2G1600

ダイナミックなヒト脳活動を測定する近赤外光計測法の開発

○江田 英雄¹、佐瀬 一郎¹、精山 明敏^{1,3}、田邊 宏樹¹、綱澤 義夫²、柳田 敏雄^{1,3} (¹ 郵政省・通総研・柳田 Proj.、² 島津・基盤研、³ 阪大院・医・情報生理)

〔はじめに〕脳の情報処理の柔軟性や意識の問題を解明するためには、時々刻々と変化する脳のダイナミックな時空間パターンをリアルタイムで非侵襲計測する手段が必要である。さらに拘束のない自然な状態での測定を実現するために、我々は近赤外線を使った脳活動の計測法を開発している。本報告では新規に開発した光マッピング画像装置と測定データの一例を紹介する。

〔光計測法の開発〕波長 800nm 付近の近赤外線は、生体を構成する水、デンプン、蛋白などによってほとんど吸収されないため生体をよく透過する。一方、生体の酸素状態によってヘモグロビンの光吸収が変化するため、頭部に近赤外線を照射してその光吸収の情報を解析することで、脳の活動に応じた血行動態変化に基づく酸素情報を推定することができる。さらにピコ秒パルス光や強度変調光を使った計測法によれば生体の光散乱の情報を計測することができ、これは神経の電気信号と関係があると言われている。このように光を使った測定によって脳の電気信号から血行動態にいたるまでのヒト脳の状態を非侵襲に計測することができる。

〔開発した装置と実験結果〕我々は光吸収情報を画像化する装置 NIR OPTIMA を開発した。現状で、数十ミリ秒の時間分解能での波形測定、及び、百ミリ秒の時間分解能での画像測定が可能である。この装置を用いて視覚刺激実験において後頭部を測定したところ血行動態を示す画像を得た。同じ刺激で fMRI (機能的磁気共鳴画像システム) による画像と比較したところ、両者の画像は一致した。画像の空間分解能は fMRI のほうが優れていたが、時間分解能は fMRI の 4 秒に対して NIR OPTIMA は百ミリ秒であり、光の画像は fMRI では観察できないダイナミックな変化を観察することができた。

H.Eda, I.Sase, A.Seiyama, H.C.Tanabe, Y.Tsunazawa and T.Yanagida : Development of a non-invasive optical imaging system(NIR OPTIMA) for dynamic human brain study.

2G1630

近赤外光計測法を用いた脳賦活時の血行動態変化の測定 - fMRI との比較

○精山 明敏^{1,2}、田邊 宏樹²、高槻 玲²、佐瀬 一郎²、江田 英雄²、伊丸岡 俊秀^{1,3}、宮内 哲³、柳田 敏雄^{1,2} (¹ 阪大院・医・情報生理、² 郵政省・通総研・柳田 Proj.、³ 郵政省・通総研・脳機能)

〔はじめに〕近赤外分光法を用いた血行動態計測の利点は、酸素化ヘモグロビン量 ([oxy-Hb])、脱酸素化ヘモグロビン量 ([deoxy-Hb]) 及び総ヘモグロビン量 ([total-Hb]) の変化を個別に求めることが出来る点にある。私達は昨年の本年会において、ヒト視覚野賦活時における近赤外分光法 (NIRS) により得られた血行動態の変化が、fMRI によりえられる変化と異なる可能性について報告した。今回は、この現象を詳細に検討したので報告する。

〔対象および実験〕血行動態の測定には、当プロジェクトオリジナルの近赤外マッピング装置 (OPTIMA)、および fMRI (1.5T, Siemens, Vision) を用いた。被験者には健康成人男性 6 名を用いた。視覚刺激はチェッカーボード (刺激周波数: 0.5, 1.4, 4.7, 14 Hz) を使い、rest (28 秒) -task (28 秒) を 1 セットとし各周波数の刺激をランダムに 4 回づつ連続して提示した。

〔結果〕1) 視覚刺激に対して OPTIMA により得られた後頭部の賦活部位と、fMRI により検出された賦活部位は良く対応していた。2) fMRI の BOLD 信号の変化は刺激周波数が 0.5 Hz と 14 Hz で小さく、1.4 Hz と 4.7 Hz で大きくあらわれた。3) 一方、OPTIMA では [oxy-Hb] と [total-Hb] の変化は 0.5 Hz と 14 Hz で大きく、1.4 Hz と 4.7 Hz で小さかった。

〔考察〕本結果でみられた NIRS と fMRI の違いは、NIRS により得られるヘモダイナミクスの変化は組織当たりのヘモグロビン量の変化を反映しているのに対し、後者は (局所的磁化率の変化から推定される) 血流の変化を反映しているためと考えられる。また、本結果は、脳賦活時の over compensation として知られる局所血流の大幅な変化が生じる際に、過剰な酸素流入を防ぐための Flow (血流) -Mass (血球量) 調節機構が存在する事を示唆している。

A.Seiyama, H.C.Tanabe, A.Takatsuki, I.Sase, H.Eda, T.Imaruoka, S.Miyauchi and T.Yanagida : Hemodynamic response measured by Near-Infrared spectroscopy, in comparison with fMRI

2G1615

近赤外光計測法を用いたヒト脳活動計測 - 深さ方向への検討 -

○佐瀬 一郎¹、江田 英雄¹、精山 明敏^{1,2}、高槻 玲²、柳田 敏雄^{1,2} (¹ 郵政省・通総研・柳田 Proj.、² 阪大院・医・情報生理)

脳活動を計測する上で近赤外光を利用することは、非侵襲に観察領域のヘモグロビン総量や酸素化状態などの生理的情報が得られるという点で非常に有効である。しかし、実際の脳活動位置を特定するという意味では多くの問題点が残されており、特にプローブ配置による制約のため信号源の厳密な検討を行うには至っていない。我々は、近赤外光を用いた脳の非侵襲計測における信号源の空間位置の特定及びその他の生体信号 (脈波など) からの信号の分離を目的とした実験を行った。近赤外計測装置は、3 波長の半導体レーザー (780, 805, 830nm) を連続的に照射・検出 (光電子増倍管) する多チャンネル吸収計測型 (光源 6 - 検出 6) を用いた (当プロジェクトで開発)。プローブを幾何学的に配置し計測することによる 2 次元画像の取得 (Mapping mode) と受光と照射の各プローブペアを分離して同時計測を可能とする多点計測 (Simultaneous mode) の機能を併用することにより、脳活動部位の 2 次元的な空間配置及び信号の深さ方向に対する検討が可能となった。実験は、ヒトの後頭部に位置する視覚野の活動を対象として行い、f-MRI (磁気共鳴装置) との同時計測による空間的な一致の確認、さらには活動深度による影響、プローブ位置に対する検出信号の差、皮膚血流

由来の信号分離の検討などを進めた。光計測における問題点なども含め結果を発表する。

I. Sase, H. Eda, A. Seiyama, A. Takatsuki, T. Yanagida : Near-infrared spectroscopic reflectance imaging of human brain function.

2G1645

脳賦活時の血流制御、血管運動ならびに酸素動態の変化：動物を用いたモデル実験からのアプローチ

○藤崎 久雄¹、精山 明敏^{2,3}、李 驥耀⁴、佐瀬 一郎³、柳田 敏雄^{2,3} (¹ 科技団・さきがけ、² 阪大・医・情報生理、³ 通信総合研・柳田プロジェクト、⁴ 阪大・医・神経内科)

【はじめに】近年の脳機能研究ならびに認知科学の発展は、脳内で起こっているさまざまな事象を非侵襲的に観測しうる fMRI や PET などの機器の開発・実用化に依存するところが大きい。これらの装置から得られるデータは「細胞及び組織の機能充進はその領域を支配する血管内の血流の増加をとまう」というこれまで受け入れられている事実に基づいて解釈されている。しかし、血流の増加は酸素消費をはるかに上回っており (Fox et al., 1988)、この過剰増加が何故、どのようにして起こるのか、という問題が残されたままになっている。我々は上記現象の生理的機序を解明する目的で、動物を用いたモデル実験からのアプローチを試みている。【実験】麻酔下の Wistar 系雄生ラットの右側体性感覚領野に 5 mm x 5 mm のクラニウム・ウインドウを設け、体性感覚刺激として左後脛骨神経の電気刺激 (3.8 mA, 0.5 ms duration, 5 Hz, 4 秒間) を行った。局所血流変化をレーザードップラー血流計で計測し、血管の拡張・収縮、微小血管内ヘモグロビンの総量および酸素化状態の変化を自作の顕微分光分析システムで計測した。また、燐光寿命計測から毛細血管床内酸素分圧の 2 次元分布の変化を求めた。【結果および考察】体性感覚野の細動脈は刺激開始後 1 秒以内に拡張 (安静時 52.4 ミクロン径、最大 12% 増加) し始め、血流増加 (最大 12%) はそれに 1 秒ほど遅れて始まった。毛細血管床の酸素分圧は最大 10% 程度増加した。血流の増加が 1) 血管拡張に遅れて起こること、また 2) 血管拡張により予想される増加分 (約 25%) より少ないことは、局所血流の調節 (血流の再分配) が支配領域 (後脚体性感覚野) の上流で起こっていることを示唆している。

H. Fujisaki, A. Seiyama, K. Y. Li, I. Sase and T. Yanagida : Mechanisms of vasomotion and oxygen transport during neural: an approach using animal models