

衣服および身体特徴を考慮した モーションリターゲティング

mocopi で計測した動作をアバターへ流し込む際に生じるメッシュのめり込みを、
形状認識型リターゲティングネットワーク R2ET で自動補正するパイプラインの構
築と定量評価

頭部への貫通

−82.9%

左腕の貫通

−91.1%

平均貫通率（相対減少）

−12.4%

チーム名：MIMLab / 所属：大阪大学 中島研究室（緒方克哉、河内穂高、池田航太郎）



1 テーマ

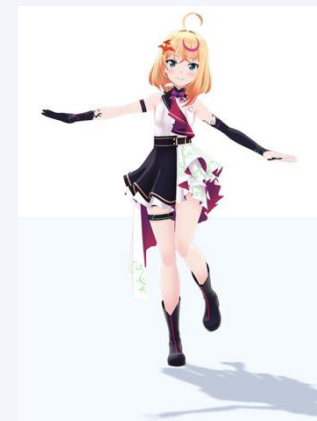
Theme

mocopi のモーションを、対象アバターの「体格・衣服」に合わせて補正する

- mocopi は 6 個の小型 IMU センサだけで全身モーションを取得でき、スタジオ環境なしに VTuber・研究用途のモーションキャプチャを可能にした。
- しかし取得できるのは「装着者の骨格に基づくスケルトン運動」であり **レンダリング対象となるアバターの体型・プロポーション・衣服の形状は考慮されていない。**
- 回転値をそのままコピーする素朴なリターゲットングでは身体形状の差が無視され、**手が顔・頭部に食い込む、脚がスカートを突き抜ける**といった破綻が生じる。
- 本研究では、**衣服を含む身体特徴（メッシュ形状）を条件として考慮するリターゲットング**を mocopi のワークフローに組み込み、その効果を定量的に検証する。

レンダリング対象アバター **RAYNOS ちゃん**

- 頭部が相対的に大きい
- 腕・脚が細く長い
- スカート・前掛け・リボン等の装飾メッシュを持つ
- 計測者の体格とは大きく異なることが多い



実際に mocopi でアバターを動かすと、動作によっては「めり込み」が起きる（下図はすべて補正前の実測）



顔・頭部へのめり込み

手を顔に近づける動作で、手が頭部メッシュの内部に完全に埋没する。**アバターは人間より頭部が大きく腕が短いため差が顕著。**



接触の欠落

腰に手を当てる動作で手が身体から浮く、あるいは逆に食い込む（contact missing）。動作の意味そのものが失われる。



スカート・装飾の貫通

脚を上げる動作で太ももがスカートを突き抜ける。衣服は骨格情報に含まれないため補正されない。

既存の対処法は高コストで、根本原因も解消できない

手作業の IK 補正：モーション 1 本ごとに調整が必要でコスト大 / 衣服の物理シミュレーション：見えは緩和するが原因の姿勢は直らない

大規模データセットの再収録：撮影・整備・再学習まで含め、取り直しコストが極めて大きい

R2ETをmocopiへ接続し、衣服を含む実アバターで「再学習なし」の適用可能性を検証

01 研究課題

身体貫通を抑える既存のR2ETを、衣服を含む実アバターへ適用できるかを問う。

02 mocopi接続の実装

27関節から22関節への写像に加え、軸・回転表現・スケールを整合する変換層を構築。

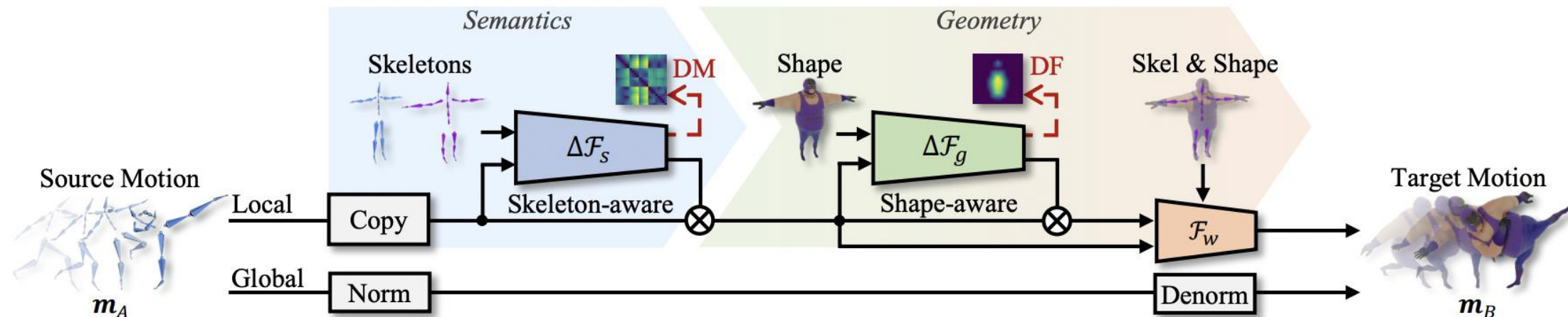
03 衣服を含むshape条件

身体メッシュだけでなく、スカートや装飾を含む衣服メッシュも形状条件として入力。

04 再学習なしで実証

公開重みをそのまま用い、実アバターの全742フレームで定量・定性評価を行う。

Skinned Motion Retargeting with Residual Perception of Motion Semantics & Geometry (CVPR 2023)



R2ET の全体構成（原論文 Fig.2 より）：ソース動作をコピーしたうえで、骨格に関する残差と形状に関する残差を順に加えていく

Skeleton-aware

$\Delta \mathcal{F}_s$

ソースとターゲットの骨格 γ を比較し、動作の意味 (semantics) を保ったまま骨格長差を吸収する残差 Δq を出力。

Shape-aware

$\Delta \mathcal{F}_g$

ターゲットの形状 ϕ （頂点の幾何）を知覚し、めり込みと接触欠落を減らす方向へ姿勢を修正する残差を出力。

Balancing Gate

$\mathcal{F}_w$

骨格側と形状側の 2 つの残差を線形補間し、「意味の保持」と「破綻の抑制」のバランスを取る。

STEP 1

mocopi で動作計測

6センサでモーションを取得し、BVH（ルート位置＋関節回転）として書き出す。



STEP 2

入力形式へ変換

27関節のスケルトンを R2ET の 22関節へマッピングし、軸とスケールを正規化。



STEP 3

身体+衣服 shape で推論

身体+衣服メッシュを shape 条件として入力し、再学習なしで補正モーションを出力。



STEP 4

mocopi 形式へ逆変換

出力を mocopi 形式へ戻し、Unity 上で Before / After を比較。

実装上のポイント

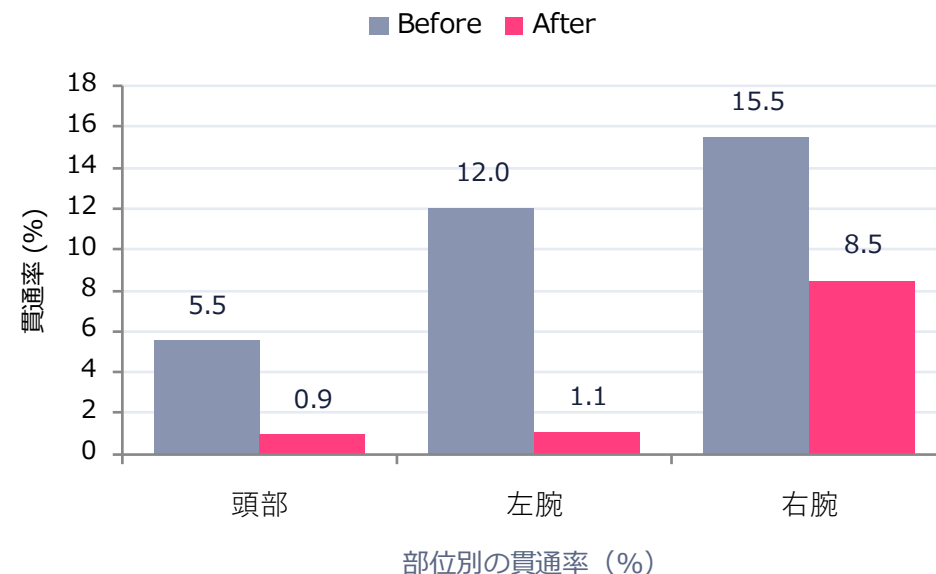
- 関節数・命名・初期姿勢の差を吸収する変換層を自作
- T ポーズの身体+衣服メッシュを shape 条件として付与
- 再学習は行わず、公開重みによる推論のみで検証

評価方法

- Before（素朴なコピー）と After（R2ET）を同一モーションで比較
- 全 742 フレームを同一フレーム番号で評価
- 貫通率（凸包内部に入った四肢頂点の割合）で定量評価

全 742 フレームの平均。値は四肢頂点の貫通率 [%] で、変化は Before→After。いずれも値が小さいほど良い

指標	Before	After	変化
平均貫通率	36.389 %	31.888 %	-4.501 pt
最大貫通率	54.465 %	48.742 %	-5.722 pt
頭部への貫通	5.525 %	0.944 %	-82.9 %
左腕の貫通	12.025 %	1.070 %	-91.1 %
右腕の貫通	15.478 %	8.503 %	-45.1 %



貫通率（自己貫通の評価指標）の定義

- 各フレームの姿勢を同一メッシュに Linear Blend Skinning で適用し、フレーム毎に幾何評価（全 742 フレーム）
- 四肢頂点（左右の腕・脚）のうち、胴体の凸包または頭部の凸包の内部に入った頂点を「貫通」と判定
- 貫通率 = 貫通頂点数 ÷ 四肢頂点数 × 100 [%]。表の平均貫通率は全フレームの平均、最大貫通率は最大フレームの値
- 頭部・左右腕の行は分母を各部位の頂点数に置換。凸包が重なる領域では頂点が重複計上され得るため、各行の和は平均貫通率と一致しない

※ RAYNOS 形状はスカート頂点が胴体ボーン支配のため胴体凸包が脚付根まで広がる。

7 研究結果 ② 定性評価（頭部・衣服への貫通低減）

Result / Body & Clothing

各事例を同一フレーム・同一カメラで比較。ピンク枠は貫通の注目領域



例① 頭部の貫通

補正前は手全体が頭部・髪に埋没。補正後は手が頭部の外側に移動し、手の形状と自然な接触距離を回復した。

頭部貫通率 5.525 % → 0.944 % (82.9 %減)



例② スカートの貫通

補正前は指と手首がスカート内部に埋没。補正後は腕が外側へ補正され、手が衣服表面に沿う自然な姿勢へ改善した。

左腕貫通率 12.025 % → 1.070 % (91.1 %減／最大改善)

次の焦点は「貫通回避」から「自然な接触」へ

1 接触の「意味」を学習する

貫通率に加え、接触距離・接触部位・動作意図を学習し、「触れる／離れる」を正しく再現する。

2 衣服・髪を動的な対象として扱う

衣服や髪を固定障害物ではなく変形対象としてモデル化し、身体との相互作用を同時に生成する。

3 mocopi ストリームで安全に補正する

遅延・揺らぎ・欠損を考慮し、推論の信頼度に応じて補正量を制御する軽量・低遅延処理へ拡張する。

4 変換仕様と評価指標を標準化する

関節変換をアバタープロファイル化し、貫通・接触保持・意味保持・遅延を共通ベンチマークで測る。

mocopi が広げる次の研究開発

研究 | 実環境のモーションを短時間で収集できるため、体格・衣装・動作を横断した検証を高速化できる。

開発 | 補正・品質判定・可視化を SDK として統合し、アバターごとの手作業調整を減らせる。

応用 | VTuber、XR、ゲーム制作で、同じ動きを異なるアバターへ自然に展開できる。

到達点 | どの体格・衣装でも、取得した動きをその場で自然に再利用できる汎用モーション基盤。

参考文献・謝辞

References & Acknowledgements

参考文献

- [1] J. Zhang, J. Weng, D. Kang, F. Zhao, S. Huang, X. Zhe, L. Bao, Y. Shan, J. Wang, Z. Tu. "Skinned Motion Retargeting with Residual Perception of Motion Semantics & Geometry." CVPR 2023. arXiv:2303.08658
- [2] R2ET 公式実装. <https://github.com/Kebii/R2ET>
- [3] ソニー株式会社. mocopi 製品情報. <https://www.sony.jp/mocopi/>
- [4] Adobe Mixamo. <https://www.mixamo.com/> (R2ET の学習・評価に用いられたキャラクタ／モーションデータセット)

謝辞

本研究の機会をいただいた mocopi アカデミック・コンテスト 2026 事務局およびソニー株式会社の皆様に感謝いたします。

検証に使用したアバターモデル（RAYNOS ちゃん）の権利は各権利者に帰属します。

大阪大学産業科学研究所 大倉史生先生のご指導に感謝いたします。

H1 Shape-awareで身体貫通を低減

身体形状を条件として知覚するため、頭部や脚まわりの貫通は減少すると予想する。ただし、アバター固有の髪型や装飾など、複雑な形状まで考慮できるかは不明である。

H2 Skeleton-awareで動作意味を保持

skeleton-aware モジュールにより、腰に手を当てる・腕を組むといった接触動作の意図が失われない。

H3 衣服shape条件で衣服干渉を低減

衣服メッシュを shape 条件に含めることで、身体形状のみでは捉えにくいスカート周辺の貫通も低減できると予想する。

想定されるリスク

スケルトン定義の差

体幹 7 関節を 3 関節へ圧縮する際の誤差が、そのまま動作の崩れになる。

学習データ分布の外

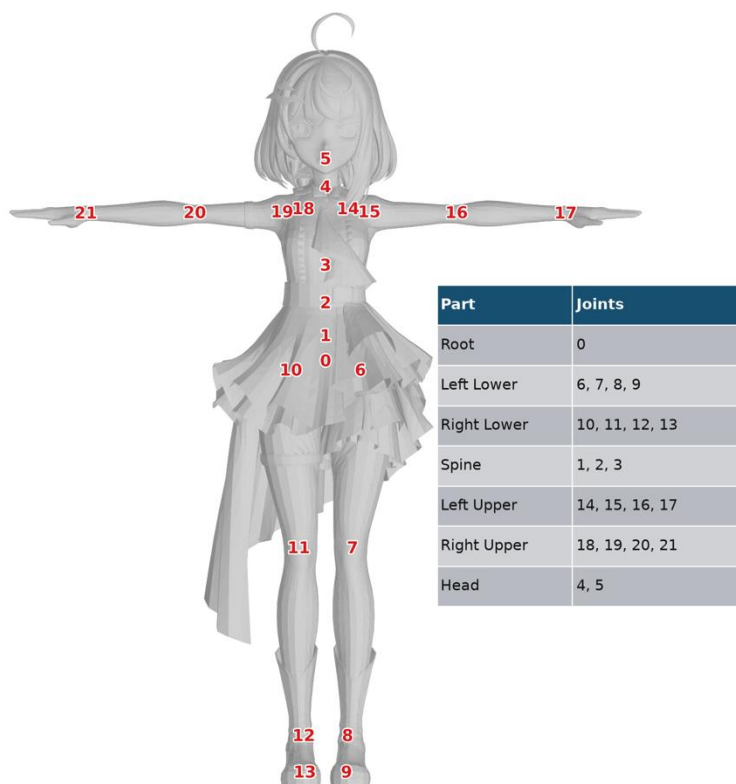
R2ET は Mixamo キャラクタで学習されており、スカートのような大きな装飾メッシュは想定されていない。

接触との両立

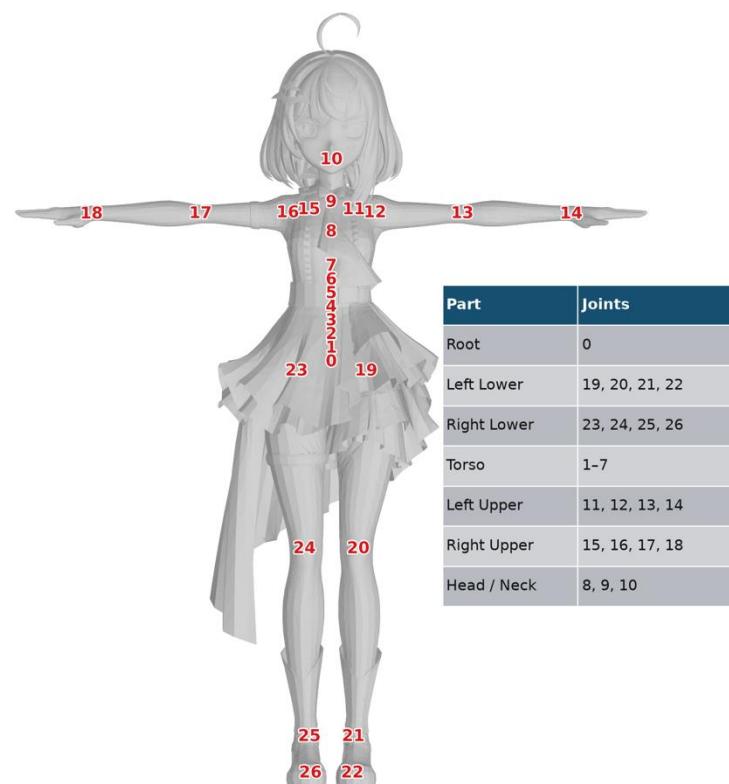
貫通を減らす方向の修正は、身体から遠ざける修正でもあるため、接触動作が浮くおそれがある。

mocopi の 27 関節を R2ET が想定する 22 関節へ写像する（体幹の関節数の差が最大の論点）

R2ET — 22 joints



mocopi — 27 joints



対応付けの方針

四肢は 1 対 1

左右の上肢・下肢は各 4 関節で一致するため直接対応させる。

体幹は 7 → 3 に圧縮

mocopi の Torso 1-7 を R2ET の Spine 1-3 に集約。細かい背骨の回転は累積して割り当てる。

頭部は 3 → 2

Neck / Head の 2 関節へまとめる。

スケール正規化

装着者の身長でルート位置を正規化し、アバターの骨格長で復元する。

H1：身体形状条件により貫通を低減

頭部 -82.9%、左腕 -91.1%と、体格差の影響が大きい部位で貫通率が低下した。身体形状を条件として与える手法は、体格差に起因する身体貫通の低減に有効であり、H1は支持された。

H2：動作の意味は保持された

定性評価では、補正後も元動作の意図や姿勢の流れが維持されていることを確認した。貫通回避による大きな動作崩れは見られず、H2は支持された。

H3：衣服周辺の干渉を低減

手がスカートへ深くめり込む動作や腰周辺の干渉が視覚的に改善した。身体・衣服形状を条件として与えることで衣服近傍の姿勢が補正され、H3は定性的に支持された。

Limitation

衣服を積極的に動かす接触動作には未対応

膝でスカートを持ち上げる動作では、身体側の姿勢補正だけでは対応できず、依然として衣服とのめり込みが発生する。

改善案 | 衣服情報を含めたリターゲットイング

衣服形状・接触位置・変形状態を条件に、身体姿勢と衣服挙動を同時補正し、接触動作への対応を目指す。

