

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

小林 舞子¹ 呉 健朗² 大和 佑輝¹ 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、伝えたい定型文の各文字の画数に合わせて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を提案した。具体的な手段として、ひらがなの画数を利用する。まず、定型文を入力する際、ユーザは任意の定型文をひらがなに変換する。次に、定型文の各文字の画数を順番に入力することで、あらかじめ作成しておいたコミュニケーション辞書とのマッチングが行われ、任意の定型文が出力される。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コミュニケーションを行うことができるようになる。プロトタイプシステムを用いた検証実験を行なった結果、一定の精度でユーザが正しく定型文を入力できることが確認できた。

Implementation of a Communication System Using Only Tap

Maiko Kobayashi¹ Kenro Go² Yuki Yamato¹ 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。一方、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には大きな負担がかかるという問題がある。

これらの問題を解決するために、我々は、健常者、障がい者問わずひらがなを知っている人なら多くの人が理解できる、ひらがなの画数に着目した。また、障がいの種類を問わず使用できるよう、身体障がい者でも比較的負担が軽

いと考えられる、スマートフォンをタップするという動作に注目した。

以上のことから、我々は、ひらがなの画数回タップするだけでコミュニケーションを行う方法を提案する。これは、ある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だけで、定型文を音声と文字によって出力できるものである。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”の画数の組み合わせは、“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”と相手に音と文字で伝えることができる。

このシステムは、例えば道を尋ねる場合など、屋内だけでなく屋外でも使うことができる。道案内システムに目的地などを入力して、バリアフリーな経路を把握するシーンなど、コミュニケーションだけでなく、システムへの定型文入力にも利用できると考えられる。

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法を提案したこと。

¹ 日本大学文理学部

College of Humanities and Sciences, Nihon University

² 日本大学大学院総合基礎科学研究科

Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University

a) miyata.akihiro@acm.org

- 上記提案のプロトタイプシステムを構築し、ユーザ実験を行って有効性を検証したこと。

2. 関連研究

本節では、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事例について述べる。まず、障がい者のコミュニケーションを支援する研究として [1], [2] が挙げられる。VUTE[1] は、聴覚障がい者など、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。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、得られた情報をもとに日本語文を生成する。[2] 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、ユーザは発話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。

[3], [4], [5], [6], [7] は、障がい者があるシステムに対する入力を負担なく行うための新しい入力方式の提案を行っている。[3] 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。[4] は、視覚障がい者を対象に、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方向に指を動かすことにより母音と子音を入力することで、文字を入力することができる。Graffiti[5] は、キーボードの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。アルファベットを簡略化することにより、一筆で文字を入力することができる。[6] は、視覚障がい者を対象に、文字入力を支援する日本語フリック入力型キーボードを提案している。キーボードのスリットを利用することにより、ユーザはフリックのみで文字を入力することができる。[7] は、身体障がい者を対象に、眼電図を使用したオースキャン方式のコミュニケーションツールを提案している。システム上で50音表が順に表示され、ユーザが視線を上に向けることによって、任意の文字を入力することができる。

3. 研究課題

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。一方、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うことができる。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。また、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特に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。そのため、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が多く行われているが、いくつかの問題が存在する。

第一に、障がい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。[1] 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るため、視覚情報を用いた出力方法である。そのため、視覚障がい者が出力結果を見ることは難しい。[3] は、キー入力が少なく、細かい操作を必要としないので、身体障がい者に対して負担の少ないシステムだが、出力結果が画面出力のため、視覚障がい者が見ることは難しい。

第二に、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], [4], [5] 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、[2] 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り、習得するのに手間がかかると考えられる。[4] 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、どの方向に指を動かせばどんな文字が入力できるかをあらかじめ習得しておく必要がある。[5] は、初めに手法独特の書き方、書き順を習得する必要がある。

第三に、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。[2], [6] は、出力を音と文字で行っており、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、[2] は、手袋型の特殊な入力デバイスが必要であり、[6] は、フリック入力を可能とした特殊なキーボードが必要である。[7] 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。

以上のことから、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。

研究課題

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。

表 1 組み合わせ例

定型文	組み合わせ
おはよう	3,3,2,2
ありがとう	3,2,3,2,2

4. 提案手法

3 節で述べた課題を達成するために、まず我々は、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 [8]、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。これをモルス信号のようなパターンで入力することで文章を出力させる。しかし、モルス信号のような複雑な入力パターンでは、ユーザの覚えることが多く、課題 2 を解決できない。そこで、我々は、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、日本人の多くが共通している、ひらがなの画数を使うことにした。これを使い、文を識別することで、誰もが多くの学習を必要とせず使用することができると考えた。

これらを元に我々は、タップ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。これは、あらかじめ、よく用いられる挨拶などの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、マッチング結果を音声と文字で出力するものである。定型文と組み合わせ例を表 1 に示す。この方式により、3 節で述べた課題が達成できると考えられる。課題 1 については、スマートフォンをタップするという比較的負担がかからない入力動作に限定し、音で出力することで、聴覚的に定型文を理解できるようにする。加えて文字で出力することで、視覚的に定型文を理解できるようにする。これにより、障がいの有無や種類を問わず、多くの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、すでに学習を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をなくした。

5. 実装

5.1 インタフェース

図 1 にスマートフォン画面を示す。最初は、同図左のようにタイトルのみが表示されている。ユーザは、この状態で画面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。入力中、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。また、1 文字の入力



図 1 スマートフォン画面 (左：入力前、右：入力中)

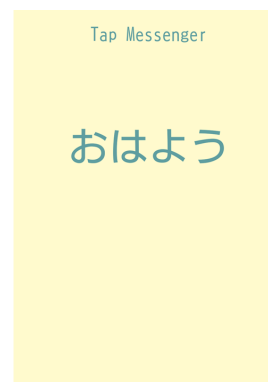


図 2 スマートフォン画面 (入力後)

中に何回タップを行ったかが表示される。複数の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触覚や視覚で知覚できる。入力が完了すると、任意の定型文が音と文字で出力される (図 2)。

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、ネットワーク環境が整った場所であれば、ユーザは、スマートフォンを所持することにより、場所を問わずシステムを利用できる。また、アプリケーションを事前にインストールする必要がなくなるため、手軽に利用できる。

5.2 入力方法

入力は、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。次の文字の画数を入力するためには、一定時間のタップを行わないことで開始する。

また、“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が存在するため、定

表 2 タップ例

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 3 ユーザデータ例

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
ありがとう	1,1,3,0,1,3,0,3,1,1,0,1,3,1,3,0

表 4 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
ありがとう	2,2,3,0,2,3,0,3,2,2,0,2,3,2,3,0

型文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の長さを使い分けるといものである。ある画が長いほど長い時間タップし、短ければ短い時間タップを行う。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 2 に入力例を示す。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。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の組み合わせに最も類似したひらがなの組み合わせとなる定型文が出力される。

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。

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。ユーザがタップを行う度に指先が画面に接触し、離れ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 3 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、我々が議論の結果ヒューリスティックに決めた。表 4 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、ユーザの入力ミスは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する。算出された DTW 距離に、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とする。

$$\text{Similarity} = 1/(1 + \text{DTW}) \quad (1)$$

出力は、最終的な類似度スコアが最も高くなる定型文とする。なお、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、「No Match」と出力する。

6. 検証実験

6.1 実験目的

我々は、これまでに提案手法の操作性の検証を行った [9]、このとき用いたプロトタイプシステムでは、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。そのため本稿では、ユーザが提案手法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、1 点目に、提案手法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する。2 点目に提案手法の操作方法を変えた複数のパターン間で、ユーザに実際に使用してもらった際の評価値を比較する。

6.2 実験条件

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。被験者には、視覚障がい者を想定してもらい、目を閉じることで視界を遮断し、提案手法を使用してもらった。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手法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。

- 次の文字の入力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 5 に各パターンのインターバルの長さを示す。

表 5 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

表 6 被験者への質問一覧

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

6.3 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い、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 で選ばれた手法の使用方法を被験者に説明する。

Step 3: 被験者は、選んだ手法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、提案手法を使い、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了し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 パターン全てを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ご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 に示す。

6.4 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 3 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、全ての手法において 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。

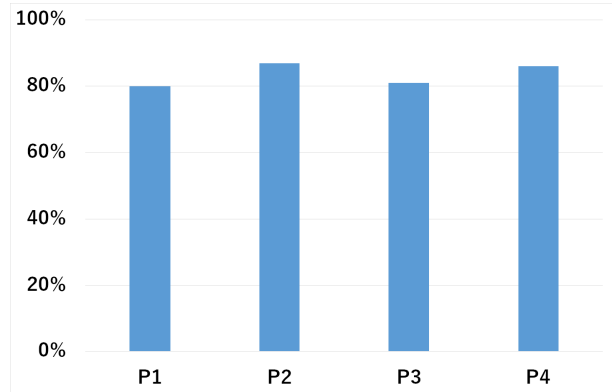


図 3 各パターンの出力成功割合

6.4.1 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 4 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、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ト尺度の回答に 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。ここから、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。

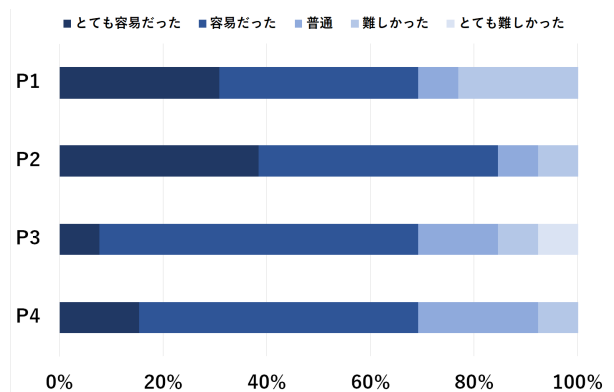


図 4 Q1. 自分の思い描いた画数通りにタップ動作を行うことが容易であったか

6.4.2 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 5 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、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。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、提案手法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。

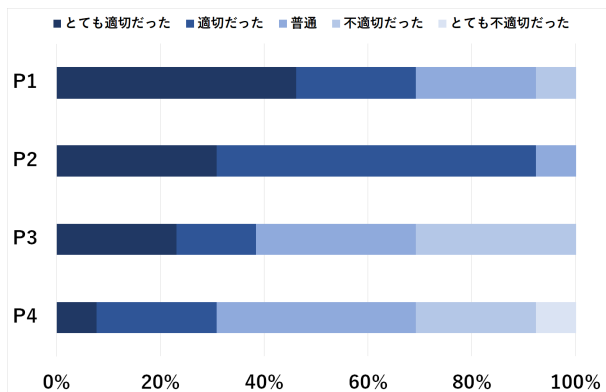


図 5 Q2. 入力したい画数を思い描くのに適切な長さのインターバルであったか

6.4.3 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”と回答した被検者は、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。

6.4.4 Q4. システムは使いやすかったか

Q4の回答結果を図7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”と回答した被検者は、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、初めて提案手法を使う時には最も長いインターバルの方が使いやすくと感じ、練習量が増える

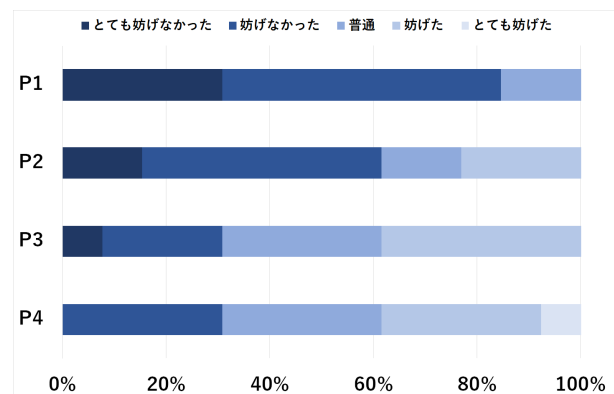


図 6 Q3. インターバルの長さはコミュニケーションのテンポを妨げなかったか

と、短いインターバルが使いやすくなると感じた被検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。

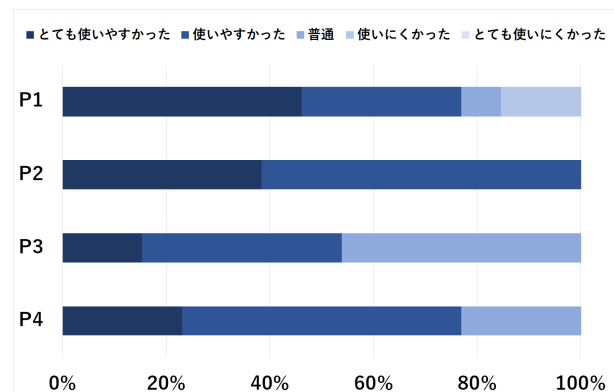


図 7 Q4. システムは使いやすかったか

7. 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者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ないという問題の解消を狙ったものである。この問題を解決するために、我々は、健常者、障がい者問わず、日本語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。この着想を元に我々は、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。実装したプロトタイプシステムを用いた実験の結果、提案手法を使用するのに最も適したインターバルは、1.5秒だった。今後は、画数の組み合わせが同じ定型文を、よりユーザに負担のない方法で識別できるように検討していきたい。また、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。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K12730 の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] Michael D. Fleetwood, Michael D. Byme, Peter Centgraf, Karin Dudziak, Brian Lin, Dmitry Mogilev: An Evaluation of Text-Entry in Palm OS-Graffiti and the Virtual Keyboard, Proceedings of the HFES 52nd annual meeting, Vol.46, No.5, pp.617-621, (2002).
- [6] 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).
- [7] 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, Vol.43, No.1, pp.172-178, (2005).
- [8] 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).
- [9] 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)