

# VR 環境における文字入力方法に関する研究

2018SE013 長谷川 舞 2018SE028 加藤 光琴 2018SE033 清原 隆一

指導教員：沢田 篤史

## 1 はじめに

近年 HMD (Head Mounted Display) の普及が進んだことで、VR (Virtual Reality) はより身近なものとなった。VR 環境上ではボイスチャットがよく用いられるが、声を出せない状況や雑音が多い環境では使えない。音声以外のコミュニケーションツールとして VR 環境上での文字入力を可能とすることが求められている。

VR 環境上でのキーボードを用いた文字入力は難しい。VR 環境上では空間把握が難しく、うまく入力が行えない。また必要とする文字入力方法は利用者のおかれている状況によって異なる。利用者にとって不得意な入力方法は、誤入力が多くなる。不慣れな入力方法であっても、誤入力を補って効率よく入力を行う手段が求められる。

本研究の目的は、VR 環境上の利用者の文字入力にかかる負担を軽減する方法を提供することである。負担を軽減するために利用者が普段から使い慣れた入力方法を採用することで、誤入力が少なくなる。慣れ親しんだキーボードであったとしても、VR 環境上では空間把握が難しいので、その難しさを克服できるような入力方法が必要となる。一方で、キーボードを使用しない入力方法も用意する。複数の入力手法を提供し、利用者が状況に応じて選択できるようにすることで、どんな利用者でも使いやすく、負担の少ない文字入力手法を提供することができる。

利用者にとって使いやすく、負担の少ない文字入力方法の提供を実現するために、スマートフォンで利用されているフリック入力手法と指文字を用いた入力手法を統合し、利用者が 1 つを選択して利用可能にすることを提案する。指文字とは手や指で五十音を表現する視覚言語のことである。入力された文字を、予測変換機能を通じて VR アプリケーションへ入力することで 2 つの方法の統合を実現する。

## 2 VR 環境上での文字入力における課題

### 2.1 先行研究

VR 環境上での文字入力手法として、福仲ら [1] の研究では、Leap Motion という指文字認識用デバイスを用いてフリック入力手法を提案している (以下、空中フリック入力手法)。この提案手法はフリック入力キーボードを空中に配置し、それをフリック入力するという手法である。この手法では空間上にキーボードを配置するので、キーボードを押し込む感覚がなく、どこまで押し込めばいいのか分からないことや、位置関係が把握しづらい問題がある。

指文字の認識に関して、Leap Motion を用いたさまざまな手法が提案されている。屋外での使用を目的として、

Leap Motion を紐で固定して首から下げ、指文字を認識する研究がある [2]。この研究では、デバイス本体が安定せず認識率が低下した。VR 環境における指文字認識では、屋外等で話者が自由に移動して発話することを必ずしも想定しなくて良い。このことから会話相手側から見る指文字を安定的に認識させるために、手指認識デバイスを話者の前面の机などに固定させて利用する必要がある。

### 2.2 課題

VR 環境上での文字入力の課題は空間把握が難しいこと、人によって必要とする入力方法が異なること、さらに使い慣れない入力方法による誤りに対応しなければならないことである。

空間上に配置されているキーボードは触感がないので、どこまでキーを押し込んだらいいのか分からない。現実世界での入力と同じように、触感的フィードバックやキーを押すと形や色が変わるなどの視覚的フィードバックが必要と考える。

利用者によって必要とする入力方法は異なる。普段使用する入力手段によって、得意・不得意が必ずあるからである。複数の入力手段を提供し、利用者が自ら入力方法を選べるようにすることで、利用者の習熟状況や得意・不得意に応じた入力を可能とすることができる。

文字入力には誤入力がつきものである。誤入力をする、削除と再入力を必要とするので入りに時間がかかる。誤入力に対して補完することができれば、入力速度の向上や、入力回数の削減につながる。本研究では以上に述べた VR 環境上での文字入力に関する 3 つの課題に対して、フリック入力と指文字認識による文字入力方法を提供し、予測変換機能を組み合わせて統合する方法により解決する。

## 3 提案する文字入力システムの概要

### 3.1 提案するシステムの概要

VR 環境上での文字入力をより簡単なものにするために、本研究では複数の文字入力手法を統合し、予測変換を使って誤入力の補完を行うシステムを提案する。図 1 に本研究のシステムの概念図を示す。本研究のシステムにはスマートフォンのディスプレイ操作を使ったフリック入力 (以下、スマートフォン入力手法) と指文字を使った文字入力 (以下、指文字入力手法) の 2 つの文字入力手法がある。利用者は VR を利用する環境や好みに合わせて手法を切り替え、文字入力を行う。入力された文字は予測変換システムに入力され、予測変換が検索を行い、変換する単語の候補を利用者に提示する。利用者が単語を選択することにより、テキストが更新される。複数の文字入力手法を提供す

ることによって利用者はそれぞれの環境に適した文字入力を行うことができ、予測変換を組み合わせることで文字入力数を減らすことや、誤りや欠損した文字を補うことができる。

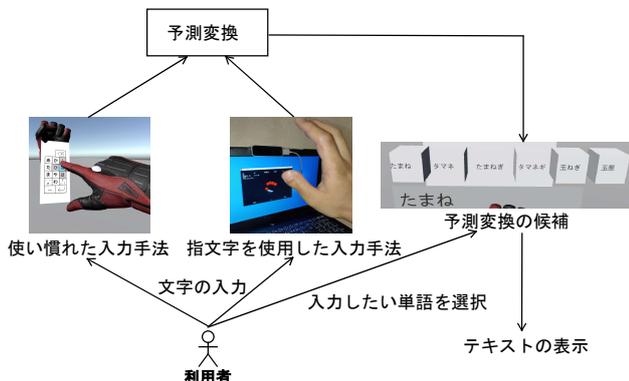


図1 本研究のシステム概念図

### 3.2 複数の入力手法の提案

スマートフォン入力手法では手首に装着したスマートフォンでフリック入力を行う。多くの若者は日本語の文字入力にフリック入力を使用している [3]。現実で慣れ親しまれている入力手法を用いることで、習熟の必要なく文字入力ができる。また、触感を伴わせることで空間把握の克服を試みる。

もう1つの手段として、指文字入力手法を提案する。この手法では手や指で作った形を Leap Motion のカメラで認識させることで文字入力を行うことができる。VR 環境上でのキーボードを使った文字入力と違い、指文字での入力は空間把握をする必要がないメリットがある。このように複数の入力手段を用意することでそれぞれの利用者にとって使いやすいものを利用者自身が選べるようになる。

### 3.3 入力を補う予測変換機能

本実験で使用する入力方法に対して予測変換機能を搭載し、入力の補完をする。予測変換は入力された文字から、利用者が入力したい文字を予測して提供する。文字の予測だけでなく、かな漢字変換機能も予測変換機能に備わっている。予測変換を利用することで文字入力数が減少し、利用者の負担を減らすことができる。

## 4 実装と検証

### 4.1 実装の概要

実験環境には実装する複数のシステムとそれら进行操作するデバイスが存在する。図2に実験環境全体の概念図を示す。スマートフォン入力手法と空中フリック入力手法は1つのアプリケーションから切り替えて実行することができ、Unity で実装する。指文字入力手法は Processing で実装する。ハンドコントローラとスマートフォンはスマートフォン入力手法を行うために用いられ、スマートフォ

ンにはディスプレイ操作を PC と同期するためのアプリケーションが入っている。Leap Motion は空中フリック入力手法と指文字入力手法での手と指の認識に用いられる。HMD は PC に接続されており、映像を出力する。

予測変換モジュールは全ての手法で共通したものを使用する。予測変換およびかな漢字変換の機能は Yahoo! JAPAN が提供するかな漢字変換 API(V2)\*1を用いる。予測変換モジュールは各手法が行った入力文字を受け取り、URL に埋め込み HTTP リクエストを発行することで予測変換辞書の結果を得る。入力中の文字列が更新される度に予測変換を検索しセットし直す。

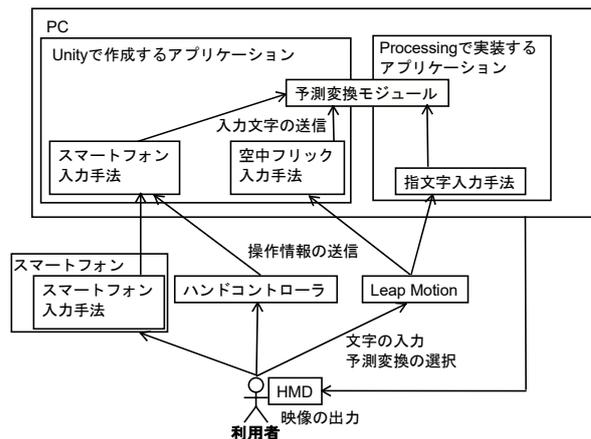


図2 実装するシステムおよび実験環境全体の概念図

### 4.2 スマートフォン入力手法の実装

スマートフォン入力手法には、フリック入力を行うスマートフォン側のアプリケーションと VR 空間を構築する PC 側のアプリケーションがある。図3にシステム概念図を示す。ディスプレイ操作のタッチ状態と座標は Photon Server のインターネット通信を用いて PC と同期され、PC はディスプレイの操作情報から入力文字を決定し、テキストボックスに反映する。両手のハンドコントローラは位置と向きを PC に送り、PC はハンドコントローラがある位置に手の 3D モデルを表示する。

次に利用者が見えている画面を図4に示す。作成したキーボードを手首に取り付けたスマートフォン上で表示し、VR 環境上でも出現させている。キーボードには五十音の入力だけでなく、文字の削除、スペース、改行を行えるようキーを取り付けた。文字を入力すると利用者の前に変換中の文字が表示され、前方に設置した6個のボックスに予測変換候補が表示される。利用者は候補の中から文字を選び、ボックスに触れるとその文字が入力される。また、空中フリック入力手法に切り替える場合はこのキーボードを空中に設置し、Leap Motion の指先をタッチ座標にして操作を行う。

\*1 <https://developer.yahoo.co.jp/webapi/jlp/jim/v2/conversion.html>

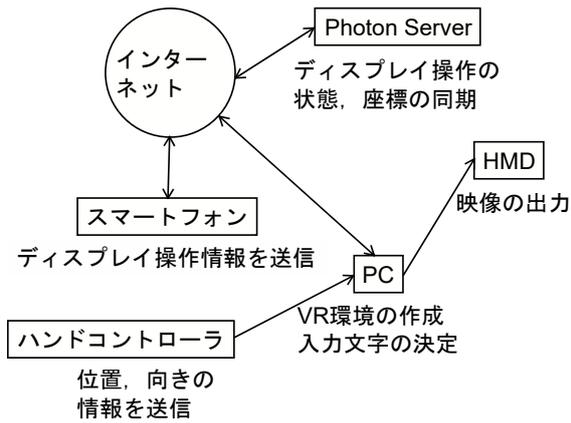


図3 スマートフォン入力手法の概念図



図4 スマートフォン入力手法で利用者が見えている画面

### 4.3 指文字入力手法の実装

指文字入力手法のシステムの概念図を図5に示す。Leap Motion は手の形状を認識して指文字を判定し手と指の位置座標を取得する。Leap Motion の認識情報を元に文字を決定し、ディスプレイに出力する。

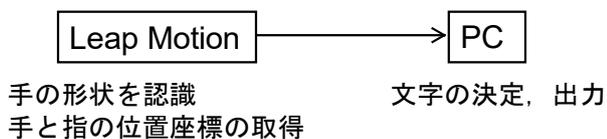


図5 指文字入力手法のシステムの概念図

指文字認識のための条件分岐についての説明をする。指文字の特徴を元に、指が伸びている本数、伸びている指の種類、掌の向き、指の向いている方向、親指と人差し指がくっついているかどうか、という5つのカテゴリに分け、これらを組み合わせてシステムに実装した。

指文字入力で見えている画面を図6に示す。画面中央の5つの球体が指に合わせて、直方体は掌の動きに合わせて動く。球体は指が伸びていなければ白色、伸びていけば赤色に変化する。指文字は3秒毎に1文字の認識を

するように実装している。連続して入力する場合、指文字から指文字への移行中でも指文字を認識してしまい、意図せず入力されてしまうからだ。画面の上から3行目に現在の認識している文字が出現する。3秒立って指文字が入力されると、画面2行目に表示される。画面1行目には予測変換候補が5つ並び、入力したい文字に手を移動することで入力できる。また手を画面下の文字の上に移動させると「ん」、「ん」、「削除」を行うことができる。

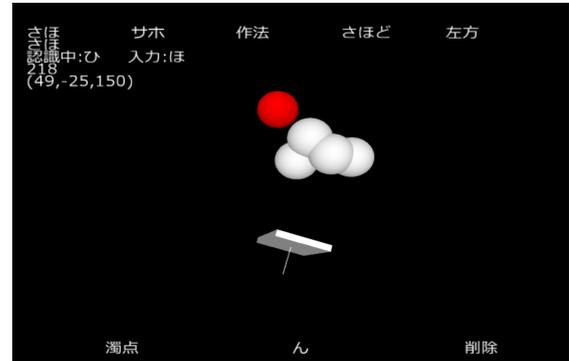


図6 指文字入力手法で利用者が見えている画面

### 4.4 実験内容

本研究では作成した入力手法2つと従来の入力手法2つの合計4つの比較、検証を行う。既存の入力手法の1つ目は福仲らの提案手法を再現した空中フリック入力手法のことである。2つ目はQWERTY配列キーボードとハンドコントローラを使用した入力手法である（以下、QWERTY配列入力手法）。この手法はSteamVRのダッシュボードで利用できるキーボードを使う。SteamVRのキーボードは半角英数字しか入力できないが、ブラウザでGoogle入力ツールを試すことができるページ\*2で日本語を選択し、テキストボックスに入力を行うことでローマ字の入力がひらがなに変換される。

実験では被験者5名に4つの手法を説明後、5分間の練習時間を与える。その後、ランダムに選んだ単語5つを連続して入力する。まず予測変換なしで入力し、入力時間と誤入力回数を計測する。空中フリック入力手法、スマートフォン入力手法、指文字入力手法は予測変換ありの場合でも入力時間と誤入力回数の計測を行う。実験終了後は被験者からそれぞれの手法に対する感想をもらう。

### 4.5 実験結果

本実験の結果の平均を各手法ごとに表1に示す。指文字入力手法は誤入力が多く、計測できなかった。表から誤入力回数の平均が1番多かったのはスマートフォン入力手法である。被験者からは「VRで見えている画面と実際にタッチするものの位置がずれており、正確に入力できなかった」という意見が挙がった。

\*2 <https://www.google.com/inputtools/try/>

表1 各手法の入力時間および誤入力回数の平均

入力方法	入力時間 (s)	誤入力回数
QWERTY 配列入力手法	64	1
空中フリック入力手法	72	2
スマートフォン入力手法	94	7

次に予測変換ありの場合となしの場合の入力時間についての結果のまとめを表2に示す。予測変換は入力時間を短縮させることができるが、空中フリック入力手法では実現できなかった。この手法は予測変換候補が左右に配置されていたことで予測変換が確認しづらくなり、入力速度の低下につながってしまった。

表2 予測変換の有無による入力時間の比較

予測変換	なし (s)	あり (s)
空中フリック入力手法	72	82
スマートフォン入力手法	94	91

指文字の認識に関しては、「う」が「と」と誤認識された。これらの指文字は図7のように違いが手の向きだけで、掌か、手の甲かである。また、「ま」と「ね」は図8のような指文字であり、これらは認識ができなかった。既定の Leap Motion の設置位置は PC の手前だが、本研究では設置位置を正面にずらした。これによりセンサーに手の甲を向けて指先を下に向ける指文字は、本来の設置位置の PC 側から手首が認識されるので、正しく指文字を認識することができなかったと考える。



図7 指文字「う」と「と」 図8 指文字「ま」と「ね」

被験者に好みの入力手法を選択してもらったところ、QWERTY 配列入力手法が1名、空中フリック入力が2名、スマートフォン入力手法が2名とばらつきが出る結果となった。

## 5 考察

実験の結果、スマートフォン入力手法はキーボードの位置が VR 上で見えているものと現実にあるものがずれてしまい、従来手法よりも誤入力が多くなった。原因は、キーボードの投影をハンドコントローラの位置から参考にして行っていたからである。加えて、ハンドコントローラは指が握っているか離れているかの判断しかできないので指先の正確な位置が分からず、3D モデルと現実の指先にもずれがあった。この問題を解決するには、トラッキングできる VR デバイスをスマートフォンに密着させる必要がある。一方で、触感があることによって指の動きが制御さ

れ、空中フリック入力手法と比べて指の前後移動が減って負担が少なくなる利点は得られた。空中フリック入力手法はキーボードを大きくしたことにより誤入力は少なくなったが、キーを選ぶ際に手を大きく移動させる必要があったことや、左右に配置した予測変換が確認しにくかったことが入力速度の低下の原因である。

指文字入力手法では誤認識が多かった。この問題に対して、似ている指文字同士をあらかじめピックアップしておく、認識した指文字と誤認識しやすい指文字を同時に候補として挙げ、選択できるようにすることで改善する。

スマートフォン入力手法は誤入力が最も多かったが、2名の被験者はこの手法を最も使いやすい手法に選んだ。被験者は普段からスマートフォンでフリック入力を行う機会が多く、触感があることで普段の入力に操作感が近かったことや、文字の削除が素早く行えたので誤入力を修正する操作が速かったことが要因である。

複数の文字入力手法を統合し、予測変換を組み合わせるための入力補助を行うシステムは実装できた。より良いシステムにするためには、それぞれの手法で誤入力が起こる原因を解決すること、誤入力を予測して修正案を提示できる予測変換モジュールの実装をすることが必要である。

## 6 おわりに

本研究では使い慣れたフリック入力と Leap Motion を使用した指文字入力を統合し、利用者の環境や得意・不得意に合わせて手法を切り替えられるシステムを提案した。実験の結果、QWERTY 配列入力手法が平均入力時間が1番早い結果となった。しかし、好みの入力手法にはばらつきが出た。利用者の好みやおかれている状況によって使いたい文字入力方法は異なる。本研究で提案した手法以外にも従来手法や異なる文字入力システムを統合し、利用環境に適した手法を切り替えて使えるようになればより多くの利用者にとって使いやすい文字入力システムを提供できる。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 河原 圭佑, 鈴木 健嗣, “装着型機器を用いた指文字の音声翻訳による対話コミュニケーション支援”, 第77回全国大会講演論文集, Vol. 2015, No. 1, pp.619-620, 2015.
- [3] 長澤 直子, “大学生のスマートフォンと PC での文字入力方法-若者が PC よりもスマートフォンを好んで使用する理由の-考察-”, コンピュータ&エデュケーション, Vol. 43, pp. 67-72, 2017.