

センサーを用いた姿勢の感情判断推定システムに関する研究

○小笠原 啓太*¹ 柴田 滝也*²

キーワード：Kinect 立位姿勢 姿勢推移 感情判断

1. はじめに

近年コミュニケーションが重要視される中、円滑なコミュニケーションを行うためにEkmanが提唱する基本6感情モデル[1]やRussellの円環モデル[2]を応用し、顔の表情や脳波情報を取得し人間の感情を読み取る研究が盛んに行われている。それら研究では、感情を読み取る事に重点を置いており、読み取った感情に対してコンピュータやロボットが決められた動作・行動を行うなどといった「人間とシステム間の円滑なコミュニケーション」を目指した研究が増加している。また、様々なモデル化の研究の中でも立位姿勢による感情の研究はBianchi-Berthouzeらの研究[3]が有名である。しかし、身体部位の測定にモーションキャプチャシステムや装着式センサーなどを用いて分析しているため、実時間で感情推定まで至っていない。さらに、脳波や心拍数などで感情推定を行う場合、計測する機器を体に装着するため、身体的負荷が高く実時間で感情を推定するのは困難である。それらの問題を解決する例として、着座姿勢から実時間で感情を推定するシステムを構築した研究[4][5]がある。これらの研究では他者による着座姿勢の感情推定方法を構築し、実時間で感情推定を行うことが可能になった。しかし、圧力センサーの設置や加速度センサーを装着するなど接触型のセンサーを用いるため身体的負荷が高く実用的ではない問題が生じている。そこで、我々は身体的負荷が少ない点を考慮し、非接触型センサーKinectを用いて立位姿勢から感情を推定するシステムを構築した[6]。しかし、単一的な立位姿勢の感情推定しか行われなかったため、立位姿勢の推移（変化）が起きた場合、姿勢推移前の立位姿勢に感情が起因するのかわからないという問題が挙げられる。

そこで、本研究では人の立位姿勢の推移から得られる姿勢情報を計測・取得を行い、同じ立位姿勢から異なる立位姿勢に推移した場合の感情判断と推移前後の物理量の差分、推移前の物理量、推移後の物理量との関係を明らかにする。

2. 実験：立位姿勢の推移における実験

2. 1. 実験方法

2. 1. 1. 目的

今回、立位姿勢者自身が感じている感情ではなく他者が判断する感情を分析する。理由は、自分自身の感情を自ら意識的に理解するのは困難だと考え、他者から判断した感

情について分析を行う。

実験方法は、予め決めた立位姿勢の推移と感情語を使用し、写真に写っている立位姿勢者とは異なる観察者に評価を行ってもらう方法をとった。

2. 1. 2. 立位姿勢サンプル

立位姿勢サンプルは立位姿勢の感情推定の先行研究から「腕・胴体」の2つに分割し姿勢パターンを5パターン（表1）に決定した。「腕・胴体」の2つに分割した理由として、立位姿勢で可動可能な部位、立位状態で普段行う姿勢、さらに渡辺らの研究[5]を参考に日常生活を送る上で立位姿勢の可能可動域が広い支持点として考えたからである。さらに、先行研究[6]より立位姿勢の感情判断において脚の動きは感情判断に結びつかないため、脚部分を今回サンプルから除外した。以上の理由から、 $5 \times 4 = 20$ 立位姿勢の推移パターンサンプルを用いて実験を行う。

表1 立位姿勢の姿勢パターン

姿勢番号	腕	胴体
1	上げる(上)	直立(直)
2	胸部で腕を組む(胸)	後ろにそる(後)
3	後頭部で組む(頭)	後ろにそる(後)
4	後頭部で組む(頭)	直立(直)
5	直立	

2. 1. 3. 感情語

立位姿勢を評価するための感情語を決定する。KleinsmithとBianchi-Berthouze[3]は、予め決定された立位姿勢とゲーム操作時の決定されていない立位姿勢を感情分析し、「快適度」「覚醒度」「力量度」「防衛度」の4因子を抽出し、それぞれの因子と身体部位の物理量との関係を分析している。そこで今回使用する感情語はKleinsmithとBianchi-Berthouzeが抽出した因子の「快適度」と「覚醒度」に着目し、2つの因子から構成されるラッセルの円環モデルを使用した。そしてラッセルの円環モデルを1/2等分し、その中から代表的な感情語を使用した。使用する感情語は「眠そうな・目覚めた・興奮した・悲しんだ・喜んだ・怒った・いらいらした・穏やかな・悩んでいる・退屈している・安心している・うれしい」の計12感情語とした。

2. 1. 4. 内容

印象評価実験で使用した全20パターンの立位姿勢の推移画像を図1に記す。図1は表1の姿勢番号の推移を表記している。また、評価の際に推移前の姿勢だけで評価をしてしまうことを懸念し画像の下に推移後の姿勢で評価を行うよう注釈を記述した。

実験

- 観察者： 20代前半10名（男性10名）
 サンプル：立位姿勢者1名（身長 163cm）の
 20立位姿勢の推移サンプル（表1）
 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8感情語を
 用いた7段階評価（ランダムに評価）

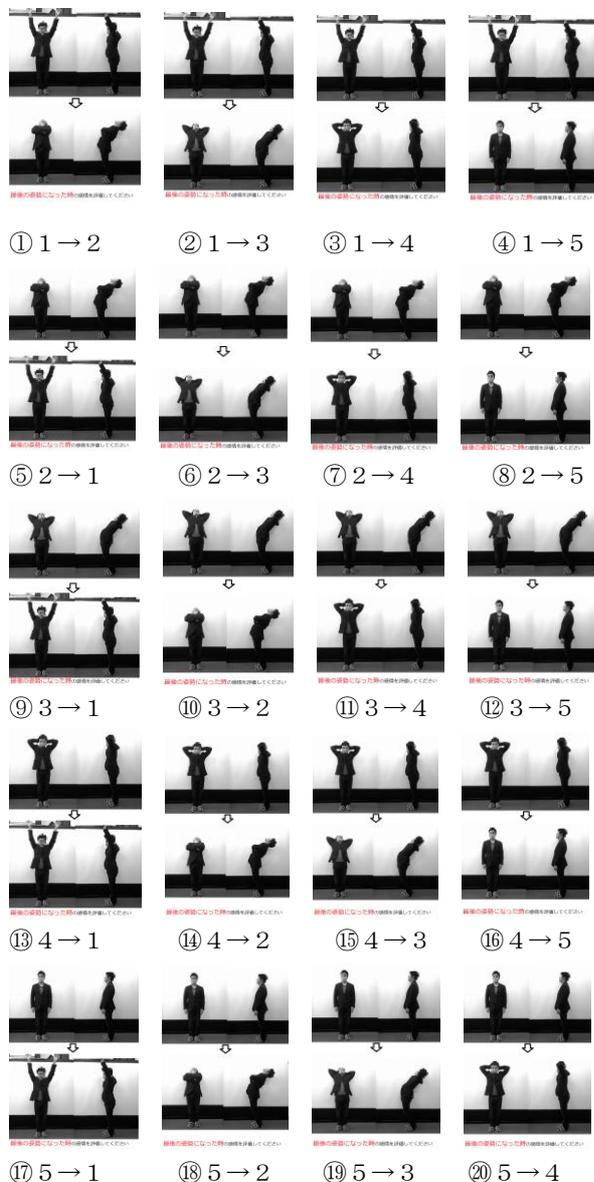


図1 立位姿勢時における姿勢推移サンプル

2. 2. 感情判断因子の分析

感情評価実験から取得した姿勢推移20サンプルに対する8感情語について7段階の評価値（1～7）を割り当て、全観察者10名の平均値を用いて因子分析（主因子法、バリマックス回転）で分析をした。表2に各感情語の因子負荷量を記す。因子負荷量の絶対値が0.65以上の感情語から、2つの因子を抽出し、「覚醒度」、「防御度」を感情判断因子とした。

1. 防御度：「怒った」、「いらいらした」など他者に対して表出する感情
2. 覚醒度：「眠そうな」「目覚めた」など意識的な部分に関係のある感情

表2 立位姿勢の感情語の因子負荷量

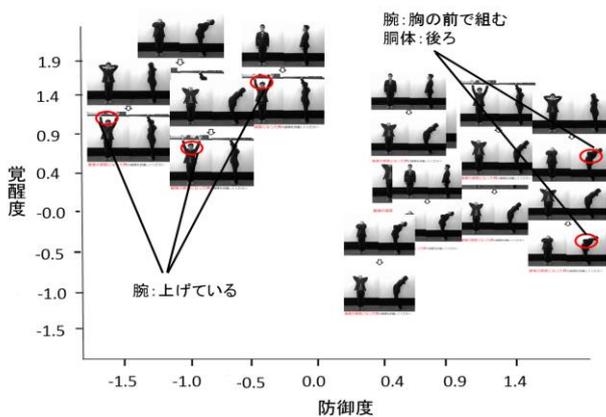
	防御度	覚醒度
いらいらした	0.941	-0.121
悩んでいる	0.892	-0.3
安心している	-0.89	0.288
怒った	0.879	-0.244
悲しんだ	0.85	-0.176
うれしい	-0.713	0.686
興奮した	-0.011	0.933
喜んだ	-0.628	0.751
退屈している	0.58	-0.73
穏やかな	-0.649	-0.668
目覚めた	-0.56	0.661
眠そうな	0.624	-0.654

次に、図2に立位姿勢の感情判断の因子得点のプロット図を示す。図2の横軸が第1因子の「覚醒度」、縦軸が第2因子の「防御度」である。「防御度」とは「怒っている」や「いらいらしている」などの負の感情が表出している際の敬遠度合いのことを言う。

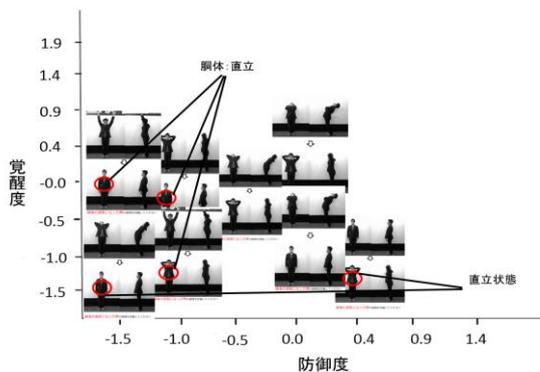
「覚醒度」は上に、「防御度」は右に、行くほど高い評価となる。「覚醒度」の因子得点分布から、姿勢推移前の腕の上げ具合によって「覚醒度」を判断していることがわかる。姿勢推移後に腕が「上げている」と覚醒度は高く、逆に姿勢推移後に「直立状態になる」と覚醒度は低くなる。姿勢推移後に腕が「上げている」と覚醒度が高くなる理由として、人間本来の生理的な行動が起因していると思われる。腕を「上げる」という動作は運動量が高いため覚醒度が上がり、結果「目覚めた」などに起因すると考えられる。姿勢推移後に「直立状態」になると覚醒度は低くなる理由として、直立状態では緊張している部位がないからだと考えられる。姿勢推移前では上半身の部位（胴体・腕）いずれかに力が入っている状態であり、姿勢推移後の直立状態

では力が入っている部位がなく緊張がほぐれている状態になる。このことから、直立状態になると覚醒度が低くなると考えられる。よって、推移前の状態によって推移後の直立状態が必ずしも覚醒度が高いとは限らないと考えられる。

「防御度」の因子得点分布から、姿勢推移後に腕の「組み度合い」かつ、胴体の「後ろのそり」具合によって「防御度」を判断していることがわかる。姿勢推移後に腕を「組み」、胴体が「後ろにそっている」と防御度は高く、姿勢推移後に胴体が「直立状態になっている」と防御度は低くなる。姿勢推移後に腕を「組み」、胴体が「後ろにそっている」と防御度が高くなる理由として、姿勢推移後の腕を「組む」動作が他者から見て受け入れてほしくない、かつ、敬遠を感じる動作だからだと思われる。先行研究[7]から腕を組む姿勢は「いらいらしている」と評価される傾向があるので防御度が高いと思われる。姿勢推移後に胴体が「直立状態になっている」と防御度が低くなる理由として、感情評価を行った際、相手から感じる負の感情（いらいらした・怒ったなど）が感じられないからだと思われる。また、直立状態では姿勢からではどのような感情を持っているのか判断が不可能なため無感情と評価していることが理由として挙げられる。



(a) 防御度と覚醒度の高い姿勢



(b) 防御度と覚醒度が低い姿勢
図2 因子分析結果のプロット図

3. 感情判断値と物理量との定量関係分析

3.1. 立位姿勢の物理量計測

感情評価実験の結果を踏まえ、センサーで立位姿勢の状態を測定する。測定方法として、Kinect (Microsoft製)を用いて、腰を原点とした相対座標を使用し、絶対座標位置に依存しない姿勢の物理量 (x, y, z座標値) を取得するシステム (図3) を構築した。腰を原点 (0, 0, 0) とし、x座標値は腰を基準とした水平方向の変位 (右方向を正)、y座標値は腰を基準とした垂直方向の変位 (上方向を正) である。また、z座標値は腰から奥行き方向の変位 (カメラ方向を正) である。出力する物理量は先行研究[7]を踏まえ、20パターンの立位姿勢の推移を行う際に可動域が広い身体部位を選定し、頭、左右の手、左右の肘、左右の肩、腰の8ヶ所とした。また、立位姿勢者は20代前半、身長が163cmの男性とした。また、Kinectから立位姿勢者までの距離は約2mを基準にして計測を行った。これは、近づけてしまうとKinectに身体が映らず物理量の取得が行えなかったからである。逆にKinectから離れすぎると物理量を取得する関節間の距離が縮まり、それぞれの身体部位の差が見られなかったからである。以上を理由として、約2mを基準にして計測を行うのが最適と考えた。



図3 物理量 (x, y, zの座標値) 計測部位

3.2. 評価実験結果と物理量の関係分析

感情評価実験で取得した10名の感情評価値の平均を感情判断値とし、立位姿勢推移20パターンの物理量 (頭、左右の手、左右の肘、左右の肩、腰の合計8ヶ所のx, y, z座標値) を使用した。また、姿勢推移前の物理量と姿勢推移後の物理量と姿勢推移前・推移後の物理量差をとった3種類の物理量を用いて、重回帰分析のステップワイズ法で分析を行った。感情語に対する決定係数値と偏回帰係数を含む回帰式を示す (表3)。また、決定係数の表示は物理量を「推移前後の座標値の差」のみ利用時と、「推移前後の座標値の差」、「推移前」、「推移後」の3種類の利用時の決定係数を記す。回帰式中に書かれている各部位のx, y, z座標値の後ろの数字 (例: 頭X, 頭X1, 頭X2) は姿勢推移前と推移後の差 (例: 頭X) と姿勢推移前 (例: 頭X1) と姿勢推移後 (例: 頭X2) とした。決定係数、回帰式からわかる通り立位姿勢の推移の判断の大半は「推移前後」の動作の差分ではなく、「推移後」の姿勢で判断していることがわかる。ただ、表3の回帰式内の下線部が引か

れた変数をみると、「悲しんだ」、「うれしい」、「興奮した」の感情と手あるいは肘の推移前後の移動の差分量にも関係することが示唆された。また、決定係数は「目覚めた」が一番低かった。理由として、すべての姿勢で胴体が「後ろにそっている」姿勢や胴体が「直立状態」の姿勢しなく、姿勢を評価した際に、姿勢観察者によって「目覚めた」の評価にばらつきが出てしまったからだと思われる。

表3 感情語に対する決定係数と回帰式

感情語	決定係数 (差のみ)	決定 係数	回帰式
怒った	0.293	0.707	$y=5.341+左手X2\times 6.167$
喜んだ	0.405	0.949	$y=-9.232+右手X2\times 9.741$ $+左肘Z2\times (-11.25)+$ $頭Y2\times 3.932$
悲しんだ	0.596	0.73	$y = 1.209+左手X\times 2.397$ $+頭Y2\times 3.153$
穏やかな	0.322	0.777	$y=-4.615+右手$ $Y2\times (-5.84)+左肘X2\times$ $(-24.75)+頭Y2\times (-2.112)$
目覚めた	0.487	0.694	$y = 3.713+右手X2\times 5.579+$ $右肘Y2\times 2.281$
眠そうな	0.412	0.746	$y = 9.969+右手$ $X2\times (-4.535)+左肘$ $Z2\times 4.142$
興奮した	0.45	0.881	$y=-5.083+右肘X2\times 22.848$ $+右手Z2\times (-2.621)$ $+頭Y2\times 6.446+右手$ $X\times 1.919$
いらいら した	0.502	0.875	$y = 5.990+左手 X2\times 7.427$
悩んでいる	0.421	0.856	$y = 6.676+左手 X2\times 8.928$
退屈して いる	0.266	0.873	$y=8.160+右手 X2\times$ $(-9.670)+頭 Y2\times (-7.958)$ $+右手 Y2\times (-1.377)$
安心して いる	0.408	0.807	$y = 3.694+左手 X2\times$ $(-4.434)+頭 Y2\times (-2.981)$
うれしい	0.433	0.974	$y = -14.91+右手 X2\times 7.512$ $+左肘 Z2\times (-10.95)$ $+左肘 X\times 12.898$ $+頭 Y1\times (-1.338)$ $+右肘 Y2\times 1.264$

4. まとめ

本研究では、「覚醒度」、「防御度」の因子が立位姿勢の推移で存在することがわかった。ただ、サンプル数が少

ない、通常生活においてこのような推移が起きる機会が少ないためか、因子負荷量において偏りが見られ、また、「快適度」因子が抽出されなかった。今後は、通常見られる立位姿勢を考慮してサンプル数を増やし、分析を行う。

表3の回帰式からわかる通り立位姿勢の推移の判断の大半は「推移後」の姿勢で判断していると考えられる。ただ、例外も存在し、立位姿勢の推移に影響を受ける場合を述べる。先行研究[6]より、直立状態単独での覚醒度の因子得点は0.335とほぼ中立傾向を示すが、立位姿勢の推移を行い姿勢推移後が直立姿勢の場合、単独での直立状態の立位姿勢よりも覚醒度が低い傾向がみられた。これは推移前の姿勢で腕を「上げている」、胴体を「後ろにそる」などの動作を行い直立状態になったときに、緊張状態から抜けリラックスするためだと考えられる。ただ、着座姿勢[5]と比較すると、逆の現象が起きており、直立状態において覚醒度が高く、後ろに傾斜している場合は覚醒度が低い結果となっている。さらに、動作の変動量によっては、「うれしい」、「悲しんだ」、「興奮した」などに影響を及ぼす可能性がある。これらを総合すると、各姿勢が持っている文脈によって感情判断が変わる可能性があることが示唆される。今回の研究の実験ではすべて男性で行ったため、本研究で分析した結果には女性は当てはまらない可能性が考えられる。今後の課題として、性別や身長に関係なく感情判断が行えるように、立位姿勢者や評価者に女性を含め、さらに、未知の立位姿勢の感情判断が可能かについても検証を行いモデル化の精度を向上させていく。

[参考文献]

- 1) P.Ekman: Facial Expression and Emotion, American Psychologist, Vol.48, No.4, pp.384-392, 1993.4
- 2) J. A Russell: A circumplex model of affect. Journal of Personality and Social Psychology, 39, pp. 1161-1178, 1980.
- 3) 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, Lisbon (Portugal), 2007
- 4) 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
- 5) 渡辺秀俊, 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
- 6) 小笠原啓太: Kinectを用いた立位姿勢の感情判断推定システムの構築, 第16回日本感性工学会大会梗概集, USBメモリ, 2014.9

*1 東京電機大学情報環境学部情報環境学科

*2 東京電機大学情報環境学部情報環境学科 教授