

近赤外分光法（NIRS）を用いた虚偽検出の試み

—オドボールパラダイムを利用した秘匿情報検査による検討—¹

袴田 皓基* 柴崎 光世**

日本の犯罪捜査場面では、事件に関する事実を認識しているか否かを検査するポリグラフ検査が実施されており、その1つに秘匿情報検査（concealed information test: CIT）が採用されている。CITでは皮膚電気活動や心拍、呼吸などの自律神経系反応が主として用いられているが、近年では、事象関連電位や機能的磁気共鳴画像法といった中枢神経系の測度を利用することに関心が高まっている。本研究では、生体電位ノイズや体動に対して比較的頑健で、コストも低く、ポリグラフ検査に適した測定手法となり得る近赤外分光法（near-infrared spectroscopy: NIRS）に着目し、3刺激オドボール課題を利用したCITへのNIRSの適用可能性について検討した。模擬的な犯罪行為として窃盗行為を行う群と行わない群を設定したうえで、窃盗行為内容に関するオドボール課題を実施し、課題中の各群の前頭前野領域の脳血行動態を測定した。その結果、模擬窃盗群において、虚偽の回答を行った場合に、真実の回答をした場合と比較して、右前頭前野領域の酸素化ヘモグロビン濃度が有意に高くなることが明らかになった。このことから、オドボール課題を用いた能動的なCITにおいても、NIRSによる虚偽検出がある程度可能であることが示唆された。

キーワード：虚偽検出、秘匿情報検査（concealed information test: CIT）、近赤外分光法（near-infrared spectroscopy: NIRS）、3刺激オドボール課題

目 的

時に犯罪が発生した際、罪を犯した者は、往々にしてその罪から逃れるために嘘をつくことがある。その嘘を正確に見抜くことは、犯罪捜査において重要となる。このような嘘を見抜くため、犯罪捜査場面では、精神生理学的虚偽検出検査、つまりポリグラフ検査が実施されている。

ポリグラフ検査とは、被検査者に対し、犯行手段・方法等の事件に関する特定の質問を行い、そのときに生じる生理反応をポリグラフ装置を用いて測定することで、事件に関する事実を認識しているか否かを検査するものである（警視庁, 2012）。ポリグラフ検査には、大きく分けて直接的質問法と間接的質問法の2つがある（桐生, 2000）。代表的な直接的質問法として、対照質問法（control question test: CQT）がある。CQTは「あなたがこの事件の犯人ですか」と直接的に質問したと

き（関係質問）の生理反応と、その質問と同程度の内容を持つ質問（対照質問）への生理反応を比較する質問法である。CQTでは関係質問と対照質問に加え、対象事件とは関係のない、無関係質問の3種類の質問項目を用いる。関係質問に対する生理反応が、対照質問に対する生理反応と比べ特異的な変化を示していれば、被検査者が該当事件に関与している可能性は高く、対照質問の方が関係質問よりも特異的ならば、その可能性は低いと判定される（久保・入野, 2007）。

他方、間接的質問法の1つに秘匿情報検査（concealed information test: CIT）がある。CITは心理検査としての妥当性が高いと認められており（Iacono & Lykken, 1997）、また、コントロールとなる非裁決項目が比較的に見つけやすく（桐生, 2000）、偽陽性率が極めて低い（小川・松田・常岡, 2013; 財津, 2014）。そのため、日本の犯罪捜査ではCITが採用されており、年間5000件ほどの検査が行われている（Osugi, 2011）。CITは、事件に関係する裁決項目（例：窃盗品である指輪）と、それと似ているが事件とは関係しない非裁決項目（例：ネックレス、イヤリング、時計）で構成される。そして「盗まれたのは〇〇ですか？」などと尋ね、被検査者が否定の返答をしたときの生理反応を測定する。裁決項目に対して、非裁決項目より

* 明星大学大学院心理学研究科

** 明星大学心理学部

¹ 本論文は、第1著者が2019年度に明星大学人文学部心理学科に提出した卒業論文をもとに、データの再分析を行ったうえで執筆したものである。

も大きな生理反応が生じたときは、被検査者は裁決項目を記憶していると推定する。一方、裁決項目と非裁決項目に対する生理反応に違いがなければ、被検査者は裁決項目を記憶していないと推定する(松田, 2016)。

現在の日本の犯罪捜査で行われている CIT では、皮膚電気活動や心拍、呼吸などの自律神経系反応が主として用いられている。一方、近年では、事象関連電位(event-related potential: ERP)や機能的磁気共鳴画像法(functional magnetic resonance imaging: fMRI)といった中枢神経系の測度を CIT に利用することに関心が高まっている(久保・入野, 2007; Langleben et al., 2002)。

ERP や fMRI などの中枢神経系の指標は、現行の自律神経系の指標を上回る検出率が期待されるが、その反面として様々な問題が指摘されている。例えば ERP は、眼球運動に伴う眼電位が生体電位ノイズとなるため、意図的な眼球運動による検査妨害が容易である。また、fMRI の場合、計測中にわずかでも体動があれば正確な計測結果が得られなくなる。さらに、fMRI は検査機器自体が大掛かりになり、将来的にもコストの軽減が難しいという問題を有している。この ERP や fMRI が持つ問題点は、犯罪捜査への適用という観点からは、致命的な欠点と言える。

これらの問題点(眼球運動、体動、コスト)を解決する中枢神経系の計測法として期待されるのが、近赤外分光法(near-infrared spectroscopy: NIRS)である。NIRS は被検査者の眼球運動による生体電位ノイズや体動に対して比較的頑健で、コストも低い。NIRS の短所としては、ERP と比較した場合には、時間分解能が低いということがあげられる。また、fMRI と比較した場合には、空間分解能が低いいため、賦活した脳部位の特定や脳深度の情報は測定不可能ということがあげられる。しかし、NIRS の検出精度が高ければ、これらの短所よりも前述した長所が生かされるため、NIRS はポリグラフ検査に適した測定手法となり得る(細川・風井・八木・片寄, 2008)。

CIT に NIRS を導入した研究として、細川・風井・八木・片寄(2008)がある。この研究では、14 名の実験参加者に対して、模擬窃盗課題を行わせ、ポリグラフ検査を行った。その結果、非裁決項目呈示時よりも裁決項目呈示後の酸素化ヘモグロビン(oxy-hemoglobin: Oxy-Hb)濃度が有意に高くなるという傾向が見られた。特に、裁決項目呈示後 6s から 15s 間において、11 名中 10 名が非裁決項目呈示時より裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなることが示された。

ただ、一般に、CIT は、被検査者に標的を検出さ

せない受動的課題であり、複雑な課題を課すことができない被検査者や、課題遂行に積極的でない被検査者に有効であるものの、閉眼や視線を逸らす方法によるカウンターメジャー(countermeasure: 妨害工作)に弱いという欠点がある。特に、犯罪捜査では被検査者が必ずしも協力的とは限らないため、呈示する刺激を注視させる工夫と、注視していたという確認が必要である。この問題点に対し、呈示刺激への注意と課題への情報処理活動を確保するため、裁決項目と非裁決項目の他に、ボタン押しやカウントを求める標的刺激を呈示する 3 刺激オドボール課題を応用する試みがなされている(平, 1998)。

そこで、本研究は、従来の受動的な CIT ではなく、3 刺激オドボール課題による能動的な CIT を利用して、虚偽検出事態における NIRS の適用可能性について検討することを目的とした。具体的に、本研究では、模擬窃盗課題後に能動的な CIT を実施した際の実験参加者の前頭前野領域の脳血行動態を NIRS により測定し、裁決項目と非裁決項目のそれぞれに対する NIRS データを比較することを通して、NIRS においても模擬窃盗による特異的反応が確認できるか否かについて検討を行った。

前述のように、従来の受動的な CIT に NIRS を導入した研究において、非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなることが報告されている(細川他, 2008)。3 刺激オドボール課題を応用した CIT においても、これと同様の結果を得ることができれば、3 刺激オドボール課題を用いた虚偽検出が NIRS でも有効であると予測される。

方法

実験参加者

大学生 19 名(男性 10 名、女性 9 名、年齢 18 ~ 22 歳、平均年齢 20.10 歳、標準偏差(standard deviation: SD) = 1.29)を実験参加者とした。いずれの実験参加者も、裸眼もしくは眼鏡・コンタクトレンズの使用により実験に支障のない裸眼視力もしくは矯正視力を有していた。また、エジンバラ利き手検査(Oldfield, 1971)の結果、全員が利き手指数(laterality quotient: LQ)が 50 以上の右利きであることを確認した(平均 LQ = 87.79, SD = 12.68)。実験に際し、各実験参加者を模擬的な犯罪行為として窃盗行為を行わせる模擬窃盗群(10 名)と、行わない無罪群(9 名)の 2 群にランダムに割り当てた。

課題

模擬窃盗群においては、標的刺激、非標的刺激(裁

決項目、非裁決項目）の3種類の刺激で構成される3刺激オドボール課題を実施した。一方、無罪群においては、標的刺激、非標的刺激（非裁決項目）の2種類で構成されるオドボール課題を実施した。

刺激

課題では、模擬窃盗で使用した物品（紙幣、財布、時計、指輪、ネックレス、イヤリング）のカラー画像（視角 $18.9^\circ \times 33.6^\circ$ ）の下に「あなたはこれを盗みましたか」という黒色の文字で書かれた質問文（1文字につき視角 $2.2^\circ \times 2.2^\circ$ ）を示した6種類の刺激画像を使用した。また、安静（レスト）時に呈示する画像として、黒色の背景の中央に灰色の凝視点（視角 $7.0^\circ \times 7.0^\circ$ ）を示したランク画像を使用した。

器具・装置

実験参加者の前頭前野領域における脳血行動態反応の測定及び記録に、光トポグラフィ装置（日立製作所製、ETG-4100）を使用した。刺激呈示には、17型液晶ディスプレイ（三菱電機製、Diamondcrysta, RDT1711S）、実験参加者の反応入力には外部スイッチ（日立製作所製）を使用した。

手続き

実験参加者に実験が虚偽検出に関連するものであること、いつでも実験を中断できることを説明したうえで実験を開始した。模擬窃盗群には、課題開始前に模擬的な犯罪行為として窃盗行為を行わせた。実験参加者に地図とトートバッグを渡し、実験室を出て指定された場所に向かい、隠してある物品をトートバッグに入れ盗んでくるように求めた。盗んでくる物品は、6種類の物品（紙幣、財布、時計、指輪、ネックレス、イヤリング）の中から実験参加者ごとにランダムに設定し、その物品が3刺激オドボール課題における裁決項目となった。無罪群には模擬窃盗を行わせなかった。

その後、各群の実験参加者に、NIRSホルダーを装着したうえで課題を実施した。個々の試行では、刺激画像が呈示された後「いいえ」と口頭で回答するとともに、標的刺激に対しては、右手で右側（青色）のボタンを、非標的刺激に対しては、左手で左側（赤色）のボタンを押すことを求めた。刺激の種類は、模擬窃盗群においては標的刺激1つ、非標的刺激5つ（裁決項目1つ、非裁決項目4つ）の計6種類、無罪群においては標的刺激1つ、非標的刺激5つ（非裁決項目5つ）の計6種類であった。実験参加者ごとに6種類の物品を標的または非標的の刺激、裁決または非裁決項目へランダムに割り当て、各画像を刺激として呈示した。刺激の呈示時間は1sで、その前後に19sのレストを設

定した。1試行は20sであった。課題ブロックは6試行で構成され、前述した6種類の刺激を1回ずつ呈示した。さらに、1セッションにつき2つの課題ブロックを設定し、これを3セッション行った、したがって、6試行 \times 2ブロック \times 3セッションで、計36試行を実施した。順序効果を相殺するため、各課題ブロック内の刺激の呈示順序はランダム化した。

各セッションの間には、1分程度の休憩をはさんだ。実験全体の所要時間は約50分であった。

NIRS測定

実験参加者の前頭部に、近赤外線照射プローブ8個と検出プローブ7個が3cm間隔で3 \times 5で配置されたホルダーを装着し、計22チャンネル（CH）の同時計測を行った。また、国際10-20法に基づき、Fpzは照射プローブの12に対応するように装着した（Figure 1）。

サンプリング周波数10HzにてNIRS測定を行った。実験後に得られた測定データについては、5sの移動平均処理を行った後、刺激呈示直前の5sと、刺激呈示終了後に9sの時間間隔を置いた後の5sをベースラインとし、これらの値をもとに課題ブロック中の血中ヘモグロビン濃度変化量のベースライン補正を行った（一次補正）。さらに、個々の実験参加者ごとに、6つの課題ブロックのヘモグロビン濃度変化量を刺激の種類（採決項目・非採決項目・標的刺激）別に加算平均した。その後、各刺激項目に対するNIRSデータの起点を揃えるために、刺激呈示前の300ms間のOxy-Hb濃度の平均値を算出し、刺激呈示前5sから刺激呈示後15sの個々のOxy-Hb濃度値からそれを減算する二次補正を行った。本研究では、NIRSデータのうち、脳血流変化をもっとも反映するとされるOxy-Hb濃度のみを分析対象とし、脱酸素化ヘモグロビン（Deoxy-Hb）及び総酸素化ヘモグロビン（Total-Hb）は分析対象から除外した。

結果

行動データ

模擬窃盗群と無罪群の正答率と平均反応時間をTable 1に示した。各実験参加者の正反応率と平均反応時間について、群（模擬窃盗・無罪） \times 刺激の種類（標的刺激・裁決項目・非裁決項目）を要因とする2要因分散分析を行ったところ、正反応率と平均反応時間のいずれに関しても、有意な主効果及び交互作用はなかった。

NIRSデータ

模擬窃盗群における、CHごとの裁決項目と非裁決

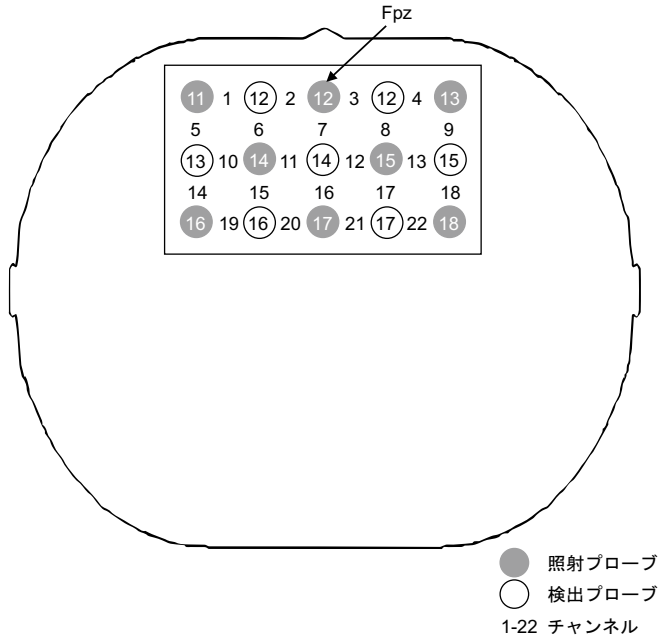


Figure 1 プローブとチャンネルの配置

Table 1 模擬窃盗群と無罪群における正反応率および平均反応時間

	模擬窃盗群			無罪群	
	標的刺激	裁決項目	非裁決項目	標的刺激	非裁決項目
正反応率(%)	94.44	100	100	96.67	100
平均反応時間(s)	1.4(SD=0.9)	1.5(SD=1.1)	1.3(SD=0.6)	1.2(SD=0.4)	1.1(SD=0.4)

項目の Oxy-Hb 濃度総加算平均波形を、Figure 2 に示した。Figure 2 から、刺激呈示後 10s 付近をピークに Oxy-Hb 濃度が増加し、また、非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなる傾向が観察された。刺激呈示後 15s 間の Oxy-Hb 濃度の最大値について、模擬窃盗群における平均値を算出し、CH ごとに対応のある片側 t 検定を行った結果、CH 9 で裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度の最大値が非裁決項目呈示時と比較して有意に大きいことがわかった ($t(8) = 2.00, p < .05$)。

また、模擬窃盗群に関して、刺激呈示後の 15s を 3 s ごとに区切り、各区間の裁決及び非裁決項目に対する平均 Oxy-Hb 濃度をそれぞれ Figure 3, 4, 5, 6, 7 に示した。Figure 3, 4 から、1s から 3s 及び 4s から 6s の区間においては、非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が低くなる傾向が観察された。Figure 5, 6, 7 から、7s より裁決項目呈示時の

Oxy-Hb 濃度が増加し、10s から 12s 及び 13s から 15s の区間において、非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなる傾向が観察された。これらのデータについて CH ごとに対応のある片側 t 検定を行った結果、12s から 15s の区間の CH 9 ($t(8) = 2.11, p < .05$), CH12 ($t(8) = 2.27, p < .05$), CH17 ($t(8) = 1.94, p < .05$) で、裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が非裁決項目呈示時と比較して有意に大きいことが示された。

考察

本研究は、3 刺激オドボール課題による能動的な CIT を利用して、虚偽検出事態における NIRS の適用可能性について検討することを目的とした。具体的に、模擬窃盗課題後に CIT を実施した際の、裁決項目と非裁決項目のそれぞれに対する NIRS データを比較することを通して、NIRS においても模擬窃盗による特異的反応が確認できるか否かについて検討を行った。

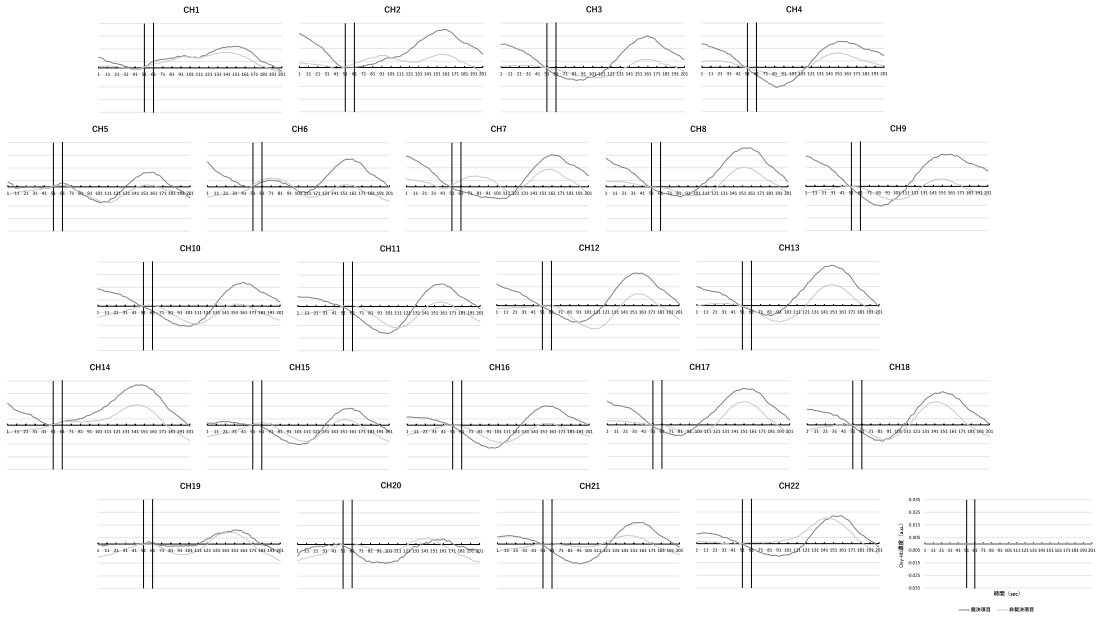


Figure 2 模擬窃盗群における Oxy-Hb 濃度総加算平均波形（縦線は刺激呈示区間）

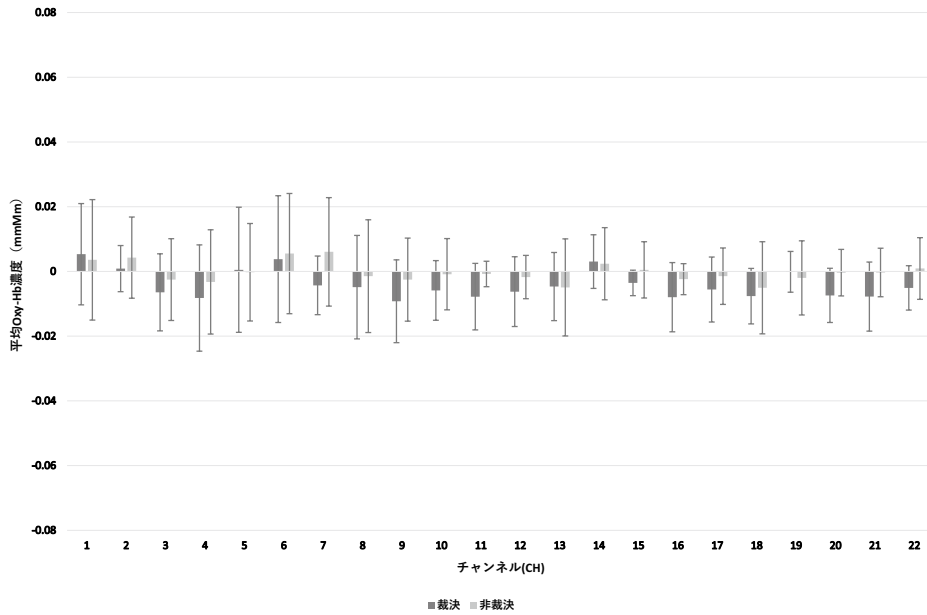


Figure 3 刺激呈示後 1s から 3s の区間の平均 Oxy-Hb 濃度

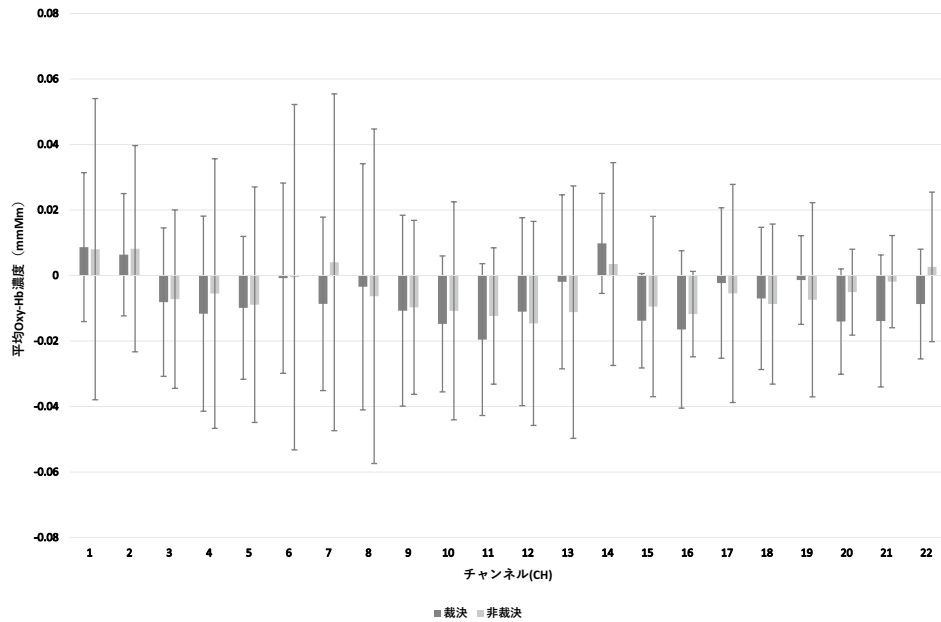


Figure 4 刺激呈示後4sから6sの区間の平均Oxy-Hb濃度

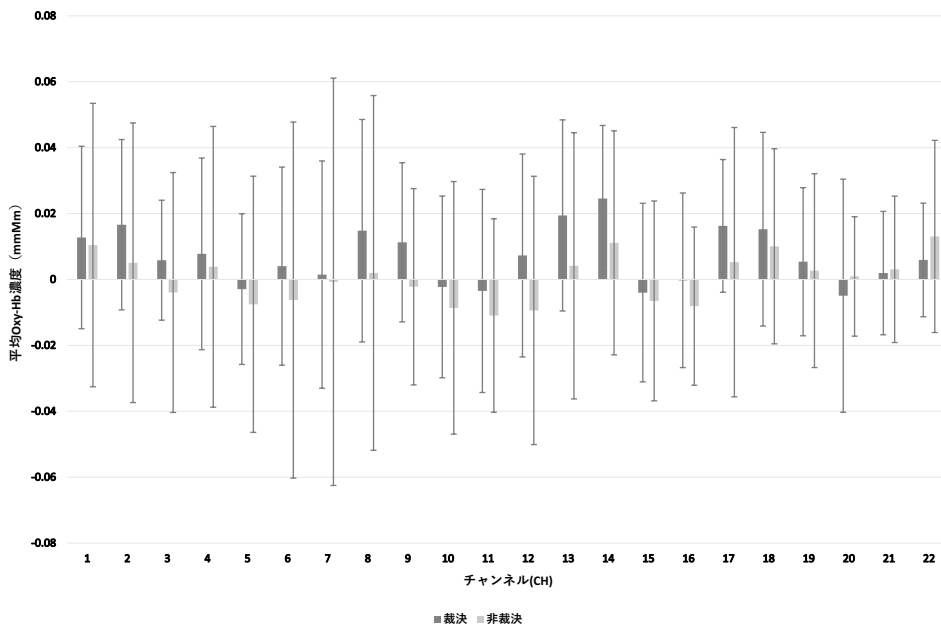


Figure 5 刺激呈示後7sから9sの区間の平均Oxy-Hb濃度

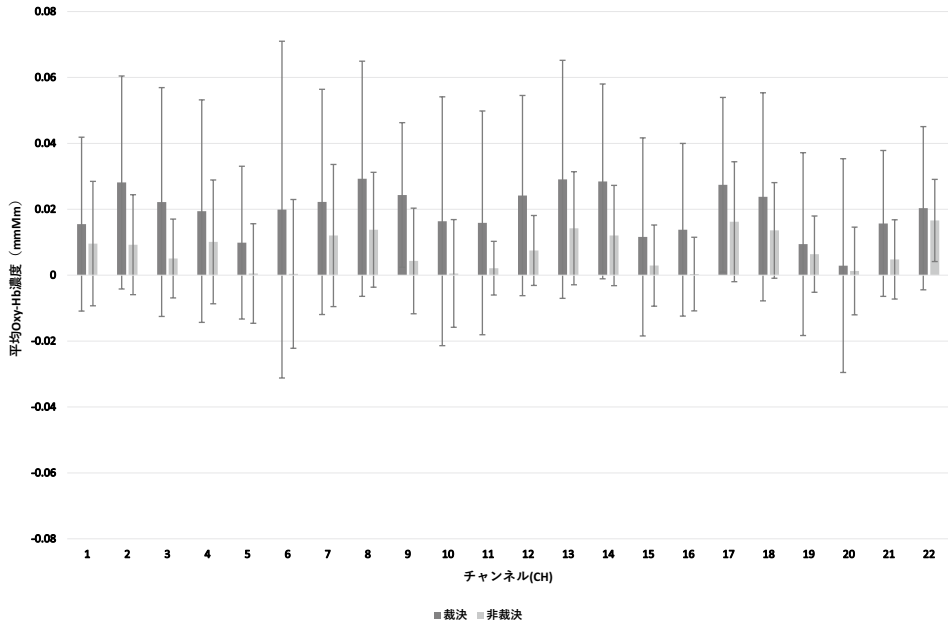


Figure 6 刺激呈示後 10s から 12s の区間の平均 Oxy-Hb 濃度

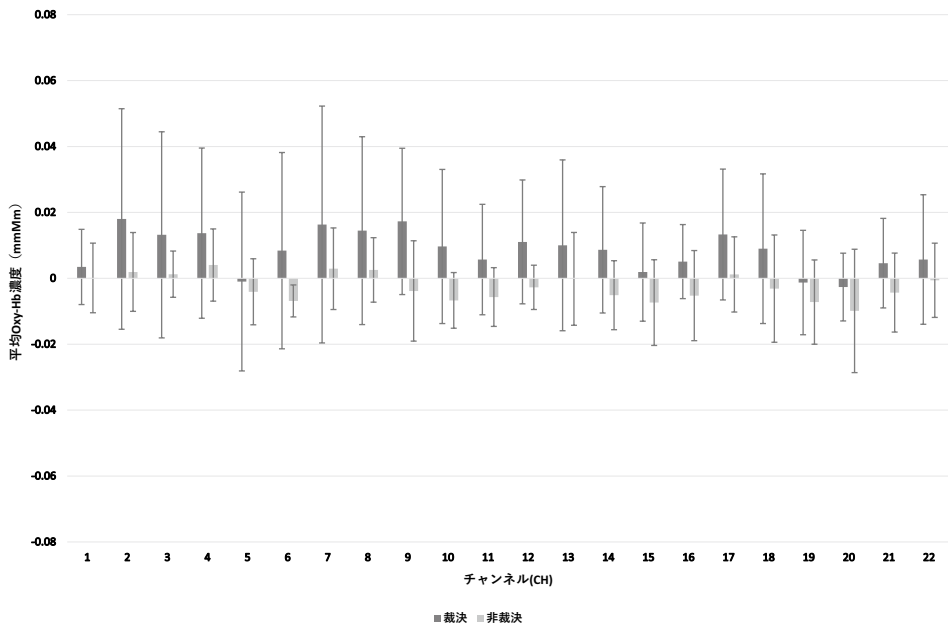


Figure 7 刺激呈示後 13s から 15s の区間の平均 Oxy-Hb 濃度

従来の受動的な CIT に NIRS を導入した研究において、非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなることが報告されている。能動的な CIT においても、同様の結果を得ることができれば、NIRS による虚偽検出が有効であると予測される。

Figure 1 より、刺激呈示後 10s 付近をピークに Oxy-Hb 濃度が増加し、非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなる傾向が観察された。また、本研究では刺激呈示後 12s から 15s の区間において、CH9,12,17 が非裁決項目呈示時と比較し裁決項目呈示時の Oxy-Hb 濃度が高くなることが明らかになった。このことは、3 刺激オドボール課題を CIT に導入した場合も、裁決項目に対する特異的な反応が NIRS において生じていることを示唆している。そのため、能動的な CIT を用いた事態においても、NIRS による虚偽検出はある程度可能と考えられる。

そして、有意差が得られた CH はいずれも右前頭前野領域に分布している。特に、右中前頭回は、目標を達成するための行動をサポートするとされ、反応抑制との関連が指摘されている (Shackman et al., 2009)。CIT では、真実の回答をするという反応を抑制し、嘘をつくことが課題遂行のために要求される。CIT で求められるこのような反応抑制が本研究で観察された右前頭前野領域における裁決項目と非裁決項目との間の血流量の差をもたらししているのかもしれない。この点について今後検討する必要がある。

さらに、CIT において生じる生理反応には、裁決項目を再認したという記憶に関わる生理反応だけではなく、再認したことを隠蔽することによる生理反応も含まれていると考えられる (松田, 2016)。本研究では、実験参加者に対し裁決項目を再認したということが反応にあらわれないよう隠すことは求めなかった。反応にあらわれないようにしなければならないという回避動機づけが生じることも考えられ、CIT における生理反応に与える影響についても今後検討する必要がある。

また、本研究では、模擬窃盗課題を実施する際、実験参加者に対し盗む物品の場所を指示するなど、実際に想定される窃盗行為とは乖離した行為内容であった。「盗んだ」という意識の差が課題遂行や生理反応に与えた影響があることも考えられ、より現実の場面に近い実験環境を想定した、模擬窃盗課題の実施方法についても吟味していく必要がある。

引用文献

平伸二 (1998). 事象関連電位による虚偽検出 日本鑑識

科学技術学会誌, **3** (2), 21-35.

- 細川豊治・風井浩志・八木昭宏・片寄晴弘 (2008). 虚偽検出場面における新たなる計測手法—機能的近赤外線分光法を指標として— ニューマンインタフェース学会論文誌, **10** (2), 141-148.
- Iacono, W.G., & Lykken, D.T. (1997). The validity of the lie detector: Two surveys of scientific opinion. *Journal of Applied Psychology*, **82**, 426-433.
- 警察庁 (2012). 警察白書 p.87
- 桐生正幸 (2000). 多様なウソ発見の質問法 平伸二・中山誠・桐生正幸・足立浩平 (編) ウソ発見—犯人と記憶のかけらを探して— (pp.69-81) 北大路書房
- 久保賢太・入戸野宏 (2007). 事象関連電位の P300 を用いた虚偽検出 広島大学大学院総合科学研究科紀要. I, 人間科学研究, **2**, 101-114.
- Langleben, D. D., Schroeder, L., Maldjian, J. A., Gur, R. C., McDonald, S., Ragland, J. D., & Childress, A. R. (2002). Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study. *NeuroImage*, **15**, 727-732.
- 松田いづみ (2016). 隠すことの生理心理学: 隠匿情報検査からわかったこと 心理学評論, **59** (2), 162-181.
- Nose, I., Murai, J., & Taira, M. (2009). Disclosing concealed information on the basis of cortical activations. *NeuroImage*, **44**, 1380-1386.
- 小川時洋・松田いづみ・常岡充子 (2013). 隠匿情報検査の妥当性: 記憶検出技法としての正確性の実験的検証 日本法科学技術学会誌, **18**, 35-44.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, **9**, 97-113.
- Osugi, A. (2011). Daily application of the Concealed Information Test: Japan. In B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, & E. Meijer (Eds.), *Memory Detection: Theory and Application of the Concealed Information Test* (pp.253-275). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Shackman, A. J., McMenamin, B. W., Maxwell, J. S., Greischar, L. L., & Davidson, R. J. (2009). Right dorsolateral prefrontal cortical activity and behavioral inhibition. *Psychological science*, **20**, 1500-1506.
- 財津亘 (2014). ポリグラフ検査に対する正しい理解の促進に向けて 立命館文学, **636**, 1155-1144.

Detection of Deception in the Concealed Information Test Using Odd-ball Paradigm: A NIRS Study

KOKI HAKAMADA (GRADUATE SCHOOL OF PSYCHOLOGY, MEISEI UNIVERSITY)

MITSUYO SHIBASAKI (DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY, MEISEI UNIVERSITY)

MEISEI UNIVERSITY ANNUAL REPORT ON PSYCHOLOGICAL RESEARCH, 2021, 39, 19—27

Key Words : detection of deception, concealed information test (CIT), near-infrared spectroscopy (NIRS), three-stimulus oddball task