

## Abstract

運動を行う人物を一台のカメラで動画を撮影し、画像処理を用いた様々な手法で三次元骨格推定を行う。いくつかの方法で行った三次元骨格推定を比較し、精度や処理速度の観点から比較分析する。また、組み込み PC で実装する場合やカメラに対し手前にある物体が後ろにある物体を隠す状態になり十分に計測できないオクルージョンへの対応、リアルタイム処理を目的とした高速化を目指す。

## 1 研究背景・目的

情報通信技術の急速な進歩により人工現実感、拡張現実感、複合現実感などの応用が広がっている。感染症対策を契機にオンラインコミュニケーションも増加し、インターネット上の仮想共有空間であるメタバースが注目されている。三次元の仮想空間で自分の分身となるアバターを自由に操作するには、体の動きを計測する必要がある。画像処理による方法<sup>[1]</sup>や専用デバイスを装着する方法<sup>[2]</sup>などが試みられている。画像処理による方法で三次元の情報を取得するためには先行研究のような複数台のカメラを用いる方法<sup>[3]</sup>があるが、狭い室内であるなどの場所の制約や、限られた予算の中で実装したいという資金の制約などによってこの方法を取るのが難しい場合がある。

本研究ではカメラ 1 台で三次元骨格推定ができる現行の方法について実験を行い、それぞれの方法のメリットやデメリット、精度などについて比較する。また、それらを元に組み込み PC での実装やリアルタイム処理などの高速化、オクルージョンというカメラに対し手前にある物体が後ろにある物体を隠す状態になり十分に計測できない場合への対応を目指す。

## 2 研究内容

### 2.1 人の動作の計測方法

人の動作の三次元計測を行うには、画像処理による方法やモーションセンサによる方法などがある。画像処理による方法では画像から人の骨格を推定することで人の動作を解析することができる。画像処理によって三次元骨格推定するには、撮影するカメラに色情報を記録する一般的な RGB カメラで撮影して解析する方法と、kinect や RealSense のようなカメラと物体の距離を測ることができる RGBD カメラで撮影して解析する方法がある。モーションセンサによる方法は光学式や慣性式等があるが、どの方法もマーカーやセンサを検出対象に取り付けなければならないため使用できる環境が限定されてしまう。

本研究では様々な場面に対応できるように画像処理による方法で三次元計測を行う場合についてのいくつかの方法について検証する。

### 2.2 一台の RGB カメラで行う三次元骨格推定

RGB カメラで撮影して解析する方法では OpenPose<sup>[9]</sup>と 3d-pose-baseline<sup>[4]</sup>を用いて、以下の手順で三次元骨格推定を行う<sup>[5]</sup>ことができる。簡単に図にまとめたものを図 1 に示す。

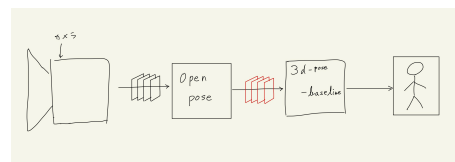


図 1 単一 RGB カメラによる三次元骨格推定の流れ

OpenPose とは、カーネギーメロン大学の Cao らによって発表された、18 個のキーポイント（関節）とその関節をつなぐボーン（骨）を検出することができるオープンソースである。OpenPose は、正面からの画像だけでなく横からでも姿勢推定を行うことができる。また、信頼度は低下するが遮蔽物により、見えない部位の推定も行うことができる。

3d-pose-baseline は三次元の姿勢情報と二次元に投影した姿勢情報を機械学習することによって、二次元の姿勢推定情報から三次元骨格推定が行え、その座標情報を取得できるものである。

### 2.3 RGBD カメラで行う三次元骨格推定

kinectSDK<sup>[6]</sup>を使うことで kinect2 に搭載されているセンサを制御して RGB 画像や奥行き情報を PC に入力することができる。また、それらの情報から人体の骨格を自動的に検出し、その骨格を追跡することができる。

kinectSDK とは Microsoft Kinect for Windows Software Development Kit の略で、Microsoft 社から公式にリリースされた開発キットで、Windows 上で kinect を動かすのに必要なドライバやドキュメントなどが同梱されている。似たような機能を持つもので、Kinect のセンサ部分を開発した PrimeSense 社が中心となって開発した OpenNI というライブラリがある。こちらには部分的なトラッキングやジェスチャ検出機能など kinectSDK に比べることが多く、GitHub 上でソースコードが公開されており現在も有志による開発が行われているが、ドライバが同梱されておら

ず一つのライブラリで完結しないという欠点がある。kinectSDK は現在開発が終了してしまっているのに、どちらにも長所と短所が存在する。kinect2 で撮影する場合は kinectSDK や OpenNI を用いて解析することで三次元骨格推定を行うことができる。

RealSense を用いる方法では、cubemos の Skeleton Tracking SDK<sup>[7]</sup> を使うことによって三次元骨格推定をすることができる。cubemos の Skeleton Tracking SDK はディープラーニングベースの 2D/3D 骨格トラッキング機能を、組み込みハードウェア向けのアプリケーションへ提供するように設計されたソフトウェアである。そのため、GPU がなくても動き、Windows や Linux 上で動かす、対応言語が比較的多いという特徴がある。

## 2.4 精度や処理速度の比較方法

三種類の現行の方法を比較する際、画像処理による方法で取得したデータを基準にするのはそれぞれの骨格推定の方法に有利な結果が出てしまう可能性があるため、基準とするデータは画像処理に頼らない独立した方法で行う必要がある。そこで、加速度センサと角度センサが搭載されているモーションキャプチャデバイス mocopi<sup>[8]</sup> を用いて取得した骨格データとの誤差を元に精度を比較する。

mocopi とは、市販のモーションキャプチャデバイスで両手、両足、頭、腰の計 6 か所に小型センサを装着してリアルタイムに三次元計測を行うことができる。mocopi のセンサはそれぞれ 3 つの自由度を持つ加速度センサと角度センサで測定しており、AI を利用して人の様々な動作を予め学習させておくことで、センサを装着していない肘や膝などの中間関節を含めた全身の推定を実現している。よって mocopi では肘や膝などの関節の屈曲を正確に表現することはできない。

そこで本研究では、オクルージョンが起きにくく動きが早すぎない動作をしている人物一人に対して計測を行い、mocopi のセンサの位置に当たる両手、両足、頭、腰の計 6 か所に関して画像処理を用いて行った三次元骨格推定で得られた座標との誤差を比較することで精度を評価する。

## 3 研究計画と進捗状況

mocopi を装着して学校体操をしている人を RGB カメラ、kinect2、RealSense で撮影し、それぞれのカメラで撮影した映像から三次元骨格推定を行い、推定した骨格と mocopi で測定した骨格の両手、両足、頭、腰の座標のズレを誤差として精度の計測を行う。

本研究では撮影機材として RGB カメラ、kinect2、RealSense、mocopi を用いる。また、開発環境として OpenPose、3d-pose-baseline、kinectSDK、cubemos Skeleton Tracking SDK を使用する。

現在は、OpenPose による姿勢推定を進めている。今後は記述した方法だけでなく、他にも単一のカメラで三次元骨格推定ができる方法がないかリサーチしつ

つ、オクルージョンへの対応、高速化、組み込み PC での実装を目指していく。

## 参考文献

- [1] 平尾 公男, 中澤 篤志, 清川 清, 竹村 治雄, “多関節 CG モデルと距離画像による上半身の姿勢推定”, Technical report of IEICE. PRMU, VOL.104, No.573, 79-84, 2004.
- [2] 白鳥 貴亮, 中澤 篤志, 池内 克史, “モーションキャプチャと音楽情報を用いた舞踊動作解析手法”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J88-D2, No.8, pp.1662-1671, 2005.
- [3] 剣 一輝, “柔道競技の 3D アーカイブ化”, 令和 4 年度専攻科修士論文, 2023.
- [4] J. Martinez, R. Hossain, J. Romero, J. Little. “A simple yet effective baseline for 3d human pose estimation”. In ICCV, 2017.
- [5] 安達 康平, 井上 創造, “ビデオからの 3 次元姿勢を用いた行動認識における精度向上の試み”, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベシブシステム (MBL), 2020-MBL-94, 47, 1-7, 2020.
- [6] 谷尻 豊寿, “体の動きがコントローラ C++で kinect プログラミング KINECT センサー画像処理プログラミング”, 株式会社 カットシステム, 2011.
- [7] Intel, “”, <https://www.intelrealsense.com/skeleton-tracking/>
- [8] SONY, “モバイルモーションキャプチャー mocopi”, <https://www.sony.jp/mocopi/>
- [9] CAO,Zhe,et al.OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. arXiv preprint arXiv:1812.08008. 2018.