

教育講演1

近赤外光時間分解測定法をもちいた生体計測—特に新生児医療における応用

香川大学医学部附属病院 総合周産期母子医療センター 日下 隆

新生児医療において、早産児における酸素毒性を回避し脳酸素代謝量を考慮した酸素投与の指標作りや、低酸素性虚血性脳症など出生後進行性に中枢神経系障害を引き起こす病的新生児の脳循環・酸素代謝量の病態別の特徴を見出し、低体温療法などの治療指標を設定することは重要である。現在主に臨床現場で使用されている脳波は予後の予測に有用であるが、リアルタイムな脳循環等を考慮した治療指標には成り得ない。そこで近赤外光が新生児の脳循環、酸素化状態や脳機能の評価に利用され、その臨床応用に期待が持たれている。

近赤外光を利用した生体計測としては、1) continuous wave spectroscopy, 2) full spectral spectroscopy, 3) time-resolved spectroscopy (TRS), 4) phase-modulated spectroscopy, 5) spatially resolved spectroscopy が応用されている。TRS は近赤外領域のパルス光を照射して生体通過した光の時間光強度応答曲線を測定し、光路長の算出や光拡散方程式の解を用いた光拡散係数($\mu's$)と光吸収係数(μa)の算出が可能である。脳測定では $\mu's$ は脳組織構造やその変化を示し、神経細胞数や髄鞘化、浮腫等の程度を示すと考えられる。 μa は主に Hb と水によって規定されるため脳血液量、脳内 Hb 酸素飽和度、そして脳血流量や脳内酸素消費量の算出が可能である。

我々は TRS での生体計測に関して、動物モデルを使用した基礎的検討と臨床応用、計測に関する問題点の改善、さらには diffuse optical tomography の臨床応用の研究を行ってきた。それらの研究成果は、

- 1) 新生仔ブタを用いた低酸素負荷の検討では脳の $\mu's$ は変化しないが、 μa は酸素濃度にしたがって変化する。低酸素により脳血液量は増加し脳内 Hb 酸素飽和度は低下する。また貧血負荷の検討では、脳の $\mu's$ は変化しないが、脳血液量は増加し脳内 Hb 酸素飽和度は低下する。しかし Hb の定量値の算出には、Hb 以外の光吸収物質を考慮した解析が重要である。
- 2) 早期産児では、在胎週数が低いほど脳内 Hb 酸素飽和度が高く、脳血液量は在胎週数に伴って増加する。また $\mu's$ は在胎週数に伴って増加する。
- 3) 低酸素性虚血性脳症の予後不良時では、生後 48 時間以内に一過性の脳血液量と脳内 Hb 酸素飽和度増加を認め、その現象が遅発性エネルギー障害に関係がある。また $\mu's$ は経過に従って減少し、組織障害を反映している可能性がある。
- 4) 早産児では、低 CO₂血症の条件下では脳血液量が脳白質領域で局所的に減少し、白質障害を起こしうる可能性がある。

等である。今回は TRS による脳を中心とした応用測定と、乳房、筋肉での測定も紹介すると同時に、その問題点についても講演する予定である。

光トポグラフィデータの空間解析

農研機構・食品総合研究所 食認知科学ユニット 主任研究員

檀 一平太

dan@affrc.go.jp, <http://brain.job.affrc.go.jp/>

「脳機能マッピング」とは、脳の構造が機能分化しているという前提に基づいて、脳の構造と機能を結びつける学問である。しかし、光トポグラフィ/fNIRS 計測では、脳の構造情報は一切得られないまま機能情報のみを得る。したがって、光トポグラフィ単独では、トポグラフィックな脳活動データが得られても、それを脳の構造に対応化(レジストレーション)することができない。これは脳機能マッピング法としては致命的な欠陥であった。そこで、光トポグラフィデータを空間的に標準化し、光トポグラフィ単独でも、計測データを脳構造にレジストレーションする技術の開発に挑んだ。

光トポグラフィの計測は頭表上で行われる。一方、計測されるシグナルの信号源は脳の表面に存在する。したがって、光トポグラフィで計測される脳機能データを空間的に解析するためには、頭表と脳表を対応づけるという作業が必要となってくる。そこでまず、頭表上の位置を記述するために脳波研究で用いられる「国際 10-20 システム」と、fMRI 研究で脳の位置を記述するために用いられる「標準脳座標系」に着目し、これらの対応化を試みた。第一に、国際 10-20 システムの基準点における頭表-脳表対応基本データを取得し、これらの基準点位置を標準脳座標軸上で表現し、確率分布として表した。これらのデータを基に、参照脳データベースを構築した。これによって、頭表上の任意の点を国際 10-20 基準点を媒介として、標準脳座標系に標準化できる準備が整った。そこで、磁気式3D デジタイザー(三次元座標測定計)による 10-20 システム基準点及び光トポグラフィプローブ位置測定データを用いて、被験者の MRI 画像がない場合にも、上述の参照脳データベースを利用し、光トポグラフィ計測点を標準脳座標上に位置推定する、「確率的レジストレーション法」を開発した。

さらに、被験者の脳構造画像がなくても、データベースからランダムにリサンプリングした別の被験者の頭と脳を使って、光トポグラフィ計測における信号源の空間的な位置をコンピュータシミュレーションで推定する「バーチャルレジストレーション法」を開発した。光トポグラフィプローブの設置とそれに伴う変形さえもコンピュータ上でシミュレーションするので、3D デジタイザー計測の手間までも省略できる。その推定精度は概ね 10mm 以内であり、脳の主要な解剖学的単位である脳回の幅(約 10mm)を考慮すると実用上、十分なレベルである。これによって、被験者の脳構造画像を用いなくとも、光トポグラフィ単独で脳の計測位置を推定することが可能となり、光トポグラフィの脳機能イメージング法としての実用性が大幅に向上した。

このように、光トポグラフィの空間解析は進歩はしたが、なかなか使用するには敷居が高いようである。そこで、本「教育」講演では、原理説明は最小限に留め、光トポグラフィ研究で空間解析を実践するに当たって、どのような点に注意し、どのような解析を行うべきなのか、よくある疑問を例示し、その解決について、ベストゲッスも含めて積極的な提案をおこなうつもりである。なお、これらの提案に関する資料は、講演後、上記ウェブサイト公開する。

NIRS の特徴を生かした臨床応用と実用化

群馬大学大学院医学系研究科 神経精神医学 福田正人

■ NIRS の特徴と脳機能検査における意義

NIRS の特徴は、「自然な状態の被検者の、大脳皮質機能の賦活反応性を、非侵襲的に全体として、しかも時間経過に沿って、小型の装置で簡便に捉えることができる検査」とまとめることができる。fMRI に比べて、空間分解能が低い、脳深部構造の計測が困難という弱点があり、散乱光を用いる測定原理から解決は難しい。

NIRS 研究の発展のためには、他の脳機能画像にはない利点を生かすことが重要である。第一は**測定の対象**に関わる点で、非侵襲性を生かした新生児の測定や、同一被検者の反復測定による学習経過の検討などが行われている。第二は得られる**データの特徴**に関する点で、①高い時間分解能を生かした、脳賦活の時間経過の検討、②発声時や運動時にも検査ができることを生かした、出力を行いながらの脳機能測定、③測定時の姿勢の自由度を生かして、感情や意欲などを自然な状態での検査による、主観体験や自覚症状との関連の検討、などである。後者について実例を紹介する。

■ 心理現象と NIRS

【性格】指タッピング運動により、運動野では[oxy-Hb]増加と[deoxy-Hb]減少が持続し、体性感覚野では[oxy-Hb]の一過性増加を認めるが[deoxy-Hb]の変化は乏しく、前頭葉では[oxy-Hb]と[deoxy-Hb]が累積的に増加を示し、脳部位ごとに時間経過が異なる (*Neurosci Res* 58:297, 2007)。左タッピングによる[oxy-Hb]増加の初期反応は、Temperament and Character Inventory で評価した人格特徴の新奇性追求 novelty seeking と正の相関を、固執 persistence と負の相関を示した (*Neuropsychobiology* 52:45, 2005)。人格の生物学的な側面である気質は、脳の賦活反応性の時間経過の特徴と関連している。

【眠気と疲労】言語流暢性課題による前頭部の[oxy-Hb]増加は、Stanford Sleepiness Scale で評価した眠気の自覚と、前頭前野背外側において負の相関を (*Neurosci Res* 60:319, 2008)、Visual Analogue Scale で評価した自覚的

な疲労感と、前頭前野腹外側において負の相関を示した (*Brain Res* 1252:152, 2009)。眠気や疲労の自覚という主観的な側面を捉えることに NIRS は適している。

【意欲】言語流暢性課題において外的動機づけ（金銭報酬）と内的動機づけ（目標設定）により意欲喚起を試みると、外的動機づけの効果は NEO-PI-R で評価した性格特徴 agreeableness に応じて異なっていた（投稿中）。

■ 精神疾患と NIRS

【前頭葉機能】言語流暢性課題による前頭葉の賦活反応性の時間経過に疾患ごとの特徴があり、うつ病やパニック障害では減衰、双極性障害では遅延、統合失調症では非効率化、摂食障害では右前頭葉の賦活低下を認めた (*Biol Psychiatry* 55:501, 2004, *NeuroImage* 29:172, 2006, *Eating Weight Disord* 12:183, 2007, *Schizophr Res* 99:250, 2008, *Neurosci Res* 59:107, 2008)。統合失調症においては関連遺伝子の SNP の効果も認めることができた (*Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 33:491, 2009, *PLoS ONE* 4:e5495, 2009)。

【治療】うつ病の所見は、健常者の女性や壮年に類似したものであった (*NeuroImage* 22:1715, 2004)。うつ病の治療に有効とされる経頭蓋磁気刺激 TMS の効果を健常者で検討すると、右前頭前野への低頻度刺激により、左前頭前野における[oxy-Hb]は刺激中の減少と刺激後の増加を示し (*Neurosci Lett* 414:99, 2007)、その効果は刺激強度に依存していた (*Neurosci Res* 63:47, 2009)。

【実用化】2009年4月、NIRS は「光トポグラフィー検査を用いたうつ症状の鑑別診断補助」として、精神科として初めての先進医療の承認を受けた。

■ 参考文献

- [1] 『精神疾患と NIRS—光トポグラフィー検査による脳機能イメージング』（中山書店 2009）
- [2] 『精神疾患と脳画像』（中山書店 2008）

招待講演

乳児期における光脳機能イメージング

多賀巖太郎（東京大学大学院教育学研究科）

光トポグラフィ（多チャンネル近赤外分光法）の手法を用いて、大脳皮質の機能的活動の発達の様子が明らかになってきた。特に、乳児期初期における視覚、聴覚、言語、学習等に関連する脳活動を捉えることが可能になってきた。本講演では、近年のこうした一連の研究とともに、皮質の機能的ネットワーク構造の可視化等に関する最近の研究も紹介する。

参考文献

- G. Taga, Y. Konishi, A. Maki, T. Tachibana, M. Fujiwara and H. Koizumi: Spontaneous oscillation of oxy- and deoxy-hemoglobin changes with a phase difference throughout the occipital cortex of newborn infants observed using non-invasive optical topography, *Neuroscience Letter* 282, 101-104, 2000
- G. Taga, K. Asakawa, A. Maki, Y. Konishi, H. Koizumi: Brain Imaging in Awake Infants by Near Infrared Optical Topography, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 100-19, 10722-10727, 2003
- G. Taga, K. Asakawa, K. Hirasawa, Y. Konishi: Hemodynamic responses to visual stimulation in occipital and frontal cortex of newborn infants: a near infrared optical topography study, *Early Human Development* 75S, 203-210, 2003
- F. Homae, H. Watanabe, T. Nakano, K. Asakawa, G. Taga: The right hemisphere of sleeping infant perceives sentential prosody. *Neuroscience Research* 54, 276-280, 2006
- G. Taga, K. Asakawa: Selectivity and localization of cortical response to auditory and visual stimulation in awake infants aged 2 to 4 months. *NeuroImage* 36, 1246-1252, 2007
- F. Homae, H. Watanabe, T. Nakano, G. Taga: Prosodic processing in the developing brain. *Neuroscience Research* 59, 29-39, 2007
- G. Taga, F. Homae, H. Watanabe: Effects of source-detector distance of near infrared spectroscopy on the measurement of the cortical hemodynamic response in infants. *NeuroImage* 38, 452-460, 2007
- H. Watanabe, F. Homae, T. Nakano, G. Taga: Functional activation of diverse regions of the developing brain of the human infants. *NeuroImage* 43, 346-357, 2008
- T. Nakano, F. Homae, H. Watanabe, G. Taga: Anticipatory cortical activation proceeds auditory events in sleeping infants. *PLoS ONE* 3, e3912, 2008
- T. Nakano, H. Watanabe, F. Homae, G. Taga: Prefrontal cortical involvement in young infants' analysis of novelty. *Cerebral Cortex* 19, 455-463, 2009

P1-1 小児期のリハーサル過程の発達：事象関連近赤外線分光法による研究

實藤雅文、山口 結、木村直子、鳥巢浩幸、吉良龍太郎、石崎義人、原 寿郎

九州大学大学院成長発達医学分野

【はじめに】リハーサル過程は、ワーキングメモリーの下位機構である音韻ループの要素の一つであり、言語材料を記憶に保持するのに役立つ。このリハーサル過程の小児期における発達は、語長効果のような行動学的実験でのみ研究されてきた(Gathercole ら、1992)。これらの実験によると、聴覚呈示された材料のリハーサルは小児期早期にはすでにみられているのに対して、視覚呈示された材料のリハーサルは小児期中期に出現してくる。リハーサル過程の発達の神経基盤を明らかにするために、我々は事象関連近赤外線分光法(NIRS)を用いて、様々な年齢とワーキングメモリー能力を持った子どもを対象に、視覚呈示と聴覚呈示での短期記憶時の脳活動を比較し検討した。

【対象と方法】被験者は5～10歳の右利き小児19人を対象とした。被験者のワーキングメモリー能力は数唱の数で評価した。被験者には、3つの連続した事柄が視覚または聴覚的に呈示され、声を出さずに6秒間記憶した後に、口頭で答えるように指示された。多チャンネルNIRSを用いて、呈示された事柄を記録・保持する間の血流変化を測定した。チャンネルは両側の腹外側前頭前皮質(VLPFC：リハーサルの部位)と背外側前頭前皮質(DLPFC：能動的な記憶の保持に関わる部位)に装着した。NIRSデータはDPFの影響を減らすため、ある指標に変換して解析した(Sanefuji et al., 2007)。視覚呈示と聴覚呈示での、指標とヘモグロビン濃度変化の時間経過を評価し、さらに年齢や数唱の数との関係を検討した。

【結果】いずれの脳部位でも、視覚呈示と聴覚呈示の指標は有意差を認めなかった。左のVLPFCでは、聴覚呈示に比べ視覚呈示でより長い時間経過を示す傾向にあった。左のVLPFCでは、視覚呈示と聴覚呈示の指標の差は、数唱の数と有意な相関を認めたが、年齢とは相関を認めなかった。

【まとめ】事象関連NIRSを用いて、左のVLPFCでは視覚呈示と聴覚呈示の指標の差が、年齢よりもむしろ数唱の数と正の相関があることを示した。このことは、年齢に関わらず、視覚呈示の時にリハーサルを多く行なう子どもは、そうでない子どもよりも、ワーキングメモリーの能力が高いことをあらわしていた。また、聴覚呈示よりも視覚呈示で長い時間経過を示す傾向は、音韻ループ活動の開始が視覚呈示ではより遅いという事象関連電位の所見と一致しているかもしれない(Ruchkin ら、1997)。

P1-2 就学前児における認知的制御の神経基盤： 課題通過時と不通過時の脳活動の差異の検討

¹森口佑介 ²開一夫

(¹上越教育大学 大学院学校教育研究科 ²東京大学 大学院情報学環)

key words: 認知的制御, 実行機能, 前頭前野, 近赤外分光法, 就学前児

Introduction

Cognitive control is the ability to adapt to changes in the environment. Extensive research has revealed that the prefrontal cortex plays an important role in cognitive control. In the previous study, we used near infrared spectroscopy and examined whether inferior prefrontal activation is associated with successful cognitive control in young children (Moriguchi & Hiraki, 2009). We compared the brain activation of the children who performed the cognitive control tasks successfully with the children who committed the perseverative errors in the tasks. We found the significant differences of inferior prefrontal activation between the groups. However, children who perseverated did not always commit perseverative behaviors. In some sessions, they performed the tasks correctly. In the present study, we examined whether the brain activation in the sessions where children performed correctly was different from the activation in the sessions where children committed perseverative behaviors.

Method

Participants

Six 3-year-olds.

Behavioral Task

Participants were given four sessions of the Dimensional Change Card Sort (DCCS) tasks (Figure 1). One session consisted of a control phase (control 1), a preswitch phase, a second control phase (control 2), and a postswitch phase. During the control phase, children were provided with blank cards and asked to place these cards into an extra tray. During the preswitch and postswitch phases, children were given detailed instructions regarding the rules (e.g., “This is a shape game. All of the stars go here, and all of the cups go there.”) and asked to sort the cards. In the preswitch phases, children were asked to sort the cards according to one rule (e.g., shape) whereas in the postswitch phases, children were instructed to sort according to the second rule (color).

NIRS Recordings

A multichannel NIRS unit operating at wavelengths of 780, 805, and 830 nm (OMM-1080S; Shimadzu) was used to measure temporal changes in the concentrations of oxy-Hb. One NIRS probe included 8 optodes that comprised 10 channels. Each probe was placed on the inferior prefrontal areas of each hemisphere. The Region Of Interest was located near F7/8 of the International 10/20 system, which corresponds to BA 45/47.

NIRS Analyses

The average changes in oxy-Hb during the preswitch and postswitch phases were calculated for all channels and each subject. The significance of the differences between the changes in oxy-Hb for the baseline (the last 5 s of the control phase) and task (preswitch or postswitch) was determined by a two-tailed Student's

t test for each channel. Moreover, we classified the sessions in the task into the pass sessions and the perseverate sessions depending on whether children kept using the preswitch rule in the postswitch phases. We compared the brain activations between the pass sessions and perseverate sessions.

Result

Children showed the significant bilateral inferior prefrontal activation during preswitch phases in the pass sessions over the perseverate sessions ($P < 0.002$). On the other hand, during the postswitch phases, children exhibited significant oxy-Hb increases in the right inferior prefrontal area in the pass sessions over the perseverate sessions, but we found the opposite pattern of the brain activation in the left inferior prefrontal regions ($P < 0.002$).

Discussion

The present results were consistent with the previous results that right inferior prefrontal activation determined whether young children displayed perseveration. Children showed the significant right inferior prefrontal activation during the preswitch and postswitch phases in the pass sessions over the perseverate sessions. Given this differentiation, we propose that sustained right inferior prefrontal activation across the preswitch and postswitch phases may be responsible for the development of cognitive shifting during the DCCS task.

Reference

Moriguchi, Y. & Hiraki, K. (2009). Neural origin of cognitive shifting in young children. *PNAS*, *106*, 6017- 6021.

(Yusuke Moriguchi, Kazuo Hiraki)

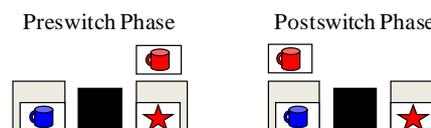


Figure 1. DCCS task

P1-3 光脳機能イメージングの数学教育研究への応用

黒田 恭史（佛教大学教育学部）

1. はじめに

1990年代以降、脳科学（神経科学）は教育学を近接研究領域と捉え、積極的に脳科学研究を教育学研究へ応用する方途を模索してきた。この背景には、脳活動計測装置の飛躍的な開発が第一の要因として挙げられるが、同時に教育学研究側にも、多様化する子どもの実情と、社会からの要請に対して、既存の研究方法を超越する新たな研究方法の開拓が希求されていたことが指摘できる。本稿では、脳科学と教育学研究の望ましい学際的研究のあり方について、教育学研究の立場から言及する。

2. 教育神経科学と神経神話

世界的学力調査（PISA）を主催する OECD（経済協力開発機構）内の CERI（教育研究革新センター）が、「学習科学と脳研究」のテーマの下、大規模研究を開始したのは1999年のことであった。国内では、文部科学省が「脳科学と教育」研究を2001年よりスタートした。現在では、教育神経科学（Educational Neuroscience）として脳科学と教育学に関する研究が世界各国で推進されているが、その一方で神経神話（Neuromyth）も教育界に大きな影を落とすことになっている。そこで、よりより協力関係を築くための、具体的な方策が求められている。

3. 脳科学と教育学の接点

多くの研究者が、脳科学と教育学を繋ぐ媒体として、認知心理学を取り上げている。認知心理学と脳科学の共有関係を構築することで、脳科学と教育学の融合を図ることができると期待している。しかし、教育学の立場から見れば、教育学と認知心理学の共有関係の構築も重要な視点である。すなわち、教育学も認知心理学もヒトの学習を主たる研究対象とするが、教育学は「学習の治療」を最終目的とし、認知心理学は「学習の診断」を最終目的としているという違いが存在するからである。

例えば、算数・数学課題を対象とした研究で言えば、教育学では、課題の中で取り上げられた算数・数学の内容が、社会的要請を踏まえた中で各年齢段階の教育内容として妥当なものであり、どの程度教育可能であるのかということが関心事となり、認知心理学では、学習者が数学を学ぶ過程や、年齢段階による理解特性の解明、すなわちヒトの理解過程の究明が関心事となる。

4. 神経教育学の構築を目指して

今後、学際的研究をより充実させていくとするならば、各研究領域間の差異を注意深く検討しながら、教育学と脳科学を循環する視点を持った、共同研究が実施されなくてはならないであろう。とりわけ、教育学を踏まえた神経科学としての「教育神経科学」から、神経科学を踏まえた教育学としての「神経教育学（Neuro-Educationics）」の発想が重要となる。この視点が日本に根付き、世界的に先行する NIRS 装置の開発・活用がそれに連動するならば、教育学研究は新しいステージに立つことが期待できる。

P1-4 算数課題を用いた光脳機能イメージング実験

岡本 尚子, 前迫 孝憲
(大阪大学大学院 人間科学研究科)

1. はじめに

近赤外分光法による光計測装置 (NIRS) は, 成人のみならず, 子どもを対象に, 通常の学習場面と同様の姿勢における脳活動計測が可能である。このことから, 教育学研究における活用可能性が高い装置であるといえる。これまでは, 被験者が個別の状態, 他からの情報が遮断された環境における実験が多く実施されてきたが, 今後, 教育への具体的な応用を考える上では, 学習時に他からの関与が伴う教室空間に近い場面を設定した実験が重要となる。

本研究では, 教室空間に近い実験環境設定に向けて, 課題遂行時に情報 (ヒント) が定期的に提示される算数課題を設定し, 小学生を対象とした NIRS による脳活動計測を通して, 学習時の脳活動の特徴を明らかにすることを目的とする。

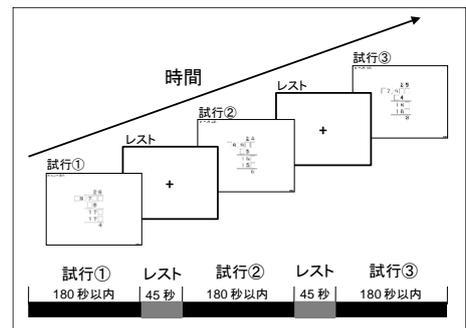
2. 方法

[対象] 小学校第6学年児童8名 (男子4名・女子4名; 11歳1名・12歳7名; 全員右利き)。事前に, 実験遂行における安全性と実験結果の扱いに関して説明を行い, 実験の遂行とその結果の公開について被験者とその保護者から文書で同意を得た。

[方法] 実験課題は, 算数課題として, 筆算過程の□部分を解答する虫食い算を用いた。解答は筆記によるものとした。実験手順は右図のとおりである。

試行①, 試行③には, 解答の一部を見せるヒントを提示した。

脳活動計測には, NIRO-200 (浜松ホトニクス社製) を用い, oxyHb と deoxyHb を算出した。計測部位は, 前頭前野の2カ所 (左右1カ所ずつ) とした。



3. 結果と考察

行動観察, 事後の感想の結果をもとに, ヒント活用による方略獲得の可否によって被験者を分類し, ヘモグロビン濃度変化について検討を行った。その結果, 方略を獲得できなかった場合は, oxyHb の増加が続き, ヒントを有効に活用して方略を獲得できた場合は, oxyHb の増加が抑制された。oxyHb は, 試行錯誤の段階では増加し, 方略を獲得して独力での解決に至ることで増加が抑制されたと考えられる。なお, deoxyHb については, oxyHb の大幅な増加があった場合に減少が見られたが, これは oxyHb の増加による相対的な減少であると予想される。

これらのことより, 学習者の理解過程を考える上では, ヘモグロビン濃度の増加から減少といった時間経過における変化の様相を検討することが重要であるといえる。脳活動の活性化状態を, いかにして抑制するのが, 理解を促すことに関連するのではないかと考えられる。

また, 実際の教育活用の観点から検討してみると, NIRS によるデータは, 各学習者の理解状況の把握や, 指導内容・教具が効果的であるかを検証する際の指標として活用できる可能性がある。

P1-5 多チャンネル NIRS を用いた抑制課題遂行中の前頭葉機能測定

西村幸香^{1,2}、滝沢龍²、川久保友紀²、丸茂浩平²、木納賢²、笠井清登²

¹(財)精神・神経科学振興財団、²東京大学医学部精神医学教室

【背景と目的】

抑制機能とは、ある状況での優勢な思考や行動を抑制することであり、前頭葉を含む広範な領域が関与するとされている。本研究では、統合失調症の抑制機能における前頭葉の関与について検討するため、抑制機能課題である Go/NoGo 課題遂行中の前頭葉機能について、前頭部をカバーする多チャンネル NIRS を用いて検討した。

【対象と方法】

DSM-IV 診断基準を満たす統合失調症患者 14 名と、性別・年齢・JART-25 による推定 IQ をマッチさせた健常成人 40 名に対して、Go/NoGo 課題遂行中の前頭葉機能について、52ch の NIRS 装置 (HITACHI ETG-4000) を用いて、酸素化ヘモグロビン濃度長 ([oxy-Hb]) 変化と脱酸素化ヘモグロビン濃度長 ([deoxy-Hb]) 変化の測定を行った。実際の NIRS 測定では、30 秒間の pre-task 区間で Go 条件を行い、次に 60 秒間の Go/NoGo 条件、最後に 70 秒間の post-task 区間において再び Go 条件を行うブロックデザインで行った。

解析では、pre-task と post-task の終了時 (10 秒間) を用いて補正処理を行った後、各チャンネル別に pre-task 区間の Go 条件 (10 秒間)、及び Go/NoGo 条件 (60 秒間) 遂行中の [oxy-Hb] 変化量の平均値を算出し、疾患別に Go 条件と比較した Go/NoGo 条件の前頭葉賦活について検討した。また、統合失調症群については、その症状評価尺度である PANSS (Positive and Negative Symptom Scale) を用いて評価した重症度との相関を検討した。なお、本研究は東京大学医学部倫理委員会に承認されており、研究協力者には事前に趣旨を説明し、書面で同意を得た上で実施した。

【結果と考察】

Go/NoGo 条件の正答率は、健常対照群では $98.9 \pm 2.1\%$ 、統合失調症群では $99.1 \pm 1.8\%$ であった。健常対照群における Go/NoGo 条件遂行中の [oxy-Hb] 変化量は Go 条件と比較して、主に背外側前頭前野において有意な減少を示し、[deoxy-Hb] 変化量は、同領域で有意な増加を示した。一方、これらの変化は、統合失調症群では確認できなかった。また、統合失調症群における重症度との相関の検討では、Go/NoGo 条件遂行中の [oxy-Hb] 変化量と Excitement 因子得点 (van der Gaag et al (2006) による PANSS スコアの 5 因子モデル) について、有意な正の相関を示した。これらの結果は、シンプルな抑制課題における前頭葉の deactivation を示している。さらに、統合失調症患者においては、Excitement 因子 (下位項目: 興奮、敵意、非協調性、衝動性の調節障害) と抑制機能の関連が示唆された。

書式変更: フォント: (英) MS P明朝, (日) MS P明朝, 太字, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) MS P明朝, (日) MS P明朝, 太字, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) MS P明朝, (日) MS P明朝, 太字, フォントの色: 黒

書式変更: フォント: (英) MS P明朝, (日) MS P明朝, 太字, フォントの色: 黒

P1-6 パニック障害における Sigma1 受容体遺伝子多型と NIRS による脳機能測定との関連性について

谷井久志¹⁾、細川琴美¹⁾、小西喜昭¹⁾、井上顕²⁾、西村幸香¹⁾、貝谷久宣³⁾、岡崎祐士⁴⁾

1) 三重大学大学院医学系研究科精神神経科学分野、2) 藤田保健衛生大学医学部公衆衛生学教室、3) 医療法人和楽会 パニック障害研究センター、4) 東京都立松沢病院

【目的】パニック障害(パニック障害)は動悸、発汗、胸部不快感、めまい感など複数の身体的な症状を伴いつつ予期しない不安発作が繰り返されることを特徴とする。パニック障害患者では前頭葉機能低下が示唆され、それは発作に対する“破滅的な”解釈や回避に関連すると考えられている。Sigma1 受容体については認知機能との関連が示されている他にパニック障害の代表的な治療薬であるフルボキサミンが Sigma1 受容体への特徴的な薬理作用を持つとされており、パニック障害を対象とする Sigma1 受容体多型と認知機能や知的機能についての検討の必要性が認められる。そこで、本研究ではパニック障害患者における語流暢課題遂行中の前頭葉機能と Sigma1 受容体 A61C (Gln2Pro)多型との関連を検討した。

【方法】精神疾患簡易構造化面接(MINI)による DSM-IV 診断を満たすパニック障害患者に関して文書での説明による同意を得て、遺伝子検査用の採血を実施した。パニック障害患者群71人(男性20人、女性51人)について Sigma1 受容体 A61C (Gln2Pro)多型と光トポグラフィー(近赤外分光法:NIRS)による語流暢課題中の賦活の差異を検討した。知的機能検査として JART (Japanese Adult Reading Test) および WAIS-R 短縮版(知識、絵画完成、数唱の3項目)を施行した。

【結果】語流暢課題を施行した結果、Sigma1 受容体多型に関して Sigma1 Gln/Gln 型について Pro carriers と比較して男女とも有意に高い賦活が認められた。この傾向は男性において特に顕著であった。また知的機能に関して Gln/Gln 型が Pro carriers に比して特に男性において高値を示す傾向が認められた。この傾向は WAIS-R 短縮版(知識、絵画完成、数唱の3項目)において顕著であり、JART においては総じて同様の傾向はあったものの有意差を示すまでには至らなかった。

【考察】パニック障害において PET や SPECT での先行研究で前頭葉機能低下や脳血流の低下が示されており、NIRS での検討でも未治療のパニック障害患者において健常対照群と比して左下前頭葉で oxyHb 変化量の減衰が認められているが、本検討では Sigma1 受容体多型間で oxyHb 変化量に差異が認められた。統合失調症患者においては Sigma1 受容体 A61C (Gln2Pro)多型 Gln/Gln 型が Pro キャリア型に比較して語流暢課題中の賦活が高いとする先行研究があるが(Takizawa R et al. 2009)、パニック障害においても同様に Pro キャリア型が Gln/Gln 型に比較して有意に語流暢課題中の賦活の低下を示した。これらの結果は統合失調症とパニック障害との類似性を示す所見である。また知的機能の検討においては JART では多型間の差異は顕著ではなかったものの WAIS-R 短縮版では有意な差異が認められ、WAIS-R 短縮版が語流暢課題中の賦活との関連をより鋭敏に反映する検査である可能性を示唆するものであり、遺伝子多型との関連について中間表現型としての NIRS 計測の有用性を示す所見と考えられる。

【文献】

Takizawa R, Hashimoto K, Tochigi M, Kawakubo Y, Marumo K, Sasaki T, Fukuda M, Kasai K. Association between sigma-1 receptor gene polymorphism and prefrontal hemodynamic response induced by cognitive activation in schizophrenia. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 33:491-498, 2009

P2-1 NIRS を用いた高次脳機能計測とその評価

柳沢一機, 原久純(日本大学大学院), 綱島均(日本大学)

【はじめに】 NIRS の信号は, 呼吸による影響・血圧変動・測定装置のノイズなどの脳活動に無関係な信号が含まれている. また, NIRS は原理上の問題点から, 測定値が相対値であり, 被験者間で測定値の比較や統計的な処理を行うことができないという問題点がある.

本研究では, NIRS 信号を離散ウェーブレット変換による多重解像度解析を行い, 標準得点化する解析方法を提案する. 提案する解析方法の有効性を示すために, 暗算課題時の脳活動を NIRS と fMRI により同時計測し, その結果を比較する.

【実験方法】 被験者には, 以下に示す3種類の難易度の異なる暗算を出題した.

難易度低: 桁上がりのない1桁の足し算

例) $2+7=$

難易度中: 三つの数字の足し算

例) $3+5+8=$

難易度高: 小数の引き算と割り算

例) $234 \div (0.61 - 0.35) =$

問題はモニタに表示し, 解答は声に出さないように教示した. どの難易度も3回ずつ出題し, 出題する順番はランダムとした. 測定部位は前頭葉, 被験者は20~40代の男女9名とした.

【実験結果】 実験のブロックデザインは, 暗算-レストが64秒周期で繰り返されているので, 暗算による脳活動も64秒周期で繰り返されていることが考えられる. そこで, 信号を10段階に分解し, 64秒周期の変動が含まれる成分を中心に信号を再構成した. この解析方法によって, 測定装置のノイズやトレンドを取り除いた. さらに, 再構成後の信号の各チャンネルの oxyHb, deoxyHb の平均が0, 標準偏差が1になるように標準得点化した. この方法によって, 被験者ごとの結果を加算し, 平均を求めることで課題時の一般的な脳活動を評価することが可能となる.

提案した解析を行った NIRS 信号より作成した脳機能画像と集団解析した fMRI の結果を図1に示す. どちらの結果も難易度が高い課題ほど, 前頭葉外側部にて oxyHb が上昇しており, 活動していることがわかる.

【まとめ】 提案した解析方法の有効性を示すために, 暗算課題時の脳活動を NIRS と fMRI にて同時計測し, その結果を比較した. その結果, 提案した解析を行った NIRS の結果と fMRI の結果が一致し, 有効な解析方法であることを示した.

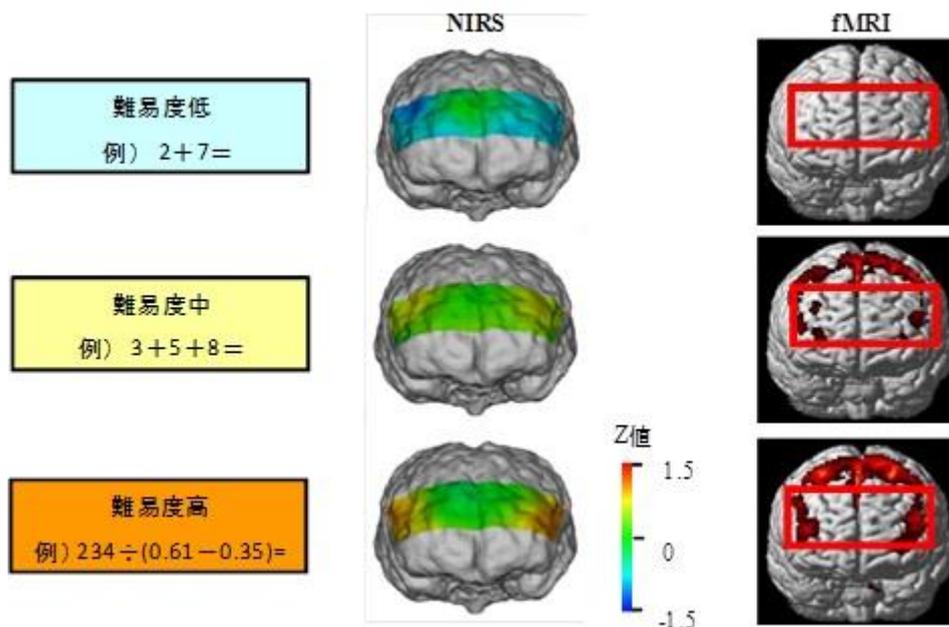


図1 解析後の NIRS 信号と集団解析した fMRI による脳機能画像 (被験者 9 名分)

参考文献 1) 柳沢一機, 綱島均, 丸茂喜高, 広瀬悟, 清水俊行, 泰羅雅登, 土師知己, 機能的近赤外分光装置 (fNIRS) を用いた高次脳機能計測とその評価, ヒューマンインターフェース学会誌, Vol.11, No.2, pp.183-191, 2009

P2-2 系列動作課題遂行時における脳機能の検討

小林諭史¹⁾⁴⁾⁵⁾，松井三枝²⁾⁴⁾⁵⁾，浦川将³⁾⁴⁾⁵⁾，高本孝一³⁾⁴⁾⁵⁾，西条寿夫³⁾⁴⁾⁵⁾

1) 富山大学大学院医学薬学教育部，2) 同医学薬学研究部心理学教室，3) 同システム情動科学講座，4) 科学技術振興機構，5) JSPS アジア研究教育拠点

系列動作課題である **Fist edge palm task(FEP)**は，随意運動の障害を判定する検査として神経学的徴候検査にも取り入れられており，臨床現場においてもしばしば用いられている。統合失調症をはじめとする神経精神疾患の患者では，この課題の施行が拙劣なことがあり，前頭前野機能障害と密接に関連していると考えられてきた。これまで **FEP** 試行時の脳賦活領域について，**fMRI** などの脳機能イメージングを用いて検討がなされてきた(Umetsu et al., 2002; Rao et al., 2008)。しかし，これらの研究では臥床体勢で課題を行うため臨床場面での施行とは条件が異なる。また **FEP** 施行時の動作の速さを規定していないため，被験者の運動が等質に統制されていない。本研究ではより臨床で行われる方略に準拠し，**FEP** 施行の速さや姿勢などを統制し，**FEP** 施行中の脳活動について検討した。

健康な右利きの被験者 11 名に，座位で課題を施行できる近赤外分光法(Near infrared spectroscopy:NIRS)を用いて，体勢などによる影響を排除し，メトロノーム音によって動作の速さを 3 動作/秒に規定した **FEP** を施行した。各被験者には課題の内容をビデオでモデリングし，同じ動作をするように教示した。コントロールタスクは単純動作(Palm tapping:PT)を用い，両課題試行時の前頭前野領域における脳活動を比較検討した。さらに被験者間において，課題試行の正確性などといった行動指標と **Oxy-Hb** の変化との関連を検討した。その結果，**FEP** は単純動作と比較して前頭前野領域において特異的な反応を示した。このことから，**FEP** 施行には前頭前野の活動が関連していることが示唆された。

P2-3 あとだしじゃんけん課題遂行時の難易度変化に伴う背外側前頭前野脳血液量の推移

○松本健二¹⁾、菊地千一郎¹⁾、伊沢彩乃²⁾、三分一史和³⁾、石黒真木夫⁴⁾、久保田文雄⁵⁾、渡辺英寿²⁾、加藤敏¹⁾

1) 自治医科大学精神医学教室、2) 自治医科大学脳神経外科学教室、3) 千葉大学工学部メディカルシステム工学科、4) 統計数理研究所、5) 赤城病院

【目的】われわれのNIRSを用いた先行研究では、「あとだし負けじゃんけん」と「あとだし(勝ち)じゃんけん」課題を遂行中の前頭前野脳血液変化量を比較すると、難易度が高い「あとだし負けじゃんけん」の変化量が大きかった(Kikuchi et al. 2007, Onishi et al. 2008)。これは「負けじゃんけん」が認知的葛藤を引き起こすため、脳活動に負荷がかかり、血液量変化が増大したものと考えられる。しかしながら、これは2課題間での単純な比較である。今回われわれは、負荷の増大による活動量の推移を調べるため、認知課題の難易度を4段階に変化させて脳血液変化量の推移を調べたので報告する。

【方法】説明と同意を得た健常成人14名(男7名、女7名、平均年齢 27.86 ± 2.98 歳、全員右利き)に施行した。NIRS測定には、浜松ホトニクス社製マルチファイバアダプタシステムC9866を使用した。左右の背外側前頭前野を中心に4チャンネルずつ、計8チャンネルを配置した。課題はコンピューターから提示されたじゃんけんの手の写真に対し、画面下部の指示に沿った手を利き手で提示してもらうというものである。1回の検査は4分24秒の、対照課題と刺激課題を繰り返す1コンディションのブロックデザインである(ABABABABABA、A=対照課題、B=刺激課題)。刺激課題の難易度を変化させた検査を、1名につき4回施行した。4つの検査の対照課題は全て出された手に同じ手を提示してもらう「あいこ」とし、刺激課題の難易度を検査間で変化させた。①「勝ち課題」(WIN)の刺激課題は、出された手に勝つ手を提示する、②「負け課題」(LOS)の刺激課題は、出された手に負ける手を提示する、③「交替課題」(ALT)の刺激課題は、出された手に「勝ち」「負け」「勝ち」「負け」…と交替で指示された手を提示する、④「任意課題」(RND)の刺激課題は、出された手に「勝ち」「負け」を任意で指示された手を提示する。個々の被験者に合った課題の提示間隔を決めるため本番検査前に全検査をリハーサルし、被験者が課題を遂行できる範囲で最も難しい提示速度(コンピューターの手の提示間隔の最も短いもの)を求め、その課題の提示間隔が4検査中で最も長かったものに統一した。全検査終了後、被験者の主観的な難易度の評価を調査した。1検査における5回の刺激課題のOxyHb変化波形を、刺激課題直前の5ポイントの平均値と刺激課題直後の6~10ポイントの平均値で結んだ直線で補正後、5回の平均波形を算出し、波形の積分値をOxyHb変化量とした。著明なノイズが混入したチャンネルを除外して、有効チャンネルのOxyHb変化量の平均値を各対象間で比較検討した。

【結果】被験者から得られた難易度の評価は、難しい順にRND>ALT>LOS>WINの順であった。14名中8名でALTのOxyHb変化量が最も大きく、3名でLOSの変化が最も大きかった。残りはRNDが2名で、WINが1名であった。また、WINとRNDが低く、ALTもしくはLOSにピークを持つ山型の変化を示したものが6名いた。

【考察】中程度の難易度で最も変化が大きい例が多かったことから、課題の難易度の上昇に伴い脳活動は漸増するのではなく、ピークを認める可能性が示唆された。つまり、活動が最も高くなるためには「程良い」難易度が必要で、難易度が低すぎても高すぎても活動は少なくなると考えられた。また、活動にピークを生じる難易度には個人差が存在することが推測された。今後対象数を増加させ、比較検討を続けていく予定である。

P2-4 fNIRS による体外離脱体験中の脳血流変化の測定 (Brain Blood Flow Change during Out-of-Body Experience by fNIRS)

乾泰宏(Yasuhiro INUI)タオ研究所 (日本、東京)

小久保秀之 (Hideyuki KOKUBO) 国際総合研究機構 生体計測研究所 (日本、千葉)

1. はじめに

「タオ内丹法」(仙道) 修練の中に、「体外離脱体験」を導く方法がある。この方法で導かれた瞑想的な体外離脱状態の脳血流を、多チャンネルの近赤外分光血流計 (functional near infrared spectroscopy: fNIRS) を使って測定した。fNIRS は頭皮近くの大脳皮質しか測れず (頭皮から深さ 2-3cm)、空間分解能も 2-3cm であるが、立位や座位で測定ができる、被験者の負担が脳波測定と同程度であるなどの利点がある。

本報では、1 例ではあるが、体外離脱体験中の脳血流変化で興味深い結果が得られたので報告する。

2. タオ内丹法の「体外離脱」修練

「タオ内丹法」(仙道) は、「身体」と「意識」を同時に鍛錬する修練法。全体は (1)「築基」、(2)「煉精化気」、(3)「煉気化神」、(4)「煉神還虚」、(5)「還虚合道」の 5 段階に分かれ各段階を各 5-7 年かけて修練していく。

「体外離脱」修練は (4)「煉神還虚」段階で行う。実験においては (1)「安静時」、(2) 体内の意識の 3 つの中心を脳中幹に集める「三華集頂」、(3) 意識体が体外離脱する「出神」、(4) 体外の意識体が周辺遊離する「神遊観」、(5) 意識体を体内に収容する「収神」の 5 つのパートに分かれて意識体の体外離脱を行い、各段階における脳血流の変化を測定した。

3. 実験方法

実験場所・期間: 脳血流測定は 2009 年 5 月 2 日、国際総合研究機構 生体計測研究所にて行った。

被験者: 仙道の熟練者 1 名 (I001、男、71 歳) (著者) とした。

脳血流測定: 脳血流測定には、780nm, 805nm, 830nm の 3 波長の光を用いる近赤外光イメージング装置 FOIRE-3000 (島津製作所製、日本) を用いた (OMM-3000 の同型機¹⁾)。送光極 5 極、受光極 4 極を 3×3 の正方格子に交互配列し、前頭前野を測定した。

手続き: 脳血流の測定は光ファイバプローブ装着後、血流が十分安定してから開始した。被験者の作業課題は、体脱のための準備 (約 4 分)、体脱 (約 6 分)、終了作業 (約 5 分) であった。

データ解析方法: 体脱体験の状態に入ってから 10 秒ほど経過した時点から 200 秒間のデータを、59 点 20 回スプライン補間で加算平均した。

4. 結果

Fig. 1 に、体脱体験中の総血流量の変化を簡易マップとダミー脳への投影図で示す。本測定は被験者 1 名による予備的な測定であるが、前頭前野で顕著な血流量の減少が見られるという興味深い結果が得られた。

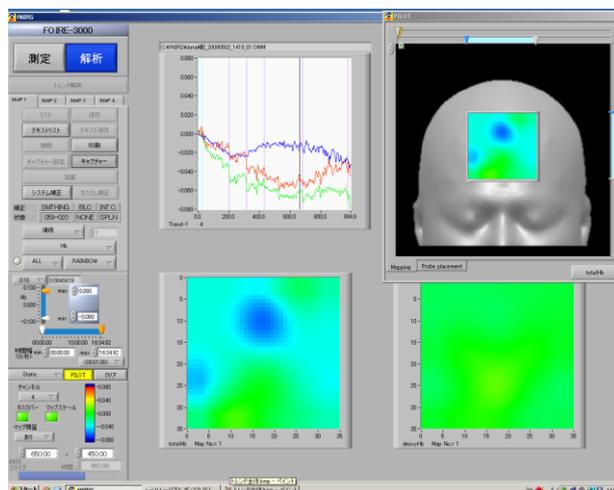


Fig. 1 瞑想的体脱体験中の総血流量変化
上: 簡易マップ表示 下: ダミー脳への投影図
いずれも 200 秒加算平均。

5. 考察と今後の課題

今回は、前頭前野のみを測定した。他の部位でどのような変化が起こるのか調べる必要がある。fNIRS で測定しているのは頭皮に近い部分だけであるので、脳深部に血流が集まっている可能性も考えられる。引き続き、さまざまな角度から瞑想的体脱体験の測定を試みたい。

参考文献

- 1) Chen W, Zhang T, Wang F, Kokubo H and Yamamoto M: Change of hemoglobin concentration of cerebral cortex and respiration frequency during qi-emission task, *J Intl Soc Life Info Sci*, **21**(2): 473-492, 2003.
- 2) 小久保秀之、山本幹男、河野貴美子: 近赤外分光法による図形推測時の脳活動の研究, *超心理学研究*, **10**(1&2): 33-36, 2005.
- 3) 小久保秀之、山本幹男、渡辺恒夫、河野貴美子、坂本和巳: 近赤外分光血流計を用いた推測課題時の脳血流変化, *J Intl Soc Life Info Sci*, **24**(1): 224-239, 2006.
- 4) 小久保秀之、山本幹男、河野貴美子: 自由応答型推測における脳血流, *超心理学研究*, **11**(1&2): 12-20, 2006.
- 5) Elliott R, Rees G and Dolan RJ: Ventromedial prefrontal cortex mediates guessing, *Neuropsychologia*, Apr; **37**(4): 403-11, 1999.
- 6) 小久保秀之、山本幹男、桂川秀嗣、鎌田明彦、河野貴美子、橋爪秀一、渡辺恒夫: fNIRS による太極拳の測定, *Journal of International Society of Life Information Science*, **26**(1):134-137, 2008.

P2-5 MCT 実施時の f NIRS による脳前頭前野の賦活域

大阪電気通信大学 西原小百合、○西原一嘉

機能的近赤外分光分析装置（f NIRS）を用いた脳の賦活域に関する先行研究としては、摂食時、単純な加算時、香り刺激時、漢字想起時等を対象とした研究を挙げることができる。しかし、図学における MCT（仮想切断面実形視テスト）のような、立体図形の問題に解答させる時の脳活動を f NIRS を用いて見ようとした研究はない。ただし、脳波計を用いて、MCT を動的教材画面として与えた際の差を見ようとした研究はあるものの、直接脳の賦活域が得られているわけではない。

そこで、本研究では、(株) 島津製作所製 FOIRE-3000 を用い、MCT の問題解答時の脳の賦活域の特定を試みたものである。

MCT は仮想切断面実形視テスト (Mental Cutting Test) のことで、提示された立体の見取り図と切断面に対し、その断面の実形図を 5 個の選択肢から選ばせる一種の客観テストである。このテストはアメリカの CEEB (College Entrance Board) によって、1939 年に大学入学試験用に開発された Special Aptitude Test – Space Relation の一部である。これまでに MCT は数多くの被験者に対して実施され、多くのデータが蓄積され、全 25 問ある核問題の特徴が明らかにされていて、被験者の空間把握の状況を知るテストとして定着している。従来 f NIRS で用いられるタスクは短時間のものが多いが、MCT では連続長時間にわたるといふ特徴がある。

データの解析には、似通った個体あるいは変数のグループ化を行うための手法であるクラスター分析を中心に、脳の各賦活域間の酸素化ヘモグロビンの変動の関連を調べた。

仮想切断面実形視テスト実施時における脳表面の酸素化ヘモグロビン濃度の実測の結果は以下のようにまとめられる。

(1) 脳前頭前野の左上隅周辺にあるチャンネル 66, 13, 26, 32 と。前頭前野右前下部にあるチャンネル 20, 27, 28, 29, 30 では、酸素化ヘモグロビン濃度の変化の値が非常に大きい。

(2) チャンネル 13 を中心とする、チャンネル 6, 26, 32 は酸素化ヘモグロビン濃度の変化の形がほぼ等しい。これに対し、チャンネル 20, 27, 28, 29 では酸素化ヘモグロビン濃度の変化の形は各々異なっている。

以上より、MCT を特異ことをタスクとして実施している時の脳の賦活域は、用いた測定ホルダーの制から前頭前野の表面に限られるが、チャンネル 13 を中心とするチャンネル 6, 26, 32 とチャンネル 20, 27, 28, 29 であることが明らかにできたと考える。今回の実測で得られた深津域は、MCT 実施時の問題をとく過程に関わる脳の深津域以外に、解を書く手の動き、問題を見る目の動き、合図を聞く耳の動きなどの総合的なタスクに対応する脳の賦活が入っており、純粹に空間認知をしているときのみを抜粋して特定したものではない。このことの解明は、男女差の比較、側頭部を含めた全頭の測定等とともに今後の課題とする。

P2-6 ボタン操作時の NIRS 高速成分のイベント関連解析

田村 博*1 末吉美喜*2 岡田 明*2

Event related Analysis of NIRS quick component to Finger Selection for Button Operations

Hiroshi TAMURA*1, Miki Sueyoshi*2 and Akira Okada*2

サンプリング方式の NIRS では活発な高速成分が観測される。血流 NIRS では、これをノイズと見なして、手際よく捨て去ることを手腕としてきた。高速成分は脳神経活動の豊富な情報に満ちている。ノイズを宝の山に転化する手始めは高速成分の事象関連解析である。

NIRS から出力された酸化 Hb 濃度(Oxy)と脱酸化 Hb 濃度(Deoxy)のデータを次式に代入する。

$$\begin{aligned} \text{濃度和(Total):} & \quad \text{Total} = \text{Oxy} + \text{Deoxy} \\ \text{濃度差(O_D):} & \quad \text{O_D} = \text{Oxy} - \text{Deoxy} \end{aligned}$$

高速成分は主に濃度差に集約される。濃度差に移動平均を行い、低速成分を差し引き、高速成分をえる。

$$\text{高速成分} \quad \text{Quick} = \text{O_D} - \text{Average}(\text{O_D})$$

島津製 Foire3000 を用い、48 チャンネルを 0.1 秒周期で計測した。

図1に示すボタン操作時の手指選択を考える。人のボタン操作は指示後 0.5-1.1 秒で完了する。4 方向のボタン操作をランダムに指示し、約 100 秒間に合計 20 回の操作を課した。ディスプレイへの指示開始からの約 1.1 秒を応答区間とし、その直前・直後の 1.1 秒を前・後区間とし、この 3 区間の最大値などを比較解析した。

同一指示に対する高速成分 5 例をとりだし、指示開始時点を合わせて描いた例を図2に示す。このような波形から最大値などを抽出し、比較すると図3 a), b), c)をえる。図3aでは、山(P)、谷(H)、傾斜(S)が混在している。多くのチャンネルは、このような混在型になる。

ところが、少数の NIRS チャンネルでは図3 b), c)のように山あるいは谷の集中型であることを発見した。集中型チャンネルの発現部位は、観測した 48 チャンネル中の 2~4カ所であるが、ゆび毎に異なっている。これは高速成分についての新規の事象関連現象である。

この事象は左右手、操作位置、指示の提示方法によって切り替えられる。

Fuchigami, M., Tamura, H. Okada, A., Brain Activities supporting Finger Operations, analyzed by Neuro-NIRS, In Smith & Salvendy. (Eds.): Human Interface Part 1, HCII 2009, LNCS 5617, pp. 495-504, 2009. Springer-Verlag, 2009



図1 ボタン操作機
右手、側方操作位置

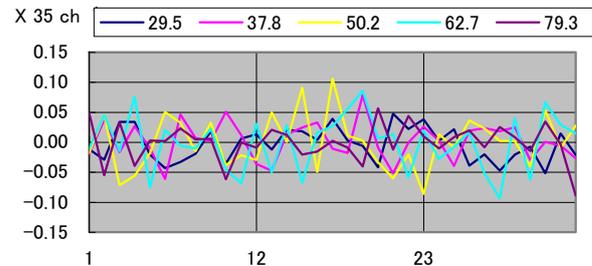
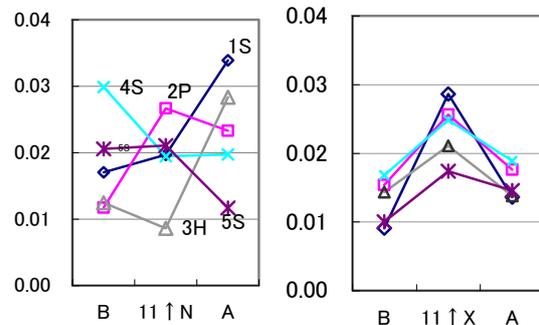
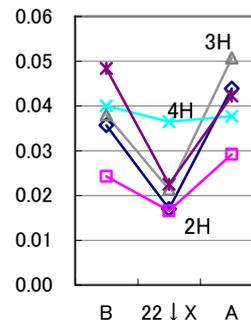


図2 指示↑に対する5回の前・応答・後区間の波形



3 a) 混在型

3 b) 山型



3 c) 谷型

図3 最大値等の
応答型

B: 前区間
↑, ↓: 応答区間
A: 後区間

P2-7 NIRS で見る両側性機能低下

郷 真哉

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻健康・スポーツ科学寄付講座

序論

一般に、一側の腕や脚を単独に動かした場合には、発揮筋力も反応速度も最大の能力を発揮することが出来る。しかし、両側の腕や脚を同時に動かそうとすると、最大能力を発揮しようとしているにもかかわらず、それぞれの腕や脚の能力が一側を単独に動かしたときと比較し低下してしまう。この現象は両側性機能低下と呼ばれている。筋力発揮や、反応速度に関する両側性機能低下については、これまでに多くの研究がなされてきたが、そのメカニズムについての見解は統一されていない。運動の中枢である脳において両側性機能低下、あるいは両側性特有の脳賦活が観測されれば、その脳賦活部位が、両側性機能低下のメカニズムと関わっている可能性が高いと言える。

本研究では、一側単独、および両側同時の肘単関節運動を行い、運動時の脳賦活をfNIRSを用いて計測した。fNIRSで得られた波形データを、いくつかの分析手法を組み合わせることで波形を分類し、両側性運動時に見られる波形の特徴について検討した。

方法

対象は右利きの健常成人男性1名。事前に、右手、左手、両手での肘単関節運動における最大挙上重量(1RM:Repetition Maximum)を計測した。それぞれのパターンで1RM75%重量のダンベルの上下運動を行なった。両側運動ではバーベルを用いた。ダンベル運動は、1秒で上げ1秒で下ろす周期運動とした。タスクは60秒、前レストと後レストは30秒とした。また、タスク中は開眼で一点を凝視するものとした。

脳活動の測定には、研究用光脳機能イメージング装置(FOIRE-3000、島津製作所)を用いた。計測範囲は、国際10-20法に基づき、大脳両半球の一次体性感覚野(ブロードマン1~3番)、一次運動野(同4番)、補足運動野(同6番)を含む範囲とした。32チャンネルの同時計測を行い、サンプリング周期は175msである。脳賦活の指標は特に定めず、OxyHb,DeoxyHb,TotalHbの3種類について考慮した。

分析手法として、まず、両側運動は一側運動の重ね合わせであるという仮定で、両側運動時の波形の振幅と一側運動時の波形の振幅の比較を行なった。周波数分析により低周波成分を抽出、独立成分分析による特徴抽出により波形の平滑化をした。平滑化された波形を、波形の類似性に基づきクラスタリングを行なうことで分類した。

結果・考察

両側運動時の波形の振幅は、一側運動時の振幅と比較し小さくなった。一側運動時の合計値の平均と比較しても、小さくなる傾向が見られた。また、左右一側運動時には特徴的なOxy-Hbの増加傾向が見られるch08,14,15,21において、両側運動時にはその特徴が消失した。これは、両側運動は一側運動の単純な重ね合わせではないことを示している。また、ch08,14,15,21は、補足運動野に相当する部位と考えられる。補足運動野は、両側の協調運動に関与しているとされ、この部分に十分な酸素を供給できない事が、両側性機能低下の原因として考えられる。

P3-1 時変系情報量基準に基づく光トポグラフィにおける”ゆらぎ”の解析

松代信人 山下弘毅 笠置泰史 魏秀欽 下山一郎

千葉大学 フロンティアメディカル工学研究開発センター 脳機能計測解析部門

“ゆらぎ”すなわち、理想的には一切のタスクや刺激を排除した状況でなお残存する生体からの変動信号は、タスク課題下のデータを議論する上での基礎データとして、抑えておかなければならないものである。本発表では、光トポグラフィの“ゆらぎ”について、情報量の観点から議論を行う。

言うまでもなく、光トポグラフィ計測の原波形次元においても有意な情報は抽出できるが、生体を情報処理システムとして、情報分野で知られている各種パラメータ変換を行った結果として要約される情報からも有意な情報を抽出できる。情報量も代表的な変換パラメータの1つである。しかしながら、生体から観測される信号は強非定常確率過程であり、通常の情報量をそのまま適用することはできない。また、通常の情報量では理論的には無限の観測数が仮定される。本発表では、有限の観測数における補正項を含む MDL(Minimum Description Length)基準をベースに、過去の観測を除々に忘却することによる非定常確率過程の情報量の1モデリング手法である、時変系情報量基準 WMDL(Weighted Minimum Description Length)基準¹を適用した。

3人の被験者について、安静時の48ch光トポグラフィ計測を10分間行った。図1(a)は1例chのoxy-hemoglobin (Hb), deoxy-Hb, total-Hbの各測定信号を示す。図1(b)は図1(a)の各信号に対応するWMDL情報量を示すものである。注目すべきは、total-Hbの情報量が10分間でほぼ一定の値をとっていることである。3人の被験者の3×48chの約2/3が同様の傾向を示した。安静時での“ゆらぎ”の少ない安定なパラメータとして、total-Hbの情報量が有効であると思われる。

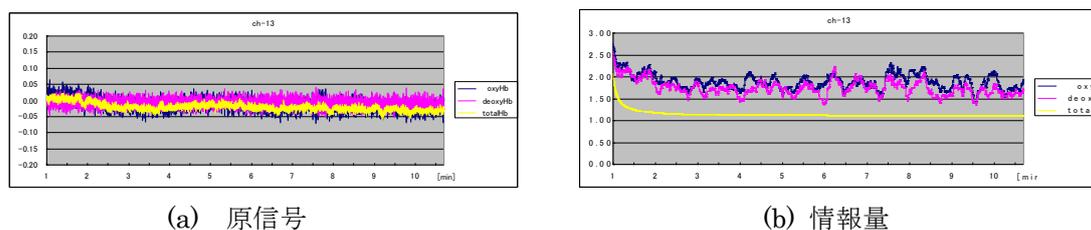


図1 例

今後は、本検討の被験者数を増やすとともに、色彩科学分野²をはじめとする各種タスク下において、total-Hbの情報量変化を検討していきたいと考えている。

[参考文献]

- 1.松代信人 工学博士論文(電気通信大学), 1996/9.
- 2.松代信人 学術博士論文(千葉大学), 2006/3.

P3-2 倍密度光トポグラフィーの有用性の検討

The utility of double density optical topography

自治医科大学 脳神経外科 1、大学院医学研究科 2
横田英典 1、小黒恵司 1、伊澤彩乃 2、渡辺英寿 1

Department of Neurosurgery(1) and Graduate School of Medicine(2), Jichi Medical University

(目的) 光トポグラフィー (以下 OT) は脳表の血液量の変化を経時的に測定する計測器であり、脳機能局在診断のほか、脳虚血性疾患やてんかん焦点診断などにも臨床応用されている。今回我々は、従来の OT に比較して約 2 倍の空間分解能を有する倍密度光トポグラフィー (Double Density OT: DD-OT) を日立メディコ社と共同開発し、正常脳での計測を試みた。

(方法) DD-OT は従来の OT と送受光器の配列が異なり、対となる送受光器の間隔は 3 cm に保持したまま、その中間位置に異なるチャンネルの送光器を配置することにより、計測間隔を従来の半分、すなわち 1.5cm となるように設定した。正常成人 5 人に言語課題や手指運動課題などを負荷し、5 回のタスクの加算平均による結果をオフラインで解析した。また、送受光器装着位置を 3D 磁気センサーにて計測し、各人の頭部 MRI 画像に重ねることにより、血液量変化を MRI 脳表面像上にマップした。

(結果) 右手の運動課題では、運動野と感覚野の両者にピークをもつ二峰性の脳血液量増大を認め、中心溝が明瞭に描出された。言語課題でも、優位側半球の Broca 野および Wernicke 野にはほぼ一致して二峰性の血液量増大を認めた。従来の OT のチャンネル配置で解析した結果と比較すると、従来型ではプローベの位置のわずかな変化で小さな活動領域の描出が安定しないことが明らかとなり、DD-OT により初めて安定的で限局しかつ境界明瞭なマップが得られることがわかった。

(結論) 以上より、DD-OT は従来の OT に比較して空間分解能が高く、脳機能局在診断や病巣部位診断に有用な診断方法となる可能性が示唆された。

P3-3 耐クロストーク・ノイズキャンセラーを用いたマルチプローブ NIRS 計測

松井 渉, 岡田 英史
(慶應義塾大学 理工学部)

1. はじめに

近赤外分光法 (NIRS) による計測は, プローブ間隔を広く設定することによって, 組織のより深部での血液量変化が捉えられると考えられている. このことを利用して, 異なる間隔のマルチプローブで同時に NIRS 計測を行うことで, 脳信号に重畳した表層組織からの信号の除去を行う方法が検討されている. マルチプローブ NIRS 計測における信号処理には, 最小二乗フィッティングを用いたものやノイズキャンセラー (適応フィルタ) を用いたものなどがある. しかし, これらは基本的に異なる間隔のプローブで捉えた信号の差分を取る手法であるため, 狭い間隔のプローブ対で捉えた信号に脳信号成分が含まれていると, 処理結果における脳機能の振幅が小さくなるという問題点がある. 本研究では, マルチプローブ NIRS 計測における問題点に対処するため, 信号処理法に耐クロストーク・ノイズキャンセラーを適用し, 通常のノイズキャンセラーを用いた場合と処理結果を比較した.

2. 方法

脳機能計測の対象は視覚野とし, コンピューターのモニター上に呈示した 1Hz で明暗が反転するチェッカーパターンを視覚刺激とした. 1 計測セッションは, 20 秒の刺激呈示と前後 15 秒の休息からなり, 10 計測セッションの測定を行った. 後頭部に NIRS の照射, 検出プローブを, 間隔が 16 mm, 22 mm, 28 mm, 32 mm となるように装着し, 視覚刺激による脳信号を検出した. 間隔 32 mm のプローブ対で捉えた信号を主信号 d_1 , 間隔 16 mm, 22 mm, 28 mm のプローブ対で捉えた信号のいずれかを参照信号 d_2 として図 2 に示す耐クロストーク・ノイズキャンセラーに入力した. また, 同一の信号を通常のノイズキャンセラーで処理し, 結果を比較した.

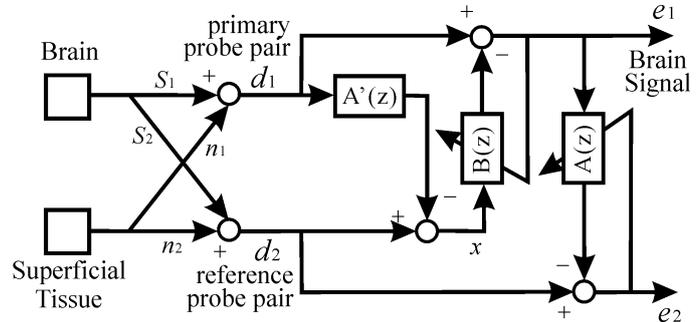


図1 耐クロストーク・ノイズキャンセラー

3. 結果

検出された NIRS 信号は, プローブ間隔が広くなるにつれて視覚刺激に対応した変動の振幅が増加する傾向が見られた. 通常のノイズキャンセラーを用いた場合, 間隔が広いプローブ対で捉えた信号を参照信号とした場合, 処理結果として得られる脳機能信号の振幅が小さくなる傾向が見られた. これに対して, 耐クロストーク・ノイズキャンセラーを用いた場合, 参照信号に用いたプローブ対の間隔に関係なく, ほぼ同じ振幅の脳機能信号が得られた.

4. まとめ

マルチプローブ NIRS 計測に耐クロストーク・ノイズキャンセラーを適用し, 通常のノイズキャンセラーで処理した信号との比較を行った. 耐クロストーク・ノイズキャンセラーは, 乳幼児の脳機能計測など, プローブ間隔を狭くした場合でも脳機能信号が検出されるような場合のマルチプローブ NIRS 計測に有効であると考えられる.

P3-4 光脳機能イメージングの空間分解能評価のための頭部ファントム

角田 浩和, 岡田 英史
(慶應義塾大学 理工学部)

1. はじめに

近赤外光を用いた脳機能イメージングは、空間分解能が低いことや感度にむらがあることなどが問題として指摘されている。これは、プローブ対の密度が低いことと、各プローブ対の空間感度分布が組織散乱によって広がっていることに起因している。これらの問題点を改善するため、プローブの装着方法やイメージングの方法について様々な改善法が提案されている。これらの改善法を実験的に評価するためには、頭部ファントムが必要となる。本研究では、光脳機能イメージングの空間分解能を評価するため、複数の脳機能賦活部位を模擬した吸収変化を生じさせることが可能な頭部ファントムを製作した。

2. 方法

図1に製作した頭部ファントムの構造を示す。頭部ファントムはポリアセタール樹脂の水槽で、底部の内側には酸化チタンを混入したエポキシ樹脂が積層されている。底部のポリアセタール樹脂は表層組織（頭皮、頭蓋骨）、エポキシ樹脂は脳脊髄液層をそれぞれ模擬している。水槽は、インクを混入したイントラリピッド溶液で満たすことで脳組織を模擬している。水槽の任意部位に吸収体を挿入することで、脳機能賦活による局所的な吸収変化が模擬できる。水槽の底面が頭皮表面に相当しており、底面部分に照射・検出プローブを装着し、吸収体の有無による検出光量の変化を測定し、イメージングを行う。このファントムは、脳組織部分を液体にしているため、脳組織中に複数の吸収変化を生じさせることが容易に可能であるという特長がある。

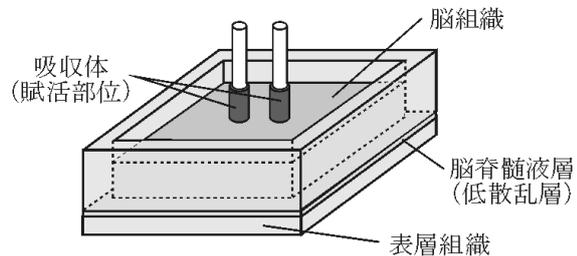


図1 頭部ファントムの構造

3. 結果

図2は、感度の最も高いプローブ対の midpoint (測定点) と感度が最も低い4つの測定点の中間点に同一の吸収体を設置した頭部ファントムを、30 mm 間隔で照射・検出プローブを交互に配置する一般的なプローブ配置でイメージングした結果である。実線が吸収体の位置、破線が画像の半値領域を示している。空間感度分布にむらがあることで、同一の吸収変化が生じていても、画像中における2つの賦活部位のコントラストが大きく異なっていることが分かる。

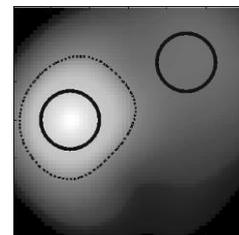


図2 ファントムの画像化

4. まとめ

複数の賦活部位が模擬できる頭部ファントムを製作した。任意位置に複数の賦活部位が設定できることで、脳機能イメージングの空間分解能やコントラストの評価に有効である。

P3-5 Optical Mapping of Brain Activities: Effects of Spatial Variation of Skull and Cerebrospinal Fluid Layers

Shuping WANG, Nanae SHIBAHARA, Daishi KURAMASHI, Shinpei OKAWA (University of Electro-Communications), Naoto KAKUTA (Kyushu University), Eiji OKADA (Keio Univeristy), Atsushi MAKI (Hitachi Ltd., Advanced Research Laboratory), and Yukio YAMADA (University of Electro-Communications)

1. Introduction

Optical mapping is a recently developed technique which can image brain activation 2-dimensionally along the head surface by detecting the intensity changes of light that passes through the brain.¹⁾ The sensitivity of the detected signal to activation in the brain is influenced by the heterogeneous structure and optical properties in the head. The non-uniform thickness of skull and low-scattering cerebrospinal fluid (CSF) layers above the brain is predicted to affect the mapping image.²⁾ In this study, we simulate the optical mapping to investigate the effect of spatial variations in the thicknesses of skull and CSF layers on the sensitivity of mapping images.

2. Simulation of Optical Mapping

Optical mapping uses the data of the changes in optical densities measured by the detectors at multi-wavelengths. We assume the presence of active region in the gray matter as the brain is at a task state. The arrangement of the probes with 8 sources, 8 detectors and 24 data points is shown in Fig. 1. When the brain at rest shifts to a task (activation) state, the change in the optical density ΔOD can be obtained. Finally, the images of optical mapping are constructed by 2-D spline interpolation of these ΔOD s at the 24 data points.

3. Results

The sensitivities of the mapping image to the position of the active region relative to data points

and to the depths of the activated region are investigated. The effects of the thickness of the CSF layer on the mapping image are found to be opposite to the effects of the thickness of the skull layer. In addition, the sensitivities of the mapping images are highly dependent on the position of the active region relative to the data points.

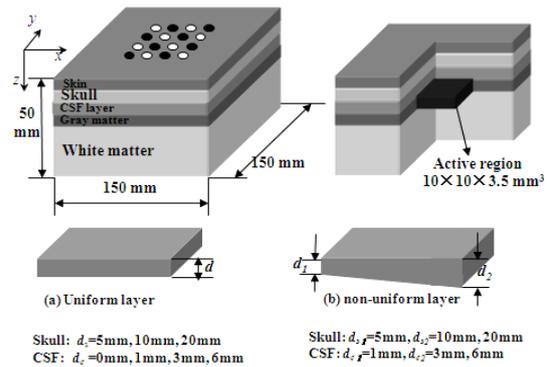


Fig. 1. Simulation models with uniform and non-uniform skull and CSF layers

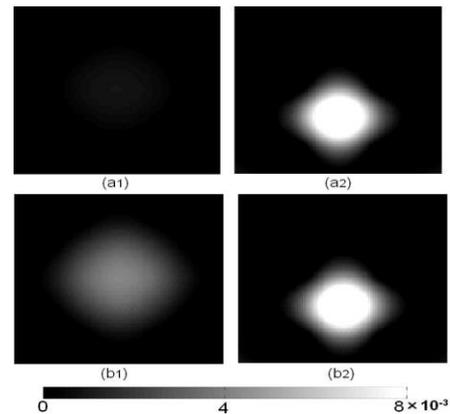


Fig. 2. Simulated optical mapping images of an activated region at positions A (left column) and B (right column) for the CSF thickness of 0 mm (upper row) and 1 mm-6 mm (lower row).

References

- 1) Koizumi et. al., SICE, 42, 5 (2003)
- 2) Yamada et. al., OSA TOPS, 21(1998)

P3-6 NIRS を用いた自動車運転時の高次脳機能計測

原久純, 柳沢一機(日本大学大学院), 綱島均(日本大学)

【はじめに】近年, ドライバの運転時の負担を軽減することで, 安全を確保する様々な運転支援システムが開発・導入されている. 例えば, 先行車と自車の車間距離を一定に保つ ACC(Adaptive Cruise Control) が挙げられる. しかし, 負担の軽減によって, ドライバの注意力が低下し, 予期せぬ事故の原因になることが考えられる. そのため, ドライバの運転時の負担・注意の評価をする必要があり, 特に, 運転における認知・判断を行っているときとされる脳の活動と運転操作との関係を明らかにする必要がある.

本研究では, ドライビングシミュレータ(以下 DS)を用いて運転時の脳活動を NIRS により計測し, 上記の ACC によるドライバの負担を柳沢ら¹⁾が提案した解析方法を用いて評価する.

【実験方法】実験は DS を使い, 高速道路を 40km/h で走行し, ACC を使用して先行車に追従する条件と ACC を用いずに被験者自らの操作によって追従する 2 条件を行い, 各条件を 2 走行ずつ行う運転課題を設定した. 被験者は, 普通自動車免許を持つ 20 代男性 4 名とした.

【実験結果】計測した原信号には, 測定装置のノイズなど脳活動に無関係な成分が含まれているため, 柳沢ら¹⁾が提案した解析方法を用いて脳活動に無関係な成分を取り除き, ACC 使用時と未使用時の 2 条件の運転中の脳活動を比較した. 解析結果を図 1, oxyHb 信号より作成した脳機能画像を図 2 に示す.

図 1 の解析結果より, ACC なしで走行している時は, 走行中に oxyHb が上昇し, 脳が活動している. しかし, ACC ありで走行している時は, 運転に関連した脳活動の変動が見られなかった. さらに, 図 2 の脳機能画像より, ACC なしで走行している時は, 走行中に前頭葉外側部が活動していることがわかる. しかし, ACC ありで走行している時は, 前頭葉において運転に関連した活動が確認できなかった. これらの違いは, ACC による負担の軽減を反映した結果であると考えられる.

【まとめ】運転時の脳活動を NIRS により計測し, ACC によるドライバの負担を柳沢ら¹⁾が提案した解析方法を用いて評価した結果, ACC ありの走行は, ACC なしと比較して, 運転に関連した oxyHb の変動が見られなかった. また, 脳機能画像から, 前頭葉両外側部において走行中の脳活動の違いが確認できた. 以上のことから, NIRS による脳機能計測により, ドライバの負担を評価できる可能性を示した.

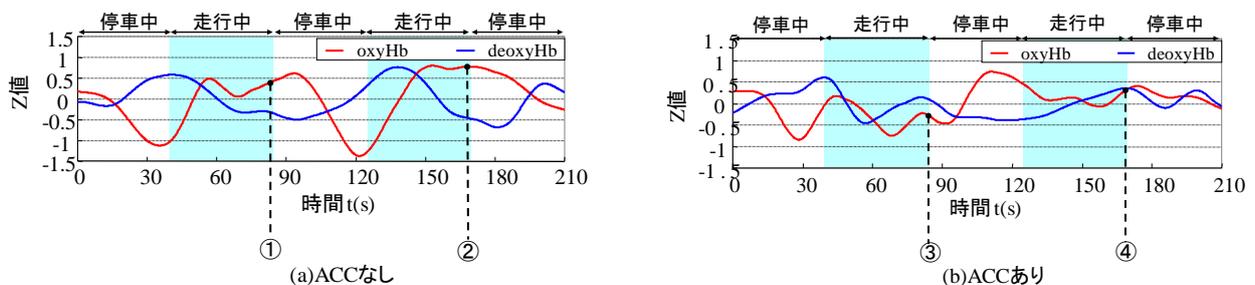


図 1 被験者 4 名による加算平均後の NIRS 信号

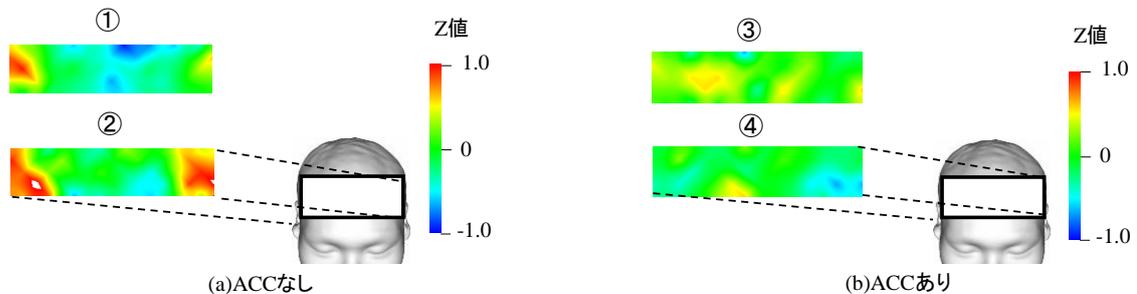


図 2 被験者 4 名による統計処理後の脳機能画像

参考文献 1) 柳沢一機, 綱島均, 丸茂喜高, 広瀬悟, 清水俊行, 泰羅雅登, 土師知己, 機能的近赤外分光装置(fNIRS)を用いた高次脳機能計測とその評価, ヒューマンインターフェース学会誌, Vol.11, No.2, pp.183-191, 2009

P3-7 「競技かるた」における選手の近赤外光による脳の反応（その2）

(社) 全日本かるた協会 津久井 勤、小林好真、小林達郎、長谷和彦
近畿大学 武田昌一、長谷川優、同志社大学 山本誠一、東海大学 灰田宗孝
(株) 日立メディコ 竹内義高、(株) 島津製作所 井上正雄

1. まえがき

「競技かるた」は「小倉百人一首」を使用した畳の上でのスポーツである。読手の読みを聞いて、いち早く反応し、出札を取る競技である。相手より早く自陣の札が無くなれば勝ちである。このような競技中の選手の脳の反応を近赤外光で捉え、実力の違いや、年齢層の違いなど一連のデータを取って、そこから一定の知見を引き出すことを目的に行っている。今回は先に発表¹⁾したその後の実験結果について報告する。

2. 通常の試合方法概要

各選手はそれぞれの持ち札25枚（従って、残りの50枚は空札になる）を3段に並べ、15分間の暗記時間がある。その後、読手による序歌（百人一首以外の歌）から始まる。次いで、序歌の下句（七七）を繰り返して読まれ、最初の札の上句（五七五）が1秒おいて読まれる。その後は前に読まれた札の下句が読まれ試合は継続する。選手の持ち札が無くなれば勝ちとなる。

3. 実験方法

今回の実験は、主として島津製作所製で近赤外光イメージング装置を使用した2試合と同志社大学で日立メディコ製光トポグラフィ装置を使用した3試合の実験結果から解析した結果の報告である。被験者は競技かるたの有段者で、級別ではA級からC級である。実験は机の上に札を並べて行い、読みの始まる15秒前から計測を始めて、下の句の読みの始まりから30秒間の合計45秒間を計測した。なお、下の句が読み終わり、次の札の上の句の読みが始まるところでチェックを掛けている。上述のように、正式の試合では50枚を場に置くが、実験では短時間で試験回数を多くするために、30枚の札を場に、40枚程度の読みで終了とした。併せて、試合の経過をビデオ取りしている。

4. 実験結果の要約

どのようなスポーツでも同じであるが試合中には、選手の心理状態が大きく影響する。そのため、いろいろな場合での多くの実験を通して一定の傾向を見いだしていく必要がある。今回の発表もその一歩である。

今回得られた結果は、①試合中脳が活性化するところが被験者によって決まっていることである。簡単な応答結果でもかるた経験者で左脳が、経験の無い被験者で右脳が活性化していることを確認されている²⁾。その中で、②被験者の札の取りに於いて強度が強く、空札で低いか殆ど見られない。被験者の札が取られた折りの反応は、取りより低く空札より幾分強い程度である。この結果は、共同研究者の発表にも見られる³⁾。③各読みに対する被験者の反応を詳細に見ると、強度は実験の開始か読みが始まるところから上昇し始め、下の句の読み始め近辺でピークを示してその後は減少する。ところが、決まり字の長い札があると、さらに途中から上昇し、前記波形に加算した波形が示されることも見られた。更に、④のお手つきなど行くと新たなピークとなって示されることなどがわかった。今後は、さらに実験と解析を進めてより良い結果を出して行きたいと考えている。

5. 謝辞

今回の実験に当たって、発表者以外にも慈恵会医科大学 豊島裕子講師、日立メディコ 鈴木昭彦氏、(社)全日本かるた協会の会員の多くの方々のご協力を頂いたことに謝意を表します。

6. 参考文献

- 1)津久井、小林好、雨木、千代間、小林達、武田、廣瀬、灰田、井上、川口「競技かるたにおける選手の近赤外光による脳の反応（その1）」第7回光脳機能イメージング研究会 p.13(2007)
- 2)豊島、郡司、牧ほか「近赤外線トポグラフィと事象関連電位」生理学会大会 p.84(2007)
- 3)武田、長谷川、津久井、山本ほか「百人一首かるた選手の競技時の脳の情報処理に関する研究」近畿大学紀要(投稿中)

P3-8 音楽DVD (Perfume) による振り付けの記憶研究

明治大学大学院情報コミュニケーション研究科 小山 悟史
国際総合研究機構 生体計測研究所 小久保秀之
明治大学大学院 上之真太郎

背景

言語記憶や非言語記憶を記憶課題としている研究はあるが、振り付け記憶を課題としている研究が無い。そこで、振り付けを記憶課題とした。

目的

踊りのある音楽(歌謡)DVDを視聴のみ行った時と、振り付けを記憶しようとした時で、前頭前野の賦活の違いをoxyHb変化量で見る。

実験内容

被験者は23歳~71歳の男女計5名。測定にはfNIRSのFoire3000を用い、送光極11極、受光極10極を3×7の長方形に交互配列し、前頭前野を測定した。視聴DVDには、Perfumeのアルバムで「Perfume ~Complete best~」(2007)に収録されているコンピューターシティーを用いた。

被験者には安静約1分の後、視聴のみをしてもらい(課題1)、その後、安静約1分の後、同じDVDを今度は振り付けを覚えるようにしてもらった(課題2)。最後に安静1分をとった。安静課題としては、DVD刺激提示装置の前に注視点をつくり、ぼーっと見てもらった。測定は全て座位で行った。

実験結果

有効データを取得出来たのは5人の内4人だった。図1, 2は被験者4人の内の二人のデータである。被験者で共通した賦活部位は領域C,B,Fであった。また、被験者の賦活が図1の領域Dが賦活するパターンと図2の領域G,Hが賦活するパターンに分かれた。

考察とまとめ

松井らの研究[1]より、両腹外側前頭前野の賦活は歌謡聴取によるものだと考えられる。共通賦活

部位以外の賦活部位が2パターンに分かれた結果から、この部位に記憶の仕方の違い、考え方の違いが現れているものと考えられる。

領域Dは小久保らの研究[2]やElliottらの研究[3]から、推測をするときに賦活する部位と報告があるので、包括的に推測しながら振り付けの流れを記憶しようとしていたと考えられる。領域G,Hは石井らの研究内容[4]から考えると、自分が何処にいるのかをよく考え推測する部位だと考えられ、小久保らの研究[5]でクレペリン検査時に領域G,Hに当たる部分が賦活したと報告されている。これらの内容から領域G,Hは論理的・空間的推測に関連する部位だと考えられる。

以上より、人によって同じ課題でも記憶の仕方に違いがあるものと考えられ、また、その記憶の仕方の違いが前頭前野に現れることが示唆された。最後に、賦活部位が多い結果から振り付け記憶が脳トレに繋がる可能性が考えられる。

参考文献

- [1] 松井淑恵ら: 音楽聴取における注意と脳活動 -前頭前野を対象としたfNIRS計測、日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 569-570, 2009.
- [2] Kokubo H et al: Impression and spontaneous blood flow change at the temporal lobe while guessing for a hidden figure. *Journal of International Society of Life Information Science*, 23(2): 306-313, 2005.
- [3] Elliott R, Ress G and Dolan RJ: Ventromedial prefrontal cortex mediates guessing, *Neuropsychologia*. Apr; 37(4): 403-11, 1999.
- [4] Yoshida W, and Ishii S: Resolution of uncertainty in prefrontal cortex. *Neuron*, 50(5), 781-789, 2006.
- [5] Kokubo H and Yamamoto M: Brain activity while guessing - Research by functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)-, *Proceeding of 3rd Psi Meeting: Implication and Application of Psi*, April 21-24, 2006, Curitiba: Brasil.

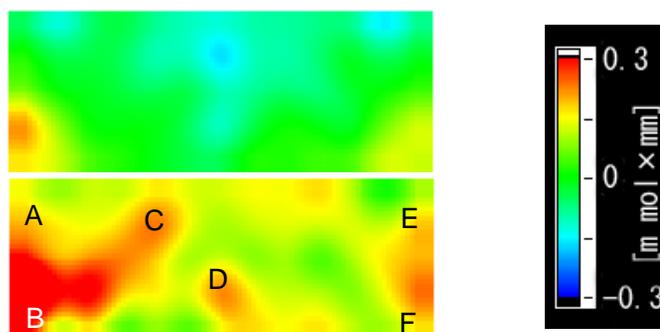


図1 (上) 課題1 (視聴のみ) と
(下) 課題2 (振り付け記憶有り)
oxyHb、被験者 K018、f、39y SPLN-59-20
課題1: 214秒加算平均、
課題2: 215秒加算平均

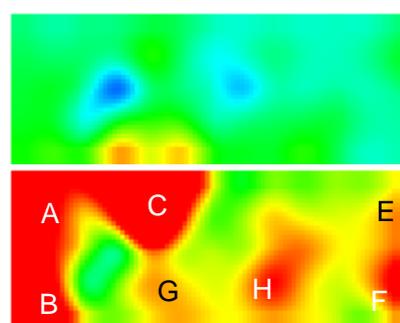


図2 (上) 課題1 (視聴のみ) と
(下) 課題2 (振り付け記憶有り)
oxyHb、被験者 A007、m、25y SPLN-59-20
課題1: 214秒加算平均、
課題2: 220秒加算平均

P3-9 楽器経験の有無のリズム知覚への影響に関する脳活動による検討

近江政雄（金沢工業大学感動デザイン工学研究所）

【はじめに】われわれの音楽の聴き方は楽器演奏経験によってことなり、経験者が旋律と和音を重視するのにたいして、非経験者はリズムを重視するといわれている¹⁾。本報告ではその脳メカニズムについて検討するため、楽器演奏経験が異なる実験参加者が音楽を聴取したときの、左側側頭部および右側側頭部でのNIRS計測による脳活動を比較した。

【実験方法】実験参加者に、曲（久石譲作曲『Asian Dream Song』）およびリズム（カウベル、BPM120）を聴取させた。12chのNIRSプローブを、国際式10-20法によるT3とT4を中心にしてそれぞれ左右側頭部に配置した。60秒間の閉眼安静の後に、曲およびリズムを60秒間聴取させ、ついで60秒間閉眼安静させた。これを1組とし、5回くりかえした。実験参加者7名のうち4名には8年間以上の楽器演奏経験があり、3名には楽器演奏の経験がなかった。

【結果】個人差が最も少ない酸素化ヘモグロビン量のみをデータとした²⁾。それぞれの組ごとに前安静区間と聴取区間における酸素化ヘモグロビン量の平均値の差を求め、その酸素化ヘモグロビン増加量を5回のくりかえしで平均した。曲聴取時の酸素化ヘモグロビン増加量を図1に示す。図1の左側の図は左脳、右側の図は右脳の結果である。横軸はそれぞれの測定チャンネルであり、左上方から右下方への並びになっている。黒印は楽器演奏経験者、白印は非経験者の結果である。

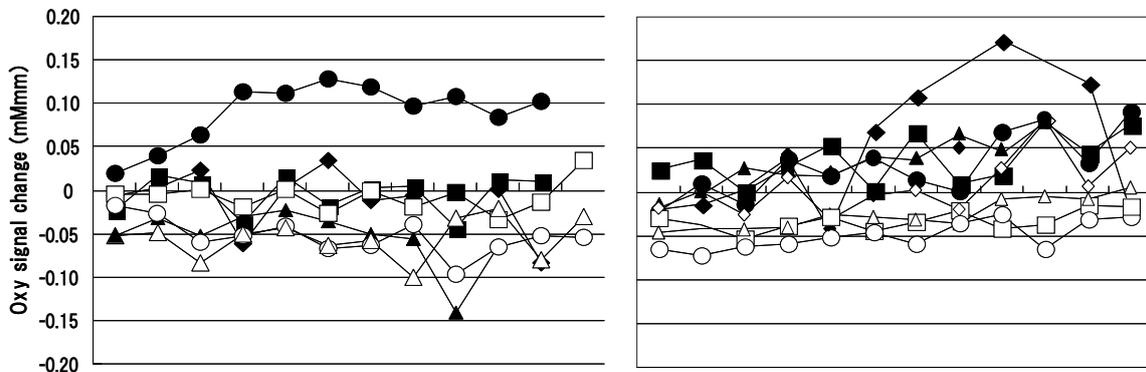


図1 曲聴取時の酸素化ヘモグロビン増加量

左脳側頭部では、1名の楽器演奏経験者（●）において酸素化ヘモグロビン量が安静時に比べて増加したが、それ以外の実験参加者では顕著な増加がみられなかった。これにたいして右脳側頭部では、楽器演奏経験者の酸素化ヘモグロビン量は安静時に比べて増加したが、非経験者では顕著な増加がみられなかった。さらに、楽器演奏経験者における曲聴取時の酸素化ヘモグロビンの量の増加は、側頭下部においてとくに顕著にみられた。

リズム聴取時には、曲聴取時とは異なり、左脳側頭部では楽器演奏経験者において側頭下部において酸素化ヘモグロビン量の若干の増加がみられたが、右脳側頭部では、楽器演奏の経験にかかわらず酸素化ヘモグロビン量の顕著な増加がみられなかった。

【考察】本報告の結果から、楽器演奏経験によって、音楽聴取時の脳活動に違いがあらわれることが明らかとなった。楽器演奏の経験によって、右脳側頭下部の活動がとくに増加した実験結果を、音楽的要素のうちピッチやリズムは左脳で処理され、音色や和音は右脳で処理されるというモデルにもとづいて解釈すれば、楽器演奏の経験者が旋律と和音を重視する脳メカニズムは、右脳側頭下部の活性化にあると考えることができる。また、リズム聴取時にみられた楽器演奏経験者における左脳側頭下部における脳活動の若干の増加は、楽器演奏経験者リズム知覚の高さのあらわれであると解釈できる。これは、音楽聴取時に左脳側頭部での活動が増加した実験参加者の経験してきた楽器が打楽器であったこととも対応するものであろう。

【文献】

- 1) リタ・アイエロ、音楽の認知心理学、大串健吾（監訳）、誠信書房、1998
- 2) Sato H, Fuchino Y, Kiguchi M, Katura T, Maki A, Yoro T, Koizumi H, Intersubject variability of near-infrared spectroscopy signals during sensorimotor cortex-activation, Journal of Biomedical Optics, 10, 1-10, 2005

P3-10 NIRS 計測からみた舞踊の見方と脳活動の関係

柴眞理子（お茶の水女子大学）・渡辺英寿（自治医科大学）・河田真理・東島未知・渡邊真子
（お茶の水女子大学大学院）・伊沢彩乃（自治医科大学大学院）

【目的】

筆者らは、近赤外線光トポグラフィを用いて舞踊行動中の脳機能を計測し、被験者には計測後、計測時の振り返りの記述を求めている。踊りの見方について、計測結果と被験者の記述の照合から、前頭極 FP の脳血流量の増加は、踊りの雰囲気、質、イメージなどをみる見方を示す指標となるのではないかということが示唆された¹。そこで、本研究では、被験者に「動きに注目」「表現性に注目」と見方を指示して同じ舞踊運動を見せ、異なる 2 通りの見方で見るときの脳活動を計測し、舞踊の見方の異なりがどのような脳活動の異なりとなって現れるかを検討することを目的とした。また、これまでの計測時の被験者たちの振り返りをめぐる議論の中で、「自分自身が踊っている映像を見る」と、「他者が踊っているのを見る」では、見方が異なるということが指摘された。そこで、本研究では、自分自身の映像と他者の映像を見る時の脳活動の違いの有無についても検討することとした。

【方法】

導入的実験の結果を踏まえて作成した 23 秒の舞踊運動を 4 名の被験者（舞踊教育専攻の女子学生）が踊り、ひとりずつ収録したビデオ映像を実験材料とした。計測は日にちを変えて、同じ計測を 3 回、自治医科大学で 48 チャンネルの光トポ（日立 ETG-4000）を用いて行った。

計測手順は、○自分自身が踊るビデオ映像を①「個々の動きに注目して」（以下 movement）見る。②「動きの表現性（動きの雰囲気、流れ、質感、イメージなど）」（以下 aura）を見る。○他者が踊るビデオ映像の①movement を見る②aura を見るで、各日とも、計測は一つのタスクに対して 30 秒の安静をはさんで 3 回行い、平均加算した。計測後、被験者に計測中の状態の記録を求めた。計測結果の解析は渡辺が担当して、結果を 3 関心領域（FP: frontopolar, FT: fronto-temporal, M: motor）に大別し、光トポの大きさは適宜 0-1 に分類した。なお、両側を区別せず、評価した。

【結論】

まず、NIRS による計測結果から、自分自身の映像と他者の映像を見る時の脳活動の違いについて、「自分自身が踊っている映像を見る」ケースでは、movement 着目時には運動前野の活動、即ち運動を計画してこれを運動野に送る機能の働きが活発であり、aura 着目時には前頭極の活動、即ち感情・集中力などの働きが活発であった。また、movement 着目時には、aura 着目時に比較して、判断や記憶といった理性的な働きが強い傾向もみられ、舞踊の異なる 2 通りの見方が、それぞれ脳活動の特性と結びついていることが示唆された。このように、「自分自身が踊っている映像を見る」場合には、インストラクションの違いを反映した脳活動となっていると推測されるのに対し、「他者が踊っている映像を見る」ケースでは「movement に着目」或いは「aura に着目」と指示されても、同じように広い範囲で脳活動が生起しており、2 つの見方における脳活動が類似しており、このことは、<他者の踊りを見る>場合にはインストラクションのみで脳機能のストラテジーをコントロールしきれないことを示唆しているといえる。

次に、NIRS による計測結果と振り返りとの照合結果から、舞踊の見方と脳活動の関係は以下のようによまとめられる。

1. 舞踊を見る際、①意志の力で見方をコントロールする傾向にある、②自分の動きをチェックし評価する傾向にある場合に、FT（前頭側頭部）の脳活動が活発になる。
2. 舞踊を見る際、①動きの感じや印象をとらえている ②イメージしている、考えている③間、リズム、流れといった時間要因を感じとっている場合に、FP（前頭極）の脳活動が活発になる。
3. 舞踊を見る際、身体部位や個々の動きに着目して自分でも動かさないまでも、その動きを体でなぞっている場合に、M（運動野とその前部）の脳活動が活発になる。

脳の活動は個人差が大きく、今回の 4 人の被験者の計測結果にも個人差が現れたが、ある傾向はみることができたといえよう。今後、被験者を増やして計測を積み重ねることによって、脳活動を踊りの見方の指標にするということも可能になるのではないかと考える。

¹ 柴, 渡辺, 河村他「近赤外線光トポグラフィを用いた舞踊行動中の脳機能計測」第 60 回舞踊学会大会, 2008.

P4-1 脳血液量変化と心拍数変化に基づく ALS 患者の意思判定

東京女子大学 渡部唯、内藤正美、塩原理絵子
日立製作所 小澤邦昭、木戸邦彦、伊藤嘉敏
エクセル オブ メカトロニクス(株) 金澤恒雄

はじめに

我々は、近赤外光を用いて重度の ALS 患者とコミュニケーションをとる装置を開発している[1]。問い掛けに対する Yes/No の意思を判定する装置であり、患者は、答が Yes であればタスク期間に暗算をするなど脳活動を活性化させる。それに伴う脳血液量の変動を近赤外光で計測する。現在の装置では、意思の判定に、脳血液量の自発的な揺らぎである 10 秒揺らぎを利用している。答が No でタスク期間も安静を保つ場合、この 10 秒揺らぎが観測され、検出光は小振幅で何度も振動する。一方、答が Yes の場合、この揺らぎが意識的な脳活動にマスクされ、検出信号が大きく変化すると共に揺らぎが減る。現在の装置は、この差異を基に患者の意思を判定する。

このような 10 秒揺らぎを用いると、判定に数回の揺らぎを必要とするので、判定時間として 30 秒程度の時間がかかる。本報告は、意思の判定正答率を損なわずに判定時間を短縮するための一つの試みである。判定時間を短縮するために、短時間で検出できる脳血液変化高を判定変数にすると共に、それだけでは判定の精度が落ちるので、心拍数の変化高も判定変数とし、脳血液量変化・心拍数変化の 2 変数による意思判定の可能性を検討する。

装置と解析方法

【計測方法】 波長 840nm 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、前頭皮質に光を照射すると共に額からの戻り光量を計測する。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】 心拍数の抽出は、以下のようにする[2]。計測した光信号は脳血液量の変動と共に心拍も含むので、帯域通過フィルタにより、そこから心拍を取り出す。それに対して、ヒルベルト変換により瞬時位相 $\phi(t)$ を求める。これにより、瞬時心拍数が $f(t) = \dot{\phi}(t)/2\pi$ として求まる。光量変化、心拍数変化とも、タスク期間の前後数秒間のデータを最小二乗で直線近似してベースラインとし、それを基準とした変化を応答とする。

結果

図 1 に結果の例を示す。横軸は戻り光量の変化高であり、脳血液量が多いほど値が小さい。(A) は重度ではあるが TLS (完全閉じ込め状態) ではない被験者での例、(B) は TLS にある被験者での例である。これらの例では、どちらも心拍数応答により Yes と No が分かれる。TLS でない被験者では、このように Yes 群/No 群が分かれるケースが多い。一方 TLS の被験者では明確に分かれるケースが少ない。しかし、試行平均には有意に差が出る場合が多く、一回の試行で差異をどう取りだすか、課題は大きい。

参考文献

- [1] Naito, Michioka, Ozawa, Ito, Kiguchi, Kanazawa, IEICE Trans. Inf. & Syst., E90-D, 1028-1037 (2007).
- [2] 内藤、小澤、金澤、道岡、伊藤、柳田、第 5 回光脳機能イメージング研究会 (2006)。

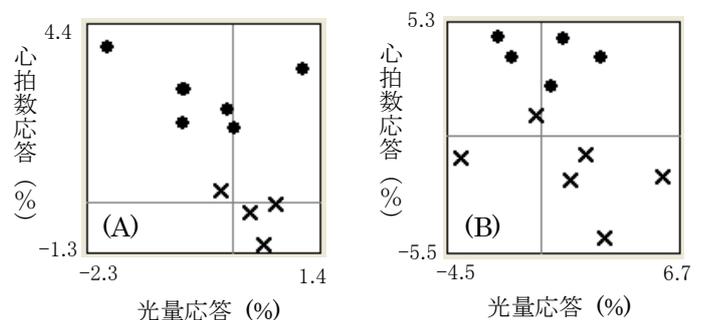


図1. 光量応答と心拍数応答。●:Yes、×:No

P4-2 作業活動の教授方法の違いによる脳賦活の様相

藤岡 崇^{1),2)}, 谷口 敬道^{2),3)}, 平野 大輔^{2),4)}, 武田 湖太郎^{5),6)}

1) 鹿沼病院, 2) 国際医療福祉大学大学院医療福祉学研究科, 3) 国際医療福祉大学保健医療学部作業療法学科, 4) 国際医療福祉リハビリテーションセンターなす療育園, 5) 国際医療福祉大学病院神経内科, 6) 科学技術振興機構 CREST

I. 緒言

精神科作業療法では統合失調症患者を対象とすることが多い。作業療法において、編み物やビーズ細工などの手工芸を治療媒体として用いる場合は、作品作りにおける他者との関わりを通じた問題解決や対人交流などの社会生活技能の向上、作ることによる注意や思考、計画、判断など認知機能への働きかけを目的に行う。また、余暇の充実や現実的時間の獲得による生活リズム、日常生活動作の改善などその目的は多岐にわたる。そのため、作業療法士は様々な手工芸種目を対象者の病態や嗜好に合わせて個別に選択し、介入方法も含めて検討する必要がある。介入方法の一つである教授方法の違いを把握することは、介入方法を選定する上で重要な知見となると考えられるが、手工芸の教授方法の違いによる脳賦活を検討した報告はみられない。そこで本研究では、統合失調症患者に適した教授方法を検討することを目的に健常成人を対象とした NIRS 計測を行ったので報告する。

II. 方法

麻紐編みの経験の無い健常成人 8 名を対象として近赤外分光法 (ETG-4000, 日立メディコ) による計測を行った。近赤外光照射プローブと受光プローブを Fp1 と Fp2 を覆うように前頭部に配置し 13 チャンネルの同時計測を行った。編み方の教授方法の違いによる脳賦活の様相を確認するため、完成見本をもとに編み方を考える「思考錯誤課題」と、見本を用いて編み方の手順の説明を受ける「手ほどき課題」の 2 課題を思考条件として設定しそれぞれ計測を行った。時間経過は 27 秒間の安静条件を挟んで 15 秒の思考条件 3 回と 30 秒の実施条件 1 回を 1 施行とし、5 施行繰り返した。安静条件は点滅光の注視とし、実施条件は編み方の理解を確認するため見本と同じように編むこととした。1 秒間の移動平均処理と加算平均処理を行い、各課題の思考条件中に有意な酸素化ヘモグロビン濃度長の増加が認められたチャンネルを賦活したチャンネルとし、「試行錯誤課題」、「手ほどき課題 (手順理解前)」、「手ほどき課題 (手順理解後)」の賦活領域を比較した。

III. 結果

被験者 8 名の賦活したチャンネル数の平均において、「手ほどき課題」の手順理解前後 (理解前: 6.6 ± 3.4 , 理解後: 5.3 ± 3.2) は「思考錯誤課題」 (1.1 ± 1.3) に比べ賦活したチャンネル数が多く有意差が認められた ($p < 0.05$)。「手ほどき課題」の手順理解前後においては有意差が認められなかった ($p = 0.64$)。

IV. 考察

統合失調症患者に報告されている神経心理検査課題の成績低下と前頭葉の血流低下は、検査課題を繰り返す介入などにより、課題成績に加えて血流低下も改善させることができたと報告されている。本研究の結果は、作業療法における手工芸を用いた介入のなかで脳賦活を高めるための介入方法として応用できると考える。その際、思考錯誤させるよりも手順を具体的に示す介入が適していると考えられる。今後、統合失調症患者の臨床への応用を検討していくために健常者における教授方法の違いによる脳賦活の様相を更に明らかにし、その結果を統合失調症患者の計測により確認していくことが必要となる。

P4-3 経頭蓋直流電気刺激が皮質血流動態に与える影響

日本医科大学千葉北総病院リハビリテーション科
荻野 拓也, 正能 千明, 小塚 和豊, 原 行弘 (MD)

【背景・目的】

近年、経頭蓋直流電気刺激 (transcranial direct current stimulation:tDCS) は非侵襲的に運動野興奮性を変化させ、大脳皮質の可塑性を促進させる皮質刺激法として注目されている。臨床応用では脳卒中後のリハビリテーションにおいて tDCS と随意運動課題を組み合わせた介入効果が報告されている (Schlaug, 2008)。しかしながら tDCS の神経生理学的効果は安静時の運動誘発電位による測定のみであり、tDCS が随意運動時に与える神経生理学的効果については示されていない。そこで今回、我々は近赤外分光法 (fNIRS) を用い tDCS が随意運動時の皮質脳血流動態に与える影響について比較検討した。

【方法・解析】

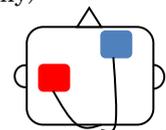
対象：健常者 7 名 (平均年齢 31.2 ± 3.3 歳)
運動課題：右手による 50%MVC でのピンチ動作 (ピンチ力計使用)
装置設定：

fNIRS

装置：日立メディコ製 ETG-4000
測定部位：国際 10-20 法に基づき C3 を中心に 12ch を配置
測定指標：酸素化ヘモグロビン (OxyHb)

tDCS

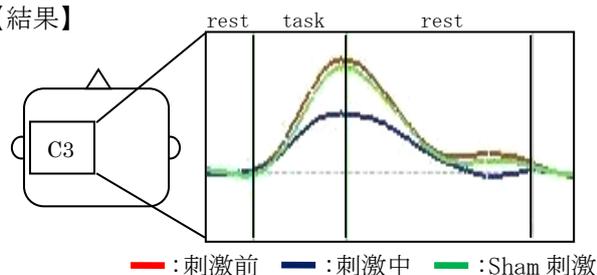
装置：neuroConn (Ilmenau, Germany)
刺激部位：陽極電極—左運動野 (C3)
陰極電極—右眼窩上前額部
刺激強度：1mA 刺激時間：5 分間



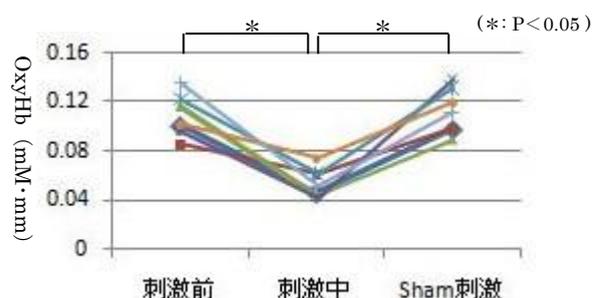
プロトコル：Block design にてタスクサイクルは安静 30 秒—運動課題 10 秒を 1 サイクルとして 5 サイクルを実施。プロトコルは tDCS による刺激前・刺激中・Sham 刺激の各条件にて実施した。

解析：C3 領域に関わる 4 チャンネル (ch4, 6, 7, 9) を関心領域とし、得られた波形から線形のトレンド成分を除去し、5 秒間の移動平均処理後、タスク毎に加算平均を行った。このデータをもとに各条件間で比較検討した。統計処理 (SPSS 14.0) には反復測定一元配置分散分析を用い事後検定 Tukey 法 (有意水準 5%) にて行った。

【結果】



[Fig. 1. 各条件における OxyHb 平均波形 (ch4)]



[Fig. 2. 各条件間における OxyHb 変化値]

tDCS 刺激中の随意運動課題では全被験者において刺激前、Sham 刺激に対して OxyHb 値低下の傾向が認められた (Fig. 1, 2)。また、統計的解析 (Fig. 2) では刺激中の OxyHb 値は刺激前、Sham 刺激に比べ有意な低下が認められた ($P < 0.05$)。

【考察】

神経細胞での電気的活動は活動電位を反映する成分とシナプス活動を反映する成分から構成されるが、血流反応には双方の成分の関与が報告されている。tDCS は皮質の介在ニューロンの静止膜電位を変調させることで活動電位の発生効率を高め、さらにシナプス伝達効率を高める作用を有する (Nitsche, 2003)。

tDCS 刺激中の随意運動において脳血流量の低下を示したことは、上記の作用機序により随意運動に伴う神経活性効率が促進され、神経活性に必要なエネルギー消費が減少したことを反映していると推察された。本研究では tDCS の即時的な効果が示されたが、今後は長期増強などの神経可塑性に対する tDCS の長期的効果や tDCS が脳卒中後の神経可塑性にどのように寄与するのか更に検討を重ねていきたい。

P4-4 近赤外線スペクトロスコピー (NIRS) を用いた正常圧水頭症における CSF tap test による脳血流変化の検討

疇地道代、岩瀬真生、池澤浩二、カヌエトレオニデス、高橋秀俊、石井良平、山本大介、杉山博通、和田民樹、高屋雅彦、木藤友実子、吉田哲彦、野村慶子、上甲統子、徳永博正、數井裕光、武田雅俊

大阪大学大学院 医学系研究科 精神医学教室

【目的】正常圧水頭症 (NPH) の診断及び治療方針を立てる上で、現在は髄液排除による症状の変化の有無を重視している。しかし症状の変化の判定は主観に頼ることが多く、正確な評価ができていないか、改善の余地が残る。そして客観的な検査によって髄液排除の効果を判定する方法の確立が必要とされている。そこで今回我々は、近赤外線スペクトロスコピー (near-infrared spectroscopy: NIRS) と症状評価を併用し、髄液排除の効果を評価する方法の確立を目指して本研究を行った。さらに、従来の NIRS 装置では相対値しか測定できないが、近年開発された時間分解分光システム (time-resolved spectroscopy: TRS) での絶対値測定も試みた。

【方法】①正常圧水頭症患者 8 名に対し、2 チャンネル NIRS 装置 (浜松ホトニクス社製 NIRO-200) を用い、Probe は EEG 測定国際 10/20 法で Fp1、Fp2 の位置に受光部 (受光部から Fp1-F7、Fp2-F8 ライン上の 4cm 外側に射光部が位置する) を装着した。②正常圧水頭症患者 2 名に対し、TRS 装置 (同社製、TRS-10) を用い、Probe は EEG 測定国際 10/20 法で Fp2-F8 の位置に装着した。

手順；被験者を左側臥位の姿勢とし、髄液排除開始時から髄液排除終了時までの、左右あるいは右前頭前野の血流量変化を計測した。①酸素化ヘモグロビン変化量 ($\Delta[\text{oxy-Hb}]$) と組織ヘモグロビン指標 (nTHI)、②酸素化ヘモグロビン変化量 ($\Delta[\text{oxy-Hb}]$) と光路長 (path length; PL) に注目した。患者には安静の協力を求めた。検査中は測定中に生じるアーチファクトを解析時に確認できるように、リアルタイムでビデオ録画を行った。

【結果】①髄液排除による除圧に伴い、 $\Delta[\text{oxy-Hb}]$ と nTHI が上昇する傾向が認められた。その傾向は、臨床症状で CSF tap test 陽性と判断された 6 例で特に顕著であった。②髄液排除による除圧に伴い、 $[\text{oxy-Hb}]$ と PL の変化が認められた。

【考察】髄液排除中の NIRS 測定で頭蓋内圧の変化とともに $\Delta[\text{oxy-Hb}]$ の上昇がみられたことより、髄液排除中に血流が変化することが示唆された。

NIRS が簡便に非侵襲で測定できる特性を活かして、NPH の補助診断法として応用できる可能性が示唆された。今後は CSF tap test 陽性となり治療 (シャント術) につながる症例を追跡し、シャント術の効果予測にも応用しうるか検討されることが望まれる。

P4-5 等尺性膝伸展運動時の fNIRS 計測における頭皮皮膚血流の影響

森田 伸¹⁾, 日下 隆²⁾, 山田英司¹⁾, 有馬信男¹⁾, 山本哲司^{1),3)}

1) 香川大学医学部附属病院リハビリテーション部 2) 香川大学医学部附属病院総合周産期母子医療センター 3) 香川大学医学部整形外科

はじめに

fNIRS(functional near infrared spectroscopy)は近赤外分光が通過する全組織中の酸素代謝や血液循環を反映しており、fNIRS 計測の影響として心拍動、呼吸、血圧のリズムや脳以外の組織である頭皮の血流などが挙げられている。本研究では、運動強度が異なる等尺性膝伸展運動時の fNIRS 計測において、頭皮の皮膚血流が与える影響について検討した。

対象と方法

対象は健常成人男性 8 名(年齢 26 - 33 歳)であり、事前に本研究の趣旨を説明し参加の同意を得た。

等尺性膝伸展運動は、右側に対して CYBEX NORM™ を使用し坐位(膝関節屈曲 60° 位)にて行い、運動条件は膝関節屈曲 60° 位での安静(以下, rest), 最大等尺性筋力の 30%(以下, 30%MVC), 最大等尺性筋力(以下, MVC)の 3 条件とした。脳組織酸素化状態の測定は近赤外光イメージング装置(OMM-3000, 島津製作所)を使用し、プローベを国際 10-20 法に基づいて感覚運動野領域を覆うよう 17 チャンネル配置した(投光受光部間距離は 3cm)。各条件において安静 15 秒-運動 5 秒-安静 15 秒の課題を 3 セット連続で行い、酸素化ヘモグロビン(oxyHb)を加算平均した。頭皮の皮膚血流はレーザー血流計(ALF21F, ADVANCE 社製)を使用し、各条件の施行と同時に前額部の皮膚組織血流量を計測、3 セット加算平均値を算出した。そして、各条件の運動 5 秒間において対側運動感覚野下肢領域に最も近いと想定されるチャンネルの oxyHb(最大値)および皮膚組織血流量(最大値)を一元配置分散分析および多重比較にて比較、検討した。また 30%MVC, MVC において oxyHb と皮膚組織血流量が運動開始から最大値に達するまでの時間を対応のある t 検定にて比較、検討した。

結果と考察

運動 5 秒間における対側感覚運動野下肢領域の oxyHb および前額部の皮膚組織血流量は、rest, 30%MVC と比べ MVC で有意に増加した。MVC において oxyHb と前額部の皮膚組織血流量が最大値に達するまでの時間(sec)は皮膚組織血流量(4.5±0.3)より oxyHb(3.7±0.7)で有意に短かった。運動強度が強い MVC において運動開始とともに oxyHb が一過性に増加し、また頭皮の皮膚組織血流量は運動負荷中漸増した。両者の最大値に達するまでの時間、さらに増加の変動も異なることから、fNIRS 計測における頭皮皮膚血流の影響は小さいものであると考えられた。

P4-6 光トポグラフィーによる Brain-Machine Interface を応用した筋刺激リハビリテーションシステム

- 1 日本大学医学部 脳神経外科学系神経外科学分野
- 2 日本大学医学部 脳神経外科学系光量子脳工学分野

永岡右章¹、江里口 隆¹、片桐彰久¹、横瀬憲明¹、栗野貴志¹、五十嵐崇浩¹、星野達哉¹、村田佳宏¹、酒谷 薫^{1,2}、片山容一¹

【背景】近赤外光スペクトロスコーピー(NIRS)は、非侵襲性、簡便性・可搬性、優れた時間分解能など、多くの長所を有している。近年、NIRS のこうした特徴に注目し、種々の Brain- Machine Interface (BMI)システムへと応用する試みが行なわれるようになってきた。本研究の目的は、NIRS-BMI と連動して作動する筋刺激リハビリテーションシステムを開発することである。

【方法】4人の健常被検者(男性4名、平均年齢28.5才)を対象とした。右手の grasping task 及び右手の motor imagery task (grasping を想像する課題)を行い、マルチチャンネル NIRS (OMM-2000、島津製作所)を使用して左側一次運動野付近の脳血流変化を測定した。そして、タスク時に一定以上の酸素化ヘモグロビン上昇が観測されている間、上腕二頭筋に経皮的電気刺激装置より電気刺激(50Hz)を加え、肘関節屈曲運動を誘発することを試みた。

【結果】single trial (加算平均無し)での酸素化ヘモグロビン上昇の平均検出精度は、grasping task では100%、また motor imagery task では61.5%であった。また、全ての被検者において上腕二頭筋の電気刺激により肘関節の屈曲運動が誘発されたが、特記すべき有害事象は認めなかった。

【考察】本研究の結果は、NIRS-BMI と連動した筋刺激システムは非侵襲的かつ安全であることを示している。今後、本システムは脳卒中後遺症による片麻痺などを有する患者のリハビリテーションにも応用可能と考えられる。

【keyword】 脳卒中後遺症、リハビリテーション、非侵襲的 BMI

P4-7 光トポグラフィ装置を用いた無侵襲言語優位半球の同定法について ～Wada test との比較～

山口大学医学部 脳神経外科 丸田雄一、藤井正美、野村貞宏、井本浩哉、岡史朗、出口誠、吉川功一、末廣栄一、米田浩、石原秀行、梶原浩司、加藤祥一、鈴木倫保

はじめに：

光トポグラフィ装置は、2波長の近赤外線分光法に基づくオキシヘモグロビン、デオキシヘモグロビンおよび総ヘモグロビンの変化を検出する装置である。本装置の利用により脳皮質血液量の変化を無侵襲かつリアルタイムに2次元動画像で表示することが可能となった。今回、我々は当院脳神経外科にて、無侵襲性言語優位半球同定法として臨床応用している光トポグラフィ法と、従来から行われている侵襲性言語優位半球決定法であるWada testの結果との一致状況と本法における注意点を示し、その有用性について報告する。

対象および方法：

対象は当院にて脳外科手術施行した患者7例（動脈瘤2例、脳腫瘍4例、脳動静脈奇形1例）、年齢は38歳から80歳、平均年齢は62.1歳、男性4例、女性3例である。方法は、パソコンを用いて定常課題の絵を30秒間提示し、模写を行った後に、標的課題である任意の一文字の提示による15秒の単語想起記述を行う課題を5回繰り返した。ただし、任意の1文字はその都度変えた。課題提示中の脳活動は日立メディコ社製光トポグラフィ装置 ETG 7000にて記録し、定常課題時と標的課題時のintegral解析を行った。

さらに、12種のROI（関心領域）を設定し、LI（Laterality Index）に基づいて優位半球を決定し、Wada testの結果との比較により有効な関心領域の決定を行った。

結果：

光トポグラフィによる結果は、左側優位5例、右側優位2例、判定不能0例であった。一方、Wada testの結果は左側優位6例、右側優位1例であった。

考察：

光トポグラフィとWada testの一致率は、86%(6/7例)であった。乖離のみられた1例では、脳動静脈奇形が右前頭側頭付近に存在していた。このことから、不一致の原因として、病変部位の血行動態が通常と異なる点に起因するものと考えられた。また、同様に右中大脳動脈瘤を有した1例についても判定に苦慮した。以上より判定に際しては中大脳動脈領域の病変の有無を考慮する必要があると考えられた。

まとめ：

本検査法は言語優位半球の同定法として十分に臨床応用が可能と考えられる。しかし中大脳動脈領域に病変を有する症例では異常な血流変化を捉える可能性があるため、優位半球の決定は慎重に行う必要がある。