

リハビリテーション利用に向けた mocopiを使ったVRChat上での 遅延アバター体験による運動パフォーマンス変化 — 視覚的な遅延だけで、誤差学習は誘発できるか

チーム名： REHA Lab. 所属：大阪電気通信大学
発表者：小池貴翔（大阪電気通信大学）
川野巧帆（大阪電気通信大学）
松居和寛（大阪電気通信大学・大阪大学）



動機

遠隔リハビリテーションにおける3つの壁



アクセスの壁

リハビリ施設は都市部に集中しており、通院自体が大きな負担となる。



コストの壁

在宅で使えるリハビリ機器は高額で、個人での導入が難しい。



モチベーションの壁

単調な反復訓練は飽きを招きやすく、継続が難しい。

これらの課題を解決するため、身近になったVR・モーションキャプチャ技術を活用した新しいリハビリテーション手法の可能性を検討する。

目的： 導入コストが低いVRリハビリテーションの開発

VRChat × mocopiで実現する、低コストなVRリハビリテーション



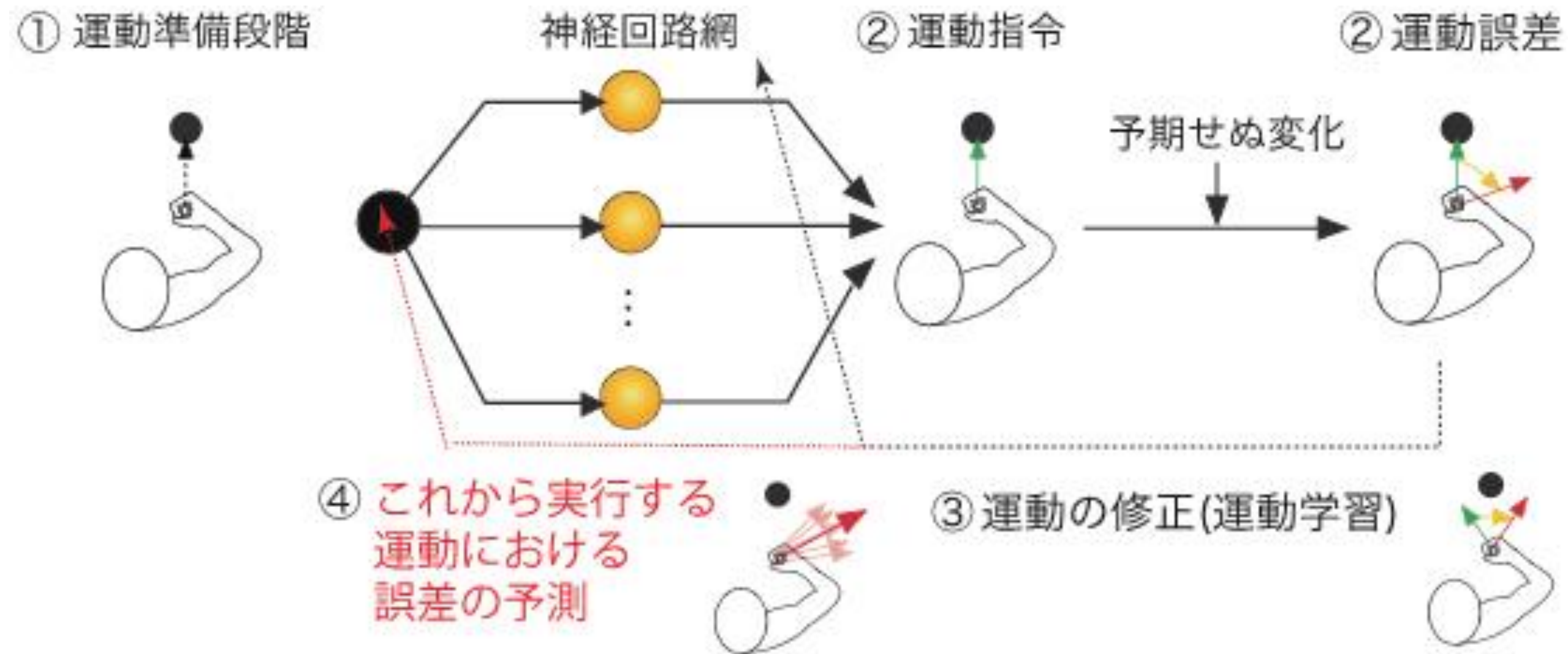
- ネット環境とVR機器があれば自宅からアクセス可能
 - 通院の負担（アクセスの壁）を解消
- VRChat自体は無料で、市販の安価なVRゴーグルで利用可能
 - 導入コストの壁を解消
- 空間全体をゲーム化でき、他者と交流しながら取り組める
 - モチベーションの壁を解消



- 6つのセンサーで右／左の上腕・前腕・胸・胴体の動きを取得
 - HMDのモーションキャプチャより高精度を期待
- 既存のロボットリハビリテーションなどに用いられる物理負荷デバイスに比べて安価かつ使いやすいUIで、かつVRChatに対応
 - 導入コストの壁を解消

誤差学習とは — 小脳が行う運動の修正機能

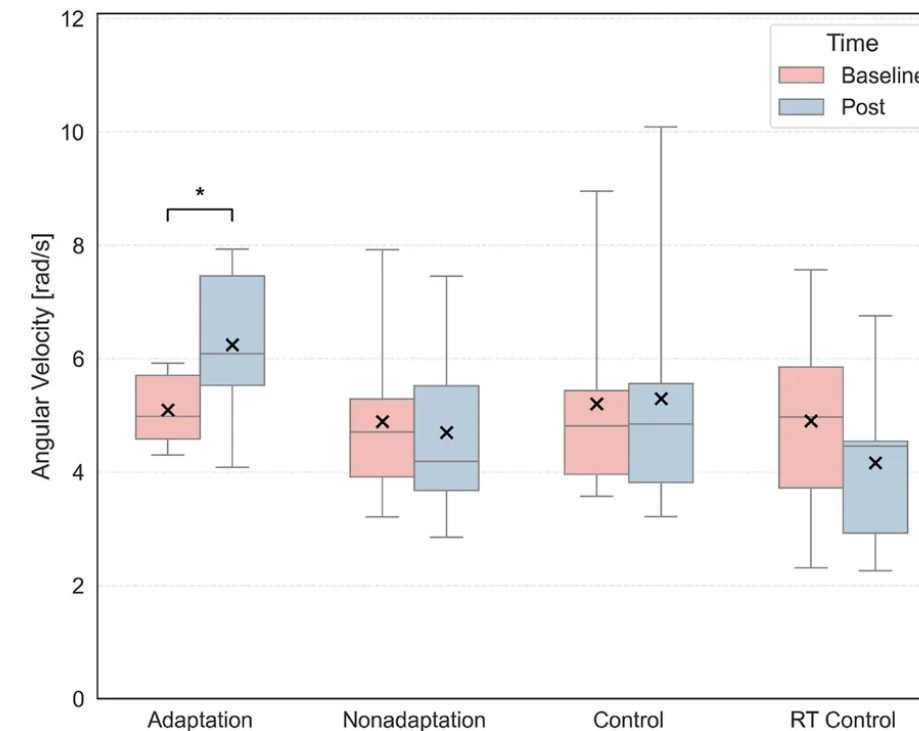
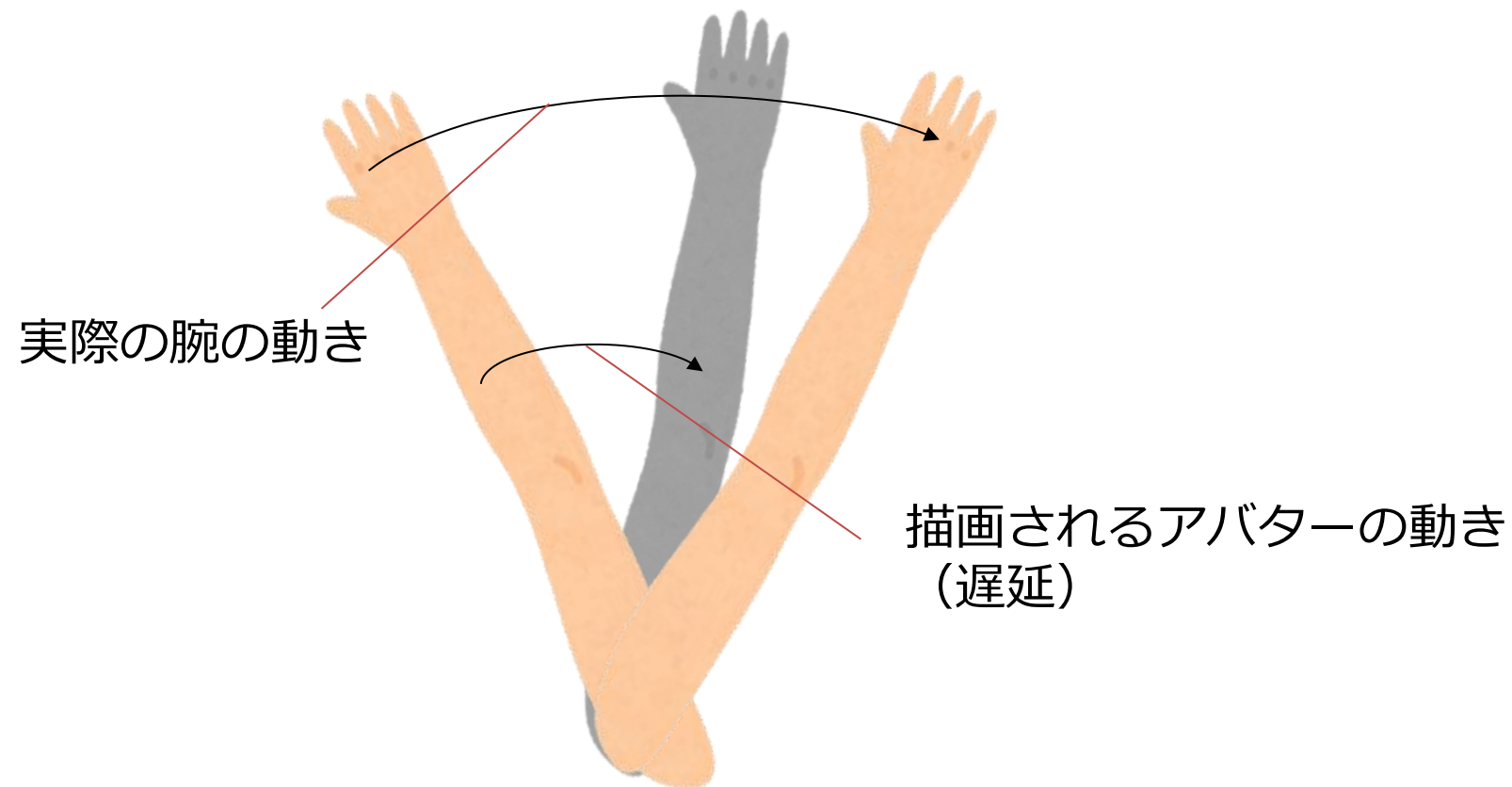
- 脳からの運動指令によって実際に行われた運動と、そこから得られる感覚（視覚、触覚等）との間に「誤差」が生じると、小脳内の「内部モデル」が更新され次回以降の運動指令を少しずつ修正する。
- これを繰り返すことで正確な運動が実現される仕組みを「誤差学習」と呼ぶ。



VR空間での誤差学習

VR空間で意図的に誤差(遅延)を生み出せば誤差学習が行われる

筋電図を用いて駆動するアバター体験における誤差学習の誘発・パフォーマンス向上(Kojimaら)を
キーアイデアに、高額な物理負荷デバイスを用いずにVR空間だけで誤差学習を誘発し運動パフォーマンスを向上できると考え検証を進めてきた。



遅延する筋電図駆動アバター体験で誤差学習が生じ運動パフォーマンスが向上することを示す結果

Kojima R, Matsui K, Okada K, Fujii R, Atsuumi K, Mori Y, Hirai H and Nishikawa A (2026) A pilot study on the effects of a physio-avatar EB experience on motor performance. Front. Bioeng. Biotechnol. 14:1767062.

HMD(Meta Quest3)のハンドトラッキングで遅延アバターを実装し誤差学習による運動パフォーマンス向上を検証
⇒5名中4名で有意に向上

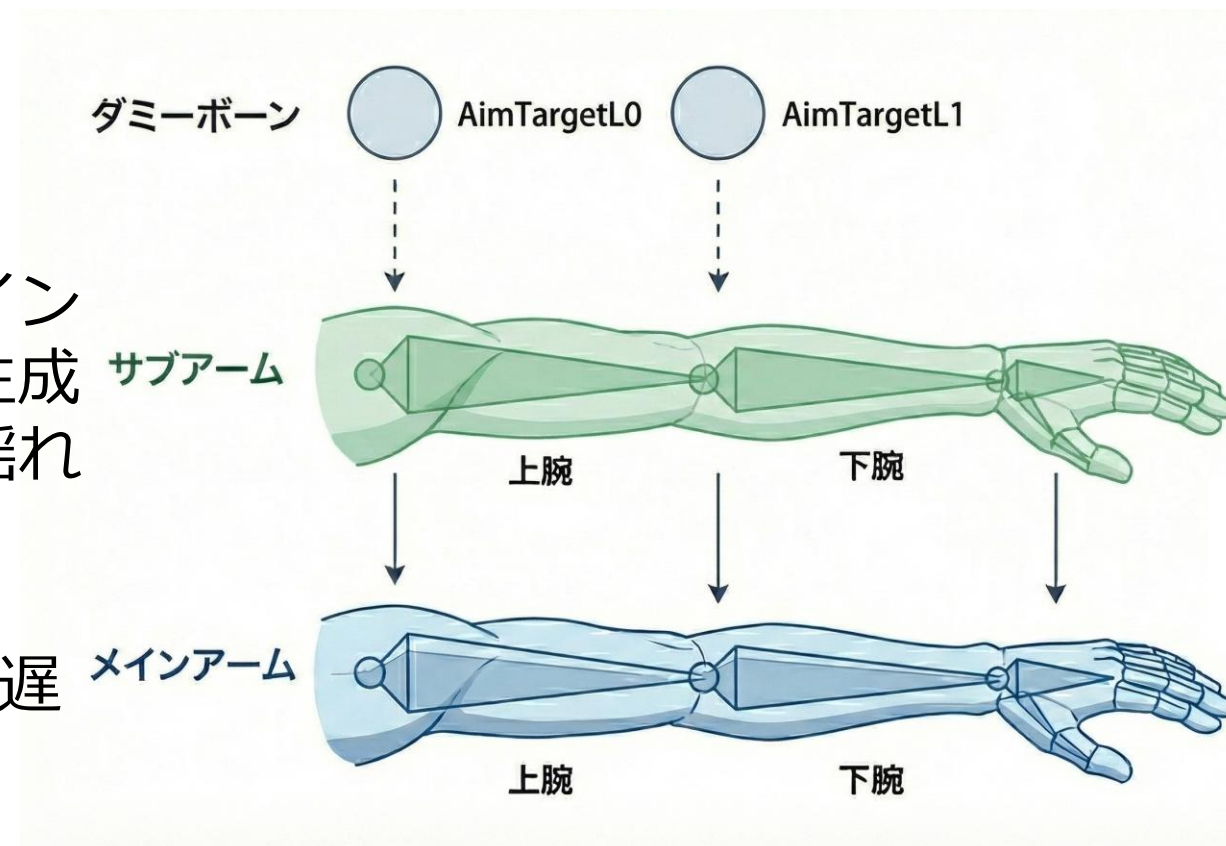
方法

システム構成



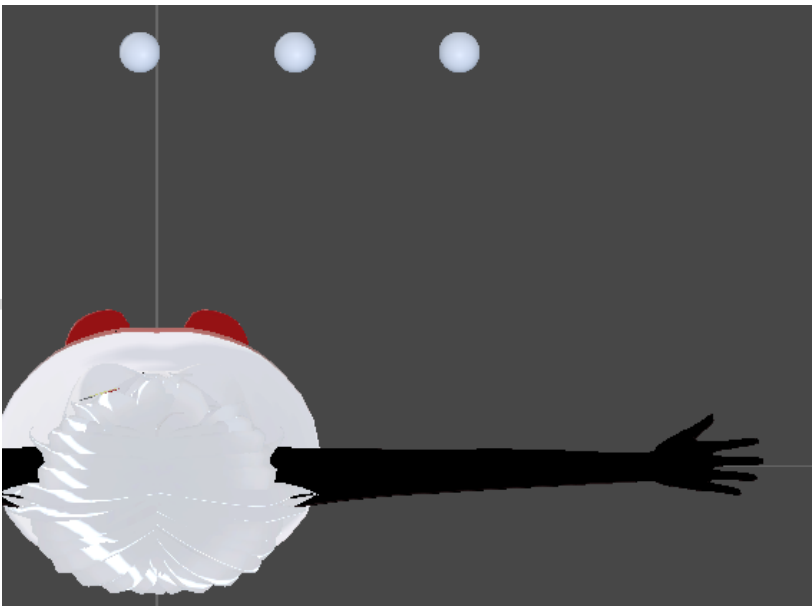
遅延処理にはphysboneを利用

- 実身体トラッキングを反映したメインアームに追従するダミーボーンを生成
- そのダミーボーンにぶら下がる「揺れもの」としてサブアームを構成
- 「揺れもの」の挙動を制御するphysboneでメインアームに対して遅延するサブアームを実現



方法

3か所の位置にランダムに出現するボールにできるだけ早く接触するタスクを、大学生4名を対象に実施予定。



① Pre計測	🕒	mocopi未接続の通常トラッキングで、アバターの腕を非表示にし、遅延なしの基準タイムを計60回(20回×3か所)測定
② mocopi・SlimeVRの設定	☀️	レシーバー接続、トラッカー割り当て、マウントキャリブレーション、VRChat側Tポーズキャリブレーションを実施
③ Adaptation計測	🔄	mocopi接続状態で遅延アバターを表示し、60回×6セットのタスクを行い遅延アバターに適應させる(都度mocopiドリフト対策で再キャリブレーション)
④ mocopi送信停止・リセット	↩️	mocopi装着のまま送信を停止し、VRChat側でリセット・再キャリブレーション
⑤ Post計測	🚩	Preと同条件（アバターの腕は非表示）で再測定

評価指標：

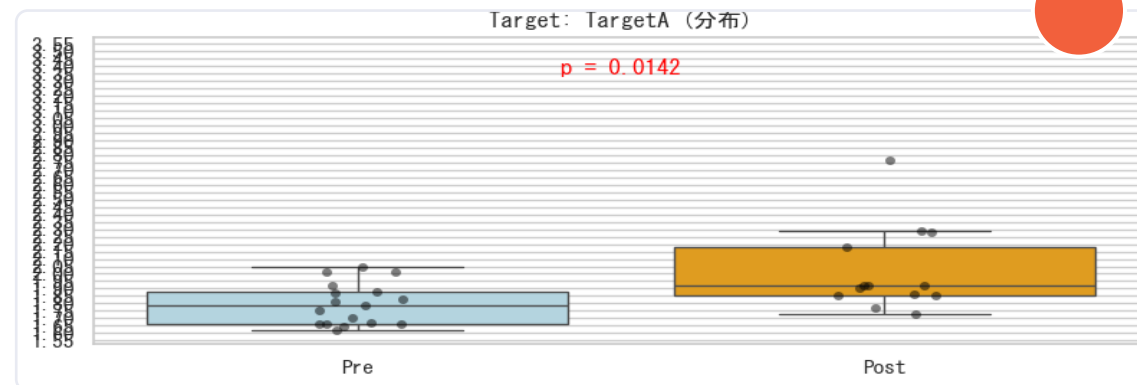
- Pre／Post各ターゲットにおける「ターゲット出現から接触までの運動時間」
 - 外れ値除去（IQR法）後、マンホイットニーのU検定（両側検定, $\alpha=0.05$ ）で有意差判定。
- アバターに対する身体所有感(アバターをどの程度自身の身体のように感じたか), 運動主体感(アバターを自身が動かしていると感じたか)を6段階で聴取

結果

● 有意差あり ($p < 0.05$)

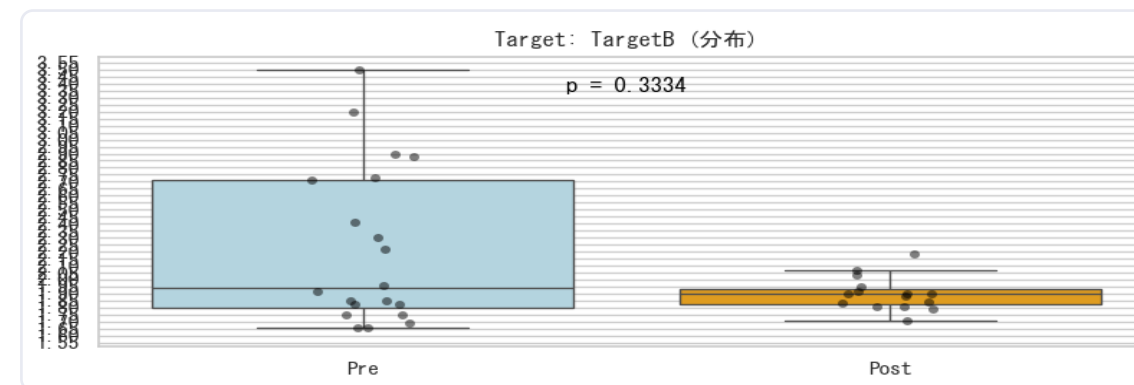
対象者 A・B

対象者 A : 箱ひげ図による比較 (身体所有感 : 3/6、運動主体感 : 2/6)



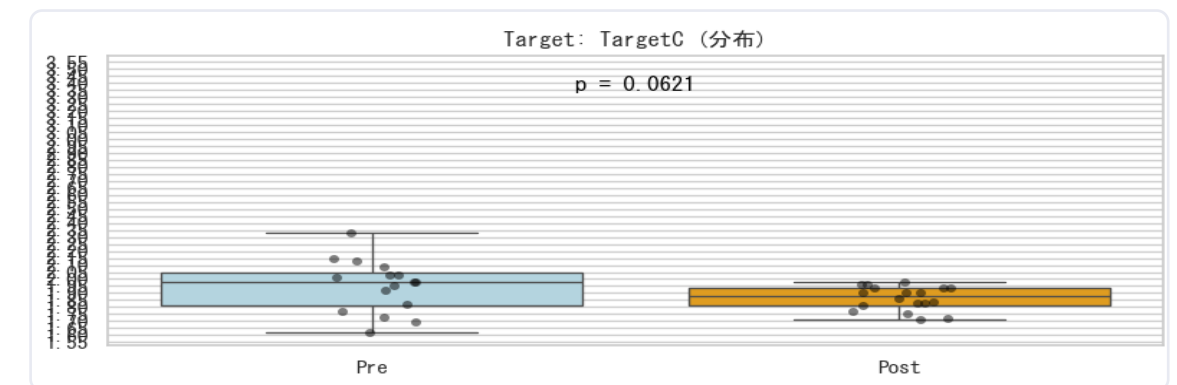
▲ 悪化

平均 1.796→2.018s



▼ 改善

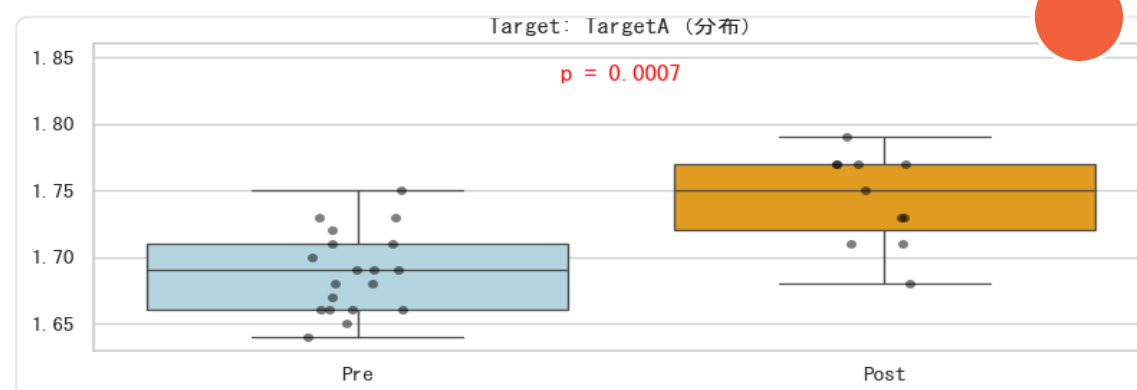
平均 2.229→1.901s



▼ 改善

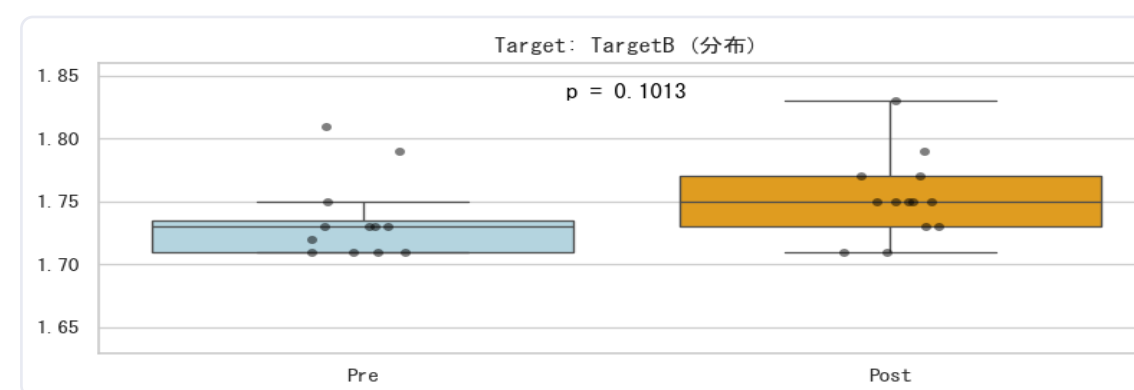
平均 1.952→1.863s

対象者 B : 箱ひげ図による比較 (身体所有感 : 2/6、運動主体感 : 4/6)



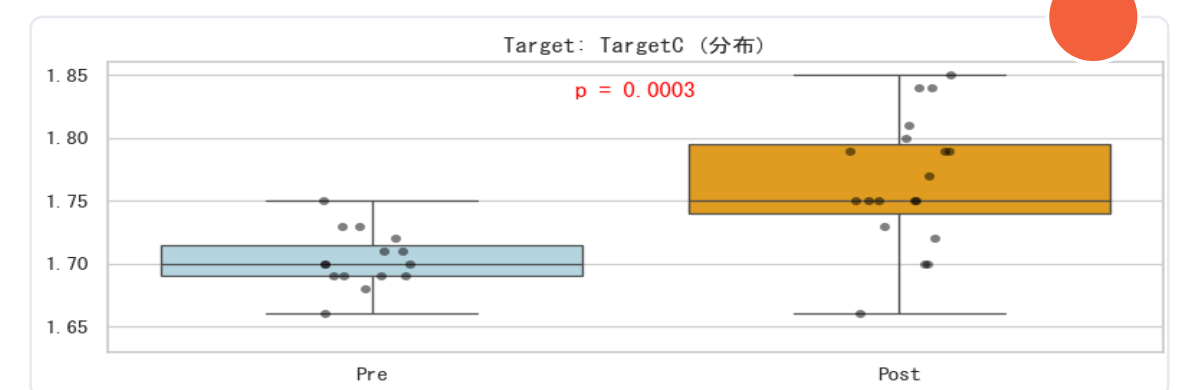
▲ 悪化

平均 1.688→1.744s



▲ 悪化

平均 1.736→1.753s



▲ 悪化

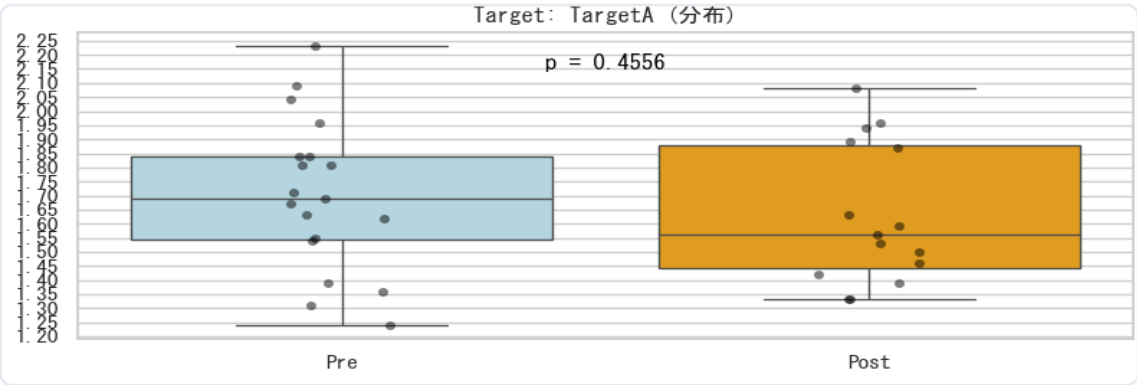
平均 1.703→1.765s

結果

● 有意差あり ($p < 0.05$)

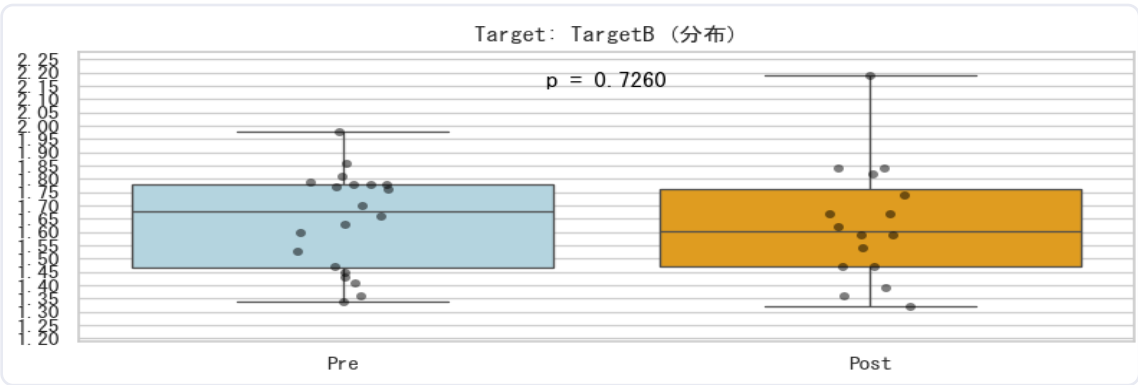
対象者 C・D

対象者 C : 箱ひげ図による比較（身体所有感 : 3/6、運動主体感 : 5/6）



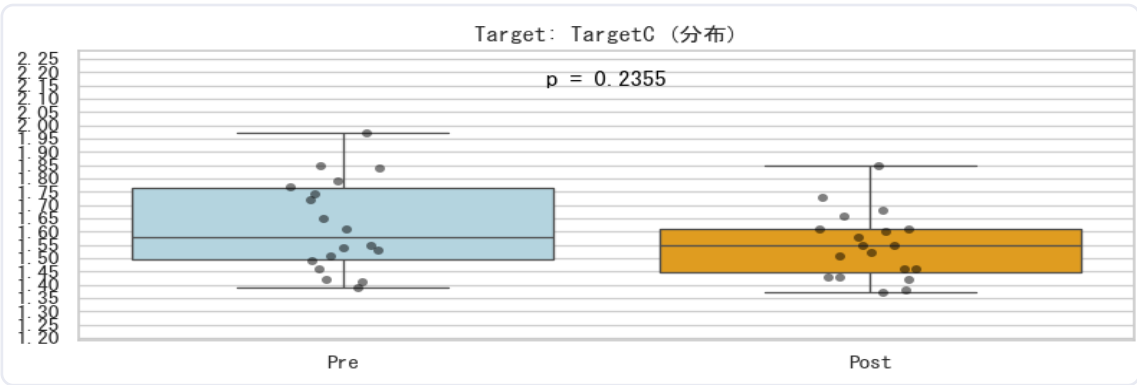
▼ 改善

平均 1.702→1.632s



▼ 改善

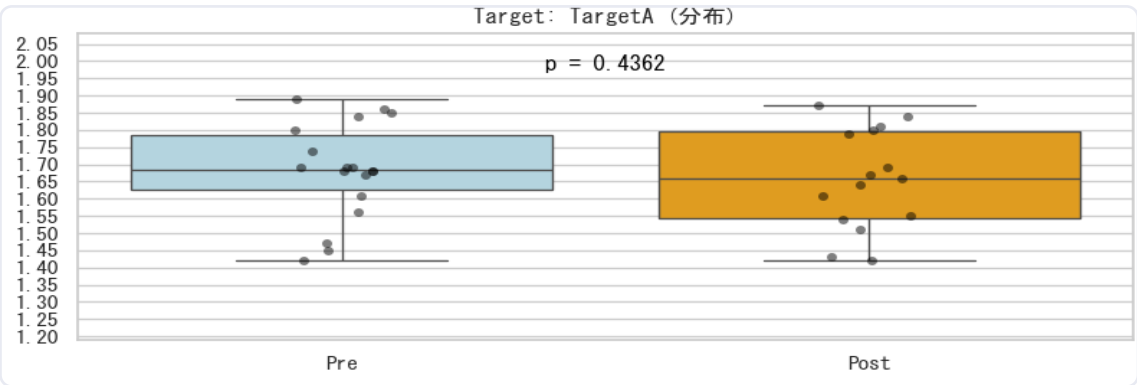
平均 1.645→1.633s



▼ 改善

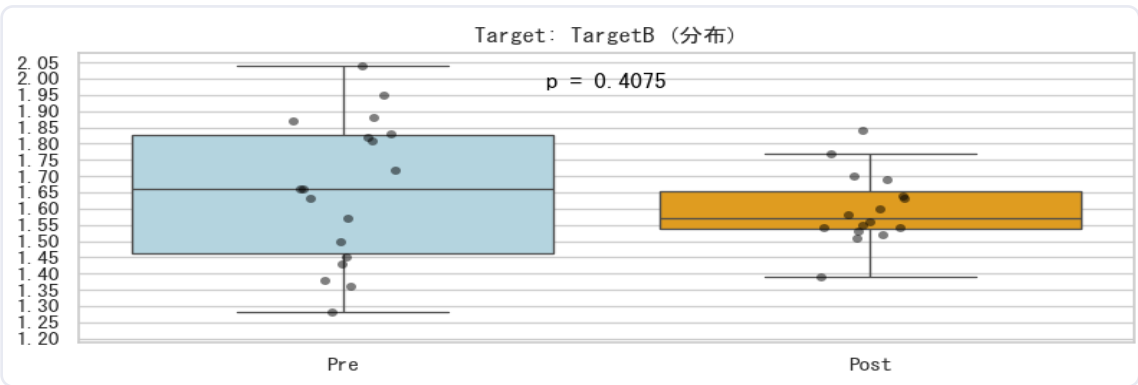
平均 1.624→1.547s

対象者 D : 箱ひげ図による比較（身体所有感 : 3/6、運動主体感 : 4/6）



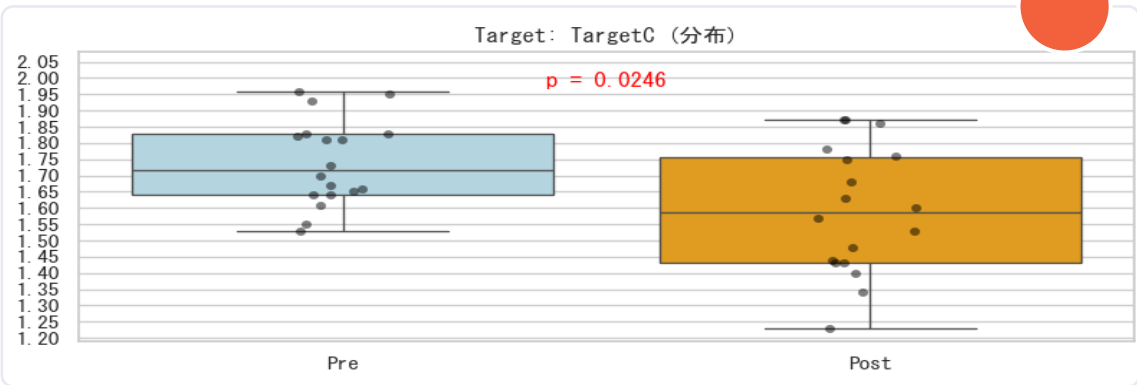
▼ 改善

平均 1.682→1.655s



▼ 改善

平均 1.658→1.599s



▼ 改善

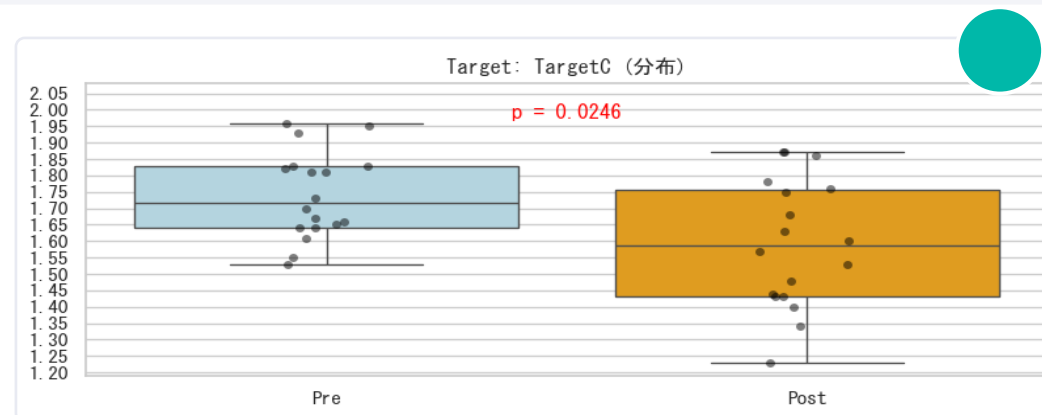
平均 1.740→1.592s

考察



改善傾向（4名中3名）

A(2ターゲット)・C・Dで体験後に反応時間の改善傾向。
特にDのTargetCでは有意な短縮を確認（ $p = 0.0246$ ）。
一部の対象者、タスクでは誤差学習が誘発された可能性。

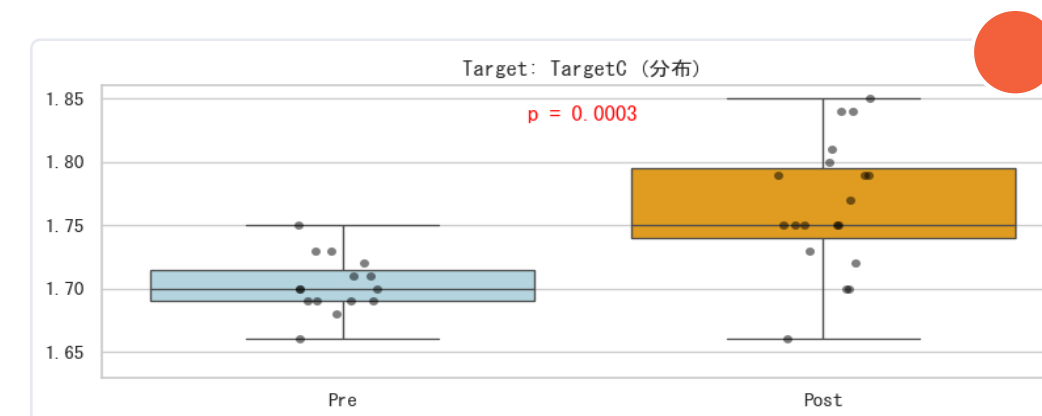


被験者D : TargetC (改善)



被験者Aの①ターゲットとBの3ターゲット全てで悪化

身体所有感あるいは運動主体感が低いことが要因である可能性、あるいは適応する過程で、指示していない動作パターンを学習した可能性。



被験者B : TargetC (悪化)



先行研究より改善率は低め

Meta Quest3のハンドトラッキングのみで同様の検証を実施した先行研究*では5名中4名で有意に改善。今回はmocopiのドリフト対策で実験を途中中断せざるを得なかったことも要因の一つと考えられる。

*小池貴翔, 松居和寛, 児島凌馬, 西川敦. 「VRChat上での遅延アバター体験による運動パフォーマンス変化」, 情報処理学会第88回全国大会, 2026年3月6-8日; 愛媛, 2ZG-04.

まとめ

- 先行研究との比較も踏まえVRChat × mocopiを用いた遅延アバターで誤差学習を誘発できる可能性はあると考えられる
- mocopiのドリフト対策が必要
- 代償動作を防ぐために適切なフィードバックや指示を追加する必要がある
- 将来的に脳卒中後麻痺等をもつ患者に対しての利用も検証していく必要がある
- リハビリテーションの前段階として、フィットネス利用についても検証していく

