



VR におけるピンチ動作を用いた フリック入力手法に関する研究

Research on Flick Input Method with Pinch Motion in VR

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, Meta Quest 2 のようにハンドトラッキング機能を搭載した HMD(Head Mounted Display) により, VR 空間に自分の手を表示する手法が確立してきている. しかし, 現状では, VR におけるハンドトラッキングを用いた文字入力の手速や精度は高いとは言えない. そこで, 本研究では, スマートフォンなどと同様にテンキー配列を用いて, ハンドトラッキングにピンチ動作を組み合わせることで, 手の疲労を軽減すると共に, 速度や精度の向上を目指す.

キーワード: ハンドトラッキング, 日本語入力, フリック入力, ピンチ動作

1. はじめに

世界の AR/VR 市場において, 2020 年度は, 約 32 億ドルの売上高と拡大傾向であり, AR/VR ハードウェア出荷台数も 1900 万台と一般に普及してきており, 今後もより成長していく市場になる予想されている [1].

その中でも特に, Meta Quest2(旧 Oculus Quest2)[2] の普及が顕著であり, ゲームプラットフォーム最大手の Steam[3] においても, 2022 年 6 月のユーザーが使用した HMD の割合調査 [4] では, Meta Quest2 が 49.2% と, 2 位の Valve Index HMD の 15.57%, 3 位の Oculus Rift S の 10.60% と比べても, 普及していることがわかる.

このように最も普及している Meta Quest2 は, ハンドトラッキング機能に力を入れており, 外部センサーに頼ることなく, 単体でハンドトラッキング機能を内蔵している. 現在もアップデートにより, 機能の向上が行われており, 2022 年 5 月 28 日には, Oculus Store でもハンドトラッキング対応のサードパーティ製ソフトの受け入れを開始した. これにより, 公式アプリ以外でもハンドトラッキングが利用できるようになり, 今後, VR における操作方法の一つとして, さらに利用されていくことが予想される.

2. 関連研究

2.1 Meta Quest2 におけるハンドトラッキングを用いた文字入力

Meta Quest2 における, ハンドトラッキング機能はアップデートにより段階的に進化しており, 2019 年 9 月 25 日に Oculus 開発者向けカンファレンス Oculus Connect 6 において, Oculus Quest 向けに他の外付けデバイスを必要としない, VR 空間に自分の手を表示するジェスチャーコント

ロール(ハンドトラッキング)機能の搭載が発表された [5]. その後, 2019 年 12 月 10 日のアップデート Ver.12 において, テスト版として実装されたが, 認識精度が低いことが課題となっていた. しかし, 2022 年 4 月 19 日の大型アップデート Hand Tracking Ver2.0 により, 高速に動く手の動きの認識や, 特定のジェスチャーを使用した際の信頼性が向上した. その後, 2022 年 5 月 28 日にハンドトラッキング機能が正式リリースされ, Oculus Store にてハンドトラッキング対応サードパーティ製ソフトの受け入れを開始した [6].

このように, VR におけるハンドトラッキングは徐々に普及しており, Meta Quest2 のホーム画面や一部の公式アプリでは, ハンドトラッキングでカーソルを動かして QWERTY 配列や 50 音かな配列のキーボードを親指と人差し指の先を接触させるピンチ動作で選択することで文字を入力することができる. その入力の様子を図 1 に示す.



図 1: Quest2 におけるハンドトラッキングの文字入力

2.2 透過型 HMD におけるフリック入力の検討

大岡ら [7] は、透過型 HMD(HoloLens) において、フリック入力でひらがなを入力し、変換候補の選択に、空中に円を描くダイヤルジェスチャ入力を利用した文字入力を提案した。実験の結果、CPM(Character Per Minutes)26.5, WPM(Word Per Minutes)10.6, 総エラー率は 5.3%, SUS スコアは 70.0 (補正後 74.5) を達成した。

2.3 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

福仲 [8] らは、VRHMD(HTC Vive に LeapMotion を付けたもの) において、フリック入力インターフェースに視覚的フィードバックとキーの押し込みを付与することで、操作性の良いインターフェースにすることを旨とし、研究を行った。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。

2.4 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

小澤 [9] らは、LeapMotion と 23 インチ液晶ディスプレイを用いて、VR 環境向けに『つまむ』動作を利用して、空中で手指を動作させて文字を入力する手法を提案した。

結果としては、通常のスマートフォンと同じような指を手前にひくような確定方法と比べ、『つまみ』動作を利用した方が高速に入力ができ、エラー率も優れている可能性が示唆された。また、キーの大きさについては、60 ないし 90pixel, キーの間隔については、40 ないし 80pixel であれば適切であると判断していた。

2.5 本研究の位置づけ

Meta Quest2 のハンドトラッキングを用いた標準の入力手法では、小さなキーの選択が難しく、文字入力の手速や精度は高くない。そこで、本研究では、日本語入力において多く使われているスマートフォンなどと同様のテンキー配列を用いて、ピンチ動作を組み合わせることで、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

3.1 開発環境

VR ヘッドセットは、Meta Quest2[2] を利用し、Unity Technologies が提供しているゲームエンジンである Unity[10] で Oculus Integration SDK v35[11] を使用した。

3.2 システムの概要

本研究では、VR 空間上にテンキー配列キーボードを表示し、それを直接手で触れ、ピンチ動作を利用してフリック入力して文字を入力するシステムを開発した。今回作成したキーボードの大きさと位置を図 2 に示す。キーの配列はスマートフォンにおける日本語入力が多く使われているテンキー配列を元に作成した。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。キーは一辺 4cm の立方体であり、キーの間隔は 1cm とした。フリックキーボードは HMD に追尾しており HMD の位置より、フ

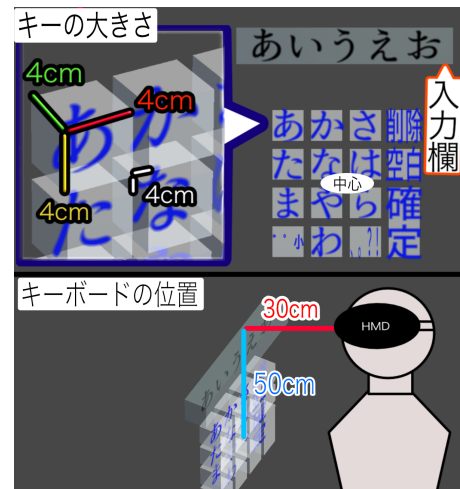


図 2: VR フリックキーボードの大きさと位置

リックキーボードの中心を基準として、正面方向に 30cm, 真下方向に 50cm に位置する。

3.3 入力方法

3.3.1 フリック入力手順

スマートフォンなどで用いられているフリック入力手法では、確定時に指を画面から離す動作を行うことによって、フリック動作を行う。しかしながら、VR 空間では、画面などの物理的フィードバックを活用することができないので、親指と人差し指を合わせるピンチ動作を活用することで、文字入力を行う。その入力の流れを図 3 に示す。例えば『お』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『あ』のキーに人差し指の先が接触するようにする。
2. 『あ』のキーに指を接触させたまま、親指と人差し指を接触させるピンチ動作をする。
3. ピンチ状態を維持したまま、『お』のキーの方に指を移動させる。
4. ピンチ状態を解除することにより、入力欄に『お』が入力される。

3.3.2 濁点や半濁点、小文字などの変換

濁点、半濁点、小文字などの変換は、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。また、左にフリックすることで濁点、上にフリックすることで半濁点といった用に入力することもできる。

3.3.3 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。

3.3.4 空白

フリックキーボードの右にある『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。

3.3.5 確定

フリックキーボードの右下にある『確定』キーを入力することで確定する。

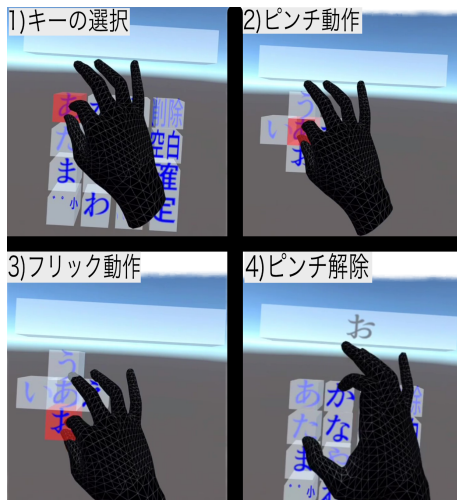


図 3: VR フリックキーボードにおける入力手順

4. 実験

4.1 実験方法

本研究では、被験者 8 人を対象にテンキー配列とフリック入力を用いたハンドトラッキングでの文字入力手法を提案手法 (図 3) として、Meta Quest2 の 50 音かな配列を用いたハンドトラッキングでの標準文字入力手法を既存手法 (図 1) として、比較実験とアンケート調査、ユーザビリティ調査を行った。提案手法、既存手法とも、約 10 分ほど操作方法を確認する時間を設けている。

提案手法と既存手法で比較するにあたり、順番による差がでないように、4 人は提案手法で先に文字入力した後、既存手法で文字入力をした。残りはその逆といった形で、順番を入れ替えて行った。参加者のうち、右利きが 7 人、両利きが 1 人であり、全員、普段からフリック入力を利用していると回答していた。また、VR コンテンツの経験については、7 人が経験があり、1 人がまったく経験がないと回答していた。

文字入力の評価実験については、提案手法、既存手法ともに同様のひらがなの単語課題を入力してもらい、速度、精度の計測を行い、入力手法のわかりやすさ、疲労度、操作性についての 5 段階のアンケート調査を実施した。その後、提案手法におけるユーザビリティ調査を行う。課題文は大岡ら [7] と同じものを利用し、『たんさん』『すべしゃる』『えいかいわ』『おりょうり』『でんき』『ろうどう』『こたつ』『だっしゅつ』のひらがなの 8 単語を用いた。

4.2 実験結果

4.2.1 入力速度

提案手法と既存手法の文字入力速度を評価するにあたり、1 分間に入力したひらがな 1 文字で 1 カウントとする。CPM (Characters Per Minute) の式を以下のように定義する。

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

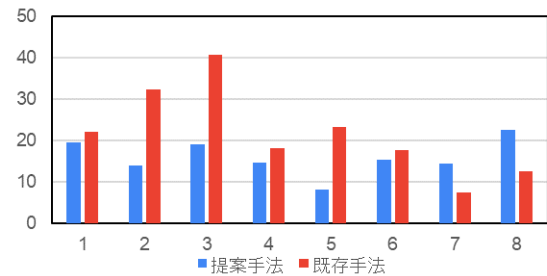


図 4: 入力速度 (CPM) の結果

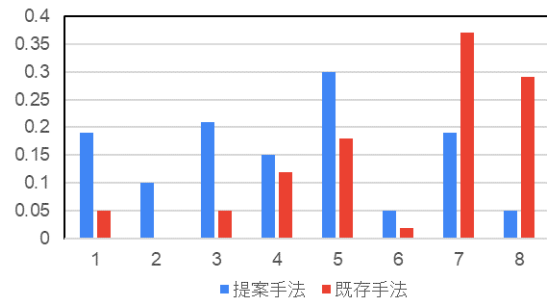


図 5: エラー率の結果

図 5 に実験結果を示す。入力速度は、提案手法では、平均 16CPM、既存手法では、平均 22CPM となり、平均で見ると、既存手法の方が多く入力できていた。

4.2.2 エラー率

エラー率の式を以下のように定義する。

$$1 - \frac{(\text{入力した文字数}) - (\text{削除回数})}{\text{入力した文字数}} = \text{エラー率} \quad (2)$$

図 6 に実験結果を示す。エラー率は、提案手法では、平均 15%、既存手法では、平均 12%と平均で見ると既存手法の方がエラー率が少なかった。

4.2.3 アンケート調査

提案手法、既存手法双方に、理解度、疲労度、操作性の 3 点の 5 段階評価アンケート、「どちらを VR での文字入力に使用したいか」の 2 択のアンケートについての調査を行った。

まず、5 段階評価のアンケートを提案手法と既存手法のそれぞれで実施することで、比較を行った。アンケート項目を以下に示す。

1. すぐに理解できましたか？
2. どの程度疲れましたか？
3. 操作性はどう思いましたか？

図 7 にアンケート結果を示す。アンケートの結果、提案手法は既存手法と比較し、システムの明快さ、疲労度、操作性においては、同程度の評価であったが、いずれも提案手法の方が良い評価を得られた。

「どちらのシステムを VR での文字入力に使用したいですか？」という質問については、提案手法と答えた人が 6 人、従来手法と答えた人が 2 人と提案手法の方が多かった結果となった。

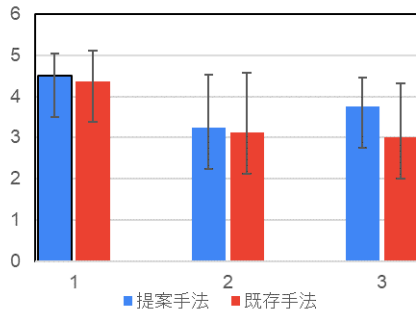


図 6: アンケート調査の結果

質問	全くそう 思わない	あまりそう 思わない	どちら でもない	まあ そう思う	とても そう思う
使いたい	1	1	2	2	1
不必要なほど複雑	3	5	0	0	0
使うのが簡単だとおも	0	2	1	3	2
一貫性のないところがある	4	4	0	0	0
うまく統合されている	0	0	3	4	1
使うことができる人は限られる	1	5	0	1	1
すぐに使えるようになる	0	0	1	4	3
とても使いにくい	2	4	1	1	0
使うのに自信がある	0	0	1	4	3
多くのことを学ぶ必要がある	5	1	0	1	1

図 7: ユーザビリティ調査の結果

4.2.4 ユーザビリティ調査

ユーザビリティの評価をするために、SUS(System Usability Scale)を用いた。SUSとは、5段階評価の質問を交互に繰り返し、合計10問の質問の結果をスコア化して評価する手法である。SUSによるアンケートの結果を図8に示す。SUSのスコアは以下の式によって導かれる。SUSスコアのグレードは、80.3以上であればA、60以上80.3未満であればB、68であればC、51以上68未満であればD、51未満であればE、に割り振られる。

$$SUS = 2.5 \times \left\{ \sum_{k=1}^5 (\alpha_{2k-1} - 1) + \sum_{k=1}^5 (5 - \alpha_{2k}) \right\} \quad (3)$$

提案手法のSUSスコアを計算した結果、73.4となり、これにより60以上80.3未満のグレードBになり、ある程度の評価は得られたと考える。

5. 考察

入力速度やエラー率は、既存手法の方が平均的には優れていたが、被験者2, 3においては、既存手法のCPMが他と比べて非常に高く、被験者7, 8においては、既存手法のCPMが他と比べて非常に低かったことから、個人の得意不得意が強く現れている結果となった。アンケート調査においては、システムの明快さ、疲労度、操作性においては、提案手法は既存手法よりも良い評価であることが分かった。ユーザビリティ調査においては、『普段からフリック入力を使用しているため、直感的に扱いやすく、慣れるのが早かった』『スマホと似たような感じなので、直感的に分かりやすかった』などの回答が多く、SUSスコアは、73.4と、入力手法としてある程度の評価を受けた。

6. まとめ

今回、VRにおけるハンドトラッキングでの文字入力の比較実験として、フリック入力とピンチ動作を用いた手法を提案手法として、Meta Quest2におけるハンドトラッキングの標準入力手法を既存手法として比較実験を行った。

結果としては、入力速度、エラー率、システムの明快さ、疲労度、操作性においても、既存のシステムとほぼ同等の評価を受けた。ユーザビリティ調査では、SUSスコア68と、平均以上の評価を受け良いインターフェースとしての評価を受けた。

今後は、よりキーの移動や大きさの調整などを行うことで、誰もが使いやすいインターフェースの開発を目指す。

参考文献

- [1] 総務省: ICT 分野の主要製品・サービスの市場規模, 令和3年 情報通信白書, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd105210.html> (入手 2022.7.21)
- [2] Meta Platforms Inc: Meta Quest2 概要, 技術仕様, <https://store.facebook.com/jp/quest/products/quest-2/> (入手 2022.7.21)
- [3] Valve Corporation: Steam とは, <https://store.steampowered.com/about/> (入手 2022.7.21)
- [4] Valve Corporation: VR ヘッドセット利用率, Steam ハードウェア&ソフトウェア 調査: June 2022, <https://store.steampowered.com/hwsurvey/> (入手 2022.7.21)
- [5] Meta Platforms Inc: OculusQuest でのハンドトラッキングの紹介, Oculus ブログ, <https://www.oculus.com/blog/introducing-hand-tracking-on-oculus-quest-bringing-your-real-hands-into-vr/> (入手 2022.7.21)
- [6] Meta Platforms Inc: VR の5年史 OculusRift から Quest2 までの節目を振り返る, Oculus ブログ, https://www.oculus.com/blog/five-years-of-vr-a-look-at-the-greatest-moments-from-oculus-rift-to-quest-2/?locale=ja_JP (入手 2022.7.21)
- [7] 大岡 湧汰, 入江 英嗣, 坂井 修一: 透過型HMDにおけるフリック入力の検討, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2092 論文集, pp. 1-2, 2020.
- [8] 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.
- [9] 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, 第14回情報科学技術フォーラム, 第3分冊, p.389-390, 2015.
- [10] Unity Technologies: Unity, <https://unity.com/ja> (入手 2022.7.15)
- [11] Meta Platforms Inc: Oculus Release Notes, <https://developer.oculus.com/downloads/package/unity-integration/35.0> (入手 2022.7.15)