

お辞儀の正確さ評価システムのための 単眼カメラ動画からのパラメータ測定

中島 清貴¹ 長谷川 達人² 木村 春彦¹

概要: お辞儀は日本人の挨拶文化の象徴であり、円滑なコミュニケーションを行う上で重要な動作である。正しいお辞儀を習得することはビジネスシーンにおいて必須事項である。現在、お辞儀の習得方法として、独学で本やインターネットの知識をもとに練習することや、ビジネスマナー講座を受講することなどがある。しかし、前者は指導者がいない状況で自分のお辞儀が正しいかどうか判断することができない、後者は費用や時間がかかり手軽ではないという課題がある。本研究は、これらの課題を解決するために、単眼カメラで撮影したユーザのお辞儀動画から、お辞儀の正確さを評価するシステムの開発を行い、お辞儀を独習できる環境を構築することを目的としている。その実現に向け、本稿ではお辞儀を評価するためのパラメータである、「姿勢」、「角度」、「時間」を単眼カメラによる動画像から測定するシステムを開発し、測定精度の評価を行った。尚、これまでお辞儀の正確さを評価するシステムはほとんど開発されていない。

キーワード: お辞儀学習支援システム, 画像処理, HOG 特徴量, オプティカルフロー

Parameter Estimation from Videos in Monocular Camera for Evaluation System of the Bowing Action

Abstract: Bowing is a symbol of greeting culture in Japan, and it is an important action for smooth communication. Learning a correct bowing action is essentials in the business scene. People can learn a correct bowing action by some methods, such as to use books and internet by oneself, and to attend manner lectures. However, the former method has a problem that we cannot evaluate the correctness of own bowing action without an instructor. The latter method has a problem that to attend manner lectures is not easy, cost, and takes time. In this paper, to solve these problems, developing a system which evaluates the user's bowing actions from videos taken by a monocular camera, we aim to create an environment that people can learn a bowing action by oneself easily. Towards implementation of this system, we defined "posture", "angle", and "time" as parameter for evaluation of the user's bowing action. We evaluated the accuracy of our proposed system which measures above-mentioned parameters from videos taken by a monocular camera. There are almost no systems which evaluate a user's bowing action.

Keywords: Bowing action learning system, Image processing, Histogram of oriented gradients, Optical flow

1. はじめに

お辞儀は伝統的な挨拶、お礼、謝罪の行為である。日本人の挨拶文化は、まずお辞儀から始まると言われ、正しいお辞儀を習得することはビジネスマナーに必要不可欠であ

る。お辞儀には会釈、敬礼、最敬礼という3種類があり、場所、時、相手との関係性などにより使い分けなければならない。正しいお辞儀ができる人物は礼儀正しいという印象を与え、相手に好感を持たれやすい。それに対して杜撰なお辞儀しかできない人物は悪い印象を与える可能性がある。そのため正しいお辞儀をすることは円滑なコミュニケーションを取るために重要である。

お辞儀の基本動作は腰から上体を曲げるという一見単純なものだが、姿勢、角度、時間など気をつけなければなら

¹ 金沢大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Natural Science & Technology,
Kanazawa University

² 東京医療保健大学
Tokyo Healthcare University

ないポイントが多い。首だけを動かす、猫背になっている、適切な角度や早さで行われていないなど、自分では気づかない間違ったお辞儀をしている状況が存在する。

正しいお辞儀の習得には、独学で本やインターネットの知識を基に練習するという手段があるが、指導者がいない状況では自分のお辞儀が正確であるかどうか分からないという課題がある。また、ビジネスマナー講座に参加するという手段もあるが、費用や時間がかかり手軽とは言えない。

我々はお辞儀独習支援システムの開発を目標として研究を行っている。本システムは特別なセンサなどを使わずに単眼カメラだけでお辞儀習得をすることができるように支援するシステムである。お辞儀独習支援システムの開発によって、個人が自宅で容易にマナーの習得ができる環境の構築が可能になる。それにより、全国の就職活動生が自主学習の範囲でマナー力を向上させることができるなど、ビジネスマナー習得の方法を多様化させることに繋がる。本研究では基礎研究として、お辞儀の正確さを評価するためのパラメータである、お辞儀の「姿勢」、「角度」、「時間」を算出し、その結果が正しい値であるか検証した。

2. お辞儀

2.1 お辞儀の手順

正しいお辞儀の手順 [1] を図 1 と以下に示す。

- (1) 気を付けをし、相手の顔を見る。
- (2) 首や背筋をまっすぐに伸ばし、上体を傾ける。
- (3) 上体を傾けたまま一呼吸置く。
- (4) ゆっくりと上体を起こす。

2.2 お辞儀の種類

お辞儀の種類には「会釈」、「敬礼」、「最敬礼」があり、状況に応じて使い分けなければならない [1]。3種類のお辞儀を図 2(a)~(c) に示す。

(a) 会釈

挨拶を表すお辞儀であり、相手の目を見つめることなく頭を軽く下げ、その後ゆっくりと上げることが基本動作である。上体の屈折角度は約 15 度である。

(b) 敬礼 (普通礼)

最も頻繁に使われるお辞儀で、客を迎えるときや訪問先などで用いる。上体の屈折角度は約 30 度で、顔を上げたまま行わないように注意しなければならない。

(c) 最敬礼

お詫びのときや、深い感謝の気持ちを表現するとき用いる。通路などで行うときは、歩行などの移動は止め、直立した状態で行う。上体は約 45 度で屈折する。

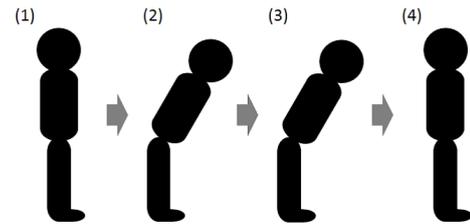


図 1 お辞儀の手順

Fig. 1 Process of the bowing action.

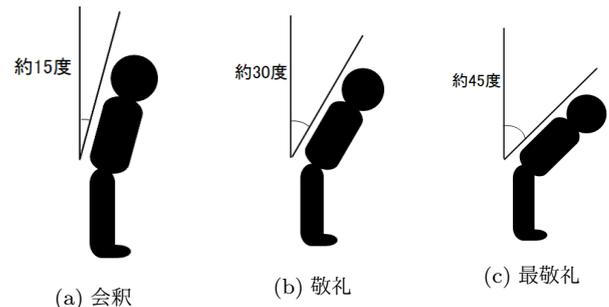


図 2 お辞儀の種類

Fig. 2 Types of the bowing action.

2.3 お辞儀のパラメータ

お辞儀の正確さを評価するためのパラメータとして、「姿勢」、「角度」、「時間」を定義した。それぞれのパラメータについての説明を以下に示す。

既存研究の調査を行った結果、お辞儀を評価するシステムは現在存在していないため、パラメータは我々が独自に定義する。同様に、単眼カメラからの動画像において、これらのパラメータを測定する研究も行われていない。そのため本研究ではこれらのパラメータの測定を実施し、お辞儀評価システムの基礎研究として新規性を主張する。

(1) 姿勢

首の傾きや背中の伸び、足の曲がり具合などを考慮できるように人物全身のシルエットを姿勢とした。お辞儀の各フレームにおける人物の姿勢を取得し、それを 1 つのデータとしてまとめたものを「姿勢」パラメータと定義する。

(2) 角度

気を付けをし背筋を伸ばした状態を直立状態、頭から腰までの上体を最も傾けた状態を屈体状態とする。お辞儀をした時の直立状態と屈体状態の角度差を「角度」パラメータと定義する。単位は度とする

(3) 時間

屈体状態までの時間を「屈体時間」、屈体状態から直立状態までに戻る時間を「伸展時間」とし、屈体時間と伸展時間の合計をお辞儀の「時間」パラメータと定義する。単位は秒とする。

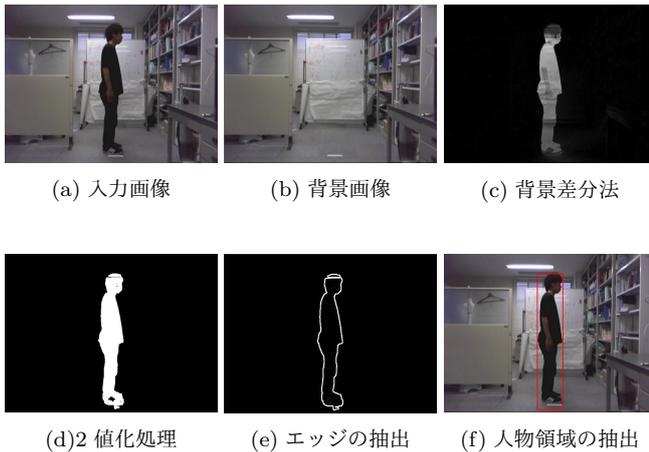


図 3 人物領域の抽出過程

Fig. 3 Extraction process of human region.



図 4 HOG 特徴量の抽出
Fig. 4 HOG Extraction.

3. 提案手法

3.1 概要

日本でのお辞儀は、挨拶や敬意を表現する行為であり、相手に対して上体を曲げる動作をする。お辞儀をされた側は、上体の変化を読み取って、お辞儀を受けたと判断する。よって、カメラも被験者の正面に設置すべきだが、お辞儀の姿勢、角度、時間を取得するためには、被験者の側面から動画を撮影する必要がある。今回は実環境におけるお辞儀の識別を目的とせず、個人においてお辞儀を習得する際の評価システムを構築することが目的である。そのためカメラは被験者の側面に設置し、以下の過程でお辞儀の各種パラメータを取得した。

3.1.1 背景差分法を用いて人物領域を抽出

人物領域の抽出過程を図 3(a)~(f) に示す。図 3(a)はお辞儀動画の 1 フレーム目の画像であり、これを入力画像とする。また、背景画像として図 3(b) を事前に撮影する。入力画像と背景画像から背景差分法によって図 3(c) の差分画像を取得する。その後、図 3(d) の 2 値化処理を行い、得られた画像から図 3(e) のエッジ抽出をする。画像のエッジを矩形で囲み、図 3(f) のような人物領域の抽出を行う。

3.1.2 「姿勢」パラメータの測定

人物の姿勢を推定する手法には、複数のカメラを用いて身体の形状を推定するもの [2]、TOF カメラから得られる

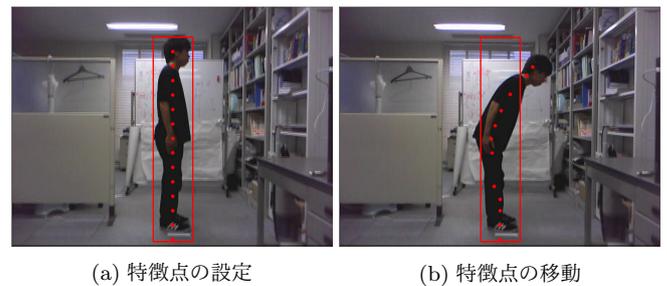


図 5 特徴点の設定と移動

Fig. 5 Setting and Moving of feature points.



図 6 角度の測定

Fig. 6 Estimation of angle.

距離情報を用いて回帰分析により姿勢推定を行っているもの [3] がある。しかし、これらの手法では動画撮影に複数のカメラや特殊なカメラが必要となる。本研究の目的は個人が自宅でお辞儀習得できる環境を構築することであり、一般的な家庭にある単眼カメラのみを用いるべきである。そこで本研究では、大西らの研究 [4] を参考に、物体の形状を表すことが可能な HOG 特徴量 (3.2 節) を用いて、人物姿勢推定を行った。なお、大西らの研究では 3 次元姿勢の推定をしているが、お辞儀の正確さを評価するためには人物の背の伸び具合などを考慮する必要があるため、本研究では HOG 特徴量の抽出までのみを行った。

図 4(a) は入力画像、図 4(b) は入力画像から抽出した HOG 特徴量を可視化した画像である。3.1.1 節で示したエッジ抽出までの処理過程を同様に行い、入力画像からエッジ画像を作成し、HOG 特徴量の抽出をする。このような HOG 特徴量抽出をお辞儀動画の全フレームにおいて行い、得られた値をフレームごとに列挙し、1 つのデータとしてまとめたものを「姿勢」パラメータとする。

3.1.3 「角度」、「時間」パラメータの測定

以下に説明する手法によって「角度」、「時間」パラメータの測定を行う。

まず、お辞儀の動きを動画の各フレームにおけるオプティカルフロー (3.3 節) で表現する。図 5(a) は人物領域内に特徴点を均一に設定した画像であり、特徴点ごとにオプティカルフローを算出する。オプティカルフローの算出範囲を画像全体から限られた特徴点に限定することで、高速化とノイズ除去を実現できる。また、図 5(b) はお辞儀動作中の特徴点の動きを示したものである。オプティカルフローを用いたトレース処理により、特徴点の動きを求め

次に、お辞儀動画の各フレームにおける特徴点の位置と動きから、それぞれのパラメータを測定する。まず、上半身の特徴点7点の直線近似を最小二乗法によって行い、各フレームにおける人物の上半身の傾きと直立状態の角度差を求める。角度差が最も大きくなったフレームを屈体状態と決定し、その時の角度差を「角度」パラメータとする。図6は屈体状態における上半身の傾きを直線によって可視化したものである。また、オプティカルフローの変化し始めたフレームから変化が終わったフレームまでの時間差を求め、「時間」パラメータとする。

3.2 HOG 特徴量

お辞儀の姿勢を取得するために、HOG 特徴量を求める。HOG(Histogram of Oriented Gradients)[5] は画像の局所領域から輝度勾配と輝度強度を取り出す特徴量であり、物体の大まかな形状を表現することができる。以下に HOG 特徴量の算出手順について述べる。

まず、画像の位置 (x, y) における輝度値 $I(x, y)$ として輝度勾配を次式で求める。

$$\begin{cases} f_x(x, y) = I(x+1, y) - I(x-1, y) \\ f_y(x, y) = I(x, y+1) - I(x, y-1) \end{cases} \quad (1)$$

ここで f_x, f_y はそれぞれ画像の横方向、縦方向の輝度勾配を表す。得られた輝度勾配から、勾配強度 $m(x, y)$ とその勾配方向を次式によって算出する。

$$m(x, y) = \sqrt{f_x(x, y)^2 + f_y(x, y)^2} \quad (2)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \frac{f_x(x, y)}{f_y(x, y)} \quad (3)$$

次に算出された輝度勾配画像を、 $N_c \times N_c$ 画素からなるセルという小領域に分割する。それぞれのセル領域において輝度勾配方向の重み付けを行うことにより輝度の勾配方向ヒストグラムを作成する。さらに各セルで作成した輝度勾配ヒストグラムを、セルより大きな領域 $N_b \times N_b$ セルを1ブロックとして正規化を行う。正規化前の特徴量を f とし、あるブロックの特徴ベクトルを \mathbf{v} としたとき、次式により正規化を行う。

$$v = \frac{f}{\sqrt{\|\mathbf{v}\|_2^2 + \epsilon^2}} \quad (\epsilon = 1) \quad (4)$$

v は正規化後の特徴量である。最後にブロックごとに正規化された特徴量を1列のベクトルにまとめることで HOG 特徴量が得られる。このように得られた特徴ベクトルは、照明や影の影響を受けにくく、局所的な幾何学変化に頑健となる。

3.3 オプティカルフロー

お辞儀の動きを抽出するために、オプティカルフロー [6] を求める。オプティカルフローは動物体解析法の1つであ

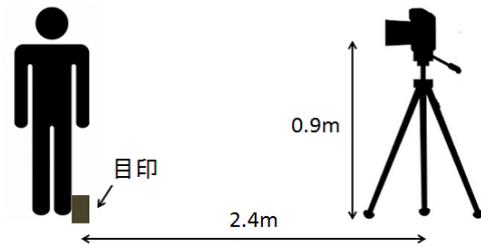


図7 実験環境

Fig. 7 Experiment Environment.

り、画像中の輝度情報から動きを分析し、動きベクトルにより物体の運動を表す。本研究ではオプティカルフローを求める手法としてブロックマッチング法 [7] を用いる。

ブロックマッチング法では画像を一定の大きさの小領域 (ブロック) に分割し、それぞれのブロックの動きベクトルを求める。これは各ブロックが前のフレームのどこに対応するかを探し、対応するブロックの位置の差を動きベクトルとするものである。 t フレーム目の $N \times N$ の大きさのブロックの動きベクトルを求めるものとする。ブロックの左上端の画素の位置を (i_0, j_0) として、このブロックの画像と直前のフレームの対応する位置から (p, q) だけずらした位置のブロックの画像との差を比較する。本研究ではマッチングの評価に画素値の差の絶対値の和 SAD (Sum of Absolute Difference) を用いた。以下に SAD の式を示す。

$$SAD(p, q) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} |f_t(i_0 + i, j_0 + j) - f_{t-1}(i_0 + i + p, j_0 + j + q)| \quad (5)$$

ブロックの位置 (p, q) を変えて $SAD(p, q)$ を計算し、それが最小となる (p_m, q_m) を動き検出をしたい物体の画像が移動したブロックの位置とする。求められた (p_m, q_m) との差を求めることで動きベクトルを導く。

4. 評価実験と考察

4.1 実験概要

実験環境を図7に示す。被験者の側面に Web カメラを設置し、お辞儀動作を撮影する。被験者と Web カメラの距離は 2.4m、Web カメラの高さは 0.9m とした。Web カメラの解像度は 640×480 であり、フレームレートを 30fps に設定した。

この実験環境で撮影したお辞儀の動画画像から「姿勢」、「角度」、「時間」パラメータを測定し、算出された値を検証した。以降、各パラメータの検証手法と使用したデータセットを順に並べる。

4.2 「姿勢」パラメータの検証

[検証手法]

屈体状態のお辞儀画像を撮影し、3節の提案手法により

表 1 評価の基準

Table 1 Criteria of evaluation.

評価	点数
非常に良い	5
良い	4
普通	3
悪い	2
非常に悪い	1

表 2 お辞儀の種類とシチュエーション

Table 2 type of the bow and situation.

お辞儀の種類	角度	シチュエーション
会釈	15 度	知人とすれ違い時
敬礼	30 度	来客時
最敬礼	45 度	謝罪時

HOG 特徴量の抽出を行い、「姿勢」パラメータを測定する。得られた「姿勢」パラメータがお辞儀の正しき評価の指標として適しているかを検証する。なお、今回は正しき評価の指標としての「姿勢」パラメータの適合性を検証するので、検証を単純にするためにお辞儀動画ではなく画像を対象とした。検証方法を以下に説明する。

まず、良いお辞儀と悪いお辞儀の画像を撮影し、それぞれにおける HOG 特徴量を抽出する。良いお辞儀とは屈体状態で背筋や首が曲がっておらずまっすぐに伸びているもの、悪いお辞儀はその逆に背筋や首が曲がっているものことであり、どちらもお辞儀の角度は等しいとする。撮影された良いお辞儀の HOG 特徴量の平均を求め、正解データとする。そして、良いお辞儀と悪いお辞儀の HOG 特徴量を全てテストデータとして、正解データとのユークリッド距離を算出し、姿勢のスコアとした。姿勢スコアは良いお辞儀との類似度であり、高ければ高いほど正しい姿勢のお辞儀だということを示す。この姿勢スコアに 1~5 点の範囲で正規化を行う。

次に、得られた姿勢スコアの精度を検証するために、第三者の被験者によるお辞儀画像の客観的評価を行う。被験者は各お辞儀画像を目視で確認し、表 1 に示した評価基準で客観的に評価する。その客観的評価の結果とシステムによって得られた姿勢スコアを比較し、「姿勢」パラメータの正しき評価システムへの適合性を検証する。

[データセット]

被験者は 20 代男性 5 名で、4.1 節の実験環境でお辞儀画像の撮影を行った。被験者はお辞儀の指導を受けた後に、良いお辞儀、悪いお辞儀をそれぞれ 5 回ずつ行った。良いお辞儀は適宜動作の指示をしたが、悪いお辞儀は被験者の任意で行った。また、姿勢スコアの精度検証のために、お辞儀画像の撮影を行った被験者とは異なる 20 代男性 5 名がお辞儀の客観的評価を行った。

表 3 「姿勢」パラメータの検証結果

Table 3 Validation results of "posture" parameter.

	姿勢スコア	客観的評価値	誤差
平均	3.80	2.96	0.84
標準偏差	1.31	1.35	0.54

4.3 「角度」、「時間」パラメータの検証

[検証手法]

お辞儀動画を撮影し、3 節の提案手法にて「角度」、「時間」パラメータを測定する。各動画から目測で「角度」、「時間」を計測したものを正解データとし、測定したパラメータと比較することでシステムによって得られた値の精度を検証する。

[データセット]

被験者は、お辞儀についての指導を受けた経験がない 20 代男性 5 名で、4.1 節の実験環境でお辞儀動画の撮影を行った。なお、被験者は 4.2 節とは異なる人物を対象とした。お辞儀の手順と種類を説明した後に、被験者にシチュエーションを指定し、各動作を 5 回行った。お辞儀の種類と指定したシチュエーションを表 2 に示す。

4.4 実験結果

「姿勢」、「角度」、「時間」パラメータのそれぞれの検証結果とその考察を以下にまとめる。

4.4.1 「姿勢」パラメータの検証結果と考察

各お辞儀画像の姿勢スコアと客観的評価値とその誤差を求め、それぞれで平均値と標準偏差を算出した。検証結果を表 3 にまとめる。

表 3 より姿勢スコアと客観的評価値の誤差の平均値が 0.84 点、標準偏差が 0.54 点だとわかる。この結果から予測誤差 0.84 ± 0.54 点の範囲で姿勢スコアの測定が可能だと考えられる。

また、姿勢スコアと客観的評価値を、それぞれの中央値を用いて「良い」、「悪い」の 2 クラスに分類し、各お辞儀画像における 2 つの値の一致精度を算出した。姿勢スコアの中央値は 4.5、客観的評価値の中央値は 3 であり、これよりも値が大きければ「良い」、小さければ「悪い」と分類した。検証を行った結果、一致精度は 100%となった。良いお辞儀であれば姿勢スコアは高くなり、悪いお辞儀であれば姿勢スコアは低くなると言える。以上の結果から HOG 特徴量によって得られた「姿勢」パラメータがお辞儀の正しき評価のパラメータとして有効である可能性が示された。

誤差の大きかったお辞儀画像を目視で確認した。特に誤差が大きいお辞儀は悪いお辞儀に多く、図 8(a) の画像では客観的評価値が 1.4 点であったが、姿勢スコアは 3 点であり、誤差が 1.6 点となった。それに対し、図 8(b) は図 8(a) と同じ悪いお辞儀だが、誤差は 0.2 点であった。これは図 8(a) のお辞儀が首は曲がっているものの背筋は伸びている

表 4 「角度」パラメータの検証結果

Table 4 Validation results of "angle" parameter.

	会釈 (15 度)			敬礼 (30 度)			最敬礼 (45 度)			全体誤差
	測定値	正解値	誤差	測定値	正解値	誤差	測定値	正解値	誤差	
平均	20.4	19.8	1.62	32.9	32.4	3.49	46.4	44.6	3.35	2.82
標準偏差	5.35	4.32	0.924	4.87	2.83	2.65	4.73	2.64	2.87	2.47

表 5 「時間」パラメータの検証結果

Table 5 Validation results of "time" parameter.

	会釈 (15 度)			敬礼 (30 度)			最敬礼 (45 度)			全体誤差
	測定値	正解値	誤差	測定値	正解値	誤差	測定値	正解値	誤差	
平均	2.99	2.85	0.247	3.46	3.26	0.294	3.94	3.81	0.220	0.254
標準偏差	0.525	0.503	0.220	0.309	0.284	0.237	0.481	0.469	0.120	0.202



(a) 誤差の大きい悪いお辞儀 (b) 誤差の小さい悪いお辞儀
図 8 悪いお辞儀

Fig. 8 Example of bad bow.



(a) 人物領域抽出の失敗例 1 (b) 人物領域抽出の失敗例 2
図 9 人物領域抽出の失敗

Fig. 9 failure of human region extraction.

ため、システムによって比較的高い姿勢スコアと測定され、客観的評価値と大きなギャップが生じてしまったためだと考えられる。図 8(b) のお辞儀では首も背筋も曲がっているので、姿勢スコアと客観的評価値のギャップは少なくなり誤差は小さいものとなった。以上のことから首の曲がり客観的評価値を下げる要因として大きいとわかった。そのため HOG 特徴量における首の曲がりに対して重み付けをすることで、姿勢スコアの測定に首の曲がりも考慮され、誤差を小さくできるのではないかと考える。

4.4.2 「角度」、「時間」パラメータの検証結果と考察

各お辞儀動画における「角度」、「時間」パラメータについて、お辞儀の種類ごとに、システムによる測定値と目測で計測した正解値とその誤差を求め、それぞれで平均値と標準偏差を算出した。また、3 種類全てのお辞儀における誤差の平均値と標準偏差を算出した。検証結果を表 4, 5 に示す。

「角度」パラメータの検証結果について、表 4 より測定値と正解値の全体誤差の平均値が 2.82 度、標準偏差は 2.47 度である。この結果から予測誤差 2.82 ± 2.47 度の範囲で「角度」パラメータの測定が可能だと考えられる。

誤差の大きいお辞儀動画を確認したところ、図 9(a),(b) のように人物領域抽出を失敗しているものが多かった。これらの動画では、人物の服装と背景の輝度値が類似していたため、正確な背景差分画像が取得できず、人物領域抽出が失敗していた。このことから背景差分法の見直しをする

ことや、現状とは別の手法を考案することで、より正確な人物領域の抽出をし、「角度」パラメータの誤差を小さくできるのではないかと考える。

また「時間」パラメータの検証結果について、表 5 より測定値と正解値の全体誤差の平均値が 0.254 秒、標準偏差は 0.202 秒である。この結果から予測誤差 0.254 ± 0.202 秒の範囲で「時間」パラメータの測定が可能だと考えられる。

大きな誤差が生じていたお辞儀動画を確認したところ、直立状態時にも被験者が動作しているものが多かった。お辞儀時間の判定にはオプティカルフロー値を用いており、オプティカルフロー値が一定の閾値を越えたとお辞儀時間と認識され、時間が加算されていく。そのため直立状態時にも被験者が動作している場合、オプティカルフロー値が変化してしまい、お辞儀をしていない時間もお辞儀時間に加えられ、正確なお辞儀時間を測定できていなかった。この結果からオプティカルフローの閾値設定方法を再検討することで改善が見込める。

5. まとめ

本研究では、単眼カメラのみを用いてお辞儀の正確さを評価するために「姿勢」、「角度」、「時間」のパラメータを測定する手法を提案した。HOG 特徴量を用いることで「姿勢」パラメータを測定し、オプティカルフローを用いることで「角度」と「時間」パラメータを測定した。また、測定された各パラメータの評価も行った。「姿勢」パラメー

タの評価には第三者の客観的評価値を使用し、システムによって得られた姿勢スコアとの比較を行った。「角度」、「時間」パラメータの評価には目測による計測値を使用し、システムによる測定値との比較を行った。これらの評価実験により、3つのパラメータがお辞儀の正しさ評価として適していることが示された。

今後は、お辞儀の正確さ評価システムの開発と評価を行う。具体的には、専門家による正しいお辞儀動画を撮影し、3つのパラメータごとに比較することで、そのお辞儀の正確さを出力するシステムを開発する。そして、専門家による客観的評価を行い、システムの評価をする。

参考文献

- [1] ANA ラーニング：[図解] これで仕事がうまくいく！ビジネスマナーの基本ルール，成美堂出版 (2011)
- [2] 中澤篤志，平亮介，竹村治雄：Boosting を用いたボリュウムデータからの人体姿勢推定，情報処理学会研究報告，CVIM，[コンピュータビジョンとイメージメディア研究会研究報告]，Vol. 164，pp. 143-148(2008)
- [3] 縣禎輝，藤吉弘亘：距離情報を用いた回帰分析による人物姿勢推定，情報処理学会研究報告，CVIM，[コンピュータビジョンとイメージメディア研究会研究報告]，Vol. 177，No16，pp. 1-8(2011)
- [4] 大西克則，滝口哲也，有木康雄：HOG 特徴に基づく単眼画像からの人体 3 次元姿勢推定，MIRU，画像の認識・理解シンポジウム (2008)
- [5] N.Dalal and B.Triggs：Histograms of Oriented Gradients for Human Detection，IEEE Computer Vision and Pattern Recognition，886-893(2005)
- [6] J.L.Barron，D.J.Fleet，S.S.Beauchemin：Performance of Optical Flow Techniques，International Journal of Computer Vision，12-1，pp43-77(1994)
- [7] D.I.Barnea，H.F.Silverman：“A Class of Algorithm for Fast Digital Image Registration”，IEEE Trans.on Computers，21,pp.179-186(1972)