

指節を用いた盲ろう者向け出力デバイスの最適な刺激時間の検討

中村圭吾¹ 中村喜宏¹

概要: 我々は、盲ろう者を対象としたコミュニケーションエイドとして、片手の12個の指節に取り付けた振動モーターによって出力をおこなう方式を提案した。提案方式は従来技術に比べて刺激位置の数が2倍となるため、同時に複数個所の振動を感知する必要がなく、より容易な認識ができる可能性がある。しかし、以前の実験では、振動モーターの刺激時間の検討が十分ではなかったため、本研究では、複数の刺激時間パターンを用意して、実験により最適な刺激時間パターンを明らかにした。

キーワード: 盲ろう者, コミュニケーションエイド, 振動

Optimal stimulation duration of output devices for the deaf blind people using vibration motor attached to each phalanx

KEIGO NAKAMURA^{†1} YOSHIHIRO NAKAMURA^{†1}

Abstract: We have proposed a communication aid for the deaf blind that uses a vibration motor attached to each of the 12 phalanges of one hand. The proposed system has twice as many stimulation positions as the conventional system. The proposed method doubles the number of stimulus locations compared to the conventional method, thus eliminating the need to detect vibrations at multiple locations at the same time, which may facilitate recognition. However, in the previous experiments, the stimulation time of the vibration motor was not fully investigated. In this study, we prepared several stimulation time patterns and tried to find the most suitable one. In this study, we prepared several stimulation time patterns and clarified the optimal stimulation time pattern by experiments.

Keywords: Deaf-blind person, Communication aid, Vibration

1. はじめに

盲ろう者とは、視覚と聴覚の両方に障害を併せ持つ人の事を指す。盲ろう者の人口は、日本全国に盲ろう者は2万3200人程ほどいると推計されている。また、現在の日本は超高齢化社会であるため、今後盲ろう者の数はより増えていくと考えられる。また、盲ろう者は障害の程度によって「全盲ろう」、「盲難聴」、「弱視難聴」、「弱視ろう」の4つに分類され、これらすべてを含めて盲ろうといわれている。

盲ろう者は視覚障害と聴覚・言語障害という人間の主要な2つの感覚機能に障害を併せ持つため、コミュニケーションをとる時、情報の入手、移動する時、など様々な場面で困難が生じる[1]。現在、盲ろう者とのコミュニケーションには、代表的なものとして話し手が手話を表し、盲ろう者がその手に触れて伝える触手話、盲ろう者の指を点字タイプライターの6つのキーに見立てて、左右の人差し指から薬指までの6指に直接打つ指点字、盲ろう者の手のひらに指先等でひらがなやカタカナ、漢字等を書いて言葉を伝える手書き文字、残った視力や触れて読み取る

アメリカ式アルファベット指文字や日本語式指文字などが用いられている[2]。これらの方法は、双方にコミュニケーション方法の習得が必要となるものが多い。また、昨今の新型コロナウイルス感染症の影響により接触を避ける行動が求められるため、盲ろう者にとって重要な意思疎通の手段である、触れ合っておこなうコミュニケーションが積極的におこなえない状況となっている。

現在、盲ろう者用コミュニケーション機器は、いくつか存在している。

アメリカでは1970年頃からTDD(telecommunications device for the deaf)という聴覚障害者用の電話機が普及している[3]。TDDとはタイプライターもしくはパソコンと電話のモデムが1つになった機器のことである。使い方はタイプライターのキーボードの上に受話器をはめ込み、そして電話番号を押して相手呼び出し、それからタイピングによってメッセージを送ると相手のTDDのモニターにメッセージが表示される。そのメッセージを読み取ることによって、互いにコミュニケーションをとることができる機器となっている。これは双方向にコミュニケーションがとれるため、聴覚障害・言語障害を持つ人にとって有用な

¹ 日本大学大学院生産工学研究科
Graduate School of Industrial Technology Nihon University
Narashino, Chiba 275-8575, Japan

機器となっている。

また盲ろう者の場合、TDD に追加で出力用の点字ペンディスプレイを接続することによってコミュニケーションをとることができる。TDD をお互いに持っているユーザの間でしか基本的に会話はできないが、TDD と通常の電話機を使用している人の会話を取り持つサービスなども存在しているため、TDD を持っていない場合でもコミュニケーションをとることができる。

また日本においては、2013 年 9 月から手話通訳者などがオペレーターとして聴覚や発話に障害を持つ人による手話・文字を通訳し、電話をかけることによって、聴覚や発話に障害のある人と耳の聞こえる人のコミュニケーションを仲介することで支障を解決する「電話リレーサービス」というサービスが存在する。このサービスは自分で電話をかけて双方向でやり取りができ、毎日 24 時間、365 日利用できる。電話リレーサービスは 2021 年 7 月から正式に開始され、オペレーターの数および、利用登録者が 2013 年に比べて増えており、聴覚障害・言語障害を持つ人にとって、有用なサービスとなっている。しかし視覚障害があり、文字の読み取りなどが困難な人には利用することができないため、あまり有用であるとはいえない。またスマートフォンや PC にアプリケーションやソフトを入れて利用するため、スマートフォンや PC の操作に慣れていない高齢者の方には少し敷居が高いと考えられる。

次に左右の手の指先に取り付けた 6 個の振動モーターによって指点字を伝える出力方式があるが、健常者側に指点字の習得が必要である点や同時に複数指の振動を感知する必要があり、認識に慣れが必要である [4][5]。

本研究では、盲ろう者を対象としたコミュニケーションエイドとして、片手の 12 個の指節に取り付けた振動モーターによって出力をおこなう新しい出力方式を提案する。本研究は検出位置の数が指点字出力方式に比べて 2 倍となっている。また、同時に複数個所の振動を感知する必要がなく、より効率的に認識ができる可能性がある。また、直接手を触れあってコミュニケーションをとらないため、新型コロナウイルス感染症における感染対策としても有用である可能性がある。実験により提案方式の可能性を評価した。

2. 提案方式の概要

本研究では、左手の親指を除く 4 本の指の各指節に振動モーター付きのマジックテープを装着し実験をおこなった。提案方式の装着例は図 1 に示した。また、提案方式には手動モードと自動モードがある。手動モードの場合は、出力キーの割り当てに対応したタクトスイッチを押すことによって振動モーターを振動させて、出力をおこなうことができる。自動モードの場合は、プログラムを実行し、シリ

アルモニターに数字等を入力すると、その数字に対応した箇所の振動モーターが振動し、出力をおこなうことができる。



図 1 装着例

Fig. 1 Example of install.

指の付け根から、1 つ目の節を基節、2 つ目の節を中節、3 つ目の節を末節と呼ぶ。

図 2 に示すように、各指節に 0~9 および a, b の文字を割り当て、出力実験での出力文字とした。

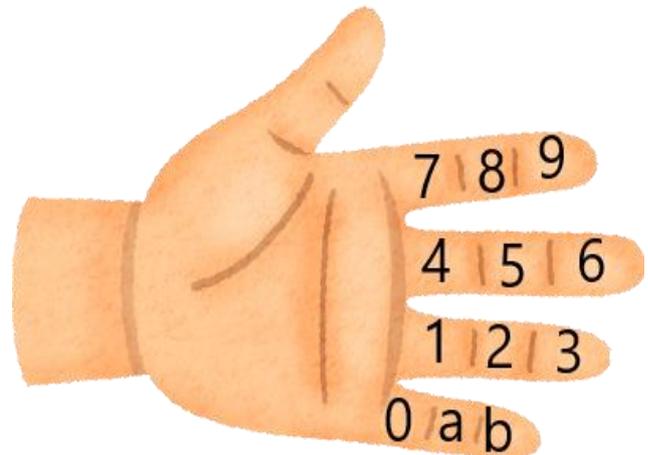


図 2 出力キー割り当て

Fig. 2 Output key assignments.

3. 提案方式の評価実験

提案する出力方式では、振動モーター以外にも振動ピンや電気刺激などによる出力方法が考えられたが、本研究では振動モーターによる出力を用いた。振動モーターを用いる利点としては、比較的安価で大量に手に入り、取り扱いが簡易であるといった点が挙げられる。振動モーターは uxe11 製の振動モーター 1020 モデルと 0408 モデルを使用し、振動モーターの制御に Arduino Due を使用し評価実験をおこなった。

3.1 予備実験

提案方式において、各指節で振動の区別がつかうかどうか評価するために、以前に 3 種類の実験をおこなった。また提案方式の有意性を検証するために、指点字方式での比較

実験をおこなった. [6]

3種類の予備実験と比較実験を以下に示す.

- (1) 数字の出力を想定して各指節を1回, 一定時間振動させて図2で割り当てた数字で答えてもらう. 以後この方式をシングルタップ方式と呼ぶ.
- (2) ポケベル方式(2キー入力によるかな文字の入力)を想定して異なる指節をランダムに2回連続して一定時間振動させて, 図2で割り当てた数字の中からどの数字が振動したかを振動した順に答えてもらう. 以後この方式をツータップ方式と呼ぶ.
- (3) トグル入力によるかな文字出力を想定して一つの指節を連続して2~5回(シングルタップ方式の実験でおこなった1回振動を除く), 一定時間振動させることで, 図2に割り当てた数字の中からどの数字が何回振動したかを答えてもらう. 以後この方式をマルチタップ方式と呼ぶ.
- (4) パーキンス式指點字による文字出力を想定して実験をおこなった. この方式では, 図3のパーキンス式指點字の配列を参考にし, 図4に示す文字割り当てを指點字方式での出力文字とした. 両手の人差し指, 中指, 薬指に振動を1~6個のモーターを同時に振動させて48パターンの振動をランダムで出力をおこない, どの指が振動したかを答えてもらった. 指點字方式の実験での装着例を図5に示す.

なお, 予備実験では uxcell 製の振動モーターの1020モデルと TWTADE 製のタクトスイッチを用い, 手動モードにて実験をおこなった.

3.1.1 シングルタップ方式

シングルタップ方式の実験では, 各指節を1回だけ振動させるため, 12通りの振動パターンがある. 実験ではすべての振動パターンをランダムに2回出力した. この実験は1セッションあたり24問出題し, 2セッションおこなった.

3.1.2 ツータップ方式の実験

ツータップ方式の実験では, 実験者ごとに24種類のランダムに選ばれた振動パターンを用いて実験をおこなった. この実験は1セッションあたり24問出題し, 1セッションのみおこなった.

3.1.3 マルチタップ方式の実験

マルチタップ方式では, 各指節に対して5種類の振動パターンがあるため, 全部で60通りの振動パターンがある. 実験では, すべての振動パターンをランダムに出力した. この実験は1セッションあたり60問出題し, 1セッションのみおこなった.

3.1.4 指點字方式の実験

指點字方式では, 図3より48通りの振動パターンがある. 実験では1セッションあたり48問出題し, 1セッションのみおこなった.

あ	い	う	え	お
か	き	く	け	こ
さ	し	ず	せ	そ
た	ち	つ	て	と
な	に	ぬ	ね	の
は	ひ	ふ	へ	ほ
ま	み	む	め	も
や		ゆ		よ
ら	り	る	れ	ろ
わ	を	ん	っ(促音)	ー(長音)

図3 パーキンス式指點字配列

Fig. 3 Perkins finger Braille alignment.

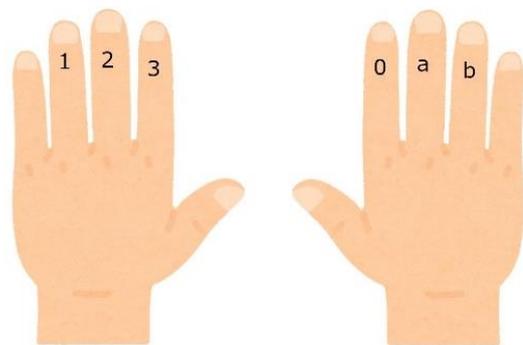


図4 指點字方式の文字割り当て

Fig. 4 Character assignment for finger Braille system.



図5 指點字方式の装着例

Fig. 5 Example of finger Braille system installation.

3.1.5 実験手順

実験協力者には, まず提案方式での実験の場合は図2, 指點字方式での実験の場合は図4の出力文字の割り当てを説明した. 次に, 提案方式における実験の場合0~9およびa, bを, 指點字方式の場合は0~3およびa, bを一通り振動させて, 判別の難しい指節がない事を確認した. その後, 目を閉じて見えない状態で, シングルタップ方式の実験を

おこない、次にツータップ方式、マルチタップ方式、指点字方式の順で、実験をおこなった。なお各実験の間に5分程度の休息を挟み、実験中に出力文字の割り当てが分からず答えられなかった場合は、目を開けてもらい、モニターに表示した図2および図4の出力文字の割り当てを見て答えてもらった。

3.1.6 実験協力者

予備実験及び比較実験には21歳から54歳の男性5名(A, B, C, D, E)に協力してもらった。

3.1.7 シングルタップ方式の実験結果

シングルタップ方式における実験のセッション1の認識率とセッション2の認識率を図6に示す

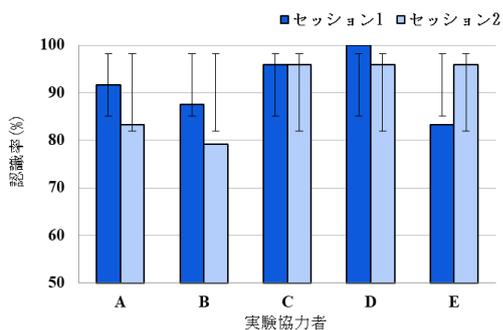


図6 シングルタップ方式の認識率

Fig. 6 Recognition rate of single-tap method.

シングルタップ方式における認識率は、最大で100%、最小で79.17%、実験全体の認識率の平均は90.83%となった。

3.1.8 ツータップ方式、マルチタップ方式の実験結果

ツータップ方式における実験の認識率とマルチタップ方式における実験の認識率を図7に示す。

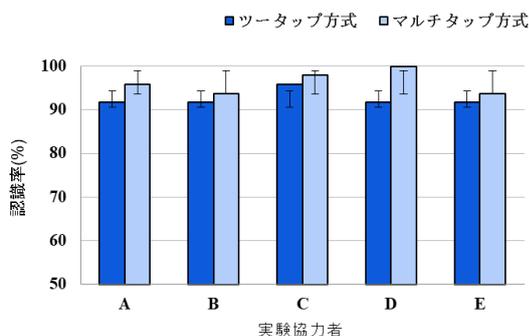


図7 ツータップ方式、マルチタップ方式の認識率

Fig. 7 Recognition rate of two-tap and multi-tap methods.

ツータップ方式における認識率は、最大で95.83%、最小で91.67%、実験全体における認識率の平均は92.50%となった。マルチタップ方式における認識率は、最大で100.00%、最小で93.75%、実験全体における認識率の平均は96.25%となった。

3.1.9 指点字方式の実験結果

指点字方式における実験の認識率を図8に示す。

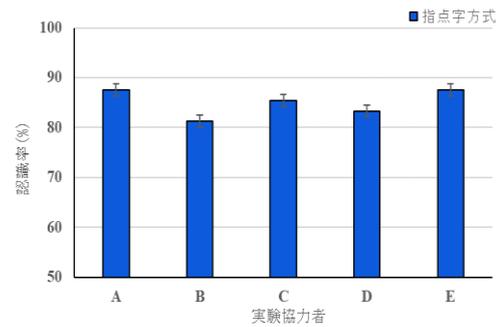


図8 指点字方式の認識率

Fig. 8 Recognition rate of finger Braille system.

指点字方式における認識率は、最大で87.50%、最小で81.25%、実験全体における認識率の平均は84.37%となった。

3.1.10 t検定

提案方式と指点字方式の認識率に有意差があるか有意水準5%で片側t検定をおこなったところ、 $t(4) = 6.19$, $p = 0.00 < 0.05$ で有意差が認められた。結果、提案方式は指点字方式に比べて認識率が高いことが示された。

3.1.11 考察

提案方式における予備実験では平均認識率がすべて90%を超えた。また比較実験でおこなった指点字方式における認識率では、最大で87%、実験全体における認識率の平均は84.37%となった。これより、同時に複数個所の振動を感知するより、1ヶ所に複数回の振動を与える方が容易に認識できたことがわかる。しかし、指点字方式では、1文字を出力するためには振動を1回の振動でよいが、提案方式の場合、1文字を出力するために、最大で5回の振動が必要であるため、出力に時間がかかってしまう問題がある。よって、提案方式における振動時間と振動間隔時間を短くする必要がある。提案方式は指点字方式に比べて認識率が有意であった。そのため、振動モーターの振動時間や振動間隔時間の最適な条件を設定することで高い認識率を維持しつつ、出力時間を短縮することでより有用な方式となる。本実験ではArduino Dueを用いプログラムによって振動モーターの振動時間と振動休止時間を制御し、評価した。

3.2 本実験

本実験は、提案方式における振動モーターの振動時間や振動間隔時間の最適な条件を評価するために図9の振動パターンで実験をおこなった。

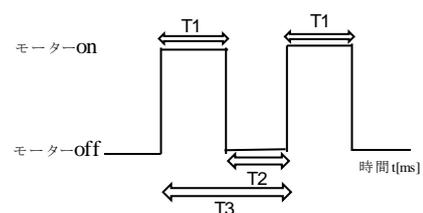


図9 振動パターン

Fig. 9 Vibration pattern

モーターを on にしている時間を T1, モーターを off にしている時間を T2, T1 と T2 の合計である振動合計時間を T3 とした. そして振動時間 T1 は, 70, 100, 200, 400 [ms] の 4 パターン, 振動間隔時間 T2 は 70, 100, 200 [ms] の 3 パターンを用意し, それぞれの組み合わせで計 12 通りの振動を用意し, マルチタップ方式のみ実験をおこなった. 本実験は, 各指節に対して 1~5 回の振動があるため, 全部で 60 通りの振動パターンがある. 実験では, すべての振動パターンをランダムに出力した. この実験は 1 セッションあたり 60 問出題し, 1 セッションのみおこない, 振動時間 T1 と振動間隔時間 T2 の組み合わせの 12 通りでそれぞれ実験をおこなった. なお本実験では, uxcell 製の振動モーターの 0408 モデルを用い, 自動モードでおこなった.

3.2.1 実験手順

実験協力者には, まず図 2 を見てもらい出力文字の割り当てを説明した. 次に, 提案方式での実験の場合 0~9 および a, b を一通り振動させて, 判別の難しい指節がない事を確認し実験を始めた. また本実験では振動時間 T1 と振動間隔時間 T2 の値が大きなものから実験を始めた. なお各実験を始める前に振動に慣れてもらうために, 10 分程度の練習時間と各実験の間には 5 分程度の休息を設けた. また実験中, 出力文字の割り当てが分からず答えられなかった場合は, 目を開けてもらい, モニターに表示した図 2 の出力文字の割り当てを見て答えてもらった.

3.2.2 実験協力者

本実験には 22 歳から 24 歳の男性 5 名(A, B, C, D, E) に協力してもらった.

3.2.3 実験結果と考察

各実験における実験者のすべての認識率を振動パターンごとに平均したものを表 1 に示す.

表 1 本実験の平均認識率

Table 1 Average recognition rate in this experiment

		T1			
		70ms	100ms	200ms	400ms
T 2	70ms	80.67	93.00	95.67	97.33
	100ms	87.33	98.67	98.33	99.67
	200ms	95.33	97.67	98.00	99.00

実験結果より, 振動合計時間 $T3 \geq 200$ の組み合わせで, 認識率が 95% を上回り, $T3 < 200$ の組み合わせでは大幅に認識率が低下していることが表 1 からわかる.

次に振動時間 T1 ごとに実験結果をまとめた. T1=400 [ms] の実験結果を図 10, 振動時間 T1=200 [ms] の実験結果を図 11, 振動時間 T1=100 [ms] の実験結果を図 12, 振動時間 T1=70 [ms] の実験結果を図 13 に示す.

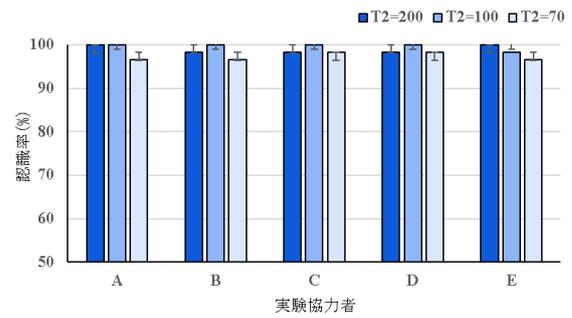


図 10 実験結果(T1=400 [ms])

Fig. 10 Experimental results (T1=400 [ms]).

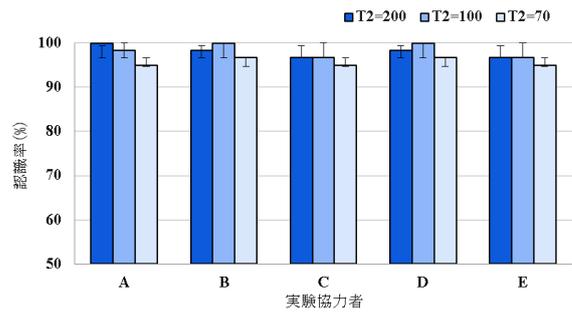


図 11 実験結果(T1=200 [ms])

Fig. 11 Experimental results (T1=200 [ms]).

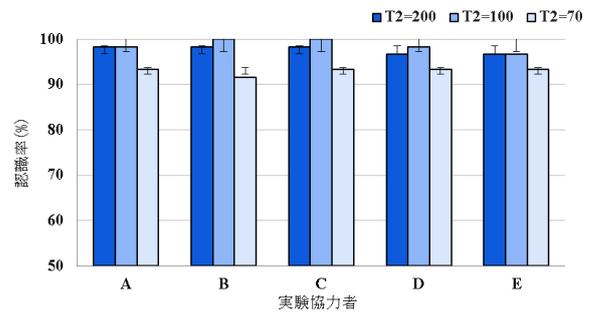


図 12 実験結果(T1=100 [ms])

Fig. 12 Experimental results (T1=100 [ms]).

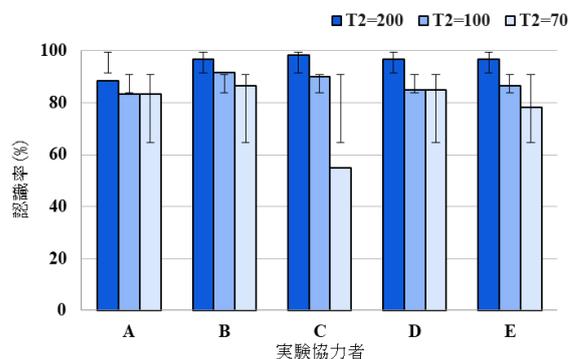


図 13 実験結果(T1=70 [ms])

Fig. 13 Experimental results (T1=70 [ms]).

		認識された指節															
		人差し指			中指			薬指			小指						
正しい指節	人差し指	基節	100.00	0.00	0.00	基節	0.00	0.00	0.00	基節	0.00	0.00	0.00	基節	0.00	0.00	0.00
		中節	0.00	100.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00
		末節	0.00	0.00	100.00	末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	0.00
	中指	基節	0.00	0.00	0.00	基節	80.00	17.78	0.00	基節	2.22	0.00	0.00	基節	0.00	0.00	0.00
		中節	0.00	0.00	0.00	中節	15.50	84.40	0.00	中節	0.00	0.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00
		末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	6.67	93.30	末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	0.00
	薬指	基節	0.00	0.00	0.00	基節	2.22	0.00	0.00	基節	84.40	11.11	0.00	基節	2.22	0.00	0.00
		中節	0.00	0.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00	中節	4.44	95.60	0.00	中節	0.00	0.00	0.00
		末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	100.00	末節	0.00	0.00	0.00
	小指	基節	0.00	0.00	0.00	基節	0.00	0.00	0.00	基節	2.22	0.00	0.00	基節	93.30	4.44	0.00
		中節	0.00	0.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00	中節	0.00	0.00	0.00	中節	4.44	88.89	6.67
		末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	0.00	末節	0.00	0.00	0.00	末節	4.44	2.22	93.30

図 14 指節の誤認識の混同行列

Fig. 14 Confusion matrix for misidentification of phalanx.

(1) 振動時間 T1=400

振動間隔時間 T2=200 の場合、認識率は最大で 100%、最小で 98.33%という結果となった。振動間隔時間 T2=100 の時に認識率は最大で 100%、最小で 98.33%という結果となった。振動間隔時間 T2=70 の時に認識率は最大で 98.33%、最小で 96.66%という結果となった。

(2) 振動時間 T1=200

振動間隔時間 T2=200 の場合、認識率は最大で 100%、最小で 98.33%という結果となった。振動間隔時間 T2=100 の場合、認識率は最大で 100%、最小で 96.66%という結果となった。振動間隔時間 T2=70 の場合、認識率は最大で 96.66%、最小で 95.00%という結果となった。

(3) 振動時間 T1=100

振動間隔時間 T2=200 の場合、認識率は最大で 98.33%、最小で 96.66%という結果となった。振動間隔時間 T2=100 の場合、認識率は最大で 100%、最小で 96.66%という結果となった。振動時間 T1=100、振動間隔時間 T2=70 の場合、認識率は最大で 93.33%、最小で 91.66%という結果となった。

(4) 振動時間 T1=70

振動間隔時間 T2=200 の場合、認識率は最大で 91.66%、最小で 88.33%という結果となった。振動間隔時間 T2=100 の場合、認識率は最大で 98.33%、最小で 83.33%という結果となった。振動間隔時間 T2=70 の場合、認識率は最大で 86.66%、最小で 55.00%という結果となった。

平均認識率が特に低い結果となった振動時間 T1 と振動間隔時間 T2 の組み合わせ 3 パターン(70, 70), (70, 100), (100,70)の実験結果を用いて、指節の誤認識の混同行列を作成した。3 パターンの実験における、問題の総数は 900 問

となっており、誤認識の総数は 122 問となっている。そのうち 71.31%が振動回数の誤認識となっており、28.69%が指節の誤認識となっている。作成した混同行列を図 14 に示す。なお、この混同行列では振動の回数の誤認識を間違いとは扱わず、指節の誤認識のみを間違いとして扱った。

指節の誤認識の混同行列から、最も誤認識の多い指節は中指の基節であることがわかり、次に中指の中節、薬指の基節という結果となった。また、最も誤認識の少ない指節は人差し指の基節、中節、末節、そして薬指の末節という結果となった。

次に先ほどと同様の、実験結果を用いて、指ごとの各指節における振動回数の誤認識数について図 15 に示す。

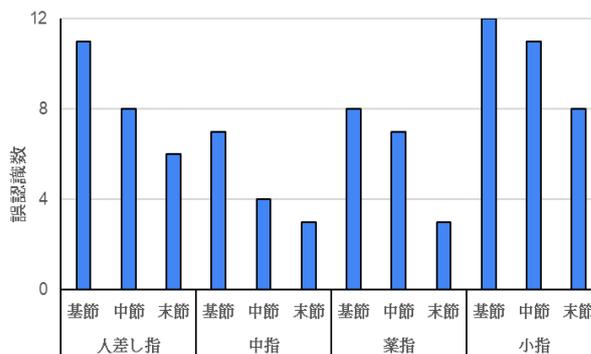


図 15 指ごとの各指節における振動回数の誤認識数

Fig. 15 Error count of the number of vibrations at each phalanx for each finger.

図 15 より、どの指においても基節の誤認識数が一番多く、末節の誤認識数が少ないという結果となった。また指ごとの誤認識数では、薬指の誤認識数が一番多く 31 回という結果となり、中指の誤認識数が一番少なく 14 回という結果となった。

次に振動回数の認識率の混同行列を図 16 に示す。振動回数の認識率の混同行列から 1 回振動は誤認識される

ことがなく、2回振動は97.30%の認識率、3回振動は93.33%、4回振動は87.22%の認識率、5回振動は73.3%の認識率という結果となった。

		認識された振動回数				
		1回振動	2回振動	3回振動	4回振動	5回振動
正しい振動回数	1回振動	100.00				
	2回振動	1.11	97.30	1.11		
	3回振動		3.88	93.33	2.77	
	4回振動			11.66	87.22	
	5回振動				26.67	73.33

図 16 振動回数の認識率の混同行列

Fig. 16 Confusion matrix of recognition rate of vibration frequency.

4. 考察

4.1 認識率

本実験の結果から、振動時間 T1 と振動間隔時間 T2 の合計である振動合計時間 T3 の値が 200 以上の組み合わせの場合、認識率が 95%を超えて、有用であると考えられる。また振動間隔時間 T3 の値が 200 未満の組み合わせでは、認識率が 95%未満という結果となったが、その理由として、振動間隔時間 T3 の値が小さくなるのに比例して、振動が off になったことを認識しづらくなり、振動が繋がって感じられるため、振動回数の認識率が低下したと考えられる。そのため、提案方式では最低でも振動間隔時間 T3 ≥ 200 の組み合わせで設定すべきであると考えられる。

4.2 誤認識について

提案方式における誤認識は指節の誤認識と振動回数の誤認識の 2 つから主に構成されている。

4.2.1 指節の誤認識

指節の誤認識の混同行列より 誤認識は同じ指内の隣接する指節に誤認識されるパターンが多く、これは出力した際に、隣接する指節に振動が伝わることによって、誤認識につながっていると考えられる。また中指の基節と薬指基節、薬指の基節と小指の基節といった隣接する別の指の基節と誤認識することもある。これは実験協力者によって指の開き具合が違うため、あまり指を開けない実験協力者の場合、別の指の基節同士のマジックテープが接触してしまい、そのため振動が伝わってしまうと考えられる。

4.2.2 振動回数の誤認識

振動回数の誤認識の混同行列より、誤認識は出力した振動回数の前後の回数となった。また 4 回振動、5 回振動において認識率が 90%以下という結果になった。これは振動回数が増えるにつれて振動が繋がって感じる度合いが大きくなっていくことが原因であると考えられる。

4.3 振動時間 T1 と振動間隔時間 T2 の最適な組み合わせ

実験結果より、提案方式では振動時間 T1 と振動間隔時間 T2 の最適な組み合わせの候補として平均認識率が 95%以上の結果となった振動合計時間 T3 ≥ 200 のものが挙げら

れる。また振動合計時間 T3 ≥ 200 の中で最も振動合計時間 T3 の値が小さいものは振動時間 T1=100、振動間隔時間 T2=100 の組み合わせである。またこの組み合わせは平均認識率が 98.67%という結果となっており、提案方式における最適な組み合わせであると考えられる。

5. おわりに

本研究では、振動時間と振動間隔時間の最適な組み合わせを検討するために実験を行った。はじめに、提案方式において各指節で振動の区別がつかどうかを評価するために予備実験をおこなった。予備実験の結果、平均認識率は 90%を超えた。よって、振動モーターの振動時間や振動間隔時間の最適な条件を設定することで高い認識率を維持しつつ、出力時間を短縮することでより有用な方式になりえると考えた。本実験の結果、振動時間 100 [ms]、振動間隔時間 100 [ms]という組み合わせが最適であった。

今後の課題として、指節の誤認識の主な要因となっていた隣接する指節に振動が伝わるという問題がある。そのため、振動モーターの出力の強さの検討が必要だと考える。比較的長めである指はこの問題は少なかったが、短い小指の場合、ほかの指に比べて振動が伝わりやすいと考えられるため、小指のみ振動を弱めた状態で使用する必要があると考えられる。また、隣接する別の指の基節に振動が伝わるという問題がある。この問題は出力デバイスに使用したマジックテープを改善することによって解決できると考えられる。出力デバイスに使用するマジックテープをより細くて薄いものに変えることによって、あまり指を開けない人でも隣接する指の基節に振動が伝わるという問題を解決できる。

また提案方式は、装着に時間が掛かってしまう問題があるため、容易に装着できるように配線の簡略化、装置の無線化などを行う必要がある。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたって、多大なるご協力をいただいた方々に謹んで感謝いたします。

7. 参考文献

- [1] “盲ろう者について知ってください:盲ろう者とは”. 東京盲ろう者友の会. http://www.tokyo-db.or.jp/?page_id=43, (参照 2021-10-2).
- [2] “盲ろう者について知ってください:コミュニケーション方法の詳細”. 東京盲ろう者友の会. http://www.tokyo-db.or.jp/?page_id=43, (参照 2020-11-2).
- [3] “ワールド・ナウ アメリカ・アメリカ:聴覚障害者へのサポート事情”. 障害保健福祉研究情報システム. https://www.dinf.ne.jp/doc/japanese/prdl/jsrd/norma/n196/n196_078.html, (参照 2021-11-25)
- [4] 永野 秀浩, 菅野 恒雄, 足原 修, 長橋 宏:振動モータによ

る盲ろう者のためのコミュニケーションエイド:振動モーターの位相制御の考察, 映像情報メディア学会, 1996, 20 巻, 46 号, pp23-28(1996)

- [5] 坂尻正次, 岡田伸一, 竹内恭彦, 富田英雄, 和田親宗 : 振動を用いた指点字呈示方式による盲ろう者用コミュニケーション支援機器の開発
- [6] 中村圭吾, 中村喜宏 : 指節に取り付けた振動モーターによる盲ろう者向け出力デバイスの検討, ヒューマンコンピュータインタラクション学会