

第16回 一般社団法人 日本光脳機能イメージング学会 研究発表会

【開催日時】 2013年7月20日(土) 10時00分～18時00分

【開催場所】 星陵会館(東京都千代田区永田町2-16-2) 地下鉄永田町駅 徒歩3分
<http://www.seiryokai.org/kaikan.html>

【研究発表会参加費】 : 一般 3,000円, 学生 2,000円.

【懇親会参加費】 : 1,000円 (星陵会館4階 レストランにて立食形式)

第16回 大会長 : 渥美 義賢 (国立特殊教育総合研究所)
理事長 : 渡辺 英寿 (自治医科大学)
副理事長(事務局代表) : 酒谷 薫 (日本大学)
E-Mail: jofbis@gmail.com

第 16 回 日本光脳機能イメージング学会 研究発表会プログラム

【プログラム】

- 10:00-10:05 開会挨拶 副理事長 酒谷 薫
- 10:05-12:30 シンポジウム (発表20分 質疑5分 25分/人) 座長：酒谷 薫
社会に貢献する脳光計測技術の確立とその取組みについて (医療への応用を見据えて)
- 1) ニューロリハビリテーションへの適用の現状
宮井一郎 (森之宮病院)
 - 2) 新生児領域における臨床応用の現状
日下 隆 (香川大学医学部 小児科学講座)
 - 3) 精神疾患診療への応用の経験から学んだこと
福田正人 (群馬大学 医学部)
 - 4) 光計測における皮膚血流の影響評価について
木口雅史 (日立製作所 中央研究所)
- 総合討論 (45分)
- 12:30-13:20 昼食
- 13:20-14:00 大会長講演 発達障害の脳機能とNIRSの可能性 座長：福田 正人
渥美義賢 (国立特殊教育総合研究所)
- 14:00-14:40 特別講演 光計測の発展に向けて 座長：渥美 義賢
小泉英明 (日立製作所)
- 14:40-14:50 休憩
- 14:50-15:40 一般演題 口演 4題 座長：渥美 義賢
(講演 9分 質疑 3分)
- 15:40-15:50 閉会挨拶 - 休憩
- 16:00-17:00 一般演題 ポスター
- P1: 11題 座長：山田 幸生
P2: 12題 座長：灰田 宗孝
- ポスター前にて説明 3分、質疑 2分、計 5分 (同時進行)
- 18:00 ポスター撤収
- 17:15-19:00 懇親会

一般演題 口 演

0-1 NIRS 信号の特徴平面における評価手法の提案

柳澤一機, 綱島均 (日本大学生産工学部), 酒谷薫 (日本大学工学部電気電子工学科, 医学部脳神経外科)

0-2 「頭皮血流アーチファクト除去を組み込んだ階層ベイズ拡散光トモグラフィ - ヒト実験への適用」

演者名: 山下 宙人¹⁾ 下川文明¹⁾, 愛須亮太¹⁾ 小阪卓史¹⁾,
網田孝司²⁾, 井上芳浩²⁾, 佐藤雅昭¹⁾

所属: 1) ATR 脳情報解析研究所、2) (株)島津製作所 医用機器事業部技術部

0-3 Influences of Blood Flow Changes in Cerebrospinal Fluid and Skin Layers on Optical Mapping

Shuping Wang¹, Yoko Hoshi², and Yukio Yamada¹

¹University of Electro-Communications ²Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science
wang@ymdlab.mce.uec.ac.jp

0-4 簡易型 fNIRS を用いて行った競技かるたにおける選手の脳の反応解析

津久井勤¹⁾、森田真央¹⁾、小林好真¹⁾、栗田太作²⁾、灰田宗孝²⁾

1) (社) 全日本かるた協会 2) 東海大学

一般演題

ポスター 1

P1-1 脳波ERPとNIRSデータを用いたワーキングメモリ課題の難易度評価手法の検討

稲生 楽, 立石 知佳子, 澤井 浩子, 小山 恵美
京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科

P1-2 脳血液量・心拍の振動数変化を利用した意思伝達方法の提案

東京女子大学 小澤邦昭、仙石淳子、内藤正美、(株)日立製作所 小幡亜希子、木戸邦彦、
エクセル オブ メカトロニクス(株) 尾形勇、金澤恒雄

P1-3 ICA を用いた fNIRS Raw Data の脈波解析

大山哲司 ビー・アール・システムズ(株) 川口文男 (株)スペクトラテック

P1-4 NIRS-BCI のためのロボット制御インターフェースの開発

中村のぞみ⁽¹⁾ 若井翔平⁽²⁾ 柳澤一機⁽¹⁾ 綱島均⁽¹⁾

(1) 日本大学生産工学部 (2) 日本大学大学院生産工学研究科

P1-4 NIRS-BCI のためのロボット制御インターフェースの開発

中村のぞみ⁽¹⁾ 若井翔平⁽²⁾ 柳澤一機⁽¹⁾ 綱島均⁽¹⁾

(1) 日本大学生産工学部 (2) 日本大学大学院生産工学研究科

- P1-5 「頭皮血流アーチファクト除去を組み込んだ階層ベイズ拡散光トモグラフィ
—シミュレーションによる精度検証」
下川丈明¹⁾、小阪卓史¹⁾、山下宙人¹⁾、廣江総雄¹⁾、網田孝司²⁾、井上芳浩²⁾、佐藤雅昭¹⁾
1) ATR 脳情報解析研究所、2) (株)島津製作所 医用機器事業部技術部
- P1-6 マルチディスタンス計測機能の技術紹介 ～深部・浅部血流成分の分離
荻原誠¹⁾、川崎真護¹⁾、舟根司²⁾、木口雅史²⁾
(1)株式会社日立メディコ 応用機器開発室 (2)株式会社日立製作所 中央研究所
- P1-7 短距離プローブを使用した fNIRS 信号に含まれる頭皮血流のグローバルな影響の低減
佐藤 貴紀¹⁾、武田 湖太郎^{2, 3)}、南部 功夫¹⁾、相原 孝次³⁾、山下 宙人⁴⁾、井上 芳浩⁵⁾、
大高 洋平^{3, 6, 7)}、和田 安弘¹⁾、川人 光男³⁾、佐藤 雅昭⁴⁾、大須 理英子³⁾
¹長岡技術科学大学、²国立病院機構村山医療センター臨床研究センター、³ ATR 脳情報研究所、
⁴ ATR 脳情報解析研究所、⁵島津製作所 医用機器事業部 技術部、⁶東京湾岸リハビリテーション
病院、⁷慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室
- P1-8 NIRS 計測のための表層血流雑音抑制空間フィルタの効果について
浅側頭動脈圧迫による実験
古山敦基¹⁾、藤井麻美子²⁾
¹上智大学 理工学研究科理工学専攻²上智大学 理工学部情報理工学科
- P1-9 NIRS もしくは EEG を用いた、弓道行射中の脳活動記録
大塚長*¹⁾、名倉美紗子²⁾、奥村 哲^{1, 2)}
静岡理工科大学大学院理工学研究科¹⁾、総合情報学部人間情報デザイン学科²⁾
- P1-10 色彩及び匂いが脳賦活に与える影響
柏倉健一、栗原明日香、木村友香、金山梨紗、日比野真弓
群馬県立県民健康科学大学診療放射線学部
- P1-11 音環境が数字記憶課題の成績と脳血流変化に及ぼす影響と男女差の検討
將積 彩芽、山本 詩子、廣安 知之

ポスター 2

- P2-1 広視野角へのオプティカルフロー入力に伴う後頭葉と頭頂葉の反応について
—広視野角環境を利用した探索課題提示方法の検討—
埼玉県総合リハビリテーションセンター
作業療法科 赤間公一 神経内科 市川 忠
- P2-2 バランスエクササイズ前後での脳血流動態の変化 —光トポグラフィーによる検討—
下池まゆみ¹⁾、市川忠²⁾、笠井健治¹⁾、西尾尚倫¹⁾
1)埼玉県総合リハビリテーションセンター リハビリテーション部 理学療法科
2)埼玉県総合リハビリテーションセンター 神経内科

P2-3 自己と他者の歩行観察における脳活動の違い

瀧上健^{1,2)} 津田宏次朗³⁾ 涌本瞳⁴⁾ 森岡周¹⁾

- 1) 畿央大学大学院 健康科学研究科 神経リハビリテーション研究室
- 2) おおくまセントラル病院 リハビリテーション部
- 3) 兵庫医科大学病院 リハビリテーション部
- 4) 宮地病院 リハビリテーション科

P2-4 NIRS による発話時の脳賦活測定を試み

青木淳、Chu Shin Ying、越智景子、阿栄娜、森浩一

国立障害者リハビリテーションセンター研究所 感覚機能系障害研究部

P2-5 習熟度の異なる課題遂行時の脳血流変化 (第3報)^{1),2)}

— 復唱課題と復唱記銘課題を用いて —

坂藤嘉晃 埼玉県総合リハビリテーションセンター 言語聴覚科
市川 忠 埼玉県総合リハビリテーションセンター 神経内科

**P2-6 感情喚起写真刺激 (IAPS) による快—不快感情の視覚野皮質活動に及ぼす効果
: NIRS による検討**

堀口 (原) 涼子、望月 浩志、門馬 愛美、新井田 孝裕、靱負 正雄
国際医療福祉大学・保健医療学部・視機能療法学科

P2-7 情動刺激の認知的競合事態における前頭前野活動の特徴

— 近赤外スペクトロスコピーによる検討 —

片桐正敏、中川宗英、星野貴俊、松井三枝

富山大学大学院医学薬学研究部 (医学) 心理学教室

P2-8 裸眼立体視における訓練の進展に対する fNIRS を利用した脳血流変化の検討

早川 温子、山本 詩子、廣安 知之

P2-9 高齢女性の手芸活動が認知機能に与える影響 — 脳血流変化を用いた検討 —

藤本祐子¹⁾、森下友加里¹⁾、橋本令子²⁾、大森正子¹⁾

1) 神戸女子大学大学院 家政学研究科、2) 椋山女学園大学 生活科学部

P2-10 心的プレッシャー状況下におけるスピーチ課題中の前頭前野活動

○山内星子¹⁾・伊藤大幸²⁾・山中咲耶¹⁾・長尾大志¹⁾・岡田俊¹⁾・吉川徹³⁾・野邑健二¹⁾・金子一史¹⁾

¹⁾名古屋大学・²⁾浜松医科大学・³⁾愛知県心身障害者コロニー中央病院

キーワード: 心的プレッシャー・スピーチ課題・前頭前野活動

P2-11 EMDR (眼球運動による脱感作と再処理法) 適用中の脳血流の変化

— NIRS を用いた研究 —

大塚美菜子¹⁾・市井雅哉²⁾・金沢徹文³⁾・米田 博³⁾・上田英一郎⁴⁾

P2-12 心的プレッシャーによる手続き的スキルの阻害と前頭前野活動の関連

山中咲耶¹⁾・伊藤大幸²⁾・山内星子¹⁾・長尾大志¹⁾・岡田俊¹⁾・吉川徹³⁾・野邑健二¹⁾・金子一史¹⁾

¹⁾名古屋大学 ²⁾浜松医科大学 ³⁾愛知県心身障害者コロニー中央病院

第16回日本光脳機能イメージング研究会 抄録

社会に貢献する脳光計測技術の確立とその取組みについて（医療への応用を見据えて）

1) リハビリテーションへの適用の現状

社会医療法人大道会副理事長

森之宮病院院長代理 宮井 一郎

1. はじめに

脳卒中を中心とした脳損傷後に生じた機能障害に対するニューロリハビリテーション（リハ）は、麻痺肢の使用に伴った中枢神経系の可塑的变化と関連して、機能改善をもたらすことが明らかになった。Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS)には、日常生活動作場面や到達運動、歩行、バランス、リハ介入時などの動作時の大脳皮質活動をヘモグロビン酸素化に関連した信号を指標として評価できる利点がある。一方、fNIRSを医療現場で応用するにあたっては、連続光使用装置での光路長の問題やNeurovascular couplingの問題を考慮しつつ、その信号の意味を注意深く解釈する必要がある。神経リハでの使用にあたって、fMRIやPETなどでは設定できない課題を想定することや信号をbiomarkerととらえて運動評価や生理学的指標との関連づけること、PCAで皮膚血流の影響を減少させることなどで方法論的な限界を補う工夫が必要である。

2. 脳卒中後の機能回復の脳内機構解析

脳卒中後の運動機能回復の脳内機構の解析として、トレッドミル歩行時の大脳皮質のNIRS信号の変化を調べた。健常人と比較して空間的・時間的・量的な違いが生じ、神経障害のタイプ（片麻痺、小脳失調）や脳損傷部位と大きさに関連して、いくつかのパターンに分類されることが明らかになった(Miyai et al. NeuroImage 2001;14:1186-1192, Miyai et al. Ann Neurol 2002;52:188-194, Miyai et al. Stroke 2003;34:2866-2870, Suzuki et al. NeuroImage 2004;23:1020-26, Miyai et al. Exp Brain Res 2006;169:85-91, Mihara et al. NeuroImage 2007;37:1338-45)。バランス改善に関しても健常人、脳卒中患者に対する横断的・縦断的研究から前頭前野や補足運動野の関与が示唆されている(Mihara et al. NeuroImage, 2008;43:329-336, Mihara et al. NeuroReport 2012;23:314-319, Fujimoto et al. NeuroImage 2013, in press.)。

3. リハ介入としてのfNIRS

近年、脳波、fMRI、fNIRSなどから得られた脳活動に関連する生体信号をフィードバックして脳活動を修飾しようという試みがなされている。これらは脳機能解析ツールのリハ介入ツールへの進化ととらえることができる。例えば、運動想像によるリハに関して比較的多くの報告があるが、結果は一定しない。その原因の一つとして想像のパフォーマンスのモニタリングが難しいことがあげられる。その克服のために、MiharaらはfNIRSを用いて、手指の運動想像時の運動前野近傍のヘモグロビン信号をフィードバックし、増強するためのアルゴリズムを開発した(Mihara et al. PLoS One 2012;7: e32234.)。皮質下病変を有する脳卒中患者20例でRCTが行われ、ニューロフィードバックとリハ介入と組み合わせると、手指機能回復が促進されることが示された(Mihara et al. Stroke. 2013;44:1091-1098)。今後の問題としては、個々の患者において、そもそも目指すべき適応的な可塑的变化が何かという課題がある。そのためには改善に関連する脳活動を個々にデコードしたり、脳領域間の結合性を検出する試みもなされつつある。今後、臨床面での展開も期待される。

第 16 回 日本光脳機能イメージング学会（平成 25 年 7 月 20 日）

シンポジウム

（社会に貢献する脳光計測技術の確立とその取組みについて（医療への応用を見据えて）

演題名：新生児領域における臨床応用の現状

香川大学医学部小児科 日下 隆

新生児の頭部は、成人と比較し小さいため光が通過しやすく、頭皮、頭蓋骨、髄液などの層構造の測定値に与える影響が少ないため Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) の新生児集中治療室での臨床応用が容易である。これまでに NIRS は現在、新生児の脳機能評価や脳血流量、脳血液量、脳内 Hb 酸素飽和度の測定に応用され、脳を重視した治療に役立てることが出来る。特に時間分解分光法は測定が簡便で、従来不可能であった定量的測定が可能とあるため、ベットサイドでの新生児脳循環・酸素代謝を評価するために有用である。

新生児蘇生プログラムにおいては、新生児仮死に伴う低酸素性虚血性脳症(HIE)に対して、軽度低体温療法を施行することが推奨されているが、治療後の予後良好率は依然 50%程度であり、更なる予後改善の検討は重要である。この課題に関し検討すべき点は、1) 生後 6 時間以内の重症度分類と重症度に応じた治療戦略、2) 低体温療法と薬物および吸入ガス等の併用療法、3) これら治療効果および機序の解明、である。

現在の中樞神経障害の重症度評価は、生後早期の脳波評価が主に用いられており、低体温療法導入前に予後の予測が行える点で有用である。しかし現状での低体温療法の効果が制限されている理由として、脳波のみでの予後評価では中程度及び高度障害の判定が不十分で、どの程度の障害であれば低体温療法が最も効果的であるかの検討はなされていない。また重症例には更なる併用療法の検討も必要である。

現在までに我々は、新生仔豚 HIE モデル（負荷後 72 時間までの観察）を用いて、遅発性脳内エネルギー代謝障害の病態生理を検討し、興奮性アミノ酸の 2 次的上昇が大きい程エネルギー代謝障害が重度であり、また同時期には酸素代謝が低下し、障害程度が高度な場合は脳浮腫を主体とした脳循環障害が惹起され、この病態が更なる虚血障害を引き起こす事を報告した(Kusaka et al., *Pediatr Res* 2004, 2009)。さらに脳循環を指標とする負荷方法を開発し、長期生存可能な新生仔 HIE モデル作成に成功し、人工呼吸器から離脱させて負荷後 5 日まで観察可能とした(Nakamura et al., *Brain Dev*, 2013)。その検討により、蘇生後 6 時間までの脳波低振幅継続時間と脳血液量増加との間に正の相関を認め、低振幅期間が長く血液量増加が大きい程、予後不良であることを見出した。つまり生後早期の脳波が低振幅であっても、脳血液量増加が少なければ脳障害の程度は小さく、治療効果が十分に期待出来ると考えられた。近い将来には、予後良好群と不良群を精度良く検出し、遅発性脳内エネルギー代謝障害を防御する低体温療法と他の治療との組み合わせで、効果的な治療効果が期待される。

精神疾患への臨床応用の経験から学んだこと

群馬大学 大学院医学系研究科 神経精神医学 福田正人

■ 臨床応用についての基本的な考え方

光トポグラフィー検査の基礎である近赤外線スペクトロスコピー near-infrared spectroscopy (NIRS) は、散乱光を利用して生体表面からヘモグロビン濃度を測定するという原理にもとづく方法論である。そのため、空間分解能が低い、脳深部構造を対象としにくい、皮膚などの血流の影響を受けるなど、解決が困難なさまざまな限界がある。

臨床応用にあたっては、そうした制約を具体的に明らかにしたうえで、データの厳密性を追い求めることよりも、簡便性と非侵襲性や、自然な状態での測定という自由度などの利点を生かすことに重点を置くことが生産的と考えられる。超音波検査が厳密な定量性などの点で制約があっても、臨床検査として有用であることが例となろう。

■ 精神疾患についての先進医療

精神医療の分野において 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 2009 年に初めての先進医療に認められ、大学病院を中心とした 23 施設で実施されている。うつ状態を呈しており、ICD-10 の F2（統合失調症圏）や F3（気分障害圏）が疑われ、脳器質的疾患によるものではない場合に、鑑別診断を進めるうえでの補助検査としての利用が適応である。

名称が示すように、症状や病歴にもとづく臨床判断を確認したり見逃しに気づくための補助としての位置づけである。精神疾患のほとんどについて、診断や治療のための検査が皆無であるという現状を一步前進させるもので、研究として行なわれているさまざまなバイオマーカーを実用化する先例と理解できる。

■ 臨床応用に向けた取組み

臨床応用に向けての取組みで最初に必要となったことは、①簡便で短時間の検査法の確立、②得られたデータの標準的な解析法の開発、③それら検査法と解析法についての多施設での検討、であった。その結果は、『NIRS 波形の臨床判読—先進医療「うつ症状の光トポグラフィー検査」ガイドブック』（2011）と、多施設論文（Takizawa ら *NeuroImage in press*, N=673）としてまとめた。

これら検査法・解析法の普及と均霑化を進めるために、国立精神・神経医療研究センター (NCNP) において、④検査法についての「光トポグラフィー講習会」、⑤解析法についての「光トポグラフィー判読セミナー」、⑥先進医療実施施設を対象とした「光トポグラフィー検査先進医療セミナー」、⑦臨床検査技師の研修コース、を開催してきた。また ⑧学会でハンズオンセミナーも実施してきた。

■ 「正しい」理解の普及の必要性

先進医療は、制度的には「将来的な保険導入のための評価を行う」ことを目的とする評価療養のひとつで、新規薬物についての治験と同じ位置づけである。また先進医療の名称「鑑別診断補助」が示すように、問診を中心とした臨床的な判断の補助となるに過ぎない。この点は、身体疾患についての臨床検査と変わるところはない。

しかし検査を希望する患者や NIRS の専門家でない医療関係者は、どうしても検査結果に過大な期待を抱きがちである。したがって、こうした先進医療の役割、臨床検査の位置づけ、NIRS の原理的な限界についての正しい理解を広め、その範囲で臨床応用を進めていくことに努めてきている。

光計測における皮膚血流の影響評価について

(株) 日立製作所中央研究所 木口雅史

NIRS (Near infrared spectroscopy) 計測では、脳活動に起因する局所脳血流変化のほかに、頭皮皮膚血流変化や全身性血流変化が観測信号に含まれる。これまで、注目する脳活動信号のみを抽出するために、タスクデザイン、信号解析、およびハードウェアで様々な工夫がなされてきた。一般に、脳機能計測では、タスク同期成分を抽出したり、コントロールを適切にとることにより皮膚血流や全身性血流を差し引くタスクデザインが用いられる。更に、タスクデザインだけでは差し引けない場合に、独立成分解析などを用いて広域性の高い成分を除去することも行われる。この信号解析法では、皮膚血流信号と共に大脳皮質内の全身性信号が除去される。また、ハードウェアによる試みとしては、短い光源・検出器間距離を用いて皮膚血流のみを検出して、通常の観測信号から差し引く方法が一般的である。この一例である C-NIRS 法では、皮膚血流波形を原信号からできるだけ差し引き、残った信号を脳血流信号とみなす。そのため、皮膚血流波形と類似した脳血流信号も除去される。

我々は、NIRS 信号に含まれる皮膚血流成分を定量的に計測する技術として、MD-ICA (Multi-Distance Independent Component Analysis)法を開発した[1]。これは、皮膚血流信号振幅は光源・検出器間距離によらず一定であり、脳信号振幅は光源・検出器間距離に比例するという性質を用いて、皮膚血流成分を分離する新しい手法である。本手法の妥当性を検証するために、fMRI との同時計測を実施し、皮膚血流と脳血流が分離できることを確認した[2]。更に、MD-ICA 法を用いて、語流暢性課題、ワーキングメモリ課題、指タッピング課題、視覚刺激について、成人男性 14 名の活動中心における皮膚血流成分 (酸素化ヘモグロビン) の寄与率を計測したところ、それぞれ、0.35、0.40、0.28、0.38 という結果を得た。

【謝辞】 MD-ICA 法のファントム評価において、慶應大学工学部 岡田英史氏、産総研 谷川ゆかり氏にご協力頂きました。fMRI との同時計測は、東大医学部 笠井清登研究室と群馬大医学部 福田正人研究室との共同研究で実施しました。感謝の意を表します。

【参考文献】

1. Funane, Tsukasa, Atsumori, Hirokazu, Katura, Takusige, Obata, Akiko N., Sato, Hiroki, Tanikawa, Yukari, Okada, Eiji, Kiguchi, Masashi, "Quantitative evaluation of deep and shallow tissue layers' contribution to fNIRS signal using multi-distance optodes and independent component analysis," NeuroImage (2013) in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.02.026>
2. Tsukasa Funane, Hiroki Sato, Noriaki Yahata, Ryu Takizawa, Yukika Nishimura, Akihide Kinoshita, Takusige Katura, Hirokazu Atsumori, Masato Fukuda, Kiyoto Kasai, Hideaki Koizumi, and Masashi Kiguchi, "A NIRS-fMRI study for validation of a deep/shallow separation method with multi-distance optodes," OHBM (Seattle, 2013) 3635.

発達障害の脳機能と NIRS の可能性

国立特別支援教育総合研究所
渥美義賢

発達障害の定義は国によってまた領域によって様々であるが、我が国においては平成 17 年に施行された発達障害者支援法に定義されている広汎性発達障害と学習障害、注意欠陥多動性障害（政令・省令で拡大されているが）と考えるのが妥当と思われる。これらの 3 障害はいずれも症状発現の一時的な原因は脳機能の障害にあると想定されている。近年では、その脳機能障害の詳細についての研究が進んで多くのことが分かってきているものの、信頼性の低い報告があったり、相互に矛盾する報告があり等、発達障害の脳機能を的確かつ総合的に把握する過程は始まったばかりというのが現状と考えられる。

このような状況を踏まえ、発達障害の脳機能に関する研究において NIRS を活用する領域は広いことが推測される。NIRS には短所として、脳の表面の脳機能しか計測ができない、空間分解能が低いことがあげられる。一方で長所としては、計測が簡便、比較的自然的な状況で計測が可能、他の諸検査と同時計測が可能、等がある。

被験者としての発達障害のある子どもは、脳機能検査への協力が得にくいことも少なくないが、自然な環境に近い状況で検査ができる NIRS は研究の幅を広げる可能性がある。学習障害のある子どもについては、賦課する課題として実際の学習に近いものが望ましいが、例えば fMRI では与えられる課題がかなり限定されるが、NIRS では実際の学習に近い状況で実際の学習に近い課題を与えることが可能である。このような NIRS の長所を活かす研究としては以下のようなものが考えられる。脳の形態画像に関する研究では、VBM 等によって標準化された脳として白質と灰白質の加齢変化による所見が得られて来ており、DTI からは皮質間を連絡する神経繊維に関する所見が得られて来ている。その所見は、帯状回等の前頭葉内側面や大脳辺縁系のように NIRS での計測が不可能な脳の深部が多いものの、ミラーニューロンとの関連が推測されている前頭葉弁蓋部や側頭葉、頭頂葉等々の所見もあるため、NIRS で計測可能な部位も少なくない。TMS 等との同時計測が可能であることも新たな研究領域を開く可能性があるし、非接触で自然的な状況下で高精度の注視点が計測可能になっていることから、注意機能や認知機能と密接に関連している注視点記録との同時計測も大きな可能性があると考えられる。

光計測の発展に向けて

小泉英明

株式会社日立製作所 役員待遇フェロー

アリストテレスは人間の知の要素を互いに直交する3つの概念に分類した。「観照知」(テオリア)、「制作知」(ポイエーシス)、「実践知」(プラクシス)である。この概念は「脳を知る」「脳を創る」「脳を守る」として、日本の脳科学研究の基本的な構成に使用された。さらに、「脳を育む」という新たな概念が加えられたが、これは脳科学と教育 (Brain-Science & Education, or Brain-Science-Based Education) として、近年、世界の潮流となりつつある。「教育」にもアリストテレスの知の3要素が関わるが、中心概念は「制作知」(ポイエーシス)である。「学習」とは、環境(自己以外の全て)からの外部刺激によって中枢神経回路が造られる過程であり、「教育」は、この外部刺激を制御・補完し、学習を鼓舞する営みであるからだ。

人間の脳、さらに精神(心)を知ることは、人間自体を知ることと直結する。「我思う、故に我在り」(デカルト)や「人間は考える葦である」(パスカル)と言われてきたように、「思う」「考える」、すなわち「思考」するのは人間の脳にほかならない。

一方、新たな「知」を得るために、科学技術は必須である。人間の知の歴史を見ても、望遠鏡 (Telescope) の開発によって、天文学・物理学が発展した。さらに、顕微鏡 (Microscope) の開発によって、生物学・医学・化学が進展した。また、科学の進展によって、新しい情報通信技術 (ICT) が可能となった歴史がある。人間の精神を知るための非侵襲脳機能イメージング技術として、広義の精神鏡 (Mindscope) の開発が今後の課題である。これは、精神医学を含む精神科学、さらには哲学・倫理学・言語学を含む人文学、経済学を含む社会科学の進展に役立つことが期待される[1]。

光子との相互作用による電子遷移と振動回転遷移の狭間の波長域(800nm近傍)には、最大光吸収ピークをもつ自然物質は存在しない。この生体の透過窓領域の波長帯、そして酸素化・脱酸素化ヘモグロビンの光吸収裾野に存在する等吸収点近傍波長を利用する光トポグラフィ (Optical Topography) は、機能的磁気共鳴描画 (fMRI) と補完する関係にある。これも Mindscope としての機能の一端を果たす可能性がある[2]。

最近、哲学研究所や経済学研究所が非侵襲脳機能イメージングに関する国際会議を開催するようになってきた。さらにヘルスケアの分野で、「心の健康」に関する光脳機能イメージングは、特に先行して精神科臨床のフェーズへと入って来た。すでに精神病診断の補助として先進医療(厚生労働省)の中で地道な努力が進められている。一日も早い保険収載によって「心の健康」に大きく寄与することが望まれる[3-4]。

1. Koizumi, H. (2012). Brain-science and education in Japan. In S. Della Sala & M. Anderson, (Eds.), *Neuroscience in education*. Oxford, U.K.: Oxford University Press.
2. Koizumi, H. (2008). Developing the brain: A functional imaging approach to learning and educational sciences. In A. Battro, K. Fischer, & P. Lena (Eds.), *The educated brain*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
3. Takizawa, R., Fukuda, M., Kawasaki, M., Kasai, K., Mimura, M., Shenghong Pu, Noda, T., Niwa, S., Okazaki, Y. (2013). Neuroimaging-aided differential diagnosis of the depressive state, *NeuroImage*, in press.
4. Sato, H., Yahata, N., Funane, T., Takizawa, R., Katura, T., Atsumori, H., Nishimura, Y., Kinoshita, A., Kiguchi, M., Koizumi, H., Fukuda, M., Kasai, K. (2013), A NIRS-fMRI investigation of prefrontal cortex activity during a working memory task, *NeuroImage*, in press.

NIRS 信号の特徴平面における評価手法の提案

柳澤一機, 綱島均(日本大学生産工学部), 酒谷薫(日本大学工学部電気電子工学科, 医学部脳神経外科)

【はじめに】近年, NIRS による脳活動計測は, BCI (Brain Computer Interface) や精神疾患の診断補助など様々な分野で使用されている. しかし, NIRS 信号はその原理上, 相対変化の値であり, 信号の特徴を定量的に評価することが難しい. そこで, 本研究では, oxy-Hb 信号とその微分値から作成した特徴平面を用いて, NIRS 信号の特徴を評価する方法を提案する. ニューロフィードバック訓練時の NIRS 信号を対象に, 提案する評価方法の検討を行う.

【NIRS 信号の特徴平面】本研究では, oxy-Hb 信号とその微分値に注目する. oxy-Hb 信号の微分値は, タスクのワークロードと相関があることが確認されている¹⁾. 提案法では, oxy-Hb 信号とその微分値から特徴平面を作成し, タスク時とレスト時の特徴平面上の軌跡の分布から, NIRS 信号の評価を行う.

もし, タスク時とレスト時の脳活動パターンが大きく異なる場合, 特徴平面上ではタスクの軌跡とレストの軌跡が離れて表れる. 反対にタスクとレストの脳活動がほとんど変わらないような場合, 特徴平面上ではタスクとレストの軌跡が混在する. そこで, タスクとレストそれぞれの軌跡の分散 (特徴平面上の軌跡の広がり) と軌跡同士の重心間距離 (タスクとレストの軌跡同士の距離が離れているか) の 2 つの値に注目し, これらの値の比から分離度 (Separability) という指標を定義した²⁾.

【分離度による評価】提案した指標の有効性を示すために, 本研究では, 前頭前野を対象にしたニューロフィードバック訓練時の脳活動を対象に分離度による評価を行った. ニューロフィードバック訓練によって, 脳活動の随意制御性が向上した場合, タスク時とレスト時の脳活動パターンが大きく異なることが予想される. そのため, 訓練前と比較すると訓練後は分離度が上昇することが予想される. 訓練の前後の特徴平面と分離度を比較した結果を図 1 に示す. この結果から, 訓練前の特徴平面でタスクとレストの軌跡が混在しているとき (図 1 左図) と比較して, 訓練後のタスクとレストの軌跡が分離して存在する場合 (図 1 右図) に分離度が高くなることが確認できる. さらに, 図 2 に前頭前野の分離度の空間分布を示す. 訓練前と比較して, 訓練後に両側側部にて分離度が上昇しており, ニューロフィードバック訓練による脳活動の随意制御性の向上を分離度により評価可能であることが確認できる.

【まとめ】本研究では, oxy-Hb 信号とその微分値から作成した特徴平面に注目し, 特徴平面上の軌跡の分布から NIRS 信号の特徴を定量的に評価する指標を提案した. ニューロフィードバック訓練時の脳活動を対象に, 提案法の有効性を検証した結果, NIRS 信号の特徴を分離度により評価できることを確認した.

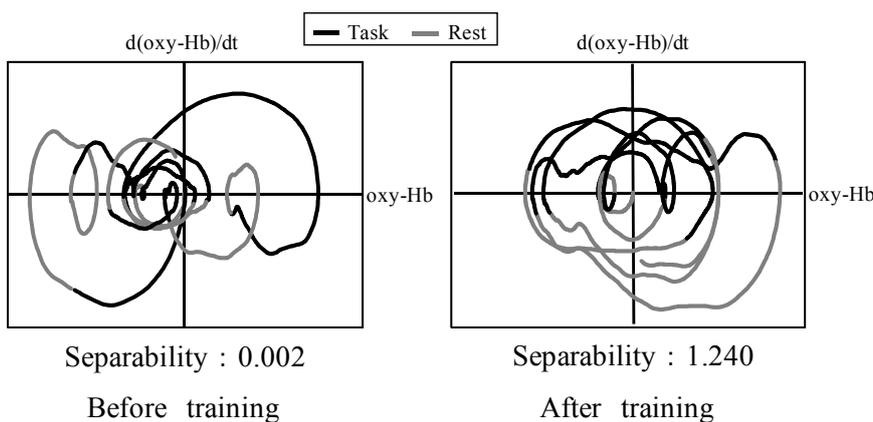


図 1 特徴平面と分離度

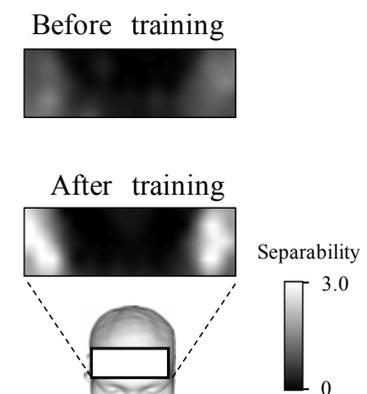


図 2 訓練による分離度の変化

- 参考文献**
- 1) 柳澤一機, 綱島均, 丸茂喜高, 広瀬悟, 清水俊之, 秦羅雅登, 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論文誌, Vol. 11, No. 2, pp.183-191 (2009)
 - 2) 柳澤一機, 澤井英幸, 綱島均, NIRS-BCI リハビリテーションシステムのための脳活動判定法, 日本機械学会論文集C編, Vol.79, No.797, pp.43-55 (2013)

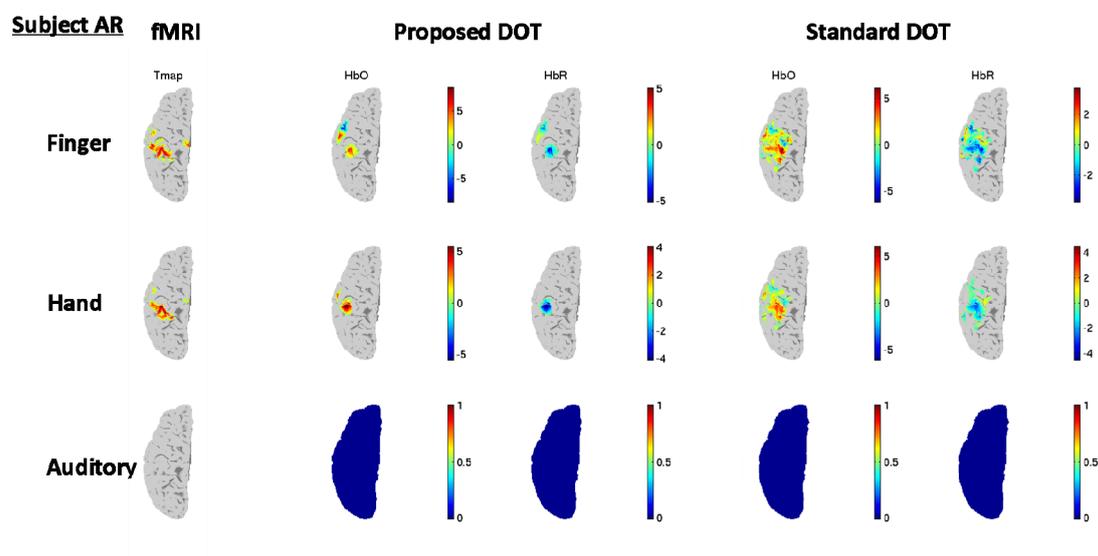
「頭皮血流アーチファクト除去を組み込んだ階層ベイズ拡散光トモグラフィ - ヒト実験への適用」

演者名： 山下 宙人 1) 下川文明 1), 愛須亮太 1) 小阪卓史 1),
網田孝司 2), 井上芳浩 2), 佐藤雅昭 1)

所属： 1) ATR 脳情報解析研究所、2) (株)島津製作所 医用機器事業部技術部

拡散光トモグラフィは多チャンネル NIRS の空間解像度を向上させ脳皮質上の活動を可視化する方法であり、NIRS の応用研究を基礎神経科学とつなげる役割を担うと期待される。我々のグループでは従来のアルゴリズムよりも空間解分解能と深さ推定の精度を向上させた階層ベイズモデルに基づく拡散光トモグラフィ再構成アルゴリズムを提案した。更に頭皮血流と皮質血流の違いをモデルに組みこんだアルゴリズムを開発し、ヒト脳機能計測に適用可能であることを昨年の光機能イメージング研究会において報告した。

昨年の報告では被験者 1 人 1 実験条件（右手ヒト差し指運動課題）と限定的なデータについて提案手法の有効性を示したが、複数の被験者・複数課題に対するより広範なデータに対する有効性は明らかでない。本研究では、右利きの被験者 12 人対して右手掌握運動・右ヒト差し指運動・運動無しの 3 つ条件下の脳活動を fMRI と高密度 NIRS で計測を行い拡散光トモグラフィ法を適用し、複数被験者・複数課題に対して手法の有効性を検討したので、その結果を報告する。



図：予備解析の結果（一被験者）。Proposed DOT：提案手法、Standard DOT：深さ感度補正最小二乗法。

Influences of Blood Flow Changes in Cerebrospinal Fluid and Skin Layers on Optical Mapping

Shuping Wang¹, Yoko Hoshi², and Yukio Yamada¹

¹University of Electro-Communications ²Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science

wang@ymdlab.mce.uec.ac.jp

1. Introduction

Optical mapping has been applied to image brain activation two-dimensionally along the head surface by detecting the intensity changes of light that passes through the brain.[1] In optical mapping for imaging brain activity, the effect of blood flow changes in superficial tissues such as the cerebrospinal fluid (CSF) and skin layers should be considered. However, it is difficult to know those changes in *in vivo* experiments. The purpose of this study is to investigate the influence of blood flow changes in the CSF and skin layers on mapping images by numerical simulations. Three-dimensional head models are constructed to calculate light propagation in the head.

2. Method of numerical simulation

Optical mapping uses the measured data of the differences in the optical density (OD) between the activated and rest states of brain, $\Delta OD(\lambda)$, which is given by eqn. (1),

$$\Delta OD(\lambda) = OD_a(\lambda) - OD_n(\lambda) = -\ln \frac{\Phi_a(\lambda)}{\Phi_n(\lambda)} \quad (1)$$

Where Φ is the measured light intensity, and the subscripts “a” and “n” indicate the activated and rest states, respectively. By use of the modified Beer-Lambert law, $\Delta OD(\lambda)$ is related to the concentration changes in the oxy- (Hb O₂) and deoxy-hemoglobin (Hb) as eqn. (2),

$$\Delta OD(\lambda) = \varepsilon_{HbO_2}(\lambda) \cdot \Delta C_{HbO_2} \cdot l + \varepsilon_{Hb}(\lambda) \cdot \Delta C_{Hb} \cdot l \quad (2)$$

where $\varepsilon(\lambda)$ is the molar extinction coefficient [mm-1mM-1], C is the molar concentration [mM], l is the effective pathlength [mm].

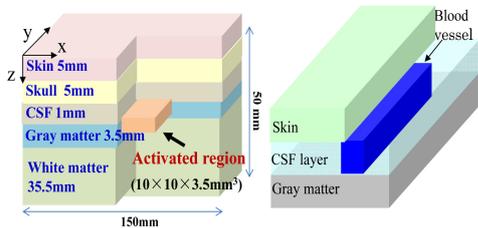


Fig.1. Models of human head with activated region, blood vessel in the CSF and blood flow changes in the skin.

We used models with no blood vessel in the CSF layer and with a 1mm-side square blood vessel having the absorption coefficient μ_a of 0.13 mm⁻¹ or 0.27 mm⁻¹ in the CSF layer as showed in Fig.1. Furthermore, to study how the blood flow changes in the skin layer influence the mapping images, we assume that the blood vessels are homogeneously distributed in the skin layer with a small volume fraction (f_B) and that the change in the blood flow

is represented by the changes in the f_B and blood oxygenation. Three cases are assumed; i.e., case (S1) where μ_a of the skin layers is 0.030 mm⁻¹ without the blood vessel, case (S2) where μ_a is 0.037 mm⁻¹ for a standard f_B of 10% and blood oxygen saturation (SO₂) of 70%, and case (S3) where μ_a is 0.046 mm⁻¹ for an increase in f_B to 18% with SO₂ of 81 % in the skin layer. [2]

3. Results

The simulation results to see the influence of blood vessel in the CSF layer show that the increases both the μ_a and size of the vessel in CSF layer decrease the value of ΔOD induced by brain activation.

Fig. 2. shows that the mapping images have a strong dependency on the change in the μ_a of the skin layer. The increase in μ_a of the skin layer increases the magnitude of ΔOD of the mapping images to brain activity in the gray matter.

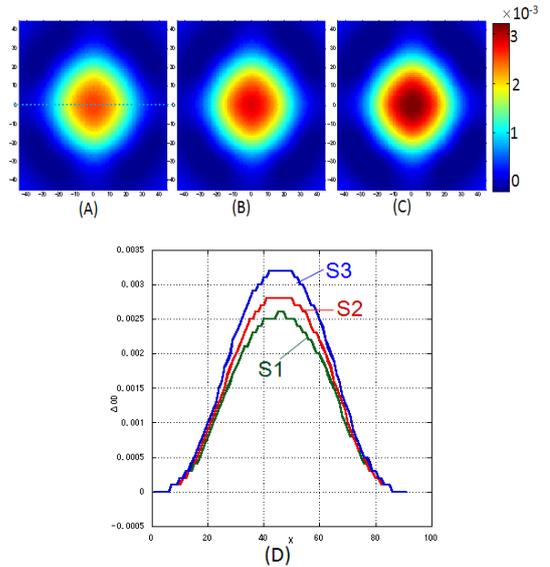


Fig.2. Influences of the change in μ_a of the skin layer. (A)case (S1) with $\mu_a = 0.030$ mm⁻¹, (B) case (S2) with $\mu_a = 0.037$ mm⁻¹, (C)case (S3) with $\mu_a = 0.046$ mm⁻¹, and (D) the lateral profiles of ΔOD for cases (S1), (S2) and (S3).

4. Conclusion

It is concluded that the increase in the blood volume fraction in the skin layer increases the magnitude of ΔOD of the mapping images to brain activity while the existence of the blood vessel in the CSF layer decreases the magnitude of ΔOD .

References

- [1] A.Maki, Y. Yamashida, Y. Ito, E. Watanabe and H. Koizumi, Med. Phys., **22**, 1997-2005, 1995.
- [2] S. Davie and H. Grocott, Anesthesiology, **116**, 1-7, 2012.

簡易型 fNIRS を用いて行った競技かるたにおける選手の脳の反応解析

津久井勤¹⁾、森田真央¹⁾、小林好真¹⁾、栗田太作²⁾、灰田宗孝²⁾

1) (社) 全日本かるた協会 2) 東海大学

1. はじめに

競技かるたの科学的解析を従来から行っているが、今まで使用していた fNIRS 装置が固定型で、装置が簡単に移動できないことと、競技中の選手の動きに制約があった。そのため今回は、動きに対して大幅に緩和される携帯型の簡易型 fNIRS を使用した実験を行った。装置の持ち運びが容易な、これを使用することで、選手が殆ど通常の試合形式で実施できる利点がある。ただし、検出範囲は前頭前野に限られる。

今回、この装置で行った競技かるたの選手の脳の反応を解析したので報告する。

2. 実験の方法

装置は Spectratech, Inc. 製の光イメージング脳機能測定装置 OEG-S p 02 を使用した。これを選手の前頭前野に装着して競技かるたを行った。同時に、選手の札取りの動きを見るためのビデオ撮りを行っている。また、読手の読みの順番とどの札が取られたかの記録も行った。実験には、初心者同士 1 試合と A 級選手同士の対戦 2 試合を行って比較した。

実験の結果の整理には、自陣の左右の取りの状況、相手陣の左右の取りの状況並びに、速く取ったか遅く取ったか等に分類して解析した。

3. 実験結果と検討

1) 初心者同士の試合から

初心者の場合、まず上の句が読まれる前の変動が見られる。これは一生懸命暗記が続いている結果ともみられる。次いで、上の句が読まれた後急激に酸素化ヘモグロビンの低下が見られる。また、幾分早く取った時と遅く取った時では、幾分早く取った時の方に変動が大きい傾向にある。場のど

の位置の札を取ったかどうかの違いはほとんど見られなかった。

2) A 級選手同士の試合から

上の句が読まれる前の変動が少なく、上の句が読まれる直前にピークが見られる。また、速く取った時は変動が少なく、遅く取った場合の方に変動が大きい。

選手によっては、札の配置で違いが見られ、場所によって取り方に差が見られる。これを是正して、どこでも同じように取りが出来るような工夫が必要になる。

3) 初心者と A 級選手の違い

初心者と A 級選手を比較して上の句が読まれる前の変動の程度、速く取った時と遅く取った時の変動の程度などが、前記したように逆の変動形態を示すことが特徴である。

4. まとめ

今回、前頭前野ながら競技かるたの実戦同様の状況でデータの収集が可能となった。その中で、初心者と A 級選手の試合を行って、前頭前野で、特徴を示すところが選手によって違っていることが判った。加えて、特徴的なシグナルを示す位置が選手によって違っている。その背景には、利き手が右なのか左なのかによって違ってくることも知られており、その所も影響すると伺っている。今後とも、これらの留意事項を含めて、データの収集を行って検討していく予定である。

5. 謝辞

今回の実験に当たり、装置メーカーの皆さんのご協力と、試合に当たってご配慮いただきました伊勢原みちのく会の各位、実験にご協力いただきました選手の各位に深謝致します。

脳波ERPとNIRSデータを用いたワーキングメモリ課題の難易度評価手法の検討

稲生 楽, 立石 知佳子, 澤井 浩子, 小山 恵美

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科

1. 研究背景と目的

ワーキングメモリ⁽¹⁾課題の難易度は、ERP (Event-related potential:脳波事象関連電位)や NIRS データにより評価することができる。しかし、ERP を用いた評価手法はほぼ確立されているが、NIRS を用いた評価手法が確立されているとは言い難い。そこで、ERP と NIRS を同時に計測することでより正確な結果が得られ、NIRSを用いた評価手法を確立できると考えられる。よって本研究では、脳波 ERP と NIRS データを用いたワーキングメモリ課題の難易度評価手法を検討することを目的とした。

2. 実験方法

健常成人男性3名を対象とし、2013年6月、京都工芸繊維大学内の実験室において実験を実施した。計測項目は脳波、心電図、眼電位、額部皮膚血流、脳血流(NIRS:FOIRE-3000 島津製作所社製)、主観評価である。脳波電極は、国際10/20法に従い Fz, Cz, Pz, O1, O2, C3, C4 の7ヶ所で計測した。NIRSは脳波 FPz 部位を基準に前頭部(3×9, 42ch, 図1)にプローブを配置した。ワーキングメモリ課題として、n-back 課題を用いた。n-back 課題とは、一連の刺激が順番に呈示され、現在呈示されている刺激がn回前の刺激と同じかどうかを答えるというものである。刺激には0-9の数字を用いた。今回の実験では、n=0, 2とし、n回前の刺激と同じと判断した場合は「Target」、n回前の刺激と違うと判断した場合は「NonTarget」のボタンを押すように指示した。課題には液晶モニターを使用し、数字表示(0.5秒間)と休止画面表示を1回の課題で50回繰り返した。休止画面時間は、NIRSデータの変動時定数を評価するために5秒、10秒、15秒の3種類とし、被験者一人に対して課題を6回行い、課題の前後に主観評価を行った。課題の順番は、0-back, 2-backの順に、休止画面時間を5秒、10秒、15秒と変化させた。

ERP では、眼電位によるノイズを含む試行を除去後⁽²⁾、加算平均⁽³⁾し、P300の振幅を求めた。NIRSでは、刺激呈示時の値を0にそろえ、変化量の平均値を求めた。

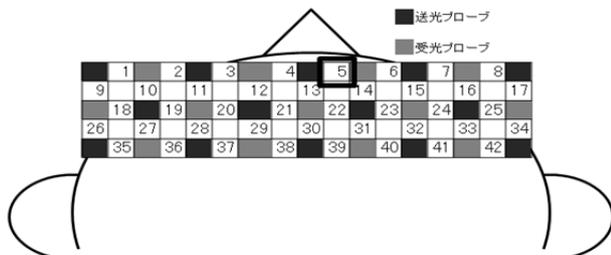


図1. NIRSチャンネル

3. 結果と考察

3名の被験者のうち、1人はデータに欠測があるため、解析対象から除外した。

3-1. ERP

全ての課題において、PzでP300と推測される波形がみられた(図2)。また、P300と推測される波形のピークや潜時は先行研究と同様の結果であった。5秒、10秒、15秒と休止画面時間を延長しても、ワーキングメモリ課題での反応を計測することができたと考えられる。

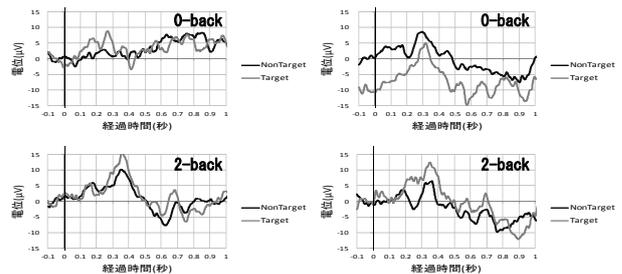


図2. ID02 ERP 波形(休止画面時間 左:5秒 右:15秒)

3-2. NIRS

NIRSの変化量の平均値を図3に示す。グラフから、休止画面時間15秒の場合に、一過性に上昇した後、下降して元の水準に戻っている。このことから、NIRSデータの変動特性を考慮すると、刺激間隔は少なくとも15秒程度必要であると考えられる。

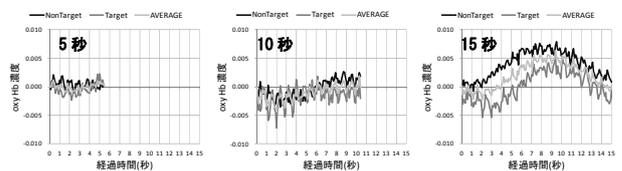


図3. ID03 0-back 課題時の NIRS データ(ch5) 平均

4. まとめ

ERPとNIRSデータからワーキングメモリ課題の難易度を評価する手法を検討した。n-backのような比較的単純なワーキングメモリ課題において、刺激間隔を15秒程度にすることで、両者の変動特性を反映する結果を得られると推測される。現時点では被験者数が2であるため、NIRSを用いた難易度の評価を行うことはできていない。今後、被験者数を増やし、難易度の評価を行うことで、より実務を想定した課題にも応用できると考えられる。

参考文献

- (1) 甘利俊一, 外山敬介(編):脳科学大事典, 朝倉出版, pp. 175, 2000
- (2) S. Higuchi et al. : Effects of Changes in Arousal Level by Continuous Light Stimulus on Contingent Negative Variation(CNV), J Physiol Anthropol Appl Human Sci, Vol.16(2), pp. 55-60, 1997
- (3) 田中元志 ほか: 事象関連電位による画像品質評価のための課題に関する実験的検討, 映像情報メディア学会誌, Vol.63(2), pp. 222-224, 2009

脳血液量・心拍の振動数変化を利用した意思伝達方法の提案

東京女子大学 小澤邦昭、仙石淳子、内藤正美
(株)日立製作所 小幡亜希子、木戸邦彦
エクセル オブ メカトロニクス(株) 尾形勇、金澤恒雄

はじめに

進行性神経難病ALS(筋萎縮性側索硬化症)患者は、症状が進むと、動かせる身体部位が全くなくなることがあり(完全閉じ込め状態)、この状態の患者は介護者からの質問を理解はしても回答する手段がない(瞬きすらできない)。回答手段として我々は、脳血液量の変化に着目した。一般に脳の働かせ方(タスク)を変えると脳血液量の波形は変化するので、Yes/Noタスクによる訓練波形を2種類の波形群に分けるように、波形の特徴量(脳血液量変化高と振動数)を抽出する。この特徴量を利用して、質問に対応して患者の示す波形がどちらの群に属するか、判別分析法によりYes/No回答を判定する[1]。今回、Yes/No訓練波形の分離を大きくする特徴量とタスクについて、新しい提案をする。

計測装置

波長770nm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(エクセル・オブ・メカトロニクス株式会社の製品、Yes/No判定装置「心語り」を使用)。

新しい意思伝達方法

これまでの特徴量は脳血液量の変化高と振動数であり、タスクは次の通りである(測定時間は24秒)。

- ・Yesタスク：12秒数字を速く数え、12秒安静
- ・Noタスク：24秒安静(リラックス)

しかし、患者の中には振動数のみで訓練波形を2群に分けるケースがしばしばあった(変化高では分離不可)。このため脳血液量変化高に代えて心拍振動数[2]を特徴量とし、それに見合ったタスクを考えた。

- ・提案の特徴量：脳血液量の振動数及び心拍の振動数
- ・提案のタスク：(4秒数字を早く数える、4秒安静)を3回繰り返す

実験とその結果

被験者13名(内訳：健常者(20~22歳女性)11名、ALS患者2名)について、次のデータをとった。

タスクA：従来のYesタスク(12秒数字12秒安静)、

タスクB：従来のNoタスク(24秒安静)

タスクC：提案のタスク(4秒数字4秒安静を3回)

各タスクABCを交互に実施し、合計で各タスク6個のデータを被験者から取得した。判別分析法による解析で「提案法の分離度が最大である」との結果が得られた。

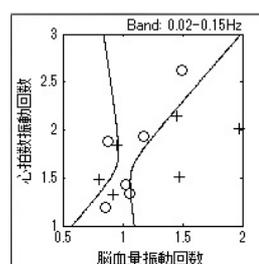
タスクA, Bの分離度(従来法)：73.7% < タスクA, Cの分離度(提案法)：83.3%
(ちなみに、タスクB, Cの分離度：75.6%であった)

統計的な検定では、全被験者13名および健常者11名に関し有意水準5%で、従来法と提案法の分離度には有意差があることが分かった(ALS患者は2名で被験者数が少なく検定は不可)。今後、患者の被験者数を増やして、提案法の有効性を確認していく。

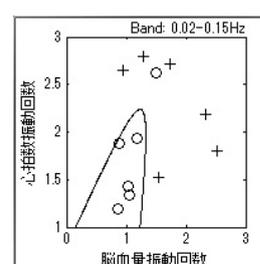
参考文献

[1] Naito, Michioka, Ozawa, Ito, Kiguchi, Kanazawa, IEICE Trans. Inf. & Syst., E90-D, 1028-1037 (2007)

[2] 渡部、内藤、塩原、小澤、木戸、伊藤、金澤 第11回光脳機能イメージング研究会(2009)



○:タスクA +:タスクB



○:タスクA +:タスクC

分離度 83%

分離度 92%

図 ある被験者(健常者)の分離度

ICA を用いた fNIRS Raw Data の脈波解析

大山哲司 ビー・アール・システムズ(株) 川口文男 (株)スペクトラテック

1. 緒言

通常、fNIRS では、計測生信号に modified Beer Lambert 則を適用して求めた Hb 信号に各種波形処理（フィルタリング）を適用することで、脳活動による Hb 濃度変化を抽出している。最近、fNIRS の波形処理への ICA(独立成分分析)の有効性が示されている。本研究では、2 波長の計測生信号が被検体の光学特性をよりの確に反映しているとの仮定に基づいて、これら信号に ICA を適用したアーチファクト、皮膚血流、雑音成分の除去を試みた。さらに modified Beer Lambert 則で求めた Hb 濃度変化で、従来法との比較検討を行った。

2. 実験方法

測定機器：OEG16(スペクトラテック, Fast Mode, サンプル時間：0.08192 秒)、測定部位：前頭前野
 被験者：健康者 3 名 (平均年齢 55 歳)、課題：Verbal Fluency、ICA：FastICA(MATLAB)
 解析の流れを図 1 に示す。

3. 結果

2 波長($\lambda 1, \lambda 2$)の生信号に対する ICA 結果を図 2 に示す。modified Beer Lambert 則を適用した Hb データの ICA 結果と比較して収束性に優っていた。図 2 の $\lambda 1, \lambda 2$ の第 5 次成分を除去して再混合した波形と、ICA 未処理の波形の比較から、除去効果による賦活が ICA 処理後の Hb データに見られた (図 3)。

4. 考察

明らかに、計測生データと modified Beer Lambert 則適用後の Hb データで ICA の適用結果は相違している。この相違に関する、数学的・物理的観点からの検討が有効である。

5. 参考文献

- Aapo Hyvarinen, Juha Karhunen, Erkki Oja, "INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS", 2001

解析の流れ

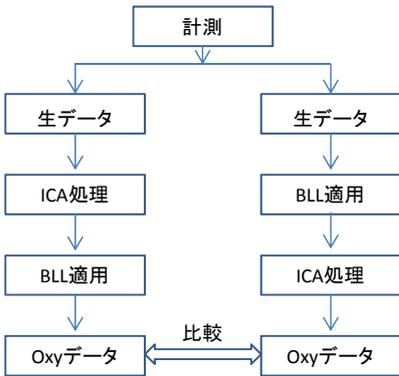


図 1

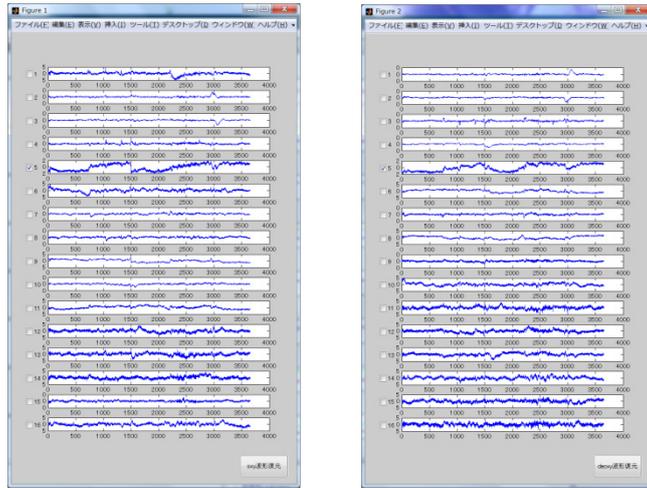


図 2

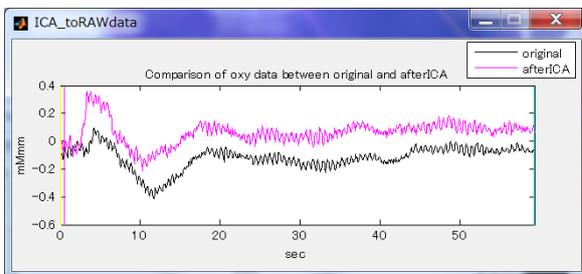


図 3

図 3 は、ベースライン処理後、加算平均したチャンネル 10 のタスクの ICA 未処理の Oxy データと生データに ICA 処理した後の Oxy データ

NIRS-BCIのためのロボット制御インターフェースの開発

中村のぞみ⁽¹⁾ 若井翔平⁽²⁾ 柳澤一機⁽¹⁾ 綱島均⁽¹⁾

(1)日本大学生産工学部 (2)日本大学大学院生産工学研究科

【はじめに】 近年、様々な分野で脳活動から使用者の意図を読み取って機器を制御するブレイン・コンピュータ・インターフェース(BCI: Brain-Computer Interface)の研究が注目されている。BCIの技術の1つとして、ニューロフィードバック(NF: Neuro-Feedback)があげられる。NFとは現在の脳活動の状態を画像などを用いて視覚化し使用者自身に提示することで、使用者は自分の脳活動の状態を把握できるものである。近赤外分光法(Near-Infrared Spectroscopy)を用いたNFシステムの開発¹⁾やそれを用いたNFトレーニングの実験²⁾が行われており、このようにNFトレーニングを行うことで前頭葉の活動の制御が可能となればメンタルヘルスケアへの応用が期待できる。しかし、従来の脳活動情報を視覚化するフィードバックは視覚刺激が単調であるという問題点があり、使用者のモチベーションを維持する方法が求められている。

そこで、本研究ではモチベーションを維持する方法の1つとしてNIRSを用いてロボットの動作を制御するNIRS-BCIロボットインターフェースの開発を行った。

【NIRS-BCIロボット制御インターフェース】 図1に小型NIRSを用いたBCIロボット制御インターフェースの概要を示す³⁾。まずDynaSense製、PocketNIRSを用いて使用者のoxy-Hbを測定し、その計測したoxy-Hb信号を解析して使用者の脳活動のパターンを学習させる。学習させたパターンにしたがい、oxy-Hbに対応して脳活動が見られた場合に、機器制御部にon信号を送ることで共立電子産業会社のブチロボMS3Lを動かすことができる。今回は機器制御部にあたるロボットの歩行プログラムをMATLABにて作成し、MS3L専用の無線にて本体に伝達することでMS3Lを歩行させる。また使用者のトレーニング効果を向上させるため、自身の脳活動に応じた色をディスプレイに表示し、現在の脳の状態を把握することができる。

【まとめ】 本研究では、使用者が楽しくNFトレーニングを行うため、NIRSを用いてロボットを制御するNIRS-BCIロボット制御インターフェース開発を行った。使用者の脳活動をNIRSによって計測してリアルタイムにデータ解析を行い、脳活動の状態に応じてロボットのON/OFFの判別を行った。その結果脳活動情報に基づいてロボットを動かすことができた。今後はこのシステムを用いてNFトレーニングの実験を行い、トレーニング効果を確認する。

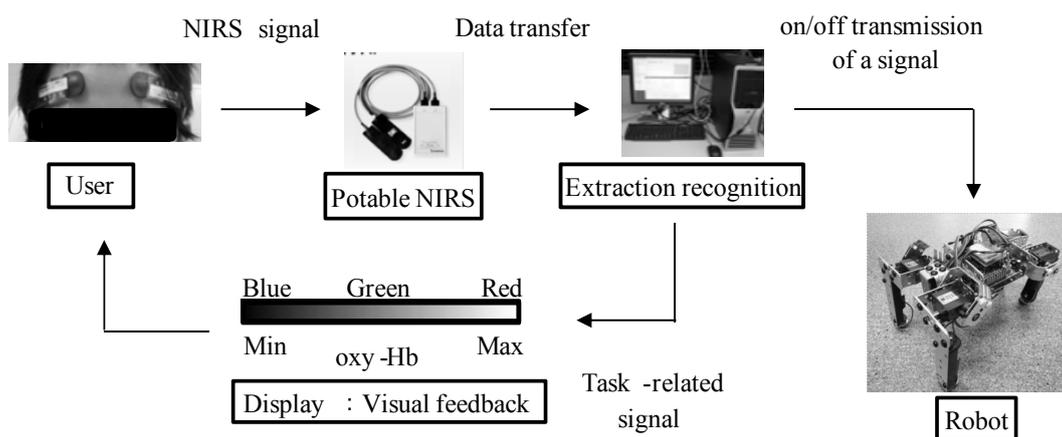


Fig.1 Robot control system using NIRS

参考文献

- 1) 福長 一義 他, NIRSを用いたニューロフィードバックシステムの開発, 杏林医学学会雑誌, Vol.42, No.1, 2011, pp.2-11
- 2) 浅賀 恭平, NIRS-BCIシステムにおけるニューロフィードバックトレーニングの効果, NU-Brainシンポジウム 2012, pp125-126
- 3) 柳澤 一機 他, 小型NIRSを用いたブレイン・コンピュータ・インターフェースの開発, 生体・生理工学シンポジウム, 2011

「頭皮血流アーチファクト除去を組み込んだ階層ベイズ拡散光トモグラフィ

—シミュレーションによる精度検証—

下川文明 1), 小阪卓史 1), 山下宙人 1), 廣江総雄 1), 網田孝司 2), 井上芳浩 2), 佐藤雅昭 1)

1) ATR 脳情報解析研究所、2) (株)島津製作所 医用機器事業部技術部

E-mail: shimokawa@atr.jp

近赤外光イメージング装置を用いた脳機能計測は、頭表から近赤外光を照射し、同じく頭表で受光して計測を行うために、その観測感度が観測表面である頭皮部分で非常に強い。そのため、脳血流変化以外にも頭皮血流変化に由来するアーチファクトが信号に大きく混入し、それが問題とされている[1-3]。この頭皮血流アーチファクトを除去するために、頭皮血流観測用の短距離チャンネルデータを用いた回帰除去法や[4-6]、独立成分分析法を用いた除去法[3,7]などが提案されている。しかし、頭皮血流変化と脳血流変化に相関がみられるためにアーチファクト除去の際に脳血流変化まで除いてしまうといった問題[1,2,7]や、頭皮血流変化の分布は時空間的に非一様なために除くのが難しいといった点[8]から、その除去はいまだに難しい課題とされている。

我々は、近年開発した深さ方向を含めて正確な 3 次元推定が可能な拡散光トモグラフィ法[9]を拡張し、脳血流変化と頭皮血流変化を同時推定する方法を開発した[10]。この推定においては脳血流変化は局所的であり頭皮血流変化は広域的という仮定を置くが、後者がどの程度広域的かについてはパラメータをデータから自動決定するため、ある程度不均一であっても推定が可能である。このやり方であれば、全チャンネルの光伝播経路の空間情報を推定の際に全て利用し、頭皮・脳血流変化の時間方向の相関は問題とならないため、精度良く成分の分離が可能であると考えられる。昨年は、2層ファントムという単純な形状における推定精度の検証結果を紹介したが、今年は、MRI 構造画像を用いた複雑な形状においてシミュレーション実験を行ったときの推定精度の検証結果を紹介する(Fig.1)。

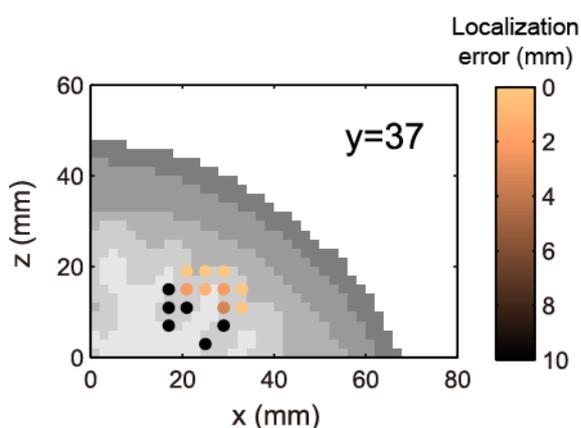


Fig.1 MRI 構造画像を用いたシミュレーション実験。頭皮・頭蓋骨・脳脊髄液・灰白質・白質の 5 層モデルを用いた。右手タッピング中に左半球の運動野を中心に計測したと想定した。頭皮血流変化を設定し、脳活動を灰白質の 84 か所に変えながらその条件での推定精度を評価した。図は点の位置に脳活動を設定したときの推定位置誤差をカラーマップで示したものである。図より、推定は活動源の深さに大きく依存し、形状による影響は少ないことがわかる。

- [1] T. Takahashi et al., NeuroImage 57 (2011) 991. [2] E. Kirilina et al., NeuroImage 61 (2012) 70. [3] S. Kohno et al., J. Biomed. Opt. 12 (2007) 062111. [4] Q. Zhang et al., J. Biomed. Opt. 12 (2007) 064009. [5] T. Yamada et al., J. Biomed. Opt. 14 (2009) 064034. [6] R. B. Saager et al., Neuroimage 55 (2011) 1679. [7] T. Funane et al., NeuroImage (in press). [8] L. Gagnon et al., Neuroimage 59 (2012) 2518. [9] T. Shimokawa et al., Opt. Express 20 (2012) 20427. [10] T. Shimokawa et al, submitted.

本研究は情報通信研究機構の研究委託と文科省脳科学研究戦略推進プログラムにより実施された成果である。

マルチディスタンス計測機能の技術紹介 ～深部・浅部血流成分の分離～

荻原誠¹、川崎真護¹、舟根司²、木口雅史²

(1) 株式会社日立メディコ 応用機器開発室 (2) 株式会社日立製作所 中央研究所

【背景】 一般にNIRSで得られるヘモグロビンデータ(以下Hbデータ)は、脳血流情報と皮膚血流情報が混在している波形といわれている。両者を分離し、脳血流情報のみ若しくは皮膚血流情報のみを取り出すことで、より詳細な脳活動の情報が得られることが期待される。血流情報の分離には、ICA(独立成分分析)法、減算法などの手法が存在する。光トポグラフィ装置 ETG-4000 では、MD-ICA(Multi-distance Independent Component Analysis)法を使用したマルチディスタンス計測機能を採用し搭載したので報告する。

【計測方法】 本方式では、送信-受信間距離(SD 距離)が 30mm 及び 15mm の Hb データを使用する(図1)。異なるSD距離から得られたHbデータに対してICAを行なうことにより、Hbデータを深部血流成分(脳由来成分相当)と浅部血流成分(皮膚由来成分相当)へ分離・表示する。本計測においては、SD 距離 30mm と 15mm の信号は同じサンプリング、同じタイミングで検出している。

【結果表示】 図2に計測結果の表示例を示す。各測定CHについてHbデータ(元波形)・深部血流成分波形・浅部血流成分波形を並べて表示するとともに、Hbデータに占める深部血流成分の割合を棒グラフにて表示することが可能となる。

【検証】 先行論文[※]と同等にNIRS計測データから深部血流波形および浅部血流波形を分離・表示することが可能となった。検証結果の詳細については、ポスターにて報告する。

※ T. Funane et al., NeuroImage, in press (2013).

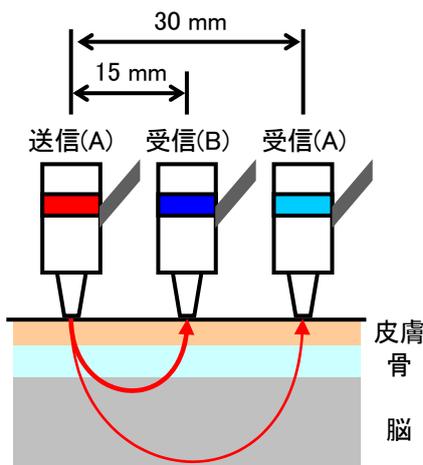


図1 プローブ配置

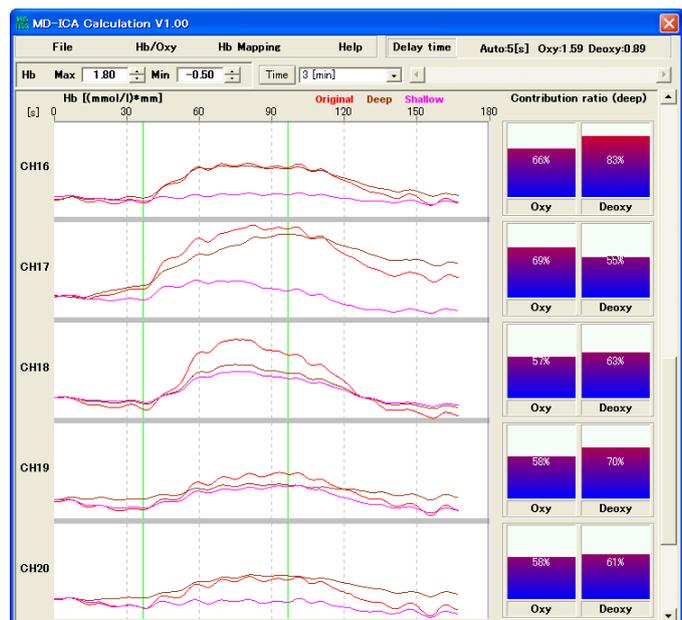


図2 結果表示例

短距離プローブを使用した fNIRS 信号に含まれる頭皮血流のグローバルな影響の低減

佐藤 貴紀¹, 武田 湖太郎^{2,3}, 南部 功夫¹, 相原 孝次³, 山下 宙人⁴, 井上 芳浩⁵,
大高 洋平^{3,6,7}, 和田 安弘¹, 川人 光男³, 佐藤 雅昭⁴, 大須 理英子³

¹ 長岡技術科学大学, ² 国立病院機構村山医療センター臨床研究センター, ³ ATR 脳情報研究所,
⁴ ATR 脳情報解析研究所, ⁵ 島津製作所 医用機器事業部 技術部, ⁶ 東京湾岸リハビリテーション病院,
⁷ 慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室

fNIRS 信号には様々なアーティファクトが混入している. 中でも頭皮血流は単純な加算平均やフィルタ処理では除去することが出来ない上, 偽陽性の脳活動推定を引き起こす原因となる. この頭皮血流アーティファクトは, プローブ間距離が通常よりも短い短距離チャンネルによって計測可能であることが知られている. 本研究では, この短距離チャンネルと一般線形モデル(GLM)を組み合わせることにより, 頭皮血流の影響を低減して脳活動を推定する手法を提案する.

本手法では, 使用する短距離チャンネル数を削減するため, 頭皮血流のグローバルな成分にのみ着目した. 図 1 に提案手法の解析手順を示す. まず, 計測信号に前処理としてトレンド除去とスムージングを行う. 次に, 前処理後の短距離チャンネル信号に対して主成分分析(PCA)を適用し, グローバルな頭皮血流成分(GSHM)として第一主成分を抽出する. その後, fMRI の SPM 解析で使用される脳血流動態モデル(CHM)に GSHM を組み込んだ計画行列を使用して, 長距離チャンネル信号に対して GLM 解析を行い, 各回帰係数を推定する. 本提案手法では, CHM の回帰係数の有意性を検定することで, fMRI と同様に脳賦活部位の検出を行うことが可能である.

本研究では, 提案手法の実用性を検証するために, 運動課題時の fNIRS 計測およびシミュレーションを行った. まず, 18 個の短距離チャンネルを運動野に広く配置し右手指タッピング課題時の fNIRS 計測を行ったところ, 短距離チャンネル信号のチャンネル間相関が非常に高く, その信号のほとんどが少数の短距離チャンネルの第一主成分で説明できることを確認した. 次に, この計測した短距離チャンネル信号を基に作成したシミュレーションデータに対して提案手法を適用したところ, シミュレーションデータを高精度に頭皮血流と脳血流とに分離することに成功した. また, 指タッピング課題時に計測した fNIRS 信号に提案手法を適用したところ, 別に計測した fMRI の脳活動と一致する結果が得られた. 以上から, 提案手法は頭皮血流の影響を低減させ, 脳活動を効果的に検出可能であることが示された.

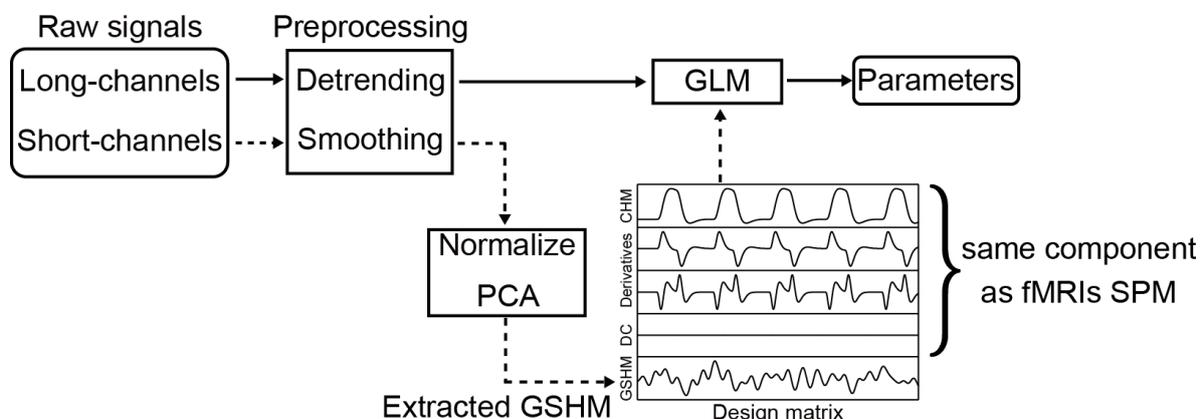


図 1 提案手法の解析手順.

NIRS 計測のための表層血流雑音抑制空間フィルタの効果について

浅側頭動脈圧迫による実験

古山敦基¹、藤井麻美子²

¹上智大学 理工学研究科理工学専攻

²上智大学 理工学部情報理工学科

Abstract 現行の近赤外脳機能計測装置は単純な光源検出器の組の 2 次元空間投影に基づく。したがって深さの異なる部位で発生した代謝・循環状態変化を区別することができない。そこで本研究ではこの問題点に着目し光拡散方程式に基づいた逆問題手法を利用した空間フィルタについて検討した。ここでは表層皮膚血流の影響を抑制できるか人の前額部で実験、検討した。

1. 背景

現行の NIRS を用いて大脳皮質を測定する場合、表層皮膚血流が少なからず影響する。頭部を傾けた場合や自律神経の影響により皮膚血流が変動するため、正確に大脳皮質における血流変化を捉えているとは言い難い。そこで、本研究では、光拡散方程式に基づいた逆問題手法を施すことで、皮膚血流の影響を抑制できるか、人の前額部で実験した。なお、シミュレーションでは逆問題手法で表層信号の影響を抑制し、深部信号のみを取り出すことができている。

2. 手法

媒質内のヘモグロビン濃度の空間分布変化 \mathbf{x} 、受光量変化(観測値) \mathbf{b} との関係は光拡散方程式に基づく順方向感度行列 \mathbf{A} を用いて次式で表される。

$$\mathbf{b} = \mathbf{A}\mathbf{x} \quad (1)$$

(2)式に示すように疑似逆行列と観測値から \mathbf{x} の推定値 \mathbf{x}_R を求める。深部データのみ感度行列 \mathbf{A}' を作用させた空間フィルタ"filter"(3)式を用い、深部信号のみの観測値 \mathbf{b}' を(4)式のように得る。

$$\mathbf{x}_R = \mathbf{A}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T + \lambda\mathbf{I})^{-1}\mathbf{b} \quad (2)$$

$$\mathbf{filter} = \mathbf{A}'\mathbf{A}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T + \lambda\mathbf{I})^{-1} \quad (3)$$

$$\mathbf{b}' = \mathbf{filter} \cdot \mathbf{b} \quad (4)$$

人の前額部に 10 光源・8 検出器を取り付け、実験を行った。光源・検出器間距離は 30mm と 15mm の 2 通りで計測した。図 1 に光源・検出器の配置を示す。

被験者への課題として、n-back task を行った。また、現行法(単純逆投影)と前述の空間フィルタを掛けた逆投影とを比較するため、浅側頭動脈を圧迫した。実験は、レスト状態を 30 秒、n-back task

または圧迫 30 秒、レスト 30 秒で行った。

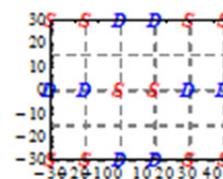


Fig1. Arrangement of Optode

3. 考察

図 2 の縦軸は酸素化ヘモグロビン濃度変化を、横軸はデータ数を表している。実線は(1)式で表される現行法であり、破線は(4)式で表される空間フィルタを適用した観測値である。

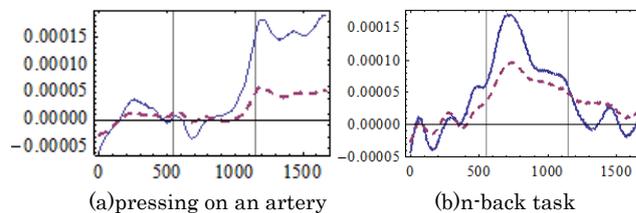


Fig2. Comparison between the two data sets

図 2.(a)では、計測の 60 秒後、動脈圧迫を解放した直後に酸素化ヘモグロビン濃度が上昇しているが、逆問題手法を施すと皮膚血流の影響を抑制できていることが分かる。一方、図 2.(b)では、現行法および逆問題手法ともに、計測のタスク直後に酸素化ヘモグロビンの濃度が上昇しており、大脳皮質の血流変化は測定できていることが分かる。

謝辞

本研究のヘッドキャップの製作にあたりご協力・御助言を戴きました産業総合研究所の山田亨先生に感謝いたします。

参考文献

藤井麻美子, Image reconstruction algorithm for simultaneous imaging of shallow region in depth selective optical topography, 第 49 回日本生体工学会大会 CD-ROM FC-35-3

2010

NIRS もしくは EEG を用いた，弓道行射中の脳活動記録

大塚長*¹，名倉美紗子²，奥村 哲^{1, 2}

静岡理科大学大学院理工学研究科¹，総合情報学部人間情報デザイン学科²

【目的】 弓道は，心の動揺で射術に狂いが出てしまう，精神状態の安定を必要とする競技である。そのメンタル面のトレーニングに脳機能イメージング技術が使えないかを検討するために，本実験では，弓道行射中の脳活動の変化を脳波(EEG)と NIRS (Near Infrared Spectroscopy)を用いて解析し，弓道の所作や成績との関係を検討した。

【方法】 本学の弓道部員である 18~22 歳の男性 5 名を被験者とし，弓道行射中の EEG または NIRS データを記録した。EEG 記録は，国際 10-20 法によって定義される導出部位のうち，弓道の所作と安全を妨げないと考えられる Fp₁，T₃，O₁，O₂，Cz の 5 ヶ所から導出した。NIRS 記録はスペクトラテック OEG-16 を用い前頭部から行った。実験課題は矢を番えずに弓を引く素引き課題，1 人で矢を番えて実際に矢を射ってもらう実射課題，さらに対戦相手を設けた対戦課題の 3 課題でそれぞれ 4 試行を行った。試行中の様子は動画記録し，射中の有無についても記録した。EEG 解析では主に安静に弓を構えた状態から矢が離れた後(残心)の変化までの区間に，NIRS では主に的を狙っている状態(会)と残心までの区間に注目した。



図1 NIRS 記録の様子

【結果】 データはいずれも個人差が大きかったため，同一人物内で比較した。EEG データについては FFT により θ 波， α 波， β 波の各パワー量の比を算出し，射法の流れに従ったそれぞれの推移を比較した。NIRS では信号量の各節区間中平均値を用いて，有意な差が出るかを解析した。素引き課題と実射課題の比較では，EEG，NIRS 両方の

計測で，実際に矢を持ち，的を狙うことによる精神状態の違いを反映したと考えられる変化を観測した。図 2 は対戦課題実施中の脳波であり，枠で囲った領域が「会」，T1 で示す時間が矢が離れた瞬間(離れ)である。「離れ」の前の「会」とよばれる的を狙っている区間では開眼中にも関わらず α 波を確認したが，この α 波は「離れ」の瞬間に消失している。NIRS 記録については，実射課題と対戦課題間で対戦相手の有無が違っただけで，動作はほぼ同じだったにも関わらず，信号パターンに違いがある例を認めた。

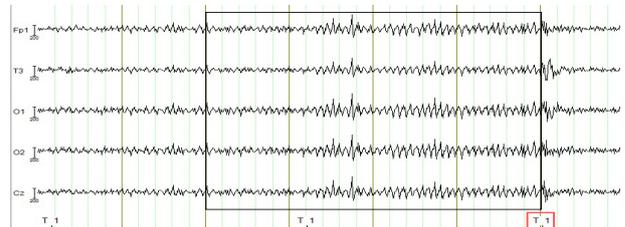


図2:対戦課題の1試行実施中の脳波(EEG)

【考察とまとめ】 どちらの計測法でも素引きと実射間に違いを認めた。これは矢を番えて的を狙うことに伴う精神状態の違いを反映すると考えられる。また NIRS データでは実射と対戦間では違いが見られた。相手の有無によって脳活動が変化してしまうような精神的な動揺があるとすると弓道では問題かもしれない。今後バイオフィードバックによる訓練を用いて，このパターンの違いを減らすことができれば，精神状態の安定や的中率の向上を図る上で，有効かもしれない。

【謝辞】 被験者を引き受けて下さった静岡理科大学弓道部のみなさんに感謝いたします。本研究は静岡理科大学提案型教育研究費(代表者:奥村哲)によって行われた。

【文献】

酒谷 薫 監修,岡田 英史,星 詳子,宮井 一郎,渡辺 秀寿編,“NIRS—基礎と臨床—”,新興医学出版社,2012.

Vernon,David J. Can Neurofeedback Training Enhance Performance? An Evaluation of the Evidence with Implications for Future Research. Applied Psychophysiology and Biofeedback vol.30,4 (2005).

Radlo,S.J et. al.. The influence of an attentional focus strategy on alpha brain wave activity, heart rate,and dert throwing performance.International Journal of sport Psychology .(2002) 33, 205-217

Wilson, V.E et al.. Neurofeedback in sport. Biofeedback, (2001). 29(1), 16-18

色彩及び匂いが脳賦活に与える影響

柏倉健一、栗原明日香、木村友香、金山梨紗、日比野真弓

群馬県立県民健康科学大学診療放射線学部

1. 目的

本研究は、色彩及び匂いの相互作用として生じるリラクゼーション効果を色彩単独の場合と比較する目的で、近赤外計測法を用いた脳賦活計測を行った。

2. 実験方法

○対象: 健康成人 10 名 (22.7±1.6 歳、男性 5 名、女性 5 名)

○近赤外計測装置 (スペクトラテック OEG-16)

○刺激の種類と提示方法

同一被験者において、視覚刺激測定の後には、嗅覚刺激を付加した測定を実施した。各測定前後の計 4 回 POMS による評価を行い、加えて心理インタビューを行った。

- ・視覚刺激: 黄・緑・青の 3 色 (ランダム提示)
- ・視覚刺激 (黄・緑・青) + 嗅覚刺激 (ラベンダー)

視覚刺激は、各色 1 分間とし、コントロール時の平均信号値に対する刺激時の平均信号値の比を求めた。

3. 結果と考察

アンケート結果から、嗅覚刺激を併用した時に全色でリラックス度が高まり、特に青色でその傾向が顕著であった。下に、視覚刺激のみの場合と、嗅覚刺激を付加した場合の、加算平均画像を示す。なお、3ch が右外側前頭前皮質、9ch が腹内側前頭前皮質、15ch が左外側前頭前皮質に相当する。

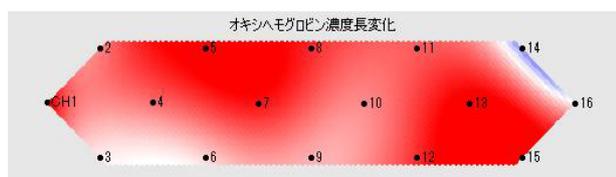


Fig.1 視覚刺激 (青) のみの賦活部位

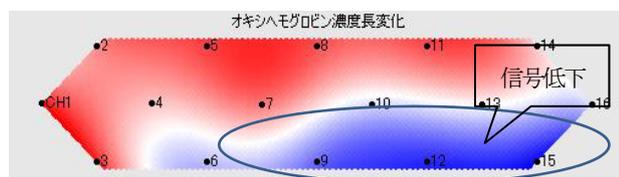


Fig.2 視覚刺激 (青) + 嗅覚刺激 (ラベンダー) の賦活部位

Fig.1 に、青色刺激による脳賦活画像を示す。視覚刺激のみでは、前頭前皮質全体が賦活された。

Fig.2 は、青色刺激提示時に嗅覚刺激 (ラベンダー) を付加した結果を示す。匂い付加により、腹内側前頭前皮質及び左外側前頭前皮質で信号低下が観察された。

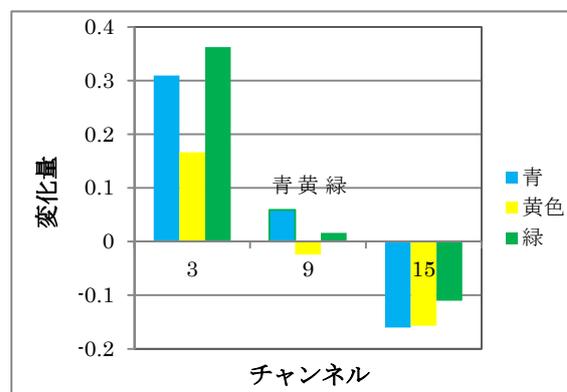


Fig.3 嗅覚刺激前後の各チャンネルの信号変化

Fig.3 は、視覚刺激に嗅覚刺激を付加することで、腹内側前頭前皮質及び左外側前頭前皮質の信号が相対的に低下し、逆に右外側前頭前皮質で上昇したことを示す。色別では、右外側前頭前皮質の信号が特に青及び緑色で上昇し、逆に、左外側前頭前皮質では低下した。これらの結果は、匂いが与える影響は、色及び部位により異なることを示している。

アンケート結果を合わせると、リラクゼーション効果は、特に左外側前頭前野の信号低下と関係する可能性が推測された。

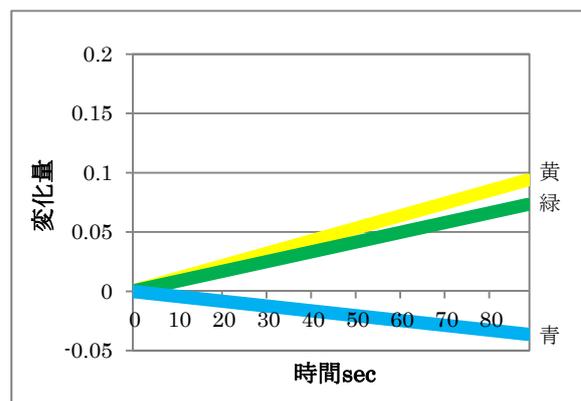


Fig.4 視覚刺激+嗅覚刺激時の信号の時間変化

視覚刺激+嗅覚刺激時の信号の時間的変化を Fig.4 に示す。青色のみ経時的に信号が低下した。

4. まとめ

嗅覚刺激を付加することで、左外側前頭前皮質の信号低下が観察され、主観的評価結果と合わせ、当該部位がリラックス度に特異的に関係している可能性が示唆された。色別に見た場合、青色を用いた場合の信号低下が顕著であった。

音環境が数字記憶課題の成績と脳血流変化に及ぼす影響と男女差の検討

將積 彩芽, 山本 詩子, 廣安 知之

【目的】

これまでに音環境が知的作業の成績及び脳血流変化に影響をもたらすことがfNIRS(functional near infrared spectroscopy)を用いた研究で明らかにされている。さらに、様々な環境が作業に及ぼす影響や、快・不快に感じる音が男女で異なることが報告されている。そこで、本研究では被験者を男性12名、女性12名とし、音環境が数字記憶課題の成績、脳血流変化に及ぼす影響の男女差を検討した。

【方法】

本実験では、静音、モーツァルト「2台のピアノのためのソナタ K.448 第1楽章」(以下、モーツァルト)、ホワイトノイズの3種類の音環境を用い、作業時に音を提示した。ただし、全ての音環境にはfNIRSの動作音が含まれている。作業成績として、数字記憶課題30問の正答文字数を音環境ごとに測定した。数字記憶課題とは、円形にランダムに表示される8個の数字を3秒間で記憶し、記憶した数字を順番通りに7秒以内に入力するものである。作業時の脳血流変化をfNIRSを用いて計測することにより、音環境が課題に及ぼす影響を検討した。脳血流変化は、記憶や認知を司るとされている前頭部左下部に着目した。

【結果】

男性は、静音>ホワイトノイズ>モーツァルトの順に良い成績を示したのに対し、女性は、ホワイトノイズ>静音>モーツァルトの順に良い成績を示した。二元配置分散分析の結果、男女共に音環境の影響は5%水準で有意となり、t検定の結果、ホワイトノイズの音環境においてのみ、5%水準で男女間に有意差が認められた。また、平均脳血流変化量についても同様の有意差が認められた。有意差が認められたホワイトノイズでは、脳血流変化が男性は減少、女性は増加傾向にあった。

【考察】

不快音条件では脳血流変化は減少、快音条件では上昇するとされている。本実験においてもホワイトノイズでの脳血流変化が、男性は減少、女性は増加傾向にあった。そのため、ホワイトノイズを男性は不快、女性は快に感じていたと考えられる。そして、女性被験者は快と感じたホワイトノイズ呈示下で最も良い成績を示し、脳血流が活性化したと考えられた。

【結論】

本研究では、音環境が作業に及ぼす影響の男女差を検討した。作業には数字記憶課題を用い、作業時に3種類の音を呈示した。その際の脳血流変化をfNIRSで計測し、音環境による影響を調査した。その結果、音環境が作業の成績と脳血流変化に男女共に影響を及ぼすことが分かった。また、ホワイトノイズ呈示環境において、作業成績および脳血流変化に男女差があることが示唆された。

広視野角へのオプティカルフロー入力に伴う後頭葉と頭頂葉の反応について

—広視野角環境を利用した探索課題提示方法の検討—

埼玉県総合リハビリテーションセンター

作業療法科 赤間公一 神経内科 市川 忠

【はじめに】

オプティカルフロー(OF)は空間認知に大きな影響を与えている。空間認知とOFの関係を知る事により、空間認知に問題のある症例のリハビリテーションに貢献できる可能性があると考えた。本実験の目的は、半側空間無視を呈する左片麻痺患者のOFの反応をNIRSで測定することにより、健常者との違い及び共通点を調査しOF刺激を視覚探索課題として利用できるかを検討することである。今回は健常者の測定により得られた結果を報告する。

【測定環境】

NIRSは日立メディコ社製ETG-7100を使用し、4×4(24ch)のプロープを10-20法に基づき設置した。Ch位置はETG-7100付属の三次元位置計測ユニットにより検出された座標を標準脳上に表示した。(図1)

測定は周辺視野への入力を強調するために3台のモニターで180度の左右視野角を確保し、2種類のOF映像で停止画像を挿入して交互に表示した。映像は1画面(1M)だけに表示するTask1(視野角約60度)、3画面(3M)に表示するTask2(視野角約180度)とした。

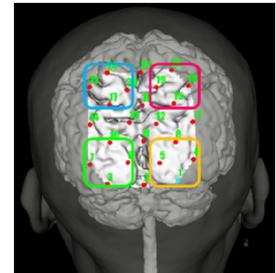


図1

【測定方法】

測定は当センター倫理委員会の承認と被験者の同意を得た上で実施された。被験者は20代~50代の健常者男性6名、女性4名の計10名により行われ、タスクに基づいて構成された映像を端坐位で視聴した。

【タスクデザイン】

Task1, 2区間は共に15秒とし、被験者は1画面もしくは3画面に表示されるOFを再現した映像を視聴する。Relax区間は25秒とし、被験者は画面中央の白点を見る。被験者はこのTask・Relaxをそれぞれ10回繰り返して視聴する。(図2)

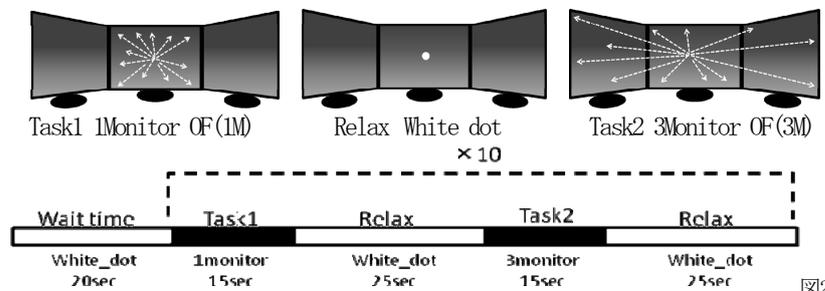


図2

【解析方法】

解析はベースライン補正処理後、10回実施した課題の加算平均処理を実施した。加算平均処理された被験者10名のOxy-Hb賦活量の平均値をROI1~4の4群に分け、ROI1を右頭頂葉由来、ROI2を左頭頂葉由来、ROI3を右後頭葉由来、ROI4を左後頭葉由来として各群のTask1とTask2および各群のRelax区間の賦活量の違いを相関係数により比較した。(図3)

【結果】

各ROI群のTask1とTask2および各群のRelax区間のOxy-Hb賦活量とそれぞれの相関係数を示す(図3)。後頭葉由来のROI3, ROI4においては、Task1・Task2のStim区間、そしてRelax区間においても特に高い相関を示し、視野角による違いは観察されなかった。頭頂葉由来のROI1, ROI2においてはRelax区間においてTask1の1M視野角からの停止刺激よりもTask2による3M視野角からの停止刺激に高い賦活量が確認され、特に左頭頂葉由来であるROI2ではそれが顕著であった。

【考察】

OF刺激に対する各ROI群の同期した反応に対して、頭頂葉由来であるROI1・ROI2群の視野角の増大によるOxy-Hb賦活量変化とOF停止刺激への反応は、頭頂葉の機能である視覚性・空間性注意としての関わりや網膜座標系等多岐に渡る役割、他皮質との連動したシステムとしての反応が反映された結果と考えられ、今回の測定で使用したOF刺激は視野角が広がるにつれ、対象物の移動と停止から自己移動感覚を伴う身体運動の移動と停止の要素が高まるため、これが測定②の頭頂葉における賦活量の違いに表れたと考える。今後は症例の測定や、広視野角からの停止刺激に反応するという特徴を活かした課題提示の方法を検討していきたい。

〈図3〉

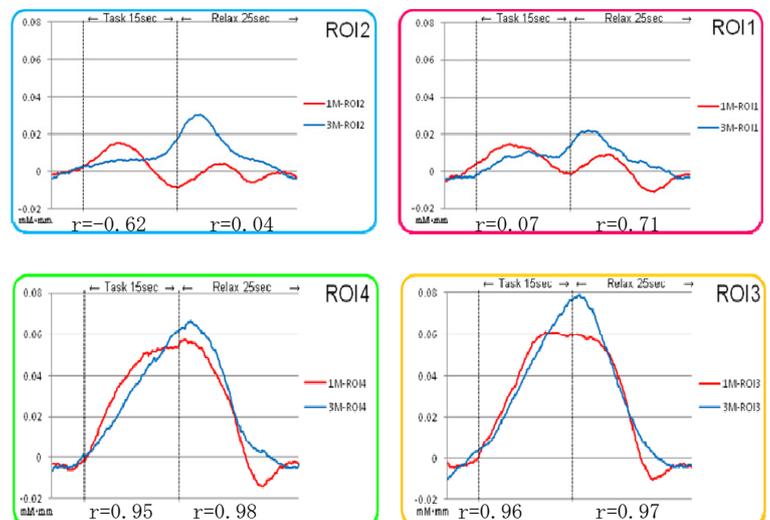


図3

バランスエクササイズ前後での脳血流動態の変化

—光トポグラフィーによる検討—

下池まゆみ¹⁾、市川忠²⁾、笠井健治¹⁾、西尾尚倫¹⁾

1)埼玉県総合リハビリテーションセンター リハビリテーション部 理学療法科

2)埼玉県総合リハビリテーションセンター 神経内科

【はじめに】姿勢制御や立ち直り反射は、大脳皮質の随意的な制御を介さずに起こるといわれている。先行研究では、失調患者の歩行時に、健常者では認められない前頭前野や運動前野の賦活があり、脳幹・小脳などに存在する下位の歩行制御機構の障害を大脳皮質で代償している可能性があると報告している。脳血流動態を測定した運動に関する研究は、静止座位や立位姿勢での随意運動や、トレッドミルを利用した歩行を対象としたものが多く、バランス課題における脳血流動態の変化を測定した研究は少ない。本研究では、立位バランス能力が向上するにつれ、大脳皮質での随意的な制御が減少するという仮説を、バランスエクササイズ前後での前頭前野の脳血流動態の変化を用いて検討することを目的とする。

【方法】対象は介入群、健常男性6名(年齢 39.1 ± 6.9 歳)、コントロール群、健常男性6名(年齢 38.1 ± 8.6 歳)とした。バランス能力の測定として介入群は以下の順序で行った。(1)クッション上で静止立位をとり重心動揺の測定を行った。設定は立位保持を30秒間とし、3試行実施した。(2)バランスエクササイズとしてバランスボード(DYJOC BOARD、酒井医療)の上で60秒間立位保持を行い、3試行実施した。(3)(1)と同様に測定した。コントロール群では、(2)で静止立位を60秒間保持し、3試行実施し、その他は介入群と同様に行った。バランス能力評価は、重心動揺計(テトラックス、sunlight社製)を使用し、開眼で1.5m離れた前方の目標物を注視するように指示し、バランスエクササイズの前をPRE、バランスエクササイズの後をPOSTとし、指標として前後左右の均等な体重分布を表すweight distribution index(以下WDI)を用いた。脳血流動態の測定は、光トポグラフィー装置(ETG-7100日立メディコ社製)を使用し、(1)~(3)をすべて連続して実施した。計測は、48チャンネル(プローブ 4×4 を2セット)を用い、国際10-20法に基づき、左右前頭部を覆うように設置した。脳血流動態の変化は酸素化ヘモ

グロビン変化量(以下oxyHb)を指標として用いた。

【解析方法】PRE WDIとPOST WDIの比較を行い、介入群でwilcoxonの符号付順位検定、コントロール群でt検定を用いた。脳血流動態の解析は、課題直前の5秒をベース区間とし、その平均値をベースラインとした。課題開始10秒後から課題終了時までのoxyHbの変化について、PRE-POST間でチャンネルごとにoxyHbを比較し、t検定もしくはwilcoxonの符号付順位検定を用いた。統計学的分析には統計ソフトDr.SPSS2を使用し、有意水準を5%とした。

【倫理的配慮】対象者には研究内容に関して説明を行い、書面にて同意を得た上で実施した。なお本研究は当センター倫理委員会の承認を得た(承認番号H24-15)。

【結果】バランス能力評価では、介入群のPRE-POST間においてのみWDIで有意に低下が認められた($p < 0.05$)。脳血流動態の変化では、介入群のPRE-POST間で有意にoxyHbの低下が認められ($P < 0.05$)、そのch数は右半球で1個、左半球で9個であった。コントロール群では、PRE-POST間で有意にoxyHbの低下したchは認められなかった。

【考察】先行研究では、バランスボードを用いることで即時的に立位バランスが向上するとの報告があり、本研究でも介入群でWDIの向上が認められた。WDIの向上とは、前後左右均等に荷重をすることが可能になったことを示し、先行研究を裏付ける結果となった。脳血流動態の変化では、介入群において前頭前野の領域でoxyHbの減少がみられた。前頭前野は、運動活動の統合と調節を行い、姿勢制御に関与している補足運動野や運動前野との結合が高いと言われている。したがって、バランスエクササイズにより、前頭前野などの上位のレベルでの随意的な制御が減少し、姿勢制御が可能になったと考える。一方で静止立位をとったコントロール群では、PRE-POST間でのバランス能力、脳血流動態共に有意な変化がみられなかったことから、終始、前頭前野などの上位のレベルで随意的な制御を行っていたと考える。つまり、介入群はPREでは前頭前野を賦活させてバランスの修正が行われていたことに対し、POSTでは前頭前野をあまり賦活させずとも、補足運動野・運動前野から下位のレベルでの姿勢制御が可能になったと考える。

自己と他者の歩行観察における脳活動の違い

淵上健^{1,2)} 津田宏次朗³⁾ 涌本瞳⁴⁾ 森岡周¹⁾

- 1) 畿央大学大学院 健康科学研究科 神経リハビリテーション研究室
- 2) おおくまセントラル病院 リハビリテーション部
- 3) 兵庫医科大学病院 リハビリテーション部
- 4) 宮地病院 リハビリテーション科

Key Word : 歩行観察 自己 fNIRS

【目的】

近年、リハビリテーションにおいて運動観察を取り入れた介入の有効性が報告されている。運動観察時には、観察した運動を実際に自分が行うシミュレーションをおこなっていると考えられているが、VTR中のモデルが自分とはあまりにも違う他人の場合、シミュレーションは容易ではないことが予測される。しかし、先行研究ではモデルの違いによる運動観察時の脳活動について調査できていない。よって、本研究の目的は自己と他者の歩行観察における脳活動の違いを調査することである。

【方法】

課題条件は歩行 VTR の観察とした。VTR の種類は自己歩行と他者歩行を、それぞれ 0.5 倍速、1.0 倍速、1.5 倍速で再生した計 6 種類とした。測定プロトコルは、安静 20 秒 - 課題 40 秒 - 安静 20 秒とし、各条件ともに 3 回連続で実施した。脳活動の測定には、機能的近赤外分光装置：fNIRS（島津製作所製、FOIRE3000）を用いた。送光プローブ（T）32 本と受光プローブ（R）30 本を使用し、前頭葉から後頭葉を含む 100 チャンネル（以下、ch）で測定した。その際、全ての被検者の測定位置を同様にするため、国際 10-20 法における Cz 上に送光プローブ T9 が位置するように設定し

た。測定項目は、酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）値とした。解析は、ch ごとに effect size を算出し、左右運動感覚野、左右運動前野、補足運動野、左右前頭前野、左右上頭頂小葉領域、左右下頭頂小葉領域、左右側頭葉、左右後頭葉における Region of Interest（以下、ROI）解析を実施した。

【結果】

左感覚運動野と左運動前野、左下頭頂小葉領域に交互作用が見つかった。1.5 倍速条件では、自己歩行観察の方が両側運動感覚野と両側運動前野、左下頭頂小葉領域の oxy-Hb 値が高かった。1.0 倍速条件では、他者歩行観察の方が左運動感覚野と運動前野で高かった。0.5 倍速条件では、いずれも有意差はなかった。

【考察】

oxy-Hb 値に違いを認めたことにより、自己と他者の歩行観察時の脳活動量が異なることが明らかとなった。特に、1.5 倍速条件において他者と比べ自己では運動関連領域の活動量が大きく、速い歩行映像では自己観察がより直後の運動に影響を与えやすい可能性があると考えられる。

NIRS による発話時の脳賦活測定を試み

青木淳、Chu Shin Ying、越智景子、阿栄娜、森浩一

国立障害者リハビリテーションセンター研究所 感覚機能系障害研究部

はじめに

発話（単語の音読）において、Coltheart らが二重経路仮説（DRC モデル）を提唱しており、親密度が高い単語は直接の語彙・意味処理の経路（縁上回／角回）を用いて発話し、親密度が低い単語と無意味単語は書記素から音素を抽出する間接的な変換経路（ブローカ野）を用いて発話するとしている。日本語（カタカナ）でもブローカ野が間接経路の責任部位であることが蔡らの fMRI 実験によって確認されているが、その一方で、無意味単語の発話によって左の運動前野の賦活がみられることが報告され、被験者が知らない母語単語（低親密度単語）と真の無意味単語（非語）では脳内において異なる処理を受けること（第 3 経路の存在）が示唆されている。本研究では蔡らと同じパラダイムを用いて発話に関わる脳賦活（ブローカ野、運動前野を中心とした領域）を NIRS によって測定し、同様の結果が得られるかどうか予備的検討を行った。

方法

右利き成人健常者 2 名（女性 2 名、平均年齢 24.5 歳）を対象として、ブローカ野および運動野・運動前野が入るようプローブを配置した。通常の 3cm 間隔で配置されるプローブ間の中央にさらにプローブを追加し、各 Ch 間の距離が 1.5cm 間隔となるよう、合計 21ch を測定した。発話課題は蔡らが fMRI 実験で行ったものと同様のものを使用し、図 1 に示す課題を 4 セッション実施した。刺激に用いられる単語は高親密度単語、低親密度単語、無意味単語および持続母音（対照）の 4 種類で順序はランダムに提示した。全被験者において MRI 撮像を行い、NIRS の測定 Ch について脳部位との位置を確認した。NIRS データの解析は全セッションを使い、ピーク値とピーク潜時を計算して単語種類間で差があるかどうか被験者ごとに検討を行った。

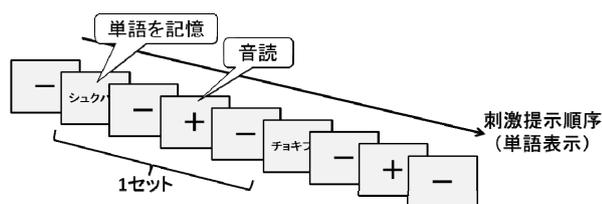


図 1. 提示された単語を記憶し、“+”が表示されたら音読する。1単語・1音読を1つのセットとして40回繰返し、1セッションとする。

結果・考察

ブローカ野、運動野／運動前野に近い Ch の [oxy-Hb] 変化について解析を行ったところ、発話開始数秒後に現れるピーク値において単語種類間で一部、わずかな差が認められた。今後、蔡らの fMRI 実験の結果との整合性を検証するために、より多くのデータが必要であり、単語種類による NIRS 波形のパターンや発話の障害との関連について検討を進める。

【はじめに】 言語聴覚士が実施する訓練において、訓練を受ける側が教材や訓練方法に慣れてしまっている場合、脳の賦活にどのような影響を及ぼす可能性があるのかを、今回は課題の習熟度と記銘を含む並列処理という観点から検討した。

【方法と手続き】 課題1として、聴覚的に呈示された文を復唱する課題（以下、復唱課題）と課題2として、復唱しながら文を覚え、後にその内容についての質問に答える復唱と記銘を要求する言語性の並列処理課題（以下、復唱記銘課題）を実施した。対象は、年齢20代から40代の健常者9名（男性5名、女性4名）。提示された文は3～4文節文³⁾。復唱課題は実験者が読み上げた文を被験者は1文毎に復唱した。復唱記銘課題は復唱課題を3文実施した直後に、その内容についてそれぞれ質問し、口頭で答えてもらった。課題で使用する文を知っているか否かで、2つのグループ（知っている:A群、知らない:B群）に分けた。被験者はA群が6名、B群が6名であり、一部2群に重複する被験者が含まれている。測定の流れは、60秒の復唱課題と70秒の安静、連続して90秒の復唱記銘課題と100秒の安静を1セットとするブロックデザインとし、3セットを実施した。測定には近赤外線分光法による光トポグラフィー装置（ETG-7100, (株)日立メディコ製）を用いて、酸素化ヘモグロビン値（oxy-Hb）の変化[m(mol/l)*mm]を計測した。プローブの装着については国際10-20法を参考に、水平方向に3x5のプローブホルダ2つ（左右それぞれ22チャンネル:ch）を用いてプローブの最下段がF7,Fpz,F8を結ぶ線に沿うように両側の前頭部を覆うように配置させ装着した。プローブ間距離は30mmであった。なお、当センター倫理委員会規約に基づき実施した。

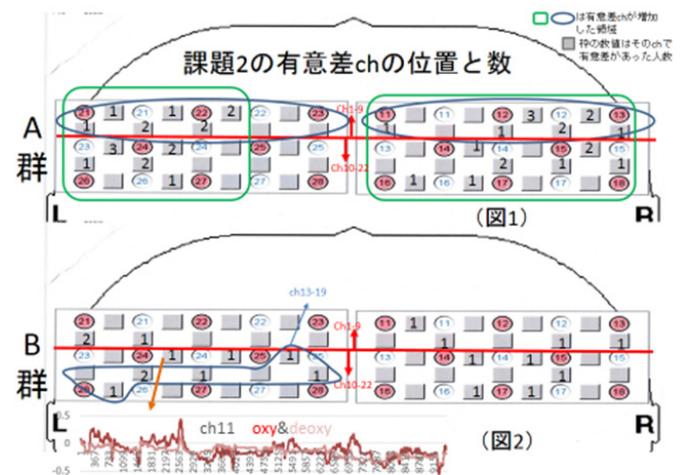
【解析方法】 プレタイムの5秒間と課題後45-50秒の区間を安静区間とし、同一被験者内で、各課題前の安静区間の平均値と課題中の全測定値の平均値とを比較した。また、測定値の変化が見られたch数についても比較した。測定データは、補正処理を行わずそのまま使用した。

【結果】 課題1において、A群で左側6ch、右側6chに、B群で左側7ch、右側12chにoxy-Hbの濃度変化がみられた(p<0.05)。課題2ではA群で、左側18ch、右側19chに濃度変化が見られ(p<0.05)、B群では、左側11ch、右側9chに濃度変化がみられた(p<0.05) (図1)。

次に、被験者毎に上記の検出されたchの数についてみると、A群では課題1と比較して、課題2で増加傾向がみられた（左側6ch→18ch,右側6ch→19ch,両側検定p=.062）。またch1-9の範囲では両側で増えていた(左側0→9ch,右側2→10ch,両側検定p=.031,図1)。一方、B群では22ch全体として増減はなかったが、左側ch13-19の範囲では増加していた(0→6ch 両側検定:p=.031,図2)。

また、A群の被験者からは復唱記銘課題中は過去の記憶と照合させるという内省があった。

【考察】 両群とも課題1と比べ、課題2で濃度変化がみられたch数が増えている範囲があり、課題2が負荷として働いていたと考えられた。A群のように課題内容に習熟していても、記銘から再生という作業では、過去の記憶との照合などがみられ、脳の広い範囲が賦活する可能性があることが示された。また、濃度変化がみられた範囲は前頭極中下部を含む領域と考えられた。一方、B群のように習熟度が低い場合は、特定の範囲で濃度変化がみられ、この範囲は前頭前野背外側部を含む領域と考えられ、今回のような並列処理課題を行う場合に積極的に関わる部位を含むと考えられた。oxy-Hbの濃度変化を脳の賦活と考えそこにリハビリテーションの効果を期待するのであれば、今回のような並列処理課題では、同じ課題を反復実施することも、訓練方法のひとつと考えることができる。



(引用文献) 1) 坂藤・市川：習熟度の異なる課題遂行時の脳血流変化—復唱課題と復唱記銘課題を用いて—,日本光脳機能イメージング研究会,pp22,2012.

2) 坂藤・市川：習熟度の異なる課題遂行時の脳血流変化(第2報)—復唱課題と復唱記銘課題を用いて—第14回日本語聴覚士学会,2013.

3) 西尾正輝:スピーチリハビリテーション2,インテルナ出版,2000.

感情喚起写真刺激(IAPS)による快-不快感情

の視覚野皮質活動に及ぼす効果:NIRSによる検討

堀口 (原) 涼子、望月 浩志、門馬 愛美、
新井田 孝裕、靱負 正雄

国際医療福祉大学・保健医療学部・視機能療法学科

【はじめに】

ヒトは、視覚情報が脳へと伝わることで外界を認識し、さまざまな感情を抱く。感情は自律神経の活動を伴い、瞳孔径を変化させる可能性がある。瞳孔の散大・縮小は眼内に入る光量を変化させ、脳活動に影響を及ぼすと考えられる。一方、快・不快感情の判断に関与することが知られている扁桃核は、解剖学的に視覚連合野から V1 野に至る広範な領域に投射する (Iwai & Yuki, 1986)。これらの事実は、感情が視覚皮質の活動に影響を及ぼす可能性を示唆する。そこで、本研究では、感情を喚起する視覚刺激が視覚野の活動にどのような変化を生じるか、近赤外線分光法 (Near-infrared spectroscopy; NIRS) を用いて検討した。

【対象と方法】

対象: 参加者は、矯正視力 (1.2) の右利き健常成人 9 名 (男性 4 名・女性 5 名、平均年齢 21.5 歳) で、実験に先立ち、実験内容と NIRS の安全性などを説明し、参加に対する同意を得た。

刺激: 呈示刺激として、Lang ら(2005)の国際感情喚起写真システム(International Affective Picture System; IAPS)から、快と不快の評定が高いカラー写真を快 (感情標準得点が 9 段階の 7.0 以上)、不快刺激 (3.0 未満) として各 18 枚選定した。さらに、原写真に対してそれぞれスクランブル写真を作成した。快写真と不快写真は、それぞれ 6 枚を 1 セットとし、各 3 セットの快、不快セットを作成した。

課題: 参加者には、114cm 離れたモニター(19 インチ)上に呈示した写真の中心を見るように指示した。写真呈示は、原写真を用いた課題 1 とスクランブル写真を用いた課題 2 を、5 分間の休憩をはさんで行った。各課題において 6 セットの刺激呈示順序は疑似ランダムに設定した。また、二つの課題の順序は参加者によって変えた。1 セットの呈示時間を 24 秒 (各写真の呈示時間は 4 秒) とした。各セットの呈示間隔を 24 秒間とし、その期間と最初の刺激セット呈示前 20 秒間にベース画像として灰色画像を呈示した。

NIRS による記録: NIRS (日立メディコ製; ETG-4000) を用いて、課題遂行中の酸化ヘモグロビン(Oxy-Hb)と還元ヘモグロビン(Deoxy-Hb)の濃度長変化を 100 ミリ秒ごとに記録した。NIRS のプローブ (3×5 mode) を両側の後頭葉を含むように装着し、左右それぞれ 11 チャンネル (ch) を配置した。NIRS 記録終了後、原写真を参加者にランダムな順で再度呈示し、不快から快の 9 段

階による感情価評定を課した。

NIRS の解析: 記録部位は自治医科大学提供の解析ソフトにより脳領域を推定した。本研究では Oxy-Hb の濃度長変化を脳活動の指標とした。写真に対する応答として濃度長値を課題前 5 秒間の Z 値を基準として課題開始後 14 秒から 15 秒間の平均の Z 値を求め、その課題 1 (原写真) から課題 2 (スクランブル写真) の差分を、感情を反映する応答性として分析した。

【結果】

アーチファクトの混入から 4 名を除き、残り 5 名について分析した。記録 ch の対応脳部位の推定により、左右半球の V1 野と V2+V3 野を関心領域としてそれぞれ 3ch ずつをグループにして左右半球 2 領域、計 4 領域を関心領域として分析した。

各関心領域の快・不快刺激の原写真に対する反応からスクランブル写真に対する反応の差分値の平均を示した図 1 に見られるように、快刺激より不快刺激に対する反応の方が大きい。Mann - Whitney の U テストの結果、左 V1 野を除く 3 領域において快刺激と不快刺激に対する反応の間に有意差がみられた ($p < 0.05$)。また、快と不快の刺激の平均輝度間には有意差はなかった (Mann - Whitney の U テスト、 $p > 0.05$)。

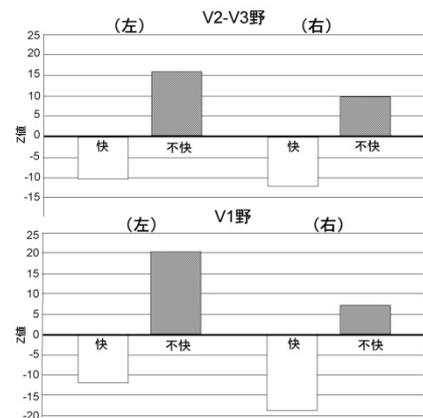


図 1. 各関心領域における快写真と不快写真の原刺激の反応からスクランブル刺激に対する反応を差分した値の平均 (Z 値)

【考察】

上の結果は、感情喚起刺激、特に不快刺激が視覚野の活動に影響を及ぼすことを示唆する。不快刺激に対する V1 野と V2-V3 野の活性の有意な増大は、扁桃核が同様に不快刺激に対して活性が高いという指摘によく対応しており、視覚野は、扁桃核からの入力によって不快刺激に対する感受性が高まった結果、増大したと考えられる。本研究は例数も少なく、他の課題設定、分析法も含めて、さらに例数を増やして検討し、確証する必要がある。

謝辞: 記録部位の推定には自治医大・先端医療技術開発センター・脳機能研究部門 水谷勉氏のご協力を得た。

情動刺激の認知的競合事態における前頭前野活動の特徴

—近赤外スペクトロスコピーによる検討—

片桐正敏, 中川宗英, 星野貴俊, 松井三枝

富山大学大学院医学薬学研究部 (医学) 心理学教室

【背景と目的】 Stroop task における「Stroop 干渉」では、色名文字の判断と色名呼称の 2 つの異なる処理が同時に実施されるため、認知的葛藤が生じる。この課題は、流暢に色名文字を読めることが前提であり、Stroop 干渉を就学前後の子どもに計測するのが困難である。近年笑顔の絵カードが出てきた時に「悲しい」、泣き顔の絵カードが出てきた時に「嬉しい」と答えることが求められる、Stroop 様課題の一つである Happy-sad task が考案された (Lagattuta et al., 2011)。この課題では、大人においても一致課題に比べて不一致課題で反応成績が低下することが報告されている。本研究では、Happy-sad task 遂行中の前頭部位の脳活動を計測することにより、Stroop task と異なった処理を行っているかどうか、NIRS を用いて検討することを目的とした。

【方法】 参加者は、健常成人 30 名 (平均 23.4 歳) であった。本研究では、NIRS 計測用にアレンジした Happy-sad task と文字 Stroop task をそれぞれ一致条件と不一致条件の 2 条件施行した。Happy-sad task の一致条件では、例えば笑顔の表情が呈示されたら「嬉しい」と答え、不一致条件では、笑顔の表情が呈示されたら「悲しい」と答えるよう参加者に求めた。文字 Stroop task の一致条件、不一致条件共に通常の手続きで施行した。NIRS 装置は OEG-16 (スペクトラテック社) を使用し、サンプリングレートは 1.54 Hz であった。酸化ヘモグロビン濃度 (Oxy-Hb) と脱酸素化ヘモグロビン濃度 (Deoxy-Hb) の変化量を脳活動の指標とし、国際 10-20 法に従い、左側前頭前野 (IPFC)、前頭極 (FP)、右側前頭前野 (rPFC) を関心領域として設定し分析した。

【方法】

各課題の条件ごとの平均正答率は 95 % 以上であった。両課題とも不一致条件で正答率が低かった。各条件の課題ごとの正答率、不一致条件で有意に Happy-sad task の成績が低下した ($Z = -4.40, p < .001$)。両課題とも全ての関心領域で、一致条件よりも不一致条件で Oxy-Hb の増加が認められた。各関心領域での ANOVA の検討では、IPFC において課題と条件の主効果、及び交互作用が有意であった (順に、 $F(1,28) = 6.12, p < .05$; $F(1,28) = 37.14, p < .001$; $F(1,28) = 5.24, p < .05$)。事後検定の結果、一致条件よりも不一致条件の Oxy-Hb の変化量が大きく (順に、 $F(1,28) = 56.11, p < .001$; $F(1,28) = 12.71, p < .01$)、不一致条件の Happy-sad task の方が文字 Stroop task よりも Oxy-Hb が有意に増加した ($F(1,28) = 9.60, p < .01$)。

【考察】

Happy-sad task は、文字 Stroop task 同様の脳血流パターンを示し、特に不一致条件において IPFC の賦活が認められた。これは、左下前頭回に相当する IPFC が、表情の理解や認識に関わっていることと関係がある可能性がある。Happy-sad task は、幅広い年齢で用いる事が可能な反応抑制課題であるため、今後発達障害などへの認知機能評価に応用が期待される。

裸眼立体視における訓練の進展に対する fNIRS を利用した脳血流変化の検討

早川 温子, 山本 詩子, 廣安 知之

【目的】

本研究では、脳の活動情報から習熟度評価を行う方法の確立を目的としている。本実験では、目的を達成する前段階として、得意、不得意という能力差の生じる課題における脳活動に関して検討した。本研究では、習熟度の検討を行うために、fNIRS(functional near infrared spectroscopy)を使用し、脳血流変化の計測を行った。また、訓練課題として立体視を用いた。

【実験方法】

本実験の作業課題として、ひらがな一文字が知覚出来るステレオグラムを用いた立体視を行った。また、制限時間内に立体視出来たステレオグラムの枚数を課題成績として調査し、これを習熟度評価のパラメータとした。そして、同時に fNIRS を使用して脳血流変化の計測を行った。被験者は健常者 11 名(年齢：22-23 歳)を対象とした。

【実験結果】

最初に、課題成績により、立体視の得意、不得意群に分類した。次に、活性部位を検討するため、ベースライン処理後の各チャンネル (CH) のレスト区間とタスク区間のデータをそれぞれ 15 分割し、t 検定 ($p<.01$) を行った。その結果、両群共通して有意差の見られた部位は、前頭部の右下部、左下部の CH であった。側頭部や頭頂部には共通して有意差の見られた部位はなかった。そこで、前頭部で共通して有意差の見られた CH 付近を習熟度の検討をする際の注目部位とした。データの処理方法として、両群で有意差の生じた CH 及びその周辺の CH の加算平均を行い、全体の傾向を検討するため、平均値を算出した。

【考察及び結論】

注目 CH の脳血流変化は、立体視の上達に伴い、減少する傾向が見られた。関連研究において、習熟に伴って前頭前野背外側部の脳血流が減少すると報告されている。これにより、本研究で注目した部位も前頭前野背外側部に該当する可能性があることが示唆され、習熟に伴い、本稿での注目部位で脳血流が減少する可能性があることが確認された。また、注目部位の血流量の変化を、課題が得意な群と不得意な群とで比較したところ、得意な群ほど血流量の変化が少なかった。そのため、個人の能力差に関しても前頭前野背外側部が関係するのではないかと考える。

高齢女性の手芸活動が認知機能に与える影響 —脳血流変化を用いた検討—

藤本祐子¹⁾、森下友加里¹⁾、橋本令子²⁾、大森正子¹⁾

1) 神戸女子大学大学院 家政学研究科, 2) 相山女学園大学 生活科学部

1. はじめに

手指運動の中でも高次で多面性を持つ手芸制作を行うことで、脳機能改善の効果が期待できる。我々はこれまでに、手芸制作と脳機能の活性化の関連を明らかにするため、健常中高年女性110名を対象に2週間の手芸制作(ネット手芸)前後の脳機能評価をTrail Making Test Parts A,B (TMT-A,B) および脳年齢測定テストを行った¹⁾。その結果、手芸活動者(活動者)は手芸非活動者(非活動者)よりTMT-A, Bの遂行時間が有意に速く($p < 0.001$)、脳年齢テストの脳年齢値も活動者は非活動者より有意に低く($p < 0.001$)、手芸活動が脳機能へ与える影響が示唆された。そこで、本研究では、活動者と非活動者を対象に、fNIRSを用いて脳活動の比較検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

被験者は継続的に手芸を行っている(平均継続年数 19.9 ± 12.8 年)41歳から68歳までの健常中高年女性8名(平均年齢 58.7 ± 8.1 歳)を活動者とし、日常的に手芸活動をしていない33歳から43歳までの中年女性9名(平均年齢 37.6 ± 3.0 歳)を非活動者とした。

計測課題は、TMT-A, Bおよび脳年齢テストである。ここでいう脳年齢テストとは、記憶、干渉、空間認知、計算問題等の解答結果を総合的に判断し脳年齢を簡易的に算出するものである。

計測は、眼球運動(EMR-9: ナックイメージテクノロジー社製)と、脳内血中酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度長変化を近赤外光イメージング装置(FOIRE-3000: 島津製作所製)を用いて計測した。oxy-Hb濃度長変化計測では、プローブは、被験者の頭部に専用ホルダー(両側の前頭・頭頂を含む全49チャンネル)を用いて国際10-20法に基づきCZを基準として装着した。被験者は、計測装置を装着後、椅子に楽な姿勢で着座し、TMT-A, B、脳年齢テストの実験手順について験者より説明を受けた。練習後、TMT-A, Bの順で1セットを3回繰り返し計6回計測した。その後、脳年齢テストを途中休憩を入れながら3回行った。いずれの

テストも被験者には順序効果を考慮しランダムに提示した。なお、両課題の3回目について実験を行うことができなかった被験者がいたため、本報告では両課題とも1回目と2回目の結果を解析対象とした。

解析方法は、NIRSにより得られたoxy-Hb濃度長変化を標準得点(z値)に変換して解析に用いた。手芸活動の有無における生理指標と課題遂行時間、各テストの成績の比較、脳活動部位の比較を行った。倫理的配慮として、口頭と文書にて研究の目的や方法などを十分に説明し、書面にて同意を得た。なお、本研究は神戸女子大学ヒト研究倫理委員会にて承認を得ている。

2. 結果と考察

活動経験の有無とTMT-A, Bの遂行時間の関係では、非活動者は活動者に比較して遂行時間が有意に速く($P < 0.05$)、TMT-AよりBで有意に遅い結果であった($P < 0.001$)。しかし、TMT-Aについては非活動者と活動者の平均年齢の差が約21歳であるにもかかわらず、遂行時間に平均3秒しか差がなかった。また、脳年齢テストの平均脳年齢値($P < 0.21$)、テストの得点数($P < 0.33$)とも有意差はなかったことから、活動者は非活動者と同等の脳活動の維持が示唆された。

そこで、oxy-Hb濃度長変化について比較したところ、活動者、非活動者とも、TMT-A, Bともに前頭前野において賦活しており、活動者では平均遂行時間より時間が長かった被験者でoxy-Hb濃度長変化が大きかった。また、脳年齢テストの記憶、計算問題では、非活動者は活動者に比較して前頭前野でoxy-Hb濃度長変化が認められたが、図形問題では、活動者において前頭前野oxy-Hb濃度長変化が大きかった。以上より、日々の趣味活動である手芸活動は、脳機能を維持することが示唆された。今後は、非活動者の長期の手芸活動が脳機能への効果について検討していきたい。

参考文献

1) 藤本祐子、手芸制作が脳機能および心理に及ぼす影響、神戸女子大学家政学部紀要Vol. 45、50-51、2012

心的プレッシャー状況下におけるスピーチ課題中の前頭前野活動

○山内星子¹・伊藤大幸²・山中咲耶¹・長尾大志¹・岡田俊¹・吉川徹³・野邑健二¹・金子一史¹

¹名古屋大学・²浜松医科大学・³愛知県心身障害者コロニー中央病院

キーワード：心的プレッシャー・スピーチ課題・前頭前野活動

目的

心的プレッシャーによるパフォーマンスの抑制に関して、社会心理学・生理心理学・臨床心理学等の観点から多くの実証的研究が行われてきた。それらの研究では、心的プレッシャーによって喚起される自律神経系の過活動がパフォーマンスを抑制するという仮説に基づいた検証が行われてきたが、使用する課題や状況によって結果が異なるなど、未だそのメカニズムは明らかになっていない。この問題について Ito et al. (2011) は、心的プレッシャー状況下におけるパフォーマンスの抑制と前頭前野活動や自律神経系活動の関連について、ワーキングメモリ課題の一種である n-back 課題を用いて検討した。その結果、特に困難度が高い場合に、自律神経系よりも前頭前野の過剰な活性化がパフォーマンス抑制と関連することが明らかになっている。

本研究では、スピーチ課題を用いて、社会的な性質を持つ課題においても同様のメカニズムが存在するか否かを検討する。スピーチやプレゼンテーションといった場面は、重要なテスト等と同様に日常場面でプレッシャーによるパフォーマンス抑制が問題になりやすい場面であり、そのメカニズムを検討することは臨床的観点から非常に有用と考えられる。

方法

実験参加者 大学生 21 名が参加した。全員が右利きであり、実験について説明を受け、内容を理解した上で参加に同意した。

装置 ラップトップ型 PC 2 台 (実験制御用および NIRS 計測用)、NIRS システム (NIRO-200、浜松ホトニクス) を使用した。2つのプローブ (2×3cm、各1チャンネル (CH)) は前頭部左右に配置された。

要因 プレッシャーの有無を参加者内要因とした。プレッシャーあり条件では、実験者 2 名が参加者の前方に座り、スピーチを聞いた。プレッシャーなし条件では、実験者らにスピーチが聞こえない状況とした。

課題 スピーチ課題として、8つのテーマを用意した。テーマは Weber & Smith (1990) を参考に、より日本の大学生に身近なテーマとなるよう変更を加えた。スピーチは 60 秒間であり、プレッシャーあり、なしの各条件において 4 回ずつスピーチが実施された。各スピーチに先立ち、ベースライン測定のための統制課題 (曜日名の暗唱、40 秒間) を実施した。

NIRS データの処理 本研究では、酸化ヘモグロビン (oxy-Hb) および脱酸化ヘモグロビン (deoxy-Hb) の濃度長 (mmol・mm) データについての分析を行った。各条件における各スピーチ時の平均値から、直前の統制課題時の平均値を引き、変化量データを算出した。

結果

行動データ 1 分間のスピーチにおける文字数 (平仮名で換算) をパフォーマンスの指標とし、プレッシャーの効果を検討した。その結果、プレッシャーなし条件の文字数が有意に多かった ($t(18) = -2.12, p < .05$)。

NIRS データ 心的プレッシャーが前頭前野活動に与える影響を検討するため、oxy-Hb および deoxy-Hb のデータについてそれぞれプレッシャーの有無 (2) × チャンネル (2) の 2 要因分散分析を行った。分析の結果、oxy-Hb では、プレッシャーの有無およびチャンネルの主効果が有意であった ($F(1, 20) = 16.22, p < .05, \eta^2 = .25$; $F(1, 20) = 6.57, p < .01, \eta^2 = .45$)。一方、プレッシャーの有無 × チャンネルの交互作用は有意ではなかった ($F(1, 20) = 1.05, n.s., \eta^2 = .05$)。deoxy-Hb では、プレッシャーの有無およびチャンネルの主効果、プレッシャー × チャンネルの交互作用が有意であった ($F(1, 20) = 13.38, p < .01, \eta^2 = .40$; $F(1, 20) = 6.30, p < .05, \eta^2 = .24$; $F(1, 20) = 7.99, p < .05, \eta^2 = .29$)。交互作用について、プレッシャーの単純主効果の検定を行ったところ、右、左ともに有意であった ($F(1, 20) = 6.98, p < .05, \eta^2 = .26$; $F(1, 20) = 16.90, p < .01, \eta^2 = .46$)。

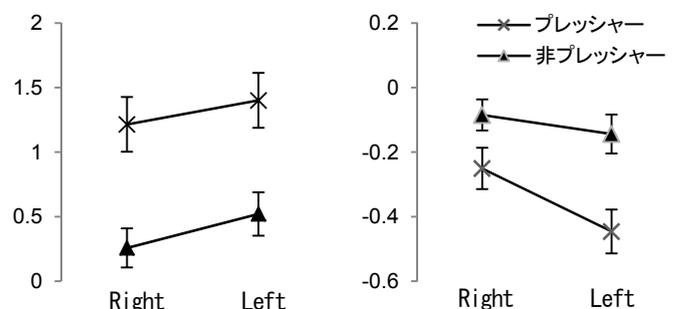


Figure 1. スピーチ課題中の oxy-Hb 変化量

Figure 2. スピーチ課題中の deoxy-Hb 変化量

考察

従来の実証的研究に一致し、プレッシャーによって課題のパフォーマンスが抑制されることが示された。それに伴い、NIRS によって測定された課題時の前頭前野活動もプレッシャーによって増加していた。これは、認知課題だけでなく、スピーチという社会的性質を持った課題においても、前頭前野の過活動がパフォーマンスの抑制と関連する可能性を示唆している。

引用文献

- Ito H, Yamauchi H, Kaneko H, Yoshikawa T, Nomura K, & Honjo S. Psychophysiology, 48, 1563-71. 2011
Weber C. M. & Smith A. Journal of Speech and Hearing Research, 33, 690-706. 1990

EMDR（眼球運動による脱感作と再処理法）適用中の脳血流の変化 －NIRSを用いた研究－

大塚美菜子¹・市井雅哉²・金沢徹文³・米田 博³・上田英一郎⁴

I. 問題・目的

1989年にShapiroによって開発された眼球運動による脱感作と再処理法(以下 EMDR)は、PTSD の治療において治療効果が実証されている心理療法のひとつである。十分な臨床データの蓄積によりその効果が認められている一方、その作用機序の解明は十分とは言えず、究明が求められている。これまで、REM 睡眠との関連、左右の大脳半球の同期、ワーキングメモリ、定位反応などにより、EMDR の主要な要素のひとつである眼球運動がもたらす作用の検証が行われてきたが、EMDR 全体のプロセス下で生じる生理学的変化については十分に検討されているとは言い難い。

本研究では、EMDR がもたらす治療効果に関連する脳機能部位、および自律神経系の変動パターンの特定を目指すことを目的とし、EMDR 標準プロトコル実施中に、脳の活性部位を脳血流内の酸素濃度によって測定可能な 22 チャンネル光トポグラフィ装置 (ETG-4000 日立メディコ製:以下 NIRS) で、自律神経系指標を皮膚伝導性・皮膚温度・指尖容積脈波・呼吸振幅によって測定するバイタルモニターProComp (T7500M エムピージャパン製:以下 ProComp) でそれぞれ測定した。本研究は、実際の EMDR 治療場面に則した手順で測定を行うため、結果は臨床実践に直接反映させることが可能であると考えられる。

II. 対象と方法

研究計画の同意を得られた右利きの健常成人 4 名を対象とした。事前調査としてエジンバラ利き手調査、スタンフォード眠気スケールを実施した。続いて、過去に体験された外傷的な出来事についての聴取、臨床評価尺度 (IES-R、DES-II、NCQ-IF、JBCSS) を施行した。NIRS および ProComp を装着し、EMDR 標準プロトコルに従い、体験に伴う苦痛の度合い (主観的障害単位: SUD、最大の苦痛を 10 とし、0~10 で実験協力者に答えさせる) が 0~1 になるまで介入を行い、その際の前頭部の血中ヘモグロビン濃度[oxy-Hb]の変化を測定した。

III. 結果と考察

外傷的な出来事の内容は、近親者との死別体験、職場での不適応、性被害であり、EMDR 前後で SUD および臨床評価尺度は有意に値が減少した。[oxy-Hb]は、前頭葉付近、特に眼窩前頭皮質において生じ、外傷性記憶の想起に伴い急激に増加、その後減少する様子が観察されたことから、EMDR における外傷性記憶の処理の過程が脳血流に影響を与えている可能性が示唆された。

¹ 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科

² 兵庫教育大学発達心理臨床センター

³ 大阪医科大学精神神経科学

⁴ 大阪医科大学皮膚科学

心的プレッシャーによる手続き的スキルの阻害と前頭前野活動の関連

山中咲耶¹・伊藤大幸²・山内星子¹・長尾大志¹・岡田俊¹・吉川徹³・野呂健二¹・金子一史¹

¹ 名古屋大学 ² 浜松医科大学 ³ 愛知県心身障害者コロニー中央病院

問題と目的

入学試験や重要な面接など、強い心的プレッシャーのかかる場面で、個人の有する本来の能力が十分に発揮できない現象が存在することは広く知られている。心理学的検討の中で、プレッシャーが課題遂行に与える影響は、プレッシャーの性質や課題の種類によって異なることが示されてきた。Ito et al. (2011)は、NIRS と自律神経系指標を用いて、ワーキングメモリ (WM) 課題中の遂行阻害のメカニズムを検討し、前頭前野の過剰な活性化がプレッシャーによる課題遂行の阻害と関連することを示した。この結果は、プレッシャーによって WM 負荷が生じ、WM 課題の遂行が阻害されるという仮説 (Distraction 仮説) を支持している。

一方、手続き的スキルを要する課題については、プレッシャーによって課題遂行に対する過剰な注意が向けられることでパフォーマンスが低下するという Explicit-monitoring 仮説が、行動実験に基づいて提唱されているが、これまで神経学的・生理学的な検証は行われていない。そこで本研究では、手続き的スキルを要する課題を使用し、Explicit-monitoring 仮説に関する検証を行った。

方法

参加者 大学生 17 名 (男性 7 名、女性 10 名 ; 平均年齢 18.5 歳) が実験に参加した。

課題 系列反応時間課題 (SSRT) を使用した。画面に表示される記号の位置に対応するキーを押す感覚運動課題であり、記号がランダムな順に提示される「ランダム試行」と決められた順に提示される「系列試行」(参加者が認識できない程度の複雑な系列) から構成される。15 分程度の練習で潜在的に系列試行のパターンを学習させ、その後、実験者 2 名による監視の有無によるパフォーマンスの差異を検討した。統制課題として一定の順序で記号が提示される試行を各課題ブロックの直前に実施した。

測定 NIRS 測定には浜松ホトニクス製の NIRO-200 を使用し、左右の前頭部 (背外側前頭前野に対応する位置) に 2 チャンネルを配置。自律神経系指標として、顔面血流、心拍、皮膚温、皮膚コンダクタンスを測定。

結果

行動データ 系列試行における平均反応時間は、観察条件で非観察条件よりも有意に長かった ($t(16)=2.82, p=.012$; Figure 1)。

NIRS データ 系列試行中の Oxy-Hb は、観察条件で非観察条件よりも有意に高く ($t(16)=3.39, p=.004$; Figure 1)、Deoxy-Hb は観察条件で非観察条件よりも有意に低かった (Deoxy-Hb: $t(16)=2.53, p=.022$)。

自律神経系活動 系列試行中の自律神経系活動は、いずれも観察の有無による有意差が見られなかった (顔面血流: $t(16)=1.50, p=.153$; 心拍: $t(16)=0.45, p=.662$; 皮膚温: $t(16)=0.84, p=.413$; 皮膚コンダクタンス: $t(16)=0.74, p=.472$)。

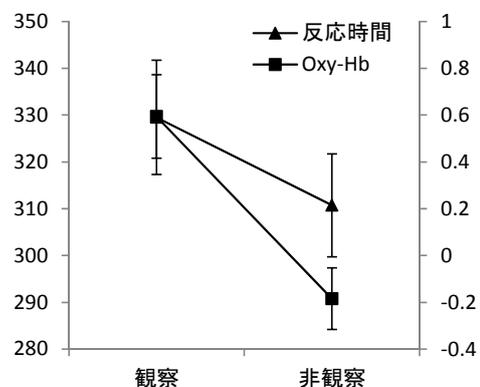


Figure 1 観察の有無による反応時間と Oxy-Hb (統制課題からの変化量) の差異 (左の縦軸は反応時間、右の縦軸は Oxy-Hb。エラーバーは標準誤差)

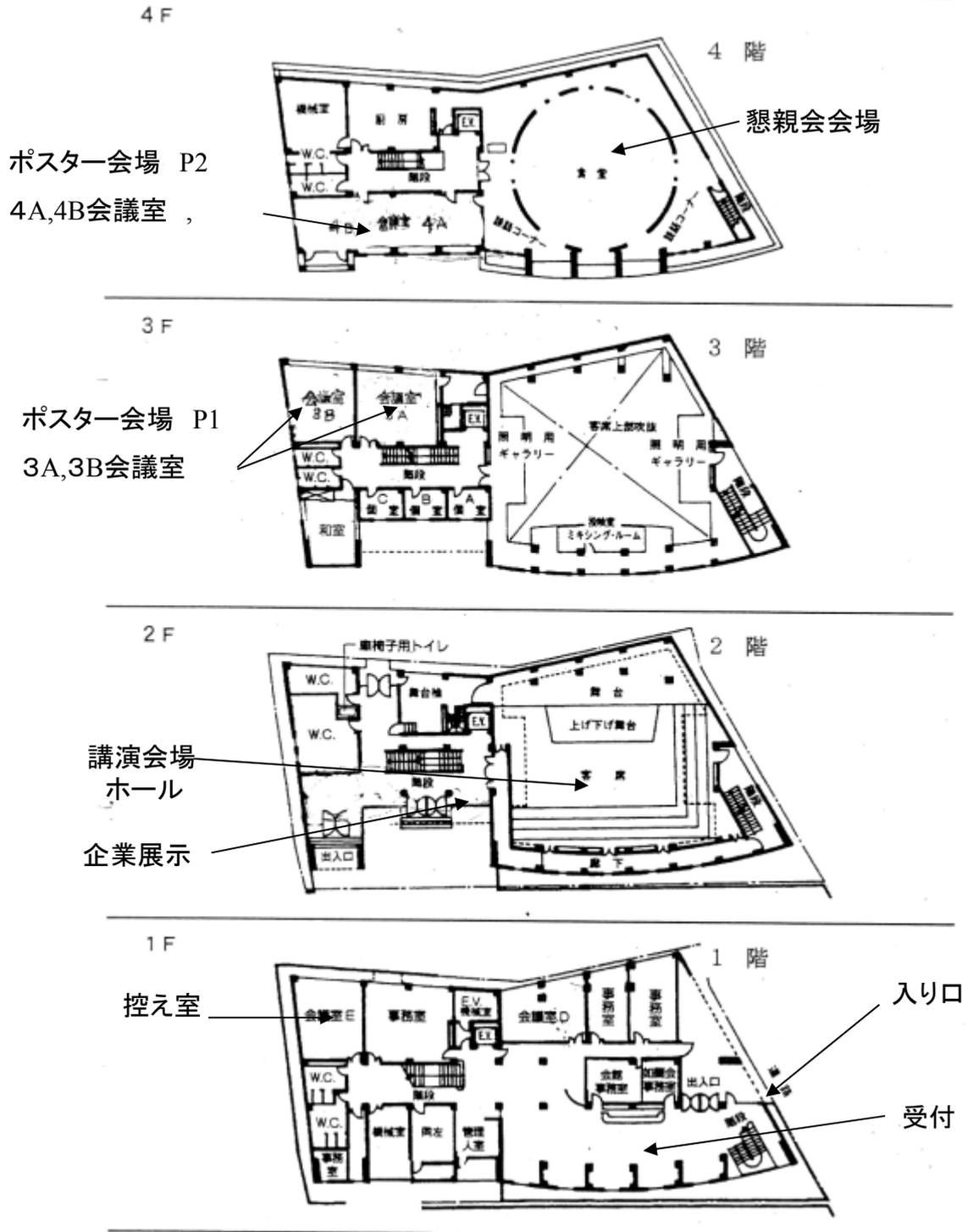
考察

行動実験の知見と一致し、多数回の練習によって潜在的に学習された手続き的スキルの遂行が監視プレッシャーによって阻害されることが示された。同時に、課題遂行中の NIRS 信号は、監視プレッシャーによって過剰な前頭前野活動が生じることを示唆した。非観察条件において有意な活性化が生じていない (統制課題中の水準を上回っていない) ことを考慮すると、観察条件中の NIRS 信号は課題遂行に必要な脳活動を反映していると考えられる。この結果は、監視プレッシャーによって必要以上の注意が課題遂行に向けられることでパフォーマンスが低下するという Explicit-monitoring 仮説を支持している。

一方、自律神経系活動は観察の有無による差が見られなかった。NIRS 信号に影響を与えるとされる顔面血流においても有意差が見られなかったことから、観察の有無による NIRS 信号の差異は顔面血流の変化によるものではないことが示唆された。

第16回 日本光脳機能イメージング学会 研究発表会会場 星陵会館

施設案内 (各階平面図)



交通のご案内

地下鉄有楽町線、 半蔵門線、南北線	地下鉄千代田線	地下鉄南北線	地下鉄銀座線、丸 の内線
永田町駅下車6番 出口	国会議事堂前駅 下車5番出口	溜池山王駅下車(国会 議事堂前駅5番出口)	赤坂見附駅下車
徒歩3分	徒歩5分	徒歩5分	徒歩7分

※駐車場がありませんので自家用車でのご来館はご遠慮ください。

