

肌状態の定量指標構築に向けた基礎的な検討 Preliminary experiments on quantification of skin condition

北島 健蔵[†]
Kenzo Kitajima

彌富 仁[†]
Hitoshi Iyatomi

1. はじめに

アトピー性皮膚炎などの皮膚疾患の病勢判定や、肌のしみやきめの細かさなどの美容分野における肌の状態の評価は主に医師や個人の主観的な判断によって決定される。また症状に対する治療法や薬剤の効用の評価も主観的である。そのため、診断や治療効果の評価には主観的な判断だけでなく客観的な“ものさし”となる定量化指標の導入が求められる。現在、肌状態の評価の際に用いられている指標として、DLQI (Dermatology Life Quality Index) [1]や Skindex [2]がある。これらはアンケート形式の指標で、患者自身の主観によってそれぞれの項目の点数の合計に基づき評価を行うため、QoL を重視した指標だが客観的な評価とは言えない。また、多くの羅患者をもつ皮膚疾患である尋常性乾癬の定量化を目指した指標に、PASI (Psoriasis and severity index) [3]がある。PASI は各部位の病勢を医師が数値化して重みづけ加算することで求めるが、医師の主観に大きく左右され、患者間での比較ができない等の問題点が指摘されている。一方で工学的に定量化を目指す手法として、肌表面の幾何学構造に着目した手法[4]なども行われているが、精度の問題などの理由で広く実用化にまで至った手法はみられない。そこで本研究では、画像解析を用いて美容分野における肌状態の新たな定量化指標の構築を目的として基礎的な検討を行った。

2. 対象と方法

本研究では、肌の状態の定量化を行うためのシステムを試作した。システムは学習段階と実行段階の 2 段階を持ち、学習段階では肌の状態についての評価情報のある画像群 (教師データ) を用いて、肌画像と肌の評価の関係を表すために効果的な画像特徴量の検証を行うと共に、その結果を用いた線形回帰モデルを作成する。実行段階では、評価対象の画像から必要な画像特徴量を抽出し、学習段階で得られた線形回帰モデルを用いて解析を行う。以下の節で、これらについて概要を説明する。

2.1 利用した症例と前処理

本研究では、30～60 代の 11 人の左右の下まぶた約 1cm、および下あごの部位を、Scalar 社の Pocket Micro (図 1)を用いて撮影された 68 箇所、計 136 枚 (68 箇所×2 状態：後述)の皮膚画像を解析に用いた。

Pocket Micro とは Apple 社の iPhone や iPod touch のカメラ部分に対するアダプタで、白色 LED 光源と偏光レンズを持ち、iPhone などのカメラ機能を利用することで皮膚の接写画像の取得ができる。今回用いた画像サイズは 3264×2448 である。また、偏光レンズの ON/OFF の切り替えにより 2 種類の皮膚画像が撮影できる。偏光レンズ ON の時は

通常の虫眼鏡と同様であり、皮膚の表皮で撮影用に照射された光の乱反射が起こることで皮膚表面の凹凸の形状がよく観察できる画像が得られる (図 2)。一方で偏光レンズ ON の時には、皮膚表面での光の乱反射が抑制された画像が得られる (図 3)。これにより画像から肌表面の凹凸情報が失われる代わりに、皮膚の表皮より内側にある真皮の部分まで観察できるようになる。これは皮膚がんの診断に用いられるダーモスコピーと呼ばれる拡大鏡と同様の仕組みである。

本研究は、手法の有効性検証のための予備実験的な位置けのため、教師データとしての皮膚の評価基準は著者の主観に基づき、5 を最良、1 を最低とした 5 段階でそれぞれ決定した。この 68 箇所の皮膚の評価値の平均±標準偏差は 3.46 ± 1.17 であった。



図 1 Pocket Micro



図 2 偏光レンズ OFF で撮影した画像の例



図 3 偏光レンズ ON で撮影した画像の例

2.2 肌画像からの特徴量の抽出

ヒトの肌には、老若男女を問わず細い線が網目状に走っており、小さなくぼみ (皮溝) と盛り上がり (皮丘) を形作っている。肌質を判断するための 1 つとして肌のキメの細かさと皮溝と皮丘が細かい規則的なパターンを持つキメの細かい肌を良い肌質として評価できる。キメの細かい肌の例・粗い例を図 4、図 5 にそれぞれ示す。

また、偏光レンズ OFF 時の撮影における光の乱反射の具合 (テカリ) も肌質を決定する際に大きな基準となりえる。これらを考慮にいたうえて、本研究では肌質を捉えるための特徴として (1) フーリエ特徴、(2) テクスチャ特徴、および (3) 肌の明度特徴量の 3 つのカテゴリーからなる計 105 種の画像特徴量を利用した。それぞれについて以下で説明する。

[†] 法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻



図 4 キメが細かい例



図 5 キメが粗い例

2.2.1 フーリエ特徴量

キメの細さを表す特徴として、離散フーリエ変換により得られるパワースペクトルに関する特徴量を計 68 種類用いた。具体的には画像周波数 1~200Hz を 10Hz ずつ 20 段階に区切った各レンジにおける平均パワースペクトル(計 20 種)、および効果的と考えられる 2 つの平均パワースペクトルの比の組み合わせ 48 種を求めた。以下、 $n+1 \sim n+10$ Hz 内の平均パワースペクトルを P_n と記述する($n = 0, 10, 20, \dots, 190$)。

2.2.2 テクスチャ特徴

フーリエ特徴量と同様に、キメの細さを表す特徴量として 2 種類のテクスチャ特徴量を考えた。1 つ目は画像の濃度共起行列を用いた特徴量[5]である。共起行列の基礎距離 δ を 50pixel から 400pixel まで $\sqrt{2}$ の等比で計 7 段階について、また角度については 0 度、45 度、90 度、135 度の 4 方向について求めた各値の平均値を用いた。これを元に、energy, moment, entropy, correlation の各 4 つのパラメータを求め、計 28 個のテクスチャ特徴量を取得した。2 つ目は画像の 2・3 次元の画像モーメントから得られ、移動・大きさ・回転に影響されない不変モーメント(Hu モーメント)[7]種を特徴量($\phi_1 \sim \phi_7$)[6]とした。

2.2.3 明るさを元にした特徴量

肌の明るさ、表面のテクニカルを表現する特徴量として、皮膚画像の明度の平均と分散の計 2 種を特徴量として用いた。

2.3 特徴量の選択

効果的な特徴量の選択は、頑健な回帰モデルの作成のために極めて重要な処理である。本実験では、前節で得られた画像ごとの計 105 の特徴量および、5 段階の肌の評価データの組から、stepwise 法により作成する回帰モデルに必要な特徴量を選択した。そして選択された画像特徴のみを利用して、線形回帰モデルを作成した。なお、得られたモデルは leave-one-out cross-validation を用いて平均二乗誤差(MSE)を求めることで評価を行った。なお、偏光レンズ OFF(-)群(68 枚)、偏光レンズ ON(+)群(68 枚)、およびその両方の画像(+&-)(136 枚)から得た特徴量を用いて回帰モデルを作成し、比較検討を行った。

3. 結果および考察

各画像群で選択された画像特徴と肌質の予測精度をまとめたものを表 1 に示す。

表 1 選択された特徴量

レンズ	#p	選択された特徴量 †	MSE
-	3	• $\delta=200\sqrt{2}$ のときの moment • L 値の平均 • モーメント特徴 ϕ_5	0.557
+	6	• L 値の平均 ・ L 値の分散 • $\delta=100$ のときの correlation • $\delta=400$ のときの correlation • モーメント特徴 ϕ_1 • スペクトル比 (P_0/P_{10})	0.668
+ & -	7	• $\delta=200\sqrt{2}$ の時の moment (-) • スペクトル比(P_0/P_{10}) (+) • スペクトル比(P_{50}/P_{60}) (-) • スペクトル比(P_{20}/P_{30}) (-) • L 値平均 (-) • モーメント特徴 ϕ_5 (-) • パワースペクトル P_0 (+)	0.507

#p: Stepwise 法で選択された特徴量数

† (-): 偏光レンズ OFF(-)画像群から得た特徴量

(+): 偏光レンズ ON(+)画像群から得た特徴量

偏光レンズ OFF(-)群では、3 つの特徴量のみ選択され、1-5 の 5 段階の肌質の平均予測誤差も約 0.56 と概ね良好に予測ができていたことが確認できた。偏光レンズ ON(+)群ではより多くの特徴量が選択されているにもかかわらず、皮膚表面の情報が失われていることから、キメの状態は観察しにくく、生成したモデルでも誤差がやや多い結果となった。一方、双方から得られた特徴を用いた解析結果(+&-)は、レンズ OFF(-)群のみ・レンズ ON(+)群のみのそれぞれの結果と比べて良い結果となった。このことから、人間が直観的に認識できていない手がかりを用いて肌質の推定精度を向上させることができたと考えられる。

4. まとめ

本稿では美容分野への利用を想定し、肌状態の定量化指標作成のための予備実験を行った結果を示した。現時点での教師データは主観に基づくものであるが、表 1 で示したテクスチャ特徴、パワースペクトルといった特徴で肌状態をおおむね正確に数値で評価できる可能性が示唆された。今後はより多くの症例を用いて実験を重ねて、新しい分野の“ものさし”の生成を目指す。

参考文献

- [1] Finlay AY, Khan GK, “Dermatology Life Quality Index(DLQI) – a simple practical measure for routine clinical use”, Clin Exp Dermatol, 19, pp. 210-216 (1994)
- [2] Higaki Y, Kawamoto K, Kamo T, Horikawa N, Kawashima M, Chren MN, “The Japanese version of Skindex-16: a brief quality-of-life measure for patients with skin disease”, J Dermatol, 29, pp. 693-698 (2002)
- [3] Fredriksson T, Pettersson U. “Severe psoriasis – oral therapy with a new retinoid”, Dermatologica 157, pp.238 – 244 (1978)
- [4] Shoji Hayashi et al, “Changes in surface configuration of skin caused by aging and application of cosmetics”, J.Soc.Cosmet. Chem. Japan, 26(4), pp.43-54 (1989)
- [5] Robert M. Haralick, “statistical and structural approaches to texture”, Proc.IEEE, 67(5), pp.786-804 (1979)
- [6] MING-KUEI HU, “Visual Pattern Recognition by Moment Invariants”, IRE Trans. Info. Theory, IT-8, pp. 179-187 (1962)