

視線によるフリック動作を利用した文字入力 Character Input Using Flick Motion by Gaze

村田 朋来[†] 盛川 浩志[‡] 小宮山 摂[‡]

Tomoki Murata[†] Hiroyuki Morikawa[‡] Setsu Komiyama[‡]

1 はじめに

近年、新しいヒューマンコンピュータインタラクションの手法として、コンピュータにより映像・音響などの刺激をリアルタイムに生成し、利用者による空間に本当にいるかのような没入感を感じさせるバーチャルリアリティ (VR) が人々の身近なものになりつつある。通常の PC のアプリケーションと同様、VR のアプリケーションにおいてもユーザーが文字入力を行いたいことがあるが、物理的なキーボードが使えないため、様々な手法が検討されている。ハンドジェスチャを用いる手法や、手や外部のコントローラを認識し、VR 上での仮想ボタンをタッチする手法などである。Bowman ら [1] の研究では、音声認識、タブレットとペンで制御される仮想キーボードなどのいくつかの方法を比較したが、どれも高いレベルが得られていない。

一方、近年視線計測が可能なヘッドマウントディスプレイが発売されたことから、文字入力方式として視線入力を用いることも有力な手法の一つである。本研究では HMD 装着時の文字入力に応用することを目的に、コンピュータのディスプレイにおける、視線を用いた新しい文字入力の手法の提案を行う。

2D のモニターにおける視線による文字入力の手法として、ディスプレイに 50 音すべてのひらがなを表示し、ある文字における視線の停留時間が一定時間を越えた場合にその文字が入力されるという方法がある [2]。しかしこの手法は HMD のように視線計測の精度に制限がある場合、表示するボタンのサイズを大きくする必要があり、視界の多くをボタンが占めてしまうことが問題である。

そこで、本研究では新しい視線計測による文字入力の手法として、フリック動作を用いた方法を提案する。フリック方式を用いると、50 音すべてを表示する手法よりも文字盤に必要な面積が小さくなる利点がある。また、スマートフォンの普及によりユーザーはフリック入力に慣れており、50 音よりも文字が探しやすいことも期待できる。今回はフリック方式そのものの性能を図ることを目的に、据置型の視線計測装置を用い、PC の画面上に 50 音方式およびフリック方式の文字盤を表示して、入力時間とエラー率を評価する。

2 実験装置の概要

2.1 視線計測装置

本実験では視線計測装置として、Tobii 社の Tobii EyeX Controller (以下 Tobii) を用いる。Tobii は通常 PC モニターの下部の中央に磁石を用いて設置する。その位置より、ディスプレイを見ている人の目の位置を特定し、左右の目の黒目の動きを検出して視線の向きを求めている。目の位置と視線の向きからモニター上の注視点の位置を決定する。視線計測装置は視線が一定時間停留する場所を出力することができるので、被験者がモニター上に表示される文字ボタンを一定時間見ることによって文字入力することが可能になる。

今回の実験に用いた PC はノート型で画面の大きさは 15.6 インチ、アスペクト比は 16:9 である。仕様によれば事前の校正により、視線の測定精度は視線がモニターの中央から 5 度以内にあるとき、上下左右方向に 0.4 度であり [3]、また 5 度以上の時の誤差は 1 度以下である。測定精度が 0.4 度のとき視距離を 60cm とすると、画面上の距離では 0.42 cm に相当する。

2.2 50 音方式の文字盤

図 3.1 で示すように、ひらがな 50 音すべてを表示し、1.5 秒以上停留したとき、その場所のボタンの文字を入力する。Delete キーと Space キーは左右にひとつずつ配置した。50 音ボタンの大きさは Tobii の精度を考慮して、縦横ともに 2.1cm に設定した。

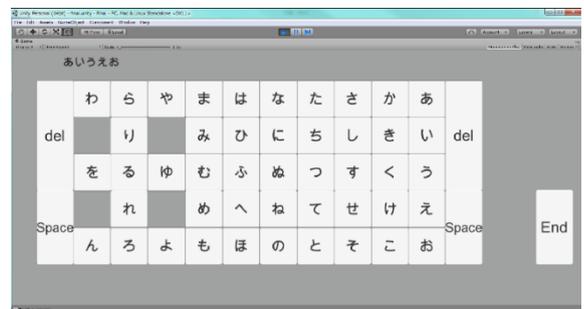


図 2.1 50 音方式の入力画面

[†] 青山学院大学理工学研究科理工学専攻知能情報コース

[‡] 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科

2.3 フリック方式の文字盤

フリック方式は 1.5 秒以上視線が停留した場合、その行の他の文字を周りに展開し、その後打ちたい文字がある方向に 2cm 以上動いたとき、対応する文字が入力される。「あ」や「か」などの文字を打つ場合は、さらにそのままその文字上で 1 秒以上視線が停留したときに文字が入力される。また、文字入力が行われると、ボタンは注視前の状態に戻る。注視前の状態を図 2.2 に、展開した状態を図 2.3 に示す。ボタンの大きさは 50 音方式と同じである。

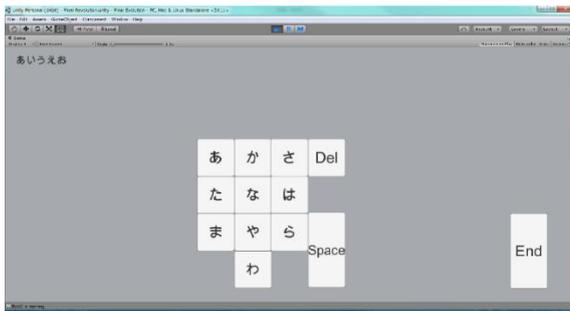


図 2.2 フリック方式の入力画面 (展開前)

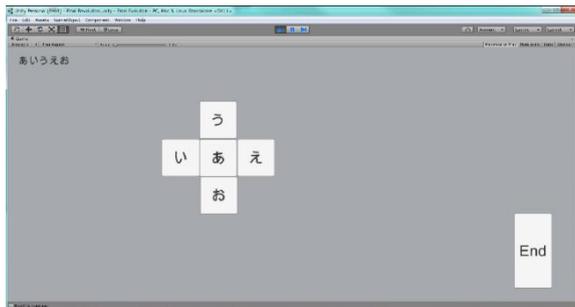


図 2.3 フリック方式の入力画面 (展開後)

フリックの動きの判定の方法について次に示す。視線がどこかの行の母音で 1.5 秒以上停留したときに、その瞬間の座標を始点として保存し、その後、視線が 2cm 以上動いたときに、その瞬間の座標を終点として保存する。取得した始点と終点から角度を算出し、その角度に対応する文字を入力する。入力角度は、母音が「い」の文字は $135^{\circ} \sim 225^{\circ}$, 「う」の文字は $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$, 「え」の文字は $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$, $315^{\circ} \sim 360^{\circ}$, 「お」の文字は $225^{\circ} \sim 315^{\circ}$ である。

3 評価実験

3.1 実験方法

実験は 20 代の男女 20 人を被験者として用いた。被験者にはモニターから 60cm の距離をなるべく保つように指示をした。ただし、頭部の拘束は行っていない、図 3.1 に実験風景を示す。手元に単語群を印字した紙を用意し、それを確認しながら入力させる。単語群は表 3.1 に示す 3 種類を用いた。

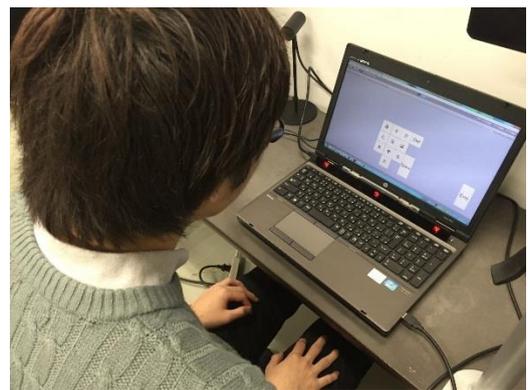


図 3.1 実験風景

3.2 アンケート評価項目

普段の携帯電話・スマートフォンの入力の方式について事前にアンケートをとった。その結果、全員がフリック方式を用いていた。アンケート項目では、視線入力による操作性、視線入力による疲労度、ストレスに重きを置き、次の 7 項目について 5 段階で評価させた。

表 3.1 入力させる単語群

単語群 A	つみき	ころも	まほう	けしき
単語群 B	とけい	へいし	せかい	くるま
単語群 C	はる	なつ	あき	ふゆ

評価における順序効果を相殺するために、単語群 A, 単語群 B と 50 音方式、フリック方式の組み合わせと、50 音方式とフリック方式のどちらを先に行うかについて計 4 通りの組み合わせを用意し、被験者を 4 グループに分けてそれぞれに別の組み合わせを提示した。単語群 A と B の入力が終わった後に、単語群 C の入力をそれぞれの方式を用いて入力させた。単語群 A, B は無作為に 4 つの選んだ単語で、単語群 C は暗記できるようにつながりのある 4 つの単語を選んだ。

本実験では、キャリブレーションを行った後に 1 回目の計測を行った。50 音方式とフリック方式の間には 3 分間の休憩を挟んだ。単語と単語の間にはスペースを入力させ、各単語群を入力し終えた段階で End キーを注視させた。時間の計測は表示されているボタンのいずれかを見た瞬間から End キーを注視するまでの時間である。End キーを注視した時点での経過時間とデリートキーを入力した数をコンソールに表示した。また、全ての計測が終了した後に、次節に示す 7 項目について 5 段階で評価を行わせた。

今回の実験では事前の調査で Tobii EyeX Controller を利用したことがある被験者が 20 名のうち、1 名だけだったので、Gaze Trace 機能を利用した。Gaze Trace 機能は利用者が視線計測で取得した座標を可視化したもので、モニター上にマーカー表示される。予備実験の結果、モニター上にフィードバック表示がないと、スムーズな文字入力ができないという意見があり、特に 50 音方式の方で顕著だったので、この機能を利用することにした。Gaze Trace 機能は Tobii EyeX Controller にもともと備わっている機能である。

- A. 操作はしやすかったか
- B. 入力したい文字キーをすぐに見つけることができたか
- C. 視線を移動することに対する疲れは感じなかったか
- D. 視線を停留することに対するストレスは感じなかったか
- E. (50音方式またはフリック方式)で文字を入力することに違和感はなかったか
- F. 操作にはすぐ慣れたか
- G. また利用してみたいと思ったか

評価はそれぞれの項目において、-2点から2点の5段階評価で行い、プラス側を肯定の評価となるように設定した。

また、エラー数や経過時間を主観的に判断させ、総合的にどちらの方式の方が良いと思ったかも調査した。

4 実験結果

4.1 エラー率

それぞれの平均エラー率をグラフにしたものを図 4.1 に示す。50音方式と比較して、フリック方式は平均エラー率がどちらの単語群においても少なくなった。特に、単語群 A, B において顕著であった。単語群 A, B においては有意差水準を 5% とした分散分析の結果、P 値が 0.005865、単語群 C においても P 値が 0.016688 であったので、有意差が認められたことから、エラー率においてはどちらの単語群でも、フリック方式が有意にエラーが少ないことがわかった。

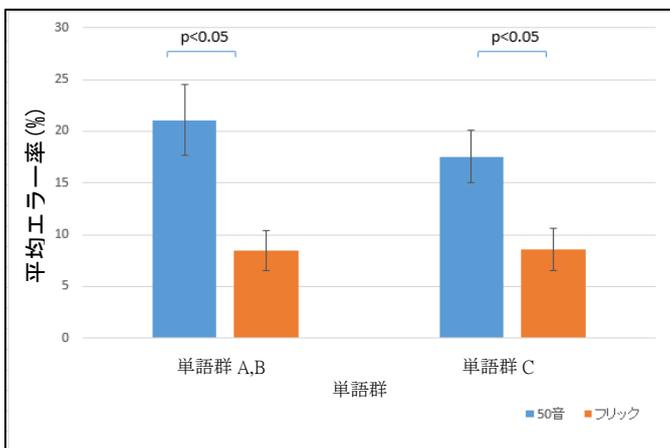


図 4.1 各単語群の平均エラー率

4.2 タスク完了時間

各単語群の平均タスク完了時間を図 4.2 に示す。単語群 A, B においては有意差水準を 5% とした分散分析の結果、P 値が 0.030323 であったため、有意差が認められた。単語群 C では有意差はなかった。タスク完了時間は単純に平均エラー数と関係があると考えられるので、エラー数に比例したような結果になると予想したが、単語群 C においては大きな差は生じなかった。

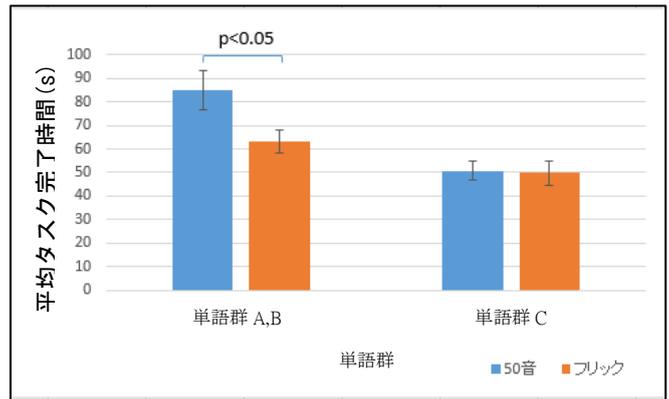


図 4.2 各単語群の平均タスク完了時間

4.3 アンケート結果

7 個の項目に関するアンケート評価の結果を図 4.3 に示す。有意水準を 5% とした分散分析の結果、P 値が 0.05 を下回り、有意差が認められた項目は、評価項目 A (操作はしやすかったか)、評価項目 B (入力する文字キーをすぐ見つけることができたか)、評価項目 G (また利用してみたいと思うか) の 3 項目であった。総合評価では 50音方式が良いとしたもの 1 名、フリック方式が良いとしたもの 19 名であった。

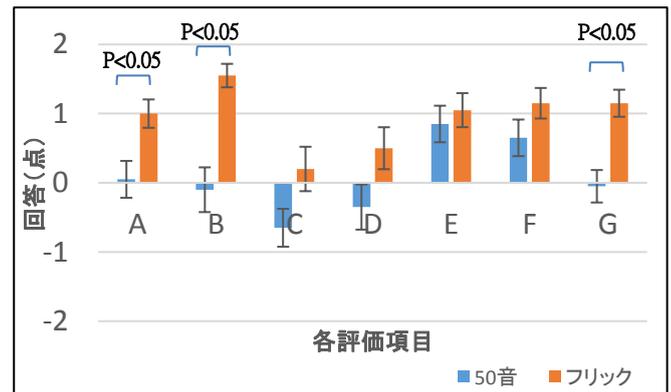


図 4.3 各評価項目に対する平均評価値

5 考察

エラーに関しては今回の実験ではフリック方式の方が有利であることが分かった。Tobii EyeX Controller の計測誤差は、人の目がディスプレイの中心の延長線上にあるときは 0.4° であるが、所定の位置からのずれや、キャリブレーションがうまくいかなかったなどの要因がエラーにつながったと考えられる。また、フリック方式のエラー数が 50音方式と比較して少なかった理由として、フリック方式のボタンはディスプレイの中心に集まっていたからだと考えられる。アンケート記述欄に「50音方式は“る”が入力しづらかった」という意見もあり、眼の位置が、ディスプレイの中心から離れた位置にある視線の座標取得の精度が落ちるのではないかと推測できる。

タスク完了時間に関しては、単語群 A, B においてのみフリック方式の有意差が認められた。単語群 C において有意差が生じなかった要因は、2点考えられる。1点目は、単純に入力

する文字数が違うことである。単語群 A, B はスペースを含めた全ての単語の文字数が 15 文字であったのに対し、単語群 C はスペースを含めた全ての単語の文字数は 11 文字である。入力する文字数が少ないほど、元々のタスク完了時間が短くなり、差が生じなかったのではないかとと思われる。2 点目は、単語群 C が暗記できる単語群であったことである。手元の入力する単語群を示す紙を確認する手間がないことで、時間の短縮につながると考えられる。また、視線を移動する機会が減少することで、50 音の配置をイメージしやすく、入力したい文字の早期発見につながったのではないかと考えられる。しかし、単語群 C において、エラー回数は有意に減少したにも関わらず、タスク完了時間に差がないことから、1 文字あたりの入力時間はフリック方式の方が長い可能性がある。実際にフリック方式は“あ”の文字を入力するために必要な時間が 2.5 秒と、50 音方式に比べて 1 秒長く、今後検討する必要がある。

以下にアンケート結果に関して考察する。

評価項目 A の「操作はしやすかったか」という項目に関しては、被験者の主観的なエラー数、タスク完了時間に対する印象が関係すると考えられる。本研究の目的として、50 音方式と同程度の使用感を目指したが、実際にはフリック方式の方が操作しやすいという結果になった。要因には先述の通り、視線がディスプレイの中央にある場合に Tobii の精度が良いことに起因するものだと考えられる。

評価項目 B の「入力したい文字キーをすぐ見つけられたか」という項目に関しては、日常生活の中で 50 音の並びを見る機会が少ないことと、被験者全員が普段からスマートフォンの文字入力をフリックを用いて行っていたことが要因だと考えられる。

評価項目 G の「また利用したいと思ったか」という項目に関しては、総合的な評価を得るために行った。この項目も 50 音方式とフリック方式で差がでないことを予測していたが、得られた結果は、フリック方式の方が高い評価であった。評価項目 A において、フリック方式の方が操作しやすいと評価されていることと相関があると思われる。

全体の評価として 50 音方式よりフリック方式の方がエラー数の減少につながり、使用感は向上したといえる。また、Tobii のような視線計測装置は利用者が正しい位置でキャリブレーションを行い、キャリブレーションした位置から動かずに使用することが基本である。しかし実用的にはキャリブレーション無しで使用できることが望ましい。誤差を抑制するためには、ボタンのサイズを大きくする必要があるが、そのような場面でもフリック方式は有用であると考えられる。

できたか」、「また利用したいと思ったか」において、50 音方式に比べ、フリック方式の方が有意に優れている結果となった。このような結果になった考察として、視線計測装置はディスプレイの中心線上から離れた目の位置を測定する際に誤差が生じやすいのではないかと考えられる。固定型の視線計測装置を使用する際は、文字盤をディスプレイの中央部分に提示できるフリック方式の方がエラー数の減少につながり、使用感は向上するといえる。

また、据置型の視線計測装置は利用者が正しい位置でキャリブレーションを行い、キャリブレーションした位置から動かずに使用することで高い精度が得られるが、実際の入力作業時には頭部の動きは避けられない。頭部の動きに対してロバストなシステムにするためにはボタンを大きくする必要があるが、その点でも表示文字数の少ないフリック方式は有利である。

今後の改善点として、2 つの点が挙げられる。1 つ目は、10% 近くあるエラー率の低減である。エラーを減らすためにボタンとボタンの間に一定の距離を設定することが考えられる。2 つ目は、人の普段の生活での視線の動きは圧倒的に上下より左右の方が多いといわれていて、実際に一部の被験者から、フリックの上下の動作が難しいという意見があり、フリックの判定の角度を最適化することである。

今回の実験は最終的に HMD 装着時の文字入力方式の開発を目的にしているので、HMD 装着時においても同じようにフリック方式が有利であるかどうかを検討することが今後の課題である。

参考文献

- [1] Bowman, D. A., Rhoton, C. J., and Pinho, M. S., Text input techniques for immersive virtual environments: An empirical comparison. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 46, 26 (2002), 2154–2158.
- [2] 竹内瞬, 蒔崎智之, 橋本昌巳, 香山瑞恵, 大谷真, 視線入力を用いた文字入力システムの開発, 第 8 回日本生体医工学学会甲信越支部長野地区シンポジウム, (2010), 11-12.
- [3] Agostino Gibaldi, Mauricio Vanegas, Peter J. Bex, Evaluation of the Tobii EyeX tracking controller and Matlab toolkit research, doi:10.3758/s13428-016-0762-9

<http://link.springer.com/article/10.3758/s13428-016-0762-9> (2016)

6 おわりに

本研究では、フリック方式を用いた視線による文字入力手法を提案し、表示する文字盤の面積を小さくしたうえで、従来の手法と同等程度の文字入力の精度、速度を得ることを目的とした。

実験結果から、タスク完了時間、エラー数、「操作はしやすかったか」、「入力したい文字キーをすぐ見つけることが