

■ はじめに

生体組織の光学特性値に関する研究は数多く行われている。開発されている光学特性値算定システムは、紫外から中赤外までの波長帯での生体組織の散乱、吸収係数を求めるため、広範なスペクトルをもつ光源と分光器、そして逆モンテカルロ法を必要としている^[1]。一方、近年開発されている光線を用いた医療機器では、光源は単一波長であることが多く、また医療機器の性能を最大限引き出すには使用される波長での患者毎の光学特性値を知ることが求められる。本研究では、これまでに開発した簡素化と小型化を図った手術室に持ち込める算定システム(光源を半導体レーザによる単一波長とし分光器を要さないシステム)の解析系として、逆モンテカルロ法に使用するモンテカルロシミュレーションをGPU上に実装し計算時間を短縮すると共に、機械学習により散乱、吸収係数の算定をそれぞれ行った。また、開発したシステムで得た結果を従来研究^[1]と比較した。

■ 活動内容

1. 双積分球を用いた透過率・反射率計測

図1に光学特性値算出システムの概要を示す。レーザ光が試料に照射され、それぞれの積分球に試料を透過した光及び試料によって反射された光がそれぞれの積分球のディテクタで検出され試料の透過率 T_m ・反射率 R_m が計測される。

2. 逆モンテカルロ法

簡便に光学特性値を得るため、透過率・反射率と、光学特性値をパラメータとするモンテカルロシミュレーションの結果を用いて、散乱係数 μ_s ・吸収係数 μ_a を推定する方法を逆モンテカルロ法という。具体的には、光伝搬を計算するモンテカルロシミュレーションによって、複数の散乱係数 μ_s ・吸収係数 μ_a の組み合わせに対する透過率 T_i ・反射率 R_i を計算する。その結果を用いて、計測値である透過率 T_m ・反射率 R_m に対する未知の散乱係数 μ_s ・吸収係数 μ_a を推定する。

モンテカルロシミュレーションには生体組織を模擬可能なMCMLモデル^[2,3]を用いた。高速化のためにGPU上で実行可能なプログラムとして実装し、実行速度は約100倍高速になった。また本研究では逆問題解法としてニューラルネットワーク(NN)を用いた。NNはデータが単調に変化する場合、回帰を行うことができる。システムを用いて算出した光学特性値と、従来研究^[1]の散乱係数・吸収係数を参照し比較を行った。逆モンテカルロ法のために7500点のシミュレーションデータを用意し、ニューラルネットによる学習を行った。教師データには散乱係数 μ_s :1-500[cm⁻¹] (500点)・吸収係数 μ_a :1-15[cm⁻¹] (15点)のシミュレーションデータ(7500点)を用いた。シミュレーション時間は約71分、NNの学習に要した時間は約4分であり、合計は約75分であった。ニューラルネットの損失関数には平均二乗誤差MSEを用い、0.109になった。得られた散乱係数 μ_s ・吸収係数 μ_a を表1に示す。

得られた結果から、等価散乱係数では0.84[cm⁻¹]、吸収係数は誤差が0.21[cm⁻¹]となった。これは異方性パラメータの波長依存性の影響によるものだと考えられる。今後、シミュレーションデータ計算に使用する光学特性値の波長依存性について検討する。

得られた結果から、等価散乱係数では0.84[cm⁻¹]、吸収係数は誤差が0.21[cm⁻¹]となった。これは異方性パラメータの波長依存性の影響によるものだと考えられる。今後、シミュレーションデータ計算に使用する光学特性値の波長依存性について検討する。

■ 関連情報・参考文献

本研究の一部は JSPS 科研費(17H04307,「脳腫瘍のレーザ治療を確立するための脳光温熱生体数値シミュレーションモデルの開発」)の助成を受けたものである。

[1]: 本多典広, et al. JSLSM 32.4 (2012): 421-428.

[2]: Wang, et al. Computer methods and programs in biomedicine 47.2 (1995): 131-146.

[3]: <https://omlc.org/software/mc/> (lastaccessed:18/10/23)

表1 光学特性値の比較

	Neural Network	従来研究 ^[1]
等価散乱係数 μ_s' [cm ⁻¹]	2.74	1.90
吸収係数 μ_a [cm ⁻¹]	0.97	1.18

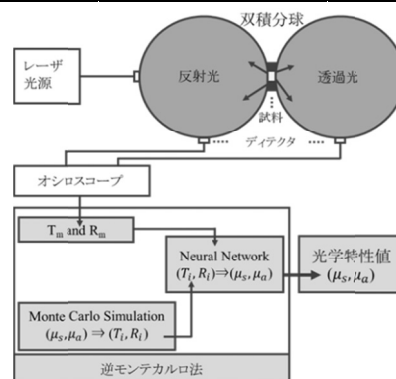


図1 光学特性値算出システム概要

代表発表者 鈴木 志歩(すずき しほ)
所 属 東京電機大学大学院 理工学研究科
電子・機械工学専攻
問合せ先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂
TEL:049-296-5953 FAX:049-296-5953
14rt066@ms.dendai.ac.jp

■キーワード: (1) 光学特性値
(2) モンテカルロシミュレーション
(3) ニューラルネットワーク
■共同研究者: 鷺尾利克(産業技術総合研究所)
荒船龍彦(東京電機大学)