

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 (8) - 高齢者のアイジェスチャUI設計に向けた選好調査 -

池田滉成^{*1} 大濱陵^{*2} 市原端士^{*1} 橋口哲志^{*3} 柴田史久^{*1} 木村朝子^{*1}

Characteristic Analysis of Eye Gesture UI as a VR Space Operation Command (8)
- A Preference Survey on Eye Gesture UI Design for Older Adults -

Kosei Ikeda^{*1}, Ryo Ohama^{*2}, Mizuto Ichihara^{*1}, Satoshi Hashiguchi^{*3},
Fumihisa Shibata^{*1}, Asako Kimura^{*1},

Abstract - With the advancement of virtual reality (VR) technology, there has been growing interest in immersive and intuitive input methods. Among these, eye-based interactions—“eye gestures” that involve eye movements such as gaze shifts and blinking—have recently gained attention. However, the usability of eye gestures in VR environments, particularly for older adults, remains underexplored. This study investigates which types of eye gestures are suitable for elderly users in VR operations. We defined three types of eye gestures—single, sequential, and parallel—and conducted a user study involving five VR interaction tasks (selection, grabbing, color change, zoom-in, and zoom-out). Participants watched video demonstrations of each task and reported which gestures they found easiest to use. Results indicated that single eye gestures were most preferred across tasks. Furthermore, older adults tended to prioritize ease of execution and intuitive task compatibility.

Keywords : VR, Eye Gestures, Gaze input, User Interface

1. はじめに

VR 空間におけるコマンド操作では、ハンドジェスチャやフィンガジェスチャ[1,2]が既に実用域に達している。これらと同様に、眼球や瞼など目の周辺の動作をUI操作に用いる「アイジェスチャ」にも注目が集まっている[3,4]。アイジェスチャは、スイッチやボタンといった物理デバイスの代替手段として活用できる可能性があり、特に片手・両手が他の作業で塞がっている状況において、ハンズフリーで操作可能な点が強みである。さらに、VRやAR/MRといった両手・両足を用いる空間体験では、アイジェスチャによるUI操作は有用性が高い。

一方で、日常動作との誤認識や眼精疲労など、アイジェスチャ特有の課題も指摘されている。そのため、設計や実装だけでなく、実際の利用シーンで有効かどうかを検証することが重要である。我々はこうした課題を踏まえ、アイジェスチャの体系化に取り組んできた。

先行研究[5]では、「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」の5種類の単一アイジェスチャを抽出し、VR空間操作を4種類のパターン(単発入力/継続入力×ON/OFF操作/値変更操作)に整理した上で、UI特性を分析した。その結果、単一アイジェスチャは無意識動作との混同やジェスチャ種類の少なさといった課題があることが示唆された。

次の段階として、2つのアイジェスチャを連続して行う「直列型アイジェスチャ」と、同時に行う「並列型アイジェスチャ」を提案し、そのUI特性を検討した[6]-[8]。これらの研究はいずれも若年者を対象に行われたが、近年では高齢者がVRを活用することが期待されており、認知・運動機能の低下を考慮したUI設計が求められる[9]-[11]。

そこで、本研究では、高齢者群(Older)と若年者群(Younger)を対象に、単一・直列・並列の3種類のアイジェスチャにおける選好パターンを比較した。さらに、インタビューによる定性的分析を通じて、高齢者の視点から評価を行った。

2. アイジェスチャの設計

2.1 単一アイジェスチャ

単一アイジェスチャは、先行研究[5]に基づき、6種類の動作「Bk(瞬き:Blink)」「Lw(左ウインク:Left wink)」「Rw(右ウインク:Right wink)」「Op(見開く:Open)」「Sq(細める:Squint)」「Gz(注

*1: 立命館大学大学院 情報理工学研究科

*2: 立命館大学 情報理工学部

*3: 立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構

*1: Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

*2: College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

*3: Ritsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University

視：Gaze)」を対象とした。

- 「Bk」は両目を閉じて開く動作（一定時間閉じる場合も含む）である。
- 「Lw」は左目のみ、「Rw」は右目のみを閉じて開く動作（一定時間閉じる場合も含む）である。
- 「Op」は両目を大きく開く動作であり、「Sq」と逆の動作にあたる。
- 「Sq」は薄目にする動作で、「Op」と対になる。
- 「Gz」は一定の位置を見続ける動作である。

以降、本文や図表ではこれらのジェスチャを略記（Bk, Lw, Rw, Op, Sq, Gz）で表記する場合がある。

2.2 直列型アイジェスチャ

直列型アイジェスチャは、2つのアイジェスチャを連続して行う動作である。例えば、Lw→Rw（左ウインク→右ウインク）のような動作が該当する。本研究では、第1動作を主動作、次の動作を「副動作」と呼ぶ。

構成要素は6種類（Bk, Lw, Rw, Op, Sq, Gz）だが、「Gz」は組み合わせ動作に不向きであるため除外した。したがって、第1動作・第2動作はそれぞれ5種類（Bk, Lw, Rw, Op, Sq）から選べ、計 $5 \times 5 = 25$ 通りの組み合わせが存在する [7]。本文中では「主動作→副動作」の形式で表記する。例えば、Op→Bkは「見開く→瞬き」を意味する。

2.3 並列型アイジェスチャ

並列型アイジェスチャは、2つのアイジェスチャを同時に行う動作である。例えば「Op&Lw（見開く&左ウインク）」のように、主動作の「Op」を行いながら副動作の「Lw」を行うケースが該当する。

構成要素は6種類（Bk, Lw, Rw, Op, Sq, Gz）だが、「Gz」は組合せ動作に不向きなため除外した。さらに次の場合も評価対象外とした：

- 主動作が「Bk」である場合
- 定義上不可能な組み合わせ（例：「Op&Sq」）
- 同一動作の組み合わせ（例：「Lw&Rw」）

これにより並列型アイジェスチャは計12通りの組み合わせとなる [8]。本文中では「主動作&副動作」の形式で記載し、図表でも同様に略記を用いる。例えば「Op&Lw」は「見開く&左ウインク」を意味する。

3. 実験

3.1 目的

本研究は、VR空間における単一・直列・並列型アイジェスチャについて、高齢者と若年者の選好パターンを比較し、インタビューに基づく質的分析を通じて選択理由を明らかにすることを目的とする。これにより、年齢層に応じたUI設計の指針を得ることを目指す。

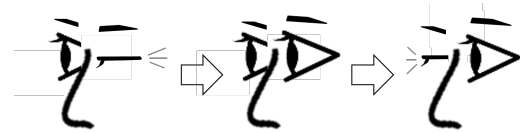


図1: 直列型アイジェスチャ（例：左ウインク→右ウインク）

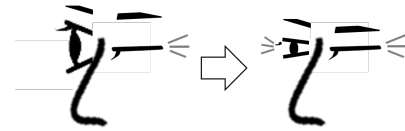


図2: 並列型アイジェスチャ（例：左ウインク + 細める）

3.2 課題

参加者は5種類の課題を示す動画を視聴し、各課題で最も使いやすいと感じるアイジェスチャを選定した。これらの課題は先行研究 [5] と同様である。

タスク1では、図3に示すように、目標の数字が描かれたオブジェクトを視線で捉え、ランダムに指定されたアイジェスチャを実行して選択する。タスク2では、図4に示すように、オブジェクトを視線で捉え、指定されたアイジェスチャで掴んだ後、目標地点まで移動させる。タスク3では、図5a, 5bに示すように、アイジェスチャで正面のオブジェクトの色を切り替え、目標の色になるまで変更を繰り返す。タスク4およびタスク5では、図6a, 6bに示すように、第2動作を継続することで立方体のサイズを変更し、指定の大きさに到達させる。タスク4では拡大、タスク5では縮小を行う。

3.3 手順

実験の手順は以下のとおりである。各試行では、使用するアイジェスチャとそれに対して実施するタスクをランダムに決定し、対象タスクにおいて最も使いやすいと感じるアイジェスチャを参加者に選択させた。この手順を、残りのアイジェスチャおよびタスクに対しても繰り返した。

- (1) 単一・直列型・並列型のいずれかをランダムに選択し、そのアイジェスチャに関する説明を行う。
- (2) 5種類のタスクの中からランダムに1つを選択する。
- (3) 選択されたタスクを説明し、タスク実行の動画を提示する。
- (4) 対象タスクにおいて最も使いやすいと感じるアイジェスチャを参加者に回答させる。

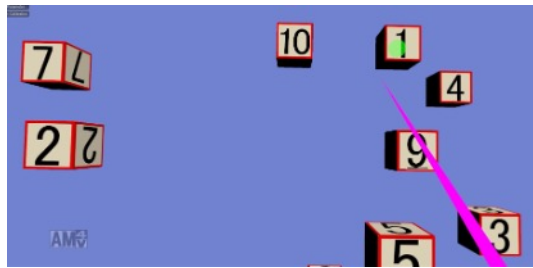


図 3: タスク 1 の様子

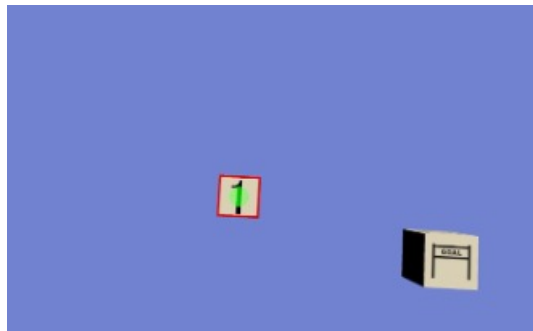


図 4: タスク 2 の様子

- (5) 残りのタスクに対しても、手順 (2)～(4) を繰り返す。
- (6) 選択理由等についてインタビューを実施する。
- (7) 残りのアイジェスチャについても、手順 (2)～(6) を繰り返す。

3.4 実験参加者

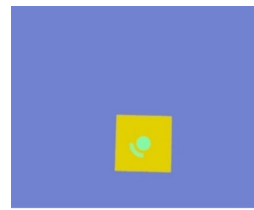
本実験は、65 歳以上の高齢者 10 名（65 歳～76 歳の男性 4 名、女性 6 名）が参加した。これらの参加者を、参加者 A J とした。実験は立命館大学大阪いばらきキャンパスの B 棟 B412 で行った。参加者 A と B と C、参加者 D と E と F、参加者 G と H と I、参加者 J がそれぞれ同じ日の実験に参加した。実験時間は 1 回約 60 分だった。参加者 B と C と H と I は、VR の使用経験があり事前アンケートで回答した。若年者では本学情報理工学部 に在学する大学生 17 名が対象となった。

3.5 評価方法

本稿では、実験に参加した高齢者の実験中の様子、およびインタビュー結果を中心に考察する。実験中の様子は、カメラで撮影を行った。本稿では、実験参加者が各タスクにおいて使いやすいと回答したアイジェスチャとその理由、実験中にアイジェスチャに対してどう感じていたかについて、主な発言を抽出して記述する。

3.6 単一アイジェスチャの結果

【アンケートの結果】高齢者群 (Older) および若年者群 (Younger) における各タスク（タスク 1～タ

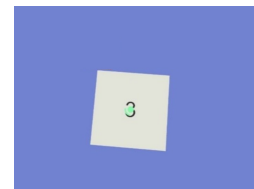


(a) 色の提示シーン

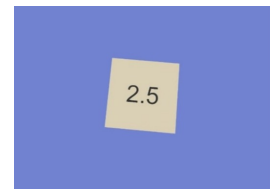


(b) タスク実施中の様子

図 5: タスク 3 の様子



(a) サイズの提示シーン



(b) タスク実施中の様子

図 6: タスク 4 とタスク 5 の様子

スク 5) の単一アイジェスチャ選好に関する標準化残差のヒートマップを図 7 に示す。縦軸の英字ラベルはそれぞれ Bk: 瞬き, Lw: 左ウインク, Rw: 右ウインク, Op: 見開く, Sq: 細める, Gz: 注視を表す。以降、図中の入力方法に関する表記はすべて同様である。セル内の数値は各群の標準化残差 (z 値) と統計的有意性を示す記号 ($**p < 0.01$, $*p < 0.05$, $+p < 0.1$) である。カラースケールは標準化残差の値を示し、赤系は若年者群 (Younger) が期待値より多く選択した場合、青系は高齢者群 (Older) が期待値より多く選択した場合を示す。色の濃淡は偏差の大きさを表し、標準化残差の絶対値が $|z| > 1.96$ の場合 ($p < 0.05$)、統計的に有意な差があるとみなされる。白色は期待値に近い選択を、灰色の “NA” セルはゼロ周辺和により検定から除外された項目を示す。

高齢者群と若年者群のアイジェスチャ選好パターンを比較するため、各タスク（タスク 1～タスク 5）に対してモンテカルロシミュレーション（10,000 回反復）付きカイ二乗検定を実施した。その結果、タスク 1 ($p = 0.0485$, Cramér の $V = 0.617$) およびタスク 4 ($p = 0.027$, $V = 0.548$) において、高齢者群と若年者群との間に統計的に有意な選好差が認められた。特に、これらのタスクでは「Op (見開く)」ジェスチャが群間差に大きく寄与しており、タスク 1 では高齢者群が期待値より多く選択し ($z = 2.204$, $p = 0.0275$)、タスク 4 では若年者群が期待値より多く選択する傾向が見られた ($z = 2.651$, $p = 0.008$)。タスク 3 では有意水準 10% で弱い差の傾向が認められた ($p = 0.093$, $V = 0.540$)。一方、タスク 2 およびタスク 5 では有意差は確認されなかった ($p > 0.1$) が、効果量として

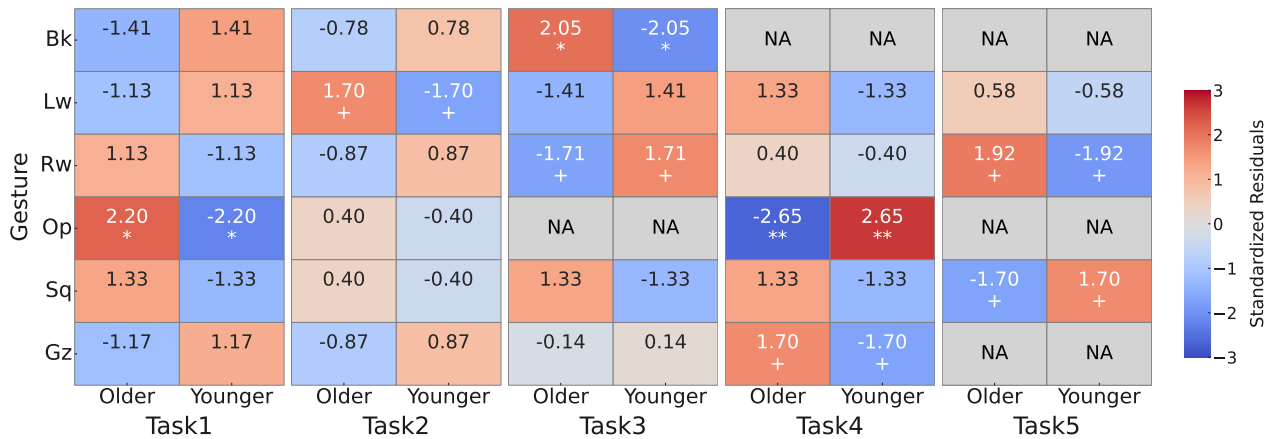


図 7: 実験結果：単一アイジェスチャの選好（高齢者・若年者）

は中程度の差が示された ($V \approx 0.4$)。

さらに、残差分析の結果、標準化残差の絶対値が $|z| > 1.96$ のセルはタスク 1 およびタスク 4 に集中しており、これらが群間の選好差に強く寄与していることが確認された。特に、タスク 1 の「Op」における標準化残差は $z = 2.204$ ($p = 0.0275$) で、高齢者群が期待値より多く選択していた。タスク 4 では同じく「Op」で $z = 2.651$ ($p = 0.008$) が観察され、若年者群が期待値より多く選択する結果となった。このような標準化残差のパターンは、特定のジェスチャが群間の選好差に大きく影響していることを示唆している。

【高齢者へのインタビュー】

選択の課題（タスク 1）では「Op（見開く）」が最も使いやすいとのインタビュー結果が得られた。参加者からは「両目でしっかり見えている方がやっぱり良いと思う」（参加者 G）、「やりやすいから」（参加者 H）といった意見があり、選択対象を両目で確認できることや操作のしやすさが評価されていた。その他のアイジェスチャについても、参加者はこの課題において使いやすさを基準に選択する傾向がみられた。

掴みの課題（タスク 2）では「Lw（左ウインク）」および「Gz（注視）」が使いやすいと回答する参加者が多かった。「Lw」を選んだ参加者は「まぶたとか、目を閉じることで物を掴むような感じ」（参加者 F）と述べ、目を閉じる動作を掴む動作に関連付けていた。一方、「Gz」を選んだ参加者からは「一番やりやすそうかなと思って、見続けるだけだし」（参加者 C）、「注視して動かす方がやりやすいと感じた」（参加者 I）との意見があり、課題との関連性よりも操作の容易性や直感性が重視されていた。

色変更の課題（タスク 3）では「Bk（瞬き）」が最も使いやすいと評価された。「色が変わるなら瞬きの方がいいかな。パチッと切り替えるイメージだから」

（参加者 H）、「目を閉じたら変わってくれるので、パッパッと切り替わる」（参加者 E）といった意見があり、瞬きを切り替え操作に関連付ける考えが多かった。また、「色が残るのでリセットしたい」（参加者 D）と述べ、視覚疲労や刺激の軽減も理由に挙げられた。

拡大の課題（タスク 4）では「Op（見開く）」が最も使いやすいとされた。「拡大のイメージと目を大きくする動きが似ているので、忘れてもすぐできそう」（参加者 B）、「深く考えずにイメージでできそう」（参加者 I）といった意見があり、目の動きと課題の関連性を重視する傾向がみられた。次いで多かったのは「Gz（注視）」で、「ずっと見ていたら大きくなるから楽かなと思った」（参加者 F）、「見ている間ずっと大きくなるのが自然」（参加者 D）との意見があった。

縮小の課題（タスク 5）では「Sq（細める）」が最も使いやすいとされた。「縮小しているから細めるかな。直感的にできそう」（参加者 B）、「縮小とイメージが似ている」（参加者 C）、「視野が狭くなる動きが、絵が小さくなることと連動する」（参加者 F）といった意見があり、目を細める動作と縮小操作との直感的な関連性が確認された。

3.7 直列型アイジェスチャの結果

【アンケートの結果】 高齢者群（Older）および若年者群（Younger）における各タスク（タスク 1～タスク 5）の直列型アイジェスチャ選好に関する標準化残差のヒートマップを示す（図 8）。縦軸の英字はそれぞれ Bk：瞬き、Lw：左ウインク、Rw：右ウインク、Op：見開く、Sq：細めるを表している。例えば、Lw → Op は第 1 動作「左ウインク」、第 2 動作「見開く」の直列型アイジェスチャを表している。以降、図中における入力方法は、全て同様の表記で示す。ヒートマップに関するその他の説明は単一アイジェスチャと同様である。

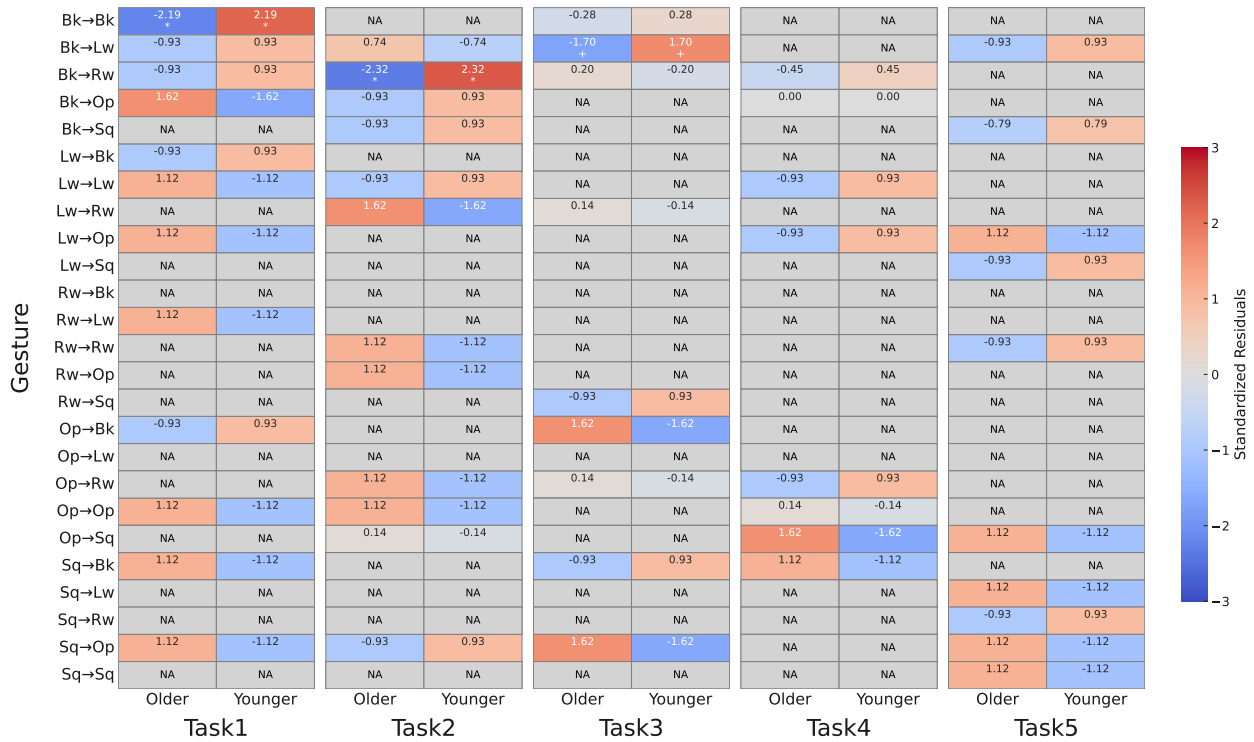


図 8: 実験結果：直列型アイジェスチャの選好（高齢者・若年者）

高齢者群 (Older) と若年者群 (Younger) における直列型アイジェスチャの選好パターンを比較するため、各タスク（タスク 1～タスク 5）に対してモンテカルロシミュレーション（10,000 回反復）付きカイ二乗検定を実施した。その結果、タスク 1 ($p = 0.0252$, Cramér の $V = 0.841$) において、高齢者群と若年者群との間に統計的に有意な選好の差が認められた。特に、タスク 1 では「Op（目を開ける）」ジェスチャが群間差に大きく寄与しており、高齢者群がこのジェスチャを期待値より多く選択していた ($z = 1.625$, $p = 0.1042$)。また、タスク 2 では有意水準 10% で弱い差の傾向が見られ ($p = 0.0772$, $V = 0.830$)、「Bk → Rw」ジェスチャにおける標準化残差が $z = -2.322$ ($p = 0.0202$) と有意であり、若年者群が期待値より多く選択していたことが示唆された。一方、タスク 3～タスク 5 では統計的に有意な差は確認されなかった ($p > 0.1$) が、タスク 3 ($V = 0.643$) およびタスク 5 ($V = 0.660$) では効果量の中～大程度を示し、群間に一定の差が存在する可能性が示された。残差分析の結果、標準化残差が $|z| > 1.96$ を超えるセルはタスク 1 およびタスク 2 に集中しており、特定のジェスチャが群間の選好差に関与していることが示唆された。

残差分析の結果、標準化残差が $|z| > 1.96$ を超えるセルはタスク 1 およびタスク 2 に集中していた。特にタスク 1 では「Bk → Bk」で $z = -2.189$ ($p = 0.0286$) が観察され、若年者群 (Younger) が期待値より多く

選択する傾向が認められた。一方、高齢者群 (Older) は「Bk → Op」、「Lw → Lw」、「Lw → Op」などのジェスチャで期待値より多く選択する傾向があり、これらの標準化残差は $z = 1.625$ ($p = 0.1042$) など有意水準 10% 以内で差を示した。

タスク 2 では「Bk → Rw」における標準化残差が $z = -2.322$ ($p = 0.0202$) で有意差を示し、若年者群が期待値より多く選択していた。また、「Lw → Rw」や「Rw → Rw」でも高齢者群の選択が期待値を上回り、標準化残差はそれぞれ $z = 1.625$ ($p = 0.1042$)、 $z = 1.121$ ($p = 0.2622$) であった。タスク 3～タスク 5 では $|z| > 1.96$ のセルは見られなかったが、一部のジェスチャにおいて弱い差の傾向が確認された（例：「Op → Sq」で $z = 1.625$, $p = 0.1042$ ）。これらの結果は、特定のジェスチャが群間差に寄与し、高齢者群と若年者群の選好パターンに異なる特徴があることを示唆している。

【高齢者へのインタビュー】

選択の課題（タスク 1）では、直列型アイジェスチャの組み合わせに特に偏りは見られず、回答は全体的に分散していた。第 1 動作として「Bk（瞬き）」を選択する参加者が比較的多く、「瞬きは簡単だから選んだ」（参加者 J）、「一番簡単ですよ」（参加者 B）といった意見が得られた。これは、第 1 動作において参加者が簡単だと感じる動作を選ぶ傾向を示唆している。また、第 2 動作については「たくさん選択肢があるので、

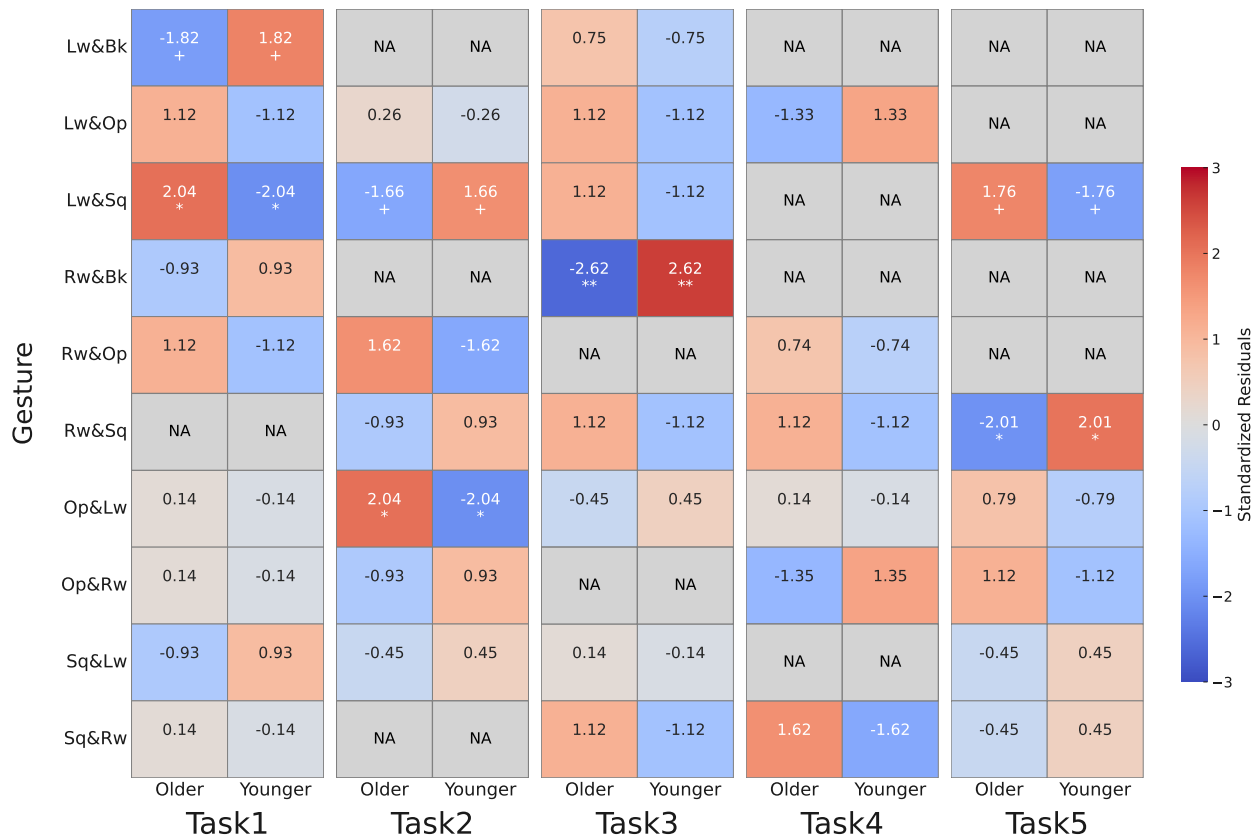


図 9: 実験結果：並列型アイジェスチャの選好（高齢者・若年者）

最後はしっかり見たい」（参加者 G）との意見があり、片目で対象を見るウイंकより、両目を使う「Op（見開く）」や「Bk（瞬き）」を好む傾向が確認された。

掴みの課題（タスク 2）では「Bk → Lw（瞬き → 左ウイंक）」が他の組み合わせよりわずかに多く選択された。第 1 動作に「Bk」を選んだ参加者は「今から始めますというスタートの合図で、瞬きをする」（参加者 F）と述べ、「Bk」が開始の合図として認識されていた。第 2 動作の「Lw」については「言われてみればマウスのクリックに似ているかもしれない」（参加者 B）との意見があり、目の動作をマウス操作に関連付ける発想も見られた。また、第 1 動作に「Op」を選んだ参加者も多く、「掴む対象をよく見たい」（参加者 A, D, G）との理由が挙げられた。

色変更の課題（タスク 3）では、組み合わせに特定の偏りは見られず、回答は全体的に分散していた。参加者からは「一番動作がしやすいから」（参加者 A）、「最初の合図は統一した方がいい」（参加者 B）といった意見が得られ、この課題が反復動作を伴うことから、容易性や規則性が重視されていることが示唆された。特に「Bk」を組み合わせに含める参加者が多く、「変わりますよの瞬き。簡単に変えやすい」（参加者 F）、「最後瞬きで色を変える。切り替えのイメージ」（参加

者 G）といった意見があった。

拡大の課題（タスク 4）では「Bk → Op（瞬き → 見開く）」が最も多く選択された。第 2 動作の「Op」については「大きくなるイメージと目を大きくする動きが似ている」（参加者 D）、「見開いていくイメージ」（参加者 F）といった意見があり、目の動きと課題の関連性が重視されていた。第 1 動作の「Bk」は「やりやすく、分かりやすい」（参加者 E）、「両目を使う同じ動作はやりやすい」（参加者 A）など、容易性から選択される傾向が見られた。

縮小の課題（タスク 5）では「Bk → Sq（瞬き → 細める）」が最も多く選択された。参加者の意見として「自然にできると思った」（参加者 H）、「今からやるよの合図として一番簡単な瞬き」（参加者 B）があり、第 1 動作の「Bk」は容易性が理由として挙げられた。第 2 動作の「Sq」については「図形も細くなっていくので目も細める、分かりやすい」（参加者 F）と述べるなど、目の動きと課題動作を直感的に関連付ける意見が確認された。

3.8 並列型アイジェスチャの結果

【アンケートの結果】高齢者群（Older）および若年者群（Younger）における各タスク（タスク 1～タスク 5）の並列型アイジェスチャ選好に関する標準化残

差のヒートマップを示す(図8)。縦軸の英字はそれぞれ Bk:瞬き, Lw:左ウインク, Rw:右ウインク, Op:見開く, Sq:細めるを表している。例えば, Op&Lw は主動作「見開く」、副動作「左ウインク」の並列型アイジェスチャを表している。以降, 図中における入力方法は, 全て同様の表記で示す。ヒートマップに関するその他の説明は単一アイジェスチャと同様である。

本研究では, 高齢者群 (Older) と若年者群 (Younger) の間で並列型アイジェスチャの選好に差があるかを検討するため, 各タスク (タスク1~タスク5) に対してモンテカルロシミュレーション (10,000 回反復) 付きカイ二乗検定を実施した。その結果, 全体の p 値はいずれも有意水準 5% を下回らなかったものの, タスク2 ($p = 0.1125$, Cramér の $V = 0.671$) およびタスク3 ($p = 0.1002$, $V = 0.687$) では, 効果量が中~大の範囲にあり, 群間に中程度以上の選好差が示唆された。

残差分析の結果, タスク1では「Lw&Sq」における標準化残差が $z = 2.042$ ($p = 0.0412$) であり, 若年者群が期待値より多く選択していた。タスク2では「Bk → Rw」で $z = -2.322$ ($p = 0.0202$) が観察され, 若年者群の選好が有意に高いことが示された。一方, 高齢者群は「Op&Lw」(タスク2, $z = 2.042$, $p = 0.0412$) や「Rw&Sq」(タスク5, $z = -2.006$, $p = 0.0449$) などで期待値より多く選択していた。タスク3では「Rw&Bk」における若年者群の選択が際立ち, 標準化残差 $z = 2.622$ ($p = 0.0087$) が検出された。タスク4およびタスク5では $|z| > 1.96$ を超えるセルは少なかったが, タスク5の「Rw&Sq」における若年者群の選好が有意に高かった ($z = 2.006$, $p = 0.0449$)。

これらの結果は, 並列型ジェスチャにおいても特定の組み合わせが群間の選好差に寄与していることを示唆しており, 特にタスク2~タスク3では高齢者群と若年者群の選好パターンに顕著な違いが見られた。

【高齢者へのインタビュー】

選択の課題 (タスク1) では「Lw&Sq (左ウインク&細める)」や「Lw&Bk (左ウインク&瞬き)」にやや回答が集中した。「動作が似ているから, 順番的にも自然だと思った」(参加者 C) といった意見があり, 目を細める動作が掴む動作に似ているという認識が確認された。また, 「Lw&Bk」を選んだ参加者からは「1番直感的だからでしょうね。ほとんどマウスの操作感に近い」(参加者 B) との意見が得られ, パソコン操作のマウス動作を連想する傾向も見られた。

掴みの課題 (タスク2) では, 「Lw (左ウインク)」と「Op (見開く)」の組み合わせを選択する参加者が多かった。「自分にとって1番やりやすい組み合わせ

だと思った」(参加者 C) といった意見が多く, 組み合わせとしての容易性が重視されていた。また, 「Rw (右ウインク)」や「Lw」に関して「掴むというのにクリックのイメージがある」(参加者 B), 「目を閉じて掴み, 移動させるイメージ」(参加者 F) といった声があり, ウインク動作を物を掴む行為と関連付ける傾向が確認された。

色変更の課題 (タスク3) では, 「Lw&Bk (左ウインク&瞬き)」が最も使いやすいとの回答が多かった。「切り替えているイメージがあります」(参加者 C), 「副動作は瞬きかな。切り替える感覚で, ボタンを押すイメージ」(参加者 F) など, 「Bk (瞬き)」が切り替え動作を連想させるとの意見が見られた。また, 主動作に「Lw」を選択した理由として「右目を瞑るより左目を瞑る方がやりやすい」(参加者 C, D, F, G) という意見が多く, 参加者は「Rw (右ウインク)」よりも「Lw」を簡便だと感じていた。

拡大の課題では, 「Lw&Op (左ウインク&見開く)」および「Rw&Op (右ウインク&見開く)」が多く選択された。主動作の「Lw」や「Rw」については「左目の方が閉じやすく, 右目で見ておきたい」(参加者 G) との意見があり, 利き目 (右目) で立方体を視認したい意図が示唆された。副動作の「Op」に関しては「拡大というイメージで目を開く方が動作に近い」(参加者 C), 「最後に見開いた方が分かりやすい」(参加者 G) といった声があり, 課題動作との直感的な関連性を重視する傾向が確認された。

縮小の課題では, 「Lw&Sq (左ウインク&細める)」が最も使いやすいとの回答が多かった。主動作については「右ウインク」よりも「左ウインク」の方が個人的にやり易いと感じる (参加者 E, F, H) との発言が目立ち, 利き目である右目を開けて立方体を視認する意図が示唆された。副動作の「Sq (細める)」については「縮小は目を細めるイメージですね」(参加者 B), 「小さくなっていくイメージと連動している」(参加者 F) といった意見があり, 目の動きと課題の関連性が選択理由として挙げられた。

4. 考察

本研究では, 高齢者群 (Older) と若年者群 (Younger) を対象に, 単一・直列・並列の3種類のアイジェスチャ入力における選好パターンを比較し, インタビューを通じて定性的に分析した。単一ジェスチャではタスク1 (選択) とタスク4 (拡大) に有意差が見られ, 特に「Op (見開く)」が差異に大きく寄与した。一方, 直列・並列型では有意差は少ないものの, 中~大の効果量が複数タスクで確認され, 選好の違いが示唆された。

高齢者は「Op」を視認性の高さから選ぶ一方、若年者はタスク動作との直感的関連性を重視して「Op」を選択するなど、認知特性や戦略の違いが見られた。また直列型では「Bk（瞬き）」が合図として好まれ、「Bk→Lw（瞬き→左ウインク）」や「Bk→Sq（瞬き→細める）」などが選択された。並列型では「Lw&Bk（左ウインク&瞬き）」がタスク3（色変更）で多く、副動作に「Op」や「Sq」が選ばれる傾向も確認された。

これらの知見から高齢者には「Op」「Bk」などシンプルで認識しやすい動作、若年者にはタスクに直感的な動作を割り当てることで、操作性向上が期待される。直列・並列型ジェスチャは誤操作防止や入力多様性に寄与し、複雑なタスクでの応用も検討に値する。

5. むすび

本研究では、VR空間における単一・直列・並列型アイジェスチャの選好を高齢者（Older）と若年者（Younger）で比較し、インタビューに基づき選択理由を分析した。結果、高齢者は「容易性」と「確実性」を重視し、単一ジェスチャでは特にOp（見開く）やBk（瞬き）を好む傾向が見られた。一方、若年者は課題動作との「直感的関連性」を重視し、拡大ではOp、縮小ではSq（細める）を選択するなど、動作イメージとの結び付きが確認された。また、直列・並列型は誤動作防止や多様な入力に有効であるが、組み合わせの複雑さによる記憶負荷の増大が懸念された。今後はVR空間での実践的検証を通じて、年齢層に適応したUI設計指針を深化させる必要がある。

参考文献

- [1] J. S. Pierce, B.C. Stearns, and R. Pausch: Voodoo dolls: seamless interaction at multiple scales in virtual environments; Proceedings of the Symposium on Interactive 3D Graphics, pp.141-145, (1999).
- [2] F. Tecchia, G. Avveduto, R. Brondi, M. Carrozzino, and M. Bergamasco: I 'm in VR!: using your own hands in a fully immersive MR system; Proceedings of Virtual Reality Software and Technology, pp.73-76, (2014).
- [3] M. Vidal, A. Bulling, and H. Gellersen: Pursuits: spontaneous interaction with displays based on smooth pursuit eye movement and moving targets; Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, (2013).
- [4] K. Masai, K. Kunze, D. Sakamoto, Y. Sugiura, and M. Sugimoto: Face Commands - User-Defined Facial Gestures for Smart Glasses; 2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, (2020).
- [5] 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 ; 第 192 回 HCI 研究会, (2021).
- [6] 後藤健太, 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 (2) 直列型アイジェスチャの特性分析 ; 第 192 回 HCI 研究会, (2021).
- [7] 夏目達也, 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 (3) アイジェスチャ・コマンドの利用事例開発と UI 特性の評価 ; 第 194 回 HCI 研究会, (2021).
- [8] 夏目達也, 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 (4) 並列型アイジェスチャの特性分析 ; 第 196 回 HCI 研究会, (2021).
- [9] A. Miyazaki, T. Okuyama, H. Mori, K. Sato, K. Toshima and A. Hiyama: Visuospatial abilities and cervical spine range of motion improvement effects of a non-goaloriented VR travel program at an older adults facility; A pilot randomized controlled trial Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2023 March 2023 Pages135-146, (2023)
- [10] S. Rings, S. Schmidt, T. Schmelter, M. Brosius and F. Steinicke: Gaze Assistance for Older Adults during Throwing in Virtual Reality and its Effects on Performance and Motivation; Proceedings of the 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology October 2023 Article No.18 pp. 1-11, (2023)
- [11] L. Kruse, S. Karaosmanoglu, S. Rings and F. Steinicke: Evaluating Difficulty Adjustments in a VR Exergame for Younger and Older Adults: Transferabilities and Differences; Proceedings of the 2022 ACM Symposium on Spatial User Interaction December 2022 Article No.7 pp. 1-11, (2022)