

生体イメージングにおける信号光の特定に向けた反射応答解析 Reflected Response Analysis for Identification of Signal Light in Biological Imaging

○小林開人¹, 岸本誠也², 井上修一郎³, 大貫進一郎²Kaito Kobayashi¹, Seiya Kishimoto², Shuichiro Inoue³, Shinichiro Ohnuki²

Abstract: Authors aim to develop a biological imaging method that can achieve a signal-to-noise ratio higher than that of conventional methods for time-resolved measurement of optical pulses. A mouse brain, which has a multi-layered structure with different refractive indices, is used as a biological sample and irradiated with optical pulses. The reflected light from inside of the sample is measured by time-resolved measurement. To identify the signal light, we extract only the light pulses propagating toward the reflection direction in wavenumber space.

著者らは光パルスの時間分解測定において、従来法を超える S/N 比を実現可能な生体イメージング法の開発を進めている。生体試料として異なる屈折率の多層構造をもつマウス脳^[1]を利用し、光パルスを照射して内部からの反射光を時間分解測定している。図1に示すように、多層構造からの反射光は各層から一回反射した信号光と、層の間で複数回反射した光に分けられる。後者はイメージングにおけるコントラストの劣化を引き起こす背景雑音である。時間分解測定において背景雑音を除去し、各層からの信号光を取り出すことで高い S/N 比が実現できる。本報告は信号光の特定を目的とし、波数空間上で反射方向に伝搬する光パルスのみを抽出する。

光パルスの伝搬方向と時間応答を算出するため、FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法^[2]を用いた電磁界解析を複素数に拡張して行う。実空間の電磁界を波数空間に変換すると、光パルスの伝搬方向を特定することができる^[3]。図2(a)は $x=0\ \mu\text{m}$ から $x=200\ \mu\text{m}$ の領域を屈折率2と設定し、 $x=200\ \mu\text{m}$ から $x=400\ \mu\text{m}$ の領域を真空とした2媒質モデルに、真空中から x 方向に進む光パルスを照射した際の電界分布である。時間発展が進み、 $x=150\ \mu\text{m}$ 付近に透過波、 $x=300\ \mu\text{m}$ 付近に反射波が確認できる。この実空間の電界を波数空間に変換すると、図2(b)に示すように強い波数成分を示す点が可視化される。この点が存在する領域により光パルスの伝搬方向が推定できる。信号光の特定に向け、反射方向に進む光パルスを取り出すフィルタリングを行う。処理後の波数空間全体に逆変換を適用することで実空間に戻し、反射光のみを抽出する。本報告における操作の正当性を検証するために、抽出した反射光と抽出前の電界分布と比較して分離精度を求める。

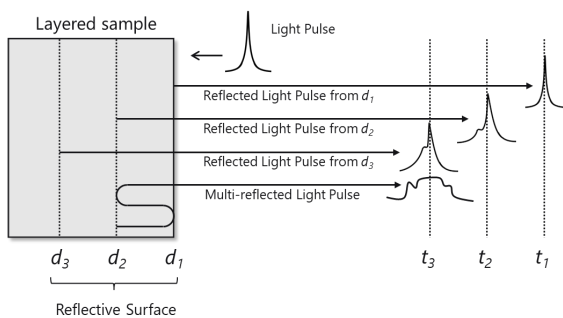


図1. 多層構造と光パルス

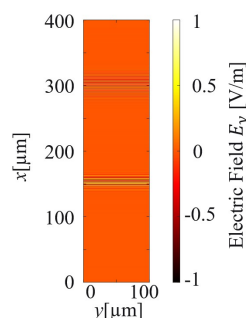


図2(a). 実空間の電界

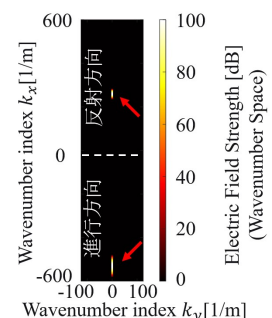


図2(b). 波数空間の電界

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP21K17753 及び、JP23K03961 の援助を受けて行われた

参考文献

[1] C. Erö, M.-O. Gewaltig, D. Keller, and H. Markram: "A Cell Atlas for the Mouse Brain", *Frontiers in Neuroinformatics*, vol. 12, pp.1-16, 2018.

[2] 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, pp.1-102, 1998年

[3] 小林開人, 岸本誠也, 井上修一郎, 大貫進一郎: 「波数空間における光の伝搬方向検証」, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-15-20, 2023

1: 日大理工・院(前)・電気 2: 日大理工・教員・電気 3: 日大理工・教員・量子