

Leap Motion を用いた空中フリック式文字入力システムの 実装と評価

2018SC009 舟津春輝 2018SC098 山口晃平

指導教員：石原靖哲

1 はじめに

現在世界中で新型コロナウイルス感染症が大流行しており、人と接触することや、公共の場で物に触れることは感染のリスクを伴う。例えば、本屋で探したい本を検索するために端末を使用する際、ディスプレイに触れて文字入力を行うため、新型コロナウイルスの感染のリスクが伴う。また触れることに抵抗がある人がいる。

そこで本研究は、新型コロナウイルス感染症対策として、カメラを内蔵した機器で手の位置を読み取り、物に触れずに空中で動作をし、文字入力するシステムに着目する。そのようなシステムの研究として、Leap Motion [2] という、手や指の動きを読み取る機器を用いて、空中文字入力を提案した小澤らの研究 [1] がある。その研究では、空中で指を触れ合わせる「つまむ」動作を文字選択に利用する手法を提案している。またスマートフォンなどに用いられているフリック入力を導入している。小澤らは比較対象として、スクリーンに向けて空中で指を押し出し、続けて指をスクリーンと並行に移動させてボタンを選択し、指を手前に引くことで入力を確定する手法を用いて、比較実験を行っている。

これに対し本研究では、比較対象の手法に着目する。新型コロナウイルス感染症の対策として公共の場の実装する事を想定すると、「つまむ」動作を用いた入力ではなく、空中で押し込むだけの動作の方が、人々に理解されやすく、実用性が高いと考えられる。また Leap Motion のようなカメラで指を検出すると、カメラに対して垂直に指を2本以上配置した時、正常に指の検出ができないと考えられる。これらの理由から本研究では、手のみを Leap Motion で検出し、空中での押し込み動作による文字入力システムを実装する。そして、指2本を検出し「つまむ」動作を検出するシステムと、手の押し込み動作を検出するシステムとの比較実験を行い、どちらのシステムが優れているかの評価を行う。また小澤らの提案手法のシステムは濁音と半濁音の入力や記号の入力ができない事が課題であった。本研究では、濁音や半濁音の入力を可能にし、小澤らシステムよりも速く文字入力ができ、誤入力が少なく、より実用性の高いシステムを実装することを目標とする。

本研究の成果として、我々の実装したシステムで、濁音や半濁音、ハイフン等の入力を可能にし、文字を削除する機能を追加することで実用性を高めた。さらに本研究では以下の2種類の実験を行った。まず「つまむ」動作の検出と手の押し込み動作の比較実験を行った。実験結果として、手の押し込み動作の方が誤入力数が少なく、入力時間が短

い結果が得られたため、本研究のシステムの方が実用性が高くなると考えられる。次に文字入力の実験では、6種類のボタン配置を用意して5文字の入力を行った。エラー率（誤入力/総入力数）と入力時間の結果から、ボタンの大きさ80pixelの間隔20pixelのボタン配置が、本研究のシステムに適正なボタン配置と考えられる。その配置で、19文字の入力を行う実験を行った。結果として、1文字あたりの平均入力時間が約1.68秒であった。小澤らの手法は、1文字あたりの平均入力時間が約2.63秒と報告されており、実験環境や被験者の違いはあるものの、1文字あたり約1秒の入力時間を縮めることができた。

2 小澤らによる文字入力システム

2.1 システムの概要

小澤らのシステムでは、カーソルを打ちたい子音に合わせ、つまむ動作をして選択し、続けて上下左右に移動することで、母音を選択して入力文字を確定する。「あ」段の文字を入力する際には、つまむ動作の後、その場で指を開くことにより入力を確定する。この手法には、3つのメリットが確認されている。1つ目は、ユーザは入力操作中とそうでない時を異なる手の形で操作するため、入力の判定をするタイミングが取りやすくなる。2つ目は、「つまむ」動作では、人差し指と親指が接触するため、ユーザ自身が選択が確定したことを自覚しやすく、エラー率が低下すると期待できる。3つ目は、腕全体を動かす必要がなく、指先のみでの小さな動作で完結するため、入力時の腕のブレや入力に対する労力が抑えられる。

2.2 実験内容

小澤らは2種類の実験を行っている。

1つ目はボタン配置に関する研究である。青木ら [3] のタッチパネルによる研究によると、ボタンを隙間なく連続して配置するよりも、ボタンの間に隙間を作ることで、選択ミスを減少させることができる。そのことから小澤らの提案手法についても、それに適切なボタンの大きさや配置について検討している。ボタンの大きさをそれぞれ一辺30, 60, 90 pixelの正方形とする3通りと、ボタンの間隔をそれぞれ0, 40, 80 pixelの3通り、計9通りの仮想キーボードで、5文字を入力する比較実験を行っている。

2つ目は、小澤らの提案手法の比較対象として、スクリーンに向けて空中で指を押し出し、続けて指をスクリーンと並行に移動させてボタンを選択し、指を手前に引くことで入力を確定する手法を用いて比較実験を行っている。この実験では、仮想キーボードのボタンの大きさが60pixel、ボ

タンの間隔が 40pixel で 19 文字の入力をそれぞれの手法で 2 度行い、5 段階のリカット尺度による 6 項目の質問と自由記述による質問紙調査を行っている。

2.3 実験結果と課題

まず 1 つ目の実験結果としては、ボタンの大きさは 60, 90pixel, ボタンの間隔は 40, 80pixel の結果が大きく変わらず、どれも適正という結果が得られている。2 つ目の比較実験は、小澤らの手法は 19 文字で平均 50 秒であり 1 文字あたり約 2.63 秒、比較手法は平均 70 秒であり 1 文字あたり約 3.68 秒であった。またエラー率は、小澤らの手法で 12.6 %、比較手法で 15.6 %であり、質問紙調査では小澤らの手法が、6 項目中 5 項目で比較手法より優れた評価を得ている。

課題としては、濁点と半濁音、記号が入力できない事や、漢字変換などの機能がない事が挙げられている。また「つまむ」動作への理解のしづらさや、「あ」段の入力のしづらさが被験者からの意見としてあった。本研究では、「つまむ」動作のように、システムの理解のしづらさがある入力手法ではなく、空中で押し込むだけの動作の方が、人々に理解されやすく、実用性が高いと考えられる。また濁音や半濁音、ハイフンなどを入力できるようにし、文字の削除機能を付けることで実用性を高める。また、小澤らの提案手法より速く文字を入力でき、誤入力が少ないシステムを実装することで、実用性を高めることを目標とする。

3 実装する入力システム

実装するにあたって使用したハードウェアは、dynabook RX37/FBE と Leap Motion である。また使用したプログラミング言語は Processing であり、ライブラリは Leap MotionP5 を用いた。書いたプログラムの行数は 7451 行である。

3.1 設計方針

我々が実装する文字入力方法はスマートフォン等に導入されているフリック入力である。また図 1 のようにボタンの数が少なく、仮想キーボード入力に比べ、ディスプレイの縮小を図ることができ、実用性が高いと考えられるため、我々の実装するシステムに導入する。

1 つ目の方針として、フリック入力を空中で行うシステムでは、空中でボタンを押したかどうかの判断が難しいため、誤入力が頻繁に起こってしまい、システムが成り立たないと考えられる。そこで我々は、打ちたい文字にカーソルを持って行った時、押し込み動作を入れた後、母音の入力画面に切り替わり、その後フリック動作を行い文字入力するシステムを作成する。

2 つ目の方針として、スマートフォンで文字入力をする際、ボタンを押すごとに文字が変わり、入力される文字を決めるシステムである。しかし本研究のシステムは、Leap Motion が手の位置を読み取って操作を行うため、スマートフォンのように素早くかつ細かくボタンを連打する操作

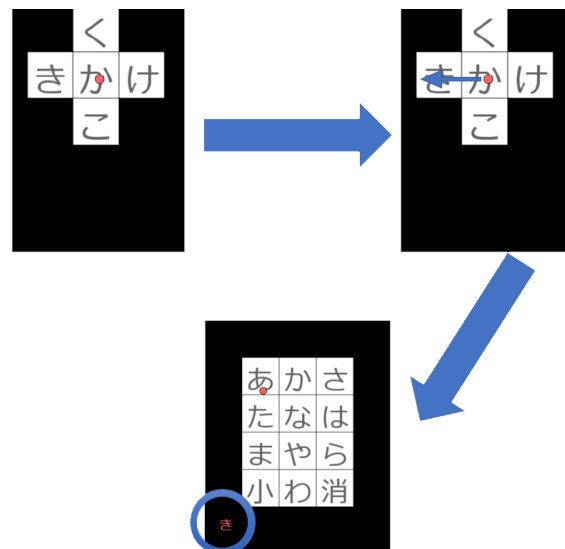


図 1 か行の入力方法

を読み取る事が容易ではないと考えられる。そのため、文字入力は押し込み動作を用いたフリック入力のみを導入する。

3.2 実装したシステムの詳細

システムは手を Leap Motion で検出し、その手の位置がカーソルとなり、操作を行う。その様子を図 2 に示す。1 つ目の設計方針に従い、我々の実装したシステムは、入力したい子音の位置にカーソルを持っていき、奥に押し込むことによって画面が切り替わる。そして、入力したい文字の方向に指を動かすことで文字の入力ができる。ユーザが手を押し込んだ時、ボタンを押したと判断しやすくするために、カーソルの色が押し込まれると変化する。

2 つ目の設計方針に従い、我々が作成したシステムは押し込み動作を用いたフリック入力のみである。例えば、「かきくけこ」と入力を行う際、最初に「か」の位置に指を持っていき、押し込むと図 1 のように画面が切り替わる。押し込んだ後カーソルを動かさず、出てくる母音の選択でそのまま手前に引くことで母音の「a」の入力ができる。「か」の入力ができる。同様に残りの「きくけこ」については図 1 の選択画面になった時、「き」は左に、「く」は上に、「け」は右に、「こ」は下にフリックすることで入力ができる。また入力した文字は左下から表示される。

同様にフリック動作を用いて、濁音半濁音や小文字を入力することも可能である。例えば、「が」という文字を打つ場合には、最初に「か」の入力を上記に倣って行う。その後、2 文字目入力を行う際に左下の「小」の位置に手のカーソルを持っていき、押し込む。そうすると画面が切り替わり、小文字と濁音半濁音のボタンが出る。上記に倣い、指を打ちたい文字の方向にフリックすると入力することができる。他にも打った文字を一文字消す削除機能もある。削除の方法は、2 文字目以降の入力の時に右下に出てくる「消」の位置に手を持っていき、押し込むことで、ひとつ前に入



図2 システムの操作の様子

力した文字が消える。

4 先行研究との比較実験

21～23歳の右利きの大学生5人の被験者に対して、つまむ動作で文字を入力するシステムと、本研究の作成したシステムを比較し、その精度を確かめる実験を行った。つまむ動作のシステムでは、小澤らのシステムの「あ」段の入力をするプログラム同様に、5本の指の中から、親指と人差し指の2本の指を検出し、その指がボタンの中で、つまんで離す動作をすることで、正常に入力されたと判断するシステムを作成する。そのシステムと、我々の実装したシステムで、それぞれ5文字の入力を行い、平均入力時間と平均誤入力数を測定する。なお、実験には解像度1336×768の13.3インチのディスプレイを用いる。

実験結果として、平均入力時間と平均誤入力数は、つまむ動作のシステムが10.23秒と0.8回、手の押し込み動作のシステムが4.79秒と0.4回であった。つまむ動作をしている2本の指を検出する際に、指が近くなりすぎるため、Leap Motionの指の検出精度が落ちる可能性が示唆された。その結果、誤入力の回数が多くなり、入力時間も増えてしまった。それに比べ、本研究の提案したシステムでは指を検出するのではなく、手を検出し、1つのカーソルで操作するため、指の重なりや他の指の検出などの誤入力につながる動作が少なくなると考えられる。

5 文字入力実験

我々は2種類の文字入力実験を行った。

1つ目は、6種類のボタン配置の仮想キーボードを比較する実験である。小澤らと同様に、本研究のシステムのボタンの間隔やボタンの大きさは、どの程度が適正であるかを調べるため、6種類のボタン配置を用意し、5文字の入力の実験を行った。

2つ目は、良い結果が出たボタン配置を3種類選び、再度文字入力実験を行った。また、正確なデータを得るために、19文字の入力を行った。なお、実験には解像度1336×768の13.3インチのディスプレイを用いる。

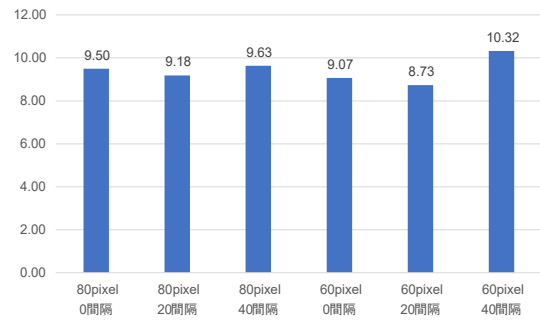


図3 平均入力時間

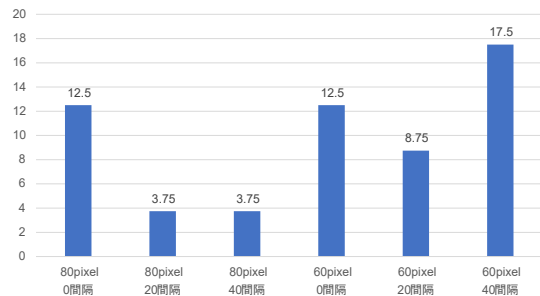


図4 平均エラー率

5.1 6種類のボタン配置実験の結果と考察

21～23歳の右利きの大学生8人の被験者に対して、我々が事前に用意した5文字の入力を行ってもらった。被験者1人に対して、6種類のボタン配置の仮想キーボードを用意し、文字入力をそれぞれ2回行い、合計12回の計測を行った。実際に実験で用いたボタンのサイズと間隔は、ボタンの大きさが60pixelと80pixelの2種類と、ボタンの間隔が0pixelと20pixelと40pixelの3種類である。入力を行う際に、誤入力の回数、入力時間を測定する。

実験結果の入力時間を図3に、エラー率を図4に示す。ボタンの大きさに着目すると、80pixelのボタンの大きさは、全体的にエラー率が低い結果となった。それに比べて60pixelのボタンの大きさは、全体的にエラー率が高いと結果となった。ボタンの間隔の大きさに着目すると、20pixelの間隔がある種類の配置が最も良いことがわかった。20pixelの間隔は、手が多少ブレても、誤入力が起きず、手を動かす距離がそれほど長くないため、平均入力時間が短く、エラー率が低い結果となった。

以上の理由と結果から、入力時間が最も短い、ボタンの大きさ60pixelの間隔20pixelと、エラー率が最も低い、ボタンの大きさ80pixelの間隔20pixelとボタンの大きさ80pixelの間隔40pixelの仮想キーボードを、本研究のシステムに適正なボタン配置の候補とした。

5.2 19文字入力実験の結果と考察

5.1節で行った実験結果から、入力時間とエラー率の結果が良い、ボタンの大きさ80pixelの間隔20pixelと、ボ

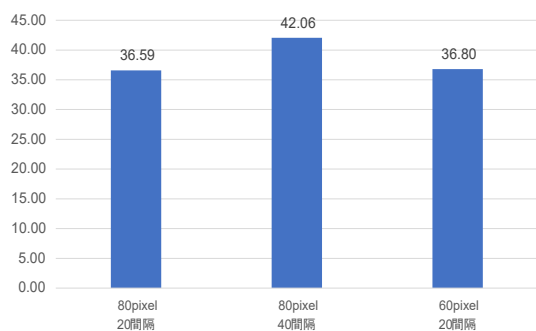


図5 19文字の平均入力時間

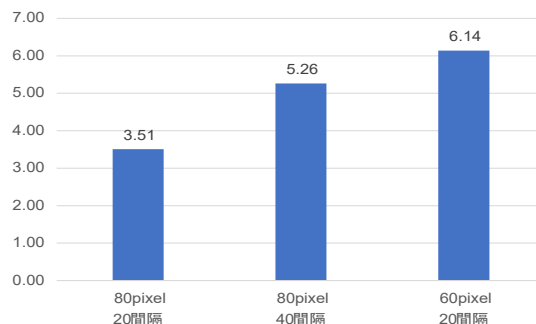


図6 19文字の平均エラー率

タンの大きさ 80pixel の間隔 40pixel と、ボタンの大きさ 60pixel の間隔 20pixel の3種類を使って、より詳しく正確なデータを得るために、19文字の入力の実験を行った。

19文字入力実験の結果の平均入力時間を図5、エラー率を図6に示す。19文字という長い文章を入力する際、40pixel という大きい間隔があると、手を動かす距離が長く、入力に時間がかかることが示唆された。最も良い結果が得られたボタンの大きさ 80pixel の間隔 20pixel の仮想キーボードで、エラー率が 3.51%、入力時間が 36.59秒であるのに対し、小澤らの提案手法のエラー率が 12.6%、入力時間が約 50秒であった。以上の結果から、本研究で実装したシステムの方が優れている可能性が示唆された。また長い文章の入力においても、最も良い結果が出た配置は、ボタンの大きさ 80pixel の間隔 20pixel であるため、我々の実装したシステムに適正な仮想キーボードは、ボタンの大きさが 80pixel 程であり、間隔が 20pixel 程である。

5.3 質問紙調査の結果と考察

被験者に6つの項目について5段階で評価を行ってもらった。その結果を図4に示す。操作方法の理解のしやすさは、4.63と高い評価を得た。スマートフォンのフリック入力をしている人が被験者であったため、入力に迷うことは少なく、手でボタンを押すような押し込み動作を用いた結果だと考えられる。操作精度の良さでも、4.13と高い評価を得た。システムでの誤作動や手の検出ミス等がなく、手を反映した画面に映るカーソルは正常に動いていた事が

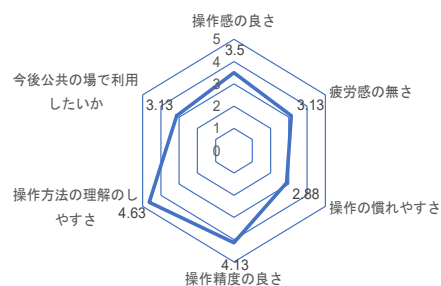


図7 被験者の質問紙調査の結果

結果につながった。操作の慣れやすさが、2.88と他の項目より低い評価を得た。押し込み動作をする際に、どの程度押し込むのかの感覚を掴むのが難しいという意見もあった。現状、押し込むとカーソルの色が変わる機能を搭載しているが、押し込み動作をわかりやすくするための改善が必要だと考えられる。

6 まとめと今後の課題

本研究では、Leap Motion を用いて空中で文字の入力する方法を我々は提案した。先行研究として、小澤らが提案した指を検出して行う「つまむ」動作を用いた文字入力に対して、本研究では、手を検出し押し込み動作をすることで、入力するシステムを実装した。比較実験の結果、我々の実装したシステムの方が、誤入力数が少なく入力時間が短いという結果が得られた。文字入力実験では、ボタンの大きさと間隔が違ったものを6種類用意して、入力時間と誤入力数を調べた。結果としては、ボタンの大きさ 80pixel の間隔 20pixel の仮想キーボードで短い入力時間と最も低いエラー率が得られた。このボタン配置での19文字の平均入力時間とエラー率は、実験環境や被験者の違いはあるものの、小澤らの提案手法について報告されている実験結果よりも良い結果が得られた。しかし、入力時に手を長い間上げ続けるため、疲れるという意見や、ボタンを押し込んだ判定がわかりにくいという意見があり、実用化に向けて改善すべき点が見られた。また英語や漢字変換などの機能についても検討していく予定である。

参考文献

- [1] 小澤宗馬, 梅澤猛, 大澤範高. 空中におけるつまむ動作を用いた効率的な文字入力の検討. FIT2015 (第14回情報科学技術フォーラム), J-036, 2015.
- [2] 蜜葉優. Processing や Javascript で Leap Motion を動かす. <https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/1309/30/news016.html>, 2013.
- [3] 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オン, 2013.