

肌微細構造の印象評価

番場文枝 (指導教員：伊藤貴之)

1. 概要

肌の印象は人間の印象を左右する重要な要因である。化粧品開発では企画者と開発者が化粧品のイメージを正確に共有するために、肌の印象を正しく共有することが重要であるが、個人の感性に依存する印象を、食い違えることなく共有するのは容易でない。肌に関する従来の印象評価では主に肌の実写画像を用いてきたが、肌の実写画像は被写体である人物の多様な状況に加え、撮影機器や撮影環境にも影響を受ける。これらの条件を全て網羅しようとするとは非現実的なコストがかかってしまう。

そこで我々は、コンピュータグラフィックス(CG)を用いて顔画像を生成し、肌を表す形容詞群を被験者に提示して印象評価を依頼してきた。その一環として黒川らは、毛穴、皮丘、皮溝といった肌の微細構造を生成する手法を提案した[1]。また猪股らは、CGで生成した顔画像を用いた印象評価結果が、実写画像を用いた印象評価結果とよく整合することを示した[2]。しかし猪股らの印象評価では、黒川らが提案した肌微細構造を適用していなかった。そこで本研究では、肌微細構造をCGで表現した顔画像に対する印象評価について研究する。本研究の前半では、肌表面の微細構造をなす毛穴、皮丘、皮溝を顔形状に貼りつける実装について説明する。本研究の後半では、その印象評価結果を示す。

2. 関連研究

実存の肌画像から再現を試みたものとして、中井らの物理モデルに基づいた人の肌の色の質感表現[3]がある。この手法では、肌画像から読み取った質感情報をもとに、皮膚内部での光の錯乱・吸収、多重反射などに関する物理モデルを構築した。このモデルは、実際の肌画像からCGの光学パラメータを得ることに相当し、肌の微細構造を直接的に再現するものではない。また近年ではAbhijeetらが、モデル顔の全体的構造から微細構造までを実画像からキャプチャする手法[4]を提案している。こちらは肌の微細構造を直接再現しているが、それをパラメータ制御できるものではない。本研究が採用する肌の表現手法は、微細構造をパラメータ制御できる点に差異がある。

3. パラメータ制御可能な肌微細構造生成手法に基づく顔のCG表現

3.1 肌質感再現画像

本手法では、毛穴、皮丘、皮溝のパラメータを設定する。肌の微細構造生成には黒川ら[1]の手法を採用する。第一段階としてまず、既に設定されたパラメータを参照しながら毛穴配置のパターンを生成する。毛穴をx, y軸の格子状に沿ってランダムに生成し、Delauney 三角メッ

シュアルゴリズムを用いて一つ一つの毛穴を接続することで、皮溝、皮丘を再現する。

次に以下の手順で頂点を生成し、それを連結して細かい三角形を生成する。まず、深さと半径をもとに毛穴をいくつかの層に分割し、等間隔に頂点を生成する。続いて皮丘を構成する三角形領域内部に、重心が一番高くなるように頂点を生成する。さらに、皮溝上に等間隔に頂点を生成する。

以上の処理を、肌質や化粧法を基に分割した顔形状の各パーツに対して適用し、顔全体にわたって肌微細形状を生成する。

3.2 生成した肌形状の顔ポリゴンへの貼り付け

黒川らの発表では肌微細構造を平面上に生成したのみであったが、印象評価においては顔の形状の特徴に伴う光の当たり方が重要である。そこで本節では、前節で示した手法で生成した肌微細構造を顔形状に貼りつける処理手順について示す。図1は肌微細構造を顔形状に貼りつけた例である。

貼りつけ手順は以下のとおりである。ここで顔形状は三角形の集合で表現されており、その各頂点には3次元実空間での座標値(x,y,z)とテクスチャ座標値(u,v)を有するものとする。また肌微細構造はXY平面上の微細な凹凸として生成され、そのZ軸が顔形状の法線に対応する。

1. 顔形状を構成する各々の三角形領域の3頂点のテクスチャ座標値を $A_1(u_1, v_1)$, $A_2(u_2, v_2)$, $A_3(u_3, v_3)$ としたときに、肌微細構造を構成する点 $B(p', q', r')$ を内包する三角形領域を展開時座標系で特定する。
2. 点Bと点 A_1, A_2, A_3 の各々を線分で結んだ時にできる3つの三角形の面積 $s_1 \sim s_3$ を以下のとおり定義する。
$$s_1 = \text{三角形 } BA_2A_3 \text{ の面積}$$
$$s_2 = \text{三角形 } BA_3A_1 \text{ の面積}$$
$$s_3 = \text{三角形 } BA_1A_2 \text{ の面積}$$
3. A_1, A_2, A_3 の実空間での座標値を $A_1(x_1, y_1, z_1)$, $A_2(x_2, y_2, z_2)$, $A_3(x_3, y_3, z_3)$ としたときに、点Bの実座標系での座標値 (x', y', z') を以下により求める。

$$x' = s_1 x_1 + s_2 x_2 + s_3 x_3$$

$$y' = s_1 y_1 + s_2 y_2 + s_3 y_3$$

$$z' = s_1 z_1 + s_2 z_2 + s_3 z_3$$

ただしこの時点では、肌微細形状は平面として顔形状に貼り付けられる。

4. A_1, A_2, A_3 の法線ベクトルを3と同じ方法で補間することで、点Bの法線ベクトル (a, b, c) を算出する。
5. 以下の式により肌微細形状に凹凸をつけることで、顔形状への肌微細形状の貼付けを完成する。

$$x' = x' + r'a \quad y' = y' + r'b \quad z' = z' + r'c$$

以上の処理によって肌微細構造を顔形状に貼りつける(図2(左))だけでなく、肌の拡大画像をテクスチャマッピングする(図2(右))ことで、さらにリアリティある画像を生成できる。

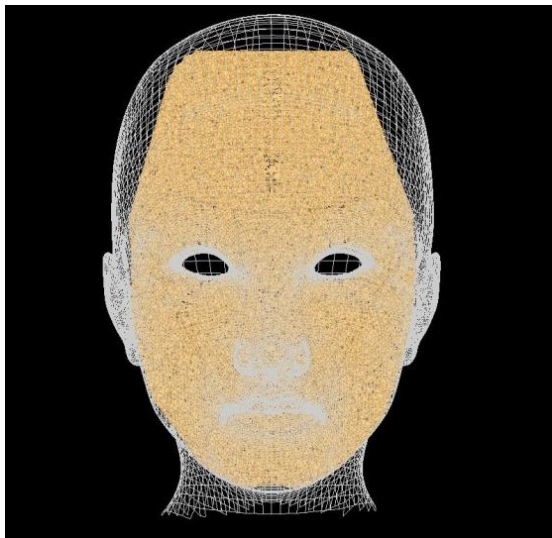


図1 肌微細構造の顔形状への貼りつけ



図2.肌へのテクスチャマッピング

4. 肌微細構造の印象評価

基準となる肌、それに対し毛穴を2段階で大きくしたもの、乾燥肌、皮丘を平らにしたもの、皮丘を高くしたもの、の合計6種類の肌微細構造(図3)を生成して顔形状に貼りつけ、画像を生成した。20代女性被験者32人に対して各画像を提示して、20種類の肌印象を表す形容詞にどの程度あてはまるかを5段階評価してもらった。その平均値を折れ線グラフにしたものを図4に示す。

その結果から、例えば毛穴が開いている画像は「くすみ」への評価が高くなり、皮丘を低くした画像では「きめ細かい」「立体感」への評価が低くなるなど、総じて納得できる結果が得られた。しかし例えば、皮丘が低い(=乾燥肌)画像に「つるつる」「すべすべ」などの評価が高い値を示しているが、これが乾燥肌の印象とはいえない面もあり、原因について調査が必要であると考え。



図3. パラメータを変え生成した6種類の肌微細構造

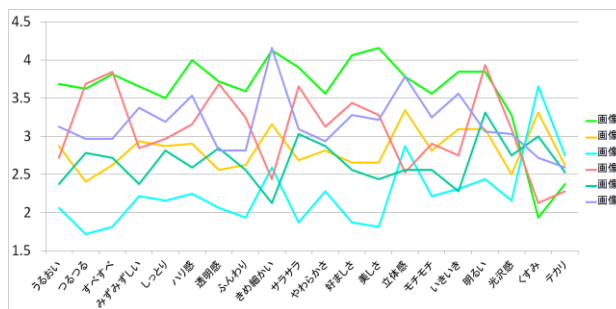


図4. 印象評価結果

5. まとめと今後の課題

本研究では肌微細構造を生成して顔形状に貼りつけ、数種類の肌画像を生成、顔ポリゴンにマッピングしたものをを用いて印象評価を実施し、その結果を分析した。

今後はCGの光反射モデルの調整手法を検討するとともに、顔全体へのマッピング画像を用いた印象評価や、顔形状と印象評価の相関性分析を実施したい。

謝辞

本研究を進めるにあたり多数のご助言をいただきました。資生堂リサーチセンター豊田成人氏、大高瞳氏、笹本裕美氏に感謝の意を表します。

参考文献

[1] M. Kurokawa, M. Inomata, T. Itoh, N. Toyoda, H. Sasamoto, Micro-geometric Modeling of Human Face Skins for Cosmetic Analysis, SIGGRAPH Asia Poster Session, 2011
 [2] 猪股, 伊藤, 豊田, 肌質感の印象評価と評価結果の可視化, 第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM 2011).
 [3] 中井, 眞鍋, 井口, 物理モデルに基づいた人の肌の色の質感表現, 電子情報通信学会論文誌, J84-D-II(2), pp.321-327 (2001).
 [4] A. Ghosh, G. Fyffe, B. Tunwattanapong, J. Busch, X. Yu, P. Debevec, Multiview Face Capture using Polarized Spherical Gradient Illumination, ACM Transactions on Graphics, Vol. 30, Issue 6 (SIGGRAPH Asia) (2011).