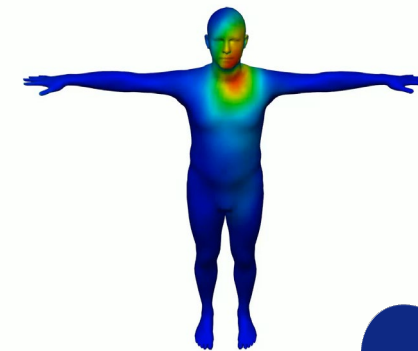
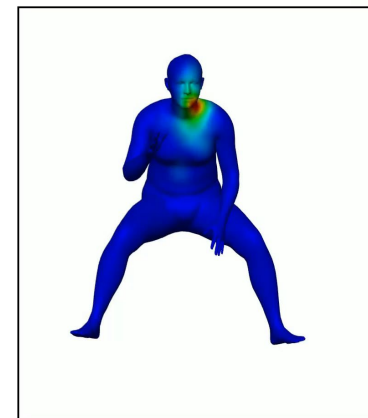


# 被写体動作の躍動感を評価する観察者から計測された視線の3Dヒートマップ表現

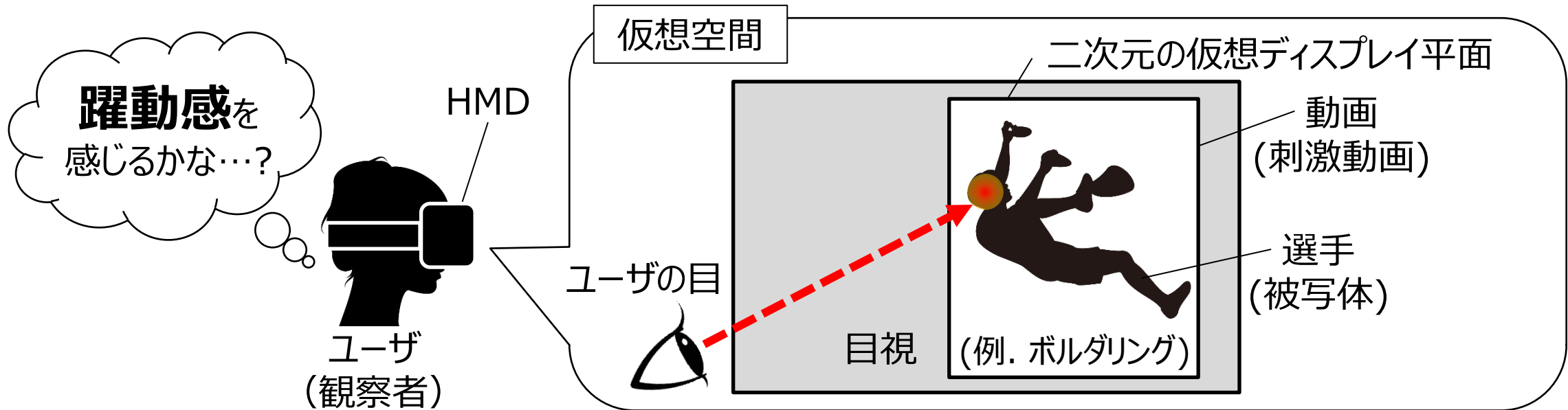
岩崎芙由子, 井上路子, 米田駿介, 西山正志

鳥取大学大学院  
パターン認識工学研究室



# 研究背景

- HMD技術の発達により仮想空間でのスポーツ観戦が期待
- 仮想空間内でのスポーツ観戦において、ユーザは二次元の仮想ディスプレイ平面上の動画の中でスポーツの各種目で様々な動作を行う選手を目視し、選手の動作から躍動感を受ける



ユーザから計測される視線について躍動感を受ける際に  
その根拠となる視線が選手のどの身体に集まるかを分析するニーズが存在

# 本研究の位置づけ

視線分析の考慮点: 刺激動画中の被写体は時々刻々と姿勢が変化  
⇒ 時刻間の姿勢の違いを意識せずとも視線分布を分析できる可視化が必要

## 我々の従来手法 [Inoue+, ACPR'23]

二次元画像中の被写体を標準姿勢の三次元人体モデルに変換し  
その人体モデルの表面上に視線を可視化

- ✓ 刺激動画にも適応可能 [岩崎+, MIRU'22]  
時刻間の姿勢の違いを意識することなく視線分布を分析

被写体



### 表面領域

被写体から推定される  
人体モデルに対応する画素

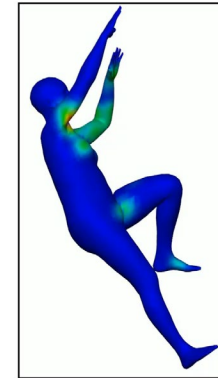
### 周囲領域

表面領域近くの画素

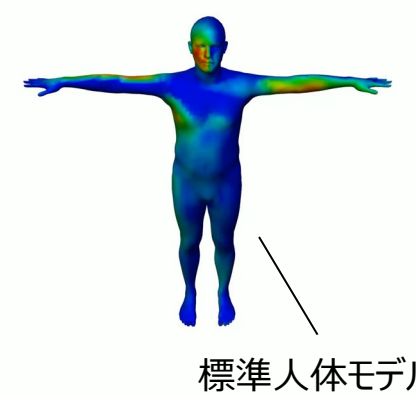
刺激動画



時刻 $t$ における  
3Dヒートマップ



全時刻で周辺化  
された3Dヒートマップ



標準人体モデル

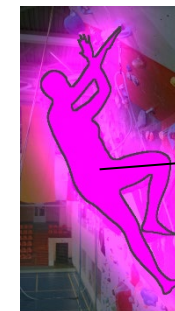
表面領域の視線... ✓ 可視化できる

周囲領域の視線... ✗ 可視化できない

表面領域と周囲領域の両方で計測される視線を分析に考慮する必要がある

# 本研究の目的

被写体の表面領域とその周囲領域において  
計測された観察者の視線を  
3Dヒートマップで可視化する手法を提案



表面領域

周囲領域

提案手法のポイント

仮想空間における観察者の視線方向ベクトルと頂点位置ベクトルとの角度を用いる

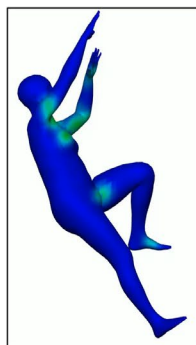
評価実験: 観察者が刺激動画中の被写体から躍動感を受ける際の視線を計測し提案手法で可視化

- 表面領域と周囲領域の両方の視線を3Dヒートマップで可視化できることを確認
- 既存の2Dヒートマップと比較して時刻全体を通した視線分布が分析しやすいことを確認

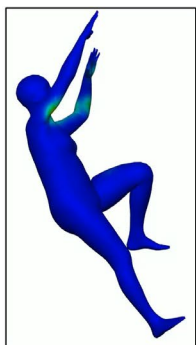
刺激動画



表面領域の視線

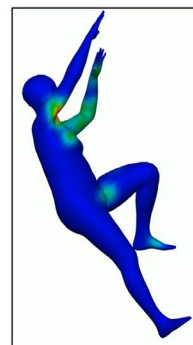


周囲領域の視線



+

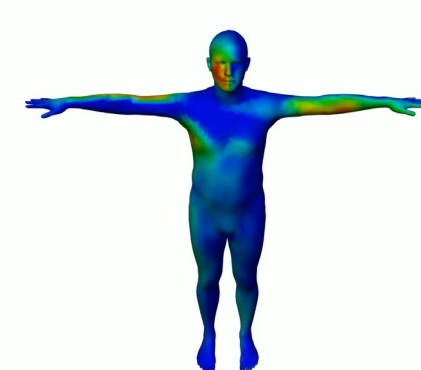
提案手法(時刻 $t$ )



2Dヒートマップ



提案手法(全時刻)



# 従来手法

[Inoue+, ACPR'23]

## STEP 1

視線方向ベクトル  $g(t, o)$  と  
頂点位置ベクトル  $v(t)$  を取得

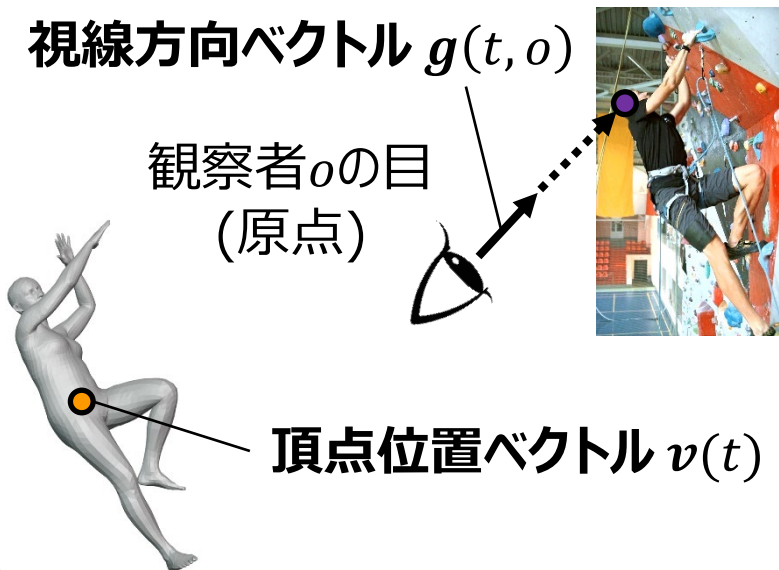
時刻  $t$

フレーム  $S(t)$

視線方向ベクトル  $g(t, o)$

観察者  $o$  の目  
(原点)

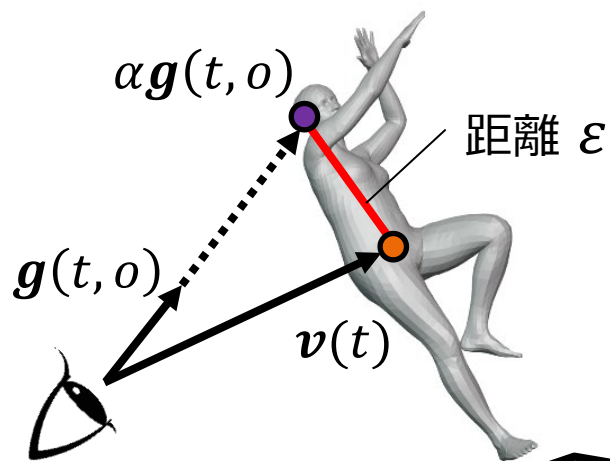
頂点位置ベクトル  $v(t)$



## STEP 2

人体モデルの各頂点  $v(t)$  への  
注目度合 を計算

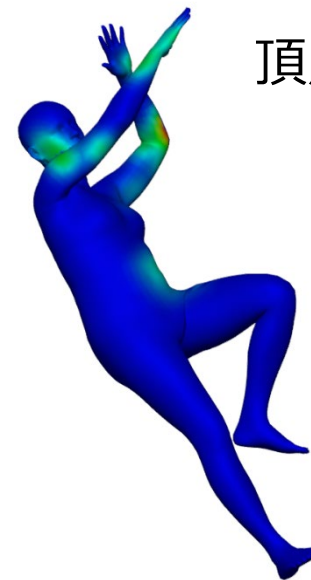
$$d(g(t, o), v(t)) = \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right)$$



## STEP 3

頂点注目確率  $p(v(t)|S(t))$   
を表す3Dヒートマップを  
人体モデル表面上に表現

頂点注目確率



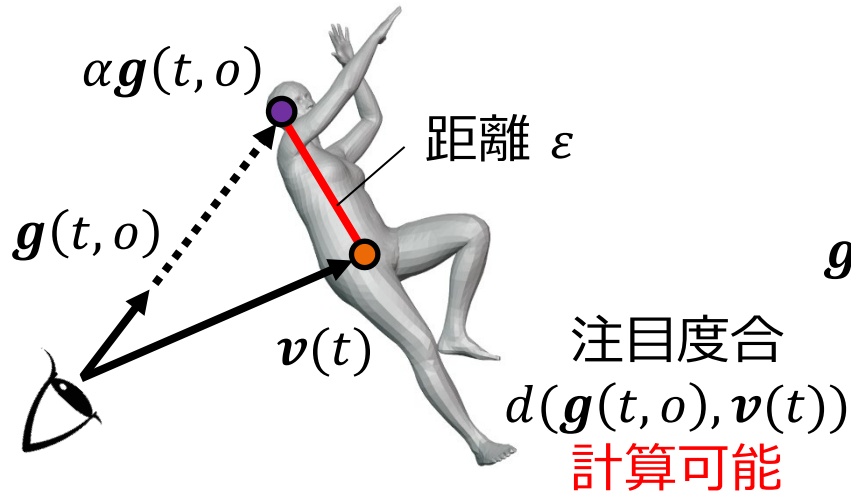
従来手法の制約条件: 視線方向ベクトルは人体モデルの表面上に必ず衝突するという  
強い仮定のもと注目度合を計算

# 従来手法の課題点

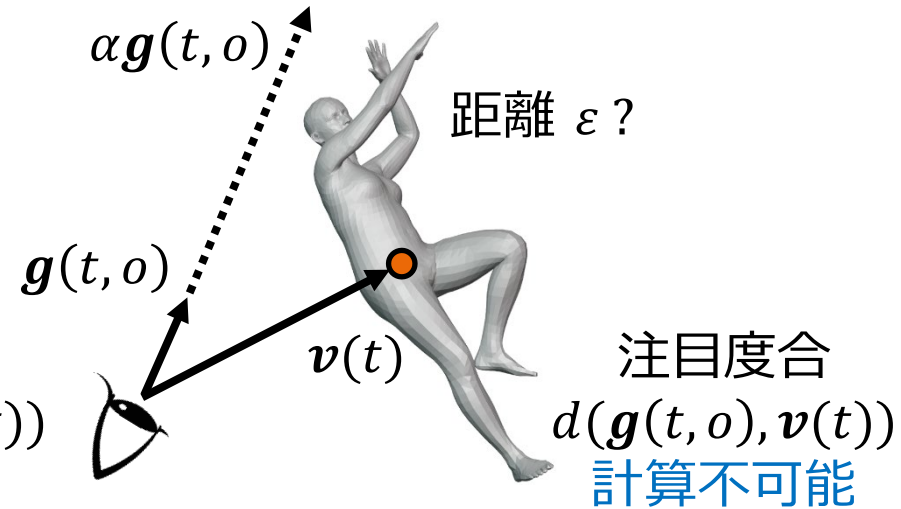
従来手法の制約条件: 視線方向ベクトルは人体モデルの表面上に必ず衝突するという強い仮定のもと  
注目度合を計算

表面領域で  
視線が計測される場合

従来手法



周囲領域で  
視線が計測される場合



表面領域



周囲領域

表面領域で計測される視線は3Dヒートマップで可視化できるが  
周囲領域で計測される視線は3Dヒートマップで可視化できない

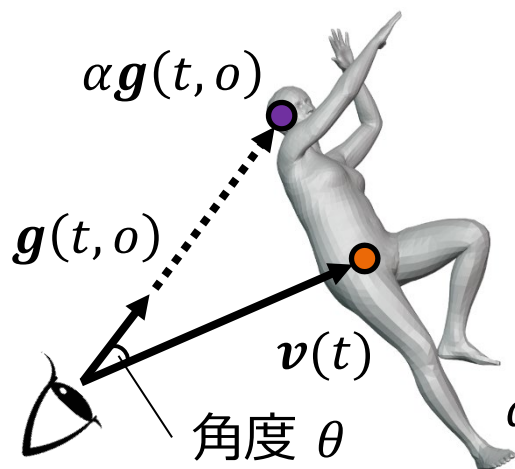
# 提案手法のアイデア

アイデア: 視線方向ベクトル $g(t, o)$ と頂点位置ベクトル $v(t)$ とのなす角度 $\theta$ から注目度合を計算

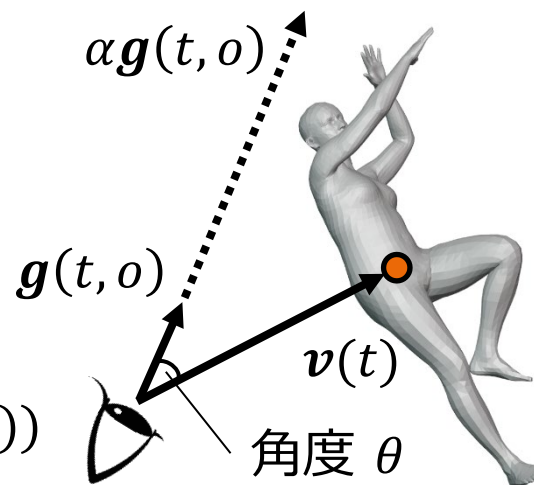
表面領域で  
視線が計測される場合

周囲領域で  
視線が計測される場合

提案手法

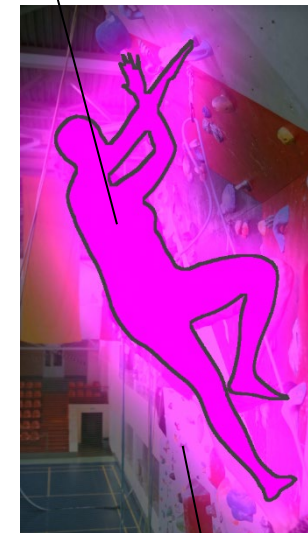


注目度合  
 $a(g(t, o), v(t))$   
計算可能



注目度合  
 $a(g(t, o), v(t))$   
計算可能

表面領域



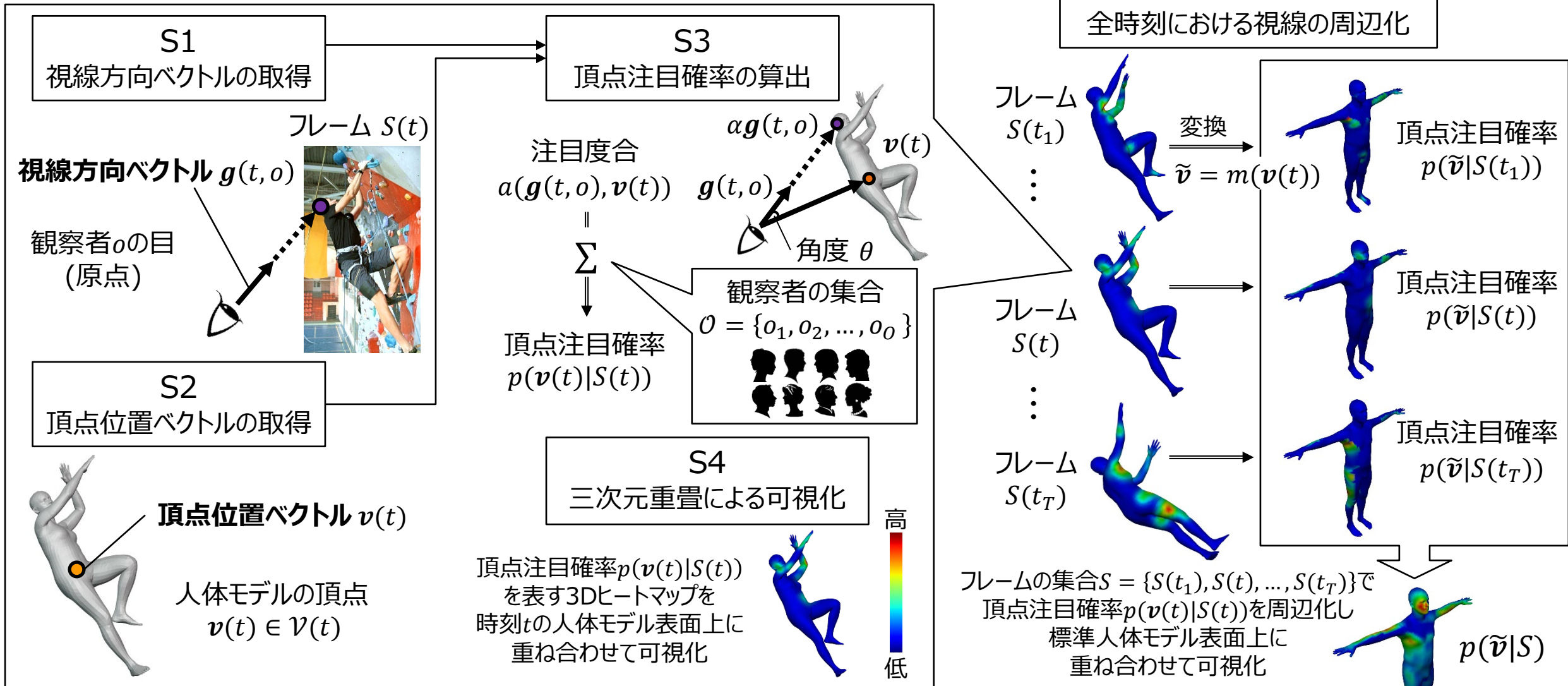
周囲領域

※ 角度 $\theta$ が小さい  $\rightarrow$  注目度合が大きい    角度 $\theta$ が大きい  $\rightarrow$  注目度合が小さい

視線方向ベクトルと頂点位置ベクトルとのなす角度 $\theta$ を用いることで  
表面領域と周囲領域で計測される両方の視線を3Dヒートマップで可視化可能

# 提案手法による可視化の全体の流れ

## 時刻 $t$ における処理





# 評価実験の条件

## □ 実験協力者

- 24名(男性12名 女性12名)
- 年齢: 23.6±2.0 歳

## □ 実験協力者に与えた設問

Q: 動画中の被写体の動作に躍動感があると感じるか

- 回答方法: 感じる・やや感じる・やや感じない・感じない

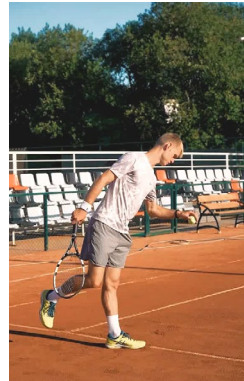
## □ 刺激動画

- フレームレート: 30 fps



被写体1

壁を上る動作, 10.4秒  
縦:900 × 横:506 [px]



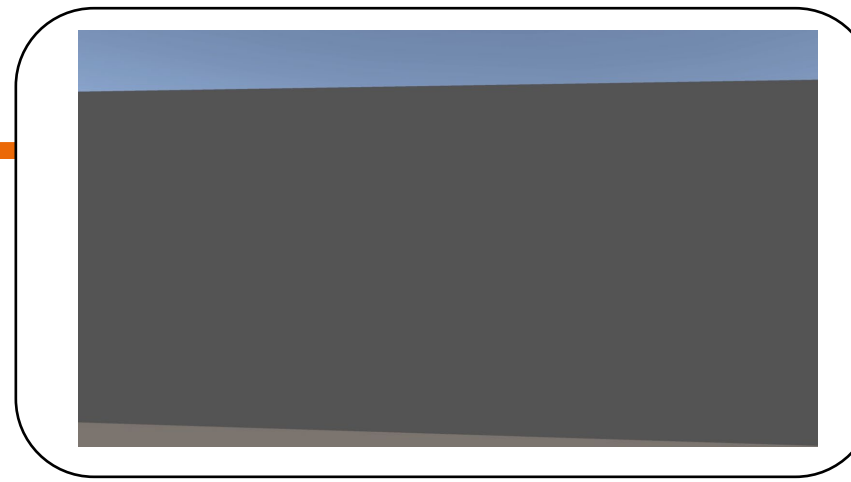
被写体2

球を打つ動作, 6.9秒  
縦:900 × 横:570 [px]

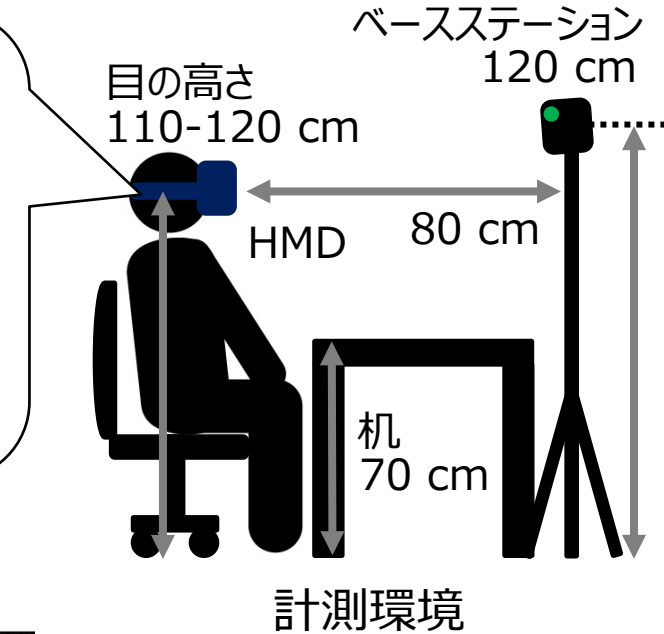


被写体3

蹴り上げる動作, 7.3秒  
縦:900 × 横:730 [px]



計測様子(※ 3倍速)



## □ 視線計測装置

- HMD(VIVE Pro Eye, SPR: 90Hz)

## □ HMD内の仮想空間

- 開発環境: unity 2020.1.17
- 仮想ディスプレイサイズ: 横:16 m, 縦:9 m

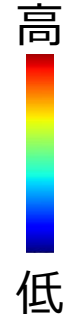
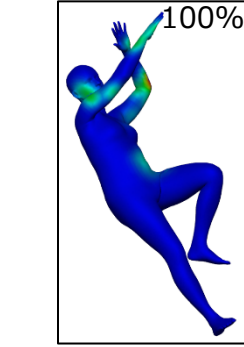
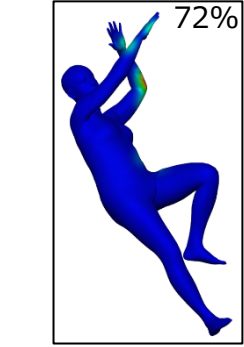
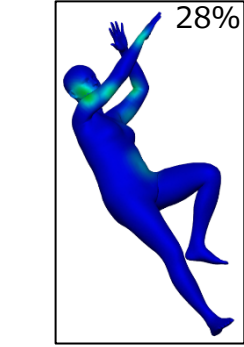
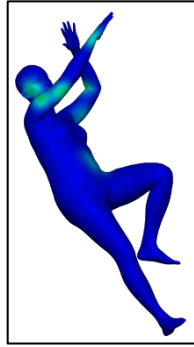
## □ 可視化結果の生成

- 人体モデル: SMPL(頂点数6890点)  
[Matthew+, ACM'15]
- 姿勢推定アルゴリズム: 4D-Humans  
[Goel+, ICCV'23]
- レンダリングツール: blender 3.5

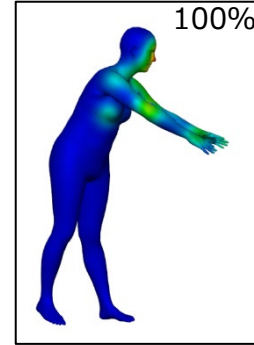
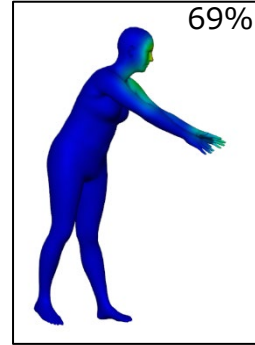
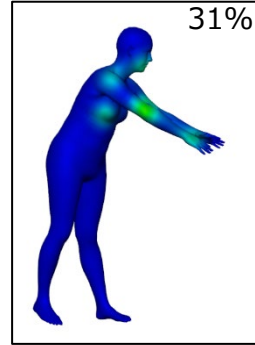
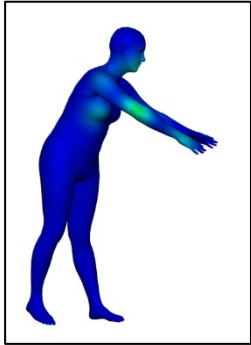
# 評価実験の結果 (1/2)

時刻 $t$ における 刺激動画の フレーム $S^t$	従来手法(距離)		提案手法(角度)	
	時刻 $t$ における 表面領域	時刻 $t$ における 表面領域	時刻 $t$ における 周囲領域	時刻 $t$ における 表面領域+周囲領域

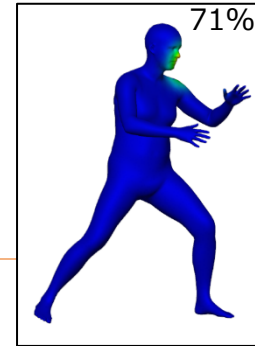
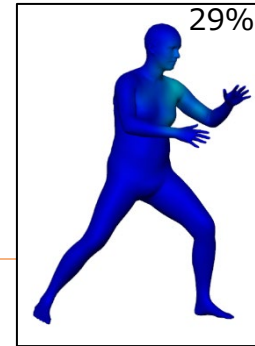
被写体1



被写体2



被写体3



表面領域

周囲領域

※ 時刻 $t$ における観測者24人分の視線  
(提案手法は時刻 $t$ における各領域で計測される視線の比率[%]も記載)

従来手法では表面領域の視線のみ可視化  
[Inoue+, ACPR'23]

提案手法では表面領域と周囲領域の両方の視線を可視化できることを確認

# 評価実験の結果 (2/2)

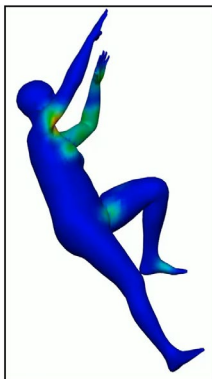
Q: 動画中の被写体の動作に躍動感があると感じるか  
回答方法: 感じる(4)・やや感じる(3)・やや感じない(2)・感じない(1)

被写体1(躍動感の評価の平均値: 2.0)

時刻 $t$ の2Dヒートマップ

時刻 $t$ の3Dヒートマップ(提案手法)

高  
低



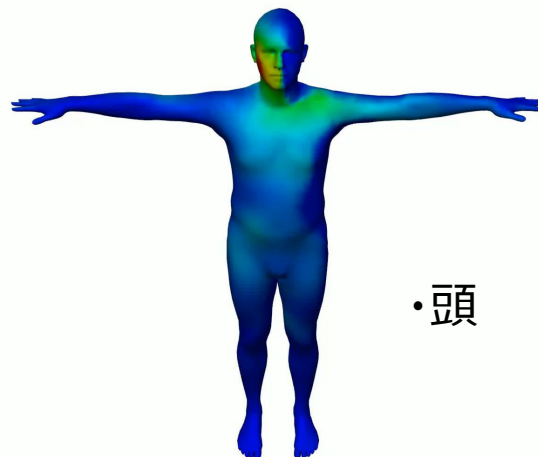
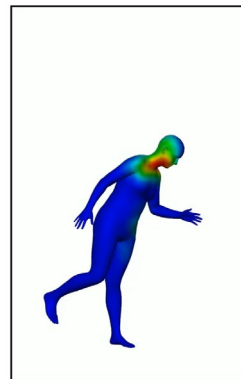
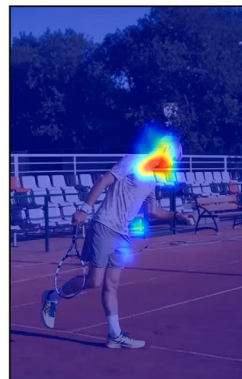
全時刻で周辺化された  
3Dヒートマップ  
(提案手法)



視線が最も集まる身体

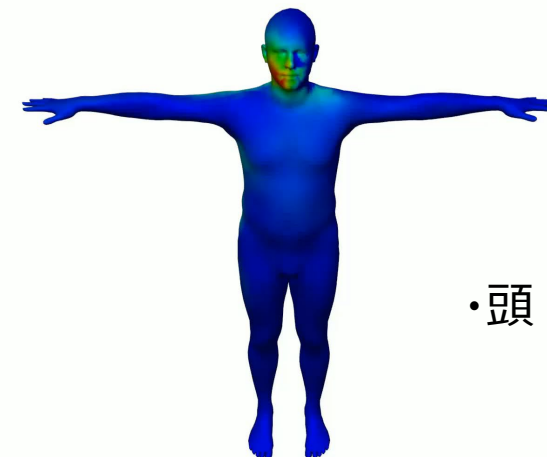
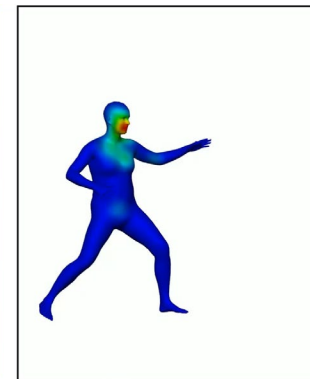
- ・頭
- ・両腕
- ・右脇

被写体2(2.7)



- ・頭

被写体3(2.1)



- ・頭

既存の2Dヒートマップの課題点・・・時刻 $t$ で視線が集まる身体を記憶しながら分析する手間がかかる

全時刻で周辺化された提案手法の3Dヒートマップは既存の2Dヒートマップと比較して  
観察者の時刻全体を通した視線分布が分析しやすい

# まとめ

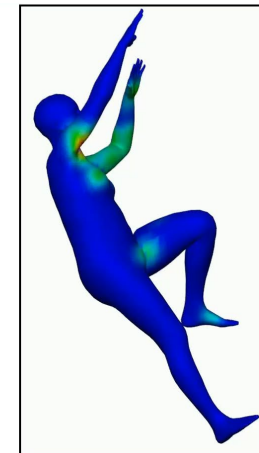
## 被写体の表面領域とその周囲領域において計測された観察者の視線を3Dヒートマップで可視化する手法を提案

評価実験により

- 表面領域と周囲領域の両方の視線を3Dヒートマップで可視化できることを確認
- 全時刻で周辺化された提案手法の3Dヒートマップは既存の2Dヒートマップと比較して観察者の時刻全体を通した視線分布が分析しやすいことを確認

## 今後の課題

- ・ 躍動感を受ける観察者の視線が被写体の各身体にどの程度集まるかを定量的に分析
- ・ 観察者の視線を躍動感を受ける姿勢で重みづけして人体モデル上へ可視化



表面領域

周囲領域

