

VR での画面占有を考慮した文字入力高速化の研究

鍵和田悠太^{†1} 兼松祥央^{†1} 茂木龍太^{†2} 三上浩司^{†1}

概要 : VR での文字入力はコントローラのポジショントラッキングを利用した手書き入力や、キーボードを表示してコントローラをポインターとして使用する方法が主流となっている。しかし、それらの入力手法には、UI の画面占有率の高さや手首への負荷といった問題がある。そこで、本研究では画面占有率や手首への負荷を考慮したコントローラ向けの入力手法として、2つの手法を作成した。

1. はじめに

ルームスケールの VR ゲーム等のキーボードが使用できない VR コンテンツにおける文字入力は、コントローラのポジショントラッキングを利用した手書き入力や、フルサイズのキーボードを表示してコントローラをポインターとして使用する入力手法が主流となっている。

しかし、ポジショントラッキングでの手書き入力では、近い動作で入力を行うペンタブレットなどのデバイスのペンよりも遥かに大きなコントローラで入力を行うため、細かい文字が書き辛いといった問題や、文字を書き込むための UI が画面を大きく占有するといった問題が生じる。また、ポインターでの入力も、誤入力を減らすためにキーボードの表示サイズを大きくする必要があり、画面占有率が高くなってしまったり入力の際の手首への負荷が掛かるという問題がある。

そこで、本研究では画面占有率の低減、および手首への負荷軽減のためにポインター動作を用いず、従来の入力手法と同等以上の速度や精度を持つ VR コントローラでの文字入力手法を提案することを目的とする。

2. 先行研究

2.1 QWERTY 配列での入力手法

Speicher ら[1]は、VR での QWERTY 配列のキーボードを用いた 5 種類の入力手法について評価実験を行った。評価対象になったのは、頭の向きにより入力を行う「Head Pointing」、コントローラをポインターとして用いる「Controller Pointing (CP 法)」、コントローラの背面をタッチペンの様にして入力を行う「Controller Tapping」、ハンドトラッキングを使用してキーボードに指で触れてもらう「FreeHand」、コントローラのタッチパッドをゲームパッドのスティックの様にしてカーソル移動を行い入力する「Discrete & Continuous Cursor」という手法である。評価実験の結果から、QWERTY 配列での最も優れている手法は「Controller Pointing」であると述べている。

2.2 テンキー配列での入力手法

竹永ら[2]は、ポインター入力による誤操作を減らすことを目的として、キー数の少ないテンキー配列の入力手法を 2 種類作成した。1 つ目は、図 1 に示す「Pointing and Flick (PF 法)」である。PF 法はフリック入力用のテンキーを画面上に表示し、ポインターで行の選択を行い、タッチパッド上でフリック入力を行うことで段を選択する手法である。2 つ目は、図 2 に示す「Pointing and Rotation (PR 法)」である。PR 法は、行の選択を PF 法と同様にポインターで行い、段の選択にはコントローラの傾きを利用するという手法である。

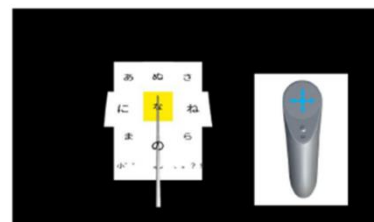


図 1 Pointing and Flick (PF 法) [2]

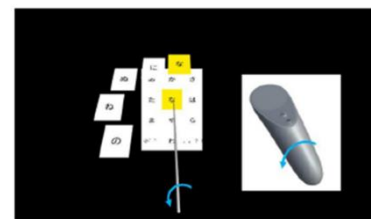


図 2 Pointing and Rotation (PR 法) [2]

評価実験では、Speicher ら[1]の CP 法との入力速度や精度の比較実験を行った。その結果、PR 法は CP 法の半分程度の速度しか出すことができず、PF 法は CP 法とほぼ同等の入力速度や精度を示したが、ポインターとフリック入力の組み合わせによって、無理な姿勢で入力を行う必要が生じてしまうという問題が明らかになった。

^{†1} 東京工科大学メディア学部

^{†2} 東京都立大学システムデザイン学部

2.3 ダイアル配列での入力手法

他にも竹永ら[2]は、東條ら[3]の提案したスマートウォッチ向けの文字入力インターフェースである「BubbleSlide」を参考に、図3の「Dial and Touch (DT法)」を考案した。DT法はコントローラのタッチパッドの外周で行を選択し、その場で指を離すことで「あ段」、中央付近を4分割したそれぞれの位置へ指をスライドして離すことで他の段を選択することができるという手法である。

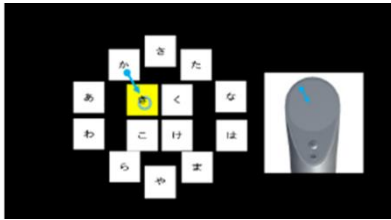


図3 Dial and Touch (DT法) [2]

評価実験の結果、使用者の理解度や操作性の問題で入力速度は遅かったが、ポインター動作を用いないことによる手首への負荷の軽減が期待できると述べている。

2.4 ハンドトラッキングでの入力

二本松ら[4]は、3次元モーションセンサーデバイスである「Leap Motion」を用いたハンドトラッキングでの文字入力手法として、ピンチ動作とスライド動作を使用した入力手法を提案している。具体的な文字の配置を図4に示す。

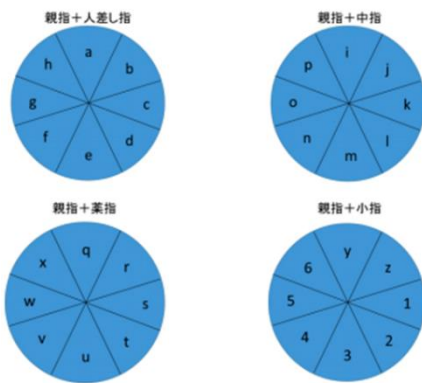


図4 ピンチ動作を用いた文字入力[4]

複数回タイピングテストを行う実験の結果、数回で入力速度や誤入力の大幅な減少が見られた。また、誤入力の要因としては指の組み合わせの間違いが最も多く見られ、逆にスライドする方角のミスは非常に少ないという結果が明らかになった。

このことから、この手法はタッチタイピングが可能であり、容易に習熟できる手法であると述べている。

3. 提案手法

竹永ら[2]のDT法は操作性等に問題を抱えていたが、手首への負荷の軽減だけでなく、キーの表示サイズを小さくできることによる、画面占有率の低減も期待できると考えられる。また、DT法の行配置のように、円形に文字を配置した二本松ら[4]の手法では方角選択のミスは非常に少なく、習熟が容易であるという結果が見られている。

そこで、本研究では円形に行を配置してポインター動作を用いずに文字入力を行う手法として「Dial and Direction法」、「Dual Dial法」を作成した。

3.1 Dual Dial法

Dual Dial法は図5に示すように左右のコントローラのタッチパッドを放射状に分割し、それぞれのタッチパッドで行と段を選択するという手法である。竹永ら[2]のDT法と比較して、「あ」の配置位置が異なる点については、東條ら[3]のBubbleSlideや二本松ら[4]の手法に共通して最初の文字である「あ」や「a」の配置が真上に近い方角に配置されていたことから、そちらの方がユーザにとっても自然であると判断した結果である。また、濁音や半濁音の入力は「わ」行に配置し、句読点は「や」行に配置した。この手法では親指の動作のみで入力できるため、手首への負荷は少なく、ユーザが操作に慣れれば入力の際にキーボードを表示せずに入力することも期待できる。一方で、入力の際に両手のタッチパッドを占有してしまうため、コンテンツとの操作の競合が懸念される。

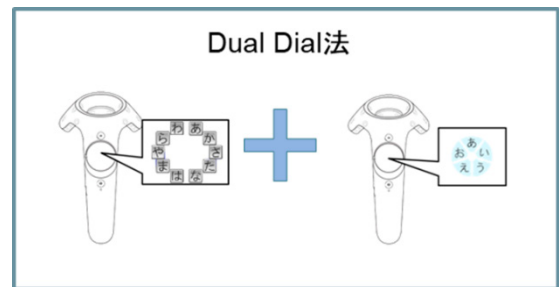


図5 Dual Dial法

3.2 Dial and Direction法

Dial and Direction法は図6に示すように、タッチパッド上で行を選択し、コントローラの向きで段を選択するという手法である。タッチパッドでの行の選択はDual Dial法と同じ操作を行うが、段の選択にはコントローラの向きを利用している。具体的には図7に示すような配置になっている。ユーザが楽にコントローラを保持できる姿勢でボタンを押すことで、その時の方向を中心に設定し、文字入力時にコントローラがその方向から見てどちらを向いているかによって段を選択している。コントローラの向きによる選択は、ポインターによる選択に比べると小さな動作で済む

ことから、手首への負荷の軽減と直感的な操作性の両立ができると考えられる。

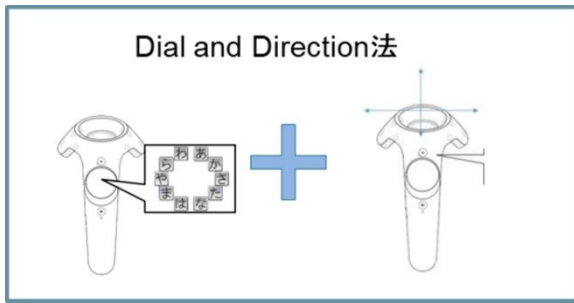


図6 Dial and Direction 法



図7 コントローラの向きによる段の選択

4. 両手入力手法の比較実験

先行手法との比較実験の前段階として、同じような行の選択を行う Dual Dial 法と Dial and Direction 法での比較実験を行った。

4.1 実験環境

本論文での実験に使用した環境を、表1に示す。

表1 実験環境

| | |
|--------|------------------------------|
| CPU | Intel Core i7-7700K(4.20Ghz) |
| OS | Windows10 |
| メモリ | 8GB(DIMM) |
| GPU | NVIDIA GeForce GTX1070(12GB) |
| ストレージ | SSD 512GB , HDD 2TB |
| VR機器 | HTC VivePro |
| ソフトウェア | Unity2019.2.9f1 |

4.2 実験方法

実験協力者8名にそれぞれの手法で計測を行ってもらい、入力時間と誤入力回数を計測した。また、計測後にそれぞれの手法の使用感について5段階評価とVRの利用経験についてのアンケートを実施した。順序効果を考慮して計測する手法の順番を入れ替えたグループAとグループBに分けて実験を行った。実験の手順は図8に示す。

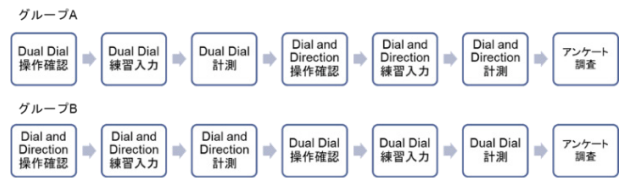


図8 実験手順

操作確認では3分間自由に入力してもらい、練習入力では指定した2つの単語を入力してもらった。計測では竹永ら[2]や山崎ら[5]が評価実験に使用した単語と文章として、表2に示したテキストを入力してもらい、入力にかかった時間と誤入力を行った回数を記録した。

表2 計測に使用した文字列

| | |
|---|-------------|
| 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、いいんきだ。 |

4.3 実験結果

それぞれの手法での入力時間やミス回数、アンケートでの主観評価の結果を、表3に示す。

表3 実験結果

| | Dual Dial法 | Dial and Direction法 |
|---------|------------|---------------------|
| 入力時間(秒) | 142.9315 | 153.3603 |
| ミス回数(回) | 3.25 | 5.875 |
| 主観評価 | 3.125 | 3.625 |

平均値では速度や精度面で Dual Dial 法が優れているという結果が出て、主観評価とは逆転するという結果になった。

また、入力時間とミス回数のデータに対して有意水準5%として Wilcoxon の符号付順位と検定を行ったところ、入力時間では p 値が 0.4838 となり有意差が認められなかったが、ミス回数では p 値が 0.0357 となり有意な差が認められ、Dual Dial 法が精度の面で優れているという結果が出た。

4.4 考察

主観評価とは逆の結果が出た点と、精度を重視して作成した Dial and Direction 法が精度で劣るという結果から、計測の途中まで Dial and Direction 法の操作方法が理解できずにこのような結果が出たのではないかと考えられる。今回は Dual Dial 法を優れている手法として先行手法との比較実験に用いるが、両手法を複数回使用してもらい、習熟速

度の比較実験も将来的に行いたいと考える。

5. まとめと今後の展望

5.1 まとめ

VRでの文字入力での、UIの画面占有率や手首への負荷を考慮した文字入力手法として、円形に行を配置してポインター動作を用いずに文字入力を行う2つの手法を作成した。先行研究との比較の前段階として、提案手法同士での比較実験を行い、入力精度に有意な差があることが示された。

5.2 今後の展望

今回の実験では、Dual Dial法が精度面で優れているという結果が出たが、Dual Dial法はコンテンツとの操作の競合などの懸念点が残されている。そこで、片手のコントローラで操作が完結する入力手法として、後述のDial and Flick法を作成した。今後の展望としては、今回の実験手順を参考に、Dual Dial法と、Dial and Flick法に対して、先行手法との速度や精度の比較実験を行い、これらの手法の実用性を検証行う事が挙げられる。

また、実験中に得られた意見等を参考に、各手法の操作感の改善などとしていきたいと考えている。

5.2.1 Dial and Flick 法

Dial and Flick法は、図9の左側のように行の選択をタッチパッドの外周で選択するという方法を取っている。DT法との差異として、外周から中央付近に指をスライドすることで行を決定し、決定後は図9の右側のようなフリック入力に近い動作で段の選択を行うという手法である。入力を2つのフェーズに分割することで、タッチパッドの領域分割に余裕を持たせ、誤操作を減らすことができる。これに加え、フリック入力に近い動作を取り入れることで操作の分かりにくさの解消を目指した手法である。

現段階では実験を行っていないが、今後はDual Dial法と共に、先行手法との速度や精度の比較実験を行う予定である。

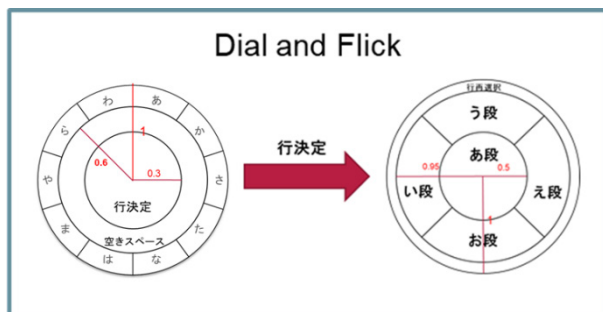


図9 Dial and Flick 法

参考文献

- [1] Marco Speicher, Anna Maria Feit, Pascal Zieler, Antonio Krüger. Selection-based Text Entry in Virtual Reality. CHI 2018, 647p.

- [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.
- [3] 東條貴希, 加藤恒夫, 山本 誠一. フリック操作の規則性を高めたスマートウォッチ向け日本語かな入力インターフェース. MobileHCI, 2018, p44:1-12.
- [4] 二本松拓哉, 中村喜宏. ピンチ動作を用いた VR 環境向け文字入力方法, 電子情報通信学会技術研究報告, 2018, p107-p110.
- [5] 山崎宏樹, 渡辺大地. 両手の動きによる母音と子音の組み合わせを用いた仮名文字入力手法の研究. 東京工科大学卒業論文, 2017. <https://gamescience.jp/>.