# マイクロ LED による脳内光減衰特性と生体光刺激の実証

## MicroLED-mediated light attenuation characteristic in brain tissue and demonstration of biological light stimulation

豊橋技大・工 [1]，ALLOS[2]，獨協医大 [3]，JST さきがけ [4]，°安永弘樹 [1]，水口公陽 [1]，大屋翔 [1]，竹内響 [1]，西川敦 [2]，A. Loesing[2]，瀬戸川将 [3]，大川宜昭 [3]，関口寛人 [1, 4]
Toyohashi Tech[1], ALLOS[2], Dokkyo Med. Univ.[3], JST PRESTO[4] °H. Yasunaga[1], K. Mizuguchi[1], K. Oya[1], H. Takeuchi[1], A. Nishikawa[2], A. Loesing[2], S. Setogawa[3], N. Ohkawa[3], H. Sekiguchi[1, 4]
E-mail: yasunaga.hiroki.rs@tut.jp，sekiguchi@ee.tut.ac.jp

近年，脳機能解明に向けて神経細胞を光刺激によって操作しながら，神経活動状態を計測することで脳神経ネットワークの解明が進められている。これまで光ファイバによる光刺激が行われてきたが，光ファイバは深さ方向に対して多点で異なる領域を光刺激することが難しく複雑な脳神経活動の操作に課題がある。一方で，マイクロ LED(μLED)を用いた光刺激プローブを活用すれば局所的な多点刺激が実現できるため新たな光ツールとして期待が高い。しかしながら，μLED を利用するにあたって素子発熱が大きな課題として挙げられている。したがって，生体での光刺激に向けて適する μLED サイズで，適する光照射範囲に光を届けることが重要であるが，その検討は十分に進んでいない。本研究では，μLED サイズや配置による脳内の光減衰特性について検討を進めるとともに，最適化された μLED 光照射条件でマウスの脳に光刺激を行い，神経活動の計測を行ったので報告する。

モンテカルロ法により脳内におけるマイクロ LED の光の広がり分布のシミュレーションを行った。ここでは，吸収係数，散乱係数，異方散乱パラメータははそれぞれ 0.6 $cm^{-1}$，105 $cm^{-1}$，0.88 とした。Fig.1 は μLED サイズ 50 μm における光広がり分布である。脳内に発現させる光感受性タンパク質，チャネルロドプシン 2(ChR2)は光刺激で活性化するために約 1 $mW/mm^2$ が必要であるとされているため，1$mW/mm^2$ の光出力が到達する範囲を把握することが重要となる。異なる LED サイズでの光減衰特性を Fig. 2 に示す。μLED のサイズに応じて到達距離が変化することがわかる。素子温度上昇の観点からはサイズを小さくすべきだが，一方で刺激したい領域を刺激できなくなる。サイズ 50 μm で光出力を 15$mW/mm^2$ とすると素子温度は 1~2℃の上昇で，光照射範囲も十分となる。そこで，サイズ 50μm の μLED を有する μLED プローブを作製した。作製した LED プローブを，Fig.3 グラフ内図中に示すように，　ChR2 を発現させたマウスの CA3 に刺入し光刺激を行い，その投射先である対側 CA1 領域にタングステン神経電極を刺入することで細胞外電位(LFP)を計測した。ここで，LED プローブは光出力 15 $mW/mm^2$，駆動周波数 20 Hz，Duty 比 50%で駆動させた。その結果、Fig. 3 で示す様に、ChR2 が発現したマウスへの駆動周波数 20 Hz の光刺激によって、同帯域の明確なパワースペクトルの増加が得られた。本結果は，LED プローブが生体光刺激の新たなツールとして有効であることを示唆する結果である。

【謝辞】本研究の一部は JST さきがけ(JPMJPR1885)，村田学術振興財団，大幸財団，光科学技術研究振興財団の援助を受けて行われた。

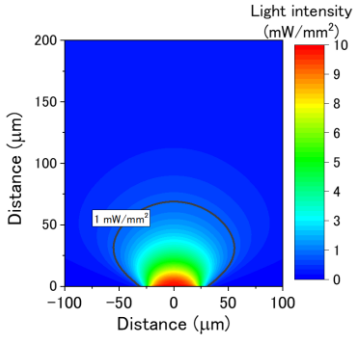


Fig.1 Light distribution from a MicroLED with a diameter of 50 μm by Monte Carlo simulation.

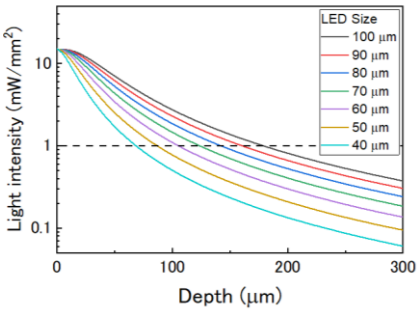


Fig.2 Light attenuation characteristics of MicroLED with different sizes.

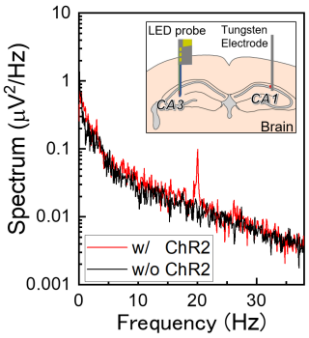


Fig.3 Recording of neural activity in the CA1 region under optical stimulation by a MicroLED