

虚偽検出における近赤外分光法の利用可能性 に関する検討：犯罪シナリオについての情 報秘匿時の脳血流の変化

新岡，陽光

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

大学院紀要 = Bulletin of graduate studies / 大学院紀要 = Bulletin of
graduate studies

(巻 / Volume)

79

(開始ページ / Start Page)

107

(終了ページ / End Page)

119

(発行年 / Year)

2017-10-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014291>

虚偽検出における近赤外分光法の利用可能性に関する検討 —犯罪シナリオについての情報秘匿時の脳血流の変化—

The possibilities of near infrared spectroscopy in lie detection -the change of cerebral blood flow during the concealment of the information about a criminal scenario-

人文科学研究科 心理学専攻

博士後期課程 3年 新岡陽光

和文要約

日本における犯罪捜査では、当該事件の被疑者の供述の真偽を複数の末梢神経系反応から評価するポリグラフ検査が実施されている。末梢神経系反応は中枢神経系反応からの出力の結果として生じるものである。そのため、脳機能計測法により、脳活動を指標として虚偽検出を行うことも可能であると考えられる。本研究では、携帯性に優れ、参加者への負担が少なく、コストも比較的低いといった実務場面で応用するうえでの利点を持っている近赤外分光法を用いて情報秘匿の有無を識別できないかどうかを検討した。8名の参加者に架空の犯罪シナリオを呈示し、事件の内容について記憶してもらった。その後、シナリオの内容について質問し、その間の前頭前領域における脳血流動態反応を計測した。その結果、シナリオの内容を秘匿した場合に酸素化ヘモグロビン濃度が有意に上昇することが確認された。一方、シナリオの内容を秘匿していない場合には、質問回答時に酸素化ヘモグロビン濃度が上昇しなかった。以上から、近赤外分光法を現実の捜査場面でのポリグラフ検査に応用できる可能性を示すことができた。

ABSTRACT

In Japanese criminal investigations, police officers conduct a polygraph test in order to judge whether the suspects tell the truth or lie on the basis of their several peripheral nervous reactions. Peripheral nervous reactions have roots in central nervous reactions. Therefore, functional brain imaging techniques are also useful to detect lies or concealments. Near infrared spectroscopy has great advantages than other techniques when we apply it to real criminal investigations. NIRS device is highly portable and costs relatively lower. Moreover, NIRS is less sensitive to motion artifacts than fMRI. In this study, I examined the possibility of NIRS to detect concealments of the information about a fictional crime. Eight participants read a scenario about a fictional crime and memorized the details of it. Then, they were asked to conceal the details. During concealments, cerebral blood flow reactions of their prefrontal regions were measured with NIRS. My results showed that the concentrations of oxygenated hemoglobin significantly increased during concealments. In contrast, the concentrations of oxygenated hemoglobin did not increase during not concealments. These results suggest the possibilities of applying NIRS to polygraph test in real investigations.

キーワード：秘匿情報検査(concealed information test), 近赤外分光法(near infrared spectroscopy), ポリグラフ検査(polygraph test), 局所脳血流(regional cerebral blood flow)

1. 研究の背景

1.1. ポリグラフ検査

ある犯罪が発生した際に、刑事手続きとして、警察官により捜査が行われ、事件の情報や資料の収集がなされる。この捜査段階において、捜査心理学の研究知見が積極的に活用されている。捜査心理学の中でも、ポリグラフ検査に関する研究では、被疑者の供述の真偽について、生理反応を利用して鑑定する方法として発展している。ポリグラフ検査は、日本で年間約 5,000 件実施されており (Osugi, 2011)、信頼性・妥当性ともに高い評価を得ている (小川、松田 & 常岡, 2013; 財津, 2014)。嘘を正確に見破ることは、犯罪捜査において、特に重要である。正確に嘘を見破ることができれば事件の早期解決につながりうる一方、嘘を見破ることができずに誤った判断を下せば、無実の者の一生を左右しかねない。もしも身内が犯罪に巻き込まれた場合、犯人がついた嘘を見破ることができず、犯人が司法手続きによって裁かれなかったら、遺族の悲しみは計り知れないだろう。また、本当は無実である者が誤って嘘をついている犯人であると判断されてしまった場合、「科学的な虚偽検出」の名のもとに、冤罪を生み出しかねない。そのため、現在の日本の犯罪捜査における虚偽検出が高い精度を有していることが確認されている (小川、松田 & 常岡, 2013; 財津, 2014) にも関わらず、多くの研究者がさらなる精度の向上を目指し、多面的な検討に尽力していることは、虚偽検出の研究において必要不可欠な過程であるといえるだろう。

ポリグラフ検査には主に 2 種類の手続きがあり、欧米と日本ではそれぞれ異なる手続きが用いられている。欧米をはじめとして、対照質問法 (Control Question Test; CQT) が用いられており、嘘そのものを検出することに焦点を当てている (Patrick & Iacono, 1991; Reid, Inbau, Williams and Wilkins Co, & United States of America, 1977)。この方法では、犯罪に関する内容を直接質問する (裁決質問)。そして、情動が刺激されやすいと予想される誰でも一度はしたことがあるであろう過去の些細な悪い行為に関する質問 (対照質問) をし、両者に対する反応を比較する。もし本当に犯人ならば対照質問よりも裁決質問に対して大きな生理反応が生じるのに対し、無実の者ならば自分が無関係な事件についての裁決質問よりも実際に自分がしたことのある行為についての対照質問に対して大きな生理反応が生じると予想される。CQT には、無実の者でも疑われているという緊張から裁決質問に対して大きな生理反応が生じやすいという問題点も存在する (山村, 2006)。

一方、日本では、秘匿情報検査 (Concealed Information Test; CIT) が用いられている (疋田, 1971; 小林、吉本 & 藤原, 2009)。CIT では、嘘それ自体の検出というよりは、意図的に秘匿された犯罪に関する情報の記憶の検出に焦点を当てている。また、犯罪に関する知識の検出を探る手法であることから、有罪知識検査 (Guilty Knowledge Test; GKT) と呼ばれることもある。この方法では、犯罪事実に関連する 1 つの裁決質問と、犯罪事実とは無関係な複数の非裁決質問から構成される質問表を作成する (Elaad, 1990; Lykken, 1959; Lykken, 1978)。裁決質問は、犯人のみが知り得る情報でなければならず、マスコミによる報道などにより犯人以外でも知り得るような情報を用いることはできない。非裁決質問は、裁決質問で用いられた情報と同一概念の範疇に属する情報を用いる。裁決質問に対する生理反応が、複数の非裁決質問と比較して、一貫して大きいならば、その人は、犯罪事実に関連した情報を有していると判断される。一方、無実の者は、犯罪事実に関連した記憶を持たないことから、裁決質問と非裁決質問で反応に違いがないと考えられる。CQT と比較して、CIT では、無実の人を誤って犯人だと判断してしまう誤りが生じにくいということが報告されている (Ben-Shakhar & Furedy, 1990)。

いずれの手続きにおいても、これまでは、嘘をついた際の末梢神経系器官の反応を検出してきた。たとえば、心臓循環器系、呼吸器系、汗腺活動系の反応が用いられている (Gamer, 2011; 廣田・小川・松田・高澤, 2009; 小川・敦賀・小林・松田・廣田・鈴木, 2007; Osugi, 2011)。近年では、中枢神経系反応計測の技術の進歩に伴って、脳活動の変化から嘘を見破る方法が試みられている (e.g., Farwell & Donchin, 1991; Meixner, & Rosenfeld, 2011; Rosenfeld, Biroshak & Furedy, 2006)。

1.2. 脳機能計測法を用いた虚偽検出

初めて脳機能計測技術を用いて行われた虚偽検出研究としては、fMRI を用いて嘘をついた場合と真実を回

答した場合を比較した Spence, Farrow, Herford, Wilkinson, Zheng, & Woodruff (2001)がある。10名の参加者を対象として36の日常場面における特定の行動(e.g., 「ベッドメイキングをする」, 「薬を飲む」)を行ったかどうかの質問について、嘘をついた場合と真実を回答した場合の脳活動を計測したところ、両側腹外側前頭前野、内側運動前野、内側前頭前野、左外側運動前野、左下頭頂小葉が嘘をつく場合に有意に賦活していることが確認された。この結果に基づいて、Spenceらは、腹外側前頭前野が嘘と関連していると考察している。

Spenceらの研究では、嘘をついた場合と真実を回答した場合の比較を行っており、どちらかというCITよりもCQTによる虚偽検出の実験デザインに近いといえる。Kozel, Johnson, Mu, Grenesko, Laken, & George (2005)もfMRIを用いたCQTに基づく虚偽検出研究により、模擬窃盗に関する嘘をついた場合についても類似した結果が得られることを確認している。Kozelらは、参加者に引き出しの中から”時計”か”指輪”を盗み出すよう教示し、盗み出した”時計”か”指輪”を私物とともにロッカーの中に隠すよう求めた。その後、参加者は4つのカテゴリに属する質問に回答し、その間の脳活動を計測された。”指輪”カテゴリの質問は指輪を盗んだかどうかに関する質問であり、”時計”カテゴリの質問は時計を盗んだかどうかに関する質問であった。これらのカテゴリの質問にはすべて”no”と回答するように求められた。参加者は時計か指輪のいずれかを盗んでおりもう一方は盗んでいないため、”指輪”カテゴリと”時計”カテゴリのどちらかには嘘を回答し、もう一方には真実を回答していることになる。”ニュートラル”カテゴリに属する質問は明確に”yes”か”no”で回答可能な一般的な質問(e.g., 「アメリカに住んでいますか?」, 「チョコレートが好きですか?」)であり、”コントロール”カテゴリは些細な悪行に関する質問(e.g., 「これまでに陰口を言ったことがありますか?」, 「親に嘘をついたことがありますか?」)であった。これらの質問には本当のことを回答するよう求められた。虚偽カテゴリ、真実カテゴリに対する脳反応から、ニュートラルカテゴリ、コントロールカテゴリに対する脳反応を差し引くことにより、質問文を読んだことによる脳の反応を統制し、虚偽を回答する、あるいは、真実を回答することによる脳の反応を検出することができる。この研究の結果、虚偽を回答する場合、真実を回答する場合と比べて、右前帯状皮質、右眼窩前頭前皮質、右下前頭皮質、右中前頭皮質が賦活することが確認された。

それに対し、Langleben, Schroeder, Maldjian, Gur, McDonald, Ragland, & Childress(2002)はCITデザインでのfMRIを用いた実験的検討を行っている。23名の参加者があらかじめ20ドルとクラブの5のトランプカードを受け取り、どのカードを持っているかを実験終了まで隠し通すように教示された。その際、嘘をつく動機づけを高める工夫として、脳活動の計測データに基づき何のカードを持っているかを隠し通すことができなければ20ドルは没収されるというカバーストーリーが伝えられていた。fMRIにより脳活動を計測している間、「このカードを持っていますか?」という質問が嘘条件(クラブの5とともに呈示)、真実条件(ハートの2とともに呈示)の下で呈示され、嘘条件、真実条件で”No”と回答するよう教示された。18名を解析対象とし、分析を行ったところ、真実条件に比べて嘘条件において、左前部帯状回から右内側上前頭回にわたる領域と、左前頭前野の後端から背側運動前野にわたる領域において有意な賦活が認められることを示した。前帯状回が遂行機能を必要とする課題と関連していることから、Langlebenらは、左前部帯状回から右内側上前頭回にわたる領域が嘘に関連する神経回路であると結論づけている。

以上のように、さまざまな文脈で”嘘をつく”という行為と前頭前皮質における賦活の関連が報告されている。

1.3. 近赤外分光法の活用

20世紀末になって、新たな脳機能計測の方法として近赤外分光法 (near infrared spectroscopy; NIRS) が開発された (Kato, Kamei, Takashima, & Ozaki, 1993)。近赤外分光法では、神経血管カップリングという生理学的現象と生体透過性が高いという近赤外光の性質を利用して脳の活動を非侵襲的に計測する。神経血管カップリングとは、神経細胞が活動する際に局所の毛細血管の赤血球のヘモグロビンにより運ばれた酸素が消費され、代謝活動が促進されることによって血流の増加が生じるという現象である (Roy & Sherrington, 1890)。得られた光の強度変化を修正 Beer-Lambert 則(引用)に基づいて、酸素化ヘモグロビン濃度および脱酸素化ヘモグロビン濃度の変化という生体情報へと変換する。実際の計測では、参加者の頭部に照射プローブと検出プローブを装着し、その間の領域(チャンネル)における脳血流の変化量を調べる(図1)。

fMRIと比較したときのNIRSの特徴は、表1のようにまとめることができる。嘘に伴う生理学的機序の解

明という学術的な目的からは、fMRI に比べて優れた時間分解能を持っているという点が NIRS 計測における大きな利点であるといえる。

さらに、NIRS には実際の捜査場面で活用するうえで多くの利点がある。第一に、携帯性に優れるという点であり、捜査場面におけるポリグラフ検査を行ううえで、fMRI にはない大きな利点であるといえる。第二に、特殊な施設を必要とせず、維持費等のコストが比較的低いことが挙げられる。fMRI は強力な電磁波を発生させて生体内の水素原子に生じる反応から脳活動を計測するために、装置を管理する土地および研究施設が必要となる。また、膨大な電力を消費するため、コストもかかる。そのため、実際の捜査場面で各都道府県警察に fMRI を導入することは困難である。一方、NIRS は一般的な実験室さえ与えられれば計測が可能であるため、捜査場面へ導入することが現実的であるといえる。第三に、被検査者への負担についての問題がある。fMRI 計測では、脳スキャンルームにおいて、被検査者の頭部を完全に固定する必要がある。また、非常に大きな騒音が生じる。NIRS 計測では、参加者の

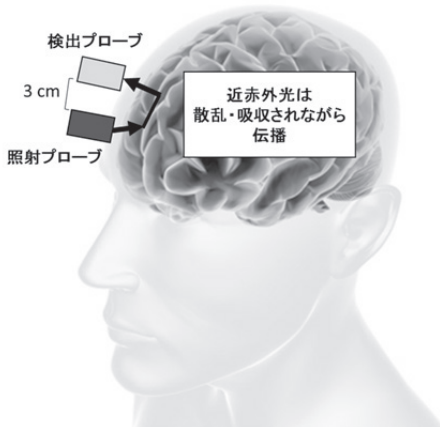


図 1. NIRS の計測原理

参加者の頭部に近赤外光を照射し、
反射光を検出する

表 1. fMRI と比較したときの NIRS の特徴
それぞれの利点を太字で示している

	fMRI	NIRS
空間分解能	高い(数mm)	低い(数cm)
時間分解能	中程度(数百ミリ秒)	高い(数十ミリ秒)
解剖学的情報	得られる	得られない
脳深部計測	可能	不可能
計測自由度	非常に低い	非常に高い
被験者への負担	大きい	ほとんどなし
ラーニングコスト	非常に高い	非常に低い
携帯性	優れない	優れる

頭部にプローブを固定するため、体動アーチファクトに対して比較的頑健であり、参加者への負担も少ない。捜査場面では、ポリグラフ検査に非協力的な被疑者が多いため、この点も NIRS 計測の利点であるといえる。以上の理由から現実の捜査場面で応用が期待できると考えられる。

これまでに行われた NIRS を用いた虚偽検出研究としては、Tian, Sharma, Kozel, & Liu (2009)が挙げられる。Tian らは、Kozal et al.(2005)の fMRI 研究で用いられた模擬窃盗のパラダイムで NIRS による前頭領域における血流の変化を調べる実験を行った。その結果、嘘カテゴリーの質問呈示から約 10 秒後に酸素化ヘモグロビン濃度がピークを迎え、次第にベースラインへと戻っていることが確認された。一方、真実カテゴリーの質問呈示後にはそのような変化は見られず、酸素化ヘモグロビン濃度の有意な増加は見られなかった。また、脱酸素化ヘモグロビン濃度については、真実カテゴリー、嘘カテゴリーのいずれについても有意な変化は認められなかった。Tian らの研究は、嘘をついた場合と真実を回答した場合で前頭領域における血流変化の挙動が異なることを確認し、NIRS を虚偽検出研究に応用できる可能性を示しているといえる。

1.4. 本研究の目的

本研究は、日本の犯罪捜査で行われている CIT パラダイムの枠組みで、NIRS を用いた虚偽検出が可能であるかどうかを検討するための基礎的な研究として位置づけられる。現実の犯罪捜査では、自分が実際に行った犯罪事実に関する情報について、情報を秘匿しているかどうか、すなわち、嘘をついているかどうかを判断する必要がある。本研究では、その前段階として、行為の実行ではなく架空の犯罪シナリオに関連する情報につ

いての情報を秘匿した場合とそうではない場合についての前頭領域の血流動態反応に差異が見られるかどうかを、NIRS を用いて検討した。その際、実験デザインについては、刺激の呈示時間以外は現行のポリグラフ検査と同様のデザインで行った。実験の刺激について、近年外国人の犯罪も増えていることから、ポリグラフ検査において、文章だけではなく画像も使用される(松田, 2004)。そのため、本研究においても、裁決項目および非裁決項目の呈示には文章と画像を使用した。

2. 方法

2.1. 研究参加者

法政大学の学生 8 名 (男性 5 名, 女性 3 名, 平均 23.6 歳, $SD = 1.77$) が参加した。全員正常な視力あるいは矯正視力を有しており、また、日本語を普段から使用していた。研究参加者は口頭と書面で実験内容の説明を受け、同意書に署名した。また、実験が始まってからも、気分が悪くなった場合などには、いつでも参加者の任意のタイミングで参加を中止できる旨も告げられた。参加者は実験終了後に謝礼として 500 円の謝礼を受け取った。実験の内容および手続きについては、あらかじめ法政大学文学部心理学科・心理学専攻倫理委員会の了承を得ていた。

2.2. 計測装置

8 つの照射プローブおよび 8 つの検出プローブを用いた 24 チャンネルの NIRS システム (ETG-4000, 日立メディコ製, 日本) を使用して脳血流の変化を計測した。それぞれの照射プローブと検出プローブは、 $9 \times 9 \text{ cm}^2$ のゴム製のベルトに挿入し、上からナイロンネットを用いて前頭部に固定した。16 のプローブは 4×4 で配置され (図 2a)、前頭前領域における 24 のチャンネル内 (図 2b) の酸素化ヘモグロビン濃度の変化量 ($\Delta[\text{oxyHb}]$)、脱酸素化ヘモグロビン濃度の変化量 ($\Delta[\text{deoxyHb}]$) が計測された。プローブの配置は、先行研究の結果 (Tian, Sharma, Kozel, & Liu, 2009) に基づいて決定した。プローブ間の距離は 30 mm であり、頭蓋骨から 15–25 mm の深さの神経活動を計測可能である。NIRS 計測に使用した近赤外光の波長は 695 nm と 830 nm の 2 つであり、生態組織内で生じる近赤外光の高い散乱の挙動を考慮するための修正 Beer – Lambert 則 (Izzetoglu, 2005; Kocsis, Herman, & Eke, 2006; Matsuo, Kato, & Kato, 2002) により、照射光と検出光の強度変化という物理量をヘモグロビン濃度変化量という生態情報へと変換した。変換により得られたヘモグロビン濃度変化量は濃度と光路長の積のかたち (millimolar \times millimeter) で表現されるため、mM \times mm の単位で記録された (Maki, Yamashita, Ito, Watanabe, Mayanagi, & Koizumi, 1995)。サンプリングレートは 10Hz で記録された。刺激の呈示には MATLAB (Mathworks, Natick, MA) 上で動作する psychtoolbox (Brainard, 1997; Kleiner, Brainard, & Pelli, 2007; Pelli, 1997) を使用し、データの解析には MATLAB 2012a を使用した。

2.3. 実験手続き

参加者は実験への参加に同意した後、図 3a のような流れで実験を行った。

はじめに犯罪シナリオの内容についてあとでテストを行うことを教示したうえで記憶するように教示し、犯罪シナリオをコンピュータのディスプレイ上に呈示した。犯罪シナリオは全部で 7 ページあり、参加者の任意のタイミングでボタンを押して次のページに進めるようになっていた。参加者には「自分が犯人になったつもりで読む」ということを伝えた。シナリオの内容は、金銭トラブルから知人の女性を刺殺してしまうというものであった。具体的には、凶器として「ハサミ」を女性の「背中」に刺し、出血多量で死亡させてしまい、「山の中」に死体を遺棄するというものであった。シナリオを読んだ後、「実験終了まではシナリオの内容については知らないふりをする」と伝えた。

次に、10 分間休憩してもらった後、情報秘匿課題で呈示する刺激の項目についての見本合わせを行った。これは、嘘とは無関連な刺激の視覚的特性による脳の活動を統制する目的があった。参加者には、「これから事件についての情報をあなたが知っているかどうかを脳活動計測の結果から判断します。そのための検査で聞かれる情報について前もってお見せします。」と伝えたうえで、凶器、刺殺箇所、死体遺棄場所の 3 種類それぞれ

について裁決項目を含む5つの質問から構成される刺激セットを順番に呈示していった。刺激セットの呈示は

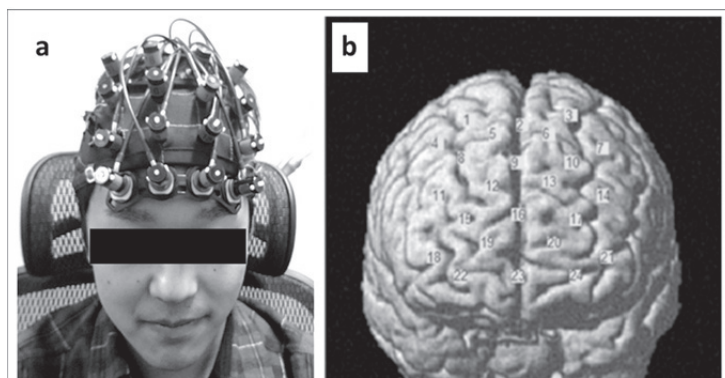


図 2. 本研究における NIRS 計測

- (a) 4 × 4 のプローブ配置で計測を行っている様子
- (b) 脳表に対応するチャンネル位置

表 2. 架空の犯罪シナリオについての質問の内容

凶器に関する質問		刺殺箇所に関する質問	
あなたが使った凶器はハサミでしたか？	裁決質問	あなたが刺したのは背中でしたか？	裁決質問
あなたが使った凶器は果物ナイフでしたか？	非裁決質問	あなたが刺したのは首でしたか？	非裁決質問
あなたが使った凶器はアイスピックでしたか？	非裁決質問	あなたが刺したのは胸部でしたか？	非裁決質問
あなたが使った凶器はカッターナイフでしたか？	非裁決質問	あなたが刺したのは腹部でしたか？	非裁決質問
あなたが使った凶器はナイフでしたか？	非裁決質問	あなたが刺したのは脚でしたか？	非裁決質問
死体遺棄場所に関する質問			
あなたが死体を遺棄したのは山の中でしたか？	裁決質問		
あなたが死体を遺棄したのは駐車場でしたか？	非裁決質問		
あなたが死体を遺棄したのは川の中でしたか？	非裁決質問		
あなたが死体を遺棄したのはゴミ捨て場でしたか？	非裁決質問		
あなたが死体を遺棄したのは公園でしたか？	非裁決質問		

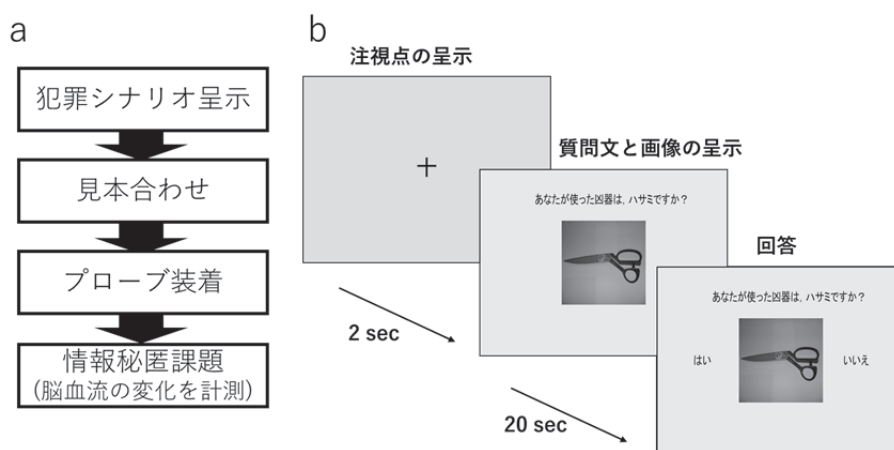


図 3. 本研究における実験全体の流れ(a) および 1 試行の流れ(b)

ディスプレイ上で行い、呈示の順番は凶器、刺殺箇所、死体遺棄場所の順に呈示され、それぞれの中で5つの項目はランダムな順で提示された。見本合わせおよび情報秘匿課題で用いた質問は表2のとおりである。

その後、参加者の頭部にプローブを装着し、情報秘匿課題を行い、質問に回答時の脳血流の変化に関する検討を行った。情報秘匿課題の1試行の流れは図3bの通りである。はじめにディスプレイ上に注視点が2秒間呈示され、次に日本語の質問文と画像が呈示された。参加者は20秒間ディスプレイを見ているよう求められた。質問文と画像が呈示されてから20秒経過すると「はい」、「いいえ」の文字が試行ごとに左右ランダムにいずれかに呈示され、参加者は「いいえ」と口頭で回答した後、「いいえ」という文字が呈示されている方に対応するボタンを押した。質問文は、凶器については「あなたが使用した凶器はXですか?」、刺殺箇所については「あなたが刺した箇所はXですか?」、死体遺棄場所については「あなたが死体を遺棄した場所はXですか?」のXにそれぞれの質問項目が入るかたちで呈示された。1つの質問は異なる順番で3回ずつ呈示された。情報秘匿課題は、全体で3(質問の内容)×5(質問の種類)×3(呈示回数)の45試行行われた。

情報秘匿課題終了後に、参加者に事件の詳細情報である凶器、刺殺箇所、死体遺棄場所について口頭で質問したところ、参加者全員がすべての質問に正解できていたため、全参加者のデータを解析対象とした。

実験は全部で50分程度であり、実験終了後にデブリーフィングおよび研究の目的についての説明を行った。

2.4. データの前処理

情報秘匿課題中の脳血流に関する計測データセットは、質問の内容(凶器・刺殺箇所・死体遺棄場所)ごとにセグメント化した。これまでのNIRSを用いた研究では、oxyHb濃度変化が脳血流反応の鋭敏な指標であることが報告されている(Homae, Watanabe, Nakano, & Taga, 2007; Huppert, Hoge, Diamond, Franceschini, & Boas, 2006; Lu, Zhang, Biswal, Zang, Peng, & Zhu, 2010)。また、Tianら(2009)においても、deoxyHb濃度変化ではなくoxyHb濃度変化について、嘘をついた場合と真実を回答した場合で異なる様相が確認されている。それらの知見を踏まえ、本研究では $\Delta[\text{oxyHb}]$ のみを解析対象とした。はじめに参加者ごとに、全24チャンネル内での平均波形を算出し、次に、項目ごとに3試行の平均波形を算出した。その後、全参加者で平均をとり、時間特性についての把握を試みた。チャンネルごとに刺激呈示前300ミリ秒間のoxyHb濃度の平均値を0点とした場合の刺激呈示後20秒間の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の変化量の最大値の平均値を算出した。 $\Delta[\text{oxyHb}]$ の最大値については、質問の種類ごとに最大値で除することにより正規化を行った。

3. 結果

3.1. 時間特性

参加者に呈示した犯罪シナリオの詳細情報として、凶器、刺殺箇所、死体遺棄場所について質問し、質問文と画像の呈示から20秒間の脳血流変化の時間特性を調べたところ、図4が得られた。呈示時間20秒を2秒ビンで区切り、裁決項目呈示時と非裁決項目呈示時で差があるかどうかを対応のあるt検定を用いて調べたところ、凶器については刺激呈示後6-8秒の区間で裁決項目呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ 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($p = .05$)。死体遺棄場所についても、刺激呈示後12-14秒、14-16秒、16-18秒、18-20秒の区間で裁決項目呈示時に有意に $\Delta[\text{oxyHb}]$ が大きいことが示された(いずれの区間についても $p < .05$)。一方、刺殺箇所については、裁決項目呈示時と非裁決項目呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ について、いずれの区間においても差がみられなかった($p > .05$)。

3.2. $\Delta[\text{oxyHb}]$ の最大値の比較

チャンネルごとに刺激呈示前300ミリ秒間のoxyHb濃度の平均値を0点とした場合の刺激呈示後20秒間の $\Delta[\text{oxyHb}]$ の変化量の最大値(max $\Delta[\text{oxyHb}]$)について、項目の種類ごとに平均値を算出したところ、図5が得られた。凶器については、裁決項目呈示時のmax $\Delta[\text{oxyHb}]$ が非裁決項目呈示時と比較して大きい傾向が確認された($p = .07$)。一方、刺殺部位および死体遺棄場所については、そのような傾向は確認できなかった($p > .05$)。

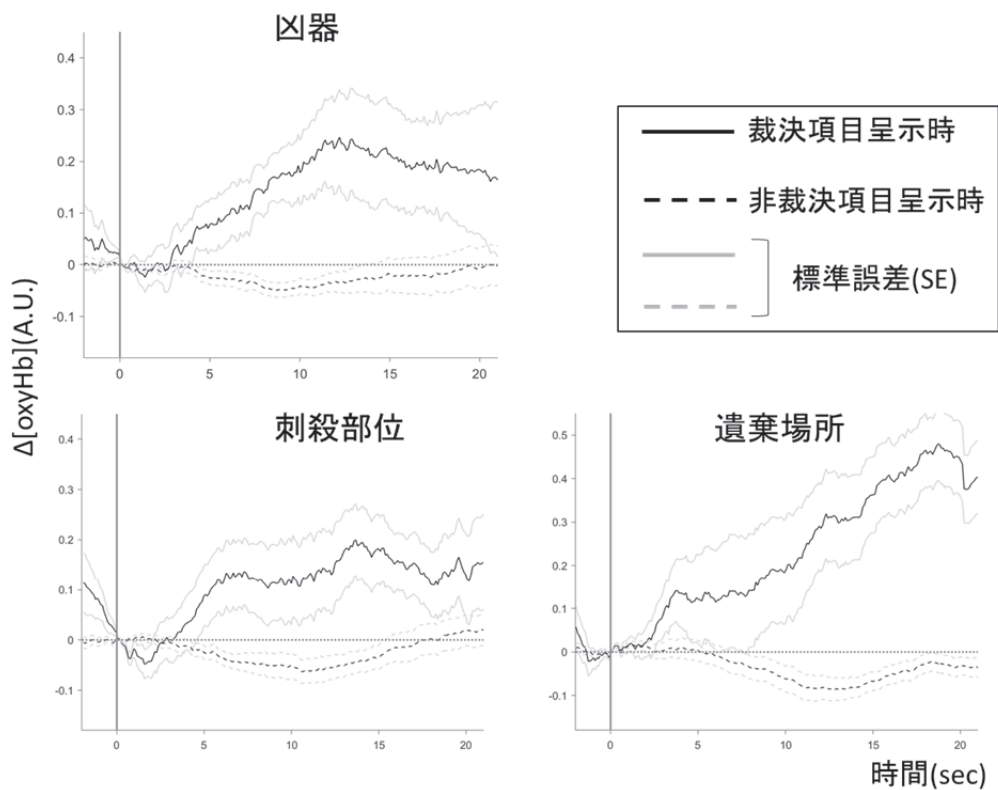


図 4. 各項目呈示時の時間特性

4. 考察

4.1. 本研究で得られた知見

本研究では、実際の犯罪捜査への NIRS の応用可能性を検討するために、架空の犯罪シナリオを用いて、その情報について記憶させ、その時の前頭領域における血流動態反応について調べた。その結果、犯罪シナリオにおける凶器および死体遺棄場所に関する質問について、非裁決項目呈示時と比較して裁決項目呈示時に酸素化ヘモグロビン濃度の変化が有意に大きいことが示された。一方、刺殺部位に関する質問についてはそのような差がみられなかった。また、酸素化ヘモグロビン濃度の変化量の最大値について分析を行ったところ、凶器に関する質問についてのみ、裁決項目と非裁決項目間で、有意傾向ではあるものの差が確認された。

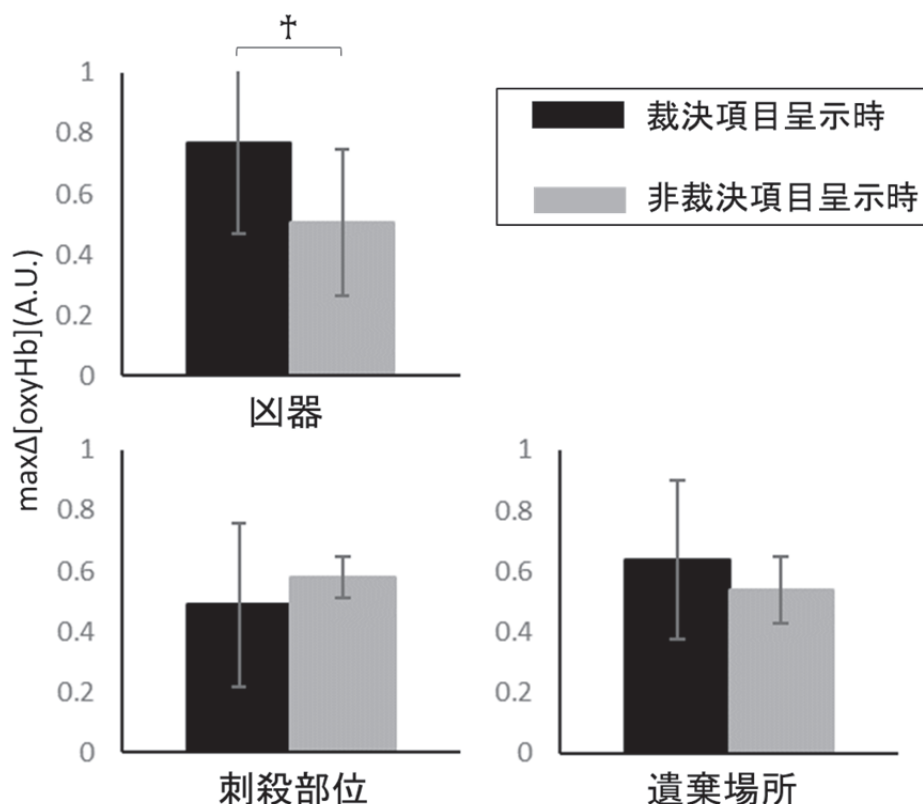


図 5. 酸素化ヘモグロビン濃度変化の最大値の比較
エラーバーは標準偏差(SD)を表す。



図 6. 本研究で使用した画像刺激 (裁決項目)

左から「ハサミ」(凶器), 「背中」(刺殺部位), 「山の中」(死体遺棄場所)である。

実験においては, カラー画像を使用した。

裁決項目と非裁決項目間での酸素化ヘモグロビン濃度の変化量に差が生じた理由としては, 情報秘匿に伴う認知的負荷の影響が考えられる。すなわち, 架空の殺人についてのシナリオはたとえ自分で行った行為ではないにしても, 強い情動を喚起し, その内容について秘匿する場合, 大きな生理反応が生じると考えられる。

また, 本研究において, 凶器, 刺殺部位, 死体遺棄場所という質問の内容間でも異なる結果が得られたという点は興味深い。今回用いた刺激(図 6)は, 凶器の場合, 画像の中心にそれぞれの対象が存在していたのに対し, 死体遺棄場所については, 風景を撮影していた。そのため, 凶器については, 画像の中心を見ればその内容について理解可能である一方, 死体遺棄場所については, 画像全体を見なければその項目が何であるのかを理解することができない。そのような刺激特性の差異が血流動態反応の時間特性にも反映されていると考えられる。図 4 に見られるように, 凶器については 6 - 8 秒という比較的早い時間で裁決項目と非裁決項目間で差が見られているのに対して, 死体遺棄場所については, 12 - 20 秒という遅い時間で差が生じている。この結果は, 刺激特性に起因する認知処理にかかる時間の差異を反映していると考えられる。また, 刺殺部位についての項目は, 「背中」, 「首」, 「胸部」, 「腹部」, 「脚」の画像を使用しており, それぞれの部位のみの画像では, 身体の中のどの部位なのかを判別することができない。そのため, 隣接する身体部位を含んだ画像を使用していた。

そのため、非裁決項目であっても、裁決項目である「背中」を含んでしまっていたために、非裁決項目に対しても大きな生理反応が生じてしまった可能性が考えられる。

これらの解釈の論拠は、各項目呈示時の酸素化ヘモグロビン濃度の変化量の最大値を比較した図 5 からも得ることができる。刺殺部位と死体遺棄場所について、非裁決項目よりも裁決項目呈示時に、酸素化ヘモグロビン濃度変化の最大値の誤差が大きくなっていることが確認できる。したがって、これらの項目では、裁決項目呈示時に、相対的に酸素化ヘモグロビン濃度変化が大きかった者もいれば小さかった者もいるということである。

本研究から、NIRS を用いた虚偽検出において、刺激の視覚的な特性を統制することが非常に重要であることが示唆された。また、質問項目の視覚的な顕示性を高めることで、本研究における凶器に関する質問のように、裁決項目と非裁決項目間で異なる脳血流動態反応を得られることが確認できた。

4.2. ポリグラフ検査における近赤外分光法の利用可能性

本研究では、刺激の呈示時間以外は現行のポリグラフ検査と同様の手続きで実験を行った。その結果、刺激を適切に統制すれば、裁決項目と非裁決項目の間で異なる脳血流動態反応を検出できる可能性が示された。また、凶器に関する質問を呈示した時、刺激呈示後 6 – 8 秒で裁決項目と非裁決項目間で酸素化ヘモグロビン濃度変化に差異が生じることが示されたため、NIRS は、十分に現行のポリグラフ検査と併用が可能な装置であるといえる。

脳活動を計測する手法として、現在最も多く利用されているのは fMRI である。fMRI は、空間分解能に優れ、解剖学的な情報が得られるだけでなく、NIRS に比べると限界はあるものの、ある程度高い時間分解能を持っている。また、非侵襲的であるため、同一参加者に対して繰り返し実験を行うことができ、一般に再現性も高いとされている。そのため、現在の脳機能研究において、fMRI がしばしば用いられている。しかし、ポリグラフ検査への応用を考えた場合、NIRS には fMRI にはない多くの利点が存在する。

fMRI は、計測の性質上、強力な磁場を発生させる必要があるため、特殊な研究環境を設ける必要がある。すなわち、計測装置だけでなく、研究のための土地も用意する必要があり、維持費や計測にかかる消費電力量も非常に大きい。そのため、各都道府県警に fMRI 計測のための施設を設けるといったことは現実的ではない。また、そのような特殊な施設を設けていることから、当然、fMRI 計測装置を別の場所に携帯して計測を行うといったことは不可能である。したがって、従来のポリグラフ検査で使用されてきた生理反応の計測装置のように、事件の現場に持ち運びをして、当該事件の関係者を相手にポリグラフ検査を行うということが困難である。

一方、NIRS 計測装置は、特殊な研究環境を必要とせず、一般的な実験室程度の広さの部屋があれば計測を行うことが可能である。また、小型の NIRS 計測装置は非常に携帯性に優れ、大型の計測装置についても自動車等を使えば持ち運ぶことが可能である。そのため、当該事件の関係者に対して警察機関内の施設の部屋の中で行うポリグラフ検査に NIRS 計測を応用することは容易であり、また、計測装置を事件の現場に持ち運ぶこともできる。

NIRS 計測を用いることで、脳血流動態反応から被疑者が当該事件についての情報を秘匿しているかどうかを判断することができれば、末梢神経系反応を用いている現行のポリグラフ検査の理論的妥当性をより高めることが可能になる。NIRS 計測には脳の深部を計測することができない限界はあるものの、fMRI 計測により情報の秘匿と関連する脳領域を明らかにできれば、その領域上にプローブを配置することで、NIRS 計測を用いた虚偽検出を社会的に実装することが期待できると考えられる。表 1 にあるように、fMRI と NIRS は、相互にそれぞれの限界を補うことができると考えられる。たとえば、NIRS を用いて計測できる脳領域には限界があり、皮質表面での活動しか計測することはできないが、fMRI を用いると、脳全体における活動を計測することができる。したがって、虚偽行為や情報の秘匿に際して賦活がみられる脳領域について fMRI を用いた研究で得られた知見に基づき、空間分解能に限界のある NIRS で計測する領域を決定することが有効である。そして、時間分解能に優れた NIRS により、その脳領域における活動の継時的変化をとらえることができると考えられる。

また、今後の研究においては、基礎的な研究成果をさらに蓄積させていくことが重要となる。fMRI は、実務での応用は難しいものの、情報秘匿に伴う脳活動について多くの情報が得られる。そのため、fMRI を用いた研究成果を蓄積することは、NIRS 計測による虚偽検出をポリグラフ検査の実務場面に導入するための第一歩となると考えられる。そのうえで、実務場面での応用が期待できる NIRS で行った研究の成果を蓄積していくことが必要となる。fMRI 計測を用いた研究および NIRS 計測を用いた研究それぞれで得られた結果の整合性を担保することができた時、NIRS 計測は、確固たる内的妥当性をもって実務ポリグラフ検査に貢献することができるといえる。

4.3. 本研究の限界と今後の展望

本研究では、NIRS 計測を虚偽検出に応用できる可能性を示すことができた。しかし、本研究には、いくらかの限界もある。

第 1 に、本研究で得られた結果が情報秘匿によって生じたのか、記銘内容の再認によって生じたのか区別することができないという点である。本研究では、裁決項目呈示時と非裁決項目呈示時の脳血流動態反応において、おおむね差異を確認することができたが、裁決項目についての情報を秘匿することでそのような差異が生じたのかどうかについて今後は検討していく必要がある。具体的には、記銘内容についての裁決項目に対して真実を回答した場合にも、そのような差異がみられるかどうかを調べるのが課題となる。

第 2 に、実際の行為内容についての情報の秘匿時に本研究の結果が再現できるかどうかという点である。現実の犯罪捜査では、自分が実際に行った犯罪事実に関する情報について情報を秘匿しているかどうか、すなわち、嘘をついているかどうかを判断しなければならない。Tian et al (2009) は、NIRS 計測を用いて、模擬窃盗の内容について嘘をついた場合と真実を回答した場合で、脳血流動態反応に差異がみられることを確認している。Tian et al (2009) では、CQT デザインを用いているため、CIT デザインを用いて、実際の行為についての情報秘匿時の血流動態反応を確認することが求められる。

第 3 に、参加者の認知過程がどこまで NIRS 計測のデータに反映されているかという点である。本研究では、3 つの質問内容のうち、凶器においてのみ、裁決項目と非裁決項目間の血流動態反応のはっきりとした差異を確認することができた。この結果は、刺激に対する参加者の認知処理過程が反映されたためであると考えられることができるが、本研究では、そのことを客観的に主張する指標を測定していなかった。そのため、今後の研究では、刺激の視覚的特性のどのような側面が、NIRS 計測のデータに反映されるのかについて明らかにする必要があるだろう。そのような研究を蓄積させていくことで、NIRS 計測を実際のポリグラフ検査に応用した場合の刺激作成で留意すべき事項を把握できると考えられる。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、法政大学文学部の越智啓太教授には、研究内容について相談に乗っていただき、有益な助言をいただきました。東京大学大学院人文社会系研究科の松本彰弘氏には、本研究のデータ解析にあたり、たくさんの助言をいただきました。法政大学文学部の福田由紀教授、法政大学大学院人文科学研究科の梶井直親氏、菊池理紗氏、萩原遥氏、長田泰平氏には、本論文全体の論の流れおよび表現について、有益な助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

引用文献

- Brainard, D.H. (1997) The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision* 10:443-446.
- Elaad, E. (1990). Detection of guilty knowledge in real-life criminal investigations. *Journal of Applied Psychology*, 75(5), 521.
- Farwell, L. A., & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy("Lie detection") with Event - Related brain potentials. *Psychophysiology*, 28(5), 531-547.
- Homae, F., Watanabe, H., Nakano, T., & Taga, G. (2007). Prosodic processing in the developing brain. *Neuroscience research*, 59(1), 29-39.

- Huppert, T. J., Hoge, R. D., Diamond, S. G., Franceschini, M. A., & Boas, D. A. (2006). A temporal comparison of BOLD, ASL, and NIRS hemodynamic responses to motor stimuli in adult humans. *Neuroimage*, 29(2), 368-382.
- Gamer, M. (2011). Detecting concealed information using autonomic measures. In B. Verschuere, G. Ben-Shakhar, & E. Meijer (Eds.), *Memory detection: Theory and application of the Concealed Information Test*. New York: Cambridge University Press, pp.27-45.
- 疋田圭男. (1971). ポリグラフ検査の有効性. *科学警察研究所報告*, 24(4), 230-235.
- 廣田昭久・小川時洋・松田いづみ・高澤則美. (2009). 隠匿情報検査時に生じる自律神経系反応の生起機序モデル, *生理心理学と精神生理学*, 27, 17-34.
- Izzetoglu, M., Nioka, S., Chance, B., & Onara, B. (2005). Single trial hemodynamic response estimation in a block anagram solution study using fNIR spectroscopy. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005. Proceedings.(ICASSP'05). IEEE International Conference on (Vol. 5, pp. v-633)*. IEEE.
- 小林孝寛, 吉本かおり, & 藤原修治. (2009). 実務ポリグラフ検査の現状. *生理心理学と精神生理学*, 27(1), 5-15.
- Kleiner M, Brainard D, Pelli D. 2007, "What's new in Psychtoolbox-3?" *Perception 36 ECVF Abstract Supplement*.
- Kocsis, L., Herman, P., & Eke, A. (2006). The modified Beer-Lambert law revisited. *Physics in medicine and biology*, 51(5), N91.
- Kozel, F. A., Johnson, K. A., Mu, Q., Grenesko, E. L., Laken, S. J., & George, M. S. (2005). Detecting deception using functional magnetic resonance imaging. *Biological psychiatry*, 58(8), 605-613.
- 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(3), 727-732.
- Lu, C. M., Zhang, Y. J., Biswal, B. B., Zang, Y. F., Peng, D. L., & Zhu, C. Z. (2010). Use of fNIRS to assess resting state functional connectivity. *Journal of neuroscience methods*, 186(2), 242-249.
- Lykken, D. T. (1959). The GSR in the detection of guilt. *Journal of Applied Psychology*, 43(6), 385.
- Lykken, D. T. (1978). The psychopath and the lie detector. *Psychophysiology*, 15(2), 137-142.
- 松田俊. (2004). 科学的虚偽検出の最前線, 多賀出版.
- Matsuo, K., Kato, N., & Kato, T. (2002). Decreased cerebral haemodynamic response to cognitive and physiological tasks in mood disorders as shown by near-infrared spectroscopy. *Psychological medicine*, 32(06), 1029-1037.
- Meixner, J. B., & Rosenfeld, J. P. (2011). A mock terrorism application of the P300 - based concealed information test. *Psychophysiology*, 48(2), 149-154.
- 小川時洋・敦賀麻理子・小林孝寛・松田いづみ・廣田昭久・鈴木直人. (2007). 覚醒水準が隠匿情報検査時の生理反応に与える影響, *心理学研究*, 78, 407-415.
- 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(1), 35-44.
- 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*. New York: Cambridge University Press, pp.253-275.
- Patrick, C. J., & Iacono, W. G. (1991). Validity of the control question polygraph test: The problem of sampling bias. *Journal of Applied Psychology*, 76(2), 229.
- Pelli, D.G. (1997) The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision* 10, 437-442.
- Reid, J. E., Inbau, F. E., Williams and Wilkins Co, & United States of America. (1977). *TRUTH AND DECEPTION-THE POLYGRAPH (LIE-DETECTOR) TECHNIQUE*, 2D ED.
- Rosenfeld, J. P., Biroshak, J. R., & Furedy, J. J. (2006). P300-based detection of concealed autobiographical versus incidentally acquired information in target and non-target paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 60(3), 251-259.

- Spence, S. A., Farrow, T. F., Herford, A. E., Wilkinson, I. D., Zheng, Y., & Woodruff, P. W. (2001). Behavioural and functional anatomical correlates of deception in humans. *Neuroreport*, 12(13), 2849-2853.
- Tian, F., Sharma, V., Kozel, F. A., & Liu, H. (2009). Functional near-infrared spectroscopy to investigate hemodynamic responses to deception in the prefrontal cortex. *Brain research*, 1303, 120-130.
- 山村武彦. (2006). ポリグラフ鑑定. 誠信書房.