

# 実写画像からの肌微細構造パラメータの推定

理学専攻 情報科学コース 猪股真美

## 1 概要

メーキャップ化粧品の効果の一つとして、様々な化粧肌質感により肌を美しく演出する効果がある。肌の印象の違いは肌表面形状に起因しており、その効果を把握するために肌の構造と質感印象評価の関係を調べることは重要である。しかし化粧品業界において肌印象評価には実写画像のみが用いられており、光学的な変化に大きな影響がある肌微細形状の要因は考慮されにくい。

そこで我々はCGを用いて微細形状を考慮した肌を表現し、肌の微細構造の違いによる肌質感変化をシミュレートするシステムの開発に取り組んでいる。その一環としてKurokawaは肌微細構造の3Dモデリング手法[1]を提案した。この手法を用いることにより、入力パラメータに応じた自在な肌微細構造生成を可能にしている。本論文では肌の実写画像から微細構造に関する数値を測定し、手法[1]によるCG肌の再現のための入力パラメータとして使用する手法を提案する。本手法では実写画像に対し二値化処理を適用し、続いてテンプレートマッチングに類似した手法で黒領域を探索することで、毛穴半径・皮溝幅・皮溝角度依存性を推定する。

## 2 前提知識

**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)[2]。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。本研究では2次元の実写画像を用いてパラメータの推定を行うため、皮溝・毛穴のみについて推定を行う。

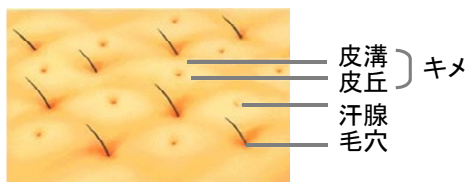


図1: 肌表面の構造 ([2] より転載)

## 3 提案手法

本論文では、まず肌の実写画像から毛穴と皮溝を検出する手法について述べ、続いて検出結果からパラメータを構築する手法について述べる。さらに、そのパラメータを入力してのCG画像生成について述べる。

### 3.1 実写画像からの毛穴と皮溝の検出

本手法では、実写画像を二値化し、その二値画像において円形の黒領域や細く伸びる領域をテンプレートとして、テンプレートマッチングに類似した以下の手法で黒領域を探索する(図2参照)。

#### 3.1.1 二値化

まず入力画像に白黒二値化処理を適用する。各座標におけるR,G,B値の総和が閾値以上の場合には黒画素に、さもなければ白画素に変換する。

#### 3.1.2 毛穴検出

続いて、二値化後の白黒画像に対して円領域を画像内の全ての領域に走査させる。各位置において円領域内部における黒画素数が閾値以上であれば、その円を毛穴とみなし、中心座標と円直径を記録する。また、毛穴と判別された円内部の黒画素を白画素に変換する。この変換は毛穴位置を除いた皮溝検出のために必要である。以上の処理を円の大きさを変えて反復する。

#### 3.1.3 皮溝検出

皮溝検出では、16方向の黒い線分のいずれかを引いた円をテンプレートとして探索する。線分を引いたテンプレートを画像内の全ての領域に走査させて、各位置において線分上における黒画素数が閾値以上であればその領域は皮溝であると判別する。この時には、テンプレートを平行移動させながら同様な処理を反復し、黒画素数が一定以下になれば反復を停止する。この平行移動の回数によって皮溝の太さを推定し、テンプレートの中心座標、およびテンプレート上の線分の角度とともに記録する。

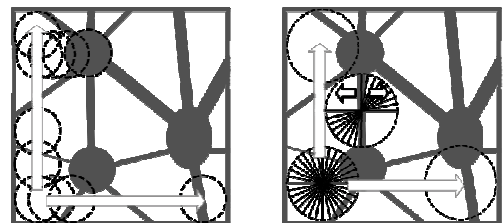


図2: テンプレートマッチングによる検出 (左:毛穴検出, 右:皮溝検出)

### 3.2 毛穴と皮溝のパラメータ確定

続いて毛穴と皮溝のパラメータをヒストグラム化する。本手法では、検出された毛穴について半径幅別毛穴数ヒストグラムを生成し、肌微細構造の毛穴パラメータとして用いる。また皮溝は、幅と角度についてヒストグラムを生成し、肌微細構造の毛穴パラメータとして用いる。

### 3.3 肌微細構造の生成

肌生成においては Kurokawa の手法 [1] を用いる。本手法では入力パラメータの一部に 3.2 節で求めたヒストグラム化されたパラメータを適用することにより、実写画像と類似の特徴を持つ肌微細構造を生成する。肌を生成するための入力パラメータ群を表 1 に示す。表 1 において [] で囲まれたパラメータは、本手法によってヒストグラム化されるパラメータである。また () で囲まれたパラメータは、[1] の時点では採用していたが本手法の適用により不要になるパラメータである。

表 1: 入力パラメータ

	入力パラメータ
毛穴	[半径], (半径乱雑度), 深さ, 深さ乱雑度, 配置乱雑度
皮丘	高さ, 高さ乱雑度
皮溝	深さ, (深さ乱雑度), [幅], (幅乱雑度), [角度]

#### 3.3.1 パターン生成

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、[1] では毛穴の半径・深さ・配置ともに設定されたパラメータにしたがって値を決定していた。本手法ではこのうち半径の平均値と乱雑度を、3.2 節で論じた半径のヒストグラムに置き換える。続いて、Delaunay 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。そして分割した三角形一つ一つを皮丘、各辺を皮溝とし、パラメータに従って皮丘および皮溝の形状を決定する。この際、本手法では皮溝の幅の平均値と乱雑度を、3.2 節で論じた幅のヒストグラムに置き換える。さらに、3.2 節で論じた角度分布に応じて皮溝の深さを決定する。

#### 3.3.2 ポリゴン生成

毛穴、皮丘、皮溝の各形状を精密な立体形状として表現するため、生成されたパターンをさらに細かい三角形群に分割する。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生成する (図 4 参照)。そして、これらの頂点を Delaunay 三角分割で連結することでポリゴンを生成する。

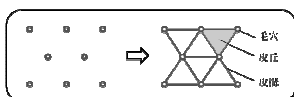


図 3: パターン生成手順

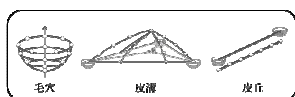


図 4: ポリゴン生成手順

## 4 結果

### 4.1 毛穴・皮溝の検出

サンプル画像 2 枚に対し、毛穴と皮溝を検出し、毛穴を水色で、皮溝をピンクで色分けした結果を図 5、図 6 に示す。2 枚とも毛穴、皮溝を概ね捉えられている。

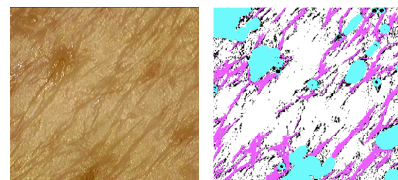


図 5: 乾燥した肌 (左:入力画像, 右:結果画像)

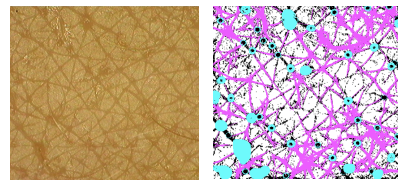


図 6: 健康な肌 (左:入力画像, 右:結果画像)

### 4.2 皮溝数ヒストグラム

検出された皮溝を角度別皮溝数で集計し、ヒストグラム化したものを図 7 に示す。横軸は 16 角度、縦軸はその角度における皮溝数を表している。乾燥した肌のヒストグラムは単峰性の分布を持ち、皮溝が一方向に流れてしまうという特徴が読み取れる。また、健康な肌は乾燥した肌と比べて多峰性の分布を持ち、皮溝が流れていないことが分かる。

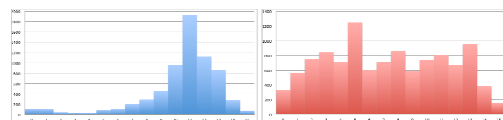


図 7: 角度別皮溝数ヒストグラム  
(左:乾燥した肌, 右:健康な肌)

### 4.3 パラメータ推定値を用いた CG 画像生成

健康な肌における毛穴の半径別ヒストグラムを、肌パターン生成の際の毛穴半径に反映させた。実行画像を図 8、図 9 に示す。実写画像における毛穴のばらつきが、肌生成結果にも反映されていることがわかる。

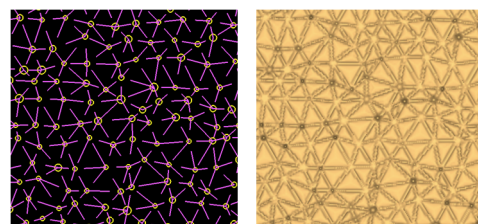


図 8: パターン生成結果 図 9: ポリゴン生成結果

## 5 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、実写画像から微細構造のパラメータを推定し、肌微細構造の生成に使用する手法を提案した。

## 参考文献

- [1] M. Kurokawa, M. Inomata, T. Itoh, N. Toyoda, Microgeometric Modeling of Human Face Skins for Cosmetic Analysis, ACM SIGGRAPH Asia, 2011.
- [2] <http://www.menard.co.jp/beauty/library/science/science01.html>