

B4-3 Depth 情報を用いた OpenPose に基づく 骨格座標の三次元化

知能システム制御研究室 田中 宏明

1. はじめに

動画や画像から物体や人物に関わる情報を取得するカメラ技術の一つに Depth カメラがある。これは画角内にある物体の三次元情報を取得できるものである。一方、RGB 映像から人の骨格関節点をピクセル座標として検出する技術に OpenPose がある。Microsoft 社の Kinect[1] は、これらを統合して骨格関節の三次元座標が取得できるデバイスであるが、検出可能な関節点が固定されていること、顔や手などの局所的な動作解析はできないこと、認識可能な人数が限定されていることなど、用途に限界があった。

そこで本研究では Intel 社の RealSense D415 を対象に、D415 が搭載する Depth カメラと、同様に搭載する RGB カメラに OpenPose を組み合わせた新たな三次元骨格関節座標のトラッキング手法を提案することで、上記問題の解決を目指す。

2. 骨格座標の三次元化

Fig. 1 は提案システムのコンセプトを示しており、以下の (a)~(c) に記す手順によって人物の三次元骨格座標を取得する。まず、(a) D415 を用いて人物の RGB 映像と映像内の三次元座標を同時に取得する。(b) RGB 映像内の人物に対し、OpenPose 処理を行うことで骨格関節座標（ピクセル座標）を検出する。(c) ピクセル座標を Depth カメラから得られる三次元座標（物理座標）にマッピングさせる。

ここで、Depth カメラによる三次元座標には光の拡散に伴う三次元座標値のばらつきやデータ欠損、さらには、カメラから陰になる部分の三次元座標が取得できないといった問題がある。そのため、ピクセル座標と三次元座標をマッピングさせる際、以下の各種フィルタを順に用いて問題解決を図る。

- ① データ欠損を補うためメディアンフィルタを用いる。骨格関節のピクセル座標に基づき Depth マッ

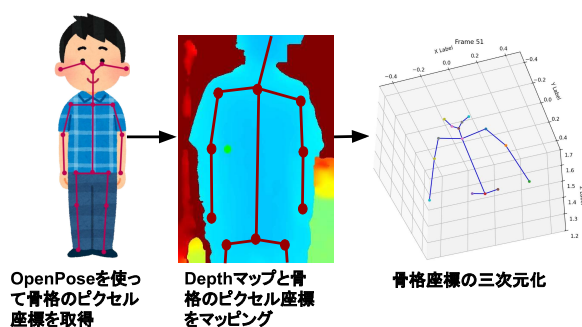


Fig. 1: システムのコンセプト

プから三次元座標を取得する際、ピクセル座標を中心とした 3×3 の範囲内にある三次元座標の中央値を選出し、データ欠損の影響を排除する。

- ② 隣接する各骨格関節のピクセル座標に対応する三次元座標を用いて、関節間のユークリッド距離 d_t を

$$d_t = \sqrt{(x_{2t} - x_{1t})^2 + (y_{2t} - y_{1t})^2 + (z_{2t} - z_{1t})^2} \quad (1)$$

により求め、 d_t が 1m 以上（身体構造として存在しない長さ）であれば前フレームの値を保持する（固定閾値フィルタ）。

- ③ 各骨格関節の三次元座標の変化量について、前後 8 フレーム間の標準偏差を算出し、感度調整パラメータ k_{sd} を乗じた閾値を

$$TH_{sd_t} = SD_{sd_t} \times k_{sd} \quad (2)$$

と定義し、前フレームから三次元座標が閾値 TH_{sd_t} を超えて変化した場合は前フレームの値を保持する（標準偏差フィルタ）。

- ④ d_t について、過去 30 フレームの平均値 Avg_{Born_t} および標準偏差 SD_{Born_t} を用いて急激な関節間距離の変化を抑制する。これは

$$TH_{Born_t} = Avg_{Born_t} \pm SD_{Born_t} \times k_{Born} \quad (3)$$

によって、動的に閾値を決定する。ここで、 k_{Born} は感度調節するパラメータである（骨格フィルタ）。

3. 検証とまとめ

RGB 映像に映る人物の関節長の推定（静的評価）、および、人物の歩行速度の推定（動的評価）を行った。前者は D415 から 1.5m の位置において 20 歳代男性 1 名により検証を行い、膝から上部の関節長に関して絶対誤差 1.26cm、誤差率は 7.6%であった。後者は D415 から 4.5m 以内において 20 歳代男性 9 名、女性 1 名により検証を行い、実測との絶対誤差は 0.108m/s、誤差率は 13%であった。後者については過去に Kinect を用いて行われた実験結果と同等精度であったことから本研究の目標達成の可能性を見出した。

参考文献

- [1] T. Hashimoto, D. Kushida, and H. Matsumoto : Screening for Locomotive Syndrome Using Kinect and k-means, LifeTech2022, 17/22 (2022)