

皮膚組織パラメータと平均浸透深さの関係性の考察

室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻

○田村光, 川村隼斗, 開米竜生, 西村玲偉, 湯浅友典, 相津佳永

1. はじめに

ヒト皮膚は内部の光伝搬条件の差異によって、表面の分光反射率が変化する。この性質を利用して医療や化粧品開発などに利用されている。そこで、光伝搬現象の詳細なメカニズムを把握することが重要であり、我々はモンテカルロ法による皮膚の光伝搬シミュレーションを用いてこれまで研究を行ってきた¹⁾。しかし、シミュレーション結果のスペクトル形状が近似していても、皮膚組織パラメータの吸収と散乱の値に大きな違いが見られるものが存在した。そこで、本研究ではスペクトル形状が近似する皮膚組織パラメータと、光子の平均浸透深さについて関係性の考察を行った。

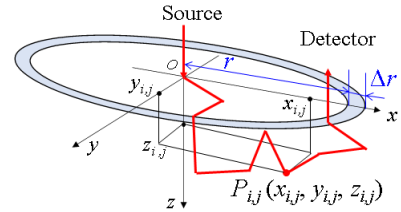


Fig.1 Model of light propagation between the source and detector.

2. 平均浸透深さの結果と考察

Fig. 1 に、光子を皮膚表面に対して原点に垂直入射させ、距離 r の位置にある幅 Δr の円環領域で検出するモデルを示す。照射・検出点間距離 (S-D 間距離) r を原点から $\Delta r = 0.2 \text{ mm}$ 毎に区分し、任意の円環から検出される i 番目の光子の j 回目の散乱点の座標を $P_{i,j}(x_{i,j}, y_{i,j}, z_{i,j})$ と定義する。深さ方向の座標値 $z_{i,j}$ を用いて各光子ごとの全散乱点に関する平均浸透深さを算出するとともに、その光子の検出時のエネルギーを記録する。次に、検出全光子に関してエネルギーを乗じた平均浸透深さを算出する。Table 1 に SOCS に収録されている 20 代女性の頬(以下 SOCS20s と記す)の分光反射率平均に対して光伝搬シミュレーションをして得られた 2 つの皮膚組織パラメータを示す。シミュレーションには 9 層(L1, L2, ..., L9)の平行層状皮膚モデル²⁾を用いた。また、Fig. 2 に SOCS20s の分光反射率平均と Table 1 のパラメータの分光反射率を示す。Fig. 3 に Fig. 2 のシミュレーション結果の平均浸透深さ(波長 630nm)をプロットしたものを示す。図の波線は各層の境界を表しており、太い一点鎖線は表皮層と真皮層の境界を示す。Fig. 3 より、吸収と散乱の特性が強い皮膚組織の場合、光子は 3 層と 4 層の境目付近までしか浸透していないのに対し、吸収と散乱の特性が弱い皮膚組織の場合、5 層まで浸透していることから、光子は吸収と散乱が共に強い場合は深くまで浸透しづらく、逆に共に弱い場合は深くまで浸透しており、また、光子の浸透深さが異なるにも関わらずスペクトル形状が近似することが分かる。現状では、異なる層の特性が反映されても、スペクトル形状が近似する要因が明らかになっていない。今後はスペクトル形状を最適に構成する皮膚組織パラメータの選定が行えるよう、皮膚組織パラメータと平均浸透深さの関係性をより明確にすべく検討を行う。

Table 1 Parameters obtained from light propagation simulations.

Layer	Parameter①			Parameter②		
	μa	Hb	x?= μs	μa	Hb	x?= μs
1	0.00%	-	x1.08	0.00%	-	x1.08
2	0.88%	-	x0.82	1.04%	-	x0.82
3	8.84%	-	x4.32	10.4%	-	x4.32
4	-	1.89%	x8.71	-	8.50%	x87.12
5	-	0.67%	x12.9	-	3.02%	x129.3
6	-	3.84%	x15.8	-	17.3%	x158.4
7	-	0.54%	x70.4	-	2.45%	x158.4
8	-	3.84%	x75.5	-	17.3%	x169.9
9	-	2.00%	x57.6	-	9.00%	x129.6

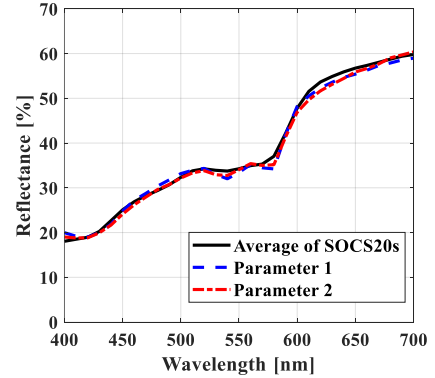


Fig.2 Spectral reflectance of measured and Table 1 parameters.

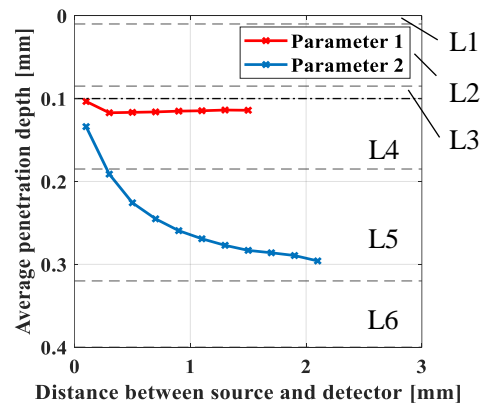


Fig.3 Average penetration depth of the parameters in Table 1.

参考文献

- 1) 八木沼優, 他, Optics & Photonics Japan (2021.11) G048-29pE4.
- 2) Takaaki Maeda, *et al*, Opt. Rev., Vol. 17, No. 3 (2010) 223-229.