

2 光子光音響波選択検出のための信号差分抽出法の検証

Signal-Difference Extraction

for Selective Detection of Two-Photon Photoacoustic Signals

佐賀大理工¹, 寺崎電気産業²

○(M1)金子 昂司¹, 前原 正司², 浜野 修次郎², 高橋 英嗣¹, 山岡 禎久¹

Saga Univ.¹, Terasaki Electric²

°Takashi Kaneko¹, Seiji Maehara², Syujiro Hamano², Eiji Takahashi¹, Yoshihisa Yamaoka¹

E-mail: 20625004@edu.cc.saga-u.ac.jp

1. はじめに

皮膚がんの1種であるメラノーマの非侵襲深達度診断として、2光子光音響顕微鏡[1, 2]が注目されている。光音響波の生体内長距離伝搬特性と2光子吸収による高空分解能特性の利点を持つイメージングである。しかしながら、2光子吸収が起こる微小空間においても1光子吸収による光音響波が発生し、像がぼやけて空間分解能が低下する問題がある。その問題を解決するために、パルス幅の違う2つの光パルスを用いて、1光子光音響波の信号を除去し、2光子光音響波を選択検出する信号差分抽出法がある[2]、装置が高価で複雑になるために、本研究では、光パルスエネルギーを変化させ、信号差分を取る方法(図1)を提案する。

2. 信号差分抽出法の原理

1光子吸収は光パルスエネルギーに対して線形、2光子吸収は非線形に比例する。その特性を各吸収から発生する光音響波も同様であると仮定する。図1に示されるように、あるパルスエネルギーとその2倍のエネルギーを持つ光パルスを用いて光音響像を測定する。2倍のエネルギーによる光音響像(2)から1倍のパルスエネルギーによる光音響像(1)の各画素の強度を2倍し、画像差分を行う。結果として、1光子光音響波の効果が除去されるため、2光子光音響波のみによる像(3)が抽出され、深さ分解能が向上する。実験から1光子光音響波は光パルスエネルギーに対して線形に比例、2光子光音響波は非線形に比例することが分かったので、信号差分抽出法の原理検証を行った。

3. 方法と結果

ナノ秒パルスレーザー(DSS1064-Q3-OEM; CryLaS)を水槽内にある厚さ3mmの凹型ゴムに両面カバーガラスを貼り付けたセルに溶液を入れ、集光照射し、光音響波をトランスデューサーで検出する。試料として、

1光子吸収色素IRA980BT(22143; Exciton)と2光子吸収色素Rhodamine B(R6626-25G; Sigma-Aldrich)をethanol溶媒で溶かした混合溶液を用意した。断面を観察するために、セルの両端を焦点が横切るように深さ方向に走査する。NDフィルターを用いて、2種類の強度の異なる光パルスエネルギーにより光音響像を測定し、信号差分抽出法を行う。図2に示されるように、信号差分抽出法によって、1光子光音響信号(図2(a)の緑点線部)は除去でき、2光子光音響信号(図2(a)の赤点線)のみを抽出できた。このように信号差分抽出法により深さ分解能が向上することが明らかとなった。

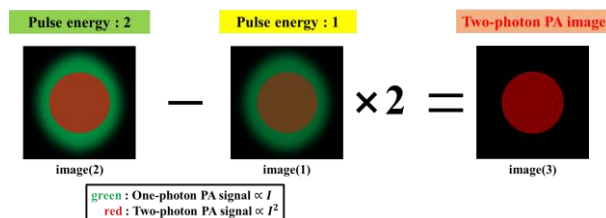


Fig.1 Principle of signal difference extraction method.

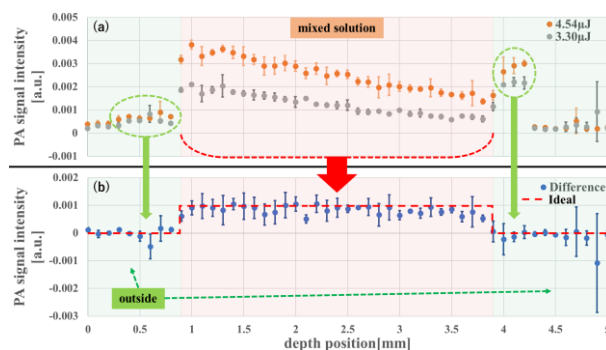


Fig.2 (a) PA signals as a function of depth position in the cases of 4.54 μJ and 3.30 μJ. (b) Difference in PA signals.

参考文献

- [1] Yamaoka Y, et al, Opt Express 19, 13365-13377, 2011.
[2] Yamaoka Y, et al, Opt Express 22, 17063-17072, 2014.