他者による着座姿勢の感情判断推定システムに関する研究 EMOTION ESTIMATING SYSTEM OF SITTING POSTURES BY OTHERS

柴田 滝也*

Tatsuya SHIBATA

Not only facial expressions but also body gestures and postures play an important role in non-verbal communication. Facial expressions are based on two factors: arousal and pleasant emotions, while it is not clear that body gestures and postures have the same structure as the facial expressions have. We indicate that (1) the sitting postures have the same emotion structure as facial expressions and (2) can be measured by pressure sensors on a chair and accelerometers on the body, which predict the emotion factors. We find the sitting postures have three semantic factors: "arousal", "pleasantness", and "dominance", so emotion expressions of the sitting postures are similar to those of the facial expressions. Their difference is "dominance" expressed by not the main body but the body parts such as arms and legs. We conclude that (1) the three factors can be measured with the proposed sensors and (2) the body trunk and the body parts: neck, arms, and legs are important.

Keywords : *Sitting Posture, Emotion Estimation, Pressure Sensor, Accelerometer Sensor*

着座姿勢, 感情推定, 圧力センサ, 加速度センサ

1. はじめに

本研究は人の発する非言語情報(特に着座姿勢)から感情を推定するモデルを作成し, 圧力センサや加速度センサを用いた着座姿勢計測装置で, ユーザの不快感を減らし, 安価かつ容易に着座姿勢の計測を行い, リアルタイムで感情を推定するシステムの構築を目的とする。

人は日常生活で相手とコミュニケーションを行う際, 相手の言語情報とともに非言語情報をもとに円滑なコミュニケーションを行う。表情や動作・姿勢などの非言語情報から, 人の感情を読み取る理論の研究は, Baron-Cohen の mind reading system[1]に代表されるように盛んに行われている。工学の分野では, Ekman が提唱する喜び, 怒り, 悲しみ, 嫌悪, 驚き, 恐怖からなる基本 6 感情モデル[2]や Russell の覚醒度(Arousal)と快適度(Valence)の 2 軸から構成される感情円環モデル[3]の応用があり, 伊藤ら[4]は感性会話ロボット ifbot に, Russell の感情円環モデルに当てはまる表情を与え, 浦濱ら[5]も Russell の感情円環モデルをもとに顔画像解析から快・不快を計測している。表情から感情を読み取る研究が多く行われている背景としては, 感情についての判断は身体の姿勢・動作よりも顔の表情を見て行うという Ekman らの指摘がある。一方, Bull ら[6]は, 会話においては動作などの非言語情報が同期している点を重視している。本研究では, 表情は感情を欺瞞する事が一部あり, 姿勢に真の感情が表出する場合があると仮定し, 着座姿勢に表出する感

情を人はどのように判断・評価しているのかを明らかにするため, 着座姿勢から受ける感情判断の分析とモデル生成を試みる。

姿勢に関しては, 渡辺ら[7]は長時間の着座時における人間の支持形態の変化について, 上体の前傾・後傾, 臀部(尻)の前縁(前方)・後縁(後方), 脚部の投脚(前方)・垂下(直立)・膝組からなる組み合わせ 12 種類を抽出し, 分析を行っている。小林ら[8]は飲食店の着座姿勢の特徴として, 脚を組む, 肘をつく, 上体の傾き(前傾・垂直・後傾)があることを明らかにした。Kleinsmith と Bianchi-Berthouze[9][10]は, 予め用意した定型とゲーム操作時の不定型の立位姿勢と感情の分析を行っており, 接触型のセンサを用いて身体部位間の角度や距離との関係を明らかにしている。さらに立位姿勢の感情に関しては, 「快適度」, 「覚醒度」, 「力量度」, 「防衛度」の 4 因子を抽出し, その因子と接触型センサによる身体部位の物理量との関係を分析している。また, 着座姿勢に関しては, 鶴岡ら[11]は椅子への座面全部の体圧分布と主観評価に正の, 背もたれ中央部に負の相関があることを示し, Kolich[12]は体圧分布と身体特性から座り心地を予測するシステムを構築し, 藤巻[13]は体圧分布のパターン変動と座り心地との関係分析を行っている。Mota と Picard[14]は椅子の座面に体圧センサを配置し, 興味との関係を明らかにしている。

しかし, 立位姿勢からセンサを通して感情を推定できる一方, センサ自体が高価かつ装着する必要がある。また, 着座姿勢に関して

* 東京電機大学情報環境学部情報環境学科 教授・Ph. D.

Prof., Dept. of Information Environment, School of Information Environment, Tokyo Denki University, Ph. D.

は、座り心地の評価が多く、感情の構造が明らかになっておらず、また、センサも面的に必要なため高価になる。そこで、本研究では、着座姿勢に焦点をあて、感情の因子を明らかにするとともに、安価なセンサを用いて、まず、因子と身体部位およびセンサ値との関係を明らかにするとともに、センサを用いた実時間感情判断推定システムの検証を行う。

我々の先行研究では、観察者が正面から着座姿勢を見た場合と側面から着座姿勢を見た場合の感情判断の相違については、感情判断の因子に差が生じなかった[15]。そこで、本研究では、SD法を用いて、パイプ椅子に着座した姿勢を側面から見た場合の感情判断因子を分析することにより、顔の表情や立位姿勢の感情判断因子との類似点、相違点を、および、因子得点の分布により、感情判断因子と身体部位や状態との関係を明らかにする。

さらに、従来の研究において、実時間で着座姿勢の状態を計測し、感情を推定する手法はない。そこで、感情判断因子と身体部位との関係より、身体部位の状態をセンサで計測することにより、感情判断因子や感情を推定するシステムを構築する。

2. 実験1：他者から見た側面の着座姿勢の感情分析

2. 1 実験目的および内容

本人の感情より、他者から見た感情を分析する。理由としては、本人の感情自体の意識化が困難と考え、他者の感情の判断がよりの確になると考えた。また、応用先としては、遠隔地におけるコミュニケーション支援に用いることを考えており、他人による感情推定が重要であると判断した。

実験1は、パイプ椅子(図1a)を選択し、着座姿勢の状態が判断しやすい側面の着座姿勢について、感情判断因子を抽出し、感情判断因子と物理量との関係分析を行う。渡辺らの着座姿勢の分類方法を参考に、上体の直立・後傾、臀部の前縁・後縁、脚部の投脚・垂下・膝組に加え、新たに脚部の後方を追加した組み合わせ16着座姿勢、さらに、感情との関連で既往研究[9]から、首の前傾・後傾の2種類と腕組位置として脚部・胸部・頭部と上体の前傾の4種類の組み合わせ8種類を追加し、合計24着座姿勢(図2)について分析を行う。図2の①から⑬は「上体傾き/臀部位置/脚部状態」を、⑭から⑲は「着座姿勢⑬+頭部傾き/腕位置」を、⑳、㉑は「上体傾き/頭部傾き/腕位置」を示す。

(a) 実験1用のパイプ椅子 (b) 実験2用のソファ

図1 椅子・ソファの形状

実験1内容：

観察者： 20代前半13名(男性：5名、女性：8名)

サンプル：パイプ椅子着座時の24着座姿勢(図2)×3着座者(A(身長166cm/座高74cm), B(身長165cm/座高75cm), C(身長166cm/座高85cm))=計72サンプル
画像をランダムにディスプレイ上に表示

感情語： Russellの円環モデルに使われた16感情語(表1)を用いた7段階評価(ランダムに評価)

図2 パイプ椅子着座時における姿勢サンプル(実験1)

2. 2 感情判断因子と身体部位との定性関係分析

72着座姿勢サンプル画像(24姿勢×3名)に対する16感情語について1~7点の評価値を割り当て、全観察者の平均値を用いて因子分析(主因子法)を用いて他者による着座姿勢の感情判断の因子を分析した。固有値が1以上の3因子が抽出され、表1に各感情語の因子負荷量(バリマックス回転後)を示す。因子負荷量の絶対値が0.55以上の感情語(灰色部)から、下記の3つの因子を抽出し、各着座姿勢の因子得点を計算した。この因子得点を感情判断因子得点と呼ぶことにする。

表1 着座姿勢の感情語の因子負荷量

	覚醒度	快適度	支配度
眠そう	-.902	-.229	.088
目覚めた	.895	.331	-.200
興奮した	.888	.077	.081
驚いた	.845	.238	-.156
飽きた	-.806	.103	.447
喜んだ	.661	.550	-.057
不満足な	-.625	-.378	.597
穏やかな	-.164	.895	-.150
満足した	.363	.825	.073
幸せな	.301	.824	-.127
悲しんだ	-.538	-.719	-.073
悩んだ	-.510	-.609	.342
いらいら	-.232	-.241	.886
怒った	.077	.000	.818
緊張した	.630	.014	-.630
恐れた	.118	-.547	-.569

1. 覚醒度: 「眠そうな」、「目覚めた」などの身体活動に関する感情
2. 快適度: 「幸せな」、「悲しんだ」などの快・不快に関する感情
3. 支配度: 「いらいら」、「緊張した」など自分のパーソナル・スペースへの侵入に対する能動的に支配する・受動的に支配されるに関する感情

次に、図3に側面の着座姿勢の感情判断因子得点のマッピングを示す。図3aの横軸が第一因子の「覚醒度」、縦軸が第二因子の「快適度」の因子得点（数値が低いほど「覚醒度」、「快適度」は高くなる）である。

図3aの「覚醒度」の因子得点分布から、上体と首の角度によって「覚醒度」を判断していることが分かる。例えば、上体および首の角度が垂直（直立）な場合は「覚醒度」が高く、一方、身体が後傾、あるいは、首が前傾あるいは後傾の場合は「覚醒度」が低くなる。

(a) 「覚醒度」と「快適度」

(b) 「覚醒度」と「支配度」

図3 側面の着座姿勢の感情判断因子得点のマッピング図

図3aの「快適度」の因子得点分布から、首、腕、脚の状態と「快適度」と関係があることが分かる。例えば、脚が垂下でない、ある

いは、脚組の状態は、「快適度」は高くなり、腕を前に出す、組む、あるいは、首が前傾の状態では、「快適度」は低くなる。

図3bの横軸が第一因子の「覚醒度」、縦軸が第三因子の「支配度」の因子得点である。「支配度」に関しては、「いらいら」、「怒った」など自分のパーソナル・スペースへの侵入に対する能動的に支配する感情表出方向がマイナスへ、一方、「緊張した」、「恐れた」など自分のパーソナル・スペースへの侵入に対して受動的に支配される感情表出方向がプラスになる。図3bの「支配度」の因子得点分布から、脚組、腕組など位置が通常の状態でない場合、パーソナル・スペースへの侵入を嫌い、他者への能動的な支配を示し、一方、脚が揃う通常の状態である場合、他者からの受動的な支配を示す。

3. 実験2：感情判断因子と物理量との定量関係分析

3.1 実験目的および内容

上記の実験結果を踏まえて、実時間で感情を推定するために、センサで着座姿勢の状態を測定する。そして、感情推定の可能性を感情判断因子得点とセンサ値との関係を重回帰分析で定量的に分析を行う。手順として、因子分析により着座姿勢に表出する感情判断因子を抽出し、各着座姿勢に対する感情判断因子得点と着座姿勢の画像サンプル作成時に着座姿勢計測用圧力センサ（図4・任天堂製 balance wii board）と加速度センサ（図5・任天堂製 wii remote controller）のセンサ値を30秒間記録する。着座姿勢を測定するセンサは、図4のソファの背もたれ、座面、脚部の各4箇所、計12の圧力センサと、図5の左右の前腕および頭部後方に装着した3軸加速度センサとした。圧力センサでは、背もたれ部では上体の傾斜、座面では、臀部の位置、脚部では脚部の傾斜を、加速度センサでは、首や腕の状態を測定する。この両方のセンサにより実時間でセンサ値を測定する装置を着座姿勢計測システムと呼ぶことにする。

図4 ソファによる圧力センサ内蔵着座姿勢計測システム

(a) 両腕部

(b) 頭部

図5 加速度センサを各部位に装着した状態

感情判断因子得点を得るために、実験2を行った。実験1との変更点としては、座りやすさを考慮して、図1bにあるようにソファとした。ソファの背もたれおよび座面の下に圧力センサを設置した。また、観察者を新たに変更して、因子の検証を再度行う。ここでは、実験1と同様に感情判断因子を抽出し、感情判断因子得点とセンサ値による物理量との関係分析を行い、センサによる感情推定の可能性を検証する。

実験2内容：

観察者： 20代前半10名（男性：8名、女性：2名）
 サンプル：ソファ着座時の24着座姿勢（図6）×3着座者（A, B, C）=計72サンプル画像をランダムにディスプレイ上に表示
 感情語： 実験1と同様

3.2 感情判断因子抽出

実験1と同様に、72着座姿勢サンプル画像（24姿勢×3名）に対する16感情語について1～7点の評価値を割り当て、全観察者の平均値を用いて因子分析（主因子法）による着座姿勢の感情の因子を分析した。固有値が1以上の3因子が抽出され、各感情語の因子負荷量（バリマックス回転後）から、実験1と同様に3つの因子を抽出し、各着座姿勢の感情判断因子得点を計算した。

1. 覚醒度：「眠そうな」、「目覚めた」などの身体活動に関係する感情
2. 快適度：「幸せな」、「悲しんだ」などの快・不快に関係する感情
3. 支配度：「いらいら」、「怒った」など自分のパーソナル・スペースへの侵入に対する能動的に支配し、嫌悪する感情

図6 ソファ着座時における姿勢サンプル（実験2）

3.3 感情判断因子得点と各センサ値との定量関係分析

3.3.1 圧力センサのみの関係分析

圧力センサのみで、感情判断因子の推定可能性について分析を行う。着座姿勢の3感情判断因子得点と、姿勢画像サンプル作成時に

計測した各着座時の12個の圧力センサ値をもとに分析を行った。具体的には、各着座姿勢に対して、独立変数は計測時の12個の圧力センサ値、従属変数は「覚醒度」、「快適度」、「支配度」の各感情判断因子得点として重回帰分析のステップワイズ法により分析を行った。圧力センサ値は、各姿勢を30秒間維持した状態で計測し、30秒間の平均値を使用した。重回帰分析により得られた各感情判断因子の調整済み決定係数を参考にして分析を行う。

重回帰分析から、「覚醒度」に関して、精度が高い結果となった反面、「快適度」、「支配度」に関して、精度が低い結果となった。この原因としては、首、腕の状態が測定できないためと考えられる。

3.3.2 圧力センサと加速度センサの関係分析

上記の結果をもとに、首と腕の状態を計測するため、図5に示すように頭部と両腕に3軸加速度センサを計3台装着することで、首の傾き、両腕の状態を計測する。加速度センサ計測値は、各姿勢を30秒間維持した状態で計測し、30秒間の平均値を使用した。

各感情判断因子得点と着座姿勢計測システムの12個の圧力センサ値と3台の加速度センサのx, y, z軸の計9加速度センサ値（-1（重力逆方向）～1（重力方向）の値）との関係を重回帰分析のステップワイズ法で分析を行った。例えば、頭部のz軸（図5bの後頭部正面に対して垂直方向・手前が正）の加速度センサ値については、着座者Aの図6の首が直立⑤、後傾⑯、前傾⑱の姿勢において、それぞれ0.00, -0.72, 0.96となり、直立を0°、直立より前傾をプラスとした角度に換算すると、0°、-65°、86°となる。頭部のy軸（図5bの後頭部の水平断面に対して垂直方向・上が正）の加速度センサ値については、直立が-1、前後の傾きが同様にマイナスとなり、前後の首の傾きの絶対値となる。重回帰分析により得られた各感情判断因子の調整済み決定係数（表2）を参考にして分析を行う。ただし、変数間の高相関を排除するために共通性の診断を行い、共通性が高い変数は独立変数から除外した。ここで、姿勢を取る人によって、圧力センサ値が異なることから、各着座者のデータも分析した。

ステップワイズ法（変数投入F値有意確率：0.05、変数除去F値有意確率：0.1）で得られたセンサ部位に対応する身体部位属性から感情判断因子との関係を分析する。表2の有意な要因欄に、上記条件のもと独立変数として得られたセンサ部位名と標準化偏重回帰係数を括弧内に示す。部位名の表記に関しては、「背上・下」は背もたれの上・下部、「座前・後」は座面の手前・後ろ、「脚前・後」は脚部の手前・後ろの左右どちらかの圧力センサ値、「右腕・左腕・頭x・y・z」は右腕・左腕・頭部のx・y・z軸の加速度センサ値を表す。

さらに表2の有意な要因の身体部位表記に関して、「体」は上体を意味し、背もたれの4つの圧力センサの内一つでも関係する場合は、上「体」の角度と関連すると解釈した。「臀」は臀部を意味し、座面の4つの圧力センサの内一つでも関係する場合は、「臀」部の位置と関連すると解釈した。「脚」は脚部を意味し、脚部の4つの圧力センサの内一つでも関係する場合は、「脚」部の位置（角度）と関連すると解釈した。「首」は首部を意味し、首部に装着した3軸加速度センサの内一つでも関係する場合は、「首」部の角度と関連すると解釈した。「腕」は片腕もしくは両腕を意味し、両腕に装着した3軸加速度センサの内一つでも関係する場合は、「腕」部の状態と関連すると解

表 2 各因子における調整済決定係数と身体部位との関係(ソファ)

因子	着座者	決定係数	有意な要因		
覚醒度	着座者A	0.468	体：角度(背下:-0.70)		
	着座者B	0.781	体：角度(背上:0.86)	腕(右腕x:-0.31)	臀(座後:-0.27)
	着座者C	0.825	体：角度(背上:0.54)	首：角度(頭y:-0.55)	臀(座後:-0.38)
	全員	0.601	体：角度(背上:0.44, 背下:-0.38)	首：角度(頭y:-0.29)	腕(右腕x:-2.2)
快適度	着座者A	0.704	首：角度(頭z:0.83)	脚(脚前:-0.30)	
	着座者B	0.644	脚(脚前:-0.32)	腕(左腕y:-0.29)	首：角度(頭z:0.68)
	着座者C	0.568	首：角度(頭z:0.66)	臀(座前:-0.41)	
	全員	0.593	首：角度(頭z:0.72)	脚(脚前:-0.37)	
支配度	着座者A	0.630	脚(脚前:-0.64)	腕(右腕y:-0.53)	臀(座後:-0.46)
	着座者B	-			
	着座者C	0.338	腕(右腕y:-0.61)		
	全員	0.353	腕(右腕y:-0.62, 左腕z:-0.28)	首：角度(頭y:-0.21)	

積した。

重回帰分析の結果、腕や頭部に3軸加速度センサを装着したため、圧力センサのみの場合に比べ、首、腕の状態が計測され、「覚醒度」、「快適度」に関係する着座姿勢の部位の状態を計測する事が可能になった。一方、「支配度」については、まだ、着座者ごとに決定係数にばらつきがある。図6からソファ側部が臀部の位置を隠していることが一因として考えられる。あるいは、圧力センサと臀部の間に座面用の厚いクッションがあることにより、センサ値の精度が落ちている可能性もある。

まとめると、

- 「覚醒度」は、上体あるいは首の角度
- 「快適度」は、首の角度および脚の状態
- 「支配度」は、腕などの部位の状態

と関係があることが示唆された。

よって、精度向上を目指し、次の実験では、側面の臀部が見え、かつ、圧力が直接伝わるパイプ椅子を用いて再度、実験を行うこととした。

4. 実験3：感情判断因子と物理量との関係モデル化

4. 1 実験目的および内容

実時間で感情を推定するためのモデル式を構築するために、実験1、2と同様にモデル化の学習データ用の実験を行った。実験2の変更点としては、ソファ着座時では、臀部の位置が分かりにくい点、座面の圧力センサ精度が落ちる点を考慮して、再度、パイプ椅子に座りやすさを考慮して、図7aにあるように座面と背もたれに薄いクッションを追加した。また、実験2の加速度センサのサイズが大きく精度が落ちるので、図7bのように小型のより精度の高い加速度センサ(ATR-Promotions製・WAA-010)に変更した。また、観察者の人数を増やし、着座者も新たに変更してモデルの精度の検証を行う。ここでは、感情判断因子得点とセンサ値による物理量との関係モデル化を行い、センサによる感情推定の可能性を検証する。具体的には、学習データとして本実験データを用い、実時間感情推定のモデル式を構築する。

実験3内容：

観察者： 20代前半28名(男性：26名、女性：2名)

サンプル： 実験1と同様のパイプ椅子着座時の24着座姿勢×3着座者(D(身長171cm/座高87cm), E(身長173cm/座高92cm), F(身長174cm/座高85cm))=計72サンプル画像をランダムにディスプレイ上に表示

感情語： 実験1、2と同様

図7 実験2との変更点

4. 2 感情判断因子抽出

実験1、2と同様に、72着座姿勢サンプル画像(24姿勢×3名)に対する16感情語について1～7点の評価値を割り当て、全観察者の平均値を用いて因子分析(主因子法)を用いて他者による着座姿勢の感情判断因子を分析した。固有値が1以上の3因子が抽出され、各感情語の因子負荷量(バリマックス回転後)から、実験1、2と同様に3つの因子を抽出し、各着座姿勢の感情判断因子得点を計算した。因子の結果は、実験1と同様になった。

4. 3 圧力センサおよび加速度センサの関係分析

圧力センサおよび加速度センサ計測値は、各姿勢を30秒間維持し、計測を行い、30秒の平均値を使用した。各着座姿勢について独立変数は計測時の12個の圧力センサ値および両腕・首3箇所×3軸の計9加速度センサ値(-1000(重力逆方向)～1000(重力方向)の値)、従属変数は感情判断因子得点として重回帰分析のステップワイズ法により分析した。図7bのセンサを後頭部に付着する。頭部のz軸(後頭部正面に対して垂直方向・手前が正)の加速度センサ値については、着座者Dの首が直立⑤、後傾⑱、前傾⑳の姿勢において、それぞれ-180, -820, 880となり、直立を0°、直立より前傾をプラスとした角度に換算すると、-16°、-65°、86°となる。頭

表 3 各因子における調整済決定係数と身体部位との関係（パイプ椅子）

因子	着座者	決定係数	有意な要因			
覚醒度	着座者D	0.277	体：角度(背上:0.56)			
	着座者E	0.735	体：角度(背上:0.58, 背下:0.61)	首：角度(頭z:0.49)	脚(脚後:-0.37)	
	着座者F	0.814	体：角度(背上:0.67)	首：角度(頭y:-0.45)	腕(左腕x:-0.40)	臀(座前:-0.24)
	全員	0.617	体：角度(背上:0.59, 背下:0.26)	首：角度(頭y:-0.33, 頭z:0.20)	腕(右腕x, y, z:0.16, -0.18, -0.38)	
快適度	着座者D	0.890	首：角度(頭y:-0.79, 頭x:0.20)	脚(脚後:0.17)		
	着座者E	0.669	首：角度(頭y:-0.52)	臀(座前:-0.34)	腕(右腕y:0.28)	
	着座者F	0.559	首：角度(頭y:-0.76)			
	全員	0.726	首：角度(頭y:-0.64, 頭z:0.25)	腕(右腕x:-0.22)	体：角度(背上:-0.15, 背下:0.15)	
支配度	着座者D	0.794	腕(右腕y:-0.93)	首：角度(頭z:0.80, 頭x:0.39)	臀(座後:0.43)	
	着座者E	0.699	腕(右腕y:-0.74, 左腕z:-0.48)	臀(座前:-0.37)		
	着座者F	0.781	腕(左腕y:-0.82)	首：角度(頭z:0.44)	臀(座後:0.42)	
	全員	0.718	腕(右腕y:-0.73, 左腕z:-0.36)	臀(座前:-0.26)	首：角度(頭z:0.37)	体：角度(背上:-0.30)

部の y 軸（図 5 b の後頭部の水平断面に対して垂直方向・上が正）の加速度センサ値については、直立が-1、前後の傾きが同様にマイナスとなり、前後の首の傾きの絶対値となる。

表 2 と同様に、重回帰分析の結果を表 3 に示す。ただし、変数間の高相関を排除するために共通性の診断を行い、共通性が高い変数は独立変数から除外した。ここで有意な要因は、ステップワイズ法（変数投入 F 値有意確率：0.05、変数除去 F 値有意確率：0.1）で得られたセンサ部位に対応する身体部位属性から推定する。

着座者 D の「覚醒度」を除き、精度が向上した。実験 2 との結果の違いを見ると、「快適度」は腕の状態が関係し、「支配度」は、臀部の位置が関係することが新たに分かった。「支配度」については精度が向上した。原因は、座面の圧力センサ値との関係があり、臀部の位置（前縁か後縁）が重要であることが分かる。

まとめると、

「覚醒度」は、上体あるいは首の角度

「快適度」は、首の角度および腕・脚の状態

「支配度」は、腕の状態および臀部の位置

と関係があることがわかる。

5. 実験 4：実時間感情推定システムの構築と評価

5. 1 感情判断推定値算出方法

感情推定に関しては、直接感情語を提示した方が分かりやすいと判断したため、ここでは、感情語推定を行い、感情判断推定システムを構築・評価した。感情判断推定システムは、実験 3 に用いたパイプ椅子型の着座姿勢計測システムより出力される 12 圧力センサ値および 9 加速度センサ値を重回帰分析のステップワイズ法で得られた重回帰式に代入することで感情判断を推定する仕組みを持つ。表 3 に示すように、3 着座者全員での重回帰式では推定精度が落ちるため、各着座者の重回帰式を用いることにした。重回帰式の精度を確認するために、学習データとして実験 3 によって得られた各着座者に対する 16 感情語による評価値と 12 圧力センサ値および 9 加速度センサ値との間の重回帰分析（ステップワイズ法）を行い、調整済み決定係数 0.6 以上の感情語を表 4 に示す。ここでは、決定係数の高い感情語の推定精度を評価することにした。よって、着座者 D, E, F は、それぞれ 8, 10, 12 感情語を推定するになる。

感情判断推定システムは、50 ミリ秒ごと更新される 12 圧力センサ値および 9 加速度センサ値を計測値として、重回帰式（例えば式(1), (2)）に代入され、感情判断推定値 y として実験で用いた感情

語尺度と同様な 1（感情あり）から 7（感情なし）の間で数値が出力される。

感情判断推定値算出のための重回帰式例：

・不満足な(着座者 D)の推定値 $y^D_{\text{unsatisfied}}=5.366+0.254 \times \text{背上左(圧力)}-0.002 \times \text{頭 Y 軸(加速度)}+0.001 \times \text{右腕 Y 軸(加速度)}$ (1)

・驚いた(着座者 E)の推定値 $y^E_{\text{surprised}}=2.512-0.23 \times \text{背下右(圧力)}-0.175 \times \text{脚前(圧力)}-0.001 \times \text{左腕 Y 軸(加速度)}$ (2)

5. 2 学習による感情判断推定システム評価実験

感情判断推定システムから出力される感情判断推定値 y の 30 秒間の平均値を感情判断推定値 Y とする。ここで評価を単純化するために、4 が中立より、 $Y \leq 3.5$ は「感情あり」、 $Y \geq 4.5$ は「感情なし」とした。感情判断推定システムの評価実験では、実験 3 の各着座者に実験と同様な 24 着座姿勢と未知の 6 着座姿勢の計 30 着座姿勢をしてもらい、その時のセンサ値を保存する。同時に新たな評価者 3 名に各感情語による 7 段階評価を行った。

実験 4 内容：

評価者： 20 代前半男性 3 名

サンプル：実験 3 と同様な 24 着座姿勢＋未知の 6 着座姿勢（図 8）計 30 サンプル×着座者 3 名（D, E, F）＝計 90 着座姿勢サンプル

感情評価：実験 3 と同様に 16 感情語を用いた 7 段階評価

図 8 未知の追加着座姿勢

3 名の評価者の感情評価値を $Y'(1 \leq Y' \leq 7)$ とすると、感情判断があいまいと思われる「中立」値 4 の感情評価を除き、 $Y' \leq 3.5$ は「感

情あり」, $Y \geq 4.5$ は「感情なし」とした。感情判断推定値 $Y \leq 3.5$ かつ感情評価値 $Y' \leq 3.5$ の場合,あるいは,感情推定値 $Y \geq 4.5$ かつ感情評価値 $Y' \geq 4.5$ の場合を正答とした。よって,各感情の着座者3名(ただし,感情語によって人数は異なる)の着座姿勢の感情判断推定値による「感情あり」,「感情なし」の正答率は表4のようになった。「驚いた」,「喜んだ」,「興奮した」などの「覚醒度」の高い感情語の精度が80%の正答率となり,「悩んだ」,「悲しんだ」などの「快適度」が低い感情語,および,「悩んだ」,「悲しんだ」などの受動的な「支配度」は正答率60, 70%となった。その他の感情語は推定が困難であった。

さらに,全24サンプルに対して実験3の28名の観察者平均値による「感情あり」,「感情なし」と実験4の3名の各評価者の感情評価値による「感情あり」,「感情なし」の一致度を示す。正答率の精度が劣る感情語は,一致度が低いことがわかる。よって,観察者と評価者を同一人物にすれば正答率が上がると考えられるが,一般化が今後の課題となった。

表4 各感情語における正答率と学習データ一致度

因子	感情語	調整済み決定係数			30サンプル(%)	未知6サンプル(%)	学習データとの一致度(%)
		姿勢者D	姿勢者E	姿勢者F			
覚醒度	驚いた		0.61	0.623	86	89	86
	興奮した			0.711	78	72	71
	喜んだ		0.666	0.69	77	83	78
快適度	悩んだ	0.926	0.949	0.888	71	76	72
支配度	怒った	0.627	0.801	0.707	63	76	63
快適度	悲しんだ	0.956	0.798	0.826	62	54	71
覚醒度	眠そう	0.886	0.737	0.857	53	56	67
支配度	いらいら	0.685	0.845	0.787	53	54	49
	緊張した			0.882	49	44	63
覚醒度	飽きた	0.637	0.899	0.79	44	33	62
	目覚めた	0.694	0.797	0.796	42	43	47
支配度	不満足な	0.737	0.783	0.603	36	26	41

6. まとめ

本研究では,着座姿勢において,顔の表情や立位姿勢と同様に,「覚醒度」,「快適度」の因子が存在することが分かった。さらに,姿勢に関しては,立位姿勢での「防衛度」と似ている因子として「支配度」が抽出された。ただ,第3因子については,まだ,解釈に難点があるが,従来研究[15][16]と同様な結果となり,本実験の観察者に関しては,解釈されていることは分かった。着座姿勢への感情判断となる身体状態は,図3の感情判断因子得点分布,表2,3の身体部位との結果から,

「覚醒度」は,主に上体および首の角度+腕の状態

「快適度」は,主に脚および首の角度+腕の状態

「支配度」は,主に腕の状態および臀部の位置+脚組+首の角度

と関係することが示唆された。よって,感情判断因子によって下線部に示すように,主に見る部位が異なる一方,腕や首などはすべての感情判断因子に関係していることがわかる。

本研究において,被験者数が少ない点など,検討すべき点が残る。ただ,因子に関しては,実験1,2,3を通して同じ因子が出現する点,ソファを用いた正面の着座姿勢の実験結果も同様な結果が出

ている点などから,信頼度はあると考える。しかし,この感情判断因子は,日本人の観察者による判断のため,例えば,他の文化圏の観察者と同様になるとは限らない。注意が必要である。

また,感情判断の個人差に関しては,KleinsmithとBianchi-Berthouze[10]は,8名の観察者に5度の同じ主観評価実験を行い,そのデータを分けて感情判断の一致度の分析を行っており,一致度がかなり低い感情語が存在することを明らかにしている。本研究でも,実験1,2,3の各感情語の各観察者間の標準偏差を分析した結果,「不満足な」,「いらいら」,「落ち着いた」などの感情語において高い標準偏差となり,観察者間で統一的な解釈を持ってない感情がある可能性がある。これらの感情語は,表4の学習データの一一致度の低い感情語と一致し,個人差があることが示唆される。今後の課題としたい。

着座姿勢の状態を測定するために,導入したセンサが役立つことが分かったが,感情推定に関しては,圧力センサのみでなく,加速度センサを追加することで精度が上がることが分かった。しかし,加速度センサはユーザが装着する必要があるため,首,腕の状態を測定可能な非接触式のセンサ(例えばkinect)を今後導入していく。

実時間の感情推定に関しては,感情語によって正答率が異なるが,汎用的なモデル化が困難であった。また,今回は,着座者の個人のセンサデータを用いたので,センサデータの標準化手法を導入してすべての人のモデル化手法を構築し,精度の高い感情推定を行うシステムを構築していく。

謝辞

本研究はJSPS科研費22500190の助成を受けたものです。本研究を進めるにあたり,内藤太郎君,木島洋平君のアイディアが基盤となっており,さらに,研究室メンバーやアンケート調査を行っていただいた方々の協力により,本成果を生み出すことが出来ました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) S. Baron-Cohen: Mindblindness, MIT Press, 1995.2
- 2) P. Ekman: Facial Expression and Emotion, American Psychologist, Vol. 48, No. 4, pp. 384-392, 1993.4
- 3) J. A. Russell: A circumplex model of affect, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 39, No. 6, pp. 1161-1178, 1980.12
- 4) 竹内将吾, 酒井あゆみ, 加藤昇平, 伊藤英則: 対話者好感度に基づく感性会話ロボットの感情生成モデル, 日本ロボット学会誌, Vol. 25, No. 7, pp. 1125-1133, 2007
- 5) 坂本博康, 坂田年男, 井上光平, 浦濱喜一: 顔画像解析による人間の快・不快の計測手法, 電子情報通信学会技術研究報告(パターン認識・メディア理解), Vol. 106, No. 230, pp. 1-8, 2006.9
- 6) A. Vrij, K. Edward, and R. Bull: People's insight into their own behaviour and speech content while lying, British Journal of Psychology, Vol. 92, Issue 2, pp. 373-389, 2001.5
- 7) 渡辺秀俊, 安藤正雄, 高橋鷹志: 着座場面における姿勢の経時的変化:人間-環境系における着座姿勢の動態に関する研究(第1報), 日本建築学会計画系論文集, No. 474, pp. 107-114, 1995.8
- 8) 小林茂雄, 村中美奈子: 飲食店でとられる着座姿勢の特徴, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 73, No. 634, pp. 1341-1346, 2008.12
- 9) A. Kleinsmith and N. Bianchi-Berthouze: Recognizing Affective Dimensions from Body Posture, Proceedings of the Int. Conf. of Affective Computing and Intelligent Interaction, LNCS 4738, pp. 48-58, Lisboa (Portugal), 2007
- 10) A. Kleinsmith and N. Bianchi-Berthouze: Recognizing Affective

Dimensions from Body Posture, IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-part B: Cybernetics, Vol. 41, No. 4, 2011.8

- 11) 鶴岡功, 橋本直朋, 坂本砂季子: シート座り心地性能の定量化, マツダ技法, vol. 3, pp. 95-103, 1985
- 12) M. Kolich: Predicting automobile seat comfort using a neural network, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 33, pp.285-293, 2004
- 13) 藤巻吾朗: 体圧分布のパターン変動と座り心地, 早稲田大学大学院博士論文, 2005. 1
- 14) S. Mota and R.W. Picard: Automated Posture Analysis for Detecting Learner's Interest Level, Workshop on Computer Vision and Pattern Recognition for Human-Computer Interaction (CVPR HCD), Vol. 5, pp. 49-54, 2003.6
- 15) 柴田滝也, 木島洋平、深町翔太: 着座姿勢による感情推定手法に関する研究ー正面と側面の姿勢の比較分析ー, 2012.3
- 16) 柴田滝也: 他者から見た着座姿勢の感情分析と推定システムに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(情報システム技術) pp. 51 -54, 2012.9

(2013年2月4日原稿受理, 2013年4月12日採用決定)