

感圧センサを用いた手袋型入力デバイスの開発と入力速度の評価

Development of glove based input device using pressure sensors and evaluation of input speed

小林 誠

Makoto Kobayashi

岡山大学 阿部研究室

Abe Laboratory, Okayama University

概要 本研究では、感圧センサを用いた手袋型入力デバイスを開発した。デバイスの特徴は、太ももや膝の上でも入力しやすくなるよう、入力をおこなう部分に感圧センサを使用している点である。評価実験として、QWERTY キーボードと開発したデバイスの2つで入力速度の評価をおこない、比較した。実験結果から、タッチタイピングができる人は、座位、立位において普段の入力速度の55%以上の速度で入力できることがわかった。

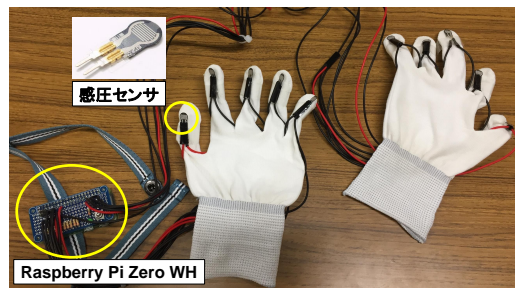


図1: 開発した入力デバイス

1 はじめに

本論文では、感圧センサを用いた手袋型入力デバイスの開発と入力速度の評価について報告する。このデバイスは喉頭摘出や舌摘出などにより、十分に対話がおこなえない方のための会話支援システムにおいて、ユーザが話したい言葉を入力するときを使用する。このシステムが目指しているのは、座っているときだけでなく、例えば屋外で歩きながらでも使用できるような場所を選ばない利用が可能なシステムである。入力をおこなう際にデバイスの方を見る必要があると、歩きながら利用するときには事故を起こす可能性がある。近年はスマートフォンが普及し、タッチスクリーン上のソフトウェアキーボードを使用して文字を入力する方法があるが、スマートフォンを見ながら入力する必要があり、歩きながら使用することで事故が発生していることが報告されている [1]。歩きながらの利用も想定している会話支援システムにおける入力デバイスとしては、デバイスの方を見なくても入力できるようにする必要がある。デバイスを見ずに入力する方法としては、QWERTY キーボードのタッチタイピングが挙げられるが、キーボードは物理的なサイズが大きいためそのまま外に持ち運ぶのは不便であるという欠点がある。また、一般的にキーボードは机などの上に置いて利用するため、外に持って出たとしても歩きながらの入力は困難であると考えられる。

本研究では、場所を選ばない利用が可能な手袋型入力デバイスを開発した。入力方式としては、デバイスの方を見なくても入力できるように QWERTY キーボードのタッチタイピングと同じ指の動きで入力できるものになっている。デバイスを見ずに入力することにより、歩きながらでも使用できるという利点があることに加

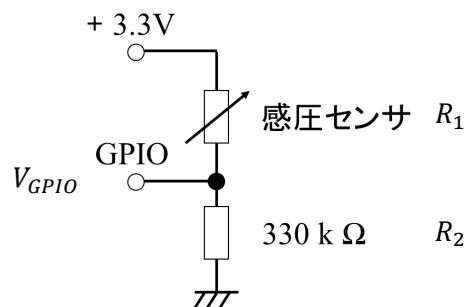


図2: 回路図

え、タッチタイピングができる人にとっては、新たに入力方式を覚える必要がなく、習得が容易になると考えられる。また、入力をおこなう部分に感圧センサを使用しており太ももや膝の上でも軽いタップで入力できるようになっている。

2 手袋型入力デバイス

2.1 構成

開発した手袋型入力デバイスを図1に示す。入力をおこなう部分に使用している感圧センサは、加える圧力によって抵抗値が変化する可変抵抗である。親指以外は指の腹に取り付けているが、親指に関しては机や体で入力する際に指の側面が触れるため、側面に取り付けている。感圧センサが押されていない状態 (0) から押されている状態 (1) の変化を読み取ることで入力の検知をおこなう。入力の感度を決めているのは、図2に示す回路図の R_2 の値である。本研究では R_2 の値を $330k\Omega$ に固定している。これは、筆者自身が数種類の抵抗値を試し、机の上や体の上で軽いタップで入力できていると感じたものにした。

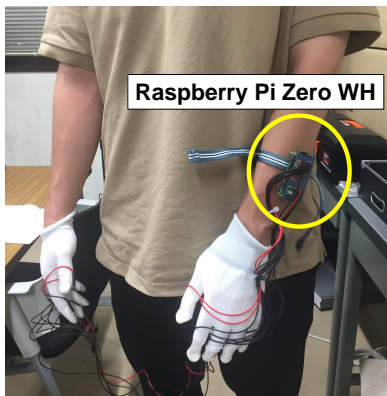


図 3: デバイスを装着した状態

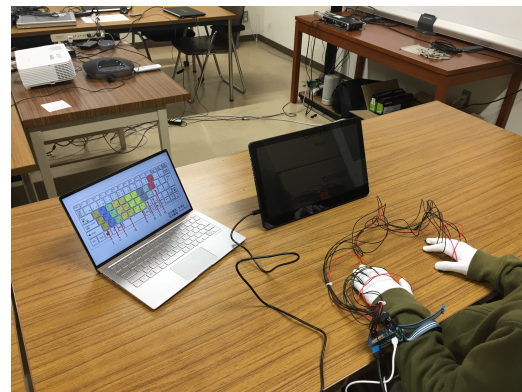


図 5: 座位 (机) の評価実験の様子

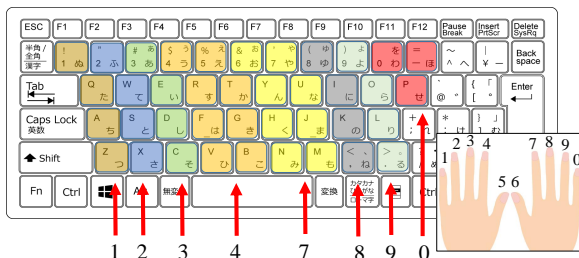


図 4: 各指の割り当て

デバイスを装着している様子を図 3 に示す。左腕に装着している Raspberry Pi Zero WH が入力を受け取る。

2.2 入力方式

入力方式としては、QWERTY キーボードのタッチタイピングの指の割り当てを参考にし、1つの指に複数のアルファベット・数字を割り当てている。各指の割り当てを図 4 に示す。左手の小指から順に 1 から番号を振っている。親指にあたる 5,6 番について、5 番には入力を消去する back space キー、6 番には入力を終えたことを知らせる enter キーを割り当てている。1つの指に複数のキーを割り当てているため、入力には曖昧性がある。デバイスからの入力を文章に変換する処理は、渡辺ら [2] が提案しているニューラル機械翻訳を使用する。渡辺らは、十指に装着するウェアラブルデバイスの各指から得られる情報を基にして、文章を推定する方法を提案している。

3 評価実験

3.1 評価実験の概要

タッチタイピングのできる学生 7 名と、タッチタイピングできない学生 3 名の計 10 名を対象とした入力速度の評価実験をおこなった。実験としては、ディスプレイに表示される英文を入力していき、15 文を正確に入力し終えた時点で、入力速度を評価する。入力速度の評価指標は、1 分間あたりの入力単語数 WPM (Words

Per Minute) とした。WPM は式 (1) で計算する。

$$\frac{15 \text{ 文中に現れる単語の総数 [単語数]}}{15 \text{ 文正確に入力するのにかかった時間 [分]}} \quad (1)$$

問題文として使用した英文は、映画と TV 番組の字幕データから構成されている日英対訳データ JESC (Japanese-English Subtitle Corpus)[3] から抽出している。

本実験では、開発した入力デバイスに加えて、QWERTY キーボードを使用したときの入力速度も評価している。これは、開発した入力デバイスの入力速度と、QWERTY キーボードの入力速度を比較し、普段の入力速度の何 % を達成できているのかを検証するためである。本研究のデバイスと同様に、1つのキーに複数のアルファベットを割り当てている stick keyboard[4] では、普段の入力速度の 50 % 程度を達成していることが示されている。

3.2 評価実験の構成

評価実験は、以下の試行から構成されている。

1. QWERTY キーボードでの評価
2. 開発したデバイスでの評価
 - (a) 座った状態で机の上で入力
 - (b) 座った状態で体の上で入力
 - (c) 立った状態で体の上で入力
 - (d) 歩きながら体の上で入力

開発した入力デバイスを用いた評価では、上記 (a)~(d) の 4 パターンとした。開発したデバイスを用いて評価をおこなう前は、文の入力練習はしないが、どれくらいの力で入力ができるのかを確かめてもらっている。実験の様子を図 5 に示す。タッチタイピングの指の割り当て図は、タッチタイピングができる人も、わからなくなった場合は見ても良いことにした。歩行の評価はスクリーンに画面を映し、その前を歩いてもらいながら実験をおこなった。

表 1: タッチタイピングできる実験参加者の入力速度 (WPM) の評価. 座位 (机), 座位 (体), 立位, 歩行に関しては, 入力速度に加えキーボードの入力速度の何 % の速度であるのかを示している.

参加者	キーボード	座位 (机)	座位 (体)	立位	歩行
A	50.1	24.3, 48.5 %	12.2, 24.4 %	19.5, 38.9 %	7.3, 14.6 %
B	40.5	22.0, 54.3 %	20.8, 51.4 %	20.5, 50.6 %	24.0, 59.3 %
C	39.4	11.0, 28.0 %	13.5, 34.3 %	17.9, 45.4 %	16.3, 41.4 %
D	29.6	23.8, 80.4 %	23.7, 80.1 %	20.0, 67.6 %	17.0, 57.4 %
E	29.1	16.3, 56.0 %	18.0, 61.9 %	18.4, 63.2 %	12.5, 43.0 %
F	26.6	18.4, 69.2 %	18.4, 69.2 %	16.7, 62.9 %	8.8, 33.1 %
G	25.0	15.8, 63.2 %	18.0, 72.0 %	14.8, 59.2 %	7.6, 30.4 %
平均	34.3	18.8, 57.1 %	17.8, 56.2 %	18.2, 55.4 %	13.4, 40.0 %

表 2: タッチタイピングできない実験参加者の入力速度 (WPM) の評価

参加者	キーボード	座位 (机)	座位 (体)	立位	歩行
H	24.7	8.2, 33.2 %	9.1, 36.8 %	9.3, 37.7 %	9.8, 39.7 %
I	23.7	10.8, 45.6 %	9.2, 38.8 %	6.4, 27.0 %	8.1, 34.2 %
J	20.8	10.2, 49.0 %	8.4, 40.4 %	9.5, 45.7 %	7.1, 34.1 %
平均	23.1	9.7, 42.6 %	8.9, 38.7 %	8.4, 36.8 %	8.3, 36.0 %

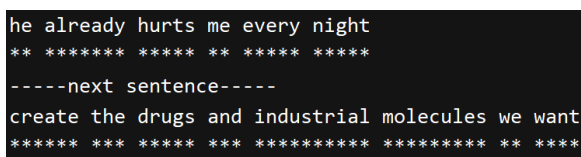


図 6: 実験中の画面表示

3.3 実験中の画面表示

英文は 1 文ずつ表示し, 文中の全ての単語が正しく入力されると次の英文を表示するようにした. 単語ごとに正解かどうかの判定をおこない, 正解するまで次の単語に進めないようにしている. 開発したデバイスを使用するときは, 1 つ単語を入力するごとに enter キーを押してもらい, 押された時点で正解かどうかを判定する. 入力がおこなわれる度にアスタリスク (*) を 1 つ表示するようにしており, 実験参加者はどこまで入力できているのかを確認することができる. 実験参加者に見せている画面を図 6 に示す.

3.4 実験結果

入力速度の評価結果を表 1 と表 2 に示す. 表 1 から, タッチタイピングができる人に関しては, 歩行以外はキーボードの入力速度の 55% 以上を達成できていることがわかる. また, 表 2 から, タッチタイピングできない参加者はどの試行もキーボードの入力速度の 50% に達していないことがわかる. タッチタイピングがで

きない人は, 各指の割り当て図を見ながらゆっくり入力することにより, 入力速度が低くなると考えられる.

3.4.1 歩行時の入力速度

歩行時の入力に関しては, 表 1 からタッチタイピングできる実験参加者についても入力速度が低く, 参加者 B, D 以外はキーボードの入力速度の 50% に届いていないことがわかる. 体の上での入力であることに加え, 動きながらの入力となり, 普段キーボードで入力する時と入力環境がかなり異なることから速く入力できていないと考えられる. 歩きながらの入力は慣れるためにまとまった練習時間が必要だと考えられる.

3.4.2 入力する場所の比較

実験後のアンケートで, 机の上と体の上のどちらの方が入力しやすかったか回答してもらった. その結果, 10 名中 7 名が体の方が入力しやすかったと回答した. 感圧センサを使用したのは, 立っているときや歩いているときに体のような柔らかい面でも軽いタップで入力できることを期待したからである. このアンケート結果から体の上でも入力しやすいデバイスになると考えられる. ただ, 表 1, 表 2 から, 実験参加者 10 名中 5 名は机の上での入力速度が高くなっていることがわかる. 机の方が入力しやすいと回答した参加者の意見として「普段の入力環境と同じような感じだから」という回答があった. 普段のキーボード入力, タッチタイピングの指の使い方を意識しやすかったのが机の

上での入力であるため、体の上での入力よりも速度が高くなる場合があったと考えられる。

3.5 議論

他の手袋型入力デバイスと入力速度を比較する。Slater ら [5] は、手袋型のウェアラブル入力デバイス Chording Glove を開発している。このデバイスは、各指に取り付けられているボタンを特定のコマンドで同時押しすることにより入力をおこなう。Chording Glove はおよそ 80 分間の入力練習をおこなった後の入力速度が平均で 8.9 WPM となっていることが示されている。表 1 を見てみると、開発したデバイスでは、どの試行でも平均で 8.9 WPM を超えていることがわかる。また、Chording Glove を使用して 10 セッション (1 セッション約 50 分) 終えたときの平均の入力速度は 16.8 WPM となっている。表 1 から、歩行以外は平均で 16.8 WPM を超えていることがわかる。

コマンド入力は指の組み合わせと文字の対応を覚える必要があるため習熟コストが高くなり、初心者は速く入力できないと考えられる。今回開発したデバイスは QWERTY キーボードのタッチタイピングを参考にしたデバイスであるため初心者でも入力速度が速く、習得コストが低くなっていることがわかる。

4 まとめ

本論文では、感圧センサを用いたウェアラブル入力デバイスの開発と入力速度の評価をおこなった。実験結果から、タッチタイピングができれば座位、立位に関しては QWERTY キーボードの入力速度の 55 % 以上を達成できていることがわかった。歩行に関しては、座位、立位と比較すると入力速度が低くなっており、入力練習が必要であると考えられる。今後、歩行について、入力練習 → 入力速度評価というセッションを繰り返すことで、どれくらい入力速度が伸びていくのかを評価していく。

参考文献

- [1] 東京消防庁, “歩きスマホ等に係る事故に注意,” <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/life/topics/201602/mobile.html>, 2016.
- [2] 渡辺淳, 原直, 阿部匡伸他, “ウェアラブルデバイスによる曖昧な入力からのニューラル機械翻訳を用いた日本語文章推定方式,” 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), vol. 2020, no. 7, pp. 1–7, 2020.
- [3] R. Pryzant, Y. Chung, D. Jurafsky, and D. Britz, “JESC: Japanese-English Subtitle Corpus,” Language Resources and Evaluation Conference (LREC), 2018.
- [4] N. Green, J. Kruger, C. Faldu, and R. St Amant, “A reduced qwerty keyboard for mobile text en-

try,” CHI’04 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 1429–1432, 2004.

- [5] R. Rosenberg, and M. Slater, “The chording glove: a glove-based text input device,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), vol. 29, no. 2, pp. 186–191, 1999.
- [6] P.J. McAlindon, and K.M. Stanney, “The key-bowl: An ergonomically designed document processing device,” Proceedings of the second annual ACM conference on Assistive technologies, pp. 86–93, 1996.
- [7] E. Matias, I.S. MacKenzie, and W. Buxton, “Half-qwerty: A one-handed keyboard facilitating skill transfer from qwerty,” Proceedings of the INTERACT’93 and CHI’93 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 88–94, 1993.