

VR 空間操作コマンドとしてのアイジェスチャ UI 特性分析 (7) --視線の Kuiper Belt 領域における選択操作--

池田 滉成[†] 市原 端士[‡] 橋口 哲志[§] 柴田 史久[‡] 木村 朝子[‡]

立命館大学 情報理工学部[†] 立命館大学大学院 情報理工学研究科[‡]

立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構[§]

1. はじめに

VR 空間操作では、ハンドジェスチャやフィンガジェスチャなど、状況やタスクに応じて UI を選ぶことができる。VR 空間での操作は煩雑であるため、片手／両手が別の用途やデバイスで塞がる場合には他の身体動作を用いたジェスチャが割り当てられることも多い。

身体動作を用いたジェスチャの中でも有望なのが、眼球や瞼等の目周辺の身体動作（以下、アイジェスチャ）である[1]。我々は、先行研究[2]において 5 種類のアイジェスチャ（「注視」「瞬き（両目を閉じる）」「ウインク（片目を閉じる）」「見開く」「細める」）を選定し、VR 空間操作コマンドにおける UI 特性を分析した。しかし、日常生活での無意識な目の動きとアイジェスチャが混同し、誤作動するという問題も確認された。

一方、視線を用いた操作では誤入力を低減する効果的な手法が提案されている。Choi ら [3] は、日常生活で使用しない視線角度の領域（以下、Kuiper Belt 領域：25 度～45 度の範囲）にメニュー項目を配置することで、エラー率が大幅に低下することを確認した。同研究では、視線に注視を組み合わせた場合の有用性を示しているが、他のアイジェスチャを組み合わせた場合については検討されていない。

そこで本研究では、他のアイジェスチャを利用する場合でも Kuiper Belt が有効であるかを確認する。

2. アイジェスチャの認識

本研究では、表 1 に示すアイジェスチャ（ウインクは左右別）に注視のアイジェスチャを加えた 6 種類を対象とする。視線方向と目の開き具合

表 1：各アイジェスチャのパラメータ

ジェスチャ	入力動作
瞬き	両目を閉じてから 500ms 以内に目を開く
ウインク	片目を閉じてから 500ms 以内に目を開く
見開く	目の開き具合が 1.0 で、 上瞼の開き具合が 0.85 以上
細める	目の開き具合が 0.2 以上 0.7 以下

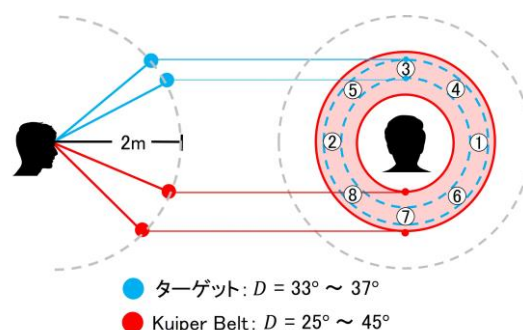


図 1：Kuiper Belt を導入した実験環境

が検出可能な HMD（HTC VIVE Pro Eye）を利用し、[2]に示す方法でアイジェスチャを認識する。HMD から得られる情報の処理や仮想物体の描画には、ゲームエンジンである Unity を用いた。各アイジェスチャの認識のパラメータは表 1 に示す通り。

3. 評価実験

【実験内容】Kuiper Belt 導入による各アイジェスチャの UI 特性について評価することを目的とする。実験ではシンプルかつ頻繁に使用されるタスクとして選択タスクを行わせた。

図 1 のように Kuiper Belt 領域に配置された仮想物体を選択する課題を実施した。Choi ら[3]の実験を参考にし、VR 空間において実験協力者の視線が頭部正面方向に対して上方向 33°，下方向 37° の範囲の位置（前方 2m）に、8 つ球体を配置した。8 つの球体には重複しないように①～⑧の数字がランダムに割り振られ、実験参加者はそれらの中から①～③のターゲットを順番に視線で捉え、アイジェスチャを用いて選択していく。各アイジェスチャの実験後、主観評価として NASA Task Load Index (NASA-TLX) を用いて作業負荷、System Usability Scale(SUS) を用いて使いやすさについて回答させた。実験参

Characteristic Analysis of Eye Gesture UI as a VR Space Operation Command (7) --Targets Selection in Kuiper Belt Region with Gaze--

[†] College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

[§] Ritsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University

加者は男性 13 名、女性 5 名の合計 18 名（平均年齢 22.6 歳（SD 1.1））であった。

【誤認の結果】結果を図 2 に示す。エラー回数の分析には、6 つのアイジェスチャを要因として Friedman 検定を行った。その結果、入力方法間で有意差が認められた ($\chi^2 = 11.43$, $df = 5$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.12$)。さらに、下位検定として Bonferroni 法を用いた多重比較を行った結果、「瞬き」と「右ウイंक」の間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。

【NASA-TLX の結果】結果を図 3 に示す。総合的な作業負荷の分析には、6 つのアイジェスチャを要因として Friedman 検定を行った。その結果、入力方法間で有意差が認められた ($\chi^2 = 21.7$, $df = 5$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.24$)。さらに、下位検定として Bonferroni 法を用いた多重比較を行った結果、「瞬き」と「右ウイंक」の間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。

【SUS の結果】結果を図 4 に示す。使いやすさの分析には、6 つのアイジェスチャを要因として Friedman 検定を行った。その結果、入力方法間で有意差が認められた ($\chi^2 = 22.63$, $df = 5$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.25$)。さらに、下位検定として Bonferroni 法を用いた多重比較を行った結果、「瞬き」と「見開く」 ($p < 0.01$)、「瞬き」と「細める」、「左ウイंक」と「細める」の間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。

【考察】エラー回数は「瞬き」と「右ウイंक」に有意差があったが、既存手法の「注視」と他の 5 種類のアイジェスチャの間には有意な差異が認められなかった。このことからエラー回数の観点では Kuiper Belt の活用は他のアイジェスチャについても注視と同程度有効である可能性が示唆された。

NASA-TLX と SUS では、「瞬き」が作業負荷・使いやすさともに評価が高かった。これは日常的な動作で身体的な負荷が少ないことが原因として考えられる。一方、「見開く」「細める」は使いやすさの点で低い評価となった。これらのアイジェスチャではメニュー選択時にその上下のターゲットが無意識に選択されてしまう場合があり、これが低評価の原因として考えられる。

4. まとめ

本稿では VR 空間でのアイジェスチャ操作に Kuiper Belt の導入し、先行研究で使用された「注視」だけでなく他のジェスチャについても UI 特性を分析した。その結果、他のアイジェスチャでも Kuiper Belt の効果を一部確認できたが、評価の低いジェスチャもあることが分かった。

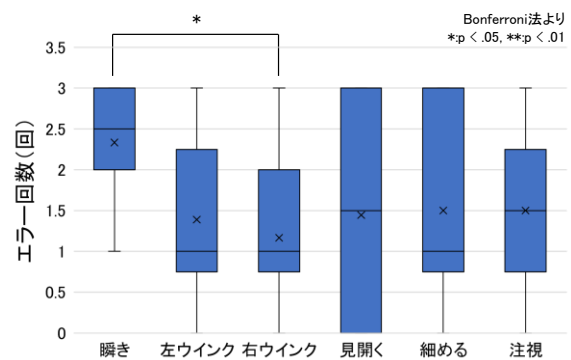


図 2 : エラー回数の結果

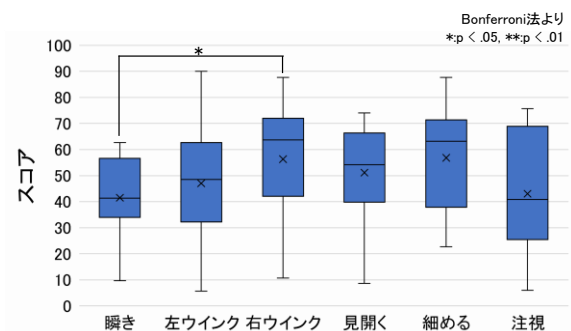


図 3 : NASA-TLX の結果

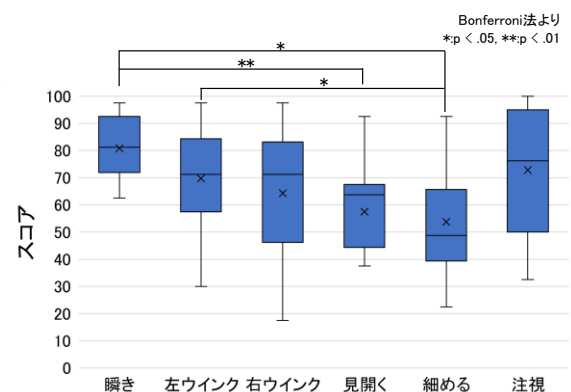


図 4 : SUS の結果

参考文献

- [1] K. Masai, K. Kunze, D. Sakamoto, Y. Sugiura, and M. Sugimoto: "Face Commands User Defined Facial Gestures for Smart Glasses," Proc. IEEE ISMAR, pp. 374 - 386, 2020.
- [2] 夏目達也, 内村裕也, 柴田史久, 木村朝子: "VR 空間操作コマンドとしてのアイジェスチャ UI 特性分析 (1) 単一アイジェスチャの特性分析", 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-HCI-192, No. 12, pp. 1 - 8, 2021.
- [3] M. Choi, D. Sakamoto, and T. Ono: "Kuiper Belt: Utilizing the "out-of-natural angle" region in the eye-gaze inter-action for virtual reality," Proc. CHI 2022, No. 357, pp. 1 - 17, 2022.