

機関番号：17102
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500194
 研究課題名（和文） 顔の表情画像と温度画像および瞳孔開口の同時解析による感情の計測法に関する研究
 研究課題名（英文） Studies on measuring method of emotions by simultaneous analysis of facial expression image, temperature image and pupil opening
 研究代表者
 坂本 博康（SAKAMOTO HIROYASU）
 九州大学・芸術工学研究院・教授
 研究者番号：70112357

研究成果の概要（和文）：本研究では先ず、人の感情の表現法として次元法とカテゴリー法を検討し、種々の統計解析法を表情と温度画像に適用した結果、次元法と正準相関分析の有用性が判った。実験システムを開発し、被験者からのデータ取得実験と感情推定処理を行った。その結果、従来研究と同様に自然で自発的な表情誘発は非常に難しく各被験者の顔温度の変動傾向は大きく違っていたにも関わらず、被験者の感情を、その主観評価値の標準偏差と同程度の誤差で推定可能な計測法を提案した。

研究成果の概要（英文）： In this research, we first investigated the so-called categorical method and dimensional method for representing human emotions and applied several statistical methods for facial expression images and facial thermal images. It is found that the combination of the dimensional method and the canonical correlation analysis is one of the most effective methods. After developing and constructing our experimental systems and emotion estimating schemes, we conducted experiments for facial data acquisition from test subjects and estimation of their emotions. Similar to the reports of conventional studies, natural and spontaneous facial expressions are quite difficult to be induced and tendencies of fluctuation of facial temperature are different from subject to subject. In spite of these difficulties, we have proposed a method which can estimate a subject's emotion with the same degree of the estimation error as standard deviation of his subjective emotional evaluations.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：画像情報工学

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：感性計測評価，顔表情画像，顔温度画像，瞳孔，心拍，同時解析，感情推定，感情の次元説。

1. 研究開始当初の背景

（1）顔画像からの表情と感情の推定に関する従来の研究は、意図的に表出された顔表情

画像に対するもので占められ、自発的な表情を用いたものは希だった。ここで、感情・表情の表現としては4分類（幸福，悲しみ，怒

り、驚き)または6分類(前記に、恐怖、嫌悪を追加)に中立を加えた、いわゆるカテゴリ法に従う研究がほとんどであった。この分類のうち、ポジティブな感情は驚きの一部と幸福だけであり、他はすべてネガティブな感情を表すという意味で、バランスが悪いという面がある。

ところで、心理学や認知科学の分野では、従来から感情の表現方法としてカテゴリ説と次元説(快-不快などの次元(座標)で表す方法)が対立的に議論されており、未だ決着は得られていない。

(2) 他方、顔温度と感情の関連についても従来から多くの研究が行われているが、それぞれ異なる実験条件において異なる顔温度変化の傾向が報告されている。

(3) 脳波、脳磁計、MRI等の出力信号解析から感情を推定する方法の研究も数多いが、大きな装置を用いるので、応用分野が極めて制限される。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、簡便でなるべく非侵襲的に人の感情を推定・計測することを目指している。そのため、主に顔面から得られる複数の画像情報の内、顔表情、顔温度画像、瞳孔の大きさを同時解析し、単独の解析よりも信頼性の高い感情の推定結果を得る手法を求めたことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 人の自然で自発的な表情はもとより、顔温度や瞳孔の反応は、その人が実際に情動を引き起こさないと表出されないため、画像による情動刺激を提示しながら、3種類の顔画像を取得する実験システムを設計・制作した。ここで、静止画像、音声付動画の2段階の刺激強度を用い、それぞれ実験を行った。

① 刺激用静止画像には主に米フロリダ大学のIAPS(International Affective Picture System)の画像から選択し、動画にはホラーや喜劇などの映画を編集して利用した。

② 事前に不快、快と分類した画像・映像を、中立のものを間にはさんで交互に提示しながら、実験を進めた。

③ 画像取得実験後に、各刺激画像に対する次元説における3座標軸の主観評価値を回答してもらった。

④ 被験者からの各種の画像はそれぞれ次の機器を用いてデジタル録画された。顔表情画像はCANON製デジタルビデオカメラivis FS10、顔温度画像は日本アビオニクス社製サーモグラフィTVS-500EX、瞳孔画像はSONY社製近赤外線カメラCCD IRXC-E150。

(2) 本研究の開始後に、近赤外光を用いて指先などから比較的容易に血流を計測できる装置が商用化されてきたので、最終年度では、心電計からの心電波形も同時解析の対象に加えることにした。

(3) 本研究では計画時から感情の次元説に基づいて研究を進める予定であったが、投稿論文の査読委員からカテゴリ説を取らない理由の詳しい説明を求められたので、改めて両者の比較・検討を行った。

(4) 感情の推定法を決定するために、次のような検討を行った。

① 表情画像には正準相関分析(CCA)やカーネルCCA(KCCA)、温度画像には離散コサイン変換+k近傍法(DCT+kNN)、主成分分析+カーネルサポートベクタマシン(PCA+KSVM)、固有顔法及び部分空間法(SM)、相互SM(MSM)、制約相互SM(CMSM)をそれぞれ適用し、その特徴と性能を調査した。

② 手法の別の側面として、分類問題または回帰問題のどちらをとるかについても、上記の実験結果を基に決定する。

4. 研究成果

前述のように、本研究では感情の推定法にいろいろな統計的手法を適用して検討した。以下では、それらの結果をまとめる。

(1) 中程度の刺激強度を持つ静止画像を提示しながらデータ取得実験を行ったが、顔表情は全く表出されなかった。そこで、温度画像だけに対して表1のような3種類の解析手法を適用して、(不快-中立-快)の3分類における識別率を求めた。PCA+KSVMは他の手法より高い識別率を示すが、被験者によってはなお低い認識率である上に、分類数を増せば一層の識別率低下は必至である。以上より、これら3手法は以降では利用しないことにした。

表1. 各手法による顔温度からの識別率(%)

被験者	DCT + kNN			PCA+KSVM	6次元固有顔
	k=1	k=2	k=4		
KS	52.8	41.8	29.1	67.2	42.1
MS	71.4	60.5	41.6	80.2	53.0
TK	46.5	39.8	36.3	57.0	36.8
TM	36.8	34.3	37.3	42.6	42.8
YM	48.8	39.6	36.6	66.0	43.3

(2) 表情や感情の次元説とカテゴリ説に基づく表現法について。この分野の従来研究のうち大部分はカテゴリ説に基づいているが、この説には1.(1)で述べたポジティブとネガティブの感情のバランスが悪く、分類後に更に応用する場合の融通性の低さなど

に問題があると思われる。次元説を採れば以上の問題が少ないと思われるので、本研究では、快-不快、覚醒-沈静、接近-忌避の3次元による次元説を採用することにした。

(3) 本研究で製作した情動刺激提示型顔データ取得システムでは強い顔表情データを得ることが難しいので、JAFFE等の公開の顔画像データベースを利用して、顔表情画像からの感情推定法の確立を急いだ。

① ここでは、顔の特徴ベースではなく画像ベースの手法をとることとし、男女間に統計的分布の相当の差が見られるので、男女別の顔表情データに基づく感情推定を行った。男性データ(DB1)は複数の機関から収集した41名の4表情の144枚からなり、人種、背景などの撮影環境、画質などの相違が大きい。女性データ(DB2)はJAFFEデータの日本人10名の7表情213枚であり、撮影条件、画質とも良好で均一である。

② まず、各顔表情を(快-不快、覚醒-沈静)の2次元空間内で[-3, ~, +3]の7段階に主観評価する実験を行い、全被験者による評価値の平均と分散を求めた。

③ 顔表情画像を見る時の注視特性を本手法へ導入するために、視線追跡装置を用いて得た4表情の顔画像観察時の視線移動情報から、注視度を表す重みマスクを計算した。

④ 統計的解析手法としては、回帰問題へ直接利用可能なCCAおよびKCCAを採用し、その計算量を低減するためのPCAを利用した新しい改良法を提案している。Leave-one-out法による本提案法の感情測定結果の一部を表2に示す。ここで、(快-不快、覚醒-沈静)の行はそれぞれの次元における、推定値と②の主観評価の平均値からの平均誤差であり、(全体)の行は2次元平面における両者間距離の平均値である。

表2. 顔表情からの感情計測の平均誤差

手法	注視特性 データ	閾値2値化		矩形加算	
		DB1	DB2	DB1	DB2
C C A	快-不快	0.922	0.488	0.887	0.491
	覚醒-鎮静	0.928	0.520	0.900	0.524
	全体	1.169	0.611	1.120	0.615
K C C A	快-不快	0.867	0.491	0.848	0.498
	覚醒-鎮静	0.788	0.515	0.770	0.517
	全体	1.039	0.600	1.009	0.608

⑤ この表から、以下の結果を得た。DB2のように中程度の画質で均一な顔表情データについては、-3~+3の評価値範囲に対して各座標軸で約±0.5、2次元空間内でも約±0.6程

度の良好な推定が可能であり、十分実用的な手法が得られた。KCCAは通常のCCAより良い推定が可能であり、計算量も低減できることから推奨できる方法である。

⑥ 具体的な応用例として、映画「スウィングガールズ」からの男性と女性の表情変化に対する感情の測定結果をそれぞれ図1, 2に示す。図(a)の画像①~⑧に対する快-不快の推定値と覚醒-沈静の推定値をそれぞれ図b, cのグラフ上の同じ番号で示している。いずれの推定値も、表情と感情の変動を良く表していると考えられる。

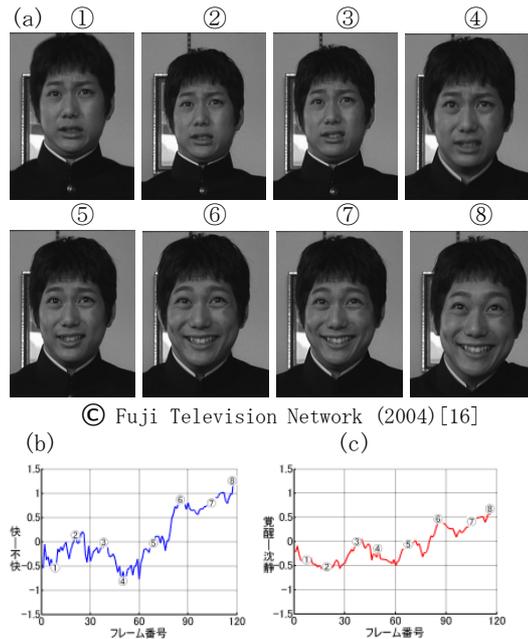


図1. 男性動画の顔表情変化(a)と測定結果(b, c)

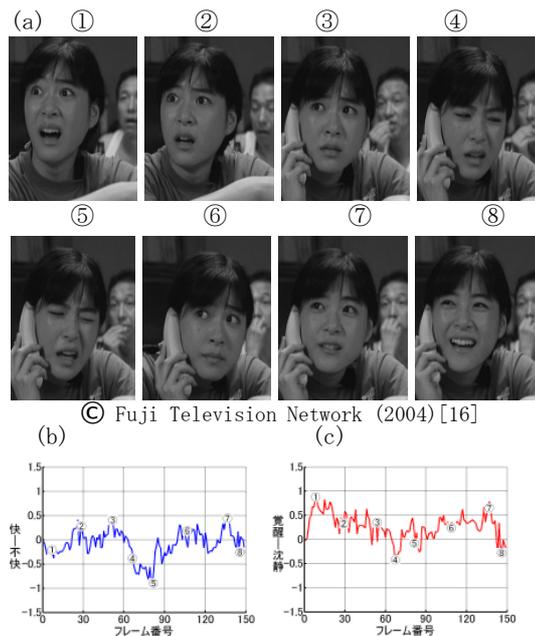


図2. 女性動画の顔表情変化(a)と測定結果(b, c)

(4) 前述した4.(1)の実験では全く表情が表出されなかったため、次の策をとった。

① IAPS の中で特に刺激が強いと思われる画像を選択し、その提示の際に静止の刺激画像の内容とそれに対する感想を被験者自身で発話させることによって、顔表情を誘起させる実験を行った。しかし、これでも図1(a)の①～④の範囲を超える十分な表情を表出させることはできなかった。この原因は、顔表情は元来対人コミュニケーションの媒体であり、仮想刺激に対する独り言に伴う必要性が乏しいことによると思われる。

② 十分な表情が得られないことから、前述の実験と同様に、温度画像だけからの解析と快-中立-不快の感情への分類を、部分空間法(SM)とその拡張法(MSM, CMSM)を用いて行った。しかしながら、その識別率の結果はいずれも40%前後という4.(1)の結果より低い値にとどまり、実用的な手法とは言えない。

(5) 次の刺激提示・画像データ取得実験として、音声付動画の刺激を提示しながら、被験者の発話を求めた実験を行った。ここでは、心電計の信号も取得して3種類の画像とともに同時解析に利用した。

① 採用した映画は、ホラー4本、コメディ2本、成人映画2本、小動物や美しい風景各1本などに加え、中立の動画として書物や椅子等の静止画を画面内で動かして作成したものを利用した。

② 表情の強さの点では、この方法によって

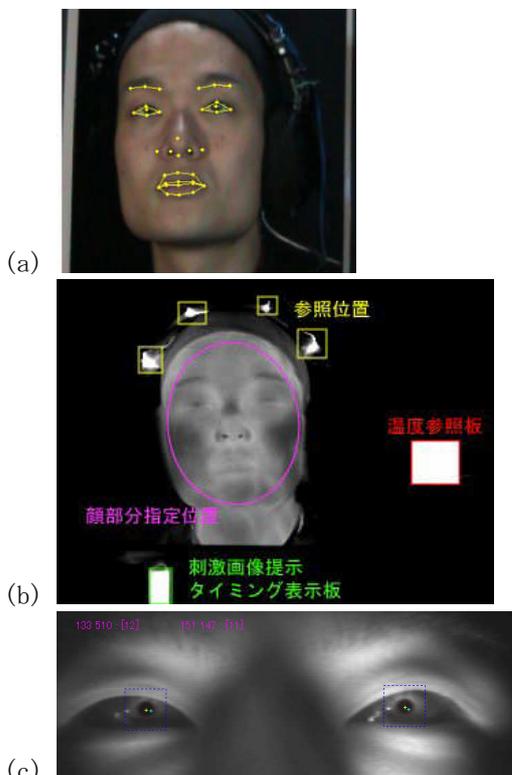


図3. (a)表情画像, (b)温度画像, (c)瞳孔画像.

図1(a)の①～⑤の範囲を超えるような十分強い表情を表出させることはできなかった。また、温度についても、同レベルの主観評価値を持つ刺激映像に対する温度変化の傾向は、被験者ごとに大きな相違が見られ、共通の変化傾向を認めることはできなかった。心拍周波数は覚醒-沈静の主観評価値との弱い関連が見られるが、本実験のデータは被験者の動きによるノイズの影響が大きすぎて明確な関係を示すには至らなかった。一方、瞳孔径には、特に覚醒-沈静の主観評価値との良好な相関が認められた。

③ 被験者には画像データ取得実験後、各刺激映像に対する快-不快、覚醒-沈静、接近-忌避の3主観評価値を、各々-4 から+4 の9レベルで評価してもらった。

④ 上の4種の計測データから、次の86次元計測値ベクトルを構成した。顔表情の38個の特徴点座標(76次元)、顔全体・鼻・頬・額の温度とその時間差分(8次元)、心拍周波数(1次元)、瞳孔径(1次元)。但し、各部分はそれぞれノルム1となるように正規化して影響力を揃えている。

⑤ 上のデータ作成のタイミングとしては、上記4箇所の顔温度と心拍周波数の時間差分の絶対値をとり、その総和が最大となるものから2ヶ所の時刻を決定し、その時刻から1秒毎に5個のサンプルを取り出した。刺激映像毎に10サンプルを取ることで、被験者当たり27刺激映像に対して270サンプルを得ている。

⑥ この中から取った任意の1サンプルをテストデータに使う。これと同じ刺激映像提示時の全サンプルを除いた260サンプル及びそれらの刺激映像の主観評価値を学習データとして、CCAとKCCAを設計し、テストデータに対する感情の推定値を求めた。

⑦ 表3に被験者2名分の推定結果の平均誤差を示す。表2と比較して大きな推定誤差である。その原因は、学習データにおける明確な表情や温度変化の特徴が観測されていないこと、同じく主観評価値は平均値ではないので信頼性が低いこと等が挙げられる。経験的に言えば、9レベルの主観評価値の選択に際しては両隣の数値と迷うことも少なくないので、±1程度の標準偏差もあり得るものと考えられる。

表3. 推定値の平均誤差

	CCA		KCCA	
	快-不快	覚醒-沈静	快-不快	覚醒-沈静
SBJ1	2.06	1.60	1.88	1.41
SBJ2	1.82	0.976	1.67	1.15

(6) 以上の研究成果の意義や今後の展望について述べる。

① 多くの従来研究で述べられているように、

自然で自発的な十分強い表情を被験者に表出させることは非常に難しい。被験者に刺激映像に関する発話を課すことによって表情表出を図ったが、なお十分なだけの表情を誘発できなかった。被験者間の実験条件を一定に保ちながら、十分な表情を表出させる方法を考案する必要がある。

② 上記(3)で示したように、十分強い表情からは単純な(複数の感情が混合していない)感情を実用的な精度で計測可能であることが判った。これに瞳孔径と心拍周波数のデータを組み合わせることによって、少し複雑な(混合した)感情の計測も可能になると期待できる。

③ 温度画像と感情の関連にかかわる複数の従来研究においては、別々の実験条件下ではあるが、同種の感情の状況における一致した温度変化の傾向が見られていなかった。本研究においては、同一の実験と刺激条件の下で、被験者の間に従来研究と同様に一致しない結果を得たという意義がある。

④ 近年ではサーモグラフィによる非接触な顔温度計測が比較的安価に可能となった。しかし、感情の変化に伴う顔面温度の変化は比較的小さいので、風や周囲温度あるいは発汗の影響など、顔面温度の測定環境を一定に保つことの困難さや測定機器の温度分解能の不足などの理由から、顔面温度の変化を感情の測定手段として利用することは、實際上あまり有効とは言えないであろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 谷卓哉, 長谷川浩司, 坂本博康, 坂田年男, 廉田 浩, 福島重廣, 正準相関分析と注視特性による顔表情画像からの感情の測定法, 日本知能情報ファジィ学会誌: 知能と情報, 査読有, Vol. 22, 2010, pp. 52-64.
- ② H. Sakamoto, S. Matsuoka, S. Fukushima, H. Kadota, T. Sakata, Recognizing Emotions by Analyzing Facial Thermal Images Using Subspace Methods, International Workshop on Advanced Image Technology 2010, 査読有, 2010, CD-ROM.
- ③ H. Sakamoto, S. Matsuoka, S. Fukushima, H. Kadota, S. Watanuki, Y-K. Kim, J. Takakura and K. Taniguchi, Classification of Emotions by Facial Thermal Images, Proc. Eurasip Conference BIOSIGNAL 2008, 査読有, 2008, CD-ROM.

[学会発表] (計7件)

- ① 有田繭子, 松藤貴大, 坂本博康, カーネル正準相関分析を用いた顔表情と生理指標からの感情の推定法, 情報処理学会火の国情報シンポジウム 2011 論文集, 2011年3月9日, 福岡大学.
- ② 有田繭子, 坂本博康, 正準相関分析を用いた顔温度画像解析による感情の推定法, 電気関係学会九州支部連合大会, 2010年9月26日, 九州産業大学.
- ③ 松岡さゆり, 越智春香, 坂本博康, 部分空間法を用いた顔温度画像解析による感情識別, 電気関係学会九州支部連合大会, 2009年9月29日, 九州工業大学.
- ④ 長谷川浩司, 坂本博康, 正準相関分析を用いた顔画像の合成, 電気関係学会九州支部連合大会, 2009年9月29日, 九州工業大学.
- ⑤ 谷卓哉, 長谷川浩司, 坂本博康, 坂田年男, 廉田 浩, 福島重廣, 注視特性と正準相関分析による顔表情や感情の計測法, 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会, 2009年3月18日, 東京工業大学.
- ⑥ 坂本博康, 松岡さゆり, 坂田年男, 福島重廣, 廉田 浩, 高倉潤也, 金亮奎, 綿貫茂喜, 顔温度画像解析による人の気分の識別, 第13回日本顔学会大会フォーラム顔学2008, 2008年10月12日, 東京大学.
- ⑦ 谷卓哉, 長谷川浩司, 坂本博康, 廉田 浩, 福島重廣, 坂田年男, 注視特性を用いる顔表情や感情の計測法, 電気関係学会九州支部連合大会, 2008年9月24日, 大分大学.

[その他]

ホームページ等

<http://www.design.kyushu-u.ac.jp/~sakamoto>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂本 博康 (SAKAMOTO HIROYASU)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号: 70112357

(2) 研究分担者 何れも平成20年度のみ

廉田 浩 (KADOTA HIROSHI)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号: 90363390
福島 重廣 (FUKUSHIMA SHIGEHIRO)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号: 60027927
綿貫 茂喜 (WATANUKI SHIGEKI)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授

研究者番号：00158677
坂田 年男 (SAKATA TOSHIO)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：20117352

(3)連携研究者

廉田 浩 (KADOTA HIROSHI)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：90363390

以上，平成21年度末に定年退職。

以下，平成21～22年度のみ。

福島 重廣 (FUKUSHIMA SHIGEHIRO)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：60027927

綿貫 茂喜 (WATANUKI SHIGEKI)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：00158677

坂田 年男 (SAKATA TOSHIO)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：20117352