

経頭蓋静磁場刺激が自己注目状態時の前頭前野に 与える影響の予備的検討

片山 広大 富田 望 二瓶 穂香 高橋 徹 栗原 勇人 早稲田大学
芝田 純也 新潟医療福祉大学 美馬 達哉 立命館大学
大須 理英子 熊野 宏昭 早稲田大学

Effect of transcranial static magnetic field stimulation on the prefrontal area during the self-focused attention

Hiroki KATAYAMA, Nozomi TOMITA, Honoka NIHEI, Toru TAKAHASHI,
Yuto KURIHARA (Waseda University), Sumiya SHIBATA (Niigata University of Health and Welfare),
Tatsuya MIMA (Ritsumeikan University), Rieko OSU, and Hiroaki KUMANO (Waseda University)

Self-focused attention plays an essential role in social anxiety disorder, which is reported to be accompanied by over-activation of the right frontal pole. In this study, we explore the possibility that suppressing over-activation of the right frontal pole would lead to the mitigation of self-focused attention. We used transcranial static magnetic field stimulation (tSMS) to investigate this possibility. Participants were divided into two groups: one group received tSMS ($n = 3$) and the other received sham stimulation ($n = 2$). Changes in psychological indices and cerebral blood flow were measured before and after the intervention. The results showed that tSMS might mitigate self-focused attention and decrease activation of the right frontal pole. For future research, a larger number of subjects and participants with high social anxiety will be required to examine the clinical effects efficiently.

Key words: social anxiety disorder, self-focused attention, transcranial Static Magnetic Field Stimulation

Waseda Journal of Clinical Psychology
2021, Vol. 21, No. 1, pp. 35 - 41

社交不安 (Social Anxiety Disorder, 以下 SAD) とは、他者の注視を浴びる社会的場面に対する著しい恐怖または不安を特徴とした精神疾患である (American Psychiatric Association, 2013)。SAD の維持要因として、「自己注目」というプロセスに着目した研究がある (富田, 2018)。自己注目とは、社会的場面において、周りの状況から注意が逸れ、自分自身の状態へ注意が集まる状態のことである (Clark & Wells, 1995)。また自己注目の際には「観察者視点 (Observer perspective: O 視点)」という心的視点が見られることが指摘されており (Clark & McManus, 2002)、O 視点による自己イメージはネガティブなものとなるため、不安が増強するとされている。また SAD 患者はスピーチの自己評価が他者評価よりも一般的に低いことが報告されており (城月, 笹川, 野村, 2010)、この「自己評価と他者評価の乖離」が SAD の維持要因となっていることが指摘されている (Rapee & Heimberg, 1997)。以上のように、自己注目は SAD の維持、増大に深く関係する要因であると言える。

自己注目に関する研究として、脳活動に着目した研究がある。富田 (2018) は、スピーチ課題における自己注目時に、右前頭極の過活動が見られることを指摘している。右前頭極も含まれる内側前頭前野は意図的な注意のコントロールにかかわる脳領域である (Izuma, Saito, & Sadato, 2010) ことから、右前頭極が自己注目状態の形成に関与していると考えるのは妥当である。よって右前頭極の過度な働きを低下させることが、自己注目の改善に寄与し、SAD 治療への新たな知見となる可能性がある。

近年、脳への介入手法として経頭蓋静磁場刺激 (transcranial Static Magnetic Field Stimulation, 以下 tSMS) が注目を集めている。tSMS とは、小型ネオジム永久磁石を頭表に留置することで発生する、非侵襲的に脳活動を抑制する刺激のことである (Oliviero, 2011)。従来の tSMS の欠点として、磁場の弱さが原因となり、脳深部への影響力が弱い点が挙げられる (芝田, Jianxu, Hen, 呉, 美馬, 2020)。そこで今回は芝田ら (2020) が

開発した磁石を実験に用いた。この磁石は3つの磁石を円状に配置することにより、より深部まで磁場の影響を与える事ができる(芝田他, 2020)。

以上の点をふまえ本研究では、tSMSが右前頭極の過活動の抑制並びに自己注目状態の緩和に繋がる可能性の検討を目的とした。

仮説

仮説は以下の通りである。

- (a) tSMS は右前頭極活動を抑制する。
- (b) tSMS は自己注目状態を改善する。
- (c) tSMS は状態不安を低下させる。

方 法

対象者

首都圏の私立大学に通う学生を対象に実験参加募集を行い、同意を得られた7名に対して実験を行った。データに欠損があったものを除いた5名(男性3名, 女性2名, 平均年齢22.4歳, 年齢の標準偏差=0.49)のデータを分析対象とした。

実験参加の条件は、24時間以内に服薬していないこと、12時間以内にアルコールを摂取していないこと、6時間以内にカフェインを摂取していないこと、右利きであること、健康状態が確認できることとした。

倫理的配慮

本実験の参加は任意であり、不参加や中断により不

利益は一切生じないこと、個人情報に厳重に管理することをあらかじめ伝え、同意を得た上で研究を実施した。なお、本研究は「早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て行われた(承認番号: 2019-283)。

実験材料

- (a) 機能的近赤外分光分析法 (functional Near-infrared spectroscopy : fNIRS)

32チャンネル(Ch)のNIRSort2(NIRX)を用いた。fNIRSを用いることでOxy-Hb(酸素化ヘモグロビン)の相対変化量を測定することができる。

NIRS装着の際は国際10-20法を用いて正中中心部(Cz)を基準に装着した。脳活動を測定する関心領域(Region of interest ; ROI)を覆うようにプローブが配置されるモンタージュを作成した(Figure 1)。本研究では右前頭極(Ch26, Ch27, Ch28, Ch30, Ch31, Ch32)をROIとした。モンタージュの作成、データの収集には、NIRSport2専用取り込みソフトウェアAurora1.4を用いた。

- (b) ネオジム磁石

tSMSに使用した。直径5cmのネオジム磁石3つが連なる形で構成されている。

- (c) 偽磁石 (sham 磁石)

tSMSが脳に与える影響の比較検討のための偽刺激として使用した。ステンレス製であり、見た目、重量はネオジム磁石と同一である。ネオジム磁石, sham

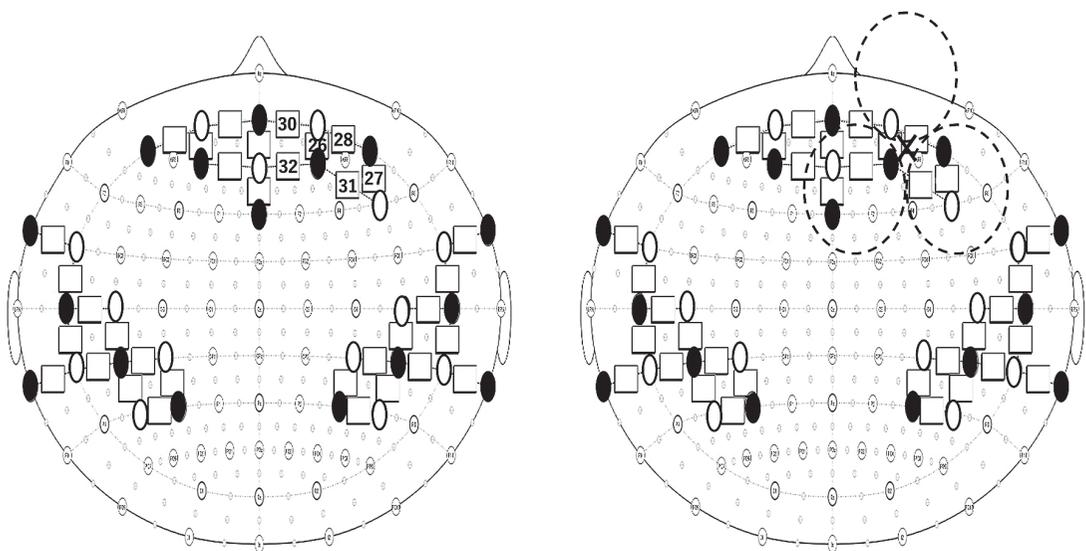


Figure 1 左: 本研究で用いたNIRSのプローブ配置(モンタージュ)。黒丸; Source, 白丸; Detector。本研究では右前頭極(Ch26, Ch27, Ch28, Ch30, Ch31, Ch32)を関心領域(ROI)とした。図では数字がChの番号を表す。

右: 磁石配置。点線が磁石を表し、実線×印は磁力の焦点を表す。磁石はROIの中心に位置するように配置した。

磁石ともに6つのROIの中心に配置した (Figure 1)。

実験課題

社会的場面として、スピーチ課題を実施した。モニター上に聴衆4名(男2名、女2名)を映し、自己注目状態を作り出す教示(富田, 2018)を行った上で、安静とスピーチを繰り返し最後に質問紙の記入を求める13分間の課題を、刺激呈示 (tSMS, Sham) 前後に1セットずつ実験協力者に課した。

実験デザインは、ブロックデザインを採用し (Figure 2)、画面中央に表示する注視点を見つめる Rest (60秒) と Speech (スピーチ課題, 60秒) が交互に提示されるようにした。

Rest-Speech をそれぞれ3回ずつ行うことで1セットを作成し、刺激介入前 (Preスピーチ)、刺激介入後 (Postスピーチ) の計2セットを行った。PreスピーチとPostスピーチの間に15分間の刺激呈示 (tSMS, Sham) を行った。

聴衆がスピーチを評定しているとする録画映像は富田 (2018) が作成したものを使用した。なお実験参加者には「別室に聴衆がおり、中継で実験参加者の様子を見てスピーチの様子を評定している」との教示を行った。聴衆は肯定的な反応をする役 (実験参加者と同性) 1名、中性的な反応をする役 (男女1名ずつ) 2名、否定的な反応をする役 (異性) 1名から構成されている。SADの不安喚起条件として異性からの否定的な反応が挙げられている (五十嵐・嶋田, 2008) ことから、肯定的な反応は同性が行い、否定的な反応を異性が行うように、実験参加者の性別によって二種類のビデオを使い分けた。

刺激呈示

tSMS 効果の比較検討のために、実験協力者ごとにネオジム磁石、Sham 磁石のどちらかをランダムに15分間呈示した。

質問紙尺度

- (a) 健康アンケート
実験参加可能であるかを判断するために用いた。
- (b) フェイスシート
性別、年齢、学年などを確認するために用いた。
- (c) エディンバラ利き手テスト (Oldfield, 1971)
利き手を確認するために用いた。
- (d) スタンフォード眠気尺度 (Stanford Sleepiness Scale, 以下 SSS; Hoddes, Dement & Zarcone, 1973)
眠気を確認するために用いた。
- (e) Liebowitz Social Anxiety Scale 日本語版 (以下 LSAS-J; 朝倉他, 2002)
社交不安傾向を測定するために用いた。「恐怖感/不安感」と「回避」の2つの下位尺度から成る。
- (f) 不安に関する Visual Analog Scale (以下 VAS)
実験開始時とスピーチ課題中における不安の程度について、それぞれ 0-100 で回答を求めた。
- (g) 社交不安症における心的視点尺度 (the Mental Perspective Scale for Social Anxiety Disorder, 以下 MPS; 富田他, 2018)

Observer Perspective (O視点) を測定するために用いた。自己注目の要素の一つである「Observer perspective」、自分自身の視点から状況を見る「Field perspective」、自分とその場の状況の両者から距離を置いた「Detached mindfulness perspective」の状態を測定する下位尺度から成る。本研究では先行研究

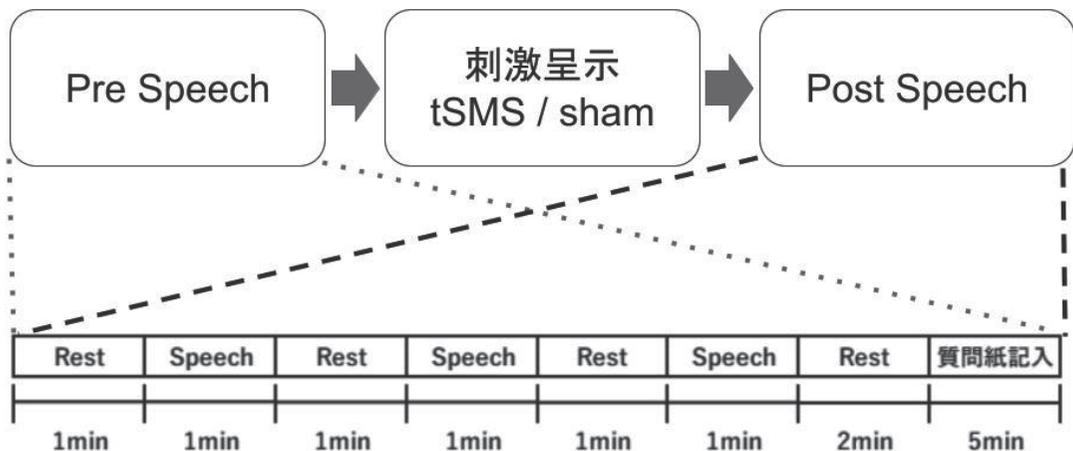


Figure 2 本研究の実験デザイン。画面中央に表示する注視点を見つめる Rest (60秒) と Speech (スピーチ課題, 60秒) が交互に提示されるようにブロックデザインを作成した。刺激介入前 (Pre Speech)、刺激介入後 (Post Speech) の計2セットを行った。各 Speech は、4回の Rest、3回のスピーチ、質問紙記入から構成されている。Pre Speech と Post Speech の間に15分間の刺激呈示 (tSMS, Sham) を行った。

(富田, 2018)において自己注目との関連性が指摘されたO視点の状態を測定する4項目を使用した。

(h) Speech Perception Questionnaire 日本語版 (以下 SPQ; 城月・笹川・野村, 2010)

スピーチパフォーマンスの自己評価を測定する「SPQ-self」と他者評価を測定する「SPQ-other」で構成されており、高得点であるほど評価が低いことを意味する。自己評価と他者評価の乖離を、両得点の差の絶対値 SPQ-distortion (SPQ-dist) で測定した。

(i) 教示操作に関する VAS

課題実施中にどれだけ教示通りにスピーチができたかについて、0~100で回答を求めた。

実験手続き

以下の手続きで実験を行った。

- (1) 健康アンケートおよび質問紙調査の実施
質問紙尺度 (a)~(f) への回答を求めた。
- (2) スピーチ課題の説明と準備
スピーチ内容 (自身の小中学校の生活について) を5分間で考えるよう求めた。
- (3) NIRS の装着
計測中に動かないよう求めた。
- (4) 自己注目教示の実施
自己注目を喚起する教示を行った。教示内容は、富田 (2018) の教示に従い、「人から見える自分の姿をイメージすることで、上手なスピーチができるので、自分の状態に注意を向けながら話すように」と求めた。
- (5) スピーチ課題の実施, 評価
Pre スピーチ→刺激呈示→Post スピーチの順に実施した。また各スピーチ終了後に質問紙 (g)~(i) へ回答を求めた。Post スピーチ終了後の質問紙調査では眠気 (質問紙尺度 (d)) も尋ねた。
- (6) デブリーフィングの実施
体調の確認と、自己注目教示が誤った教示であることを説明した。また、実験参加者に聴衆がビデオであった事に気づいたかどうかの確認を取った。

解析方法

本研究は $N=5$ (tSMS 群: $n=3$, sham 群: $n=2$) と少ないため、参加者ごとに測定した、実験参加者それぞれの刺激前後での指標の変化を個別に示した。NIRS データについては元データの補正を行うため、数値解析ソフトウェア MATLAB (R2020b) の拡張プラグインである open-potato (産総研) を用いた。設定した補正状況について以下に記述する。

取り扱うデータは先行研究 (富田, 2018) に倣い、oxy-Hb のデータのみ限定した。先行研究 (富田, 2018) と同様にベースライン補正を行うこととした。まず測定部位以外の部位から得られたショートディスタンスを用いて補正を行いノイズの除去を行った。その後 Band Pass Filter を使用し、ハイパスフィルターを 0.01Hz、ローパスフィルターを 0.1Hz にて適用した。次に Set zero level を使用し、Speech 直前の Rest30 秒を用いてベースライン補正を行った。最後に Speech 開始後 20 秒の oxy-Hb 平均増加量を積分値として算出し、解析に用いた。これは富田 (2018) により、スピーチ開始後初期段階での前頭極の過活動と、自己注目の一要素である O 視点の強さが関連することが示唆されているからである。

結果

5名の参加者を A~E と表記し、刺激の種類、LSAS 得点、状態不安の変化、教示の実行度を Table 1 に示す。教示の実行度は、実験協力者本人がどれだけ教示通りスピーチを行えたかについて VAS を用いて 0~100 までの値で答えてもらった。

(1) 状態不安の変化

Pre スピーチ中の状態不安と Post スピーチ中の状態不安の変化の平均を比較すると、sham 群では 10 の低下と小さな変化しか見られなかったのに対し、tSMS 群では 25 と比較的大きな低下がみられた。個別の変化に着目すると、社交不安傾向が高い B, C の例において大きな不安改善効果が見られた。特に B の例では刺激

Table 1 実験参加者の基本情報, SAD 傾向の程度, 状態不安の変化, 教示実行度

参加者ID	刺激の種類	LSAS	状態不安 (課題開始前)	状態不安 (Pre Speech中)	状態不安 (Post Speech中)	教示の実行度 (Pre Speech中)	教示の実行度 (Post Speech中)
A	tSMS	25	10	20	5	90	95
B	tSMS	54	0	60	20	20	30
C	tSMS	69	10	50	30	75	60
D	sham	22	10	70	60	60	70
E	sham	49	75	40	30	85	80
Mean		43.8	21.0	48.0	29.0	66.0	67.0
Mean(tSMS)	tSMS	49.3	6.7	43.3	18.3	61.7	61.7
Mean(sham)	sham	35.5	42.5	55.0	45.0	72.5	75.0

注) LSAS=Liebowitz Social Anxiety Scale; tSMS=transcranial Static Magnetic Field Stimulation; sham = 偽刺激。

前後で -40 点という最も大きな変化が見られた。これは tSMS 群において社交不安傾向の小さい A では刺激前後の変化が -15 に抑えられている点と比較すると減少の大きさが強調される。教示の実行度は全体的に高い値を示したが、B においてのみ低い値にとどまった。

(2) 心理尺度の変化

MPS, SPQ-dist の刺激前後の値と差分値 (Post - Pre) を Table 2 に示す。

SAD における心的視点尺度を表す MPS 得点は、sham 群では大きな変化が見られず、tSMS 群は中程度の低下が見られた。

スピーチに関する自己評価と他者評価の歪みを表す SPQ-dist 得点は sham 刺激を行った際は変化が見られず、tSMS を行った際は小さな低下が見られた。参加者それぞれの得点を比較すると、B と C において比較的大きな評価の乖離の改善が見られた。B と C は、ともに社交不安傾向が高く、tSMS を行ったケースであった。

(3) 脳血流の変化

ROI の 6Ch に関して参加者ごとに測定した、oxy-Hb 増加量の刺激前後での差分値 (Post - Pre) と、Ch 毎の差分値の中央値を Table 3 に示す。

中央値に着目すると、tSMS を呈示した場合 Ch28 を除いた全ての部位で oxy-Hb 増加量の減少が確認され

た。これに対し、sham を呈示した場合、3 箇所が増加、3 箇所で減少が確認された。中央値の範囲に着目すると、tSMS を呈示した場合、格 Ch の変化範囲は -.090 ~ .015 の範囲に収まった。これに対し、sham を呈示した場合、値の範囲は -.231 ~ .390 となった。

次に実験協力者それぞれのデータに着目すると、C のケースにおいて、Ch26, 27, 32 の三箇所各 Ch 最大の減少が確認された。C ケースは社交不安傾向の最も高かった協力者に tSMS を呈示したケースであった。

考 察

本研究の目的は tSMS が右前頭極の過活動の抑制並びに自己注目状態の緩和に繋がる可能性の検討である。そこで、(a) VAS を用いた状態不安改善効果の検討、(b) MPS, SPQ を用いた自己注目改善効果の検討、(c) oxy-Hb 平均増加量を分析することで右前頭極の過活動改善効果を検討した。

(1) tSMS による状態不安への影響

Pre-Speech 中の状態不安と Post-Speech 中の状態不安を比較すると、全体的に Post 時の状態不安は低下する傾向にあった。そして状態不安の低下は tSMS を行うことでより顕著になることが確認された。よって、tSMS による状態不安低下効果は社交不安傾向が強いほどより顕著になる可能性があると言える。ただし、B は教

Table 2 各参加者の the Mental Perspective Scale for Social Anxiety Disorder (MPS), Speech Perception Questionnaire (SPQ) 得点

参加者ID	刺激の種類	LSAS	MPS (Pre)	MPS (Post)	MPS Δ (Post - Pre)	SPQ-dist (Pre)	SPQ-dist (Post)	SPQ-dist Δ (Post - Pre)
A	tSMS	25	16	13	-3	4	5	1
B	tSMS	54	4	8	4	49	44	-5
C	tSMS	69	14	6	-8	29	16	-13
D	sham	22	14	14	0	32	39	7
E	sham	49	19	18	-1	1	2	1

注) SPQ-dist = SPQ- distortion。

Table 3 刺激前後での oxy-Hb 平均増加量差分値 (tSMS 群 : n = 3, sham 群 : n = 2)

参加者ID	刺激	CH26	CH27	CH28	CH30	CH31	CH32
		Δ (Post - Pre)					
A	tSMS	-.087	-.068	.110	-.005	-.441	.151
B	tSMS	.122	.887	-.156	-.253	-.039	-.090
C	tSMS	-.448	-.115	.015	-.051	.575	-.228
D	sham	.232	-.111	.061	.217	-.375	.270
E	sham	.547	-.028	-.522	.165	.112	-.226
Median	tSMS	-.087	-.068	.015	-.051	-.039	-.090
Median	sham	.390	-.070	-.231	.191	-.132	.022

注) oxy-Hb = 酸素化ヘモグロビン。

示の実行度が低い値を取っているため、以上の解釈は可能性にとどめておく必要がある。

(2) tSMSによる自己注目状態改善効果の検討

① MPSの比較

MPS得点について比較すると、sham群では変化が見られなかったのに対し、tSMS群では中程度の減少が見られた。よって、tSMSが自己注目の要素であるO視点の緩和効果を持つことが示唆された。

② SPQ得点の比較

SPQ得点について刺激前後での変化を比較した。SAD傾向が高い場合、スピーチ場面で高い不安を感じることが報告されているが、その原因はスピーチそのものの得手不得手ではなく、自己評価と他者評価の歪みによって引き起こされていることが指摘されている(Clark & Wells, 1995)。そのため今回は、個別のSPQ得点ではなく、SPQ-selfとSPQ-otherの差を調べ、自己評価と他者評価の歪みの変化SPQ-distを調査対象とした。tSMS前後とsham刺激前後でSPQ-distの変化を比較した場合、sham刺激の際には大きな変化が見られなかったのに対し、tSMSの場合に乖離の小さな改善が見られた。この結果は①のMPS得点の低下と合わせて考えると、O視点が緩和されたことで、評価の歪みの軽減につながった可能性が考えられる。

(3) tSMSによる右前頭極活動の緩和効果の検討

自己注目との関連が指摘されている右前頭極の活動状況の変化を比較するため、ROIとして指定した6つのChそれぞれについて、oxy-Hb平均増加量を測定し、tSMSの効果を検討した。その結果、sham群での中央値の範囲が、tSMS群での範囲よりも大きいことが分かった。また、tSMS群ではCh28を除いた5Chで減少傾向が確認された。これらの結果を総合すると、sham刺激の場合、脳血流の変化は大きく上昇する部位から、低下する部位までばらつきが大きいことが分かる。これに対し、tSMSの場合、全体的に脳活動が抑制される傾向が読み取れる。また個別の事例に着目すると、社交不安傾向の高いCのケースにおいて大きなoxy-Hb平均増加量の減少が確認されたことより、tSMSが社交不安傾向の高い場合、より効果的に脳の賦活を抑制する可能性が示唆された。

本研究の限界点

最後に本研究の限界点について述べる。第一に実験参加者数の不足である。全体の参加者数が5人であり、刺激ごとのサンプルサイズはtSMSが3、shamが2となっているため、指標間の関係性を検討するには至らなかった。今回は、試行的に効果量を算出し、その結果に基づいて考察をしたが、この方法もこの人数では適切ではない可能性が高く、今回の結果の考察は全て

予備的なものと捉える必要がある。また参加した5人の中にも社交不安傾向にばらつきがあり、これが結果に影響した可能性もある。今後はサンプルサイズの拡大や、社交不安傾向の高低による群間でのtSMS効果の検討などを行う必要がある。さらに、今回は教示の実行度が低い者が1名いたため、将来的に十分なデータが得られた際には、除外して解析をする必要がある。第二にNIRSデータの統一的な解釈基準の不足が挙げられる。今回は一般的な、ベースライン補正を用いたoxy-Hb平均増加量を対象とした解析を行ったが、今後さらに様々なデータ処理方法について検討する必要がある。

引用文献

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- 朝倉 聡・井上 誠士郎・佐々木 史・佐々木 幸哉・北川 信樹・井上 猛…小山 司 (2002). Liebowitz Social Anxiety Scale (LSAS) 日本語版の信頼性および妥当性の検討 精神医学, 44, (10), 1077-1084.
- Clark, D. M., & McManus, F. (2002). Information processing in social phobia. *Biological psychiatry*, 51 (1), 92-100.
- Clark, D. M., & Wells, A. (1995). A cognitive model of social phobia. In Heimberg, R. G., Liebowitz, M. R., & Hope, D. A. et al. (Eds), *Social phobia: Diagnosis, assessment, and treatment* (pp. 69-93), New York: The Guilford Press.
- Hoddes, E., Dement, W., & Zarcone, V. (1972). The development and use of the Stanford Sleepiness Scale (SSS) *Psychophysiology*, 9, 150 (Abstract).
- 五十嵐 友里・嶋田 洋徳 (2008). Post-Event Processingが社会的場面における解釈に及ぼす影響 行動療法研究, 34 (2), 149-161.
- Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. (2010). The roles of the medial prefrontal cortex and striatum in reputation processing. *Social Neuroscience*, 5 (2), 133-147.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness the edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9 (1), 97-113. England: Pergamon Press.
- Oliviero A., Mordillo-Mateos, L., Arias, P., Panyavin, I., Foffani, G., & Aguilar, J. (2011). Transcranial static magnetic stimulation of the human motor cortex. *The Journal of Physiology*, 589, 4949-4958.
- Rapee, R. M., & Hayman, K. (1996). The effects of video feedback on the self-evaluation of performance in socially anxious subjects. *Behaviour Research and Therapy*, 34, 315-322.
- Rapee, R. M., & Heimberg, R. G. (1997). A cognitive-behavioral model of anxiety in social phobia. *Behaviour Research and Therapy*, 35 (8), 741-756.
- Stein, M. B., Walker, J. R., & Forde, D. R. (1996). Public-speaking fears in a community sample: Prevalence, impact on functioning, and diagnostic classification.

Archives of General Psychiatry, 53, 169-174.

- 芝田 純也・Jianxu Zhang・Hen Wang・呉 景龍・美馬 達哉 (2020). 3個の磁石を用いたシン磁場刺激が形成する磁場の実測実験 臨床神経生理学, 48 (5), 564.
- 城月 健太郎・笹川 智子・野村 忍 (2010). コスト・予測バイアスが社会不安症状に影響するプロセス心理学研究, 81 (4), 381-387.
- 城月 健太郎・笹川 智子・野村 忍 (2010). 日本語版 Speech Perception Questionnaire の作成の試み *The Japanese Journal of Health Psychology*, 23, 75-84.
- 富田 望 (2018). 社交不安における自己注目と注意バイアスの統一的理解 早稲田大学大学院人間科学研究科博士論文.