

fMRIを用いた隠匿情報検査

誌名	日本獣医生命科学大学研究報告 = Bulletin of Nippon Veterinary and Life Science University
ISSN	18827314
著者名	野瀬,出 村井,潤一郎 泰羅,雅登
発行元	日本獣医生命科学大学
巻/号	59号
掲載ページ	p. 46-50
発行年月	2010年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



fMRI を用いた隠匿情報検査：刺激の反復呈示が腹外側前頭前野の活動に及ぼす影響

野瀬 出¹⁾・村井潤一郎²⁾・泰羅雅登³⁾

¹⁾ 日本獣医生命科学大学比較発達心理学教室

²⁾ 文京学院大学人間学部

³⁾ 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科認知神経生物学分野

要 約 隠匿情報検査 (CIT) とは、当事者にしか知り得ない情報を被験者が有しているかどうかを判定するための手続きであり、通常はポリグラフを用いて自律神経系活動を指標として実施する。一方、近年においては fMRI などの中枢神経系活動を指標とした CIT に関する研究が進められている。著者らの研究から右側の腹外側前頭前野 (vlPFC) の活動が隠匿情報の有無の判定に有効であることが示されたが、その際の正判定率はポリグラフによる正判定率をわずかに下回っていた。fMRI による CIT は、ポリグラフを用いる場合と比べて、刺激の反復呈示回数が多く、それが結果の判定に影響を及ぼしている可能性が考えられる。本研究では fMRI を用いて CIT を実施し、刺激の反復呈示が右 vlPFC の活動に及ぼす影響について検討した。反復呈示回数の増加に伴い右 vlPFC の活動量が減少することが明らかになったが、この減少傾向は隠匿情報に関連しない刺激に対しても同様に認められており、隠匿情報の有無の判定への影響は比較的少ないと考えられる。

キーワード：隠匿情報検査, fMRI, 腹外側前頭前野, 反復呈示

日獣生大研報 59, 46-50, 2010.

犯罪捜査における隠匿情報検査 (concealed information test: CIT) の手続きに基づくポリグラフ検査 (いわゆる“ウソ発見”) では、皮膚電気活動、呼吸、脈波など自律神経系の生理反応を記録するのが一般的である。CIT とは、犯人にしか知り得ない情報に関する質問を容疑者に呈示し、生理反応の変化から容疑者がその情報 (隠匿情報) を知っているかどうかを判定する方法である。例えば、殺人事件の容疑者に対して、殺人に用いた凶器の種類について質問をする。具体的には、「あなたはネクタイで首を絞めましたか?」、「タオルで首を絞めましたか?」、「ベルトで首を絞めましたか?」等と順に尋ねていく。実際に用いられた凶器がベルトであり、容疑者がその情報を知っていれば、ベルトの質問に対する生理反応の変化が、他の質問に対する変化よりも顕著になるであろう (この当事者にしか知り得ない情報に関する質問を裁決刺激と呼ぶ)。通常の検査では、全ての質問に対して「いいえ」と答えさせるため、ベルトの質問に対して犯人は嘘をついていることになるが、全ての質問に「はい」と返答させても、また返答を求めなくても同様の結果が得られる^{4,6,10)}。このようにポリグラフ検査では、容疑者の“ウソ”を検出しているのではなく、容疑者が“隠匿情報”を有しているかどうかを判定している。

近年, functional magnetic resonance imaging (fMRI)

などの中枢神経系活動を指標とした CIT に関する研究が進められている^{8,9,12,13)}。著者ら¹⁴⁾も fMRI による CIT を、隠匿情報を有している被験者と有していない被験者に対して実施した。この研究では検査実施の際、被験者に虚偽反応を求めず、刺激に対して注意を向けさせるための認知課題 (後述する 3 刺激オドボール課題) を行わせた。その結果、右側の腹外側前頭前野 (ventrolateral prefrontal cortex: vlPFC; Brodmann area 47) における活動が、隠匿情報を有している場合にのみ裁決刺激に対して増加しており、隠匿情報の有無判定に最も有効な領域であることが明らかになった。したがって、虚偽反応を求めている課題でのこの領域の活動は虚偽反応とは無関係であり、隠匿情報に対する感情的処理過程の一部を反映していると考えられる⁷⁾。

一方、この研究¹⁴⁾での隠匿情報の正判定率は 84.21% であり、従来から報告されているポリグラフ検査による正判定率 (約 88~89%)^{1,3)} をわずかに下回っていた。この正判定率の差については様々な要因が考えられるが、fMRI による CIT では、MRI 装置や解析手法上の制限のため、ポリグラフ検査とは実施手続きが大きく異なっていることが最も強く影響していると思われる。例えば、ポリグラフ検査では聴覚的に刺激を呈示することが多いのに対して、fMRI による CIT では装置の発する騒音のため視覚的に刺激を呈示する機会が多い。また、ポリグラフ検査では、検

査者が被験者と対面しているのに対して、fMRIによるCITでは被験者はMRI室に一人隔離される。さらに、ポリグラフ検査では同一刺激を数回しか反復呈示しないが、S/N比の低いfMRIでは数十回の反復呈示が必要となる。

これらの手続き上の違いが実験結果にどのように反映されているのかを検討することは重要であるが、現在そのような検証作業はほとんど行われていない。本研究では、上記の要因の中でも知覚の一般的性質である刺激の反復呈示による応答性の低下、慣れの影響に着目することとした。すなわち、fMRIによるCITはポリグラフ検査よりも刺激の反復呈示回数が多いことから刺激に対する慣れが生じ、結果の判定に影響を及ぼしている可能性が考えられる。そこで、著者らの以前の研究¹⁰⁾と同様にfMRIによるCITを実施し、刺激の反復呈示が右vIPFCの活動量にどのような影響を及ぼすかについて検討した。

方 法

1. 被験者

20名の大学生(19歳~30歳、平均年齢21.80歳)を高動機づけ群(男性5名、女性5名)と低動機づけ群(男性6名、女性4名)にランダムに割り当てた。ただし、本報告では両群をまとめた結果について報告する。全員が右利きであり、被験者募集時に謝金が6,000円であることを伝えられていた。実験開始前には、口頭および文書によりMRI撮像および実験課題について説明し、全ての被験者から文書によるインフォームドコンセントを得ている。

2. 手続き

被験者に6,000円(謝金)を渡し、6つの品物(かばん・ジャケット・バケツ・封筒・段ボール・ゴミ箱)のどれかにお金を隠すように教示した。ただし、以下に述べる3刺激オドボール課題において標的刺激となる品物へは隠さないように指示した。被験者は、実験者がfMRIを用いて脳活動状態から隠した品物を判定するので、実験者に気付かれないよう冷静に課題を遂行することが求められた。さらに高動機づけ群では、隠した品物が実験者によって正しく判定された場合、謝金が3,000円に減額されることが伝えられた(実際には、判定結果に関わらず全員に6,000円の謝金が渡された)。また、実験中に体を故意に動かす、暗算をするなどの妨害工作(カウンターメジャー)を行うことは禁じた。謝金の減額を伝えること以外の方法は、高動機づけ群と低動機づけ群とで共通していた。本研究はヘルシンキ宣言に則って実施され、日本大学医学部の倫理審査委員会の承認を得ている。

3. 実験課題

3刺激オドボール課題^{5,15)}を用いた。6つの品物の写真画像をスクリーン中央、視角 $10.13^\circ \times 10.13^\circ$ の範囲内にランダムに呈示した。画像は6,000円を隠した裁決刺激(Critical)、実験者がランダムに指定した標的刺激(Target)、および上記以外の4つの標準刺激(Standard)から構成されていた。被験者は、呈示された画像が標的刺激であれば右

手親指のボタン(もしくは人差し指のボタン)を、それ以外であれば右手人差し指のボタン(もしくは親指のボタン)をなるべく速くかつ正確に押すように教示された。試行間隔は7秒であり、各画像が30回反復呈示された。被験者の疲労を軽減させるために、実験は2セッションに分けて実施した(各セッション15回反復呈示)。刺激の呈示および反応の計測には、心理学実験ソフトウェアE-Prime(Psychology Software Tools, Pittsburgh; <http://www.pstnet.com>)を使用した。E-Primeにより計測した反応から、各刺激に対する平均正答率および平均反応時間を算出し、行動指標として用いた。

4. MRIの撮像

日本大学医学部の1.5TのMRIスキャナー(Symphony, Siemens)を用いてT2*-weighted gradient-echo EPI法により、水平方向で3秒おきに29枚の頭部MR画像を撮像した(TR=2860ms, TE=50ms, FA=90°, 64×64 pixels, FOV=192mm, 4mm thickness)。また、各被験者のT1-weighted構造画像も併せて撮像した(TR=2200ms, TE=3.93ms, FA=15°, TI=1100ms, 1mm³ voxel, FOV=256mm)。

5. MRIデータの処理

データ解析にはSPM8(Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>)を用い、realignment(体動などによる空間的ズレの補正)、slice timing adjustment(撮像タイミングのズレ補正)、coregistration(構造画像との位置合わせ)、normalization(形態の標準化)、およびsmoothing(平滑化処理、FWHM=9mm)を行った後にROI(region of interest)解析を実施した。ROI解析にはMarsBaR⁹⁾(<http://marsbar.sourceforge.net>)を用い、ROIの範囲は著者らの以前の研究¹⁰⁾で見出された右vIPFC領域のピーク座標(x=44, y=22, z=-4)を中心とした半径7mmの球体により定義した。統計解析には一般線形モデル(GLM)を用い、hemodynamic response function(血行動態反応関数)を事象関連デザインによりモデル化した。低周波数のドリフトはハイパスフィルタ(128s)により除去した。

右vIPFCの各刺激に対する信号変化率を以下の条件ごとに算出した。まず、慣れの影響について検討するためセッション1(S1)とセッション2(S2)の信号変化率の比較を行った(どちらも15回反復呈示)。次に、反復呈示回数の効果について調べるために、最初の5回(R5)、15回(R15)、30回(R30)のデータから算出した信号変化率を比較した。したがって、S1とR15は同じデータを用いることになる。

結 果

本研究では、高動機づけ群と低動機づけ群との間の有意な差が、行動指標からもfMRIからも認められなかった。そのため、両群のデータをまとめた結果をここでは報告する。

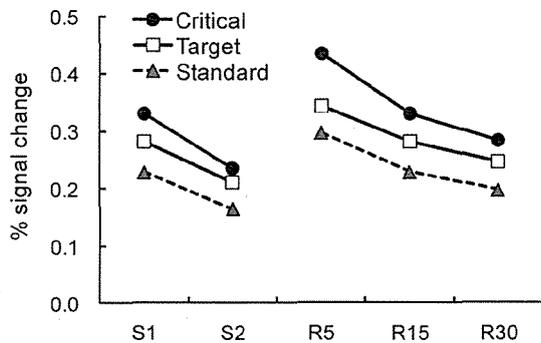


Fig. 1. Mean percent signal changes in the right vIPFC

1. 行動指標の結果

刺激別の平均正答率を算出したところ、標的刺激 82.00% (SD 16.34), 裁決刺激 95.17% (SD 7.76), 標準刺激 95.04% (SD 6.43) であった。刺激の種類 (標的/裁決/標準) について 1 要因の分散分析を行った結果、主効果が有意であった ($F(2, 38) = 11.49, p < .001$)。刺激の種類について多重比較 (Shaffer) を実施したところ、標的刺激の正答率が、裁決刺激と標準刺激の正答率よりも低下していた ($p < .05$)。

次に、刺激別の平均反応時間を算出したところ、標的刺激 688.57 ms (SD 75.73), 裁決刺激 602.26 ms (SD 95.73), 標準刺激 603.46 ms (SD 90.71) であった。刺激の種類 (標的/裁決/標準) について 1 要因の分散分析を行った結果、主効果が有意であった ($F(2, 38) = 39.14, p < .001$)。刺激の種類について多重比較 (Shaffer) を実施したところ、標的刺激に対する反応時間が、裁決刺激と標準刺激に対する反応時間よりも遅くなっていた ($p < .05$)。

2. fMRI の結果

条件ごとに右 vIPFC の平均信号変化率を算出した結果を Fig. 1 に示す。セッション (S1/S2) × 刺激 (標的/裁決/標準) の 2 要因の分散分析を行った結果、セッションの主効果 ($F(1, 19) = 10.69, p < .01$)、および刺激の主効果 ($F(2, 38) = 8.38, p < .001$) が有意であった。セッション 1 における信号変化率がセッション 2 よりも大きくなっていた。また、刺激の種類について多重比較 (Shaffer) を実施したところ、裁決刺激、標的刺激に対する信号変化率が標準刺激よりも有意に大きくなっていた ($p < .05$)。交互作用は認められなかった ($F(2, 38) = 0.56, n.s.$)。

次に、反復呈示回数 (R5/R15/R30) × 刺激 (標的/裁決/標準) の 2 要因の分散分析を行った結果、反復呈示回数的主効果 ($F(2, 38) = 11.12, p < .001$)、および刺激の主効果 ($F(2, 38) = 9.77, p < .001$) が有意であった。多重比較 (Shaffer) を実施したところ、反復呈示回数に関しては $R5 > R15 > R30$ の順に信号変化率が小さくなっていた。刺激の種類に関しては、裁決刺激、標的刺激に対する信号変化率が標準刺激よりも有意に大きくなっていた ($p < .05$)。交

互作用は認められなかった ($F(4, 76) = 1.19, n.s.$)。ただし、反復呈示回数に関する分散分析には、データが重複しているという問題がある。つまり、R30 は R15 と R5 のデータを含み、R15 は R5 のデータを含んでいる。一般に、観測値が独立でない場合に検定を行うと、第 1 種の誤りが増大して検定力が低下することが知られている¹¹⁾。今回の検討方法は、あくまで便法ということになるため、その分析結果については、参考程度に留めることにする。

考 察

本研究では、刺激の反復呈示が右 vIPFC の活動量に及ぼす効果について検討した。まず行動指標の結果についてであるが、他の刺激と比較して、標的刺激に対する平均正答率は低く、平均反応時間は遅くなっていた。標的刺激は他の刺激とは押すボタンが異なっており、出現頻度も稀であるため、速く正確に反応することが困難であったと考えられる。一方、平均正答率および平均反応時間のどちらにおいても、裁決刺激と標準刺激との間に有意な差は認められなかった。これは行動指標のみから隠匿情報の有無を判定することが難しいことを表わしており、生理反応を測定する必要性を示唆するものである。

fMRI の結果より、裁決刺激に対する右 vIPFC の活動量はセッション 1 よりもセッション 2 において小さく、反復呈示回数 5 回、15 回、30 回の順に減少していた。この結果は、裁決刺激の反復呈示により慣れが生じていることを示している。ただし、セッションおよび反復呈示回数のどちらの分散分析の結果からも、刺激の種類との交互作用は認められなかった。つまり、どの刺激に対しても同程度に慣れが生じていると考えることができる。隠匿情報を有しているかどうかの判定は、通常、裁決刺激と標準刺激との対比により行われている。全ての刺激に対する慣れが同程度であるならば、判定への影響は比較的少ないと思われる。検査実施時間の短縮を考えると、少ない反復呈示回数で検査を実施することは効果的である。しかし、一方で反復呈示回数の減少に伴い fMRI 信号の S/N 比も低下することが予想されるため、今後は最も判定効率の良い呈示回数を精査していく必要がある。また、既に述べたように、反復呈示回数に関する分散分析は観測値の独立性が満たされていないという問題を含んでいる。この分析結果は、あくまで参考程度に考えなければならず、今後さらに検討を深めるためには 5 回呈示条件、15 回呈示条件、30 回呈示条件でそれぞれ実験を実施して結果を比較しなければならない。

本実験では、高動機づけ群と低動機づけ群の結果を比較することも計画されていたが、行動指標の反応傾向においても脳活動状態においても明確な差を見出すことはできなかった。その理由として、動機づけの操作に失敗した可能性が考えられる。実験に参加した多くの被験者が MRI を撮像すること自体に興味をもっており、謝金が半額になるという動機づけ操作を行わなくても、どちらの群の被験者

も十分に高く動機づけられていたと思われる。動機づけの操作方法については、今後の検討課題となるであろう。

近年 fMRI などの中枢神経系活動を指標とした CIT 研究が数多く報告されているが実用には至っていない。実用化のためには、正判定率を向上させると共に、細かな手続きを標準化していかなければならない。比較的長い歴史をもつポリグラフ検査とは異なり、fMRI による CIT は研究者たちがそれぞれ独自の手続きに基づいて実施しているのが現状である。今後は、それら手続きの一つ一つについて妥当性を検討する作業が必要となる。本研究結果は、そのような基礎的検討を行う際に有益な情報を提供すると思われる。

文 献

- 1) BEN-SHAKHAR, G. and FUREDY, J.J. (1990). Theories and applications in the detection of deception: A psychophysiological and international perspective. Springer, New York.
- 2) BRETT, M., ANTON, J.L., VALABREGUE, R. and POLINE, J.B. (2002). Region of interest analysis using an SPM toolbox. The 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain, Available on CD-ROM in NeuroImage, 16 (2). (Abstract)
- 3) ELAAD, E. (1998). The challenge of the concealed knowledge polygraph test. *Expert Evidence*, 6, 161-187.
- 4) ELAAD, E. and BEN-SHAKHAR, G. (1989). Effects of motivation and verbal response type on psychophysiological detection of information. *Psychophysiology*, 26, 442-451.
- 5) FARWELL, L.A. and DONCHIN, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 28, 531-547.
- 6) FUREDY, J.J. and BEN-SHAKHAR, G. (1991). The roles of deception, intention to deceive, and motivation to avoid detection in the psychophysiological detection of guilty knowledge. *Psychophysiology*, 28, 163-171.
- 7) HOOKER, C.I. and KNIGHT, R.T. (2006). The role of lateral orbitofrontal cortex in the inhibitory control of emotion. The orbitofrontal cortex (ZALD, D.H. and RAUCH, S.L. ed.). Oxford University Press, Oxford, pp. 307-324.
- 8) KOZEL, F.A., JOHNSON, K.A., GRENSKO, E.L., LAKEN, S.J., KOSE, S., LU, X., POLLINA, D., RYAN, A. and GEORGE, M.S. (2009). Functional MRI detection of deception after committing a mock sabotage crime. *J. Forensic Sci.*, 54, 220-231.
- 9) KOZEL, F.A., PADGETT, T.M. and GEORGE, M.S. (2004). A replication study of the neural correlates of deception. *Behav. Neurosci.*, 118, 852-856.
- 10) KUGELMASS, S., LIEBLICH, I. and BERGMAN, Z. (1967). The role of "lying" in psychophysiological detection. *Psychophysiology*, 3, 312-315.
- 11) 栗田佳代子 (1996)。観測値の独立性の仮定からの逸脱が t 検定の検定力に及ぼす影響。教育心理学研究, 44, 234-242.
- 12) LANGLEBEN, D.D., LOUGHEAD, J.W., BILKER, W.B., RUPAREL, K., CHILDRESS, A.R., BUSCH, S.I. and GUR, R.C. (2005). Telling truth from lie in individual subjects with fast event-related fMRI. *Hum. Brain Mapp.*, 26, 262-272.
- 13) LANGLEBEN, D.D., SSHROEDER, L., MALDJIAN, J.A., GUR, R.C., McDONALD, S., RAGLAND, J.D., O'BRIEN, C. P. and CHILDRESS, A.R. (2002). Brain activity during simulated deception: an event-related functional magnetic resonance study. *Neuroimage*, 15, 727-732.
- 14) NOSE, I., MURAI, J. and TAIRA, M. (2009). Disclosing concealed information on the basis of cortical activations. *Neuroimage*, 44, 1380-1386.
- 15) ROSENFELD, J.P., ANGELL, A., JOHNSON, M. and QIAN, J. (1991). An ERP-based, control-question lie detector analog: algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, 28, 319-335.

Concealed Information Test using Functional Magnetic Resonance Imaging :
The Effect of Repetitive Presentation of Stimuli on the Activation
in the Ventrolateral Prefrontal Cortex

Izuru NOSE¹⁾, Jun'ichiro MURAI²⁾ and Masato TAIRA³⁾

¹⁾ Laboratory of Comparative Developmental Psychology,
Nippon Veterinary and Life Science University

²⁾ Department of Human Studies, Bunkyo Gakuin University

³⁾ Department of Cognitive Neurobiology,
Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Tokyo Medical and Dental University

Abstract

In this study, we investigated the effect of repetitive presentation of stimuli on the activation in the right ventrolateral prefrontal cortex (vlPFC) in the concealed information test (CIT) using functional magnetic resonance imaging (fMRI). The CIT is a procedure to judge whether a person has information only known to ones who are directly involved, typically measured by autonomic nervous system responses using polygraph. Recently, researchers have examined the CIT measured by central nervous system responses using fMRI. In previous study, we have reported the activity in the right vlPFC which contributed to judgment of the concealed information; however, the percentage of correct judgment in the CIT using fMRI was slightly lower than that of using polygraph. It is considered that this difference arose from the repetitive presentation of stimuli, because compare to polygraph, measuring the CIT by fMRI requires repetitive presentation of stimuli. We observed that the activity in the right vlPFC decreased with an increase in number of repetition, in responding not only to a stimulus related to the concealed information, but also to a stimulus not related to the concealed information. These results suggested that the repetitive presentation has relatively little effect on the judgment of the concealed information.

Key words : concealed information test, fMRI, ventrolateral prefrontal cortex, repetitive presentation

Bull. Nippon Vet. Life Sci. Univ., 59, 46-50, 2010.