

プログラム

会長挨拶	渡辺英寿	10:00~10:10
------	------	-------------

講演 1 座長：星 詳子 (各 講演25分、討論10分) 10:10~11:20

①「TMSを併用したNIRS運動機能マッピング」

美原記念病院 脳神経外科 秋山 武紀

②「脳循環反応から神経活動へ：光脳機能計測の基礎」

東京都精神医学総合研究所 根本正史

講演 2 座長：酒谷 薫 (各 講演25分) 11:20~12:30

③「fMRI 信号におけるデオキシヘモグロビンの複雑な関与」

北海道大学医学部保健学科 医用理工学講座 山本 徹

④「Functional NIRS はPET, fMRI を越えることができるか。」

大阪大学大学院医学系研究科情報生理学講座 精山 明敏

総合討論 20分

昼 食 12:30~13:00

技術報告 座長：渡辺英寿 (2題 各25分) 13:00~13:50

①「近赤外光による脳計測データ解析に関して」

情報通信研究機構 脳情報グループ、光産業創成大学院大学 江田英雄

②「光トポグラフィの研究開発と今後の展望」

(株) 日立製作所 基礎研究所 牧 敦

休 憩 13:50~14:00

一般演題 1 座長：岡田 英史、 灰田 宗孝

(10分口演 5分質疑) 14:00~15:10

①「NIRS イメージングにおけるクロストークと波長選択」

慶應義塾大学理工学部電子工学科 岡田 英史

②「光トポグラフィ計測に適した波長の実験的検討」

日立製作所 基礎研究所 佐藤 大樹

③「脳虚血例における運動野の賦活脳酸素代謝変化：fMRIとNIRSを用いた検討」

日本大学医学部脳神経外科 村田佳宏

④「fNIRS を用いた摂食・嚥下運動時の脳機能解析」

東京医科歯科大学医学部臨床教育研修センター・神経内科 山脇正永

総合討論 10分

一般演題 2 座長：加藤俊徳 福田正人

(10分口演 5分質疑)

15:10~16:20

①「聴覚タスクにおける NIRS 信号解析

木更津工業高等専門学校 情報工学科 栗本 育三郎

②「脳血量揺らぎの定量化と判別分析による完全 Locked-in 状態 ALS 患者の意思判定」

東京女子大学 文理学部 数理学科 内藤 正美

③「運動イメージによる脳活動：光トポグラフィーと fMRI を用いた検討」

日本大学医学部脳神経外科 星野達哉

④「近赤外線スペクトロスコピーを用いた Wisconsin Card Sorting Test による脳賦活の検討」

徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部 精神医学分野 住谷さつき

総合討論 10分

休憩

16:20~16:30

一般演題 3 座長：渥美 義賢、宮井 一郎

(10分口演 5分質疑)

16:30~17:55

①「メンタルストレスによる前頭葉活動と自律神経系との関係」

(株)資生堂 ライフサイエンス研究センター 谷田正弘

②「鏡映描写時における前頭前野の活動」

東京電機大学理工学部一般教養系列 小林春美

③「句構造に注目した言語実験による脳活動の計測」

日本大学 生産工学部 教養・基礎科学系 内堀 朝子

④「水平的下顎位の変位が計算時脳血流に及ぼす影響」

東京歯科大学スポーツ歯学研究室 澁澤 真美

⑤「情動画像刺激による快・不快感情に対する前頭部脳血流変化

東京都精神医学総合研究所 脳機能解析研究チーム 郡俊志

総合討論 10分

閉会の挨拶 酒谷 薫 事務局長

17:55~18:00

第3回 光脳機能イメージング研究会 抄録集

開催日時：2005 年 5 月 28 日(土)

10:00～18:00

会 場 ：財団法人星陵会館ホール

世話人

会長	渡辺英寿	自治医科大学
事務局長	酒谷 薫	日本大学医学部
	渥美義賢	国立特殊教育総合研究所
	岡田英史	慶應義塾大学理工学部
	加藤俊徳	福祉社会研究所
	灰田宗孝	東海大学医学部
	福田正人	群馬大学医学部
	星 詳子	東京都精神医学総合研究所
	宮井一郎	ポバース記念病院
	山田幸生	電気通信大学

(五十音順)

事務局	市川 祝善	清水 公治
連絡先	ichikawa-n@kf.hitachi-medical.co.jp	

後援： (株)日立メデイコ
(株)島津製作所

TMSを併用したNIRS運動機能マッピング

美原記念病院 脳神経外科 秋山武紀

慶應義塾大学医学部脳神経外科 大平貴之、小林正人、河瀬斌

福祉社会研究所 加藤俊徳

fNIRS(機能的近赤外線分光法)は、機能負荷に伴う皮質表面のヘモグロビン濃度変化を計測することにより間接的に神経活動を推定する手法である。神経活動の直接計測法ではないため、仮定にのっとった解釈がなされているという点に留意が必要である。最も重要な仮定の一つは神経活動とそれに伴う酸素消費および二次的血流増加反応の関連性である。また、3種類のヘモグロビン濃度を同時にかつ高時間分解能で計測でき、多チャンネルの情報を得ることが出来るため、他の機能計測法に比べると、検討すべき情報量が非常に多いという特徴がある。以上より、fNIRSで神経活動をより正確に反映した結果を得るためには、仮定が予測どおりに成立していることを確認し、その上で神経活動により密接に関連したシグナルを適切な場所から選択する必要がある。現時点で確立されている神経活動そのものの評価法は、脳波、脳磁図、経頭蓋磁気刺激などの電気生理学的手法である。我々は経頭蓋磁気刺激(TMS)をfNIRSと併用することにより神経活動とヘモグロビン濃度変化の関連性について検討してきた。本研究会では神経活動と皮質酸素代謝の関連性についてのこれまでの報告を検討するとともに、自験例を呈示し、fNIRSに電気生理学の結果を組み込むことの重要性について考察する。

脳循環反応から神経活動へ：光脳機能計測の基礎

根本正史 星 詳子 佐藤知絵 井口義信 郡 俊志
東京都精神医学総合研究所 脳機能解析研究チーム

ヒトの精神活動に伴って脳局所の血液循環が変化するという現象を初めて目撃したのは、イタリアの生理学者 Angelo Mosso である (1881 年)。彼は、脳外科手術後、前頭部に頭蓋骨欠損ができた患者に、簡単な算術を行わせると、前腕の血圧や脈拍は変化がないのに、突然、脳の拍動が局所的に強くなることを観察した。その後、動物実験に基づいて、Roy と Sherrington が、脳の活動と代謝、循環とのカップリングを予測したのは良く知られるところである (1890 年)。彼らは、脳の代謝活動でできた化学的産物が脳血管壁に作用して、血管径に変化を及ぼしたと推論している。しかし、それから 1 世紀を過ぎた今日に至っても、このカップリング機構の詳細は解明されていない。一方、近年の MRI, NIRS の技術革新と機器の普及は、あらゆる分野の人々が、気軽に脳循環反応を捉え、脳の機能的地図を簡単にコンピューターに描かせることができるようになった。今や脳活動と代謝、循環のカップリングは、脳科学研究における常套手段の不可欠な前提となった。しかし、一步踏み込んで、精神活動、脳の活動とは何であろうか？ それは、様々な細胞の様々な活動の分割可能なパーツの総体であると同時に、同じ外部刺激を与えても、他の並列的、あるいは階層的な活動によって、情報処理の flow chart を瞬時に変え得る、分割不可能な可塑的ネットワークの活動全体でもある。いったい我々は、脳循環反応によって、この複雑極まりない脳の活動の、何を、どこまで、観察できるのであろうか。この逆問題に対する解答へ少しでも近づく為には、以下の具体的な問いに対して、一つ一つ地道な研究を続ける以外に道はない。

- 1) 神経活動のどのような要素 (presynaptic or postsynaptic, subthreshold or spiking, excitatory or inhibitory) が、どのような細胞 (neuron or astrocyte) の、どのような代謝活動 (oxygen or glucose metabolism) と関連し、どのような仲介物質と細胞の場において、脳循環反応をどのように引き起こすのか。
- 2) 多数の神経細胞群の活動が時空間的に重畳して生じる脳循環反応から、カラムなどの機能要素間の興奮と抑制のネットワークの活動へと、どこまで正確に deconvolution しうるのか。また、どの脳循環反応の要素 (flow, volume, hemoglobin derivatives; oxy-, deoxy-, or total hemoglobin, vascular compartments; arteriole, capillary, or venule) を用いたら、時空間的に、あるいは定量的に、より厳密に神経活動を類推しうるのか。
- 3) 個々の具体的な計測については、標的としている神経活動以外の要因 (注意、覚醒度、感情、呼吸、体循環の変化など) が、脳循環反応を大きく変調させてはいないか。

我々は、脳循環反応から神経活動へと解読する作業において、本来の脳の活動とはかけ離れた、ゴーストを追わぬ為にも、これらの事項を常に意識しながら、fMRI, fNIRS の生データを解釈していかなければならない。そこで、本発表の前半は、上記 1) に関して、特に興奮と抑制のシナプス活動と脳循環反応について、最近の文献をレビューし、後半では、上記 2) に関して、自験例を中心に、脳循環反応によってどこまで神経活動を追及できるのか、神経活動と循環との線形性、循環制御の空間的解像度の問題、そして、興奮と抑制活動が相克する左右大脳半球間相互作用のモデルについて、脳循環反応と神経活動のカップリングを検討する。

fMRI 信号におけるデオキシヘモグロビンの複雑な関与

北海道大学医学部保健学科 医用理工学講座 山本 徹

fMRI で描出される部位の画像信号強度変化は、賦活に伴う神経活動の亢進を定量的に反映するものと解釈されている。このことは、MRI の静磁場を乱す常磁性体であるデオキシヘモグロビン(deoxyHb)量に依存し T2*強調撮像法による MRI 信号強度が変化することが理論的背景となっている (BOLD 理論)。また、神経活動が亢進するとその部位の血流が増加し組織が必要とする以上にオキシヘモグロビン (oxyHb) を多く含む動脈血が流入するので、賦活部位の血管内の deoxyHb 量が低下するモデルが広く信じられ、deoxyHb 量の減少が神経賦活の指標となるとされている。すなわち、fMRI での画像信号強度変化 (ΔS) は deoxyHb の減少量に比例し、 ΔS が神経賦活を定量的に反映するとされている。しかし、 ΔS が増加する部位の deoxyHb 量も増加するなど BOLD 理論および従来の賦活モデルに反する場合は報告されており¹⁻⁴⁾、fMRI が神経活動を忠実に反映するかに疑問が持たれている⁵⁾。

ΔS は常磁性体である deoxyHb の存在の影響を受けるが、その影響は deoxyHb が存在する血管サイズにより異なる。血管径が大きな血管 (large vein) による ΔS は BOLD 理論に従い deoxyHb の減少量に比例する。一方、毛細血管(capillary) など血管径が小さくなると、MR 信号発生源である水の拡散運動により血管周囲の磁場の乱れの影響が顕著に平準化されるため ΔS と deoxyHb 量変化は相関しない場合が発生する。脳組織への酸素の供給部位である capillary 領域では、組織の酸素要求に応じダイナミックにヘマトクリットが変化し神経活動などの局所的状態変化が敏感に反映されるが、capillary による ΔS に対する影響は large vein によるものよりも小さいとされ、large vein の影響でのみ解釈が行われ ΔS は BOLD 理論に従うとされてきた。ところが、実際の脳皮質の血管構築は多様であり、部位により large vein と capillary の構成比が異なり、capillary が支配的な領域では capillary による ΔS に対する影響も無視できなくなる。それぞれの賦活部位で、large vein が支配的であるか capillary が支配的であるかは、NIRS で求まる deoxyHb 変化量と oxyHb 変化量の比によりおおそ判断できる⁴⁾。それによると capillary が支配的な領域も多数存在することがわかり、そのような部位での賦活では、 ΔS は deoxyHb の減少量に比例しない場合がある。また、fMRI では血管外のみならず血液からの磁気共鳴信号も寄与し、磁場強度が低い装置ほどその影響は大きくなる。large vein の血液からの信号は deoxyHb 量が減少すると増大し BOLD 効果と同様な変化を示すとみなされ、fMRI 信号から CMRO₂などを議論している多くの論文がこの血液酸素飽和度と血液 MR 信号強度の線形性を前提に議論している。しかし、血液酸素飽和度が約 90%のとき赤血球と血漿の磁化率が等しくなり⁶⁾そのとき血液からの MR 信号が最大となることが考慮されていない。一方、capillary の血液からの信号変化は無視できる程度である⁴⁾。

また、large vein の ΔS に対する影響は、large vein が MRI の静磁場に対しどの方向を向いているかに依存する。large vein が静磁場に対し垂直方向を向いている場合の影響が大きく、そのような large vein が支配的な部位での fMRI 信号は BOLD 理論どおり deoxyHb の減少量に一致した変化を示す。しかし、脳皮質はそのような部位のみではなく、たとえば、capillary が支配的な Broca 野では賦活に伴い血液量が顕著に増加する場合があります、毛細血管内の赤血球量増加が示唆された⁴⁾。さらに、deoxyHb も増加していることから CMRO₂の顕著な亢進も示唆された⁴⁾。したがって、必ずしも deoxyHb 量の減少が神経活動の指標となるわけではない。神経活動の指標とはなり得ない deoxyHb に着目する T2*強調撮像法を用いる限り、活動が強く毛細血管内で deoxyHb 量が上昇する場合などに偽陰性となる恐れがあり、神経活動の定量的把握は困難である。超高磁場 MRI を用い S/N を向

上させても、このような問題は解消されない。脳組織への酸素の供給部位である capillary 領域は activation focus として神経活動をより忠実に反映する。そこでの神経活動を反映した MR 画像信号を得るため、毛細血管での血行動態を強調する新しい撮像法が開発されつつある。NIRS においても capillary、large vein の影響を考慮した計測および議論が望まれる。

参考文献

1. Hess A, Stiller D, Kaulisch T, et al., *J Neurosci* 20 (2000) 3328–3338.
2. Kleinschmidt A, Obrig H, Requardt M, et al., *J Cereb Blood Flow Metab* 16 (1996) 817–826.
3. Kato T, Kamba M and Liu H, *Neuroimage* 13 (2001) S988.
4. Yamamoto T and Kato T, *Phys Med Biol* 47 (2002) 1121–1141.
5. Iadecola C, *Cereb Cortex* 12 (2002) 225–224.
6. Yamamoto T, Nagayama Y and Tamura M, *Phys Med Biol* 49 (2004) 3267–3277.

Functional NIRS は PET, fMRI を越えることができるか

大阪大学大学院医学系研究科 情報生理学講座 精山明敏

以下に挙げるように機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) や陽電子放射断層撮影装置 (PET) を用いた脳賦活検査では、刺激の付加により脳活動の亢進が期待されるのにもかかわらず、その検出が困難な事例が多く報告されている。このため、上記の非侵襲脳活動計測装置により得られる結果から脳機能を推定する際に (その領野が関与しているか否か) 大きな論争が起こっている。

(1) 触覚刺激や痛み刺激による体性感覚野の賦活検査で、(MEG 等の先行研究で) 推定される部位の活動を検出できないことがしばしばある (Sensory Motor Paradox.) [Paulesu et al., 1997; Petrovic et al., 2002]。

(2) イメージ想起の際に、PET では検出が報告されている一次視覚野の活動が fMRI では検出できない場合が多い [Richardson, 1999]。

(3) 比較的広範な領域で、期待される脳活動の “増加” とは逆の “低下” と考えられる信号変化が生じる [Raichle et al., 2001; Stark & Squire, 2001]。

また、ごく最近では、語学習熟度の低い被験者ほどブローカ野の fMRI の信号変化が大きく現れることが報告されている [Sakai et al., 2005]。

これらのことは、fMRI あるいは PET 単独では、脳活動ひいては脳機能を正しく評価することが困難であることを示唆している。

我々は上記の問題を NIRS Imaging と fMRI の同時計測システムを用いて検討し、次の 3つの脳の活動状態

- (1) MR 信号の増加がおこる脳の活性化状態 (BOLD-positive activation)
- (2) MR 信号の減少がおこる脳の活性化状態 (BOLD-negative activation)
- (3) MR 信号の変化が見られない脳の活性化状態 (BOLD-silent activation)

が存在することを見出した [Seiyama et al., 2004]。

本講演ではこの 3つの活性化状態がどのような血行動態の変化により生じるのか、また、NIRS Imaging と fMRI の同時計測により見いだされた脳賦活時の血流増加と血液量増加の乖離現象の生理学・医学的意義について紹介します [Seiyama et al., 2003]。さらに、時間に余裕があれば、現在私が考案を進めている研究、脳活動 (変化) のユニットエネルギーを求め、“脳活動計測” を “脳機能計測” へ発展させるための模索 (ニューロカロリメトリー/ニューロエナジェティクス) についても紹介させて頂きたいと思います。

NIRS イメージングにおけるクロストークと波長選択

慶應義塾大学理工学部電子工学科

奥井信博 岡田英史

1. はじめに

近赤外分光法 (NIRS) を用いた脳機能計測やイメージングでは、近赤外域の複数波長に対する検出光強度変化を測定して、脳機能賦活に伴う脳組織内の酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化を求めている。このとき、検出光強度変化の対数が酸素化・脱酸素化ヘモグロビン濃度変化とモル吸光係数の積に比例するという Modified Lambert-Beer Law に基づいた計算を行うのが一般的である。酸素化・脱酸素化ヘモグロビン濃度変化を正確に求めるためには、脳機能が賦活した部位を検出光が伝播した部分実効光路長が必要となる。しかし、部分実効光路長を実測することはできないため、光路長の波長依存性を無視した定数を用いる方法が多く用いられている。光路長の波長依存性を無視した場合、酸素化・脱酸素化ヘモグロビン濃度変化の測定値に誤差 (クロストーク) が生じるという問題が指摘されている¹⁾。本研究では、近赤外域の2波長を用いて酸素化・脱酸素化ヘモグロビン濃度変化を測定するシミュレーションを行い、波長の組合せと測定値のクロストークの関係を求め、NIRS イメージングによる脳機能計測を行うさいに用いる最適波長の組み合わせを、クロストークの観点から検討した。

2. シミュレーション

ヒトの頭部構造を、頭皮 (3 mm)、頭蓋骨 (7 mm, 12 mm)、脳脊髄液層 (2 mm)、灰白質 (4 mm)、白質 (20 mm) からなる平行平板で単純化したモデルを構築した。頭部モデル内の光伝播をモンテカルロシミュレーションによって解析し、灰白質の酸素化ヘモグロビン濃度または脱酸素化ヘモグロビン濃度の一方のみが10%増加したときに、間隔30 mmの入射・検出ファイバが捉える検出光強度変化を、650, 670, 690, 720, 750, 780, 830 nmの7波長について求めた。検出光強度変化から、Modified Beer-Lambert Lawを用いて酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化を算出した。このとき、使用する2波長の一方は830 nmとし、他方を650~780 nmに変化させた。計算に必要な光路長は、波長依存性を無視して全波長について1とした。クロストークの算出は、酸素化ヘモグロビンのみを変化させた場合については、測定された脱酸素化ヘモグロビン濃度変化を酸素化ヘモグロビンの濃度変化で正規化し、脱酸素化ヘモグロビンを変化させた場合についても同様の正規化を行った。

3. 結果

酸素化ヘモグロビン濃度のみを変化させたときに測定された脱酸素化ヘモグロビン濃度変化のクロストーク成分 ($C_{oxy \rightarrow deoxy}$: 実線)、および脱酸素化ヘモグロビン濃度のみを変化させたときに測定された酸素化ヘモグロビン濃度変化のクロストーク成分 ($C_{deoxy \rightarrow oxy}$: 破線) を Fig. 1 に示す。酸素化ヘモグロビン濃度変化が脱酸素化ヘモグロビン濃度変化に及ぼす影響は波長が短い方が小さくなり、頭蓋骨の厚さにはあまり依存していない。これに対して、脱酸素化ヘモグロビン濃度変化が酸素化ヘモグロビン濃度変化に及ぼす影響は、690~780 nmの光源を用いたときは頭蓋骨の厚さにほとんど依存せずに同程度であるのに対して、650, 670 nmの光源を用いた場合には、頭蓋骨厚に大きく影響を受けるという結果が得られた。これらの結果から、長波長側に830 nmの光源を用いた場合、短波長側に690~750 nmの光源を用いることで、クロストークの影響を低減できることが分かった。

さらに、直径10 mmの賦活領域を頭部モデル内に設定し、入射ファイバと検出ファイバを間隔30 mmで格子状に配置して取得したデータから作成したトポグラフィ画像におけるクロストークを求めた。クロストークの波長依存性は Fig. 1 と同様であったが、入射・検出ファイバの中心に賦活領域が存在するときのクロストークが最も小さく、賦活領域が中心から離れるとともにクロストークが増大する傾向がみられた。

4. まとめ

NIRS イメージングによる脳機能計測において、2波長から酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化を測定する場合、長波長側に830 nmの光源を用いるときには、短波長側の光源波長を690~750 nmとすることで測定のコストを低減することができる。

参考文献

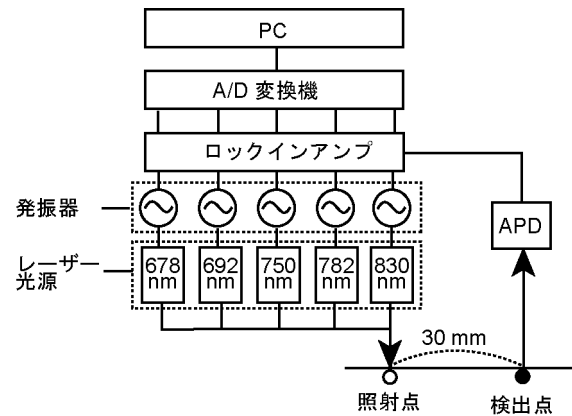
- 1) K. Uludag, M. Kohl *et al.*, J. Biomed. Opt. **7**, p. 51 (2002).
- 2) N. Okui and E. Okada, J. Biomed. Opt. **10** (2005). [in press]

光トポグラフィ計測に適した波長の実験的検討

(株) 日立製作所 基礎研究所 佐藤 大樹, 木口 雅史, 牧 敦

1. はじめに

光トポグラフィは、近赤外分光法(NIRS)を用いて、脳活動に伴う血液酸化状態の変化を無侵襲に画像計測する技術である[1]。この技術では、酸素化ヘモグロビン(Hb)と脱酸素化 Hb の吸光スペクトルの違いを利用し、各 Hb の吸光係数が異なる 2 波長を用いて両 Hb の濃度変化 (Hb 信号) を計測する。従来は、両 Hb の等吸収点である 805 nm 近傍を挟む 2 波長の組合せ(780/830 nm)が多く用いられてきたが、我々のグループでは、一方の波長(780 nm)を短波長化(650~750 nm)することにより、Hb 信号における雑音が低減することを理論的に示した[2]。また、他の研究グループも同様に、780/830 nm は最適な計測波長ではないことを示唆した[3]。しかし、これらの研究では、計測部位の影響など実用的な視点からの検討が不十分であった。本研究では、4 箇所の代表的な機能領域における脳活動を計測し、短波長領域の光が実用に即し有効であることを示した[4]。

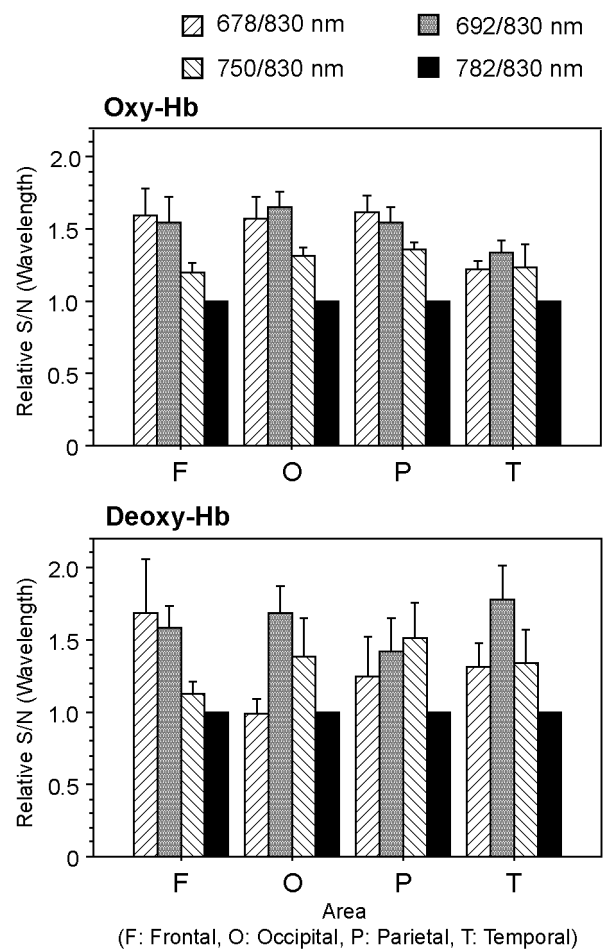
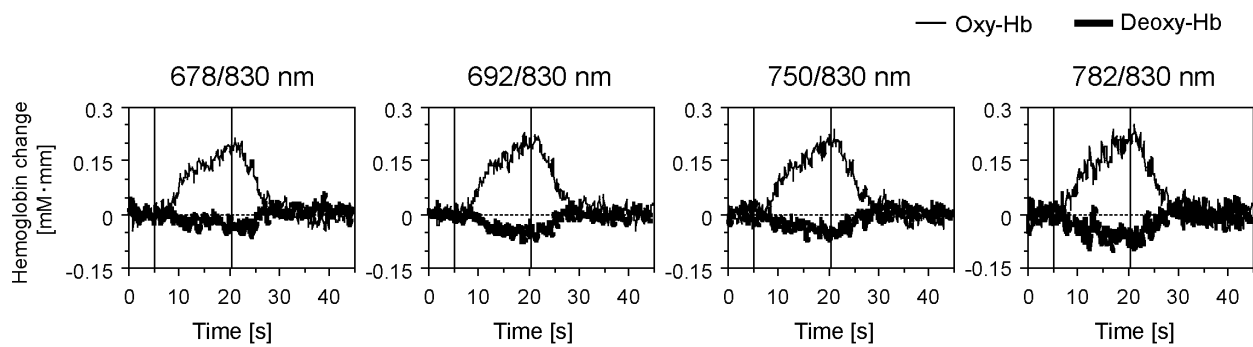


	前頭葉 (F)	側頭葉 (T)	後頭葉 (O)	頭頂葉 (P)
刺激	暗算課題	音声言語の理解	チェッカーボードの注視	運動(指タッピング)
レスト	安静 (固視点の注視)			

3. 結果

4つの波長組合せ(678/830, 692/830, 750/830, 782/830 nm)を用いて、各部位の皮質活動を計測した(例: Fig2)。各波長組合せで計測した Hb 濃度変化の波形は類似しており、同じ皮質部位の活動を計測している事が示唆された。低周波成分(0.8 Hz 以下)の平均相関係数は、Oxy-Hb が 0.95、Deoxy-Hb が 0.82 であった。782/830 nm の計測結果と比べると、678/830, 692/830, 750/830 nm における雑音は全て低減したが、雑音が最小となる波長組合せは部位間および個人間で若干異なった。これは、検出光強度の雑音(検出光雑音)を決定する透過率が、部位間及び被験者間で異なることに因る。

各波長組合せにおける Hb 信号の S/N を Fig3 に示した。光学特性が不均一である生体において最適波長を決定することは難しいが、全般的に 692/830 nm を用いた場合に S/N が最も高くなることが分かった。従来の 782/830 nm と比較すると、Oxy-Hb では約 1.3~1.6 倍、Deoxy-Hb では約 1.4~1.7 倍の S/N が得られた。



脳虚血例における運動野の賦活脳酸素代謝変化：fMRI と NIRS を用いた検討

日本大学脳神経外科

村田 佳宏、横瀬 憲明、四篠 克倫、星野 達哉、藤原 徳生、深谷 親、酒谷 薫、
片山 容一

[はじめに] 現在、脳機能イメージングの分野では BOLD functional MRI (以下 BOLD-fMRI) が幅広く使用されている。さらに脳腫瘍の術前脳機能マッピングや脳卒中後の regeneration の臨床研究にも応用されるようになった。しかし一方では、BOLD-fMRI は脳疾患例の活動部位を正確にイメージングしない可能性が指摘されている。本研究では、BOLD-fMRI と近赤外分光法 (以下 NIRS) を用いて、脳虚血症例の活動部位における局所脳血流および脳酸素代謝変化を検討した。[対象・方法] 対象は、内頸動脈閉塞 4 例、中大脳動脈閉塞 3 例の計 7 例であった。全例、検査時には運動麻痺を認めなかった。BOLD-fMRI により grasping 時の運動野のイメージングを行い、NIRS により運動野の酸素代謝変化を計測した。[結果および総括] 全例、健常側の運動野は BOLD-fMRI により明瞭にイメージングされ、賦活時に酸素化ヘモグロビン (Hb)、総 Hb の上昇、脱酸素化 Hb の低下を認めた。一方、虚血側の運動野は、BOLD-fMRI の賦活領域は正常側より有意に小さいものとなっていた。中でも脳血流低下がアセタゾラミド負荷で患側血流が steal される 2 症例では、その他の症例と比較し賦活領域はより小さいものとなっていた ($p < 0.01$)。賦活領域が縮小していた虚血側では、NIRS の測定において酸素化 Hb、総 Hb の上昇は認めたが、その上昇程度は健常側と比較し低値を示し、脱酸素化 Hb は低下しなかった。脳虚血症例での BOLD-fMRI による運動野のイメージングは正確性を欠き、脳血流低下の程度に伴いその賦活領域は過小評価されと考えられた。この原因として、NIRS の結果より、脳血流低下が重度であるほど神経活動時の脳血流増加が少なく、脱酸素化 Hb の低下が生じにくいと考えられた。

fNIRS を用いた摂食・嚥下運動時の脳機能解析

東京医科歯科大学医学部臨床教育研修センター・神経内科

山脇正永

（目的・背景）

我々はこれまでに嚥下障害からの機能回復を目指して、嚥下メカニズムにおける筋、末梢神経、脳幹の関与について研究を進めてきたが^{1) 2)}、今回は摂食・嚥下運動に関与する大脳機能について解析を行った。摂食・嚥下運動は脳幹を中心とする不随意運動のみでなく、大脳機能が関与する随意運動の要素も持つ複雑な動作である。現在までにその中枢神経機構については、簡単な嚥下運動について fMRI, MEG, PET 等をもちいた解析が報告されているが、一定の知見を得られていない。この原因としては摂食・嚥下運動は被検者の姿勢により大きく左右され³⁾、また顔面・頭部の運動アーチファクト等により被検運動が通常の摂食嚥下動作よりも制限されることが考えられる。今回の検討では日常の摂食嚥下運動と同様の体勢がとれる光トポグラフィー装置（NIRS：near-infrared spectroscopy）を用いて、種々の摂食・嚥下関連動作について脳血流 NIRS 信号の解析を行った。

（対象・方法）

右手利きの健常男性 16 名（年齢 20～42）を対象とした。NIRS 信号計測には日立メディコ EGT-4000 を用いた。プローブは帽子型の固定装置を用い、顔面から口腔咽頭に関連する運動感覚野について計測を行った。顎でのバンド固定は用いなかった。被検者は座位を保ち、頭位・姿勢は平素の摂食嚥下動作と同様にして行った。摂食・嚥下運動の各時間的マーカーは、ビデオ撮影システム用インターフェースによる同時記録を用いて決定した。タスクとしては咀嚼、口輪筋収縮、舌運動、連続唾液嚥下（随意嚥下運動）、液体持続嚥下（反射嚥下運動）について解析した。さらに随意嚥下、反射嚥下、咀嚼→嚥下については single-trial (event-related) task として加算解析も行った。

（結果）

各被検者にアンケート調査を行ったが、装置の装着による摂食・嚥下運動の制限、違和感は特になかった。咀嚼、口輪筋、舌、嚥下運動時の分析では、それぞれ NIRS 信号分布が異なるパターンを示した。反射嚥下運動時と随意嚥下運動時の比較では、後者において NIRS 信号が広範に大きく変動した。16 人中 6 人は随意嚥下運動時に右側優位に活動を認めたが、他は左右差は認めなかった。また、大きな咀嚼運動、随意嚥下運動においては運動アーチファクトが NIRS 信号に影響を及ぼした。

（考察）

光トポグラフィー装置による NIRS 測定は、自由な姿勢がとることができ、口腔顔面筋を含む動作を伴う摂食・嚥下運動の脳機能解析に有用であった。仰臥位での fMRI の報告と同様に、反射嚥下に比べ随意嚥下で脳活動が広く賦活される点、随意嚥下運動においては

右側が左側よりも NIRS 信号が賦活される傾向にある点が確認された⁴⁾。また咀嚼運動・随意嚥下運動においては運動アーチファクトにも注意し解析すべきと考えた。摂食・嚥下運動時の NIRS 信号を測定することにより、嚥下障害の機能評価、リハビリテーション評価に応用可能と考えた。

(文献)

- 1) Yamawaki M, Vasques A, Ben Younes A, et al. Sensitization of Lewis rats with sulfoglucuronosyl paragloboside: Electrophysiological and immunological studies of an animal model of peripheral neuropathy. *J Neurosci Res* 44:58-65, 1996.
- 2) Kanda T, Yamawaki M, Iwasaki T & Mizusawa H. Glycosphingolipid antibodies and blood-nerve barrier in autoimmune demyelinating neuropathy. *Neurology* 54:1459-1464, 2000.
- 3) 山脇正永. 脳血管障害後の誤嚥性肺炎予測因子の解析：嚥下アンケートと簡易検査法による検討. *内科専門医会誌* 17:81-86, 2005.
- 4) Mosier K, Bereznaya I. Parallel cortical networks for volitional control of swallowing in humans. *Exp Brain Res* 140:280-289, 2001.

聴覚タスクにおける NIRS 信号解析

木更津工業高等専門学校 情報工学科 栗本 育三郎・大枝 真一
長岡技術科学大学 電気電子情報工学専攻 松下 晋・中川 匡弘
東京大学 計数工学科 舘 暲

1. はじめに

タスクと NIRS 信号との関連を特定することは、極めて重要である。これは、不規則信号におけるタスク成分の抽出を意味する。現在 NIRS においては加算平均、移動平均などによりその処理が行われているが、特に時系列において信号成分の合成は注意が必要である。一般に、自己相関関数は、雑音に埋もれた信号成分を抽出することに有効である^[1,2]。今回、我々は、NIRS 信号とタスクとの関連性検証のための自己相関解析法を提案、聴覚タスク^[3]に対して解析を実施したので以下に報告する。

2. 聴覚タスク測定方法

【対象】 正常成人男子 45 歳 1 例、正常成人男子 22 から 25 歳 10 例 【NIRS 装置】 2 4 ch 光トポグラフィ (780nm, 830nm, 日立メディコ ETG-100:長岡技術科学大学所有) 【聴覚タスク】 講演と音楽をそれぞれ左耳、右耳に独立にイヤホンにて視聴できるようにし、タスク時間 15 秒レスト時間 30 秒、その組み合わせを 10 回ずつで講演、音楽それぞれの集中視聴を実施した。

3. NIRS 信号とタスクとの関連性検証のための自己相関解析法の提案

図 1 に聴覚野以外、図 2 に、代表的な聴覚野近傍チャンネルの NIRS 信号の 0xy Hb 時系列データを示す。この信号はタスクによる変動成分とノイズの影響による成分が含まれている。一般に、これらの信号は不規則信号^[2]と呼ばれている。これらの信号の自己相関を取ることで、信号成分の変動のみが抽出することが可能になる。図 3、4 にそれらの自己相関演算結果を示す。これら自己相関信号によりタスクの違いによる波形を観察することが出来た。図 3 では、タスク期間における変動成分が見られず、ホワイトノイズの様なノイズ成分のみが抽出されている。これらのことにより、それぞれのチャンネルの自己相関演算を行うことによって、NIRS におけるチャンネル信号とタスクとの関連性を検証する指標となることを示した。

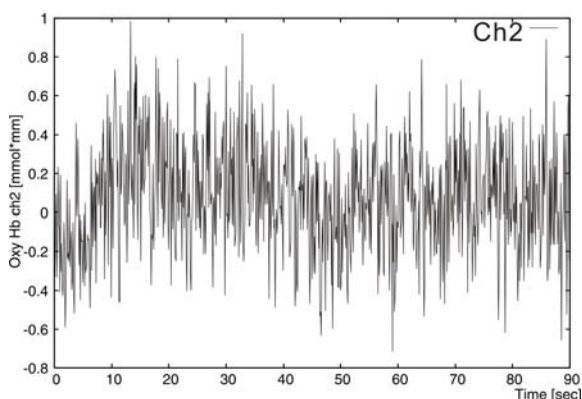


図 1 聴覚野以外の 0xy Hb

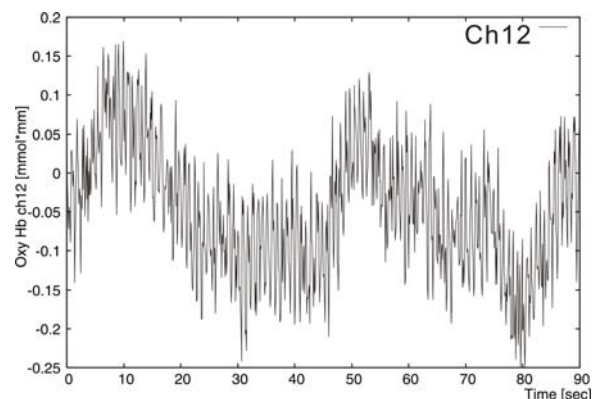


図 2 聴覚野での 0xy Hb

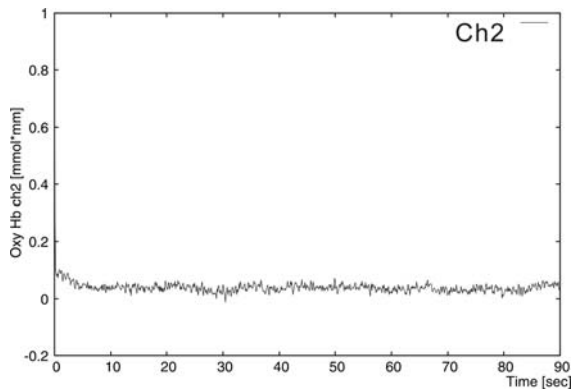


図3．聴覚野以外の Oxy Hb の自己相関

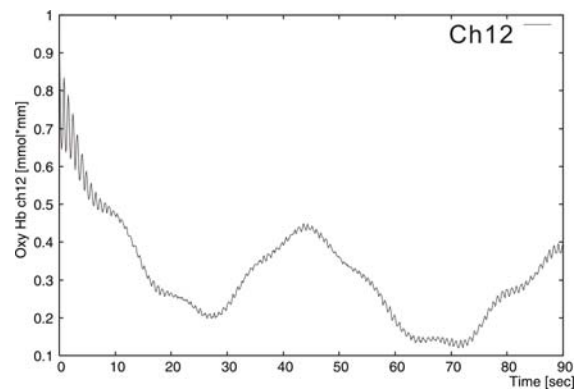


図4．聴覚野での Oxy Hb の自己相関

4. まとめ

今回我々は、NIRS 信号とタスクとの関連性を示す演算として自己相関を実施した。この処理は、変動成分の抽出、ノイズカットに有効である。従来タスク関連の無いところであっても、Oxy Hb 10 回加算移動平均が高くなることがあったが、NIRS 信号の自己相関を見ればタスク関連の有無を検証できた。今後の課題として、他のタスクでの時系列進行度の解析数理の提案等があげられる。

参考文献

- [1] 南 茂夫編者, 科学計測のための波形データ処理, CQ 出版, pp.113--121, 1986 年.
- [2] Y.W.Lee 著, 宮川洋, 今井秀樹訳, 不規則信号論(下), 東京大学出版, pp.326--366, 1974 年.
- [3] M.S.Gazzaniga, R.B.Ivry, G.R.Mangun, Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind, W W Norton & Co Inc, pp.248--250, 2002.

脳血量揺らぎの定量化と判別分析による完全Locked-in状態ALS患者の意思判定

東京女子大学数理学科 内藤正美
鹿児島大学理工学研究科 道岡洋子
(株)日立製作所 小澤邦昭、伊藤嘉敏、木口雅史、大坂浩
エクセル オブ メカトロニクス(株) 金澤恒雄

はじめに

筋萎縮性側索硬化症(ALS: Amyotrophic Lateral Sclerosis)は、運動神経系が次第に侵される進行性の難病であり、重度になると身体部位が全く動かなくなることがある。そのような患者は、通常のコミュニケーション手段では患者から意思を伝えることが出来ない。これに対し、近赤外光を用いて脳活動を計測することにより患者の意思を取得する研究が、基礎検討[1]および実機開発[2]の両面から進められて来た。試作装置[2]では、患者に問いかけたときの前頭葉の脳血量の変化を基に、問いかけに対するYes/Noの回答を判定する。初期の装置では脳血量変化の大きさを基に判定したが、判定の正答率が60%であり、実用上の観点からその向上が望まれていた。今回、脳血量の揺らぎに着目し、信号処理と統計分析により正答率を80%に向上したので報告する。

意思の判定方法

【計測方法】 波長850nmのLEDを用い、チャンネルは1チャンネルである。発光素子、受光素子を組み込んだ装着部を額に装着し、前頭葉の血量変化を計測する。計測は、3区間からなる。はじめ12秒の安静期間、次に12秒の回答期間、その後12秒の安静期間であり、患者は回答期間において、答えがYesならば脳を活性化し、Noならば安静を保つ。脳の活性化には、暗算をする、頭の中で歌をうたうなど、また、安静時にはゆっくりと数を数えるなどの方法を取る。

【解析方法と判定方法】 脳血量は、0.1Hz以下の周波数領域で自発的に揺らいでいる[3]。前頭葉で計測すると、脳を活性化した場合この揺らぎがマスクされ、血量が大きく変化すると共に揺らぎが減る。このことから、本研究では振幅と揺らぎ回数に着目して変動を定量化し、この2量を変量とする判別分析によりYes/Noを判定した。

判定は次のようにする。まずシステム訓練用のモデルデータとして患者にいくつかのYes/No回答を依頼し、変量に対するマハラノビス距離を用いて判別関数を作っておく。この関数により、意思判定用データのYes/Noを判定する。血量変動の定量化にはヒルベルト変換を用いる。モデルデータの変動波形がYes群、No群で最も異なる区間を自動最適化により設定し、その区間で信号をヒルベルト変換して瞬時振幅と瞬時位相を求めた。揺らぎ回数は、区間両端の位相差を 2π で割ることにより求まる。

結果と検討

【被験者とデータ】 被験者は、ボランティアのALS患者12名(完全Locked-in状態4名)である。モデルデータは、各被験者毎にYes/Noそれぞれ5個から9個とした。判定用のデータは、Yes/Noそれぞれ5個ずつである。

【結果と検討】 正答率の分布は、100%が3名、90%が1名、80%が4名、70%が1名、60%が3名で、平均80%であった。正答率が60%、70%と低い被験者においても、判定データとモデルデータを合わせてYes/No分離すると80%程度以上の分離度を得ている。このことは、これらの被験者でも本報告で用いた変量に対してデータがYes/Noを分ける構造を持つことを示しており、モデルデータ数を増やすことで正答率を上げられるものと考えられる。

おわりに

さらに実証実験を経て実用機の開発につなげると共に、判定時間の短縮にも取り組みたい。

参考文献

- [1] 灰田, 篠原, 伊藤, 山本, 小澤, 小泉, 川口, 第41回日本神経学会総会講演, 2000.
- [2] 小澤, 伊藤, 木口, 大坂, 安藤, 金澤, 内藤, 道岡, 第19回リハ工学カンファレンス, pp.109-110, 2004.
- [3] H. Obrig, M. Neufang, R. Wenzel, M. Kohl, J. Steinbrink, K. Einhaupl, and A. Villringer, NeuroImage, vol.12, pp.623-639, 2000.

運動イメージによる脳活動：光トポグラフィーと fMRI を用いた検討

日本大学医学部・脳神経外科

星野 達哉、藤原 徳生、村田 佳宏、横瀬憲明、酒谷 薫、片山 容一

背景：運動イメージにより脳が活動することは知られているが、脳のどの領域が活動しているのか、あるいはその時間変化など未だ不明な点が少なくない。われわれは光トポグラフィーと fMRI を用いて、運動タスクおよび運動イメージにおける運動野周辺の賦活脳酸素代謝を計測し、その経時的变化ならびに活動領域の解剖学的位置を検討した。

方法：正常成人 5 例と対象とした。まず光トポグラフィー（OMM2001、34 チャンネル、島津製作所社製）を用いて、左右の運動タスク（離握手）、及びその運動をイメージした時の運動野周辺の脳酸素代謝変化を計測した。次に、fMRI（BOLD 法）を用いて、それぞれのタスクによる脳の活動部位をイメージングした。

結果：運動タスクによる対側運動野の神経活動に伴い、タスク開始後数秒より同部の酸素化ヘモグロビン（Hb）の上昇と脱酸素化 Hb の低下が認められた。一方、運動イメージでも同様の酸素代謝変化が計測されたが、その領域は運動タスクによる活動領域よりもやや前方、内側寄りであった（図）。fMRI により得られた運動イメージ時の活動領域は、主に premotor cortex および supplementary motor area であった。

考察：運動イメージによる賦活脳酸素代謝は運動タスクと同様の変化を示す。しかしながら運動イメージによる活動領域は、主に運動の initiation に関与している領域と考えられた。

光トポグラフィーによる酸素化 Hb 変化の 2 次元マッピング（右運動野周辺）

左運動（grasp）タスク

左運動（grasp）イメージ

（内側）

（外側）

（内側）

（外側）

近赤外線スペクトロスコピーを用いた Wisconsin Card Sorting Test による脳賦活の検討

住谷さつき 田中恒彦 田吉伸哉 太田耕士 亀岡尚美 上野修一 大森哲郎

徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部 精神医学分野

【はじめに】 Wisconsin Card Sorting Test (WCST)は、代表的な前頭葉機能検査であり、前頭葉の重要な機能である遂行機能をよく反映するとされている。WCST は、概念ないしセットの転換、および反応の柔軟性などを主に評価するとされるが、この機能には前頭前野背外側面が関わっているという報告が多い。今回、われわれは、多チャンネル NIRS を用いて、WCST 試行中の前頭葉の脳血流の変化について観察を行なった。

【対象と方法】 対象は 32 人の健常ボランティアであり研究内容に関して十分説明し書面にて研究参加の同意を得た。被験者の平均年齢は男性 30.0 ± 9.3 歳、女性 32.0 ± 9.4 歳であった。全員に、パソコン画面を用いて WCST を施行し、その前後における oxyHb、deoxyHb、totalHb の変化を 24 チャンネル NIRS 装置 (Hitachi ETG-4000)を用いて観察した。その後、oxyHb の変化量の左右差を Laterality Index を用いて評価した。さらに、対象者のうち 18 人に対しては、一度装着したプローベの位置を動かさないまま 4~6 回連続で測定を行い、課題を繰り返して行うことによる脳血流の変化について検討した。

【結果】 32 人中 20 人は WCST 施行中、両側前頭葉に均等に脳血流変化が見られたが、5 人は左前頭葉、3 人は右前頭葉優位に変化が見られた。また、WCST における成績は正常であるにもかかわらず、4 人は試行中に脳血流の変化がほとんど見られなかった。また、同一被験者に WCST を繰り返し続けて行なうと、前頭葉機能検査としての成績は変わらないにもかかわらず、脳血流の変化が見られなくなる現象がみられた。

【考察】 今回、NIRSを用いることにより、WCST 施行中、6 割以上の健常者においては、前頭葉の oxyHb、や totalHb の上昇や deoxyHb の減少が左右両側の前頭葉において観察された。これまで、損傷脳研究や PET SPECT fMRI などの他の機能画像研究で報告されていた WCST に関わる脳部位が今回 NIRS によっても確認された。しかし、同一の課題を同一の成績で行っていても、左右どちらか一方の前頭葉で優位に血流変化が観察される例や、血流変化の見られない例も少数ではあるが存在し、血流の変化に個体差があることが示唆された。WCST により賦活される脳の部位に個人差があることから、WCST は複合した脳機能进行评估している可能性があることが推測された。また、連続で、測定を行っているうちに血流変化が見られなくなる例が多く観察され、課題を行ううちに慣れが生じることが考えられた。

メンタルストレスによる前頭葉活動と自律神経系との関係

○谷田正弘¹⁾，高野ルリ子²⁾，互惠子²⁾，酒谷薫³⁾

¹⁾資生堂ライフサイエンス研究センター，²⁾資生堂ビューティサイエンス研究所

³⁾日本大学医学部脳神経外科

本研究では、メンタルストレス下の前頭葉活動と自律神経機能との関わりについて、近赤外分光法を用いて検討した。

【実験方法】右利きの健常女性を対象に、NIRO-300〔株式会社浜松ホトニクス社製〕及び光トポグラフィー〔株式会社日立メディコ社製〕を用いて、メンタルストレスとして、連続減算課題を1分間負荷した条件での、前頭葉のNIRSパラメーターを計測し、同時に、被験者の右耳朶から導出した脈波から、心拍率を算出して比較した。対象とした被験者のうち12名については、STAI-II質問紙を用いて状態不安の変化を記録し、課題前後の心拍変動と不安情動の変化を比較した。

【実験結果】右利きの健常女性16名について、NIRO-300により暗算負荷時の左右前頭葉活動を比較した結果、左右とも、脱酸素化ヘモグロビン(Deoxy-Hb)は減少し、酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)及び総ヘモグロビン(Total-Hb)は上昇した。この時、Oxy-Hb上昇度を左右で比較すると、課題時に心拍数変化を認めなかった例では左前頭葉で高く、心拍数が著明に上昇した例では右側で高かった。また課題後30秒間の前頭葉右偏指数[$\text{右 Oxy-Hb} - \text{左 Oxy-Hb} / \text{右 Oxy-Hb} + \text{左 Oxy-Hb}$]と心拍数変化との間に有意な正相関を認めた($r=0.87$, $p<0.0001$)。また、Total-Hbについても同様の結果が得られた($r=0.85$, $p<0.0001$)。次に、別の右利きの健常女性12名について、同じ暗算負荷条件でNIRO-300の計測を行ない、Oxy-Hbの右偏指数が正值を示したものを右優位群、負値であったものを左優位群とし、両群で課題後30秒間の平均心拍率の上昇と状態不安スコアの変化を比較した。その結果、課題前後の心拍率は右優位群が左優位群よりも有意に上昇し($p<0.05$)、また状態不安の変化も、同様に右優位群が左優位群よりも有意に大きかった($p<0.01$)。さらに、光トポグラフィーの計測では、連続減算課題の遂行時には、左右の前頭前野が広範囲に賦活されることが示された。

【結果の考察】暗算負荷時の心拍上昇と前頭葉Oxy-Hb変化の右偏指数との間に有意な正相関が見られたことから、メンタルストレス負荷により交感神経系の興奮もしくは副交感神経系の抑制時には、暗算課題に対して前頭葉が右優位の活動を示したと考えられた、前頭葉は自律神経系とも密接に関係し、左右部位で機能的差異があることが示唆された。さらに、暗算時に右脳優位を示した群では、暗算前後の状態不安の変動が大きかったことから、不快な情動状態では右前頭葉の活動が優位になることが示唆された。

鏡映描写時における前頭前野の活動

東京電機大学理工学部 小林春美、安田哲也
東京電機大学21世紀 COE 推進室 鈴木聡

目的

近赤外光分光法による脳機能イメージング装置 (near-infrared spectroscopy, NIRS) は他の脳機能イメージング装置と比較していくつかの利点を持っている。NIRS は非侵襲で拘束性が低いため被験者の負担が少なく、また任意の場所に装置を移動して計測可能である。このため、ヒトが手による機器・機械の操作を繰り返し行ったときに起こる脳血流の変化を計測し、熟達する際の脳活動の特徴を調べるのに適している。

前頭前野背側部 (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) は、ヒトがワーキングメモリーを使って作業を行うにあたって重要な役割を果たしていることを示す証拠が存在している [1]。また、ワーキングメモリーの使用はヒトがスキルを熟達させると低下するという仮説が提案されている。

本研究では、鏡映描写時における DLPFC の活動を、ブロードマンの 9 野と 46 野において測定することにより、ヒトが操作能力を熟達させるときに DLPFC における脳活動に変化が見られるか調べることを目的とした。

方法

被験者は年齢レンジ 21 歳から 24 歳までの男子学生 7 名であった。全員が右利きであり、神経生理学的な症歴を持たず健康であった。国際 10-20 法により Fz の位置を被験者の頭皮上で特定し、この位置を利用して 3x5 モードのプローブを DLPFC の活動が測定できると予測した位置に装着した。大脳右半球ではチャンネル 14 と 19、大脳左半球ではチャンネル 18 と 22 とした。酸化、脱酸化ヘモグロビン濃度変化と総ヘモグロビン濃度変化を日立メディコ製 ETG-4000 (695nm, 830nm) を用いて計測した。

被験者は、操作の熟達の様子をより明確に明らかにするため、非利き手の左手を使って鏡映描写課題と四角描き課題の 2 課題を行った。鏡映描写課題は、2 本の星形の線の間をなぞりがきする課題であったが、被験者は手元にある星形を直接見ることができず星形の鏡映像を見ながら行った。四角描き課題は、2 本の四角の線の間をなぞりがき

する課題であり、被験者は自分の手元にある四角を直接見ながら行うことができた。

予備実験の結果から、星形図形ではなぞりがきの進行方向でターンが起きるときに被験者のエラー (2 本の線の間からの逸脱) が多く見られたため、ターンの数が少ない四角図形を対照課題として採用した。なお、星形図形と四角図形は 1 周の長さが同一となるように作成した。以上より、鏡映描写課題の方が四角描き課題よりも困難であり、より多くのワーキングメモリーを使用すると予測した。

40 秒のタスクと 80 秒のレストを 1 セットとし、これを 4 試行を行った。最初の試行は被験者にタスクに慣れてもらうための練習試行とし、分析には含めなかった。第 2 から第 4 試行の結果について、描くことができた図形の周回数 (1 周できた場合 1.0 とする) とはみ出しエラー (線に触れた場合も含む) の数を熟達に関する指標として得、この間の酸化ヘモグロビン変化を調べた。DLPFC の活動を大脳右半球ではチャンネル 14 と 19、大脳左半球ではチャンネル 18 と 22 で調べた。

結果と考察

課題を繰り返すと、描画の周回数は増加する一方、はみ出しエラー数は減少したので、被験者は確かに描画の熟達が進んだと判断された。鏡映描写課題の方が四角描き課題よりも酸化ヘモグロビン濃度が高い傾向があった。試行回数が増えるに従って酸化ヘモグロビン濃度は減少する傾向があった。この結果から、熟達が進むと酸化ヘモグロビン濃度が下がることが示唆された。ヒトは熟達にともない DLPFC における脳活動が低下すると考えられる。

参考文献

- [1] Yoko Hoshi, Ichiro Oda, Yukihiisa Wada, Yasunobu Ito, Yutaka Yamashita, Motoki Oda, Kazuyoshi Ohta, Yoshifumi Yamada, Mamoru Tamura, Visuospatial imagery is a fruitful strategy for the digit span backward task: a study with near-infrared optical tomography, Cognitive Brain Research 9(3) (2000) pp. 339-342

句構造に注目した言語実験による脳活動の計測

内堀 朝子*, 小島 崇**, 綱島 均*, 塩沢 友規***, 高田 宗樹*

*日本大学生産工学部, **日本大学大学院生産工学研究科, ***日本大学医学部

はじめに

脳における言語活動の一つである統語処理に関する脳活動は、これまでに機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用いた実験などによりブローカ野で観察されることが報告されている[1-3]。ここでは、統語処理に伴って必ず行われていると考えられる句構造解析に焦点を当て、それによって生じる脳活動を近赤外分光分析法(NIRS)によって計測することを試みた。

句とは文の中で単語が1つ以上集まって形成するグループ(構成素)であり、句構造とは句が集まって形成する階層構造を言う。文には常に句どうしの階層関係が存在し、例えば主語を成す句は述語を成す句よりも階層的に高い位置にある。句構造が重要に関与する言語現象の一つに「照応形」(例: 自分, 彼女自身)がある。照応形はそれ自身単独では指示対象を持たず、同一文中の十分に近くかつ階層構造的により高い位置に、指示対象を補うための先行詞を必ず持たなければならない。言語実験の刺激に照応形を用いることで、文の統語処理の中でも階層構造の解析処理について新たに確認することができると考えられる。

実験

8名の右利きの被験者を対象に、前頭葉および側頭葉にプローブを装着した(使用機器: OMM-3000, 島津製作所)。実験における課題条件は3つ設定した。刺激は全て日本語の句を3つ含み、実験条件1では照応形とその先行詞の階層関係が成立している文、実験条件2では両者の階層関係が成立していない文、実験条件3では条件1~2で用いられた句を3つランダムに並べて非文としたものを用いた。条件1~2における被験者の課題は文の容認性判断とし、条件3では提示された3つの句のうち同一のものが2つあるかどうかを判断させた。全ての条件でそれぞれの刺激は4秒ずつ画面に表示し、2秒の休息を前後に挟んだ。1つのブロックは6つの刺激と前後の休息を含む62秒間とし、実験全体では各条件4ブロックずつ全12ブロック744秒間とした。

結果

ブローカ野にあたる領域で、刺激提示中のOxy-Hb濃度の増加およびDeoxy-Hb濃度の減少が計測された。前頭前野にあたる領域では実験中にわたり全体的に活動が見られたが、ブローカ野と異なり、刺激提示中と休息中の周期的変化は認められなかった。

今回の実験では、NIRSを用いた計測によって、統語処理に関与するブローカ野の脳活動が、主に句構造解析に関する刺激によって引き起こされたことが確認できた。

参考文献

- [1] T. Inui, Y. Otsu, S. Tanaka, T. Okada, S. Nishizawa and J. Konishi, "A functional MRI analysis of comprehension processes of Japanese sentences", *NeuroReport*, (9), pp. 3325-3328, (1998).
- [2] Caplan, D., N. Alpert and G. Waters, "Effects of syntactic structure and propositional number on patterns of regional cerebral blood flow," *Journal of Cognitive Neuroscience*, (10)4, pp. 541-552, (1998).
- [3] 福光優一郎, 金情浩, 小泉政利, "目で見える「与格目的語かき混ぜ文」の脳内処理", 第128回大会日本言語学会予稿集, pp. 287-292, (2004).

I. 目的

生体を構成している器官の1つである顎口腔系は、咀嚼筋を始めとする頭頸部諸筋群、歯、顎関節および周辺組織ならびにこれらを支配している神経系などにより成り立っている。そのため顎口腔系の機能が円滑に営まれるためには、これらの構成要素の調和が重要である。この調和が崩れると、いわゆる顎頭蓋機能障害¹⁾を招くことがある。特に、下顎位の偏位は咀嚼筋のみではなく様々な神経筋系に影響し、ストレッサーとなることが知られている。一方、咬合の機能的障害が侵害刺激やストレスによって特異的に機能亢進する前頭皮質ドーパミンニューロン系を増加させることが知られている²⁾³⁾⁴⁾。そこで今回、近赤外分光分析法(NIRS)を用いて、計算時の脳神経機能、特に前頭部への下顎の偏位の影響を検討することとした。

II. 方法

被験者は、全身的に健康で口腔内、顎関節および頭頸部諸筋群などに自覚的、他覚的に異常が認められない20～40歳代の本学教職員男性5名(平均31.6歳)とした。計測にはNIRStation(島津製作所)を用い、計測部位は前頭部とした。下顎位保持装置(以下装置と略す)は、高山を参考に上下犬歯の咬頭が接触する位置まで水平的に偏位させ、シリコンバイトブロックを各被験者に製作し用いた。タスクは、装置を装着させた軽いクレンチング状態(以下、下顎偏位と略す)、被験者に装置を装着さない下顎安静位の状態での計算(計算)、ならびに下顎偏位状態での計算(下顎偏位・計算)の3条件とした。タスク15秒安静40秒を5回繰り返し、平均加算を行った。

III. 結果

下顎偏位により前頭部上部で左側優位にoxy Hbおよびtotal Hbの増加が認められた。計算では、oxy Hbおよびtotal Hbの増加が前頭部の広範囲に認められる傾向となった。さらに下顎偏位および計算単独での増加量と比べ、下顎偏位・計算では、増加量がより大きくなる傾向であった。

IV. まとめ

これまで咬合時の脳活動を捉える事は、口腔周囲筋の影響が大きく、困難であったが、NIRSにより運動時や筋活動時においても計測が可能となってきた。今回の実験では、下顎偏位がストレッサーとなり、前頭部に何らかの影響を与えた為、下顎偏位および下顎偏位・計算時に前頭部が賦活されたのではないかと考えられる。体動の伴う行為、特に運動中の脳内活性に関する研究は未だ発展の途にあり、顎口腔系においても解明されていない点が多い。今後、fMRIやMEGと並行して、検討を行う予定である。

V. 文献

- 1)高山和比古;顎口腔系の状態と全身状態との関連に関する研究—下顎偏位による負荷時間が直立姿勢に及ぼす影響—, 補綴誌 37:582-596,1993.
- 2)山本さつき,井上宏;咬合障害を与えたラットの前頭皮質ドーパミン放出に対するジアゼパムの影響;補綴誌 47:282-291,2003
- 3)吉川洋史;実験的咬合障害がラット前頭皮質ドーパミン放出に及ぼす影響;補綴誌 44:284-291,2000
- 4)吉田真美,横尾秀康,滝口克弘,津田彰,田中隆彦,田中正敏;前頭前野のストレス過程における役割に関する研究-脳内マイクロダイアリシス法による検討- 精神薬療基金研究年報:23:48-54,1992

「情動画像刺激による快・不快感情に対する前頭部脳血流変化」

Cerebral blood flow response in frontal region to pleasant and unpleasant emotion induced by affective picture

○郡俊志¹、星詳子¹、納谷昌之²

Shunji KOHRI¹, Yoko HOSHI¹, Masayuki NAYA²

¹ 東京都精神医学総合研究所 脳機能解析研究チーム、

² 富士写真フイルム株式会社 先進コア技術研究所

¹Integrated Neuroscience Research Team, Tokyo Institute of Psychiatry

²Advanced Core Technology Laboratories, Fuji Photo Film Co., Ltd.

1.はじめに

情動を担う大脳の領域について、複数の部位がネットワークとして働くことが想定されている。この中に前頭前野が含まれ PET や fMRI を用いた脳機能画像研究から、情動の評価や抑制などの役割が報告されている。これらの装置では、被験者は円筒形の狭い空間で頭部を固定され、日常的とは言えない環境が被験者の感情や脳活動に影響与えることも予想される。本研究は、快・不快感情について前頭前野の機能局在の解明を目指している。今回は近赤外分光法を用いて被験者の姿勢を厳しく制限することなく、より日常的な環境で計測を行い、前頭部の快、不快、中性感情における酸素化ヘモグロビン濃度変化について検討を行った。

2.方法

被験者に快・不快感情を引き起こす情動画像として IAPS(International Affective Picture System)を用い、274 枚について今回の計測とは別の 23 名の被験者に提示し、快・不快感情を、不快を 1、中性を 5、快を 9 とした 9 段階で評価した。その平均値が 1、5、9 に近く、評価の個人差が小さい 37 枚をそれぞれ快画像、不快画像、中性画像として選び、これらとよく似た構図の写真 14 枚を加え、計 51 枚を情動画像として用いた。被験者は、男性 8 名、女性 14 名の 22 名(21~47 才)。近赤外分光法の計測には多チャンネルの装置を用いた。計測領域は前額部のほぼ全体を覆い、最初の 12 名は 13 領域を計測し、残り 10 名は正中線を含まないように右側の領域を外側に 1cm ずらした 14 領域を計測した。被験者は静かで薄暗い部屋の中で椅子に座り、画像は被験者の前のパソコン用液晶ディスプレイにより提示された。刺激提示の順序は、最初の 30 秒間は十字の固視図形が提示され、次に同じ感情の画像が 2 枚、3 秒間ずつ連続して提示され、続いて十字の固視図形が 24 秒間提示された。この後、画像が提示されたときの感情について被験者から報告を受けた。これを 1 試行として、1 名の被験者で各感情につき 5、7 試行、合計 15、21 試行を行った。画像提示時刻を 0 秒として 6 秒までの酸素化ヘモグロビン濃度変化について、各被験者の各感情に

ついて時刻と試行を因子とした乱塊法により解析を行い、時刻の検定で危険率 1%未満となるものを選んだ。それらについて 0 秒の平均値を対照条件として両側検定の Dunnett の方法により、1~6 秒との平均値差を検定し危険率 1%未満となるものを有意な増加、減少とした。各感情について各計測領域の有意な増加、減少の数をまとめた。

3.結果

快感情では、最初の 12 名の 13 領域の計測では増加の数(領域毎の平均値 2.8、以下同じ)が減少の数(0.16)を全領域で上回り、残り 10 名の 14 領域の計測では右側の領域は同じ傾向(増加 2.6、減少 0.14)だったが、左側は増加と減少の数の差が小さかった(増加 1.1、減少 0.57)。不快感情では、最初の 12 名の計測では快感情に比べ増加の数(0.57)が減り、減少の数(0.69)が増え正中線を含む下部の領域で増加の数が 0、減少の数が最大の 3 となった。残り 10 名の計測では快感情に比べ右側はほぼ同じで(増加 2.6、減少 0.29)、左側の増加が増え(増加 2.1、減少 0.14)、右側下部内側の領域で減少の数が最大となった。中性感情の最初の 12 名の計測では、快・不快と比べ有意な増加・減少の数が少なく(増加 1.3、減少 0.31)、4 領域で増加減少が同数だった。残り 10 名の計測では右側は快感情と似ているが(増加 2.0、減少 0.14)、左側では 4 領域で有意な増加・減少の数が 0 だった(増加 0.43、減少 0.29)。

4.考察

最初の 12 名と残り 10 名についてほぼ同じ領域を計測し、有意な増加、減少の数で比べると、快感情は中性に対し増加が多く、不快感情は下部正中付近で減少が見られたのがわずかながら共通した。外側は快・不快に寄らず増加する傾向があり、領域が外側に移動した 10 名は増加が多く、不快は正中付近で減少傾向があり正中線を含まない 10 名は減少数が減ったことも予想される。今後は計測領域の配置を変えて快・不快感情に特徴的な血流変化分布を探索していきたい。