

身体へのタップジェスチャで コミュニケーションを行うシステム

令和元年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

小林 優維

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に理解されない場合、介護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、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簡単なコミュニケーションを行うことができるシステム、TapMessenger[1]を提案してきた。しかし、先行研究ではスマートフォンを操作する必要がある、身体障がい者が使用するには入力に身体的な負担がかかるという問題があると考えられる。この問題を解決するために、システムへの入力をスマートフォンのタッチスクリーンをタップすることから、身体を用いたジェスチャに置き換え、身体へのタップジェスチャ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システムを提案する。これにより、手足を自由に動かせない身体障がい者が、明示的にコンピュータを操作することなく最低限必要なコミュニケーションを行うことができるようになることを目指す。提案手法と先行研究で操作性の比較実験を行った結果、精度において有効性を示すことはできなかったが、被験者の印象としては身体的負担について有意な差は見られなかった。ここから、提案手法を使用することで手足を自由に動かせない身体障がい者も、少ない負担でコミュニケーションを行うことができる可能性を示すことができたと考えられる。本稿の貢献は、上記手法を実現するシステムを構築し、提案手法の操作性を検証する評価実験を行ったことである。

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 関連研究	3
2.1 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	4
2.1.1 視覚障がい者を支援する研究事例	4
2.1.2 聴覚障がい者を支援する研究事例	5
2.1.3 身体障がい者を支援する研究事例	5
2.1.4 その他の障がい者を支援する研究事例	6
2.2 ウェアラブルデバイスを用いたジェスチャ推定に関する研究事例	7
第3章 研究課題	8
3.1 問題の定義	9
3.2 研究課題の設定	10
第4章 身体へのタップジェスチャで コミュニケーションを行う 方式の提案	11
4.1 アプローチ	12
4.2 身体へのタップジェスチャでコミュニケーションを行う 方式の提案	12
第5章 身体へのタップジェスチャで コミュニケーションを行う システムの実装	14
5.1 旧システム	15
5.1.1 旧システムの全体像	15
5.1.2 旧システムの問題点	15
5.2 新システムの全体像	16
5.3 両システムの入力方法	17

5.4	両システムのシステム構成	18
5.4.1	辞書部の実装	18
5.4.2	入力部の実装	20
5.4.3	データマッチング部の実装	20
5.4.4	出力部の実装	21
5.4.5	システムのフローチャート	21
第 6 章	評価実験	22
6.1	実験 1	23
6.1.1	実験の目的	23
6.1.2	実験の概要	23
6.1.3	実験の手順	23
6.1.4	実験結果・考察	24
6.2	実験 2	26
6.2.1	予備実験	26
6.2.2	評価実験	29
第 7 章	結論	34
	参考文献	36
	研究業績	39

目 次

4.1	提案手法全体図	13
5.1	旧システムデバイス	16
5.2	新システム	17
5.3	入力中の Apple Watch の画面	17
5.4	出力中の Apple Watch の画面	18
5.5	フローチャート	21
6.1	入力成功文字数 (N=10)	25
6.2	入力成功率 (N=10)	26
6.3	Q1: 自分の思い描いた画数通りに入力を行うことが容易であったか (N=10)	27
6.4	Q2: 少ない負担で入力を行うことが容易であったか (N=10)	27
6.5	タップジェスチャ入力成功率 (N=10)	28
6.6	入力成功文字数 (N=10)	31
6.7	入力成功率 (N=10)	32
6.8	Q1: 自分の思い描いた画数通りに入力を行うことが容易であったか (N=10)	32
6.9	Q2: 身体的に少ない負担で入力を行うことが容易であったか (N=10)	33
6.10	Q3: 精神的に少ない負担で入力を行うことが容易であったか (N=10)	33

表 目 次

4.1	パターン例	13
5.1	50 音タップジェスチャ回数	19
5.2	タップ時間例	19
5.3	正解データ例	20
5.4	ユーザ入力データ例	20
6.1	被験者への質問一覧	24
6.2	被験者への質問一覧	30

第1章 序論

1.1 研究の背景

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でも、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、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に理解されない場合、介護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。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のは、ユーザに大きな負担がかかるという問題がある。

1.2 研究の目的

1.1 節で述べた問題を解決するために、TapMessenger[1] を提案してきた。この研究では、視覚障がい者と聴覚障がい者といった、異なる障がいを持つ人同士が少ない学習で同じコミュニケーション方法を利用できるシステムの提案をしている。しかし、このシステムを利用するためにはスマートフォンを操作する必要があり、手足を自由に動かせない障がいを持つ人が使用するには負担がかかると考えられる。そこで、本稿では上記の問題を解決するため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とウェアラブルデバイスを用いたジェスチャ推定に関する研究事例について述べる。

3章では、先行研究について説明するとともに先行研究において生じる問題について定義し、それらを踏まえた上で本研究における課題を設定する。

4章では、先行研究で生じている問題を解決するためのアプローチとして、身体へのタップジェスチャでコミュニケーションを行う方法を提案する。

5章では、まず旧システムの全体像と問題点を述べたあと、新システムの全体像について述べる。その後、タップジェスチャでフレーズの入力を行う方法とシステム構成について具体的に述べる。

6章では、提案手法の操作性の検証を目的とし、旧システムを用いて実験1を、新システムを用いて実験2を行った。それぞれの実験について目的と概要、手順、実験結果と考察を述べる。

最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 関連研究

2.1 節では、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紹介する。これらは、障がいがある人向けのコミュニケーション支援を研究している点で、本研究と関係している。2.2 節では、ウェアラブルデバイスを用いたジェスチャ推定に関する研究事例について紹介する。これらは、ウェアラブルデバイスを用いてジェスチャ推定を行っている点で、本研究と関係している。

2.1 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

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は数多い。ここでは、視覚障がい者を支援する研究事例（2.1.1 項）と、聴覚障がい者を支援する研究事例（2.1.2 項）、身体障がい者を支援する研究事例（2.1.3 項）と、その他の障がい者を支援する研究事例（2.1.4 項）について紹介する。

2.1.1 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 [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [1] が挙げられる。

[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、母音が入力できるようになり、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、1つに母音入力スペースが、2つに子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方向へのフリックを子音・母音スペース上で順番に行うことで、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が8つに分割されており、それぞれに文字が複数設定されている。ユーザは、入力できる文字を音で確認しながら、入力したい文字が含まれている範囲を1本の指で触れ、そのまま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。範囲決定後、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

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する。そのまま、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でき、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、画面を視認する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個ずつ凹凸ができており、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。[1]は、スマートフォンのタッチスクリーンをタップすることでフレーズの入力を行うシステムを提案している。ユーザは、タッチスクリーンを入力したいフレーズのひらがなの画数回タップすることで、フレーズを入力することができる。また、このシステムは視覚障がい者だけではなく、聴覚などの障がい者も対象としている。

2.1.2 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、音声を用いる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、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。

2.1.3 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つのキーのみを用いて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。そのため、ユーザは、少ない入力動作で文章を入力することができる。

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、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、画面に表示された50音表にあるカーソルを移動させ、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方向とそれぞ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。

2.1.4 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に対応して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を用いており、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。

2.2 ウェアラブルデバイスを用いたジェスチャ推定に関する研究事例

ジェスチャ推定に関する研究事例として、[22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]が挙げられる。

[22]は、指を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。ピエゾマイクを付けたリストバンドを装着し、タップやスナップといった指を用いたジェスチャで発生する音を計測することで、指のジェスチャの推定を行っている。[23]は、身体のような部位を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。皮膚の電気信号を計測する独自のデバイスを用いており、身体の任意の箇所に付けたデバイスに触れるようにジェスチャを行うことで、ジェスチャを行ったかどうかの推定を行っている。[24]は、腕を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。指と腕に装着する独自のデバイスを用いており、指に装着したデバイスから出る超音波を、腕に装着したデバイスで計測することで、指が触れた箇所の推定を行っている。[25]は、手を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。赤外線を発射・計測するリスト型デバイスを用いており、赤外線で腕の中を検知することで、手を開く、手を握る、指で輪っかを作るなどの12種類のジェスチャの推定を行っている。[26]は、手を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。スマートウォッチに搭載されている加速度計のサンプリング周波数を大幅に高めることによって、リアルタイムかつ高精度に手のジェスチャの推定を行っている。[27]は、腕を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。スマートウォッチに搭載されている加速度計を用いて、あらかじめ設定された8つのジェスチャの推定を行っている。8つのジェスチャには、腕をくの字を書くように動かすもの、四角を描くように動かすもの、始点から左右上下に直線を引くよう動かすもの、時計回り・反時計回りに円を描くように動かすものがそれぞれ設定されている。[28]は、指や手、腕を用いたジェスチャの推定を行うシステムを提案している。ジェスチャを行う際に発生する手首の運動量を、スマートウォッチと同程度の性能の加速度計とジャイロ스코ープを用いて測ることで、高精度にジェスチャの推定を行っている。[29]は、指を用いた細かいジェスチャの推定を行うシステムを提案している。スマートウォッチに搭載されている加速度計とジャイロ스코ープを用いて、日常的に目立たないような指の細かいジェスチャの推定を行っている。

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、視覚や聴覚を用いてコミュニケーションを行っている。障がい者は、視覚や聴覚に障がいがある場合、点字や手話を用いて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、障がいがある人向けのコミュニケーション支援に関する研究は、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、障がい異なるユーザ間でコミュニケーションを行う場合、そのコミュニケーション方法では相手に理解されない可能性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、出力方法は視覚情報を用いたもののみであり、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。[2], [3], [4], [5], [6], [7], [19]は、障がい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る、習得するのに手間がかかると考えられる。[2]は、任意の子音や母音を入力するために、指を8方向のどこに動かせばいい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のよう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のよう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る、また、どの方向に指を動かせばどのよう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のよう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。

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、フリックで入力すること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、先行研究では、スマートフォンをタップすることで異なる障がいをもつ者同士が同じコミュニケーション方法でコミュニケーションを行えるシステムを提案してきた[1]。このシステムでは、入力状況や出力したいフレーズを音と文字で出力しており、視覚障がい者や聴覚障がい者が同じシステムを用いて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主な目的としている。

しかし、スマートフォンを把持した状態で画面をタップする操作は、手を自由に動かせない障がいを持つ人にとっては大きな身体的負担が生じる作業である。また、身体障がい者以外の人にとってもこのシステムを使用するためにスマートフォンを用意することは手間であり、何度も繰り返すことは身体的・精神的負担に繋がると考えられる。

そこで、本研究では手足を自由に動かせない身体障がい者や、自分と異なる障がいを持つ人とコミュニケーションを行う人を対象ユーザとし、明示的にコンピュータを操作することなく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研究課題として設定する。

第4章 身体へのタップジェスチャで コミュニケーションを行う 方式の提案

4.1 アプローチ

3.1節で定義した問題を達成するために、先行研究では、スマートフォンのタッチスクリーンをタップすることで、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している [1]. このシステムではあらかじめ、日常のコミュニケーションでよく用いられるフレーズをひらがなに変換し、フレーズを構成する各文字の画数のパターンを辞書に格納しておく。そして、ユーザが入力したタップのパターンと辞書内の各フレーズとでマッチングを行い、マッチング結果を音と文字で出力している。フレーズとその画数のパターンの例を表 4.1 に示す。

しかし、この方式だとスマートフォンのタッチスクリーンをタップする必要があり、3.2節で述べたように、手足を自由に動かせない障がいを持つ人にとってはスマートフォンのような小さなデバイス进行操作することは大きな身体的負担に繋がると考えられる。そこで、3.2節で設定した課題を達成するために、直接的にインタフェースの操作を行わないジェスチャに着目する。システムへの入力にジェスチャを用いることにより、タッチスクリーンをタップするといった直接的なインタフェースの操作を必要とせずにシステムへの入力を行えるようになると考えられる。ジェスチャを読み取る研究は多く行われており、比較的安価であると考えられるウェアラブルデバイスを用いたものも存在する [22][23][24][25][26][27][28][29]。本稿ではまず、RaspberryPi を用いてデバイスを作成しその操作性を検証した後に、ウェアラブルデバイスの中でも入手が容易であると考えられる Apple Watch を用いて実装を行うこととする。

4.2 身体へのタップジェスチャでコミュニケーションを行う方式の提案

4.1節のアプローチに基づき、身体へのタップジェスチャでコミュニケーションを行う方式を提案する。このシステムでは、先行研究と同様に、ユーザの入力と辞書内の各フレーズでマッチングを行い、その結果を出力する。ただし、スマートフォンを用いるシステムからウェアラブルデバイスを用いるシステムに変更し、そこへの入力はジェスチャで行うこととする。入力に用いるジェスチャは、部位ごとの障がいの有無やその種類の差を考え、一意に定めるのではなくユーザが自由に設定できるようにする。これにより、システムへの入力を行う際の負担を減らすことができると考えられる。

本稿では、ファーストステップとして、椅子などに座った状態で手を用いて膝や肘かけをタップするジェスチャをシステムへの入力に用いるジェスチャとする。この提案により、3.2節で述べた課題が達成できると考えられる。提案方式の全体図を図 4.1 に示す。

表 4.1: パターン例

フレーズ	パターン
おはよう	3,3,2,2
こんにちは	2,1,3,2,3

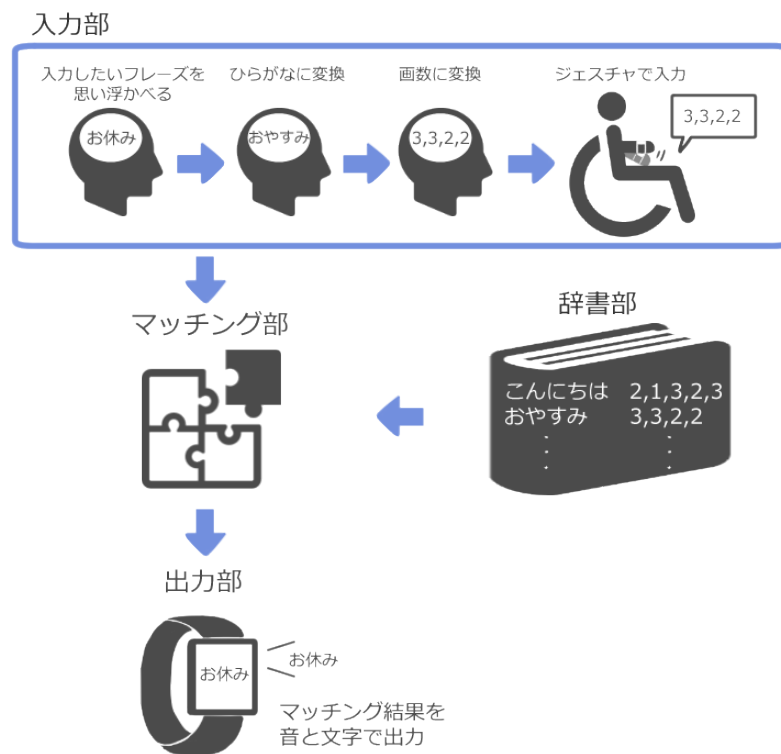


図 4.1: 提案手法全体図

第5章 身体へのタップジェスチャで コミュニケーションを行う システムの実装

本研究では、2つのシステムを作成し、それぞれについて操作性の検証を行った。初めに作成したシステムを旧システム、後に作成したものを新システムとする。5.1節では旧システムの全体像と問題点について、5.2節では新システムの全体像について述べる。5.3節、5.4節では両システムに共通するシステムの入力方法と構成について述べる。また、入力方法や構成については先行研究である TapMessenger[1] を元の実装を行った。

5.1 旧システム

5.1.1 旧システムの全体像

このシステムは、コマンドライン上で動くシステムである。入手のしやすさや装着のしやすさから Apple Watch での実装を最終目標とし、それと同様のセンサを持つデバイスを Raspberry Pi を用いて作成する。作成した腕輪型デバイスを図 5.1 に示す。出力は接続したモニタで行う。ユーザは、このデバイスを腕に装着し、装着した側の肘から指先までを上下に動かして机を叩くこと（以下タップジェスチャ）で入力を行う。タップジェスチャの認識には加速度センサを使い、そこから得られる x 軸、y 軸、z 軸の3軸の値の中から最も値が変動する1軸のものを使用する。初期検討であり、実装難易度を下げる目的でジェスチャを行う位置・方向の自由度に制約を設けるため、机へのタップ動作を前提とした実装を行った。

まず、ユーザはシステムへの入力を開始するために、自身の腕を定位置で約1秒間静止させた加速度を計測する必要がある。計測終了後、モニタに“1文字目”と表示される。ユーザは、この状態でタップジェスチャを行うことでフレーズを入力することができる。入力中、何文字目を入力しているのか、またその文字の入力中に何回タップを行ったのかがモニタに文字で表示される。入力が完了すると、入力に応じたフレーズがモニタに文字で出力される。

計測した静止状態の加速度の値から閾値を超える変動をしている間、タップジェスチャが行われていると認識する。閾値は加速度センサから得られる3軸それぞれに定められている。

5.1.2 旧システムの問題点

このシステムは、タップジェスチャを行う際に最も値が変動する1軸をあらかじめ調べ、それに合わせて閾値を定めていたため、使用できるシーンが限定されているという問題がある。また、デバイスも自作したものであるため、システムを使用するためにユーザが機材を用意する必要があるという問題がある。そこで、新システムでは閾値を減らすことで使用できるシーンを増やし、デバイスを一般的に入手しやすい Apple Watch に変更することで問題の解決を図る。



図 5.1: 旧システムデバイス

5.2 新システムの全体像

このシステムは、Apple Watch のアプリケーションである。ユーザは、Apple Watch を任意の腕に装着し、アプリケーションを起動することで使用することができる。図 5.2 に Apple Watch を装着した様子を、図 5.3 に Apple Watch の画面を示す。ユーザは、Apple Watch を腕に装着し、装着した側の腕を動かしてタップ動作をすることで入力を行う。タップジェスチャの認識には Apple Watch に内蔵されている加速度センサを使い、そこから得られる x 軸、 y 軸、 z 軸の 3 軸全ての値を使用する。

アプリケーションを起動し、ユーザの入力を受け付ける状態になると、“1 文字目”の音声と共に画面に図 5.3 の左のように表示される。ユーザは、この状態でタップジェスチャを行うことでフレーズを入力することができる。入力中、何文字目を入力しているのか、またその文字の入力中に何回タップを行ったのかが音声と共に画面に図 5.3 の右のように表示される。入力が完了すると、入力に応じたフレーズが画面に音と文字で出力される(図 5.4)。

加速度センサから得られる 3 軸の値それぞれの絶対値の合計が閾値を超える変動をしている間、タップジェスチャが行われていると認識する。これにより、車椅子に座っているときに膝を叩くシーンや立っているときに脚を叩くといったシーンでも使用できるようになると考えられる。

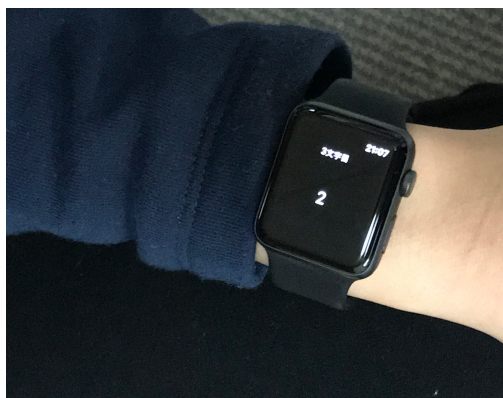


図 5.2: 新システム

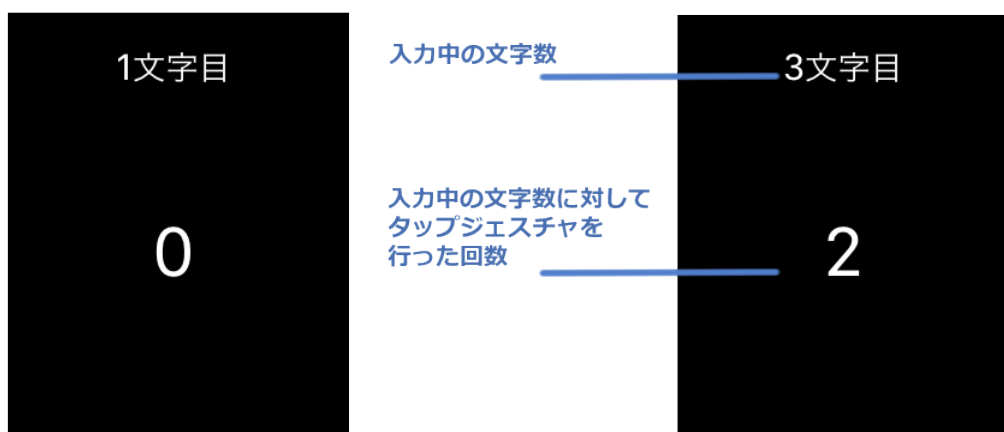


図 5.3: 入力中の Apple Watch の画面

5.3 両システムの入力方法

ユーザは、入力したいフレーズをひらがなに置き換えて考え、そのひらがなの画数回タップジェスチャを行うことでフレーズを入力することができる。タップジェスチャは、実装難易度を下げる目的でジェスチャを行う位置・方向の自由度に制約を設けるため、椅子に座った状態でデバイスを装着した側の手で肘置きや膝を叩くことに限定した。

例えば、“お休み”というフレーズを入力する場合、まず、ひらがなの“おやすみ”に置き換える。次に、フレーズを構成する各文字の画数を考える。今回は“3,3,2,2”となる。ユーザは、3回、3回、2回、2回の順にタップジェスチャを行うことで、“お休み”と入力することができる。ひらがな全てのタップジェスチャを行う回数を表5.1に示す。濁点、半濁点については、タップジェスチャを行う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、それらを抜いてタップ回数を考えている。

しかし、上記の方法だけでは、“おはよう”(3,3,2,2)や“おやすみ”(3,3,2,2)のように



図 5.4: 出力中の Apple Watch の画面

フレーズの画数のパターンが同じ場合、どちらのフレーズを入力したいのか識別ができ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フレーズを識別するための要素として使用する。画の長さはタップジェスチャの長さに対応するようにし、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ジェスチャを行い、短ければ短い時間タップジェスチャを行う。タップジェスチャの時間は、デバイスを装着している側の手を上げている時間とする。このときの画の長短は、各ユーザが判断する。この際、ユーザによって入力時間が異なるが、その処理方法については5.4.2節で後述する。表5.2に入力例を示す。各文字の入力を区切るために、タップジェスチャで1文字の入力を受け付けた後、一定時間何もせずに経過すると次の文字の入力を受け付け始めるようにする。次の文字の入力を受け付け始めてから、さらに何もせずに一定時間経過すると、ユーザの入力が完了する。

5.4 両システムのシステム構成

このシステムは、各フレーズの正解データが格納されている辞書部、ユーザの入力の処理を行う入力部、その2つのデータのマッチングを行うデータマッチング部、そしてマッチング結果を出力する出力部の4部で構成されている。辞書部は5.4.1項、入力部は5.4.2項、データマッチング部は5.4.3項、出力部は5.4.4項でそれぞれ述べる。最後に5.4.5項にシステムのフローチャートを載せる。

5.4.1 辞書部の実装

辞書部には、日常生活を送る上で必要だと考えられるフレーズと、それらの正解データが439個格納されている。正解データの例を表5.3に示す。正解データは次のように作成する。

表 5.1: 50 音タップジェスチャ回数

ひらがな	タップ数	ひらがな	タップ数	ひらがな	タップ数	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	ぺ	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	っ	1
つ	1	よ	2	ぢ	2	ゃ	3
て	1	ら	2	づ	1	ゅ	2
と	2	り	2	で	1	ょ	2

まず，登録するフレーズをひらがなに変換し，その各画の長さに応じて3種類にマッピングする．あらかじめ画の長さを3種類に分類しておき，短い画を「1」，中程度の長さの画を「2」，長い画を「3」とする．各画の長さが短い，中程度，長いのどれにあたるかについては，[1]と同様のものにした．次に，フレーズ内の文字と文字の間を区別するために，「0」をマッピングしたデータに加える．これにより作成されたデータを正解データとする．最後に，フレーズと正解データを結びつけ，辞書に格納する．

表 5.2: 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

表 5.3: 正解データ例

フレーズ	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

表 5.4: ユーザ入力データ例

フレーズ	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	1,3,0,3,0,3,1,1,0,1,3,0,1,1,3,0

5.4.2 入力部の実装

入力部では、ユーザの入力の処理を行い、ユーザ入力データを作成する。ユーザ入力データの例を表 5.4 に示す。ユーザ入力データは次のように作成する。

まず、ユーザが入力している間、タップジェスチャを行う度にかかる時間を計測する。ユーザのタップジェスチャの認識には、Apple Watch に内蔵されている加速度センサを用いる。次に、ユーザの入力が完了した後、計測された時間を正規化し、そのデータを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。最後に、フレーズ内の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。これにより作成されたデータをユーザ入力データとする。

5.4.3 データマッチング部の実装

データマッチング部では、正解データとユーザ入力データの類似度を計算し、データマッチングを行う。

正解データとユーザ入力データの類似度は、Dynamic Time Warping(以下 DTW) を用いて算出する。DTW を用いることにより、ユーザの入力ミスがある程度補完することが可能になると考えられる。まず、DTW で正解データとユーザ入力データの距離を計算する。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 (Similarity Score) とする (式 5.1)。

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

5.4.4 出力部の実装

出力部では，データマッチング部で計算した類似度スコアが最も高いフレーズを出力する．視覚や聴覚といった複数の感覚で知覚できるよう，このフレーズは文字と音で出力する．

5.4.5 システムのフローチャート

このシステムのフローチャートは図 5.5 のようになっている．

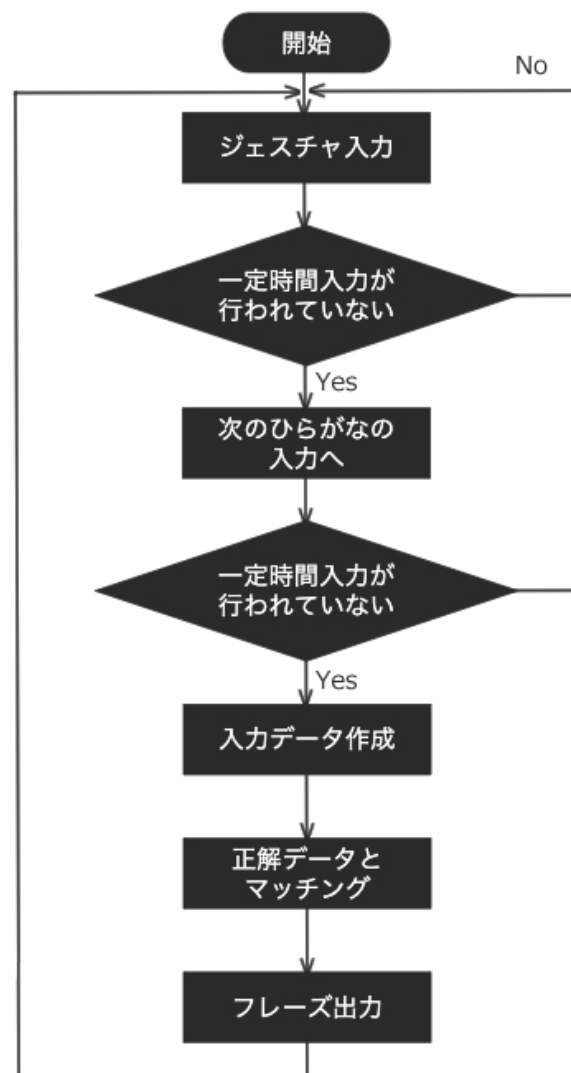


図 5.5: フローチャート

第6章 評価実験

本章では、提案手法の操作性について検証するために、提案手法と既存手法を用いて行った評価実験について述べる。6.1節では、旧システムの操作性を検証するために行った実験について述べる。6.2節では、新システムの操作性を検証するために行った実験について述べる。

6.1 実験1

6.1.1 実験の目的

実験1では旧システムを用いて実験を行う。提案手法の有効性を確認するために、操作性の検証を行うことを実験目的とする。そのために、被験者には提案手法と既存手法をそれぞれ10分間使用してフレーズを入力してもらう。検証する指標は、それぞれの手法を使用した際の文字の入力数と入力成功率、被験者によるアンケート回答とする。

6.1.2 実験の概要

被験者は、20代10名(男性8名、女性2名)の健常者である。提案手法のデバイスは普段腕時計を着ける方の腕(決まっていない場合は利き腕と逆の腕)に装着し、手を上下に動かすことで入力を行う。比較対象となる既存手法には、先行研究である TapMessenger[1]を使用した。今回、提案手法と入力成功条件を揃えるために、先行研究*の出力候補選択機能は使用しないこととした。

6.1.3 実験の手順

被験者には、両手法をそれぞれ10分間使用してもらい、その入力成功フレーズ数と文字数、入力成功率を記録した。また、各手法終了時に操作性に関するアンケートを行った。実験の手順の詳細は下記のとおりである。

Step 1: 被験者は、手法1、手法2と書かれた2枚の紙から1枚をランダムに選び、使用する手法を決める。

Step 2: 被験者は、Step1で選んだ紙に書かれた手法についての説明を実験者から受け、納得いくまで練習する。この際、練習に使用するフレーズは“ありがとう”とする。

Step 3: 被験者は、Step2で練習した手法を使い、辞書に格納されているフレーズからランダムに選出されたものを入力する。これを10分間行う。選出されたフレーズの入力に失敗した場合も、やり直さずに次の入力に進む。

Step 4: 被験者は、10分間の入力を終えた後、使用した手法についてアンケートに回答する。

Step 5: 被験者は、Step1で選ばれなかった手法を使い、Step2～Step4を同様に行う。

*TapMessenger[1]

表 6.1: 被験者への質問一覧

質問番号	質問内容
Q1	自分の思い描いた画数通りに入力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いません) 5:とても容易だった ～ 1:とても難しかった
Q2	少ない負担で入力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いません) 5:とても容易だった ～ 1:とても難しかった

Step4 のアンケートについては、5段階のリッカート尺度 (5:とても容易だった～1:とても難しかった) で回答する操作性に関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 実験結果・考察

各手法の入力成功文字数、入力成功率をそれぞれ図 6.1, 図 6.2 に示す。それぞれのデータに対して手法間で対応のある t 検定を行ったところ、それぞれ 1%水準で有意差が認められた。ここから、既存手法に比べ提案手法は入力に時間がかかり、さらに正しく入力することが難しいことが分かる。同時に行ったアンケートの自由記述においても、1 回分のタップジェスチャが複数回分と認識され、正しく入力することが困難であったことが書かれている。これは、タップジェスチャの認識に加速度センサの 1 軸の値のみを使用しているため精度が低く、ノイズの処理が十分にできていないためだと考えられる。

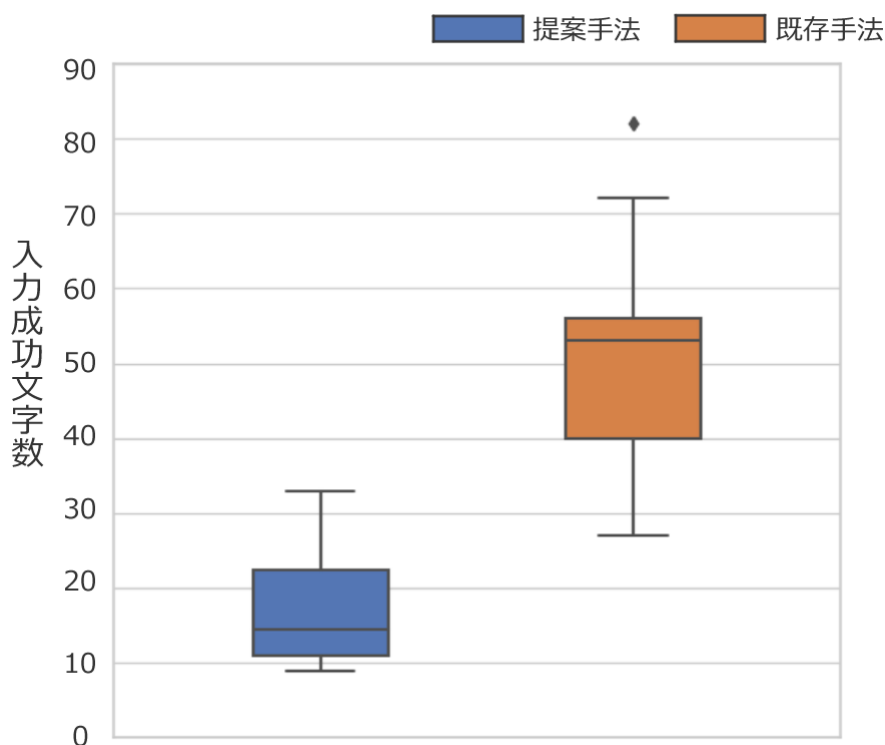


図 6.1: 入力成功文字数 (N=10)

次に、被験者に行ったアンケートについて考察する。Q1 の回答結果を図 6.3 に示す。被験者の回答が中程度以上 (3 以上) となった割合は、提案手法が 30%、既存手法が 90%であった。Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、1%水準で有意差を確認することができた。これは、上記で述べたように、提案手法のタップジェスチャの認識精度が低いために、思い描いた画数とは異なる認識をされることがあったからだと考えられる。

Q2 の回答結果を図 6.4 に示す。被験者の回答が中程度以上 (3 以上) となった割合は、提案手法が 30%、既存手法が 100%であった。Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、5%水準で有意差を確認することができた。アンケートの自由記述においても、提案手法は腕を動かして入力を行う必要があり肩や腕に負担がかかったことや、ノイズが入らないよう注意しながら入力を行う必要があったことが書かれている。一方、提案手法に対して、初めは入力に身体的負担を感じたが慣れれば大丈夫そうとの記述もあり、タップジェスチャを用いた文字入力が、必ずしも身体的負担になるわけではないことが読み取れる。

以上より、提案手法は既存手法と比べて使用感が劣るものの、タップジェスチャのみを用いて文字入力ができる可能性を示すことができたと考えられる。

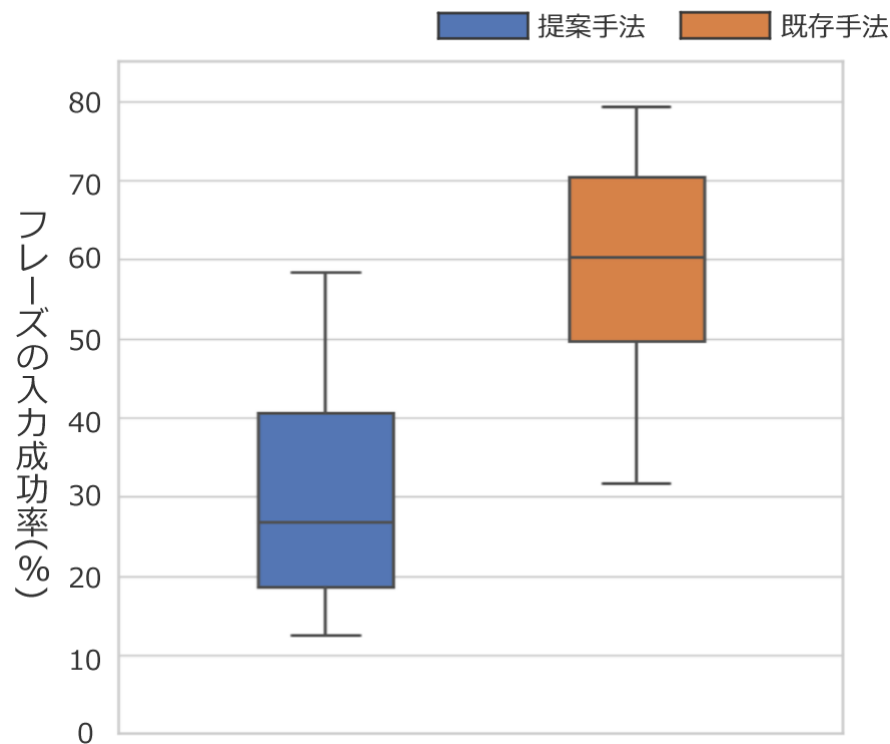


図 6.2: 入力成功率 (N=10)

6.2 実験2

6.2.1 予備実験

6.2.1.1 実験の目的

実験2では新システムを用いて実験を行う。提案手法の操作性の検証を行うために、まずタップジェスチャの認識精度の検証を行うことを実験目的とする。そのために、提案手法を使用してタップジェスチャを行ってもらい、その入力成功率を検証する指標とする。

6.2.1.2 実験の概要

被験者は、20代10名(男性9名、女性1名)の健常者である。提案手法のデバイスは普段腕時計を着ける方の腕(決まっていない場合は利き腕と逆の腕)に装着し、手を上下に動かすことで入力を行う。身体障がい者を模するために、被験者は車椅子に座り膝に手を置いて実験を行う。

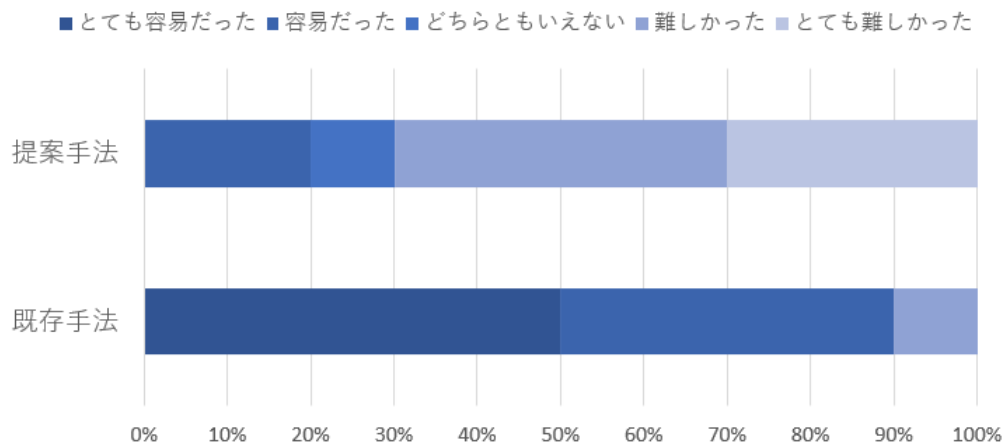


図 6.3: Q1: 自分の思い描いた画数通りに入力を行うことが容易であったか (N=10)

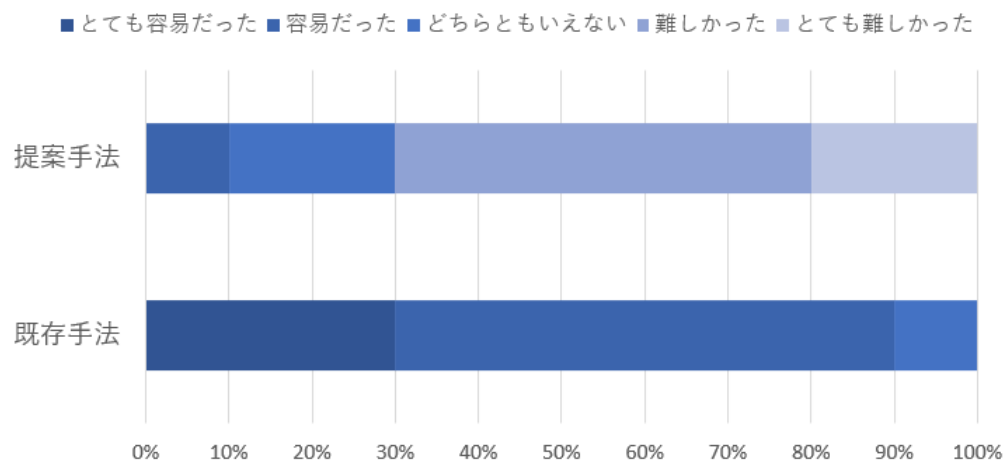


図 6.4: Q2: 少ない負担で入力を行うことが容易であったか (N=10)

6.2.1.3 実験の手順

被験者は、まず提案手法を使用してタップジェスチャの入力練習を行う。その後、実験者は5～10の数値の1つをランダムに被験者に伝え、被験者は実験者から伝えられる値の回数分タップジェスチャを行う。実験者は出力結果を記録し、タップジェスチャの入力成功数を計測する。これをタップジェスチャの回数が合計100回になるまで続ける。実験終了後、被験者に提案手法を使用した感想を聞く。

6.2.1.4 実験結果・考察

タップジェスチャの入力成功率を図 6.5 に示す。縦軸は入力成功率、横軸は被験者 ID を表している。また、一番右側のグラフは被験者 10 名の平均の入力成功率を表している。

最低で 77%，最高で 100%，平均して 91.1% 正しくタップジェスチャを認識することができた。ここから，個人差はあるものの 9 割以上の精度でタップジェスチャを認識することができると考えられる。

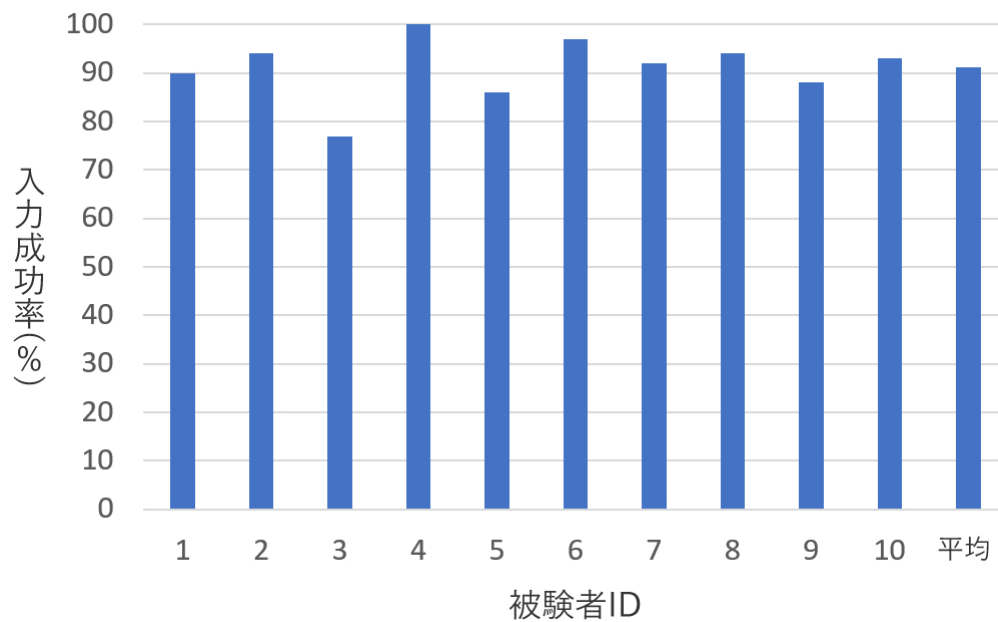


図 6.5: タップジェスチャ入力成功率 (N=10)

6.2.2 評価実験

6.2.2.1 実験の目的

提案手法の有効性を確認するために、操作性の検証を行うことを実験目的とする。そのために、被験者には提案手法と既存手法を使用して、それぞれ20個のフレーズを入力してもらう。検証する指標は、それぞれの手法を使用した際の文字の入力数と入力成功率、被験者によるアンケート回答とする。

6.2.2.2 実験の概要

被験者は、20代10名(男性9名、女性1名)の健常者である。提案手法のデバイスは普段腕時計を着ける方の腕(決まっていない場合は利き腕と逆の腕)に装着し、手を上下に動かすことで入力を行う。身体障がい者を模すために、被験者は車椅子に座り膝に手を置いて実験を行う。比較対象となる既存手法には、先行研究である TapMessenger[1] を使用した。今回、提案手法と入力成功条件を揃えるために、先行研究*の出力候補選択機能は使用しないこととした。

6.2.2.3 実験の手順

被験者には、両手法を用いてそれぞれフレーズを20個入力してもらい、実験者は文字の入力数と入力成功率を記録した。また、各手法終了時に操作性に関するアンケートを行った。実験の手順の詳細は下記のとおりである。

Step 1: 被験者は、手法名が書かれた2枚の紙から1枚をランダムに選び、使用する手法を決める。

Step 2: 被験者は、Step1 で選んだ紙に書かれた手法についての説明を実験者から受け、納得いくまで練習する。この際、練習に使用するフレーズは“ありがとう”とする。

Step 3: 被験者は、Step2で練習した手法を使い、辞書に格納されているフレーズからランダムに選出されたものを入力する。これを20回行う。選出されたフレーズの入力に失敗した場合も、やり直さずに次の入力に進む。

Step 4: 被験者は、異なるフレーズ20個の入力を終えた後、使用した手法についてアンケートに回答する。

Step 5: 被験者は、Step1 で選ばれなかった手法を使い、Step2～Step4 を同様に行う。

Step4のアンケートについては、5段階のリッカート尺度(5:とても容易だった～1:とても難しかった)で回答する操作性に関するアンケートを行った。被験者への質問を表6.2に示す。

*TapMessenger[1]

表 6.2: 被験者への質問一覧

質問番号	質問内容
Q1	自分の思い描いた画数通りに入力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いません) 5:とても容易だった ～ 1:とても難しかった
Q2	身体的に少ない負担で入力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いません) 5:とても容易だった ～ 1:とても難しかった
Q3	精神的に少ない負担で入力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いません) 5:とても容易だった ～ 1:とても難しかった

6.2.2.4 実験結果・考察

各手法の文字の入力成功数，入力成功率をそれぞれ図 6.6，図 6.7 に示す．それぞれのデータに対して手法間に対応のある t 検定を行ったところ，それぞれ 1% 水準で有意差が認められた．ここから，提案手法は既存手法に比べ正しく入力することが難しいことが分かる．これは，1 回のフレーズの入力において 1 度入力する画数を間違えると別のフレーズが出力されることが原因だと考えられる．また，入力したフレーズの画数が正しい場合でも別のフレーズが出力されることもあり，画の長さを考慮しながらタップジェスチャを行うことが難しかったと考えられる．

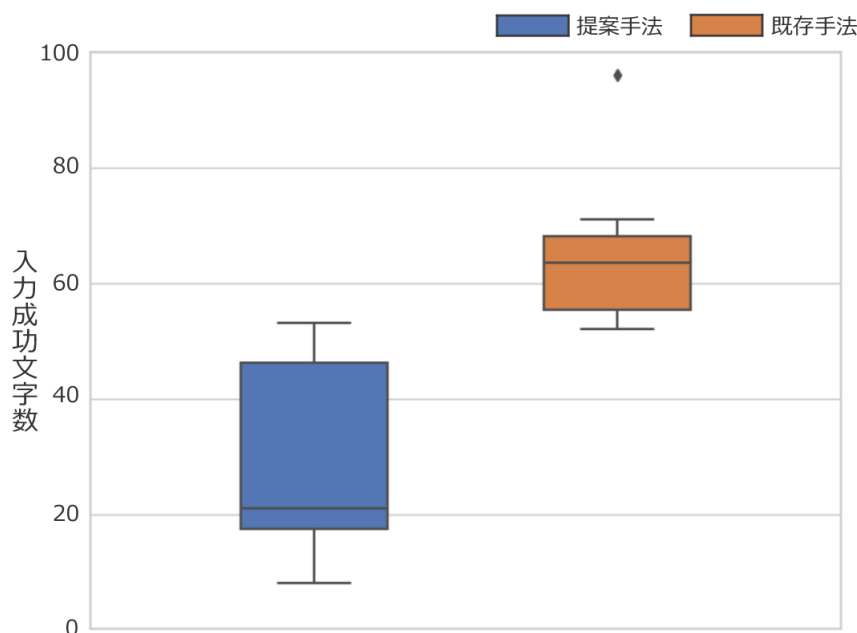


図 6.6: 入力成功文字数 (N=10)

次に、アンケートについて考察する。Q1 の回答結果を図 6.8 に示す。被験者の回答が中程度 (3 以上) となった割合は、提案手法が 70%、既存手法が 100%であった。Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、5%水準で有意差が認められた。これは、予備実験の結果から分かるように、思い描いた画数とは異なる認識をされることがあったからだと考える。

Q2 の回答結果を図 6.9 に示す。被験者の回答が中程度 (3 以上) となった割合は、提案手法が 70%、既存手法が 100%であった。Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、有意差を確認することはできなかった。さらに、Q3 の回答結果を図 6.10 に示す。被験者の回答が中程度 (3 以上) となった割合は、提案手法が 70%、既存手法が 90%であった。同様に Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ、5%水準で有意差が認められた。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こととタップジェスチャを行うことの身体的負担に有意な差はないことが分かる。精神的負担については、アンケートの自由記述から、思い描いた画数通りに入力することが難しかったことや提案手法のシステムが実験中に度々フリーズしたことが原因だと考えられる。

以上から、精度において提案手法は既存手法に劣るものの、身体的な負担について被験者の印象としてはそこまで有意な差はなかったと言える。提案手法は既存手法を使用することができないユーザを想定としており、提案手法を使用することで手足を自由に動かすことができない身体障がい者も、身体的に少ない負担でコミュニケーションを行うことができる可能性を示すことができたと考ええる。

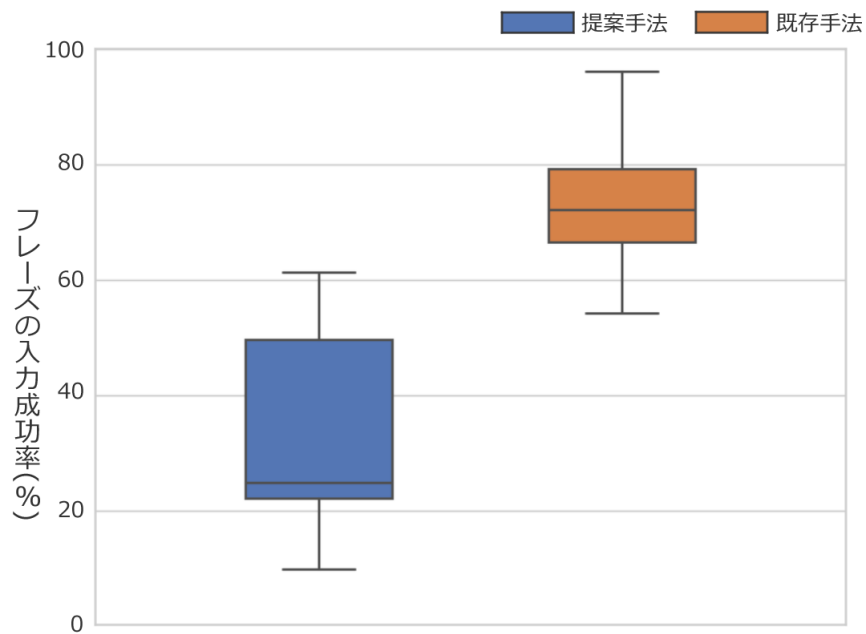


図 6.7: 入力成功率 (N=10)

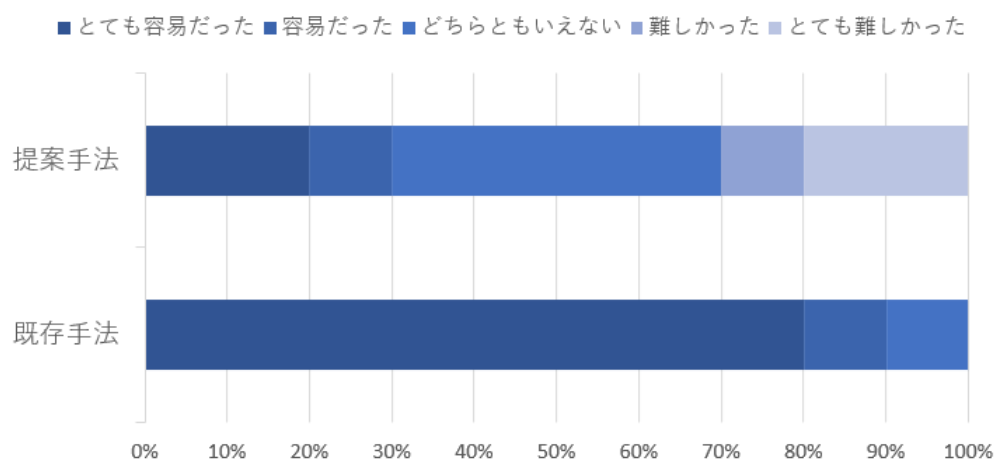


図 6.8: Q1: 自分の思い描いた画数通りに入力を行うことが容易であったか (N=10)

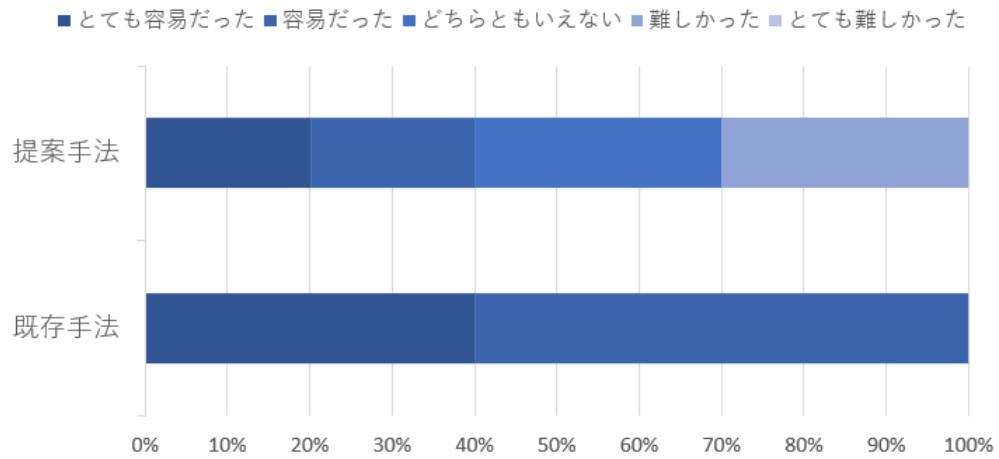


図 6.9: Q2: 身体的に少ない負担で入力を行うことが容易であったか (N=10)

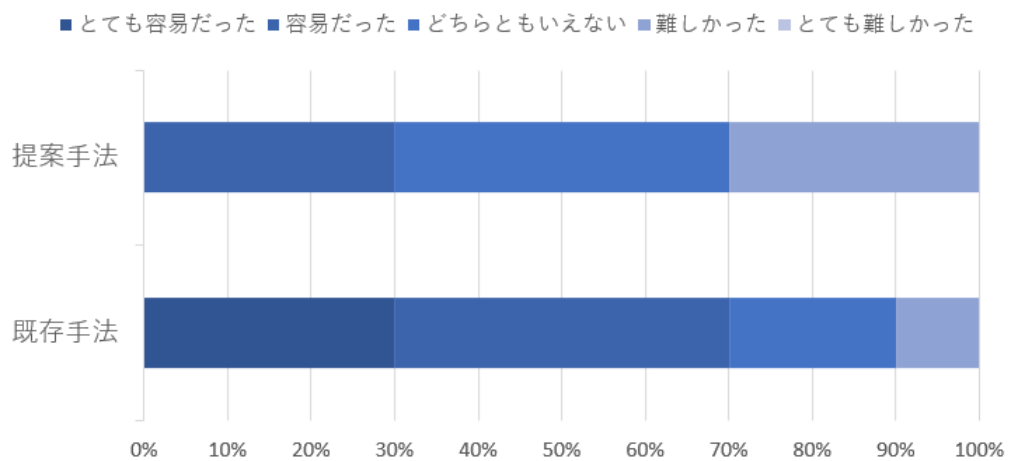


図 6.10: Q3: 精神的に少ない負担で入力を行うことが容易であったか (N=10)

第7章 結論

本研究は、身体障がい者を主な想定ユーザとして、障がいの種類によってコンピュータを直接操作してコミュニケーションを行うことが身体的・精神的に負担になるという問題の解消を狙ったものである。先行研究を元に、ジェスチャを用いることでスマートフォンなどのコンピュータを明示的に操作せずにコミュニケーションを行う手法を提案した。既存手法との比較実験の結果、精度において提案手法は既存手法に劣るものの、被験者の印象として身体的に少ない負担でコミュニケーションを行うことができる可能性を示すことができたと考えられる。今後の課題として、ユーザが主に用いるタップジェスチャに応じて閾値を設定できるようにすることでタップジェスチャの認識精度の向上を目指すことや、アプリケーションの安定性の向上、障がい者の方へのヒアリングなどを通してより実用的なシーンを想定した実験を行うことが挙げられる。

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 (DICOMO2018), 第 2018 巻, pp. 1777–1783, 7 2018.
- [2] 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. In *Proc. the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSET2014)*, pp. 311–312, 10 2014.
- [3] Jaime Snchez and Fernando Aguayo. Mobile messenger for the blind. In *In Lecture Note in Computer Science*, Vol. 4397, pp. 369–385, 9 2007.
- [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 (WISS 2012), pp. 133–138, 12 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 *In International Conference on Pervasive Computing*, pp. 409–426, 5 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 巻, 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. 情報処理学会 インタラクション 2013, pp. 651–656, 3 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 巻, 5 2014.
- [9] 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, No. 1, pp. 221–232, 2011.

- [10] Mark Rejhon, Christian Vogler, Norman Williams, and Gunnar Hellström. Standardization of real-time text in instant messaging. In *Proc. the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS2013)*, 2013.
- [11] <http://speechcanvas.jp/> (last visited on 2019/10/11).
- [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, 第 44 巻, pp. 433–442, 2 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, 第 8 巻, 5 2011.
- [14] 落合積, 石松隆和, 高見修, 松井稜治. 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. In *Proc. the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2878–2889, 6 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 *In Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 70, pp. 510–523, 4 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, 第 122 巻, pp. 780–785, 2002.
- [19] Michael D. Fleetwood, Michael D. Byrne, Peter Centgraf, Karin Dudziak, Brian Lin, and Dmitryi Mogilev. An evaluation of text-entry in palm os-graffiti and the virtualkeyboard. In *Proc. the HFES 52nd annual meeting*, Vol. 46, pp. 617–621, 9 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 巻, pp. 57–63, 11 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, 第 23 巻, pp. 447–456, 2008.
- [22] Brian Amento, Will Hill, and Loren Terveen. The sound of one hand: A wrist-mounted bio-acoustic fingertip gesture interface. In *Human Factors in Computing Systems*, pp. 724–725, 4 2002.

- [23] enys J. C. Matthies, Simon T. Perrault, Bodo Urban, and Shengdong Zhao. Botential: Localizing on-body gestures by measuring electrical signatures on the human skin. In *Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, pp. 207–216, 8 2015.
- [24] Adiyani Mujibiya, Xiang Cao, Desney S. Tan, Dan Morris, Shwetak N. Patel, and Jun Rekimoto. The sound of touch: On-body touch and gesture sensing based on transdermal ultrasound propagation. In *Interactive tabletops and surfaces*, pp. 189–198, 10 2013.
- [25] Jess McIntosh, Asier Marzo, and Mike Fraser. Sensir: Detecting hand gestures with a wearable bracelet using infrared transmission and reflection. In *User Interface Software and Technology*, pp. 593–597, 10 2017.
- [26] Gierad Laput, Robert Xiao, and Chris Harrison. Viband: High-fidelity bio-acoustic sensing using commodity smartwatch accelerometers. In *User Interface Software and Technology*, pp. 321–333, 10 2016.
- [27] Lorenzo Porzi, Stefano Messelodi, Carla Mara Modena, and Elisa Ricci. A smart watch-based gesture recognition system for assisting people with visual impairments. In *Interactive multimedia on mobile & portable devices*, pp. 19–24, 10 2013.
- [28] Chao Xu, Parth H.Pathak, and Prasant Mohapatra. Finger-writing with smartwatch : A case for finger and hand gesture recognition using smartwatch. In *Mobile Computing Systems and Applications*, 2 2015.
- [29] Hongyi Wen, Julian Ramos Rojas, and Anind K.Dey. Serendipity: Finger gesture recognition using an off-the-shelf smartwatch,. In *Human Factors in Computing Systems*, pp. 3847–3851, 5 2016.

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: TapMessenger: 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 年 3 月).
-

研究会・シンポジウム

- (1) 小林優維, 呉健朗, 大和佑輝, 宮田章裕: 身体へのタップジェスチャ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 (DICOMO2019), Vol.2019, pp.105-110 (2019 年 7 月).
-