JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	顔表情の可視情報と非可視情報による感情推定に関する研究
Author(s)	小谷，一孔
Citation	科学研究費助成事業研究成果報告書：1-5
Issue Date	2014-06-19
Type	Research Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12178
Rights	
Description	研究種目：基盤研究(C)，研究期間：2011～2013，課題番号：23500208，研究者番号：20225452，研究分野：画像認識、画像処理，科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２６　年　　６　月　１９　日現在

機関番号：　１３３０２
研究種目：　基盤研究(C)
研究期間：　2011～2013
課題番号：　２３５００２０８

研究課題名（和文）顔表情の可視情報と非可視情報による感情推定に関する研究

研究課題名（英文）Estimation of human emotion by visible and invisible feature of facial image

研究代表者
小谷　一孔（Kotani, Kazunori）

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：２０２２５４５２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　4,000,000円、（間接経費）　　1,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は顔表情（可視情報）と顔温度画像（非可視情報）を用いて人の感情を推定する。このため、人の基本感情において顔画像とこれに対応する顔温度画像のデータベースを作成した。そして、顔画像、顔温度画像、顔画像と顔温度画像とを組み合わせた感情推定手法を試作し、各々の特性を評価した。その結果、いずれかのみを用いた場合、７０%程度の推定精度が得られる感情クラスが見られた。更に顔画像と顔温度画像とを組み合わせることにより１０ポイント程度の精度向上が得られる感情クラスが見られた。可視情報と非可視情報とを組み合わせにより感情強度の推定やより複雑な感情クラスの推定が可能であるとの知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：This research estimates human emotions by using facial expression (visible information) and a facial temperature picture (invisible information). For this goal, we created the database of facial expression image and corresponding facial temperature image in the basic human emotion classes. Then, we have developed an estimation of human emotion method which takes facial image, facial temperature image and combined both of them. As a result of evaluating the characteristics of our method, the accuracy of estimation is about 70% when only either was used. Furthermore, the accuracy improved about ten point by combining a both of them. By the consideration of experimental results, our approach is able to obtain the new possibility of estimation for feeling intensity and complicated feeling classes of human emotion.

研究分野：　画像認識、画像処理

科研費の分科・細目：　情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：　感情推定　顔表情　顔温度画像　サーモグラフィ

１．研究開始当初の背景

研究代表者小谷は人とロボットとが家庭で共に暮らす日が来ると確信している。そのときロボットは単なる道具や機械としてではなく、人格を持った同格の存在で共生しているであろう。人間とロボットが共生するとき最も重要なことはなにか。それは、互いに意図を伝え、気持ちをくみ取ることである。意図は言葉やキー操作のような言語的（バーバル）情報によって伝達でき、多様なインタフェースや認識技術が開発されてきた。一方、気持ちや感情のような非言語的（ノンバーバル）情報は言語的情報から間接的に推定するか、人とロボットの視覚・聴覚情報から２次的に推定しなければならない。

Mehrabian らは、このような非言語的情報の約５５％は顔表情によって表現され、顔表情による感情コミュニケーションの重要さを示した。

我々は 1988 年より顔画像による顔表情推定に取り組んできた。中出も EMC と呼ぶ新しい固有空間法を提案し、顔画像（濃淡値、３次元形状）から顔表情特徴を精度良く表す特徴空間（部分空間）を導出した。これは人の感情クラスと物理量が対応する特徴空間において、各クラス間の分散とクラス内の分散の差を最大化することにより高い識別精度と汎化性を達成できる。また EMC をカーネル法、独立成分分析に拡張、一般化させることにより精度と汎化性の向上を得ている（基本６表情について未学習の顔画像に対して約８０％の表情識別精度）。実環境における顔表情推定では顔の向きが正面以外で大きな表情推定誤差を生じる。我々は、顔画像特徴点の高精度自動抽出手法、wavelet 変換による多重解像度顔画像解析、DP マッチング、パラメトリック EMC 法による顔の向きにロバストな表情推定手法を検討しており、可視情報に対する表情認識技術の十分な蓄積がある。

しかしながら、我々が開発した表情認識技術は顔表情を約 80%の精度で認識できたが、この結果は顔表情のカテゴリ分類であって、人の感情と直接結びつくとは限らない。例えば、人の笑顔の表出は幸福時だけに限らず、悲しいとき、困惑したときにも表れるし、微笑、嘲笑、至福など顔表情と感情とは１対１対応しない。これらの問題は、これまで Mehrabian らが提唱していた表情クラスの範囲では人の感情推定には不十分であり、顔表情には表れない（または表さない）感情の範囲、レベルがあることを示している。このため、顔画像以外のメディアによる感情推定手法が必要である。

２．研究の目的

本研究では、顔画像のような可視情報だけでなく、非可視情報である顔皮膚温度を計測し、人の顔表情の深部をパターン解析する。顔皮膚温度パターンは人の血流を反映しており、心拍に起因するから感情に対する人間情報をより直接的に解析できる。ただし、顔画像、顔皮膚温度には表情表出の時間差や対応点決定などパターン特徴、系列、同期などの問題が考えられる。本研究ではこれら顔表情の可視情報と非可視情報とを統合する手法を与え、人の感情を推定する技術を確立し、上記した人とロボットとが感情を交えあうインタラクション環境の実現を目指す。

３．研究の方法

図１に本研究実施の流れを示す。

(1)非可視情報のデータベース構築

本研究の端緒となる可視情報、非可視情報のデータベースを構築する。

各表情のシーンに対して次の様な特性を考慮して顔画像、顔距離画像、顔皮膚温度画像を撮影し、デジタイズしてデータベースを作成する。

- 各情報の時間的、意味的同期を検討するため、ある表情の一つのシーンについて顔画像、顔距離画像、顔皮膚温度画像を同時に撮影する。
- 各画像に対し、ダイナミックレンジ、位置ずれ、領域の大きさについて正規化処理を行う。
- 撮影する表情クラスは基本 7 表情（平常、幸福、悲しみ、嫌悪、驚き、恐怖、怒り）に加え、笑い顔では幸福以外、泣き顔では悲しみ以外の感情における顔表情を用いる。

(2) 表情空間、感情空間の定義、相互のマッピング

顔画像、顔距離画像により表情クラスを識別する表情空間（特徴空間）の定義、顔皮膚温度画像により感情クラスを識別する感情空間（特徴空間）の定義（心理物理的、数理的）と特性の解析を行う。

- 表情空間と感情空間とは1対1対応しない。可視情報による表情空間と非可視情報による感情空間との組み合わせ、あるいは統合により人の感情を推定するマップを作成する。
- 表情空間での表情クラスの分解能、分離度と感情空間での感情クラスの分解能、分離度の特性を解析する。

(3) 顔皮膚温度画像による感情推定

作成したデータベースを用いて顔皮膚温度画像による感情推定（認識）実験を行う。

- 認識エンジンとしては、これまで我々が開発した固有空間法に加え、特徴点抽出による手法も検討する。
- 本研究課題で購入する赤外線カメラの解像度は 320 画素×240 画素程度であり、解像度は高くない。またその機構はボロメータによる相対温度を計測するものであり、温度計測の分解能、安定度にも限界がある。このような低品質な情報を

用いた機械認識では一般にクラス分解能を高くできない。表情クラス数を 2 クラス（例：幸福、悲しみ）程度に絞るなど顔皮膚温度画像に適した感情推定手法について検討する。

(4) 顔画像、顔距離画像による表情推定実験

作成したデータベースを用いて顔画像、顔距離画像による表情推定（認識）実験を行う。認識エンジンとしては、これまで我々が開発した固有空間法に加え、特徴点抽出による手法も検討する。

(5) 可視情報、非可視情報の同期、統合

可視情報による辞書データとの類似度、非可視情報による辞書データとの類似度と統合する手法、可視情報と非可視情報とで別の特徴空間を張って感情クラスを分離する手法を検討する。２つの情報の組み合わせ、統合による感情推定特性を検討する。

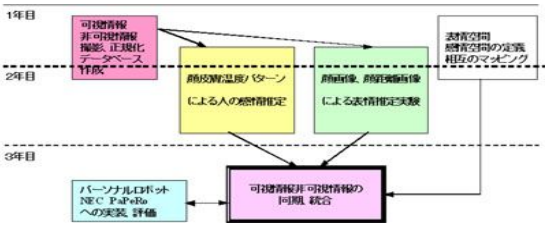

図１．本研究実施の流れ

４．研究成果

(1) 可視情報、非可視情報のデータベース作成

基本 7 表情の表情クラス（平常、幸福、悲しみ、嫌悪、驚き、恐怖、怒り）において、30 名の被験者に対して顔画像およびこれに対応する顔距離画像、顔皮膚温度画像を撮影し、デジタイズしてデータベースを作成した。国内外においてこのようなデータベース存在せず、今後 HP にて公開する予定。

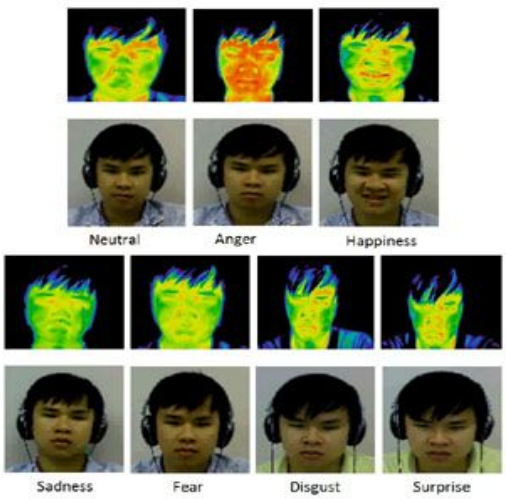

図２． 顔表情画像と顔皮膚温度画像の例

(2) 顔皮膚温度画像による感情推定

作成したデータベースに対して既に我々が開発した固有空間法（EMC）を用いて顔皮膚温度画像による感情推定（認識）実験を行った。温度画像のみを用いた場合、７０％程度の認識精度が得られたが、表情クラスによっては精度が５０％を下回るクラスが見られた。

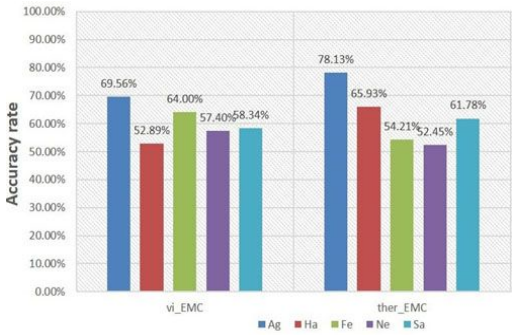

図３．顔表情画像（左）、顔温度画像（右）による感情推定結果

(3)顔皮膚温度画像における眼鏡の影響

被験者が眼鏡を着用している場合、その部分の顔皮膚温度の計測が不可能であることが分かった。眼鏡は目の周囲を覆うことから、感情特徴の現れやすい目、まぶた、眉の周辺のデータが得られない。但し、感情により顔皮膚温度変化が生じやすいのは図 4 に示すように額や頬などの領域であり、この領域（t-ROI, thermal Region of interest）に限定して顔皮膚温度画像を計測すれば眼鏡の影響を受けないだけでなく、認識に用いる特徴ベクトルの次元を大きく低減できるので計算コストも大幅に軽減できる。t-ROI の領域はサーマルカメラによって容易に抽出できるので、新たな領域抽出手法を適用する必要はない。

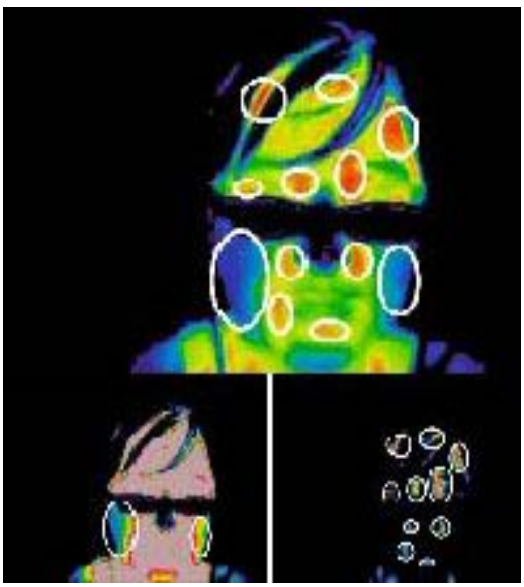

図４．顔皮膚温度画像における眼鏡領域の影響と t-ROI（白く楕円で囲んだ部分）

(4) 顔皮膚温度画像と顔画像を用いた感情推定

固有空間法において特徴ベクトルと辞書データとの類似度を計算する部分で顔皮膚温度画像と顔画像による感情推定（認識）を統合することを試みたところ、最大で１０ポイント程度の推定精度の向上が見られた。

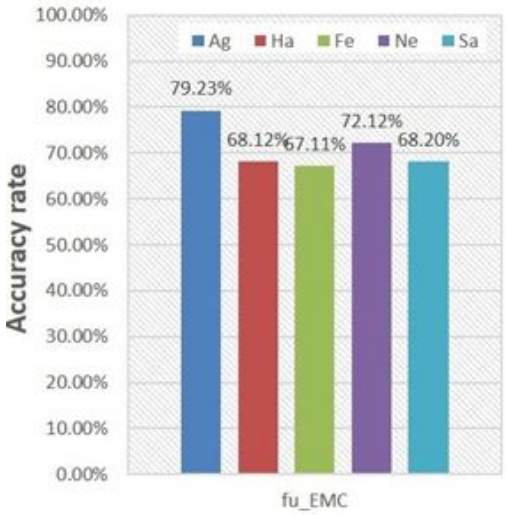

図５．顔表情画像と顔温度画像を統合した感情推定結果

(5) 顔皮膚温度画像と顔画像による特徴ベクトルの時間同期

感情が顔皮膚温度に現れるまでに 5 秒から 30 秒程度の時間を要することがデータベースから明らかになった。更にこの時間は個人性による影響が大きい上、感情クラスによっても大きく変動する。このため、上記(3)における２つのメディアを統合して感情推定する手法はよいアプローチとは言えない。それぞれを独立に用いて感情推定し、感情の時間変化、推移をリンクさせる統合方法が必要であろう。

本研究は顔画像、顔距離画像のような可視情報に加え、顔皮膚温度による非可視情報により、人の顔表情の深部を解析し、感情をより直接的に推定する他に例を見ない独創的な研究である。特に

① 顔皮膚温度を赤外線カメラで撮影するとき、感情が心拍数を変え、血流に反映されて皮膚温度が変化するには時間遅れがある上、顔皮膚温度パターンの空間的解像度、温度レベル分解能は高くないと予想される。このような特性の情報による人の感情推定技術の実現は挑戦的な研究課題である。

② 可視情報（顔画像、顔距離画像）による顔表情空間と非可視情報（顔皮膚温度）による感情空間との関係は多対多対応である。また、これらの空間的、時間的同期を与え、統合する技術は高い学術的特色を有する。

③ 本研究は機械認識により人の感情を推定・認識する技術を与え、これは人とコンピュータ、人とロボットによる感情インタラクションの実現に必須の技術である（図６）。

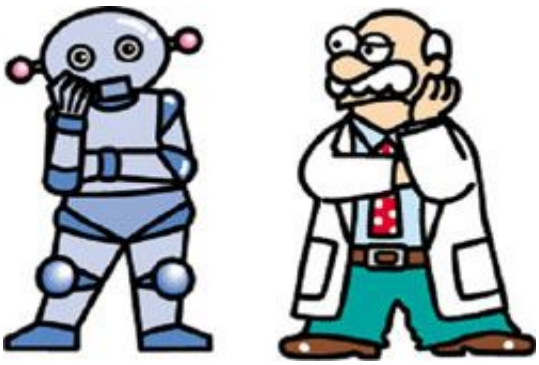

図６．人とロボットとの感情コミュニケーション

上記成果についてそれぞれ国際会議において発表し、国外のジャーナルに投稿した。

(6) 今後の課題

本研究課題では、顔表情画像に加えて顔温度画像を解析することにより人の感情を推定できるだけでなく、顔表情に表れない感情の推定を試みた。人の顔表情は俳優や女優のように意識して作ることが可能であるが、顔皮膚の温度は生理的に脳の感情を感じる部分と結ばれているのでより直接的に感情推定できる。今後の研究課題として次のことを考えている。

- 顔表情画像、顔温度画像の拡充
  データベースの価値は含まれるデータの数と特性のバリエーションの豊富さにある。引き続きデータベースの拡充が必要。
- 顔皮膚温度画像と顔画像による特徴ベクトルの時間同期
  本研究課題においては顔表情画像と顔温度画像に感情特徴が表出するまでに異なる時間差があることは確かめられたが、この時間差をどのように同期させればよいかまでは検討できなかった。この時間差そのものが感情を表すことも考えられるため（作り顔をしている、ポーカーフェースなど）、単に同期するだけでなく、感情特徴として解析する必要がある。
- インタラクションロボットに実装して評価
  人の感情はロボットとのインタラクションにより変化する。これは、インタラクションにおいて相互に感情のコミュニケーションが行わ

れているからで、本研究は人とロボットとの高品位な感情コミュニケーションの実現を目指している。本研究課題が与えた人の感情推定手法をロボットに実装し、どこまでのクォリティの感情コミュニケーションが実現できるのか評価したい。

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０件）

〔学会発表〕（計４件）

1. H. Nguyen, K. Kotani, F. Chen and B. Le : “Human Emotion Estimation using Wavelet Transform and t-ROIs for Fusion of Visible Images and Thermal Image Sequence”, The 2014 International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA), Jun. 30-Jul. 3, 2014 (accepted), Guimaraes, Portugal
2. N.Viet hung, F. Chen, 小谷, L. H. Bac, : “Estimation of Human Emotion Using Regions of Interest in a Facial Thermal Image”, 2013年映像メディア処理シンポジウム, (PSCJ/IMPS2013), 2013年11月6日～8日, 静岡
3. H. Nguyen, K. Kotani, F. Chen and B. Le : “A Thermal Facial Emotion Database and Its Analysis”, 6th Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (PSIVT 2013), Oct. 28-Nov. 1, 2013, Guanajuato, Mexico.
4. H. Nguyen, K. Kotani, F. Chen and B. Le : “Estimation of Human Emotions Using Thermal Facial Information”, The 2013 5th International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2013), Oct. 26-27, 2013, Hong Kong, China

〔図書〕（計０件）

〔産業財産権〕
○出願状況（計０件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計０件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

６．研究組織
(1)研究代表者
小谷　一孔（KOTANI KAZUNORI）
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：２０２２５４５２

(2)研究分担者
（　　）

研究者番号：

(3)連携研究者
（　　）

研究者番号：