

ナノ秒光渦照射による単一神経細胞の神経活動変化

Optical Vortex-Induced Modulation of Neuronal Activity in Single Neurons

阪市大院理¹, 千葉大院融合理工², 千葉大分子キラリティ³ °箕嶋 渉¹, 瀬川 夕海¹,

増井 恭子¹, 柚山 健一¹, 尾松 孝茂^{2,3}, 細川 千絵¹

Grad Sch. Sci., Osaka City Univ.¹, Grad Sch. Sci. Eng., Chiba Univ.², MCRC, Chiba Univ.³,

°Wataru Minoshima¹, Yumi Segawa¹, Kyoko Masui¹, Ken-ichi Yuyama¹, Takashige Omatsu^{2,3},

Chie Hosokawa¹

E-mail: wminoshima@osaka-cu.ac.jp

光渦は螺旋状の波面と円環状の空間強度分布をもつ光源で、照射した物質への軌道角運動量の寄与が近年注目を集めている[1]。光渦を用いたシリコンや金属などの材料加工が報告されているが、細胞などの生体試料に応用された例は少ない。光渦を細胞膜や細胞内オルガネラに作用させることにより、空間分解能が高い細胞加工や細胞操作の実現が期待される。我々は単一細胞レベルでの神経活動操作を目的として、集光フェムト秒レーザーの多光子吸収に基づいて培養神経細胞の細胞膜に一過性の微小穿孔が形成され、神経細胞内への Ca^{2+} 流入が生じることをこれまでに報告している [2]。本研究では、ナノ秒光渦を顕微鏡下で培養神経細胞表面に集光し、光渦パルス照射に伴い変化した神経活動の蛍光 Ca^{2+} イメージング計測により神経細胞に対する光渦照射の有効性を検討した。

螺旋位相板を透過したナノ秒パルスレーザー (パルス幅 ~ 15 ns, 波長 532 nm, 繰り返し周波数 50 Hz) を倒立型蛍光顕微鏡に導入し、60 倍の対物レンズ (NA 0.9) でラット海馬由来の培養神経細胞に集光した。光渦照射に伴う細胞内 Ca^{2+} 濃度変化を可視化するため、蛍光カルシウム指示薬 Oregon Green 488 BAPTA-1, AM (OGB-1) を培養 22 日の神経細胞に負荷した。ナノ秒光渦 (パルスエネルギー 11.1 μJ) を神経細胞の細胞体に単一パルス照射したところ、照射された細胞において照射直後に Ca^{2+} 流入が生じ、蛍光強度が急激に増加した (Fig. 1)。また、隣接する細胞においても照射直後に細胞内 Ca^{2+} 濃度が上昇したことから、光渦照射により神経活動が誘発できることが示唆された。発表では、光渦とガウスビーム照射における神経活動誘発条件を比較し、光渦照射により神経細胞内に Ca^{2+} が流入するメカニズムについて考察する。

[1] T. Omatsu et. al., *Adv. Opt. Mater.*, 7, 1801672 (2019).

[2] 瀬川他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 18p-Z21-5 (2021).

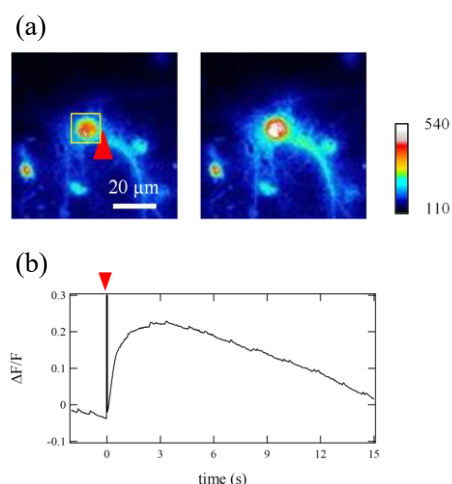


Fig. 1 (a) Fluorescence images of neurons (22 DIV) loaded with OGB-1 before (left) and 1.2 s after (right) the optical vortex irradiation. Red arrow indicates the laser focus. (b) Time course of fluorescence intensity of the single neuron at region of interest (yellow square at Fig. 1(a)). Red arrow indicates the time point of laser irradiation.