

千葉大学審査学位論文 (要約) (Summary)

融合科学 研究科 情報科学 専攻 知能情報 コース  
Graduate School Division Department

学生証番号 14YD1401

Student ID Number

氏名 菊地 久美子

Name

論文題名 (外国語の場合は、その和訳を併記)

Thesis Title (foreign language title must be accompanied by Japanese translation)

皮膚の色素沈着部位の画像解析法の開発とその応用

(千葉大学審査学位論文)

皮膚の色素沈着部位の画像解析法の開発とその応用

2016年1月

千葉大学大学院融合科学研究科  
情報科学専攻 知能情報コース

菊地 久美子

## 1. 本論文の背景

皮膚の色は主として毛細血管を流れる血液中のヘモグロビン、メラノサイトが生成するメラニン色素などによる光の吸収と、表皮層における光の透過・散乱の相乗作用によって決まり<sup>1)</sup>、人種・地域・季節・年齢・部位などによる肌色の違いを生み出している。

ヘモグロビンやメラニンといった皮膚色を構成する色素は皮膚内部において一様に分布しておらず、色素が局所的に過剰に生じると肌表面の色調は不均一な状態となる。

肌の色調の不均一性のうち、ヘモグロビン色素が要因となり生じる症状として、「にきび」「酒さ」「紅斑」などがある。一方、「色素斑（シミ）」は一般的に、表皮に存在するメラノサイトがメラニンを過剰に分泌することで生じる色調の不均一性を示しており、「老人性色素斑」や「肝斑」，「雀卵斑（そばかす）」などの種類がある。

これらの肌悩みを予防，改善する化粧品や薬剤の開発が望まれており，その設計および有効性の客観的な評価において，肌色の状態を的確に把握することは重要である<sup>2, 3)</sup>。

肌の色調を測定する手法として，一般的には色彩計や分光光度計が用いられ，議論の共通指標としてマンセル表色系，CIE 均等色色空間  $L^*a^*b^*$ などの色彩値が用いられている。ところが上記の計測法では，肌の色調の不均一性，たとえばその要因として「シミ」を解析する場合，その面積や形状を解析することができない。また，得られた色彩値，たとえば明度 ( $L^*$ ) を指標として色素斑の濃さを解析する場合，メラニン色素の変化だけでなくヘモグロビンの影響も受けてしまう<sup>4, 5)</sup>。これら課題に対するアプローチとして，肌の画像から色調や色素の分布情報を取得する手法が開発され，医療分野や美容分野への応用が期待されている。

### 先行研究

肌の画像データから皮膚内部色素の濃度分布を可視化する方法は数多く提案されている。画像の RGB 空間から独立成分分析によりヘモグロビン成分とメラニン成分を分離し求める手法<sup>6)</sup>や，三刺激値  $XYZ$ と肌のヘモグロビン色素濃度，メラニン色素濃度の関係式を構築し，肌画像に關係式を適用させ，色彩値および色素成分の濃度分布を可視化する手法<sup>7)</sup>，モンテカルロシミュレーションを肌画像に適用し皮膚内部の色素の濃度を推定する手法<sup>8)</sup>などがある。上記の色素成分の可視化手法はいずれも，製品の有効性を示す場合など美容分野において有用と思われる。

### 未解決点

前述のように，肌の画像から色彩値を定量化する試みや，ヘモグロビン，メラニンといった肌の色素の分布を推定する試みは数多く行われてきた。しかし，シミ，そばかす，にきび，にきび跡といった，肌の色素の局所的過多により生じる症状の程度を定量化する試みはほとんど行われていない。

また，肌の不均一性の特徴と，知覚の關係については明らかになっていない。不均一性に対する視覚特性を理解し，知覚の程度を的確に反映する評価方法の開発は，有効性の客観的

な評価など、医療分野や美容分野において重要である。

## 2. 本論文の目的

この論文の目的は、肌の色素の局所的過多により表在化する肌の色調の不均一性を定量化する方法を開発するとともに、不均一性に対する視覚特性を理解し、知覚の程度を的確に反映する評価方法を確立することである。

具体的には、「色ムラ」と総称され、肌悩みとして捉えられる肌の不均一性を、色素別、沈着領域の面積別に定量化する手法を開発する。開発した手法を応用し、肌の色調の不均一性の人種差や加齢変化の特徴について明らかにする。

さらに、メラニン色素が要因となり生じる「色素斑（シミ）」について、頬に生じる個数、その個々の面積、色素濃度を定量化する手法を開発する。開発した手法を日本人女性の肌の画像に適用し、年代別の色素斑の特徴や加齢変化の特徴を明確化する。

頬部の状態は発生する色素斑の数・面積・濃さによって様々な状態を呈し、「正常部位の明るさ」や「色素斑の目立ち」といった知覚を左右する。色素斑の分布と視覚特性の関係について検討し、知覚される「正常部位の明るさ」および「色素斑の目立ち」の特徴を明確化する。

## 3. 本論文の構成と概要

本論文は全8章より構成されている。以下、各章の概要を示す。

第1章「序論」では、本研究の背景を述べ、未解決の問題点と研究の意義を指摘することによって目的を明らかにした後、研究の位置付け、論文の構成について述べた。

第2章「肌の計測および解析技術の研究動向」では、皮膚の構造、肌色解析の技術動向、色素斑の種類について述べた。まず、皮膚の構造について述べ、次に肌色解析に関する最近の技術動向・進展を概観した。最後に、本研究で対象とする色素斑の種類について述べた。

第3章「顔の肌表面の画像測色システムの開発」では、本研究で開発した顔の肌表面の画像測色システムについて述べた。計測精度および再現性について検証し、肌表面の色計測に十分な精度を有する画像測色システムであることを示した。

第4章「肌の表面色調の不均一性の計測方法と人種差の解明」では、肌の画像から色調の不均一性（いわゆる色ムラ）を定量化する手法を構築した。まず第3章で開発した顔の画像測色システムにより撮影される肌の画像から、ヘモグロビンおよびメラニン色素を算出した。次に各色素成分の分布画像に対しガウシアンフィルタを適用することで、各色素による不均一性を面積別に分解した。不均一性の定量化に関しては、色素成分別・面積別に分解された

各画像に対し官能評価に基づく閾値を設定し、閾値以上の色素濃度値を示す領域の積算値として求めた。開発した不均一性の計測方法の応用として、人種による不均一性の特徴および加齢変化の特徴を解明するため、欧米の女性およびアジア女性の頬部画像に計測法を適用した。人種によらず、加齢によりメラニン要因の不均一性は増加することを確認し、さらに、欧米の女性はアジア女性と比較しヘモグロビン要因による不均一性が顕著に高いとの知見を得た。

第5章「肌の色素斑の計測方法と加齢変化の特徴の解明」では、肌色調の不均一性の要因のうち、メラニン色素の沈着（いわゆるシミ）に着目し、頬部における個数、その個々の面積、色素濃度を定量化する方法を開発した。まず、第3章で開発した顔の画像測色システムにより撮影される肌の画像から、メラニン色素の分布画像を算出した。メラニン分布画像に対しガウシアンフィルタを適用し、さらに二値化処理、ノイズ除去処理、ラベリング処理などの画像処理を適用した。これらの画像処理により、色素沈着部位を正常部位と分離し、かつ個々の色素斑を識別することを可能にした。さらに識別した個々の色素斑から、その面積や色素濃度、色彩値を定量化した。応用として、頬部における色素斑の個数やその個々の面積、色素濃度の加齢変化を解明するため、開発した計測方法を20歳から80歳の日本人女性の頬の画像に適用し、年代別の実態や加齢変化の特徴について解析した。色素斑の個数、面積、濃さは加齢に伴い増加するが、顕著な増加を示す指標は年代により異なることを明確にした。

第6章「肌の色素斑の目立ちと正常部位の肌の明るさに関連する分布パラメータの抽出」では、頬部に生じる色素斑の個数、個々の面積、濃さなど、色素斑の分布に関連する指標が、「色素斑の目立ち」や「正常部位の肌色」の知覚にどのような影響を及ぼすか明確にした。具体的には、「色素斑の目立ち」および「正常部位の肌色」の官能評価値を目的変数、実際の頬の画像から解析される色素斑の分布パラメータを説明変数としたPLS回帰分析を行い、知覚に影響を及ぼす色素斑の分布パラメータを抽出した。「色素斑の目立ち」の知覚については、色素斑の個数、総面積、最も暗い色素斑の明度、最も大きい色素斑の面積が影響することが示された。さらに、「正常部位の肌の明るさ」の知覚については、正常部位の肌の明度に加え、色素斑の明度も影響することが示された。

第7章「知覚に対する色素斑の分布パラメータの寄与の詳細把握」では、知覚に対する色素斑の分布パラメータ単独の影響について厳密に把握するため、第6章で抽出された色素斑の分布パラメータを変調させた頬の画像サンプルを生成し、一対比較法による評価実験を行った。「色素斑の個数」を調整した結果として、複数の小さな色素斑が存在する頬サンプルは単一の大きな色素斑が存在する頬サンプルよりも「色素斑が目立つ」と知覚されることを示した。さらに、「正常部位の肌の明度」「色素斑の明度」を変調させた頬の画像サンプルを生成し、

「正常部位の肌の明るさ」の知覚に対するパラメータの影響について調査した結果として、「正常部位の肌の明るさ」の知覚に対する「色素斑の明度」の影響は小さいことを示した。加えて、複数の小さな色素斑が存在する場合は、単一の大きな色素斑が発生する場合と比較し、肌が暗く知覚されること示した。これら色素斑の分布による見えへの影響は、色素斑による「色の対比」、「色の同化」など、視覚に関わる現象が関与していると考察した。

第8章「結論」では、本研究の内容を総括すると共に、今後の研究課題について述べた。

## 参考文献

- 1 R. R. Anderson, J. A. Parrish. The Optics of Human Skin. *Journal of Investigative Dermatology* 1981; 77: 13-19.
- 2 美白機能評価専門委員会. 化粧品機能評価ガイドライン<新規効能取得のための医薬部外品美白機能評価試験ガイドライン>. *日本化粧品学会誌* 2006; 30(4): 333-337.
- 3 日本化粧品学会美白機能評価専門委員会. 日本人女性のしみ、そばかす、および美白化粧品使用等の実施に関するアンケート調査. *日本化粧品学会誌* 2006; 30(4): 306-310.
- 4 森 瑛二郎. 皮膚色の分光測定. *香粧会誌* 1982; 6(2): 126-131.
- 5 滝脇 弘嗣. 皮膚の色を測る. *西日本皮膚科* 1993; 55(3): 415-419.
- 6 N. Tsumura, H. Haneishi, Y. Miyake. Independent Component Analysis of Spectral Absorbance Image in Human Skin. *Optical Review* 2000; 7(6): 479-482.
- 7 舛田 勇二, 高橋 元次, 坂本 哲夫, 島田 美帆, 伊藤 雅英, 谷田貝 豊彦. 新しいシミ計測法の開発. *日本化粧品技術者会誌* 2001; 35(4): 325-332.
- 8 I. Nishidate, Y. Aizu, H. Mishina. Estimation of melanin and hemoglobin in skin tissue using multiple regression analysis aided by Monte Carlo simulation. *Journal of Biomedical Optics*. 2004; 9(4): 700-710.