

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月3日現在

機関番号：32657  
 研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22500190  
 研究課題名（和文） 着座姿勢の感情推定モデルを用いた2者間感情伝達評価方法の構築  
 研究課題名（英文） Communication Method between Two Persons by using  
 Emotion Estimation Model of Sitting Postures  
 研究代表者  
 柴田 滝也（SHIBATA TATSUYA）  
 東京電機大学・情報環境学部・教授  
 研究者番号：30349807

研究成果の概要（和文）：非言語コミュニケーションにおける身体の着座姿勢に焦点をあて、日本人における着座姿勢に対して日本人の感情判断の実験を行い、「覚醒度」、「快適度」、「支配度」の感情判断因子を抽出した。また、圧力センサや加速度センサを用いて、因子と身体部位およびセンサ値との関係を分析した結果、感情判断は上体および首の角度、脚および腕の状態、臀部の位置と関係することがわかり、センサを用いた他者による実時間感情判断推定システムを構築し、評価を行った。また、同様な実験を英国人に行ったところ、「覚醒度」、「快適度」の感情判断因子を抽出した。よって、同じ着座姿勢でも文化的な背景が異なると感情判断が異なることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Not only facial expressions but also body gestures and postures play an important role in non-verbal communication. It is not clear that sitting postures have the same structure as facial expressions and standing postures 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. 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.

We have also analyzed cross-cultural difference of sitting postures, which shows that emotion factors of the sitting postures are "arousal" and "valence" only by British observers. The difference is "dominance". So, there is a cultural difference between Japanese and British observers.

### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感情判断モデル・着座姿勢・非言語コミュニケーション

1. 研究開始当初の背景  
 感情を理解した上でのコミュニケーション | ンの重要性は、心理学の分野では積極的傾聴 (Active Listening)の創始者の Rogers が唱え

ており、工学の分野では感情を理解するロボット技術やエージェント技術に影響を与えている。感情の研究では、Ekman の基本 6 感情（喜び、怒り、悲しみ、嫌悪、驚き、恐怖）モデルや Russell の円環モデル（覚醒軸と肯定軸の 2 軸配置）が有名であり、それらの研究成果は人と人や人とロボット・エージェントとのコミュニケーションを円滑にするための Agent-Mediated Communication (AMC) などの分野で活用されている。しかし、対象は顔の表情がほとんどであり、身体による感情表出の研究は少ない。また、多人数の表情をロバストかつリアルタイムで精度よく測定する技術はなく、言語以外で感情を実時間測定する技術は確立されていない。Bull は会話においては表情より、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、表情以外で実時間測定可能な着座姿勢に焦点を当てる。実時間での立位姿勢の研究では、Bianchi(ロンドン大学)は身体装着型のモーション・キャプチャーを用いて身体の特徴量を抽出し、立位姿勢と感情の関係分析を行っている。ただし、この方法は身体を拘束し、装置が高価であるなど欠点がある。そこで、身体装着型ではなく、周辺環境にロバストな、環境側に安価なセンサを設置し、着座姿勢を測定する装置を開発する。また、「表情と同様に、他者は着座姿勢から感情を推定することが可能である」という仮定のもと実験を行った結果、ほとんど表情と同じ感情構造をもつことが判明した。これにより、着座姿勢と感情との関係を見出し、実時間で感情を推定できる可能性が示された。

## 2. 研究の目的

### (1) 着座姿勢の感情判断モデルの構築

着座姿勢の重要な身体部位と感情との関係を分析する。他者による感情判断について多変量解析などを用いて分析し、着座姿勢の感情判断モデルを構築する。

### (2) 実時間感情判断推定システムの構築

着座姿勢時の上半身の状態（角度、臀部の位置）、首の状態（角度）、腕・脚の状態や位置などを測定するために、無線機能を装備する圧力センサと加速度センサを導入する。圧力センサを椅子や床に、加速度センサを両腕と頭部に装着し、着座姿勢測定方法を構築する。また、上記(1)の感情判断モデルを用いて、他者による着座姿勢の実時間感情判断推定システムを構築する。

### (3) 異文化における感情判断の分析

同じ着座姿勢に対して、異なる文化背景を持つ日本人と英国人の感情判断の相違を分析する。異なる感情判断の要因を分析することにより、異文化の感情判断モデルの必要性について検証を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) 着座姿勢の感情判断モデルの構築

建築計画分野の先行研究を参考にして着座姿勢サンプルを作成する。感情語は、Russell の 28 感情語から代表的な 16 感情語を用いる。因子分析を用いて、写真による着座姿勢の感情判断データを分析する。特に正面と側面からみた実人物の着座姿勢を中心に分析を行い、身体の重要な部位と感情との関係を明らかにする。さらに、多変量解析などを用いて、他者による感情判断の反応データと着座姿勢の関係を分析することにより、着座姿勢の感情判断モデルを構築する。

### (2) 実時間感情判断推定システムの構築

予備実験では足下に圧力センサを設置した着座姿勢との関係を判別分析で分析した結果、個人を識別しない場合の判別率はかなり低かった。そこで、足下、椅子の座面、背もたれに計 12 個のセンサを内蔵し、実時間データ無線通信可能な着座姿勢測定装置を開発する。さらに、首や両腕の状態を測定するために加速度センサを追加し、重回帰分析による学習アルゴリズムを用いて着座姿勢の感情判断推定システムを構築する。最終的に感情判断を実時間で推定するシステムを構築し、評価を行う。

### (3) 異文化における感情判断の分析

日本人による着座姿勢について、日本人および英国人における感情判断の相違を分析する。具体的には、日本人の着座姿勢を日本人と英国人に表示することにより、感情判断の反応データを収集し、因子分析による感情判断因子や着座姿勢の分類の違いを分析し、相違を検証する。

## 4. 研究成果

### (1) 感情判断因子と身体部位との定性分析

本人の感情より、他者が判断した感情を分析する。理由としては、本人の感情自体の意識化が困難と考え、他者による感情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。

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を示す。因子は下記の通りとなった。

- 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」、「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關係する感情

表1 着座姿勢の感情語の因子との關係

	覚醒度	快適度	支配度
眠そうな	-.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

図1の横軸の「覚醒度」の分布から、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。縦軸の「快適度」の分布から、首、腕、脚の状態と「快適度」と關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。

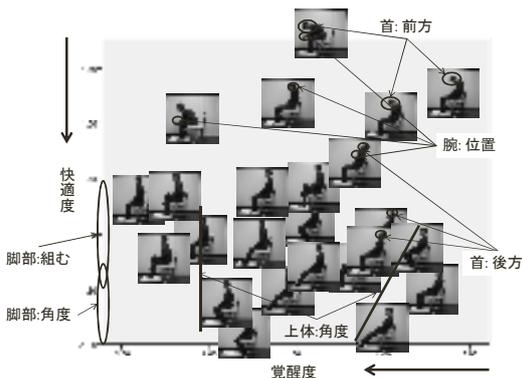


図1 「覚醒度」と「快適度」の分布図

(2)感情判断因子と物理量との定量分析

①分析方法

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。感情推定の可能性を感情判断因子得点とセンサ値との關係を重回帰分析で定量的に分析を行った。また、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、モデル化の学習データ用の実験を行った。パイプ椅子に座りやすさを考慮して、図2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、着座姿勢計測用圧力センサと小型の高精度加速度センサで着座姿勢の状態を測定する。感情判断因子得点とセンサ値による物理量との關係モデル化を行い、センサによる感情推定の可能性を検証する。



図2 センサを用いた着座姿勢測定装置

②圧力センサ・加速度センサの關係分析

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カ所x3軸の計9加速度センサ値、従属変数は感情判断因子得点として重回帰分析により分析した。重回帰分析の結果を表2に示す。

着座者Dの「覚醒度」を除き、精度が70%前後であることが分かる。「覚醒度」は上体や首の角度、「快適度」は首の角度や腕・脚の状態が關係し、「支配度」は腕の状態や臀部の位置が關係することが分かった。

表2 感情判断因子と身体部位との關係

因子	着座者	決定係数	有意な要因			
			体:角度	首:角度	腕	脚
覚醒度	着座者D	0.277	体:角度			
	着座者E	0.735	体:角度	首:角度	脚	
	着座者F	0.814	体:角度	首:角度	腕	臀
	全員	0.617	体:角度	首:角度	腕	
快適度	着座者D	0.890	首:角度	脚		
	着座者E	0.669	首:角度	臀	腕	
	着座者F	0.559	首:角度			
	全員	0.726	首:角度	腕	体:角度	
支配度	着座者D	0.794	腕	首:角度	臀	
	着座者E	0.699	腕	臀		
	着座者F	0.781	腕	首:角度	臀	
	全員	0.718	腕	臀	首:角度	体:角度

(3)実時間感情判断推定システム構築・評価

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、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2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、28名の観察者による3名の着座者に対する16感情語評価値と、各着座姿勢の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を行った。調整済み決定係数0.6以上の感情語を表3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、重回帰式に代入され、感情判断推定値 $y$ として1(感情あり)から7(感情なし)の間で数値が出力される。

表3 感情語の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

## ②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、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。

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3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。

表3に、全24着座姿勢サンプルに対して28名の観察者平均値による「感情あり」、「感情なし」と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。

## (4)成果のまとめ

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1の感情判断因子得点分布、表2の身体部位との結果から、

- 「覚醒度」：主に上体および首の角度+腕の状態
- 「快適度」：主に脚および首の角度+腕の状態
- 「支配度」：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った。

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。例えば、英国人に同様な実験を行った結果、「覚醒度」と「快適度」については同様の結果が得られたが、「支配度」については解釈していない可能性が示唆された。また、着座姿勢の分類も異なることから、見る視点が異なる可能性があり、注意が必要である。

感情判断の個人差に関しては、KleinsmithとBianchi-Berthouze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3の学習データの一致度の低い感情語と一致しており、個人差があることが示唆される。

#### (5) 国内外の位置付けとインパクト

非言語コミュニケーションにおける表情の感情判断の研究は、多く行われている。また、立位姿勢の感情判断の研究は、KleinsmithとBianchi-Berthouzeらが行っているが、高価なセンサを用いているため、汎用性に欠ける。着座(座位)姿勢に関しては、日本国内では体圧センサ技術を用いた快適性や座り心地の良さなどを分析した研究や、海外では体圧センサ技術を用いた興味を推定する研究がある一方、国内外では感情判断の研究はほとんど行われていない。また、着座姿勢の感情判断を安価なセンサを用いて実時間推定するシステムはほとんどない。よって、本研究成果は、国際会議や学会などで実用性の面から評価されている。

#### (6) 今後の展望

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ということが分かった。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として、kinectなどを今後導入していくことにより、ユーザの負担を軽減することが可能になる。

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。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ユーザのモデル化手法を構築すれば、感情を理解した高度なコミュニケーションツールとして実用化が可能だと考える。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

- ① Tatsuya Shibata, Akito Michishita and Nadia Bianchi-Berthouze, Analysis and Model of Emotion of Japanese Sitting Postures by Japanese and British Observers, The fifth biannual Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, 査読有, 2013 (Accepted)
- ② 柴田 滝也、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、日本建築

学会計画系論文集、査読有、第78巻、第689、2013、pp.1687-1694

- ③ Tatsuya Shibata and Yohei Kijima, Emotion Recognition Modeling of Sitting Postures by using Pressure Sensors and Accelerometers, 21st International Conference on Pattern Recognition, 査読有, 2012, pp.1124-1127
- ④ Tatsuya Shibata, Yohei Kijima and Taro Naito, Emotion Modeling of Sitting Postures by using Strain-gauge Force Sensors and Gyro Sensors, International Conference of Kansei Engineering and Emotion Reserach(KEER2012), 査読有, 2012, pp.239-244

〔学会発表〕(計5件)

- ① 柴田 滝也、着座姿勢における実時間感情推定システムに関する研究、日本建築学会第35回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2012/12/13、日本建築学会建築会館(東京)
- ② 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、2012/9/12、名古屋大学(名古屋)
- ③ 木島洋平、深町翔太、柴田 滝也、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、第7回日本感性工学会春季大会、2012/3/3、香川大学(高松)
- ④ 深町翔太、木島洋平、柴田 滝也、着座姿勢による感情推定手法に関する研究ー加速度センサと位置センサの比較分析ー、第7回日本感性工学会春季大会、2012/3/3、香川大学(高松)
- ⑤ 木島洋平、柴田 滝也、ストレインゲージ式フォースセンサを用いた着座姿勢のリアルタイム感情推定システム構築に関する研究、第13回日本感性工学会大会、2011/9/5、工学院大学(東京)

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

柴田 滝也 (SHIBATA TATSUYA)  
東京電機大学・情報環境学部・教授  
研究者番号：30349807