

OpenPose を用いた歩行時の3次元関節座標取得と特徴量抽出手法

大田原 彩*

法政大学大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

花泉 弘*

法政大学大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

Abstract—OpenPose-based stereo measurement to obtain the person’s joint coordinates in 3D was severely affected by noise due to data fluctuations and missing data. While the previously proposed puppet model method significantly reduced the noise, it was insufficient to obtain gait features. A method with a new puppet model was proposed to measure the gait features. In the method, rotation angles and shifts in 3D of a fixed joint set (neck, shoulders, and hips) were predicted so that their projections onto the stereo pair images matched with each observed coordinates, respectively. Four persons’ gait features in walking were extracted and used to recognize them.

1. はじめに

近年、個人識別への使用が増加している顔認証や指紋認証はセンサやカメラに触れたり近づいたりする必要があり、感染症対策等の面で問題がある。ここで、カメラやセンサに近づく必要のない歩容認証に注目する。歩容認証についての多くの研究はシルエットベースとジョイントベースに大別できる。シルエットベースでは服装が影響したり画像からの姿勢推定が困難であったりする。ジョイントベースの研究では深度を測定可能な特殊な機器を用いることが多い [1]。本研究では、ステレオカメラと OpenPose[2] を用いることで、特殊な機器を用いない人物 3 次元関節点座標を取得手法を提案する。以前提案した Puppet Model を用いる手法 [3] では雑音成分を大きく低減させたものの、人物の識別を行うのに十分でなかった。今回提案する手法 (Puppet-II) では、隣接する関節間距離を固定したモデルの姿勢を動かして、その世界座標から変換した画像座標が歩行データを計測した画像座標に最も近づく姿勢を求め、より実際の歩行姿勢に近い 3 次元関節点座標を取得できた。また、歩行特徴の取得を行い人物の識別を行った。

2. 原理と処理手順

2.1. 新しいモデルによる手法 (Puppet-II)

カメラキャリブレーションとステレオ平行化を行った画像座標 $Q_l(u_l, v_l)$ と $Q_r(u_r, v_r)$ と世界座標 $P(x, y, z)$ は式 (1) と式 (2) によって相互に変換可能である。ここで、 B はカメラ間距離、 f は焦点距離を表す。

$$x = \frac{u_l B}{(u_l - u_r)}, y = \frac{v_l B}{(u_l - u_r)}, z = \frac{f B}{(u_l - u_r)} \quad (1)$$

$$u_l = \frac{x}{z} f, u_r = \frac{x - B}{z} f, v_l = v_r = \frac{y}{x} f \quad (2)$$

An OpenPose based Method for obtaining 3D joint coordinates and feature extraction in walking
Aya Otahara*
Hiroshi Hanaizumi*
Graduate School of Computer and Information Science, Hosei University*

式 (1) による 3 次元化では雑音成分が拡大される。そのため、本手法では Model Predictive Measurement(MPM) の考え方に基づいた 3 次元座標取得手法を提案する。この手法はフレームごとに次の手順で行う。

- 1) 3 次元モデルの作成
- 2) 3 次元モデルの Body6 点 (図 1(a)) の回転・移動によるフィッティング
- 3) 3 次元モデルの 4 つの Limbs(図 1(b)) それぞれの折り曲げ・回転によるフィッティング

モデルのフィッティングでは図 2 に示すように 3 次元モデルの姿勢を変え、モデルの座標を式に従って変換した画像座標と測定した関節点画像座標の比較を行い、これらの座標間の距離を最小化することで回転角と移動量を求める。

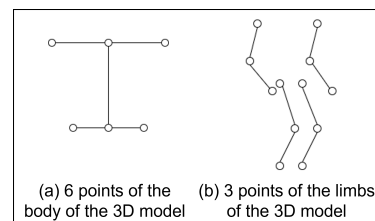


図 1. Puppet-II に 3D モデル:Body6 点 (a),4 つの Limbs(b)

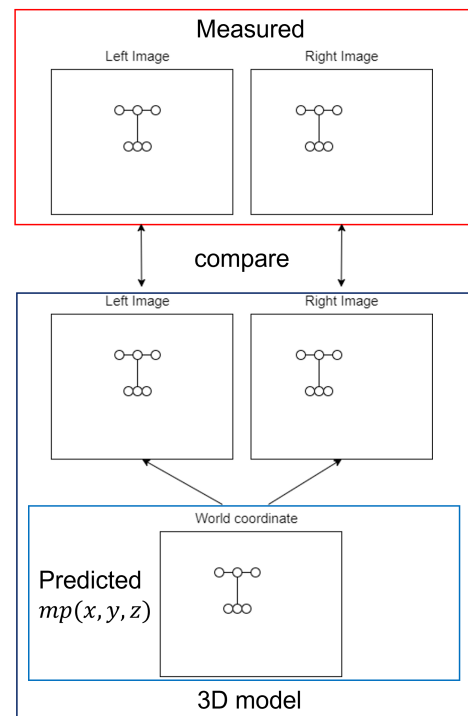


図 2. Puppet-II におけるモデルフィッティング

2.2. 歩行特徴の取得

Puppet-IIにより得た関節点座標から、歩幅 ψ_1 ・手のふり幅 ψ_2 ・歩行速度 ψ_3 を推定する。最初に各パーツ p から腰中央の座標を引くことで歩行中の体全体の動きを取り除き、各パーツの動きを見やすくする。歩幅と手のふり幅は次のようにして推定する。足首の座標 p_x に対して時間軸方向に隣接する値を比較し、傾きが正から負に変化した地点をピークとして検出する。左右のピーク数を合計することで総数を求め、最初のピークから最後のピークの距離を(ピーク数-1)で割ることでより一步分の幅を推定する。歩行速度 (m/s) は式 (3) 式 (4) に従って推測する。ここで t は時刻 fps はフレームレート n はフレーム数を表す。

$$D_t = \sqrt{(p_x^{t-1} - p_x^t)^2 + (p_z^{t-1} - p_z^t)^2} \quad (3)$$

$$\psi_3 = fps \frac{\sum_{t=2}^n D_t}{n-1} \quad (4)$$

2.3. 歩行特徴の比較

式 (5) のように人物ごとに歩行特徴ベクトルを定め、コサイン類似度を用いて式 (6) のように特徴の類似度を求める。ここで i, j は人物番号 Ψ は実験を行う人物全員の特徴ベクトルから求めた平均ベクトルを表す。

$$\Psi = [\psi_1 \quad \psi_2 \quad \psi_3] - \bar{\Psi} \quad (5)$$

$$\cos(\Psi_i, \Psi_j) = \frac{\Psi_i \Psi_j}{|\Psi_i| |\Psi_j|} \quad (6)$$

3. 実験と考察

男女4人(男2人, 女2人)がカメラに対して平行に左右に歩行する動画を撮影し、図3に従って3次元関節点座標を取得した。各歩行データの歩幅・手のふり幅・歩行速度の結果をそれぞれ表1、表2、表3に示し、コサイン類似度によって比較した結果を表4に示す。

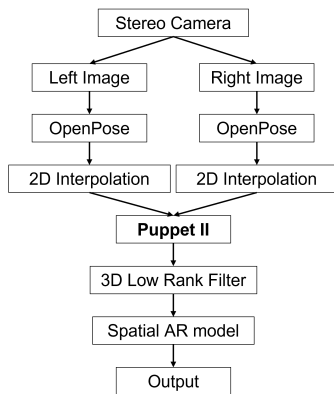


図3. 処理の流れ

表1、2、3から、歩幅・手のふり幅・歩行速度は人物ごとに特徴が見られる。表4に注目すると人物BやCで本人同士の類似度が高いことから、Puppet-IIによる3次元人物関節点座標から歩行特徴を得られたと言える。Aの左方向とBの右方向の歩行速度やCとDの

表1. 歩幅推定値 (m)

人物	右方向	左方向
A	0.31	0.49
B	0.54	0.57
C	0.39	0.34
D	0.40	0.49

表2. 手のふり幅推定値 (m)

人物	右方向	左方向
A	0.45	0.54
B	0.60	0.64
C	0.48	0.37
D	0.47	0.54

表3. 歩行スピード推定値 (m/s)

人物	右方向	左方向
A	1.91	2.05
B	2.05	2.38
C	1.42	1.57
D	1.80	1.89

表4. コサイン類似度による歩行特徴ベクトル比較

人物	A 右	A 左	B 右	B 左	C 右	C 左	D 右	D 左
A 右	1.00	-0.17	-0.46	-0.18	-0.03	0.29	0.42	-0.98
A 左	-0.17	1.00	0.94	0.99	-0.98	-0.97	-0.95	0.34
B 右	-0.46	0.94	1.00	0.95	-0.86	-0.98	-1.00	0.62
B 左	-0.18	0.99	0.95	1.00	-0.97	-0.99	-0.97	0.36
C 右	-0.03	-0.98	-0.86	-0.97	1.00	0.92	0.88	-0.15
C 左	0.29	-0.97	-0.98	-0.99	0.92	1.00	0.99	-0.48
D 右	0.41	-0.95	-1.00	-0.97	0.88	0.99	1.00	-0.59
D 左	-0.97	0.34	0.62	0.36	-0.15	-0.48	-0.59	1.00

右方向の手のふり幅のように値が近いと類似度に影響が出ていることから、現状では1つでも特徴が似ると他人同士でも類似度が高くなったり本人同士で低くなったりすると考えられる。これについては、他の歩行特徴を増やすことや身体特徴と合わせることでより精度を上げられると考えている。

4. まとめと今後の課題

新しい3次元人物関節点座標の取得により歩幅・手のふり幅・歩行速度といった複数の歩行特徴を得ることができた。またここから個人の歩行特徴の違いを定量的に記述できることがわかった。提案したPuppet-IIの手法では画像座標の時点で関節点座標を取れていないと3次元座標を取得することが難しく、例えばロングスカートのように体の部位が大きく隠れる服装をしていると歩行特徴を取得することができない。今後の課題として、服装による影響の排除と取得する特徴を増やすこと、身体的特徴を取得することが挙げられる。

参考文献

- [1] Nirattaya Khamsemanan, Cholwich Nattee, and Nitchan Jianwatanapaisarn "Human Identification From Freestyle Walks Using Posture-Based Gait Feature", IEEE Trans. Information Forensics and Security, 13-1, pp. 119-128, Jan, 2018.
- [2] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S. Wei, and Y. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields", IEEE Trans. PAMI, Vol. 43, pp. 172-186, 2021.
- [3] H. Hanaizumi and A. Otahara, "A Method for Measuring Three-Dimensional Human Joint Movements in Walking", SICE2021, Sept. 2021.