

集光フェムト秒レーザーを用いた単一神経細胞刺激手法の開発

Development of Single Neuron Stimulation with a Focused Femtosecond Laser

阪大院理¹, NICT 未来 ICT 研² ◯瀬川 夕海¹, 箕嶋 渉², 増井 恭子¹, 細川 千絵¹

Osaka Metropolitan Univ.¹, NICT², ◯Yumi Segawa¹, Wataru Minoshima², Kyoko Masui¹,

Chie Hosokawa¹

E-mail: sn22920d@st.omu.ac.jp

脳では数百億の神経細胞で構成される複雑な神経回路網を形成している。神経回路網の神経活動の時空間パターンが外部刺激入力に伴い変化することにより脳の情報処理が行われる。このような多数の神経細胞からなる脳の情報処理機構を解明するためには、単一神経細胞に対して外部から刺激入力を行い、入力に伴って発生する神経回路網の神経活動変化を解析することが必要となる。そこで本研究では、集光フェムト秒レーザーを用いた非接触かつ低侵襲な単一神経細胞刺激手法を提案し、単一神経細胞刺激の有用性を実証した。

ガラスボトムディッシュおよび 8×8 個の微小平面電極を有する微小電極アレイ上に播種した海馬由来初代培養神経細胞に対して、フェムト秒チタンサファイアレーザー (中心波長 800 nm, パルス幅 ~100 fs, 繰り返し周波数 82 MHz) を集光し、誘発された神経活動をパッチクランプ電位計測または細胞外電位多点計測により評価した。単一神経細胞に対してフェムト秒レーザーをレーザー光強度 30 mW, 照射時間 8 ms の条件で照射したところ、照射直後より被照射細胞で高頻度の細胞膜電位スパイクが観測され、単一神経細胞が刺激されることを示した (Fig. 1(a)) [1]。細胞外電位多点計測により、神経回路網においてもフェムト秒レーザー照射直後に高頻度な神経活動の誘発を確認した (Fig. 1(b))。細胞外電位スパイクが検出された電極位置を可視化した結果、神経活動はレーザー集光位置近傍の電極から回路網の広い範囲に伝搬することが確認された (Fig. 1(c)) [2]。これらの結果は、集光フェムト秒レーザー照射により単一神経細胞で誘発された神経活動がシナプスを介して他の細胞へ伝搬し、神経回路網の神経活動の時空間パターンを変調したことを示唆する。本手法は、単一神経細胞と神経回路網の神経活動との関係を明らかにする手法として、脳の情報処理機構の解明に寄与すると期待される。

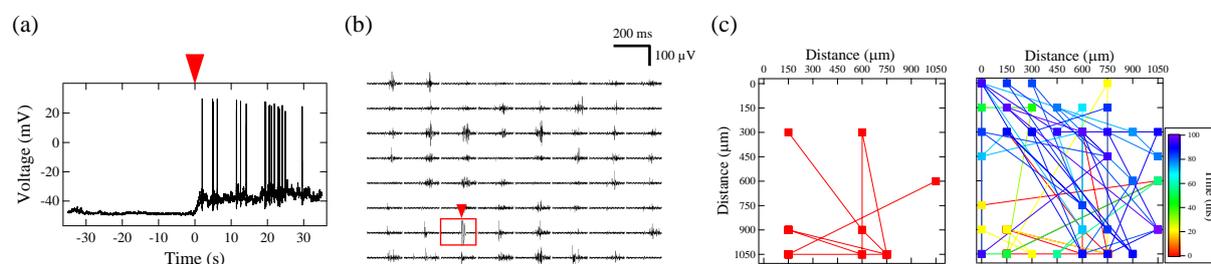


Fig. 1 (a) Membrane potentials and (b) extracellular potentials at 64 electrodes before and after femtosecond laser irradiation. The red arrows indicate the location and the time points of laser irradiation. The red box shows the electrode neighboring the femtosecond laser-irradiated neuron. (c) Spatial distribution of extracellular potential spikes in the area of 64 microelectrodes detected at 5 ms (left) and 100 ms (right) after femtosecond laser irradiation.

[1] Y. Segawa et. al., *Jpn. J. Appl. Phys.* 63, 11SP06 (2024). [2] Y. Segawa et. al., *ACS Omega* (2024), *in press*.