原著論文

加速度センサを用いた感情を込めた歩行動作の識別実験[†]

田村 宏樹^{*1}・淡野 公一^{*1}・石井 雅博^{*2}・唐 政^{*2}

人のポーズ・歩行動作から、人の感情を識別¹することが100%の精度ではないが識別可能であるとの研究報告がなされている[1]～[3]。それらの先行研究の多くは、人のバイオリジカルモーション(体の関節部分の動き)[4]をモーションキャプチャ装置で抽出し、解析することで識別を行っている。しかし、モーションキャプチャシステムは高価であることをはじめ、使用場所に制約があるなどの問題点がある。これらの研究を踏まえて、本稿では単一加速度センサを用いた感情を込めた歩行動作の識別を行うシステムを提案する。まず、提案したシステムとして人の歩行動作時の加速度情報から特徴量を抽出する。この特徴量を識別器Chain Support Vector Classifier(C-SVC)を用いて各感情ごとに識別を行った。本実験では、3名の被験者に単一加速度センサを装着してもらい中立、悲しみ、喜び、怒りの4感情を表現した歩行動作を対象とした。単一加速度センサから得られた加速度情報から、本稿で提案したシステムにより感情を込めた歩行動作の識別の実験を行い、提案したシステムの有効性を計算機実験結果より検証する。

キーワード：バイオリジカルモーション、加速度センサ、感情識別、Chain Support Vector Classifier

1. はじめに

Johanssonは人の主要関節に光源を取り付け、その歩行動作を撮影し映像を点光源だけが見えるようにして被験者に見せたとき、点光源が動作してない状態では単なる光点の集合としか見なされなかったが、動作が加わると人の歩行動作として認識されたと発表した[4]。このような生物の知覚をもたらす情報はバイオリジカルモーションと呼ばれている。

先行研究として、文献[1]ではエージェントやロボットに身体動作から人間の感情を識別させたり、身体動作によって感情を表現することを目的として、歩行時のバイオリジカルモーションから感情を推定できるのか調査している。文献[1]では、モーションキャプチャ装置を用いて人の動作によるバイオリジカルモーションデータ(左右の手首、肘、肩、腰、膝、足首の計12個)の取得が行われた。被験者は、アマチュアの役者の日本人男子大学生で、歩行動作のときに怒り、悲しみ、幸福、嫌悪、恐怖、驚きの6種類の感情を表現している。取得した歩行データのバイオリジカルモーションを3次元のコンピュータグラフィックス

を用いて被験者である日本人大学生50名に提示し、6つの感情から1つ強制選択させる視覚心理実験が行われた。一つの歩行動作の提示時間は5秒間である。その実験結果では、人によるバイオリジカルモーションからの感情識別率は65%であった。また文献[1]では、バイオリジカルモーションからの感情推定における上半身と下半身、右半身と左半身の役割について調べられている。その結果、上半身と下半身とでは下半身の方が高い識別率を得たことを報告している。また右半身と左半身では、識別率に有意な差が見られなかったことが報告されている。

著者らは文献[3]で、歩行時の関節位置情報からの感情識別の研究を行っている。この研究の目的は、人と機械が円滑にコミュニケーションを取るために、機械が対人の感情を識別するシステムを構築することである。実験では、成人男性4名が歩行動作を行ったときの、中立、悲しみ、怒り、幸福の4感情を計算機を用いて識別する実験を行っている。また、視覚心理実験を行い、計算機実験結果との比較を行っている。その実験結果は、人による感情識別率が約67%で特に悲しみの感情識別率が高かった。次に、下半身部分のバイオリジカルモーションより抽出した特徴量を識別器である k -NearestNeighbor法(k -NN： $k=5$)を用いて計算機による感情識別を行っている。計算機による感情

[†] The Discrimination Experiments of the Walking Style with Human Emotion using Single Acceleration Sensor
Hiroki TAMURA, Koichi TANNO, Masahiro ISHII and Zheng TANG

^{*1} 宮崎大学 工学部

Faculty of Engineering, University of MIYAZAKI

^{*2} 富山大学 工学部

Faculty of Engineering, University of TOYAMA

1 本稿では、人が感情を推定するときに「推定」の語句を用い、計算機が感情を推定するときに「識別」の語句を用いることとする。

識別率は約68%となり、人の推定に近い識別結果であった。しかし、モーションキャプシステムでは使用場所に制約があるなどの問題点があった。

本稿では、先行研究の実験結果を踏まえて、単一加速度センサの情報から歩行時の感情を識別するシステムを提案する。本実験としては、単一加速度センサを3名の被験者に装着し、文献[3]と同様の中立、悲しみ、喜び、怒りの感情を込めて歩行するように指示した動作パターンを用いる。歩行時に得られた加速度センサの情報から本稿で提案したシステムを用いて4感情の感情識別の実験を行い、提案したシステムの有効性を検証する。

2. 感情識別システム

本章では、単一加速度センサを用いた歩行動作の加速度情報の取得方法と本稿で提案した感情識別システムについて述べる。

2.1 歩行時の加速度情報の取得方法

本節では、歩行時の加速度情報の取得方法について述べる。歩行動作のデータを取得するため、単一加速度センサとして単一加速度センサを搭載する任天堂のwiiリモコンを用いて人による歩行動作時の加速度情報を取得する。本稿では、20代男性3名の被験者(H.F, M.M, T.M)に単一加速度センサを装着して歩行動作を行わせた。先行研究の文献[1]から、人の下半身部分の動作からの感情推定が有意であることと、右半身と左半身では感情推定の識別率に有意な差が表れなかったことが報告されている。そのことを考慮し、被験者には単一加速度センサをズボンの前ポケットに装着してもらい、中立、悲しみ、喜び、怒りの感情を込めてもらいながら歩行動作を行うよう指示した。歩行のときには、被験者にはピッチに制限を設けない、不自然な動作をしない、センサの向きと装着するポケットの位置は統一するという条件を設けた。wiiリモコンの装着状態を図1に示す。wiiリモコンの装着方法は図1のように装着するように指示をしたが、軸のキャリブレーション等の処理は行っていない。

歩行動作の加速度情報の取得は、加速度センサを振ったときに感知される3軸(x, y, z軸)加速度情報をBluetoothでパーソナルコンピュータに送信した。パーソナルコンピュータにて受信した3軸(x, y, z軸)加速度情報のサンプリング周波数は約100Hzであった。本稿では1つの歩行動作を約15秒間とした。図2に5秒間の歩行動作時に得られた加速度センサの3軸(x, y, z軸)加速度情報を示す。図2の縦軸の値

図1 Wiiリモコンの装着状態

図2 Wiiリモコンから計測された加速度情報
(x, y, z軸)

は、0が加速度 $-4.85[G]$ 、256が加速度 $4.85[G]$ に対応している。各軸の静止状態の基準の値が異なるが、本実験ではそれらの値の補正等の処理は行っていない。

被験者1人に対し2日間又は3日間にわたって実験を行い、1つの感情につき20個ずつデータを取得し4感情で計80個のデータを取得した。1日目と2日目の間は、1週間程度空けている。

2.2 感情識別システム

本節では、本稿で提案する感情識別システムについて述べる。本稿で提案する感情識別システムの構成を図3示す。前節で述べたように被験者3名に単一加速度センサを装着してもらい、中立、悲しみ、喜び、怒りの4感情をこめて歩行動作を行ってもらう。次に、歩行時の単一加速度センサから得られた3軸の加速度情報 $(x_i, y_i, z_i, (i=1, 2, \dots, N))$, N =サンプリング数)を下式を用いて1つ(P_i)にまとめる。

$$P_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (1)$$

図3 感情識別システムの構成図

その情報 P_i をハミング窓(窓の長さ=512データ)を用いた高速フーリエ変換(FFT)処理を行い、周波数順に256データの取り出す。次に、FFT処理後の256データに対して主成分分析(PCA)を行い次元を圧縮し、寄与率が95%以上となるデータ(1)を抽出する。被験者H.F, M.Mは30データ、被験者T.Mは50データとなった。次に、加速度センサから得られた3軸の加速度情報からそれぞれの最大値、最小値を取り出して0から1の範囲で正規化した6つのデータ(2)を抽出する。提案する感情識別システムでは、データ(1)とデータ(2)を特徴量とした、身体動作は3つの特徴(空間、時間、力)に分割できる。FFT、PCAの処理を行ったデータ(1)は歩行動作の時性と力性の要素を含んでいると考えられる。加速度情報の3軸の最大値、最小値のデータ(2)に関しては、空間性、力性の要素を含んでいると考えられる。

データ(1)とデータ(2)の特徴量を入力として識別器Chain Support Vector Classifier(C-SVC)[5]を用いて4感情の識別を行う。C-SVCはソフトマージンSupport Vector Machine[6]の1つであり、強力な2クラス識別器である。C-SVCを4クラス識別器として用いるためPairwise Coupling法[7]を用いて多クラス化している。また、本稿での実験ではRBFカーネルを用

いている。RBFカーネルのパラメータは10回異なるパラメータ値で事前実験を行い、各被験者ごとに最も識別率の良かったパラメータを本実験で使用している。

このように、加速度センサからの特徴量抽出を行い、その特徴量を用いて識別器で識別を行うことで、歩行時の感情識別を計算機によって行う。C-SVC以外のニューラルネットワーク、 k -NN法などの識別器を用いた実験や、FFTのみ(データ(1)のみ)を用いた特徴量での実験も行ったが、図3に示したシステムでの実験結果が最も良い結果を得ている[8]。

3. 視覚心理実験の方法

本稿では、提案した感情識別システムの検討・比較を行うために人による視覚心理実験を実施する。本章では、本稿で行った視覚心理実験の方法について述べる。

単一加速度センサにより加速度情報を取得するとき、ビデオカメラで歩行動作の撮影を行った。視覚心理実験の対象となる被験者H.F, M.M, T.Mの3名の歩行動作は、提案した感情識別システムによる識別実験で用いる動作パターンと同じである。ビデオカメラによる撮影は、歩行動作の正面から行った。その動画の上半分にモザイク処理を施す。モザイク処理した動画を用いて人による視覚心理実験を行った。なおモザイク処理を施したのは、被験者の表情から感情推定を行えないようにし、歩行動作のみから感情の推定を行うためである。視覚心理実験で用いた動画の例を図4に示す。視覚心理実験の際、一つの歩行動作の動画は約15秒提示した。当然、提示した歩行動作に含まれる感情は、中立、悲しみ、喜び、怒りの4種類である。

被験者1名に対し計80個の動画をランダムに提示し

図4 視覚心理実験で用いた動画の一例

て視覚心理実験を行った．視覚心理実験を行ったのは20～30代男性の6名であり，提示された動画から4感情のうちの1つを強制選択する方法を行った．

4. 実験方法

本稿では，被験者が感情を演じている歩行動作，つまり2.1節で取得した歩行動作をそのまま全て用いて識別する実験を実験1として実施する．次に，視覚心理実験の結果より人が高い割合で感情を推定可能な歩行動作のみを対象として感情を識別する実験を実験2として実施する．この2つの実験を通して，提案する感情識別システムの有効性，特徴を検討する．

4.1 実験1

実験1としては，2.1節で述べたように各被験者ごとに2日間にわたって取得した80個の歩行動作のデータを，ランダムに各感情10個ずつ2つに分け，C-SVCの学習用データと感情識別システムを評価するためのテストデータとする．それらの学習データを用いて感情識別システムを構築し，テストデータの4感情の識別を行う．

実験1では，被験者3名とも同じ視覚心理実験者6名で視覚心理実験を行い，識別率(式2)を算出して感情識別システムの識別率との比較を行う．ただし，視覚心理実験は学習データとテストデータの全てのデータを用いた識別率であるが，感情識別システムの識別率はテストデータのみの識別率となる．

$$\text{実験1の識別率} = \frac{R}{n \times D} \times 100\% \quad (2)$$

- ・ D ：取得した歩行動作のデータ数
- ・ R ：視覚心理実験で正解しく推定したデータの総数
- ・ n ：視覚心理実験実験者の人数

4.2 実験2

図5は歩行動作から人が感情を推定するときのイメージ図である．図5のように，歩行者が悲しんで歩行しているとしても，それを見ている人が異なる感情を推定するのであれば，その歩行動作は他人にとって推定しにくいものである．本稿では，人が歩行動作から感情推定を行った結果，歩行動作を行っている人の感情表現と視覚心理実験の被験者が推定した結果の感情とが大きく異なっていた場合，その動作パターンをリジェットの動作パターンとし，識別対象から除外する．

ここで，リジェットの動作パターンをどのように決定するか具体的に述べる．被験者H.F, M.Mの歩行動作の視覚心理実験を行ったとき，対象感情に対して視

図5 人による感情推定のイメージ図

覚心理実験者6名のうち60%以上の4名以上が誤ったものをリジェットの動作パターンとした．そのリジェットのデータを除いて学習データとテストデータを選択した．同様の方法を被験者T.Mで行った場合，リジェットのデータが多くなり十分な学習データを得ることができなかった．そこで，被験者T.Mだけは追加でもう1日データを取り，3日間のデータを用いて学習データとテストデータを取得した．また，実験2の被験者T.Mのデータだけは視覚心理実験者9名で視覚心理実験を実施し，60%以上の6名以上が誤ったものをリジェットの動作パターンとしている．実験2で用いる4感情の実験用データ数を表1に示す．

実験2における視覚心理実験による識別率は式2を用いて算出する．ただし，視覚心理実験の結果よりリジェットの動作パターンと判断されたデータを除いて式2を用いて識別率を算出する．

表1 実験2用データ

被験者	データ数		データ取得総数
	学習データ	テストデータ	
H.F	neutral:7	neutral:7	2日間
	sad:5	sad:6	1日目:40
	joy:5	joy:5	2日目:40
	anger:7	anger:7	計 80
M.M	neutral:6	neutral:6	2日間
	sad:7	sad:7	1日目:40
	joy:5	joy:5	2日目:40
	anger:4	anger:5	計 80
T.M	neutral:7	neutral:7	3日間
	sad:7	sad:7	1日目:40
	joy:6	joy:6	2日目:40
	anger:4	anger:5	3日目:80 計 160

5. 実験結果

本章では、提案した感情識別システムによる識別実験結果について述べる。

実験1として、中立、悲しみ、喜び、怒りの4クラス分類の識別実験を行った。実験1の結果と視覚心理実験の結果を比較したグラフを図6に示す。実験1では、被験者3名とも視覚心理実験結果より、感情識別システムのほうが高い識別率を得ていることがわかる。特に被験者H.F.に関しては識別率が85%と非常に高い識別率を得ている。

実験1の結果より、提案した感情識別システムでは被験者が感情を込めて演じている歩行動作を被験者の意図したとおりに識別することは人以上に可能であった。その理由として、被験者が演じている感情の歩行動作には、それぞれの感情で異なった動きが含まれており、提案した感情識別システムが人以上に正確にその動きを識別できるため、識別率が高かったと考えている。

実験2では、実験1のデータから人が推定しにくいリジェクトデータを除いたを除いた中立、悲しみ、喜び、怒りの4クラス分類の識別実験を行った。つまり、被験者以外の多くの人が感情を含んでいると判断したデータだけを対象とした実験である。実験2の結果と実験2の視覚心理実験の結果を比較したグラフを図7に示す。実験2では、被験者3名とも感情識別シ

ステムによる識別率と視覚心理実験の結果がほぼ同等であることがわかる。実験1と実験2の結果を比べると、被験者H.F.の感情識別システムによる識別率が実験1の結果より22%低くなっている。被験者M.M、T.Mはほとんど変化していない。

実験2の視覚心理実験の結果は、人が推定しにくいデータを除いたため実験2の識別率のほうが実験1の結果より高くなっている。実験2のデータは視覚心理実験を行った人の多数決を取ると92%と高い割合で感情を推定できるデータである。このことより、人が推定できる又は推定しやすいデータを提案した感情識別システムでは間違えることがある。しかし、平均の人並みには感情識別システムでも識別できるといえるのではないかと考えている。

実験1、実験2の結果より、感情識別システムは人が人の感情を推定するように、感情を識別しているのではないことがわかる。

さらに、提案した感情識別システムを用いた実験1、実験2の各感情について比較・検討を行うために中立、悲しみ、喜び、怒りの4感情それぞれ識別率、的中率を求めた。それら識別率、的中率の結果を図8に示す。また、本稿では、識別率、的中率を以下のように定義する。識別率は一般的な算出方法である。的中率は、感情識別システムの信頼度になる。

$$\text{識別率} = \frac{H_1}{N_1} \times 100\% \quad (3)$$

・ H_1 ：対象感情のデータで対象感情と判断されたデータ数

・ N_1 ：対象感情のデータ数

$$\text{的中率} = \frac{H_2}{N_2} \times 100\% \quad (4)$$

・ H_2 ：対象感情と判断したデータで対象感情であったデータ数(正解数)

・ N_2 ：対象感情と判断したデータ数

図6 実験1と視覚心理実験の結果

図7 実験2と視覚心理実験の結果

図8の結果より、3名とも悲しみの識別率は80%以上、的中率も実験2の被験者H.F.の70%を除けば80%以上であり、悲しみの感情は識別できることがわかる。この結果は、視覚心理実験における悲しみの識別率(被験者H.F:識別率47%、被験者M.N:識別率47%、被験者T.M:識別率60%)より優れている。

また、図8の結果より、実験2で被験者H.F.の識別率が低下した原因は、喜びの識別ができなくなったことだとわかる。その理由として、学習データの減少と人が推定しやすい喜びの歩行動作のデータは単一加速

図8 感情識別システムの識別率・的中率の結果

度センサだけの感情識別システムでは識別しにくかったと考えられる。

6. おわりに

本稿では、単一加速度センサを用いて歩行動作時の加速度情報から提案した感情識別システムを用いて感情識別を行う実験を実施した。実験として、中立、悲しみ、喜び、怒りの4感情を識別する4クラス分類を行った。実験1の結果より、単一加速度センサのみを用いた提案システムで感情識別が人による感情推定に比べて高い識別率を得ることができることがわかった。特に悲しみに関しては高い識別が可能であるといえる。ただし、図6、7の結果より、人による感情推定のように感情を識別しているわけではないことがわかった。

実験結果を考察すると、人が推定できない特定の感情表現をした歩行動作を提案した感情識別システム

は、単一加速度センサからの情報だけでも識別できることが多い。しかし、人が推定できる特定の感情表現をした歩行動作でも、単一加速度センサでは得られない情報が重要な場合は、当然であるが提案した感情識別システムで識別できない場合がある。

現在、携帯電話などに加速度センサが内蔵された製品が発売されている。加速度センサ内蔵携帯電話単体で装着者の感情を識別することができる可能性を本稿では示した。これらのことにより感情識別システムが携帯電話などで実用化されれば、簡単にかつ無意識に装着している人の感情を提示することができるのではないかと考えられる。

本稿の実験は、本当の感情を有している歩行動作ではなく、感情表現を演じている歩行動作を対象としている。今後の課題としては、本当の感情を有している歩行動作を対象に識別する実験を行い、実験結果を検討することが挙げられる。

参 考 文 献

- [1] 丸田英徳, 石井雅博, “バイオリジカルモーションからの感情知覚に関する研究” 信学技報 Vol.105, No.165, HIP-2005-42, pp.123-126, 2005.
- [2] Konrad Schindler, Luc Van Gool, Beatrice de Gelder, “Recognizing emotions expressed by body pose : A biologically inspired neural model” Neural Networks Vol.21, pp.1238-1246, 2008.
- [3] 伊藤 信博, 石井 雅博, 田村 宏樹, 唐 政, “歩行時の関節位置情報からの感情推定” 平成17年度北陸地区学生による研究発表会論文集, F25, 2006.
- [4] G. Johansson, “Visual perception of biological motion and a model for its analysis.”, Perception and Psychophysics, pp.201-211, 1973.
- [5] LIBSVM - A Library for Support Vector Machines, <http://www.csie.ntu.edu.tw/%7Ecjlin/libsvm/>
- [6] Nello Cristianini, John Shawe-Taylor, “サポートベクター入門” 共立出版株式会社, 2005.
- [7] Zeyu Li, Shiwei Tang, Hao Wang, “Multi-Class SVM Classifier Based on Pairwise Coupling” Proceedings of the First International Workshop on Pattern Recognition with Support Vector Machines, pp.321-333, 2002.
- [8] 福井博章, 田村宏樹, 田中寿, 淡野公一, “単一加速度センサを用いた感情識別” 信学技報, Vol.108, No.389, NLP2008-113, pp.109-114, 2009.
(2009年6月8日 受付)
(2009年12月19日 採録)

[問い合わせ先]

〒889-2192 宮城県宮崎市学園木花台西1-1

宮崎大学 工学部 電気電子工学科

田村 宏樹

TEL : 0985-58-7409

E-mail : htamura@cc.miyazaki-u.ac.jp

著者紹介

たむら ひろき
田村 宏樹 [非会員]

平10宮崎大・工・電気電子卒、平12同大学院修士課程了、同年旭化成（株）入社。平13富山大・工・知能情報工学科教務職員、平18宮崎大・工・電気電子工学科助手、平19宮崎大・工・電気電子工学科助教、現在に至る。ソフトコンピューティング・メタ戦略の研究に従事。博士（工学）。

たんの こういち
淡野 公一 [非会員]

平2宮崎大・工・電子卒、平4同大学院修士課程了、同年日立製作所マイクロエレクトロニクス機器開発研究所入所。平5宮崎大・工・電気電子工学科助手、平13宮崎大・工・電気電子工学科助教授、平19宮崎大・工・電気電子工学科准教授、現在に至る。MOSアナログ集積回路・多値論理回路、ファジィコントローラの研究に従事。博士（工学）。

いし い まさひろ
石井 雅博 [非会員]

平7東工大大学院博士課程了、平7カナダヨーク大学視覚研究センター研究員。平9東京工業大学精密工学研究所助手、平12富山大・工・知能情報工学科講師、平14富山大・工・知能情報工学科助教授、現在に至る。知覚情報処理、ヒューマンインターフェイスの研究に従事。工博。

唐 政 [非会員]

昭57浙江大・工・電子卒、昭63清華大博士課程了、同年同大・工・微電子学研究所講師。平元宮崎大研究生、平2同大・工・電子工学科助手、平5同大・電気電子工学科助教授、平12富山大・工・知能情報工学科教授、現在に至る。知能情報処理システム、ニューラルネットワーク、知的VLSI回路及びシステム等の研究に従事。工博。

The Discrimination Experiments of the Walking Style with Human Emotion using Single Acceleration Sensor

by

Hiroki TAMURA, Koichi TANNO, Masahiro ISHII and Zheng TANG

Abstract :

The term biological motion is often used by researchers studying the patterns of movement generated by living forms and sport forms. Biological motion data are acquired using 3D motion capture system. However, 3D motion capture system is too expensive. This paper proposes the discrimination system of the walking style with human emotion using single acceleration sensor. We study the method of a feature extraction and a pattern classifier to discriminate emotions of human from an acceleration data of walking. The extracted feature and pattern classifier are evaluated from the discriminated result of the given walking data which identified four types of categories, "Anger", "Sad", "Joy", and "Neutral". We tested our proposed system using three subjects.

Keywords: Biological Motion, Acceleration Sensor, Human-Emotion Discrimination, Chain Support Vector Classifier

Contact Address : **Hiroki TAMURA**

*Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, University of MIYAZAKI
1-1, Gakuen Kibanadai-nishi, Miyazaki-shi, Miyazaki, JAPAN*

TEL : 0985-58-7409

E-mail : htamura@cc.miyazaki-u.ac.jp