

# 第17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

【開催日時】 2014年7月26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 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17回 大会長 : 酒谷 薫 (日本大学)  
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](mailto:jofbis@gmail.com)

# 学術集会 プログラム

10:00-10:05 開会挨拶 理事長 渡辺英寿

10:05-10:45 大会長講演 座長 渡辺英寿

「脳疾患に対するNIRSの臨床応用：過去、現在、未来」

酒谷 薫（日本大学工学部 次世代工学技術研究センター、医学部 脳神経外科）

10:45-11:25 教育講演 座長 山田幸生

「機械学習によるNIRSのデータ解析」

松本 隆（早稲田大学大学院 先進理工学研究科）

11:25-12:05 特別講演 座長 酒谷 薫

「近赤外光による生体透視イメージング — 散乱光伝搬解析の医療応用をめざして —」

清水孝一（北海道大学大学院 情報科学研究科）

12:05-13:00 昼食

13:00-14:50 特別企画 シンポジウム 座長 酒谷 薫、星 詳子

「10年後の光脳機能イメージングはどうなっているのか？」

：光脳機能イメージングの革新的イノベーション」（発表10分、質疑2分）、総合討論25分

S1 近赤外光を利用して酸素毒性を最小限にした新生児医療の展望

日下 隆（香川大学医学部 小児科学講座）

S2 光脳機能イメージングがリハビリテーションを変える～NIRS を用いた神経疾患の治療的介入の展望～

三原雅史（大阪大学大学院医学系研究科 神経内科）

S3 NIRS2025

多賀源太郎（東京大学大学院教育学研究科 認知科学）

S4 発達認知神経科学における光イメージング — 現実問題と夢 —

皆川泰代（慶應義塾大学文学部 心理学専攻）

S5 fNIRSは脳波の夢を見るか？

檀 一平太（中央大学 理工学部 人間総合理工学科）

S6 次世代近赤外線スペクトロスコープ：拡散光トモグラフィ

星 詳子（東京都医学総合研究所 ヒト統合脳機能プロジェクト）

14:50-15:00 休憩

15:00-16:00 一般演題 口演 座長 加藤俊徳 （講演 8分 質疑 2分）

01 NIRS 信号による発達障害の診断補助指標の開発

柳澤一機， 綱島 均（日本大学生産工学部），中村のぞみ（日本大学大学院生産工学研究科），

成田奈緒子（文教大学教育学部），酒谷 薫（日本大学工学部，医学部脳神経外科）

- 02 言語流暢性課題における頭皮ヘモグロビン信号の時空間特性  
河野 理、井口義信、星 詳子 東京都医学総合研究所 ヒト統合脳機能プロジェクト
- 03 言語(LA 英語)保持・喪失研究における言語データ vs. fNIRS データ  
田浦秀幸 (立命館大学大学院・言語教育情報研究科)
- 04 ワーキングメモリ関連前頭葉活動と気分の相関関係：ドイツ人被験者における再現性の検討  
Hiroki Sato<sup>1,2</sup>, Thomas Dresler<sup>2,3</sup>, Florian B. Haeussinger<sup>2</sup>, Andreas J. Fallgatter<sup>2,4</sup> and Ann-Christine Ehlis<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory, Japan  
<sup>2</sup>Psychophysiology and Optical Imaging, Department of Psychiatry and Psychotherapy, University of Tuebingen, Germany <sup>3</sup> LEAD Graduate School, University of Tuebingen, Germany  
<sup>4</sup> CIN, Center of Integrative Neuroscience, Excellence Cluster, University of Tuebingen, Germany
- 05 競技かるたにおける初心者と上級者の f NIRS 反応の比較  
津久井勤<sup>1)</sup>、森田真央<sup>1)</sup>、小林好真<sup>1)</sup>、栗田太作<sup>2)</sup>、灰田宗孝<sup>2)</sup>  
1)一般社団法人全日本かるた協会 2)東海大学
- 06 ヒト頭部データをもちいる輻射輸送方程式の PC と GPU での高速計算  
○藤原宏志<sup>1)</sup>、大石直也<sup>2)</sup>  
京都大学 情報学研究科<sup>1)</sup>、京都大学 医学研究科<sup>2)</sup>

16:00-16:05 閉会挨拶 酒谷 薫

16:20-17:00 ポスター 発表

ポスター 1 (会場 3 A, 3 B) 座長 渥美義賢

P1-1 呼吸困難と脳活動の関係—健常者と気管支喘息患者の比較—

東本有司、杉谷竜司、福田寛二、東田有智  
近畿大学医学部呼吸器アレルギー内科

P1-2 脳卒中回復期における注意機能および脳血流量の経時的変化

西尾尚倫<sup>1)</sup> 笠井健治<sup>1)</sup> 下池まゆみ<sup>1)</sup> 市川 忠<sup>2)</sup>

1)埼玉県総合リハビリテーションセンター 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

P1-3 散瞳時光負荷における f NIRS 大脳賦活シグナルによる羞明の定量化と皮膚血流外乱の影響

○熊谷 直也<sup>1)</sup>、鈴木 雅也<sup>1)</sup>、井上 正雄<sup>2)</sup>、小野 眞史<sup>3)</sup>

1) 東海光学株式会社、2) 株式会社島津製作所、3) 日本医科大学眼科

P1-4 視覚刺激と聴覚刺激に対する注意度合いと脳血流変化の検討

木村 茜、山本詩子、横内久猛、廣安知之 同志社大学大学院

**P1-5** 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（その2）

—光学特性が作業難易度評価に与える影響—

稲生 楽<sup>1</sup>，澤井浩子<sup>2</sup>，小山恵美<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 <sup>2</sup>京都工芸繊維大学 ベンチャーラボラトリー

**P1-6** 脳領域ごとのアライメントを取ったNIRSデータのグループ解析方法

小倉 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

**P1-7** 女子大学生のネット手芸の継続が認知機能に及ぼす影響 —脳血流変化を用いた検討—

藤本祐子<sup>1)</sup>，橋本令子<sup>2)</sup>，大森正子<sup>1)</sup>

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

**P1-8** NIRSを用いたニューロフィードバックによる脳卒中後上肢麻痺改善効果の検討

NIRS mediated neurofeedback accelerates recovery of upper limb function after stroke

藤本宏明<sup>1) 2)</sup> 三原雅史<sup>1) 2)</sup> 服部憲明<sup>1)</sup> 畠中めぐみ<sup>1)</sup> 矢倉 一<sup>1)</sup> 河野悌司<sup>1)</sup> 吉岡知美<sup>1)</sup>

長廻倫子<sup>1)</sup> 望月秀樹<sup>2)</sup> 宮井一郎<sup>1)</sup>

1) 森之宮病院 神経リハビリテーション研究部 2) 大阪大学 神経内科・脳卒中科

**ポスター 2**

(会場 4 A, 4 B)

座長 灰田宗孝

**P2-1** Observation on the Effect of Acupoint Stimulation on Regional Cerebral Blood Flow Using Near-Infrared Spectroscopy Technology

Wang Guifeng<sup>1</sup>, Ken Takagi<sup>2,4</sup>, Kaito Mizuno<sup>3</sup>, Yoshinori Sunami<sup>2</sup>, Guo Yi<sup>4</sup>, Nobuyuki Tanahashi<sup>2</sup>, Ko Nishimura<sup>3</sup>, Torao Ishida.<sup>1,2,3,4</sup>

(<sup>1</sup>Graduate School of Health Science, <sup>2</sup>Institute of Traditional Chinese Medicine, <sup>3</sup>Department of Acupuncture and Moxibustion Science, Suzuka University of Medical Science and <sup>4</sup>Tianjin University of TCM)

**P2-2** 半側空間無視を呈する症例への広視野角環境を用いた視覚課題の検討 埼玉県総合リハビリテーションセンター

— 周辺視オプティカルフローと前頭頭頂システムの考察 —

赤間公一、市川 忠

埼玉県総合リハビリテーションセンター

**P2-3** 発達障害の治療を目的としたNIRS-BCIシステムの開発

中村のぞみ<sup>(1)</sup>

柳澤一機<sup>(2)</sup>

綱島 均<sup>(2)</sup>

(1) 日本大学大学院生産工学研究科

(2) 日本大学生産工学部

**P2-4** 脳血流変化を用いた訓練に伴う技能習得における習熟度変化の検討

早川温子，山本詩子，横内久猛，廣安知之

同志社大学大学院

**P2-5** 水分嚥下時の増粘剤の有無による前頭葉領域脳血流の変化

篠崎真衣子<sup>1)</sup>、坂藤嘉晃<sup>1)</sup>、市川 忠<sup>2)</sup>

1) 埼玉県総合リハビリテーションセンター 言語聴覚科

2) 埼玉県総合リハビリテーションセンター 神経内科

**P2-6 コーチングによるイメージ想起時の大脳賦活シグナルの検出**

○小野真史<sup>1)</sup>、熊谷直也<sup>2)</sup>、鈴木雅也<sup>2)</sup>

1) 日本医科大学眼科 2) 東海光学株式会社

**P2-7 認知症患者を対象とした前頭葉課題の違いによる脳血流動態の変化**

高橋真悟<sup>1)</sup>、吉澤成美<sup>2)</sup>、児玉直樹<sup>2)</sup>、小杉尚子<sup>3)</sup>、竹内裕之<sup>2)</sup>

1) 高崎健康福祉大学大学院健康福祉学研究所、2) 高崎健康福祉大学医療情報学科

3) NTT コミュニケーション科学基礎研究所

Shingo Takahashi<sup>1)</sup>, Narumi Yosizawa<sup>2)</sup>, Naoki Kodama<sup>2)</sup>, Naoko Kosugi<sup>3)</sup>, Hiroshi Takeuchi<sup>2)</sup>

1,2) Takasaki University of Health and Welfare, 3) NTT Communication Science Laboratories

**P2-8 フェイシャルマッサージ時における脳血流動態の加齢変化と脳血流変動を伴うマッサージ手技の開発**

川口屋幸<sup>1)</sup>、新垣健太<sup>1)</sup>、手塚雅美<sup>2)</sup>、田中有里<sup>2)</sup>、成川右子<sup>2)</sup>、鳥居宏右<sup>1)</sup>

1) 株式会社ノエビア グループ総合研究開発部、2) 株式会社ノエビア 美容教育部

**P2-9 リーディングスパンテストの高成績者と低成績者によるワーキングメモリの検討**

真島希実, 山本詩子, 横内久猛, 廣安知之 同志社大学大学院 生命医科学研究科

18:00                      ポスター撤収

17:15-19:00      懇親会   4階   レストラン

# 脳疾患に対する NIRS の臨床応用：過去、現在、未来

日本大学 工学部・次世代工学技術研究センター  
医学部・脳神経外科  
酒谷 薫

近赤外分光法（NIRS）は、当初、新生児の脳虚血・低酸素による脳循環障害をモニタリングすることを目的に開発された。その後、成人でも脳循環を計測できるようになり、1993年には神経活動時の賦活脳循環変化を計測できることが相次いで報告された。さらに、マルチチャンネルNIRSが開発され、新しい脳機能イメージング装置として脳科学研究や臨床研究に応用されるようになった。NIRSはダイナミックに変化する脳機能を高い時間分解能でリアルタイムに捉えることができ、装置がコンパクトで移動できるため測定場所の制限が少ない利点を有する。本講演では、これまで行ってきたNIRSの臨床応用例について紹介し、NIRSの利点・欠点と今後の展望について考察する。

## 1) 脳疾患例における賦活脳血流酸素代謝変化

fMRIは常磁性体の脱酸素化ヘモグロビン(Hb)濃度変化を計測しているが、NIRSは脱酸素化Hbに加え酸素化Hbも計測できる利点がある。NIRSとfMRIの比較実験により、脳疾患例（脳血管障害、脳腫瘍、機能的脳疾患）は正常脳と異なり神経活動部位で脱酸素化Hb濃度が低下せず、fMRIが正確に活動領域をイメージングしない症例があることを明らかにした。

## 2) 時間分解スペクトロスコピー（TRS）による脳機能計測

TRSはピコ秒パルス光を使用し、光拡散方程式より安静時のHb濃度を算出できる利点がある。TRSを用いて頭部の光路長、安静時Hb濃度のマッピングを行った。また、TRSを用いた脳機能計測により化粧療法や银杏葉エキスの認知機能改善効果について明らかにした。

## 3) ストレス評価法の開発

NIRSを用いて脳のストレス状態を客観的に評価する方法を開発した。2Ch-NIRSを用いてストレス課題遂行中の前頭葉活動を測定し、左右の活動バランスを計測すると、右優位に活動する例では自律神経系、内分泌系のストレス反応が強く、逆に左優位では弱かった。また、効果的なリラクゼーションにより右前頭葉優位の反応が左優位に変化し、ストレス反応も低下した。さらに、安静時のNIRS計測により、ストレス状態を評価するアルゴリズムを開発した。NIRSは簡便かつ客観的に脳のストレス状態を評価でき、ストレス性疾患の予防ツールになる可能性がある。

## 「機械学習による NIRS のデータ解析」

松本 隆 (早稲田大学)

機械学習とは、人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現しようとする技術・手法のことである。若干の誤解を招くことは承知の上で、人工知能における研究課題のひとつ、と言ってもよいであろう。

センサやデータベースなどからある程度の数のサンプルデータを入力して解析を行い、本質的な情報を抽出する。データには不確実性が含まれていることが多いので確率・統計的枠組みで定式化することが多い。

今世紀にはいつから、この分野の発展は著しい。これまでとても扱えないと思われていた高難易度の課題も次々を解決されつつある。もちろん計算機の CPU power の飛躍的進展も背後にある。複雑なデータはいくらでもあるが、ヒトの体から出てくるデータ、より具体的には脳から出てくるデータはきわめて興味深いものの一つであり、演者もいくつかの問題に取り組んできている。

この講演では、機械学習の最も基本的な部分を紹介したあと、NIRS データを用いてどのようなことがかのであるかを、主として演者とそのグループの研究をもとに具体的に説明する。

主たる項目：

1. 不確実性の記述
2. 学習と予測
3. Bayes 的アプローチ
4. Monte Carlo
5. NIRS データからストレス度の予測
6. NIRS データと STAI の相関係数解析

参考文献

1. C. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics), Springer, 2011
2. T. Matsumoto, Y. Fuchita, K. Ichikawa, Y. Fukuda, N. Takemura, K. Sakatani, Gender and Age Analyses of NIRS/STAI Pearson Correlation Coefficients at Resting State, ISOTT 2014
3. W. Ishikawa, M. Sato, Y. Fukuda, T. Matsumoto, N. Takemura, K. Sakatani, Correlation between asymmetry of spontaneous oscillation of hemodynamic changes in the prefrontal cortex and anxiety levels: a near-infrared spectroscopy study, J. Biomed. Opt., 2014

# 近赤外光による生体透視イメージング — 散乱光伝搬解析の医療応用をめざして —

清水 孝一

北海道大学 大学院情報科学研究科

## Transillumination imaging of biological body with NIR light — For medical application of propagation analysis of scattered light —

Koichi Shimizu

Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

### 1. はじめに

波長  $0.7\sim 1.2\ \mu\text{m}$  の近赤外光は、生体透過性が比較的高く、体内生体情報計測や生体イメージングに盛んに利用されている。我々は、ランダム媒質における光散乱の理論<sup>1)</sup>に基づき、近赤外光の生体組織内伝搬を解析してきた。ここでは、その結果をもとに開発したいくつかの手法を紹介する。

### 2. 散乱・吸収係数計測

Fig.1 のように、生体にインパルス光を入射し、所定距離離れた検出器で後方散乱光の時間分解波形を計測する。この計測波形や受光強度から生体の散乱係数や吸収係数を計測することができる。両者を同時に計測することにより、どちらか一方の計測に比べ、より正確な生理機能計測が行える。例えば、中性脂肪無侵襲計測の可能性などが示されている<sup>2)</sup>。またこの方法により、深さ方向の吸収係数空間分布が推定できる。その結果、透過光が得られない厚みの生体であっても、一定深さまでの断層像を再構成することができる<sup>3)</sup>。

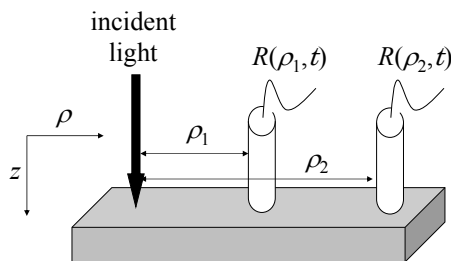


Fig.1 Measurement of scattering and absorption coefficients from backscattered light.

### 3. 経皮蛍光像の改善

一般生体組織では、入射された光は、短距離・短時間でほとんど拡散される。したがって、エネルギー伝搬の輸送方程式に拡散近似を適用することにより、生体内の光伝搬を理論的に定式化することができる<sup>4)</sup>。

その応用の一つとして、体内点光源が体表に作る光強度分布を、点拡がり関数(PSF)として求められる。これを利用することにより、生体組織の光散乱で大きく劣化した体表蛍光像から、体内蛍光物質の

分布を復元することができる。ラット頭部の経皮蛍光像の復元結果を Fig.2 に示す<sup>5,6)</sup>。また、蛍光体の深さを求めたり、体内蛍光体の3次元構造を再構成することもできる。

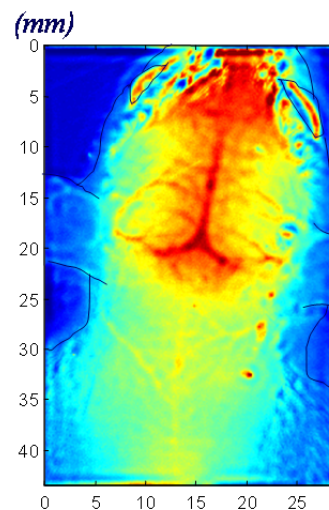


Fig.2 Transcutaneous fluorescent imaging of blood vessels in rat head by scattering suppression of PSF deconvolution.

### 4. 散乱効果抑制手法の開発

生体透過光のうち、散乱を受けずに直進してきた成分を分離検出することができれば、X線のように透視や断層像再構成が可能となる。しかし生体組織に入射した光の平均自由行程は  $1\ \text{mm}$  程度と小さく、厚さ  $10\ \text{mm}$  以上の組織でこの成分を得るのは実用的ではない。レーザビーム光を生体に入射した場合でも、そのコヒーレンシーやコリメーションは急速に失われる。我々は、生体組織の強い前方散乱性(異方散乱パラメータ  $0.9$  以上)に着目し、前方散乱を繰り返しながら入射ビームの光軸に沿って伝搬する光成分を利用する方法を考案した<sup>7,9)</sup>。近軸散乱光や弱拡散光を選択的に抽出することにより、散乱効果を抑制した光透視が可能になる。

ヒト手首部の光透視の結果を Fig.3 に示す。厚さ  $50\ \text{mm}$  程度までの部位では、動静脈を可視化することができる。また上記原理に基づき、体内機能の透



視イメージングが可能になる。体性感覚刺激に伴うラット脳の血液量増加部位のイメージング結果を Fig.4 に示す。

また、光透視に PSF 逆畳み込みの手法を組み合わせることにより、散乱効果を抑制した投影像が得られる。多方向から撮影した透視像にこの処理を適用し逆投影することにより、体内三次元構造の透視イメージングが可能となる。マウス胴体の撮影系を Fig.5 に、腎臓部のイメージング結果を Fig.6 に示す。これらの例を通し、この手法の有用性が示されている<sup>10)</sup>。



Fig. 3 Transillumination imaging of human wrist. Arrows indicate arteries.

### 5. おわりに

近赤外光を用いた生理情報計測および生体透視イメージングの実現をめざし、生体内における光伝搬の解析を通して開発してきた手法のいくつかを紹介した。これらは、現在のところ主として実験用小動物の頭部や腹部を対象として利用されている。ヒト成人の場合には、まだ手部や前腕部への応用にとどまっているのが現状である。今後さらに厚い部位への適用や、空間分解能の向上が課題である。

これらの研究に当たり協力いただいた北海道大学大学院情報科学研究科加藤祐次氏、京都大学大学院医学研究科浪田健氏に感謝する。これらの研究の多くは、文部科学省および日本学術振興会科学研究費により行われた。

### References

- 1) A. Ishimaru, *Wave Propagation and Scattering in Random Media*, IEEE Press, 1997.
- 2) K. Iinaga *et al.*, WPI-16, *Proc. CLEO-PR*, 2013.
- 3) T. Namita *et al.*, *Appl. Opt.*, 48, D208-D217, 2009.
- 4) 清水孝一, *光学*, 41, 414-423, 2012.
- 5) K. Shimizu *et al.*, *Appl. Opt.*, 44, 2154-2161, 2005.
- 6) 清水孝一, *日本レーザー医学会誌*, 26, 206-213, 2005.
- 7) K. Shimizu, *et al.*, *Opt. Rev.*, 7, 383-388, 2000.
- 8) K. Takagi, *et al.*, *Appl. Opt.*, 48, D36-D44, 2009.
- 9) K. Takagi, *et al.*, *Opt. Exp.*, 17, 8332-8342, 2009.
- 10) T. N. Tran, *et al.*, *Biomed. Opt. Exp.*, 5, 1321-1335, 2014.

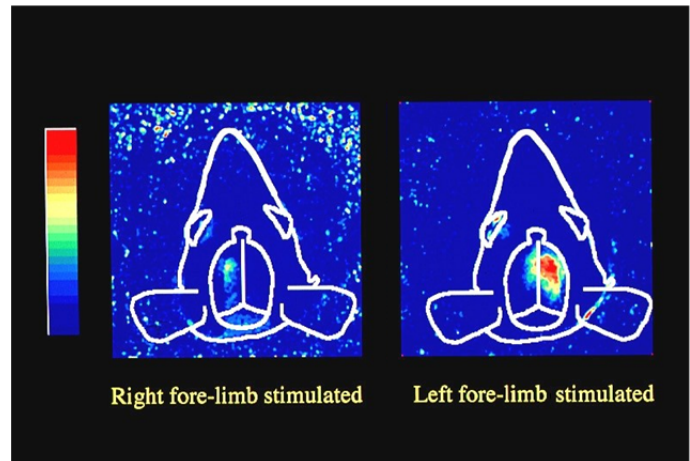


Fig.4 Functional transillumination imaging of rat head.

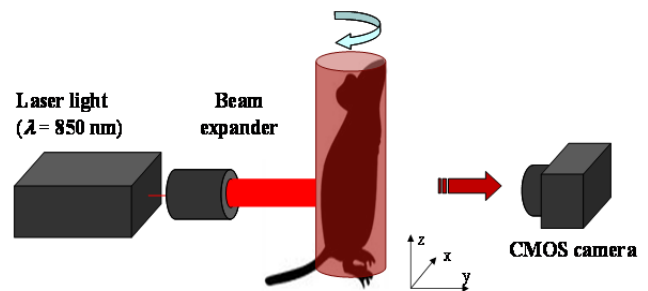


Fig. 5 Experimental setup for 3 dimensional transillumination imaging.

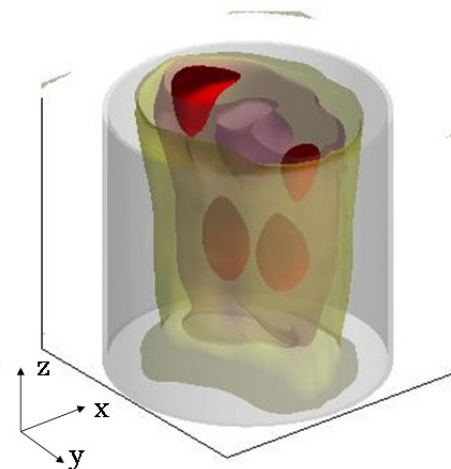


Fig.6 Result of 3D transillumination imaging of mouse abdomen.

## 近赤外光を利用して酸素毒性を最小限にした新生児医療の展望

香川大学 医学部小児科学講座

日下 隆

新生児の脳障害予防目的に、Near-Infrared Spectroscopy (NIRS)は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様々に応用されている。NIRS は測定が簡便であるためベットサイドでの循環管理、酸素投与量を設定するために有用であり、他の脳機能評価（脳波など）との組み合わせで、より正確な総合的評価での脳を中心とした治療に貢献できると期待される。新生児の頭部は、頭皮、頭蓋骨、髄液などの層構造が成人と比較し薄く、近赤外光が通過しやすく測定値に与える影響が少ないため、NIRS の新生児を対象とした測定が容易である。これまで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、脳を重視した評価や治療に役立つことが出来る。

時間分解分光法（TRS）測定は光拡散方程式の解を用いて、生体の光散乱係数や光吸収係数が測定可能であるため、酸素化 Hb や ICG 等の光吸収物質の変化を惹起せずに、光吸収係数を用いて脳血液量や脳内 Hb 酸素飽和度の定量値が算出できるユニークな方法である。また光散乱係数は組織の微細構造、例えば神経細胞数、髄鞘化、浮腫等の状態により変化すると考えられ、今後その生理的意義の確立に期待が持たれる。特に脳血液量や脳内 Hb 酸素飽和度は、早産児の輸血適応基準や、新生児仮死の出生直後の予後評価や治療基準に有用であると考えられる。

私はこれまでに、活性酸素に脆弱な早産児を対象とする新生児医療に取り組んできたため、このような酸素代謝測定方法を駆使し、生体の成熟度と酸素代謝の関係、それらの内分泌的影響（特にコルチゾール、甲状腺ホルモン）、また活性酸素の産生とそれを防御すると考えられるビリルビンの影響を解明したい。そして最小限の酸素必要量を考慮し、活性酸素毒性が最小限になるような治療基準の作成を行いたいと考えている。

将来的には近赤外光を用いて、酸素化 Hb と脱酸素化 Hb の測定だけではなく、水や脂質等の他の物質や、組織温度の測定が可能となり、また **frequency domain near-infrared spectroscopy** と **diffusion correlation spectroscopy** を利用した脳血流量や酸素消費量の測定も可能になるかもしれない。更には脳だけでなく、肝臓や筋肉での循環・代謝や機能評価（肝臓での ICG 摂取・排泄機能評価など）が可能になるかもしれない。そしてこれらの計測を1人の個体の測定に留まらず、人間相互作用（母子相互作用など）の中でのお互いの脳活動変化を捉え、相互作用が評価できるかもしれない。

## 光脳機能イメージングがリハビリテーションを変える～NIRS を用いた神経疾患の治療的介入の展望～

大阪大学大学院医学系研究科 神経内科 三原雅史

脳卒中やパーキンソン病などの神経疾患は運動障害や認知機能障害をもたらし、要介護状態に至る原因疾患として重要である。特に高齢化率が急速に増加している我が国においては、これらの神経疾患の有病率も上昇しており、その後遺症状の軽減・介助量の軽減を図る新たな治療的介入方法の開発が求められている。

これまで、これらの神経疾患に対する光脳機能イメージングの応用としては、急性期における脳血流変化のモニタリングや、回復期における機能的再構成の観察など、研究目的での評価機器としての利用が主であった。近年、信号解析技術などの進歩によって、非侵襲的脳機能イメージング技術を用いたほぼリアルタイムでの脳活動測定が可能となり、これらを用いた治療的アプローチへの応用が検討されるようになってきている。

これらの治療的アプローチのなかでも、現在最も精力的に研究されている分野は、測定した脳活動から様々な情報を解読（デコード）し、その情報に基づいて、機器の操作や環境制御などを行う **Brain-Machine Interface** である。**Brain-Machine Interface** における脳活動測定手法としては、脳内電極や硬膜外電極などの侵襲的な手法から機能的 MRI、脳磁図、脳波、光脳機能イメージングなどの非侵襲的手法まで様々な方法が提案され研究されているが、光脳機能イメージングはこれらの中でも最も非侵襲的で臨床応用に向けて期待されている。

また、デコードした脳情報を外部装置の制御に用いるのではなく、被検者にフィードバックすることによって随意的に脳活動の制御方法を学習させるニューロフィードバックと呼ばれる手法を用いることによって、脳活動を外的に調整することも可能となる。この手法を用いて、脳損傷後の機能的再構成を促進させることで、機能回復を図る新たな治療介入は、すでに脳卒中後患者における有効性が示されており、今後様々な疾患、症状への応用が期待されている。

本講演ではこれら光脳機能イメージング手法を用いた神経疾患の治療的介入に関する現状と今後の展望について概説する。

## NIRS2025

多賀巖太郎（東京大学大学院教育学研究科）

神経活動にともなう脳血行動態を捉えるのに、近赤外分光法（NIRS）が有効であることが1993年に示された。さらに、多チャンネル化技術により、ニューロイメージングの手法としてのNIRSは、光トポグラフィ、または、fNIRSと呼ばれ、多くの分野に適用されるようになった。最初の報告以来、20年が経過したのを機に、Neuroimage誌ではfNIRSの特集号が組まれた(Boas et al. 2014)。2012年の段階では、fNIRSの手法を用いた論文の出版数は、指数関数的に増加している。これから約10年後の2025年には、NIRSの研究はどのようになっているであろうか。

これまで、NIRSは、乳児の脳機能イメージング研究手法として有効であると期待され、発展してきた。その背景には、MRIを乳児に用いるのは、現実的には難しいという側面があった。実際、NIRSを用いて、知覚や言語に関わる大脳皮質の活動や機能的ネットワークの発達過程が明らかにされてきた。ところが、近年、乳児期や胎児期の脳を調べるのに、MRIを用いた研究が国際的に増加しており、脳全体の形態や機能的活動等、包括的な情報が得られるようになり、NIRSだけが、乳児に適用可能な脳機能イメージング手法であるとは、必ずしも言えない状況になってきた。

しかし、何と云っても、NIRSの強みは、機動的なライブイメージングにあり、その意味では、乳児研究において、その有用性が必要な場面はこれまで以上にあると言えよう。特に、脳のネットワークとしての性質が、乳児期にどのように形成され、それが行動や認知の発達にどのように寄与しているのか、という問題は、次の10年間でより深く解明が進むと考えられる。

また、脳における神経血管カップリングの機構の解明が、近年急速に進んでいるが、ヒトの乳児における実態は、まだ十分に明らかにされていない。NIRSはそうした研究で有効な手法であることは言うまでもないであろう。また、ヘモグロビン以外の生体機能分子のライブイメージング手法の技術が開発されれば、代謝活動を含めた脳の振る舞いとその発達過程の理解が深まると考えられる。

## 特別企画 シンポジウム

### 「10年後の脳機能イメージングはどうなっているのか？ —脳機能イメージングの革新的イノベーション—」

#### 「発達認知神経科学における光イメージング—現実問題と夢—」

(慶應義塾大学文学部心理学専攻)

皆川 泰代

Near-Infrared Spectroscopy (NIRS)が乳幼児の脳機能イメージング装置として一般的に使用されるようになって15年程が過ぎた。この間に確かにNIRSによる脳機能画像研究は乳幼児の認知機能とその発達について様々な新しい知見を提供してきた(Cristia et al. 2013)。ただ、乳幼児研究において様々な利点があるfunctional NIRS (fNIRS)の波及は、発達心理学の現場においてさえも決して加速度的なものではなかった。本シンポジウムの趣旨は「10年後の夢を大いに語る」であるが、発表者の(少々地味な)夢は10年後の発達認知神経科学がfNIRSをより効果的に活用し、fNIRS研究者のコミュニティがより拡大していることである。15年間fNIRSを用いた乳幼児研究を行ってきた中でも国内外の多くの研究者の失敗と成功を目の当たりにし、自身も肩を落とすことが少なからずあった。本発表ではその経験からも、なぜ発達認知神経科学においてfNIRSは大きな広がりを見せないのか、という点について現実の問題点とそれらを解決する手がかりについて乳幼児や成人のfNIRSデータを用いつつ述べる(e.g. Minagawa-Kawai et al. 2013)。そして最後に、夢らしい夢として、乳幼児や子供の社会的相互作用のfNIRS研究について1つ提案する。fNIRSのHyper Scanによる相互作用研究は従来行われており、発表者らも母子同時計測の経験がある。これらの経験も踏まえ、これまでの相互作用研究を越えた新しいタイプの社会行動研究とその応用について考えてみたい。

#### 引用文献

- Cristia A, Dupoux E, Hakuno Y, Lloyd-Fox S, Schuetze M, Kivits J, Bergvelt T, van Gelder M, Filippin L, Charron S, Minagawa-Kawai Y. (2013) An online database of infant functional near infrared spectroscopy studies: a community-augmented systematic review. PLoS One. 8(3):e58906.  
<https://sites.google.com/site/dbifnirs/>
- Minagawa-Kawai Y, Cristia A, Long B, Vendelin I, Hakuno Y, Dutat M, Filippin L, Cabrol D, Dupoux E. (2013) Insights on NIRS sensitivity from a cross-linguistic study on the emergence of phonological grammar. Front Psychol. 4:170.

## fNIRS は脳波の夢をみるか

中央大学 理工学部 人間総合理工学科 教授 檀 一平太

e-mail: dan@brain-lab.jp; web: brain-lab.jp

誕生から20年を経たいま、fNIRS は新たな10年への一步を踏み出した。はたして10年後にfNIRS 研究者が辿り着く地平には、どのような風景が見えているのだろうか？fNIRS 研究者が辿るであろう道筋を考えると、有用な道標となるのが、脳波研究である。

1920年代、Hans Berger による脳波の発見は、1950年代に大きな進化を遂げた。感覚刺激を基準として脳波信号を平均化することによって誘発電位の解析が可能となったためである。さらに1960年代、脳波信号の差分によって得られる事象関連電位の登場によって、P300 や MMN といった認知機能を反映する脳波成分の解析が可能となった。それから、半世紀を経て、誘発電位は保険収載もなされ、臨床分野に根付いた技術となった。一方、事象関連電位は、精神活動の一端を垣間見る窓として、今なお絶え間なく研究のテーマを提供し続けている。しかし、保険収載はなされておらず、臨床応用については道半ばとなっている。この違いは何に起因するのか？誘発電位では信号が明瞭かつ刺激と信号源と信号の関係が明確であるが、事象関連電位は精神活動を扱うが故の不明確さを孕んでいる。たとえば、P300 は大きな信号ではあるが発生源が不明瞭である。一方、MMN は信号源が定かであるものの、信号が小さい。

脳波のたどった歴史を鑑みると、fNIRS が進むであろう二つの方向性が見えてくる。まず、確固たる臨床応用を目指し、明瞭な信号が得られる刺激を用い、信号源と信号の関係を明確にするという営みは進めていくべきであろう。一方で、巧妙な認知科学的実験パラダイムを駆使し、精神活動の謎を解き明かすという知的探求の道も続いていこう。科学の発展にとっては、臨床応用と基礎研究のいずれも重要である。しかし、その役割は対称的ではない。技術の普及には、臨床応用の方が有用である。たとえば、医療機関において、事象関連電位の研究のために脳波計を買うことは困難であるが、誘発電位の応用のために購入した脳波計を使って事象関連電位の研究を行なうことは可能である。また、脳波計自体の普及により、単価は下がり、純粋な研究目的での購入も容易となる。

この意味で、今年度、鬱症状の鑑別補助に対して、fNIRS による検査が保険収載されたという事実は、今後の fNIRS 研究の発展に際して、極めて重要な意義を持つことになるだろう。fNIRS で計測される信号と鬱のメカニズムに関しては不明の点も多く、臨床応用は時期尚早との批判もある。しかし、fNIRS が身近となり、それを研究に使う機会が格段に増えたという状況の出現は歓迎すべきである。

ただし、鬱症状の診断だけでは、夢はいつ醒めるとも限らない。さらなる安定的な臨床応用が実現してこそ、fNIRS の持続可能なアクセスが可能となる。その結果として、基礎研究者は脳機能研究という見果てぬ夢を手に入れることが可能となるだろう。はたして、fNIRS 研究者が10年後、脳波研究者のように夢を見続けていられるのかどうか、その成否は、fNIRS の臨床応用の進展に掛かっている。

# 次世代近赤外線スペクトロスコープ：拡散光トモグラフィ

星詳子

東京都医学総合研究所 ヒト統合脳機能プロジェクト

選択的・定量的脳内ヘモグロビン(Hb)計測は、近赤外線スペクトロスコープの開発当初からの課題である。これに対して、汎用されている連続光 (continuous wave, CW)を用いて modified Beer Lambert law に従って Hb 変化を算出する計測法 (CW) 以外に、ピコ秒オーダーの短パルス光を用いる時間分解計測法 (TRS)、正弦波で変調した光を用いる周波数分解計測法 (FRS)などが開発されて、それらを用いて様々な方法が提案されてきたが、未だ問題解決には至っていない。その中で、脳局所 Hb 変化を定量的に検出するのに最も有望な方法は、拡散光トモグラフィ(diffuse optical tomography, DOT)である。DOT は、通常の NIRS 装置と同じく近赤外線を用いて複数の部位を計測し、検出される信号から吸収係数 ( $\mu_a$ ) や散乱係数 ( $\mu_s$ ) ,さらに $\mu_a$ から算出される Hb 濃度などの局所的な分布を定量的に 2次元あるいは3次元断層画像として表示することができる。DOT は、CW, TRS, FRS のいずれの計測法でも可能であるが、画像再構成にあたってより多くの情報を持つ TRS が DOT に適している。

近年、CW-DOT が実用化され、特に複数の異なる照射-受光間隔で光ファイバを配置する高密度 (HD) CW-DOT によって、選択的に脳組織由来の Hb 変化を検出することが可能になった<sup>1</sup>。DOT は、生体における光伝播モデル (順問題) を解析し、その逆問題を解くことによって画像再構成を行う。HD CW-DOT は順問題として光拡散方程式 (DE) の線形近似を用いシングルステップの逆問題解析を行っているため、Hb 変化の定性的イメージしか得られないが、神経機能イメージング目的で使用する場合には十分である。しかし、Hb 変化が大きい場合にはこの近似を用いることはできず、また診断機器として発展させるためには、変化量ではなくある時点における Hb の絶対値計測が要求され、非線形逐次画像再構成アルゴリズムが必要である。通常、順問題モデルとして DE が用いられるが、散乱の小さい脳脊髄液層や光照射点近傍など拡散近似が成立しない場合があり、画質低下を引き起こす原因になる。そこで、生体における光伝播を最も正確に記述する輻射輸送方程式 (RTE) を用いるのが適切であるが、数値解析には膨大な計算時間を要するため、計算時間短縮のための様々な工夫が試みられている<sup>2</sup>。

DOT は、蛍光物質を検出する蛍光トモグラフィ(FDOT)に発展させることができ、DOT と FDOT によって、個体を対象とした分子レベルから個体レベルまでのマルチレベルダイナミックイメージングが可能になり、生命現象の解明や臨床診断など幅広い応用が期待される。

## References

1. Eggebrecht AT, et al. Neuroimage 61, 1120-1128, 2012
2. Fujii H, et al. JQSRT 147, 145-154, 2014

## NIRS 信号による発達障害の診断補助指標の開発

柳沢一機, 綱島均(日本大学生産工学部), 中村のぞみ(日本大学大学院生産工学研究科),  
成田奈緒子(文教大学教育学部), 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, 発達障害や精神疾患の診断補助方法として注目されている。しかし, NIRS 信号の特徴を定量的に評価することが難しいという問題がある。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指標の開発する。ASD (Autistic Spectrum Disorder) 者と健常者の脳活動を計測し, その結果を開発した指標を用いて評価する。

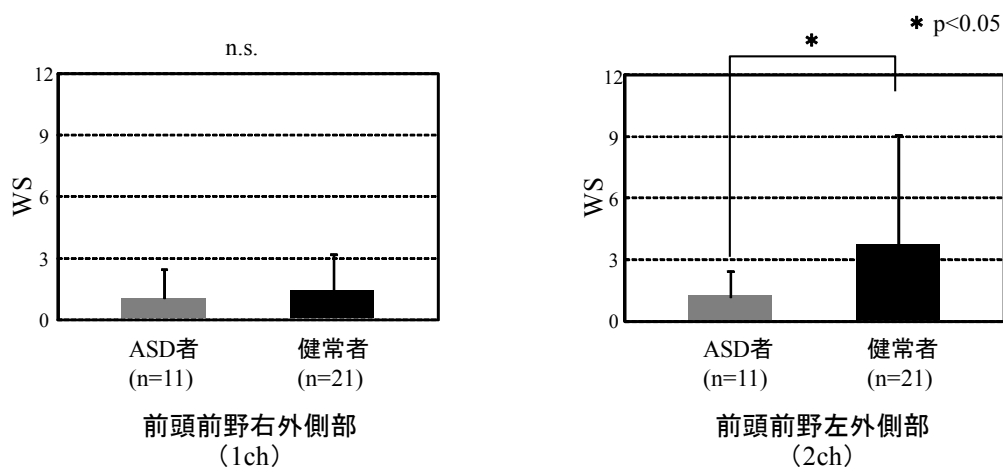
【NIRS 信号の特徴平面】本研究では, oxy-Hb 信号とその微分値に注目する。oxy-Hb 信号の微分値は, タスクのワークロードと相関があることが確認されている<sup>1)</sup>。提案法では, oxy-Hb 信号とその微分値から特徴平面を作成し, その特徴平面上のタスク時とレスト時の代表点の分布から, NIRS 信号の評価を行う。

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代表点とレストの代表点が離れて表れる。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代表点が混在する。そこで, タスクとレストそれぞれの代表点の分散(特徴平面上の代表点の広がり)と軌跡同士の重心間距離(タスクとレストの代表点同士の距離が離れているか)の2つの値に注目する。さらに, 代表点が特徴平面のどの象限にあるかから重みを設定し, 重み付き分離度 (WS : Weighted Separability) という指標を定義した<sup>2)</sup>。

【WS による評価】健常者と ASD 者を対象に実験を行い, 提案した指標の有効性を検証した。異なる色と形の図形を3種類3秒ごとに連続して画面に刺激呈示して記憶させ, その後8個の図形を表示した画面上から先に呈示された図形を探索して順番通りに指で示す課題を行った。コントロール条件として, 8個の図形を表示した画面上から同じ画面の上部枠内に示した図形を順番通り探索して指で示す課題を行った。脳活動は NIRO200 (浜松ホトニクス) を用いて行い, 前頭前野左右 2ch を計測した。実験参加者は, 健常者 21 名, ASD 者 11 名とした。

健常者では, WM 課題中に oxy-Hb が上昇し, NWM 課題時にベースラインに戻る変動を示した。WM 課題と NWM 課題時の脳活動の特徴が大きく異なるため, WS は高い値を示した。一方で ASD 者ではそのような変動が見られず WS は小さい値を示した。健常者と ASD 者の WS をまとめた結果を図 1 に示す。前頭前野左外側部では, 健常者と比較して ASD 者は WS が低く, その違いに有意差があることが確認できた。

この結果から oxy-Hb とその微分値に注目して NIRS 信号の特徴を評価する WS により, 発達障害の診断補助指標を開発できる可能性を示した。



### 参考文献

- 1) 柳沢一機, 綱島均 他, 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) 柳沢一機, 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)



# 言語流暢性課題における頭皮ヘモグロビン信号の時空間特性

河野 理、井口義信、星 詳子

東京都医学総合研究所 ヒト統合脳機能プロジェクト

## [背景と目的]

光脳機能イメージング装置によって得られる NIRS 信号には、脳内ヘモグロビン信号だけでなく、頭皮ヘモグロビン信号も重畳されるため、NIRS 信号から頭皮ヘモグロビン信号を分離する様々な手法が提案されている。しかしながら、これらの手法には、頭皮ヘモグロビン信号に関して何らかの仮定がなされており、その仮定の妥当性については十分に検証されていない。そこで、言語流暢性課題における前額部の頭皮ヘモグロビン信号の時空間特性の検討を行ったので報告する。

## [対象と方法]

対象は、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）である。課題は、[前レスト (30 秒)]-[タスク (20 秒×3)]-[後レスト (70 秒)]を 2 回繰り返す言語性流暢性課題とした。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、送受間隔 5 mm と 40 mm 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) と通常の NIRS 信号 (2ch) を計測した (Fig. 1)。さらに、レーザースペックル血流計 (moorFLPI moor instruments) を用いて、前額部の血流分布を測定した。

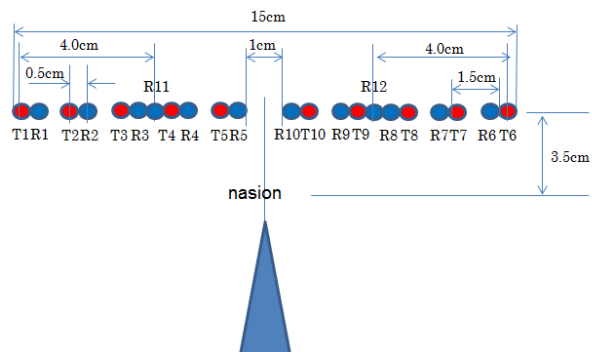


Fig.1 Arrangement of NIRS optodes

## [結果および考察]

すべての被験者に対して、NIRS 信号は、いくつかのチャンネルの頭皮ヘモグロビン信号と強く相関 ( $r > 0.7$ ) した。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、被験者によって、大きく異なっており、15 mm 離れた位置でさえ、異なった時間波形を示した。この空間的に不均一な前額部の血流変化は、レーザースペックル血流計を用いて確かめられた。よって、一般的に、言語流暢性課題における前額部の頭皮ヘモグロビン信号において、少なくとも 15 mm 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。

## 言語(LA 英語)保持・喪失研究における言語データ vs. fNIRS データ

田浦秀幸 (立命館大学大学院・言語教育情報研究科)

1. Research question: 言語保持・喪失研究での言語データと fNIRS データ
  2. 被験者: アメリカ生まれ育ちの帰国生(帰国時高校 1 年生)
  3. データ収集時期: 帰国 4 ヶ月後(base-line)・1 年 4 ヶ月後・2 年 3 ヶ月後・3 年 2 ヶ月後
  4. 収集データ: 言語データと fNIRS データ
    - 4.1 英語力: BICS, CALP, 自己評価
      - ・BICS (basic interpersonal communicative skills): 会話力 → oral interview
      - ・CALP (cognitive, academic language proficiency): ライティング力 → TOWL-3
      - ・自己評価アンケート (日英語の 4 技能に関する自己評価)
    - 4.2 fNIRS データ: 言語(文字・範疇)流暢性タスク(英語と日本語)
  5. 分析方法
    - 5.1 英語データ: ライティング力・流暢さ・正確さ・複雑さ・語彙力の観点から分析
    - 5.2 fNIRS データ: 文字・範疇/日英語を年度内比較・同一タスクの経年比較
  6. 結果
    - 6.1 英語力
      - ・ライティング力: NS の上位群レベルを維持
      - ・語彙力: 使用語彙レベルに変化無し・語彙密度は年々低下→語彙力の低下
      - ・正確さ: 非常に高いレベルを保持
      - ・流暢さ: 1 語を発するのに長い時間を要する傾向→流暢さの低下
      - ・自己評価: 帰国当初は日本語 catch-up に時間を費やし、その後は英語浸り
    - 6.2 fNIRS データ
      - ・行動データに変化殆ど無し
      - ・fNIRS データの分散分析・多重比較結果
- |       | 左脳言語野                   | 4 年間比較              | 右脳相当部位                  | 4 年間比較              |
|-------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| 日本語文字 | F(3,581)=42.98, p<.001  | 2010=2012<2011<2013 | F(3,581)=120.07, p<.001 | 2010<2011=2012<2013 |
| 英語文字  | F(3,581)=39.121, p<.001 | 2010<2013<2012=2012 | F(3,581)=71.435, p<.001 | 2010<2013<2012=2012 |
| 日本語範疇 | F(3,581)=65.953, p<.001 | 2013>2010=2011>2012 | F(3,581)=114.26, p<.001 | 2013>2010=2011>2012 |
| 英語範疇  | F(3,581)=81.095, p<.001 | 2010=2013>2011>2013 | F(3,581)=15.11, p<.001  | 2010=2011=2012<2013 |
7. 考察
    - ・英語の下位部分(流暢性や語彙密度)で少し喪失
    - ・英語グローバル面(ライティング力)では保持
    - ・fNIRS 値は言語使用様態を反映
  8. 結論
    - ・言語保持・喪失研究における言語流暢性タスク fNIRS データは、データ収集時期の言語使用様態を反映する可能性があり、言語習得・喪失現象を直接示す指標としての取扱には注意が必要

## ワーキングメモリ関連前頭葉活動と気分の相関関係：ドイツ人被験者における再現性の検討

Hiroki Sato<sup>1,2</sup>, Thomas Dresler<sup>2,3</sup>, Florian B. Haeussinger<sup>2</sup>, Andreas J. Fallgatter<sup>2,4</sup> and Ann-Christine Ehlis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory, Japan

<sup>2</sup>Psychophysiology and Optical Imaging, Department of Psychiatry and Psychotherapy, University of Tuebingen, Germany

<sup>3</sup>LEAD Graduate School, University of Tuebingen, Germany

<sup>4</sup>CIN, Center of Integrative Neuroscience, Excellence Cluster, University of Tuebingen, Germany

気分 (mood) と認知 (cognition) は、前頭前皮質 (prefrontal cortex: PFC) において複雑に相互作用することが示唆されている[1]。近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy: NIRS) を用いた先行研究では、言語性ワーキングメモリ (WM) 課題中の PFC 活動とネガティブ気分の間に負の相関関係が示された [2-4]。しかし、この知見は日本人被験者のみを対象とした研究から示されており、その現象の再現性や一般化可能性については検討が不十分であった。特に、言語パラダイムを用いた研究であるため、異なる言語的背景を持った被験者群において再現性を確認することは重要であると考えられた。

そこで報告者らは、日本語以外の言語を母語とする被験者群 (ドイツ人) を対象に同様の計測を実施し、この知見の一般化可能性を検討した[5]。被験者の気分状態を気分質問紙 (profiles of mood states: POMS) で評価した後、遅延見本合わせパラダイムを用いた言語性 WM 課題に伴う PFC 活動を NIRS 装置 (ETG-4000, 日立メディコ) で計測した。また、一般的な視聴覚刺激や運動の影響を差し引くため、同様の刺激を用いたコントロール課題も加え、WM 機能に関連する脳活動を抽出するよう工夫した。

気分状態と脳活動の相関関係を解析した結果、総合的ネガティブ気分 (total mood disturbance: TMD) スコアと、言語性 WM 課題に伴う左 PFC の活動強度との間に、有意な負の相関を認めた。つまり、「ネガティブ気分が強い被験者ほど、言語性 WM 課題に対する PFC 活動が低下する」という従来知見と一致する結果を得た。さらに、コントロール課題をベースラインとして脳活動信号を抽出した場合でも、同様の相関関係が示された。これらの結果から、ネガティブ気分と PFC 活動の相関関係が、異なる言語的背景を持った被験者群においても再現する普遍的な現象であることを確認した。

### <参考文献>

- [1] Pessoa, L. *Nat Rev Neurosci* 9, 148-158 (2008).
- [2] Aoki, R., Sato, H., *et al.*, *Neurosci. Res.* 70. 189-196 (2011).
- [3] Sato, H., Aoki, R., *et al.*, *J. Biomed. Opt.* 16. 126007 (2011).
- [4] Aoki, R., Sato, H., *et al.*, *Psychiatry Res.* 212. 79-87 (2013).
- [5] Sato, H., Dresler, T., *et al.*, *Front. Hum. Neurosci.* 8:37 (2014).

# 競技かるたにおける初心者と上級者の fNIRS 反応の比較

津久井勤<sup>1)</sup>、森田真央<sup>1)</sup>、小林好真<sup>1)</sup>、栗田太作<sup>2)</sup>、灰田宗孝<sup>2)</sup>

1)一般社団法人全日本かるた協会 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、前回の発表から携帯型 fNIRS 装置を使用した競技かるたにおける選手の読みに対する反応状況を検討している。この装置の特徴は、動きに対する制約が大幅に緩和され、実践状態で計測できることである。そのため、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。

前回は、選手の動きをビデオ撮りして、札の場の位置と選手の動きとの対応で、前頭前野のオキシヘモグロビンの変化を対応させた解析を行った<sup>1)</sup>。今回は、同じ試合で読みの決まり字で選手がどのような反応を示すかについて解析した。

## 2. 実験の方法

装置は前回同様、Spectratech, Inc. 製の光イメージング脳機能測定装置 OEG-S p02 2台を使用した。これを両選手の前頭前野に装着して競技かるたを行った。併せて、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、読みでその札が認識できる決まり字（1字決まり、2字決まりなど、6字決まりまでである）に対して、空札、自陣取り、相手陣取り、自陣取られ、相手陣取られに区分してそれぞれの反応を調べた。

## 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、勝った選手は①空札も含めて1字決まりで全体に変動が大きい。決まり字が増え

ると変動が小さくなる。ところが、例外的に、相手陣の3字決まり以上の場合の取りには変動が大きくなっていった。これは、相手陣への手の侵入に対して、早くから脳の活性化が進んでいるためと見られる。一方、負けた選手は、1字決まりで、空札の場合も含めて自陣取られ以外は変動が小さい。これは、自陣を取られて動揺したことが伺える。

### 2)A級選手同士の試合から

選手によって大きな違いはなく、平均して自陣を取る時より、相手陣を取る時の方が変動が大きい。また、自陣取りで1字決まりより3字決まり以上での変動が大きくなるのに対して、相手陣取りでは、逆の現象が見られる。ただ、例外的に相手陣取りで友札との関係もあって、変動が大きくなる時もある。それは選手の手の動きと関係していると見られる。

## 3. まとめ

前回の報告と同じ実験で、決まり字で見た解析を行った。その結果、初心者よりA級選手の札に対する反応が早く、それが結果として表れている。今後とも、継続して研究を進めていく予定である。

## 4. 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。

## 参考文献

1) 津久井勤ほか：「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」第16回（一社）日本光脳機能イメージング学会研究発表会 No. 0-4, p. 14 (2013)

# ヒト頭部データをもちいる輻射輸送方程式の PC と GPU での高速計算

○藤原宏志<sup>1)</sup>, 大石直也<sup>2)</sup>

京都大学 情報学研究科<sup>1)</sup>, 京都大学 医学研究科<sup>2)</sup>

## 1. 緒言

高精度かつ高信頼な光トモグラフィの実現には、光の伝播方向や光ファイバの指向性・開口数を扱い得る 3次元輻射輸送方程式 (Radiative Transport Equation) の取り扱いが有効と考えられる。近年、数値解析理論に基づく信頼性の高い 3D-RTE の数値計算が実現されたが[1], 莫大な計算資源(計算時間, プロセサ, メモリ)を要することが問題であった。これに対し本研究では、光の伝播方向の離散化に新たな高精度数値積分則[2]を適用して離散問題の未知数の個数を削減し、さらに散乱積分の計算が GPU (Graphics Processing Unit)での処理に適することに着目して、PC 上での 3D-RTE の高信頼・高速な計算法を確立した。

## 2. 高精度数値積分則と GPU による散乱積分の数値計算

生体内の光伝播の定常状態の数値シミュレーションを想定し、光子密度  $I(x, \xi)$  を未知とする 3D-RTE

$$-\xi \cdot \nabla_x I - (\mu_a + \mu_s)I + \mu_s \int_{S^2} p(x; \xi, \xi') I(x, \xi') d\sigma_{\xi'} = 0$$

の数値計算を考え、特に積分項の扱いを論じる。逐次積分で表して台形則など 1次元の積分則により近似することが簡便だが、積分点が局在して未知数の個数が増大する。そこで本研究では、積分点が局在しない球面上の高精度積分則を構築し[2], cuBLAS による GPU での行列乗算で高速化した。さらに GPU とメインメモリのデータ転送, GPU での行列乗算と CPU 間のデータ交換のための MPI プロセス間通信, CPU での数値処理を OpenMP で並列化して効率化を図った。

## 3. 数値計算例

図 1 に示す  $181 \times 217 \times 181$  個の 1mm 立方ボクセルからなるヒト脳 MRI において, [3]の生体光学特性値と  $g = 0.9$  の Henyey-Greenstein 核をもちい、倍精度で数値計算をおこなった。台形則による従来法[1]で速度方向を  $3[\text{deg}]$ の刻みで離散化すると速度方向の離散化数は 7082 で、Opteron6238 で 1024 プロセス(32 ノードの Cray XE6)での計算に約 87 時間を要した。一方、提案する積分則では速度方向の離散化数は 1932 で、CPU と GPU を各 1 個搭載する一般的な PC (Linux (CentOS 6.5), GCC 4.4.7, CUDA 5.0, mpich2-1.2.1) 4 ノードでの計算時間は約 17.4 時間となり、計算資源の大幅な削減を達成した (表 1)。

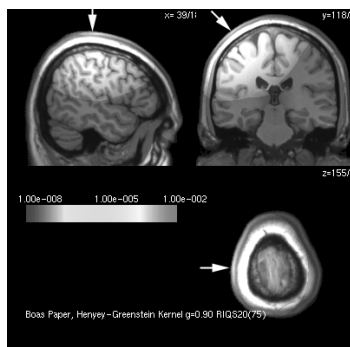


図 1 もちいた MRI と計算結果

表 1 計算時間の例

	従来法[1] (台形則)	提案法 ([2]の積分則)
プロセサ	Opteron6238 (2.5GHz)	Core i7-4770 (3.4GHz) GTX TITAN (GK110)
主メモリ	2GB / 1 プロセス	32GB / 1PC
Network	InfiniBand	オンボード GbE I217-V
未知数	287 億個	79.2 億個
計算時間	87 時間 (1024 プロセス)	17.4 時間 (PC 4 台)

## 参考文献

- 1) 藤原宏志 : 計算数理工学会論文集, Vol.12 (2012).
- 2) 藤原宏志 : 「球面上の回転不変な高精度数値積分則」 (in preparation).
- 3) G. Strangman, M. A. Franceschini and D. A. Boas : NeuroImage Vol.18 (2003).

## 呼吸困難と脳活動の関係—健常者と気管支喘息患者の比較—

近畿大学医学部呼吸器アレルギー内科

東本有司、杉谷竜司、福田寛二、東田有智

目的と背景:気管支喘息患者では呼吸困難時の脳活動が健常者に比して低下していることが報告されている。また、重積発作を経験した喘息患者では低酸素負荷や高炭酸ガス負荷に対する換気応答低下していることも報告されている(呼吸困難感知の低下)。しかし、気管支喘息患者における呼吸困難と脳活動の関連はほとんど検討できていない。そこで我々は気道過敏性検査時の呼吸困難と脳皮質活動の関係を検討した。

対象と方法:気管支喘息患者(気道過敏性陽性)13名と健常人6名を対象とした。前頭前野領域脳皮質の活動は、Near-infrared spectroscopy (NIRS)装置(光トポグラフィー:HITACHI WOT-100)を用いて計測した。脳皮質のoxy-Hb濃度の増加及びdeoxy-Hb濃度の低下を脳活動の活性化とした。呼吸困難はBorg scaleにて記録した。

結果:気管支喘息患者では前頭前野前頭極領域皮質の活性化とBorg scaleによる呼吸困難感とが相関がみられた( $r = 0.84$ ,  $p < 0.01$ ,  $n = 13$ )。ピーク時の呼吸困難は健常者に比べて喘息患者で強かったが、前頭前野皮質の活性化は喘息患者の方が有意に低値であった( $p < 0.05$ )。さらに、喘息患者では、喘息の罹患期間とピーク時の脳活動とに負の相関がみられた( $r = -0.663$ ,  $p < 0.05$ ,  $n = 13$ )。

結論:気管支喘息患者では気道過敏性検査時の呼吸困難に伴う脳皮質活動が低下しており、罹患期間に関連していることが示唆された。

西尾尚倫<sup>1)</sup> 笠井健治<sup>1)</sup> 下池まゆみ<sup>1)</sup> 市川忠<sup>2)</sup>

1)埼玉県総合リハビリテーションセンター 理学療法科  
【はじめに】

脳卒中患者において、注意機能障害は日常生活を阻害する一因子である。退院後の生活を見据えて注意機能障害に対して介入する事は重要であるが、前提となる注意機能の回復過程についての知見も十分ではない。そこで今回は注意機能および脳血流量の経時的変化をとらえることを目的とする。

#### 【方法】

対象は40歳代女性。右中大脳動脈部のくも膜下出血を発症、発症34病日に当センターに転入院。44病日より計測を開始した。なお、本研究は当センター倫理委員会より承認（承認番号；H25-2）を受け、対象者に対し書面にて説明し同意を得て実施した。

注意機能評価および脳血流量変化の計測は、当センター入院から退院するまでの約5ヶ月間、2週間ごとに実施した。また、その時点での日常生活動作能力を機能的自立度評価表（以下、FIM）にて評価した。

注意機能はPosition stroop testをパソコンモニターにて提示し、課題20秒-安静30秒を5セット実施し、その平均正当数（以下、正当数）で評価した。

脳血流量変化は光トポグラフィー(日立メディコETG-7100)を用い計測した。プローブは脳波における国際10-20法に基づき、前頭前野を中心に左右24chずつ設定した。ノイズおよびアーチファクトは除外処理を行い、ベースライン補正処理をセット毎に行った。課題開始7秒後から10秒間の酸素化ヘモグロビン変化量の平均値を算出し(以下 Oxy-Hb、単位 mMmm)、脳血流量変化の指標とした。またstroop testにて賦活するとされる前頭前野背外側のchの合計（以下、DLPFC）と他chの合計（以下、他領域）とに分けて検討した。解析にあたり、Swayneらの運動麻痺回復ステージ理論を参考に、皮質間ネットワークの再組織化のピークとされる発症から3ヶ月を境に入院前期および入院後期と定めて行った。統計解析は、独立変数を発症からの日数（以下、経過日数）、従属変数を

2)埼玉県総合リハビリテーションセンター 神経内科  
正当数、FIM合計点、左右のDLPFCおよび他領域のOxy-Hbとして、単回帰分析を行った。また、正当数、FIM合計、左右のDLPFCおよび他領域のOxy-Hbとの関連性を明らかにするためにspearmanの順位相関分析を行った。なお回帰分析および相関分析とも、Oxy-Hbについては5試行の平均値を代表値として用いた。加えて、左右のDLPFCおよび他領域については、課題に対する反応の有無を検出するため、正規性を確認後、対応のあるt検定を行った。なお、統計処理にはDr.SPSS2を用い、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

入院前期において、経過日数と正当数( $y=0.17x+18.95$   $R^2=0.76$   $p<0.05$ )およびFIM合計点( $y=0.62x+47.26$   $R^2=0.98$   $p<0.05$ )に有意な回帰式が得られたが、入院後期にはみられなかった。また入院前期において、正当数とFIM合計点にも相関がみられた( $r=0.85$   $p<0.05$ )が、入院後期にはみられなかった。脳血流量については左右DLPFCおよび他領域とも回帰式および相関は得られなかった。計測期間を通して、左右ともDLPFCの方が他領域と比べ課題に対し有意に反応した回数が多く(10回計測中右7回、左8回有意に反応。 $p<0.05$ )、また他領域では入院前期においてDLPFCと同調して有意に反応を示す回数が右側で多かった(5回計測中右3回、左0回有意に反応。 $p<0.05$ )。

#### 【考察】

入院前期において正当数が増加したことから、注意機能は発症後3ヶ月のうちに大きく改善すると考えられる。また注意機能向上には、関連領域であるDLPFCおよび損傷側の他領域の賦活が必要であることも示唆された。注意機能の変化とFIM合計点に相関がみられたことから、特に発症後3ヶ月の間に、脳の可塑性を考慮して注意機能に対し介入する事が、日常生活動作能力の向上の一助となると示唆された。

# 散瞳時光負荷におけるfNIRS 大脳賦活シグナルによる

## 羞明の定量化と皮膚血流外乱の影響

○熊谷 直也<sup>1)</sup>、鈴木 雅也<sup>1)</sup>、井上 正雄<sup>2)</sup>、小野 眞史<sup>3)</sup>

1) 東海光学株式会社、2) 株式会社島津製作所、3) 日本医科大学眼科

【目的】網膜色素変性症、緑内障、ドライアイ、眼瞼痙攣など複数の眼疾患の愁訴の1つに「羞明」がある。羞明は複数の異なる感覚系刺激によって生じる特異な愁訴であるが、その発現機構は明らかになっておらず他覚的評価は困難である。我々は健康人散瞳時光負荷瞬目制限タスクでの羞明時の眼不快を前頭葉賦活により計測可能であることを報告した<sup>1)</sup>。この前頭葉賦活は、羞明を伴う網膜色素変性、ドライアイ症例でも同様に生じ、異なる眼疾患においても羞明発生時の眼不快を前頭葉賦活として同様に計測できる可能性を報告した<sup>2), 3)</sup>。一方 Takahashi らはタスクによる前頭葉賦活に対する皮膚血流の外乱の影響が大きいことを報告している<sup>4)</sup>。本研究では全頭型 fNIRS を用い、光負荷瞬目制限タスク時の大脳賦活シグナルと皮膚血流の影響について検討した。

【方法】健康人(6名 34.7±10.9 歳,男:女=5:1)を対象とし実験 1 に 5 名、実験 2 に 4 名が参加した。過去の方法に準じ、散瞳光負荷(1000 lx)状態で、無色(99%)、青色光を減少させた黄色(CCP-LY, 透過率 70%)および灰色の眼鏡を装着させ、下方視、瞬目制限タスク(ブロックデザイン 30-60-60 秒)で、大脳賦活を LABNIRS(島津製作所)にて計測した。実験 1 では、前頭に横方向に 1.5cm 間隔とした 39CH を配置した。実験 2 では 3cm 間隔プローブを前頭に 22CH、後頭に 23CH 配置した。合わせて皮膚血流の計測のために 0.5cm 間隔のプローブを前頭部に 3カ所、後頭部に 1カ所設置した。また同時に羞明に関連する生体反応として、瞬目数、全身血流に関連する SpO<sub>2</sub>、脈拍、PI 値(Perfusion Index)を手指により計測し、主観評価(眩しさ、辛さ 10 段階)を実施した。

【結果】実験 1、実験 2 ともに散瞳時光負荷により前頭葉が賦活し、無色、灰色、黄色とレンズの青色光の透過率が減少するとともに賦活が減少し(図 1,  $p < 0.01$ )、この賦活量は瞬目率( $R^2 = 0.69$ )、主観評価(眩しさ  $R^2 = 0.78$  辛さ  $R^2 = 0.86$ )と高い相関を示した。実験 2 では被験者 1 名を除き 0.5cm 間隔 CH の oxy-Hb は隣接する 3cm 間隔 CH の oxy-Hb に比べて賦活が少なかった(図 2)。一方で同被験者では、0.5cm 間隔 CH が隣接する 3cm 間隔 CH と同様の挙動を示し、PI 値でタスクによる大きな変動が認められた。実験 2 の後頭部計測では、1 名で賦活を計測できたが、oxy-Hb が低下する例も認められた。

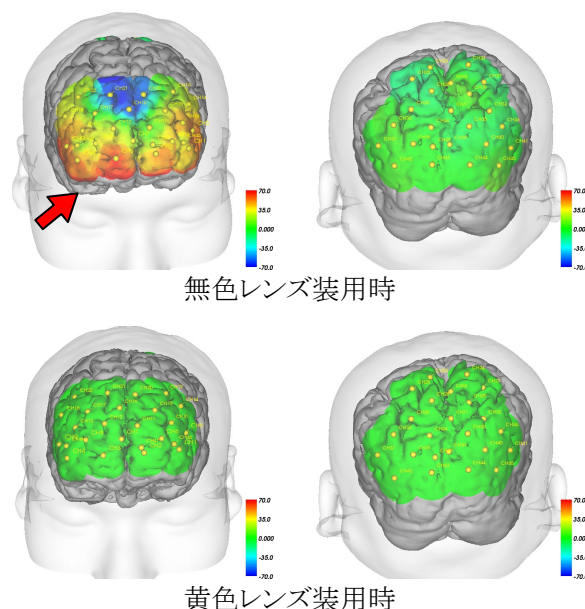


図 1. 代表被験者の散瞳光負荷時 oxy-Hb

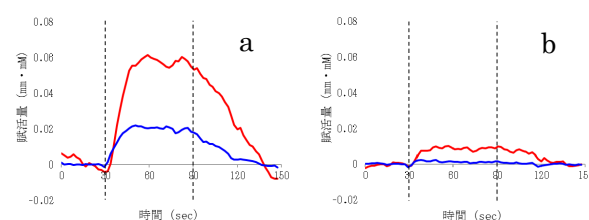


図 2. 散瞳光負荷の 3cm 間隔 CH(a)と隣接 0.5cm 間隔 CH(b)のグランドアベレージ波形

【考察】健康人散瞳時光負荷瞬目制限タスクでは、fNIRS において明らかな前頭葉賦活が認められ、また多くの被験者においてこの計測値での皮膚血流の影響は比較的小さいと考えられた。色調および青色光の光量変化による賦活量と瞬目率、主観評価が相関し、外乱の影響が少ないことから、羞明の他覚的計測において今回の条件による前頭葉計測方法が有用であることが示唆された。

### 【参考文献】

- 1) 小野眞史, 鈴木雅也, 中村響, 熊谷直也, 高橋浩, 日本角膜学会総会・日本角膜移植学会プログラム・抄録集, 37th-29th, 119, 2013.
- 2) 小野眞史, 鈴木雅也, 熊谷直也, 高橋浩, 日本眼科学会雑誌, 118, 267, 2014.
- 3) 藤田雅裕, 小野眞史, 鈴木雅也, 熊谷直也, 高橋浩, 日本角膜学会総会・日本角膜移植学会プログラム・抄録集, 38th-30th, 124, 2014.
- 4) Takahashi T, Takikawa Y, Kawagoe R, Shibuya S, Iwano T, Kitazawa S. Neuroimage, Aug 1;57(3), 991-1002, 2011.



## 視覚刺激と聴覚刺激に対する注意度合いと脳血流変化の検討

木村茜, 山本詩子, 横内久猛, 廣安知之

### 【目的】

脳機能マッピングの分野において、多くの実験は被験者の刺激に対する反応を観察することにより検討されている。しかし、様々な異なる課題では視覚刺激や聴覚刺激、または両方の刺激が使用され、同じ脳機能を計測する課題であっても、その反応は異なる可能性がある。また、注意の度合いは刺激によって異なり、その際の反応や脳の活動状態は大きく異なると考えられる。しかし、異なる感覚の相互作用やそれぞれの感覚に対する注意度合いによる脳の活性状態の違いは明らかになっていない。そこで本研究では、視覚刺激と聴覚刺激の2種類のGO/NOGO課題を同時に実施する。そして感覚情報への注意の度合いの変化と、その脳内表現の違いについて反応時間と脳血流変化を用いて検討する。

### 【方法】

本実験は、成人健常者11名に対し、functional Near-Infrared Spectroscopyを用いて、GO/NOGO課題を行う際の大脳皮質のヘモグロビン濃度変化量を測定する。そして、課題を10分間行い、視覚刺激と聴覚刺激それぞれに対する平均反応時間とその分散を注意の指標として、注意の度合いによる脳活動状態の違いを検討する。両刺激に対して最も反応が早いときと遅いときを比較し、有意に注意度合いが異なるとき、被験者全員において血流が有意に増加あるいは減少( $p < .05$ )した部位を注意関連部位として着目した。

### 【結果】

注意関連部位は前頭部の右下前頭回付近となった。注意度合いの変化と右下前頭回の脳血流変化量について検討した。視聴覚刺激両方に最も注意しているとき、聴覚刺激に比べ視覚刺激に注意しているとき、視覚刺激に比べ聴覚刺激に注意しているとき、両刺激に対して最も注意をしていないとき(低注意状態と呼ぶ)の4つの注意の度合いにおける脳血流を比較した。すると、上記の順に脳血流変化量が増加した。また、低注意状態における反応時間の分散値によって注意度合いを分類した。その結果、反応時間の分散値が小さいときに比べて、分散値が大きいときに右下前頭回の脳血流変化量が有意に増加した。

### 【結論】

本研究で得られた結果より、反応時間で注意の度合いを示すことができた。一般に、脳に入力される情報量の多い方がより脳は活性することが知られている。聴覚刺激より視覚刺激の方が課題の持つ情報量は多いため、注意が行われる際も視覚刺激に対して、より脳活動は増加すると考えられる。本実験においても、注意関連部位において情報量に対する注意の度合いが反映されたと考えられる。そして今後、反応時間の分散値を同時に考慮することで、より被験者の注意度合いを詳細に評価することができる可能性が示唆された。

# 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(その2) -光学特性が作業難易度評価に与える影響-

稲生 楽<sup>1</sup>, 澤井 浩子<sup>2</sup>, 小山 恵美<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 <sup>2</sup>京都工芸繊維大学 ベンチャーラボラトリー

## 1. 研究背景と目的

ヒトは、作業空間から多大な影響を受けている。この作業空間とは、光や温熱など、様々な要素によって構成され、特に、光環境がヒトに与える影響は大きい。しかし、光がヒトに与える影響についての全容はまだ明らかにされていない。そこで本研究では、近年急速に普及している LED 照明に着目し、照度や分光分布、励起光などの光学特性の違いがヒトに与える影響について生体信号を用いて評価することを目的とした。特に、同程度の作業を行う場合に、作業空間の光学特性がワーキングメモリ課題時の作業難易度評価に与える影響について生体信号と主観評価を用いて評価することを目的とした。

## 2. 実験方法

健康成人男性を対象とし、京都工芸繊維大学内の実験室において実験を実施した(図 1)。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, Oz, O1, O2 の 6ヶ所で計測した。NIRSは Fz を基準に前頭部と後頭部にそれぞれ 3×5 を 1ブロックずつ配置した(3×5×2, 44ch, 図 2)。

作業空間の光環境として、白熱電球・紫励起 LED(電球色と昼白色)・青励起 LED(電球色と昼白色)の全 5 条件を用いた(図 3は白熱電球と電球色 LED の相対分光分布, LED 光源は京セラ株式会社から提供を受けた)。実験は 2 日間に分け実施し、1 日に電球色相当 3 条件または昼白色 2 条件を実施した。さらに、光暴露時間は被験者間で統制し、照明入れ替え時はアイマスクを着用した。実験は暗室で行い、照明条件以外の要素を極力排除するよう実験を行った。

ワーキングメモリ<sup>(1)</sup>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、光環境 1 条件につき n=0, 3 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 7 インチ液晶タブレットを使用し、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、実験時間を考慮し 3 秒とし、課題の前後に開閉眼テストを行った。課題の順番は、0-back, 3-back の順に行った。課題は、室内を想定した模型内(L35cm×W35cm×H25cm, スチレンボードで作成)に液晶タブレットを設置し、模型内を覗きながら行った。顎台に顎を乗せ、頭部が動かないように姿勢を統一した。

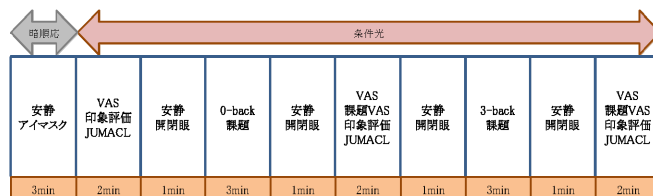


図 1. 実験の流れ (1 条件)

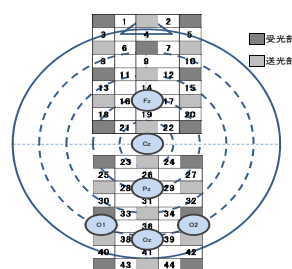


図 2. 電極配置

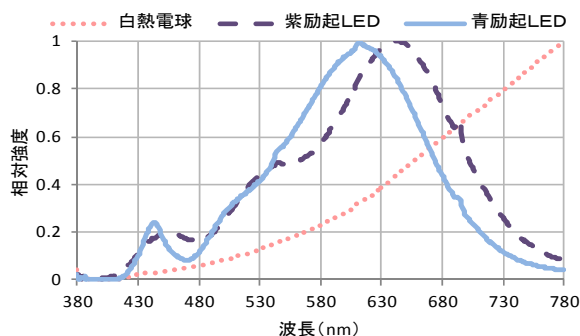


図 3. 相対分光分布

## 3. 解析

脳波計測データから、眼電位によるノイズを含む試行を除去後<sup>(2)</sup>、加算平均<sup>(3)</sup>し、事象関連電位 P300 を求めた。また、NIRSデータについても同様に、刺激呈示時の値を 0 にそろえ、変化量の平均値を求めた。生体信号と主観評価の観点から作業難易度を評価し、光学特性との関係を検討したので、その結果を報告する。

### 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

# 脳領域ごとのアライメントを取った NIRS データのグループ解析方法

小倉淳、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

近赤外分光法 (NIRS) のプローブの配置は通常、被験者間のずれが少なくなるよう脳波測定で用いられる国際 10-20 法を使って位置を決定することが多い。しかし、頭の大きさ・形・脳解剖の個人差により同一位置であるラベルがついたチャンネルでも被験者間で測定される脳領域が異なることはよく経験される。特に、ブローカ野と腹側運動野付近は比較的狭い領域に複数の領域が集まっており、国際 10-20 法だけでどのチャンネルが脳のどの部位に対応するかを決定することが難しく、被験者ごとに脳 MRI と対照して対応するチャンネルを選択する必要があり、NIRS ホルダの設置位置により、被験者によっては測定できていない脳領域も出てくる。そこで本研究では、脳領域ごとのアライメントを取ったグループ解析方法について検討した。

## 方法

右利き健常成人 10 名 (男女=3:7、平均年齢  $27.1 \pm 8.6$  歳) を対象とした。計測範囲はブローカ野および左運動野・運動前野が入るよう、 $3 \times 3$  の NIRS ホルダの下端が Fpz-T3 上、2,3 列目 (後頭部側) の中間が Cz-T3 上に来るように配置した。さらに、3cm 間隔で配置されるプローブの中央にプローブを追加し、各チャンネル間の距離が 1.5cm 間隔となるよう、合計 21 チャンネルを測定した。

ブローカ野・運動野・運動前野の応答をみるため発話課題を行った<sup>1,2)</sup>。ディスプレイ上に表示されたカタカナ単語 (刺激) を記憶した後、“+”が表示されたら覚えた単語を発話するという課題であり、1セッション 40 単語で構成され、全部で 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 3D プローブ位置計測システムによりプローブ位置の三次元座標の取得と MRI 撮像を行った。プローブの座標と MRI 画像を使って、NIRS-SPM により MNI 標準脳座標系に変換後、出力される Brodmann Area (BA) とチャンネルとの対応関係について、BA ごとに最も確率の高いチャンネルを各被験者に対して 1 つずつ選択した。

## 結果・考察

BA ごとに対応するチャンネルを検出した結果、対応するチャンネルのばらつきが大きい部分と半数程度一致する部分とがみられた。また、全被験者でエリアに対応するチャンネルを検出できている場合とそうでない場合とがあった (BA ごとにチャンネル検出数が異なった)。これは頭の大きさ・形による個人差および各 BA の面積の違いが影響しているものと考えられた。今回用いた発話課題は持続母、音高親密度単語、低親密度単語、無意味単語の順に発話 (構音) の難易度が上がっており、困難度に対応する脳領域があってもいいかも知れない。BA4 (運動野) については上記の単語種類の順に脳賦活が大きくなっていた。本方法はチャンネル検出数が異なる場合でも脳領域ごとに解析でき、BA に合わせた関心領域を設定し解析する際に有用と考えられる。

(参考文献)

- 1) 青木淳、Chu Shin Ying、越智景子、阿栄娜、森浩一: NIRS による発話時の脳賦活測定の試み. 第 16 回日本光脳機能イメージング学会. 2013, pp29.
- 2) 森浩一、蔡暢、岡崎俊太郎、岡田美苗: カタカナ単語読み上げの神経機構と発達性吃音成人の脳活動パタンの特徴. 音声研究. 17(2), 2013, pp29-44.

# 女子大学生のネット手芸の継続が認知機能に及ぼす影響 —脳血流変化を用いた検討—

藤本祐子<sup>1)</sup>, 橋本令子<sup>2)</sup>, 大森正子<sup>1)</sup>

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

手芸は高次で多面性を持つ手指運動であり、手芸を行うことで脳機能改善の効果が期待できる。

我々の先行研究により、中高年女性において約1週間のネット手芸制作により、視覚注意・視覚運動協調性が向上することが明らかになった<sup>1)</sup>。また、継続して手芸を行っている高齢女性は、日常的に手芸をしていない中年女性と同等の認知機能を維持しており、日々の趣味活動である手芸は、認知機能の維持に有効であることが示唆された<sup>2)</sup>。そこで、本研究では、日常的に手芸をしていない若年女性（女子大学生）が継続して手芸を行うことによる認知機能への影響を明らかにすることを目的とし、fNIRS（FOIRE-3000：島津製作所製）を用いて脳血流動態を計測した。

## 2. 実験方法

21歳の女子大学生15名が、ネット手芸を週に1回、1回90分間、12週間継続して行い、その前後で計測課題 Trail Making Test Parts A, B (TMT-A, B) と前頭葉機能テストを実施した。課題実施中の眼球運動 (EMR-9：ナックイメージテクノロジー社製) と脳血流動態を計測した。データは脳の神経活動と正の相関があると報告されている酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb) を分析の対象とした。oxy-Hb濃度長変化計測では、プローブは被験者の前頭部に専用ホルダー（両側の前頭を含む全62ch）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を3セット行い、その後、前頭葉機能テストを3セット行った。両テストとも順序効果を考慮しランダムに提示した。

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、課題実施時におけるTMT-A, Bの遂行時間および前頭葉機能テストの得点数と脳活動部位の関連を調べた。遂行時間と得点数はそれぞれ3回の結果を平均した。NIRSデータ分析では、タスク開始時間から10秒をカットし、各課題に関連した反応を抽出した。本研究は神戸女子大学ヒト研究倫理委員会で承認を得て実施した。なお、本報告では前頭葉機能テスト実施時におけるNIRS計測の結果について報告する。

## 3. 結果と考察

前頭葉機能テスト (全7問) は、長期記憶力 (1問)、短期記憶力 (2問)、干渉抑制能力 (1問)、計算能力 (1問)、空間認知能力 (1問)、手の運動能力 (1問) を問う問題からなり、主にDual-task遂行によるワーキングメモリを調べるテストである。oxy-Hb濃度長変化について調べた結果、全7問中、いずれの問題においても、手芸前と手芸後の比較においてoxy-Hb濃度長変化に有意差は認められたが、最も多くのchでoxy-Hbが増加したのは短期記憶問題回答中であり、次いで計算問題回答中、短期記憶問題記憶中、干渉抑制問題回答中の順であった。これらの問題で問う能力は、短期記憶力、計算能力、干渉抑制能力であり、回答に集中力を要する。oxy-Hb濃度長変化が大きかった部位を見ると、前頭部前方から中央にかけての集中に関連する部位であり、前頭葉機能テストで問う能力と合致する (図1)。この結果から、継続的に手芸を行うことにより、集中力が向上することが示唆された。また、本実験で用いた前頭葉機能テストの短期記憶問題はDual-taskとなっていることから継続的な手芸制作によりワーキングメモリが向上することが考えられる。

以上より、中高年者のみならず若年者においても、手芸制作は認知機能の維持・向上に有効であることが示唆された。

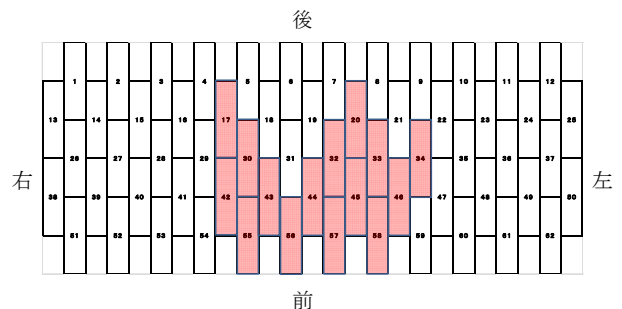


図1. 有意差のあるoxy-Hbの増加が大きかったch

## 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
  - 2) 藤本祐子, 森下友加里, 橋本令子, 大森正子：第16回日本光脳機能イメージング学会, 34, 2013
- ※本研究は科研費 (No. 24500912) による研究の一部である。

演題：NIRS を用いたニューロフィードバックによる脳卒中後上肢麻痺改善効果の検討

英題：NIRS mediated neurofeedback accelerates recovery of upper limb function after stroke

藤本宏明<sup>1)2)</sup> 三原雅史<sup>1)2)</sup> 服部憲明<sup>1)</sup> 畠中めぐみ<sup>1)</sup> 矢倉一<sup>1)</sup> 河野悌司<sup>1)</sup> 吉岡知美<sup>1)</sup> 長廻倫子<sup>1)</sup> 望月秀樹<sup>2)</sup> 宮井一郎<sup>1)</sup>

1) 森之宮病院 神経リハビリテーション研究部

2) 大阪大学 神経内科・脳卒中科

背景：脳活動をリアルタイムに解析・提示することで、脳活動をコントロールするニューロフィードバック(Neurofeedback: NF)は、脳損傷後の機能的回復につながる機能的再構成を誘導する新たな介入手法として注目されている。一般に、脳卒中後上肢運動麻痺は、急性期以降の回復は徐々におこり、3 カ月から 6 カ月にかけて回復曲線はなだらかになる。我々は近赤外分光法(NIRS)を用いた NF システム (*Mihara et al. PLoSOne 2012*) を開発し、運動想像と組み合わせることで脳卒中後上肢麻痺に対する機能改善効果 (*Mihara et al. Stroke 2013*) を報告している。今回、チャンネル数を簡素化した NF の効果に関して、個別例の検討をおこなった。

方法：対象は発症後  $114 \pm 27.5$  日経過した皮質下脳卒中後片麻痺患者 12 名(女性 6 名、年齢  $54.6 \pm 16.8$  歳)とした。通常リハビリテーションに加えて麻痺側上肢の運動想像を用いた運動前野(PM)活動の NF 訓練を 2 週間施行し、PM 周囲 8ch の簡易化した NF と以前の前頭側頭 50ch 配置で臨床効果を対比した。臨床評価として、Fugl-Meyer Assessment(FMA) スコアを NF 開始 1 ヶ月前・開始時・1 ヶ月後に測定した。

結果：上肢 FMA が NF 開始 1 ヶ月前から開始時までの改善値が  $3.0 \pm 0.9$  ( $23.3 \pm 2.4 \rightarrow 26.3 \pm 2.9$ ) に対し、開始後 1 ヶ月では  $4.8 \pm 1.0$  ( $26.3 \pm 2.9 \rightarrow 31.2 \pm 3.5$ ) の改善を認めた。感覚障害併存例でも臨床効果には差がなかった。8ch での簡易化 NF は以前までの 50ch での NF より装着時間が短くなったが、臨床効果には特に変化がなかった。一方、下肢 FMA には NF 前後での改善の促進は認めなかった。

結語：今回の簡易版では、装着時間が短くなることで患者がより課題に集中することができ、脳信号変化や手指機能の変化も通常版と同等であり、今後、より一般臨床への応用が容易になることが期待される。

## **Observation on the Effect of Acupoint Stimulation on Regional Cerebral Blood Flow Using Near-Infrared Spectroscopy Technology**

Wang Guifeng<sup>1</sup>, Ken Takagi<sup>2,4</sup>, Kaito Mizuno<sup>3</sup>, Yoshinori Sunami<sup>2</sup>, Guo Yi<sup>4</sup>, Nobuyuki Tanahashi<sup>2</sup>, Ko Nishimura<sup>3</sup>, Torao Ishida.<sup>1,2,3,4</sup>

(<sup>1</sup>Graduate School of Health Science, <sup>2</sup>Institute of Traditional Chinese Medicine, <sup>3</sup>Department of Acupuncture and Moxibustion Science, Suzuka University of Medical Science and <sup>4</sup>Tianjin University of TCM)

### **Abstract**

**Background:** Near-infrared Spectroscopy (NIRS) is a new technology for non-invasive monitoring of tissue oxygenation and haemodynamics. NIRS allow us to see dynamic changes in regional cerebral blood flow (rCBF) safely in real time. Recently, the relationship between acupuncture and regional cerebral blood flow was reported. We use the new brain function determination method, NIRS, to evaluate the effect of acupuncture on rCBF.

**Objectives:** To analyze the relationship between acupuncture and rCBF using NIRS.

**Methods:** 72 adult subjects (50 males and 22 females. Average age: 49.1±2.0 years) were divided into control group and acupuncture groups Kongzui (LU6), Sanyinjiao (SP6) and Zusanli (ST36). Verbal fluency tests and evaluation of rCBF were performed before and after acupuncture stimulation.

**Results:** Acupuncture stimulation on Sanyinjiao (SP6) or on Zusanli (ST36) balanced rCBF However, that on Kongzui (LU6) decreased rCBF.

**Discussion:** It is reported that acupuncture-like stimulation changes cortical CBF in rodent and destruction of Nucleus basalis of Meynert (NBM) reduces this effect. From our study, it may be concluded that electroacupuncture stimulation on Kongzui (LU6) decreases rCBF via the cholinergic nervous pathway arise from NBM.

**Conclusion:** Acupuncture stimulation on Kongzui (LU6) decreased rCBF.

## 半側空間無視を呈する症例への広視野角環境を用いた視覚課題の検討

### - 周辺視オプティカルフローと前頭頭頂システムの考察 -

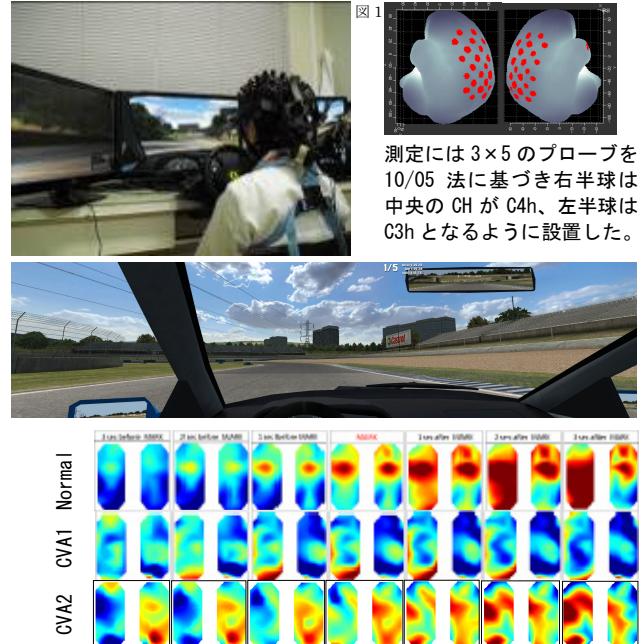
埼玉県総合リハビリテーションセンター  
作業療法科 赤間 公一 神経内科 市川 忠

#### はじめに

オプティカルフロー (OF) は空間認知に必要な多くの空間情報を含んでいる。今回は半側空間無視 (USN) を呈した脳卒中患者 (CVA) に対して、三画面による広視野角環境に流動的な Virtual Reality (VR) 空間を表示することで OF をボトムアップ刺激として表示し、その中から左側へ転回する手がかりを能動的に探索する過程を前頭頭頂システムがどのように反応しているかについて NIRS を用いて測定した。

#### 方法

測定は当センター倫理委員会の承認と被検者の同意を得た上で実施された。NIRS は日立メディコ社製 ETG-7100 を使用し、プローブを (図 1) の通りに設置した。測定は周辺視野への入力を強調するために 3 台のモニターで約 180 度の左右視野角を確保し、被験者はハンドルとアクセル操作によりサーキットコースを 5 周する課題を実施した。検者は各周回の同一コーナーにおいて、被験者が左側へ転回する直前の通過ラインに手動で MARK を測定機器に入力し、MARK 前後における oxy-Hb 値の変化を測定した。被験者は健常者 3 名、重度の USN を伴う CVA 患者 1 名であった。CVA 患者においては OT 訓練でコース周回課題を反復して実施し、周回課題訓練初期と 3 週間後の訓練後期を比較した。



#### 解析方法

被験者のデータに対してノイズおよびアーティファクトに対して除外処理を行った後、ベースラインを得るために MARK 前の 10 秒、MARK 後の 30 秒を使って 0 次補正処理および加算平均処理を実施した。

#### 結果

- 健常者は左コーナーの接近に伴い前頭葉の広い範囲に oxy-Hb の上昇が確認できる (図 Normal)。
- 訓練初期の CVA 患者は、左頭頂葉に局限した oxy-Hb の上昇が確認される以外は両半球の反応は低い (図 CVA1)。
- 訓練後期では前頭葉から頭頂葉にかけて oxy-Hb の上昇が確認された (図 CVA2)。
- 訓練後期では CVA 被験者は左側への転回がスムーズになり、日常場面での左側衝突は軽減した。

#### 考察

渡邊らによれば (1)、「周辺視野への OF 入力为中心視野の奥行順序判断の感度、しきい値の変化に対して影響を及ぼす」とされ、本課題設定において広視野角環境にて行うことを重要な要素とした。本訓練後期にスムーズに周回できるようになった背景には、課題中の左回りコーナーには左側へ転回するコース内側が手前、外側が奥になる特徴があり、周辺視野への OF 入力に伴い奥行知覚が賦活されたことにより左側に転回する手がかりへの気付きにつながった可能性があると考えた。

Corbetta らの報告によれば (2)、「前頭頭頂システムは脳の広範囲に及ぶ機能的ネットワークによって成り立っている」とされ、今回の訓練課題においては OF を伴う流動的なボトムアップ刺激を周辺視野から腹側ネットワークを賦活し、これによる中心視野の奥行知覚の向上により左側空間への手がかりを探索することによる背側ネットワークの賦活を誘導する課題としてシステム全体を賦活することを目的とした結果、訓練初期と後期では脳の賦活範囲に変化が生じていることが確認され、訓練後期では日常場面においても左側への衝突の減少が確認された。しかし、これだけでは左側への衝突減少が課題の工夫による効果としては断定できず、今後は被験者数を増やし Eyemark Recorder のような定量的評価と同時に課題を実施し、その効果を検証する必要があると考える。

#### まとめ

USN を呈する症例に対する視覚提示課題において前頭頭頂ネットワークを賦活させるためには、腹側・背側ネットワークの両方を賦活させる課題が有効である可能性があり、その訓練課題として広視野角環境における VR 空間を利用したサーキット周回課題を提案した。VR 課題は体動の影響を最小限に抑え、多様な視覚課題を提示することが可能であり、NIRS との相性は非常に良いと考えられる。今後はより多くの半側空間無視を伴う症例を測定し、訓練課題の効果をより慎重に検討するため、Eyemark Recorder のような定量的評価と併せて行う必要がある。

#### 引用文献

- (1) 渡邊 洋: 周辺視オプティカルフローと中心視奥行知覚のインタラクション 電子情報通信学会論文誌 2001/5 Vol. J-84-D-I No. 5 p491-500
- (2) Maurizio Corbetta et al.: Breakdown of Functional Connectivity in Frontoparietal Networks Underlies Behavioral Deficits in Spatial Neglect. Neuron. 2007; 53: 905-918.

## 発達障害の治療を目的とした NIRS-BCI システムの開発

中村のぞみ<sup>(1)</sup> 柳澤一機<sup>(2)</sup> 綱島均<sup>(2)</sup>

(1)日本大学大学院生産工学研究科 (2)日本大学生産工学部

**【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呈示することで、使用者は自身の脳活動の状態を把握し、訓練を通じて脳活動を随意制御する技法である。NF を用いた先行研究として、近赤外分光法(Near-Infrared Spectroscopy)を用いた NF システムの開発やそれを用いた NF トレーニングの実験<sup>1)</sup>が行われている。また近年、発達障害の 1 つにあたる自閉症スペクトラム者の前頭前野背外側部における脳活動が健常者と比べ非同期的であることが知られており<sup>2)</sup>、この NF トレーニングを用いることで脳活動の制御が可能となれば発達障害者の治療として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方法では視覚刺激が単調で訓練意欲が持続しないという問題点があり、使用者の訓練意欲が持続できるトレーニング方法が求められている。

そこで、本研究では発達障害などの使用者が持続してトレーニングを行ってもらうために、様々な機器を制御することができる NIRS-BCI システムの開発を行う。

**【NIRS-BCI システム】** 図 1 に NIRS-BCI システムの概要を示す。まず小型で使用者の負担が少ない DynaSense 製の PocketNIRS を用いて使用者の前頭前野左右 2ch の oxy-Hb を測定する。測定した oxy-Hb 信号は無線通信の 1 つである Bluetooth により計測・解析用 PC の計測ソフトに転送される。その後、仮想ポートを利用して数値解析ソフトである MATLAB で作成した脳活動解析アプリケーションへと転送され、リアルタイムにノイズ除去などの解析が行われる。解析後の oxy-Hb 信号から脳活動レベルの判定を行い、その判定に応じて機器を制御することが可能となる。本研究では、(i)脳活動レベルが高いほど速く走るスロットカー(KYOSHO 製 Dslot43)と、(ii)脳活動レベル状態から気球を上下させ障害物を回避するゲームを製作した。各制御命令は脳活動解析アプリケーション同様に MATLAB にて作成し、制御命令を各専用の無線機にて伝達することで制御を行うことができる。

**【結果及びまとめ】** 本研究では、発達障害などの使用者が持続してトレーニングを行えるように、様々な機器を制御することができる NIRS-BCI システムの開発を行った。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スロットカーとゲームの制御を行った。その結果、脳活動情報に基づいて各制御機器を動作させることができた。また、ASD 者を対象にスロットカーを用いた NF トレーニングを行ったところ、意欲的にトレーニングを行えることを確認した。

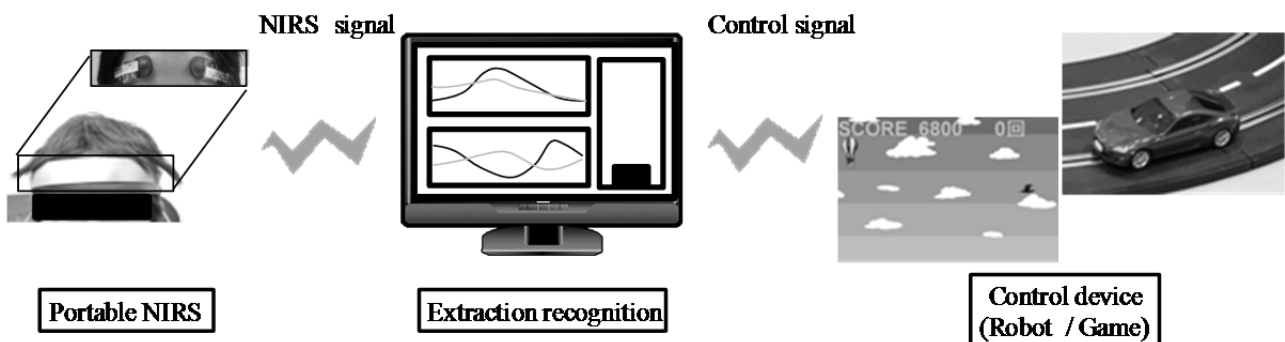


Fig.1 NIRS-BCI system

### 参考文献

- 1) 柳澤 一機 他, NIRS 信号の特徴平面による評価手法の提案, 第 4 回 NU-Brain シンポジウム, 2013
- 2) Naoko Narita et al, Impaired prefrontal cortical response by switching stimuli in autism spectrum disorders, Journal of Pediatric Neurology, Vol.10, 2012, pp.87-94



## 脳血流変化を用いた訓練に伴う技能習得における習熟度変化の検討

早川温子, 山本詩子, 横内久猛, 廣安知之

【はじめに】技能を習得するためには、理解と習熟の2段階があり、特に手術等の人の命に直接関わる技能は習熟段階に達していることが必須である。現在、習熟の評価には、課題成績を用いているが、これだけでは明確な習熟度判断は不可能である。そのため、習熟度を客観的に判断するために課題成績以外の指標が必要である。そこで、本研究では一ヶ月に渡って継続的に実験を行い、生理的指標を用いて習熟段階までの過程を検討する。本研究の目的は生体情報を用いた客観的な習熟度評価方法の確立である。

【方法】訓練の進展による習熟度の変化及び習熟度判定のための脳血流変化を利用した指標の検討を行うために、個人ごとに能力差の見られる立体視を訓練課題として実験を行った。立体視には、ひらがな一文字が知覚可能なステレオグラムを使用した。また、立体視の不得意な被験者に対し、4週間毎日訓練を行うよう指示し、訓練に伴う習熟度の変化を観察するために週に1回fNIRS (functional near infrared spectroscopy) で脳血流変化を計測した。男性健常者1名、女性健常者4名を被験者とし、計測には日立メディコ製のfNIRS, ETG-7100を使用した。10-20法に準拠し、両側頭部、後頭部、頭頂部、前頭部に計測プローブを配置した。実験は、最初に30秒間安静状態を保ちながら注視と発話を行う。次に60秒間の課題時間に立体視を行う。課題は2秒の注視の画面と最長10秒間表示されるステレオグラムの画面で構成されており、この2画面が繰り返し表示される。ステレオグラムの画面では、発話での回答後、次の画面へ進めるように設定した。最後に安静の時間を50秒間設け、最初の安静時と同様のことを行う。

【結果と考察】課題成績、回答時間、脳血流変化について検討を行った。第一に、課題成績は1分間に立体視出来た画像枚数で評価し、週を追うごとに成績が上昇した被験者は課題に対して習熟していることが分かった。そして、課題成績の上昇の仕方により、2グループに分類した。第二に回答時間について検討した。回答時間と課題成績の相関係数を算出したところ、週を追うごとに成績が上昇した被験者においては、高い負の相関を示した。この結果からも被験者は週を追うごとに課題に対し習熟していることが確認出来た。最後に脳血流変化について検討した。結果を検討する上で、「課題成績が上昇するにつれて、脳血流変化も増加する。一方で、課題成績が定常状態になるにつれて、脳血流変化が減少する」という仮説を立てた。また、取得したfNIRSの時系列データに対し、Z-scoreを使用して正規化を行った。このデータから、週ごとに積分値を算出し線形補間を行った。このグラフの波形により部位を分類した。その結果、課題成績が右上がりの被験者群では、グラフの波形が上昇傾向であり、また、課題成績が定常状態に達した被験者では、グラフの波形は減少傾向となった。

【結論】これらの結果より、課題成績の上昇の仕方と脳血流変化には関係性があることが示唆された。

## 水分嚥下時の増粘剤の有無による前頭葉領域脳血流の変化

篠崎 真衣子<sup>1)</sup>、坂藤 嘉晃<sup>1)</sup>、市川 忠<sup>2)</sup>

1) 埼玉県総合リハビリテーションセンター 言語聴覚科 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】摂食・嚥下障害者が水分嚥下をする際、誤嚥の防止として増粘剤を用いることがある。増粘剤をつける目的の一つは、口腔から咽頭までの移動速度が、増粘剤なしの水分との比較で低下するために、喉頭の奉上範囲や筋力の低下があったとしても水分が気道に入りにくくなることである。今回、増粘剤が有効である理由は、水分の移動速度の低下に加え、慣れない食感のために通常の水分に比べて嚥下運動の随意性が増すことにあるのではないかと仮定を、前頭葉領域の脳血流変化として検討をした。

【方法と手続き】本研究は埼玉県総合リハビリテーションセンター倫理委員会規約に則り行った。健常者 10 名（成人 20～50 代の男性 7 名、女性 3 名）を対象とした。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）を用いた。酸化ヘモグロビン値（oxy-Hb）の変化量を計測した。プローブ装着は、国際 10-20 法を参考に、水平方向に 4×4 のプローブホルダ 2 つ（左右それぞれ 24 チャンネル）を両側の前頭葉を覆うように配置した。測定部位は鼻根から 20mm 上にプローブホルダの最下部がくるようにした。プローブ間距離は 30mm であった。測定方法は、濃いところみ程度の増粘剤つき水分を、シリンジにつないだチューブより口腔内に 10cc ずつ注入し、いったん口腔内に保持させて、検査者の口頭による指示で嚥下させた。チューブは口腔内に保持したまま、嚥下動作を 5 回繰り返した。水分の口腔内への注入（約 5 秒）から嚥下終了後の約 10 秒間までの 15 秒をタスクとし、嚥下後に 30 秒のレストを設けた。5 回の嚥下動作後に 3 分程度の休憩をはさみ、増粘剤なし水分についても同様に実施した。増粘剤有無の施行順については、被験者間でランダムとした。水分の条件は、室温 22 度程度に保った市販の緑茶を使用した。増粘剤は、粘度が安定しやすい液体のスルーソフトリキッド（キッセイ薬品工業株式会社）を使用した。増粘剤の粘度は、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会による学会分類 2013（とろみ）<sup>1)</sup>を参考とした。

【解析方法】タスク直前 5 秒とタスク終了後 20-25 秒の間を使って一次補正処理を行い、5 回分のタスクについて加算平均処理を行った。その値を用いて、「増粘剤つき水

分」タスクから「増粘剤なし水分」タスクを減算し、両タスク間の変化量とした。

【結果】被験者 10 名中、7 名で「増粘剤つき水分」で oxy-Hb の増加が有意に認められた ( $t < 0.05$ ) (図)。有意差の認められたチャンネルを抽出すると、特に上前頭回から中前頭回にかけて反応していた。左右を比較すると、右側で有意差の認められたチャンネルが多かった。なお、右側のプローブ I 内での右側 2 列・左側のプローブ II 内での左側 2 列については、それぞれ側頭筋、一次運動野の血流変化を測定している可能性が考えられた。

【考察】安達(2009)<sup>2)</sup>の、MEG を用いた粘性の有無による嚥下中枢への影響を検討した研究では、大脳皮質嚥下関連領域の嚥下の中枢内脳活動においては、粘性はあまり影響を及ぼさないことが推測されたという結果が報告されている。しかし、今回の研究では、通常の水分である「増粘剤なし水分」に比し、「増粘剤つき水分」の嚥下は、前頭葉領域での脳の賦活が得られる可能性が示唆された。理由として、増粘剤をつけることで、水分が飲み慣れたものと異なる性状となり、嚥下の随意性が高まったためであると考えられる。つまり、増粘剤が誤嚥防止に有効である理由は、水分の移動速度の低下に加えて、性状の変化が嚥下に対する注意を喚起させることになり、誤嚥のリスクを低下させることになると考えられた。

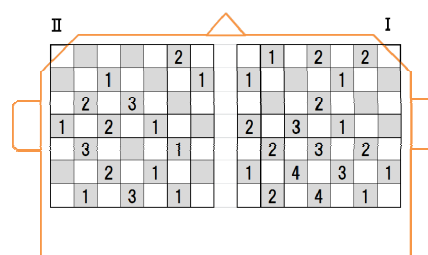


図 「増粘剤つき水分」で oxy-Hb の増加が有意に認められたチャンネルの個数

### 【参考文献】

- 1) 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会：日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類 2013, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌, 17(3), p255-267, 2013
- 2) 安達一雄：中枢からみた嚥下機能および食形態の検討, 浦上財団研究報告, vol.17, 2009

# コーチングによるイメージ想起時の大脳賦活シグナルの検出

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

1) 日本医科大学眼科 2) 東海光学株式会社

【目的】コーチングは人材開発のための技法で「目標達成のために必要な行動変容をサポートするコミュニケーション」とされる<sup>1)</sup>。また閉瞼での電話によるコーチングは、ヒトの行動変容に関与する外部からの影響を、音声のみの入出力にすることにより視覚等他の因子を排除し、音声と同時に脳機能計測が可能であるといった、対象としての優位性がある<sup>2,3)</sup>。一方TakahashiらによるfNIRS計測時の皮膚血流外乱も報告されている<sup>4)</sup>。今回我々はコーチング時の大脳賦活計測の有用性および外乱の影響につき検討した。

【方法】コーチングを日常的に行っている認定資格を有する1組のペア（コーチおよびクライアント）の電話によるコーチングセッション（30分）を対象とした。条件設定のための事前の予備実験の後、セッションを行い内容の記録（コーチ）および大脳賦活計測（クライアント）を施行した。

大脳賦活はfNIRS(LABNIRS、島津製作所)にて計測し、熊谷らの発表と同様に、3cm間隔プローブを前頭に22CH、後頭に23CH配置し同時に皮膚血流の計測のために0.5cm間隔のプローブを前頭部に3カ所、後頭部に1カ所設置した<sup>5)</sup>。

賦活計測時、外部からの音声以外の感覚情報の外乱を避けるためにクライアントは暗室、閉瞼、同じ姿勢での電話コーチングという条件で、加えて自律神経系の評価のために第二指でパルスオキシメータによりSpO<sub>2</sub>、脈拍、PI値（Perfusion Index、末梢灌流の定量的指標）の計測を行った。時間管理はコーチが行い、1)プローブ設置、条件設定、2)1分間沈黙、3)コーチング30分間、4)1分間沈黙、5)終了の順でセッションを行った。

【結果】図1はコーチング開始時、図2はコーチング開始20分45秒、コーチのイメージを問いかける質問の後に生じた脳賦活を示す。クライアントの具体的な課題の実現の為にどのような行動をとるかというビジョンイメージを必要とする問いかけの後に右後頭葉視覚野の賦活が認められた。このとき、前頭、後頭の皮膚血流用CHのoxy-Hb上昇、脈拍、PI値の変化は認められなかった。この後頭葉の賦活化に分単位で遅れたPI値の上昇が認められた。

【考察】本例は暗室、閉瞼、体動なしの条件でのコーチングセッションで、視覚情報入力はない状態であったが、被験者がイメージを想起している前後で視覚野に相当する後頭葉の賦活シグナルの検出が可能であった。これは本計測方法により少なくともイメージ想起の大脳の活動を客観的に観察できることが示され、fNIRSの、より日常的な条件における想起等心象に関連する脳活動計測の有用性が示唆された。

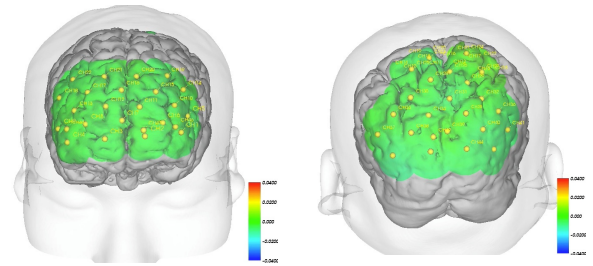


図1：コーチング前の暗室、閉瞼、姿勢固定後47秒、無言時の前頭部、後頭部fNIRS(oxy-Hb)画像

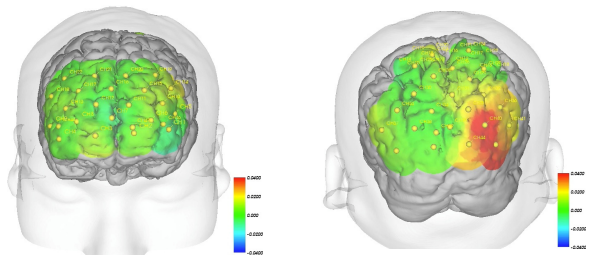


図2：コーチング開始20分45秒、暗室、閉瞼、姿勢固定でのコーチング中の前頭部、後頭部fNIRS(oxy-Hb)画像。ビジョンイメージを必要とする問いかけ後の反応。右後頭葉視覚野の賦活が認められた。

## 【参考文献】

- 1) 小野眞史: メディカルコーチング-医療コミュニケーションの新たな技法と医療安全-病院 2013(72)976-981
- 2) Shiraki Y, Ono M, Ide K: Voice Activity Degree Analysis in Telephone Coaching pp.39-46, IADIS2012 (Lisbon), 2012.07.22
- 3) 小野眞史: ヒトの創造過程における気づきの作用点と効果 科学研究費助成事業 研究成果報告書 2012-2013 課題番号:24650112
- 4) Takahashi T, Takikawa Y, Kawagoe R, Shibuya S, Iwano T, Kitazawa S.: Influence of skin blood flow on near-infrared spectroscopy signals measured on the forehead during a verbal fluency task. Neuroimage 2011 Aug 1;57(3):991-1002.
- 5) 熊谷直也、鈴木雅也、井上正雄、小野眞史: 散瞳時光負荷におけるfNIRS 大脳賦活シグナルによる羞明の定量化と皮膚血流外乱の影響 第17回脳機能イメージング学会 2014 東京

科学研究費助成事業 課題番号:24650112

# 認知症患者を対象とした前頭葉課題の違いによる脳血流動態の変化

高橋 真悟<sup>1)</sup>、吉澤 成美<sup>2)</sup>、児玉 直樹<sup>2)</sup>、小杉 尚子<sup>3)</sup>、竹内 裕之<sup>2)</sup>

1) 高崎健康福祉大学大学院健康福祉学研究科、2) 高崎健康福祉大学医療情報学科

3) NTT コミュニケーション科学基礎研究所

Shingo Takahashi<sup>1)</sup>, Narumi Yosizawa<sup>2)</sup>, Naoki Kodama<sup>2)</sup>, Naoko Kosugi<sup>3)</sup>, Hiroshi Takeuchi<sup>2)</sup>

1,2) Takasaki University of Health and Welfare, 3) NTT Communication Science Laboratories

【目的】 認知症患者数は増加の一途をたどっており、今後も増加していくことが予想されている。今後、認知症患者の脳機能に対する簡便な計測法と評価法が必要である。現在、NIRS は幅広い分野で研究が行われており、計測時における課題についてもさまざまな課題が使用されている。認知症患者を対象とした研究においても、言語流暢性課題や後出し負けじゃんけんなど多種多様な課題が用いられている。本研究では、カテゴリー流暢性課題、立方体模写課題、ストループ課題を用いて、認知症患者における脳血流を計測し比較検討を行ったので報告する。

【方法】 本研究の対象は認知症患者、健常若年者とした。カテゴリー流暢性課題は認知症患者 50 名（男性 12 名、女性 38 名、平均年齢 83.3±6.7、MMSE0~22）、健常若年者 21 名（男性 11 名、女性 10 名、平均年齢 21.0±1.4 歳）、立方体模写課題は認知症患者 50 名（男性 11 名、女性 39 名、平均年齢 82.4±6.6、MMSE0~22）、健常若年者 20 名（男性 11 名、女性 9 名）、ストループ課題は認知症患者 43 名（男性 7 名、女性 36 名、年齢 82.7±6.6 歳、MMSE 1-23）、健常若年者 19 名（男性 12 名、女性 7 名、年齢 21.5±0.7 歳）である。本研究では日立製作所製の頭部近赤外光計測装置 (HOT121B) を用いて計測を行った。なお、計測部位は前頭前野とした。課題の計測プロトコルは、0~30 秒を統制条件課題、30~60 秒を課題（カテゴリー流暢性課題、立方体模写課題、ストループ課題）とし、60~90 秒を再度統

制条件課題とした。

【結果】 認知症患者においては統制条件課題と課題（カテゴリー流暢性課題、立方体模写課題、ストループ課題）の脳血流に有意な差は認められなかった。健常若年者においては、カテゴリー流暢性課題（Fp1）、立方体模写課題（Fp1、Fp2）で統制条件課題に比べ有意な脳血流増加が認められたが、ストループ課題においては有意な差は認められなかった。脳血流増加量についてはカテゴリー流暢性課題において認知症患者と健常若年者に有意な差が認められたが、立方体模写課題、ストループ課題においては認知症患者と健常若年者に有意な差は認められなかった。

【考察】 認知症患者の脳血流が増加しなかったことから、認知症患者についてはどの課題についても有意な増加がみられないものと考えられる。健常若年者においてはカテゴリー流暢性課題と立方体模写課題において脳を賦活させるものと考えられる。脳血流増加量においてカテゴリー流暢性課題のみ認知症患者と健常若年者に有意な差が認められたことから、近赤外光計測を用いて認知症スクリーニングする際には、カテゴリー流暢性課題が有効であることが示唆された。立方体模写課題については、書く動作が血流に影響を及ぼしているものと考えられる。今後、他の課題について検討する必要がある。

【倫理的配慮】 対象者もしくはその代託者に対して、事前に本研究の内容と方法について説明し、研究の承諾を得た。

# フェイシャルマッサージ時における脳血流動態の加齢変化と脳血流変動を伴うマッサージ手技の開発

川口屋幸<sup>1)</sup>、新垣健太<sup>1)</sup>、手塚雅美<sup>2)</sup>、田中有里<sup>2)</sup>、成川右子<sup>2)</sup>、鳥居宏右<sup>1)</sup>

1) 株式会社ノエビア グループ総合研究開発部、2) 株式会社ノエビア 美容教育部

## 【背景】

加齢に伴い低下する認知や判断に関する脳機能変化はQOL (Quality of life)を低下させることから予防改善策が求められている。先行研究において、認知機能の低下と認知課題時における脳血流変動の減弱との関連性が報告されており、脳活動を高める認知課題の有用性が報告されている。一方、認知症高齢者に対する身体マッサージの知的・感情機能維持効果<sup>1)</sup>やフェイシャルマッサージ(以下、マッサージ)のストレス緩和・自律神経調節作用が報告されているものの、マッサージ時の脳血流動態に関する報告は少ない。マッサージは心理生理学的効果を有することから脳活動を高める効果が期待でき、脳血流変動を伴うマッサージは脳機能低下予防に有用であると考え、その可能性について検討した。

## 【目的】

本研究は、マッサージ時における加齢やマッサージ手技が脳血流動態に与える影響を明らかにし、脳血流変動を伴うマッサージ手技を開発することを目的とした。

## 【方法】

本実験では、functional near-infrared spectroscopy (fNIRS、島津製作所社製)を用いて前頭前野の脳血流変化を計測し、酸素化ヘモグロビン(以下、oxy-Hb)を解析した。20代12名および60代7名の健常な右利き女性を対象とし、皮膚表層をさするマッサージ(以下、さするM)および計算課題時のoxy-Hb変化を解析し、加齢による影響を調べた。また、マッサージ手技による影響の違いを検討するため、20代から40代の健常な右利き女性を対象とし、さするM、筋肉をのぼすマッサージ(以下、のぼすM)、経穴をおすマッサージ(以下、おすM)、一定リズムでたたくマッサージ(以下、たたくM)、リズムカルにつまむマッサージ(以下、つまむM)中のoxy-Hb変化を解析した。セルフマッサージによる自律神経活動への影響を評価するため、20代から30代の健常な右利き女性6名を対象とし、マッサージ前後に心拍変動を計測した。主観的評価としてリラックス、満足など快適感に関する5項目のアンケートを実施した。

## 【結果・考察】

### 加齢による脳血流動態の変化

Oxy-Hbは若齢群・高齢群ともに計算課題により有意に上昇し、マッサージにより有意に低下した。また、若齢群と比較して高齢群のoxy-Hb変化は計算課題、マッサージともに有意に小さかった。加齢により計算課題時のoxy-Hb変化が減弱する結果は先行研究と一致しており<sup>2)</sup>、マッサージ時も同様の影響を受けることが示された。

### 脳血流変動を伴うマッサージ手技の開発

Oxy-Hbは、さするMにより低下し、のぼすMにより上

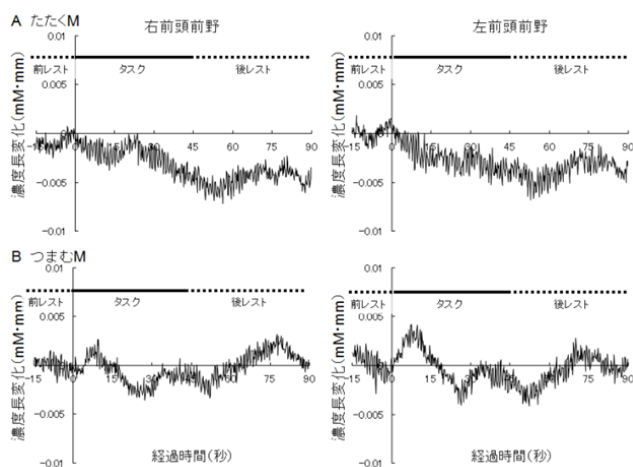


図1 たたくM、さするM時のoxy-Hb変化

昇したが、おすMによる変化はほとんど示されなかった。また、たたくMにより低下し(図1A)、つまむMにより上下に変動した(図1B)。次に、手技の組み合わせによる影響をのぼすMとさするMを対象に評価した。のぼすM-さするMの組み合わせは、のぼすMやさするM単独、さするM-のぼすMと比較して大きな脳血流変動を示した。以上の結果より、手技や組み合わせにより異なる脳血流変動を示すことを明らかにし、変動を伴うマッサージ手技は脳活動に影響を与える可能性を示した。

### セルフマッサージによる心理生理学的効果

従来のスキンケア法に脳血流変動を伴うマッサージを組み合わせた新たなセルフマッサージ法(化粧水→のぼすM→乳液→さするM→クリーム→リズムカルなたたくM→さするM)を開発し、自律神経活動への影響を検討した。その結果、副交感神経の指標であるHF/Totalの有意な減少と、交感神経の指標であるLF/HFの上昇傾向が認められ、アンケートにおいて満足感のスコアが有意に上昇した。マッサージによりLF/HFが上昇する結果は先行研究と一致しており、心理状態の改善が自律神経活動に影響したと考えられる。

### 【まとめ】

マッサージ時の脳血流変動が加齢により減弱することを示した。また、手技や組み合わせによる脳血流変動の違いを示し、変動の大きさを指標として新たなセルフマッサージ法を開発した。さらに、セルフマッサージの自律神経活動への影響や心理状態の改善効果を示した。以上の結果から脳活動を高めるアプローチとしてセルフマッサージは有用であると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) Suzuki M, Tatsumi A, Otsuka T *et al.*, *Am J Alzheimers Dis Other Demen.*, **25**, 680-6 (2010)
- 2) Sakatani K, Tanida M, Katsuyama M *et al.*, *Adv Exp Med Biol.*, **662**, 473-8 (2010)

## リーディングスパンテストの高成績者と低成績者によるワーキングメモリの検討

真島希実, 山本詩子, 横内久猛, 廣安知之

**【目的】** ワーキングメモリは容量に制限や個人差があるとされているが、トレーニングにより容量を増加させることで作業効率の向上が期待される。これより、ワーキングメモリ容量を増加させようとする研究が多くなされている。しかし、脳機能と関連した評価方法は確立されておらず、自身のワーキングメモリの状態を知ることは困難である。そこで、fNIRS(functional near-infrared spectroscopy)を用いてワーキングメモリと脳機能の関係について検討した。今回は基礎研究として言語性ワーキングメモリ課題である RST(Reading Span Test)の成績により、ワーキングメモリ容量と脳血流量変化の関係を調査した。

**【方法】** 女性健常者 20 名に対して、RST を 5 回行った時の脳血流量変化を測定した。着目部位は Baddeley のモデルを参考に中央実行系があるとされる前頭前野背外側部(DLPFC)と音韻ループがあるとされるブローカ野、ウェルニッケ野に設定した。RST は保持できた単語数で評価され、成績が良いほどワーキングメモリ容量も大きいとされる。成績の高い 4 名を High 群、成績の低い 4 名を Low 群とし、脳血流量変化の群間比較を行った。

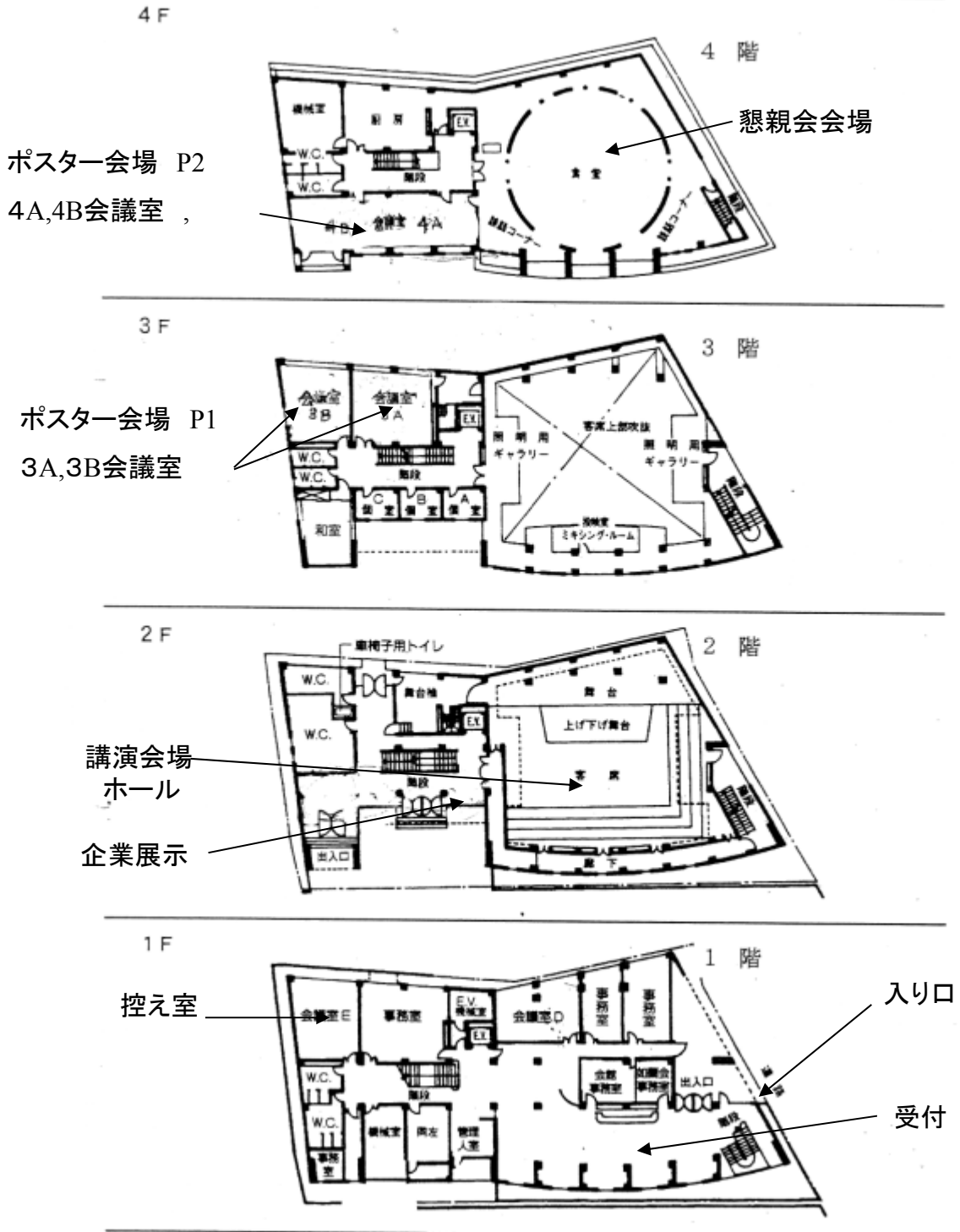
**【結果】** ワーキングメモリのモデルで中心となる DLPFC の働きの違いを検討するため、タスクに対する血流動体関数を作成し、High-Low 群間で比較を行った。その結果、High 群では Low 群と比較して関数と DLPFC で有意に高い相関が得られた。また、DLPFC の命令で働くブローカ野とウェルニッケ野の関連について比較したところ、High 群では DLPFC とブローカ野、DLPFC とウェルニッケ野で高い相関を示した。それに対して Low 群では、DLPFC とウェルニッケ野では高い相関を示したものの、DLPFC とブローカ野の相関は High 群に対して有意に低かった。

**【考察】** DLPFC が注意の制御を行う部位であるならば、課題中にのみ活性化すると考えられる。血流動体関数と DLPFC の血流量変化の相関が高いことから、High 群では課題中に必要な注意の制御を行うことが出来たと考えられる。また、High 群は DLPFC とブローカ野、ウェルニッケ野で高い相関を示し、ワーキングメモリのモデルに対応する各部位が活性化していたと考えられる。それに対して Low 群は、DLPFC とウェルニッケ野の相関は高かったが、血流動体関数と DLPFC の血流量変化の相関は低く、注意の制御はできていなかったと考えられる。さらに、DLPFC とブローカ野の相関は低く、情報の更新をできていない可能性が考えられる。

**【結論】** High 群においては、ワーキングメモリの中心となる DLPFC が注意の制御を行うことができたと考えられる。また課題を遂行するためには DLPFC の活性とブローカ野が同調して活性化することが重要であると考えられる。(1033)

第17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)



## 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。

