

# FDTD 法を用いた生体内部の光伝搬の基礎検討

## Basic Study of Light Propagation in Living Bodies Using FDTD Method

小林 開人<sup>†</sup> 岸本 誠也<sup>†</sup> 大貫 進一郎<sup>†</sup>

Kaito KOBAYASHI<sup>†</sup> Seiya KISIMOTO<sup>†</sup> Shinichiro OHUNUKI<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 日本大学理工学部電気工学科

<sup>†</sup> Department of Electrical Engineering, College of Science and Technology, Nihon University

### 1. はじめに

近年、非侵襲型の生体計測技術が急速に進展している。その中で近赤外光を用いた DOT(拡散光トモグラフィ: Diffuse Optical Tomography)の実現に向けた研究が行われている<sup>[1]</sup>。DOTでは、生体表面の1点に近赤外のパルス光を入射し、散乱・伝搬した後、再度生体表面に現れた光を複数の観測点で検出し画像再構成を行う技術である<sup>[2]</sup>。

DOTの実現に向け、生体のパルス応答波形をシミュレーションから検討する。DOTは検出された光強度が時間の関数で表されることから FDTD (Finite-Difference Time-Domain)法をシミュレーション法として用いる。本報告では、生体における光パルス応答の基礎検討として、ヘモグロビンモチーフにした金属を配置したモデルの解析を行う。

### 2. 解析手法

図1に解析モデルを示す。解析領域の大きさは  $x, y$  方向にそれぞれ  $10\ \mu\text{m}$  とし、 $z$  方向は  $30\ \mu\text{m}$  とした。解析領域の全体は真空と水で満たされ、観測点は赤丸で記した真空中に配置した。入射波は近赤外光を想定し、中心波長  $900\ \text{nm}$  の変調ガウシアンパルスが平面波として真空中から到来するとした。

水中に置かれた金属物体はヘモグロビンを模したドーナツ型とする。金属物体の形状を図1のように変化させ、得られた反射波の違いから物体の形状推定を目標としたシミュレーションを行った。図1(a)のモデル1では、大円の半径は  $4\ \mu\text{m}$ 、厚さ  $2\ \mu\text{m}$ 、中心の凹部である小円の半径は  $2.8\ \mu\text{m}$ 、厚さ  $1\ \mu\text{m}$  とした。図1(b)のモデル2では大円と小円の半径はモデル1と同様とし、大円の厚さは  $10\ \mu\text{m}$ 、小円の厚さは  $5\ \mu\text{m}$  とした。

### 3. 解析結果

モデル1の観測点における電界の観測波形を図2に示す。観測時間  $7\ \text{ps}$  における観測波形は入射光を示す。観測時間  $17\ \text{ps}$  および  $29\ \text{ps}$  付近に反射波が確認できる。

モデル2の観測点における電界の観測波形を図3に示す。観測時間  $17\ \text{ps}$  に図2と同様の波形が観測できる。このため、この反射波は水面によるものと断定できる。また、観測時間  $21\ \text{ps}$  及び  $26\ \text{ps}$  付近に反射波が確認できる。この2つの反射波は金属が由来と考えられる。

モデル1, 2では金属物体と水面の距離が異なり図2と図3で3つ目の反射波の到達時間に差が生じていることが確認できる。また図2では3つ目の反射波は1つの波として観測されているが、図3では直後に4つ目の大きな反射波が確認できる。これは、凹部深さの違いから、モデル1では大円と小円からの反射波が合成して観測されていたものが、モデル2では2つに独立して観測されるためと考えられる。この違いから物体の凹部の有無やその深さなどが、反射波形から推定可能となるのではないかと考察する。

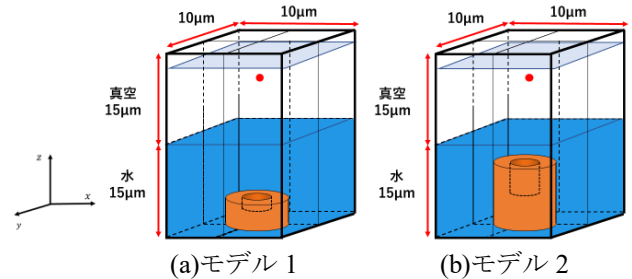


図1 解析モデル

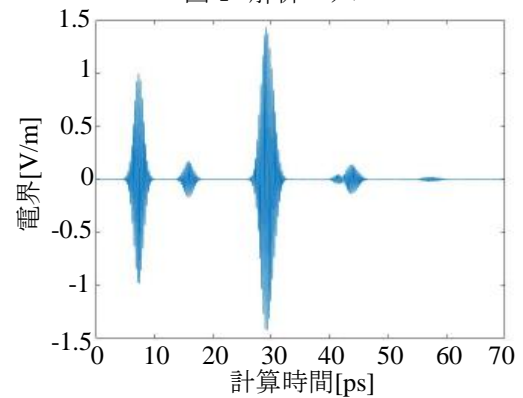


図2 金属モデル1の解析結果

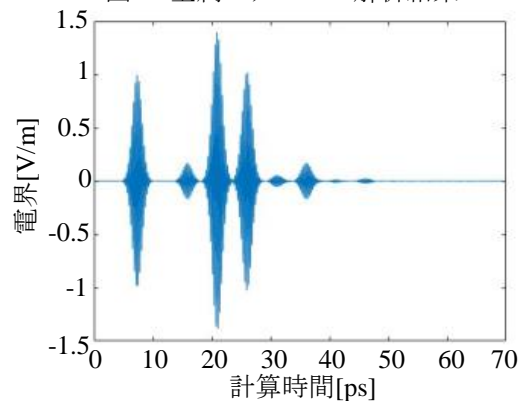


図3 金属モデル2の解析結果

### 4. まとめ

本報告では、水中にドーナツ型の金属物体を置き電磁界解析を行った。金属モデルの違いから、反射波の大きさや観測時間などの違いを確認し、その特徴から物体の形状推定の可能性を示した。

本報告では観測点を1つとしたが、今後は観測点を増やし、それぞれから観測した反射波から画像再構成を目指す予定である。

### 5. 参考文献

- [1]谷藤忠敏, 光学, 41 巻 8 号, pp.430-435, 2012 年。  
 [2] Y. Hoshi, Y. Yamada, J. Biomed. Opt., Vol.21, No.9, pp. 091312-1-091312-11, 2016.