

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

○柴田 滝也*¹

キーワード：着座姿勢 感情推定 圧力センサ 加速度センサ

1. はじめに

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軸から構成される円環モデル[3]の応用があり、伊藤らは感性会話ロボット ifbot に、基本6感情に当てはまる表情を与え、浦濱らは Russell の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[4]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。そこで、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りますと仮定し、姿勢(特に着座姿勢)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、姿勢から受ける感情のモデル生成を試みる。

姿勢に関しては、Kleinsmith と Bianchi-Berthouze[5]が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。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た。また、着座姿勢に関しては、Mota と Picard[6]が椅子の座面に多数の圧力センサを配置し、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、着座姿勢に関しては、感情の構造が明らかになっておらず、また、センサも多数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関係を明らかにするとともに、センサを用いて実時間で感情を推定可能かについて検証を行う。

予備実験の結果、観察者が着座姿勢から感情を判断する際、側面と正面から見た場合で、感情の判断に有意な差が

なかった。また、肘掛がなく座面と背もたれが固いパイプ椅子(図1)と肘掛があるソファとの椅子の種類の違いにより観察者の感情判断に相違があるのかを分析した結果、相違はなかった。しかし、ソファにおいてセンサ数値の精度が落ちたため、本研究では、パイプ椅子上の側面の着座姿勢を分析する。

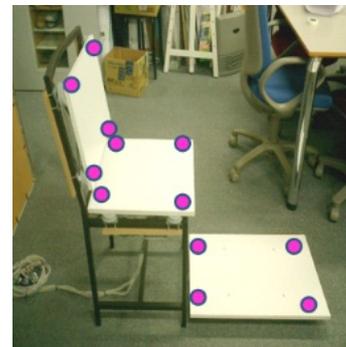


図1. 着座姿勢計測システム



(a) 両腕部



(b) 頭部

図2. 加速度センサを各部位に装着した状態

ここで、着座姿勢を測定するセンサは、図1の座面、背もたれ、足部の各4箇所、計12の圧力センサと、図2の左右の前腕および頭部後方に装着した3軸加速度センサとする。最初は、圧力センサのみを用いたが、推定精度が落ちることが判明したため、首や腕の状態を測定するために加速度センサを加えた。この両方のセンサを含む着座姿勢計測システムによる着座姿勢に表出する感情推定方法を検討した結果を報告する。

2. 他者から見た側面の着座姿勢の感情分析(実験1)

2.1 実験目的および内容

本人の感情を分析するよりは、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、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。

実験1：

- 観察者：20代前半13名（男性：5名、女性：8名）
- サンプル：渡辺ら[7]の研究に用いられた全24着座姿勢（上体の前傾・後傾、臀部の前方・後方、脚部の前方・直立・後方・膝組・腕組・首上下からなる組み合わせ・図3参照）の画像を24×3名（姿勢者）分、計72サンプル
- 感情語スケール：Russellの円環モデルに使われた16形容詞（表1参照）を用いた7段階評価

因子分析により着座姿勢に表出する感情の因子を抽出し、各着座姿勢に対する印象評価値と着座姿勢の画像サンプル作成時に着座姿勢計測システムの圧力センサと加速度センサのセンサ値を記録した。着座姿勢計測システム(図1)は、圧力センサを椅子の背もたれと臀部、脚部に4個ずつ計12個設置したシステムであり、座った人の背もたれと臀部、脚部にかかる圧力を計測できるシステムである。



図3. 側面の着座姿勢サンプル(全24姿勢)

2.2 感情因子と身体部位との関係

72着座姿勢サンプル画像(3名×24姿勢)に対する16感情語評価値(全観察者の平均値)を用いて因子分析の主因子法を用いて他者による着座姿勢の感情の因子を分析した。

表1に側面の場合の各感情語の因子負荷量(バリマックス回転後)を示す。各感情語の因子負荷量から、下記の3つの因子を抽出した。

1. 覚醒度：「眠そうな」、「目覚めた」などの身体活動
2. 快適度：「幸せな」、「悲しんだ」などの快・不快
3. 支配度：「いらいら」、「緊張した」などの本人や他者への支配度

表1. 感情語の因子負荷量

	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

次に、図4に側面の着座姿勢の因子得点のマッピングを示す。横軸が第1因子の「覚醒度」、縦軸が第2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。「覚醒度」の因子得点から身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、身体および首の角度が垂直な場合は「覚醒度」が高く、一方、身体が後ろ側に傾いている、あるいは、首が前後に傾いている場合は「覚醒度」が低くなる。「快適度」の因子得点から、首、腕、脚の状態に関する。例えば、脚が垂直でない、あるいは、脚を組んでいる状態は、「快適度」は高くなり、腕を前に出す、組む、あるいは、首が前に傾いている状態では、「快適度」は低くなる。

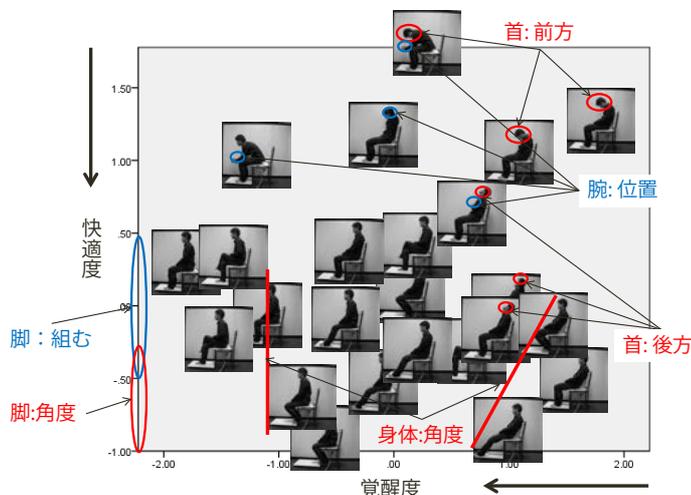


図4. 「覚醒度」と「快適度」の因子得点マッピング図

2. 3 感情判断因子とセンサ値との関係

2. 3. 1 加速度センサのみのシステム評価

加速度センサのみで、感情判断因子を推定可能かについて分析を行う。着座姿勢の感情語評価値と、姿勢画像サンプル作成時に計測した各姿勢時の12個の圧力センサ値をもとに、各姿勢の各感情語の評価値(1~7点)の推定精度を分析した。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、従属変数は各感情語評価値(全観察者の平均値)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。圧力センサ計測値は、各姿勢を30秒間計測し、30秒の平均値を使用した。重回帰分析により得られた各感情語の回帰式(モデル式)と、各感情語の印象評価値をセンサによりどの程度推定できるかを示す調整済みR²乗値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、感情語の回帰式の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。

2. 3. 2 圧力センサと加速度センサのシステム評価

上記の結果をもとに、首と腕の状態を計測するため、図2に示すように頭と両腕に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。加速度センサは図7に示すような3軸に対し、y軸に沿って回転させるとx軸とz軸の数値が+1~-1の間で変化する。

構築したシステムの精度を検証するため、実験により得られた計測データと実験1により得られた感情語評価値を用いて独立変数を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、従属変数を実験1より得られた3因子の因子得点とし、重回帰分析のステップワイズ法で分析を行った。調整済みR²乗値を表2に示す。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、各姿勢者のデータも分析した。

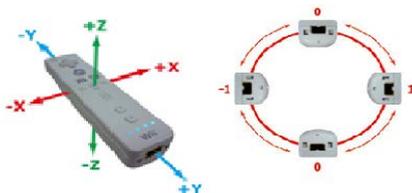


図7. 3軸加速度センサ

重回帰分析の結果、圧力センサのみの着座姿勢計測システムと比較すると、3軸加速度センサを用いたことにより、首、腕のセンシングが可能になったため、「覚醒度」と「快適度」の精度が向上した。また、回帰式(表2の有意な要因)から、腕や頭に装着した加速度センサが多く用いられ

ていたことから、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センシングを行える事が示唆された。一方、「支配度」については、まだ、姿勢者ごとにばらつきがあるため、今後の課題となる。

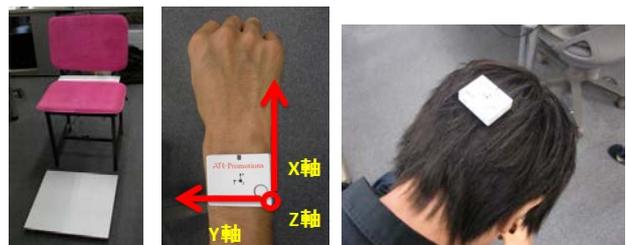
表2. 各因子の調整済みR²乗値と身体部位との関係

因子	着座姿勢者	R ²	有意な要因			
覚醒度	姿勢者A	0.468	背もたれ			
	姿勢者B	0.781	背もたれ	腕	座面	
	姿勢者C	0.825	背もたれ	首:角度	座面	床
	全員	0.637	背もたれ	首:角度	腕	
快適度	姿勢者A	0.704	首:角度	床		
	姿勢者B	0.770	床	腕	首:角度	
	姿勢者C	0.568	首:角度	座面		
	全員	0.593	首:角度	床		
支配度	姿勢者A	0.727	床	腕	背もたれ	
	姿勢者B	-				
	姿勢者C	0.338	腕			
	全員	0.353	腕	首:角度		

3. 実時間感情推定システムの評価実験

3. 1 学習データ取得のための実験(実験2)

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、回帰式を利用した感情推定の評価を行うため、実験1と同様に実験を行った。実験2の変更点としては、座りやすさを考慮して、図8a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1の加速度センサのサイズが大きいため、図8bのように小型の加速度センサに変更した。また、観察者、姿勢者も新たに変更して下記の実験を行った。



(a) 椅子 (b) 加速度センサ

図8 実験1との変更点

実験2:

- 観察者: 10代後半から20代前半30名(男性:23名, 女性:7名)
- サンプル: 実験1と同様に新たに24着座姿勢画像×3名(姿勢者)、計72サンプル
- 感情語スケール: 実験1と同様

圧力センサおよび加速度センサ計測値は、各姿勢を30秒間計測し、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 x 3軸の計9加速度センサ値、従属変数は感情語評価値(全観察者の平均値)として重回帰分析のステップワイズ法により、各感情語の重回帰モデル式を構築した。

3. 2 学習後の感情推定システム評価実験(実験3)

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、感情語推定を行い評価した。また、表2が示すように、3姿勢者全員での重回帰式では推定精度が落ちるため、3名の中で調整済みR²乗値が一番高い(0.91)1名のデータを用いた。さらに、「覚醒度」と「支配度」に関わりがあり、調整済みR²乗値が高かった「緊張した」について評価実験を行い、結果を報告する。

システムは、実験2に参加した1名の着座姿勢者について、実時間に計測される12圧力センサ値および9加速度センサ値を重回帰式に入力し、ある閾値を超えたら「緊張した」と判断し、表示する。このシステムについて下記の評価実験(実験3)を行った。

実験3:

- 評価者: 20代前半3名(男性:1名,女性:2名)
- サンプル: 実験2と同様に24着座姿勢+未知の6着座姿勢(図9)計30サンプル
- 評価判定:
30着座姿勢に対して「緊張した」「緊張していない」の2段階評価値で判定



図9 未知の着座姿勢

「緊張した」の判定が曖昧である姿勢を除いた場合の各評価者正答率は、70%、70%、70%であった。これより、システムが出す判定の正答率は70%ほどであることがわかった。

4. 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「防御度」と似ている因子として「支配度」があることが分かった。ただ、第3因子以降については、まだ、解釈に難点がある

ので今度の課題とする。着座姿勢への感情判断となる身体状態は、「覚醒度」に関しては身体・首の角度、「快適度」に関しては、脚・腕の状態および首の角度と関連があることが示唆された。

上記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も分かった。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を今後導入していくことを考える必要がある。

実時間の感情推定に関しては、「緊張した」に関して、正答率が7割前後であったが、他の感情語についても評価を行い、首や腕の状態をよりシンプルで正確に測定できるセンサを検討し、精度の高い感情推定を行うシステムを構築していきたい。

[参考文献]

- 1) S. Baron-Cohen: Mindblindness, MIT Press (1996)
- 2) P. Ekman: Facial Expression and Emotion, American Psychologist, vol. 48, no. 4, pp. 376-379, 1993.
- 3) J. A. Russell: A circumplex model of affect, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 39, pp. 1161-1178 (1980)
- 4) A. Vrij, K. Edward, and R. Bull: People's insight into their own behaviour and speech content while lying
- 5) 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)
- 6) 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 HCI, (2003)
- 7) 渡辺秀俊他:着座場面における姿勢の経時的変化, 日本建築学会計画系論文集, No. 474, pp. 107-114, (1995)

*1 東京電機大学情報環境学部情報環境学科 教授 PhD