

近赤外光を用いた生体機能計測：最新のトレンド

浜松医科大学光総合医学研究所 星 詳子

Near-infrared spectroscopy (NIRS)は、約半世紀の間に組織酸素モニタ法として、また脳機能イメージング法(機能的 NIRS: fNIRS)として発展した。NIRS には複数の計測法があり、中でも連続光計測(continuous wave measurement: CW)が最も一般的に用いられている。しかし、CW では定量計測ならびに脳賦活時にみられるような局所に生じるヘモグロビン (Hb) 濃度変化を、他の組織の影響を受けずに選択的に検出することが困難で、このことが NIRS の臨床応用を進めるうえで障壁となっている。一方、定量計測を目指して time-domain NIRS (TD-NIRS) などの計測法が開発され、さらに拡散光トモグラフィ (diffuse optical tomography: DOT) は、定量計測のみならず画像診断法としても有望視されている。

TD-NIRS は、ピコ秒オーダーのパルスを発生する半導体レーザーを光源とし、高い時間分解能を持つ超高速光検出器を用いて、生体内を伝播した光を時間ごとに検出する方法である。拡散理論に基づいてデータを解析することで、より深部の組織 Hb 濃度を定量計測することができる。近年、小型で高サンプリングレートの装置が海外で市販され、TD-NIRS による脳機能イメージング研究が可能になった。

DOT は、多チャンネル NIRS 装置を用いて複数の領域を計測し、検出された光を NIRS とは異なる方法で解析して、計測対象 の吸収係数 (μ_a) と換算散乱係数 (μ_s') の 分布を画像表示する方法である。また、 μ_a から Hb など光吸収物質濃度を算出することができ、生体機能イメージングが可能である。DOT は、画像再構成法によって、線形化画像再構成法と非線形逐次近似画像再構成法に大別される。前者は、変化量のみの計測であるが、脳機能イメージング研究で用いられている。後者は、計測時点での光吸収物質濃度の定量計測が可能で診断法として前者よりも有用で、乳がんや関節リウマチなどへの応用例が報告されている。しかし、画像精度はまだ不十分で、深層学習など AI の導入が進められている。

本講演では、従来の NIRS の課題を整理し、課題解決に向けた新たなアプローチとして、TD-NIRS と DOT を紹介する。