

# Kinect V2 を用いる歩容認識に基づく個人識別手法

三堀 裕† 花泉 弘‡

法政大学情報科学部

## 1. まえがき

近年、新たな生体認証手法としてウォークスルー認証が注目を集めている。ウォークスルー認証とは、人が歩きながらその人の生体情報をもとに認証を行うものである。現在、顔情報を認識し、個人を識別する NEC の「ウォークスルー顔認証システム」等が提案されている[1]。また、生体認証手法の一つに人の歩き方で個人を識別する歩容認証と呼ばれる技術があり、犯罪捜査や防犯、個人認証システムに応用が期待されている。これまでに、歩行シルエット画像を使って識別するアピランススペースの手法[2]や関節モデルを当てはめ動き方を解析するモデルベースの手法[3]が開発されている。後者においては、Microsoft 社製の Kinect を用いて関節位置の 3 次元座標を知り、それらから求めた特徴量を用いて歩容認証を行う手法も提案されている[4]。本研究では Kinect V2 を複数台用いて観測範囲を広げつつ、高精度の認証を行うことを目的として、Kinect V2 データの統合法を提案するとともに個人識別に応用した結果について報告する。

## 2. 原理と処理手順

### 2.1. Kinect V2 による歩行動作の測定

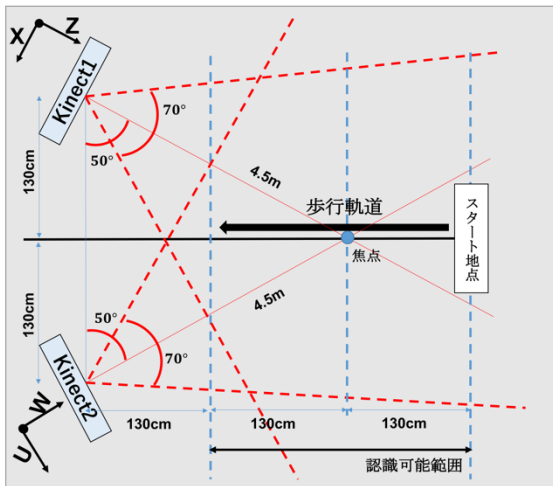


図1 複数の Kinect V2 を用いる歩行動作の計測

図1に示すように2台の Kinect を配置し、関節が体で隠されてしまうことによるデータの欠落を防ぎつつ個人識別に必要な計測を行う。両 Kinect データの統合には 3 次元の射影変換を用いる。3 次元空間上の同じ点 P を観測すると、それぞれの座標系で P(x, y, z), P(u, v, w) のように座標値が得られ、それらの間には係数  $a_1 \sim a_{15}$  を用いて、

A Gait Recognition Method for Human Identification using A Kinect V2

†Yu Mitsuhori, ‡Hiroshi Hanaizumi

Faculty of Computer and Information Science, Hosei University

$$\begin{cases} u = \frac{a_1x + a_2y + a_3z + a_4}{a_{13}x + a_{14}y + a_{15}z + 1} \\ v = \frac{a_5x + a_6y + a_7z + a_8}{a_{13}x + a_{14}y + a_{15}z + 1} \\ w = \frac{a_9x + a_{10}y + a_{11}z + a_{12}}{a_{13}x + a_{14}y + a_{15}z + 1} \end{cases} \quad (1)$$

の関係がある。予め係数を求めておくことで、2 つの Kinect のデータを統合して扱うことができる。さらに、歩行動作を計測する場合にはそれぞれのデータの同期をとる必要があるが、歩行動作を取得した後にソフト的に時間合わせを行う。

### 2.2. 動的特徴量

動的特徴量として、本手法では、股関節、両肘、両膝、両肩、首の 3 次元位置情報から求めた 8 つの関節角度を用いる。歩行動作が T フレーム毎に繰り返される時、フレーム t において、中心点となる関節点と隣合う 2 関節点の座標をそれぞれ  $(x_1^t, y_1^t, z_1^t), (x_2^t, y_2^t, z_2^t)$  とすると、2 つの 3 次元ベクトル  $\vec{a}, \vec{b}$  とそれらの間の角度は、

$$\vec{a} = (x_1^t - x_i^t, y_1^t - y_i^t, z_1^t - z_i^t) \quad (2)$$

$$\vec{b} = (x_2^t - x_i^t, y_2^t - y_i^t, z_2^t - z_i^t) \quad (3)$$

$$\theta_i^t = \cos^{-1}\left(\frac{(\vec{a}, \vec{b})}{\|\vec{a}\| \|\vec{b}\|}\right) \quad (4)$$

のように求められる。

### 2.3. 周波数領域特徴量の抽出

抽出した関節の角度を歩行周期に基づく周波数領域特徴に変換する。離散フーリエ変換 (DFT) を使用し、

$$G_i(k) = \sum_{n=iN}^{(i+1)N-1} g(n)e^{-jw_0kn} \quad (5)$$

$$A_i(k) = \frac{1}{N} |G_i(k)| \quad (6)$$

のように振幅スペクトルを求める。  $w_0$  は歩行周期  $N$  に対応する基本角周波数であり、  $G_i(k)$  は、  $k$  倍周波数に対応する成分であり、  $A_i(k)$  は歩行周期  $N$  で正規化された  $G_i(k)$  に対する振幅スペクトルである。ノイズの影響を考量して、低周波成分である  $A_i(k)$  ( $k = 0, 1, 2$ ) を特徴量として用いる。

### 2.4. 分類器の構築

個人の特徴として、8 つの角度毎に 3 つの周波数特徴量を用い、合計 24 次元のベクトルとみなして、OpenCV でサ

ポートベクターマシンを構築し、個人識別を行う。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1. 実験環境

実験は図1の配置で行った。Kinectの人物検出範囲は0.5m~4.5mであるのでその範囲に収まるよう配置した。この条件下における平均的な歩行周期は2~2.5周期を想定している。Kinect V2は、床面に対して水平に配置し、高さは60cmに固定した。

#### 3.2. 射影変換によるキャリブレーション

図1の配置で、Kinect1の座標値(x,y,z)をKinect2の座標値(u,v,w)に統合する際の射影変換の係数を求めた。求めた係数 $a_1 \sim a_{15}$ を以下に示す。

表2 求められた射影変換の係数

$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
0.503	0.0545	-0.740	2156.361	0.000231
$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$
0.892	0.0253	-5.589	0.765	0.000265
$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$
0.399	1362.328	1.0258 $\times 10^{-5}$	8.235 $\times 10^{-7}$	-3.364 $\times 10^{-5}$

認識可能範囲内の9つの地点においてそれぞれのKinectで静止した人の14関節の3次元座標を取得し、合計126箇所の対応点対を用いて係数を求めた。(x,y,z)からの予測値( $\hat{u}, \hat{v}, \hat{w}$ )と実測値(u,v,w)との間の関係の相関係数を求めたところ、表1に示す値となり、十分に高い精度でデータの統合が行われていることが示された。

表1 座標軸ごとの相関係数

$\hat{U}U$ 平面	$\hat{V}V$ 平面	$\hat{W}W$ 平面
0.997	0.999	0.999

図2に関節角度の測定例を示す。

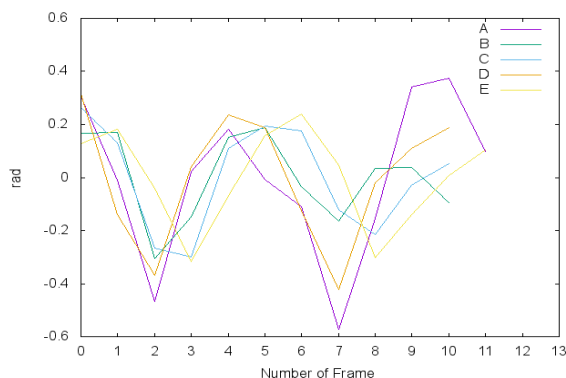


図2 動的特徴量における個人差比較(例：股関節)

この例では、5人の被験者A~Eの歩行1周期分についての股関節の角度を、時間(フレーム数)をX軸、角度をY軸としてプロットしている。各々の角度変化は個人毎に異なっており、これを基に個人識別が行えることがわかる。

#### 3.3. 個人識別の性能評価

5人分の歩行20周期(合計100周期)を測定し、訓練データとした。歩行方向は図1に示す方向のみを使用する。歩行周期の定義として、左足が地面につく瞬間のフレームを最初のフレームとし、次に再び左足が地面につく瞬間

間までを歩行1周期とする。また、Kinect v2の骨格情報の取得可能範囲が0.5~4.5mの範囲であるため、1度の測定では1~2周期分の周期しか取得できない。よって、被験者には、歩行軌道上を何往復してもらった後に、その中から手動で歩行1周期を20セット分抜き出し、訓練データを作成した。

学習データに使用した5人分の別のデータ12周期(合計60周期)をサポートベクターマシンに分類させ、分類性能を評価した。実験結果を表2に示す。全体の正答率は88.3%となり、被験者Aの正答率が67.7%で最も悪く、被験者D,Eの正答率が100%という最も高い識別率となった。また、1台のKinectのみで同様に歩容認証を行なった結果、本手法との正答率の差が0.0%となり、1台の場合と同じ正答率となった。

表2 個人識別の性能評価とKinect1台の場合との比較

		識別結果						正答率 (1台)
		A	B	C	D	E	正答率	
入力データ	A	8	4	0	0	0	67.7%	88.3%
	B	1	11	0	0	0	91.7%	75.0%
	C	0	0	10	2	0	83.3%	83.3%
	D	0	0	0	12	0	100.0%	91.7%
	E	0	0	0	0	12	100.0%	100.0%
平均正答率							88.3%	88.3%

### 4. むすび

本研究では、2台のKinect V2を使用した歩容特徴量に基づく個人識別法を提案した。歩行動作中にカメラから見て隠蔽されている関節の正確な位置を抽出するため、3次元から3次元への射影変換を用いて、2台のKinectのデータを一つの座標系に統合し、歩容認証精度の向上を試みた。実験の結果は、1台を使用した場合と同等の認証精度が得られ、本実験の配置では明白な有用性は確認できなかった。この点、Kinect SDKの関節点抽出の性能の高さが明らかになった形ではあるが、様々な応用の場面を探していきたい。

現時点での課題としては、Kinectの不安定さを取り除くために、外れ値であった場合のアルゴリズムや歩く速度に左右されないための対策がまずあげられる。2台のデータを正確に同期させることも今後の課題である。

### 文献

- [1] NEC 東京オリンピック・パラリンピック推進本部, “「ウォークスルー顔認証システム」の大規模実証実験：大規模データの顔認証入退管理を見据えた取り組み(特集 画像認識・画像処理を活用する)”, 2016
- [2] 榎原 靖, 佐川 立昌, 向川 康博, 越後 富夫, 八木 康史 “周波数領域における方向変換モデルを用いた歩容認証”, 情報処理学会論文誌 Vol48:コンピュータビジョンとイメージメディア, 2007
- [3] Raquel Urtaun, Pascal Fua, “3D Tracking for Gait Characterization and Recognition”, Proc. 6th IEEE Int. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition(2004)
- [4] Yufei Wang, Jiande Sun, Jing Li, Dong Zhao, “Gait Recognition Based on 3D Skelton Joints Captured by Kinect”, ICIP, 2016