

ヘッドセットの動的特徴量の DTW距離に基づくVRユーザの個人識別

三浦 晃暉

研究背景

VR技術の普及率が高まっている

- メタバースが次世代のインターネットの利用形態として注目されている



VR空間での頭や手の動きを記録したリプレイデータを
匿名で世界と共有することができる

課題

リプレイデータは現実世界での個人認証に
利用できる可能性がある

→VRユーザの身元割れに…？



三武先生



ゆみうすさん

先行研究

Nairら 2023

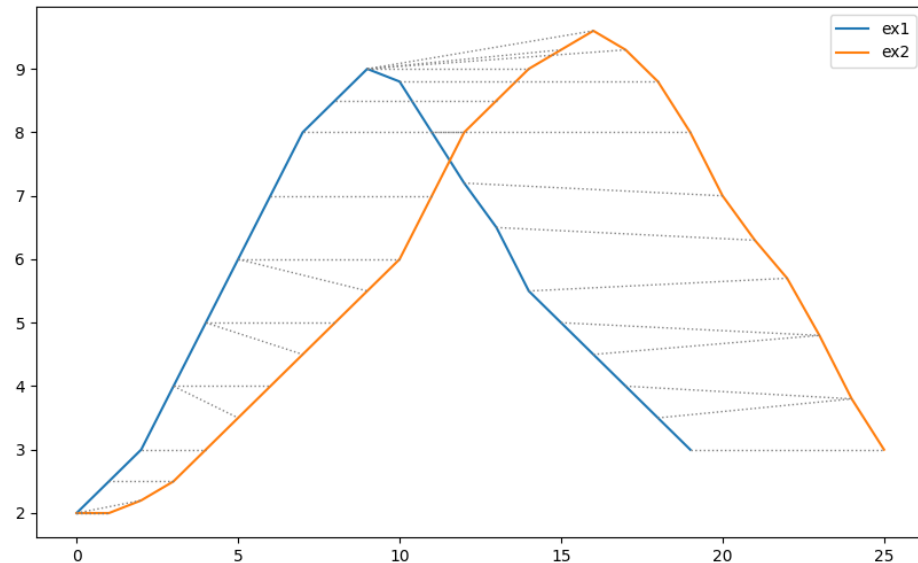
“Unique Identification of 50,000+ Virtual Reality Users from Head & Hand Motion Data”

- LightGBMを用いた階層的分類モデルを構築した
- Beat Saberの100秒のデータで**94.33%**の精度、10秒のデータで**73.20%**の精度で識別した

→身長や手の高さなどの**静的特徴**を用いて識別していた

新規性：DTW (Dynamic Time Warping)

- 時系列データ同士の類似度を測る際に用いる手法の一つ
- 2つの時系列の各点の距離を動的計画法により求め、最も距離の小さい点の組み合わせを見つける
- 動作がどれだけ似ているかを定量的に評価できる



異なる長さの時系列であっても評価できる

研究目的

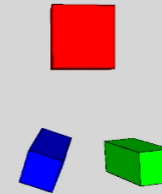
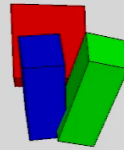
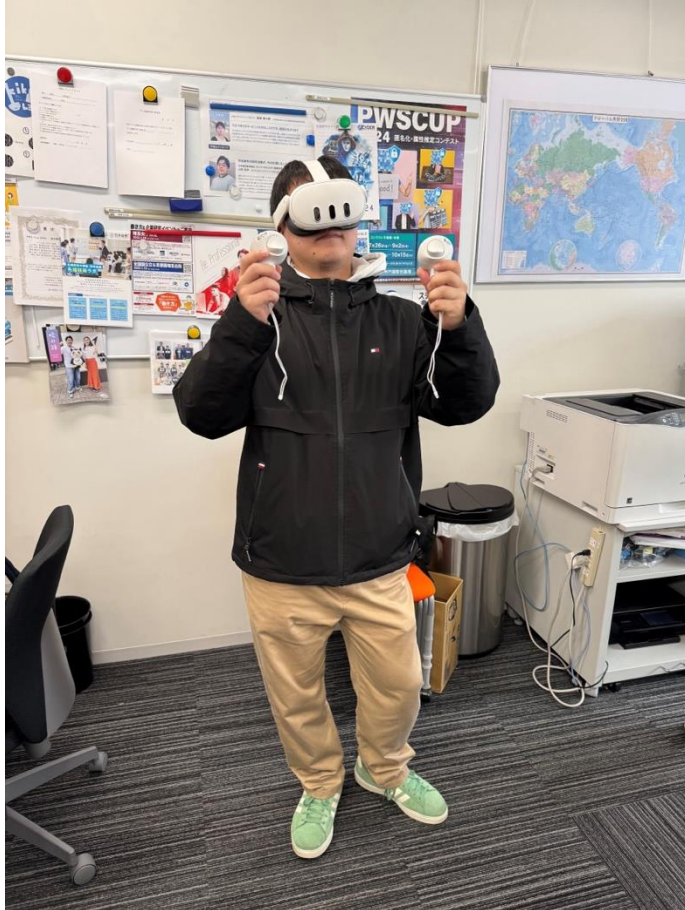
- DTWを用いて動作などの動的特徴をメインとした識別をする
- VR体験中のモーションデータから個人が識別される
リスクを明らかにする

提案識別方法

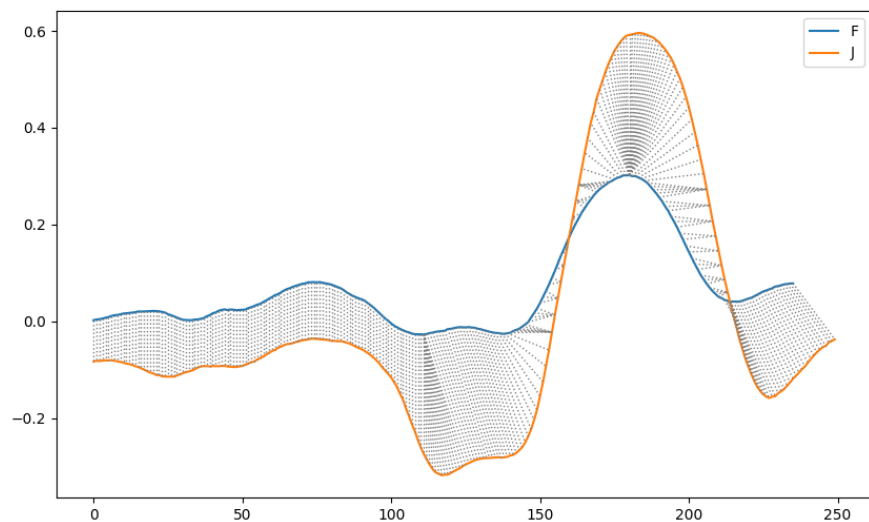


- Unityのアプリケーションを通してMeta Quest3のHMDとコントローラの3次元座標を取得する
- 被験者12名の四拍子を6回測定する
- 1回目から6回目までのデータを順にテンプレートデータとして、それぞれのテンプレートデータと他のデータとのDTW距離を計算する
- 最もDTW距離が小さかったテンプレートデータの該当者を識別結果とする

実験の様子

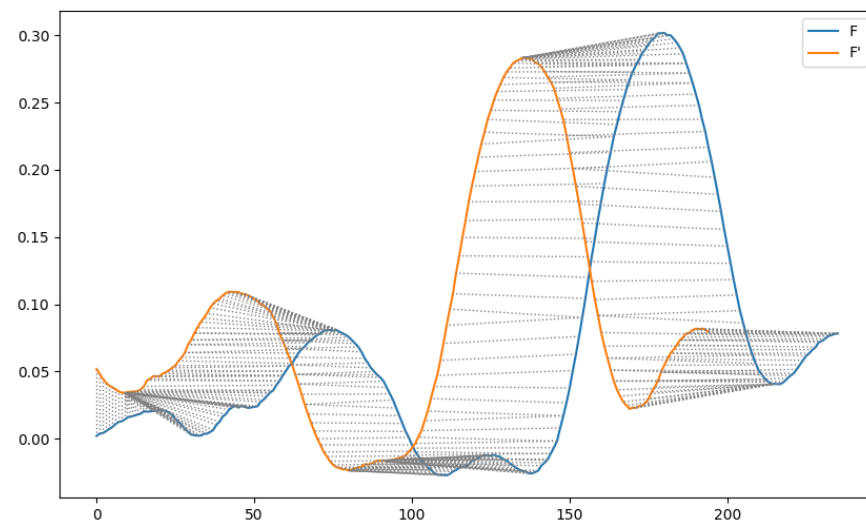


実験結果



被験者FとJの右手のx座標のデータの
DTWの適用例

FとJのDTW距離は97.25



被験者F同士の右手のx座標のデータの
DTWの適用例

FとF'のDTW距離は37.16

実験結果

真 \ 推定	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	FRR[%]
<i>A</i>	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
<i>B</i>	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
<i>C</i>	0	0	26	0	0	0	0	0	4	0	0	0	13.33
<i>D</i>	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
<i>E</i>	0	0	0	1	29	0	0	0	0	0	0	0	3.33
<i>F</i>	0	0	0	0	0	21	0	0	5	0	0	4	30.00
<i>G</i>	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0.00
<i>H</i>	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0.00
<i>I</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0.00
<i>J</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0.00
<i>K</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0.00
<i>L</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	28	6.67
FAR[%]	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.61	0.00	2.73	0.00	0.00	1.21	

全体の正解率は**95.56%**

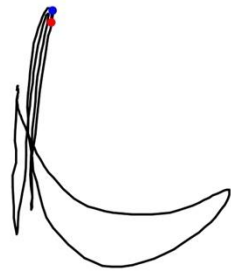
考察

被験者Cが被験者I、被験者Fが被験者IやLと推定された
→両者の四拍子の手の振り方が似ている

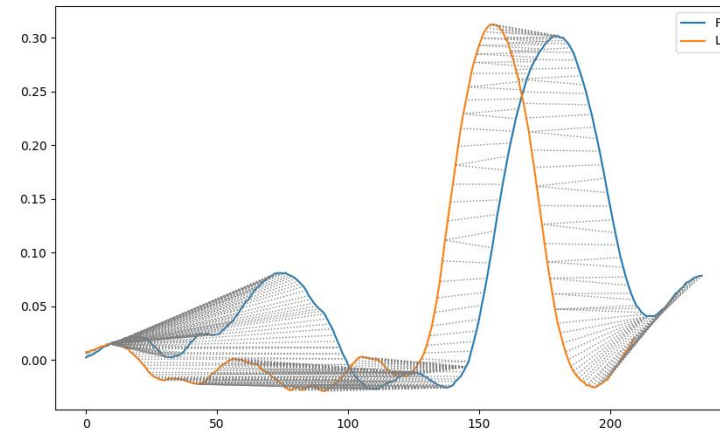
(例)



被験者F



被験者L



被験者FとLの右手のx座標のデータの
DTWの適用例

FとLのDTW距離は29.01

計算時間が6時間を超えた

→Nairらの50,000を超えるデータに対して本手法を行うのは現実的ではない

結論

- 被験者12名の四拍子の動作に対してDTWを用いた個人識別を行った
- 全体の識別精度は95%を超えた
- DTWと機械学習を組み合わせたアプローチを今後の課題とする