

ファンデーションの定量・分布計測のためのスペクトル差強調フィルタ

Spectral Difference Enhancement Filter for Quantitative/Spatial Measurement of Cosmetics Foundation

西野 顕	Ken Nishino	豊橋技術科学大学	Toyohashi University of Technology
中村 睦子	Mutsuko Nakamura	株式会社カネボウ化粧品	Kanebo Cosmetics Inc.
松本 雅之	Masayuki Matsumoto	株式会社カネボウ化粧品	Kanebo Cosmetics Inc.
丹野 修	Osamu Tanno	株式会社カネボウ化粧品	Kanebo Cosmetics Inc.
中内 茂樹	Shigeki Nakauchi	豊橋技術科学大学	Toyohashi University of Technology

Keywords: スペクトルイメージング, 光学フィルタ, 判別分析, 肌, ファンデーション

1. はじめに

物体から放たれる反射光のスペクトルには, その物体の様々な物理・化学特性が反映されている. 近年, 光学素子等の発展に伴い, 画像中の画素一つ一つがその位置のスペクトル情報を持つマルチスペクトルイメージの計測技術に注目が集まっており, 特に非接触・非破壊分野において様々な取り組みがなされている. しかしながら, スペクトルイメージング技術には, コストや計測時間等の面で課題が多く, 産業応用への障害は小さくない.

そこで本研究では, スペクトル情報に含まれる豊富で不可視な情報に着目しつつ, 機能性分光フィルタ [1]を汎用のデジタルカメラのレンズ前面に置くのみで, 特定の対象の検出・弁別に特化した分光感度特性を持つ, 安価で高精度な計測装置を実現する手法を提案する. 具体的には, 肌上に塗布されたファンデーションを可視化対象とし, カメラ前面に置くフィルタの設計・実装を行った. 色彩値の上では判別困難である肌に塗布されたファンデーションを [2], 素肌とファンデーション塗布肌のわずかなスペクトル差異を強調する光学フィルタを用いることで, デジタルカメラによって付着量を定量的に計測可能であることを示す.

2. ファンデーション塗布前後のスペクトル計測

フィルタ設計のために, ファンデーション塗布前後の分光反射率計測を行った. 計測にはマルチスペクトルイメージング装置 Nuance (CRi 社) を使用した. 波長範囲は 420~720nm (5nm 刻み), 解像度は 696 x 512 [pixel], 被験者は 20 代から 50 代の女性 30 名である. 使用したファンデーションはパウダータイプとリキッドタイプとし, 被験者ごとに全 6 色から最も適合する 1 色を選択して使用した.

計測によって得られた平均反射率を図 1 に示す. 素肌と化粧塗布状態の反射率スペクトルは非常に酷

似しているが, 550nm 近傍に存在する素肌特有の吸光特性においてスペクトル差の存在が確認できる. この波長帯には皮膚組織中の酸化ヘモグロビンに起因する吸光ピークが存在することが知られており, ファンデーション膜が皮膚の光学特性を覆い隠す様子が現れたものと考えられる.

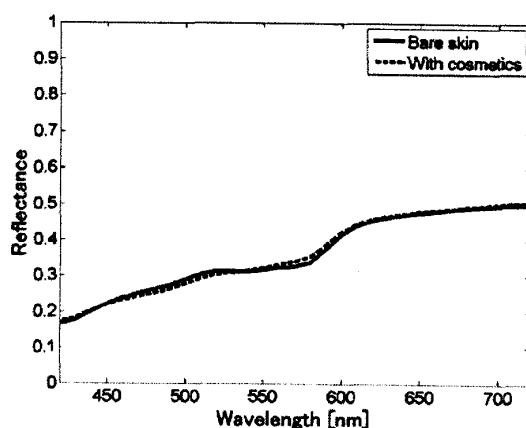


図 1. 素肌・化粧肌の平均反射スペクトル

3. フィルタ設計

計測したスペクトル群を用いて, ファンデーション塗布前後のスペクトル差がデジタルカメラの RGB 空間上で最大となるようにフィルタの透過特性を最適化した. 具体的には, RGB 値から求められる rg 色度に対し線形判別分析を行い, この誤判別率が最小となるように透過特性を求めた. なお, デジタルカメラの RGB 感度特性は, NikonD70 を実測することで得た. また, 透過特性の最適化にはシミュレーテッドアニーリングを用いた.

最適化により得られた透過特性は, 狭透過帯域を複数持つ複雑な特性であったが, 多層膜光学シミュレーションより, 光学フィルタとして実現可能であることが確認された. そこで, 理論透過特性を再現する光学フィルタを, 光学薄膜により実現した. 成膜された光学フィルタならびにフィルタを汎用デジタルカメラに装着した様子を図 2 に示す.

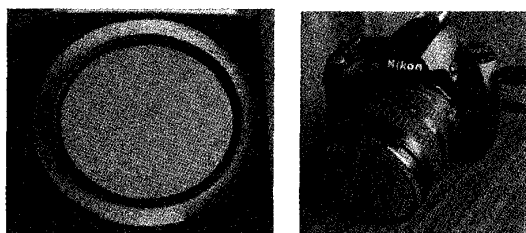
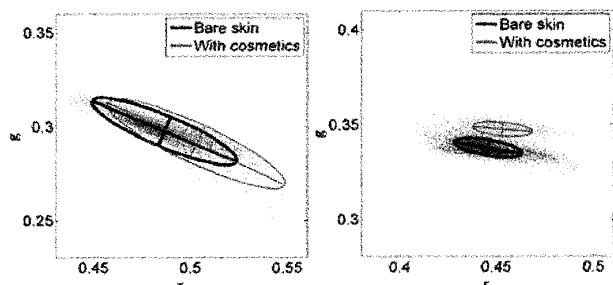


図2. スペクトル差異強調フィルタ
(左: 設計フィルタ, 右: フィルタ装着状態)

設計フィルタを装着したカメラで画像を撮影すると、ファンデーション塗布部と素肌部の RGB 色差が大きく強調されることが確認できた。図3は実際の計測画像から得た肌の rg 色度である。被験者4名に対して判別精度を検証したところ、誤判別率 36% → 4.1% という著しい判別精度向上が確認された。



(A) フィルタ無し (B) フィルタ有り

図3. 計測画像の rg 色度分布

(図内の楕円は 1σ の等確率楕円を表す)

4. ファンデーションの定量・可視化

ファンデーション塗膜による肌色の変化は、背景である素肌とファンデーション付着量によって変化する。このことから、前述のファンデーション塗布部と素肌部の RGB 色差には、ファンデーション付着量との強い相関が期待される。そこで、ファンデーション塗布量とフィルタ出力の関係を計測し、フィルタ出力からのファンデーション付着量の定量を試みた。この実験では、被験者4名に対して顔全体14箇所一定量のファンデーションを塗布し、その顔画像を計測した。計測装置は NikonD70、光源は大型白色蛍光灯 (Diva-Lite) とし、カラーキャリブレーションにマンセルミニチャート (x-rite) を使用した。計測角度は $\pm 45, 0[\text{deg}]$ とした。

計測画像から得た RGB 値から、判別分析の際に求める判別スコアを取得し、塗布量との相関を確認した。図4に塗布量と判別スコアの相関を示す。横軸は塗布量、縦軸は判別スコア、エラーバーは標準偏差を現す。図より、塗布量と判別スコアの間に対数的関係が確認できる。これに対数関数をフィッティングしたところ、決定係数 0.91 という非常に高い

精度で塗布量の推定が可能であった。

最後に、構築した検量線を用いて、この実験で得たある被験者の計測画像について付着ファ

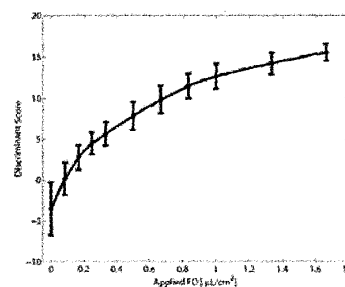


図4. ファンデーション塗布量と判別スコアの関係

ンデーションの可視化を行った。図5に、画像から求めたファンデーション分布結果をメイクアップツール上にマッピング表示した結果を示す。図からわかるとおり、非常に高い精度でのファンデーション塗布部の検出・定量に成功している。また、結果だけを述べるが、本研究で使用したものと異なるデバイスを使用する場合であっても、簡単なカラーキャリブレーションを行うだけで良好な精度を得られることを確認している。

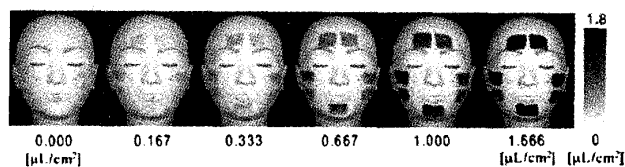


図5. ファンデーション分布の可視化結果

5. 総括

計測対象のスペクトル差異を強調する光学フィルタの設計手法を確立し、ファンデーション塗布部の検出、付着量の定量、可視化へと応用した。その結果、汎用のデジタルカメラに光学フィルタを取り付けるという非常に簡便な形態で、ファンデーション塗布部の検出 (誤判別率 4.1%) と定量 ($R^2=0.91$) に成功し、その分布計測を実現した (図5)。

本手法は、ファンデーションに限らず様々なターゲットに対して非破壊計測技術として応用可能であり、食品・医療などの異分野応用が期待される。

- [1] Miyazawa K, Onouchi T, Oda H, Shinomori K, Nakauchi A. Functional spectral filter optically simulating color discrimination property of dichromats. Proceedings of 29th European Conference on Visual Perception (ECVP2006). St. Petersburg, Russia; 2006. pp 197-198.
- [2] K. Nishino, K. Miyazawa, H. Oda, M. Nakamura, M. Matsumoto, O. Tanno, S. Nakauchi, "Color Discriminant Analysis Filter for Visualization of Cosmetics Foundation Distribution", Proceedings of 11th congress of the International Color Association, CD-ROM, Sydney, Australia, 2009