

生理的指標に基づく映像刺激時の感情分類に関する研究

Classification of Emotion Induced by Visual Stimuli using Physiological Parameters

○守屋 浩史*, 吉澤 誠**, 田中 明*, 阿部 健一*, 山家 智之†, 仁田 新一†

○Hiroshi Moriya*, Makoto Yoshizawa**, Akira Tanaka*, Ken-ichi Abe*,
Tomoyuki Yanbe†, Shin-ichi Nitta†

*東北大学 大学院 工学研究科, **東北大学 情報シナジーセンター,
†東北大学 加齢医学研究所

*Graduate School of Engineering, Tohoku University, **Information Synergy Center,
Tohoku University, †Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University

キーワード : 判別分析 (discriminant analysis), 感情 (emotion), 多変量解析 (multivariate analysis),

連絡先 : 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大学大学院 工学研究科 電気・通信工学専攻 阿部研究室
守屋 浩史, Tel.: (022)217-7074, Fax.: (022)263-9290, E-mail: moriya@abe.ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

近年, コンピュータの性能の著しい上昇にともない, コンピュータと人間との間の感情コミュニケーションに関する研究報告が増えてきている^{1, 2)}. 感情コミュニケーションには, コンピュータに人間の感情を読み取る能力を与えるということと, コンピュータに感情の表現能力を与えるという2つの面がある. コンピュータにこのような能力が備われば, 感情の交流が可能な新しいヒューマン・インターフェース, フレンドリなペットロボット, あるいは人間らしいバーチャルアクターなどの開発につながる可能性がある.

生理学的観点から見ると, 情動行動が起こるときには, 交感神経系の活動が高まっていることが多いことが知られている. これにより, 循環機能の賦活(心拍数の増加, 血圧上昇など), 皮膚および内臓血管収縮, 呼吸数の増加, 血中グルコース濃度の増加, 手足における発汗, 立毛などが起こ

る.

Ax³⁾はヒトで, 心拍数などの自律反応パラメータを観察しながら, 恐怖刺激と怒り刺激に対する反応を調べた. その結果, 怒りで誘発される自律反応パターンと恐怖で誘発される反応パターンとは異なることが分かった.

また, Ekman⁴⁾らや, Dryer⁵⁾は, 被験者にいろいろな情動状態を想定させて顔の表情を変化させるよう指示し, 自律反応を調べた. その結果, このような擬似情動状態でも異なる自律反応パターンが誘発されたと報告している.

これまでの研究では, 解析に用いる生理的パラメータの種類には特に制限を与えず様々なものが利用されてきた. しかし, 本研究では, TV電話やチャットなどのネットワーク上でのコミュニケーション, 双方向通信が可能となるデジタルTV放送, あるいはインターネット上での多くの人々によるモニター調査の実現などへの応用を想定し,

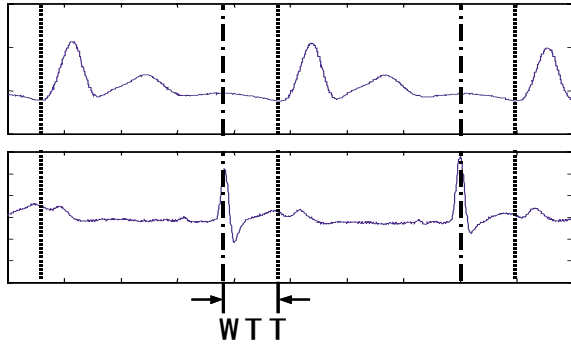


Fig. 1 脈波伝達時間 (上段：血圧，下段：心電図)

安価で小型な機器により測定可能であり，非侵襲的かつ容易に測定可能であるという条件を満たす生理的パラメータを選択し，これらにより人間の感情の判別が可能であるかについて検討した。

2. 実験概要

2.1 実験内容

分類の対象とする感情は「嫌悪」，「驚き」，「恐怖」，「喜び」，「悲しみ」，「怒り」の6種類とした．実験は，これらの感情を抱き易いようにするため，それぞれの感情を誘起すると思われる6種類の映像（各8分間）をランダムな順番で提示した場合と，映像を提示しなかった場合（安静8分間）の計7回行った．計測データは先に述べた条件を考慮して，心拍数，血圧，体温，発汗量の4種類とした．被験者として18～22歳の14名を用いた．

2.2 解析方法

本研究では，計測で得られた4種のパラメータに加えて，血圧波形と心電図波形から求められるFig.1のような脈波伝達時間（WTT）を採用し，計 $m=5$ 種類の指標を解析対象とした．まず，これらのデータの物理量の違いをなくすために各指標から全サンプルの平均値を引き標準偏差で割るような規格化を行った．その後，8分間の時間平均値を用いて判別分析を行うことにより，感情の分類を試みた．ただし，解析には実際にいずれかの感情を抱いた被験者のデータのみを利用した．

2.3 判別分析

判別分析では， m 次元観測値ベクトル $\mathbf{x}$ （5種類の指標を縦に並べたもの）と各群（ここでは感情）の重心（平均ベクトル） $\bar{\mathbf{x}}^{(k)}$ ； $k=1, \dots, g$ (g : 群の総数，ここでは $g=6$) との間のマハラノビスの汎距離

$$D_{(k)}^2 = (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}^{(k)})^T S^{-1} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}^{(k)}) \quad (1)$$

が最小になるように， $\mathbf{x}$ を群 k に分類する．ここで， $\bar{\mathbf{x}}^{(k)}$ および $m \times m$ 行列 S はそれぞれ平均ベクトルおよび分散共分散行列であり，

$$\bar{\mathbf{x}}^{(k)} = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} \mathbf{x}_i^{(k)} \quad (2)$$

$$S = \frac{1}{N-g} \sum_{k=1}^g \sum_{i=1}^{n_k} (\mathbf{x}_i^{(k)} - \bar{\mathbf{x}}^{(k)}) (\mathbf{x}_i^{(k)} - \bar{\mathbf{x}}^{(k)})^T \quad (3)$$

n_k ：第 k 群のサンプル数

N ：総サンプル数

から求まる．式(1)の中の $\mathbf{x}$ の2次の項は， k によらず一定であるので，式(1)を最小にする k を求めることは，次のような線形判別関数 $\mu_k(\mathbf{x})$ を最大にする k を求めることと同じことになる．

$$\mu_k(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T S^{-1} \bar{\mathbf{x}}^{(k)} - \frac{1}{2} \bar{\mathbf{x}}^{(k)T} S^{-1} \bar{\mathbf{x}}^{(k)} \quad (4)$$

3. 結果

3.1 判別結果

判別分析の結果をTable 1，Fig.2に示す．Table 1は実際にそれぞれの感情($k=1 \sim 6$ 群)を抱いた被験者のデータが解析によりどの感情に分類されたかを表している．Fig.2より，誤答率は各感情であまり差がないのに対し，正答率では「恐怖」と「悲しみ」，「怒り」が他の感情より低いことが分かる．そこで，この3つの感情を除いた場合について判別を行った（Fig.3）．その結果，ある程度の判別が行えた．さらに，今後の実用性を考え「嫌悪」と「喜び」の2種に限定し判別を行った（Fig.4）．

Table 1 判別分析結果（数字はサンプル数を表す）

		判別された感情						計
		嫌悪	驚き	喜び	怒り	恐怖	悲しみ	
実際の感情	嫌悪	3	1	0	0	1	0	5
	驚き	0	5	1	0	1	2	9
	喜び	1	0	3	1	0	1	6
	怒り	4	0	1	3	1	0	9
	恐怖	1	4	2	2	3	0	12
	悲しみ	1	3	3	3	2	2	14

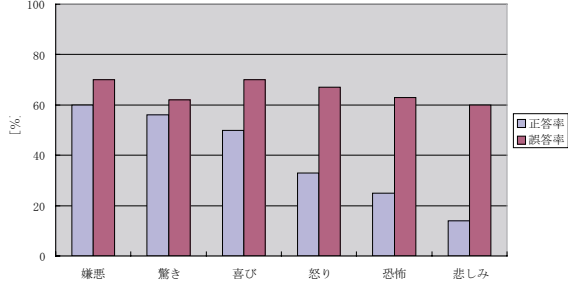


Fig. 2 判別分析の正答率および誤答率

3.2 解析指標の検討

ここでは、解析に用いた各パラメータがどのくらい判別に寄与しているかを表す寄与率について検討する。\$m\$個のパラメータを縦に並べて作られるベクトル\$\mathbf{x}\$の\$j\$番目の要素を\$_j\mathbf{x}\$で表す。判別分析に関するパラメータ\$_j\mathbf{x}\$の寄与率を\$F_j\$とすると、\$F_j\$は以下の(5)～(9)のように定義される。ここで\$_{[j]}\mathbf{x}\$は\$\mathbf{x}\$から\$_j\mathbf{x}\$を除いた\$(m-1)\$個のパラメータベクトルを表す。また、\$\mathbf{T}\$および\$\mathbf{W}\$はそれぞれ全体、群内の平方和積和行列である。

$$\mathbf{T} = \sum_{k=1}^g \sum_{l=1}^{n_k} (\mathbf{x}_i^{(k)} - \bar{\mathbf{x}})(\mathbf{x}_i^{(k)} - \bar{\mathbf{x}})^T \quad (5)$$

$$\mathbf{W} = \sum_{k=1}^g \sum_{l=1}^{n_k} (\mathbf{x}_i^{(k)} - \bar{\mathbf{x}}^{(k)})(\mathbf{x}_i^{(k)} - \bar{\mathbf{x}}^{(k)})^T \quad (6)$$

$$\Lambda = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{T}|} \quad (7)$$

$$\Lambda(j\mathbf{x}|_{[j]}\mathbf{x}) = \frac{\Lambda(\mathbf{x})}{\Lambda(j\mathbf{x})} \quad (8)$$

Table 2 6群の判別における各パラメータの寄与率

パラメータ	心拍数	血圧	W T T	体温	発汗量
\$F\$	0.94	1.06	1.30	0.44	1.93

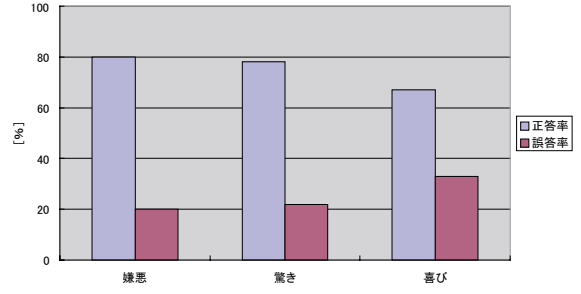


Fig. 3 「嫌悪」, 「驚き」, 「喜び」による判別結果

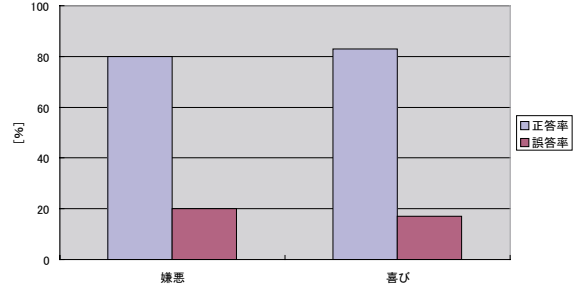


Fig. 4 「嫌悪」, 「喜び」による判別結果

$$F_j = \frac{N - g - m - 1}{g - 1} \cdot \frac{1 - \Lambda(j\mathbf{x}|_{[j]}\mathbf{x})}{\Lambda(j\mathbf{x}|_{[j]}\mathbf{x})} \quad (9)$$

Table 2 より、体温は判別への寄与率が低いことが分かる。実際に体温を除いた4個のパラメータで判別を行った結果をFig.5 に示す。Fig.2 と比較しても確かに判別結果にはあまり影響していないことが分かる。

4. 考察

判別分析の結果、「嫌悪」、「驚き」、「喜び」が比較的良く判別できていた。「嫌悪」、「喜び」に関しては元々のサンプル数が少なかったことが、良好な判別ができる原因とも考えられる。実際に、サ

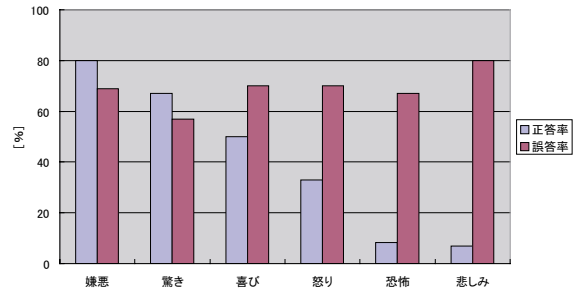


Fig. 5 体温以外の4パラメータによる判別結果

ンプル数の多かった「恐怖」、「悲しみ」の判別率は悪かった。そこで、「恐怖」と「悲しみ」のサンプル数をランダムに3個程度まで徐々に減少させて分析を実行した。その結果、サンプル数の減少とともに多少の改善はみられるものの、あまり良い判別は行えなかった。したがって、一概にサンプル数が多いほど判別がしにくいという訳ではないと思われる。

6種類の感情全部を判別する場合、すべての感情について誤答率が高いものの、「嫌悪」、「驚き」、「喜び」の正答率が50%以上となったのに対し、これまで生理的指標の変化に違いが出やすいと報告されている「恐怖」と「悲しみ」の正答率が低かった。この原因として、従来の研究とは解析対象の指標や感情の誘発方法に違いがあることなどが考えられるが、特に「悲しみ」の場合には、他の感情と比べて穏やかなものであり交感神経活動が低下し副交感神経活動が上昇することが推測される。このことが分類の困難性に関係している可能性がある。また本実験では、どのような感情の誘発を期待しているかが被験者に容易に推測される映像も含まれていた。このため、対応する感情を実際にあまり抱かなかったとしても自己申告の際に感情を抱いたと答えたケースもあったと推測され、これが判別成績の低下と関係することもあると考えられる。

しかし、「嫌悪」と「喜び」という相反する2種類の感情に分類対象を絞った場合、Fig.4のように、高い精度での判別が期待できる結果が得られた。今後の実験でこのことが立証されれば、双方向のデジタルTV放送やインターネット上での番組やCMに対する視聴者の反応が、ネガティブなものであるかポジティブなものであるかを大別するような目的に利用できるのではないかと考えられる。

また今回の解析では、各計測量の時系列データの8分間の平均値を入力変数として用いた。他の5種の感情もそうであるが、特に「驚き」はかなり瞬間的な感情であり、そこから誘発される生理的指標の応答も過渡的である。したがって今後データの時間的な切り出しなどの処理を追加して、時間分解能の向上を図る必要があると思われる。

5. おわりに

本研究では、計測が比較的容易な生理的パラメータに基づき、ビデオ映像から誘発される人間の感情を客観的に分類することがどの程度まで可能かについてを検討行なった。今回は、心拍数、血圧、体温、発汗量、および脈波伝達時間の5つのパラメータに基づき、「嫌悪」、「驚き」、「喜び」、「怒り」、「恐怖」、「悲しみ」の6種類の感情の分類を行うことを判別分析により試みた。その結果、6種類の感情全部を一度に判別する場合、「嫌悪」、「驚き」、「喜び」については正答率が50%以上となったものの、誤答率が全体的に60%以上となって高く、分類が困難であることがわかった。

これに対し、寄与率を求めることにより体温は入力対象から除外できる可能性があること、および、分類対象を「嫌悪」と「喜び」という相反する2種類の感情に絞れば、正答率が80%程度で誤答率が20%の十分な精度での判別が期待できることが分かった。

今後、有効と思われる部分のデータだけを客観的な基準で切り出したり、より効率的な感情誘発方法を工夫することで、実際に感情を抱いたデータ数を十分多く確保することができれば、感情分類の精度を向上させることができると期待される。

参考文献

- 1) R. Picard: Affective Computing., MIT Press: Cambridge(1997)
- 2) D. C. Dryer, L. M. Horowitz: Getting personal with computers: How to design personalities for agents., Applied Artificial Intelligence, 13, 273-295(1999)
- 3) A. F. Ax: Psychosom Med., 15, 433-442(1953)
- 4) P. Ekman, R. W. Levenson and W. V. Friesen: Science, 221. 1208-1210(1983)
- 5) D. C. Dryer: Multidimensional and Discriminant Function Analyses of Affective State Data, Stanford University, unpublished manuscript(1993)