皮膚伝搬光子に関する平均浸透深さと検出エネルギーのシミュレーション

Simulation of the average penetration depth and detected energy for photons propagating in the skin

室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻
Division of Production Systems Engineering, Muroran Institute of Technology
○川村隼斗，八木沼優，田村光，高成真輝，湯浅友典，相津佳永
○Hayato Kawamura, Yu Yaginuma, Hikaru Tamura, Masaki Takanari, Tomonori Yuasa, Yoshihisa Aizu
E-mail:21042027@mmm.muroran-it.ac.jp

1. はじめに

皮膚組織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．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してきた[1]．現在，可視領域光の内部伝搬における平均浸透深さについて調査を進めており，これは皮膚の光計測を扱う医療や化粧品開発などの分野で重要になると考えられる．今回は内部伝搬メカニズムをより詳細に考察するため，新たに平均浸透深さに対する検出光子のエネルギー分布に着目し，シミュレーション結果に基づく検討を行ったので報告する．

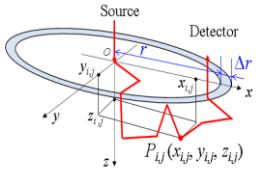

Fig.1 Model of light propagation between the source and detector.

2. 平均浸透深さに対する検出光子エネルギーの分布

Fig. 1 に示すように，光子を皮膚表面に対して原点に垂直入射させ，原点から距離rの位置にある幅 Δr の円環領域で検出するモデルを考える．照射・検出点間距離 (以下 S-D 間距離と記す) r を原点から Δr = 0.2 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．まず，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し，その光子の検出時のエネルギー(重み)を記録する．次に，各円環における検出全光子に関して重みを乗じた平均浸透深さを算出する．Fig.2 は，S-D 間距離に対する平均浸透深さをプロットした例(波長 420nm)である．シミュレーションには頬の 9 層(L1, L2, …, L9)皮膚モデル[2]を適用し，光学パラメータは当研究室の標準設定値を用いた．図中の破線は各層の境界を表しており，太い一点鎖線は特に表皮層と真皮層の境界を示す．また，Fig.3 に S-D 間距離 0.2mm の場合の平均浸透深さに対して，それに対応する光子群の検出エネルギーの積算分布を示す．円環で検出された全光子を，それぞれの平均浸透深さによって深さ方向に 0.001mm 間隔で分類し，各区間に分類された光子群の検出エネルギーを積算した分布図である．破線は各層の境界を表し，また赤線はこの分布全体の重みつき平均浸透深さであり，Fig.2 のプロットに対応する．Fig.3 より，検出光子のエネルギー分布は平均浸透深さが 0～0.1mm 付近で 3 つの極大を示していることから，光子の伝搬において Fig.3 の青，赤，緑の色枠に示す 3 つの経路に確率的に多く分布していると考えられる．今後は複数の極値を持つエネルギー分布の詳細な考察を進めていく必要がある．

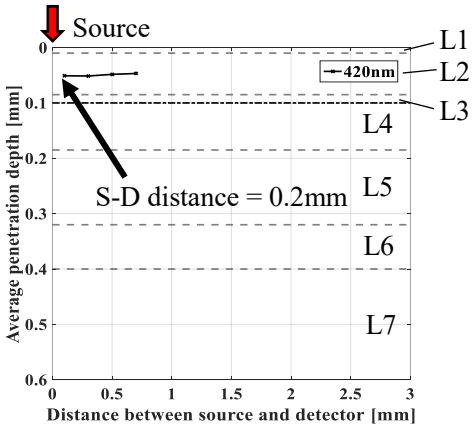

Fig.2 Average penetration depth vs. S-D distance (420nm).

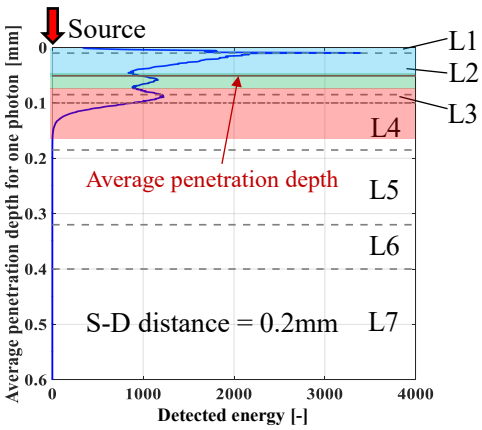

Fig.3 Detected energy vs. average penetration depth for S-D distance of 0.2mm.

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.

© 2022年 応用物理学会