

近赤外分光画像でみる化粧品の保湿効果

中村 睦子*・中内 茂樹**

Moisturizing Effect of Skin Care Using NIR Imaging

Mutsuko NAKAMURA* and Shigeki NAKAUCHI**

It is important for cosmetics makers to provide customers with product information in an easy-to-understand format. For skin-care cosmetics, charts and graphs are often used to explain functionality. However, it is difficult to express their effects on various parts of the face at a glance. To more easily explain those effects, we devised a method of expressing facial conditions with images. Contact devices that measure moisture in the stratum corneum using electrical principles are utilized to examine the moisturizing action of skin-care products, as they digitize the moisturizing action and present a numeric value. Furthermore, near-infrared spectroscopy provides both numeric values and images. However, no imaging device with high versatility has been presented for widespread use. Herein, we improved near-infrared imaging spectroscopy for showing the moisture condition of the whole face and used it to measure moisture when skin-care cosmetics were used.

Key words: NIR, imaging, hydration, skin, cosmetics

化粧品に関する情報は、商品やブランドのリーフレット、テレビCMやポスター、美容・化粧品専門雑誌、インターネットなどさまざまな媒体を通して消費者に伝えられ、消費者は自身の判断に基づいて情報を選択している。そのため、化粧品メーカーとしては、消費者の感性に響くようなわかりやすい情報を提供することが重要になる。化粧品は、大きく分けるとスキンケア化粧品とメイクアップ化粧品に分類される。スキンケア化粧品の場合、メイクアップ化粧品のようにその効果を目で見えてすぐに感じることは難しいため、効果を伝える手段として、一般に数値が用いられる。しかし、数値だけでは感性に響くような情報として伝えることは困難である。そこで筆者らは、実際にスキンケア化粧品を顔に使用した場合のよさを一目でわかるような情報にするために、顔全体におけるスキンケア化粧品の効果を画像化することを考えた。

スキンケア化粧品において“保湿”は基本機能として考えられており、保湿性を計測するためにはさまざまな原理の水分量測定法が応用されている。汎用されている角層水

分量測定装置は、角層の電気特性から角層水分量を推定する方法（コンダクタンス¹⁾やキャパシタンス²⁾など）を用いており、プローブと接触する狭い範囲（点）の皮膚の角層水分量が数値データとして得られる。そのため、スキンケア化粧品使用時の測定点の角層水分量の変化を提示することはできるが、顔全体のように広い範囲を一度にグラフ化することはできない。一方、皮膚に非接触の状態でも広い範囲（面）の皮膚の水分量を計測する技術に近赤外分光画像法がある^{3,4)}が、対象物や実験条件が限られており、汎用性はない。そこで、近赤外分光画像法を応用し、実使用条件下で画像による水分計測を行うことを考えた。

本稿では、近赤外分光画像を用い、スキンケア化粧品使用時の顔全体の保湿状態をとらえた研究について報告する。

1. 水分の可視化原理

1.1 水の近赤外域のスペクトル^{5,6)}

近赤外分光法とは、物質による近赤外光の波長域（800～2500 nm）の吸収、反射、発光に基づく分光法をいう。図1

* (株)カネボウ化粧品スキンケア研究所 (〒250-0002 小田原市寿町 5-3-28) E-mail: nakamura.mutsuko@kanebocos.co.jp

** 豊橋技術科学大学情報・知能工学系 (〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

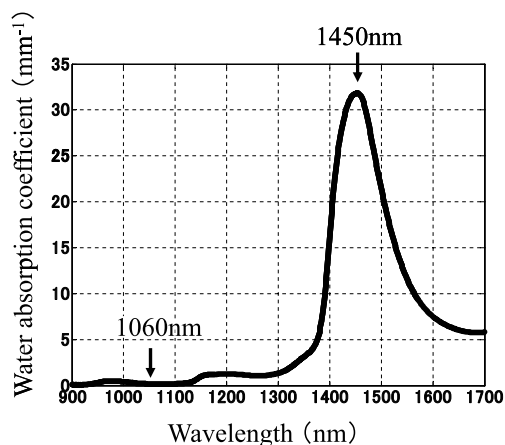


図1 水の吸収スペクトル.

に水の吸収スペクトルを示す. 水は1940 nm にきわめて強い吸収 (1次ピーク) をもつため, 波長域 I (1800~2500 nm) では水分含有率 20% 以上の試料を測定対象とするとスペクトルが飽和する. 次に強い2次ピークは1450 nm で, 波長域 II (1100~1800 nm) にある. 1450 nm の水の吸収は吸光係数にして1940 nm の約三分の一と小さいため, 水分を50~60%の高比率で含有する対象物に対しても適応可能である. 水の3次ピーク980 nm, 4次ピーク740 nm はいずれも波長域 III (1800~2500 nm) にある. 波長域 III では全体に吸収が弱いため, おもに水分含有率80%以上の多水分系試料の計測に用いられる. 皮膚は水を約70%含むため, 筆者らは, 波長域 II に相当する900~1700 nm に感度をもつ近赤外カメラ (Sensors Unlimited, Inc., SU-320M-1.7RT) を選択した.

1.2 差分吸光画像法

一波長 (1450 nm) を用いて撮影した近赤外分光画像は照明強度の影響を受ける. 図2 (a) に, 乾燥コットンと水分を含んだコットンを並べ, 撮影範囲に異なる強度の光を照射することで光源むらの状態を作り, 撮影した1450 nm の吸光画像を示す. たしかに2枚のコットンとともに背景と区別できるが, それぞれのコットンに含まれる水分の多少はこの画像からは識別できず, 水のみによる吸収を定量するためには光源むらの影響を除く必要があることがわかる. そこで, 照明光強度によっては変化するが, 水の有無によっては変化しない波長との差分をとることで補正することを考え, 参照波長として適した波長の選定を行ったところ, 1060 nm が最適波長であった. 補正式を式 (1) に示す.

$$A_{\text{diff}} = \log_{10}(1/I_{1450}) - \log_{10}(1/I_{1060}) = \log_{10}(I_{1060}/I_{1450}) \quad (1)$$

I_{1060} , I_{1450} は各波長の分光画像であり, その逆数の常

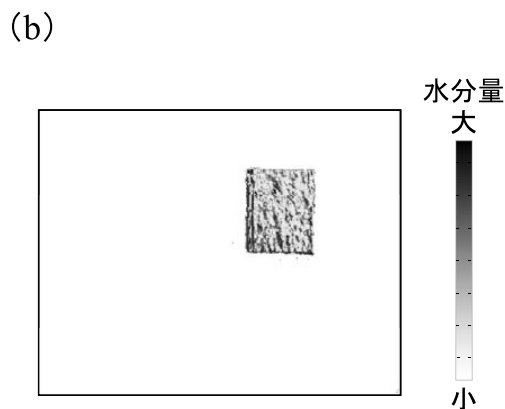
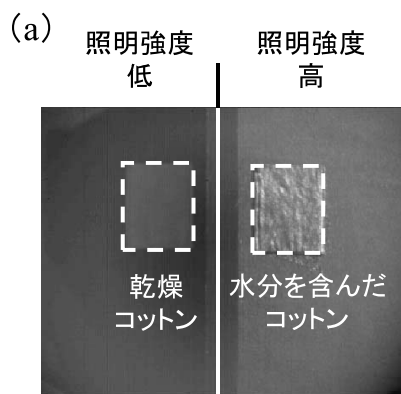


図2 乾燥コットンと水分を含んだコットン. (a) 1450 nm の吸光画像, (b) 1060 nm と1450 nm の差分吸光画像.

用対数をとることで吸収を表す値となる. つまり式 (1) は, 水の吸収の影響を受けにくい波長の値を減算することで, 1450 nm の吸収から光源むらの影響によって生じる変化分を引き, 水分情報のみを抽出することに相当する.

式 (1) を用いて作成した, 乾燥コットンと水分を含んだコットンの差分吸光画像を, 図2 (b) に示す. 1450 nm の吸光画像である図2 (a) と比べ, 図2 (b) は明瞭に水分情報のみが抽出, 可視化されていることがわかる. さらに, さまざまな量の水分を含んだコットンを用いて, 差分吸光画像から得られた値と水重量の相関を確認した (図3). このように, 差分吸光画像を用いることで水分を定量的にとらえることができる.

2. 化粧品の保湿性をみる

2.1 分光画像の撮影

スキンケア化粧品の肌への保湿効果をとらえるには, 使用前後といった経時変化の観察が必要なため, 毎回同一撮影条件を再現することが重要になる. しかし, 今回筆者らがターゲットとした“顔”は, 目や鼻, 頬などの大きな凹凸がある動く対象物であった. このような対象物を毎回同一条件下で撮影するためには, 均一に照明すること, 毎回

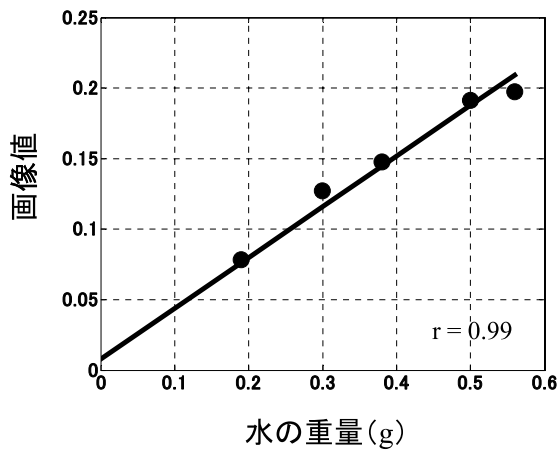


図3 水の重量と画像値との関係。

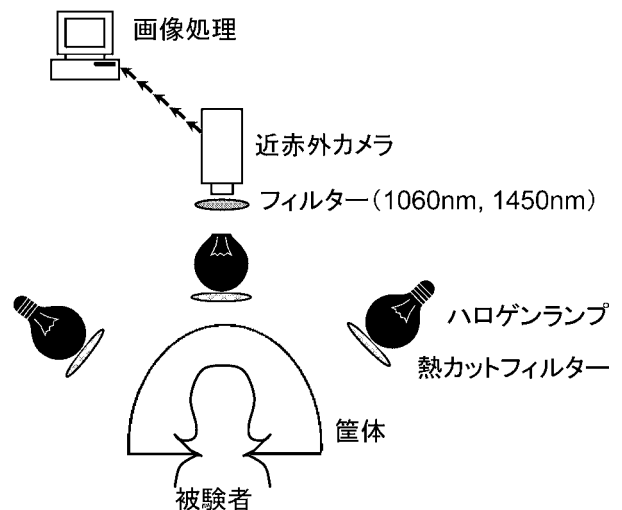


図4 顔撮影時の条件。

全く同じ位置に顔を固定すること，が必要である。そこで，均一照明に関しては，積分球の考え方にに基づき，半球状の筐体で顔を囲むことによって，顔の上方と左右の3方向に置いた光源からの光を散乱させ，光源むらと鏡面反射の影響を軽減した。さらに，光源からの光を拡散させ，顔を囲む半球状の筐体に入射する光を一定にした。次に，顔の固定に対してはいくつかの方法を検討し，簡便で再現性の高かった方法として，顎，額，両耳の4点を基準に位置決めを行い，毎回同じ配置で4点を固定する方法を選択した。図4に撮影条件を示す。

光源には熱カットフィルターを取り付けたハロゲンランプ (LPL社製，TL-500) を用い，被写体の正面から，干渉フィルター (1060 nm, 1450 nm) を取り付けた近赤外カメラを用いて撮影した。補正を行うため，基準パッチを撮影領域内の特定位置に設置し，顔と同時に撮影を行った。

2.2 画像処理

画像処理の一連の流れを図5に示す。取得した分光画像のノイズを除去するために，スムージング処理を行い，1060 nmと1450 nmの2枚の画像を撮影する際や，スキンケア化粧品使用前後のように時間間隔をあけて連続した状態を撮影する際に生じるわずかなずれを補正するために，テンプレートマッチングによる位置補正を行った。次に式(2)を用いて差分吸光画像を作成した。式(2)では式(1)に加え，撮影ごとの照明光強度の変化，画像間の露光時間やフィルターの透過率の違いを補正するため，1060 nmと1450 nmの分光画像の基準パッチの値を使用している。

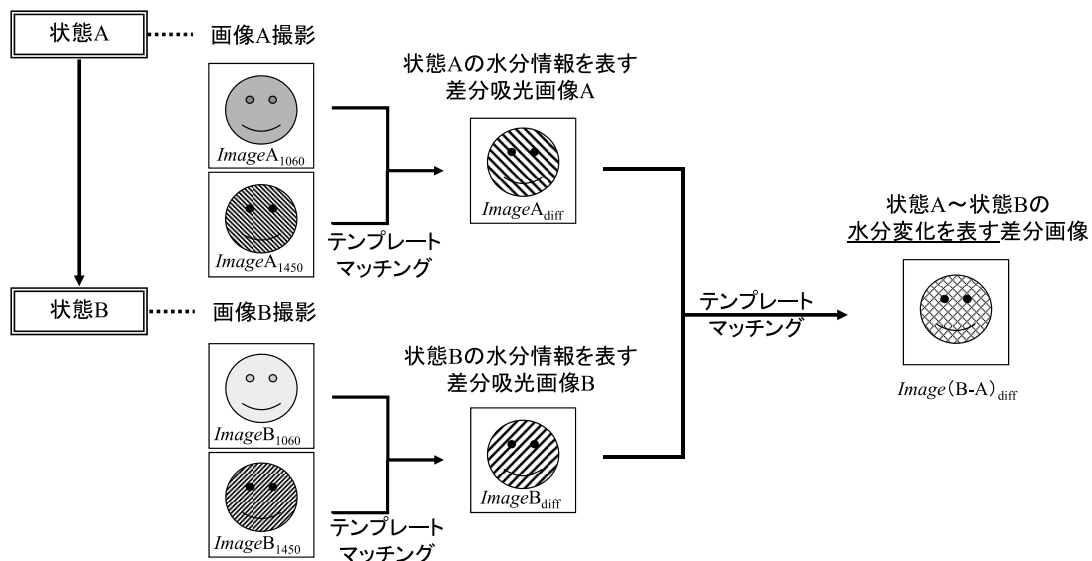


図5 水分変化を抽出する画像処理の流れ。

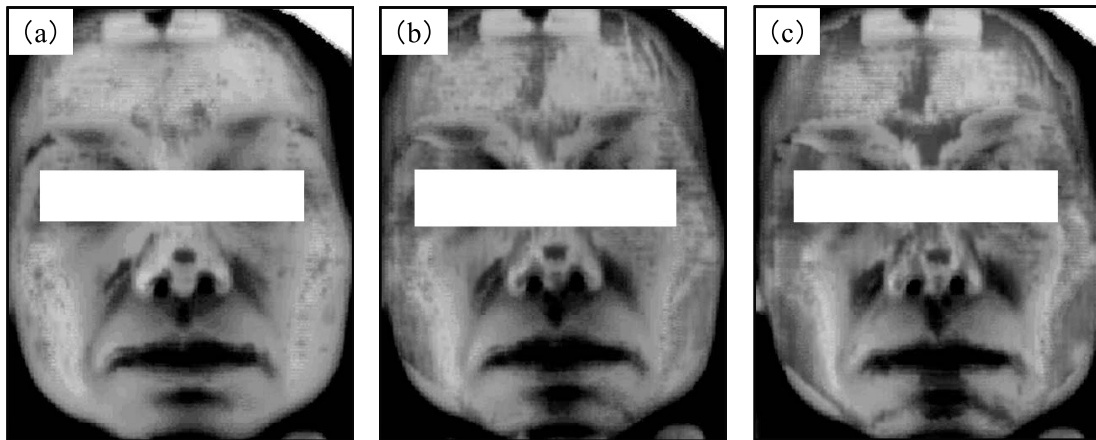


図6 スキンケア化粧品使用前後の差分画像。(a)化粧水を手で使用した場合、(b)化粧水をコットンで使用した場合、(c)シートマスクを顔全体に使用した場合。濃い灰色の部分が増加領域を表す。

$$Image_{diff} = \log_{10} \left\{ \frac{Image_{1060} / P_{1060}}{Image_{1450} / P_{1450}} \right\} \quad (2)$$

ここで、 $Image_{1060}$ 、 $Image_{1450}$ はそれぞれ 1060 nm、1450 nm の波長の分光画像、 P_{1060} 、 P_{1450} はそれぞれ 1060 nm、1450 nm の波長の分光画像の基準パッチの値を示す。

次に、2枚の異なる肌状態を撮影した差分分光画像の差分画像を作成した。このようにして得られた差分画像は水分変化の情報をもつ。そこで、水の吸収が増えた部分を濃い灰色で表示した。

2.3 スキンケア化粧品使用時の保湿効果

保湿を目的としたスキンケア化粧品には、化粧水や美容液、乳液、クリーム、パック、シートマスクなどがあるが、ここでは例として化粧水とシートマスク使用時の結果について紹介する。液状である化粧水を手で使用すると顔のすみずみまでむらなく塗布することは難しいため、化粧品メーカーではコットンに含ませて顔全体になじませる方法を推奨している。また、化粧水や美容液を含浸したシートを、顔全体を覆うように密着させて使用するシートマスクは、顔のすみずみまで同時に保湿する際に有効である。

手で化粧水を使用した場合、コットンで化粧水を顔全体になじませた場合、顔全体用シートマスクを使用した場合の3パターンの分光画像を撮影した結果を図6に示す。手で行った場合は額や頬の一部だけが保湿されていたが、コットンでなじませた場合は顔のすみずみまで保湿されていた。さらに、シートマスクを使用した場合は、コットン使用時よりもむらなくすみずみまで保湿されていることがわかった。これらの結果は、従来の方法で顔各部位を点計測した結果と一致しており、本方法を用いることで従来のように点計測を部位ごとに繰り返すことなく、1回の

撮影で同様の結果を得ることができた。よって、画像を用いることで、顔に使用したスキンケア化粧品の保湿効果を一目でわかるような情報にできたと考える。

化粧品の保湿効果を一目でわかるような情報として伝えるためには、実際にスキンケア化粧品を使用した顔全体の保湿状態を示すことが適していると考え、実使用条件下で、画像による水分検出に取り組んだ。その結果、差分分光画像法を用いることで、顔全体での水分情報の抽出に成功した。しかし近赤外分光画像には、近赤外光の皮膚への透過深度⁷⁻⁹⁾や製剤塗布による角層の光透過性の変化^{10,11)}などいくつかの課題があり、組成の複雑な化粧品塗布時の肌を考えるうえで計測の精度を上げるためには、これらの課題について、今後のさらなる研究が必要と考えられる。

実際にスキンケア化粧品を使用する顔において、そのよさを一目でわかるような情報として伝えることは重要である。一般に使用されている電気特性を応用した角層水分量測定装置を用いた顔の保湿状態の表示は、部位ごとに計測した角層水分量値のグラフ表示が限界であったが、画像を用いて顔全体の保湿状態をみることで、額や頬など複数部位を同時に把握することができ、手やコットン、シートマスクといった方法の違いによる効果の差を表示することが可能になった。また、化粧水や乳液など、化粧品アイテムを反映した製品の効果を示すことも可能となっている。以上より、よりわかりやすく情報を説明する方法として画像が有効であることが明らかになった。また、化粧品の機能性を計測する方法として、近赤外分光画像を用いた水の可視化技術は有用であると考えられる。

文 献

- 1) H. Tagami, M. Ohi, K. Iwatsuki, Y. Kanamaru, M. Yamada and B. Ichijo: "Evaluation of the skin surface hydration *in vivo* by electrical measurement," *J. Invest. Dermatol.*, **75** (1980) 500-507.
- 2) J. W. Fluhr, M. Gloor, S. Lazzarini, P. Kleesz, R. Grieshaber and E. Berardesca: "Comparative study of five instruments measuring stratum corneum hydration (Corneometer CM820 and CM825, Skicon 200, Nova DPM 9003, DermaLab). Part I. *In vitro*," *Skin Res. Technol.*, **5** (1999) 161-170.
- 3) M. Attas, T. Posthumus, B. Schattka, M. Sowa, H. Mantsch and S. Zhang: "Long-wavelength near-infrared spectroscopic imaging for *in-vivo* skin hydration measurements," *Vib. Spectrosc.*, **28** (2002) 37-43.
- 4) S. L. Zhang, C. L. Meyers, K. Subramanyan and T. M. Hancewicz: "Near infrared imaging for measuring and visualizing skin hydration: A comparison with visual assessment and electrical methods," *J. Biomed. Opt.*, **10** (2005) 031107.
- 5) 尾崎幸洋: "近赤外分光の基礎", 近赤外分光法, 尾崎幸洋・河田 聡編 (学会出版センター, 1996) pp. 11-57, p. 217.
- 6) J. A. Curcio and C. C. Petty: "The near infrared absorption spectrum of liquid water," *J. Opt. Soc. Am.*, **41** (1951) 302-304.
- 7) M. Egawa, H. Arimoto, T. Hirao, M. Takahashi and Y. Ozaki: "Regional difference of water content in human skin studied by diffuse-reflectance near-infrared spectroscopy: Consideration of measurement depth," *Appl. Spectrosc.*, **60** (2006) 24-28.
- 8) E. M. Attas, M. G. Sowa, T. B. Posthumus, B. J. Schattka, H. H. Mantsch and S. L. Zhang: "Skin hydration by spectroscopic imaging using multiple near-infrared bands," *Biomed. Vib. Spectrosc. II*, **4614** (2002) 79-88.
- 9) H. Arimoto, M. Egawa and Y. Yamada: "Depth profile of diffuse reflectance near-infrared spectroscopy for measurement of water content in skin," *Skin Res. Technol.*, **11** (2005) 27-35.
- 10) K. Martin: "*In Vivo* measurements of water in skin by near-infrared reflectance," *Appl. Spectrosc.*, **52** (1998) 1001-1007.
- 11) K. A. Martin: "Direct measurement of moisture in skin by NIR spectroscopy," *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **44** (1993) 249-261.

(2010年6月11日受理)