

第3の生体窓 (NIR3) 波長の超短パルス光による量子ドットの 2光子励起・近赤外発光を用いた生体深部イメージング

Deep tissue imaging with two-photon excitation of near infrared fluorescent quantum dots using pulsed laser in the third near infrared spectral window (NIR3)

名大院工 °(M1)園山 大地, 山中真仁, 湯川博, 宮地冬, 徳永真登, 馬場嘉信, 西澤典彦

Nagoya Univ., °D. Sonoyama, M. Yamanaka, H. Yukawa, K. Miyaji, M. Tokunaga,

Y. Baba, N. Nishizawa

E-mail: sonoyama.daichi@j.mbox.nagoya-u.ac.jp

近赤外波長帯の中でも生体透過性の高い波長帯は生体の窓と呼ばれている (第1の生体窓: 650-950 nm、第2の生体窓: 1000-1350 nm) [1]。近年、より生体透過性の高い第2の生体窓の光による、2光子励起で誘起する可視発光を用いた2光子励起蛍光イメージングが盛んに行われており、マウス脳イメージングなどにおいて1.6 mm程度の深部までの観察が報告されている[2]。

本研究では、第2の生体窓より生体透過性の高い第3の生体窓波長[1,3,4]の超短パルス光が得られる光源および近赤外波長帯で高い透過率を有する2光子励起顕微鏡を開発し、近赤外発光量子ドットを蛍光プローブとして用いることで、励起・検出共に近赤外波長を用いる2光子励起蛍光イメージングを実現した。開発した超短パルス光源は、カーボンナノチューブを用いたエルビウム (Er) 添加ファイバレーザ光源と Er 添加ファイバを用いたシミュラリトン増幅器で構成されている (Fig.1 (a))。シミュラリトン増幅器からの出力された波長 1550 nm 帯のパルス光をシングルモードファイバに入射させ、ソリトン自己周波数シフトによる波長シフトを利用することで、波長 1600 nm (波長幅 70 nm (半値全幅))、出力 277 mW、パルス幅 85 fs、繰返周波数 96 MHz という2光子励起を誘起するために十分なパルス光の生成に成功した。開発した光源と近赤外波長域で高い透過率や反射率を有する光学部品のみで構成した2光子励起蛍光顕微鏡を開発し (Fig.1 (b))、波長 800 nm 帯発光が得られる量子ドットを観察した結果、厚み 3 mm の生体模擬試料越しの2光子励起蛍光イメージングに成功した (Fig. 2)。

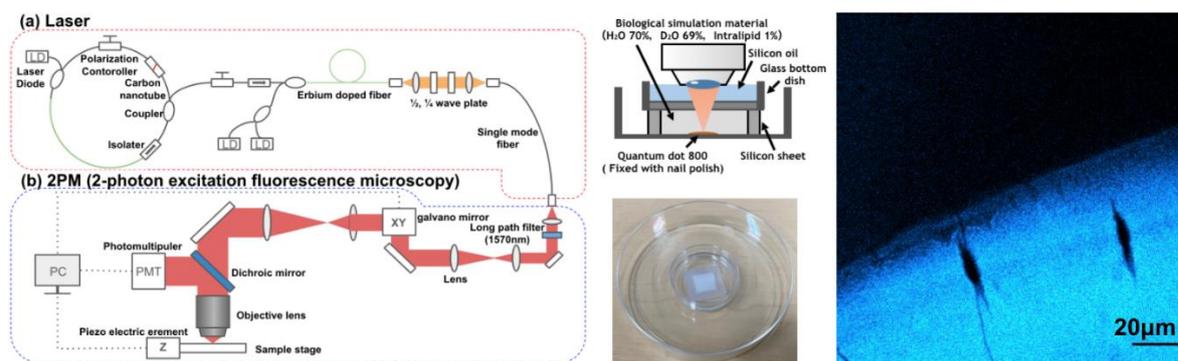


Fig.1 (a) 1600-nm femtosecond fiber laser and (b) two-photon fluorescence microscope

Fig.2 Experimental configuration for the sample observation (upper left), photograph of a 3-mm thick tissue phantom (bottom left), and two-photon fluorescence image of quantum dots emitting at 800 nm wavelength region

参考文献: [1] L. Shi et al, *J. Biophotonics* **9**, 38-43 (2015), [2] R. Kawakami et al, *Biomed. Opt. Express* **6**, 891-901(2015), [3] M. Yamanaka et al., *Sci. Rep.* **9**, 16041 (2019), [4] N. G. Horton et al., *Nat. Photon.* **7**, 205-209 (2014).