

# 第22回 一般社団法人 日本光脳機能イメージング学会 学術集会

「光脳機能イメージングの実学的応用に向けて」

【開催日時】 2019年7月20日(土) 10時00分～19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>

第22回 大会長 : 三原雅史 (川崎医科大学)  
理事長 : 渡辺 英寿 (厚生労働省)  
副理事長 (事務局代表) : 酒谷 薫 (東京大学)



# 第22回 一般社団法人 日本光脳機能イメージング学会 学術集会

「光脳機能イメージングの実学的応用に向けて」

【開催日時】 2019年7月20日(土) 10時00分～19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 4,000円, 学生 2,000円.

【懇親会参加費】 : 2,000円 (星陵会館4階 レストランにて立食形式)

第22回 大会長 : 三原雅史 (川崎医科大学)

理事長 : 渡辺 英寿 (厚生労働省)

副理事長(事務局代表) : 酒谷 薫 (東京大学)

E-Mail: [jofbis@gmail.com](mailto:jofbis@gmail.com)

事務局 : 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5 環境棟256号室

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻

## 第 22 回 日本光脳機能イメージング学会 学術集会

「光脳機能イメージングの実学的応用に向けて」

- 10 : 00-10 : 10 開会あいさつ 理事長 渡辺英寿
- 10 : 10-11 : 00 大会長講演 座長 : 星 詳子 (浜松医科大学)  
「治療介入手段としての fNIRS の臨床応用」  
三原雅史 川崎医科大学 神経内科学
- 11 : 00-12 : 20 シンポジウム : (各 20 分 : 発表 15 分 質疑 5 分)  
「近赤外分光法における皮膚血流の影響とその対応」  
座長 : 三原雅史 (川崎医科大学)
- S1 「fNIRS の特性を考慮した適切な実験計画と解析」  
皆川泰代 慶應義塾大学 文学部
- S2 「マルチディスタンス法による皮膚由来信号分離法」  
木口雅史 日立製作所 基礎研究センタ
- S3 「血流動態分離法の原理と皮膚血流問題における効果」  
山田亨 産業技術総合研究所 人間情報研究部門
- S4 「前額部における皮膚ヘモグロビン信号の空間分布」  
河野理 徳島大学 大学院医歯薬学研究所
- 12 : 20-12 : 40 総合討論
- 12 : 40-13 : 40 昼食  
(13 : 30 fNIRS データ解析プラットフォーム(POTATo)について  
川口拓之 産業技術総合研究所)
- 13 : 40-14 : 40 特別講演 座長 : 三原雅史 (川崎医科大学)  
「半側空間無視と失行の病態メカニズムとリハビリテーション」  
森岡 周 畿央大学  
ニューロリハビリテーション研究センター
- 14 : 40-15 : 40 招待講演 座長 : 檀 一平太(中央大学 理工学部)  
「Real World 認知脳科学へ向けて」  
嶋田総太郎 明治大学理工学部電気電子生命学科
- 15 : 40-15 : 50 休憩
- 15 : 50-16 : 35 ポスター発表フラッシュトーク (発表 1 人 2 分)  
座長 : 福永 真哉(川崎医療福祉大学)
- 16 : 35-16 : 40 閉会あいさつ 副理事長 酒谷 薫



部附属病院リハビリテーション科、(3) 東京大学医学部附属病院検査部

P2-4 NIRS と EEG の同時測定によるストレス評価の検討

長澤 康弘<sup>1</sup> 酒谷 薫<sup>2</sup> 高梨 宏之<sup>1</sup>

1: 日本大学 2: 東京大学

P2-5 非利き手における箸操作学習過程の脳活動の経時的変化

武田さより<sup>1)</sup> 宮本礼子<sup>2)</sup>

1) 東京湾岸リハビリテーション病院 2) 首都大学東京 人間健康科学研究科

P3 会場 4A 4B

P3-1 第二言語による推論課題中の前頭・側頭部の脳活動についての検討

直井望・眞神花帆・森島泰則

国際基督教大学

P3-2 協調ゲーム中における脳活動の二者間相互作用についての解析手法

森本智志\*<sup>1, 2</sup>、徐鳴鏞\*<sup>1, 2</sup>、星野英一\*<sup>1, 2</sup>、皆川泰代\*<sup>1, 2</sup>

\*1: 慶應義塾大学 文学部 \*2: 慶應義塾大学 日吉心理学研究室

戦略的研究基盤形成支援事業

P3-3 音楽想起時における前頭前野領域の NIRS 信号変化および脳活動状態判別に関する検討

増尾 明<sup>1, 2)</sup> 加賀翔太郎<sup>2)</sup> 加藤昇平<sup>2, 3)</sup>

名古屋医健スポーツ専門学校<sup>1)</sup>、名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻

<sup>2)</sup>、名古屋工業大学情報科学フロンティア研究院<sup>3)</sup>

P3-4 職場の人間から褒められる効果の fNIRS による検証 パイロットスタディ

堀大介<sup>1)</sup>、松崎一葉<sup>1, 2)</sup>

<sup>1)</sup> 筑波大学医学医療系、<sup>2)</sup> 国際統合睡眠医科学研究機構

P3-5 ワーキングメモリ容量が脳機能に及ぼす影響

藤田 渉\*、丹 真里奈\*、廣安 知之\*\*、日和 悟\*\*

\*同志社大学大学院生命医科学研究科、\*\*同志社大学生命医科学部

P3-6 ダーツ投てき時の脳活動計測における体動除去手法の検討

吉田早織\*、日和悟\*\*、竹田正樹\*\*\*、廣安知之\*\*

\*同志社大学大学院生命医科学研究科、\*\*同志社大学生命医科学部、

\*\*\*同志社大学スポーツ健康科学部

P3-7 慢性期脳卒中の片麻痺上肢に対するスイッチトリガー型電気刺激使用時の脳血流の変化について

大戸元気<sup>1)</sup>、岸本周作<sup>1)</sup>、久保田直文<sup>1)</sup>、井野邊純一<sup>1)</sup>

1) 井野辺病院総合リハビリテーションセンター

P3-8 受動的言語聴取時における脳活動と言語理解度の関係評価

長屋 勇輝<sup>(1)</sup>、沼田 崇志<sup>(1)</sup>、Lei Miaomei<sup>(1)</sup>、Sutoko Stephanie<sup>(1)</sup>、舟根 司<sup>(1)</sup>、

三好 利昇<sup>(1)</sup>、平林 由紀子<sup>(1)</sup>、佐藤 大樹<sup>(2)</sup>

(1): 株式会社日立製作所研究開発グループ (2): 芝浦工業大学システム理工学部

## 治療介入手段としての fNIRS の臨床応用

川崎医科大学 神経内科学 三原雅史

脳は、局在機能を有する各領域が複雑なネットワークを構成することで、環境に応じた最適な行動を選択・遂行することを可能としている。脳卒中や頭部外傷などによる脳組織の損傷は、脳の局在機能及び神経ネットワークの破綻によって、運動障害や認知機能障害などの様々な機能障害をもたらし、日常生活動作（ADL）や生活の質（QOL）の低下を引き起こす。自然経過における中枢神経損傷後の組織的再生は限定的と考えられており、脳損傷後の機能回復過程では、残存する脳組織が損傷組織の機能を代償する形での可塑的なネットワークの変化が起こり、この機能的再構成が昨日回復に重要な役割を果たしていることが知られている。望ましい機能的再構成を誘導し脳損傷後の機能回復を高めるための工夫として、非侵襲的脳刺激法や Neurofeedback などの Neuromodulation 技術が注目されている。

非侵襲的脳機能画像技術の一つである、近赤外分光法（NIRS）は他の機能的脳画像技術と比較して、装置が簡便で被検者への制約が少ないことから、機能的再構成に伴う脳活動変化を観察するツールとしてリハビリテーション分野への応用が進められてきた。我々は NIRS を用いて得られた脳活動情報をリアルタイムに被験者に提示するシステムを開発し、Neurofeedback の原理を用いた脳活動の随意的制御を行うことで、機能回復を促進させる取り組みを積極的に行っている。我々はこのシステムを用いて、脳卒中後の上肢麻痺ならびに脳卒中後の歩行障害や神経変性疾患における歩行障害での機能回復効果に関する Proof of Concept 行い、これまでの検討では高い安全性と有効性を確認し、今後薬機法認証に向けた医師主導治験を計画している。本講演では、これら NIRS を用いた治療的応用の現状と今後の方向性について概説する。

## fNIRS の特性を考慮した適切な実験計画と解析

皆川 泰代  
(慶應義塾大学文学部)

fNIRS(functional Near-Infrared Spectroscopy)は MRI (Magnetic Resonance Imaging)などの大型の脳機能計測装置よりは安価で実験も行いやすく、脳機能研究初心者でも実験は遂行できるためか、学会などの研究報告等で適切でない実験計画や誤った解析方法などを見かけることが少なくはない。fNIRS の実験ではその計測原理を正しく理解した上で、実験の目的にそった適切な実験計画を立案することが重要になる。データを取得して、解析手法を考えるのではなく、目的にそった独立変数をあらかじめ設定し、そのために従属変数としてヘモグロビン濃度変化量から得られるどの指標(例、濃度変化量の大きさ、潜時、時系列情報)をどのように解析するかといったことを計画したほうが良い場合が多い(もちろん得られたデータに応じて解析方法を追加、修正する場合も多いが)。また fNIRS の特性を理解することで、皮膚血流が生じやすい実験タスクなどの対象者に応じた対応も可能となる。本発表では以上のような適切な fNIRS の実験計画方法について、具体的な実験を紹介しながら説明し、適切なデータ解析についてもふれる。これらの中で特に皮膚血流の問題についても焦点をあて、これまでの経験をふまえてコメントする。

## マルチディスタンス法による皮膚由来信号分離法

株式会社 日立製作所 基礎研究センタ 木口雅史 舟根司

NIRS 計測では、頭皮上に設置した光源と検出器を用いるため、光が頭皮を通過する際に頭皮血流の影響を受ける。注目する脳機能を抽出するために一般的に用いられる対照状態との比較法によれば、対照状態の頭皮血流を脳活動状態と同様に制御することが求められるが、タスクや被験者の状態によっては、このような統制が困難な場合もある。そのため、対照状態の統制によらずに頭皮血流の影響を除去する手法が提案されており、これらを用いることにより、より自由な計測デザインを組むことが可能となる。ここでは、我々が開発した2つのマルチディスタンス法について紹介する。他の手法と比較した本方法の特徴は、信号成分を信号源の深さにより分離することにある。そのため、脳機能計測のゴールデンスタンダードである fMRI と比較しやすい。

図1に、モンテカルロシミュレーションによる頭皮と灰白質における部分光路長の光源-検出器距離 (SD 距離) 依存性を示す。灰白質の信号強度が SD 距離に比例するのに対し、頭皮の信号強度が SD 距離に依存せず一定であるというモデルを用いることにより、2つの異なる SD 距離を用いて得られた信号から、頭皮信号と深部信号を定量的に求めることができる。MD-ICA (Multi-Distance Independent Component Analysis) 法 [1] では、独立成分解析により得られたヘモグロビン信号の各コンポーネント波形を上記モデルにより頭皮成分と深部成分に分離し、成分ごとに再構成して頭皮信号と深部信号を得る。RT-SSS (Real-Time Scalp Signal Separation) 法 [2] では、計測信号に上記モデルを直接適用して頭皮信号と深部信号を得る。両方法は同じモデルを用いているため、得られる結果は原理的に同じである。独立成分解析に TDD-ICA を用いているために MD-ICA では困難であったリアルタイム処理が、RT-SSS では可能となる。しかし、RT-SSS では高周波ノイズがリアルタイムで頭皮信号と深部信号に分離されるため、一見ノイズの影響が顕著に見える。また、ノイズ除去の方法が異なることにより、MD-ICA と結果が一致しない場合がある。いずれの方法でも、SN 比の高い計測信号を得ることが重要である。

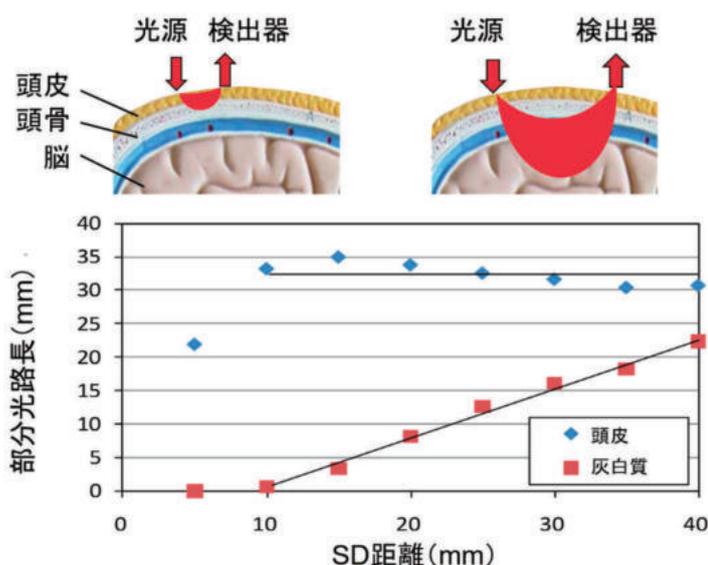


図1 灰白質・頭皮における部分光路長の光源-検出器間距離依存性

[1] Funane T, et al., Neuroimage 85, 150-65 (2014).

[2] Kiguchi M, et al., J. Biomed Optics 19, 110505 (2014).

## 血流動態分離法の原理と皮膚血流問題における効果

産業技術総合研究所 人間情報研究部門 山田 亨

機能的近赤外分光法(fNIRS)は簡便で安全性も高い反面、その計測信頼性には多くの疑問が付されており、特に近年、課題遂行により皮膚血流が変化することの問題が広く認識されている[1 など]。ここでは、我々が行ってきた fNIRS 技術の高度化への取り組みの中から、血流動態分離法[2]の原理を概説し、皮膚血流の影響除去における効果について述べる。

神経活動に伴って生じる動脈血供給の一過性増大は、当該局所の毛細血管床において酸素化ヘモグロビン量を増大させると同時に脱酸素化ヘモグロビンを静脈へと洗い流す。同時に、周辺組織への酸素供給が酸素化ヘモグロビンの脱酸素化によって行われる。これらのヘモグロビン動態に共通する顕著な特徴は、酸素化/脱酸素化ヘモグロビン量の増減が常に相対方向に生じることである。一方、酸素交換を行わない動脈・静脈などの太い脈管系では、脈管内血液の酸素化/脱酸素化ヘモグロビン量の割合は変化しない代わりに、血流量の変動は、管径の拡張/収縮によって吸収される性質をもつ。このため、そこでの血流動態は酸素化/脱酸素化ヘモグロビン量の増減が常に同一方向に生じる特徴を持つことになる。

いま、fNIRS 信号がこれら2つの成分からなり、各成分では両ヘモグロビン変化の間に正負が異なる比例関係が成り立つと考えると、二つの成分は以下のように記述できる。

$$\begin{pmatrix} O_F \\ D_F \end{pmatrix} = \frac{1}{k_F - k_S} \begin{pmatrix} -k_S & 1 \\ -k_F \cdot k_S & k_F \end{pmatrix} \begin{pmatrix} O \\ D \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} O_S \\ D_S \end{pmatrix} = \frac{1}{k_F - k_S} \begin{pmatrix} k_F & -1 \\ k_F \cdot k_S & -k_S \end{pmatrix} \begin{pmatrix} O \\ D \end{pmatrix}$$

ここで、 $(O, D)^T$ は通常の fNIRS 計測で得られるヘモグロビン変化量、 $(O_F, D_F)^T$ と $(O_S, D_S)^T$ はそれぞれ脳機能活動とその他の活動に由来するヘモグロビン変化量を表す。 $k_F, k_S$ は各血流動態での両ヘモグロビン変化間の比例係数である。2つの血流動態は組織的にも生成機序的にも異なる起源をもつため、両者の間の相互情報量を最小化する係数  $k_F, k_S$  を見出し、その値を用いて分離を実行することができる。

この手法は、上述のように平易な前提に基づき、調整パラメータも少ないにもかかわらず、体動、姿勢変化、呼吸状態変化などに由来する fNIRS 信号変動を効果的に分離・除去することが実験的に確認されている[2-4]。また、層状モデルに基づく多点計測法との同時計測で、両手法の結果が極めて高い相関を持つことが確認されている[2]。このことは、この手法の頭皮血流の影響除去への有効性を示している。当日時間が許せば、これらの知見が示す頭部血流変化の描像についても述べたい。

### 引用文献

- [1] Scholkmann F, et al., NeuroImage, 85, 6-27 (2014).
- [2] Yamada T, et al., PLoS ONE, 7, e50271 (2012).
- [3] Anderson CA, et al., PNAS, 114, 10256-100261 (2017)
- [4] Moriguchi Y and Shinohara I, Sci. Reports, 9, 2585 (2019).

## 前額部における皮膚ヘモグロビン信号の空間分布

徳島大学 大学院医歯薬学研究部 河野 理

**[背景と目的]** 光脳機能イメージング装置は、安全な近赤外光を用い、小型で、被験者に対する拘束が少ないため、多様な環境下における被験者の様々な姿勢での脳機能計測を可能とする。しかしながら、fNIRS 信号には、脳内ヘモグロビン信号だけでなく、課題に同期した頭皮ヘモグロビン信号も重畳されるという問題がある。そこで、これらの信号を分離するための様々な技術開発がなされ、いくつかの成功例が報告されているが、これらの技術には、様々な仮定（皮膚血流の空間的均一性など）が用いられており、それらの仮定の妥当性については十分に検討されていない。本研究では、NIRS 装置を用いて、前額部における皮膚ヘモグロビン信号の空間分布を測定し、その結果と原因について検討を行ったので報告する。

**[対象と方法]** インフォームドコンセントの手続きがとられた健常成人 16 名（男 12 名、女 4 名）に対して、[前レスト(30 秒)]-[タスク(20 秒×3)]-[後レスト(70 秒)]を 2 回繰り返す言語流暢性課題を行った。測定は、マルチチャンネル NIRS 計測システム(FOIRE-3000,島津製作所)を用い、送受光間隔 5mm と 40mm の光ファイバを前額部に装着することによって、前額部の頭皮ヘモグロビン信号(10ch)と fNIRS 信号(2ch)を計測した。

**[結果および考察]** すべての被験者に対して、fNIRS 信号は、特定のチャンネルの頭皮ヘモグロビン信号と強く相関した ( $r > 0.7$ )。また、前額部の頭皮ヘモグロビン信号の各チャンネル間の相関係数の空間分布パターンは不均一な構造を持ち、15mm 離れた位置でさえ、大きく異なった頭皮ヘモグロビン信号の時間波形を示した。さらに、被験者毎の相関係数の階層的クラスタリングを行ない、そのデンドログラムから、頭皮ヘモグロビン信号の各チャンネルの空間配置に対応させた系統図を作成した。その結果、前額部の皮膚ヘモグロビン信号の空間分布は、内頸動脈から分岐した血管（眼窩上動脈、滑車上動脈）と外頸動脈から分岐した血管（浅側頭動脈）が交錯して走っており、これらの血管構造の影響を受けていることが示唆された。これらの結果から、前額部においては、少なくとも 15mm 以上の範囲において、空間的均一性は仮定できないと考えられた。

### [参考文献]

1. **Satoru Kohno and Yoko Hoshi** : Spatial distribution of hemoglobin signals from superficial layers in the forehead during a verbal-fluency task., *Journal of Biomedical Optics*, **Vol.21**, No.6, 066009-1-8, 2016.
2. **Satoru Kohno, Ichiro Miyai, Akitoshi Seiyama, Ichiro Oda, Akihiro Ishikawa, Shoichi Tsuneishi, Takashi Amita and Koji Shimizu** : Removal of the skin blood flow artifact in functional near-infrared spectroscopic imaging data through independent component analysis., *Journal of Biomedical Optics*, **Vol.12**, No.6, 062111, 2007.

## 半側空間無視と失行の病態メカニズムとリハビリテーション

畿央大学ニューロリハビリテーション研究センター

森岡 周

半側空間無視（Unilateral Spatial Neglect：USN）は、病巣と反対側の刺激に対する反応が障害される症状であり、右半球損傷による左 USN の出現頻度が高い。以前は右頭頂葉障害と考えられていたが、現在は注意ネットワーク障害と認知されている。意図的に何かに向かう能動的注意を担う左右背側注意ネットワーク、急な刺激に応答する受動的注意を担う右腹側注意ネットワークの機能不全が USN の病態の根幹である (Corbetta, 2011)。USN への臨床介入として比較的エビデンスの高いものがプリズム順応課題である (Cochrane reviews, 2013)。しかし、この介入は背側注意ネットワークを活性化する (Saj, 2013) もの、腹側注意ネットワークの損傷およびその効果には限界がある (Gossmann, 2013)。また我々の研究において、行動性無視検査では基準点を上回るものの ADL で症状が残存する症例では、能動的注意システムの活動を増大させ機能代償していることを示し、受動的注意システムを回復する介入手段の開発の必要性を示した (Takamura, 2016)。最近になって我々は、USN であっても、人の顔に対する反応は左空間においても残存していることを明らかにした (Ohmatsu, 2018)。現在、我々は画像分析と行動分析の両者から USN をサブタイプに分類し、それに応じて介入を変えるべき視点から研究を遂行している。当日はその研究ならびに介入方法を紹介したい。

失行 (apraxia) とは、麻痺などに起因せず、学習された意図的運動が遂行できない状態と定義され、左半球損傷による出現頻度が高い。失行に対する介入手段には、ジャスチャー課題 (Smania, 2006) の有効性等が報告されているが、無作為化比較試験の件数が非常に少なく、失行に対する臨床エビデンスは極めて不足している。病態に関しては、貯蔵された運動表象障害 (Buxbaum, 2017) や技術的推論能力障害 (Osiurak, 2017) が有力視されているが、決定的な解明はされていない。最近になって我々は、画像分析と行動分析の両者から失行の病態メカニズムに迫る研究を報告した (Nobusako, 2018)。結果として、左下前頭回と左下頭頂小葉を主領域とした左腹側の前頭-頭頂ネットワークの損傷が運動結果の予測の生成を困難にし、失行と感覚-運動統合障害の発生を導くことを示した。このことは運動結果の予測の生成を助け、感覚-運動統合を促進する介入、すなわち運動イメージ、運動錯覚、VR 等を用いた介入が失行改善に貢献する可能性を示した。当日では我々が実践している研究を紹介したい。

## Real World 認知脳科学へ向けて

明治大学理工学部電気電子生命学科

嶋田総太郎

近赤外分光法（NIRS）は計測時の低身体拘束性から日常生活に近い環境での脳機能計測が可能である。この特徴により、乳幼児を対象とした実験や、医療・リハビリ現場での使用、また身体運動を伴う課題や社会性認知研究などさまざまな分野に応用されている。本講演では、その中でも日常生活(Real World)における認知課題への機能的 NIRS (fNIRS) の適用例として、(1)自己身体認識、(2)コミュニケーション、(3)教育応用の 3つの研究を取り上げて紹介する。

自己身体認識は、自らの身体を自己のものであると認識する、人間にとって基本的な認知能力であるが、脳損傷や錯覚によって変容しうる。講演では、自らが操作するロボットハンドに対して自己身体感を抱くロボットハンド錯覚を紹介する。自己身体表現は頭頂葉で処理されていると考えられるが、ロボットハンドを操作しているときの脳活動を計測することは fMRI 等では難しい。講演者らは fNIRS を用いてロボットハンド錯覚中の脳活動計測実験を行い、頭頂葉の活動が錯覚と関連していることを示している (Ismail & Shimada, 2018)。

コミュニケーションは 2 人以上の間で行われる行為であり、これを調べるためにはコミュニケーションしている 2 人の脳活動を同時に計測すること（ハイパースキャニング）が望ましい。ここでは、fNIRS を用いたハイパースキャニング研究をいくつか概観した後で、講演者らが行った対戦ゲーム中のプレイヤーと応援者の脳活動をハイパースキャニングした研究 (Koide & Shimada, 2018) について紹介する。プレイヤーと応援者の脳活動の機能的結合解析を行った結果、プレイヤーの運動野と応援者の頭頂葉の活動に有意な結合性を見出しており、この結果について考察する。

最後に、教育への応用について取り上げる。教育現場は上述のコミュニケーションが重要な役割を果たすが、教師と生徒あるいは生徒同士の脳活動の関連性を調べた研究はまだほとんどなされていない。授業中の脳活動を分析することで、より良い授業を設計しようとする教師を支援できる可能性がある。講演者らは、動画授業を収録中の教師と、撮影された動画を視聴している生徒の脳活動を計測し、被験者間相関 (ISC) 解析を行った。その結果、教師と生徒および生徒間に相関した脳活動を見出した (Hirako & Shimada, in prep)。この他にも最近の教育分野における脳機能計測研究についても紹介したい。

これらの研究を概観しながら、Real world の認知課題に対して fNIRS を用いた脳活動計測実験を適用することの可能性と今後の展望について考えてみたい。

# ドライアイ、アレルギー性結膜炎における 開眼時前頭葉賦活現象について

○熊谷 直也<sup>1)</sup>、鈴木 雅也<sup>1)</sup>、小野 眞史<sup>2)</sup>

1) 東海光学株式会社、2) 日本医科大学眼科

【諸言】fNIRSの計測において同一被験者で同じ実験を行っても異なった結果になることを経験することがある。我々は健常人、網膜色素変性、ドライアイ、眼瞼痙攣などの差明を、前頭葉賦活を用いて客観的に評価できる可能性を報告してきた<sup>1), 2)</sup>。一連の実験の中で被験者が注視点を注視する単純なタスクだけでも、季節や天気(湿度)、体調の変化等によって異なる結果となる可能性を経験したため、ここに報告する。

【対象と方法】対象はドライアイ例(34歳女性)とアレルギー性結膜炎例(25歳男性、花粉症)。アレルギー性結膜炎の被験者はスギアレルギー性鼻炎であったが、スギ花粉非飛散時には眼症状はなく、当初は健常人として実験に参加していた。

被験者には20度下方に設置した注視点を注視させ、30-60-60秒のブロックデザインにて、タスク中にできるだけまばたきを我慢する瞬目制限条件における前頭葉賦活を計測した。また点眼麻酔(0.4%オキシプロカイン塩酸塩)により、眼表面の知覚を抑制した条件でも同様に計測した。アレルギー性結膜炎例ではスギ花粉の飛散時期に2日、非飛散時期に2日の計測を行った。計測はOEG-16(スペクトラテック)にて行った。

【結果】ドライアイ例では瞬目制限にて前頭葉賦活が観察され、点眼麻酔後は賦活が減少した(図1)。計測を繰り返した場合や過度な瞬目制限による反射性分泌により涙液量が増加した場合には、この前頭葉賦活が観察されないこともあった。アレルギー性結膜炎例ではスギ花粉の非飛散時期に瞬目制限を行っても賦活は認められず、飛散時期には前頭葉賦活が観察された(図2)。またドライアイ例と同様に点眼麻酔後は賦活が減少した。

【考察】国内の患者数はドライアイが約800~2,200万人、アレルギー性結膜炎が約2,000万人と言われている。罹病率の高い疾患であり、健常人としてfNIRSの実験に参加する可能性がある。

今回のタスクは注視点を注視できる限りの条件で瞬目を制限するというものであったが、このようなタスクの状態は、被験者が集中して課題に取り組んでいる際などに生じ、類似の前頭葉賦活が重畳して計測される可能性がある。

fNIRSの計測を行う場合、実験方法の検討だけでなく、被験者の体調変化や計測時期、計測環境(室温や湿度)にも注意を向ける必要があると考えられた。

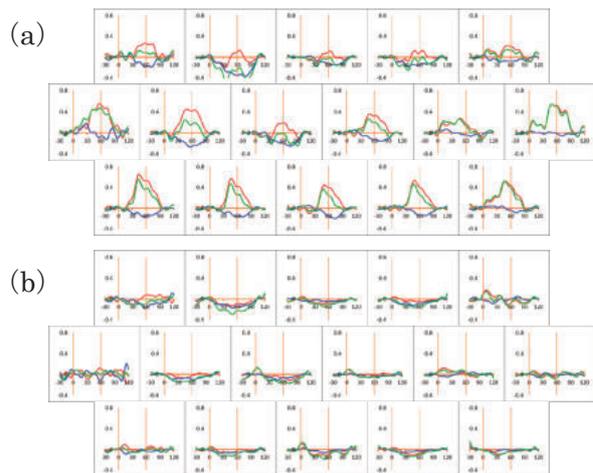


図1. ドライアイ被験者のfNIRS波形:  
(a)瞬目制限条件、(b)瞬目制限+点眼麻酔条件

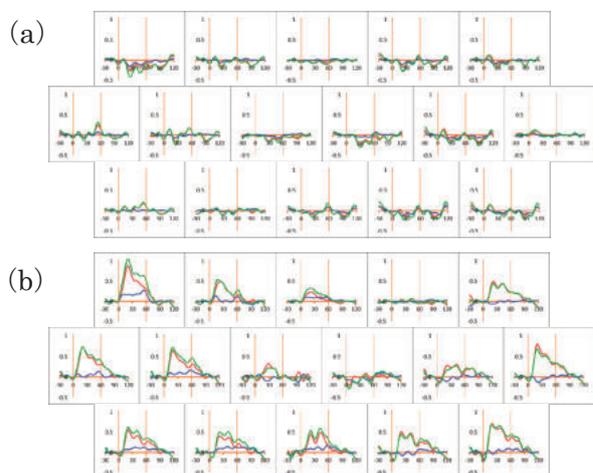


図2. アレルギー性結膜炎被験者のfNIRS波形:  
(a)スギ花粉非飛散時期の瞬目制限条件  
(b)スギ花粉飛散時期の瞬目制限条件

## 【参考文献】

- 熊谷直也, 鈴木雅也, 井上正雄, 小野眞史, 2014, 第17回光脳機能イメージング学会.
- 小野眞史, 鈴木雅也, 熊谷直也, 高橋浩, 2015, 第69回日本臨床眼科学会.

## 神経グリア血管系の動力学モデルにおける自発活動の生成

多賀 巖太郎

東京大学大学院教育学研究科

機能的近赤外分光法 (fNIRS) によって検出される脳血液中ヘモグロビン酸素化動態の信号は、ヒトの脳に関する豊富な情報を含んでいる。fNIRS は特に乳児期の脳機能計測に有用である。頭部で検出される酸素化・脱酸素化ヘモグロビン (oxy-および deoxy-Hb) の相対的濃度変化は、ヘモダイナミクス応答と呼ばれる刺激応答を示す。この情報から、神経活動を推定し、大脳皮質の機能領域を調べることができる (Taga et al. 2003, Taga et al. 2018)。一方、oxy-及び deoxy-Hb は、刺激のない状況や睡眠時に、数十秒のオーダーで自発的に変動している (Taga et al. 2000)。こうした自発活動の脳領域間の相関を調べることで、脳の機能的ネットワークの発達が明らかにされている (Homae et al. 2010)。また、自発活動における oxy-および deoxy-Hb の位相差(hPod) が、生後急激に変化することも明らかにされている (Watanabe et al 2017)。しかし、自発活動とその発達がどのような機構によって生じるのか十分にわかっていない。

これまでに、脳の血流や代謝の機構について、モデルを構築して包括的に理解しようとする研究が行われてきた (Banaji et al. 2008, Hapuarachchi et al. 2016)。しかし、神経・グリア・血管の間の動的相互作用 (Chander and Chakravarthy 2012) によって生じる自発的变化に焦点を当てた研究は限られている。そこで、本研究では、脳の自発活動生成を理解するための理論的枠組みを構築するために、神経・グリア・血管に関わる動力学モデルを作って、計算機シミュレーションを行った。まず、(1) 脳血液循環と酸素・二酸化炭素のガス交換のモデル (Diamond et al. 2009)、(2) 神経系における自発的活動生成のモデル (FitzHugh-Nagumo モデル)、(3) 神経活動が血管に及ぼす影響 (神経血管結合)、(4) 神経活動が酸素代謝へ及ぼす影響 (神経代謝結合) を含むモデルを構築した。その結果、ヘモダイナミクス応答や自発活動における oxy-および deoxy-Hb の位相差など、fNIRS で測定される多くの典型的な現象の再現に成功した。

さらに、(5) 神経血管結合に関連して、グリアにおけるカルシウム誘発カルシウム振動 (Goldbeter et al. 1990) の神経活動への応答と血管に及ぼす影響、(6) 神経代謝結合に関連して、シトクロームの酸化還元ダイナミクス等を考慮に入れたモデルを検討している。また、(7) グリアにおける解糖系の振動現象 (Ghosh and Chance 1964)、(8) グルコースや乳酸の代謝と輸送 (Simpson et al. 2007)、(9) ATP 産生が神経活動に及ぼす影響 (Ching et al. 2012) 等、血流や代謝が神経活動に及ぼす影響を検討している。特に、グリアの自発的活動は、神経活動が一定であっても、神経活動によるものと類似したヘモダイナミクス応答を引き起こす可能性があるため、その仕組みを明らかにすることは重要である。こうした研究を通して、非線形動力学の観点から、神経グリア血管系が全体として自発的に活動を生成する機構、そして、fNIRS によって計測されたデータの背後にある生理学的機構も理解することができるようになると思われる。

fNIRS を用いたマカクサル内包梗塞後の機能回復に伴う運動皮質活動変化

加藤隼平、山田亨、川口拓之、松田圭司、肥後範行

国立研究開発法人産業技術総合研究所 人間情報研究部門

脳は一度システムとして完成した後もその機能及び形態を変化する可塑性と呼ばれる性質を有し、これが脳損傷後の機能回復の基盤とされている。これまでの研究により、損傷した部位とは別の脳領域の活動変化により損傷領域の機能が代償されることが明らかになっている (Murata et al., 2015)。このことから、脳活動が正しい方向に変化しているかを確認しながらリハビリ訓練を進めることが、訓練の効率性を最大化するために重要であると考えられる。機能的近赤外分光法 (fNIRS) は非拘束下での計測が可能のため、リハビリ訓練中の脳活動を計測するための有力な候補である。

我々は最近の研究で、頭部非固定下で把握動作中のマカクサルの脳活動を、fNIRS を用いて数カ月にわたって高い再現性で計測することに成功した (Yamada et al., 2018)。本研究では、この実験系を用いて、マカクサルの内包後脚 (運動出力線維が走行する脳領域) に局所脳梗塞を作成した後の機能回復に伴う運動皮質の活動変化を検証した。脳梗塞前には、把握動作に伴って有意な酸素化ヘモグロビン (Hb) の増加と脱酸素化 Hb の減少が第一次運動野の手運動領域において見られた。血管収縮因子である endothelin-1 の投与によって局所脳梗塞を作成した直後から、対側の upper limb に弛緩性の運動麻痺が生じた。その後、上肢の運動機能は徐々に回復し、数ヶ月後には手を用いた巧緻動作が可能となった。回復後に再び把握動作に伴う脳活動を fNIRS により計測した結果、梗塞前と比べて運動前野腹側部 (PMv) の活動の上昇が見られた。興味深いことに、内包後脚の梗塞の大きさが小さい個体では梗塞と同側半球の PMv の活動が上昇したのに対し、大規模な梗塞を作成した個体では梗塞と反対側半球の PMv の活動が把握動作に伴って生じていた。

活動の上昇と機能回復との因果性を検証するため、抑制性神経伝達物質である GABA のアゴニストとして作用する muscimol 投与による不活性化を行った。各個体において活動上昇が見られた半球の PMv を抑制すると巧緻動作の障害が再発したことから、PMv における活動の上昇は巧緻動作の回復に因果的に寄与していると考えられる。fNIRS 計測が脳損傷後の機能回復の背景にある脳活動変化を同定するために有用であると結論できる。

## 【参考文献】

Murata, Y. et al., Temporal plasticity involved in recovery from manual dexterity deficit after motor cortex lesion in macaque monkeys. *J Neurosci.* 35, 84-95, 2015.

Yamada, T. et al., Functional near-infrared spectroscopy for monitoring macaque cerebral motor activity during voluntary movements without head fixation. *Sci Rep.* 8, 11941, 2018.

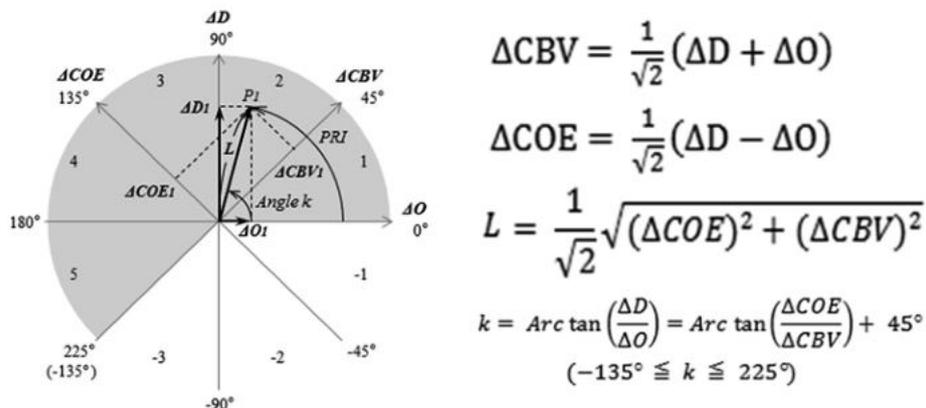
## ベクトル法fNIRS：脳活動の定量的指標とその可能性

加藤俊徳、高橋由夏

株式会社脳の学校、脳環境研究部門

【目的】fNIRSは、脳活動に伴う血液中のヘモグロビン（Hb）に関連する動態を指標として、頭皮上から光を照射して、頭皮上から再び光の信号を検出する脳機能計測技術である[1]。計測対象とする脳部位からだけではなく、モーションアーチファクトや頭皮、筋肉、脳表の太い血管でも、OxyHbまたは、DexoyHbの変化が起こることから、その計測結果の純度は、Hb動態の大きさ、強度に著しく依存している。このために、OxyHbまたは、DexoyHbを指標として単独に解析した場合、モーションアーチファクトや頭皮、筋肉からの信号を取り除く計算処理を施したとしても、Hb動態の大きさに依存してしまうことになる。すなわち、計測結果の信頼度は、安定性に欠ける。そこで、上記の問題を解決するためにベクトル法fNIRSを考案したので紹介する。

【ベクトル法-fNIRSの理論】ベクトル法fNIRSは、脳血流動態の主要な2つのベクトルである血液量の変化を示す $\Delta CBV (\Delta D + \Delta O)$ と、酸素交換に使われるHb量を示す $\Delta COE (\Delta D - \Delta O)$ が、同時に脳組織への酸素輸送のために脳酸素調節を行っている捉える。



上図は、 $\Delta O$ 軸と $\Delta D$ 軸によって定義される直交ベクトル座標平面を示す。このベクトル平面を反時計回りに45度回転させると、 $\Delta CBV (\Delta D + \Delta O)$ 軸と $\Delta COE (\Delta D - \Delta O)$ 軸で定義される直交ベクトル座標平面になる。 $\Delta COE$ は、正の値は計測点からの低酸素の変化を示し、一方負の値は高酸素の変化を示す。位相を示す角度kは、上記の式によって定義される。位相kの軌跡は、酸素調節反応を定量的にとらえ、L値はその強度を表す。

【結論】この理論からヘモグロビン動態を用いたfNIRSに限らずfMRIも同様に、本来同一ではない酸素代謝反応を均一化して検出していたことが明らかである。ベクトル法fNIRSは、ヘモグロビン動態を位相分類することが可能で、脳機能計測結果の信頼度向上に寄与できる。

[1] Toshinori Kato (November 5th 2018). Vector-Based Approach for the Detection of Initial Dips Using Functional Near-Infrared Spectroscopy, Neuroimaging - Structure, Function and Mind, Sanja Josef Golubic. IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.80888.

## 急性期脳卒中患者の脳循環自動調節能における前頭前野の役割

守屋正道<sup>1)</sup>, 酒谷 薫<sup>2)</sup>

1) 帝京平成大学 健康医療スポーツ学部

2) 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 人間環境学専攻

## 【背景】

脳卒中治療ガイドライン 2015 では、脳卒中発症後早期から積極的に離床を開始することが推奨されている。しかし、急性期脳卒中患者の自律神経障害や脳循環自動調節能の病態生理については未だ明らかではない。そこで、本研究では前頭前野の自律神経調節機能 [1]に着目し、急性期脳卒中患者の前頭前野の安静時脳機能及びチルトアップ時の脳循環変化を NIRS にて計測し、急性期脳卒中患者の脳循環調節メカニズムについて検討した。

## 【方法】

対象は意識障害を伴う急性期脳卒中患者 13 例、健常成人(コントロール)13 例とした。離床開始基準や中止基準は、集中治療における早期リハビリテーション～根拠に基づくエキスパートコンセンサス～に準じた。離床は Tilt テーブルを利用し、まず安静臥位で 10 分、次に傾斜立位 30・45・60 度とそれぞれ 5 分ずつ、最後に安静臥位 5 分のプロトコルとした。脳循環測定は 2ch の NIRS (Pocket NIRS Duo, Dyna Sense) を用い、左右の前頭前野の酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb) 濃度変化を測定した。安静時の前頭前野活動の左右偏倚性 LIR (laterality index at rest) を算出し [2], oxy-Hb との関連を調査した。

$$LIR = \frac{\sum \{(\Delta oxyRt - \Delta oxyRmin) - (\Delta oxyLt - \Delta oxyLmin)\}}{\sum \{(\Delta oxyRt - \Delta oxyRmin) + (\Delta oxyLt - \Delta oxyLmin)\}}$$

## 【結果】

脳卒中患者は LIR > 0 (右側優位の安静時活動)を示す例、健常成人は LIR < 0 (左側優位の安静時活動)を示す例が有意に多かった ( $\chi^2(1) = 7.721, p = 0.005$ )。興味深いことに、LIR > 0 を示す脳卒中患者ではチルトアップ時に oxy-Hb が上昇し、脳血流が paradoxical に上昇することが示唆された。一方、LIR < 0 を示す健常成人は oxy-Hb が減少する傾向を示した。脳卒中患者の LIR と oxy-Hb は正の相関を認めた ( $r = 0.64, p = 0.02$ )。さらに、脳卒中患者のうち 6 例が起立性低血圧を認め、LIR > 0 を示していた。

## 【結論】

脳卒中患者の安静時前頭前野活動は右側優位が多く、右優位の程度が強いほどチルトアップ時に脳血流が上昇した。このような paradoxical な脳血流の上昇は、前頭前野の自律神経調節機能と関連していることが示唆された。

## 【参考文献】

- [1] Sakatani K. Adv Exp Med Biol.2012;737:89-95.  
[2] Ishikawa et al. J Biomed Opt. 2014;19:027005.

精神疾患における前頭葉機能低下の関連要因：予備的検討

小野靖樹<sup>1)</sup>、佐藤邦子<sup>2)</sup>、菊知充<sup>1)</sup>、松井三枝<sup>2)</sup>  
金沢大学附属病院神経科精神科<sup>1)</sup>、金沢大学国際基幹教育院<sup>2)</sup>

【背景】脳の病理と高次脳機能の水準やそれに基づく予後が必ずしも一致しないことがあり得るが、その説明理由として、認知予備能(Cognitive Reserve)という概念が提唱されている。精神疾患は一般的に前頭葉機能の低下をきたすものの、症例の重症度によってその社会機能の低下は異なる。再発を繰り返すケースほど予後が悪いと考えられるが、一部には比較的回復が良く、社会機能の低下が目立たないケースも含まれる。こうした背景には認知予備能の関与が推測される。しかし、精神疾患については実証的な検討がまだ十分なされていない。

【目的】精神疾患の認知予備能をなす様々な指標を総合的に評価し、それと高次脳機能との関係を明らかにする。さらに、近赤外スペクトロスコピーにて得られた課題施行時の脳血流変化から、認知予備能と脳機能との対応を明らかにすることを目的とした。

【方法】精神疾患の患者の認知予備能として仕事、教育歴、余暇の過ごし方を問診した。高次脳機能検査として、知能 (Japanese adult reading test; JART)、遂行機能 (ウイスコンシンカード分類検査)、処理速度 (トレイルメイキング A、符号)、言語 (言語流暢性課題)、言語記憶 (リバーミード行動記憶検査、日本語版言語記憶学習検査) を検査する。また近赤外スペクトロスコピーは言語流暢性課題とアイオワギャンブル課題を施行中の血流の変化を測定する。使用機器は日立メディコ ETG4100 にて前頭部に正面 3x5 のプローブ 1 個と両側に 3x3 プローブ 2 個を用いた。言語課題は『て』『い』『し』で始まる言葉をそれぞれ 60 秒の制限時間で口頭にて回答してもらい、コントロール課題として『はい』を自分のペースで 80 秒間繰り返した。一方アイオワギャンブル課題は PAR のパソコン用の課題を用いた。本人のペースで 60 秒間カードを選び、コントロール課題としては 60 秒間カードの上を順番にクリックのみ行った。これを 5 回繰り返し、100 枚のうち残ったカードは測定の後すべて選んでもらった。

【対象】健常ボランティア 4 名と金沢大学附属病院に通院または入院中の統合失調症と双極性障害の患者を対象とした。なお本研究は金沢大学附属病院倫理委員会の承諾を得ており、被験者には文書と口頭で内容を説明し同意を得た。

【分析】同様の課題にて先行研究を行っており (Ono Y, 2015)、それに準じて前頭前野、側頭回、眼窩前頭皮質に ROI を設定し比較した。

【仮説】すでに双極性障害において認知予備能と高次脳機能検査との関連が報告されており (Anaya, 2016)、血流の変化との相関も推測される。特にアイオワギャンブル課題の方が言語流暢性課題に比べ、難易度も高く相関が強いことが予測される。現在患者データを収集中であり、症例数を増やし当日に発表を行う予定である。

栗本武俊<sup>1)</sup> 栗本慎治<sup>2)</sup> 澤口俊之<sup>3)</sup> 丸山剛郎<sup>4)</sup>

1) 2) 日本咬合学会 くりもと歯科医院 和歌山県御坊市開業

3) 武蔵野学院大学・大学院教授 4) 大阪大学名誉教授

はじめに・目的

19回大会では下顎位是正治療の治療効果として前頭前野の脳血液量が大幅に改善することを報告し、20回大会では精神症状の改善に繋がることを報告した。今回は精神症状が改善するという事は、精神をコントロールする神経伝達物質やホルモン系成分に変化があるだろうと仮説を立て、下顎位是正前後で精神の安定に重要なセロトニンとストレスホルモンであるコルチゾールに変化があるかを検証した。

方法

検証1：平成25年2月から平成27年4月まで丸山剛郎大阪大学名誉教授の指導のもと、下顎位是正治療を行い、同意を得た19名に対し、術前・術後の血中セロトニンの変化を静脈より採血し観察した。(分析は武蔵野学院大学院教授澤口俊之教授による)

検証2：平成27年7月から平成29年12月まで丸山剛郎大阪大学名誉教授の指導のもと、下顎位是正治療を行い、同意を得た40名に対し、術前・術中・術後の血中コルチゾールの変化を静脈より採血し観察した。(分析は武蔵野学院大学院教授澤口俊之教授による)

結果

検証1の結果は有意性に、術後血中セロトニンが増加した。(図1)

Paired t-test 前：Mean 107.0 SD:34.3 SE: 7.9 後 Mean 114.9 SD:35.7 SE: 8.2 Pairs: 19t\_cal =2.809867 df=18 p= 0.011589 Difference is SIGNIFICANT, p<0.05

検証2の結果

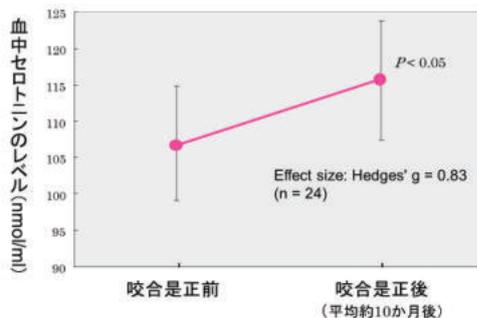
得られたデータは40名,50.3±20.9 (SD) 歳でそれらのデータを解析した結果、術前・術中・術後の3フェーズで血中コルチゾール値に有意な変化は認められなかった (ANOVA,F (2117) =0.20、P=0.82>0.05)。

しかし、血中コルチゾール値には適正範囲があり、高すぎても低すぎても身体的には「不健康」である。この点を考慮して、術前の血中コルチゾール値が低いグループ (n=18) と高いグループ (n=22) に分け、さらに解析を行った (カット値は8μg/ml) 結果、術前の血中コルチゾール値が低いグループは術後に有意に高くなり、(paired-ttest.P=0.0012<0.01;Hedges'g=1.03),その一方で術前の血中コルチゾール値が高いグループでは、術後に有意に低くなることが分かった (P=0.038<0.05;Hedges'g=-0.55)。また両グループ共、下顎位是正によって血中コルチゾール値は適正範囲に「収斂」した。(図2)

まとめ

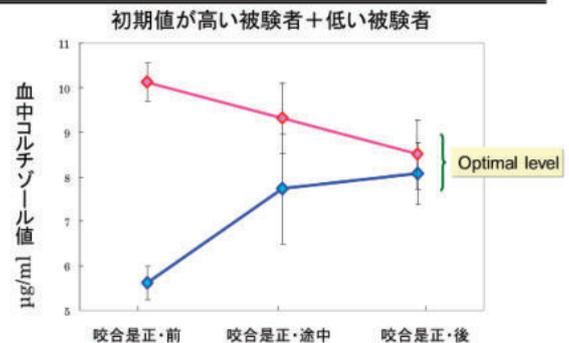
顎ずれ治療により頸部周囲筋の硬直がとれ、これにより内頸動脈の圧迫も取れ、脳血液量が上昇することで脳に必要な酸素と栄養成分がいきわたる。このことが神経伝達物質やホルモン系物質の改善に繋がるか検証したところ、検証1の結果では下顎位是正で血中セロトニンが有意に上昇を示した。脳内セロトニンとの関連性もあるとの報告もあり一定の成果があったと考えている。検証2のコルチゾールは副腎皮質で生産されるステロイドホルモンの1つで主にストレスと低血糖に反応して分泌され、HPA系に関与するホルモンである。コルチゾールの分泌量が一時的ではなく、慢性的に高くなったり、低くなったりするとその作用が人体に様々な悪影響を及ぼす。本研究結果では、術前高い値を示したグループが術後有意に低い値を示し、術前低い値を示したグループが術後有意に高い値を示し、下顎位是正治療で血中コルチゾール値が適正範囲に収斂した。下顎位是正治療はHPA系に關与するホルモンにも良好に作用することが示唆された。

咬合是正で血中セロトニンレベルが増加



【図1】

咬合是正による血中コルチゾールレベルの変化



【図2】

## fNIRS でとらえる義手の脳への影響

遠藤聡<sup>1</sup>、藤原清香<sup>2</sup>、芳賀信彦<sup>1,2</sup>、湯本真人<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院医学系研究科リハビリテーション医学分野

<sup>2</sup> 東京大学医学部附属病院リハビリテーション科

<sup>3</sup> 東京大学医学部附属病院検査部

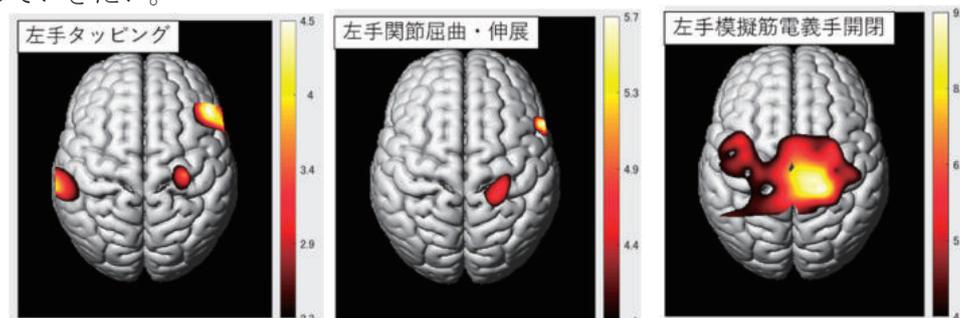
【背景】先天性上肢形成不全・欠損児に対して治療として義手を処方することがあるが、その欠損している手や前腕の領域に相当する運動感覚野がその脳には存在しているのか、機能しているのかは明らかになっていない。さらに、その領域の活性化が義手を使用することで変化するのかも不明である。随意操作できる義手は金属素材を使用しているため、義手を操作する際の脳機能イメージングにfMRIは使用できない。しかしfNIRSはその変化をとらえることができる。これによってヒトの脳へ義手が及ぼす影響を明らかにし、義手の治療効果について脳科学的に明らかにすることを目指す。そこで、今回われわれは、健常者において模擬の義手を使用した場合に活性化する脳領域が手指の運動と異なるのかを明らかにすることを目的として本研究を実施した。

【方法】40歳代の右利き健常者1名に対し、NIRS (ETG-4000, Hitachi) の4×4プローブを頭部の左右中心部に1つずつ装着した。それぞれのプローブの中心が国際10-20法のC3, C4に位置するように設定した状態で次の3課題を実施し、酸素化ヘモグロビン(oxyHb)と脱酸素化ヘモグロビン(deoxyHb)、総ヘモグロビン(totalHb)濃度の変化を測定した。3課題は左手指のタッピング、左手関節の屈曲・伸展、左上肢に装着した模擬筋電義手(右図)の開閉とし、それぞれタスク10秒間・レスト20秒間のブロックデザインを10回ずつ実施した。データは、MATLAB 2019aでSPM-fNIRS toolbox (Tak, S. et al. J. Neurosci. Meth. 2016;264:103-112.)を用いて解析した。有意検定は $p=0.001$ とし、oxyHb増加が有意であった部位を標準脳にマッピングした。



【結果】模擬筋電義手を開閉した時のoxyHb増加領域は、タッピングよりも手関節屈曲・伸展時のoxyHb増加領域に類似した(下図)。

【考察】模擬筋電義手の開閉はそれぞれ手関節伸筋・屈筋の電位をトリガーとしている。本研究の結果から、健常者では脳の運動野においても手関節の屈曲・伸展として義手を操作していると考えた。これが先天性上肢形成不全者・欠損者においても同様であるかを今後明らかにしていきたい。



## NIRS と EEG の同時測定によるストレス評価の検討

長澤 康弘<sup>1</sup> 酒谷 薫<sup>2</sup> 高梨 宏之<sup>1</sup>

(1: 日本大学 2: 東京大学)

## [目的]

ストレスに起因する精神的および身体的な疾患の発生率が急速に増加している。近年、CW-NIRS (Continuous Wave- Near Infrared Spectroscopy) を用いたストレス課題に対する中枢反応を計測する報告があり、また EEG (Electroencephalography) を用いたストレス課題に対しての研究も報告されている。しかしながら、ストレス課題に対する脳血流変化と脳活動電位の関係については明らかではない。本研究では CW-NIRS と EEG を使用し、ストレス課題中における前頭前野活動の特徴を調べた。

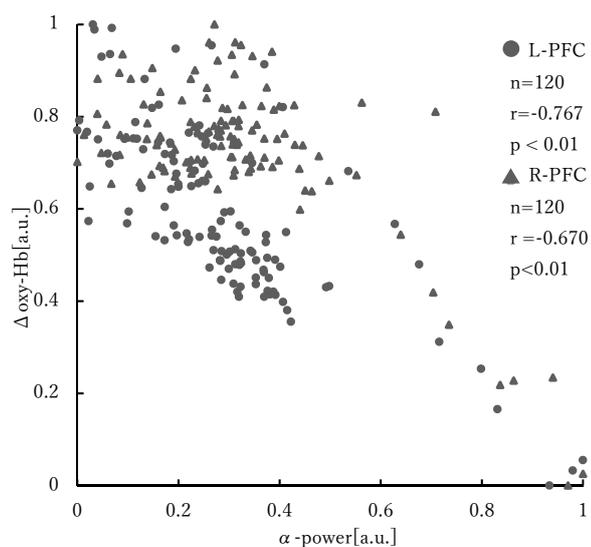
## [方法]

被験者を健常成人 40 名 (21.6±0.7 歳) とし、ストレス課題中における左右前頭前野への影響を観察するために、実験は次の通りに行った。4 桁引く 2 桁の連続的な引き算のタスクを 2 分間、タスク前後にレストとして 2 分間の閉眼時間を設定した。測定には 2 チャンネル NIRS と EEG を使用した。2 チャンネル NIRS で測定した oxy-Hb 濃度変化と EEG で測定した電気信号から抽出した  $\alpha$  波パワーを用い、タスクによって誘発された両者の関係について検討した。

## [結果・考察]

安静中とストレス課題中における  $\Delta$ oxy-Hb と  $\alpha$  波パワーの平均値を t 検定によって確認した。NIRS では Fp1、Fp2 (左右前頭前野) とともにストレス課題中の  $\Delta$ oxy-Hb が安静中と比較して有意に増加した ( $p < 0.01$ )。  $\Delta$ oxy-Hb の増加が前頭前野活動の脳血流上昇を示唆している。また、EEG では AF3、AF4 (左右前頭前野) とともにストレス課題中の  $\alpha$  波パワーが安静中と比較して有意に減少した ( $p < 0.01$ )。  $\alpha$  波パワーの減少は前頭前野の皮質活性化の増加を示唆している。

個人ごとの結果の一例として、図 1 にタスク 2 分間のデータを正規化したデータに基づく  $\Delta$ oxy-Hb と  $\alpha$  波パワーの関係を示す。ストレス課題中の  $\Delta$ oxy-Hb と  $\alpha$  波パワーの間には負の相関がみられた。左上にプロットが集中している理由としては、ストレスの影響が NIRS と EEG にすぐに現れるためと考えられる。今後は、NIRS と EEG の関係をさらに明らかにし、ストレスの定量的評価についての検討を進める。

図1  $\Delta$ oxy-Hb と  $\alpha$  波パワーの関係

## 非利き手における箸操作学習過程の脳活動の経時的変化

武田さより<sup>1)</sup>、宮本礼子<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>東京湾岸リハビリテーション病院 <sup>2)</sup>首都大学東京 人間健康科学研究科

### 【背景・目的】

何らかの障害により利き手の使用が困難になった患者では、利き手の代わりに非利き手での生活動作を学習する必要がある場合がある。しかし、運動学習過程の脳活動の変化や特徴における利き手と非利き手の違いについては、不明な点も多い。

今回我々は、作業療法の臨床場面でしばしば介入が必要とされる、非利き手での箸操作の学習に焦点を当てた。箸操作中の脳活動はこれまでに多数報告されているが、いずれも実生活に近い環境下ではなく、箸操作運動学習中の脳活動の経時的変化は現在までに報告がない。本研究では、姿勢や動作に制約の少ない近赤外分光法(functional Near-infrared spectroscopy; fNIRS)を用い、非利き手における箸操作学習過程の脳活動の経時的変化の特徴を、利き手との比較から明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は右利き健常成人 34 名とした。左右手でそれぞれ箸操作練習を 9 分間行い、練習前後にパフォーマンスの評価、練習中には脳活動の測定を行った。パフォーマンス評価は、練習前後に箸で丸菓子を口元まで移動する成功数（物品移動成功数）を測定した。練習中の脳活動測定は、fNIRS の測定プロトコルに則り、安静 15 秒、課題 30 秒を 9 回繰り返すブロックデザインにて行った。練習内容は、課題一施行につき、3 秒ごとにランダムに呈示される 3 種類の木片を箸で摘み移動する課題を 9 回行い、fNIRS 測定は、国際 10-20 システムに準拠した 49 チャンネルで実施した。関心領域は、左右半球の前頭極(FP)、背外側前頭前野(DLPFC)、前頭眼野(FEF)、運動前野(PMC)、一次運動野(M1)とし、解析対象は、酸素化ヘモグロビン濃度長変化 ( $\Delta$  Oxy-Hb) とした。統計解析は、正規性の有無を確認後、物品移動成功数を Wilcoxon の符号付順位と検定、左右手の差を Mann-Whitney U 検定で比較した ( $p < 0.05$ )。脳活動の経時的変化は、練習 9 セットのうち、3 セットごとに前期・中期・後期に分け、Friedman 検定を行ったのち、各期の差を Wilcoxon の符号付順位と検定で比較した ( $p < 0.016$ ,  $p$  値は Bonferroni 法で補正)。また、物品移動成功数の変化量と、各関心領域の  $\Delta$  Oxy-Hb の変化量の相関を、Spearman の順位相関係数で検討した ( $p < 0.05$ )。

【結果】練習前後比較では、左右手ともに物品移動成功数は有意に増加した。練習中の脳活動は、左手練習時は左右半球 FP の前期、左右 DLPFC の前・中期、左右 FEF, PMC, 右 M1 の前・中・後期で有意に賦活した。また、左 DLPFC では、前期から後期にかけて有意な  $\Delta$  Oxy-Hb の減少が見られた。右手練習時は右 DLPFC の前・中期、右 FEF, 左右 PMC の前・中・後期で有意に賦活した。また、左右 FP, 右 DLPFC では、中期から後期にかけて有意な  $\Delta$  Oxy-Hb の減少が見られた。物品移動成功数の変化量と練習中の各脳領域の  $\Delta$  Oxy-Hb の変化量には、有意な相関は認めなかった。

### 【考察】

左手運動時には FP, DLPFC などの前頭前野の有意な活動がみられ、また左右手ともに、その活動は後期に減少した。FEF や PMC の活動は左右手ともに前期から後期にかけて有意な一定の賦活を示した。新規運動課題学習の初期段階においては、注意や遂行機能などの認知的処理活動は早期に収束すること、視覚情報などに基づいた運動の準備や実行を担う PMC は習熟度や利き手・非利き手に関わらず両側性に賦活することが示唆された。

今回の結果では、左右手ともに運動学習が行われたと言えるが、パフォーマンス変化と各脳領域の活動変化に相関はみられず、運動学習において各脳領域がピンポイントで関与しているのではない可能性が示唆された。今後は、各脳領域の接続性などについて、ネットワーク解析等を用いて明らかにする必要があると考える。

## 第二言語による推論課題中の前頭・側頭部の脳活動についての検討

直井望・眞神花帆・森島泰則

国際基督教大学

## 【背景・目的】

第二言語 (Second Language, 以下 L2 とする) を使用する際には, 第一言語 (First Language, 以下 L1 とする) を使用する場合と比較して, 思考機能が低下する外国語副作用 (Foreign Language Side Effect) が報告されている。この外国語副作用の神経基盤を検討するため, これまで英語を L1, L2 とする参加者を対象に, 英語による推論課題を遂行中の前頭部の脳活動を, functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) を用いて検討してきた。その結果, 英語 L1 群および L2 群のどちらにおいても推論難易度が高い条件において有意な oxy-Hb の増加が見られ, さらに推論難易度が高い条件においてのみ左半球で L1 と L2 の群間に有意差が見られた。本研究ではさらに, 英語 L2 群を対象として, 同じ推論課題中の側頭部の活動を検討し, 前頭部における反応の違いとの関連を検討した。

## 【方法と結果】

日本語を L1 とする大学生 20 名 (英語 L2 群) が本研究に参加した。英語の文章を参加者に視覚提示し, その後文章の内容に関連する難易度の異なる 2 種類の推論課題を英語で聴覚提示した (各条件 6 試行, 全 12 試行)。参加者は, この推論課題についてキー押しで正誤判断を行った。推論課題中の側頭部の活動を fNIRS (Shimadzu, LIGHTNIRS) を用いて計測した。参加者の英語の熟達度については, NIRS 計測後に Oxford Quick Placement Test を実施し評価した。推論課題中の酸素化ヘモグロビン濃度の変化量 (oxygenated-hemoglobin, 以下 oxy-Hb) を解析した。結果, 推論課題中に有意な oxy-Hb の増加が見られた。英語 L2 群の前頭部及び側頭部の脳活動の結果から, 外国語副作用に関与する神経基盤を議論する。

## 【引用文献】

Takano, Y., & Noda, A. (1993). A temporary decline of thinking ability during foreign language processing. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 24*, 445-462.

## 協調ゲーム中における脳活動の二者間相互作用についての解析手法

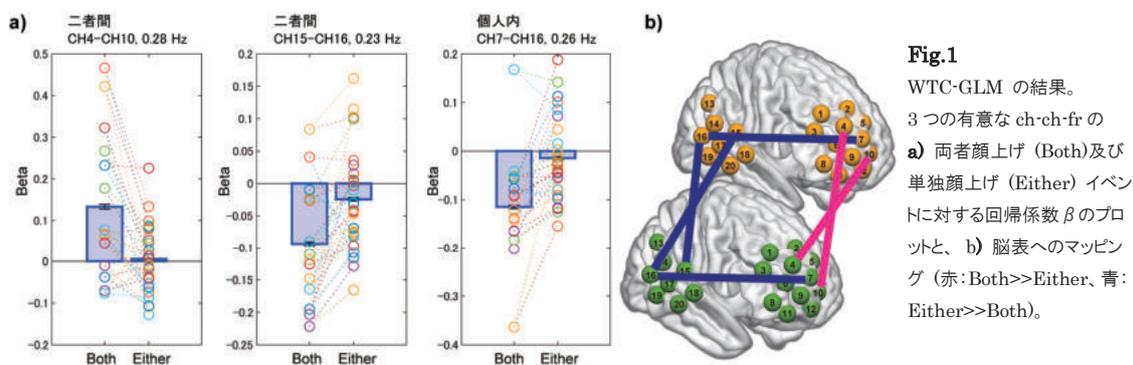
森本 智志<sup>\*1,2</sup>、徐 鳴鎡<sup>\*1,2</sup>、星野 英一<sup>\*1,2</sup>、皆川 泰代<sup>\*1,2</sup>

\*1: 慶應義塾大学 文学部 \*2: 慶應義塾大学 日吉心理学研究室 戦略的研究基盤形成支援事業

**【背景】** 自然な環境下における自発的な複数者間の相互作用を調べる上で、fNIRSによるhyper-scanningは少ない拘束で脳活動を計測できるため大変有用である。自発的で時間面の制約を受けない実験では相互作用の生じたタイミングがわからないため、特定の周波数帯域の活動の平均値を実験条件間で比較するなどの方法が取られてきた。しかしこうした平均値の比較だけでは、脳間相互作用の動的な変動を評価することができない。この問題に対し我々は、近年発展してきたコンピュータ・ビジョンを用いて相互作用のタイミングを同定し、そのタイミングにおける脳活動の変動を捉える解析手法を検討した。

**【方法】** 家具配置ゲームを行っている際の脳活動を計測した。2人組で互いが満足できるように1つの部屋へ交互に家具を配置するCOOP条件と、別々の部屋へ単独で配置するIND条件の2条件を、2セッションずつ実施した。実験参加者は78名(39ペア、うち女性27ペア、平均年齢 $19.8 \pm 2.0$ 歳)とした。右前頭部及び右側頭部計20チャンネル(2人合わせて40チャンネル)をfNIRS(Hitachi OT-R40)で計測した。得られたOxyHb信号について血流動態分離法で頭皮血流ノイズを除去[1]したのち、二者間及び個人内の全てのチャンネル組み合わせ分のウェーブレット・コヒーレンス(WTC;  $4.77\text{-}0.01$  Hz, 3 bands/octave, 計91帯域)を算出した。条件間でWTCの平均値を比較し、sign test ( $p < .001$ , uncorrected) でIND条件と比べてCOOP条件において有意に高いチャンネルと周波数帯域の組み合わせ(以下、ch-ch-fr)を得た。周波数帯域は最も高い $p$ 値を示した帯域を代表として選択した。本研究では二者間の積極的な相互作用を評価するため、顔の見合わせに着目した。実験中の様子を撮影した動画からOpenFace[2]を用いて参加者の顔の向きを推定し、二者とも顔を上げていたイベントと単独で顔を上げていたイベントの2種類について血流応答のデレイを4秒と仮定して回帰変数を設計した。このとき、ピッチ角(顔の正面方向の回転)をZ値変換して標準偏差の2倍以上になったときを顔上げと判定した。顔上げが検出され且つそのときに全チャンネルにおいてfNIRS信号を欠損していない参加者30人(15ペア)について、先に選んだch-ch-frのWTCを一般線形モデル(GLM)で分析し、顔上げの2条件間で係数 $\beta$ に有意差の認められるch-ch-frを求めた(sign test,  $p < 0.05$ , FDR corrected)。

**【結果・考察】** COOP条件において平均値が有意に高くなった192のch-ch-frのWTCに対してGLMを適用した結果、2つの二者間ch-ch-frと、1つの個人内ch-ch-frで、両者顔上げ条件と単独顔上げ条件の $\beta$ に有意な差が認められた(Fig.1)。特に背外側前頭前野の機能結合はmentalizingに関わると報告されており[3]、自由な二者間相互作用において重要な役割を果たしていると考えられる。今後、表情や家具配置などの相互作用も考慮した分析を行っていく予定である。



[1] Yamada, T., Umeyama, S., & Matsuda, K. (2012) *PLOS ONE*, 7(11), e50271

[2] Baltrušaitis T. et al. (2018) *13th IEEE Proc. Int. Conf. Autom. Face. Gesture Recognit.*, 59-66

[3] Abe MO. et al. (2019) *NeuroImage*, 191, 150-161

## 音楽想起時における前頭前野領域のNIRS信号変化および脳活動状態判別に関する検討

増尾明<sup>1,2)</sup>, 加賀翔太郎<sup>2)</sup>, 加藤昇平<sup>2,3)</sup><sup>1,2)</sup> 名古屋医健スポーツ専門学校<sup>2)</sup> 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻<sup>2,3)</sup> 名古屋工業大学情報科学フロンティア研究院

## 1. 序論

Brain-Computer Interface (以下, BCI) とは, 脳活動情報を用いてコンピュータの操作を可能とする技術であり, 近年リハビリテーション領域において注目されている技術である. このBCI技術を医療応用することによって, 筋萎縮性側索硬化症などの神経難病患者の代替的コミュニケーション手段を確立できる可能性がある. 先行研究では, 神経活動に付随する血流量の変化を利用した脳活動計測手法である近赤外分光法 (以下, NIRS) を用いたBCI研究が報告されている. しかしながらBCI応用を目的としたNIRS信号取得に適した認知課題や前処理手法, パターン認識アルゴリズムは確立されておらず, NIRS-BCIは実用化に至っていないのが現状である.

そこで本研究は, NIRS-BCI構築のための基礎的検討を目的として, 教師あり機械学習法の一つであるサポートベクターマシン (以下, SVM) を用いて, 音楽想起課題時の前頭前野領域の血行動態変化から脳活動状態判別が可能であるか調査を実施した. なお, 本研究は, 名古屋工業大学生命倫理審査委員会の承認および対象者の同意を得て実施した.

## 2. 方法

20歳台の健常者1名を対象とした. 実験には, ポータブルNIRS測定器OEG-SP02 (Spectratech社製) を用いた. 計測部位は前額部とし, 国際10-20法に基づきヘッドセット下部中央が前頭極Fpzと一致するように装着し, サンプリング周波数1.5Hzにて, 16chで酸素化ヘモグロビン濃度 (以下,  $O_{xy}\text{-Hb}$ ) を計測した. 実験には, 30秒のコントロール後にタスク30秒とレスト30秒を繰り返すブロックデザインを採用し, タスクとレストの各3試行を1セッションとし, 計3セッション実施した. タスクには, 被検者が選択した快感情を想起可能な任意の3曲に対して, 感情価と覚醒度を5件法で評定し最も評価値の高い1曲を用いた. 実験中は, ディスプレイに表示した固視点を注視した状態での安静座位で統制した. データの前処理は, 各セッションのタスク, レストデータの $O_{xy}\text{-Hb}$ に対して0.01-0.09Hzのバンドパスフィルタ適用後に標準化を行い, 10秒の時間窓をフレームシフトさせ各15サンプルのデータを取得した. 16ch分のデータにおける平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値, 範囲, 傾きの合計96種の特徴量に対して, ランダムフォレストを用いて特徴選択を実施した. 学習にはSVMを用い, 2セッション分のデータを学習データ, 1セッション分のデータをテストデータとする3-fold cross validationにより, 識別器の評価値を算出した.

## 3. 結果

NIRS計測の結果, タスク開始後より $O_{xy}\text{-Hb}$ 値が増加し, レスト時は減少あるいは一定である傾向が観察された. ランダムフォレストの結果, ch7, ch8, ch10の $O_{xy}\text{-Hb}$ 値の傾きが特徴量として選択された. また, 機械学習の結果, タスクとレストの正解率は約82%であった.

## 4. 考察

本結果より, 機械学習手法を用いた音楽想起時と安静時のNIRS信号判別が約82%の正解率で可能であり, この手法をBCIに応用することで, 脳活動でYES/NOといった意思表示が行える可能性が示唆された. 先行研究では二値判別型BCIにおいて必要な判別精度の目安はおよそ70%とされていることから, 本研究における脳活動状態判別手法を応用することで一定の実用基準を満たしたBCIシステムが構築できる可能性があると考えられる. 今後は, 症例数を増やして本手法における正解率の信頼性を検証するとともに, 本実験方法が閉じ込め状態の対象者に対しても同様に適用可能か検討する.

## 職場の人間から褒められる効果の fNIRS による検証：パイロットスタディ

堀大介<sup>1)</sup>、松崎一葉<sup>1, 2)</sup>

<sup>1)</sup> 筑波大学医学医療系、<sup>2)</sup> 国際統合睡眠医科学研究機構

### 【背景】

労働者が強いストレスを感じている事柄で「対人関係」の問題は大きな割合を占めている。対人関係によるストレスが社会経済的損失をもたらしている可能性があり、対策が急務である。一方、職場で相手を褒めることが、対人関係を円滑にする行動の一つとして注目されている。褒める・褒められることで対人関係が円滑になるだけでなく、労働者のモチベーションを維持し、さらにはパフォーマンスの向上にも繋がること示されている。脳機能イメージング技術によって、褒められるといった社会的報酬によって脳機能が活性化する機序が明らかになりつつあるが、多くの研究はシミュレーション環境で実施されている。

### 【目的】

本研究では、職場の実在の対人関係の中で、褒められたり認められたりすることによる脳機能の変化を、近赤外線分光法を用いた脳活動計測により定量化する。

### 【方法】

インフォームドコンセントを得た労働者二名一組を対象とし、リクルートを行っている。実験では、二名一組が向かい合って座り、褒める役と褒められる役を交互に担当する。褒められる役は fNIRS を装着し、前頭極や背外側前頭前野の活動変化を、酸素化ヘモグロビン濃度および脱酸素化ヘモグロビン濃度の変化によって推定する。また、得られた脳血流データと、気分プロフィール検査 (POMS2) による主観的指標との相関を評価する。本研究の実施については筑波大学医学医療系医の倫理委員会の承認を得ている。

### 【結果・考察】

近日中にパイロットスタディを行い、学会当日に発表する。

### 【謝辞】

本研究は日本学術振興会科研費 (JP18H06340、JP19K21423「職場の人間から褒められる効果の科学的検証：近赤外線分光法による脳機能評価」) の助成を受けたものです。



図 1 実験のイメージ図

## ワーキングメモリ容量が脳機能に及ぼす影響

藤田 渉\*, 丹 真里奈\*, 廣安 知之\*\*, 日和 悟\*\*

\*同志社大学大学院生命医科学研究科, \*\*同志社大学生命医科学部

## 1. 背景

ワーキングメモリ (WM) とは、情報の処理と保持を担う高次認知機能の記憶システムである。ワーキングメモリの能力の向上は、感情の制御による精神状態の安定化や集中力の向上に繋がり、近年では、児童の発達障害の改善や高齢者の認知症予防へのアプローチとして注目されている。また、WM 課題に対して保持可能な記憶量を WM 容量という。WM 容量には個人差があることが報告されている。そこで、本研究では WM 容量の個人間の違いによって脳機能がどのように変化するかを検討した。

## 2. 方法

本実験では、WM 課題として N-back 課題 (N=1,2,3) を使用した。N-back 課題とは、連続して提示される刺激を記憶し、N 個前の刺激との異同判断を行う課題である。提示刺激には音声的方略を回避するため音韻的に閉じた大小文字のアルファベット 12 文字を用いた。また、異同判断はボタン動作によって判定をおこなった。N-back 課題中の 24 名の健常な被験者の脳活動を前頭部 (18CH)、側頭部 (12CH)、頭頂部 (8CH) にプローブを配置した fNIRS (LABNIRS, 島津製作所) を用いて計測した。得られた脳血流データにバンドストップフィルター (0.12~0.35, 0.7~1.5Hz) をかけてノイズを除去し、一般線型モデルによる統計解析を行って賦活脳領域の推定を行った。賦活解析には SPM-fNIRS toolbox を用いた。さらに、賦活脳領域に関して該当するボクセルの t 値の平均値を標準化し Zscore を算出した。Zscore を賦活量として N-back 課題の正答率と相関解析することで、WM 容量の違いにおける賦活量の変化を検討した。

## 3. 結果

被験者 24 名のうち、過半数において賦活のみられた領域のうち 3-back 時の左中心前回において、正答率と賦活量の有意性のある相関がみられた。左中心前回とは運動や発音の指令などの体性感覚に関連していると報告されている。本実験においては、課題成績の低い被験者はボタン操作に注意を過剰に向けているため、課題そのものへの注意が逸れている可能性がある。反対に、成績の高い被験者はボタン操作への注意を最低限に抑えていると考えられる。この結果は、特定の脳領域の活動の違いによってワーキングメモリ容量の個人差を予測できることを示唆している。

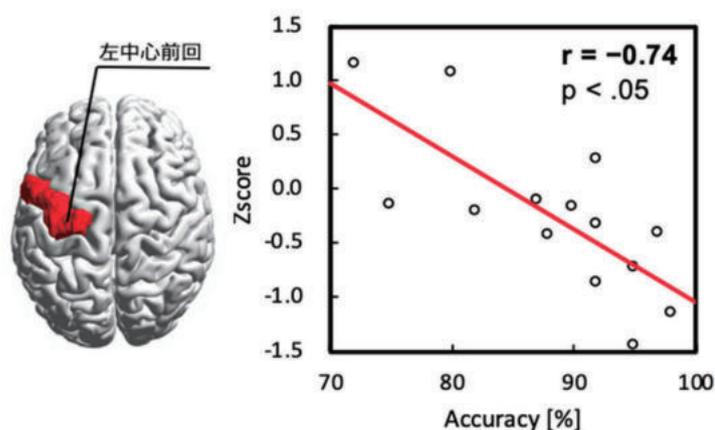


図 1. 正答率と賦活量に相関のみられた左中心前回の位置と散布図

## ダーツ投てき時の脳活動計測における体動除去手法の検討

吉田早織\*, 日和悟\*\*, 竹田正樹\*\*\*, 廣安知之\*\*

\*同志社大学大学院生命医科学研究科, \*\*同志社大学生命医科学部, \*\*\*同志社大学スポーツ健康科学部

### 【目的】

ウェルネスダーツは認知機能の向上をもたらす可能性があると言われており, 短期記憶能力を高めることが認知機能検査により明らかにされている[1]. これを脳機能の面から検討するため, 本研究ではダーツ投てき時の脳活動の計測を行った. しかし, 計測データは投てき動作によるモーションアーチファクトを多く含むため, アーチファクト除去が必要である. fNIRSの研究において, モーションアーチファクト除去手法はいくつか開発されているが, 本研究において有効な手法は明らかではない. そのため, 複数の手法を適用しその結果の比較を行った. また, 加速度計により頭部の動きを計測し, 動作による脳血流データへの影響を検討した.

### 【方法】

実験は LABNIRS(島津製, 38CH, サンプル周波数: 37Hz)を用い, 投てき動作を実行する2名の成人男性の脳血流変化を計測した. 各被験者は, 31秒から40秒のランダム間隔で, 音声の指示に従って10回連続で投てき動作を行った. 得られた脳血流データの処理はfNIRSデータ処理パッケージの1つであるHomer2(Huppert et al. 2009)の関数を用いて行った. 初めに, 脳血流データを光学密度データに変換し, principle component analysis(PCA), targeted principle component analysis(tPCA), movement artifact reduction algorithm(MARA), wavelet filtering, kurotsis wavelet(kWavelet)を適用し, モーション検出アルゴリズム hmrMotionArtifact を用いて手法の比較を行った. また, 加速度計により判定される頭部の動きの区間と hmrMotionArtifact によりモーションアーチファクトと判定される区間との関連を確認した.

### 【結果・考察】

モーション検出アルゴリズムの結果は, パラメータ値に依存する. また, 加速度計の値に大きな変化がみられるとき, 脳血流データには投てき動作によるモーションアーチファクトが含まれていると考えられる. これを hmrMotionArtifact により正しく判定するには, サンプル間の変動のばらつき指標である標準偏差の閾値を低く設定する必要がある. また, 本研究では5つの手法を用いたが wavelet filtering がダーツ投てきによるモーションアーチファクトの除去に最も有効であることを確認した.

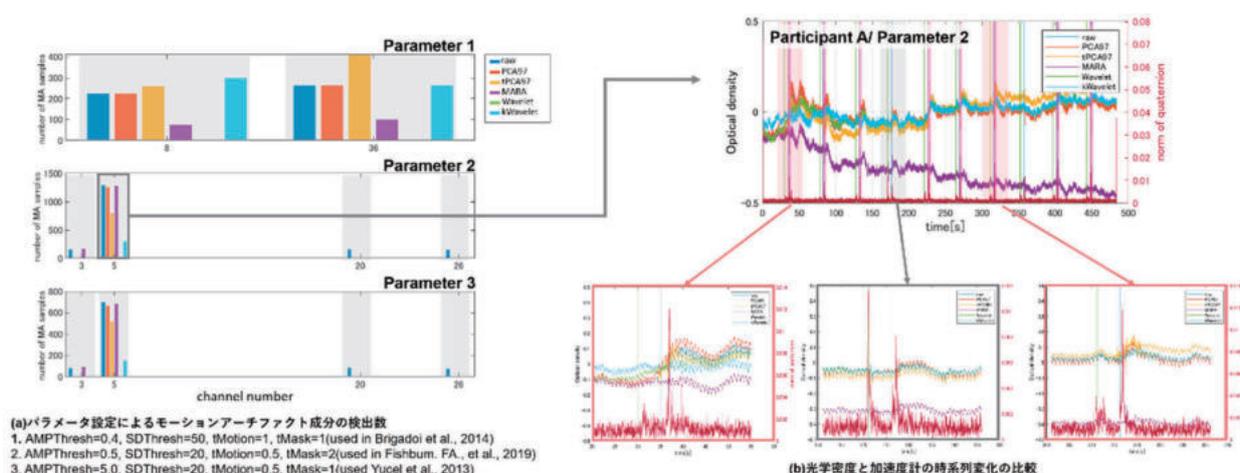


図1. 被験者AのODデータとモーションアーチファクト成分の検出数の比較

### 【参考文献】

[1] M. TAKEDA, N. YASUDA, S. ITO, M. ABE, Y. TAKAMICHI, K. YANAGISAWA and Z. RADAK, "Effects of habitual darts training on cognitive function in elderly people," THE HARRIS SCIENCE REVIEW OF DOSHISHA UNIVERSITY, vol. 58, no. 2, 2017

## 慢性期脳卒中の片麻痺上肢に対するスイッチトリガー型電気刺激使用時の 脳血流の変化について

大戸元気<sup>1)</sup>、岸本周作<sup>1)</sup>、久保田直文<sup>1)</sup>、井野邊純一<sup>1)</sup>

1) 井野辺病院総合リハビリテーションセンター

**【はじめに】**脳卒中患者の片麻痺上肢のリハビリにおいて、筋電トリガー型電気刺激（EMG-ES）の使用により損傷側の脳血流が増加するといわれている。今回、我々は上肢の重度片麻痺症例に対し、スイッチトリガー電気刺激装置（Sw-ES）を用いて、半球間の血流に変化がみられたためここに報告する。

**【症例紹介】**対象は慢性期脳卒中患者（障害部位：右、年齢：70歳代、経過日数：400日以上）。片麻痺12段階 grade 上肢4、手指4、下肢7であり、上肢手指に中等度の麻痺を呈していた。

**【方法】**被験者は、スイッチトリガー電気刺激装置（DRIVE：DENKEN Inc.）を用いて、A、B、Cの3課題と各課題に応じて以下の条件を実施した：A課題；手関節背屈（3条件）；（1）随意運動、（2）手関節背屈筋へ電気刺激、（3）随意運動＋電気刺激。B課題；肩関節屈伸中間位で肘伸展（3条件）；（1）随意運動、（2）上腕三頭筋へ電気刺激、（3）随意運動＋上腕三頭筋電気刺激。C課題；肘伸展位で肩関節屈曲（5条件）；（1）随意運動、（2）三角筋前部と上腕三頭筋へ電気刺激、（3）随意運動＋上腕三頭筋電気刺激、（4）随意運動＋三角筋前部線維電気刺激、（5）随意運動＋上腕三頭筋と三角筋前部線維電気刺激。各課題は15秒間で可能な回数動かしてもらい、休息時間を60秒として1回75秒のセッションを5回繰り返した。脳血流はfNIRS（OEG17APD：Spectratech Inc.）を用いて課題中のoxy-Hbを測定した。測定値は、BRainSuite（B.R.Systems Inc.）で各chのoxy-Hbの平均値とLaterality index（LI）を算出し比較した。なお、被験者にはあらかじめ本研究の目的および内容を説明したうえで参加の同意を得た。

**【結果】**各課題のoxy-Hb（単位：mmol・mm）の平均値は、A課題：（1）Lt0.08、Rt0.05、（2）Rt-0.01、Lt-0.01、（3）Rt0.04、Lt0.01、B課題：（1）Rt0.06、Lt0.01、（2）Rt0.02、Lt0.03、（3）Rt0.10、Lt0.01、C課題：（1）Rt0.04、Lt0.04、（2）Rt0.03、Lt0.00、（3）Rt0.10、Lt0.05、（4）Rt0.13、Lt0.07、（5）Rt0.10、Lt0.05。LIの結果は、A課題：（1）0.19、（2）-0.50、（3）0.66、B課題：（1）0.78、（2）-0.10、（3）0.82、C課題：（1）0.09、（2）0.74、（3）0.33、（4）0.31、（5）0.31であった。

**【考察】**今回、慢性期脳卒中の上肢片麻痺に対して、Sw-ES使用時の半球間の脳血流の左右差を比較した。A課題時は、（3）条件の際に最も損傷半球の血流が増加しており、EMG-ES（Hara et al 2013）と同様の脳血流の変化を引き起こす可能性がある。B課題時の（1）と（3）条件では、損傷半球の血流は同程度増加しており、上腕三頭筋も手関節のように脳血流が増加する可能性がある。今回は1症例のみの報告であるため、今後は症例数を重ねてSw-ESの有効性を検討していきたい。

## 受動的言語聴取時における脳活動と言語理解度の関係評価

長屋 勇輝<sup>(1)</sup>, 沼田 崇志<sup>(1)</sup>, Lei Miaomei<sup>(1)</sup>, Sutoko Stephanie<sup>(1)</sup>, 舟根 司<sup>(1)</sup>, 三好 利昇<sup>(1)</sup>,  
平林 由紀子<sup>(1)</sup>, 佐藤 大樹<sup>(2)</sup>

(1): 株式会社日立製作所研究開発グループ (2): 芝浦工業大学システム理工学部

【背景と目的】対話中の言語理解度の評価は、対話支援や、理解度に応じて情報提示する対話システムの開発において有用で、特に、外国語による対話では重要である。そこで、言語理解度の評価に向け、対話環境に近い受動的言語聴取時における、英語上級者と初級者の脳活動を比較した。

【方法】バイリンガル女性による『三匹のこぶた』の日本語および英語の朗読音声(各 160 s)を、日本人 97 名(28.2±2.8 歳, 男性 49 名/女性 48 名)に呈示し、光トポグラフィを用いて左右側頭部各 22 チャンネルの脳活動を計測した。体動ノイズの大きい 9 名のデータを除去し、TOEIC スコア 700 点以上を英語上級者(45 名, 男性 24 名/女性 21 名), 500 点未満を英語初級者(43 名, 男性 22 名/女性 21 名)と分類し、比較した。解析は次の(1)~(3)の手順で行った。(1) 酸素化ヘモグロビン濃度変化量の時系列データに対して、0.009~0.08 Hz のバンドパスフィルタを適用する。(2)各チャンネルについて、±5 s の範囲で同じ群の被験者間の相互相関係数の最大値を探索し、最大値の絶対値を行列 M(次元は(被験者数)×(被験者数))として算出する。(3)得られた行列 M の上三角行列を 1 次元化し、Fisher の Z 変換を施したのち、英語上級者群と英語初級者群について、独立した 2 標本 t 検定を行う。多重比較の際、Bonferroni 法により p 値を補正した。

【結果】英語を聞いている際の英語上級者群と英語初級者群における被験者間相関係数を比較した結果、有意な差が見られたチャンネルを Fig.1 に示す。左脳側の角回および上・中側頭回近傍のチャンネルにおいて、英語初級者群に比して、英語上級者群の方が有意に高い被験者間相関係数を示した( $p < 0.001$ )。一方、右脳側の上・中側頭回前部のチャンネルにおいては、英語上級者群に比して、英語初級者群の方が有意に高い被験者間相関係数を示した( $p < 0.001$ )。

【考察】英語上級者群では、左角回および上・中側頭回の活動が類似している。これらの部位はウェルニッケ野の脳活動に対応するため、英語上級者群の方が英語で呈示された音声言語を理解できたことで、言語情報の理解を担うウェルニッケ野が賦活したと考えられる。英語初級者群では、右側頭回の活動が類似していたが、これは聴覚から提示された情報の意味想起を担う上・中側頭前部が賦活した可能性が考えられる。

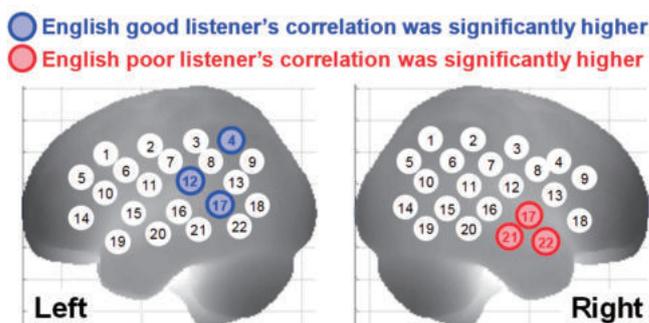
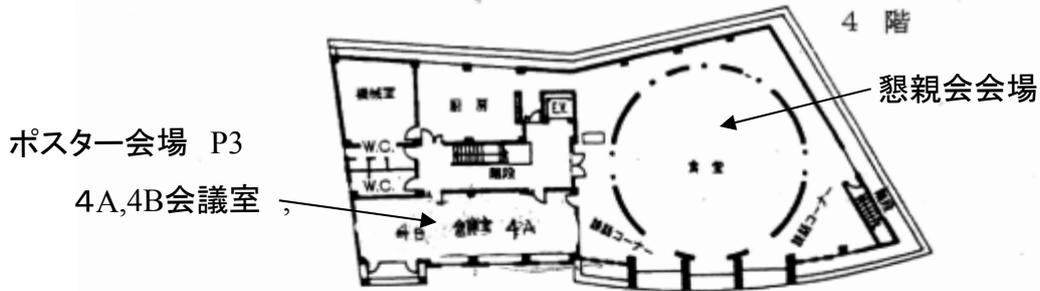


Fig.1 Comparison of interpersonal correlation coefficients between English good listeners group and English poor listeners group during English passive listening task.

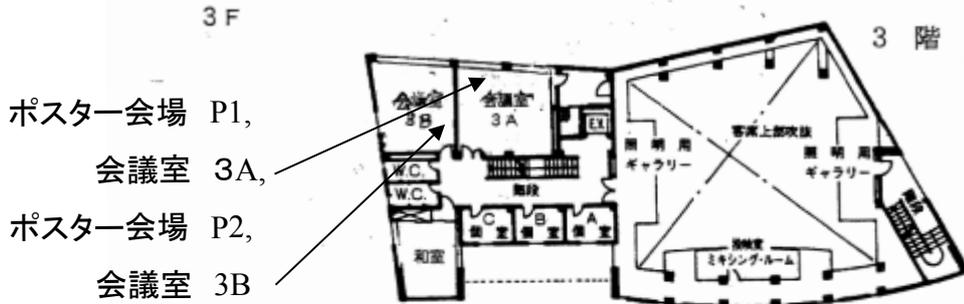
第22回 日本光脳機能イメージング学会 学術集会会場 星陵会館

施設案内 (各階平面図)

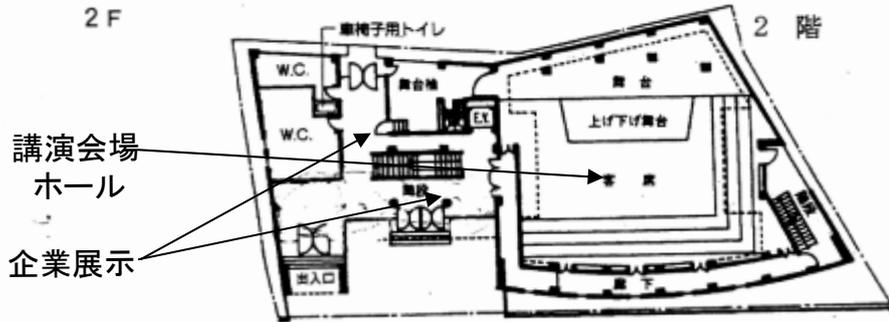
4F



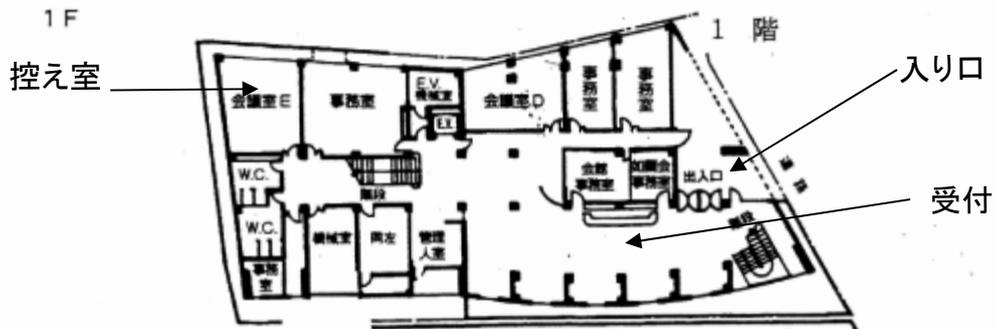
3F



2F



1F



## 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。

