

顔面皮膚温度及び顔面の Lab 色空間情報を用いた生理心理学的 ROI の長期変動評価 Evaluation of Long-term Variation in Physiopsychological ROI Using Facial Lab Color Space and Facial Skin Temperature

浦上 健太郎[†] 南雲 健人[†] ラムサル ビカス[‡] 大岩 孝輔[†] 野澤 昭雄[†]
Kentarō Urakami Kent Nagumo Bikash Lamsal Kosuke Oiwa Akio Nozawa

1. はじめに

近年、日々の健康管理を目的とした遠隔的に生体情報を測定する技術が注目されている[1]。日常の中で他者の顔色から健康状態を主観的に判断する場面がある。生理心理学的に、顔色の変化は自律神経系の作用による顔面の皮膚血管の拡張・縮小によって引き起こされる。廣田らは、緊張や喜び、不安などの情動的刺激や運動により顔色が変化する可能性を示唆しており[2]、日々の健康状態と顔色の因果関係によって自律神経系活動の類推が可能だと考えられる。一方で、顔面皮膚温度は自律神経系活動による皮膚血流量の変化に関連した生理指標であり、赤外線サーモグラフィカメラを用いた遠隔計測が可能である。先行研究において鼻部、頬部、眼窩上部、眼窩下部、額部、顎部等の顔面部位ごとの皮膚温度変動と感情に関する生理心理状態に因果関係があることが明らかとなっている[3]。また、顔面皮膚温度及び顔色を用いた生理心理学的 ROI の長期変動評価[4]では、顔面画像上に生理心理学的に関心のある領域 (Psychophysiological Region Of Interest, 以下 PP-ROI と略記) を定義し、PP-ROI の RGB 値長期変動評価を行った結果、眼窩部の温度値及び R 値が生理心理状態の長期変動に関する部位であることが示唆された。しかし、RGB 色空間はディスプレイへの出力を想定したカラーモデルであるため、色値の変化に対する人間の感じ方が異なる。他者の顔色から健康状態を主観的に判断する場面があることを考慮すると、色値の変化に対する知覚的均等性を考慮した色空間に基づく評価が必要だと考えられる。本研究では、PP-ROI における顔面皮膚温度及び知覚的均等性を持つ Lab 色空間情報を用いた長期変動評価を行った。

2. Lab 色空間

Lab 色空間とは、明度 L と色相及び彩度を示す色度 a, b で表される色空間である。L の正の値が白方向、負の値が黒方向、a の正の値が赤方向、負の値が緑方向、b の正の値が黄方向、負の値が青方向である。Lab 色空間は人間の視覚に近似するように設計されているため、色差を知覚的に均等に扱うことができる。本研究では、可視画像の RGB 色空間から Lab 色空間への変換を行った[5]。まず、RGB 色空間から国際標準規格である sRGB 色空間への変換を行った。次に、sRGB 色空間から XYZ 色空間への変換を行った。その後、XYZ 色空間から Lab 色空間への変換を行った。ただし、照明環境は国際照明委員会 (CIE) により定義された標準光源 D65[6]と仮定した。

3. 実験方法

被験者は健康成人男女 6 名とした。食事、睡眠、喫煙、前日の飲酒などの統制は一切行わなかった。実験は室温 $24.0 \pm 3.0^\circ\text{C}$ の実験室にて約 1 ヶ月間、平日の午前 10 時半から 11 時半の間に可能な限り毎日、顔面熱画像及び顔面可視

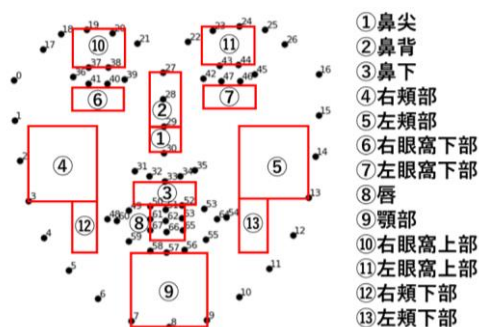


図 1 顔特徴点を基準とした PP-ROI の定義

画像の撮影を行った。撮影は被験者の前方約 70cm に赤外線サーモグラフィカメラ (FLIR A600-Series : FLIR 社製) と CCD カメラ (C920 : Logitubo 社製) を配置して行った。本装置の熱画像サイズは $640 \times 480 \text{pixel}$ 、可視画像サイズは $1920 \times 1080 \text{pixel}$ 、顔面皮膚放射率は $\epsilon = 0.98$ とした。熱画像及び可視画像はサンプリング周波数 1Hz で 5 秒間記録し、1 枚を選定し使用した。また、心理アンケートも同時に記録した。体調・覚醒感・快適感・疲労感に対する自覚量を、1 をポジティブ (とても体調が良い、とても目が覚めている等)、6 をネガティブ (とても体調が悪い、とても眠い等) として 6 段階で評価する 6 件法で記録した後、前日の就寝時間・当日の起床時間・前日の飲酒量・実験前の喫煙の有無を記録した。

4. 解析方法

本研究では、顔面熱画像及び顔面可視画像から生理心理状態を評価するため、生理心理状態と関連のある顔面部位 [3] を参考に①鼻尖、②鼻背、③鼻下、④⑤左右頬部、⑥⑦左右眼窩下部、⑧唇、⑨顎部、⑩⑪左右眼窩上部、⑫⑬左右頬下部の 13 か所を図 1 に示すように顔特徴点を基準に PP-ROI を定義する。顔面熱画像及び顔面可視画像から生理心理状態を評価するため、PP-ROI の抽出を行った。可視画像における顔器官検出手法として一般的に知られている顔特徴点 68 点を生成する dlib ライブラリ [4] を使用した。一方で、顔面熱画像においては、顔特徴点の生成が困難であることが知られている。そこで本研究では、顔面熱画像に顔特徴点を生成するため、顔面熱画像に顔面可視画像をフィッティングすることで顔面可視画像の顔特徴点を顔面熱画像に適用させた。顔特徴点を基準に図 1 に示す PP-ROI の抽出を行った。顔面熱画像及び顔面可視画像において抽出した各 PP-ROI の平均温度値と平均 Lab 値を代表値とした。各 PP-ROI と生理心理状態との因果関係を見出すため、平均温度値及び平均 Lab 値と心理アンケートの各項目のスコアに対して主成分分析を行った。ただし、本実験の被験者は喫煙していないため、喫煙の項目を除いた。また、就寝時間と起床時間から睡眠時間を求めスコアとした。主成分

との相関から PP-ROI と生理心理状態との因果関係を推測した。さらに、生理心理状態に対して影響力のある PP-ROI を推定するために重回帰分析を行った。顔色の変化は自律神経系による顔面の皮膚血管の拡張・縮小によって引き起こされるため、各 PP-ROI との差分をとることで皮膚の色を差し引いた皮膚血管成分の評価が可能であると仮説を立て、分散の最も小さい PP-ROI (Lab 値は①鼻尖, 温度値は⑫右頬下部) を基準として温度差分値及び Lab 差分値を皮膚血管成分として扱った。説明変数は各 PP-ROI の温度差分値及び Lab 差分値, 目的変数は心理アンケートの体調・覚醒感・快適感・疲労感の 4 項目の合計スコアとした。ただし, p 値が 0.1 以上となる説明変数を除外した。また, 多重共線性を避けるため拡大分散係数(VIF)が 10 以上となる説明変数を除外した。

5. 結果及び考察

本稿では, Lab 色空間における色相及び彩度を表す a 値及び b 値に注目し, a 値及び b 値と心理アンケートの主成分分析結果を示す。図 2 及び図 3 に第一及び第二主成分に対する各変数の因子負荷量をベクトルとして可視化したグラフを示す。因子負荷量とは, 主成分に対する変数の相関を示すものである。図中の PP-ROI 名はそれぞれの a 値及び b 値である。横軸と縦軸はそれぞれ第一主成分と第二主成分に対する因子負荷量である。図 2 より, 第一主成分は a 値, 第二主成分は心理アンケートのスコアと考えられる。第二主成分に対して⑤左頬部, ⑥右眼窩下部, ⑨顎部, ⑩右眼窩上部, ⑪左眼窩上部, ⑫⑬左右頬下部の a 値は正の相関, ①鼻尖, ⑧唇の a 値は負の相関があると考えられる。図 3 より, 第一主成分は b 値, 第二主成分は心理アンケートのスコアと考えられる。第二主成分に対して④⑤左右頬部, ⑥⑦左右眼窩下部, ⑪左眼窩上部, ⑫⑬左右頬下部の b 値は正の相関, ①鼻尖, ③鼻下, ⑧唇, ⑨顎部の b 値は負の相関があると考えられる。説明変数を温度差分値及び Lab 色空間の a 差分値及び b 差分値, 目的変数を心理アンケートの合計スコアとして重回帰分析を行った結果, 決定係数は 0.426 となった。モデル式の変数には, a 値においては, ③鼻下, ⑤左頬部, ⑧唇, ⑩右眼窩上部, b 値においては, ⑧唇, ⑨顎部, ⑩右眼窩上部, 温度値においては, ②鼻背, ④右頬部, ⑦左眼窩下部, ⑩右眼窩上部が選択された。以上の結果から, ⑧唇の a 値及び b 値が心理アンケートのスコアと考えられる主成分に対して相関があり, 重回帰分析における説明変数に選択されていることから生理心理状態の長期変動に因果関係があることが示唆された。また, ⑩右眼窩上部 a 値, b 値, 温度値が重回帰分析における説明変数に選択されていることから, 生理心理状態の長期変動に因果関係があることが示唆された。

6. まとめ

本研究では, PP-ROI における顔面皮膚温度及び知覚的均等性を持つ Lab 色空間情報を用いた長期変動評価を行った。顔特徴点を基準として PP-ROI の抽出を行い, 各 PP-ROI と生理心理状態との因果関係を見出すため, 主成分分析及び重回帰分析を行った。結果として, ⑧唇の Lab 色空間における a 値及び b 値, ⑩右眼窩上部の a 値及び b 値と皮膚温が生理心理状態の長期変動に因果関係があることが示唆された。今後は, PP-ROI における温度値及び Lab 値に基づく健康に対する自覚量の推測が課題である。

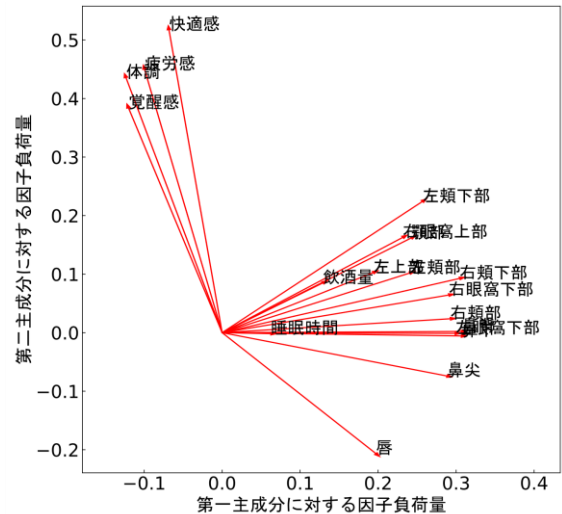


図 2 主成分に対する各変数の因子負荷量 (a 値)

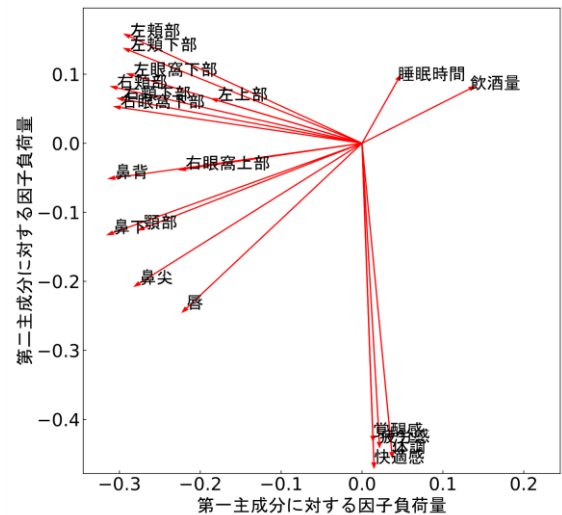


図 3 主成分に対する各変数の因子負荷量 (b 値)

参考文献

- [1] 厚生労働省：健康日本 21 (第 2 次) : <http://www.kenkoujippon21.gr.jp/> (2020/6/6 閲覧)
- [2] 廣田昭久, 小川時洋, 松田いづみ, “社会的文脈課題における顔面部の皮膚電気及び皮膚血流量”, 生理心理学と精神生理学, Vol.35, No.1, pp. 15-31 (2017)
- [3] S. Ioannou, V. Gallese, A. Merla, “Thermal Infrared Imaging In Psychophysiology: Potentialities and Limits”, Psychophysiology, Vol.51, No.10, pp.951-963 (2014)
- [4] 浦上健太郎, 塚田光咲, 大岩孝輔, 野澤昭雄, “顔面皮膚温度及び顔色を用いた生理心理学的 ROI の長期変動評価”, 日本感性工学会春季大会, 2020 年 3 月 5 日
- [5] 河村尚登, 杉浦博明, “sRGB 色空間と国際標準化”, 画像電子学会誌, Vol.35, No.6, pp. 935-943 (2006)
- [6] CIE Standard Illuminations: <http://cie.co.at/publications/colorimetry-part-2-cie-standard-illuminants> (2020/6/6 閲覧)

† 青山学院大学 Aoyama Gakuin University

‡ 鹿島建設技術研究所 Kajima Corporation, Technical Research Institute