

モンテカルロ法を用いたシミュレーションによるヒト指の分光反射率特性の解析

Analysis of spectral reflectance characteristics in human finger

by Monte Carlo simulation of light propagation

室工大院¹, 釧路高専²

○(M1) 竹田 駿介¹, 小山 祥生¹, 湯浅 友典¹, 前田 貴章², 船水 英希¹, 相津 佳永¹

Muroran Inst. Tech.¹, Kushiro National Col. Tech.², Shunsuke Takeda¹, Yoshiki koyama¹

Tomonori Yuasa¹, Takaaki Maeda², Hideki Funamizu¹, Yoshihisa Aizu¹

E-mail: 19042041@mmm.muroran-it.ac.jp

1. はじめに

ヒトの皮膚では加齢や疾患による内部組織の変性や、部位による組織の厚みの差異によって吸収や散乱に基づく光伝搬が変化する。当研究室では可視光域でのヒト皮膚における生理的情報を推定する手法として、ヒトの頬を対象に9層構造皮膚モデル¹⁾を用いた光伝搬モンテカルロシミュレーション(MCS)と積分球を用いた測定による分光反射率の解析に基づき、吸収と散乱の推定を行ってきた。一方、掌や指の分光反射率の活用が健康モニタリング分野等で期待されているが、これらの部位における分光反射率は頬の分光反射率とは明らかに差異がある。その要因を調べるため、本研究では、MCSを用いた分光反射率計算を通して、可視光域における積分球を用いた実測から得られるヒト指腹の分光反射率に関する特性を考察した。

2. 皮膚における光伝搬

モンテカルロ法による皮膚組織内部での光伝搬の解析では、光を個々の光子(微小な光の束)として扱い、組織の各層毎の光学特性に従い光子の挙動を逐次計算することで統計的に分光反射率などを算出する²⁾。皮膚組織はFig. 1のように複数の異なる平行層状モデルとして考え、各層には厚さ t 、さらに吸収係数 μ_a 、散乱係数 μ_s 、非等方性パラメータ g 、屈折率 n の光学パラメータが与えられる。

角層	0.010	Layer 1
顆粒層・有棘層	0.075	Layer 2
基底層	0.015	Layer 3
乳頭層	0.085	Layer 4
乳頭下層	0.135	Layer 5
上部毛細血管網	0.085	Layer 6
網状層	1.100	Layer 7
下部毛細血管網	0.100	Layer 8
皮下組織	6.000	Layer 9

Fig. 1 Nine-layered skin tissue model.

3. 考察

Fig. 2に実測したヒト頬と指腹の分光反射率スペクトルを、Fig. 3に第4層に含まれるヘモグロビンの体積分率を変化させたシミュレーション結果を示す。Fig. 2において、指のスペクトルは頬と比較して、520～620nmの波長域で特徴的なw字の形状が強く見られる。また、620nm以降の長波長域で指のスペクトルは徐々に低下する傾向が見られる。Fig. 3において、ヘモグロビンの体積分率を大きくすると、短波長域で反射率が低下し、520～600nmの波長域で特徴的なw字の形状が強く見られる。今後は、L2, L3に含まれるメラニンの吸収係数や散乱係数を変化させて影響を調べるとともに、複数の条件変化を与えて頬と異なる特性を与える要因を追及する予定である。

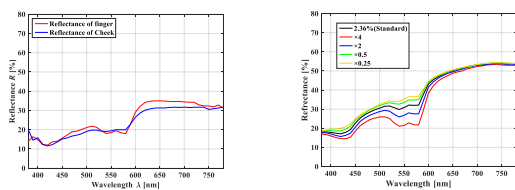


Fig. 2 Measure reflectance spectra of human finger and cheek.

Fig. 3 Simulated reflectance spectra in human finger with different amount of hemoglobin in layer 4.

参考文献

- 1) T. Maeda *et al.*, "Monte Carlo simulation of spectral reflectance using a multilayered skin tissue model," Opt. Rev. Vol.17 (2010) pp.223-229.
- 2) L. Wang *et al.*, "MCML-Monte Carlo modeling of photon transport in multi-layered tissues", Comput. Methods Programs Biomed. Vol.47 (1995) pp.131-146.