

Tap Messenger: タップのみで コミュニケーションを行うシステムの検討

平成30年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

小林 舞子

概要

健常者や障がい者は、文字や発話、点字や手話などの手段を利用し、他者とコミュニケーションを行っている。しかし、ユーザが利用するコミュニケーション方法が、障がいの有無や種類によって相手が理解できない場合、介護者の仲介無しにコミュニケーションを行うことが困難であるという問題がある。この問題を解決するために、本研究では、指でタッチスクリーンをタップするという最低限の身体動作だけで日常生活に必要なコミュニケーションを行えるシステム Tap Messenger を提案する。このシステムでは、伝えたいメッセージを構成する各文字をひらがなで表現した場合の画数に合わせてスクリーンをタップするだけで、メッセージを文字と音で相手に伝えることが可能である。これにより、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザ間で介護者の仲介無しに共通の方法でコミュニケーションを行うことができるようになる。提案方式のプロトタイプシステムと既存システムを用いた比較実験を行なった結果、提案方式の方が少ない学習で習熟できるということが確認できた。本稿の貢献は次の通りである。

- 障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザ間でコミュニケーションを行える方式を提案したこと。
- 上記提案のプロトタイプシステムを構築し、提案方式の有効性を検証する評価実験を行ったこと。

目 次

第 1 章 序論	1
1.1 研究の背景	2
1.2 研究の目的	2
1.3 本論文の構成	2
第 2 章 障がいがある人向けの コミュニケーション支援に関する 研究事例	3
2.1 視覚障がい者を支援する研究事例	4
2.2 聴覚障がい者を支援する研究事例	5
2.3 身体障がい者を支援する研究事例	5
2.4 その他の障がい者を支援する研究事例	6
第 3 章 研究課題	7
3.1 問題の定義	8
3.2 研究課題の設定	9
第 4 章 タップのみでコミュニケーションを行う方式の提案	10
4.1 アプローチ	11
4.2 タップのみでコミュニケーションを行う方式の提案	11
第 5 章 タップのみでコミュニケーションを行うシステムの実装	13
5.1 システムの全体像	14
5.2 入力方法	16
5.3 データマッチング	18
5.3.1 ユーザ入力データと正解データの処理	18
5.3.2 類似度計算	19
5.4 出力方法	19
5.4.1 出力候補	19
第 6 章 評価実験	21
6.1 予備実験 1	22
6.1.1 実験目的	22

6.1.2 実験条件	22
6.1.3 実験手順	23
6.1.4 結果・考察	23
6.2 予備実験 2	28
6.2.1 実験目的	28
6.2.2 実験条件	28
6.2.3 実験手順	28
6.2.4 結果・考察	29
6.3 比較実験	34
6.3.1 実験目的	34
6.3.2 実験条件	34
6.3.3 実験手順	35
6.3.4 結果・考察	35
6.4 障がい者の方へのヒアリング	39
第 7 章 結論	40
謝辞	42
参考文献	44
研究業績	47

図 目 次

4.1 提案方式	12
5.1 スマートフォン画面(左：入力前，右：入力中)	14
5.2 スマートフォン画面(定型文出力後)	15
5.3 出力候補機能使用方法	20
6.1 各パターンの出力成功割合(%, N=13)	24
6.2 Q1 の回答(N=13)	26
6.3 Q2 の回答(N=13)	26
6.4 Q3 の回答(N=13)	27
6.5 Q4 の回答(N=13)	27
6.6 各パターンの出力成功割合(%, N=13)	30
6.7 Q1. 自分の思い描いた画数通りにタップ動作を行うことが容易であったか (N=13)	32
6.8 Q2. 入力したい画数を思い描くのに適切な長さのインターバルであったか (N=13)	32
6.9 Q3. インターバルの長さはコミュニケーションのテンポを妨げなかったか (N=13)	33
6.10 Q4. システムは使いやすかったか(N=13)	33
6.11 作業指示システム画面	36
6.12 10日間の入力成功定型文数(定型文数, N=10)	38
6.13 10日間の入力成功文字数(文字数, N=10)	38

表 目 次

4.1 組み合わせ例	12
5.1 入出力の実装と配慮対象者	15
5.2 50 音タップ回数表	17
5.3 タップ時間例	17
5.4 ユーザ入力データ例	18
5.5 正解データ例	19
6.1 被験者への質問一覧 1	24
6.2 各パターンのインターバルの秒数	28
6.3 被験者への質問一覧 2	29

第1章 序論

1.1 研究の背景

健常者は、視覚や聴覚を利用して、他者と文字や発話といった手段でコミュニケーションを行っている。一方、視覚や聴覚に障がいがある場合は、点字や手話といった手段でコミュニケーションを行っている。しかし、ある人が利用するコミュニケーション方法が相手の障がいの有無や種類によって相手が理解できない場合、介護者の仲介無しにコミュニケーションを行うことが困難であるという問題がある。また、後天的に視覚や聴覚に障がいを持った場合、新たなコミュニケーション方法を習得するには大きな負担がかかるという問題がある。

1.2 研究の目的

本研究では、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザ間で日常生活を送る上で最低限必要なコミュニケーションを行えるようにすることを最終的な目的とする。これを達成するために、必要最低限の学習と身体動作のみでコミュニケーションを行うことができ、かつ、特殊な機材を用いることなくユーザがシステムを使用できるようにする。本稿では、上記の条件を満たす提案方式のプロトタイプシステムの構築、および評価実験からシステムの有効性を確認することを目的とする。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。

2章では、障がい者のためのコミュニケーション支援に関する研究事例について紹介する。

3章では、障がい者が新しいコミュニケーション方式を行う際に生じる問題点について述べ、それらを踏まえたうえで本研究における課題を設定する。

4章では、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザ間で日常生活を送る上で最低限必要なコミュニケーションを行うことができる方法について検討し、タップのみでコミュニケーションを行う方式の提案を行う。

5章では、タップ動作のみで定型文の入力を行う方法やデータマッチング、出力方法など、タップのみでコミュニケーションを行う方式の実装方法について具体的に述べる。

6章では、行ったユーザ実験の目的や手順について述べ、実験結果から得られた知見についても述べる。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 障がいがある人向けの コミュニケーション支援に関する 研究事例

本章では、障がいがある人向けのコミュニケーション支援に関する研究事例について述べる。2.1節では、視覚障がい者を支援する研究事例について紹介する。2.2節では、聴覚障がい者を支援する研究事例について紹介する。2.3節では、身体障がい者を支援する研究事例について紹介する。2.4節では、その他の障がい者を支援する研究事例について紹介する。

2.1 視覚障がい者を支援する研究事例

視覚障がい者のコミュニケーションを支援する研究事例として [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8] が挙げられる。[1], [2] は、タッチスクリーン上で2段階のドラッグ操作を行うことにより、文字入力を行うシステムを提案している。ユーザは、タッチスクリーン上に指を置いてから8方向へ指をドラッグすることにより、子音を入力する。子音入力後、指を離さず、さらに8方向へ指をドラッグすることにより、母音を入力することで、文字を入力することができる。[3] は、タッチスクリーン上に配置したキーをタップすることで文字入力を行うシステムを提案している。9個のソフトウェアキーには、アルファベットがそれぞれ設定されている。ユーザは、タッチスクリーン上に配置された9個のソフトウェアキーを、入力したい文字が音声で読まれるまで連続でタップすることで、文字を入力することができる。[4] は、タッチスクリーン上でフリック動作を用いた2段階の入力をを行うことにより、文字入力を行うシステムを提案している。タッチスクリーン画面を3つに分割し、2つに子音入力スペースが、1つに母音入力スペースが設定されている。ユーザは、タップ、または、4方向へフリックを子音・母音スペース上で順番に行うこと、文字を入力することができる。[5] は、タッチスクリーン画面を分割し、タップ動作を用いた2本指で入力をを行うことにより、文字入力を行うシステムを提案している。あらかじめタッチスクリーン画面は、8つに分割され、それぞれに文字が複数設定されている。ユーザは、音で確認しながら入力したい文字が含まれている範囲を1本の指で触れ、1本目の指をタッチスクリーンに触れたまま、2本目の指でタッチスクリーン上の別の場所をタップすることで、入力したい文字が含まれている範囲を決定する。決定後、その範囲に設定された文字がタッチスクリーン画面にばらけて表示され、同様の方法で入力したい文字を決定することで文字を入力することができる。[6] は、タッチスクリーン上でドラッグ動作を用いた2本指で入力をを行うことにより、文字入力を行うシステムを提案している。ユーザは、1本目の指をタップ、または、4方向へドラッグすることによって、子音を選択し、1本目の指をタッチスクリーンに触れたまま、2本目の指をタッチスクリーン上の別の場所でタップ、または、4方向へドラッグすることによって、母音を選択することで、文字を入力することができる。[7] は、アイズフリーでの速記を目的としたフリック動作の方向で文字入力を行うシステムを提案している。ユーザがタッチスクリーンに触れた位置を中心に既存のスマートフォン用キーボードが展開され、ユーザは、子音入力と母音入力の2段階のフリック動作を行うことで、画面を視認すことなく文字を入力することができる。[8] は、フリック動作で入力する、文字入力支援用キーボードを提案している。キーボードには、両手の各指の位置に合わせて5個ずつ凹凸ができるおり、それぞれに文字が

設定されている。ユーザは、その凹凸を利用することにより、凹凸をフリックするだけで文字を入力することができる。

2.2 聴覚障がい者を支援する研究事例

聴覚障がい者のコミュニケーションを支援する研究事例として [9], [10], [11] が挙げられる。[9] は、音声のコミュニケーションが不自由な人を対象としたコミュニケーション支援システムを提案している。システムは、文字の代わりに理解しやすい絵記号を選択式で表示し、ユーザが回答すると、得られた情報を元に日本語文を生成する。[10] は、ユーザが文字を入力すると、即座に相手に送信されるシステムを提案している。システムは、ユーザが文字を入力するたびにコミュニケーション相手にその文字を送信する。これにより、ユーザは、文字によるコミュニケーションを円滑に行うことができる。[11] は、聴覚障がい者と健常者とのコミュニケーションを音声認識技術を使ってサポートするシステムを提案している。1つのタッチスクリーンを用いて、健常者は、音声認識による文字入力を行い、それに対して聴覚障がい者は、文字をタッチスクリーンに書くことでコミュニケーションを行うことができる。

2.3 身体障がい者を支援する研究事例

身体障がい者のコミュニケーションを支援する研究事例として [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18] が挙げられる。[12] は、日本語の文章を 4 つのキーのみで入力することができるシステムを提案している。4 つの入力用のキーには、それぞれ文字が複数設定されている。ユーザが入力したい文字が含まれているキーを押すと、システムがユーザの入力を予測し、複数の出力候補を画面表示するため、ユーザは、少ない入力で文章を入力することができる。[13] は、任天堂から発売されているゲーム機「Wii」に使用されているリモコンである、「WiiRemote」を用いた入力支援システムを提案している。システムは、「WiiRemote」の CMOS センサを用いて、赤外線 LED の座標を検出する。ユーザは、システムをキーボードの上部に設置し、キーボードの文字キー部分に赤外線 LED を取り付けた指を置くことで、文字を入力することができる。[14] は、ポインティングデバイスの代用となる目の動きを利用した入力支援システムを提案している。ユーザは、画面に表示された 50 音表にあるカーソルを、設置したカメラに向かって視線を上下左右に動かすことにより移動させ、文字を入力することができる。[15] は、眼電図を使用したオートスキャン方式の文字入力を行うシステムを提案している。システムは、50 音表を画面に表示し、1 文字ずつ順にカーソルで選択していく。ユーザは、入力したい文字が選択された時、設置したカメラに向かって視線を上に向けることで、その文字を入力することができる。[16] は、スマートフォンのカメラを用いて、ユーザの視線を読み取ることで文字入力を行うシステムを提案している。ユーザは、上下左右の 4 方向とそれに割り振られた文字の対応表を基に、スマートフォンのカメラに向かって入力したい文字が含まれる方向

へ視線を向けることで文字の入力を行う。ユーザが向けた視線の組み合わせから、システムは、ユーザが入力したい文を予測し、生成する。[17]は、脳電位を用いた文字入力システムを提案している。システムは、6行6列の行列でアルファベット等が設定されているキーボードを画面に表示し、行・列を1から順に点滅させる。ユーザは、入力したい文字の行・列が点滅された時、画面を注視することで、文字を入力することができる。[18]は、脳波探査電極2chを用いて、2値情報を利用した文字入力アプリケーションシステムを提案している。システムは、キーボードを画面に表示し、ユーザの掌握運動を行った時の脳波を解析する。ユーザは、手を握る動作を行うことによってキーボード上のカーソルを操作し、文字を入力することができる。

2.4 その他の障がい者を支援する研究事例

その他の障がい者のコミュニケーションを支援する研究事例として[19], [20], [21]が挙げられる。[19]は、キーボード入力に不自由を感じる健常者や障がい者を対象に、PDAの一種であるPalmを用いた文字入力方式を提案している。あらかじめアルファベットを1筆で書けるよう簡略化されたものがシステムに登録されている。ユーザは、それを記憶しておき、タッチスクリーン上で書くことで、キーボードを使わなくとも素早く文字を入力することができる。[20]は、発話障がい者を対象に、直接発話をを行うことなく、自然な対話を支援することを目的とした手袋型入力デバイスの提案をしている。手袋にはボタンが装着されており、ボタンの組み合わせで文字が設定されている。ユーザは、発話をしたい文字に対応するボタンを押すことで、リアルタイムに音で文字を出力することができる。[21]は、発話障がい者を対象に、既存の音声認識システムを対象者が発する発話に適するよう調節し、音声入力による文字入力を行うシステムを提案している。既存の音声認識システムが認識する単語の数を少数に絞り、類似した単語を排除することで音声認識率を高めている。ユーザは、入力表を見ながら音声認識システムが認識できる単語を発話することで、入力表に対応する文字を入力することができる。

第3章 研究課題

3.1 問題の定義

健常者は、他者と文字や発話といった、視覚や聴覚を利用したコミュニケーションを行っている。視覚や聴覚に障がいがある場合は、点字や手話といった手段で、コミュニケーションを行っている。しかし、点字や手話は難解であり、習得するためには多くの時間を要するという問題がある。特に、病気や事故によって後天的に障がいを持った人にとっては、唐突な環境変化により、点字や手話を覚えることが難しいと考えられる。視覚・聴覚障がい者だけでなく、障がいの種類により、他者とのコミュニケーション方法の習得が困難なユーザは数多い。以上のことから、障がい者のための新しいコミュニケーション方法に関する研究は、多く行われている。しかし、これらの研究にはいくつかの問題が存在する。

第1に、障がいが異なるユーザ間でコミュニケーションを行う際に、相手に理解されない場合があるという問題がある。^{[9], [10], [11]}は、聴覚障がい者がコミュニケーションを行うための支援をするものであり、^[12]は、身体障がい者がコミュニケーションを行うための支援をするものであり、^[21]は、発話障がい者がコミュニケーションを行うための支援をするものである。しかし、^{[9], [10], [11], [12], [21]}は、コミュニケーション相手に視覚障がい者を想定していないため、視覚情報を用いた出力方法のみであり、視覚障がい者が出力結果を見ることは難しい。

第2に、ユーザが新たなコミュニケーション方法を習得するのに手間がかかるという問題がある。^{[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [19], [20]}は、障がいが異なるユーザ間でもコミュニケーションを行うことができる。しかし、システムを使用するためにシステム独自の文字入力方法を記憶する必要があり、習得するのに手間がかかると考えられる。^{[1], [2]}は、8方向へ指を移動させるという細かな入力が要求される。また、どの方向に指を動かせばどんな文字が入力できるか記憶する必要がある。^[3]は、9個のソフトウェアキーの配置と、それぞれのキーでどんな文字が入力できるか記憶する必要がある。^[4]は、設定されている入力スペースの配置と、どの方向に指を動かせばどんな文字が入力できるか記憶する必要がある。^[5]は、画面上に文字がばらけて配置されるため、どの範囲に入力したい文字があるか記憶する必要がある。^[6]は、2本の指を用いて、別々の操作をする必要があり、また、どの方向に指を動かせばどんな文字が入力できるか記憶する必要がある。^[7]は、既存のスマートフォン用のキーボードの入力方法を知らない場合には、どの方向に指を動かせばどんな文字が入力できるか記憶する必要がある。^[19]は、あらかじめ登録されている手法独特の書き方、書き順を記憶する必要がある。^[20]は、各ボタンに結びつけられた母音や子音を記憶する必要がある。

第3に、ユーザが新たなコミュニケーションを行うために、特殊な機材を用意する必要があるという問題がある。^[13]は、指の座標を検出するために取り付ける赤外線LEDと、それを検知するCMOSセンサが必要である。^{[8], [20]}は、出力を文字と音で行っており、相手の障がいの種類を問わず伝えることができると考えられる。しかし、^[8]は、フリックで入力ができる特殊なキーボードが必要であり、^[20]は、手袋型の特殊な入力デバイスが必要である。^{[14], [15]}は、視線による入力なので直感的な入力ができ、学習

の手間は少ないと考えられるが，視線を検知する特殊な機材が必要である。[17], [18] は，脳波による入力なので直感的な入力ができ，学習の手間は少ないと考えられるが，脳波を検知する特殊な機材が必要である。[16] は，出力を文字と音で行っており，スマートフォンで入力を行うことができるため，手軽に使用できると考えられる。しかし，システムを使用するためには，スマートフォンをユーザの顔の正面に固定する必要があり，聞き手の補助，もしくは，スタンドの設置が必要である。

3.2 研究課題の設定

3.1 節で定義した問題をふまえ，様々なユーザ間でコミュニケーションを行うことができるようなシステムを構築する上で，下記の研究課題を設定する。

- 課題 1：障がいの有無や種類を問わず，様々なユーザ間でシステムを使用できるようにする。
- 課題 2：少ない学習でユーザがシステムを使用できるようにする。
- 課題 3：ユーザが特殊な機材を用意することなく，システムを使用できるようにする。

第4章 タップのみでコミュニケーションを行う方式の提案

4.1 アプローチ

3.2節で設定した課題を達成するために、スマートフォンを使ったアプローチの検討を行う。[22]より、障がい者の中でもスマートフォンが広く普及していることがわかる。また、スマートフォンの操作時に必要となるタップ動作は、比較的身体に負担が少ないと考えられる。ここから、スマートフォンのタッチスクリーンをタップするだけでコミュニケーションを行えるようにする。入力方法を、例えば、モールス信号のようにすることで、視覚障がい者や身体の一部しか動かない身体障がい者でも実行可能である。しかし、モールス信号のような複雑な入力パターンでは、ユーザが覚えることが多く、課題2を達成できない。そこで、日本語の文字を記憶している人なら誰もが簡単に想起できるパターンとして、ひらがなの画数を使う。ひらがなの画数は、日本人の多くがすでに学習しているため、新たに学習することなく理解できると考えられる。

4.2 タップのみでコミュニケーションを行う方式の提案

4.1節の検討に基づき、指でタッチスクリーンをタップするという最低限の身体動作だけで日常生活に必要なコミュニケーションを行えるシステム Tap Messenger を提案する[23][24]。このシステムでは、あらかじめ、挨拶などのよく用いられる定型文をひらがなに変換し、定型文を構成する各文字の画数の組み合わせをコミュニケーション辞書に格納しておく。そして、ユーザが入力したタップ回数の組み合わせと、コミュニケーション辞書内の各定型文のマッチングを行い、マッチング結果を文字と音で出力するものである(図4.1)。定型文と組み合わせ例を表4.1に示す。

この方式により、3.2節で述べた3つの課題が達成できると考えられる。課題1については、入力をタップ動作のみに限定することで、例えば、視覚障がいを持つユーザは、文字の形や配置を気にすることなく定型文を入力することができ、身体障がいを持つユーザは、あまり身体に負担をかけず定型文を入力することができる。また、定型文の出力を文字と音で行うことで、視覚障がい者は聴覚的に、聴覚障がい者は視覚的に定型文を理解することができる。これにより、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザが使用できる。課題2については、健常者や、後天的に障がいを持った場合でも、すでに学習していると思われるひらがなの画数を利用しているので、多くの学習を必要としない。課題3については、健常者、障がい者問わず、多くのユーザが保持してると思われるスマートフォンを利用することで、特殊な機材を用意する必要をなくした。

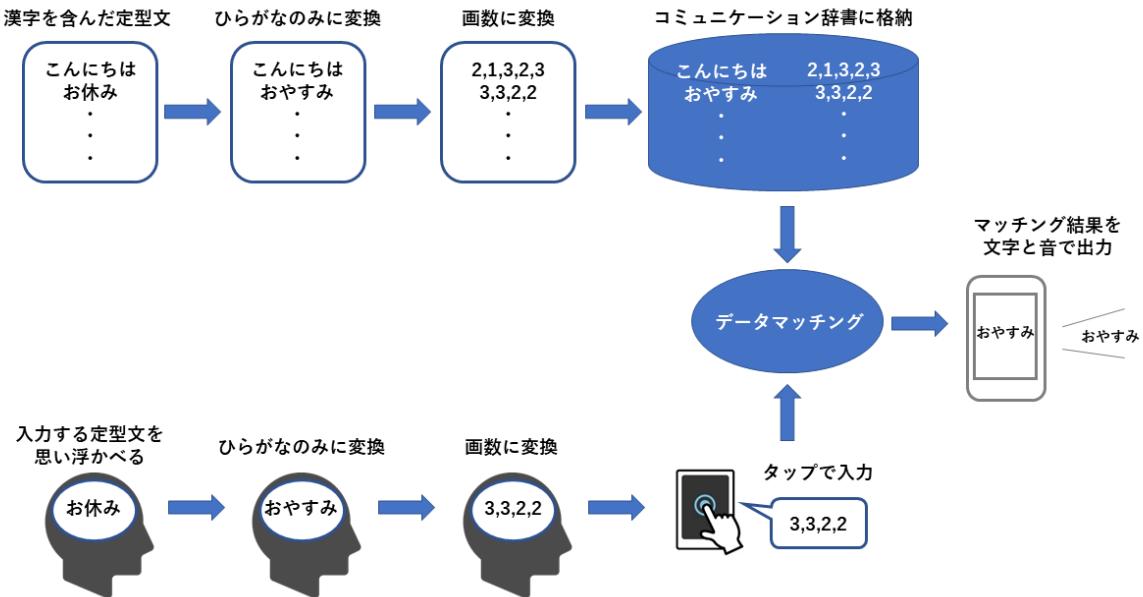


図 4.1: 提案方式

表 4.1: 組み合わせ例

定型文	組み合わせ
おはよう	3,3,2,2
こんにちは	2,1,3,2,3

第5章 タップのみでコミュニケーション を行うシステムの実装

5.1 システムの全体像

図5.1にスマートフォン画面を示す。障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザが使用できるシステムにするため、弱視者にも文字の判別が行いやすいよう、画面の配色は、[25]に基づいて、明度差125以上、色差500以上にしている。最初は、図5.1左のようにタイトルのみが表示されている。ユーザは、この状態でタッチスクリーン内をタップすることによって定型文を入力することができる。視覚障がい者や身体障がい者がタップ動作を行いやすいよう、タップ領域には制限を設けず、タッチスクリーンのどこをタップしても入力を行えるようにしている。入力中、1文字の入力中に何回タップを行ったかが文字で出力される。また、ユーザがタップを行うと同時にスマートフォンはバイブレーションを行う。このように、ユーザがタップを行った際に文字と振動でフィードバックを行うことで、障がいの有無や種類を問わず、ユーザは、入力が行えていることを視覚や触覚で知覚できる。入力が完了すると、任意の定型文が文字と音で出力される(図5.2)。提案方式の入出力に関する実装と本システムで配慮を行った障がい者の対応表を表5.1に示す。

実装は、健常者、障がい者問わず、多くのユーザがスマートフォンを所有していることから、スマートフォン上で動くWebアプリケーションで行った。Webアプリケーションにすることにより、ユーザは、本アプリケーションを事前にスマートフォンにインストールすることなく利用できる。

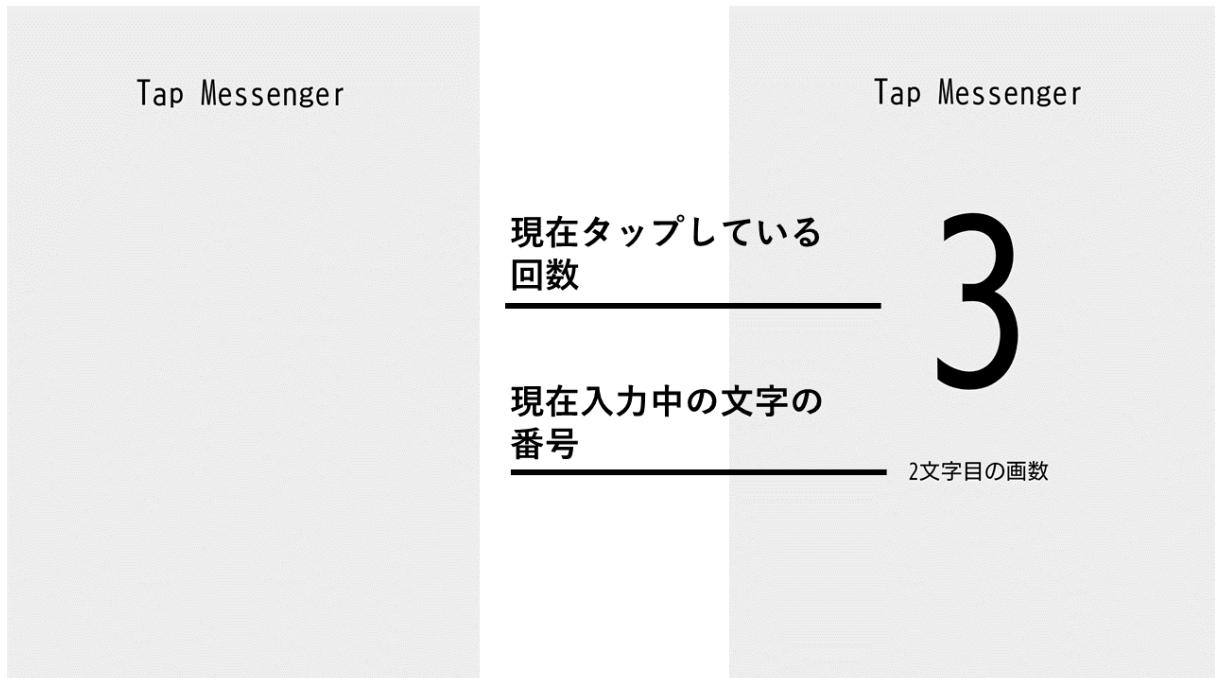


図5.1: スマートフォン画面(左: 入力前, 右: 入力中)



図 5.2: スマートフォン画面(定型文出力後)

表 5.1: 入出力の実装と配慮対象者

	実装内容	配慮対象者		
		視覚障がい者	聴覚障がい者	身体障がい者
入力	背景と文字の配色	*		
	タップ動作での入力	*		*
	入力有効範囲が画面全体	*		*
	バイブルーションでの入力補助	*		
	文字での入力補助		*	
	音での入力補助	*		
出力	背景と文字の配色	*		
	文字の出力		*	
	音の出力	*		

5.2 入力方法

ユーザは、定型文をひらがなに置き換え、そのひらがなの画数の組み合わせと同様にタップを行う。例えば，“お休み”という定型文をひらがなに直すと，“おやすみ”になる。そして，“おやすみ”的画数の組み合わせは，“3,3,2,2”と符号化できる。よってユーザは、3回、3回、2回、2回の順に連続でタップを行うことで，“お休み”と入力することができる。ひらがな全てのタップ回数を表5.2に示す。濁点、半濁点については、タップ回数が多いとユーザの身体に負担がかかると考えたため、それらを抜いたタップ回数にしている。

しかし、上記の方法だけでは、“おはよう”(3,3,2,2)と“おやすみ”(3,3,2,2)のように同じ画数の組み合わせの定型文の場合、定型文同士の識別が行えないという問題が発生する。この問題を解決するために、文字の各画の長さも定型文を識別するための要素とする。具体的には、ユーザは、入力しようとする画が長ければ長い時間タップし、短ければ短い時間タップを行う。画の長さが長いか短いか判断できない場合は、中間の長さでタップを行う。このときの画の長短は、各ユーザが判断する。ユーザによって異なる入力データの処理方法については、5.3節で後述する。表5.3に入力例を示す。各文字の入力を区切るために、タップで文字の入力を受け付けた後、一定時間経過することで次の文字の入力を受け付け始める。次の文字の入力開始の合図は、文字、音、バイブルーションで行う。一定時間経過した後、次の文字の入力を行わずにさらに一定時間経過すると、ユーザの入力が完了する。これらの一定時間を6章で後述する予備実験2[24]を元に、それぞれ1.5秒とした。

表 5.2: 50 音タップ回数表

ひらがな	タップ数	ひらがな	タップ数	ひらがな	タップ数	ひらがな	タップ数
あ	3	な	4	る	1	ど	2
い	2	に	3	れ	2	ば	3
う	2	ぬ	2	ろ	1	び	1
え	2	ね	2	わ	2	ぶ	4
お	3	の	1	を	3	べ	1
か	3	は	3	ん	1	ぼ	4
き	4	ひ	1	が	3	ぱ	3
く	1	ふ	4	ぎ	4	ぴ	1
け	3	へ	1	ぐ	1	ぷ	4
こ	2	ほ	4	げ	3	ペ	1
さ	3	ま	3	ご	2	ぽ	4
し	1	み	2	ざ	3	あ	3
す	2	む	3	じ	1	い	2
せ	3	め	2	ず	2	う	2
そ	1	も	3	ぜ	3	え	2
た	4	や	3	ぞ	1	お	3
ち	2	ゆ	2	だ	4	つ	1
つ	1	よ	2	ぢ	2	や	3
て	1	ら	2	づ	1	ゆ	2
と	2	り	2	で	1	よ	2

表 5.3: タップ時間例

入力文字	タップ時間
あ	中間タップ, 中間タップ, 長いタップ
お	中間タップ, 長いタップ, 短いタップ

5.3 データマッチング

本節では、ユーザの入力とコミュニケーション辞書内の定型文のマッチング方法について述べる。

5.3.1 ユーザ入力データと正解データの処理

本項では、マッチングを行うために、ユーザの入力とコミュニケーション辞書内に登録するデータの処理について述べる。まず、ユーザの入力に対して行うデータの処理について説明する。

Step 1: ユーザがタップを行う度に指先がタッチスクリーンに接触し、離れるまでの時間を計測する。

Step 2: ユーザの入力が終了した後、計測された時間を正規化する。

Step 3: データを2種類にマッピングする。正規化された値が、正規化されたデータの中央値未満だった場合、「1」、中央値以上だった場合、「3」とする。

Step 4: 文字と文字の間を識別するために「0」をマッピングしたデータに加える。

ユーザの入力に対して、Step 1～Step 4を行ったものをユーザ入力データとする。ユーザ入力データの例を表5.4に示す。

次に、コミュニケーション辞書に登録するデータの処理について説明する。

Step 1: 定型文をひらがなに変換する。

Step 2: あらかじめ、ひらがなの各画の長さを3つに分類しておき、3種類にマッピングする。短い画は、「1」、中間の長さの画は、「2」、長い画は、「3」とする。

Step 3: 文字と文字の間を識別するために「0」をマッピングしたデータに加える。

Step 4: 定型文とStep 1～Step 3で作成されたデータを結びつけ、コミュニケーション辞書に登録する。

コミュニケーション辞書に登録するデータを正解データとする。正解データの例を表5.5に示す。Step 3にて、各画の長さが短い・中間・長いのどれにあたるかについては、[23], [24]と同様のものにした。

表 5.4: ユーザ入力データ例

定型文	ユーザ入力データ
おはよう	1,3,1,0,1,1,3,0,1,3,0,1,3,0
こんにちは	1,1,0,3,0,1,1,1,0,1,3,0,1,1,3,0

表 5.5: 正解データ例

定型文	正解データ
おはよう	2,3,1,0,2,2,3,0,2,3,0,2,3,0
こんにちは	2,2,0,3,0,2,2,2,0,2,3,0,2,2,3,0

5.3.2 類似度計算

本項では、5.3.1 項で説明したユーザ入力データと正解データを用いた類似度計算について述べる。

ユーザ入力データと正解データの類似度は、Dynamic Time Warping(以下 DTW) を用いて算出する。まず、DTW で正規化したユーザ入力データと正解データの距離を計算し、これを S_D とする。DTW を用いることにより、ユーザの入力データと正解データの要素数が異なっていても、各要素の距離を総当たりで比較し、最短距離を見つけるため、ユーザの入力ミスをある程度補完することが可能になる。算出された S_D に、1 を足した値を逆数にしたもの最終的な類似度スコア (Similarity Score) とする (式 5.1)。

$$\text{SimilarityScore} = 1/(1 + S_D) \quad (5.1)$$

5.4 出力方法

ユーザが定型文の入力を終了した後、システムは、出力候補選択画面に移行する。出力候補機能については、5.4.1 項で詳しく説明する。ユーザが出力候補より任意の定型文を選択後、一定時間タッチスクリーンを指で長押しすることで出力する定型文の確定となる。確定後、選択された定型文が文字と音で出力される。このときの文字のフォントと音量は、入力者とコミュニケーション相手の相互理解のために大きく出力される。

一定の閾値を超える類似度スコアをもつ定型文がなかった場合は、出力候補選択画面には移行せず、「No Match」と文字と音で出力する。このときの文字のフォントと音量は、少し小さく出力される。

5.4.1 出力候補

本項では、ユーザが誤った入力を行った場合でも、正しい定型文を出力することができる、出力候補機能について述べる。これは、ユーザが誤って入力したユーザ入力データと正解データの類似度スコア (5.3.2 項) がある程度高くなることを利用した機能である。

下記に詳細を説明する。ユーザの入力完了後、システムは、ユーザ入力データと正解データとのデータマッチングを行い、出力候補選択画面に移行する。初期状態の出力候補

選択画面では、類似度スコアが最も高い定型文が1文のみ、文字と音で出力される。定型文選択中の文字のフォントと音量は、入力者の確認用に少し小さく出力される。ユーザは、出力されている定型文が、ユーザの考えた任意の定型文と異なった場合、タッチスクリーンを右から左へフリックすることで、類似度が次に高い定型文を出力することができる。また、タッチスクリーンを左から右へフリックすることで、類似度が1つ前に高い定型文を出力することができる。ここでフリック動作を行うことについては、実際に障がい者の方にヒアリングを行った結果、「スマートフォンの利用でフリック動作には慣れているため、タップだけでなく、フリックも加えても良いと思われる。」(6.4節 2-4)という意見が得られたため採用した。ユーザが出力候補より任意の定型文を選択後、一定時間タッチスクリーンを指で長押しすることで出力する定型文の確定となる(図5.3)。

これにより、ユーザは、誤った入力を行った場合でも、出力候補から正しい定型文を選択し、出力することができる。また、今後コミュニケーション辞書を拡張していく過程で、画数・画の長さの組み合わせが全く同じになる定型文があった場合にも、出力候補機能によって、ユーザは、正しい定型文を出力することができると考えられる。

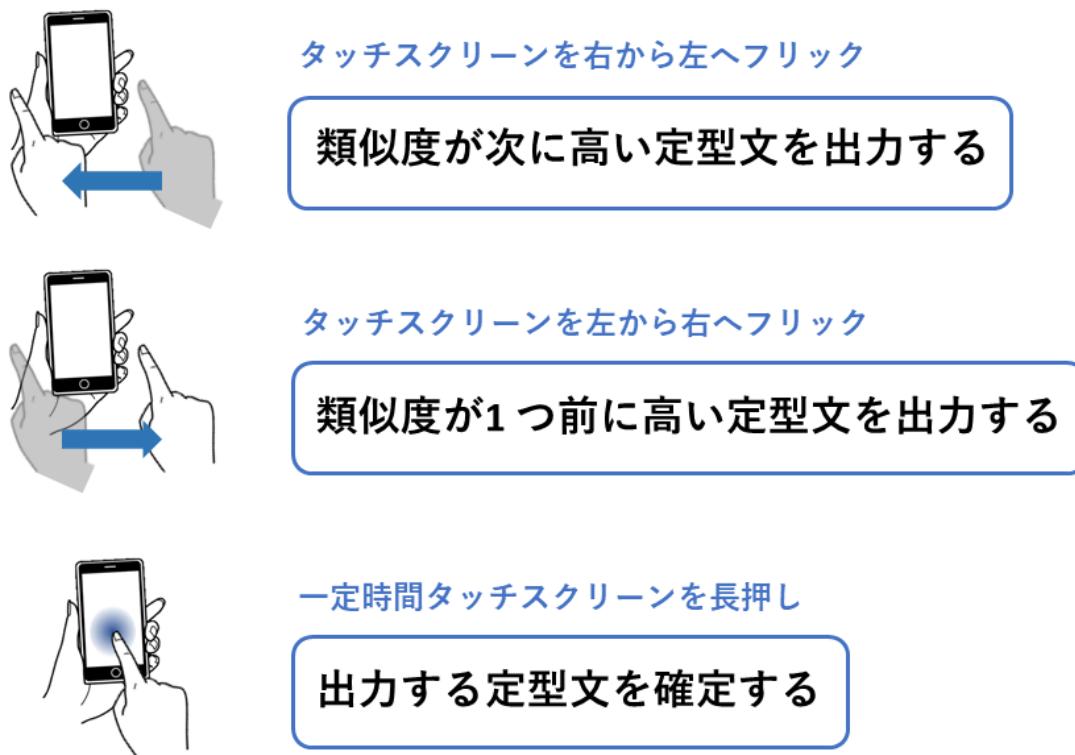


図 5.3: 出力候補機能使用方法

第6章 評価実験

本章では、提案方式の習熟のしやすさについて検証するために、提案方式のプロトタイプシステムと既存システムを用いて行った比較実験について述べる。6.1節、6.2節では、今回の実験で使用した提案方式のプロトタイプシステムを実装するにあたって行った予備実験1、2について述べる。6.3節では、今回行った提案方式のプロトタイプシステムと既存システムを用いた比較実験について述べる。また6.4節では、実装の参考にするため、障がい者の方に行ったヒアリング結果を示す。

6.1 予備実験1

6.1.1 実験目的

提案方式の有効性を確認するために、2点の検証が必要であると考える。1点目に、どの程度の精度で正しく単語を入力できたか検証する必要がある。これを検証する指標として、提案方式をユーザに使用してもらい、どの程度出力に成功したかを示す成功率を算出する。2点目に、提案方式の操作性の検証を行う必要がある。これを検証する指標として、提案方式の操作方法を変えた複数のパターンをユーザに使用してもらい、それらの評価値を比較する。

6.1.2 実験条件

提案方式は、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザが使用できるシステムであるとしているが、特に利用ニーズが高いと思われる視覚障がい者を想定した実験を行う。被験者は、20代男性13名、日本語を母国語とする晴眼者である。実験時、被験者には、システム使用時にアイマスクを装着してもらうことで視界を遮断し、視覚障がい者を模してもらった。

提案方式は、下記に示すP1、P2、P3、P4の4パターンを用意した。P2、P4では、タップだけでなくフリックも使用している。これは、操作性の検証において、フリックを使用することで操作性が上がるのではないかと考えたためである。各パターンとも、出力できる定型文の数は同じである。

- P1
文字の画数回タップすることで入力を行い、次の文字への入力は、2秒間待つことで行う。
- P2
文字の画数回タップすることで入力を行い、次の文字への入力は、最後の画をフリックすることで行う。

- P3
文字の画の長さに合わせてタップの長さを変えながら画数回タップすることで入力を行い、次の文字への入力は、2秒間待つことで行う。
- P4
文字の画の長さに合わせてタップの長さを変えながら画数回タップすることで入力を行い、次の文字への入力は、最後の画をフリックすることで行う。

6.1.3 実験手順

被験者には、1パターンに対して10個の定型文を入力してもらう。実験者は、その出力結果を記録した。順序効果を相殺するために各パターンの使用はランダムに行った。各パターン終了時に操作性に関するアンケートを行った。下記に実験手順の詳細を記す。

- Step 1:** 被験者は、パターンの数字が書かれた4枚の紙から1枚を選ぶ。
- Step 2:** 実験者は、Step 1で選ばれた方式の使用方法を被験者に説明する。
- Step 3:** 被験者は、視界を遮断し、選んだ方式を納得いくまで練習する。被験者が入力する定型文については実験者があらかじめデータセット内から決める。
- Step 4:** 被験者は、提案方式を使い、10回定型文を入力をする。被験者が入力する定型文については実験者があらかじめデータセット内から無作為に決める。実験者は、被験者の出力結果を記録する。
- Step 5:** 被験者は、全ての定型文に対して入力を終えたらアンケートに回答する。
- Step 6:** Step 1～Step 5を各方式を全て行うまで繰り返す。4パターン全て行った時点で実験終了。

なお、スマートフォンの持ち方やタップを行う指については指定しなかった。Step 4の入力文については、各パターン同じ定型文をランダムに入れ替えて行った。また、Step 5のアンケートについては、5段階のリッカート尺度（5:とてもわかりやすかった～1:とてもわかりにくかった、5:とても使いやすかった～1:とても使いにくかった）で回答するアンケートを行った。被験者への質問を表6.1に示す。

6.1.4 結果・考察

実験を行った結果、各パターンの被験者が正しく定型文を入力できた割合を図6.1に示す。各パターンの被験者が正しく定型文を入力できた割合は、P1が92%、P2が82%、P3が65%、P4が65%となった。P1、P2の結果より、画数回のタップのみで入力した場合、80%以上の精度で正しく定型文を入力することができた。しかし、P3、P4では、精度が60%程度となっており、精度が落ちている。これは、文字の長さに合わせてタップの長さを変える入力方法であり、被験者が思考する量が増えたためであると考えられる。

表 6.1: 被験者への質問一覧 1

Q1	タップで文字を入力する方法はわかりやすかったか 5:とてもわかりやすかった ~ 1:とてもわかりにくかった
Q2	タップで文字を入力する方法は使いやすかったか 5:とても使いやすかった ~ 1:とても使いにくかった
Q3	次の文字へ進む方法はわかりやすかったか 5:とてもわかりやすかった ~ 1:とてもわかりにくかった
Q4	次の文字へ進む方法は使いやすかったか 5:とても使いやすかった ~ 1:とても使いにくかった

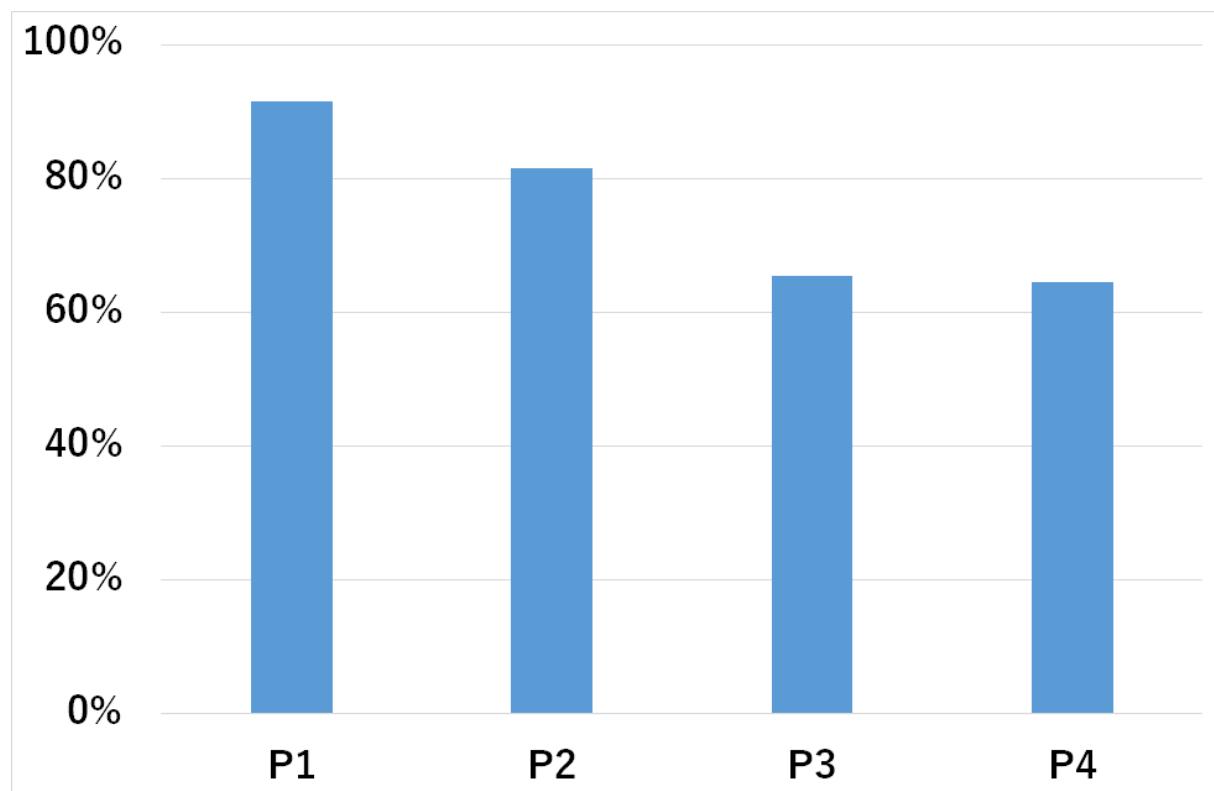


図 6.1: 各パターンの出力成功割合 (%), N=13)

Q1の回答結果を図6.2に示す。“タップして文を入力する方法はわかりやすかったか”という質問に対し，“とてもわかりやすかった”または“わかりやすかった”と回答した被験者は，P1では85%，P2では62%，P3では62%，P4では38%であった。

Q2の回答結果を図6.3に示す。“タップして文を入力する方法は使いやすかったか”という質問に対し，“とても使いやすかった”または“使いやすかった”と回答した被験者は，P1では77%，P2では62%，P3では23%，P4では38%であった。

Q3の回答結果を図6.4に示す。“次の文字へ進む方法はわかりやすかったか”という質問に対し，“とてもわかりやすかった”または“わかりやすかった”と回答した被験者は，P1では92%，P2では77%，P3では54%，P4では46%であった。

Q4の回答結果を図6.5に示す。“次の文字へ進む方法は使いやすかったか”という質問に対し，“とても使いやすかった”または“使いやすかった”と回答した被験者は，P1では85%，P2では62%，P3では38%，P4では31%であった。

この結果からまず，P1とP2で考察を行う。Q1では，P1とP2で“とてもわかりやすかった”，“わかりやすかった”と答えた被験者が60%を超えていた。Q2でも同様，P1とP2で“とても使いやすかった”，“使いやすかった”と答えた被験者は，60%を超えていた。ここから，タップで画数を入力する方法は，一定の割合のユーザが理解することができると考えられる。また，Q3では，P1とP2で“とてもわかりやすかった”，“わかりやすかった”と答えた結果を比較したところ，P1の方がP2を上回っていた。同じくQ3でも，P1とP2で“とても使いやすかった”，“使いやすかった”と答えた結果を比較したところ，P1の方がP2を上回っていた。これは，P2ではフリックを行う必要があったためと考えられる。

次に，P3，P4で考察を行う。Q1は，P3，P4で“とてもわかりやすかった”，“わかりやすかった”と答えた結果に一定の割合が得られず，Q2でも，P3，P4で“とても使いやすかった”，“使いやすかった”と答えた結果に一定の割合が得られなかった。ここから，P3とP4は理解するのが困難であったと考えられる。しかし，Q3，Q4の質問に関しては，P1とP2同様，Q3では，“とてもわかりやすかった”，“わかりやすかった”と答えた結果を比較したところ，P3の方がP4を上回っており，Q4でも，“とても使いやすかった”，“使いやすかった”と答えた結果を比較したところ，P3の方がP4を上回っていた。ここからP1とP2同様，P4はフリックを行う必要があったためと考えられる。以上より，タップの長さやフリックなど，複数の動作による入力は，ユーザにとって負担であると考えられる。

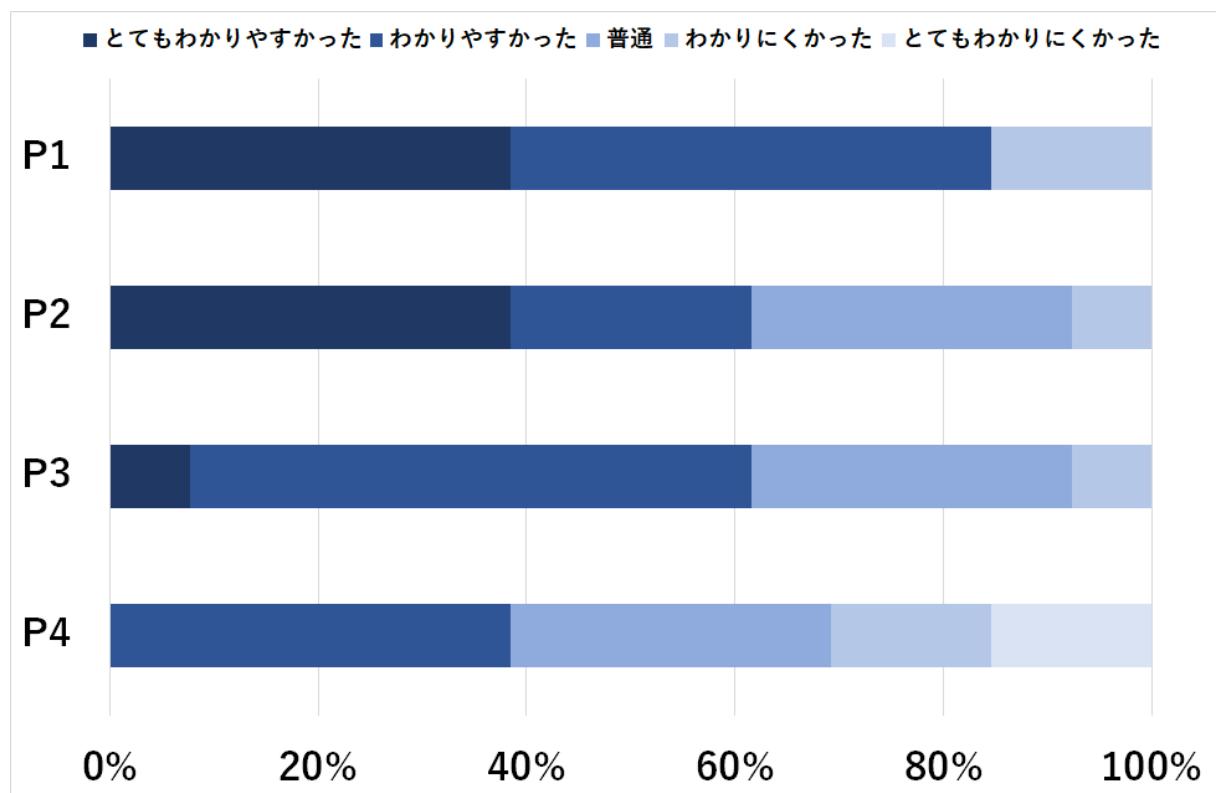


図 6.2: Q1 の回答 (N=13)

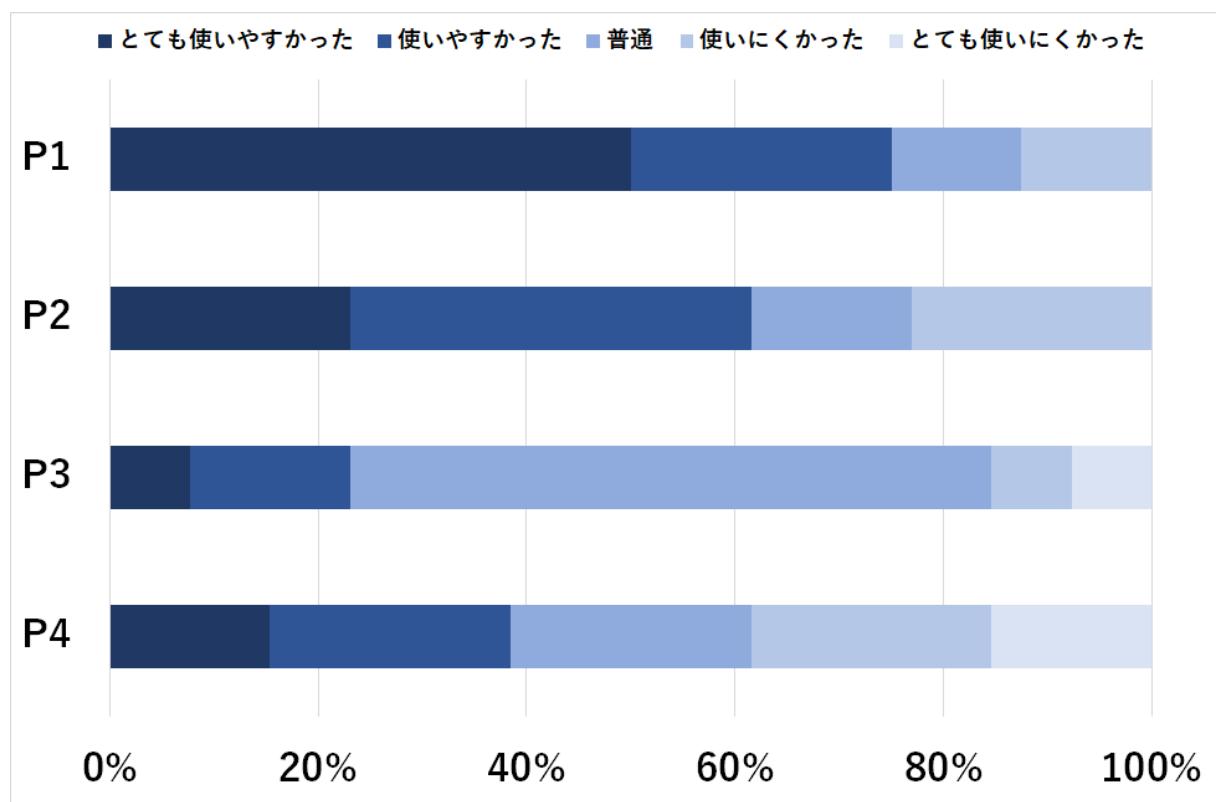


図 6.3: Q2 の回答 (N=13)

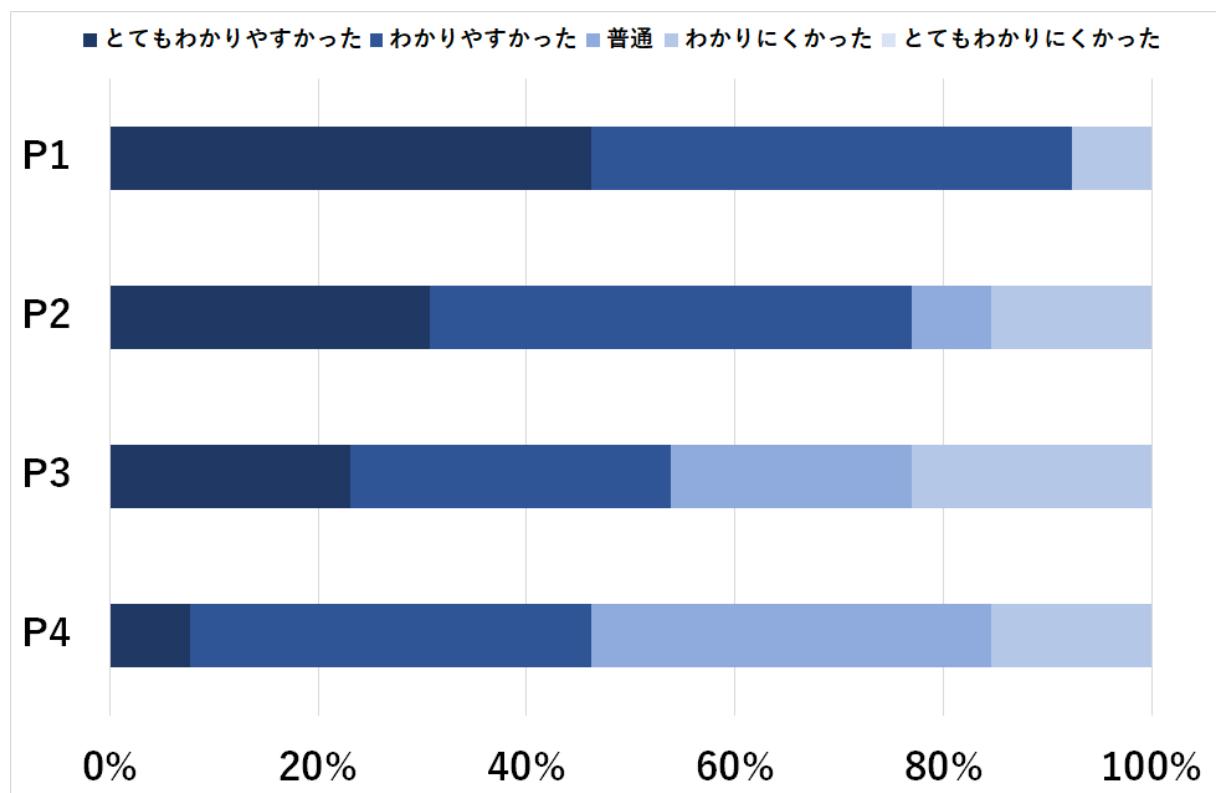


図 6.4: Q3 の回答 (N=13)

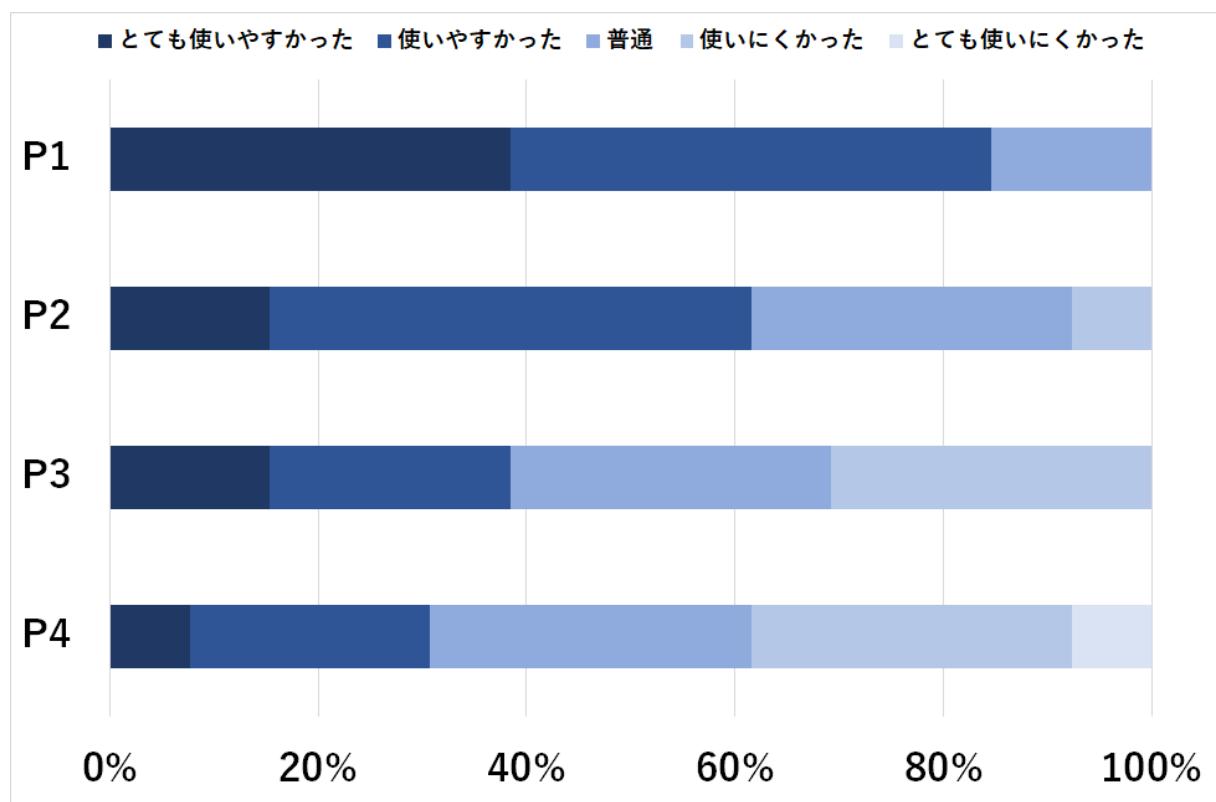


図 6.5: Q4 の回答 (N=13)

6.2 予備実験 2

6.2.1 実験目的

6.1 節の予備実験 1 で用いたプロトタイプシステム [23] では、次の文字の入力を受け付け始めるための待ち時間が長いと感じた被験者がいた。そこで、ユーザが提案方式を使用するのに最も適したインターバルについて検証する。これを検証する指標として、提案方式のインターバルを変えた複数のパターンをユーザに使用してもらい、どの程度出力に成功したかを示す成功率を算出し、それらの評価値を比較する。

6.2.2 実験条件

6.1 節の予備実験 1 と同じく視覚障がい者を想定した実験を行う。被験者は、20代男性 11名、女性 2名、日本語を母国語とする晴眼者である。実験時、被験者には、システム使用時に目を閉じることで視界を遮断し、視覚障がい者を模してもらった。また、聴覚障がい者に対してコミュニケーションを取ることを想定して提案方式を使用してもらった。

提案方式は、下記に示す P1, P2, P3, P4 の 4 パターンを用意した。各パターンとも、出力できる定型文の数は同じである。インターバルの種類は下記の 2 種類がある。

- 次の文字の入を受け付け始めるためのインターバル
タップで文字の入力を受け付けた後、 t 秒間放置することで次の文字の入力を受け付け始める。
- ユーザの入力終了を判定するためのインターバル
タップしてから t 秒間放置することで、定型文が出力される。

表 6.2 に各パターンのインターバルの長さを示す。

表 6.2: 各パターンのインターバルの秒数

	P1	P2	P3	P4
t	1	1.5	2	2.5

6.2.3 実験手順

被験者には、1 パターンに対して 10 個の定型文を入力してもらう。実験者は、その出力結果を記録した。順序効果を相殺するために各パターンの使用はランダムに行った。各パターン終了時に操作性に関するアンケートを行った。下記に実験手順の詳細を記す。

Step 1: 被験者は、パターンの数字が書かれた4枚の紙から1枚を選ぶ。

Step 2: 実験者は、Step 1で選ばれた方式の使用方法を被験者に説明する。

Step 3: 被験者は、選んだ方式を納得いくまで練習する。被験者が入力する定型文については、実験者があらかじめコミュニケーション辞書内から本実験で使用しない定型文を決める。

Step 4: 被験者は、提案方式を使い、10回定型文を入力をする。被験者が入力する定型文については、実験者が毎回10個コミュニケーション辞書内から無作為に決める。実験者は、被験者の出力結果を記録する。

Step 5: 被験者は、全ての定型文に対して入力を終えたらアンケートに回答する。

Step 6: Step 1～Step 5を各パターンを全て行うまで繰り返す。4パターン全て行った時点で実験終了。

なお、スマートフォンの持ち方やタップを行う指については指定しなかった。Step 4の入力文については、各パターンが変わることに定型文をランダムに入れ替えて行った。また、Step 5のアンケートについては、被験者に5段階のリッカート尺度で回答してもらった。被験者への質問を表6.3に示す。

表 6.3: 被験者への質問一覧 2

Q1	自分の思い描いた画数通りにタップ動作を行うことが容易であったか (意図した出力になったかどうかは問わない) 5:とても容易だった ~ 1:とても難しかった
Q2	入力したい画数を思い描くのに適切な長さのインターバルであったか 5:とても適切だった ~ 1:とても不適切だった
Q3	インターバルの長さはコミュニケーションのテンポを妨げなかったか 5:全く妨げなかった ~ 1:とても妨げた
Q4	システムは使いやすかったか 5:とても使いやすかった ~ 1:とても使いにくかった

6.2.4 結果・考察

実験を行った結果、各パターンの被験者が正しく定型文を入力できた割合を図6.6に示す。各パターンの割合は、P1が80%，P2が87%，P3が81%，P4が86%となり、全ての方式において80%以上の精度で正しく定型文を入力することができた。また、P2が最も成功率が高いことから、インターバルの長さは、短くても長くても入力の妨げになることがわかる。

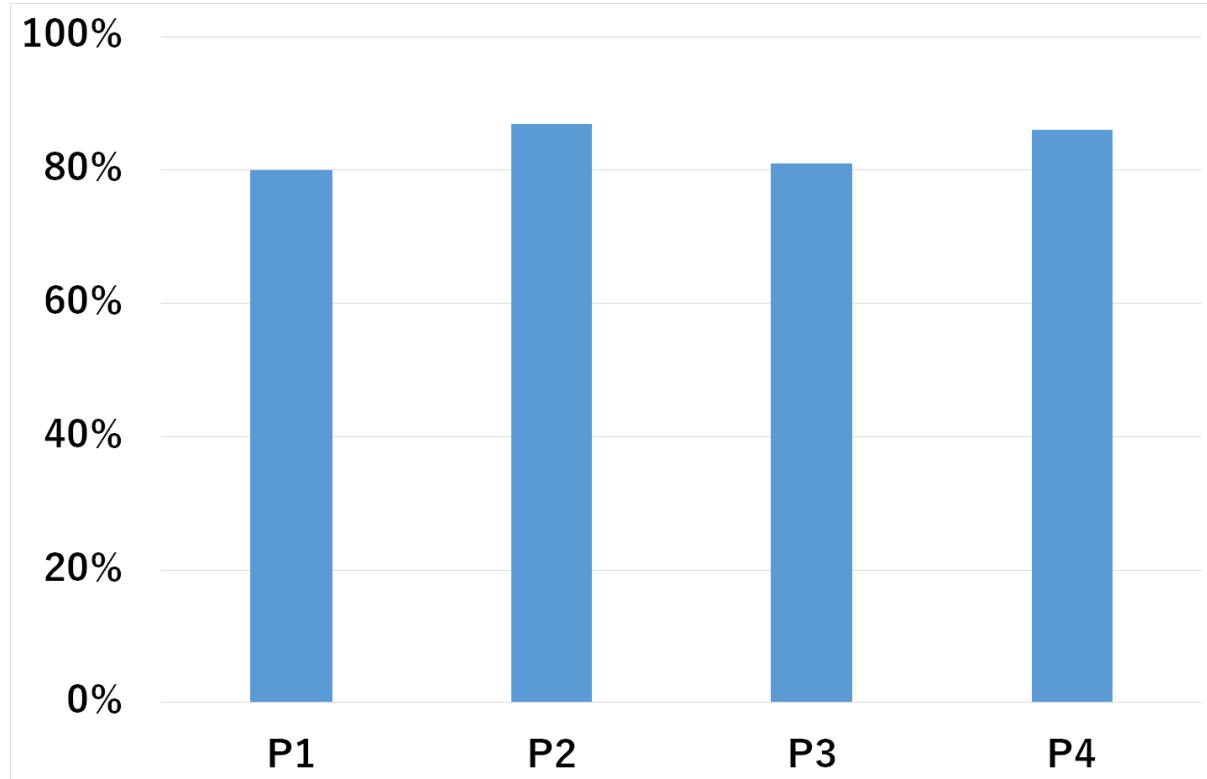


図 6.6: 各パターンの出力成功割合 (%), N=13)

6.2.4.1 Q1. 自分の思い描いた画数通りにタップ動作を行うことが容易であったか

Q1の回答結果を図6.7に示す。“自分の思い描いた画数通りにタップ動作を行うことが容易であったか(意図した出力になったかどうかは問わない)”という質問に対し，“とても容易だった”，“容易だった”と回答した被験者は，P1では69%，P2では85%，P3では69%，P4では69%であった。P2は，80%を超えた，P1，P3，P4は，70%程度という結果になった。P2と他の方式に対するリッカード尺度の回答にWilcoxonの符号順位検定を行うと，P2とP1では5%，P2とP3，P2とP4では1%水準で有意差を確認できた。これから，1.5秒が自分の思い描いた通りにタップ動作を行うのに最も適したインターバルであると考えられる。

6.2.4.2 Q2. 入力したい画数を思い描くのに適切な長さのインターバルであったか

Q2の回答結果を図6.8に示す。“入力したい画数を思い描くのに適切な長さのインターバルであったか”という質問に対し，“とても適切だった”，“適切だった”と回答した被験者は，P1では69%，P2では92%，P3では38%，P4では31%であった。P2は90%を超えた，Q1同様最も高い値である。しかし，P3，P4は30%程度とQ1に比べ割合が低い。さらに，P3は38%，P4は31%とインターバルが長くなるにつれ，徐々に割合を落としている。

る。P2とP3, P4に対するリッカード尺度の回答にWilcoxonの符号順位検定を行うと, P2とP3では5%, P2とP4では1%水準で有意差を確認できた。ここから, インターバルが長いとタップ動作はしやすいが, 画数を思い描くのには長すぎるインターバルであったと考えられる。Q1, Q2の結果から, 提案方式の使用に最も適したインターバルの長さは, 1.5秒であると考えられる。

6.2.4.3 Q3. インターバルの長さはコミュニケーションのテンポを妨げなかったか

Q3の回答結果を図6.9に示す。“インターバルの長さはコミュニケーションのテンポを妨げなかったか”という質問に対し, “全く妨げなかった”または“妨げなかった”と回答した被験者は, P1では85%, P2では62%, P3では31%, P4では31%であった。Q1, Q2とは異なり, P1が80%を超え, P2, P3とインターバルが長くなるにつれて割合を落としている。P1とP2に対するリッカード尺度の回答にWilcoxonの符号順位検定を行うと, 5%水準で有意差を確認できた。ここから適切なインターバルがコミュニケーションのテンポを妨げないとは限らないことが考えられる。また, コミュニケーションのテンポを妨げないインターバルの長さは, 1秒以下が適切であると考えられる。

6.2.4.4 Q4. システムは使いやすかったか

Q4の回答結果を図6.10に示す。“システムは使いやすかったか”という質問に対し, “とても使いやすかった”または“使いやすかった”と回答した被験者は, P1では77%, P2では100%, P3では54%, P4では77%であった。P2は, 100%とQ1, Q2同様高い値である。しかし, P3は他と比べ50%程度とかなり低く, P1, P4が70%を超えた。P2と他の方式に対するリッカード尺度の回答にWilcoxonの符号順位検定を行うと, P2とP1では有意差を確認できなかったが, P2とP3, P2とP4では1%水準で有意差を確認できた。これは, 初めて提案方式を使う時には最も長いインターバルの方が使いやすいと感じ, 練習量が上がると, 短いインターバルが使いやすくなると感じた被験者がいたことが原因であると考えられる。ここから, ユーザの練習量が増えるにつれ, 最適なインターバルの長さは短くなっていくと考えられる。

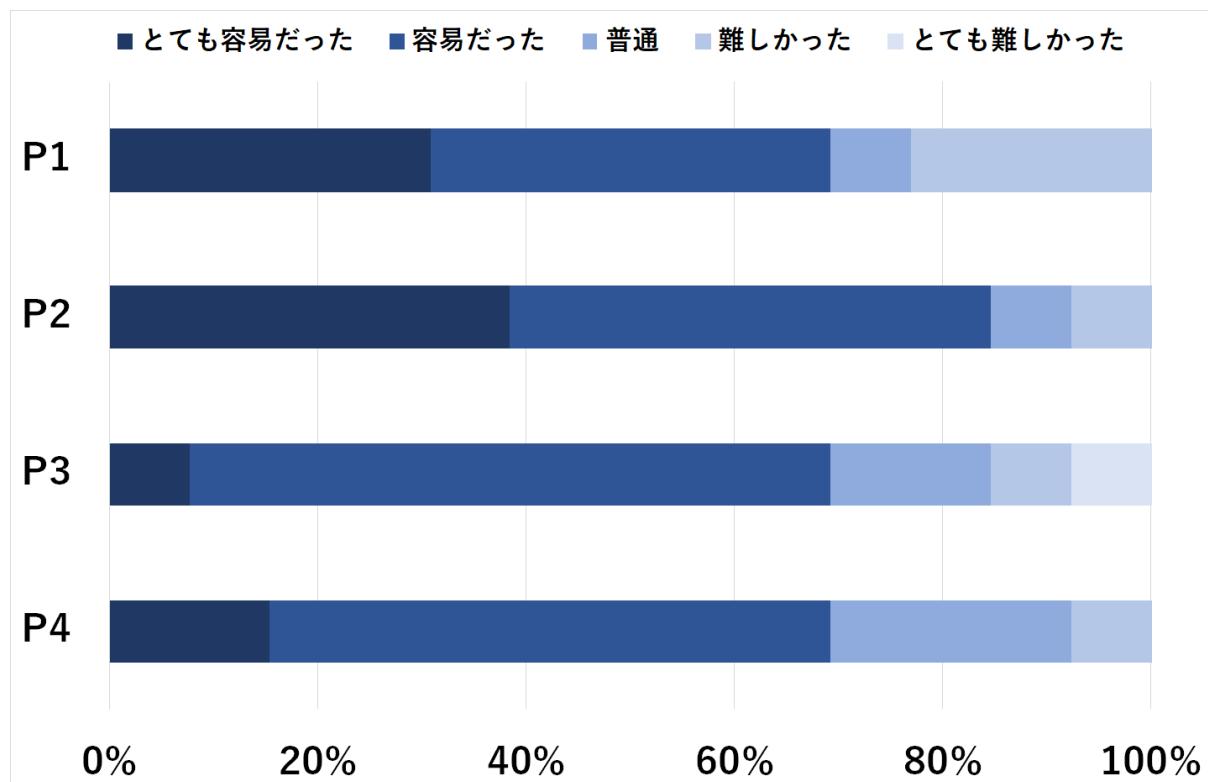


図 6.7: Q1. 自分の思い描いた画数通りにタップ動作を行うことが容易であったか (N=13)

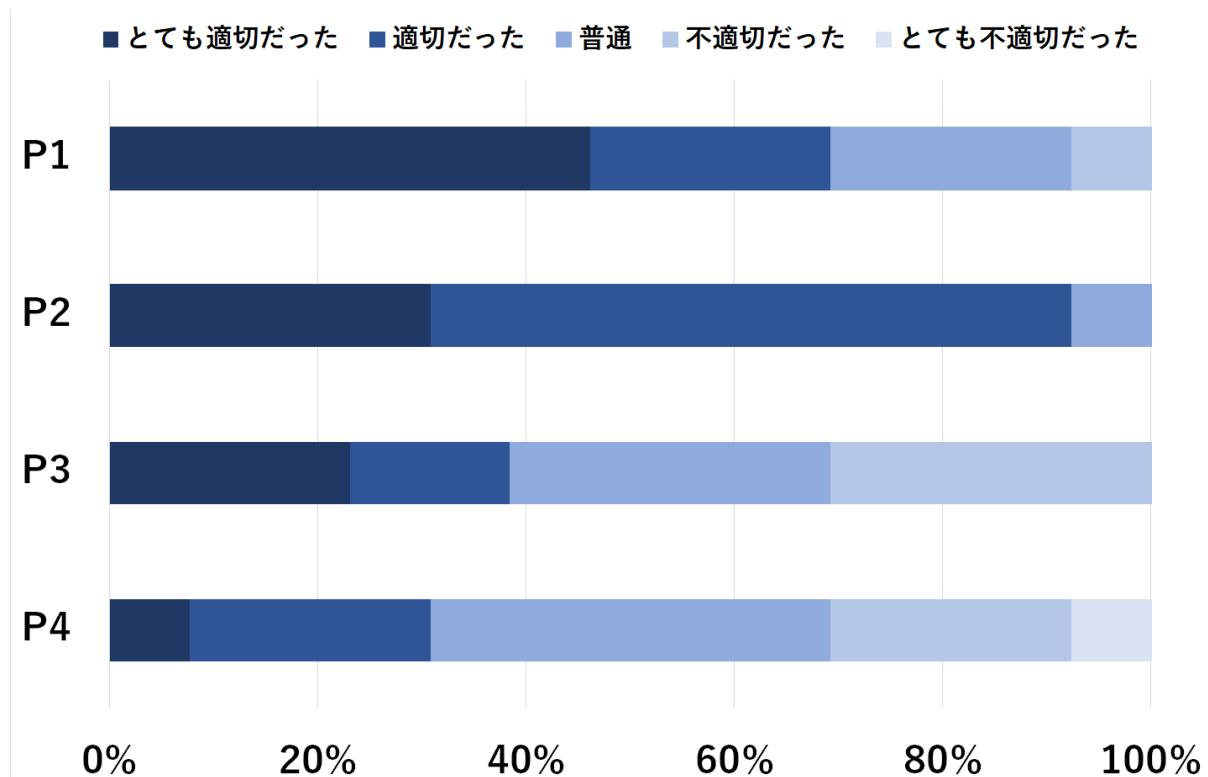


図 6.8: Q2. 入力したい画数を思い描くのに適切な長さのインターバルであったか (N=13)

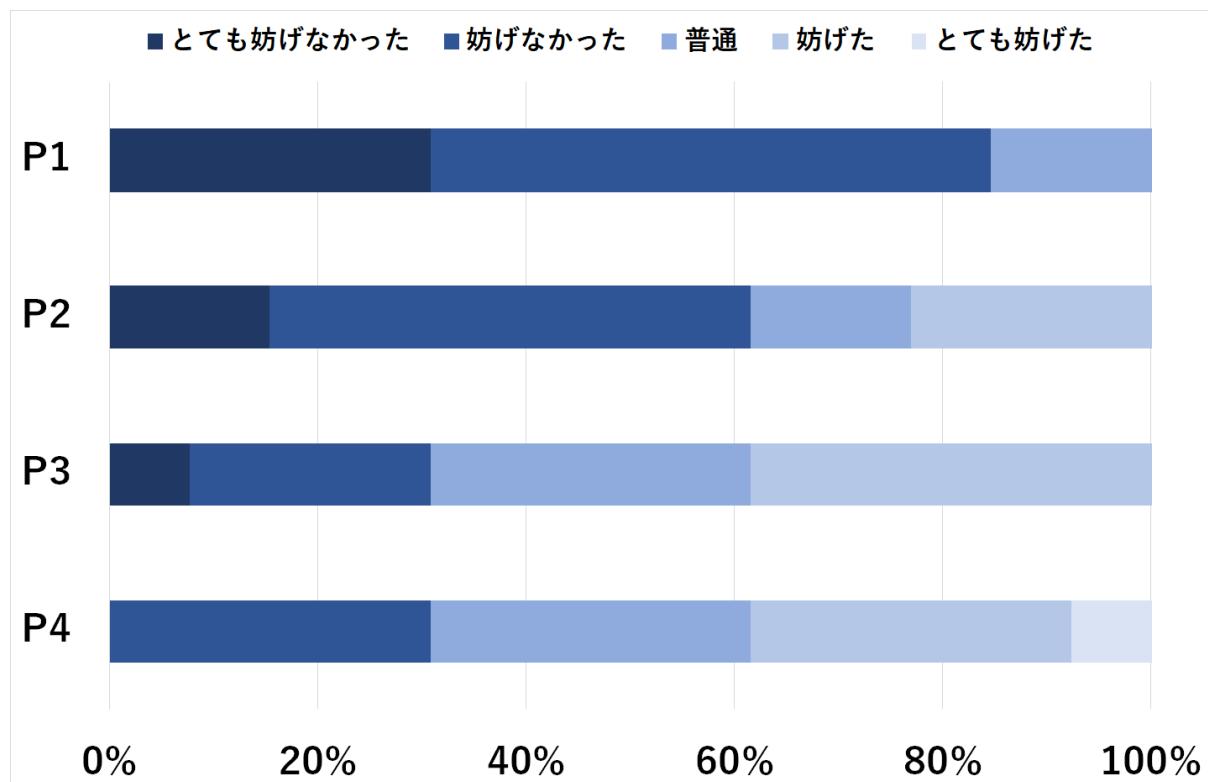


図 6.9: Q3. インターバルの長さはコミュニケーションのテンポを妨げなかったか (N=13)

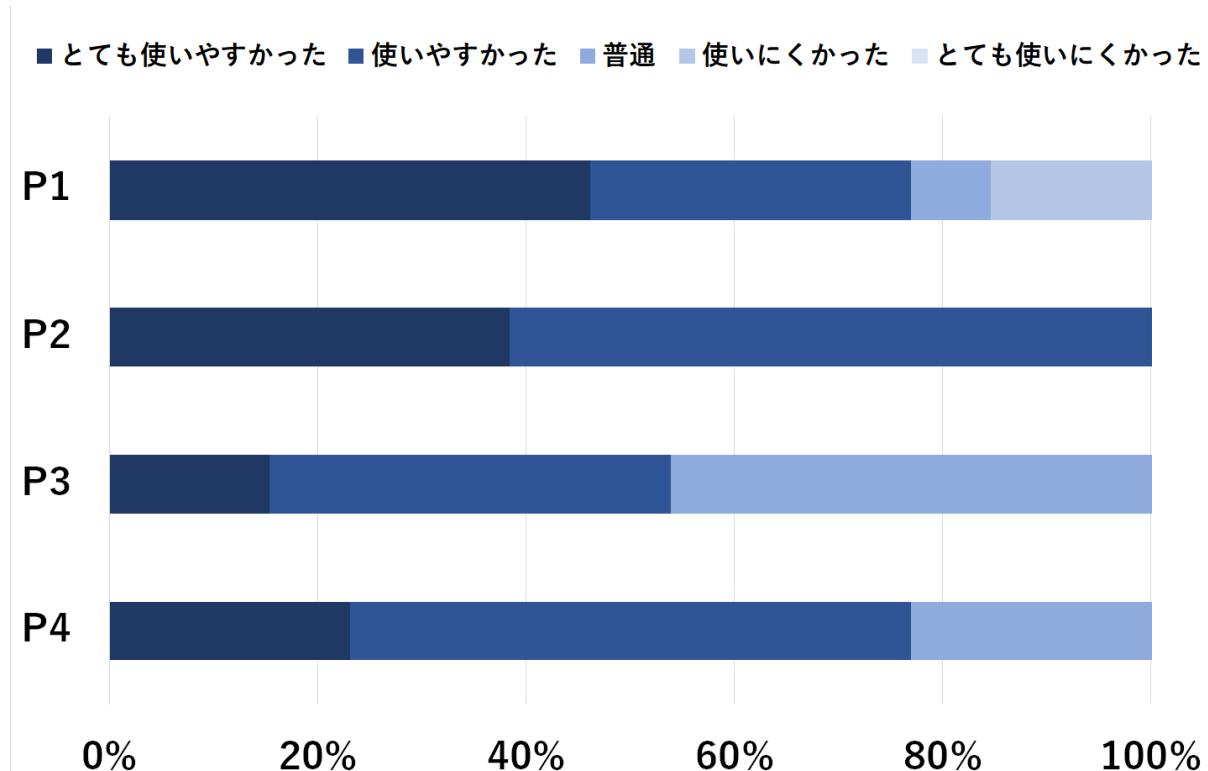


図 6.10: Q4. システムは使いやすかったか (N=13)

6.3 比較実験

6.3.1 実験目的

6.1節、6.2節の予備実験[23][24]の結果から変更点を加えたプロトタイプシステムとともに、3.2節の課題2、「少ない学習でユーザがシステムを使用できるようにする」について検証するために、提案方式の習熟のしやすさを調査する。具体的には、提案方式と既存方式とで習熟のしやすさを比較し、これを検証する。被験者に10日間連続してシステムを使用してもらい、入力に成功した定型文数と文字数を測ることで、習熟のしやすさを評価する。

6.3.2 実験条件

6.1節、6.2節の予備実験1、2と同じく視覚障がい者を想定した実験を行う。比較対象となる既存方式には、[1]、[2]を製品化したスマートフォンアプリケーションであるMove & Flickを使用する。Move & Flickでは、指をスクリーンに触れた位置から8方向（上下左右および各方向の中間）のいずれかに動かして子音を選択した後、その位置からさらに指を8方向のいずれかに動かして母音を選択することで文字入力を行う。

被験者は、20代男性10名、日本語を母国語とする晴眼者である。実験時、被験者には、システム使用時に目を閉じることで視界を遮断し、視覚障がい者を模してもらった。

今回、提案方式と既存方式の入力成功条件を揃えるために、両方式の入力成功までの条件を定めた。提案方式は、出力候補選択機能を使用せず、類似度スコアが最も高い定型文が文字と音で出力され、それが意図どおりの出力であった場合を入力の成功とした。既存方式は、漢字の変換は行わず、ひらがなののみで入力を行い、最後にひらがなで構成された全文を音声で読み上げ、それが意図どおりの出力であった場合を入力の成功とした。また、被験者が入力する文は、両方式で出力が可能な文に限定した。この結果、被験者が入力する可能性のある定型文は、574件、平均文字数は、5.19文字となった。

さらに、各被験者に対する実験者の作業指示の違いを無くすために、均質な作業指示を自動的に行う作業指示システムを構築した。作業指示システムの主な機能は、下記の4つである。

- 被験者が使用する方式をランダムで決める。
- 被験者が入力する定型文を選択し、文字と音で出力する(図6.11)。
- 被験者が入力する制限時間(10分)を計る。
- 被験者が入力に成功した定型文数・文字数を数える。

6.3.3 実験手順

被験者は、下記手順に従って、10日間連続して両方式を使用する。

Step 1: 被験者は、提案方式と既存方式について実験者が示した使用説明文を読み、納得するまで練習する。被験者が入力する文については、実験者があらかじめ本実験で使用しないもので練習に適していると判断したもののみを使用する。

Step 2: 被験者は、実験者が用意した作業指示システムをPC上で起動する。

Step 3: 作業指示システムは、最初に使用する方式(既存方式または提案方式)を被験者に指示する。順序効果を相殺するために、各日の最初に使用する方式は、ランダムに決定する。

Step 4: 被験者は、Step 3で選ばれた方式を使い、作業指示システムが文字と音で出力した定型文を目を閉じて、10分間入力する。

Step 5: 実験者は、作業指示システム上に画面出力された入力に成功した定型文数・文字数を記録する。

Step 6: 被験者は、Step 3で選ばれなかった方式を使用し、Step 4～Step 5を行う。

Step 7: 被験者にStep 2～Step 6を1日1回、10日間連続して行ってもらった後、実験者は、被験者にヒアリングを行う。

Step 4にて、被験者が入力する定型文については、作業指示システムが、実験者が両方式で入力が可能と判断した辞書内から、その日の1回の実験中にまだ入力されていない定型文を無作為に出力する。被験者は、作業指示システムが指定した定型文について、自身が成功したと判断するまで入力を行う。入力に成功したと判断した場合、目を開け、作業指示システム上にある入力成功ボタン(図6.11＊1)を押して、次の定型文の入力に備える。また、被験者は、作業指示システムが指定した定型文の入力に全く成功しないと感じた場合、作業指示システム上にあるスキップボタン(図6.11＊2)を押して、その定型文の入力を諦めることもできる。これは、被験者の入力方法自体が間違っており、入力が成功する可能性がない状態で、制限時間まで入力を繰り返すのを防ぐためである。

実験は、静かな場所で、椅子に座った状態で行った。スマートフォンの持ち方や操作する指は指定しなかった。

6.3.4 結果・考察

被験者が各方式で1分間あたりに入力に成功した定型文数・文字数の10日間の遷移をそれぞれ図6.12、図6.13に示す。各図において、2日目までの期間と、3日目以降の期間で各方式の挙動が異なるため、これらの期間別に考察を行う。

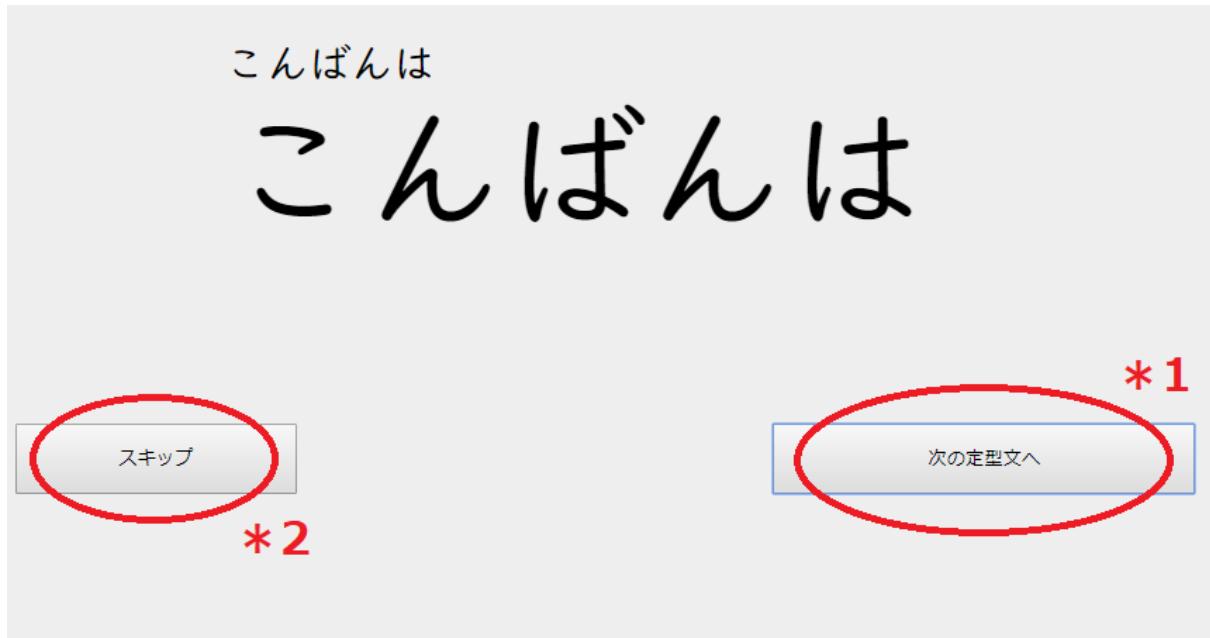


図 6.11: 作業指示システム画面

6.3.4.1 2日目までの期間

定型文数・文字数とも、提案方式の方が既存方式よりも中央値が高く、各日とも Welch の t 検定にて 5% 水準で有意差を確認できた。実験終了後に被験者に対して行ったヒアリングからも、提案方式では、「覚えることがほぼない」、「最初から苦労せずに使える感じがした」という意見が得られたのに対し、既存方式では、「アルファベットの配置を覚えるのが大変」、「入力するときの動作など、覚えることが多い」という意見が得られた。提案方式は、多くの人がすでに学習しているひらがなの画数を使い、タップ動作のみに限定したため、このような結果が得られたと考えられる。以上より、提案方式の方が既存方式よりも少ない学習で操作の習熟が可能であると判断できる。

6.3.4.2 3日目以降の期間

5% 水準の Welch の t 検定を実施したところ、定型文数・文字数とも、3 日目以降のすべての日において両方式間で有意差が認められなかった。以降、各方式について考察を深める。

既存方式においては、図 6.12・図 6.13 にあるとおり、使用期間が長くなるにつれて定型文数・文字数の差が大きくなっている。これは、既存方式がユーザによって習熟度の差がつきやすいことを示唆している。すなわち、上手く操作のコツを掴んで入力速度が上がる人がいる一方で、そうならない人も一定数生じるということである。この傾向は、被験者へのヒアリングからも確認できている。

一方で、提案方式は、使用期間が長くなるにつれて (1) 定型文数・文字数はわずかに上

昇するにとどまり、(2) 被験者間の定型文数・文字数の差は、既存方式と比べてかなり小さい結果となった。(1)については、今回の提案方式の実装において、被験者は、各文字の入力を区切るために1.5秒待つ必要があったことが原因であると思われる。この待ち時間は、初心者向けに最適であることを確認[23][24]したものであるが、ある程度習熟したユーザにとっては長すぎるものと思われる。被験者へのヒアリングにおいても、この待ち時間があることで「入力速度に限界がある」や「待ち時間が長く感じた」という意見が得られた。障がい者の方からも同様の意見を得ている(6.4章2-5)。この問題は、ユーザの習熟度に応じて、入力区切りの待ち時間を自動、または、手動で変更する機能を実装することで解決でき、単位時間あたりの入力速度は向上の余地があると考えられる。(2)については、(1)の影響があるため断定はできないが、ヒアリング結果も含めて考えると、提案方式は、ユーザ間で習熟度に差が付きにくいことが示唆される。

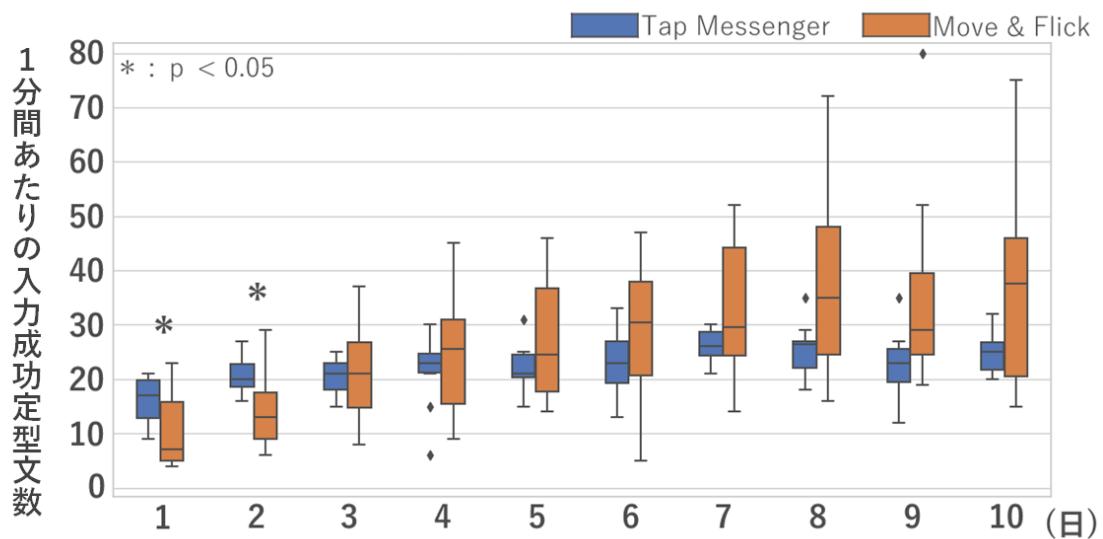


図 6.12: 10 日間の入力成功定型文数 (定型文数, N=10)

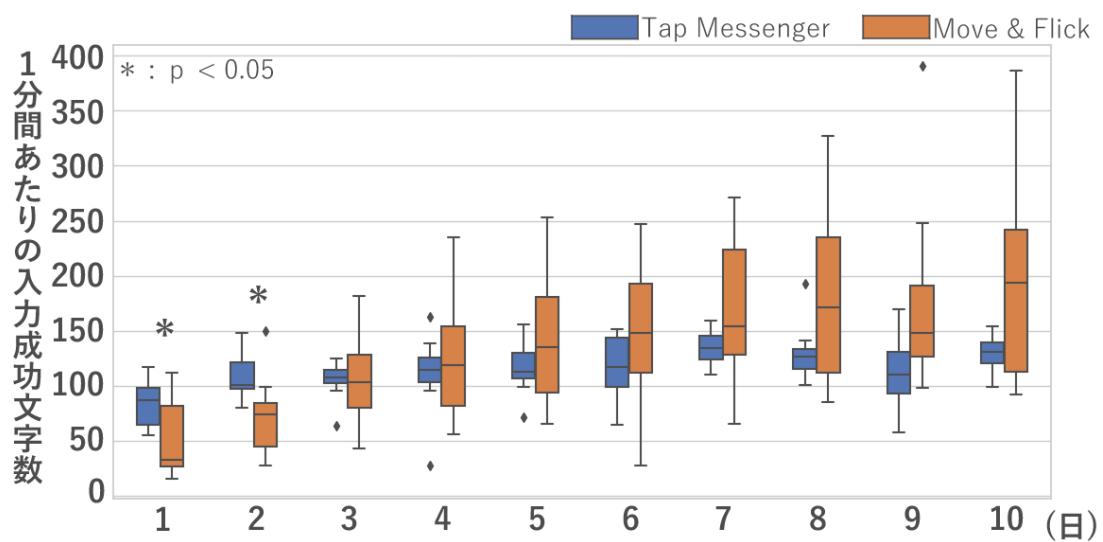


図 6.13: 10 日間の入力成功文字数 (文字数, N=10)

6.4 障がい者の方へのヒアリング

[24] で実装した提案方式のプロトタイプシステムを実際に視覚障がい者、聴覚障がい者、身体障がい者の方、計4名に使用してもらい、ヒアリングを行った。その際に得られた意見の一部は本稿における実装に反映している。下記にヒアリング結果を示す。

使用していただいた感想

- 1-1) 異なる障がいを持つコミュニケーション相手と同じシステムを使って会話することに価値を感じられる。
- 1-2) 使い方に慣れれば、聴覚障がい者でも提案方式を使うことは有効だと思われる。
- 1-3) 入力中、ユーザが思い描いた定型文が出力されるか不安である。
- 1-4) 画の長さを考えて入力することは、新しい言葉を覚えて入力することと同じであり、新たな学習が必要になる。
- 1-5) 点字は長短が無いので、点字を使用するユーザには提案方式は苦手に思われる可能性がある。

実装に関するご意見

- 2-1) 弱視者向けに、文字色と背景色のコントラストを強めた方が良い。(本稿にて実装済)
- 2-2) タップ動作のみでなく、文字を書く動作でも入力したい。(本稿にて実装済)
- 2-3) タップする回数を減らすために、変換や出力候補があると良い。(本稿にて実装済)
- 2-4) スマートフォンの利用でフリック動作には慣れているため、タップだけでなく、フリックも加えても良いと思われる。(本稿にて実装済)
- 2-5) 次の文字の入力が開始されるためのインターバルをユーザが調節できると良い。
- 2-6) 「漢字」「カタカナ」「ひらがな」の3つのモードで定型文が入出力できると良い。
- 2-7) 仕事中とプライベートで出力される定型文が変わると良い。
- 2-8) 数秒待つことで次の文字が入力できるが、別の動作をすることで次の文字への入力を開始したい。
- 2-9) 日本語だけでなく、英語も入出力できると良い。

実装に関するご意見の2-1～2-4については、ヒアリング後、実装に反映させた。今後は、使用していただいた感想の1-1～1-5を念頭に置きつつ、ご意見の2-5～2-9についても実装と検証を進めていく予定である。

第7章 結論

本研究は、健常者と障がい者同士や異なる障がいを持った人同士がコミュニケーションを行う際に、自分もしくは相手にコミュニケーション方法を合わせなければならぬという問題の解消を狙ったものである。この問題を達成するために、本研究では、健常者、障がい者問わず、日本語の文字を記憶している人なら誰もが知っている、ひらがなの画数に着目した。この着想を元に、本稿では、ひらがなの画数回タップを行うだけでコミュニケーションを行う方式を提案した。提案方式のプロトタイプシステムと既存システムを用いた比較実験を行なった結果、提案方式の方が少ない学習で習熟できるということが確認できた。今後は、習熟度に応じて入力区切りの待ち時間を変更する機能を追加予定である。加えて、原理的には英語で利用できる可能性があるため、日本語以外の言語でも利用できるか検証予定である。また、本システムを利用するためにはひらがなの知識が必要となるが、これにより本システムを利用可能なユーザ層がどの程度制約されるか調査する必要もある。

本システムは、コミュニケーション以外にも利用可能である。例えば、ナビゲーションシステムへの目的地入力に利用して、自身の障がいに応じた最適なバリアフリー経路を検索するシーンの適用が考えられる。このように、多様な用途への適用が考えられるため、今後も障がいの方へのヒアリング等を継続しながら、本システムが貢献できるシーンを検討し、さらなるシステム改良を行う予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP17K12730 の助成を受けて行われた。

本研究に関して、貴重なご意見を下さった NTT クラルティ株式会社の協力に謝意を表する。

参考文献

- [1] Ryosuke Aoki, Ryo Hashimoto, Akihiro Miyata, Shunichi Seko, Masahiro Watanabe, and Masayuki Ihara. Move & flick: Design and evaluation of a single-finger and eyes-free kana-character entry method on touch screens. *Proc. the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility (ASSETS2014)*, pp. 311–312, 2014.
- [2] 青木良輔, 橋本遼, 瀬古俊一, 片岡泰之, 井原雅行, 渡辺昌洋, 小林透. Drag & flick : タッチスクリーンを用いた視覚障がい者向け文字入力方式. 情報処理学会インタラクション 2013 予稿集, pp. 72–79, 2013.
- [3] Jaime Snchez and Fernando Aguayo. Mobile messenger for the blind. In *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4397, pp. 369–385, 2011.
- [4] 深津佳智, 志築文太郎, 田中二郎. No-look flick: 携帯情報端末のタッチパネルにおけるアイズフリーな片手かな文字入力システム. 第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 第 WISS2012 卷, pp. 133–138, 2012.
- [5] Matthew N. Bonner, Jeremy T. Brudvik, Gregory D. Abowd, and W. Keith Edwards. No-look notes: Accessible eyes-free multi-touch text entry. In *International Conference on Pervasive Computing*, pp. 409–426, 2010.
- [6] 箱田博之, 深津佳智, 志築文太郎, 田中二郎. タッチパネル端末における 2 本指を用いたアイズフリーかな文字入力手法. 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , 第 2013-HCI-154 卷, pp. 1–8, 2013.
- [7] 井川洋平, 宮下芳明. アイズフリーで速記できる「方向のみ」のフリック入力手法. インタラクション 2013, pp. 651–656, 2013.
- [8] 志水新, 馬場哲晃, 串山久美子, 金石振. 視覚障害者の日本語入力を支援するフリック入力型キーボード. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , 第 2014-HCI-158 卷, pp. 1–6, 2014.
- [9] 中園薰, 角田麻里, 長嶋祐二, 細野直恒. 外国人や聴覚障害者の緊急時ユニバーサルコミュニケーション支援技術に関する検討. 電子情報通信学会論文誌 D, No. 1, pp. 221–232, 2011.

- [10] Mark Rejhon, Christian Vogler, Norman Williams, and Gunnar Hellström. Standardization of real-time text in instant messaging. *Proc. the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS2013)*, 2013.
- [11] <http://speechcanvas.jp>(last visited on 2018/10/13).
- [12] 田中久美子, 犬塚祐介, 武市正人. 少数キーを用いた日本語入力. 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 2, pp. 433–442, 2003.
- [13] 久楽忠昭, 大西克実, 中野秀男. 上肢障がい者向け入力支援における研究. 平成23年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2011.
- [14] 落合積, 石松隆和, 高見修, 松井稟治. 目の動きを利用した身障者用文字入力装置の試作. 日本機械学会論文集 C編, 第63巻, pp. 1546–1550, 1997.
- [15] 大矢哲也, 川澄正史. 眼電図によるalsコミュニケーションツールの入力動作の研究. 社団法人日本生体医工学会, 第43巻, pp. 172–178, 2005.
- [16] Xiaoyi Zhang, Harish Kulkarni, and Meredith Ringel Morris. Smartphone-based gaze gesture communication for people with motor disabilities. *Proc. the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2878–2889, 2017.
- [17] L.A. Farwell and E. Donchin. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. In *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 70, pp. 510–523, 1988.
- [18] 田中久弥, 井出英人. 単一試行の運動関連脳電位解析による意図伝達システム. 電気学会論文誌. C, Vol. 122, No. 5, pp. 780–785, 2002.
- [19] Michael D. Fleetwood, Michael D. Byme, Peter Centgraf, Karin Dudziak, Brian Lin, and Dmitryi Mogilev. An evaluation of text-entry in palm os-graffiti and the virtual keyboard. *Proc. the HFES 52nd annual meeting*, Vol. 46, No. 5, pp. 617–621, 2002.
- [20] 梅舟柄安, 大倉典子. 発話障害者のための自然対話支援システムの開発(第3報). 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), 第2005-HCI-116巻, pp. 57–63, 2005.
- [21] 谷岡稔真, 江頭広幸, 高田真由美, 岡崎泰久, 渡辺健次, 近藤弘樹. 発話障害のある肢体不自由者のための音声による文字入力とpc操作を可能にするシステムの開発. 人口知能学会論文誌, Vol. 23, No. 6, pp. 447–456, 2008.
- [22] 渡辺哲也, 山口俊光, 南谷和範. 視覚障害者の携帯電話・スマートフォン・タブレット・パソコン利用状況調査2013. 平成24年度 電気通信普及財団 研究調査助成 成果報告書 2014, 2014.

- [23] 小林舞子, 呉健朗, 荒木伊織, 大和佑輝, 宮田章裕. Tap messenger:タップのみでコミュニケーションを行うシステムの基礎検討. 情報処理学会 インタラクション 2018 予稿集, pp. 963–968, 2018.
- [24] 小林舞子, 呉健朗, 大和佑輝, 宮田章裕. タップのみでコミュニケーションを行うシステムの実装. 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018), 第 2018 卷, pp. 1777–1783, 2018.
- [25] <http://www.w3.org/tr/aert/#color-contrast>(last visited on 2018/10/7).

研究業績

査読付き国内会議

- (1) 小林舞子, 小林優維, 呉健朗, 大和佑輝, 宮田章裕: Tap Messenger: タップのみでコミュニケーションを行うシステムの提案, 情報処理学会インタラクション 2019 予稿集, pp. *-* (2019年3月発表予定).
- (2) 中村仁汰, 玉城和也, 小林舞子, 中辻真, 宮田章裕: 文章表現の堅さ推定手法の基礎検討, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2017 論文集, Vol.2017, pp.1-6 (2017年11月).

研究会・シンポジウム

- (1) 小林舞子, 呉健朗, 大和佑輝, 宮田章裕: タップのみでコミュニケーションを行うシステムの実装, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018), Vol.2018, pp.1777-1783 (2018年7月).
- (2) 小林舞子, 呉健朗, 荒木伊織, 大和佑輝, 宮田章裕: Tap Messenger: タップのみでコミュニケーションを行うシステムの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2018 予稿集, pp.963-968 (2018年3月).
- (3) 長岡大二, 中原涼太, 小林舞子, 鈴木獎, 呉健朗, 宮田章裕: 文脈を考慮してボケるエージェントの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2018 予稿集, pp.882-884 (2018年3月).

受賞

- (1) マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム ヤングリサーチャ賞, タップのみでコミュニケーションを行うシステムの実装, 受賞者: 小林舞子 (2018年7月).
- (2) マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム ナイトテクニカルセッション賞, ちぎることで電子情報を手渡すインタラクション方式の実用性検証, 受賞者: 呉健朗, 宇野広伸, 富永詩音, 長岡大二, 小林舞子, 大和佑輝, 篠崎涼太, 多賀諒平 (2018年7月).