

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 12 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560040

研究課題名(和文) 生体医光学技術に基づく個性を活かした顔画像の解析と合成

研究課題名(英文) Principal component analysis for reflection components and structure in the facial image and synthesis of the facial image

研究代表者

津村 徳道 (Tsumura, Norimichi)

千葉大学・融合科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00272344

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：顔は人体で最も注目を受ける部位であり、その見えからは様々な情報を得ることができる。美容業界では、特徴量に基づく肌色の合成や再現を行う技術が求められている。

本研究では、全顔の色素濃度分布に加え顔形状の特徴点と表面反射成分について主成分分析を適用し、顔全体の肌色素ムラ、顔形状の変化量および顔表面の微細な凹凸について特徴量を取得した。重回帰分析により心理的特徴量との関係性を推定することで、任意の心理的特徴量における顔画像の再現を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, principal component analysis is applied to pigmentation distributions, surface reflectance components and facial landmarks in the whole facial images to obtain feature values. Furthermore, the relationship between the obtained feature vectors and age is estimated by multiple regression analysis to modulate facial images in woman of ages 10 to 70. In the beauty industry, the synthesis of skin texture is based on these two kinds of feature values. In our previous work, we analyzed only pigmentation distributions and the reproduced images looked younger than the reproduced age in many instances by the subjective evaluation. We considered that this happened because we did not modulate the facial structures and detailed surfaces such as wrinkles. By analyzing landmarks represented facial structures and surface reflectance components, we analyze the variation of facial structures and fine asperity distributions as well as pigmentation distributions in the whole face.

研究分野：画像処理

キーワード：肌 質感 解析 主成分分析

### 1. 研究開始当初の背景

顔は人体で最も注目を受ける部位であり、その見えからは様々な情報を得ることができる。顔から得られる情報は、肌の状態や顔の形状といった物理的特徴量と年齢などを表す心理的特徴量とに大別でき、2種類の特徴量の微小な差異により顔の見えが大きく異なる。特に美容業界では、これらの特徴量に基づく肌色の合成や再現を行う技術が求められている。

藤原らは全顔の色素濃度分布に対して主成分分析を適用し、特徴量の解析を行った。これにより顔全体での肌色素ムラの取得と任意の年齢における顔画像の再現が可能となったが、再現画像について主観評価実験を行ったところ「再現画像の年齢」と「被験者が評価した年齢」に差がみられた。要因として、顔形状の変化と細かなシワなどの微細な凹凸についての変化を考慮していないことが挙げられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、全顔の色素濃度分布に加え顔形状の特徴点と表面反射成分について主成分分析を適用し、顔全体の肌色素ムラ、顔形状の変化量および顔表面の微細な凹凸について特徴量を取得する。重回帰分析により心理的特徴量との関係性を推定することで、任意の心理的特徴量における顔画像の再現を行う。

### 3. 研究の方法

<データベースの構築と形状の特徴点の取得>

10~80代の女性202名によるデータベースを構築する。データベースの心理的特徴量として実年齢を取得しており、その年代分布を図1に示す。撮影では、図2(a)に示す表面反射光を除去した顔画像と、図2(b)に示す表面反射光を含む顔画像を取得する。

<顔画像の正規化と表面反射成分の抽出>

顔画像合成システム FUTON[2]を用いて、データベースの各顔画像に対し図3のように顔形状の特徴点を取得する。続いて、顔画像を高精度に解析するため、データベースの顔画像から平均顔を作成し、各顔画像を平均顔にモーフィングすることで顔画像を正規化する。図4に平均顔、図5に正規化した顔画像を示す。顔画像において肌と性質が異なる目と唇は後述する色素成分分離を行う際に悪影響を及ぼすため、図6のように目と唇の領域を削除する。さらに、表面反射光を含む顔画像から表面反射光を除去した顔画像を減算することで、表面反射成分を抽出する。取得した表面反射成分を図7に示す。

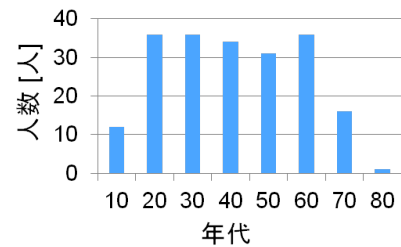
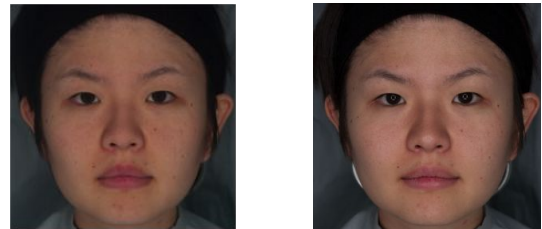


図1 顔画像データベースの年代分布



(a) 表面反射光なし (b) 表面反射光あり

図2 データベースの顔画像例



図3 特徴点

図4 平均顔

図5 正規化画像



図6 目と唇の領域を削除した画像

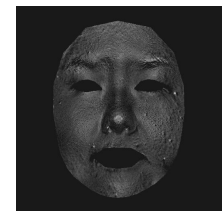


図7 表面反射成分を抽出した画像



(a) メラニン (b) ヘモグロビン (c) 陰影

図8 独立成分分析による色素成分分離結果

<独立成分分析を用いた顔画像の色素成分分離>

表面反射光を除去した顔画像に対し色素成分分離を適用し、顔画像からメラニン色素濃度分布、ヘモグロビン色素濃度分布、陰影分布を取得する。肌は大別して表皮と真皮から構成されており、表皮にはメラニン色素、真皮にはヘモグロビン色素が多く存在する。肌色の変化が2種類の色素の濃度変化に依存すると仮定して肌画像に独立成分分析を適用すると、肌色を上記の3つの成分に分離でき

る[3] . 顔画像に色素成分分離を適用した結果を図8に示す. メラニン色素濃度分布では微細なシミ, ヘモグロビン色素濃度分布では顎のニキビ, 陰影分布では大まかな凹凸といった各成分の特徴が表れている.

<多重解像度解析による表面反射成分の解析>

表面反射成分に対して多重解像度解析を適用し, 顔表面の微細な凹凸を抽出する. 図9のように顔画像に対し1度2次元離散Wavelet変換を行った後, 取得した低周波成分と各高周波成分に2次元離散Wavelet変換を行うことで, 低周波成分に顔表面の光沢, 各高周波成分の低周波成分に微細な凹凸を分離できる. 多重解像度解析の結果について, 図9の赤線で囲まれた各低周波成分の拡大図を図10に示す. 図10(a)の低周波成分では顔表面の光沢, 図10(b)~(d)の高周波成分では微細な凹凸の分布がみられる.

<主成分分析による特徴量の取得>

全顔の色素濃度分布, 顔形状の特徴点, 表面反射成分に対して主成分分析を適用し, 顔全体での色素ムラ, 顔形状の変化量, 顔表面の光沢および微細な凹凸について特徴量を取得する. 主成分分析は任意のデータ群に対して分散が最大となるベクトルを主成分として定義し, データ間の差異を表現する手法である. 主成分分析結果の例として, 顔形状の特徴点に対する結果を図11に示す. 各顔の左上の数字は主成分番号を示す. 青線が平均顔の形状, 赤線が各特徴点からの変化量を相対的に表している. 主成分から眉や目の垂れといった特徴量を取得できている.

<重回帰分析による各要素の年齢変化>

主成分分析から取得した3種類の特徴量と, 心理的特徴量である実年齢との関係性を重回帰分析により推定する. 推定結果を基に各要素の主成分を変調することで, 任意の年齢における各要素の見えの変化を再現する. 色素濃度分布の再現画像を図12に, 再現した顔形状の特徴点を画像化したものを図13に示す. 表面反射成分の各周波数成分に重回帰分析を適用した後, 2次元離散Wavelet変換の逆変換を行い各周波数成分を再構成した画像を図14に示す.

4. 研究成果

色素濃度分布と表面反射成分の再現結果を合成し, 合成結果に顔形状の特徴点の変調結果を適用することで, 任意の年齢における顔の見えの変化を再現する. 再現結果を図15に示す. 20歳と70歳の顔画像を比較すると, 色素濃度分布では色素ムラの変化, 形状では眉尻の下降や顎のたるみ, 表面反射成分では顔表面の光沢と微細な凹凸の変化がみられた. 全要素の変調結果を用いて主観評価実験

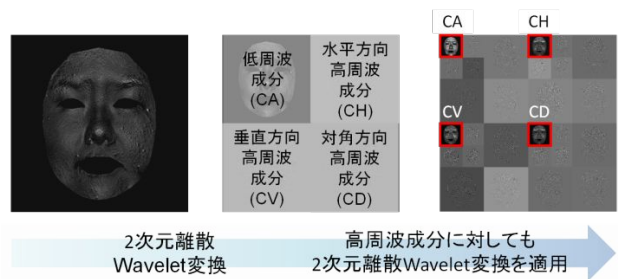
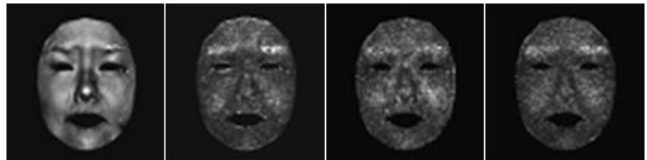


図9 本研究における多重解像度解析の概要図



(a) CA (b) CH (c) CV (d) CD  
図10 取得した各周波数の低周波成分

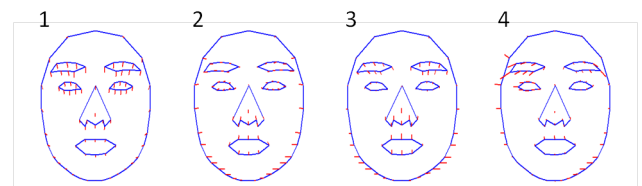
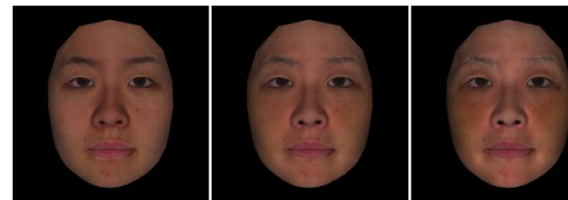
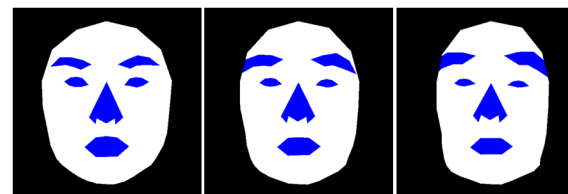


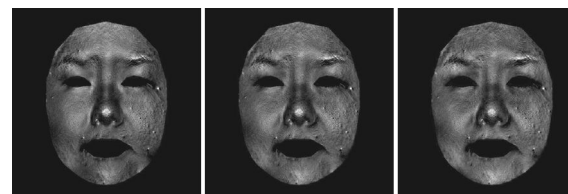
図11 顔形状における主成分分析の結果



(a) 20歳 (b) 50歳 (c) 70歳  
図12 年齢変化による肌色素ムラの再現結果

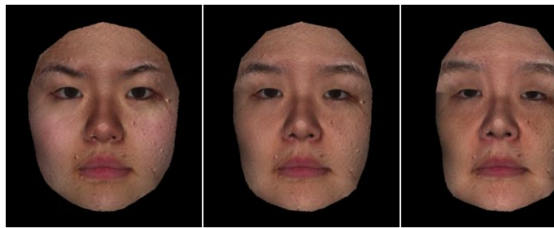


(a) 20歳 (b) 50歳 (c) 70歳  
図13 年齢変化による顔形状の特徴点の再現結果



(a) 20歳 (b) 50歳 (c) 70歳  
図14 年齢変化による表面反射成分の再現結果





(a) 10歳 (b) 50歳 (c) 70歳  
 図 15 年齢変化による顔の見えの合成結果

を行ったところ, 70歳の再現画像に対し 64歳の評価年齢が得られ, 40歳以上について「被験者が評価した年齢」が「再現画像の年齢」に近づく結果が得られた。

#### 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1件)

Saori Toyota, Izumi Fujiwara, Misa Hirose, Nobutoshi Ojima, Keiko Ogawa-Ochiai, Norimichi Tsumura, "Principal component analysis for whole facial image with pigmentation separation and application to predict the facial images in various ages," Journal of Imaging Science and Technology 58(2): 020503-1 - j020503-11(2014). 査読有

[学会発表](計6件)

Misa Hirose, Yuri Tatsuzawa, Saori Toyota, Norimichi Tsumura, "Analysis and Synthesis of Facial Color Image to Investigate the Appearance of Age Spot and Freckle," Chiba-Ajou Symposium(Poster)(12 December 2014, Chiba)

Misa Hirose, Yuri Tatsuzawa, Saori Toyota, Norimichi Tsumura, "Evaluating Visibility of Age Spot and Freckle based on Analysis and Synthesis of Facial Color Image," Color and Imaging Conference(Poster)(06 November 2014, Boston, Massachusetts, USA)

龍澤友里, 豊田彩織, 廣瀬未紗, 小島伸俊, 小川恵子, 津村徳道, "修正 Wavelet 解析画像に対する主成分分析に基づく顔画像の年齢変化解析・合成," Optics&Photonics Japan 2014, (口頭発表), (2014.11.6, 東京)

④龍澤友里, 廣瀬未紗, 津村徳道, "主成分分析を用いた肌色素ムラと表面反射成分の解析による化粧顔の再現", 第15回情報フォトンクス研究会秋合宿, (ポスター発表), (2014.9.22-9.24, 京都)

⑤ Misa Hirose, Saori Toyota, Yuri Tatsuzawa, Norimichi Tsumura, "Evaluating Visibility of Age Spot and Freckle based on Simulated Spectral Reflectance of Skin," Image and Signal Processing, LNCS 8509, pp.9-17, 6th International Conference on Image and Signal Processing(ICISP), (Oral)(01 July 2014, Cherbourg, France)

龍澤友里, 廣瀬未紗, 津村徳道, "7年間の顔画像変化追跡に基づく UV ケア頻度とメラニン成分変化量の関係解析," 第9回情報フォトンクス研究会関東学生論文講演会, (ポスター発表), (2014.03.10, 静岡)

[図書](計0件)

[産業財産権]  
 出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
津村徳道 ( TSUMURA, Norimichi )  
 千葉大学・大学院融合科学研究科・准教授  
 研究者番号: 00272344

(2)研究分担者  
 ( )

研究者番号:

(3)連携研究者

山本 昇志 ( YAMAMOTO, Shoji )  
 東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・教授  
 研究者番号: 70469576

小川恵子 ( OGAWA, Keiko )  
 金沢大学・医学部附属病院・教授  
 研究者番号: 30514575