

肌印象分析のための形状シミュレーション

～肌の微細形状表現のためのポリゴン生成～

理学専攻 情報科学コース 黒川海映

1 概要

肌を健やかな状態に保つことは多くの人々にとっての関心事である。整った肌がきれいなツヤを生じ美しい印象を与える一方で、荒れた肌はツヤを失い、美しくない印象を与える。このように、肌の状態は顔の印象を決定する上で重要な要因のうちの一つである。肌状態の違いの一因として、後述する表面形状の違いが挙げられる。また、化粧品開発や美容分野においては、表面形状と印象の関係を分析することが大変重要な課題となっている。本研究では、そういった課題解決の一環として、微小領域における様々な肌形状を3Dモデリングし、顔の三次元形状にマッピングしてシミュレートするシステムの開発を行っている。本研究は、美容分野の観点から肌状態に応じた微細形状の変化を詳細に制御し、顔全体の印象へ与える影響の分析を行うことを主眼としている。

2 前提知識

2.1 肌の表面構造

肌表面は、網目を形成している溝部分とそれに囲まれた丘の部分、および毛穴で構成されている。溝の部分を皮溝、丘の部分を皮丘と呼び、これらを総称してキメと呼ぶ(図1)[1]。また毛穴は皮溝の交点に多く見られ、ほとんどにおいて開口部の面積と深さは比例している。

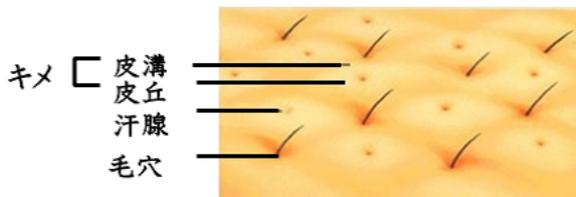


図1: 肌表面の構造 ([1]より転載)

2.2 既存の肌分析手法

荒川ら[2]は、ビデオマイクロスコープによって肌表面の拡大写真を撮影し得た画像データに様々な処理を施すことによって、皮溝・皮丘・毛穴を抽出し、「キメの大きさ」「皮溝の平均幅」「毛穴の総面積」を算出し、肌の現象評価との関係性を分析している。これを始めとする既存の肌分析手法は、実際の肌を基に行なったものである。そのため、例えば皮溝や皮丘、毛穴をそれぞれ独立に変化させて評価することはできない。また、湿度や気温がキメ・

毛穴に与える影響や、顔の形が顔全体の印象に与える影響などを考慮した際、それぞれの状態数に応じた膨大なサンプルを用意しなければならず、コストや時間がかかるといった問題がある。

2.3 肌表現のためのCG技術

人体表現はCGによる映像制作において非常に重要な技術であり、肌表現はその一環として活発に研究されている。肌表現のためのCG技術はモデリングとレンダリングに大別される。ここでは本研究に関係あるモデリング技術をいくつか紹介する。坂東ら[3]は主に手足を対象として、しわを構成する微細形状のモデリングを試みているが、顔の肌の微細形状モデリングには、この手法とは異なる知見を要すると考えられる。Wuら[4]は肌の経年変化の再現を試みているが、毛穴などを含めた肌表面の微細形状の再現は狙っていない。Haroら[5]は肌の微細形状再現を狙っているが、この手法では実際の肌の測定結果を必要としている。

3 提案手法

本論文では、図1に示すような肌の微細形状をモデリングし、顔の三次元形状にマッピングする手法を提案する。様々な状態における肌をモデリングするため、本システムではまず小領域における肌断片を作成し、その後、顔三次元形状モデルの適切な位置へマッピングする。

3.1 小領域における肌断片作成

パラメータ決定 本研究は代表的な肌状態として、以下の3種の拡大写真を観察し、その特徴を考察した。

表1: 代表的な肌状態とその特徴

整った肌	乾燥した肌	毛穴が目立つ肌
皮溝が連続的 皮丘の三角形が 小さく形が均一	皮溝・皮丘が 浅く平面的	毛穴が広い 深い

考察した特徴に基づいて、以下のようなパラメータを設定した。本手法では、これらのパラメータを操作することで対象となる様々な肌状態を作成する。

- 毛穴: 半径, 深さ, 位置のランダム度
- 皮丘: 高さ, 高さのランダム度
- 皮溝: 深さ, 幅, 角度依存性

これらのパラメータ値を様々に変化しても、自在に肌の微細構造を再現できるように、本手法では安定的に三角形パターンを生成できるドロネー三角形分割を用いたメッシュ生成アルゴリズムを採用している。

パターン生成 本手法における毛穴・皮丘・皮溝のパターン生成の処理手順を図2に示す。本手法ではまず、整列した正三角形の集合を構成するようなパターンで毛穴を生成する。この際、毛穴の半径・深さ・位置ともに、パラメータで設定されたランダム度に従って値を決定する。続いてドロネー三角形分割により、毛穴の中心点を連結することで、肌領域を三角形に分割する。分割した三角形一つ一つを皮丘とし、各辺を皮溝とする。そしてパラメータに従って、皮丘および皮溝の形状を決定する。

ポリゴン生成 毛穴・皮丘・皮溝の各形状を立体的に表現するため、前節のとおり生成されたパターンを、更に細かい三角形群（ポリゴン）に分割する。毛穴内部では深さと半径から算出した層ごとに等間隔で、皮丘内部には一様に、かつ三角形の重心が一番高くなるように、皮溝上では深さを考慮して等間隔に、それぞれポリゴン頂点を作成する（図3参照）。そして、これらの頂点をドロネー三角形分割で連結することで、ポリゴンを生成する。

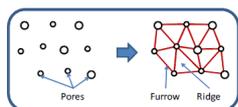


図2: パターン生成手順

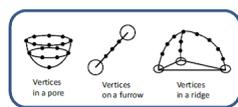


図3: ポリゴン生成手順

結果例 図4は毛穴の目立つ肌の表現結果である。毛穴の半径と深さのパラメータを大きくすることで表している。

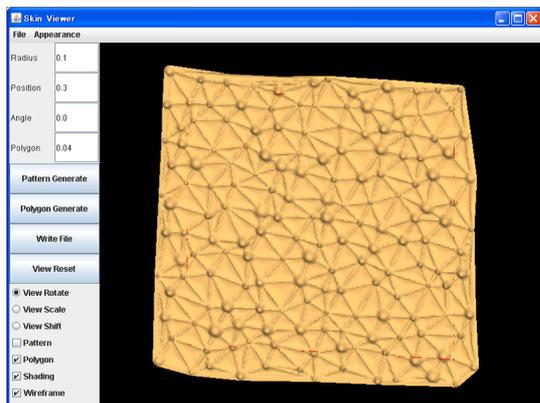
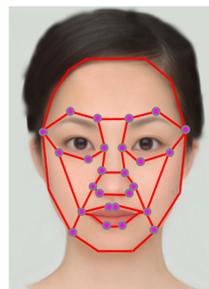


図4: 毛穴の目立つ肌

3.2 顔三次元形状への貼付け

本章では作成した小領域における肌断片を顔三次元形状にマッピングする手法を提案する。

顔領域の分割 一般的に、顔の肌質は部位ごとに違いがあることが知られている。例えば、前額部は横方向にキメが流れる傾向があり、鼻尖部は毛穴が目立ちやすい。本手法はそういった部位毎の肌質の違いを考慮し、顔領域を九つに分割した（図5）。分割部位毎に違ったパラメータを適用して肌断片を作成する。



1. 額からこめかみにかけて
2. 鼻筋
3. 目の周り
4. 側面
5. 鼻先から小鼻
6. 頬
7. 唇上
8. 唇
9. 顎

図5: 顔領域の分割

貼り付け例 分割部位ごとに肌断片を作成し、貼付けを行った結果の一つを図6に示す。

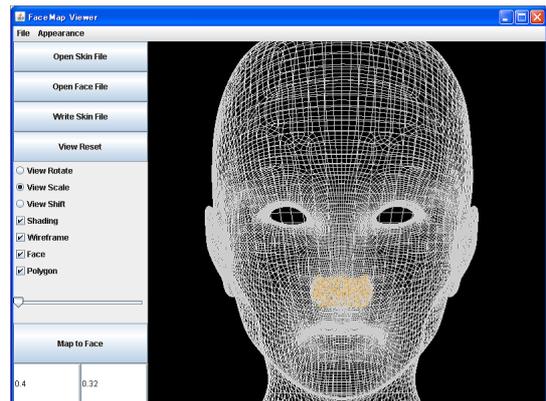


図6: 肌断片貼付け結果例

4 まとめ

本論文では、肌形状の印象分析システムを開発するための一環として、微小領域における様々な肌形状を3Dモデリングし、顔の三次元形状にマッピングしてシミュレートする技術を提案した。

今後の課題として以下に取り組みたい。

- 複数ヶ所における肌断片の貼付け
- 肌断片同士を違和感無く繋ぐための技術開発
- レンダリング技術との統合

謝辞

共同研究者である、資生堂リサーチセンター豊田成人様、笹本裕美様、また情報科学演習Iで本研究をサポートして下さいました三年生各位に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] <http://www.menard.co.jp/beauty/library/science/science01.html>
- [2] 荒川, 大西, 舩田, ビデオマイクロスコープを用いた皮膚の表面形態解析法の開発とキメ・毛穴の実態調査, 日本化粧品技術者会誌, Vol. 41, No. 3, pp. 173-180, 2007.
- [3] 坂東, 西田, ベクトル場に沿ったシワの生成による皮膚のシミュレーション, 画像電子学会 VisualComputin 情報処理学会グラフィクスとCAD合同シンポジウム 2001.
- [4] Y. Wu, P. Kalra, L. Moccozet, N. M. Thalmann, Simulating Wrinkles and Skin Aging, The Visual Computer, Vol. 15, No. 4, pp. 183-198, 1999.
- [5] Haro, B. Guenter, I. Essa, Real-time Photo-Realistic Physically Based Rendering of Fine Scale Human Skin Structure, 12th Eurographics Workshop on Rendering Techniques, pp. 53-62, 2001.