

# VRコントローラを用いた 寝ながら快適に文字入力が行える手法の提案

阿部 広河<sup>1,a)</sup> 真鍋 宏幸<sup>1,b)</sup>

**概要:** VR コンテンツが普及するにつれ、VR 空間に長時間滞在するヘビーユーザーも増えてきている。その中で、楽な姿勢で VR コンテンツを楽しみたいと考え、座った姿勢や寝た姿勢で VRHMD を使用したいという要求も高まっている。VR コンテンツでは文字入力を行う機会があるが、既存の文字入力手法は寝ながらの使用を想定していない。そのため、本稿では寝た姿勢でも快適に使用できる文字入力手法として、2つのコントローラのスティック入力を用いた文字入力手法を提案する。さらに、既存手法と提案手法について寝ながらを含む3つの姿勢で評価を行った。結果として、提案手法は性能や使用時の快適さが優れているとは言えなかった。しかし実験を通して、寝ながら文字入力を行うにあたっての既存手法の性能や問題、性質などについての知見を得ることができた。

## 1. はじめに

ソーシャル VR プラットフォームは、人と人のコミュニケーションを目的とした VR コンテンツの1つであり、リラックスするために座ったり寝た姿勢でコミュニケーションを楽しむ場合がある。最近では、寝ながらの使用を前提とした VR 用ヘッドマウントディスプレイ (HMD)<sup>\*1</sup>の開発も行われており、寝ている姿勢での VRHMD 使用が目目されてきている。寝ている姿勢での VRHMD 使用に関する技術は、障がい等で寝たきりの生活を送る人が快適に VR コンテンツに触れることが可能になるなど、介護や医療の面でも応用も期待されている。

VR コンテンツを楽しむにあたって、文字入力を必要とする場面が存在するが、VR 環境におけるキーボード入力にはいくつかの課題があり、音声入力はパスワードやサイトの URL などの入力には適さない。現在、バーチャルリアリティ (VR) 用コンテンツにおいて一般的に用いられている文字入力手法は、QWERTY 配列のソフトウェアキーボードを用いた Controller Pointing 法 (CP 法) である。これは、コントローラの正面方向から射出されるレイをボタンに当て、コントローラのボタンを押すことで、文字を入力する手法である。しかし、コントローラの把持には多くの指を必要とするため、QWERTY 配列の物理キーボードなどで使用できる、複数の指によるタイピングのような

動作が VR 空間上では難しい。また、寝た姿勢ではコントローラの可動範囲が制限されることから、比較的大きな動きを伴うこの手法を寝ながら使用することが難しいと考えられる。他にも、物理キーボードを VRHMD に接続し使用するという方法も存在するが、物理キーボードを置くスペースが必要になってしまう上、文字を入力する必要がある際に、コントローラを手放してキーボードに触る必要があるのは手間である。

寝た姿勢での文字入力は、ユーザの動きが制限された中で行われることになる。そのため、実用的で快適な寝ながら文字入力手法が存在すれば、VR コンテンツを体験するためだけでなく、カプセルホテルのような狭小な環境や、ベッドの上で寝ているような状況でもプログラミングや文章執筆の作業ができるようになることが期待される。しかし著者が知る限り、VR 用文字入力手法の既存研究の中で、寝ながらのパフォーマンスや快適さについて調査、実験を行っているものは存在しない。そこで、以下で紹介する4つの既存手法と、提案する1つの手法を用いた、立ちながらでの入力、座りながらでの入力、寝ながらでの入力、パフォーマンスや快適さにどれほどの差が表れるかを計測する実験を行った。

## 2. 関連研究

### 2.1 QWERTY キー配列を用いた手法

Speicher らは、VR 空間上での文字入力手法の性能調査を行った [1]。コントローラを使う手法を3つ、HMD の視線を使った手法を1つ、ハンドトラッキングによる手法の

<sup>1</sup> 芝浦工業大学

<sup>a)</sup> al18007@shibaura-it.ac.jp

<sup>b)</sup> manabehiroyuki@acm.org

<sup>\*1</sup> “HalfDive” <https://diver-x.jp/halfdive/>

1つの合計6手法の中で最もWPMが高い結果が出た手法がCP法であったと報告している。

## 2.2 12キー配列を用いた手法

竹永らは、片手コントローラ向けの文字入力手法をいくつか提案している [2]。例えば、Pointing and Flick 法 (PF 法) は、スマートフォンなどでよく用いられている 12 キー配列を、コントローラを用いたポインティングと、タッチパッドを用いたフリック操作で入力する手法である。また、別の手法として Pointing and Rotation 法 (PR 法) も提案している。これも 12 キー配列を用いたもので、コントローラを用いたポインティングと、コントローラの回転を用いることで入力文字の選択を行い、入力する手法である。椅子に着席した状態で、特定の単語を入力させる実験を行ったところ、五十音のかな配列を使った CP 法と PF 法は、Word Per Minute やエラー率からほぼ同等の入力性能を示したことが報告されている。

## 2.3 扇形キー配列を用いた手法

伏見による記事\*2では、扇形のキー配列を採用したキーボードが紹介されている。これはコントローラの回転によってキーボード上のバーが動き、ボタンで文字を選択することで入力を行うことができる手法である。本稿ではこれを、Circular Sector 法 (CS 法) と表記する。

## 2.4 コントローラボタンを用いた手法

尾花は、一般的なゲームパッドの十字キーと、4つの丸ボタン、4つのトリガーボタンを用いた手法を提案している [3]。十字キーで子音を選択しながら、丸ボタンで母音を選択することで文字を入力することができ、60 Kana Per Minute ほどを記録している。

## 2.5 アナログジョイスティックを用いた手法

鈴木らは、アナログのジョイスティックを用いた、2段階式の文字入力手法を提案した [4]。はじめに子音をジョイスティックの傾きによって選択し、次に母音をもう一度ジョイスティックの傾きによって選択した後、ボタンを押すことで文字が入力できる手法である。他にも、横山らは一般的なゲームパッドにある、2本のジョイスティックを用いた入力手法である“JoyFlick”を提案している [5]。これは子音を右スティックで選択し、母音を左スティックで選択した上で、左スティックをニュートラルな状態に戻すことで文字を入力する手法である。この手法は、一般的な50音のキーボードをスティックによるカーソル移動を使い入力する手法と同程度の、36CPM という入力速度を記録している。

## 2.6 既存手法の問題と提案手法

既存の入力手法は、寝た状態で使用すると操作が難しくなるものが多い。横を向いて寝ている時などは腕の可動域が狭まる上、コントローラの回転も行いづらくなってしまふからである。また、一部の従来研究は両手で操作するゲームパッドで実装されていたが、VR コントローラを用いた場合には両手それぞれに独立なコントローラを用いる点が異なり、特に寝た姿勢での入力効率について明らかではない。

提案手法ではスティックとボタン入力のみ使用することで、レイによるポインティングとコントローラを使わず、上記の課題の解決を試みる。また、関連研究として挙げた、スティック入力を用いた手法では斜め方向の入力が使用されているのに対し、提案手法では文字入力の容易さを向上させるために十字方向のみの入力を用いている点が異なる。

## 3. 提案手法

寝た状態でも快適に使用できる文字入力手法として、Double Flick 法 (DF 法) を提案する。これは十字状のキー配置を、両手にコントローラを持って操作する手法である。

これらは左右のコントローラにあるトリガーボタンを押すことで配置が切り替わり、入力する文字を変更すること



図1 DF法のキー配置

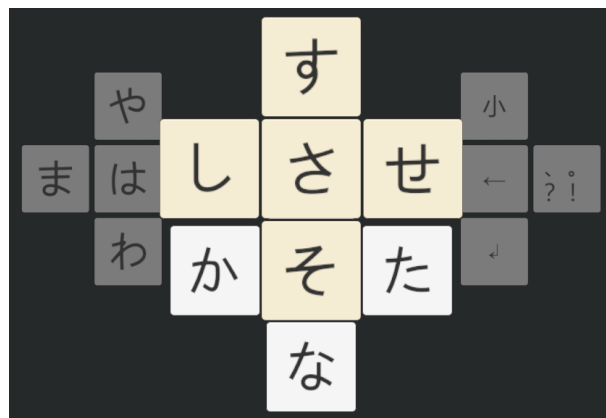


図2 左コントローラのスティックを上へ倒し、さのキーが展開される様子

\*2 “【VR 開発】VR ならではの日本語入力を作ってみた”  
<https://www.moguravr.com/jpn-vr/>

ができる。これはホールド式ではなくトグル式による切り替えになっている。左コントローラのスティックまたはタッチパッドを操作し、十字状に配置された子音のボタンを選択することができる。次に、選択した子音に対応した母音が、新たに選択位置から十字状に展開される(図2)。その状態でさらに、右コントローラのスティックまたはタッチパッドを操作し、母音(図2では“さ”~“そ”)を選択した上で、左右いずれかのスティックから指を離すことで文字を入力する。提案手法においてコントローラによるポインティングを使用しない理由は、寝ながらの使用においてポインティングやコントローラの回転などのコントローラの移動は、横になって寝ている状態などで使用しづらいことと、手を空中に上げるなどの動作が快適さに悪影響を及ぼすと考えたためである。

## 4. 実験

### 4.1 実験目的

コントローラによるポインティング動作や回転の動作が、各姿勢においてどれほど Character Per Minute (CPM) に影響を与えるか調査する。また、CPM が高いほど快適に文字入力が行えたと感じるのではないかという仮説のもと、その仮説が正しいのかを検証する。また、リラックスして寝ながら文字入力を行う場合、CPM が高いだけでなく、快適に文字入力が行えることが重要である。そこで、アンケートを用いて文字入力の快適さについての調査も行う。加えて、アンケートの集計結果と CPM の記録を合わせて、慣れによる CPM の差が存在するのかを検証する。

### 4.2 実験条件

実験参加者は、20歳-30歳の6人である(男性5人、女性1人)。被験者は全員が右利きで、そのうち5名は日常的にVR機器を使用している他、全員がPCに日常的に触れている。そのうち1人が対面による実験、5人がオンラインによるリモート実験として進めた。対面による実験ではコントローラとして VIVE Controller を使用し、オンラインでは2人が Knuckles Controller, 3人が Oculus Touch Controller を使用した。

### 4.3 実験手順

今回の実験において、文字入力手法としてのパフォーマンスを CPM で計測する。快適さは被験者に行ったアンケートによる主観的な評価及び、バックスペースの使用回数による文字入力のミス率によって評価する。実験を開始する前に、フリックを使用した文字入力に対する慣れ具合、および QWERTY 配列に対する慣れ具合を4段階でスコアリングするアンケートと、普段寝ている姿勢のアンケートを行った。これはフリック入力の慣れ具合が、フリック動作を使用する PF 法、DF 法において CPM やエラー率、

快適さに影響を与えるか可能性を考えたためである。実験では、QWERTY 配列を使用した CP 法、12キー配列を使用した PF 法、PR 法、扇形配列を使用した CS 法の4つの既存手法と、提案手法である DF 法、合計5つの手法を使用する。それらの手法について3つの姿勢のもとで実験を行った。具体的には、立っている姿勢である STAND、座っている姿勢である SIT、寝ている姿勢である LAY の3つである。そして、順番に姿勢を変化させながら、計測実験を行った。5つの手法の順番は被験者ごとにそれぞれ異なる順番を決め、学習効果による影響を分散させた。

計測実験の内容は、以下の通りである。まず、芥川 竜之介の“愛読書”の印象という文章作品<sup>\*3</sup>のランダムな箇所から文を1つ抽出し、その文章のよみがなを画面上に表示する。その上で表示されたよみがなと同じ文字を被験者に入力させる。最後まで入力終了したら再度ランダムな箇所から文を1つ抽出するというタスクを、指定した制限時間(1分)の間行った。なお、文字はすべてかな文字である。その上で、CPM とバックスペースの使用回数を測定した。これらのタスクを、STAND 姿勢にて各手法をそれぞれ3分ずつ練習した後、被験者ごとに指定された姿勢の順番と手法の順番において、それぞれ1分ずつ計測実験を行った。実験後にはアンケートを行い、VR空間で文字入力をするにあたって一番快適だと感じた姿勢、各姿勢において一番快適だと感じた入力手法に関するアンケート調査を行った。これらのアンケートと実験を、全ての被験者に対して3日連続で行った。

## 5. 実験結果

### 5.1 各姿勢及び手法における平均 CPM

6人の被験者の3日間の実験結果における、各入力手法での平均 CPM と標準偏差を、各姿勢ごとに表したグラフが図3である。各姿勢全てにおいて、CP法の CPM が一番高く、提案手法である DF 法は最も低い結果となった。

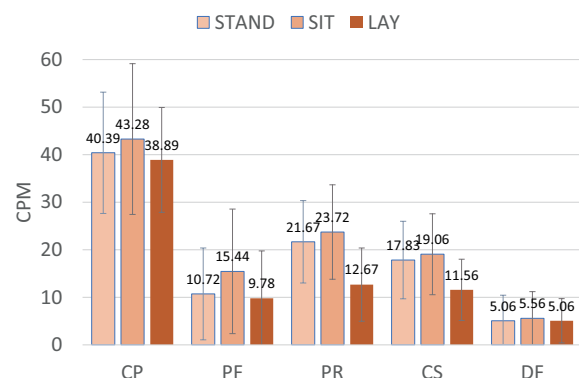


図3 STAND, SIT, LAY 姿勢における5つの手法それぞれの平均 CPM(エラーバーは標準偏差)

\*3 “青空文庫” <https://www.aozora.gr.jp/>

また、どの入力手法においても、SIT 姿勢における CPM が高く、DF 法以外の手法においては LAY 姿勢の CPM が一番低い結果となった。手法ごとにデータを分けた上で、3つの姿勢における CPM を用いて、1元配列の分散分析を行った。その結果、PR 法と CS 法においては各姿勢ごとの CPM に有意差が確認できた。

## 5.2 各姿勢及び手法における平均ミス回数

6人の被験者の3日間の実験結果における、各入力手法での平均ミス回数と標準偏差を、各姿勢ごとに表したグラフが図4である。スティック入力を使用するPF法とDF法が、スティック入力を使用しない他の手法と比較して平均ミス回数が高いという結果が出た。

## 5.3 アンケート結果

実験前アンケートの結果では、被験者全員が QWERTY 配置に対して慣れていると回答した（平均 1.33。1 が最も慣れている）。また、フリック入力に対しては半数があまり慣れていないと回答した（平均 2.16）。各日の実験後アンケートによる、各姿勢における最も快適だと感じた手法のアンケート結果は、全ての日を通してほとんど回答が変化しなかった。CP 法はどの姿勢においても約半数がそれ以上の被験者が最も快適だと答えた。また、最も快適な姿勢は SIT 状態であるとの回答が得られた。それと比較し、提案手法である DF 法はどの姿勢でも快適な手法とは答えられなかった。

## 5.4 普段の寝ている姿勢と実験時の姿勢

実験時、LAY 姿勢での体の向きは、被験者ごとに個別に指定した上で実験を行った。実験前アンケートと実験後アンケートを比較したところ、普段の向きと実験時の向きが同じ被験者が1人で、その他の5人は普段の向きと実験時の寝る向きが異なっていた。また、普段と実験での寝る向きが同じと答えた被験者は最も快適に文字を入力できる姿

勢は LAY 姿勢と回答したが、それ以外の被験者は SIT 姿勢か STAND 姿勢を最も快適だと回答した。

## 6. 議論

### 6.1 各手法における姿勢ごとの CPM 差

実験結果より、寝ている姿勢で高い CPM を記録している手法は、他の姿勢においても同じように高い CPM を記録していた。これらのことから、CPM を上げることを重視することで、どの姿勢においても CPM の向上が見受けられるのではないかと考えられる。

### 6.2 慣れによる CPM の差

全ての被験者は、CP 法を除く4つの手法を事前に利用したことがない。それとは異なり、CP 法は全ての被験者が実験を行う前から使用した経験がある。また、CP 法に使われている QWERTY 配列も被験者全員が慣れているとアンケートで回答している。CP 法の CPM が他の手法と比較して特に高かったのはそのような理由があると考えられる。今回の実験では一番 CPM が低かった DF 法も、著者は 25CPM ほどを記録することができる。他の手法も十分な練習を行えば入力速度の向上が期待できることから、今後十分な練習を行った上で再度実験を行う必要がある。

### 6.3 CPM と快適さの関係

どの姿勢においても最も快適だというアンケート結果が得られた CP 法が、各姿勢で最も高い CPM を記録していた。それに加え、アンケートより最も快適に文字を入力できる姿勢である SIT 状態が、どの手法においても高い CPM を記録している点から、CPM が高いほど文字入力が快適に感じるという仮説は否定されない。

### 6.4 ポインティングや回転が CPM に与える影響

コントローラの回転を使用した手法である PR 法と CS 法の2つの手法において各姿勢の CPM に有意差が見られ、回転を用いないそれ以外の手法では有意差が見られなかった。つまり、寝た状態でのコントローラの回転は CPM を低下させ、ポインティングの動作は寝た状態でも CPM に影響を与えないことがわかる。このことから、寝た状態で文字入力を行う場合には、ポインティングを用いた手法が望ましいと言える。

### 6.5 スティック入力の操作性が CPM に与える影響

PF 法と DF 法は、各姿勢において CPM が低い結果となった。この2つの手法は、どちらも共通してスティックを離すタイミングで文字を入力する手法となっている。実験の様子を観察したところ、スティックから指が完全に離れる前に指からスティックが滑り、スティックがニュートラルポジションに戻ってしまう事象が見られた。そのよう

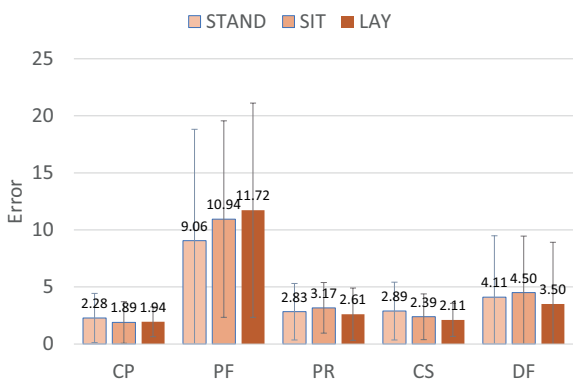


図4 STAND, SIT, LAY 姿勢における5つの手法それぞれの平均ミス回数 (エラーバーは標準偏差)

な理由から、スティック入力を扱う PF 法と DF 法において、平均ミス回数が高い結果となったのではないかと推察した。他の手法は、入力する文字を確定させる操作にスティックを離すという動作をしていないため、この動作が CPM の低下を招いているのではないかと考えられる。

## 6.6 キー配置の変化が CPM に与える影響

最も CPM が低い DF 法では、3つのキー配置を切り替えて入力するという手法を使用している。しかし、キー配置が3つに分散することで、どこの配置にどのキーがあるかを探すことに時間をかけている様子が見られた。CS 法では2つのキー配置を使用して、DF 法よりも高い入力効率を達成している。このことから、スティックの斜め入力を取り入れることで DF 法における3つのキー配置を2つに減らし、CPM が向上する可能性が考えられる。

## 6.7 寝ている向きが快適さに与える影響

アンケート結果より、被験者のうち5人が普段寝ている向きとは異なる向きで実験を行い、その全員が LAY 状態以外を快適な姿勢と解答したことから、普段の寝ている向きが異なると快適さに悪影響を及ぼす可能性がある。

## 7. まとめ

本稿では、寝ながら VR 機器を使用している状態において、快適に使用することができる文字入力手法を提案した。従来手法と比較して提案手法は優れているとは言えなかったものの、実験を通してキー配置の見直し方や、文字の選択における CPM を低下させる要因などについて議論することができた。また、寝た状態において既存手法は、他の状態と比較して CPM が低下しやすい手法としにくい手法があることも判明した。今後の課題として、キーレイアウトの再考と文字確定方法の再考を行い、寝た姿勢での文字入力の効率化を図っていきたい。

## 参考文献

- [1] Marco Speicher, Anna Maria Feit, Pascal Ziegler, and Antonio Krüger. Selection-based text entry in virtual reality. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 1–13, 2018.
- [2] 竹永正輝, 橋本直. 片手持ち VR コントローラ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, 第 2019 巻, pp. 12–16, sep 2019.
- [3] 尾花智史. ゲームコントローラを用いた文字入力法. 情報処理学会第 67 回全国大会講演論文集, 第 2005 巻, pp. 103–104, mar 2005.
- [4] 鈴木瑛大, 伊藤久祥. アナログジョイスティックを用いた2段階操作での文字入力手法の検討. 情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集, 第 2011 巻, pp. 223–224, mar 2011.
- [5] 横山海青, 高倉礼, 志築文太郎. JoyFlick: フリック入力に基づくゲームパッド向けかな文字入力手法. WISS2020 予稿集, pp. 97–102, 2020.