

認知的課題及び生理的課題遂行時における 自律神経機能の脳血流への影響

—マルチモーダルNIRSを用いた研究—

京都大学医学部人間健康科学科

精山明敏*

広島文化学園大学看護学部看護学科

宝田慶子*

* These authors contributed equally to this work.

要約

近赤外分光法 (Near Infrared Spectroscopy: NIRS) は生体透過性の高い近赤外線領域の光を用いたヒト脳活動計測法で、近年、精神科領域では疾患の鑑別補助検査法として用いられている。産婦人科・小児科領域では胎児や新生児の脳血流モニタなどへの導入が進められている他、無侵襲かつ簡易な装置であることから成人女性特有の疾患の解明への応用も期待されている。一方で、本装置は頭皮上に照射・受光プローブを置き、頭蓋内にある脳皮質からの散乱反射光をもとに脳血流変化を測定しているため、頭皮血流の影響や自律神経機能の変化にともなう脈波や呼吸変動がNIRS信号に及ぼす影響について懸案されている。

そこで、本研究では、脈波や呼吸変動と脳血流変化の同時測定が可能なマルチモーダルNIRSシステムを構築し、認知的課題 (逆さマウス) 及び生理的課題 (氷水刺激) 遂行時のヒト脳機能計測を行い、脳血流変化を反映するとされるNIRS信号に及ぼす自律神経機能の影響について多変量自己回帰モデルを用いて検討するとともに、男女でその影響がどのように異なるかを調べた。

キーワード：近赤外分光法 (NIRS)、脳賦活検査、自律神経、多変量自己回帰モデル、性差

1. 序論

1990年代以降、陽電子放射断層撮像法 (Positron Emission Tomography: PET) を含め、機能的磁気共鳴画像法 (functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)、脳磁界計測法 (Magnetoencephalography: MEG)、さらには近赤外分光法 (Near Infrared Spectroscopy: NIRS) がヒト脳機能計測装置として実用化されている。これらの装置は、ヒト脳機能を非侵襲かつ統合的に研究する上で、また、心理学的・認知科学的理論を検証し発展させる上で、重要な計測手法の一つとなっている。これらの非侵襲脳機能計測装置は、計測される物理量の違いから、1) 1次信号検出型装置：脳の電氣的活動を反映した信号変化を検出するMEGや脳波計測装置 (Electroencephalography: EEG)、2) 2次信号検出型装置：脳の気質であるグルコースや酸素などの代謝変化を測定することができるPET、さらに、3) 3次信号検出型装置：脳活動の変化にともなって生じる局所的な血行動態の変化を反映するfMRIやNIRS、の3つのタイプに区分される。

生体透過性の高い近赤外線領域の光を用いて脳活動を血行動態の変化として捉えるNIRSは、脳皮質領域のヘモグロビン濃度変化とその酸素化状態を無侵襲かつ低拘束で測定できることから、最近では、脳機能解明の研究やブレイン・マシン・インターフェイス技術としての医療応用に向けた研究¹⁾が増えつつある他、麻酔科²⁾をはじめ、精神科³⁾、小児科⁴⁾、産科・婦人科⁵⁾ 領域での臨床応用も進められて

せいやま あきとし

〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町53 京都大学医学部人間健康科学科

ほうた けいこ

〒737-0004 広島県呉市阿賀南2-10-3 広島文化学園大学看護学部看護学科

おり、その多くは脳機能の判定や疾患特有の脳血流変化による診断を目的としている⁶⁾。加えて、自律神経機能が脳血流に与える影響を同時に評価及び定量化することが可能となれば、自律神経機能の関与が考えられている疾患への応用も可能であると考ええる。

その一例として、先行研究^{7,8)}においては、女性の月経周期のホルモンバランスが自律神経への影響を与えているといわれており、NIRS を用いて認知機能と自律神経の影響を同時にかつ区別した測定ができれば、PMS（月経前症候群）や PMDD（月経前不快気分障害）など、病因・病態が明らかではない疾患の診断補助等への有用性が期待できる。

しかしながら、本装置は頭皮上に照射・受光プローブを置き、頭蓋内にある脳皮質からの散乱反射光をもとに脳血流変化を測定しているため、NIRS 信号には生理学的ノイズとして皮膚血流や自律神経由来の信号などが含まれる。従来の研究では、レーザ組織血流計（皮膚血流を測定する目的で使用）と NIRS の同時測定で、運動課題⁹⁾ や認知課題^{10,11)} を対象に、皮膚血流が NIRS 信号に及ぼす影響について検討が進められてきたが、自律神経由来の信号が NIRS 信号に及ぼす影響について調べた研究はこれまで報告されていない。

そこで、本論文では、脳血流を反映するとされる NIRS 信号に自律神経がどの程度影響を与えているか明らかにするために、脈波や呼吸の変動と脳血流変化の同時測定が可能なマルチモーダル NIRS システム¹²⁾ を構築し、多変量自己回帰モデル¹³⁾ による自律神経機能と各信号の相対寄与率の解析を行った。タスクには自律神経への影響が小さいと考えられる認知的課題（逆さマウスによる描画）と、影響が大きいと考えられる生理的課題（氷水への手掌の浸水）を用いて、20代の男女について実験した結果をもとに考察を行った。

2. 実験方法

研究対象者

実験には、基礎代謝率における男女差が最も小さくなるとされる20代の男女を対象とした（厚生労働省「日本人の食事摂取基準（2005年版）」：年齢別による基礎代謝基準値より）。健常成人男性4名（22～23歳， $M \pm SD = 23 \pm 0.8$ ，全員右利き）と健常成人女性4名（21～23歳， $M \pm SD = 22 \pm 0.8$ ，全員右利き）が参加した。

なお、頭の手術を受けたことがある者、過呼吸履歴がある者、てんかん履歴がある者は除外対象とし、実験に際し、タスクに慣れることによる自律神経機能の作用低下が影響しないよう、事前の練習は行わないこととした。

倫理的配慮

本研究は京都大学大学院医学研究科・医の倫理委員会で審査・承認（京都大学医の倫理委員会：C1198）を受け、行った。また、研究対象者（以下、被験者）全員に対し、実験実施前に研究内容に関して十分な説明を行い、インフォームドコンセントを得た上で測定を実施した。

実験デザイン

実験課題として、自律神経への影響が小さいと考えられる認知的課題（タスク I：逆さマウスによる描画）と、影響が大きいと考えられる生理的課題（タスク II：氷水への手掌の浸水）を用いた。

タスク I の逆さマウスの実験は、USB 制御のマウス（MA-NANO9, SANWA）とフリーソフトウェアの「さかさまうす ぶらす！」を用いて、マウスを動かす方向と反対方向にカーソルが動く状態で、フォトショップにより八星形をなぞるものである。タスク II の氷水への手掌の浸水実験は、氷水（水温約 3℃）に右手首から先をつけるものである。タスクを行う期間を「task」、安静期間を「rest」とし、いずれのタスクも 30 秒（rest）－ 60 秒（task）－ 30 秒（rest）を 1 セットとして 3 セット連続で計 6 分間行った。

マルチモーダル NIRS システムによる測定

本研究では、脳血流の変化を反映するとされる NIRS 信号に及ぼす自律神経機能の影響を考察するために、以下の構成をもつマルチモーダル NIRS システムを構築した（3. データ解析を参照）。

- 1) NIRS (FOIRE-3000, 島津製作所製)：機能的 NIRS データ計測（測定部位：前額部）。連続光型 NIRS で、3 波長（780, 805, 830 nm）を使用し、測定原理は修正ベール・ランバート法（Modified Beer-Lambert Law：MBL 法）に基づく。酸素化ヘモグロビン量の変化（ $\Delta[\text{oxy-Hb}]$ ）は、次の式で与えられる¹⁴⁾。

$$\Delta[\text{oxy-Hb}] = -1.4867 \cdot \Delta\text{Abs}(780) + 0.5970 \cdot \Delta\text{Abs}(805) + 1.487 \cdot \Delta\text{Abs}(830)$$

ここで、 $\Delta\text{Abs}(780)$ 、 $\Delta\text{Abs}(805)$ 、 $\Delta\text{Abs}(830)$ は、それぞれの波長におけるタスク実施前の安静時からの吸光度変化を表している。

- 2) パルスオキシメータ (OLV-3100, 日本光電製)：脈波（血管壁に加わる圧力変動）の時系列測定（測定部位：左中指先）。
- 3) 呼気ガスモニタ (OLG-2800, 日本光電)：呼気ガス（二酸化炭素濃度）の時系列測定（測定部位：鼻孔）。

予備実験として、タスク I とタスク II を 1 セット行い、照射・受光ファイバを 3 cm 間隔で、互い違いに 2 × 6 行列となるよう広く前額部に配置し（図 1）、16 チャンネルのデータをサンプリング間隔 55 ミリ秒で計測した。これにより、タスク遂行中に最も大きな NIRS 信号が検出されたチャンネルを本実験での計測点として以下の測定を行った。

本実験では、六角形ホルダを作成し、予備実験で最も NIRS 信号の大きかったチャンネルの中心に照射ファイバ 1 本を設置し、6 つの角に受光ファイバを設置してサンプリング間隔 25 ミリ秒の高速測定で 6 チャンネルのデータを得た。データ解析には、装置由来の高周波ノイズの少ない 1 つのチャンネルのデータを用いた。



図 1. 予備実験での NIRS および呼気ガスモニタのプロープ配置。NIRS プロープは、1 対の照射ファイバと受光ファイバが 3 cm 間隔で交互に、2 × 6 の配列で配置した。このプロープ配置で前額部 3 cm × 15 cm の領域の脳血流を 16 チャンネルに分割して測定した

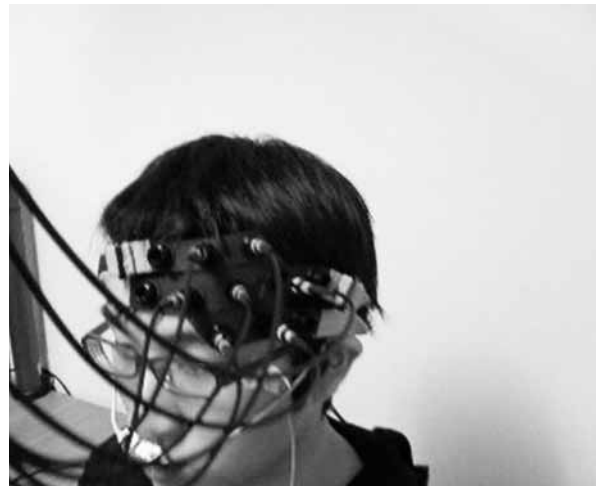


図 2. 本実験での NIRS および呼気ガスモニタのプロープ配置。NIRS プロープは、1 本の照射ファイバ（中央）と 6 本の受光ファイバ（6 つの角）を 3 cm 間隔で配置した。このプロープ配置で前額部の活動中心の周りの 6 チャンネルの脳血流を測定した。

3. データ解析

自律神経機能の解析

パルスオキシメータから得られた脈波のピーク間隔の揺らぎのスペクトル解析を、1変量自己回帰モデル (=最大エントロピー法)¹³⁾ を用いて行った。これによって時系列信号に含まれる周期性成分の周波数解析が可能となる。周波数成分では、0～0.035 Hzを超低周波(VLF), 0.035～0.15 Hzを低周波(LF), 0.15～0.4 Hzを高周波(HF)とし、それぞれの周波数帯域のパワーを求めた。HFは副交感神経機能を、LFは主に交感神経機能を反映することが知られている¹⁵⁾。本研究では、副交感神経機能をHF/(VLF+LF+HF)のパワー比として、交感神経機能をLF/(VLF+LF+HF)のパワー比として求めた。

なお、信号解析において、Rest時の自律神経の解析には、自律神経機能が安定していると思われるtask開始前の15秒間のデータを用いた。同様に、task時の解析にはtask開始から15秒～30秒の15秒間のデータを用いた。解析したデータ点数はいずれも600点になる。

脳血流変化、脈波変動、呼吸変動の相対寄与率の解析

本研究では、NIRS計測で脳活動や脳血流の変化を最も反映していると考えられている酸素化ヘモグロビン量の変化 ($\Delta[\text{oxy-Hb}]$)¹⁶⁾ への脈波や呼吸変動の影響(相対寄与率の変化)を、タスク遂行中に同時計測によって得られた $\Delta[\text{oxy-Hb}]$ 、脈波および呼気ガスの3つのパラメータの時系列信号に以下の3変量自己回帰モデルを用いて検討した¹³⁾。

$$X_i(t) = \sum_{j=1}^k \sum_{m=1}^M a_{ij}(m) X_j(t-m) + e_i(t),$$

ここで、 X_i はそれぞれの時系列信号を、 M はモデルの次数(今回は最大を5とした)、 a_{ij} は自己回帰係数、 $e_j(t)$ は残差(ノイズ)を表す。本実験では3変量なので $k = 3$ となる。

4. 結果

課題による自律神経機能への影響

図3にタスクI(3A)及びII(3B)における男性被験者の副交感神経機能と交感神経機能の推移を示した。男性被験者では認知的課題(3A)、生理的課題(3B)のいずれも安静時には副交感神経の働きが優位で、タスク遂行時には交感神経の働きが優位になっていた。この影響は、認知的課題(タスクI:逆さまウス)より生理的課題(タスクII:氷水刺激)でより顕著に現れていた。この関係は、それぞれのタスク遂行時の時系列変化にも同様に明確に現れていた。図4には同じ年代の女性被験者の結果を示した。女性被験者では、男性被験者のようなRest、Taskにともなう副交感神経-交感神経による周期的な自律神経機能の変動は見られず、安静時でも交感神経優位な状態や、タスク遂行時でも副交感神経が優位になる被験者がいた。

脈波・呼吸変動のNIRS信号への影響

図5に、男性被験者の認知的課題遂行時の相対寄与率の最大値の平均(5A)と生理的課題遂行時の相対寄与率の最大値の平均(5B)を示した。男性被験者では、 $\Delta[\text{oxy-Hb}]$ に対する脈波や呼吸による影響(自律神経機能の影響を反映)は、認知的課題遂行時は～17%(脈波+呼吸)で、生理的課題遂行時は～14%(脈波+呼吸)であった。図6には、女性被験者における認知的課題遂行時の相対寄与率の最大値の平均(6A)と、生理的課題遂行時の相対寄与率の最大値の平均(6B)を示した。女性被験者では、男性被験者に比べ、課題遂行時に脳血流に対する脈波や呼吸による影響が大きく現れており、また、その影響は認知的課題(～43%(脈波+呼吸))よりも生理的課題(～54%(脈波+呼吸))で大きくなっていた。この結果は、以下の考察で詳細に述べるように、実験条件下で、男性被験者は交感神経-副交感神経のバランスがとれている状態にあるのに対し(図3)、女性被験者では交感神経優位な状態にあること(図4)が影響していると考えられる。

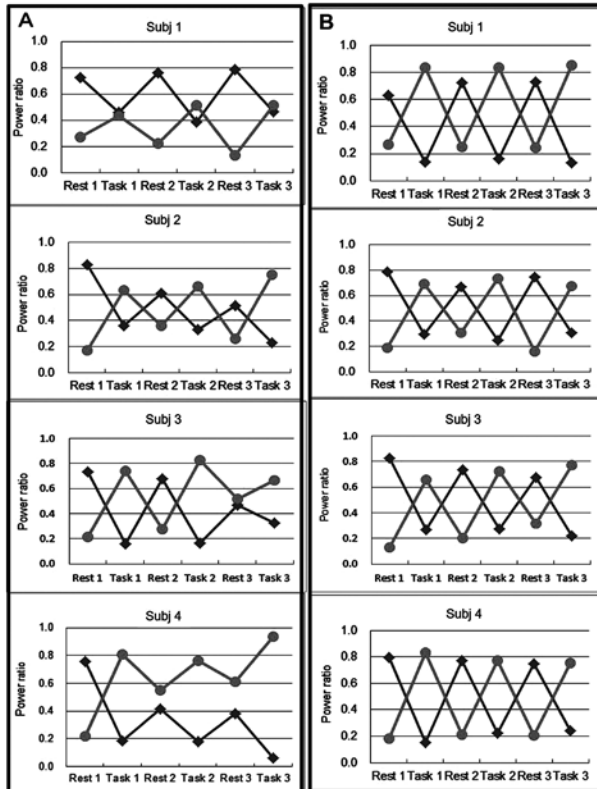


図3. 男性被験者におけるタスク遂行時の自律神経機能の変化。

A: タスク I (認知的課題: 逆さマウス), B: タスク II (生理的課題: 手掌の氷水浸水) 灰: 交感神経機能の変化, 黒: 副交感神経機能の変化

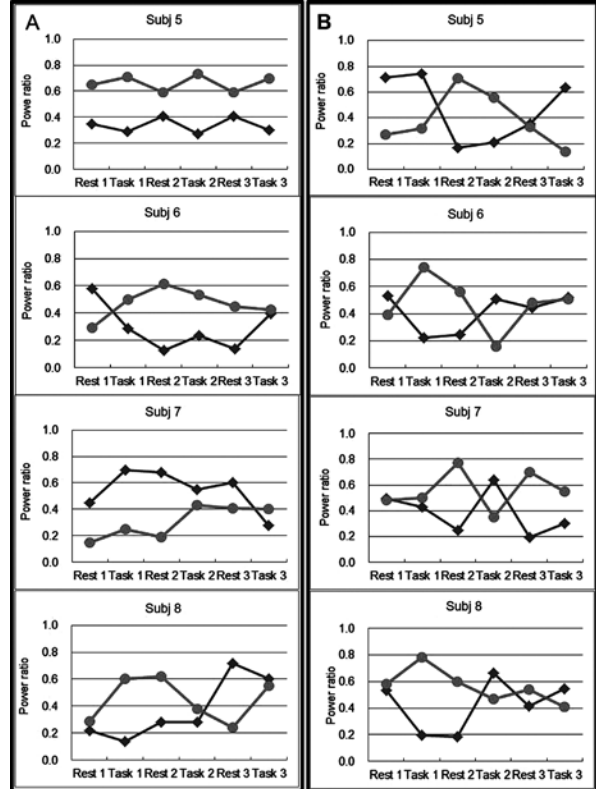


図4. 女性被験者におけるタスク遂行時の自律神経機能の変化。

A: タスク I (認知課題: 逆さマウス), B: タスク II (生理的課題: 手掌の氷水浸水) 灰: 交感神経機能の変化, 黒: 副交感神経機能の変化

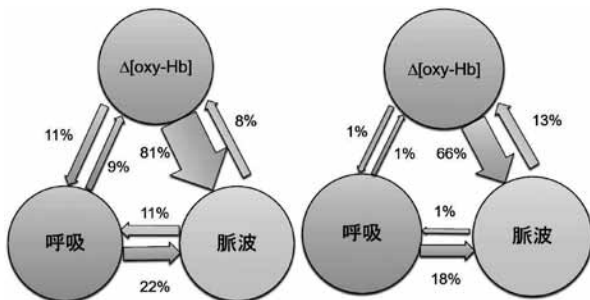


図5. 男性被験者のタスク遂行時の $\Delta[oxy-Hb]$, 脈波, 呼吸の相対寄与率。

それぞれ3回のタスク遂行中の寄与率の最大値の平均を示した。

A: 逆さマウスの寄与率, B: 氷水刺激の寄与率

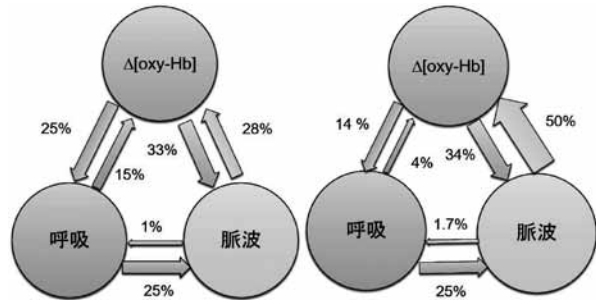


図6. 女性被験者のタスク遂行時の $\Delta[oxy-Hb]$, 脈波, 呼吸の相対寄与率。

それぞれ3回のタスク遂行中の寄与率の最大値の平均を示した。

A: 逆さマウスの寄与率, B: 氷水刺激の寄与率

5. 考察

NIRS 信号が含むノイズの種類には, 1) 機械ノイズ (測定装置由来の規則的な高周波数のものが多く, その他, 発熱によるドリフトやアースがうまく取れていないときのノイズもこれに含まれる), 2) 実験

ノイズ（被験者の頭の動きや瞬きなどによる不規則ノイズ）、3）生理的ノイズ（脈波や呼吸などの規則的かつタスクに同期しやすいノイズ）、が知られている¹⁷⁾。機械ノイズや実験ノイズは、フィルタリングなどの信号処理により取り除くことが可能だが、脳賦活検査のタスクと同期しやすい生理的ノイズは取り除くことが難しいとされてきた¹⁷⁾。このため、本研究では、脈波や呼吸の変動と脳血流変化の同時測定が可能なマルチモーダル NIRS システムを構築して、認知的課題及び生理的課題で生理的ノイズがどの程度脳血流に影響を与えているか検討した。

自律神経は交感神経と副交感神経からなり、その中枢である間脳の視床下部は生体の恒常性を保つため、自律神経のバランスを司っている。視床下部の下垂体からは多くのホルモンが分泌され、それらは自律神経とともに生体の恒常性を保つ働きがある¹⁸⁾。一方、ストレスは生体の恒常性を乱す働きとされ、ストレスが生体に負荷されると、大脳新皮質から情報を受けた大脳辺縁系から視床下部へと指令を伝達する。視床下部ではその指令に基づいて免疫系・自律神経系・体性神経系・内分泌系の機能を変動させる^{19, 20)}。本研究では、認知的課題及び生理的課題というタスクをストレスとして自律神経に及ぼす影響についての実験を行った。その結果（図3～6）、マルチモーダル NIRS システムと多変量自己回帰モデルを用いることで、脳機能計測時の NIRS 信号への自律神経機能の影響を定量的に評価できることが明らかとなった。

今回の結果では、男性と女性の被験者で自律神経機能の NIRS 信号 ($\Delta[\text{oxy-Hb}]$) への影響を測定した結果、男女で違いが見られた。認知的課題及び生理的課題遂行時のいずれにおいても、自律神経機能の変化、脳機能計測時の NIRS 信号に及ぼす脈波や呼吸変動の影響について、女性被験者では交感神経優位な状態にあることが示された。その一つの原因として、緊張状態にある時は交感神経が優位となるため、女性被験者は実験に対し何らかの緊張があったのではないかと推察できる。

脳賦活検査では、事前に練習時間を設け、ある程度類似タスクに慣れた上でタスクに対する脳反応を純粋に測定できるように環境設定を行うことが多いが、本研究では、脳機能計測時の NIRS 信号への自律神経機能の影響を検討することを目的としているため、前述のとおり、練習を行わずに実験しており、その影響が現れている可能性がある。

他方、ストレス反応には男女差があり、男性と比較して女性のストレス反応は低い傾向にあると認められている²¹⁾。また、急性の心理ストレス負荷に対する交感神経系の反応では、ストレス状態を示す sMHPG（唾液中3-methoxy-4-hydroxyphenylglucol）が男性では著しく増加する一方、女性での増加は軽微であり、負荷の終了10分後には基礎値に戻ったと報告されている²¹⁾。以上のことから、女性被験者の自律神経の変動幅が小さかったことについては、女性のストレス反応に特徴的な値を示しているとも捉えられる。また、女性被験者の自律神経は、タスクに応じた変化をしておらず、タスク以外の要因が影響を与えていることも考えられる。

先行研究では、女性特有の性ホルモンの変動における自律神経への影響として、月経後の卵胞期には副交感神経が、排卵後の黄体期には交感神経が優位となることが明らかであり、黄体期には何らかの刺激による自律神経への影響が大きくなることが報告されている²²⁾。本実験は、月経周期等、女性の特徴に基づいた分析は行っていないが、タスクが自律神経機能に及ぼす影響や、それにともなった脈波や呼吸の変動が NIRS 信号へ及ぼす影響において男女の違いが現れたことは、今後の研究課題として重要な知見を与えたといえる。今後、うつ病や双極性障害などの精神科疾患における診断補助²³⁾と同様に、女性特有の疾患に関する診断補助としての幅広い応用を目指した継続研究が期待される。

6. まとめ

今回、マルチモーダル NIRS システムと多変量自己回帰モデルを用いることで、NIRS 信号に及ぼす自律神経の影響を定量的に評価することに初めて成功した。認知的課題及び生理的課題の遂行中にはいずれも、NIRS 信号の変化 ($\Delta[\text{oxy-Hb}]$) は自律神経の影響を受けていることが示された。この影響には男女差が見られ、男性よりも女性で大きく、また、認知的課題よりも生理的課題で大きな影響が見られた。女性被験者の自律神経の変動について、安静時と被験中であまり差が見られなかったのは、実験自体に

対する何らかの緊張,あるいは女性特有のストレス反応であったと推察される。今後,脳機能の評価としての NIRS の臨床的価値をさらに見出すためには,自律神経機能の評価を可能とするマルチモーダルな計測システムの導入及び,適切な解析アルゴリズムの開発等が重要であり,今回明らかになった「男女の違い」を含め,自律神経機能の NIRS 信号への重畳の定量化に向けて,さらなる継続研究と詳細な分析が必要であると考ええる。

引用文献

- 1) Shin, J., Kwon, J., Choi, J., & Im, C.H.: Performance enhancement of a brain-computer interface using high-density multi-distance NIRS. *Scientific Reports*, 7(1): 16545, 2017.
- 2) Jeong, H., Jeong, S., Lim, H.J., Lee, J.U., & Yoo, K.Y.: Cerebral oxygen saturation measured by near-infrared spectroscopy and Jugular venous bulb oxygen saturation during arthroscopic shoulder surgery in beach chair position under sevoflurane-nitrous oxide or propofol-remifentanyl anesthesia. *Anesthesiology*, 116: 1047-1056, 2012.
- 3) Takizawa, R., Fukuda, M., Kawasaki, S., Kasai, K., Mimura, M., Pu, S., Noda, T., Niwa, S., & Okazaki, Y.: Neuroimaging-aided differential diagnosis of the depressive state. *NeuroImage*, 85: 498-507, 2014.
- 4) Ziehenberger, E., Urlesberger, B., Binder-Heschl, C., Schwabegger, B., Baik-Schneditz, N., & Pichler, G.: Near-infrared spectroscopy monitoring during immediate transition after birth: time to obtain cerebral tissue oxygenation. *J. Clin. Monit. Comput.*, 32: 465-469, 2018.
- 5) Tanis, J.C., Boelen, M.R., Schmitz, D.M., Casarella, L., van der Laan, M.E., Bos, A.F., & Bilardo, C.M.: Correlation between Doppler flow patterns in growth-restricted fetuses and neonatal circulation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 48: 210-216, 2016.
- 6) 磯部健一: 近赤外線分光法 (NIRS) による脳機能計測の臨床応用. *Otology Japan* 17(3):66-71, 2007.
- 7) 中村真理子, 林貢一郎, 相沢勝治, 村井文江, 目崎登: 若年女性の月経周期に伴う心臓自律神経活動動態. *体力科学* 51:311-312, 2002.
- 8) 三浦史子, 中井佳緒里, 松尾博哉: 若年女性の冷え症ならびに月経随伴症状への自律神経活動度の関わり. *神戸大学大学院保健学研究科紀要* 28:1-8, 2012.
- 9) Kohno, S., Miyai, I., Seiyama, A., Oda, I., Ishikawa, A., Tsuneishi, S., Amita, T., & Shimizu, K.: Removal of the skin blood flow artifact in functional near-infrared spectroscopic imaging data through independent component analysis. *J. Biomed. Opt.*, 12(6): 062111, 2007.
- 10) Takahashi, T., Takikawa, Y., Kawagoe, R., Shibuya, S., Iwano, T., & Kitazawa, S.: Influence of skin blood flow on nearinfrared spectroscopy signals measured on the forehead during a verbal fluency task. *NeuroImage*, 57: 991-1002, 2011.
- 11) Kirilina, E., Jelzow, A., Heine, A., Niessing, M., Wabnitz, H., Brühl, R., Ittermann, B., Jacobs, A.M., & Tachtsidis, I.: The physiological origin of task-evoked systemic artifacts in functional near infrared spectroscopy. *NeuroImage*, 61: 70-81, 2012.
- 12) 精山明敏, 遠崎大樹, 熊谷悠香, 関淳二.: マルチモーダル計測によるヒト脳機能の解明. *信学技報 MI2008-41*: 33-36, 2008.
- 13) 和田孝雄: 生体のゆらぎとりズムーコンピュータ解析入門. 東京: 講談社, 1997.
- 14) Seiyama, A., Seki, J., Tanabe, H.C., Ooi, Y., Satomura, Y., Fujisaki, H., & Yanagida, T.: Regulation of oxygen transport during brain activation: stimulus-induced hemodynamic responses in human and animal cortices. *Dynamic Medicine*, 2(1): 6, 2003.
- 15) Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C., & Cohen, R.J.: Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213: 220-222, 1981.

- 16) Hoshi, Y., Huang, J., Kohri, S., Iguchi, Y., Naya, M., Okamoto, T., & Ono, S.: Recognition of human emotions from cerebral blood flow changes in the frontal region: a study with event-related near-infrared spectroscopy. *J Neuroimaging*. 21(2): e94-101, 2011.
- 17) Koh, P.H., Delpy, D.T., & Elwell, C.E.: Functional optical signal analysis: a software tool for near-infrared spectroscopy data processing incorporating statistical parametric mapping. *Journal of Biomedical Optics* 12: 6, 064010, 2007.
- 18) 馬場元毅：絵で見る脳と神経 しくみと障害のメカニズム第4版。東京：医学書院，9-27，2017.
- 19) 麻生武志：女性のライフステージと心身症。女性心身医学会，女性心身医学，大阪：永井書店，131-133，2006.
- 20) 西条寿夫，堀悦郎，小野武年：ストレス反応の身体表出における大脳辺縁系－視床下部の役割。日本薬理学雑誌 126:184-188，2005.
- 21) 山田茂人：ストレス反応の男女差。精神神経学雑誌 112(5)，516-520，2010.
- 22) 松本佳那子 他：高照度光照射療法による月経周期の自律神経機能の変化。山口医学 55(5)，167-172，2006.
- 23) 福田正人：「抑うつ状態の鑑別診断補助」としての光トポグラフィ－検査－精神疾患の臨床検査を保険診療として実用化する意義－。精神神経学雑誌 117(2):79-93，2015.

英文抄録

Effects of Autonomic Nervous Function on Cerebral Blood Flow during Cognitive and Physiological Task Performances

– A multimodal NIRS study –

Akitoshi SEIYAMA

Human Health Sciences, Faculty of Medicine, Kyoto University

Keiko HOUTA

Faculty of Nursing Hiroshima Bunka Gakuen University

Near infrared spectroscopy (NIRS) has enabled noninvasive measurement of changes in cerebral blood volume (CBV) and flow (CBF), because biological tissue is relatively transparent to light in the near infrared region at wavelengths of 700-1000 nm. This technique is recently applied for monitoring of CBF of patients in the fields of Psychiatry and of fetus and infant in the fields of Obstetrics (and Gynecology) and Pediatrics, and, further, expected for applying to diseases specific to adult women. However, NIRS is affected by the respiratory and cardiovascular systems as physiological artifacts inevitably. Therefore, it is necessary to clarify to what extent the NIRS signal contains artifacts derived from the autonomic nervous system (ANS).

In the present study, we evaluated effects of the ANS on NIRS signals obtained using a multimodal NIRS system, based on the multivariate autoregressive (MAR) model. Thereby, we discuss the effects of the ANS on NIRS signals and their difference between male and female.