

指先ジェスチャによる複数階層メニューのディスプレイ操作

小島 宏斗[†] 岡 誠[‡] 森 博彦[†]

東京都市大学総合理工学研究科[†]

東京都市大学情報工学部[‡]

1 はじめに

1.1 研究背景

近年 AR, VR の利用を目的とした HMD と呼ばれるウェアラブルデバイスの普及が進んでいる. 深度センサー等を用いたモーションキャプチャーによって手の動きを認識し操作する方法や, コントローラ・タッチパネルでの操作が主流である. しかし, センサーの認識範囲の問題や, デバイスを手に持つ必要があるという点では既存手法は最適な方法とは言えない. そこでリング型のセンサーなど小さなデバイスで操作を可能にする方法の一つとして放射状メニューが応用できると考える. 本研究はパイメニューのような放射状メニューを使って複数階層の操作をするにあたって, 平面上を軌跡で操作するマーキングメニューのような操作ではなく, 選択後その都度放射状メニューの中心位置に指差しを戻すような操作を実装し, 実験を行った.

1.2 近年の HMD の操作デバイスの問題点

Google HoloLens では深度センサーやモーションキャプチャセンサーを HMD の前面に搭載し, ボタンを模した仮想オブジェクトに触れる動作をすることで操作が可能となっている. また, EPSON のスマートグラスや Oculus の VR ヘッドセットではそれぞれタッチパネル付きのコントローラや専用のトラッキングコントローラを使うことによって操作が可能である. しかしモーションキャプチャセンサーでハンドトラッキングを行う方式ではセンサーの認識範囲内に手の高さを維持しながら操作する必要があり疲労感を感じやすい. また, コントローラを用いる方式は, 電車等での移動中など日常的に使用する場面においてはふさわしくないと考えられる.

1.3 操作方法に関する懸念点

マーキングメニューのように平面をなぞって操作する方法は直感性に優れており, 3D CAD 等で一般的に利用されている利点がある. しかし, ドロップダウンメニューなど複数階層のメニュー操作が必要な場面も多くある. そのように複数階層に操作が及んだ際にマーキングメニューのような方式だと1つ目のメニュー項目を指した先で再び放射状メニューを開く必要があるため, 空中操作に適用するとすると操作動作が大きくなり, 社会的受容性の観点やユーザーへの負担の観点からふさわしくないと考えられる.

Finger gesture for hierarchical menu with movement back to center position.

[†] Tokyo City University Graduate School Integrative Science and Engineering

Hiroto Kobatake, Hirohiko Mori.

[‡] Tokyo City University Information Technology
Makoto Oka

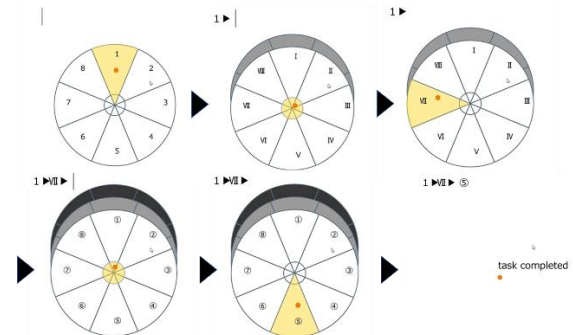


図1 操作画面の遷移図(1→7→5を操作した場合)

2 関連研究

ステレオカメラと赤外線センサーを用いた手のモーショントラッキングデバイスを用いた研究では福仲らの研究[1]が挙げられ, VR 環境での空中フリック入力を提案している. HoloLens と同様, センサーで手の位置・動きを読み取り, 空中に手を浮かせた状態で操作をするが, ユーザーに疲労感を与えることが一つの問題点となった. 柴山らの研究[2]では, 今回想定しているような円形の放射状メニューの領域指し分け能力の検証を行い8分割領域の指し分けが限度であり, 8 番領域(掌屈方向 45°, 撓屈方向 45°)の指差し能力が低いこと, 外側と内側で2重に領域数を増やしても指し分けが難しいことが明らかになった.

3 目的

本研究では何階層であっても操作できるようなシステムとして, 選択後その都度放射状メニューの中心位置に指差しを戻すような操作を実装した. 本研究では, (1)決定に用いる中心部分の円のサイズ(2)放射状メニューの中心位置の調整(3)判定方法による操作時間やタスクの成功率などを実験を通して明らかにしていく. 中心の円のサイズについては予備実験で被験者から, 中心に近づくにつれて領域の幅が小さくなることにより操作のしにくさ, ミスが発生していたため考慮することとした. 中心位置の調整については手首の可動域が尺屈方向(小指方向の可動域)よりも撓屈方向(親指方向の可動域)が 30° 程度小さいことから, 中心位置を尺屈方向にずらすことにより成功率, 操作時間等に影響が出る可能性もあったため検討した.

4 実装方法

MPU9250 に搭載されている加速度センサー, ジャイロセンサーのみを使用し, そのセンサーデータを Raspberry pi4 model B で取得する形とした. カルマンフィルタで3軸の回転角度に変換し, 指先方向をx軸とする y-z 平面に射影した座標と放射状メニューをディスプレイに写し, 被験者にはそのディスプレイを見

表 1 各パターンの成功率

50サンプルの多数決による決定			直前の1サンプルの選択領域による決定		
下方向	水平方向	成功率	下方向	水平方向	成功率
10.0° 96.25%	10.0° 95.82%	96.03%	10.0° 94.17%	10.0° 87.07%	90.61%
12.5° 98.28%	12.5° 97.50%	97.89%	12.5° 97.00%	12.5° 94.58%	95.77%
15.0° 97.06%	15.0° 97.92%	97.49%	15.0° 93.70%	15.0° 95.42%	94.56%
17.5° 98.31%	17.5° 98.75%	98.53%	17.5° 96.20%	17.5° 98.75%	97.48%
20.0° 97.49%	20.0° 98.74%	98.12%	20.0° 98.75%	20.0° 99.58%	99.16%
97.47%	97.75%		95.25%	94.91%	

ながら操作してもらった。図 1 にその模式図を示す。

5 実験方法

被験者は男女 10 人(22~27 歳)で 6 軸センサーデバイスを手右に装着した状態で、以下のタスクをディスプレイを見ながら操作してもらった。

- ・ 8 分割領域を 3 段階連続で操作する
- ・ 条件は(1)地面と水平方向を中心とする(2)手首を下に下げ、その位置を中心とする、計 2 種類
- ・ 各パターンで決定に用いる中心円の大きさを 10 度から 20 度まで 2.5 度刻みで計 5 種類
- ・ 計 10 パターンについてそれぞれ 3 段階の指差しを 8 回行った。(図 1 に 1→7→5 を指した例を示す。)

6 結果

6.1 タスクの成功率の観点

各パターンでの成功率を表 1 に示す。また判定方法を(1)中心の円内に入ったタイミングから直近 50 サンプルでの多数決(2)直前の 1 サンプルでの決定、の 2 つの方法を比較した。多数決の方法は、中心の円が小さい場合に、中心に近づくほど各領域の幅が小さくなるため、目標の領域の両隣の領域にはみ出してしまいう可能性があったため、おおむねその領域を指せていれば選択を完了できる方法が必要だと考えたためである。表 1 のようにどちらの判定方法であっても中心の円のサイズが大きくなるにしたがって成功確率が高くなることから分かる。特に直前の 1 サンプルの指差し領域を用いた判定結果では、最小の中心の円の大きさと、最大の円の大きさでは約 8%の成功率の違いがあった。

また中心の円のサイズが小さい場合には多数決による決定等、幅の小ささを考慮した判定を行うほうが成功率は高く、逆に中心の円のサイズが大きい場合には直前の 1 サンプルの指差し領域による判定で十分であることが考えられる。

6.2 操作時間の観点

2 段階目の操作にかかった時間、3 段階目の操作にかかった時間データの各水準間の違いを明らかにするため、中心の位置要因(2 水準:地面と水平方向、尺屈方向に手首を少し曲げた状態)と決定に用いる中心の円の大きさ要因(5 水準:10.0°、12.5°、15.0°、17.5°、20.0°)を要因とする二元配置分散分析を行った。その結果を図 2 に示す。

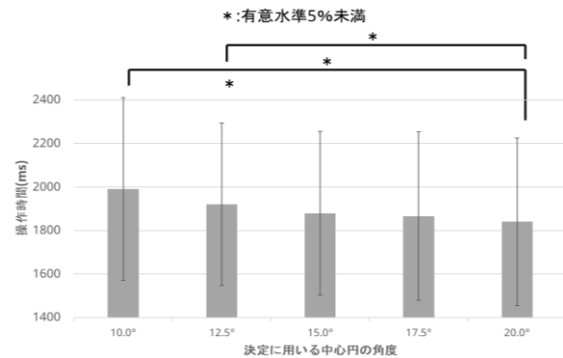


図 2 1 操作あたりの操作時間

その結果、中心円の大きさ要因の中で、10.0° の場合より 15.0°、10.0° より 20.0°、12.5° より 20.0° のほうが操作時間が短いことが認められた($p < 0.05$)。また交互作用は認められなかった。これらの結果や平均値などから中心の円の大きさが大きいことにより操作時間は短くなることが考えられる。

6.3 主観評価について

10 パターンの操作それぞれの終了時に、「疲労感を感じたか」「操作のしやすさ」の 2 つの観点で 7 段階の評価をしてもらい、2 要因 5 水準での二元配置分散分析を行ったが有意水準 5% で有意差はなかった。

6.4 各段階の成功率について

1 段階目が円の中心から操作が始まるのに対し、2 段階目、3 段階目の操作は中心以外から操作が始まるため、成功率に差が出ると考えられる。直前の 1 サンプルのでの判定、直前 50 サンプルの多数決による判定方法の成功率のデータを用いて段階ごとの一元配置分散分析を有意水準 5%で行ったものの有意差はなかった。

7 まとめ

中心の円の大きさについては大きくなるほど操作時間が短く、成功率が高くなる傾向が見られた。中心位置の変更による効果については今回の実験・分析では認められなかった。判定方法については中心の円の大きさによって適した方法を用いるべきであることが分かった。

8 今後の展望

決定のための中心の円のサイズについては、20.0° より大きくした場合にどのような結果になるかの検討が行えていないため、検討が必要である。また、このシステムの有用性を既存の HMD の操作方法と比較することなどにより、明らかにしていく必要がある。

参考文献

- [1] 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" IPSJ SIG Technical Report vol.2019-HCI-182
- [2] 3 次元空間における人差し指を用いた 指し分け領域の検証 柴山一雄、森博彦、岡 誠 "日本人間工学会関東支部第 46 回大会"