する指へ振動を提示する。打鍵間隔が短ければ振動は提示されない。適切なキーが押された時、振動は止まり、次の文字の入力待機状態に戻る。

2.2 振動手がかりを連続的に与える手法

訓練段階において記録された打鍵順をもとにして各指へ順番に振動を提示する。キーに対応する指へ振動を提示し、適したキーの入力が終了すると指への振動が止まり、次のキーに対応した指へ振動を与える。

2.3 打鍵状態に関係なく手がかりを時系列的に与える手法

上記2つの手法は、ユーザが打鍵した「後」に次の打鍵すべきキーの手がかりを与えるという点では共通している。これに対して、打鍵のリズム自体を重視し、打鍵状態に関係なく手がかりを時系列的に与える手法が考えられる。練習段階で打鍵した指の情報以外に打鍵の時刻を記録し、訓

練段階にてこの時刻を用いる。ユーザにはこの刺激が時間軸に沿って繰り返し与えられる。

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 3 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(図 4)。

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われないためである。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用意する。このアプリケーションに対し、2章の提案手法に基づいて練習、訓練を行う。

なお各指に装着する触覚提示デバイスは、指点字提示システムとしていくつか提案されている[4][5]。本研究では特に打鍵の妨げにならないよう指の付け根への装着が可能な程度まで小型化すること、打鍵を確実に検出できることを目標にセンサ、振動子の選定を行った。

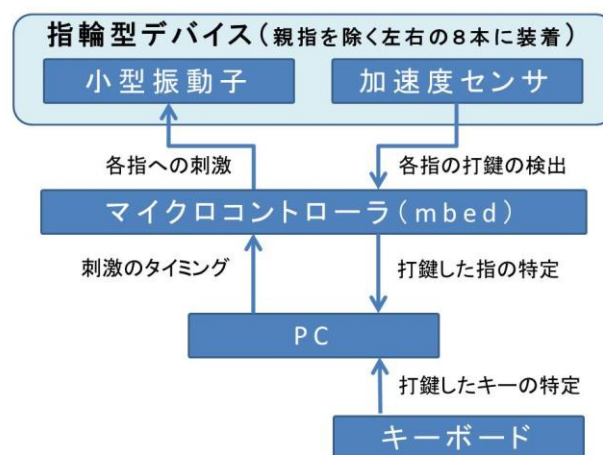


図 3 システム構成

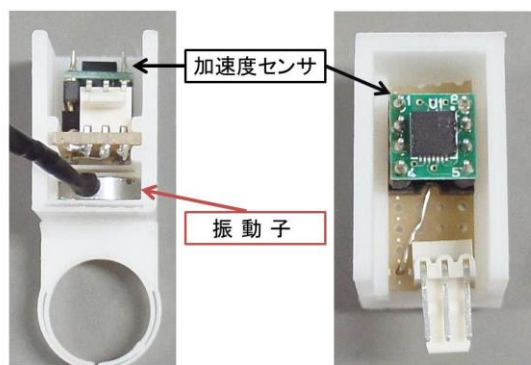


図 4 指型デバイスの構成

4. 加速度センサによる打鍵の検出

打鍵の検出には指輪型デバイスに内蔵された加速度センサを用いる。指とキーの対応関係を各指につけた加速度センサの値とキーボードの出力を用いて記録する。なおタッチタイピングで正しい指配置で打鍵するならば、打鍵の検出をキーボードのみで行なっても問題ないと考えられるが、実際には人によって、また同じ人でも打鍵の順序によって使用する指が異なるため、指に加速度センサを搭載することが必要と考えた。

一般にある指で打鍵する際、他の指も同時に動く。この傾向は特に薬指や小指で顕著である。図 5 は、右手小指を打鍵した時の親指を除いた右手各 4 本指の加速度センサの加速度である。マイクロコントローラから送信された時間に沿って計測されている。加速度センサの出力結果から打鍵している指を特定するために、次のようなアルゴリズムを片手ずつ独立で用いた。

マイクロコントローラから出力された各指の一時刻前（今回のケースでは約 15ms 前）の加速度センサのデータと現在出力されたデータとの差分（すなわち加加速度）が閾値を超えた場合、「打鍵した指」として検出する。検出が連続して行われないうち、同様の処理を 10 時刻分（約 150ms）行い、最大値を取る加加速度を検出時刻とし、その指を検出された指とする。

図 5 の計測結果において検出閾値を 3.5m/s^2 とし、上述のアルゴリズムを用いた結果、3625ms 時の小指の打鍵が検出できた。

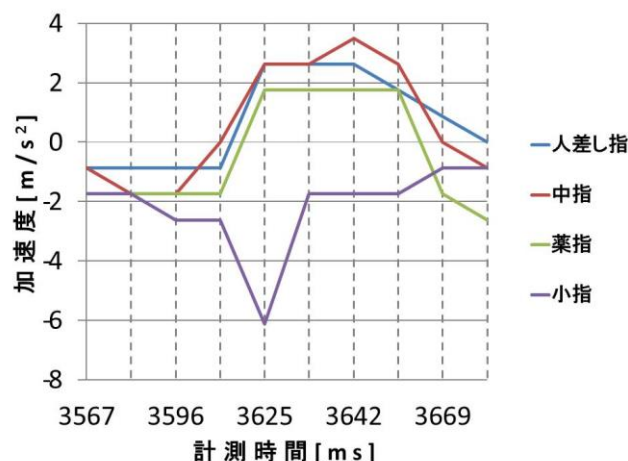


図 5 小指を打鍵した時の加速度センサの計測

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。加速度センサで指の打鍵のタイミングを検出し、小型振動子で触覚的手がかりをユーザに提示することで、単語の記憶を補助することを提案し、デバイスを開発、さらに本デバイスを用いた訓練手法を提案した。本研究は従来運動教示[6]やナビゲーション[7]に利用されていた触覚提示を一般の学習に利用する試みであるといえる。今後は提案した触覚提示デバイスおよび訓練手法の効果を、長期的・短期的記憶の観点から評価していく予定である。

参考文献

- [1] Rebecca Oxford, David Crookall: Vocabulary Learning: A Critical Analysis of Techniques, TECL CANADA JOURNAL/REVUE TESL DU CANADA, VOL.7, NO.2, MARCH 1990.
- [2] Hristo Bojinov, Dan Boneh, Daniel Sanchez, Paul Reber, Patrick Lincoln: Neuroscience Meets Cryptography, USENIX Security 2012.
- [3] Kevin Huang, Ellen Yi-Luen Do, Thad Starner: PianoTouch, ISWC 2008, 12th IEEE International Symposium on Wearable Computers, ISWC, pp 41-44, Sep 28 - Oct 1, 2008.
- [4] 山川隼平, 野嶋琢也: 視聴覚障害者のための双方向指点球デバイスの開発, 第 15 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2011.
- [5] T. Amemiya, J. Yamashita, K. Hirota, M. Hirose: "Virtual Leading Blocks for the Deaf-Blind: A Real-Time Way-Finder by Verbal-Nonverbal Hybrid Interface and High-Density RFID Tag Space", In Proc. of IEEE Virtual Reality Conference 2004, pp.165-172, 2004.
- [6] Janet van der Linden, Rose Johnson, Jon Bird, Yvonne Rogers, Erwin Schoonderwaldt: Buzzing to Play: Lessons Learned From an In the Wild Study of Real-time Vibrotactile Feedback, CHI 2011, May 7-12, 2011.
- [7] 塚田浩二, 安村通晃: 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, Nov. 2003