

## 空中におけるつまむ動作を用いた効率的な文字入力の手順 Mid-air Text Entry Method using Pinch Motion

小澤 宗馬†  
Soma Ozawa

梅澤 猛†  
Takeshi Umezawa

大澤 範高†  
Noritaka Osawa

### 1. はじめに

VR 環境においては、ジェスチャや手指の動作で仮想物体を操作することがある。3次元空間での仮想物体操作には、キーボードやマウスによる操作よりも、実際に物体に触れるかのような手法の方が高い操作性を期待できる。同様の環境において、文字を入力したいという要求がある場合にも、実際のキーボードを使わずに手指の動作で入力を行うことが求められる。

しかし、仮想キーボードを用いた空中での文字入力操作では、狭い領域を正確に指定することが難しく、意図しない連続入力や隣接する別のキーの誤選択など誤入力が多く発生する傾向にある。そこで本研究では、デスクトップ VR 環境における、誤入力の少ない文字入力手法について検討を行う。

細野ら[1]は、母音と子音それぞれを円環状に配置した仮想キーボードを使い、左右の手指の移動角度によって入力する文字を決定する手法を提案している。この手法の入力エラー率は約 90%と高く、1) 空中でのジェスチャ動作は支えがないために腕がぶれてしまい細かい領域を選択することが難しいこと、2) 入力操作中か待機中かの区別がない場合に誤入力・誤検知が多くなってしまい、という問題が示唆されている。本研究では、これら課題を解決し、空中での効率的な文字入力を実現することを目的とする。

### 2. 提案手法

本研究では、デスクトップ VR 環境において文字入力を行う際に、空中で指を触れ合わせる「つまむ」動作をキー選択に利用する手法を提案する。仮想キーボードとしては、現在スマートフォンで一般的なフリック入力方式のものを用いる。「つまむ」動作により、ユーザは入力操作中と待機中を異なる手の形で明示することができるため、入力の判定をするタイミングが取りやすくなる。「つまむ」動作では、人差し指と親指が接触するため、ユーザ自身が選択を確定したことを自覚しやすく、エラー率が低減すると期待できる。また、腕全体を動かす必要のある従来手法に比べ、指先のみでの小さな動作で完結するため入力時の腕のぶれを抑えることができる。

操作にはキーをつまむ動作で子音を選択し、続けて上下左右に移動することで、母音を選択して入力文字を確定する。ア段の文字を入力する際には、つまむ動作の後その場で指を開くことにより入力を確定する(図1)。

青木らによるタッチパネルを用いる研究[2]によると、キーを隙間なく連続して配置するよりも、キー間に隙間を作ることで選択ミスを減少させることができる。提案手法における適切なキー配置についても検討し、エラー率の減少を図る。

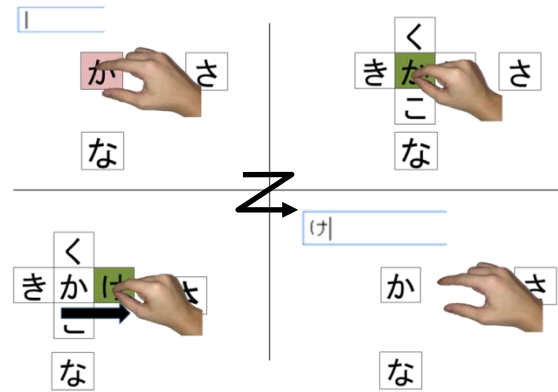


図1 提案手法による文字入力手順

### 3. 実験

提案手法の有効性を調べるため、21~23歳の右利きの大学生または大学院生8名を集めて被験者実験を行った。評価実験は、提案手法に適切なキー配置、提案手法による入力の操作性の2項目について行った。なお、実験には解像度1600×1200の23インチの液晶ディスプレイを用い、手指の動作検出にはLeap Motionを使用した。

評価実験に先立ち、実験に用いる2種の操作方法を理解するため、18文字の文をそれぞれの入力方法で行う練習を実施した。練習は、それぞれ正しい文を入力できるようになるまで繰り返し行った。

#### 適切なキー配列

提案手法に適したキーの大きさや配置を検討するために、キーの大きさをそれぞれ一辺30、60、90 pixelの正方形とする3通り、キーの間隔をそれぞれ0、40、80 pixelの3通りの合計9通りの仮想キーボードを使って、提案手法によりひらがな5文字を入力する比較実験を行った。

#### 操作性評価

提案手法に対する比較対象として、同一の仮想キーボードを使い、スクリーンに向けて空中で指を押し出し、続けて指をスクリーンと並行に移動させてキーを選択し、指を手前に引くことで入力を確定する手法を用いた。通常のタブレット操作を模した操作であるため、本研究ではタブレットエミュレーションと呼ぶ。

まず、提案手法を用いて19文字を入力する課題を行い、次にタブレットエミュレーションによって同一の文字を入力する課題を行った。なお、課題は全てキーの大きさ60 pixel、キーの間隔40 pixelで行った。

誤差の影響を軽減するために、2つの項目は2度ずつ実験を行った。全ての実験後には、提案手法の使用感を評価するため、5段階のリッカート尺度による質問6項目と自由記述による質問紙調査を行った。

† 千葉大学大学院融合研究科 Chiba University Graduate School of Advanced Integration Science

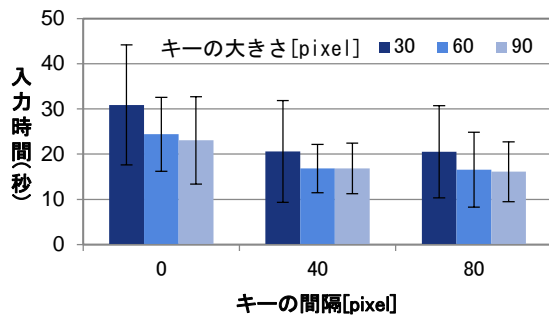


図2 キーの大きさと間隔に対する入力時間 (エラーバー: 標準偏差)

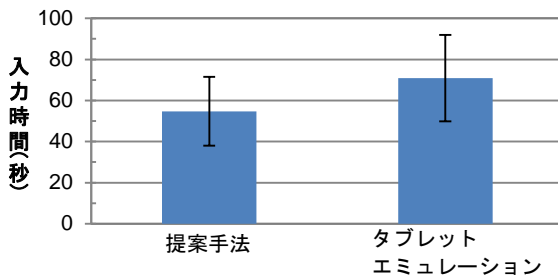


図3 入力手法に対する入力時間 (エラーバー: 標準偏差)

#### 4. 実験結果と考察

##### 適切なキー配列

9通りの仮想キーボード設定それぞれにおける、被験者全員の平均入力時間は図2の通りであった。入力時間について、それぞれの条件で分散分析を行った結果、キーの大きさでは一辺30 pixelと60 pixel、30 pixelと90 pixelの間の差は共に統計的に有意 ( $p < 0.001$ ) であり、キーの間隔では0 pixelと40 pixel、0 pixelと80 pixelの間の差は共に統計的に有意 ( $p < 0.05$ ) であった。

したがって、今回の実験ではキーの大きさについては60ないし90 pixel、キーの間隔については40ないし80 pixelであれば適切であると考えられる。

##### 操作性評価

2通りの入力手法による被験者全員の平均入力時間は、図3の通りであった。図3によると、提案手法は今回の実験ではタブレットエミュレーションに比べ高速に入力ができることがわかる。また2つの手法による入力時間の差は分散分析により統計的に有意 ( $p < 0.05$ ) であった。

##### エラー率

2つの実験項目における、被験者全員の平均エラー率 (誤入力数 ÷ 総入力数) は図5の通りであった。提案手法を用いた際の最小のエラー率はキーの大きさ1辺90 pixel、キーの間隔80 pixelの時で、12.1%であった。また、2つの入力手法を比較した際の提案手法による入力のエラー率は12.6%であったのに対し、比較対象となるエラー率は、ジェスチャ入力を利用した細野らの手法[1]で91.8%、空中での手書き入力を用いた手法[3]では24.7%、タブレットエミュレーションでは15.6%であった。したがって、比較対象に比べ、提案手法が優れている可能性が示唆された。

##### 質問紙調査による評価

質問紙調査に対する被験者全員の平均値は図4の通りであった。提案手法は、6項目中5項目でタブレットエミュ

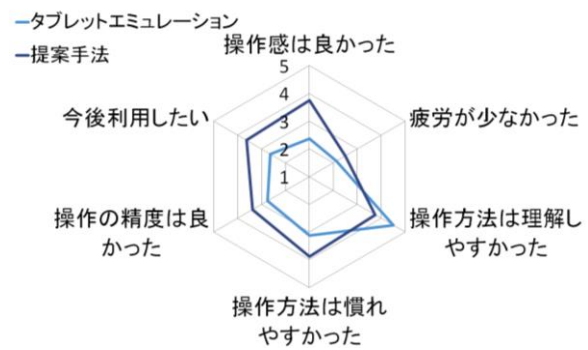


図4 質問紙調査の回答結果 (平均値)

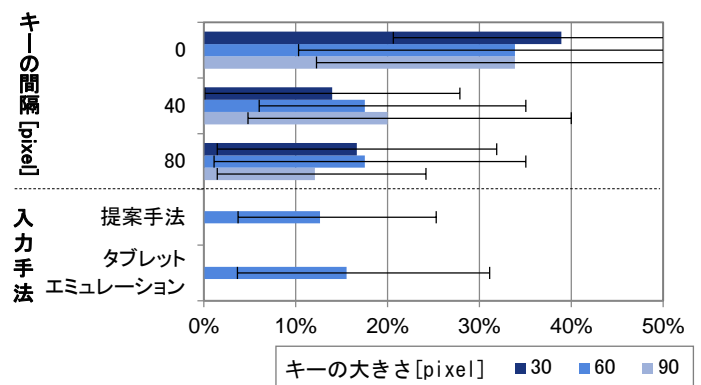


図5 全被験者の合計のエラー率 (エラーバー: 標準偏差)

レーションよりも良い評価を得られた。これは図3において提案手法が入力時間の点で優れている傾向と一致する。

提案手法は、操作方法の理解のしやすさでは比較手法に劣る結果であった。しかし、提案手法は操作方法に慣れやすく、一度理解すれば素早く入力できることを考慮すると大きな問題ではないと考える。また、どちらの手法も疲労感に関しては評価が低く、改善の余地がある。自由記述においてはア段 (中央) の文字が入力しづらいとの意見が多かった。

#### 5. まとめと課題

本研究では、「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。被験者実験の結果、平均エラー率は12.1%であり、空中で手書き入力を行う従来手法に比べ約10%低減することができた。質問紙調査からは、提案手法に対する使用感の評価が高かったことその他、操作性改善についての課題も得られた。今後は入力操作の改善や、濁音や記号、漢字変換の機能について検討していく予定である。

##### 参考文献

- [1] 細野 敬太, 笹倉 万里子, 田邊 浩亨, 川上 武志, “Leap Motion を用いたジェスチャによる文字入力手法の提案”, 人工知能学会全国大会論文集28, 2014.
- [2] 青木 良輔, 橋本 遼, 瀬古 俊一, 片岡 泰之, 井原 雅行, 渡辺 昌洋, 小林 透, “Drag&Flick: タッチスクリーンを用いた視覚障がい者向け文字入力方式”, 情報処理学会インタラクシオン, 2013.
- [3] 園田 智也, 村岡 洋一, “空中手書き文字入力システム”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, 情報・システム, II-パターン処理, J86-D-II (7), 2003.