

# Kinect を用いた歩行動作による個人認証

下久保 弘樹<sup>1</sup> 北 栄輔<sup>1,2,a)</sup>

**概要:** 本研究では Kinect センサーを用いて歩行動作から個人認証を行う方法について述べる。提案手法では、Kinect センサーを用いて人体の身体特徴量、人体歩行時の関節の角度、座標の変位などを取得して特徴量とする。サポートベクタマシンとニューラルネットワークを用いて、これらの特徴量から個人認証するアルゴリズムを定義する。解析例では、被験者 10 人に対して個人認証実験を行った結果、平均適合率はサポートベクタマシンで 99.0%、ニューラルネットワークで 99.8%となった。

**キーワード:** 個人認証, 歩行動作, Kinect, ニューラルネットワーク, サポートベクターマシン

## 1. 緒論

情報化社会の進展に従い、個人認証の重要性が高まっている。個人認証手法として、人間の生体的特徴を用いて個人認証する生体認証がある。生体認証は装置などに触れることなく個人認証を行えるので、認証時における抵抗感等のユーザに与える負担が少ない技術として注目されている。生体認証には、身体的特徴（指紋、虹彩、掌、静脈など）を用いる方法だけでなく、行動的特徴（歩行、署名、ジェスチャーなど）を用いる方法がある。近年、カメラの性能向上などによって、高精度に人間の動作解析を行うことが可能となっている [1], [2], [3]。その中でも、歩行動作による認証はカメラから離れた場所での認証が可能なので広域監視への応用が期待されている [4], [5]。本研究では、歩行動作データの計測に Microsoft 社の Kinect センサーを用いる。Kinect センサーの人体の各部位の 3 次元位置情報を取得できる利点を活かし、人間の身体特徴に加えて、歩行時の関節角度、座標の変位などを特徴量として採用し、これらを用いて個人認証を行う方法について述べる。個人認証アルゴリズムは、ニューラルネットワーク (NN) とサポートベクタマシン (SVM) を用いて定義されている。既知の個人データによって、それらを学習し、それを未知の個人データに適用して認証精度を検討する。

本論文の構成は以下のようになっている。2 節では提案手法のアルゴリズムを、3 節では提案手法の解析結果を示

す。4 節は本論文のまとめである。

## 2. 提案手法

### 2.1 Kinect

本研究では、個人認証に用いる特徴量を測定するために、Microsoft 社の Kinect センサーを用いる。Kinect は RGB カメラ、深度センサ、マルチアレイマイクロフォン等を内蔵しており、人間の三次元位置情報や動き、声等を認識することが可能である。本研究では RGB カメラ、深度センサを利用して Kinect から電子的な画像を取得し、被写体の三次元位置情報、及び骨格座標を取得する。

### 2.2 特徴量の定義

提案手法では、個人認証のための説明変数として、身体、関節角度、関節変位量に関する特徴量を用いる。被験者が 3 歩の歩行をする間に、歩行開始時 (2 フレーム) と 3 歩の歩行動作の中でつま先が地面に着地した時 (3 フレーム)、つま先が一番高く上がった時 (3 フレーム) の計 8 フレームの画像から特徴量を測定する。8 つのフレームを番号 ( $t = 1, 2, \dots, 8$ ) で表現し、それぞれを変数に上添え字として示す。

#### 2.2.1 身体特徴量

1 フレーム ( $t = 1$ ) を用いて、身体特徴量である肩幅、身長、両手長、両足長、胴体長の計 7 個を測定する。

#### 2.2.2 関節角度特徴量

首、両肩、背中、両手首、左腰、右腰、腰中央、両膝、両足首の 13 カ所の関節点の 3 次元位置情報から、関節角度を次のように計算して特徴量とする。

各関節点を中心点とし、その最近接する 2 つの関

<sup>1</sup> 名古屋大学  
Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

<sup>2</sup> 神戸大学  
Kobe University, Kobe 657-0013, Japan

a) kita@is.nagoya-u.ac.jp

節点を含む3点を考える。フレーム  $t$  において、中心点となる関節点と隣接2関節点の座標を、それぞれ  $(x_i^t, y_i^t, z_i^t), (x_1^t, y_1^t, z_1^t), (x_2^t, y_2^t, z_2^t)$  とすると、2つの3次元ベクトルを次式より算出する。

$$\vec{a} = (x_1^t - x_i^t, y_1^t - y_i^t, z_1^t - z_i^t) \quad (1)$$

$$\vec{b} = (x_2^t - x_i^t, y_2^t - y_i^t, z_2^t - z_i^t) \quad (2)$$

このとき、関節角度  $\theta$  を次式より求める。

$$\theta_i^t = \cos^{-1} \left( \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \right) \quad (3)$$

13カ所の各関節 ( $i = 1, 2, \dots, 13$ ) において、7フレーム ( $t = 2, 3, \dots, 8$ ) の画像データを使用するので、計91個を特徴量として用いる。

### 2.2.3 関節変位量

関節の位置座標の水平方向、垂直方向の変位を特徴量として取得する。

垂直方向の変位においては、両手首、両肘、両膝、両足首の計8カ所、水平方向の変位においては、両手首、両足首の計4カ所において測定する。関節の変位量は、取得した7フレーム ( $t = 2, 3, \dots, 8$ ) の画像データを用いて、次フレームとの差分として定義する。計12カ所の各関節において、6個ずつ変位量が算出できるので、計72個を特徴量として用いる。

### 2.3 主成分分析

主成分分析は、多変量データが持つ情報を、少数個の総合特性値に要約する手法である。本研究において、個人を認証するのに用いる特徴量は170個と高次元になっており、このまま識別を行うと計算量が膨大になるといった問題がある。そこで、主成分分析を行い170個の特徴量により構築される特徴空間の次元削減を行う。

### 2.4 判別式

アルゴリズムでは、説明変数として主成分分析を行い算出された主成分を、目的変数として人物名をとる。説明変数と目的変数の間の関係式はニューラルネットワークまたはサポートベクターマシンを用いて定義する。

説明変数ベクトルを  $z$ 、目的変数を  $f$ 、これらの非線形関係式を  $F$  とすると、以下のように定義できる。

$$f = F(z) \quad (4)$$

$$z = \{z_1, z_2, \dots\} \quad (5)$$

$$f = \{\text{Person 1, Person 2, } \dots, \text{Person 10}\} \quad (6)$$

ここで、 $F$  はニューラルネットワーク関数、またはサポートベクター関数を示す。

表1 各機械学習における平均適合率

Table 1 Average relevance ratio of the two algorithms

	正面	側面	背面	ななめ向き
NN	99.8%	94.4%	99.6%	98.8%
SVM	99.0%	94.0%	94.0%	98.0%

### 3. 数値実験

被験者として10名の成人男性・女性に協力を依頼し、Kinect に対して正面、側面、背面、斜め向き(45度)に立ち、直進する歩行実験を各10回ずつ行う。各被験者から身体、関節角度、関節の変位量データを採集し、ニューラルネットワーク、サポートベクターマシンに学習させ、未学習データを与え個人を判定し、2つの機械学習の判定結果を比較する。主成分分析において、累積寄与率が80%を超える主成分までを採用することとした結果、歩行方向が正面、側面、背面、ななめ向きの場合において、それぞれ第24主成分まで、第32主成分まで、第25主成分まで、第28主成分までを用いる。各機械学習の平均適合率を比較した実験結果を表1に示す。ニューラルネットワークでは、正面から測定する場合が最も精度が高く、背面、ななめ向き、側面の順番である。サポートベクターマシンでは、正面、ななめ向き、背面、側面の順番である。

### 4. 結論

本研究では、Kinect を用いた歩行動作による個人認証の提案手法について述べた。被験者10名に対して実験を行ったところ、ニューラルネットワークを用いて個人の判定を行った結果、身体、関節角度、関節変位量のデータを組み合わせた場合、平均適合率は正面向きの場合が最も高く、サポートベクターマシンで99.0%、ニューラルネットワークで99.8%となった。

### 参考文献

- [1] 紅林秀治, 小林健太, 兼宗 進, Kinect センサーを用いた簡易動作分析システムの開発, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2013-CE-118(20), pp.1-7, 2013.
- [2] 渡辺義浩, 畑中哲生, 小室 孝, 石川正俊, 単一のウェアラブルカメラを用いた人間の歩行動作推定, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.17, No.3, pp.219-229, 2012.
- [3] 小川拓也, 山添大丈, 満上育久, 波部 斉, 八木康史, 膝関節固定による歩容の時間的変化の解析, 情報処理学会研究報告. 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, 2012-CVIM-182(20), pp.1-6, 2012.
- [4] 真部雄介, 齊藤隆輝, 嶋田 弦, 菅原研次, 歩行・顔・身体ソフトバイオメトリック特徴を用いた正面観測個人認証, 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌) Vol24, No5, pp.988-1001, 2011.
- [5] 吉田 聡, 泉 正夫, 辻 洋, 人物判定における Kinect の骨格線情報の利用, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.36, No.8, pp.123-126, 2012.