

## 骨格情報を用いた歩容認証における有効なカメラ配置の検討

A Study on Optimal Camera Positions in Gait Verification Using Body Skeletal Information

松本 圭祐\*1      真部 雄介\*2      菅原 研次\*3  
 Keisuke MATSUMOTO      Yusuke MANABE      Kenji SUGAWARA

\*1\*2\*3 千葉工業大学大学院 情報科学研究科

Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

This paper reports the multi-angle characteristics of person verification accuracy by head movement time series, which is regarded as a soft biometric feature. The head movement time series can be obtained from a human gait measured by IR depth camera. As the result of our experiment using the head movement time series, we can find the vertical movement of head is more useful feature for personal verification. Moreover, the gait that a person approaches IR depth camera is better verification performance than the departing gait.

## 1. はじめに

## 1.1 序論

生体情報を利用し、認証を行うバイオメトリクス認証の1つである歩容認証は、遠距離からの個人認証が可能であり、サーベイランスなどへの応用が期待されている。しかし、完璧な認証を実現することは非常に難しく、近年では商用アプリに利用できるソフトバイオメトリクスに関する研究が増加していることが報告されている [1]。ソフトバイオメトリクスとは、「個人性のある程度含んではいないが、十分に個人を区別できるような弁別生や恒久性を備えていないもの」[2]と定義されており、本研究では歩容認証をソフトバイオメトリクスの1つとして捉えることにする。また本研究では、商用アプリにおいて認証対象者が計測機器に対して認証行為を働きかける必要のない自然な個人認証であるシームレス認証の実現が重要であると考え、この考えを念頭に検証を行なっていくものとする。

歩容認証には、画像を直接解析しシルエット画像を使用するアピアランスベースと入力を人体モデルに当て、骨格情報を得るモデルベースという2種類の手法がある。アピアランスベースの歩容認証の研究では、歩行から性別・年齢の特徴分析を行う研究 [3]、ある一定方向の歩容映像から別方向の歩容映像へ変換する研究 [4]、認識率がよいカメラ配置を検討する研究 [5] などがある。モデルベースの歩容認証にこれらに応用した内容のものは少ないが、カメラ正面に向かって歩行動作を行った時、頭部の横揺れが認証に有効であることが分かっている [6]。しかし、実生活においてカメラに向かって歩くことは少なく、他角度で頭部の横揺れが認証に有効であるか不明である。

そこで本研究はモデルベースでの歩容認証の頭部の揺れに注目し、頭部時系列データを利用した個人認証手法を提案する。また、様々な角度から歩行を撮影し、個人認証に有効な要素を発見することを目的とする。なお、高い位置からの撮影も想定し、高度 (Altitude) の要素を加えて検証する。

## 1.2 本稿の構成

本稿では、本節を含め5節から構成される。第1節では、序論として背景、問題点、目的と、本稿の構成について述べた。第2節では、本研究の認証手順とその詳細について述べる。第3節では、実験方法と具体的な手法を述べる。第4節では、実

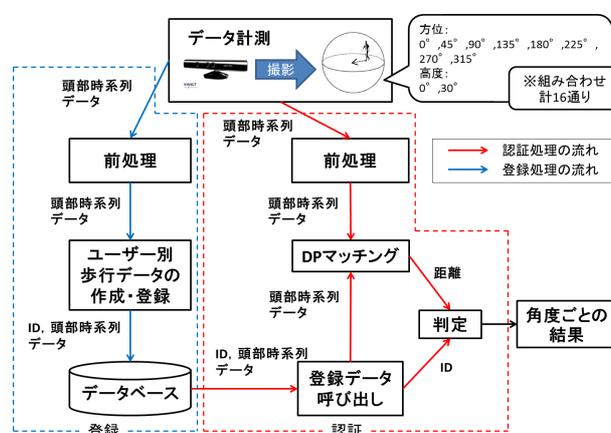


図 1: 認証手順

験結果と考察について述べる。第5節では、本稿のまとめについて述べる。本稿は以上の全5節で構成される。

## 2. 認証手順

本研究では、頭部の座標位置の変化から本人を認証する方法を提案する。この認証を様々な角度から行い、認証率を比較することにより、個人認証に有効な方位・高度及び座標を発見する。本研究の手順を図1に示す。

まず、Microsoft社のKinectを用いて骨格情報を取得し、指定した範囲を歩行することによって頭部時系列データを得る。その後、前処理として正規化とノイズ処理を行い、IDを付与し登録処理を行う。次に認証処理では、登録処理と同様に計測、前処理を行う。その後、ID付きの登録データを読み出し、DPマッチング法で新しく取得したデータとの間の距離を計算する。最後に、得られた距離でFRR (本人拒否率: False Rejection Rate), FAR (他人受入率: False Acceptance Rate), EER (Equal Error Rate) を算出する。

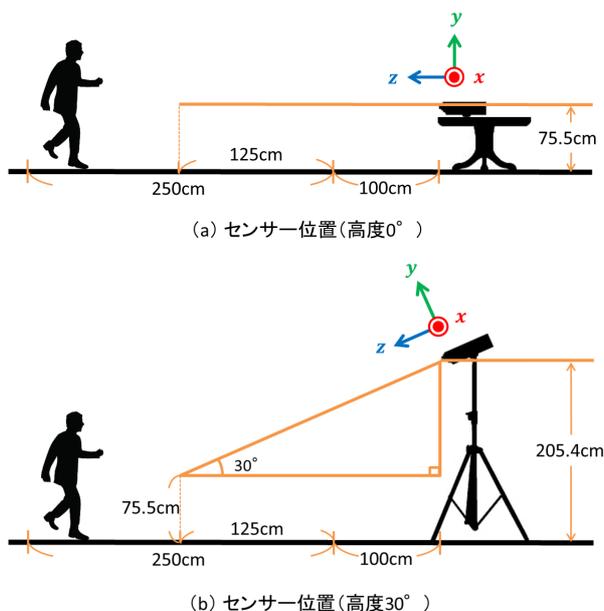


図 2: カメラ配置

### 3. 実験の概要

実験では 21 歳から 23 歳の男女 10 人を被験者 (A ~ J とする) にデータを計測した。カメラ配置は図 2 の (a), (b) のように高度  $0^\circ$  と  $30^\circ$  の時で異なり、高度  $0^\circ$  の場合、机を用意し高さが 75.5cm の位置になるように設置する。高度  $30^\circ$  の場合、三脚を用意し高さが 205.4cm の位置になるように設置する。計測範囲では半径 125cm の円を図 3 のように分割する。カメラが一番近い立ち位置を  $0^\circ$  とし、反時計回りに  $45^\circ$  刻みに 8 方位を定義する。反対側まで歩行する直線 250cm 上が計測範囲である。

歩行の際には比較を容易にするために歩き出しを右足とし、計測範囲を 10 回歩行することで実験データを取得する。高度と方位の組み合わせ 16 通りにつきそれぞれ歩行を行い、計 1600 本の歩行データを取得した。

しかし、Kinect センサーでは認識範囲を超えたり、骨格認識直後では骨格が正しく表示されない誤認識が発生することがある。今回は、骨格が全く認識されない場合のデータを除き、1 角度につき 1 人のデータ数を 8 回とした。よって、計 1280 本の歩行データを用いて検証する。

評価実験では、最初の 3 回を登録データとし、残りの 5 回を評価データとして扱う。登録データを参照しながら登録者本人の評価データと他人の評価データを DP マッチングで距離を測定する。これにより得られた結果で FRR, FAR, EER を算出し、評価を行う。

### 4. 実験の結果と考察

#### 4.1 全体的な結果

ここでは、実験の結果について述べる。まず、図 4 に高度  $0^\circ$  および高度  $30^\circ$  の方位に対する平均 EER の傾向を示す。

実験の結果、高度  $0^\circ$ 、方位  $225^\circ$  の Y 軸が 21.36% と EER が最も低くなった。EER が低くなった要因として、カメラから離れた位置から歩行を開始したことにより、頭部をカメラが

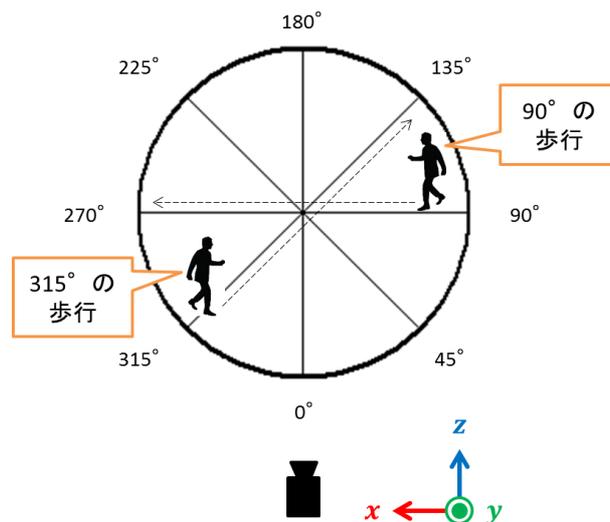


図 3: 計測範囲

正確に感知し、歩行が終了するまでの頭部の上下運動を捉えられたからと考えられる。

このようにカメラから離れた位置からカメラに接近する  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$  の歩行を接近歩行、カメラに近い位置から遠ざかっていく  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $315^\circ$  の歩行を離反歩行とする。接近歩行、離反歩行の EER 平均を図 5 に示す。

図 5 の (a) より Y 軸の EER が低いことや、図 4 の (a) より Y 軸が X 軸、Z 軸に比べて EER が低くなることから、頭部座標に関しては Y 軸が個人認証において有効な要素であると考えられる。しかし、図 5 の (b) より高度  $30^\circ$  に関して Y 軸の EER が低いわけではない。これは、カメラが  $30^\circ$  傾斜したことにより頭部が純粋な上下運動ではなくなったことが影響していると考えられる。ただし、高度  $30^\circ$  の場合でも、方位  $90^\circ$  と  $270^\circ$  に関しては奥行きである Z 軸が一定となり、頭部が純粋な上下運動となる。その際、図 4 の (b) より Y 軸が EER が最も低くなっている。このことからも上下運動である Y 軸が個人認証において有効な要素であると考えられる。

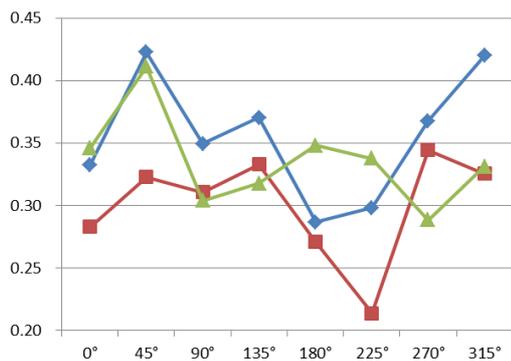
離反歩行である方位  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $315^\circ$  では、カメラに対して手前から奥に進む歩行となり EER が 30% を切る事が少なかった。これは、初期の立ち位置の際にカメラに接近しすぎて頭部の認識が悪くなり、歩行終了までの頭部の上下運動を正確に捉えづらくなったからと考えられる。これより、歩行開始時に安定して骨格が認識できていることが重要であると考えられる。

今回の実験では頭部データのみを用いたが、エラー率は平均で 20 ~ 40% となり、単体での認証率はあまりよくなかった。実験の際に全身の骨格を取得しているため、他の部位でも同様の実験を行い、個人認証において有効な部位を調査する必要があると考えられる。

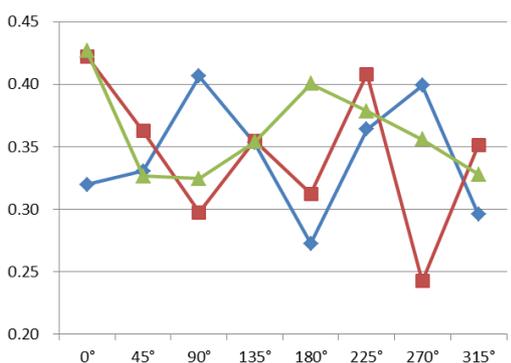
#### 4.2 被験者別の結果

ここでは、実験の結果を被験者に焦点を当てながら述べる。まず、図 6 に高度  $0^\circ$  および高度  $30^\circ$  の被験者別平均 EER の傾向を示す。

図 6 の (a) より高度  $0^\circ$  では、Y 軸は 10 人中 8 人で X 軸、Z 軸よりも良い結果となっている。このことから、頭部座標

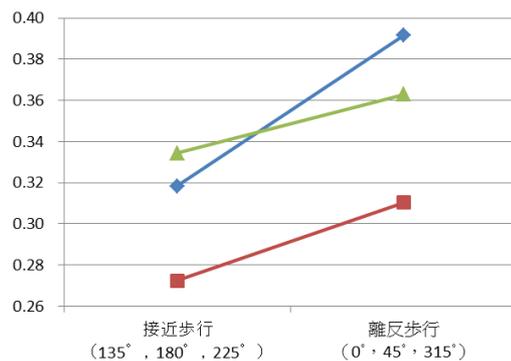


(a) 高度0°

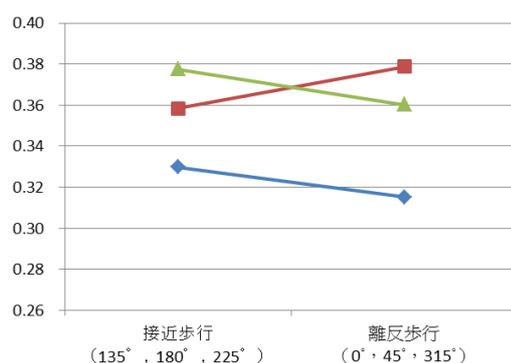


(b) 高度30°

図 4: 10 人の角度別の平均 EER



(a) 高度0°



(b) 高度30°

図 5: 接近・離反歩行別の平均 EER

に関しては Y 軸が個人認証において有効な要素であると考えられる。しかし、図 6 の (b) より高度 30° では、X 軸、Y 軸、Z 軸に顕著な差は見られない。また、Y 軸は 10 人中 8 人が高度 0° の時よりもエラー率が上昇している。これは、前節よりカメラが 30° 傾斜したことにより頭部が純粋な上下運動ではなくなったことが影響していると考えられる。また、高度 30° では、各被験者の X 軸、Y 軸、Z 軸に大きな差は見られないことや、エラー率が平均で 20~50%と認証率があまりよくないことから、高い位置からの撮影における歩行動作は個人性に乏しいと考えられる。

次に、表 1 に各被験者の最小 EER について示す。表 1 より、10 人中 5 人が Y 軸の時、最小 EER となった。また、エラー率が 0%となるのは、全て高度 0° の時であり、高度 0° の Y 軸が認証率が良いことが伺える。最小 EER が X 軸となった被験者の方位は、0° と 180° であり、これらの方位は、X 軸に対して垂直となる進行方向である。また、最小 EER が Z 軸となった被験者の方位は、90° であり、この方位についても、Z 軸に対して垂直となっている。これらのことから、進行方向に対して被験者の横揺れにも個人性が含まれる可能性がある。被験者 H に関しては図 6、表 1 共に認証率が良くなかった。これは、本実験における唯一の女性被験者であるということが関係している可能性がある。今後、男性と女性の歩き方と認証率の違いについて検証する必要があると考えられる。

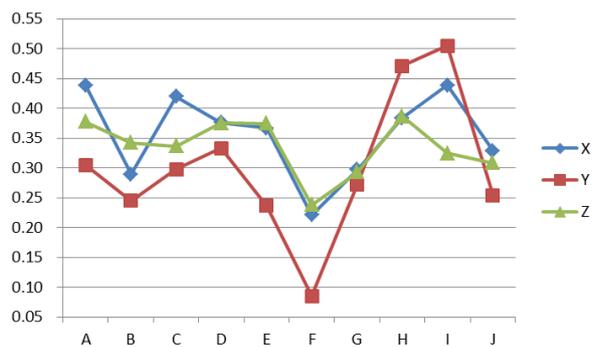
## 5. まとめ

本研究では、頭部の座標を用いて、様々な角度から歩行を撮影し、認証に有効な要素を調査した。

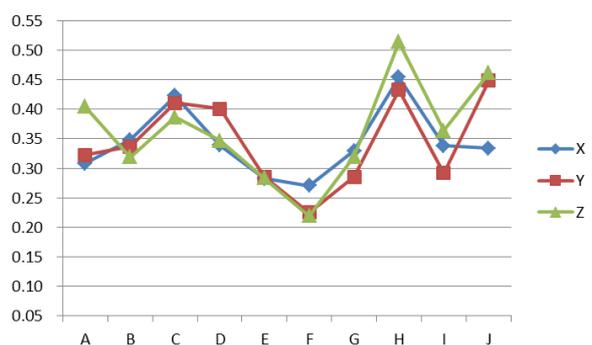
被験者 10 人から取得したデータに前処理として正規化とノイズ除去を行った。認証では、時系列データ間の類似度を DP マッチングを用いて計算することにより求めた。求めた類似度より得られたエラー率は、高度 0°、方位 225° の Y 軸が 21.36%と EER が最も低くなった。

方位別の結果を比較すると、0°、45°、315° のカメラに対して手前から奥に進む離反歩行は高度にかかわらず EER が 30%を切ることが少なかった。初期の立ち位置の際にカメラに接近しすぎて頭部の認識が悪くなり、歩行終了までの頭部の上下運動を捉えづらくなったからと考えられる。これより、歩行開始時に安定して骨格が認識できていることが重要であると考えられる。今回、精度の良かった高度 0°、方位 225° の Y 軸も歩行開始時に安定して骨格が認識できていたため、上下運動を捉え、EER が低くなったと考えられる。

また、高度 0° に関しては、Y 軸は X 軸、Z 軸に比べて EER が低くなるが多かった。高度 30° の Y 軸では EER が低いわけではないが、これはカメラが 30° 傾斜したことにより頭部が純粋な上下運動ではなくなったからと考えられる。しかし、方位 90° と 270° では奥行きである Z 軸が一定で頭部が純粋な上下運動となり、Y 軸が X 軸、Z 軸に比べて EER が低くなっている。これより、頭部座標に関しては歩行動作中の上下運動である Y 軸が個人認証において有効な要素であることが考えられる。



(a) 高度0°



(b) 高度30°

図 6: 被験者別の平均 EER

被験者別の結果では、高度 0° と高度 30° を比較した場合、高度 0° の Y 軸が高度 30° の Y 軸に対して認証率が良い結果となった。これについてもカメラが傾斜したことが関係していると考えられる。また、高度 30° では、エラー率が悪く、X 軸、Y 軸、Z 軸に大きな差が見られないことから、高い位置からの撮影における歩行動作は個人性に乏しいと考えられる。

また、各被験者の最小 EER を比較すると、10 人中 5 人が Y 軸の時、最小 EER となった。エラー率が 0% となるのは、全て高度 0° の Y 軸の時であり、このことから Y 軸の認証精度の良さが伺える。最小 EER が X 軸、Z 軸となった被験者では、進行方向と軸が垂直になっており、被験者の横揺れが Y 軸よりも個人性を含んでいたと考えられる。被験者 H に関しては、平均 EER、最小 EER 共に認証精度が低い結果となった。これは、被験者 H は本実験における唯一の女性被験者であるということが関与している可能性があり、男性と女性の歩き方と認証率の違いについて、今後検証する必要があると考えられる。

以上の結果より、骨格が認識しやすく、進行方向に関与しない軸に個人性が出るのが明らかとなったが、全体の平均エラー率は 20~40% となり、単体での認証率はあまりよくなかった。今後は、頭部以外の骨格座標と複合した認証率を算出し、認証精度を向上するか検証する予定である。その他にも撮影出来なかった方位を撮影した歩行から補間して作成できるようになればより多くの角度に対応し、認証率が上がる可能性がある。また、今回の実験では頭部の 3 次元位置座標の傾向を Kinect にて検証した。エラー率の傾向がセンサーデバイスによる特性である可能性が否定できないため、他のセンサーデバ

表 1: 各被験者の最小 EER

被験者	高度	方位	軸	EER
A	30	180	X	0.10
B	0	225	Y	0.00
C	30	270	Y	0.16
D	0	90	Z	0.11
E	0	225	Y	0.00
F	0	45	Y	0.00
G	0	180	Y	0.00
H	0	135	X	0.20
	0	180	X	
	0	0	Z	
	30	270	Y	
I	0	0	X	0.12
J	0	90	Z	0.04

イスでも同様の検証する必要があると考えられる。

### 参考文献

- [1] 鷲見和彦: パターン認識問題としての生体個人認証技術, 信学会第 2 種研究会, バイオメトリクス研究会, pp.5-6, 8 月 (2012)
- [2] Anil K. Jain, Sarat C. Dass and Karthik Nandakumar: Soft biometric traits for personal recognition systems, Proc. of International Conference on Biometric Authentication, LNCS 3072, pp.731-738 (2004)
- [3] 朱曉東, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, 目加田慶人: 歩行の向きに依存しない多視点人物歩容認識におけるカメラ配置の検討, 動的画像処理実利用化ワークショップ (DIA2008) 講演論文集, pp.179-184 (2008)
- [4] 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, Vol.48, No.1, pp78-87 (2007)
- [5] 朱曉東, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬洋, 目加田慶人: 歩行の向きに依存しない多視点人物歩容認識におけるカメラ配置の検討, 動的画像処理実利用化ワークショップ (DIA2008) 講演論文集, pp.179-184 (2008)
- [6] 真部雄介, 齋藤隆輝, 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, Vol. 24, No. 5, pp. 988-1001 (2012)