

ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-18. 生体トモグラフィ
小項目	1-18-4. 近赤外光トポグラフィ (脳機能描画)

概要 (200字以内)

近赤外光を用いて、脳内の酸素化及び脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化を分光計測し、連関する大脳皮質の神経活動を動的描画する手法である。光CT (Optical Computing Tomography) は断層像を撮影する手法であるが、人間の脳では近赤外域であっても十分な透過光が得られないので、光トポグラフィ (Optical Topography) という散乱反射光を用いた手法によって初めて脳機能描画が可能となった。

図1 近赤外光トポグラフィの原理

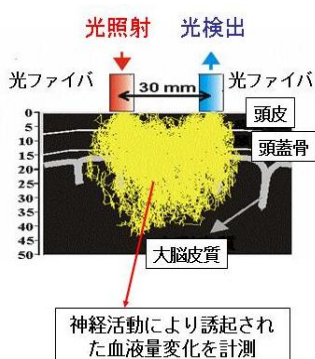


図2 近赤外光トポグラフィのインターフェイス部



現状と最前線

近赤外光トポグラフィは、精神活動を含めた脳機能を完全非侵襲的 (身体を一切傷付けず害も与えないこと) に、かつ動的に描画することができる。また、小型・可搬型の装置で実現でき、比較的容易に脳活動が観察できる。fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) のような大型な装置とは異なり、被験者が寝台に固定されることはない (上記の図2参照)。光ファイバを装着した軽いキャップをかぶるだけで良いので、被験者は光ファイバの長さの範囲内で動くこともできる。0.1秒で一枚の脳機能画像を得ることができるので時間分解能は優れている。空間分解能は市販の装置で10~20mm程度であり、さらに改良されつつある。

現在のfMRIやMEG (脳磁計) は、同じ刺激を多数回与えて加算平均したあと、複雑な統計処理をして初めて画像が得られることが多い。近赤外光トポグラフィは比較的感度が高いこともあり、時間軸方向への移動平均処理だけで、脳機能の動的な変化をほぼ実時間で追跡できるケースもある。日常生活の場での脳の働き、例えば机の上で文章を書いたり、楽器を演奏したりする場合の脳活動を計測することも可能である。さらには車に積み込んで、運転者の運転中の

脳活動を計測することも行われている。

現在、世界から注目されているのは乳幼児の脳機能の描画である。新生児の脳活動の計測は種々試みられており、母語に対して新生児の聴覚野が特異的に活性化することが見出された。母語を録音したテープを順方向再生と逆方向再生で新生児に聞かせると、母語の場合にのみ左半球の聴覚野が強く活性化する。逆方向再生の場合は言語ではないので、単純な音刺激に近い活性化信号が見出された。従来は乳幼児の脳活動を描画することがほとんど不可能であった。乳幼児に適用するには計測法が完全に安全である必要があるし、また、ある程度動いてしまう乳幼児についても安定した信号が得られる必要がある。成人の完成した脳を観るのではなく、発達途上の脳の計測は、脳の基本的な機能やそれを支える構造を知る上で極めて重要である。

近赤外光分光描画法は、従来の非侵襲高次脳機能描画法である fMRI や MEG あるいは PET (Positron Emission Tomography) と本質的に異なる。fMRI は均一度が高く強度の大きな磁場が必要であり、必然的に大型の高性能磁石が必要となる。PET も 360 (180) 度方向からのガンマ線を捉えるために高性能放射線検知器が必要となり装置の大型化は避けられない。MEG では、極微弱の磁場を計測するために液体ヘリウム温度に冷却した SQUID (Super-conducting Quantum Interference Device) と呼ばれる検出器が必要である。一方、近赤外光トポグラフィでは、基本的に光照射用の半導体素子と、光検出用の半導体素子が、それぞれ多チャンネル分あればよい。したがって、信号処理系のチップを含めて半導体でほぼ全てが構成され得る。極論すれば、将来はワンチップ化が原理的には可能である。

計測の将来応用として、感性など客観評価が困難であった課題に取り組むことが可能になると考えられる。また、装置が携帯化・小型化されると集団中の各個人が装着して、集団全体の脳機能を同時に描画することも可能となる。このあたりにも将来は斬新な応用が生まれることが期待され、応用可能性は極めて広範に亘る。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 新生児・乳幼児についての安定した脳機能計測
 - 可搬型装置から、さらに携帯型小型装置への展開
 - 感性などの客観評価ができるような計測方法の開発

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
 - ワンチップ型の近赤外光トポグラフィ装置の開発
 - 集団における各個人の脳活動の同時計測 (社会性の観測)

キーワード

脳機能、非侵襲、近赤外、分光、描画 (イメージング)

(執筆者: 小泉英明)