

FDTD 法を用いた生体組織中の光伝搬の基礎検討

Basic Study of Light Propagation in Biological Tissues Using the FDTD Method

○小林開人¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²
Kaito Kobayashi¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: In recent years, non-invasive biometric technologies such as MRI and CT scanning have been rapidly advancing. Diffuse optical tomography (DOT) is a technique for reconstructing images by irradiating a living body with near-infrared light and measuring the scattered light. In this report, we examine the optical pulse response of a living organism using FDTD simulation in order to realize DOT. We assume an irradiate modulated Gaussian pulse with a central wavelength of 900 nm as a light source. Making a comparison of electric fields at the observation points 1 to 3 as shown in Fig. 1, time responses of the reflected waves are discussed.

近年, MRI や CT スキャンをはじめとした, 非侵襲型の生体計測技術が急速に進展している. その中で拡散光トモグラフィ(Diffuse Optical Tomography; DOT)は近赤外光を生体に照射し散乱された光の計測結果から画像再構成技術であり, 実現に向けた研究が行われている^[1]. DOT では, 生体表面のある 1 点に近赤外光を入射し, 生体内を散乱・伝搬し, 再度生体表面に現れた光を複数の観測点で検出する. 入射点を変更しながら同様の計測を行うことで多くの情報を収集する. この際, パルス幅がピコ秒オーダーのパルス光源を用いて, 同じくピコ秒オーダーの時間分解能をもつ計測システムを用いる^[2]. この計測システムは, 空間分解能の飛躍的な向上が期待でき, 画像再構成にあたってより多くの情報を持つため望ましいとされる.

本報告は, DOT の実現に向けたものであり, 生体の光パルス応答波形をシミュレーションから検討する. 解析手法は, 測定において検出光強度が時間の関数で表されることから FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法による電磁界解析を行う^[3]. これは解析領域において Maxwell 方程式を空間・時間領域で差分した更新式を解く手法で時間領域の電界強度を得る. 図 1 に示した解析モデルでは, PML(Perfect Matched Layer)層で囲われた空間中心に球状の誘電体が設置されている. 照射光は DOT を再現するために, 近赤外線のパルス幅がピコ秒オーダーのパルス光源を想定し, 中心波長が 900 nm の変調ガウシアンパルス照射する. DOT の臨床応用として腫瘍細胞の深さを検出がある. 今回, 球体の誘電率は胃がんの検査等に光造影剤として用いられる硫酸バリウムを想定して設定する. 本構造に対し, 図 1 に示した観測点(1)~(3)における電界の比較, 反射波の時間応答等について検討する.

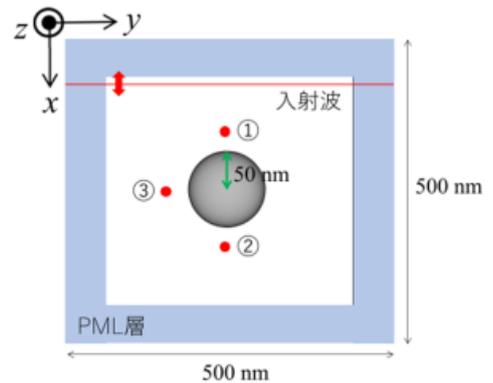


図 1 解析モデル

参考文献

- [1]谷藤忠敏:「有限差分時間領域法を用いた生体内光パルス伝搬解析とヒト脳への応用」, 光学, 41 巻 8 号, pp.430-435, 2012 年.
- [2]Yoko Hoshi, Yukio Yamada: “Overview of diffuse optical tomography and its clinical applications”, JOURNAL OF BIOMEDICAL OPTICS, Vol.21, No.9, pp091312-1-091312-11, 2016.
- [3]宇野亨:「FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析」第 1 版, コロナ社, 1998 年.
- [4]小林開人:「FDTD 法を用いた生体内部の光伝搬解析の検討」, 電気学会第 11 回学生研究発表会, 5-4, 2021 年.