

## Abstract

全身運動を行う人物を一台の RGB カメラや RGBD カメラで撮影し、それぞれのカメラに合った画像処理を用いた手法で三次元骨格推定を行う。また、それ以外にも一台のカメラと画像処理を用いて三次元骨格推定を行う方法がないかリサーチする。そうして取得した三次元骨格推定の結果を精度や処理速度などについて比較し分析する。

## 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<sup>[1]</sup>。

その理由の一つに、離れている相手にテキストや音声だけでなく身振りや動作などのノンバーバルな情報の伝達を行うことが容易であるという点がある。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>[2]</sup>や専用デバイスを装着する方法<sup>[3]</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>[4]</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、複数台のカメラを用いる方法取るのが難しい場合がある。

本研究では1台の入力装置で三次元骨格推定ができる現行の方法について調査及び実装を行い、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、それらの情報を元に組み込み 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検討する。

## 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。それぞれの方法について簡単にまとめたものを表1に示す。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できる。画像処理による三次元骨格推定は撮影するカメラに、色情報を記録できる一般的な RGB カメラを用いて解析する方法と、カメラと物体の距離を測ることができる RGBD カメラを用いて解析する方法がある。

モーションセンサによる方法は、光学式や慣性式などがある。光学式は体表面にマーカーを取り付けそのマーカーを複数台のカメラで取り込むことで骨格を推定する。慣性式は加速度、角速度、方位を測定できる

表1 動作を計測する方法の種類と特徴

	カメラ		モーションセンサ	
	RGB	RGBD	光学式	慣性式
センサ装着	不要	不要	必要	必要
外から撮影	必要	必要	必要	不要
必要台数	1～数台	1台	複数	0

センサを体表面の指定箇所に取り付けることで骨格を推定する。

本研究では一台のカメラと画像処理で三次元計測を行う場合について検証し、モーションセンサを用いて三次元測定した場合と比較する。

## 2.2 RGB カメラ一台を用いた三次元骨格推定

RGB カメラで撮影した画像を OpenPose<sup>[10]</sup> と 3d-pose-baseline<sup>[5]</sup> で処理することで骨格推定を行う<sup>[6]</sup>。その様子を図1に示す。

OpenPose は、人体の 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で、二次元の姿勢推定情報から三次元の骨格推定が行え、その座標情報を取得できるオープンソースである。

RGB カメラで運動している人物の動作を撮影し、その動画を連続静止画へ変換する。各静止画から OpenPose で関節の二次元位置を抽出する。

抽出した各点の二次元位置を三点移動平均など用いて時間軸方向に滑らかな動作をしているように。そうして動きを滑らかにした関節の二次元位置を 3d-pose-baseline の入力形式に変換し、3d-pose-baseline を用いて三次元位置を推定する。

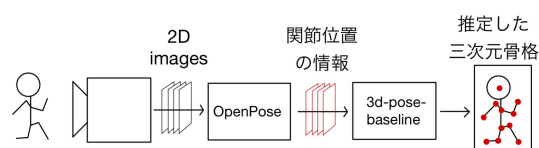


図1 単一 RGB カメラによる三次元骨格推定の流れ

表 2 RGBD カメラと開発ライブラリの組み合わせ

カメラ	開発ライブラリ
kinect2	kinectSDK, OpenNI
RealSense	mediapipe

## 2.3 RGBD カメラで行う三次元骨格推定

RGBD カメラを入力装置として用いる際の関係を図 2 に示す. kinectSDK<sup>[7]</sup> のようなデバイス専用のソフトウェアや, mediapipe<sup>[8]</sup> などのオープンソースを開発ライブラリに用いて処理することによってアプリケーションを作成できる.

RGBD カメラと開発ライブラリの組み合わせを表 2 に示す.

kinectSDK 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ある. Windows 上で kinect2 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. kinectSDK はハードウェアである kinect2 との組み合わせに限定されており, 現在は開発が終了してしまっている.

kinectSDK と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. OpenNI 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.

mediapipe は Google が提供しているライブメディアやストーリーミングメディア向けの機械学習ソリューションである. 特徴として, 少ない記述量で使うことができ, 計算コストが低くスマートフォンや組み込み PC など資源の限られたハードウェアでも使用できるというものが挙げられる.

## 2.4 画像処理データの比較方法

各画像処理の精度を比較する際, 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特定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取得する必要があるなどの理由からモーションキャプチャデバイス mocopi<sup>[9]</sup> を用いる.

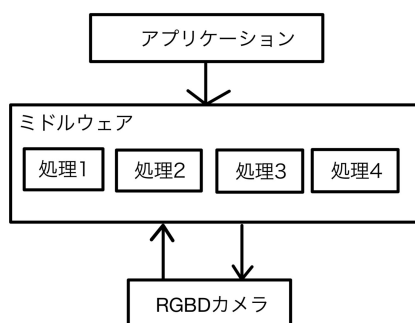


図 2 OpenNI の構成

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. 6 つの小型センサで測定しているため肘や膝などの関節部の屈曲を正確に表現することはできないが, 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, 機械学習を用いることで, 肘や膝などの関節部を含めた全身の推定を実現している.

本研究では, 学校体操やラジオ体操のような全身運動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や時間変動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

現在は, OpenPose による姿勢推定を進めている. 今後は RGB カメラによる方法の他に RealSense で撮影した動画から三次元骨格推定を行う測定プログラムを SDK やライブラリを用いて開発し, mocopi から得られた骨格データと比較分析する. その後, 一台のカメラと画像処理で行える三次元骨格推定の方法についてリサーチしつつ逐次実装し, 比較対象を増やす.

## 参考文献

- [1] 日本経済新聞, “孤独感抱える若者の交流の場, メタバースに開設”, <https://onl.la/Y7BehPP>
- [2] 平尾 公男ら, “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.
- [3] 白鳥 貴亮ら, “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.
- [4] 剣 一輝, “柔道競技の 3D アーカイブ化”, 令和 4 年度長岡高専専攻科論文, 2023.
- [5] J. Martinez, R. Hossain, J. Romero, J. Little. “A simple yet effective baseline for 3d human pose estimation”. In ICCV, 2017.
- [6] 安達 康平ら, “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.
- [7] 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 センサ画像処理プログラミング”, 株式会社 カットシステム, 2011.
- [8] Google, “mediapipe”, <https://developers.google.com/mediapipe>
- [9] SONY, “モバイルモーションキャプチャー mocopi”, <https://www.sony.jp/mocopi/>
- [10] CAO,Zhe,et al.OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. arXiv preprint arXiv:1812.08008. 2018.

URL は 2023 年 10 月 4 日にアクセス