

分光顔画像を用いた化粧崩れ評価方法 -テカリの反射特性とその評価-

Evaluation method of make-up deterioration using a multi-band facial image

大槻理恵 Rie Ohtsuki カネボウ化粧品
引間理恵 Rie Hikima カネボウ化粧品
坂巻 剛 Takeshi Sakamaki カネボウ化粧品
富永昌治 Shoji Tominaga 千葉大学大学院

Kanebo Cosmetics Inc.
Kanebo Cosmetics Inc.
Kanebo Cosmetics Inc.
Graduate School of Chiba University

Keywords: マルチバンドカメラ, 二色性反射モデル, 化粧顔, 化粧崩れ, テカリ.

1. はじめに

化粧品ファンデーション (FD) を塗布した顔では, 肌から分泌される皮脂で化粧塗布膜が崩れることにより化粧崩れが生じる. 本研究では, 化粧崩れの中でも認知度が高い¹⁾「テカリ」を評価する方法を提案する. はじめに, 6 バンドカメラによるマルチバンドイメージング系を示す. 次に, 主観評価実験を行い, 女性がテカリと感じる領域を調査する. そして, テカリの光反射特性を 6 次元画像を用いて分析し, テカリの光反射は二色性反射モデルにおける鏡面反射に起因することを示す. さらに, カラー画像から FD 塗布顔においてテカリ領域を検出するアルゴリズムを提案する. テカリ領域の検出は, $L^*a^*b^*$ 画像の明度 L^* とそのラプラシアンが有効である. 実験を実施し, 検出したテカリ領域は主観評価と良好に一致していることを示す.

2. マルチバンドイメージング系

本研究での 6 バンドカメラシステムは, デジタルカラーカメラ (Canon EOS Kiss X2, 14bit RGB), 2 枚のカラーフィルタ (FUJIFILM SP6, SP7) および PC で構成される. 光源は昼光フラッドランプ (岩崎電気 PRF-500WD, 5900K) を用いた. 物体の表面分光反射率を $S(\lambda)$, 照明の分光分布を $E(\lambda)$, カメラの総合分光感度を $r_i(\lambda)$ とすると, カメラ出力 $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_6$ は次式で記述できる.

$$\rho_i = \int_{400}^{700} S(\lambda) E(\lambda) r_i(\lambda) d\lambda \quad (i=1, 2, \dots, 6), \quad (1)$$

そして, カメラ出力を 6 次元縦ベクトル \mathbf{p} とおけば, カメラ出力から XYZ 三刺激値へは次式で変換する.

$$[X, Y, Z]^T = \mathbf{H} \mathbf{p}, \quad (2)$$

ここで, \mathbf{H} はカメラの分光感度を CIE 等色関数に最小二乗法で適合させて求めた変換行列である.

3. 主観評価結果に基づいたテカリの反射特性の解析

3.1 主観評価実験

20 代の健常女性 6 名を対象にテカリの主観評価実験を行った. 各被験者は洗顔後に FD を自分自身で塗布した. そして, 塗布直後から 8 時間の間, 全ての被験者は化粧直しをせずに, 室内でパソコンを用いたオフィスワークに従事した. 8 時間後に 6 バンドカメラを用いて FD 塗布顔を撮影し, その後に被験者はテカリの主観評価を行った. インストラクションとして, 「テカリ」は「光沢があり, FD 塗膜と肌との一体感がなく, 脂っぽい様子」と定義した. 被験者は鏡を見て, 自分の顔でテカリを感じる部分に印をつけるよう指示された.

6 バンドカメラによる FD 塗布顔の画像データを CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間に写像し, 被験者が回答したテカリ領域についてその色分布を調べた結果, 明度 L^* がおよそ 80 以上であればテカリと判断していることが分かった.

3.2 テカリの反射特性

先行研究²⁾から FD 塗布面が二色性であることが示された. 以下では, FD 塗布顔の 6 次元画像を用いて, FD 塗布面の経時変化であるテカリについても二色性を満たすかどうかを調べた. 二色性反射モデルによれば, 画素 (x, y) における 6 次元カメラ出力ベクトル $\mathbf{p}(x, y)$ は時式で 2 次元部分空間 $(C_1 - C_2)$ に変換できる.

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1^T \\ \mathbf{p}_2^T \end{bmatrix} \mathbf{p} \quad (3)$$

ここで, \mathbf{p}_1 と \mathbf{p}_2 は 6 次元画像データの第 1 と第 2 の固有ベクトルである. 二色性をもつ不均質誘電体の場合, (C_1, C_2) での画素値の分布 (ヒストグラム) は 2 つの線形クラスが接合したような形になることが知られている³⁾. 主観評価実験で被験者が回答したテカリ領域と非テカリ領域の両者

を含む領域について主成分分析を行った. 第 2 主成分までの累積寄与率はどちらも 99.9%以上であった. 2 次元部分空間におけるヒストグラムは, 形状が二色性反射モデル特有の折れ線形を示しており, テカリの線形クラスタは鏡面反射 (ハイライト) クラスタと一致し, その方向は光源ベクトルの方向と一致していた. 一方, テカリの線形クラスタは鏡面反射クラスタと一致しているが, 画素のバラツキが大きいものもあった. つまりテカリは鏡面反射によるものであるが, プラスチックのような誘電体の鏡面反射と比べて, ヒストグラムは折れ線形のクラスタになるとは限らない.

4. テカリ領域の検出アルゴリズム

主観評価実験から, 明度 L^* がおよそ 80 以上でテカリと判断していることが分かった. さらに, 筆者らは顔の皮膚特有の微細な凹凸に伴う明度変化に着目した. 皮膚の凸部 (皮丘) に鏡面ハイライトが生じて, 皮丘から周辺の皮溝に向かって, 明度の急激な変化が起こる. このような凹凸に伴う明度変化を検出するために, 明度 L^* のラプラシアン (空間的 2 次微分) $|\nabla^2 L^*(x, y)|$ を採用する. なお 2 次微分で明度画像の雑音が強調されるのを防ぐために, ガウシアンフィルタで平滑化した後, ラプラシアンフィルタをかける. この演算は明度画像に対して下記のフィルタを適用する.

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{2\pi\sigma^6} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\pi\sigma^2}\right), \quad (4)$$

ここで G は平均 0, 分散 σ^2 のガウス関数である. 対象領域で L^* が 80 以上で, かつラプラシアンが 200 以上となる画素を抽出する. そして, これに膨張収縮処理を施し, 均質な連結領域にして, テカリ領域と決定する.

5. 実験結果

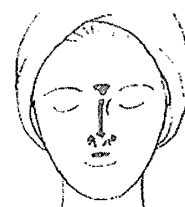
テカリ領域については, 提案アルゴリズムによる検出領域とテスト用の被験者による主観評価結果とを比較した. テスト用の被験者は, 20 代から 30 代の健康女性 6 名で, 3 名がパウダー FD を塗布し, 3 名がリキッド FD を塗布した. 8 時間経過すれば, 全員のテカリ強度がおよそ最大 6 になる. ここでは, FD を塗布して 2 時間, 3 時間半, ..., 6 時間後と各被験者で経過時間を変えて画像を獲得し, その後に主観評価を行った.

図 1(a-1) (b-1) に, リキッド FD を塗布した被験者 A とパウダー FD を塗布した被験者 B について,

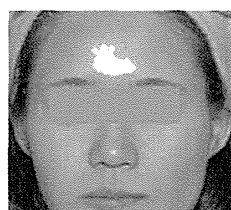
提案手法で検出したテカリ領域を桜色で示す. 図 1(a-2) と (b-2) は主観評価結果で被験者が回答したテカリ領域を黒で示している. 図 1(a-1) と (a-2), (b-1) と (b-2) を比較すれば, 提案アルゴリズムによるテカリ領域と主観評価結果と良好に一致していることがわかる.



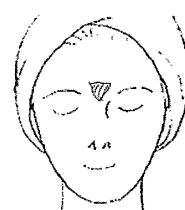
(a-1) 検出結果



(a-2) 主観評価結果



(b-1) 検出結果



(b-2) 主観評価結果

図 1 検出したテカリ領域と主観評価結果

6. まとめ

化粧崩れの中でも最も認知度が高いテカリを FD 塗布顔画像から検出する方法を提案した. まず, 6 バンドカメラによるイメージング系を示した. 次に主観評価実験を行い, 一般女性がテカリと感じる顔の領域を調査し, 明度 L^* が一定値以上であればテカリと判断することがわかった. そして, テカリを 6 次元画像を用いて分析し, テカリの光反射は二色性反射モデルにおける鏡面反射に起因することがわかった. この特徴と皮膚の表面形態特徴に基づき, カラー画像から FD 塗布顔においてテカリ領域を検出するアルゴリズムを提案した. 実験結果から, 提案法で検出したテカリ領域と主観評価実験結果は良好に一致しており, 提案法の妥当性を検証した.

参考文献

- 1) 鳥塚誠, 長谷昇, 小路稔徳, 旭正彦, 高野敏: ファンデーションにおける化粧くずれの解析, J. Soc. Cosmet. Chem. Jpn. 28 (1995) 350-358.
- 2) S. Tominaga, and Y. Moriuchi: Principal component analysis-based reflectance analysis/synthesis of cosmetic foundation, J. Imaging Sci. Technol. 53-6 (2009) 60403-1-60403-8.
- 3) S. Tominaga and N. Tanaka: Estimating reflection parameters from a single color image, IEEE CG&A. 20 (2000) 58-66.