

分光測色計および2次元色彩輝度計による肌・化粧品の定量的評価

編集部



カラー液晶・ワイヤレス通信、小型・軽量で機動性・操作性に優れた分光測色計CM-700d

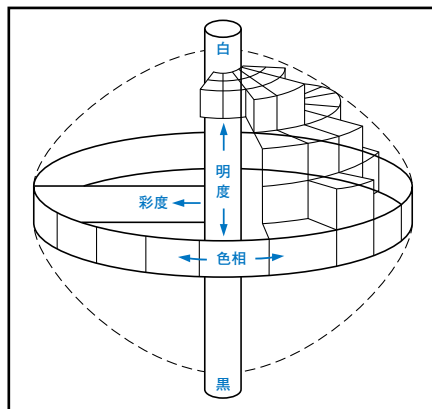


図1 色相、明度、彩度の立体図

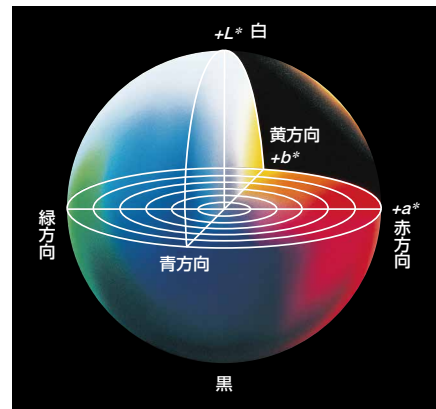


図2 L*a*b*色空間立体イメージ

1. はじめに

化粧品や髪の色やつやの評価では視覚や触覚による官能検査が依然主流となっているが、人間の目は色と色を比較する能力に優れているものの、個人差があり記録性に問題がある。こうした主観・官能評価に対し、測定機器を用いて数値化することで客観測定を可能にする手法の確立が求められている。

ここでは、測定物の分光反射率から迅速で再現性の高い高精度な測色が行え、測色データが記録として残せるコニカミノルタの分光測色計を用いて、肌の色や化粧品などの色管理の定量化を可能にした事例を紹介する。

一方で、皮膚上における水分や油分の分布状態の評価などでは皮膚全体を面として測定することが求められ、液晶ディスプレイのむら・欠陥評価などに実績のある2次元色彩輝度計が適用できる。そこ

で、併せて、肌および化粧品の定量評価手法としての2次元色彩輝度計の活用についても提案する。

2. 分光測色計による肌の色および化粧品の定量評価

2.1 色彩と測色計

まずは色彩と測色計から話を始める。色彩は、色相H (Hue) と「明るさ」V (Value)、「あざやかさ (彩度)」C (Chroma) という三つの要素 (色の三属性) の組み合わせからなり、図1のように色相を外周、明度をタテ軸、彩度を中心からのヨコ軸とした立体として考えることができる。

この色相、明度、彩度に目盛りをつけると色の数値化ができ、だれとでも共通に色彩に関するコミュニケーションができる。一般に、物体の色や光源の色を数値や記号で表現する方法を「表色系」と言い、色を表現する三つの要素で示される空間のことを「色空間」と言う。

ここで、測色計を使えば、色の数値化が簡単にでき、各種表色系で瞬時に答えが出る。色を扱う現場で最も問題になるのは、

微妙な色の違い (色差) だが、測色計があれば色差の微妙な違いも、数値で表すことができる。

L*a*b* (エルスター・エスター・ピースター) 色空間は、物体の色を表すのに、現在あらゆる分野で最もポピュラーに使用されている表色系である。図2は、L*a*b*色空間を立体的にイメージしたものである。

人間の目 (目視) では同じように見えても、測色計で測ってみると微妙に違っていることがある。

分光測色計は、分光反射率係数の測定から色を算出するもので、色の数値化はもちろん、色の波長成分 (反射率) をグラフ化して表示する。分光測色計では、物体から反射された光を回折格子等で分光し、これを複数のセンサーで受光して各波長の反射率 (光の量) を測定し (図3)、グラフ化できる。

2.2 肌色の評価

ところで、肌の色を定量的に評価して対象とする母集団の肌色の分布を把握することは、製品設計や最適なサービスの



図3 分光測色計の原理

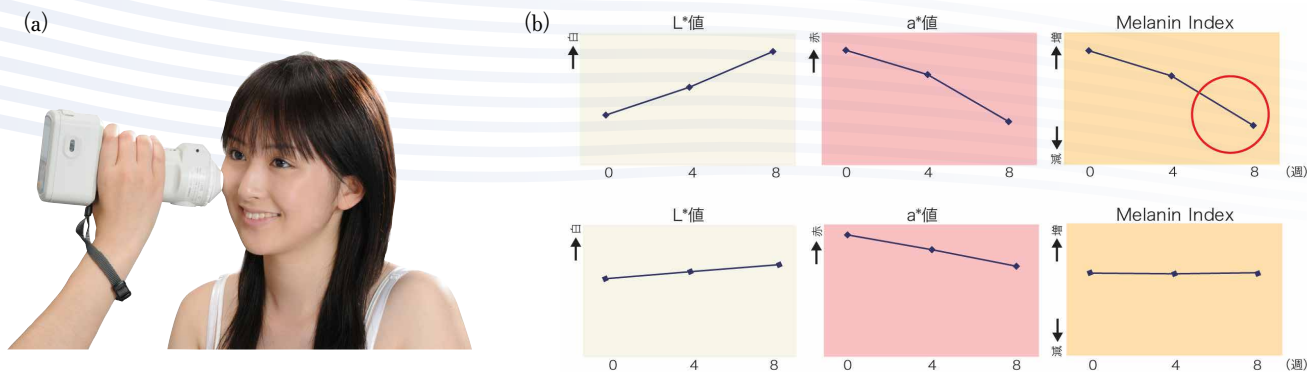


図4 (a)分光測色計CM-700dによる測色 (b)肌解析ソフトウェアCM-SAによる美白剤の効能評価例
 L*値：白が増加、a*値：赤みが減少という色情報だけでは、美白剤による効能の判断ができない。そこでメラニン量指数(Melanin Index)データを見ると、美白剤ありでメラニン量指数(Melanin Index)が減少していることが分かる

提供において重要で、肌色の測定値を必要とする領域は画像分野(印刷、写真、放送)や照明分野、化粧品・服飾など多岐にわたる。化粧品分野では、肌色の測定値はメーキャップ化粧料の色調設計やスキンケア製品の有用性確認など製品開発の基準となっており、肌色の実態把握が必須となっている。

こうした観点から菊地(資生堂)・溝上(千葉大学)らは、長年にわたり、コニカミノルタの異なる分光測色計(CM-1000RHの改良機(CM-1000RHs)、CM-2600d、CM-700dの3機種)を用いて肌の同一部位を測定、得られた肌色データの差を把握し、データを比較可能とするための補正式を導入することで、日本人女性の肌色分布の長期的な変遷について解析を行っている³⁾。その結果、1991年データから2001年データまでの約10年間で女性の肌色分布が高明度・低彩度・黄みよりヘシフトし、2005年データから2015年データまでの約10年間で女性の肌色分布は低彩度・赤みよりヘシフトしたことを明らかにしている。

化粧品分野において実際の肌色の測定値は色再現の基準であり、肌色の分光特性や肌色分布の理解が必要不可欠となるが、コニカミノルタの分光測色計による肌色計測が、メーキャップ化粧料の色調設計やスキンケア製品の有用性確認など製品開発の基準として有効活用されている事例と言えよう。

2.3 分光測色計と専用ソフトウェアによる美白剤の効能評価

さて、人の肌を構成する皮膚組織は層構造になっており、最外層となる角層から順に、表皮、真皮、皮下組織に分類される。表皮にはメラニン色素、真皮には血液中に含まれるヘモグロビンが多く存在していて、肌の色を構成する主な要因となってい

る。また、表面の微細な凹凸を形成する皮溝と皮丘からなる表面形態は一般的に「きめ」と呼ばれ、「しわ」はこれよりも大きな凹凸の状態として認識される。このような皮膚組織の構造・状態は肌の外観に及ぼす影響も大きいと考えられる。

肌の透明感への寄与が大きい皮膚生理特性は、きめの間隔および深さ・角層水分量・メラニン量・ヘモグロビン量で、透明感の高い肌はきめが深く、細かく、角層水分量が多く、メラニン量およびヘモグロビン量が少ないことが検証されている⁴⁾。

ここで、コニカミノルタの肌解析ソフトウェアCM-SAおよび分光測色計CM-700dなどを組み合わせて使用することで、肌の色を高い精度で計測すると同時に肌の透明感に大きく寄与するメラニン量(Melanin Index)を数値化できる(図4)。化粧品会社、機能性食品会社、薬品会社などの美白効果を目的とした製品の開発部署のほか、臨床試験を受託する会社、皮膚科・形成外科等の研究機関などで利用されている。

本ソフトウェアは、分光測色計で得られる分光反射率データを基に独自のアルゴリズムにより、メラニン量指数、血中酸素飽和度指数を分離して算出することで、肌の赤みなどに影響されることなく、高い精度で皮膚へのメラニン色素沈着の量を測定できる。



(a)

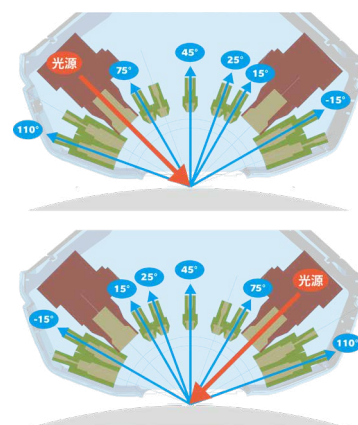
2.4 マルチアングルタイプの分光測色計による角度特性の計測

角度によって色の見え方が変わるメタリック・パール剤を含んだ化粧品の評価では、マルチアングルタイプ分光測色計CM-M6の1方向照明・6方向受光の照明受光によって、1回の測定で多角度のデータ取得ができる。同分光測色計は測定径が約φ6mmと小さいため、曲面や小面積のサンプルでも高精度・簡単に測定できる。測定器の中心軸に対して対象に配置された二つの照明・受光系「ダブルパス光学系」の採用により、測定時に測色計が傾いた場合でも高い測定安定性を実現している。

3. 輝度計による肌の色および化粧品の定量評価

3.1 輝度と色彩輝度計

さて、上述の測色計には測定用照明光源が内蔵されているが、物体の色は照明する光源によって違って見えるため、物体の色を測定するためには各種の光源の代表的な特性を規定しておく必要があり、これらはCIE(国際照明委員会)やJISなどで定められている。つまり測色計では押し当てた対



(b)

図5 (a)マルチアングルタイプ分光測色計CM-M6 (b)ダブルパス光学系

象物に所定の光を照射して、対象物からの反射光を受光し計測を行っている。

しかし、実際の環境光の中での肌や化粧品の見え方を評価したいとのニーズも少なくない。特に近年はLEDや有機ELなど、蛍光灯に代わる次世代の照明光源が市場で普及・拡大する中、「肌色を美しく照らす」といった照明の製品設計が求められる一方で、化粧品の開発においても、そうした新しい照明光源における肌の色および化粧品の見え方も考慮する必要がある。

加えて、人の肌には凹凸があり産毛があるために、顔の箇所によって輝度が異なり、見え方がまちまちとなることから、顔の皮膚全体を面でとらえる必要がある。

これに対してコニカミノルタでは、離れたところから（非接触で）顔の皮膚全体を面として計測評価できる「2次元色彩輝度計」(図6)の適用を提案している。

2次元色彩輝度計は、人間の視感度に相当するXYZフィルターと高画素CCDを採用することで、対象物の輝度分布、色度分布を正確に高解像度で2次元測定できるもので、各種ディスプレイや光デバイスの輝度むら・色度むらを短時間で効率よく測定できるとして多用され、測定から評価までの作業時間の大幅な短縮を実現している。

この輝度計を肌の評価に適用することで、面で顔全体をとらえたうえで、さらにそのうちの各ブロック、すなわち画素ごとの色と輝度を定量化できる。つまり肌の輝度分布を評価できると言える。

3.2 肌および化粧品評価における輝度計測の必要性

3.2.1 肌の透明性における輝度の影響

肌の輝度分布は肌年齢知覚に影響するが、肌の輝度情報が透明感にどのように影響するかは不明であることから、西牟田(花王)らは、肌の輝度情報が透明感に与える影響を調べるため、日本人女性100人の色情報を定量的に制御した肌画像を用いて主観評価実験を実施した結果、肌の平均輝度が高いほど肌の透明感は高く知覚されることが明らかとなった。これは反射率が高い肌、または照度が高い照明下で観察したほうが肌の透明感は高く知覚されることを示唆していると考察した⁵⁾。

こうした研究における定量評価で、肌の輝度分布を絶対値で評価できるコニカミノルタの2次元色彩輝度計が貢献できるとみられる。

3.2.2 化粧品の保湿効果における輝度の影響

角層は皮膚最上部に位置し、頬では10 μ m程度と極めて薄い組織である。この角層の水分と油分が皮膚の状態に大きく影響することから、皮膚の水分量や油分量の測定法として直接官能基を計測する方法や、水分や油分が存在することによって電気特性などの物理特性が変化することを利用して間接的に計測する方法が開発されているが、間接的な方法では計測値が水分や油分以外の影響を受けるという欠点があり、赤外分光法、近赤外分光法、ラマン分光法などの直接的な測定法は機器が高価なうえ使用法や解析法も煩雑となるという課題がある。

これに対して、化粧品塗布後の変化や発汗など、秒単位で刻々と変化する水分や油分の状態を評価するには、①直接的に水分や油分を測定すること、②皮膚への影響を少なくするため非接触であること、③リアルタイムで皮膚の状態を測定すること、さらに④皮膚上における水分や油分の分布状態を評価するには皮膚全体を面として測定すること、というすべてを兼ね備えた測定法が望ましいとされる。そこで江川(資生堂)は、長波長領域までの感度特性を有するExtended-InGaAs 近赤外カメラに、新規に開発した顔面の全領域に均一に光を照射することができる専用拡散照明を組み合わせた簡便で操作性のよい水分・油分の高感度可視化システムを用いて、皮膚上の水分・油分を可視化、化粧品の保湿効果を評価した⁶⁾。

取得した画像からは、化粧水塗布部位の水分量の増加に伴う輝度値の低下が観察され、同様に油分帯域においても油分量の増加に伴う輝度値の低下が観察された。化粧水、乳液塗布部位の選択領域の平均輝度値を塗布前からの変化量で示したプロットでは、塗布直後では化粧水単独、化粧水+乳液のいくつかの組み合わせのいずれのサンプルでも輝度変化量が増加、すなわち水分量が増加したが、その後、経時で輝度値は化粧水単独では5分後の時点で、ある乳液+化粧水の組み合わせでも10分後以降に徐々に塗布前に近づいたが、ある化粧水+乳液の組み合わせでは90分後でも高いレベルを保持、すなわち水分量が高い状態を継続していることが確認された。このように、サンプルの違いによる水分量の経時変化パターンを、輝度という数値データとしても比較可能であることが示された。

2次元色彩輝度計であれば、こうした皮膚上の水分・油分の分布状態やそれらの経時変化なども、より簡易に定量的に観察・評価できるとみられる。

コニカミノルタではこのほか、色と光沢が同時に測定できる分光測色計「CM-26dG」(今秋発売予定)を含めた新シリーズを市場に投入するなど、肌の色・つや・質感を定量的に評価するソリューションを開発、提供し続けることで、化粧品業界における研究開発をトータルにサポートしていく。(取材協力:コニカミノルタジャパン株式会社)



図6 2次元色彩輝度計CA-2500



図7 分光測色計CM-26dG

参考文献

- 1) コニカミノルタ(株)編「色を読む話」
- 2) 資料画像提供:コニカミノルタジャパン(株)
- 3) 菊地久美子、片桐千華、吉川拓伸、溝上陽子、矢口博久:分光測色計による肌色計測と日本人女性の長期的な肌色の変遷、日本色彩学会誌、第40巻、第6号、2016年、195-205.
- 4) 桑原智裕:肌の透明感測定、光学、39巻 11号(2010) 524-528.
- 5) 西牟田 大、五十嵐崇訓、岡嶋克典:肌の透明感における輝度と色の影響、映像情報メディア学会誌、Vol.68、No.12、2014、ppJ543-J545.
- 6) 江川麻里子:皮膚の水分油分の高感度可視化、MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY Vol.30 No.1 January 2012.