

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

呉 健朗¹ 小林 優維² 大和 佑輝¹ 宮田 章裕^{2,a)}

受付日 2020年4月5日, 採録日 2020年10月6日

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う。しかし、障がいの有無・種類が異なるユーザ同士の場合、使用するコミュニケーション手段も異なるため、介助者の仲介な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、我々は、指でタッチスクリーンをタップするだけという、比較的負担の少ない身体動作を行う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ときの画数の並び順に合わせてタッチ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、介助者の仲介なしに様々なユーザ間で共通の方法を用いてコミュニケーションを行うことができるようになる。構築したプロトタイプシステムを用いた実験では、提案方式の方が既存方式を用いた場合よりも少ない期間で習熟できることを確認した。

キーワード: 障がい者コミュニケーションシステム, ユニバーサルデザイン, タップ

Tap Messenger: A Communication System Using Only Tap

KENRO GO¹ YUI KOBAYASHI² YUKI YAMATO¹ AKIHIRO MIYATA^{2,a)}

Received: April 5, 2020, Accepted: October 6, 2020

Abstract: Non-handicapped and people with disability use characters, speech, Braille, and sign language to communicate with other. However, people who use different communication methods have trouble with communication with each other without helpers. In order to solve this problem, we propose Tap Messenger; a system that enables users to communicate necessary for daily life only by tapping on a touch screen with a finger. Users can send messages each other with text and sound simply by tapping the screen in accordance with the sequences of the number of character strokes. This makes it possible for the users to communicate in a same method, regardless of with or without a handicap and without helpers. We developed a proof of concept and conducted evaluation tasks, confirming that our approach could be mastered by the user in less time than using the existing system.

Keywords: communication system for people with disability, universal design, tap

1. はじめに

健常者は文字や発話などを視覚や聴覚を利用し、他者とコミュニケーションを行う。視覚や聴覚に障がいがある場

合は、点字や手話などでコミュニケーションを行う。しかし、障がいの有無・種類が異なるユーザ同士の場合、使用するコミュニケーション手段も異なるため、介助者の仲介なしにコミュニケーションを行うことが困難である。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。

これらの問題を解決するために、我々は障がいの有無を問わず多くの日本人が理解できるひらがなの画数に着目した。ひらがなの画数は多くの日本人がすでに学習してお

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, Setagaya, Tokyo 156–8550, Japan

² 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University, Setagaya, Tokyo 156–8550, Japan

a) miyata.akihiro@acm.org

り、後天的に障がいを持った場合でも新たに学習する必要がないと考えられる。加えて、障がいの種類を問わず使用できるよう、身体障がい者でも負担が軽いと思われるタッチスクリーンをタップする動作に着目した。

これらの着眼点に基づいて我々は、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を提案する [1], [2]。これは、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ときの画数通りにタッチ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になるシステムである。たとえば、“お休み”というメッセージをひらがなに直すと“おやすみ”となり、この画数の並び順は“3, 3, 2, 2”である。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”と相手に文字と音で伝えることができる。

本稿の貢献は次のとおりである。

- 障がい者の方からのヒアリング結果をもとに先行研究 [1] に追加機能を実装したこと。
- 提案するひらがなの画数を利用した入力方式の習熟のしやすさを既存方式と比較する実験を行ったこと。

2. 関連研究

本章では、障がい者を対象とするコミュニケーション支援に関する研究事例を障がいの種別ごとに紹介する。

2.1 視覚障がい者のコミュニケーションを支援する事例

視覚障がい者のコミュニケーションを支援する技術が数多く提案されている。Aoki らは、タッチスクリーンを用いた文字入力方式を提案している [3]。指を8方向のいずれかにスライドさせて子音を選択し、その後同様に指を8方向にスライドして母音を選択することで文字入力が行える。志水らは、日本語フリック入力型キーボードを提案している [4]。キーボードのスリットを利用することで、フリック動作のみで文字入力できる。Sánchez らは、文字入力支援システムを提案している [5]。9個のソフトウェアキーがタッチスクリーンに配置されており、キーを2回連続でタップすることでアルファベットを入力できる。Weinan らや Billah らは視覚障がい者のための新しいキーボードを提案している。Weinan らは、ユーザが文字を入力するたびにユーザが入力を行おうとしている単語を推定し、その単語を入力しやすいようにキーボードの各キーのサイズが動的に修正されるキーボードを提案している [6]。Billah らは、視覚障がい者がグライド入力を行いやすくするために、指が触れているキーの音声を流すだけの機能を持つ探索モードと、実際にグライド入力を行うジェスチャーモードを組み合わせたキーボードを提案している [7]。

これらの研究は、それぞれ文字入力時に音声フィードバックを行っており、ユーザが視覚を使用せずに入力中の

文字を把握できる。

2.2 聴覚障がい者のコミュニケーションを支援する事例

聴覚障がい者のコミュニケーションを支援する技術が数多く提案されている。中園らは、視覚情報のみで理解しやすい絵記号をシステムが複数提示し、ユーザが選択したものを元に日本語文を生成する方式を提案している [8]。SpeechCanvas は、ユーザ間で1つのデバイスを共用させてコミュニケーションを行えるようにするシステムである [9]。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筆談で入力を行う。Rejhon は、健常者が聴覚障がい者と文字を用いたコミュニケーションをより円滑化する方式を提案している [10]。ユーザが音声入力を行う際、入力終了後ではなくリアルタイムにユーザの入力中の文字をチャット上で反映させる。これにより、聴覚障がい者との文字を用いたコミュニケーションを円滑に行うことができる。

2.3 身体障がい者のコミュニケーションを支援する事例

身体障がい者のコミュニケーションを支援する技術が数多く提案されている。田中らは、日本語の文章を4つのキーのみで入力するシステムを提案している [11]。4つのキーにはかなが重複して割り振られており、ユーザが目的の文のかなに相当するキーを押すだけで出力候補を表示でき、ユーザは使用したい文を選択する。Zhang らは、スマートフォンのカメラを用いた文字入力システムを提案している [12]。ユーザは視線を上下左右方向へ任意の回数移動させることで、そのパターンに適した文を入力できる。

2.4 そのほかの障がい者のコミュニケーションを支援する事例

そのほかの障がい者のコミュニケーションを支援する事例も存在する。梅舟らは、発話障がい者を対象に、直接発話を行うことなく対話を行えるようにする手袋型入力デバイスを提案している [13]。手袋にはボタンが装着されており、ユーザは使用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できる。

3. 研究課題

点字や手話などの障がい者が利用するコミュニケーション方法が数多く存在する。しかし、点字や手話は難解であり、習得する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ユーザにとって、異なるコミュニケーション方法を使用することは唐突な環境変化となり、点字や手話を習得することが困難であると考えられる。このことから、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が行われているが、いくつかの問題が存在する。

第1に障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザ間で使用・理解できない場合があるという問題がある。2.2節の事例は、聴覚障がい者を対象に支援を行っているため、視覚情報を用いた出力方法である。よって、視覚障がい者が出力結果を確認できない。視覚障がい者の支援のために音によるフィードバックを行う事例[6]や事例[7]が存在するが、キーボードを操作するなどの細かい操作が必要になるため、指が自由に動かせない障がい者を持つユーザが利用できない可能性がある。

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問題がある。自分と異なる障がいを持つ他者とコミュニケーションを行うシーンにおいては、自分の障がいに専用のツール以外の手段を短期間で習得して使う必要があることが多く、この手段の学習コストは極力低い方が望ましい。事例[3]、事例[5]は、障がい異なるユーザ間でも利用できる。しかし、事例[3]は8方向へ指を移動させるという細かな入力が必要とされ、どの方向に指を動かせばどんな文字が入力できるか習得する必要がある。事例[5]は9個のソフトウェアキーの位置と、それぞれのキーでどんな文字が入力できるか習得する必要がある。事例[6]、事例[7]はキーボードのキーの配置をある程度把握したユーザの入力支援を行うものであるため、キーの配置を把握していないユーザが使用することが困難である。

第3に特殊な機材が必要となる問題がある。事例[4]、事例[13]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利用できると思われる。しかし、特殊なキーボードや手袋型デバイスのように特殊な入力デバイスが必要となる。事例[12]はスマートフォンで入力を行うことができ、手軽に使用できると考えられる。しかし、入力時に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る。他者からの補助やスタンドの設置が必要である。

以上より、様々なユーザ間でコミュニケーションを行うシステムを構築するうえで、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、様々なユーザ間で使用・理解できるようにする。

課題2: 少ない学習で使用できるようにする。

課題3: 特殊な機材を用いないようにする。

4. 提案方式

3章で述べた課題を達成する方法を考える。Williamらの報告より、視覚障がい者が操作するインタフェースは、ユーザに複雑な動きを強いる入力よりも単純な動きを用いる入力のほうが好ましいとされている[14]。これを受け我々は、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から[15]、スマートフォンの操作時に必要となるタップは比較的負担が少ないと考えた。

たとえば、モールス信号のような入力であれば、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

表1 メッセージの画数表現例

Table 1 Examples of stroke count sequences.

メッセージ	メッセージの画数表現
おはよう	3, 3, 2, 2
こんにちは	2, 1, 3, 2, 3

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、我々は日本語の文字を記憶していれば誰もが想起できるとされるパターンとして、ひらがなの画数を利用する。厚生労働省の調査[16]によると、視覚障がい者のうち0~3歳で何らかの視覚障がいが発生した割合は18.5%程度であり、約8割の視覚障がい者はひらがなの学習をする機会があると推測できる。このことから、ひらがなの画数は、視覚障がい者を含む多くの日本人がすでに学習を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。

上記の検討に基づき、我々は、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を提案する[1], [2]。このシステムでは、よく用いられる挨拶などのメッセージをひらがなに変換し、メッセージを構成する各文字の画数の並び（以降、画数表現）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並びと、コミュニケーション辞書内の各メッセージの画数表現の間でマッチングを行い、マッチしたメッセージを文字と音で出力する。メッセージの画数表現の例を表1に示す。この方式により、3章で述べた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、ユーザの身体に比較的負担がかからない。また、メッセージの出力を文字と音で行うことで、ユーザが視覚・聴覚的にメッセージを理解できる。これにより、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザが利用できる。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い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がない。

5. 障がい者の方へのヒアリング

想定ユーザである障がい者のニーズを適切にシステムに反映するために、我々は、視覚障がい者2名、聴覚障がい者1名、身体障がい者1名、計4名にヒアリングを行った。具体的には、彼らにベータ版システム[1]を使用してもらった後、使用時の感想と改善すべき点について半構造化インタビューを実施した。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) 異なる障がいをも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メッセージ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と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よい (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つのモードでメッセージが入出力できると良い。
- 2-7) 生活シーンによって出力時の形式が変わると良い。
- 2-8) 日本語だけでなく、英語も入出力できると良い。

本稿では、実装に関するご意見の2-1~2-4を実装に反映させた。2-1、2-2のご意見について6.1節、2-3、2-4のご意見については6.3.2項で詳細を述べる。本稿後にも2-5~2-8、1-1~1-5の反映を行う予定である。具体的には、2-5~2-8のご意見に基づき、ユーザが自身の使いやすさや生活シーンに合わせてシステムを調整できるようにする方針である。1-1~1-3のご意見については、障がいを持つユーザの協力のもと、システムの操作性や、ユーザ間が使用するシステムを同じにすることに対する価値について検証を続ける必要がある。1-4、1-5のご意見では、画の長さを考慮することが負担であることが示唆された。しかし、6.2節で後述するように、画の長さはメッセージの識別に重要な要素であるため、本稿においては実装に反映していない。画の長さ以外の要素でメッセージの識別能力を高める方法については、検討の余地があると考えられる。

6. 実装

6.1 インタフェース

図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、様々なユーザが利用できるシステムにするた

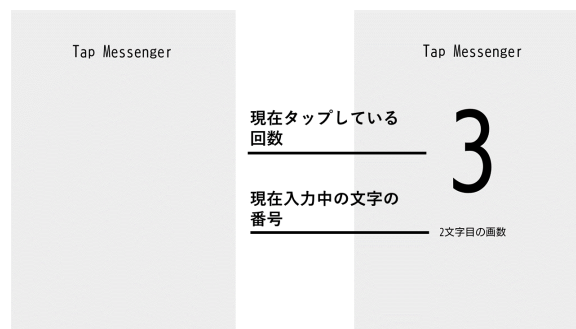


図1 スマートフォン画面 (左:入力前, 右:入力中)

Fig. 1 System interface (left: before input, right: during inputting).



図2 スマートフォン画面 (メッセージ出力後)

Fig. 2 System interface (output).

めに、ヒアリング結果2-1から、弱視者にも文字の判別が行いやすいよう画面の配色は文献[17]に基づいて決定した。最初は、図1左のように表示されている。ユーザはこの状態で画面内をタップすることでメッセージを入力できる。視覚障がい者が操作するインタフェースとして画面を実際に見てボタンの配置などを覚えて使う必要のあるデザインは好ましくない[14]ことから、画面上のタップ可能領域については、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する。さらに、ヒアリング結果2-2から、画面上で文字を書くように、タップ中に指をスライドさせても入力を行えるようにした。1つの文字の入力にユーザが何回タップを行っているのかをリアルタイムに表示する (図1右)。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、ユーザが入力を行う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、任意のメッセージが文字と音で出力される (図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2に示す。本システムはWebアプリケーションとして実装した。これにより、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。

表 2 入出力デザインの工夫と配慮対象者

Table 2 Design techniques and corresponding beneficiaries.

	実装内容	配慮対象者		
		視覚	聴覚	身体
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	*		*
	バイブレーションでの入力補助	*		
	文字での入力補助		*	
出力	音での入力補助	*		
	背景と文字の配色	*		
	文字の出力		*	
	音の出力	*		

表 3 タップ例

Table 3 Examples of input by tapping.

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

6.2 入力方法

ユーザはメッセージをひらがなに置き換え、そのひらがなの画数通りにタップを行う。たとえば、“お休み”をひらがなに直すと、“おやすみ”になる。そして“おやすみ”を画数で表現すると“3, 3, 2, 2”となる。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。

本研究では、1文字の画数表現だけで一意に特定できるひらがなが1文字も存在しないことから、メッセージを構成するすべての文字のそれぞれの画数を利用し、辞書内のメッセージの識別を行う。しかし、“おはよう” (3, 3, 2, 2) と“おやすみ” (3, 3, 2, 2) のように同じ画数表現となるメッセージの場合、メッセージどうしの識別が行えない問題が発生する。この問題により、本実装時にコミュニケーション辞書内に登録されたメッセージ 574 件（詳細は 7.2 節で後述）のうち、169 件が識別できない。そこで、メッセージの画数表現に加え、文字の各画の長さもメッセージを識別するための要素とすることで問題を解決する。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。画の長さを判断できない場合は、中間の長さでタップを行う。このときの画の長さは、各ユーザが判断する。ユーザの入力データの処理方法は、6.3 節で述べる。表 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、バイブレーションで行う。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。今回、先行研究 [1] で行った実験を元に、今回の実装ではこれらの一定時間をそれぞれ 1.5 秒とする。

表 4 ユーザ入力データ例

Table 4 Examples of input to the system.

メッセージ	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 正解データ例

Table 5 Examples of the correct data.

メッセージ	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

この方法により、本実装時にコミュニケーション辞書内に登録されたメッセージ 574 件すべてが識別可能になる。

6.3 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正解データのマッチング方法について述べる。

6.3.1 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たび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。その例を表 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: メッセージをひらがなに変換する。

Step 2: メッセージの各文字の各画を、短い画は、“1”、中間の長さの画は、“2”、長い画は、“3”にマッピングする。

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: メッセージと Step 1~Step 3 で作成されたデータを結び付け、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 に示す。Step 3 にて、各画の長さが短い・中間・長いどれにあたるかについては、著者 4 名が議論のうえで決定した。

6.3.2 類似度計算

本項では、6.3.1 項で論じ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。

ユーザの入力ミスにより、ユーザの入力データとユーザが出力したい文の正解データが異なる場合がある。この差が生じてもある程度ユーザの意図どおりのマッチングを行うために、類似度の算出には Dynamic Time Warping (以下 DTW) を用いる。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。算出された S_D に 1 を足した値を逆数にしたものを最終的な類似度スコア s_s (Similarity Score) とする (式 (1))。

$$s_s = 1/(1 + S_D) \quad (1)$$

6.4 出力候補選択

ヒアリング結果 2-3 から、ユーザが誤った入力を行った場合でも、正しいメッセージを出力できるようにするために、出力候補選択機能を実装する。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 (6.3.2 項) がある程度高くなることを利用した機能である。

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メッセージが 1 文のみ、文字と音で出力される。メッセージ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、出力されているメッセージが、ユーザの考えた任意のメッセージと異なった場合、タッチスクリーンを右から左へフリックすることで、類似度が次に高いメッセージ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 つ前に高いメッセージ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、ヒアリング結果 2-4 より、障がい者の方はフリック操作に慣れている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メッセージを選択後、一定時間タッチスクリーンを押すことで表示されているメッセージを文字と音で出力できる。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する。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・画の長さがまったく同じになるメッセージがあった場合にも、出力候補選択機能により、ユーザは、正しいメッセージを出力できると考えられる。

7. 検証実験

7.1 実験目的

本実験は 3 章の課題 2 について、我々の提案方式において重要な指標である入力方式の習熟のしやすさについて調査することを目的とする。実験では、10 日間連続してシス

テムを使用してもらい、入力に成功したメッセージ数と文字数を測ることで、習熟のしやすさを評価する。なお、入力方式の習熟のしやすさを厳密に検証するため、5 章のヒアリング結果を参考に追加した機能のうち、タップ動作を行うことやひらがなの画数以外のことを思い浮かべる可能性がある、フリック動作による入力方法と、出力候補選択機能を使用させないようにする。

7.2 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ことを狙っているが、本実験では、特に利用ニーズが高いと思われる全盲のユーザが入力を行うシーンを想定した実験を行う。比較対象としては、Aoki らの研究 [3] を製品化した 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、全盲の障がい者とシステムの利用時の条件を対等にするために、被験者にはシステム利用時に視覚を扱えないよう目を閉じてもらった。

対等な比較を行うため、提案方式と既存方式の入力成功条件は統一した。提案方式では出力候補選択機能を使用せず、被験者の入力から選択された類似度スコアが最も高いメッセージが被験者の意図どおりの入力であった場合、成功とした。既存方式は漢字の変換は行わず、ひらがなのみで入力を行い、被験者の入力したひらがなで構成された文が意図どおりの入力であった場合、成功とした。なお、被験者に入力させる文は、実験時にコミュニケーション辞書内に登録されているすべての文を候補とした。コミュニケーション辞書内に登録したメッセージは、障がい者の方々のご意見をふまえ、あいさつを行うシーンに使用する“おはよう”や“さようなら”のほかにも、食事のシーンで使用できるような“いただきます”や、謝罪のシーンで使用できるような“ごめんなさい”など、多くの日常シーンをカバーできるように配慮を行い決定した。この結果、被験者が入力する可能性のあるメッセージは 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なくすために、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 (図 3)。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。
- 被験者が入力するメッセージを文字と音で出力する。
- 実験の制限時間 (10 分間) が経過したら被験者に終了の合図を出し、入力の受付を終了する。
- 被験者が入力に成功したメッセージ数・文字数を数える。

表 6 Bonferroni の多重比較検定の結果

Table 6 Results of the Bonferroni test.

	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目	7 日目	8 日目	9 日目	10 日目
メッセージ数における p 値	0.046	0.018	0.816	0.442	0.221	0.229	0.124	0.632	0.549	0.702
文字数における p 値	0.025	0.015	0.972	0.517	0.219	0.209	0.120	0.070	0.055	0.051

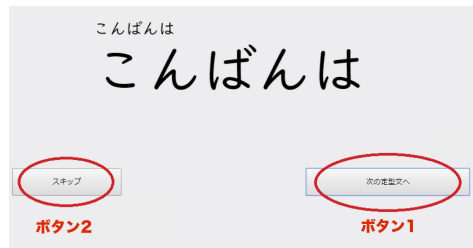


図 3 作業指示システム画面

Fig. 3 The system screen to indicate how to work.

7.3 実験手順

実験は下記手順に従い、10日間連続して行った。

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、練習する。被験者が入力する文は、本実験で使用しないものを使用する。

Step 2: 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）を被検者に指示する。各日の最初に使用する方式の順はランダムにし、順序効果を相殺する。

Step 3: 被験者は、Step 2 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メッセージを目を閉じて、10分間入力する。

Step 4: 被験者は、Step 2 で選ばれなかった方式を使用し、Step 3 を行う。

Step 5: 被験者に Step 2～Step 4 を1日1回、10日間連続して行ってもらった後、被検者にヒアリングを行う。

Step 4 にて、被験者に入力してもらうメッセージは1日の中で重複しないようにした。被験者が作業指示システムが指定したメッセージを提案/既存方式を利用して正しく入力できなかった場合、目を開けずに再度入力をするか、入力を諦めるように指示した。被験者には、作業指示システムが指定したメッセージを正しく入力できた場合には図3のボタン1（次のメッセージに進む）を、入力を諦めた場合には図3のボタン2（このメッセージをスキップ）を目を開けて押して次のメッセージの入力に備えるように指示した。

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。

7.4 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メッセージ数・文字数の10日間の遷移をそれぞれ図4、図5

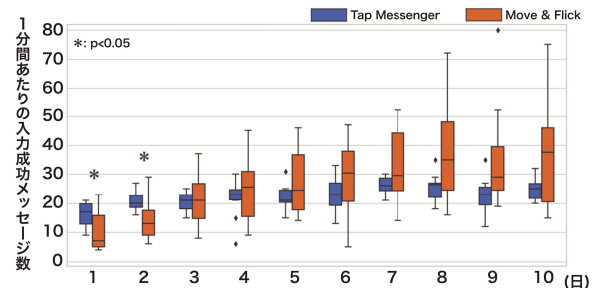


図 4 10日間の入力成功メッセージ数

Fig. 4 Number of successful input message for 10 days.

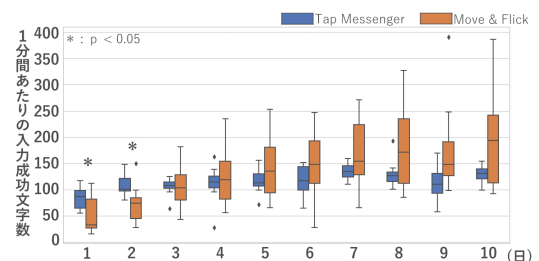


図 5 10日間の入力成功文字数

Fig. 5 Number of successful input characters for 10 days.

に示す。2日目までの期間と、3日目以降の期間で各方式の差が異なるため、これらの期間別に考察を行う。

7.4.1 2日目までの期間

2日目までの期間ではメッセージ数・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なった。各日のメッセージ数・文字数について Bonferroni の多重比較検定を行ったところ、1日目のメッセージ数では p 値が 0.046、文字数では p 値が 0.025、2日目のメッセージ数では p 値が 0.018、文字数では p 値が 0.015 となり、各日とも 5%水準の有意差が確認された（表 6）。

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”、“最初から苦勞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。

7.4.2 3日目以降の期間

3日目以降の各日のメッセージ数・文字数について Bon-

ferroni の多重比較検定を行ったところ、メッセージ数・文字数ともすべての日において両方式間で有意差が確認されなかった (表 6)。

既存方式においては、図 4・図 5 にあるとおり、使用期間が長くなるにつれてメッセージ数・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ある一方で、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、被検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) メッセージ数・文字数はわずかに上昇するにとどまり、(2) 被験者間のメッセージ数・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 [1] 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 (5 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。

8. おわりに

本稿は、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、相手にコミュニケーション方法を合わせる必要があるという問題の解消を狙ったものである。問題の解消のため、我々は、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、ひらがなの画数を用いてメッセージを入力する方式を提案した。提案方式のプロトタイプシステムと既存方式の比較実験を行った結果、提案方式の方が少ない学習で習熟できることが確認できた。今後は、視覚障がい以外の障がい者を対象とした場合の提案方式の効果、ヒアリング結果を参考に追加した機能の価値、実際に提案方式を用いてコミュニケーションを行うことができるかなどの検証を行う方針である。加えて、視線入力や音声入力などの障がい者の方々にとって実利用されている方式との比較を行い、本システムの有効性について検証を行いたい。さらに、これらの結果をふまえ、本システムのように障がいの有無や種類を問わず誰にでも利用できるアプローチが適切なのか、あるいは各ユーザの障がいの種類・程度に合わ

せたシステムの方が望ましいのか、議論を深めたい。

実装面についても、実験の被験者や障がい者の方々のヒアリング結果 2-5~2-8 のご意見を反映し、習熟度に応じて入力区切りの待ち時間を変更する機能や、ユーザが自身でコミュニケーション辞書内にメッセージを登録できるようにする機能を追加することで、より幅広いコミュニケーションを行えるようにする。さらに、現在の実装ではユーザは自由入力を行うことができないため、自由入力を行えるようにする方法についても検討を行っていく。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。たと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エーション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、今後も障がい者の方へのヒアリングなど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。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP19H04160 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 クラリティ株式会社の協力に謝意を表する。

参考文献

- [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 (DICOM2018), Vol.2018, pp.1777-1783 (2018).
- [2] 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 論文集, pp.67-74 (2019).
- [3] Aoki, R., Hashimoto, R., Miyata, A. and Seko, S.: Move & Flick: Design and Evaluation of a Single-finger and Eyes-free Kana-character Entry Method on Touch Screens, *Proc. 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*, pp.311-312 (2014).
- [4] 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), Vol.2014-HCI-158, No.5, pp.1-6 (2014).
- [5] Sánchez, J. and Aguayo, F.: Mobile Messenger for the Blind, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.4397, pp.369-385 (2007).
- [6] Weinan, S., Yu, C., Fan, S., Wang, F., Wang, T., Yi, X., Bi, X. and Shi, Y.: VIPBoard: Improving Screen-Reader Keyboard for Visually Impaired People with Character-Level Auto Correction, *Proc. 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1-12 (2019).
- [7] Billah, S.M., Ko, Y.J., Ashok, V., Bi, X. and Ramakrishnan, I.: Accessible Gesture Typing for Non-Visual Text Entry on Smartphones, *Proc. 2019 CHI*

Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1–12 (2019).

- [8] 中園 薫, 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, Vol.J94-D, No.1, pp.221–232 (2011).
- [9] SpeechCanvas, 入手先 (<http://speechcanvas.jp>) (参照 2020-04-08).
- [10] Rejhon, M., Vogler, C., Williams, N. and Gunnar, H.: Standardization of real-time text in instant messaging, *Proc. 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS2013)* (2013).
- [11] 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).
- [12] Zhang, X., Kulkarni, H. and Morris, M.R.: Smartphone-Based Gaze Gesture Communication for People with Motor Disabilities, *Proc. 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.2878–2889 (2017).
- [13] 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), Vol.2005-HI-116, No.114, pp.57–63 (2005).
- [14] William, G. and Folmer, E.: Accessible touchscreen technology for people with visual impairments: A survey, *ACM Trans. Accessible Computing (TACCESS)*, pp.1–31 (2017).
- [15] 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).
- [16] 厚生労働省: 平成 18 年身体障害児・者実態調査結果 (2008).
- [17] W3C, available from (<http://www.w3.org/TR/AERT/>) (accessed 2020-04-08).



大和 佑輝 (学生会員)

2019 年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程に進学, 現在に至る。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



宮田 章裕 (正会員)

2005 年日本電信電話株式会社入社。2008 年慶應義塾大学大学院博士課程修了。2016 年より日本大学文理学部情報科学科准教授。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。情報処理学会 2017 年度・2018 年度論文賞。ACM, 日本バーチャルリアリティ学会, ヒューマンインタフェース学会, 日本データベース学会各会員。博士 (工学)。本会シニア会員。



呉 健朗 (学生会員)

2018 年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程に進学, 現在に至る。2017 年 VR 学会サイバースペース研究賞, 2018 年情報処理学会 GN 研究賞, 山下記念研究賞。ヒュー

マンコンピュータインタラクションの研究に従事。



小林 優維 (学生会員)

2020 年日本大学文理学部情報科学科卒業。