

動作からの感情状態の推定：オプティカルフローによる動作特徴量を用いた検討

Estimations of moods from human movement: Investigation using optical flows

森田純哉，永井由佳里，森津智行
Junya Morita, Yukari Nagai, Tomoyuki Moritsu

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
j-morita,ynagai@jcss.gr.jp

Abstract

This study examined the relation between human body movement and emotion. The 10 participants took part in the experiment in which they spend at a small laboratory while hearing comfortable or uncomfortable sounds. After spending at the laboratory, the participants rated their subjective emotional state. In the experiment, the body movement of the participants were recorded with four video cameras. The movement analysis based on the laban theory revealed significant differences of movement features between experimental conditions controlled by sounds. In addition, the significant correlations between the movement features and subjective ratings of emotion were found. The results imply the strong connections between human body movement and emotion.

Keywords — Movement Analysis, Emotion

1. はじめに

人間を含めた動物の動作は，その主体の感情状態と強く関連している．そのことは，我々人間が日常的に他者の感情を察知しながら生活をしていることから明らかである．では，どのような動作がどのような感情と結びつくのであろうか．この問いに答えることは，感情の表出や感情知覚に関わる基礎的理解に貢献し，また感情状態の自動推定などの応用にも結びつく．

動作と感情の対応を分析する枠組みとして，ラバン身体動作解析 (LMA: Laban Movement Analysis) が提唱されている．LMAは，ダーウィンの感情論を根拠とし，動作の型と感情との対応を仮定する．LMAの構築された目的は，舞踊における表現の型を構築することにあるが，その枠組みは，定量化可能なレベルの具体性を持っている．近年では，この枠組みの工学的な応用がはじまっている．

たとえば，中田・森・佐藤 (2001) は，LMAにおいて提唱されている Weight エフォート (動作の総体的強度)，Space エフォート (動作の方向性の強さ)，

Time エフォート (動作の頻度) などの動作特徴を定量的に定義した．そして，これらの特徴量を操作するロボットの動作をデザインし，ロボットの動作と人間による感情知覚との関連を確かめた．

しかし，LMAを用いたこれまでの研究は，感情の意図的な表出 (他者に対する表出) を扱うものが多かった．人間は社会的場面で表出する感情と真の感情を使い分けているとされる (Ekman and Friesen, 1975)．感情と動作の対応関係を理解するためには，主体から意図せずに表出される動作を対象とした研究も必要になる．

そこで，本研究は，感情と動作に関わるLMAの知見を人間による自然な動作からの感情推定に応用することを目指した．実験では，実験室における実験参加者の感情状態を，環境音を利用することで誘導した．さらに，実験室内での実験参加者の動作を動画として記録し，画像処理的な手法によってLMAの枠組みに従う動作特徴量を算出した．算出された特徴量と主観的感情状態との関連を検討することを通し，動作と感情の対応関係を検討することを試みた．

2. 実験の方法

2.1 実験デザイン

感情を誘導する刺激として環境音に注目した．快音と不快音に関わる研究は過去に多く行われており (たとえば，島井・田中, 1993)，感情状態を誘導する実験の設定が容易であると考えたからである．

用意した環境音は，快音として川のせせらぎ音を含むもの (17秒)，不快音としてマイクのハウリングやドリルの音を含むもの (20秒) であった．これらは，Web上のリソースからダウンロードされた電子ファイルであった．複数のファイルを用意し，3名の評定者から得られた心地よさの評定に基づき，実験に用いる刺激を選定した．以後，前者の音声ファイルが提示される条件を快音条件，

後者が提示される条件を不快音条件と呼ぶ(被験者間要因)。

2.2 実験参加者

快音条件に10名,不快音条件に10名の大学院生が参加した。

2.3 手続き

環境音の音声ファイルは,ワイヤレスヘッドフォンを介して実験参加者にループ提示された。実験参加者へ身体的苦痛を与えることを避けるために,音圧の最大値を両条件ともに70db以下に調整した。実験室の大きさは2m(幅)×2m(縦)×2m(高さ)であり,床には畳が敷かれた(2畳)。参加者の動作を記録するために,実験室の天井には4台のビデオカメラが設置された。

参加者は,実験の目的を「環境音を伴う休憩室の評価」と教示され「環境音を聞きつつ,実験室において休憩すること」を求められた。また「実験室は個室となっており,ヘッドフォンを外さない限り自由に振る舞ってよい」と告げられた。

実験室には,参加者が1人で入り,実験者は室外で待機した。実験室において,参加者はワイヤレスヘッドフォン以外の特別なセンサ類を着用しなかった。ただし,実験室において,参加者は実験者から貸し出されたオレンジ色のつなぎを着用した。これは,動画による分析を容易にするための措置であった。実験室への入室から30分が経過した後,参加者はヘッドフォンを外し,退室した。

その後,参加者は実験室滞在時の感情状態を問う質問紙に回答した。感情状態の評定には,POMS(Profile of Mood States)短縮版を使用した。POMSは状況によって変化する感情・気分の状態を測定する質問紙である。短縮版は緊張,抑うつ,怒り,活気,疲労,混乱の6次元に分類される30の質問項目により構成され,各次元において標準化された得点が得られる(横山,2005)。

3. 分析

実験において得られた動画データに対し,LMAの枠組みを用いて分析した。先述したようにLMAの提唱する動作特徴量は,中田ら(2001)によって定量的に定義されている。しかし,彼らの定義は事前にプログラムされた動作を対象とするものであり,稼働部のトルクや,稼働角度などをパラメータとする。外部から感情状態を推定しようとする本研究においては,これらのパラメータの値を直接取得することはできない。

そこで,本研究では,動画から取得可能な動きの情報としてオプティカルフローに注目した。実験において記録された動画から,隣接するフレーム間のオプティカルフローを推定した。そして,そのベクトル情報を用いて,LMAによって提唱される動作特徴(Weightエフォート,Spaceエフォート,Timeエフォート)を定義した。

まず,動作の総体強度を表すWeightは,式1として定義した。

$$Weight = \sum_{n=1}^t \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y \frac{\|v_{nij}\|}{t \times x \times y} \quad (1)$$

$\|v_{nij}\|$ はフレーム n のピクセル ij におけるオプティカルフローのベクトル強度を表し,Weightはオプティカルフローのベクトル強度の時空間平均を表す。よって,この値が大きいつきに,実験参加者は身体全体として,素早い動作をしていたとみなせる。なお, t, x, y はそれぞれ,フレーム数,フレーム幅,フレーム高を表している。本研究では,フレームレートとして25fps,フレーム高240px,フレーム幅320pxの動画を用いた。

動作の方向性の強さとして定義されるSpaceエフォートについては,式2として定義した。

$$Space = \sum_{n=1}^t \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y \frac{\mu_n \cdot v_{tij}}{t \times x \times y} \quad (2)$$

μ_n はフレーム n におけるオプティカルフローの平均ベクトル(ベクトルの重心)であり,そのフレームにおける総体的な動きの方向を示す。Spaceは,この平均ベクトル μ_n とフレーム内の個別ベクトル v_{tij} の内積の平均として定義される。この値は,フレーム内のオプティカルフローが一致した方向に向かっていった場合に高くなり,フレーム内のオプティカルフローがそれぞれ別の方向へ向かっていた場合は低くなる。

上記2つの特徴量に基づき,動作の慌ただしさを表す特徴量として,Time(W)とTime(S)を定義した。

$$Time(W) = \sum_{n=2}^t \frac{|Weight(n) - Weight(n-1)|}{t} \quad (3)$$

$$Time(S) = \sum_{n=2}^t \frac{\mu_n \cdot \mu_{n-1}}{t} \quad (4)$$

Time(W)は,隣接するフレーム間でのWeightの差分の大きさを表す。この値は,動作の強度が時間的に大きく変動した場合に大きくなる。Time(S)は隣接するフレーム間で平均ベクトルの内積を算出し,それを平均したものである。動作の方

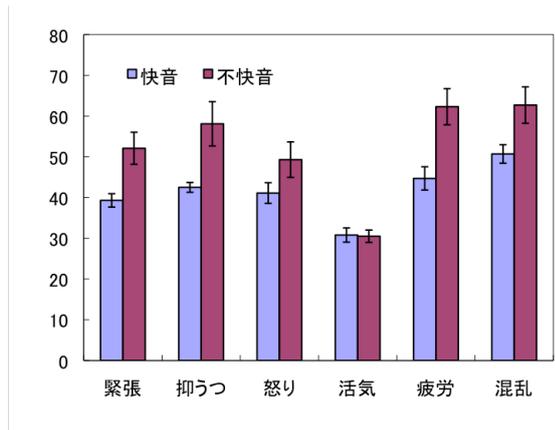


図 1 主観的感情状態 .

向が時間的に一致している場合に、この値が大きくなる .

実験室に設置された4台のカメラから得られた動画に対し、上記4つの特徴量を計算した . そして、これら4台のカメラから得られたデータの平均を、各被験者の動作特徴量として扱った . なお、本研究ではオプティカルフローの推定には勾配法を用いた . また、オプティカルフローの推定の前処理として、グレースケール化された背景差分画像を用意した .

4. 結果と考察

4.1 主観的感情状態

図1に実験室滞在後に評定された主観的感情状態の平均値を示す . 実験条件 (快音条件, 不快音条件) と感情次元 (緊張, 抑うつ, 怒り, 活気, 疲労) を要因とした分散分析の結果, 交互作用が有意となった ($p < .01$) . 単純主効果の検定の結果, 怒りと活気を除く感情尺度において, 不快音条件が快音条件を有意に上回った (緊張 $F = 8.97, p < .01$; 抑うつ $F = 7.89, p < .05$; 怒り $F = 2.64, n.s.$; 活気 $F = 11.12, p < .01$; 疲労 $F = 5.74, p < .05$) . ここから、環境音の操作による感情状態の誘導に成功したことが確かめられた .

4.2 動作特徴

図2は実験開始から実験終了までの時間を3分間隔に区切った動作特徴量を示す . 全ての動作特徴量の全時点において快音条件に比べ、不快音条件の動作特徴量の値が高いことが読み取れる . ここから、不快音条件では、方向性をもち、強い強

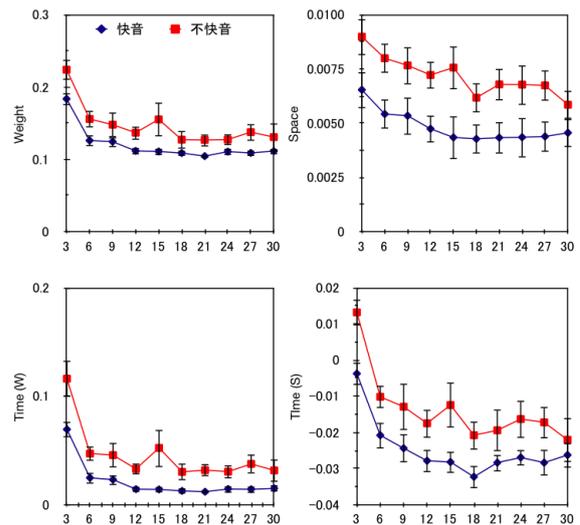


図 2 動作特徴量の変化 .

表 1 動作量とPOMS評定値の相関 (快音条件) .

	Weight	Space	Time(W)	Time(S)
緊張	-0.136	0.113	-0.181	-0.014
抑うつ	-0.028	0.129	-0.101	0.267
怒り	-0.531	-0.405	-0.657*	-0.355
活気	0.338	0.182	-0.005	0.187
疲労	-0.610	-0.493	-0.591	-0.436
混乱	0.324	0.413	-0.259	0.577

注. *は5%水準で有意 .

表 2 動作量とPOMS評定値の相関 (不快音条件) .

	Weight	Space	Time(W)	Time(S)
緊張	-0.616	0.389	0.798*	0.580
抑うつ	0.291	-0.050	0.540	0.140
怒り	0.731*	0.422	0.892*	0.661*
活気	-0.232	0.039	-0.020	-0.123
疲労	0.725*	0.451	0.719*	0.621
混乱	0.343	-0.001	0.510	0.158

注. *は5%水準で有意 .

度をもった慌ただしい動きがなされたと推測できる。この結果は、環境音の操作が、LMAの枠組みによって推定される動作特徴を変化させることを確かめるものである。

なお、両条件ともに、実験開始直後の特徴量が、以後の特徴量に比べ、高いという結果が得られた。この結果は、実験室環境への順応を示すものと解釈できる。

4.3 感情と動作の相関

感情尺度と動作特徴量（後半12分のみを対象）の相関を検討した（表1,表2）。両条件とも特徴量と感情状態評定値の組み合わせに、有意な相関が認められた。快音条件では怒りとTime (W), 不快音条件では緊張とTime (W), 怒りとWeight, Time (W), Time (S), 疲労とWeight, Time (W) に有意な相関が観察された。

この結果より、感情と動作に何らかの関係が存在することが確認できる。しかし、その関係は単純なものとはいえないさそうである。快音条件と不快音条件では、怒りとTime (W) の相関の傾向は一致しなかった（快音条件では負の相関, 不快音条件では正の相関）。また、不快音条件に限定しても、複数の感情尺度と相関する動作特徴が存在し、また複数の動作特徴と関連する感情尺度が存在した。

これらの結果は、感情次元と動作特徴が1対1に対応するものではないことを示している。つまり、複数の動作特徴の組み合わせにより、感情が表出され、単一の動作特徴が複数の感情表出の要素となると考えられる。そして、その多対多の関係は、環境に依存して変化する性質を持つことが、条件間での相関の差異から示唆される。たとえば、不快音により引き起こされる怒りは素早く慌ただしい動きとして表出されるが、快音聴取時に生起する怒りの程度は、素早い動きとはそれほど関係しないといった関係が推測できる。

5. まとめ

本研究は、人間の感情を環境音により誘導し、感情と動作の関連を検討した。結果、条件による動作の変化、および感情と動作の相関を確認した。この結果は、LMAの枠組みを用いた動作の解析が、感情状態の推定に有用であることを示す。だが、分析により得られた動作と感情の対応は複雑なものであり、本研究において得られたデータではその全容を説明することが困難である。今後、感情を操作する複数の環境要因を取り入れ、大規

模なデータを取得することでこの問題に取り組んでいく必要がある。

参考文献

- [1] Ekman, P. and Friesen, W. V. (1975). Unmasking the face. New Jersey: Prentice-Hall. (エクマンP・フリーセン W. V. 工藤力(訳)1987 表情分析入門ー表情に隠された意味をさぐるー誠信心書房)
- [2] 中田亨, 森武俊, 佐藤和正 (2001). ロボットの身体動作表現と生成される印象とのラバン特徴量を介した定量的相関分析. 日本ロボット学会誌, 19 (2), pp.252-259.
- [3] 島井哲志, 田中正敏 (1993). 環境音の快-不快評価と音圧の関係. 日本音響学会誌 49 (4). 243-252.
- [4] 横山和仁 (2005). POMS短縮版 手引きと事例解説. 金子書房.