透過型液晶補償光学素子を用いた2光子光音響イメージング

Two-photon photoacoustic imaging using transmissive liquid-crystal adaptive optics

佐賀大院工¹,シチズン時計(株)²,日本女子大³

○(D)能塚 雄介¹, 栗原 誠², 橋本 信幸³, 山岡 禎久¹

Saga Univ.¹, Citizen Watch Co., Ltd.², Japan Women's Univ.³

°Yusuke Notsuka¹, Makoto Kurihara², Nobuyuki Hashimoto³, Yoshihisa Yamaoka¹

E-mail: <u>yamaoka@cc.saga-u.ac.jp</u>

1. はじめに

2 光子励起と光音響 (PA) イメージングを 組み合わせた 2 光子光音響イメージングは,高 空間分解能を保ちながら深部観察が可能であ る[1]。2 光子吸収は光子密度が高いときのみで 起こるため,高い開口数 (NA)の対物レンズ を用いることは有効である。しかしながら,レ ンズの波面収差や試料形状が影響して,しばし ば集光を困難にし,光音響信号強度の劣化や空 間分解能が低下する。そこで,2 光子光音響イ メージングシステムに透過型液晶補償光学 (AO)素子[2,3]を組み合わせた方法を提案す る。この方法により,深部においても効率よく 2 光子励起光音響波が発生すると考えた。今回, ガラスセルを用いた断面評価を行なったので 報告する。

2. 実験方法

本実験システムの模式図を Fig. 1 に示す。 透過型液晶 AO 素子は対物レンズ(LUMPLFM 40XW: OLYMPUS) の背面開口近くに設置した。 ナノ秒パルスレーザー (パルス幅 5ns, 繰り返 し周波数 10 Hz, 波長 1064 nm) によって励起 された PA 信号は、光軸上にある音響トランス デューサ (10K6.4I PF15: JapanProbe) によって 検出された。2 光子 PA 信号を検出するため, Rhodamine B 水溶液 10 mg/ml を満たしたガラ スセル(幅:10 mm,厚さ:2 mm)を試料と した。取得した PA 信号は 20 MHz の低周波透 過フィルタリング処理し,エンベロープ最大値 をプロットして画像化した。電気的に制御され た透過型液晶 AO 素子により, 波面補正のない 場合とある場合に対して、2光子 PA 断面像を 比較した。

3. 実験結果

2 光子 PA 断面像において, 波面制御がな い場合とある場合の測定結果を Fig. 2 に示す。 透過型液晶 AO 素子による波面補正により, Rhodamine B 水溶液で満たされた試料の深部 まで信号が増強され, 強度は約 4.7 倍となるこ とが分かった。この結果は AO 素子により 2 光 子光音響イメージングの観察可能深さの向上 に有効であることを意味する。しかしながら,



Fig. 1. Schematic of photoacoustic system. AMP: Amplifier, AO: Adaptive optics, BS: Beamsplitter (reflection : transmission = 50 : 50), CL: Collimator lens, LPF: Low-pass filter, M1, M2: Mirror, ND: Neutral density, OL: Objective lens, PA: Photoacousitc, PES: Pulse energy sensor, UT: Ultrasound transducer.



Fig. 2. Cross-sectional image of glass cell (width: 10 mm, thickness: 2 mm) filled with Rhodamine B / water using two-photon PA signals (a) without and (b) with AO correction. The light source was illuminated from upper side. Scale bars are 1 mm.

Fig. 2(b)において,深部側エッジ部分の信号が 改善されていない。これは,今回用いた AO 素 子による補正が球面収差のみであるため,エッ ジ付近の複雑な収差が補正できなかったと考 えられ,今後の課題となる。

参考文献

- Yamaoka Y, et al, Opt. Express 19, 13365-13377 (2011).
- [2]. A. Tanabe, et al., J. Biomed. Opt., 20(10), 101204 (2015).
- [3]. Y. Notsuka, et al., Proc. SPIE 11240, 1124039 (2020).