

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

小林 優維¹ 呉 健朗² 大和 佑輝² 宮田 章裕^{1,a)}

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、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。この問題を解決するために、我々は、スマートフォ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、身体障がい者などが使用するには入力に身体的負担がかかるという問題があると考え、この問題を解決するために、スマートフォンへのタップを身体へのタップジェスチャに置き換え、身体へのタップジェスチャのみ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、障がいの有無や種類を問わず、様々なユーザがスマートフォンなどの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なることを目指す。プロトタイプシステムと先行研究で比較実験を行った結果、有効性を示すことはできなかったが、タップジェスチャのみを用いて文字入力を行うことの可能性を示すことができた。今後の課題として、認識するタップジェスチャの種類の増加とその精度の向上があることが確認できた。

A Study of a Communication System Using On-body Tapping Gesture

Yui Kobayashi¹ Kenro Go² Yuki Yamato² Akihiro Miyata^{1,a)}

1. はじめに

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のは、ユーザに大きな負担がかかるという問題がある。

このような問題から、我々は、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、異なる障がいをもつ者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る、手足が麻痺して正常に動かせない脳性麻痺などを持つ身体障がい者が使用するには問題があると考えられる。

この問題を解決するために、スマートフォンへのタップを身体へのタップジェスチャに置き換えることを考える。これにより、スマートフォンなどのコンピュータを操作する必要がなくなり、システムを利用する際の身体的負担を減らすことができると考えられる。以上のことから、我々は、身体へのタップジェスチャのみ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。身体へのタップジェスチャの読み取りに使用するデバイスは、スマートウォッチでの実装を最終目標とし、本稿では、RaspberryPi を用いて作成したデバイスを使用する。ユーザは、デバイスを腕に装着し、タップ

¹ 日本大学文理学部

² 日本大学大学院総合基礎科学研究科

a) miyata.akihiro@acm.org

ジェスチャを相手に伝えたいフレーズのひらがなの画数回行うことでシステムへの入力を行う。

本稿の貢献は下記の通りである。

- 身体へのタップジェスチャのみ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なるシステムを提案したこと。
- 上記提案のプロトタイプシステムを構築し、その有効性の検証を行ったこと。

2. 関連研究

本研究は、デバイスを用いたジェスチャの推定と障がい者のコミュニケーション支援に関係している。本章では、これらに関する研究事例について述べる。

2.1 ジェスチャ推定に関する研究事例

[2] はスマートウォッチを用いて、手を用いたジェスチャの推定を提案している。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・高精度に手の動きの識別を行っている。[3] は、ユーザが専用のデバイスを身に付けるだけで、自身の身体を用いて機器の入力動作を行えるようにする方法の提案をしている。任意の箇所に付けたデバイスに触れるように入力することで、電気信号を計測し、入力を行ったかどうかの判定を行っている。[4] は、2つの独自のデバイスを用いた腕へのジェスチャ推定を提案している。指に装着したデバイスから超音波を出し、腕に装着したデバイスで計測することで、指が触れた箇所の識別を行っている。[5] は、スマートウォッチを用いたジェスチャ推定を提案している。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つのジェスチャの識別を行っている。

2.2 障がい者のコミュニケーション支援に関する研究事例

[6] は、視覚障がい者を対象に、スマートフォンの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。タッチスクリーン上で8方向に指を動かし、母音と子音を選択することで、文字を入力することができる。[7] は、高齢者、身体障がい者を対象に、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ことにより、複数の出力候補が画面表示されるため、少ない入力で文章を入力することができる。[1] は、視覚・聴覚などの障がい者を対象に、スマートウォッチのタッチスクリーンを用いたフレーズ入力を提案している。タッチスクリーンをフレーズのひらがなの画数回タップすることで、入力することができる。

3. 研究課題

健常者はコミュニケーションに文字や発話を用いるが、視覚や聴覚に障がいがある人はその内容を理解することができない場合がある。一方、視覚や聴覚に障がいがある人はコミュニケーションに点字や手話を用いるが、健常者はその内容を理解することができない場合がある。このように、障がいの有無や種類の差によって、ユーザが利用するコミュニケーション方法が相手に理解されないという問題がある。

この問題を解決するために、我々は、TapMessenger [1] の提案を行ってきた。この研究は、スマートフォンをタップすることで、視覚障がい者と聴覚障がい者といった、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を利用できるシステムを提案している。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、障がいの種類により、スマートフォンのようなコンピュータを操作することは身体的負担であると考えられる。例えば、手足が麻痺して正常に動かせない脳性麻痺などを持つ身体障がい者が、システムを使用するのは困難であると考えられる。

以上のことから、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。

4. 提案手法

まず、3章で述べた課題を達成するために、先行研究 [1] を改良し、スマートフォンなどのコンピュータを操作せずにシステムへの入力を行う方法を考える。そこで、我々は、物理的なインタフェースの操作を必要とせず、システムへの入力を感覚的に行えると思われるジェスチャに着目する。次に、入力に用いるジェスチャの種類を考える。入力に用いるジェスチャとして、右腕を大きく使って円を描くことが定められていた場合、腕に障がいを持つユーザは入力に身体的負担を感じると考えられる。このように、動かす部位やその動かし方が定められたジェスチャでは、障がいの有無や種類の差によって、入力に身体的負担を感じることがあると考えられる。そこで、入力に用いるジェスチャをユーザが自由に設定できるようにすることで、システムへの入力をユーザ自身に身体的負担がかからないように行えるようにする。本稿ではファーストステップとして、姿勢を問わず日常的に行いやすい手を用いた身体へのタップ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。

これらを元に我々は、身体へのタップジェスチャのみ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

えるようになるシステムを提案する。このシステムでは、ユーザが入力したタップジェスチャ回数の並び順と、コミュニケーション辞書内の各フレーズのマッチングを行い、その結果を出力する。コミュニケーション辞書には、あらかじめよく用いられる挨拶などの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並べたものを格納しておく。

この提案により、コンピュータを直接操作することなくシステムへ入力することができ、日常生活を送る上で最低限必要なコミュニケーションが行えるようになり、3章で述べた課題が達成できると考えられる。

5. 実装

5.1 システム構成

身体へのタップジェスチャの入力検知に使用するデバイスは、装着や入手のしやすさからスマートウォッチでの実装を最終目標とし、今回は同様のセンサが搭載されているデバイスを RaspberryPi を用いて作成する(図1)。また、本来はシステムからの出力をスマートウォッチを用いて音と文字で行うが、今回はモニターを用いて文字のみで行う。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(以降、タップジェスチャ)ことでシステムに入力を行う(図2)。今回は初期検討であり、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。ユーザのタップジェスチャの認識には、加速度センサを用いる。具体的には、加速度センサから得られる x 軸, y 軸, z 軸の3軸の値の中から、最も値が変動する1軸の値を使用する。

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、モニターに”1文字目”と表示される。この時、ユーザはタップジェスチャを行うことで、システムへの入力を開始することができる。システムへ入力を行うと、モニターに現在入力している画数と文字数がそれぞれ表示される。計測した静止状態の加速度の値から一

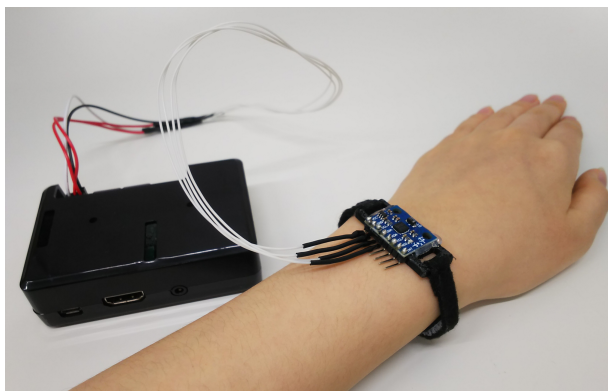


図1 デバイス

表1 タップジェスチャ例	
入力文字	タップジェスチャ時間
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

定の閾値を超える変動をしたとき、タップジェスチャが一度行われたと認識する。システムへの入力終了の際には、モニターに適切なフレーズが表示される。

5.2 入力方法

入力は、フレーズをひらがな置き換え、そのひらがなの画数の並び順と同様にタップジェスチャを行う。例えば、“お休み”という言葉をはひらがなに直すと、“おやすみ”になる。そして、“おやすみ”の画数の並び順は、“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。一定時間タップジェスチャが行われなかった場合、次の文字の画数の入力受付を開始する。

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)のように同じ画数表現となるフレーズが存在するため、フレーズ同士の識別が行えないという問題が発生する。そのため、文字の各画の長さも定型文を識別するための要素とした。これは、ユーザが、ある文字の各画における長さに応じてタップジェスチャの長さを使い分けるというものである。腕が上がっている時間をタップジェスチャの長さとし、画が長いほど長い時間腕を上げ、短ければ短い時間腕を上げてタップジェスチャを行う。このときの画の長短は、ユーザの感覚で判断する。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1に入力例を示す。タップジェスチャ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。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。そして、ユーザの入力したタップジェスチャの並び順に最も類似したひらがなの並びとなるフレーズが出力される。

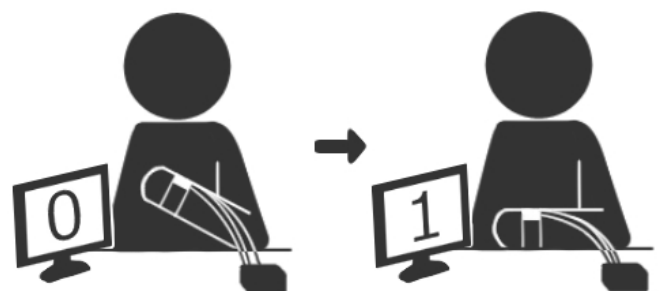


図2 タップジェスチャ

表 2 ユーザ入力データ例

定型文	マッピング
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 3 正解データ例

定型文	マッピング
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 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フレーズのマッチング方法について述べる。まず、マッチングを行うためにユーザの入力に対して行うデータの処理について述べる。ユーザがタップジェスチャを行う度に、腕が上がってから下がるまでの時間を計測する。ユーザの入力が終了した後、計測された時間を正規化し、データを3種類にマッピングする。正規化された値が一定未満だった場合、「1」、一定以上だった場合、「3」とする。また、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。実際の例を表2に記す。

次に、正解データについて述べる。ユーザの入力データとは異なり、正解データはあらかじめ各画の長さを3つに分類し、文字と文字の間を含めた4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」、文字と文字の間を「0」とする。この時、画の長さが短い・中間・長いどれにあたるかどうかは、著者4名が議論のうえで決定した。表3にコミュニケーション辞書内の正解データの例を記す。ユーザ入力データと正解データの類似度は、Dynamic Time Warping(以降、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。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。算出された S_D に1を足した値の逆数にしたものを最終的な類似度スコア(Similarity Score)とする(1)。

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

出力は、最終的な類似度スコアが最も高くなるフレーズとする。なお、一定の閾値を超える類似度スコアをもつフレーズがなかった場合、「No Match」と出力する。

6. 検証実験

6.1 実験目的

本研究は、コンピュータを操作することなくタップジェスチャでコミュニケーションを行う手法を提案するものである。そこで、提案手法の有効性を確認するために被験者には提案手法を使用してもらい、その操作性の検証を行うことを実験目的とする。検証する指標は、それぞれの手法

表 4 被験者への質問一覧

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

を使用してもらった際の入力成功フレーズ数と文字数、入力成功率、ユーザによる評価値とする。

6.2 実験条件

被験者は、20代男性10名の日本語を母国語とする健常者である。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、[1]の出力候補選択機能は使用しないこととした。

6.3 実験手順

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。下記に実験の手順の詳細を記す。

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の説明を実験者から受け、納得いくまで練習する。

Step 3: 被験者は、Step2で練習した手法を使い、コミュニケーション辞書内からランダムに選出されたフレーズを入力する。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を行う。

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4に示す。

6.4 結果・考察

被験者が各手法で入力に成功したフレーズ数・文字数、フレーズの入力成功率をそれぞれ図3、図4、図5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%水準で有意差を確認することができた。ここから、既存手法に比べ提案手法は入力に時

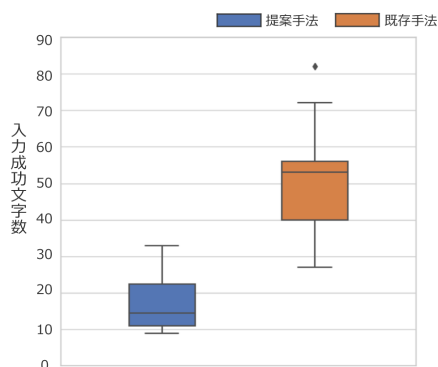


図 3 入力成功文字数

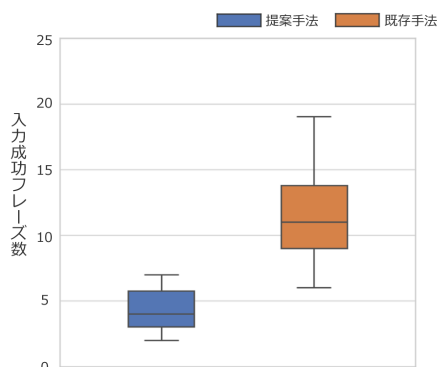


図 4 入力成功フレーズ数

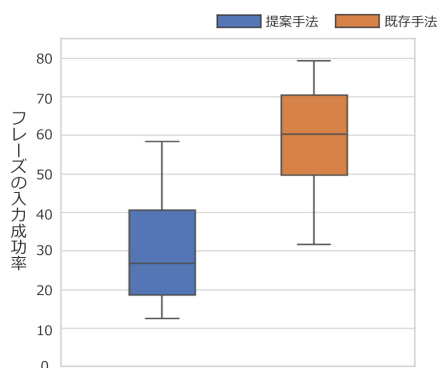


図 5 フレーズの入力成功率

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。

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に示す。両手法において、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

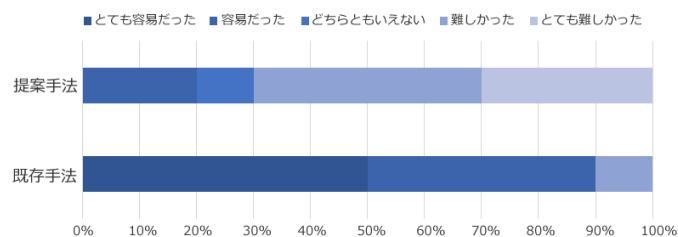


図 6 Q1. 自分の思い描いた画数通りに入力を行うことが容易であったか

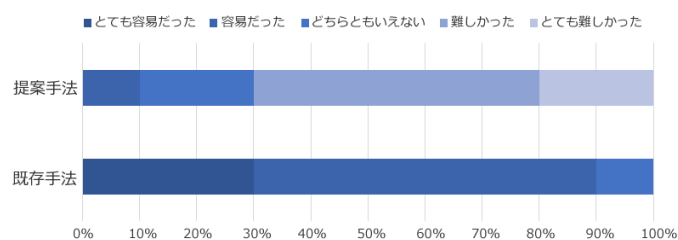


図 7 Q2. 少ない負担で入力を行うことが容易であったか

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7に示す。両手法において、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。

7. おわりに

本稿は、身体障がい者など、障がいの種類によりコンピュータを操作してコミュニケーションを行うことが身体的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[1]を元に、スマートフォンなどのコンピュータを操作する身体的負担を軽減させるため、ジェスチャを用いる方法を提案した。既存手法との比較実験の結果、提案手法の有効性を示すことはできなかった。しかし、既存手法よりは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。今後の課題として、使用する加速度の軸を増やす等することで認識で

きるタップジェスチャの種類やその精度を上げ、身体へのタップジェスチャを行えるようにすることが挙げられる。また、その有効性が認められた折には、スマートウォッチでの実装も行う予定である。

参考文献

- [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オン 2019 予稿集, pp.67-74 (2019).
- [2] Laput, G., Xiao, R. and Harrison, C.: ViBand: High-Fidelity Bio-Acoustic Sensing Using Commodity Smart-watch Accelerometers. Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, pp.321-333 (2016).
- [3] Matthies, J.C.D., Perrault, T.S., Urban, B., et al.: Botential: Localizing On-Body Gestures by Measuring Electrical Signatures on the Human Skin, MobileCHI'15, pp.207-216 (2015).
- [4] Mujibiya, A., Cao, X., Tan, S.D., et al.: The Sound of Touch: On-body Touch and Gesture Sensing Based on Transdermal Ultrasound Propagation, ITS'13, pp.189-198 (2013).
- [5] Porzi, L., Messelodi, S., Modena, M.C., et al.: A smart watch-based gesture recognition system for assisting people with visual impairments, IMMPD'13, pp.19-24 (2013).
- [6] Aoki, R., Hashimoto, R., Miyata, A., et al.: Move & Flick: Design and Evaluation of a Single-nger 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).
- [7] 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).