

皮膚の近赤外域反射吸光度シミュレーション - 吸収成分の再検討 - Simulation of the near-infrared reflection absorbance spectra of the skin - re-examination on the absorption components -

室工大院¹, 株式会社 東海理化², 電気通信大学³

○小山祥生¹, 竹田駿介¹, 岡田和朗¹, 湯浅友典¹, 大谷和也², 岩下明暁², 山田幸生³, 相津佳永¹

Muroran Inst. Tech.¹, TOKAI RIKO CO., LTD.², The University of Electro-Communications³

○Yoshiki Koyama¹, Syunsuke Takeda¹, Kazuaki Okada¹, Tomonori Yuasa¹, Kazuya Ohtani², Hiroaki Iwashita², Yukio Yamada³, and Yoshihisa Aizu¹

We performed numerical simulations of the reflection absorbance spectra in a near-infrared wavelength range using a Monte Carlo method for a three-layered skin model. We used the optical properties of the absorbing components which were estimated from new measurements of spectrophotometry.

1. はじめに

近赤外領域におけるヒト皮膚の反射吸光度スペクトルを利用した生体内成分の濃度推定においては、皮膚組織における光伝搬メカニズムを理解することが重要である。私たちは3層皮膚モデルを用いたモンテカルロ法による吸光度の数値シミュレーションを試みており、これまでに散乱係数、屈折率、非等方性散乱パラメータの設定に用いる近似式、鏡面反射成分の補正等を行ってきて、実測スペクトルとの差異¹⁾は改善されたもののまだ残っている。今回は、成分試料実測時の分光セル等の実験条件を改めた上で各吸収成分試料の分光光度計測を再度実施し、得られた吸収スペクトルデータを用いて反射吸光度スペクトルのシミュレーションをあらためて行い、前回までの値および実測値との比較を行ったので報告する。

2. 3層皮膚モデルを用いた光伝搬 MCS

皮膚組織を模擬した3層モデルの各層に吸収係数 μ_a 、散乱係数 μ_s 、非等方性散乱パラメータ g 、屈折率 n 、層厚 t の各値^{2,3)}を設定する。特に吸収係数 μ_a は、各吸収成分(a)-(f)単体の吸収係数スペクトルを新たに実測・算出し、文献に基づき前回までに設定した Table 1 の各層毎の体積分率を用いて決定した。

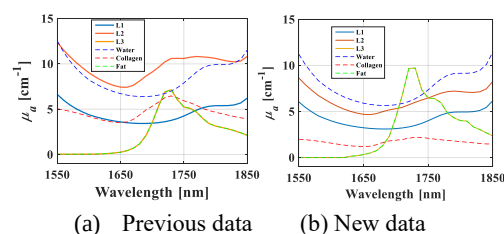
Table. 1 Absorbing components used in the MCS.

	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Previous	New
(a) Water	52.85	59.06	0	Measurements	Measurements
(b) Albumin	0	0.4	0		
(c) Urea	0	8.8E-04	0		
(d) Creatinine	0	5.1E-05	0		
(e) Collagen	0	40	0	References	References
(f) Fat	0	0	100		
(g) Tissue	46.67	2E-07	0		

3. 結果

Fig. 2 の(a)と(b)は、前回と今回での主要な吸収成分である純水、コラーゲン、牛脂の吸収係数、ならびに L1~L3 各層の吸収係数スペクトルを示す。今回、実測から得たコラーゲンと牛脂のスペクトル形状が、文献値に基づく前回までの結果と異なる一方、純水に変化が見られなかった。これらを用いて得た各層の吸収係数は、水が主成分である L1 は前回までと変わらないが、コラーゲンに関わる L2、牛脂を 100%とする L3 で、前回と異なるスペクトル形状を呈している。

Fig. 3 に前回までと今回の吸収係数を各々使用して得られた3層全体での反射吸光度のシミュレーション結果を示す。Fig.4 は FT-IR 型分光光度計の非接触照明によりヒト指先(指紋側)を実測した結果(5.5%の鏡面反射率を補正済み¹⁾)を示す。前回(Old)と比較して、今回(New)は特に1650~1800nmにおけるスペクトルの傾斜形状が実測値に近づいている。実測に見られる小さなうねり状の特性は、タンパク質系の吸収を考慮することで改善できる可能性がある。さらに散乱係数 μ_s を波長に対して一定とした例($\mu_s, \text{const.}$)では、1850nm側の吸光度が低下し、実測に近づく傾向が確認できた。今後、層厚と各吸収成分の体積分率、表層 L1 における他の吸収成分の追加を検討することで、実測に近いシミュレーション結果が得られると考えられる。



(a) Previous data (b) New data
Fig. 2 Absorption coefficients of each layer and the major absorbing components.

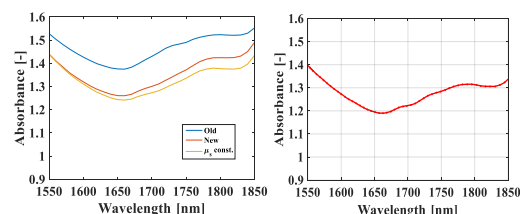


Fig. 3 Simulated absorbance spectra.

Fig. 4 Measured absorbance spectrum.

参考文献

- 1) 岡田和朗, 他, Optics & Photonics Japan 2019 (2019.12) 4pP5.
- 2) T. Maeda, et al., Opt. Rev. Vol.17 (2010) pp.223-229.
- 3) L. Wang, et al., Comput. Methods Programs Biomed. Vol.47 (1995) pp.131-146