

RGBD 画像を用いた人物姿勢推定 —クライミング動作に対する実環境での精度検証（第二報）—

Human Pose Estimation Using RGBD Images

-Accuracy verification for climbing movements in actual environment-

森永 亘 (九大) ○正 河村 晃宏 (九大)
正 倉爪 亮 (九大)

Wataru MORINAGA, Kyushu University

Akihiro KAWAMURA, Kyushu University, kawamura@ait.kyushu-u.ac.jp

Ryo KURAZUME, Kyushu University

In this paper, the validation of the accuracy of a human pose estimation method in a real environment is shown. This method, proposed in the first report, uses ICP algorithm to improve the accuracy of human pose estimation using RGBD images. Some experiments to estimate climbing movement are conducted in an actual climbing gym for the accuracy verification. From the experimental results, the effectiveness of the proposed method is demonstrated by comparing with conventional methods.

Key Words: Pose estimation, Motion analysis, ICP algorithm

1 緒言

スポーツクライミングは、壁に取り付けられたホールドと呼ばれる突起を利用して様々な形状や高さの壁を登る競技である。その際、競技者は3次元的に複雑かつ様々な姿勢をとるため、競技者の登攀技術に対する統一的な指標・指導方法が確立されておらず、クライミング動作計測による定量的な評価指標の導入が求められている。このため、クライミングで利用可能な動作計測手法の開発が進められている。

クライミング動作計測手法として、光学式モーションキャプチャシステムによる手法が多く用いられている [1]。この手法は非常に高精度に計測できる反面、複数台のカメラを設置する必要があるため、時間的、空間的制約が大きく、システム自体非常に高価である。一方で、比較的安価な RGBD センサを用いた姿勢推定手法も提案されている [2]。これは 1 台の RGBD センサで取得した RGB 画像から 2 次元姿勢推定を行い、デプス画像に投影後、身体の各部位の厚みを固定値として補正することで 3 次元姿勢推定を実現する手法である。しかし、2 次元姿勢推定自体の精度が低いことや、厚みを固定値で補正するため姿勢の変化に対応できないことから、精度の担保が困難である。

この問題を解決するために、これまでに我々は RGBD センサによる姿勢推定に ICP による補正を加えた人物姿勢推定手法を提案している [3]。この手法では RGBD センサによる姿勢推定の結果を基に、RGBD センサで取得した点群と予め用意したモデル間で ICP によるモデルフィッティングを行う。本稿では、この手法を用いて実際のクライミングジムにおいて、競技者の運動計測実験を行い、手法の有効性を検証する。

2 ICP を用いた人物姿勢推定手法

本研究では、RGB 画像および距離画像の取得に Stereolabs 製の ZED 2i Stereo Camera を用いる。センサの外観を図 1 に示す。撮影時の画素数は 720p、フレームレートは 60fps である。

本手法では 2 次元姿勢推定を行い、その結果を 3 次元の距離画像へ投影し、その後 ICP による位置補正を行う。2 次元推定手法では、RGB 画像より Segment Anything[4] を用いて人間領域を抽出し、その画像に対して OpenPose[5] を適用することで姿勢推定を行う。図 2 に推定された 18 個の関節を持つ人物モデルの例を示す。RGB 画像から得られる 2 次元の姿勢推定結果を距離画像に投影することで、3 次元の人物姿勢を得る。

このとき、OpenPose を用いた推定精度は十分とは言えず、大きな誤差を含む場合や推定が失敗する場合がある。そこで、OpenPose から算出された距離画像における各関節位置を初期値とし、各部位モデルとの間で、フレームごとに ICP を実行することで

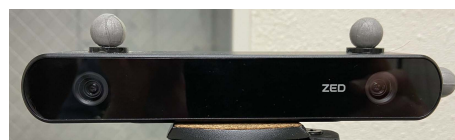


Fig.1 ZED Stereo Camera



Fig.2 Example of 2D estimation

座標補正を行う。各部位ごとのモデルは人体モデルから切り出したものを用いる。また、OpenPose における姿勢推定の際に、大きな誤差を含む場合や推定失敗の場合には、前フレームの ICP の結果を初期値として利用する。

3 精度検証実験

提案手法の人物姿勢推定精度の確認を目的とし、実際のクライミングジムにおいて光学式モーションキャプチャシステム (Vicon) との比較実験を行った。図 3 に示す室内環境において、図 4 に示す動作を行い、RGBD センサおよびモーションキャプチャシステムを用いて計測する。RGBD センサは図 3 の赤丸で囲まれた位置に設置する。実験は、日常的にクライミングを行う上級者 2 名と中級者 1 名を対象として行った。本稿では中級者 1 名の運動計測結果について報告する。

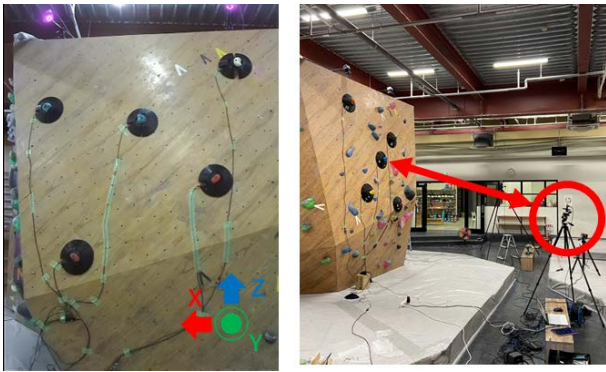


Fig.3 Experimental environment



Fig.4 Climbing motion

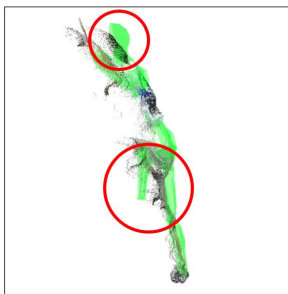


Fig.5 Before ICP



Fig.6 After ICP

図5にICPのモデルフィッティング前後の様子を示す。頭部、右腕脛、左太ももの部分が点群と一致する方向に移動しており、ICPが効果的に働いていることが確認できる。また、図7、図8にVicon、OpenPoseのみ、先行手法[2]（OpenPose+固定値）、提案手法[3]（ICP）のそれぞれから得られた右肘および重心位置の推定結果を示す。グラフ中の灰色の部分にはOpenPoseが正しく推定できなかった場合の時間帯を示す。

提案手法では、右肘の関節位置・身体重心位置共に真値に最も近い結果となり、従来研究の精度の問題を改善している。OpenPoseでの推定が失敗した灰色で表す時間帯においても、提案手法では精度の高い推定ができていた。他の関節や他の被験者の推定結果においても同様の結果が得られた。

以上の結果から、提案手法を用いることで、推定精度の向上および、推定失敗時に対する補正ができていたことを確認した。

また、本実験で扱ったデータは、4.17秒250フレームのデータであり、推定にかかった時間は55分、1フレーム当たり13秒である。

4 結言

本研究では、RGBD姿勢推定にICPによる補正を加えた人物姿勢推定手法によって、実際のクライミングジムにおいて、高精度な人物姿勢推定が可能となることを示した。実際のクライミングジムにおいてViconや従来手法との比較実験を実施し、提案手法による高精度化および推定失敗時の補正について確認した。

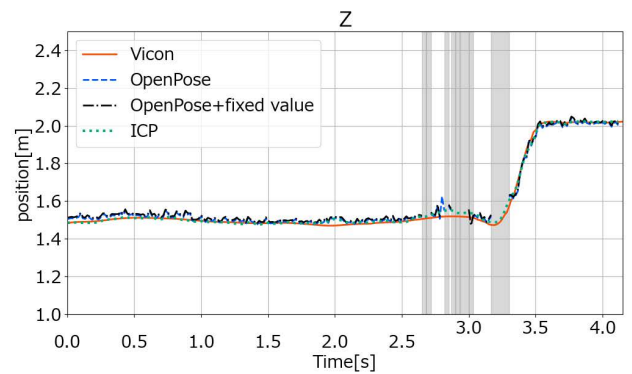
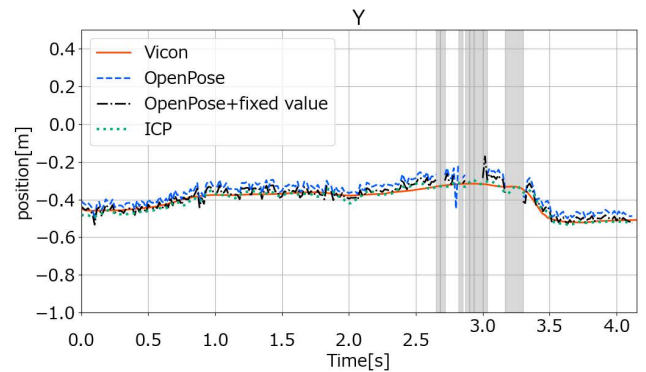
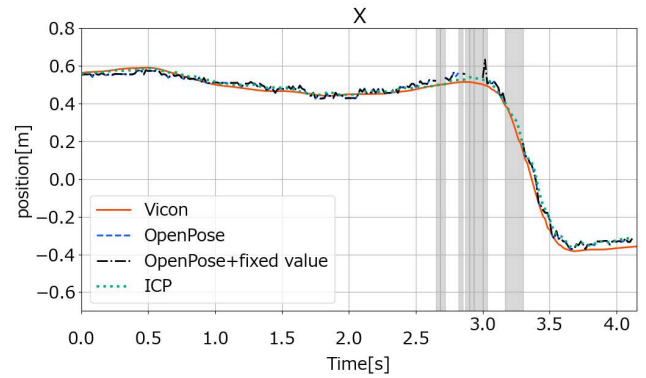


Fig.7 Right elbow

参考文献

- [1] Hitomi Iguma, Akihiro Kawamura, Ryo Kurazume. "A New 3D Motion and Force Measurement System for Sport Climbing", *2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)* pp. 1002-1007, 2020.
- [2] D. Pandurevic, A. Sutor, K. Hochradel, "Introduction of a Measurement System for Quantitative Analysis of Force and Technique in Competitive Sport Climbing", *8th International Conference on Sport Sciences Research and Technology Support*, pp.173-177, 2020
- [3] 森永亘, 河村晃宏, 倉爪亮, "RGBD画像を用いた人物姿勢推定-ICPアルゴリズムによる位置補正(第一報)-"日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会2023, 2A2-H01, 2023.
- [4] Kirillov, Alexander and Mintun, Eric and Ravi, Nikhila and Mao, Hanzi and Rolland, Chloe and Gustafson, Laura and Xiao, Tete and Whitehead, Spencer and Berg, Alexander C. and Lo, Wan-Yen and Dollár, Piotr and Girshick, Ross, "Segment Anything", *arXiv:2304.02643*, 2023.
- [5] Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh, "OpenPose: realtime multi-person 2D pose estimation using Part Affinity Fields", *IEEE Transactions on Pat-*

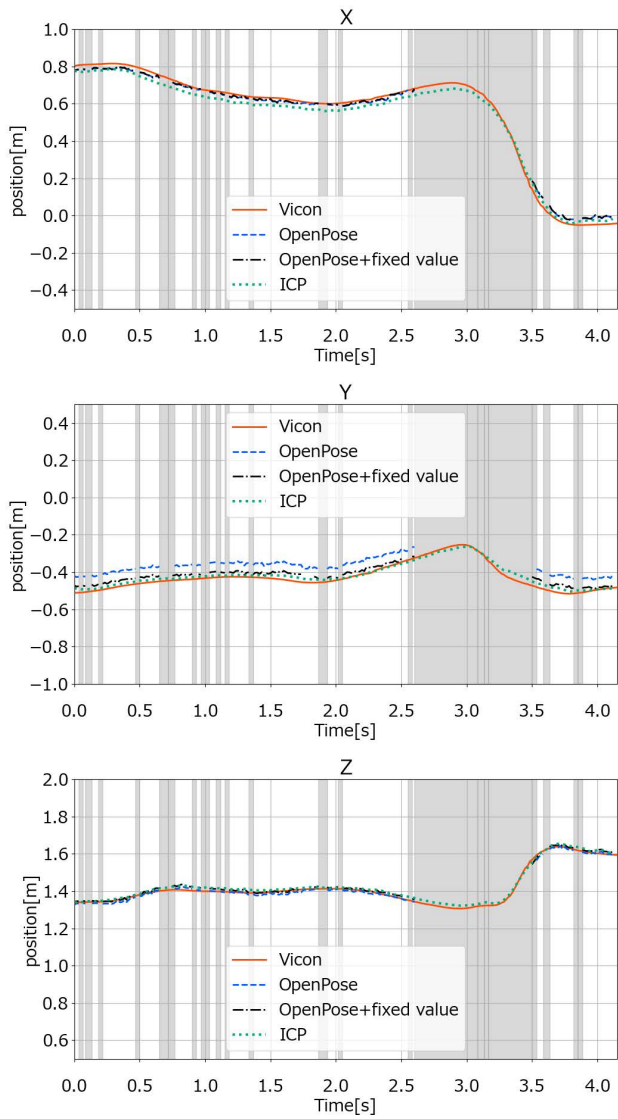


Fig.8 Center Of mass

tern Analysis and Machine Intelligence, Vol.43, Issue 1, pp. 172-186,2021