

# 肌印象分析のための形状シミュレーション

黒川 海映（指導教員：伊藤 貴之）

## 1. はじめに

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。整った肌はきれいなツヤを生じ美しい印象を与え、乾燥により荒れた肌はツヤを失い、美しい印象を与える。このように、肌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。これらの肌状態の違いの一因として、後述する表面形状の違いがあげられる。よって、表面形状と印象の関係を分析することは化粧品開発や美容分野において大変重要な課題であると考えられる。

我々は、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することで、印象と肌表面形状との関係を分析し、さらにそのときの質感を表す任意の印象語に該当する肌を画面上で提示できるシステムの開発に取り組んでいる。その一環として本報告では、主に顔を対象として、様々な肌形状を再現する3Dモデリング手法を提案する。

## 2. 前提知識

### 2.1. 肌表面の構造

肌形状は、網目を形成している溝部分とそれに囲まれる丘の部分、および毛穴で形成されている。溝部分を皮溝、丘の部分皮丘と呼び、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。

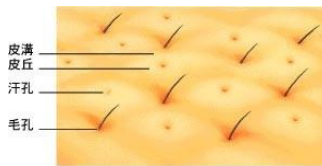


図1：肌表面の構造（[1]より転載）

### 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、「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を分析している。

このように既存の手法では、実際の肌を元に分析を行っている。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、質感の印象を表す形容詞のみが与えられ、それに対応する肌をコンピュータ上で再現してその印象を分析する、という用途を想定することはできない。

### 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構造の再現を狙っていない。Haroら[5]は肌の微細形状の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. 本研究の構成

我々は現在、印象と肌表面形状との関係を分析し、さらに任意の印象語に該当する肌を画面上で提示できるシステムの開発に取り組んでいる。その一環として我々は、肌形状を3Dモデリングしている。

これを以下のように定式化する。肌の印象を表現する  $n$  種類の形容詞を用意し、ある肌の印象  $A$  を

$$A=(a_1, a_2, \dots, a_n)$$

と表現する。ただし  $a_i$  はその肌の  $i$  番目の形容詞への適合度とする。また肌表面の3Dモデリングを制御する  $m$  種類のパラメータを用意し、ある肌を生成するためのパラメータ群  $P$  を

$$P=(p_1, p_2, \dots, p_m)$$

と定義する。ただし  $p_i$  は、その肌を生成するための  $i$  番目のパラメータとする。この定義に基づくと、我々が現在開発しているシステムは、

1. 任意の  $P$  を与えられたとき、それに対応する肌表面形状を3Dモデリングする手法
2. 3Dモデリングされた肌表面をユーザに提示して回答させた印象  $A$  を集計し、それと  $P$  との関係を学習・分析する手法

という要素技術で構成されると考えられる（図2参照）。そして本報告は、上記の1.を提案するものである。

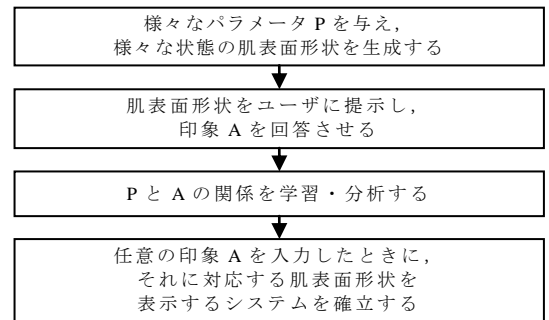


図2：本研究全体の処理の流れ

本研究は、CG画像に基づいて肌状態を評価・分析し、その結果から肌状態を決定するパラメータを特定することで、より多様な肌状態と印象の関係を導くものである。

本研究の究極的な目標の一つに、化粧肌の質感をCGで表現する、という点がある。化粧肌の印象評価を実際に人で行う場合、毛穴・皮丘・皮溝の状態数だけ人数が必要となり、化粧品開発の際の評価・検討に時間やコストがかかり効率が悪い。また、顔型や顔色の影響も加わることから同一条件下での評価は難しい。そこで化粧肌の質感をCG技術によってモデリングすることで、個人の印象をモデリングのためのパラメータという形で定量化でき、ひいては化粧品開発の評価・検討の効率化につながれると考えられる。

## 4. モデリング

前章で述べた通り本報告では、図1に示すような肌の微細構造をモデリングする手法を提案する。

### 4.1 状態とその特徴

我々は代表的な肌状態として、以下の3種類の拡大写真を観察し、その特徴を考察した。

[1:整った肌] 特徴として、皮溝が連続的であり皮丘の三角形が小さく形が均一、そして一つ一つが立体的にふっくらしているということが挙げられる。

[2:乾燥した肌] 皮溝のパターンは整った肌と同様であるが、皮溝自体が非常に浅く細いため紋様を形成できていない場合が多い。また、皮丘の形状も平面的で全体的に薄皮に見える。

[3:毛穴が目立つ肌] 各々の毛穴の直径が広く深い。

考察した特徴に基づいて、以下のようなパラメータ  $P$  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生成する。

- 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

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 Delaunay 三角メッシュアルゴリズムを採用して，肌形状シミュレーションを実現する。

#### 4.2 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 3 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。この際に，毛穴の半径・深さ・位置ともに，パラメータ P で設定されたランダム度にしたがって値を決定する。続いて Delaunay 三角メッシュアルゴリズムにより，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 P に従って，皮丘および皮溝の形状を決定する。

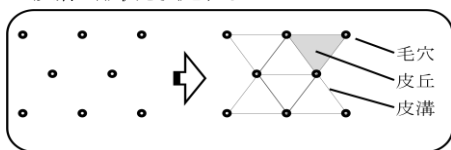


図3 パターン生成の処理手順

#### 4.3 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。本手法ではまず，細かい三角形群の各頂点を生成する。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，それぞれ頂点を作成する（図 4 参照）。そして，これらの頂点を Delaunay 三角メッシュアルゴリズムで連結することで，ポリゴンを生成する。

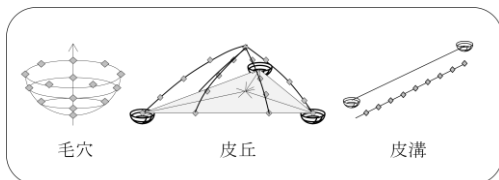


図4 ポリゴンを構成する頂点の生成

#### 4.4 結果

図 5 は整った肌の表現結果である。図 6 は毛穴が目立つ肌の表現結果である。これは毛穴のパラメータを大きくすることで実現する。図 7 は乾燥した肌の表現結果である。これは皮溝と皮丘の高さのパラメータを小さくすることで実現している。

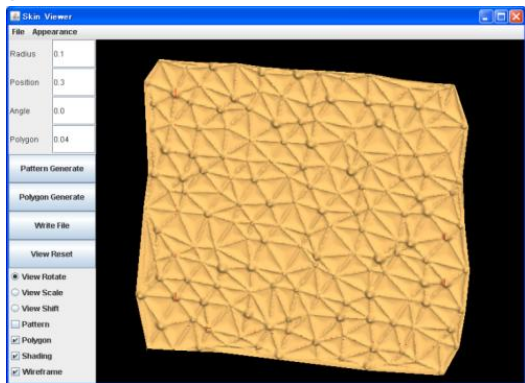


図5：整った肌

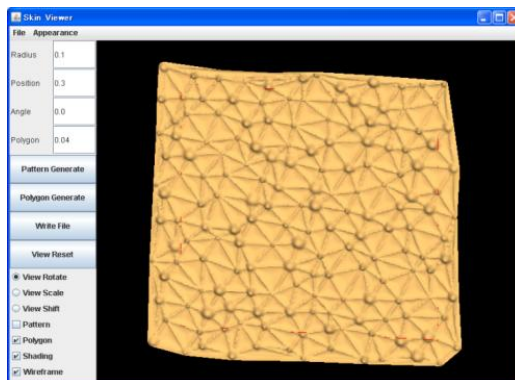


図6：毛穴が目立つ肌

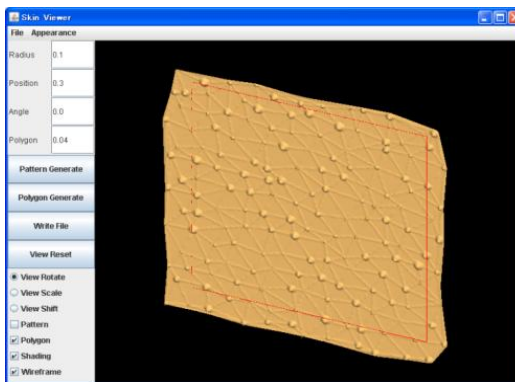


図7：乾燥肌

### 5. まとめ

本報告では，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，肌の微細構造を 3D モデリングする形状シミュレーション技術を提案した。

肌の CG 表現に関する今後の課題として，以下に取り組みたい。

- 非等方性を考慮したキメの表現手法の確立
- 適切なパラメータ値の再考案
- 顔三次元形状への貼付け技術の実装
- レンダリング技術との統合によるリアリティ追求

また，肌状態の印象評価結果とパラメータの関係に関する学習・分析についても研究を進めたい。

### 6. 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氏には細部にわたるご指導をいただきました。ここに感謝致します。

### 参考文献

- [1] [http://www.menard.co.jp/beauty/library/science/science\\_01.html](http://www.menard.co.jp/beauty/library/science/science_01.html)
- [2] 荒川, 大西, 舛田, ビデオマイクロスコーブ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.