

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）—

Human Pose Estimation Using RGBD Images
-Improvement of accuracy by ICP algorithm-

○学 森永 亘 (九大) 正 河村 晃宏 (九大)
正 倉爪 亮 (九大)

Wataru MORINAGA, Kyushu University, morinaga@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp
Akihiro KAWAMURA, Kyushu University, kawamura @ ait.kyushu-u.ac.jp
Ryo KURAZUME, Kyushu University, kurazume @ ait.kyushu-u.ac.jp

This paper presents a method to improve the accuracy of human pose estimation using RGBD images. 3D pose estimation based on mapping depth images to RGB images has a problem. It is the error in the depth direction caused by the low accuracy of the depth image and the fact that the estimated points are on the surface of the body. This paper proposes a method to improve the accuracy by using a correction algorithm based on ICP. The method consists of a measurement system that measures RGBD images and estimates human posture, and a correction algorithm using ICP.

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登る競技であり、競技者人口・競技用施設の増加が著しく、今後の普及と発展が期待されている。本種目も他のスポーツと同様に動作計測・解析が試みられている [1][2]。競技者の姿勢推定には主にマーカを用いたモーションキャプチャシステムが多く用いられているが、多数のカメラを利用するため、壁の形状によっては、設置および計測が困難となる。この問題に対して Pandurevic らは、RGBD センサによる 3 次元姿勢推定を用いた、クライミング動作計測システムの提案をしている [3]。この手法では、RGB 画像から 2 次元の姿勢を求めた後、距離画像に投影し、各部位の半径を定義することで、奥行きを補正している。しかし、各部位の奥行き方向の厚みは、競技者の姿勢によって大きく変化するため、精度の担保が困難である。

本研究では、Iterative Closest Point (ICP) アルゴリズムによる奥行き補正を用いた、RGBD センサによる 3 次元姿勢推定手法を提案する。距離画像から得られる各部位の形状と、事前に用意した人物形状モデルを、ICP アルゴリズムを用いて位置合わせすることで関節位置を求め、奥行き方向の推定精度の向上を目指す。本手法ではまず、Pandurevic らの手法と同様に、RGB 画像から 2 次元姿勢を推定、その後距離画像中の各部位の座標に投影する。ここで得られた 3 次元関節位置から ICP アルゴリズム適用時の各モデルの初期位置を決定する。その後、RGBD センサで取得した距離データに対し、身体部位ごとのモデルを ICP を用いてフィッティングさせることで、推定位置を補正する。

本稿では、提案手法の有効性を確認するため、人物の前方に壁の無い理想状態を想定し、姿勢推定実験を行う。本実験では、提案手法による姿勢推定と同時に、カメラ 16 台を用いたモーションキャプチャによる姿勢推定を行い、結果を比較することで提案手法の効果を確認する。

2 人物姿勢推定手法

本章では、姿勢計測システムと姿勢推定アルゴリズムについて述べる。

2.1 計測システム

本研究では、RGB 画像および距離画像の取得に Stereolabs 製の ZED Stereo Camera を用いる。センサの外観を Fig.1 に示す。このセンサは距離画像をステレオ方式で取得する。ステレオ方式は ToF 方式を用いた計測に比べて奥行き方向の精度は劣る。しかし、ToF 方式では、黒色の部分で欠損が発生する、屋外の環境光の影響を大きく受けるなど、制約が多く、クライミングを対象とする場合、欠損部分が多く発生してしまうため、ステレオ方式の



Fig.1 ZED Stereo Camera

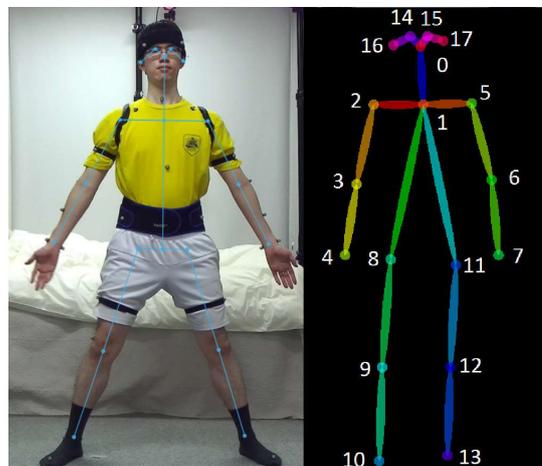


Fig.2 2D Body Estimation and skeleton model

センサを採用している。撮影時の画素数は 1080p、フレームレートは 30fps である。また、タイムスタンプによる後処理によって、評価に用いるモーションキャプチャシステムと同期を行う。

2.2 姿勢推定アルゴリズム

前述した計測システムを用いて得られた RGB 画像と距離データを用いて人物姿勢推定を行う。まず、ZED センサの SDK を用いて 3 次元姿勢推定を行う。2 次元姿勢推定の例と人物の関節モデルを Fig.2、3 次元姿勢推定の例と人物の関節モデルを Fig.3、に示す。ここで 3 次元姿勢の取得が可能であるが、モデルの関節点は、距離データの表面に位置しており、特に奥行き方向に大きな位置誤差が発生する。Fig.4 に一例を示す。そこで本研究では

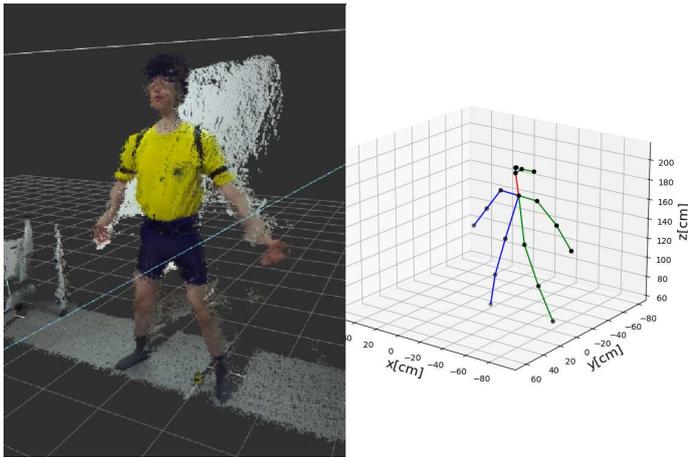


Fig.3 3D Body Estimation and estimation model

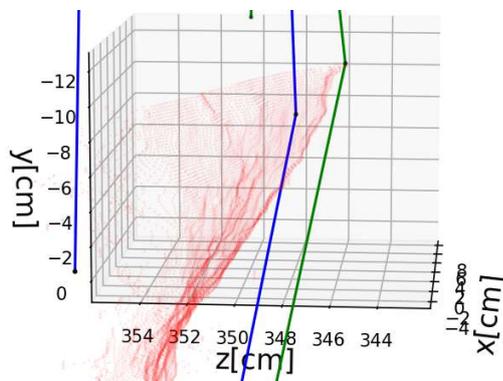


Fig.4 Example of point cloud

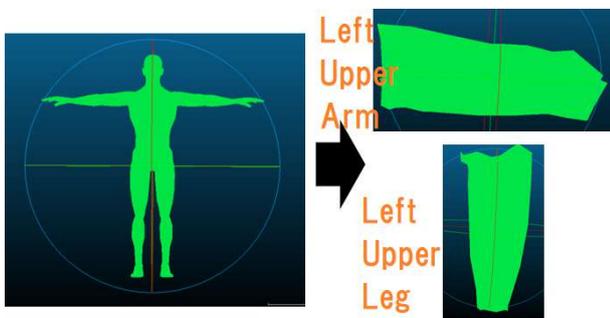


Fig.5 Human Model

SDKによって得られた3次元姿勢をICPアルゴリズムの初期値として用いた補正を行い、姿勢推定精度の高精度化を行う。胴体、上腕、前腕など、体の各部位のモデルを作成し、それぞれ独立にICPアルゴリズムを適用する。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。切り出す前の人体モデルと切り出した身体部位モデルの例を Fig.5 に示す。本研究ではICPにOpen3Dを利用し、終了条件の閾値には点群間のRMSEの変化率を用いる。

3 実験

提案手法の精度の確認を目的とし、光学式モーションキャプチャシステム (Vicon) との比較実験を行う。Fig.6 に示す室内環境において、Fig.7 の動作を2回繰り返し、提案手法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。このとき使用したViconのモデルを Fig.8 に示す。比較には左右の肘と膝の位置を



Fig.6 Experiment Environment



Fig.7 Moving

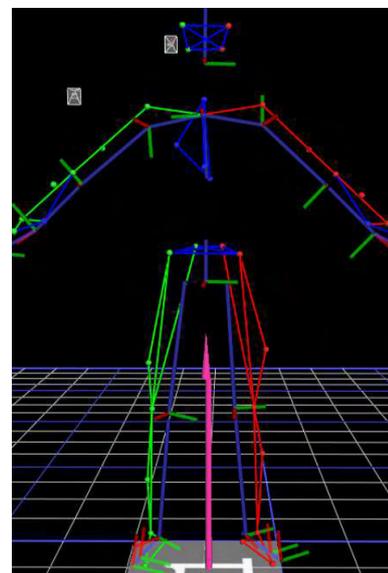


Fig.8 Vicon Model

用いる。Fig.9 に右肘, Fig.10 に左肘, Fig.11 に右膝, Fig.12 に左膝の位置を示す。

これらの結果から、一部の部位、フレームでは、奥行方向の補正が働いていることが分かる。また、定性的にはあるが、波形の形状が近づいている。しかし、フレーム間での補正精度が安定していない。そのため、今後は、ICP実行時の回転中心位置や、各部位モデルの位置から関節位置を求める方法について改良を行

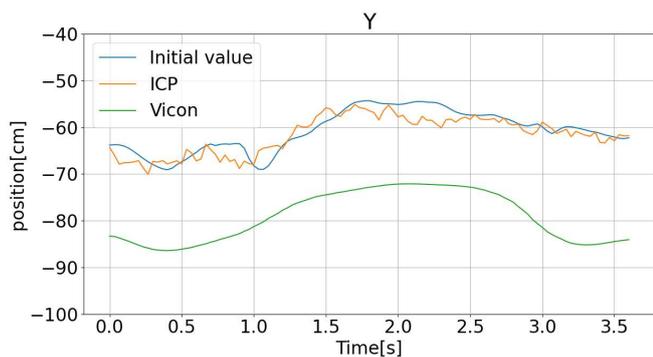


Fig.9 right elbow

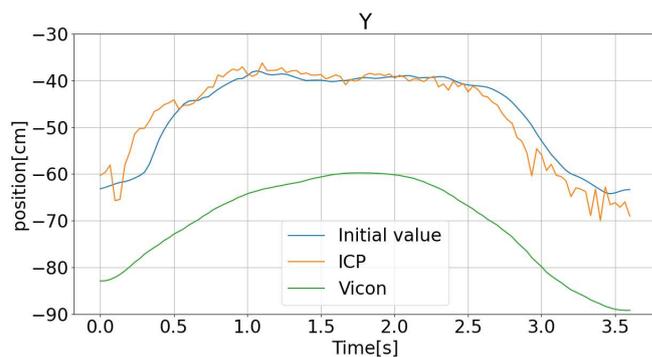


Fig.12 left knee

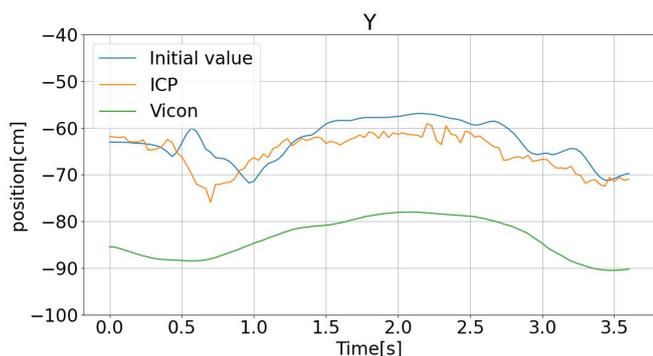


Fig.10 left elbow

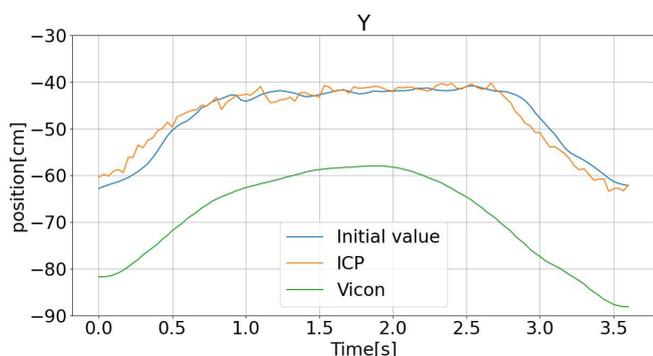


Fig.11 right knee

う予定である。奥行き方向の補正が成功している場合と失敗している場合の点群とモデルの例を Fig.13, Fig.14 に示す。また、奥行き方向については、距離画像取得時に 10~20[cm] 程度の誤差が発生していることを確認している。提案手法は ICP 適用前の点群が正しい位置にあることを前提としているため、これについても改善が必要である。

4 まとめ

本研究ではステレオ形式の RGBD センサによる 3次元姿勢推定を用いたスポーツクライミングの計測システムにおいて、ICP を利用して奥行き方向の補正を行う手法の提案を行った。また、その手法を用いて、光学式モーションキャプチャシステムとの比較実験を行い、手法の評価を行った。提案手法に一定の効果は見られたが、補正の不安定性・初期位置の影響などいくつかの問題点

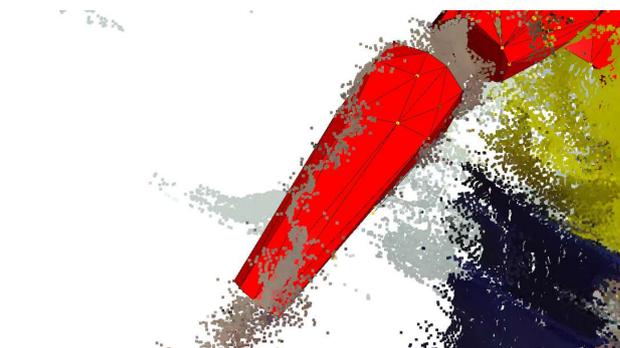


Fig.13 example of Success

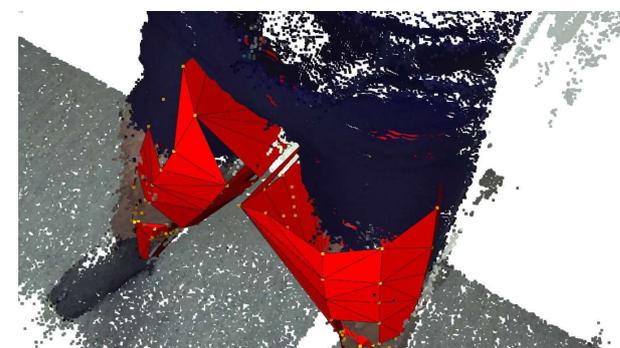


Fig.14 Example of Failure

が確認された。この問題を解決するために、フレーム間の対応や、ICP を行う際に身体部位ごとに隣接する部位間に新たな制約条件を加える手法を考えている。また、点群の奥行きの問題については、一部真値を与えることでこれを補正する予定である。

参考文献

- [1] F. Sibella, I. Frosio, F. Schena, and NA. Borghese, "3D analysis of the body center of mass in rock climbing", *Human Movement Science*, Vol.26, pp.841-852, 2007.
- [2] 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.
- [3] 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