

# 歩容認証のための関節点 3 次元座標の取得手法

大田原 彩 花泉 弘

法政大学情報科学部

## 1. はじめに

今日注目されている顔や掌紋、指紋などに基づく生体認証技術は、身体的特徴の固有性から安全性が高い反面、認証部に触れる等の衛生問題や、特に顔認証ではマスク等による認証精度の低下の問題がある。これらを克服するのが身体的特徴と歩行特徴に基づく歩容認証技術であると考え、従来からモデルベース[3]や外見ベース[4]の手法などが研究されてきたが、前者では3次元の情報を使うため精度は高いが深度センサを併用することが前提となっている[1]。また後者では服装の影響を受ける等してしまう[2]。ここでは特殊なセンサを用いずに3次元情報に基づく処理が可能なステレオカメラによる歩容認証を考え、そのために必要な関節点の3次元座標取得手法を提案する。関節点データの取得にはOpenPose[5]を用いるが、座標データに含まれる雑音成分の影響が大きく拡大されるためその影響をどのように低減するかについて述べる。

## 2. 原理と処理手順

提案する手法は、ステレオペア画像のそれぞれにOpenPoseを施して得られた2次元の関節点座標をステレオ視に基づいて3次元化する。25点の関節点データが得られるが、そのうち歩容を記述するのに必要な15点(図1参照)を用いる。画像と世界座標の関係(図2参照)から式(1)に従い画像座標 $(u, v)$ を世界座標 $(X, Y, Z)$ へ変換する。

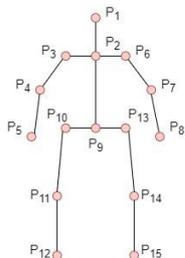


図1 使用する関節点

$$\begin{cases} X = \frac{u_l B}{u_l - u_r} \\ Y = \frac{v_l B}{u_l - u_r} \dots (1) \\ Z = \frac{fB}{u_l - u_r} \end{cases}$$

正しい3次元座標を得るには、2次元の関節座標値に含まれる雑音成分を極力排除しておく必要

An OpenPose Based Method for Acquiring 3D Coordinates of Human Joints for Gait Recognition  
Aya Otahara, Hosei University  
Hiroshi Hanaizumi, Hosei University

がある。たとえば、左右の脚が入れ替わって認識されたり、陰になった関節点が欠測となる。各部位を座標でわけてフレーム順に並べる。nは関節番号、mはフレーム数である。

$$P_{nu} = [p_{nu}^1, p_{nu}^2, \dots, p_{nu}^m] \dots (2)$$

$$P_{nv} = [p_{nv}^1, p_{nv}^2, \dots, p_{nv}^m] \dots (3)$$

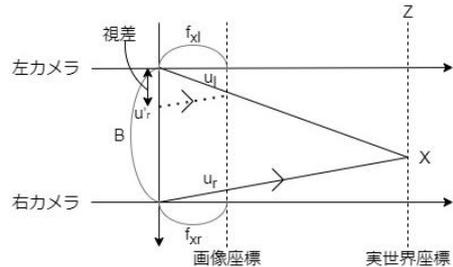


図2 画像座標と世界座標の関係

### 2.1 左右の入れ替わり補正

隣接フレームで各座標距離が近くなるはずである。そこで腕は手首と肘、脚は足首と膝で前フレームとの差分の和を最小とする補正を行う。

### 2.2 欠測値の穴埋め

座標が0の点を欠測 $m \leq r \leq (m+k)$ とし、直線的に埋める。 $(m \neq 1) \wedge ((m+k) \neq M)$ では式(4)、 $(m=1) \vee ((m+k)=M)$ では式(5)に従う。

$$p_n^r = p_n^{r-1} + \frac{p_n^{m+k+1} - p_n^{m-1}}{k+1} \dots (4)$$

$$\begin{cases} p_n^r = p_n^{m-1} - p_n^{m-2} \\ p_n^r = p_n^{m+k+2} - p_n^{m+k+1} \end{cases} \dots (5)$$

### 2.3 モデルの作成

推定世界座標では各関節間に実距離との誤差がある。対処として、複数画像から各距離平均を算出しモデルを作成、推定座標の関節角にモデルを動かす。ここで鼻と首、首と腰中央の距離は姿勢で変動するため3点は推定座標を用いる。またモデルの中心を腰中央と統一する。

### 2.4 方向余弦

関節角に方向余弦を用いる。 $\overline{p_s p_e}$ の方向余弦は式(6)で表し、座標は式(8)で決定する。

$$a = \frac{x'_e - x'_s}{|r|}, b = \frac{y'_e - y'_s}{|r|}, c = \frac{z'_e - z'_s}{|r|} \quad \dots (6)$$

$$|r| = \sqrt{(x'_e - x'_s)^2 + (y'_e - y'_s)^2 + (z'_e - z'_s)^2} \quad \dots (7)$$

$$\begin{pmatrix} x_e \\ y_e \\ z_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix} + l \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

但し肩と腰は推定世界座標から $z_e$ を推定し，方向余弦を求める． $l$ はモデルの関節間距離とする．

$$z_e = \sqrt{l^2 - (x_e - x_s)^2 - (y_e - y_s)^2} + z_s \quad \dots (9)$$

### 3. 実験

カメラに対して右奥から左手前の直線上歩行動画からデータを取得する．

#### 3.1 結果

31フレームの結果を示す．図2は補完済み2次元座標，図3は2次元座標補完前後の推定世界座標である．また右手首 $z$ 座標と時間の関係を図4，推定世界座標の平滑化を図5，3次元モデルを図6に示す．

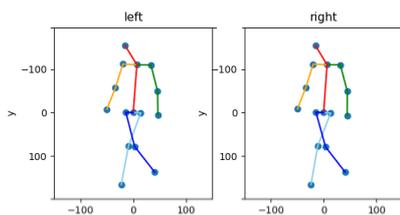


図2 補完後の2次元座標

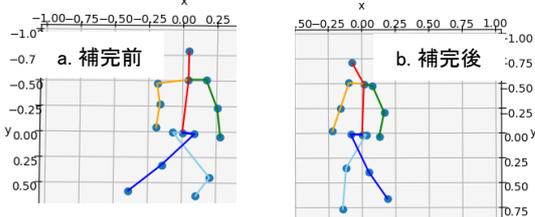


図3 2次元データ補完前後の推定世界座標

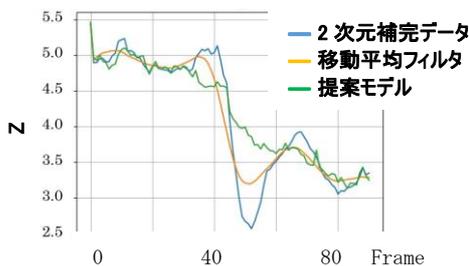


図4 右手首の時間に対する $Z$ 座標の動き

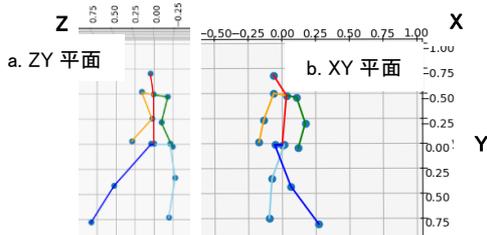


図5 移動平均フィルタによる平滑化

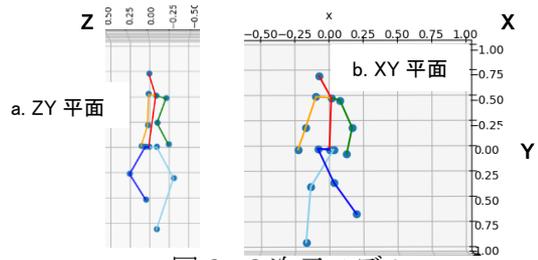


図6 3次元モデル

#### 3.2 考察

図3から，左右の入れ替えや穴埋め，を行うことにより自然な歩行姿勢になっており，補完効果が認められる．図4のように，2次元補完や3次元データに対する移動平均により平滑化した $z$ 座標は大きく変化しているが，提案モデルによる結果はそうした変化が抑制されている．これにより歩行動作の異常が補正され，自然な歩行姿勢が得られていると考える．

#### 3. 結び

OpenPoseは容易に関節点座標を取得できるが，これを3次元化しようとする出力の揺らぎや雑音成分の影響を十分に低減する必要がある．本研究で提案した3次元化手法におけるデータ補完と3次元モデルの導入の有用性が示された．

今後の課題としては，左右の腕や脚の認識ミスへの対応が挙げられる．また現在はフレームごとの3次元モデル作成を行っているが，歩行姿勢は時間軸に対して緩やかに変化する条件を含む手法の開発と提案手法で得た3次元関節点データを用いた歩容認証手法の開発も今後の課題である．

### 文献

- [1] Nirattaya Khamsemanan, Cholwich Nattee, and Nitchan Jianwattanapaisarn “Human Identification From Freestyle Walks Using Posture-Based Gait Feature”, IEEE Trans. Information Forensics and Security, 13-1, pp. 119-128, Jan (2018)
- [2] 東山侑真, 榎原靖, 西野恒, 八木康史 “様々な歩行状況下における歩容認証手法の性能評価”, IPSJ SIG Technical Report Vol.2013-CVIM-187 No.10, pp.1-8, May (2013)
- [3] R. Urtasun and P. Fua “3D Tracking for Gait Characterization and Recognition”, In Automatic Face and Gesture Recognition, 2004, Proceedings, Sixth IEEE International Conference on, Vol. 1, pp. 17-22, May (2005)
- [4] J Han and B Bhanu “Individual recognition using gait energy image”, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 316-322, February (2006)
- [5] Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shin-En Wei, Yaser Sheikh “OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 172-186, July (2019)