



VRにおけるハンドトラッキングを用いた 日本語入力手法の検討

Japanese Input Method using Hand Tracking in Virtual Reality

大石真佐貴¹⁾, 物部寛太郎²⁾

Masaki OHISHI and Kantaro MONOBE

- 1) 東北学院大学大学院 電子工学専攻 (〒 985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1, s2194301@g.tohoku-gakuin.ac.jp)
2) 東北学院大学 工学部 情報基盤工学科 (〒 985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1, monobe@mail.tohoku-gakuin.ac.jp)

概要: 近年, OculusQuest2 のようにハンドトラッキング機能を標準搭載するものや, LeapMotion などのハンドトラッキングセンサーによって, VR 空間に手を表示する手法が確立してきている. 今後もハンドトラッキングで操作するアプリケーションは増えてくると予想する. しかし, 現在 VR におけるハンドトラッキングを用いた文字入力手法の速度や精度は高いとは言えない. そこで, 本研究では, 仮想キーボードを入力する際, 接触判定だけではなく, 指を曲げる動作を組み合わせることで, 手の疲労の軽減, 速度や精度の向上を目指す.

キーワード: ユーザインタフェース, ハンドトラッキング, 日本語入力手法

1. はじめに

近年, OculusQuest2 のようにハンドトラッキング機能を標準搭載するものや, LeapMotion などのハンドトラッキングセンサーを HMD(Head Mounted Display) と組み合わせることによって, VR(Virtual Reality) 空間に自分の手を表示する手法が確立してきている. 今後もハンドトラッキングで操作するアプリケーションは増えてくると予想する.

現在, VR(Virtual Reality) における文字入力は, 仮想空間上に QWERTY 配列の仮想キーボードを表示してコントローラーでポインターを動かすことで, キーを一個ずつ選択して入力するものが多く使われている.

しかしながら, ハンドトラッキングで操作するアプリケーションにおいて, 文字を入力するためだけにコントローラーやキーボードを用意するのは合理的ではない. したがって, ハンドトラッキングを利用した高速で精度の高い文字入力手法を探求する必要がある.

2. 関連研究

2.1 ハンドトラッキングを用いた文字入力に関する研究

喜多ら [1] は, VR 空間上に QWERTY キーボードとフリックキーボードを実装し, 入力速度, 精度, 操作感に関する評価実験を行った. その結果, QWERTY キーボードの方が良い結果が得た. また, どちらのキーボードにも視覚的・聴覚的なフィードバックを実装していなかったことが, フリックキーボードが QWERTY キーボードに大きく劣る結果となった可能性があると考えしている.

福仲ら [2] は, フリック入力インタフェースに視覚的フィードバックを付与することで, 操作性の良いインタフェース

にすることを目標として研究をおこなった. 視覚的フィードバックはキーの押し込み表現, 選択しているキーの色の变化, キーの展開による入力の補助の 3つを付与している. 実験では作成したインタフェースを使用して, コントローラーで QWERTY 配列のキーボードを選択する手法と比較したが, 同等以上の速度で入力できたが, 誤入力の頻度が非常に高い結果となった. また, 視覚的フィードバックを取り除いたインタフェースを利用した実験では, 視覚的フィードバックによる効果は不明だが, 入力の補助や誤入力の軽減に効果があると推測される結果を得た.

川口ら [3] は掌の上にフリックキーボードを表示し, 他方の手指を用いて操作することによって, 現実と同じように触覚フィードバックを得て文字入力ができるシステムを開発した. 実験では触覚フィードバックの有無で比較を行い, 触覚フィードバックがないほうが, 優れた結果となった. 原因としては, 掌の上でフリック入力を行うと誤認識が多いという結果を得た.

2.2 本研究の位置づけ

本研究では, 先行研究であげられていた『手が疲れる』, 『誤入力が多い』といった問題点を解決するために, フリック入力時に接触判定に加えて親指を曲げる動作を組み合わせることで, フリック入力時の手前に引く動作をなくし, 手の疲労を軽減することや, 速度や精度の向上を目指す.

3. システムの開発

本研究では, VR 空間上にフリックキーボードを表示させて, 人差し指の接触でキーを選択し親指を曲げることで子音キーを展開し, 親指を伸ばすことで人差し指で選択し



図 1: LeapMotion を装着した OculusRiftS

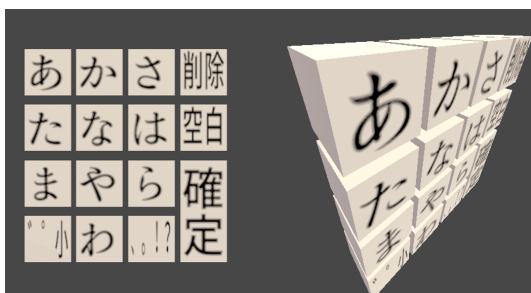


図 2: キー配列

ている文字を入力するシステムを開発した。

3.1 開発環境

デバイスは、OculusRiftS の前面に LeapMotion を装着したものを使用した (図 1)。ソフトウェアは Unity(2019.4.28f1) で開発を行った。LeapMotion の制御には、LeapMotionUnityModules4.8.0 を使用した。また、OculusRiftS の制御のために OculusIntegration v29 を使用した。

3.2 フリックキーボードの実装

今回作成したキーボードを図 2 に示す。キーの配列はスマートフォンなどで使われているフリック配列をもとに作成した。キーの作成には Unity 標準の 3D オブジェクトである Cube を使用している。今回は接触判定を利用して入力するので、接触しやすいように平面ではなく一辺 5cm の立方体にして、キーの間隔は 1cm にした。フリックキーボードは HMD から 35cm 先に表示し、HMD の向きに追従して動くようにした。そうすることで、常に一定の距離で文字を入力することができる。

3.3 入力方法

3.3.1 従来手法のキー入力手順

従来手法では、人差し指の接触判定を用いて文字入力をする。入力の流れを図 3 に示す。例えば『れ』を入力する手順は、以下の通りである。

1. 表示されているフリックキーボードから『ら』を右手の人差し指で触れる。
2. 『ら』のキーから上下左右に『り～ろ』のキーが展開される。

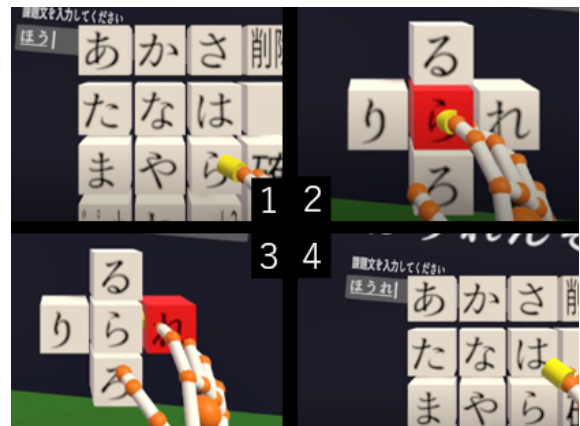


図 3: 従来手法入力手順



図 4: 提案手法入力手順

3. 『れ』がある右方向に指を平行移動させる。
4. キーから指を手前に離すことにより、『れ』が入力される。

3.3.2 提案手法のキー入力手順

提案手法では、人差し指の接触判定と親指の曲げ伸ばしを用いて文字入力をする。入力の流れを図 4 に示す。例えば『れ』を入力する手順は、以下の通りである。

1. 表示されているフリックキーボードから『ら』を、右手の人差し指で触れながら、親指を曲げる。
2. 『ら』のキーから上下左右に『り～ろ』のキーが展開される。
3. 『れ』がある左方向に親指を曲げながら、人差し指を平行移動させる。
4. 親指を伸ばすことにより、『れ』が入力される。

3.3.3 濁点や半濁点、小文字などの変換

濁点や半濁点、小文字の変換は、フリックキーボードの左下の『° 小』キーを入力することによって、直前に入力した文字が変換される。例えば、直前の文字が『は』だった場合は、『ば』が変換され、『ぼ』だった場合は、『ぼ』のように。清音から濁点、濁点から半濁点、半濁点から小文字、小文字から清音のように変換される。



図 5: システムの外観

3.3.4 文字の削除

フリックキーボードの右上の『削除』キーを入力することによって、直前に入力した文字が削除される。また、手の負担軽減のために接触して一定時間たつと連続で削除されるようにした。

3.3.5 空白

右上にある『空白』キーを入力することで、全角空白を入力することができる。未確定状態の文字があるときは無効になる。

3.3.6 確定

最初は入力した文字は下線がひかれており、濁点などの変換が可能な未確定状態である。右下にある『確定』キーを入力することで、下線がなくなり確定状態となる。

4. 実験

4.1 実験目的

提案手法と従来手法を使用して入力の比較を行い、提案手法が VR でのフリックキーボードを用いた文字入力において、有用であるかを判断する。

4.2 実験環境

室内において、被験者は椅子に着席させた状態で実験を行った。デバイスには、OculusRiftS に LeapMotion を装着したものをを使用した。練習時間中、実験者は説明のために、HMD に表示されている映像をモニターで確認しながら、被験者に説明を行った。HMD の映像を表示するには、OculusRift 開発者向けアプリケーションである OculusMirror を使用した。

4.3 実験条件

20 代の大学生 8 人を対象に実験を行った。参加者全員が右利きであり、5 人は普段からフリック入力を使用しており、3 人はまったく利用していない。VR コンテンツの経験については、5 人が経験があり、3 人は経験がない。実験に使用したシステムの外観を図 5 に示す。入力欄と入力課題は正面のパネルに表示している。

4.4 実験手順

実験は提案手法と従来手法で同じ課題文を入力してもらい、その入力時間と正誤率を計測した。各手法計測の前に 5 分間の練習時間を設けた。また参加者には入力の際にはできるだけ早く入力するように指示した。その後、入力速度や正誤率を計測して比較し、5 段階評価や自由記述のアンケート調査を行う。実験の課題文については、喜多ら [1] が使用していたものを使用する。

1. ほうれんそう
2. とうもろこし
3. あすばらがす
4. ばいナップる
5. きょうは、いいてんきだ

4.5 評価単位の定義

実験結果を評価するにあたり入力時間を 1 分間に入力した文字数と定義し、単位は CPM (Characters per Minute) とする。また、1 文字あたりの削除回数の割合を正誤率とする。CPM と正誤率の式を以下に示す。

$$\frac{(\text{入力した文字数}) - (\text{削除回数})}{\text{入力時間 (秒)}} \times 60(\text{秒}) = \text{入力速度 (CPM)} \quad (1)$$

$$\frac{(\text{入力した文字数}) - (\text{削除回数})}{\text{入力した文字数}} = \text{正誤率} \quad (2)$$

入力した文字数はひらがな 1 文字で 1 カウントとする。

4.6 実験結果

4.6.1 入力速度と正誤率の実験結果

被験者 8 人の従来手法と提案手法の単語ごとの CPM の平均、正誤率の平均を図 6、図 7 に示す。CPM の平均は、従来手法では 13.6CPM、提案手法では 6.2CPM と、従来手法のほうが 2 倍以上早い結果となった。正誤率の平均は、従来手法では 83%、提案手法では 64% となり、従来手法のほうが正確に入力できるという結果になった。

4.6.2 アンケート結果

五段階評価のアンケート結果は『すぐに理解できましたか?』という質問については、従来手法のほうが 0.5 ポイント高い結果となった。『操作性はよかったですか?』という質問については、従来手法のほうが 1.0 ポイント高い結果となった。『腕などに疲労を感じませんでしたか?』という質問については、2 ポイントという結果となり、腕に疲労を感じた人が多かった。

『どのキーの入力が難しいと感じましたか?』という質問では、図 8 に示すように『あ』と『° 小』キーなどが多くあがった。

5. 考察

実験では、入力速度 (CPM)、正誤率ともに提案手法が従来手法を下回る結果となり、アンケートでも操作性については提案手法のほうが低い結果となった。

このような結果となった原因としては、記述式アンケートより『親指を動かすときに、人差し指が動く』や『親指

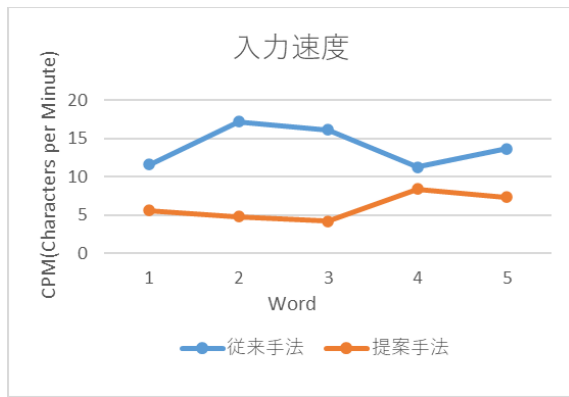


図 6: 単語ごとの各手法の CPM

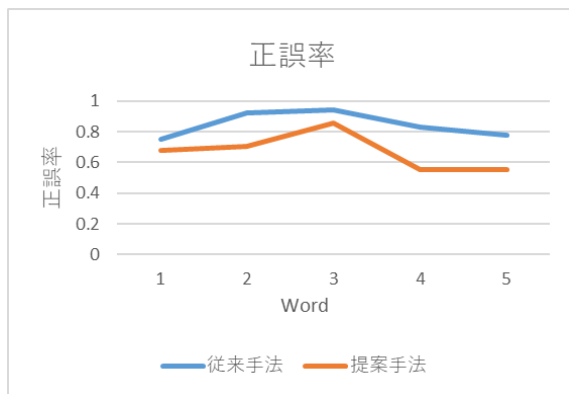


図 7: 単語ごとの各手法の正誤率

の負担が重い』などの意見があり、トラッキングの精度の問題や特定の指を酷使しすぎてしまうことや、後述する『あ』キーなどの誤入力が多いことなどが原因だと思われる。よって、今回のように人差し指を接触判定として、キーを選択する場合は、親指を曲げてしまうと人差し指がつかれて動き別のキーと接触してしまうことなどから、誤入力を引き起こしてしまうということがわかった。

また、疲労感に関しては、手を肩より上にあげて入力しなくてはいけないので、手の手前方向への移動量が減ったところでは大きな改善はみられなかった。手を肩より上にあげなければいけない理由としては、LeapMotion を HMD に装着していることと、センサーのトラッキング範囲があまり広くないので、キーボードの位置が高めになってしまったことが原因だと考えられる。

次に、「どのキーの入力が難しいと感じましたか?」という質問では『あ』と『° 小』キーなどが多くあがった。このような結果になった理由としては、フリックキーボードは HMD の向きに追従しているためキーの距離が手から一定になった代わりに、人によっては右手から一番遠い距離にある『あ』や『° 小』キーなどの操作が難しくなってしまったことや、LeapMotion のトラッキング範囲の端になってしまったので、入力するときに手がトラッキングの範囲から漏れてしまったことが、誤入力の原因になってしまったと考える。

表 1: 五段階評価のアンケート結果

No.	アンケート内容	5段階評価
1	従来手法はすぐに理解できましたか?	4.9
2	提案手法はすぐに理解できましたか?	4.4
3	従来手法の操作性はよかったですか?	4.4
4	提案手法の操作性はよかったですか?	3.4
5	腕などに疲労を感じませんでしたか?	2

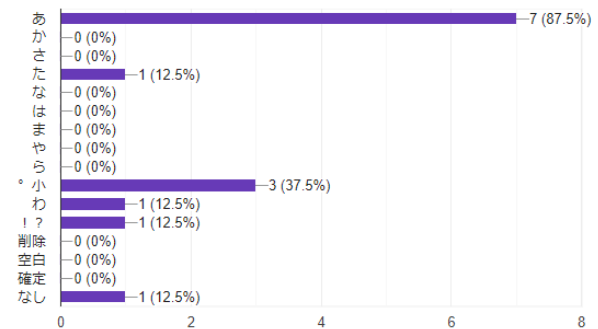


図 8: どのキーの入力が難しいと感じましたか?

6. まとめ

本研究では、VR 上でのフリックキーボードを用いた日本語入力の速度や正確性の向上や疲労の軽減を目指すために、提案手法として入力時に接触判定に加えて、親指の曲げ伸ばしの動作を加えることで、奥行方向の移動量を減らすシステムを作成し、従来手法として手前に引く動作で入力を行う手法との入力速度、正誤率、操作性などのアンケート調査などの比較実験を行った。

結果としては、提案手法より従来手法のほうが、早く正確に入力できることがわかった。また、疲労感についても改善はみられなかった。

今後は入力しやすく疲れにくい位置のキーボードの配列や表示方法を探求するために、LeapMotion の位置を首元にすることやキーボードの大きさや角度、位置、配列の比較実験を行うことで、誰でも早く、正確に入力できるハンドトラッキングを用いた日本語入力手法の実現を目指す。

参考文献

- [1] 喜多修太郎, 小倉加奈代, Bista Bhed Bahadur, 高田豊雄: LeapMotion を用いた VR 上での文字入力手法の検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-HCI-181, No. 21, pp. 1-8, 2019.
- [2] 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.
- [3] 川口航平, 磯本俊弥, 志築文太郎, 高橋伸: VR 向けの掌上における日本語フリック入力手法の提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019, 2019.