

# 3次元ジェスチャによる文字入力手法 A Character Input Method Using 3D Gestures

藤田 雅斗

Masato Fujita

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: masato.fujita.4e@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

*Keyboards are usually used for inputting characters. However, keyboards are not suitable for wearable computers and VR spaces, which have been increasing in recent years. Therefore, character input methods for such 3D spaces are being developed. Some character input methods for 3D spaces use a dedicated sensor that detects hand movements in order to reflect the movements on a virtual keyboard. Many of such character input methods differ from standard QWERTY keyboards in character layouts and character input methods, and therefore it is often difficult for users to get used to their operations. We propose a new character input method based on flick input. Specifically, the user places the Leap Motion sensor and a PC monitor in front of the user. The user moves the right hand back and forth in the direction of the monitor to determine a group of kana characters. Next, the user determines a kana character by moving the right hand upward, downward, to the left, or to the right in the same way as flick input. We conduct comparative experiments to evaluate if our method is useful. We compare our method with a Japanese alphabetical input method used in video games. We measure the number of actions and the time spent on them to see which input method is better. In the average input time, our method spent two times more than the Japanese alphabetical input. Its error rate was also nearly twice as much as that of the Japanese alphabetical input.*

## 1. はじめに

文字を入力するための機器として主にキーボードが使われている。そのため、QWERTY入力を使用しているユーザは多数いる。しかし、キーボードでの文字入力は、近年増えてきているウェアラブル端末やVR空間での文字入力には向いていない。キーボードは大きく、持ち運ぶには不便であり、VR用のヘッドセットを付けた場合にキーボードの位置がわからなくなる。また、近年はスマートフォンの普及により、QWERTY入力と変わらないほどフリック入力を使用しているユーザが多くなっている。3次元空間のための文字入力手法として、手の動きを検知することができる専用のウェアラブルセンサーを取り付けたり、非接触型センサーを設置したりして、手

の動きをコンピュータやVR上の仮想キーボードに反映させて文字入力をおこなう方法がある。これらの文字入力手法は、QWERTY入力やフリック入力とは文字の配列や文字入力の仕方が異なるものが多く、操作に慣れるまでが困難である。

本研究では、スマートフォンのユーザが普段使用しているフリック入力を用いた、3次元空間のための新たな文字入力手法を提案する。3次元空間であることを利用し、平面的ではなく、立体的に文字入力をおこなえるようにする。本研究では日本語のひらがなのみを対象にする。具体的には、正面にパソコンのモニターを設置し、手を離れた状態でモニターの前にかざす。そしてモニターの方向へ前後に手を動かすことでひらがな五十音の行を決定する。その後、フリック入力と同じ方法で手を上下左右に動かしてひらがな五十音の段を決定する。提案手法の有用性を調べるために、五十音順に並んだひらがな入力との比較実験をおこなう。具体的には、決められた文字を入力する時間と入力ミスをした回数を測定する。実験の結果、五十音順のひらがな入力の方が入力時間と入力ミスの回数の両方で優れていた。

## 2. 関連研究

### 2.1. Leap Motion を用いた文字入力手法

細野ら [1]は、円形状の文字入力画面で、両手を使い、指をさす方向で入力する文字を決定する手法を提案した。大西ら [2]は、Leap Motion に既存で設定されている特定のジェスチャや、一筆書きで書くことができるグラフィティ文字のジェスチャで文字入力をおこなう手法を提案した。二本松ら [3]は、指をつまむ動作で画面やVR上の文字をつかみ、円形状に並んだ文字入力画面で手をスライドさせて文字を入力する手法を提案した。小澤ら [4]は、二本松らと入力方法は同じだが、入力画面がフリック入力となっている。福仲ら [5]は、Leap Motion とゲームエンジンのUnity3Dを用いて、VR環境内でひらがな入力ができるフリック入力形式インターフェースを開発した。

### 2.2. コントローラーを用いた文字入力手法

柳原ら [6]は、片手操作で3次的に動かすことのできるVRコントローラーを用いて、キューブキーボードという $3 \times 3 \times 3$ の立方体にaからzの26文字を中心以外の位置に配置したキーボードを作成し、入力したい文字へカーソルを移動してコントローラーのボタンを押すことで文字を入力する手法を提案した。竹永ら [7]は、VRコ

ントローラーを用いて、フリック入力や五十音順のひらがな入力の他に、コントローラーのタッチパッドの接触位置によって文字選択をおこなう手法を比較した。

### 2.3. スマートウォッチを用いた文字入力手法

下岡ら [8]は、スマートウォッチの小さい画面で文字入力をおこなうために入力マスをできるだけ少なくすることを目的として、母音と子音のキーを分けてそれぞれ入力をして文字を決定する手法を提案した。秋田ら [9]は、ひらがなの行を先に決めて、その後ひらがなの段や文字に濁点を付けるかどうかを決める手法を提案した。

### 3. 提案手法

本研究では、3次元での簡単でわかりやすい文字入力を可能にすることを目的として、両手による3次元ジェスチャを用いた新たな文字入力手法を提案する。本提案手法は、「あ」から「ん」の書かれたマス(以下、入力マス)を一般的なフリック入力と同様の配列に並べる。新しいアイデアとして、入力マスを平面上に広げるのではなく、前後の奥行きを使い、3次元的に入力マスへ右手の移動をおこなうようにする。図1のような画面がPCに表示される。また、左手で、文字入力の補助的な働きをするジェスチャの操作をおこなう。手の動きを検知するデバイスには、非接触型センサーの Leap Motion を使用する。提案手法を使用している様子を図2に示す。

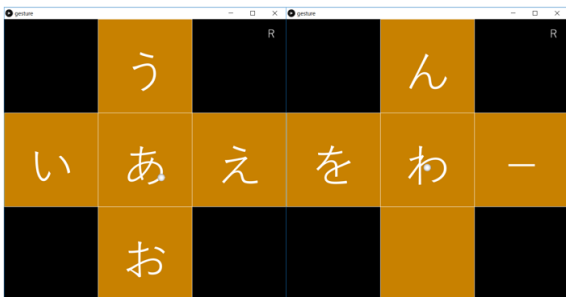


図1 提案手法の入力画面



図2 提案手法を使用している様子

### 3.1. 右手の操作

ユーザに最も近い手前側を、あ行の入力マスとし、ユーザから離れるにつれて、か行、さ行のように入力マスを移動させていく。そして、入力したい文字の行、例えば「て」を入力したい場合は、「た」の入力マスにたどり着いた後、手を握る動作をおこなうことで、入力マスが変更されないようにする。その後はフリック入力と同様の入力方法で、た行の場合、Leap Motion から真上に約50mm のところを中心として、「た」は中心、「ち」は左、「つ」は上、「て」は右、「と」は下の入力マスへ手を動かす。入力の決定は、握った右手を入力したい文字の入力マスの上で広げることでおこなう。上下左右への手の移動に関しては、画面上でポインターとして可視化されるようにする。また、手を握っているかどうかの判定は、握っている際にはポインターの色が赤、広げている際には白とする。

### 3.2. 左手の操作

文字入力のインターフェースには、通常の文字を入力するだけでなく、文字の削除や変換などの補助的動作も必要である。文字をより効率的に入力するために補助的動作をする場合は、数種類の簡単なジェスチャを使用する。使用する左手のジェスチャと対応する補助的動作は以下の5種類である。

- 素早く右にスライドすると文字を削除する。
- 素早く上にスライドすると句点を書き込む。句点が表示されているときに上にスライドすると読点に、読点が表示されているときに上にスライドすると句点が変わる。
- 素早く下にスライドすると濁点を付ける。もう一度下にスライドすると半濁点に変わる。さらにもう一度下にスライドすると半濁点を消す。半濁点がない文字は濁点のときに下にスライドすると濁点が消える。
- 親指と人差し指でつまむ動作をすると拗音・促音に変換する。もう一度つまむ動作をすると文字が元に戻る。
- 手を握る動作をすると入力した文字を確定する。

### 4. 実装

実装画面の表示は通常のPC画面を使用し、開発環境には Processing を用いた。文字入力の操作は、左手のジェスチャの際に右手が邪魔となるため、片手ずつでおこなう。画面内の入力マスの配置は、奥行きを20mmごとに区切り、Leap Motion の真上より手前側に、あ行から、な行まで、真上より奥側に、は行以降とする。入力マスの大きさは40mmとする。奥行き幅と入力マスの大きさは予備実験から決定した。

### 5. 実験

提案手法の有用性を調べるため比較実験をおこなった。

### 5.1. 比較対象

比較対象は、ビデオゲーム等によく見られる図3のような五十音順に並んだひらがな入力(以下、五十音入力)である。五十音入力は、人差し指のみで入力をおこなう。人差し指は提案手法と同様に、画面上でポインターとして可視化されるようにする。人差し指をLeap Motionの真上より奥側に移動させそのまま手前側に戻すと、ポインターの位置にある入力マスの文字を入力する。ポインターはLeap Motionの真上より手前側にあるときは白色、奥側にあるときは赤色となる。文字削除は画面右下の「消」マス、入力決定は「決」マスを押す。入力マスの大きさは20mmとする。



図3 比較実験で使用した五十音入力

### 5.2. 手順

6文字のひらがなのみの単語を15種類からランダムで10種類、句読点が付いている短い文章を2種類、合計12種類の単語と文章を打つ時間を計測する。その際、入力開始から補助的な動作を含め、すべての動作に対して次の動作をするまでの時間とおこなった動作を計測する。個々の動作に対しての時間を計測することで、提案手法での文字入力ほどの動作をしているときに効率的であるのかを調べる。実験前に提案手法の操作に慣れてもらうために提案手法と同じもので、出てくる単語が異なる練習を10分ほどおこなう。また、実験後に比較対象と比べて提案手法の良い点と悪い点を1つずつ自由記述で挙げてもらうアンケート調査をおこなう。

被験者は平均年齢22.3歳の男性9人、女性1人(うち右利き9人、左利き1人)である。実験は被験者を半分にかけて、5人には先に提案手法を、残りの5人には先に五十音入力をおこなう。

実験の評価指標として、次式で計算される CPM (character per minute)を用いる。

$$CPM = \frac{\text{文字数の合計}}{\text{入力にかかった時間(分)}}$$

文字数の合計は、12種類の単語と文章を合計した文字数である。入力にかかった時間は、被験者が実験を開始するときに押すEnterキーからすべての単語と文章を入力し

終えて、入力を決定する左手を握る動作をするまでの時間である。

さらに、次式で計算されるエラー率 [10]を測る。

$$\text{エラー率(\%)} = \frac{\text{修正した文字数}}{\text{入力した文字数}} \times 100$$

修正した文字数は、文字削除をおこなった回数である。入力した文字数は、入力ミスをしたものも関係なく文字の入力をおこなった回数である。

### 5.3. 結果

提案手法と五十音入力の入力時間、CPM、エラー率を表1に示す。対応のあるt検定を用いて、提案手法と五十音入力に有意差があるかを調べた結果、入力時間、CPM、エラー率のいずれについても有意差があった(p < 0.05)。従って、五十音入力の方が効率的な文字入力手法であることがわかる。

表1 提案手法と五十音入力の比較

		時間(s)	CPM	エラー率(%)
提案手法	平均	124 × 10	5.21	21.1
	分散	177 × 10 <sup>3</sup>	2.99	68.2
五十音入力	平均	546	10.8	12.1
	分散	435 × 10	1.83	4.30

被験者へのアンケート調査の結果を表2に示す。ただし、類似の回答は1つの項目にまとめている。ここに挙げた以外の回答はなかった。

表2 アンケート調査の結果

		内容	人数
良い点		ジェスチャがわかりやすい	3
		フリック入力と配列が同じなので覚えやすい	3
		文字が大きくて見やすい	2
		慣れたら入力をもっと速くなりそう	2
悪い点		ら行などの後ろの行が打ちにくい	6
		反応が悪い	2
		腕が疲れる	2

### 6. 議論

表2よりアンケート調査の良い点では「慣れたら入力が速くなりそう」と答えた者が2人いた。表1より提案手法の平均入力時間は約1200秒となったが、被験者には約700秒で入力を完了させていた者もいた。被験者には実験前に練習してもらったが、実験中に操作できていた者と操作に慣れていない者で入力時間が明確に分かれた。慣れていない人は入力したい文字がどこにあるのかしつかり把握しておらず、探す動作が多かった。そのため、入力画面上にいま手がある場所の行の前後にはどの行があるのか、段は上下左右どのように配置されているのかを、画面上に表示して入力を手助けする機能を追加すれば全体的な入力時間も短くなると考えられる。

アンケート調査で悪い点として最も挙げられていたのは、ら行、わ行等の後ろの行が打ちにくいことであった。行毎の平均入力時間を図4に示す。ただし、「一」は、わ行に含めている。あ行や、か行等の前の行と比べて、

ら行や、わ行等の後ろの行の方の入力時間が 5 秒程度長くなった。これは、後ろの行を打つときに腕が Leap Motion を遮り、手が反応しなくなってしまうことが原因だと考えられる。その対策として、現在、Leap Motion の真上から奥行き 0~20mm のところに、な行を配置しているが、それを、や行や、ら行に変更して全体的に手前へ入力マスを移動させれば、腕が Leap Motion を遮りにくくなると考えられる。

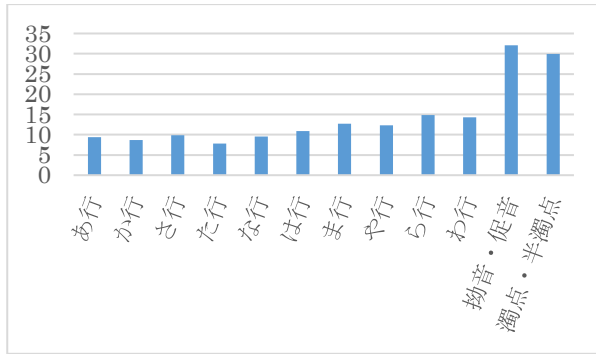


図 4 行毎の平均入力時間(秒)

図 4 より、拗音・促音や濁点・半濁点といった左手のジェスチャに必要な文字の平均入力時間が 3 倍程度かかったことがわかる。必要なジェスチャをおこなう際、他のジェスチャが反応することがよく起こった。簡単なジェスチャにするために似たようなジェスチャが増えたが、ジェスチャをより工夫すればそのような問題は軽減されると考えられる。

ひらがなの段毎の平均入力時間を図 5 に示す。「を」、「ん」、「ー」はそれぞれ、い段、う段、え段に含めている。平均入力時間は、あ段が最も短く、う段が最も長くなった。う段は手を上にあげなければならないため、腕が Leap Motion を遮り、手を検知しなくなってしまう時間がかかったと考えられる。そのため、う段は手を上げる距離をもう少し短くすることで腕に遮られにくくなると考えられる。

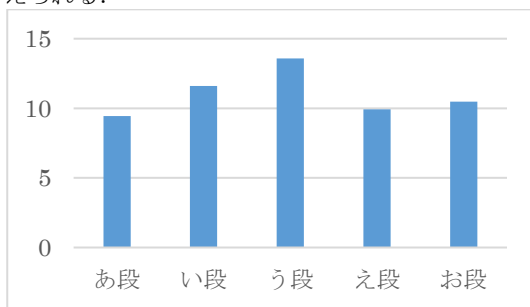


図 5 段毎の平均入力時間(秒)

本研究の提案手法は、両手での同時操作を導入しなかった。右手と左手の操作方法が異なるとユーザが混乱してしまい、素早く操作できないと考えたためである。しかし、ユーザが両手で別々の操作をすることに慣れることができるのであれば、片手でおこなっていた操作を半

分にすることができ、操作のパターンを増やすことができるため、操作時間を短縮できる可能性もある。

## 7. おわりに

ユーザが普段よく使用しているフリック入力を用いた 3 次元の手のジェスチャ動作による新たな文字入力手法を開発した。拗音・促音や濁点・半濁点を入力する際に時間がかかりすぎてしまうため、ジェスチャの種類を増やしジェスチャの誤入力を減らすことと、腕によって Leap Motion が遮られない距離を測り、より効率的に文字を入力することが今後の課題である。

## 文 献

- [1] 細野敬太, 笹倉万里子, 田邊浩亨, 川上武志, "Leap Motion を用いたジェスチャ操作による文字入力方法の提案," 第 28 回人工知能学会全国大会論文集, no. 2E1-4in, pp. 1-4, 2014.
- [2] 大西未来, 渡辺大地, "Leap Motion を使用した文字入力手法の提案," 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-CG-165, no. 12, pp. 1-4, 2016.
- [3] 二本松拓哉, 中村喜宏, "VR 環境におけるピンチ動作を用いた視覚によらない文字入力方法の検討," 情報処理学会第 79 回全国大会講演論文集, pp. 309-310, 2017.
- [4] 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方法の検討," 第 14 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp. 389-390, 2015.
- [5] 福仲伊織, 謝浩然, 宮田一乗, "VR 環境におけるフリック入力形式インターフェースの開発," 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-HCI-182, no. 3, pp. 1-8, 2019.
- [6] 柳原直貴, 志築文太郎, 高橋伸, "3次元ストロークを用いた文字入力手法," 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-HCI-181, no. 23, pp. 1-6, 2019.
- [7] 竹永正輝, 橋本直, "片手持ち VR コントローラーのための日本語入力 UI の提案," エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集, pp. 12-16, 2019.
- [8] 下岡純也, 山名早人, "スマートウォッチにおけるタップ動作の少ない仮名文字入力手法," データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, no. I3-2, pp. 1-8, 2017.
- [9] 秋田光平, 田中敏光, 佐藤雄二, "スライドインによるスマートウォッチ向けの文字入力," 情報処理学会インタラクション 2018 論文集, pp. 276-281, 2018.
- [10] R. W. Soukoreff and I. S. MacKenzie, "Metrics for text entry research: an evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric," *Proc. of the SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems*, pp. 113-120, 2003.