

脳機能研究による **concealed information test** の動向¹⁾

福山大学人間文化学部

平 伸二²⁾

A review of recent brain function studies of the concealed information test

Shinji HIRA

Faculty of Human Cultures and Sciences, Fukuyama University
Ichibanichi Sanzo Gakuencho, Fukuyama 729-0292, Japan

This article predominantly reviews recent studies concerning the concealed information test (CIT) in which event-related potential (ERP) and functional magnetic resonance imaging (fMRI) have been recorded as brain function indices. In the ERP-based CIT studies, the most promising index in terms of practical application to the criminal investigation is the P300 component because this is elicited by rare and meaningful events that are relevant to the subject's task. However, a method of counteracting countermeasures against ERP-based CIT and definite criteria for evaluating the results of this test for individuals must be established before it can be used in criminal investigations. Most fMRI studies have demonstrated greater activation of prefrontal regions when subjects lie than when they tell the truth. However, these studies diverged into two aims, the first devoted to the functional neuroanatomy and cognition of deception and the second to further refinement of CIT. In the future, research based on the procedure of CIT will be necessary for criminal investigations. (*Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 27(1) : 57-70, 2009.)

Key words : concealed information test, ERP, fMRI, fNIRS, countermeasure

2009.3.11 受稿, 2009.6.11 受理

- 1) 本論文を執筆するにあたり, 平成20年度科学研究費補助金・基盤研究(C) (課題番号20530649, 研究代表者 平伸二)の補助を受けた。
- 2) 本論文を執筆するにあたり, 東亜大学人間科学部古満伊里先生に貴重な助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

【要約】 本稿は、脳機能の指標として記録される、事象関連電位 (ERP) と機能的核磁気共鳴画像 (fMRI) による concealed information test (CIT) に関する最近の研究を主に論述した。ERP による CIT 研究によると、犯罪捜査への実務応用に最も有望な指標は、被験者の課題に関連し、まれで有意な事象に対して生起する P300 である。しかしながら、ERP による CIT に対するカウンタメジャーへの対抗策と個別判定の基準が、犯罪捜査に応用する前に確立されなければならない。fMRI 研究のほとんどは、被験者が本当のことを言うより、嘘をつくときに前頭前野の大きな賦活を示している。しかしながら、これらの研究は、2つの目的に分かれており、1つ目が嘘に伴う機能的な神経解剖学と認知処理への関心、2つ目が CIT をさらに洗練させることに向けられている。今後、CIT 手続きに基づく研究が、犯罪捜査のために必要であろう。

はじめに

犯罪捜査におけるポリグラフ検査は、呼吸、皮膚電気活動 (electrodermal activity: EDA)、脈波、心拍、規準化脈波容積などの末梢神経系の指標を測定するのが一般的である (廣田・松田・小林・高澤, 2005)。一方、中枢神経系の活動である事象関連電位 (event-related potential: ERP)、機能的磁気共鳴画像 (functional magnetic resonance imaging: fMRI) が、虚偽検出の指標として注目されてきた。世界的に有名な精神生理学の入門書である Andreassi (2007) の “Psychophysiology (5th ed.)” では、第 16 章の「応用精神生理学」の冒頭に虚偽検出を取り上げ、新たな指標として P300 が紹介してある。つまり、有意義 (meaningful) でまれ (rare) に呈示される刺激に対して出現する P300 が、虚偽検出の有効な指標であることは周知の事実となっている。さらに、21 世紀に入って fMRI による最初の研究報告 (Spence, Farrow, Herford, Wilkinson, Zheng, & Woodruff, 2001) が行われると、多くの研究者がこれに追随し、既に 16 の研究をまとめた総説が報告されるまでになっている (Spence, 2008)。

そこで、末梢から中枢の指標が注目される理由を明らかにするとともに、主に ERP と fMRI による脳機能研究を概観し、中枢指標の実務導入に向けての課題と導入による効用について考察を加える。なお、本稿では、Lykken (1959) が提唱した情報検出に基づく GKT (guilty knowledge test) を、より広義の名称として近年使用されることが多い CIT (concealed information test) と表記する。

CIT の検出理論の変遷と検査妥当性への注目

ERP や fMRI による脳機能研究が注目された理由として、測定装置の発展と基礎研究の充実を挙げることができる。さらに、CIT の検出理論が、嘘に伴う情動

重視から、質問に対する認知情報処理過程を重視するように変わったことが挙げられる (平, 1998, 2005; Ben-Shakhar & Furedy, 1990)。

日本で犯罪捜査に利用されている CIT は、嘘を検出することを目的とした検査ではなく、犯罪事実についての認識の有無を判定する検査である。犯罪に関連した裁決項目 (critical item) 1 問と、裁決項目に類似した内容で犯罪とは直接関係しない非裁決項目 (non-critical item) 4-5 問を組み合わせる構成する。たとえば、指輪が盗まれた窃盗事件では、指輪が裁決項目、財布・時計・金貨・ブローチが非裁決項目となる。CIT では、犯人が裁決項目を記憶・照合に基づき有意義な情報として認知するのに対し、無実の者は裁決項目も非裁決項目も同等に認知すると仮定できる。それ故、犯人にのみ、裁決項目に対する特異な生理反応が生起する。

Ben-Shakhar & Furedy (1990) は、嘘の返答を求めない事態での検出、たとえば、すべての質問に「はい」と答えても検出可能、無返答でも検出可能という過去の研究結果をまとめ、CIT の検出理論として、動機づけ・情動要因も関係するが、認知要因が必要条件であることを強調した。

また、Ben-Shakhar & Furedy (1990) は、過去の末梢指標による実験結果をまとめ、false positive error (無実の人を犯人と判定する間違い) が、CQT の 15.4% (9 研究, $n=249$) に対して、CIT では 5.8% (10 研究, $n=208$) であることを報告している。さらに、Hira & Furumitsu (2002) は、実務検査を対象とした調査を行い、無罪が確定した 32 名に実施した CIT 188 問 (1 人あたり平均 5.9 問の CIT を実施) のうち、false positive error がわずか 3 問 (1.6%) であることから、CIT の妥当性の高さを強調した。

このように、CIT の検出理論が認知情報処理過程に

基づくことに加え、CITの検査妥当性の高さが、CITに関する研究を増大させてきた。その中でも、認知要因に関する検討はERP、認知要因と動機づけ・情動要因に関する検討はfMRIによって主に検討が進められている。

背景脳波を指標とした研究

背景脳波を指標とした虚偽検出の研究は意外と古く、1939年に標準的なカード検査と模擬犯罪課題での実験報告がある(Obermann, 1939)。しかし、裁決項目に対する α 波減衰を基準とした視察判定の結果、カード検査、模擬犯罪課題ともに正判定率は50%以下にとどまり、実際の犯罪捜査への適用は困難と考えられた。また、桐生・福田(2001)は、15部位から導出した背景脳波の周波数帯域のパワー値による検出を検討した結果、周波数帯域、測定部位について一貫した傾向を見いだすことはできなかった。つまり、背景脳波は覚醒水準といった持続的な脳の状態を表すのに適しているが、CITのような特定の刺激に対する情報処理過程の分析には適していないと結論できよう。これに対し、特定の精神過程を反映するERPは、特定の刺激に対応する情報処理過程の分析を目的とするCITに適していると考えられる。

P300を指標とした初期の研究

標準的オッドボール(oddball)課題の応用 裁決項目を低頻度呈示刺激、非裁決項目を高頻度呈示刺激と考えると、標準的オッドボール課題をCITに応用することが可能である。P300振幅は呈示される刺激の出現確率に反比例し、被験者の課題への関連性に比例して生起するため(Duncan-Johnson & Donchin, 1977)、裁決項目に対するP300振幅の増加は、被験者が裁決項目を事件に関連した刺激として認識している証拠となる。

たとえば、音成・黒田・柿木・藤山・鎗田(1991)は、裁決項目として知人の顔写真1枚、非裁決項目として未知の顔写真9枚をCRTへ呈示し、画面を注視することだけを求めた。この手続きは、被験者に標的を検出させる課題がなく、受動的課題と呼ばれ、複雑な課題を課すことができない被験者、課題遂行に積極的でない被験者に有効である。実験結果は、裁決項目に対するP300振幅の増加が全被験者で得られ、受動的課

題の有効性が確認された。また、Neshige, Kuroda, Kakigi, Fujiyama, Matoba, Yarita, Lüders, & Shibasaki (1991)は、模擬窃盗課題で同様の結果を見いだしている。

ところで、受動的課題は、被験者の負担が少ない反面、閉眼や視線をそらすカウンタメジャー(countermeasure: 妨害工作)に弱いという欠点がある。特に、犯罪捜査では被験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。そこで、平・古満(2006)は、貴金属を盗む模擬窃盗課題の後、1つの裁決項目(20%)と4つの非裁決項目(80%)を画像呈示し、すべての画像呈示に対して利き手でのボタン押し反応を求めた。その結果、模擬窃盗課題直後に検査を受けた直後群、模擬窃盗課題から1ヶ月経過後に検査を受けた1ヶ月後群ともに、裁決項目のP300振幅が有意に増大した。この手続きは、ボタン押しによる反応時間(reaction time: RT)が刺激への注視の裏付けとなるが、すべての刺激に同じ反応をすることになり、周辺部を見ていても刺激呈示時点が判断でき、刺激内容を確認しなくてもボタン押しをするカウンタメジャーに弱い欠点がある。

3 刺激オッドボール課題の応用 通常、P300によるCITでは、呈示刺激への注意と課題への情報処理活動を確認するため、裁決項目と非裁決項目の他に標的刺激を加える(平, 2005)。呈示比率は裁決項目1/6、非裁決項目2/3、標的刺激1/6として、被験者には標的刺激に対する右ボタン押しと標的以外の刺激に対する左ボタン押しを求める。この3刺激オッドボール課題では、標的刺激はまれに出現し課題関連性があるので、有罪条件・無罪条件にかかわらずP300が生起する。非裁決項目は頻繁に出現し課題関連性がないので、有罪条件、無罪条件にかかわらずP300は生起しない。これに対し、裁決項目は、有罪条件では有意味でまれな刺激となるためP300が生起、無罪条件では非裁決項目と同等の処理を受けるためP300が生起しないと考えられる。

Farwell & Donchin (1991)は、3刺激オッドボール課題による実験の結果、仮想スパイ犯罪による有罪条件では20名中18名(90.0%)、無罪条件では20名中17名(85.0%)、両条件合計すると40名中35名(87.5%)を正確に判定した。日本では、三宅・沖田・小西・松

永 (1986) が、3 刺激オッドボール課題で最初に実験を行い、8 名中 7 名 (87.5%) で裁決項目に対する P300 振幅の増加を報告している。

Table 1 は、P300 を指標とした初期の研究における、有罪条件の正検出率をまとめたものである。Table 1 の 12 研究から得られた正検出率は 88.3% (181 名/205 名) であり、Ben-Shakhar & Furedy (1990) がまとめた、末梢神経系を指標とした 10 研究から得られた正検出率 83.9% を若干上回っている。なお、背景脳波と ERP に関する初期の研究に関しては筆者の総説 (平, 1998; 2005)、P300 の研究に関しては久保・入戸野 (2007) の総説を参照されたい。

Table 1. 有罪条件における P300 による CIT の正検出率

研 究	正検出率
Allen & Iacono(1997)	86.7%
Ellwanger et al.(1996)	88.9%
Ellwanger et al.(1997)	82.4%
Farwell & Donchin(1991)	90.0%
Farwell & Smith(2001)	100.0%
Johnson & Rosenfeld(1992)	76.5%
三宅他(1986)	87.5%
音成他(1991)	100.0%
Rosenfeld et al.(1987)	90.0%
Rosenfeld et al.(1988)	100.0%
Rosenfeld et al.(1991)	92.3%
佐々木他(2001)	94.1%
12研究の平均	88.3%

実務導入に向けた P300 を指標とした研究の展開

長期間経過後の検査可能性 犯罪捜査におけるポリグラフ検査では、事件発生から検査実施までの期間が 1ヶ月を超える例が半数以上あるにもかかわらず (松田, 2004, p.223)、Table 1 にまとめた研究は、いずれも記憶課題と検査までの期間が 2 日以内と短期間であった。このことから、Hira (2003) は、模擬窃盗課題実施直後 ($n=9$)、1ヶ月後 ($n=9$)、1年後 ($n=5$) と 3 回検査した結果、いずれの期間においても裁決項目に対する P300 振幅は非裁決項目より増大した。さらに、平・濱本 (2008) は、模擬窃盗課題から 1ヶ月後に検査を実施し ($n=22$)、盗んだ貴金属 (中心条件)、盗んだ貴金属の隣にあった文具 (周辺条件) のいずれにおいても、裁決項目に対する P300 振幅の有意な増大を認めている。また、Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan

(2004) も、統制群 ($n=10$) に 3 週連続して検査を行った結果、第 1 週目と第 3 週目において裁決項目が非裁決項目よりも有意に大きく、裁決項目の P300 振幅に検査時期における有意差がないことを示した。なお、未成年飲酒などの過去の犯罪行為を検出する実験でも、P300 振幅の有効性が示されている (Farwell & Donchin, 1991)。これらの研究は、長期間経過後でも P300 を指標とした CIT が有効であることを示し、実務への適用可能性を強く支持している。

カウンタメジャーの影響 実務への適用に関しては、妨害工作であるカウンタメジャーの検討が重要である。カウンタメジャーは、抑制型と興奮型があり、抑制型には数唱、暗算、興奮型には情動的場面の想起、足を床に押しつけるなどがあり、いずれも EDA を指標として正検出率の有意な低下が認められている (平, 2005)。

これに対し、Lykken (1998) は、オッドボール課題は、刺激の呈示間隔が 1-2s と短く、呈示順序が無作為であるため、従来の検出妨害工作はほとんど適用できないと示唆している。実際、佐々木・平・松田 (2001) は、P300 を指標として抑制型のカウンタメジャー (検査中に 200 から 7 ずつカウントダウンする) の影響を調べ、カウンタメジャーを教示していない群で検出率 94.1% (16 名/17 名)、カウンタメジャー群で検出率 81.3% (13 名/16 名) と減少するが、両群に統計的な有意差がないことを見いだしている。また、カウンタメジャー群では、刺激呈示に対するボタン押しの RT の散布度 (*SD*) が大きくなることを見いだされており (佐々木, 2002; 佐々木他, 2001)、行動指標からカウンタメジャーを検出する可能性も示されている。

しかし、Rosenfeld et al. (2004) は、興奮型のカウンタメジャーで容易に正検出率が下がるため、法的場面への適用は困難であると指摘している。彼らは、実験 1 で Farwell & Donchin (1991) と同様のシナリオ課題の後、多重プローブ法 (裁決項目と標的刺激が 6 種類、非裁決項目が 24 種類) で検査をした結果、第 1 週目の正検出率 81.8% (9 名/11 名) が、第 2 週目のカウンタメジャー使用で 18.2% (2 名/11 名) に低下した。カウンタメジャーは、(1) 左足に置いた左手人差し指を押しつける、(2) 左足に置いた左手中指を押しつける、(3) 左足の親指をかすかに動かす、(4) 右足の親指をかすかに動かす、(5) 実験者に顔を平手打ちされることを想像するという、被験者が簡単に習得できる方

法であった。第2実験では、単一プローブ法（裁決項目と標的刺激が1種類、非裁決項目が4種類）で第1週目に通常の検査を行い、第2週目に非裁決項目の呈示に対し実験1と同様のカウンタメジャーを求めた。その結果、P300振幅差による正検出率が92.3%（12名/13名）から50.0%（6名/12名）、P300波形の相関係数による正検出率が69.2%（9名/13名）から25.0%（3名/12名）に低下した。

Mertens & Allen (2008)は、記憶課題に現実味を持たすために、コンピュータ上でのバーチャル環境による模擬犯罪でカウンタメジャーの研究を行っている。彼らは心理的カウンタメジャー（平手打ちを想像する）、身体的カウンタメジャー（つま先を押しつける、括約筋を締める）の3種類を行わせた結果、個別判定の検出率が7%-27%と低くなることを報告している。

実際の犯罪捜査場面では、カウンタメジャーによる妨害が予想されるため、Rosenfeld, Labkovsky, Winograd, Lui, Vandenboom, & Chedid (2008)は、2560msの期間に刺激持続時間300msの刺激を2回呈示し（ISIは1100-1550msでランダム）、第1刺激には裁決と非裁決のみを呈示してすべて左ボタン押し、第2刺激には3刺激オッドボールと同様に標的は右ボタン押し、それ以外（非標的）には左ボタン押しを課す、新たなプロトコル（complex trial protocol: CTP）を考案し、カウンタメジャーへの対抗策を提案している。Rosenfeld et al. (2008)は、従来の3刺激オッドボール課題は、裁決項目・非裁決項目（左ボタン押し）と標的刺激（右ボタン押し）の弁別課題が重要であり、呈示頻度の少ない標的刺激を検出することに注意が配分されるために裁決項目へのP300振幅が減衰すると考えた。さらに、非裁決項目に対する興奮型のカウンタメジャーによるP300生起が、裁決項目と非裁決項目の振幅差をより減少させることから、容易に検出回避できると指摘している。これに対し、CTPは短時間に2回刺激が呈示され、第1刺激では裁決項目と非裁決項目、第2刺激では標的刺激と非標的刺激（裁決項目と非裁決項目）の弁別という異なる課題を行わせている。オッドボール課題では、知覚処理資源を分割するような課題を同時に行わせるとP300振幅は低下するが、無関係なもう1つの課題を埋め込むと、むしろオッドボール課題そのものへの注意力が増加してP300振幅も増大する。したがって、第1刺激に対するP300振幅が、裁決項

目の再認の根拠となると仮定している。実験はRosenfeld et al. (2004)に準じて3週間繰り返し、2週目に第2刺激に対する4種類のカウンタメジャーを求めた。その結果、正検出率は第2週を含め、3週すべてで90%を超え、CTPの有効性を強調している。CTPはカウンタメジャーに対する対抗策として有望ではあるが、今後は第2刺激だけでなく第1刺激に対するカウンタメジャー、模擬犯罪課題での検討（この実験では被験者の母親の名前など、犯罪捜査では裁決項目としない自我関与刺激を使用）をする必要がある。P300によるCITに対するカウンタメジャーは、実務応用へ向けて最も重要な問題であり、今後の組織的な研究の積み重ねが望まれる。

fMRIによる初期の研究

近年、脳機能研究において、空間分解能が優れているfMRIによる研究が活発になってきた。裁決項目の呈示や嘘の返答に関して、脳のどの部位が活動しているかを同定することは、妥当性の高い新たな指標の確立に加え、現行の末梢指標によるポリグラフ検査の検出メカニズムを明確にできる可能性も併せ持っている。このような背景から、2000年代になってfMRIによる研究が、Spence et al. (2001), Langleben, Schroeder, Maldjian, Gur, McDonald, Ragland, O'Brien, & Childress (2002), Lee, Liu, Tan, Chan, Mahankali, Feng, Hou, Fox, & Gao (2002), Ganis, Kosslyn, Stose, Thompson, & Yurgelun-Todd (2003)により相次いで報告された。fMRIによる初期の研究の多くは、CIT手続きによる情報検出というよりは、虚偽に関する脳内情報処理の検討を目的としている。本稿はCITの動向を論述しており、CITの検出要因は認知要因が必要条件とされている。しかしながら、嘘をつかせる実験条件の下では嘘に伴う情動や隠蔽の動機づけも含まれるため、fMRIによる研究に関しては、虚偽に対応した脳内情報処理を扱った論文も紹介する。

fMRIによる最初の研究である、Spence et al. (2001)による研究は、嘘と真実の神経学的基盤の検証を目的としていた。したがって、模擬犯罪課題によるCITとは異なり、日常のエピソードなどの個人情報に関する質問を呈示している。Spence et al. (2001)は、右利きの男性10名の被験者にその日の行動に関する36の質問（たとえば、ベッドメイキングをした、薬を飲ん

だ)を聴覚呈示もしくは視覚呈示し、キーボードに割り当てた“yes”, “no” ボタンで嘘か真実の回答を求めた。質問は 5s 間隔で呈示し、嘘か真実の回答期間は 30s 毎に変化するブロックデザインで行った。その結果、視覚刺激、聴覚刺激ともに両側腹外側前頭前野 (BA 47) の有意な賦活が認められた。一般に腹外側前頭前野は、不適切な反応の抑制に関連する部位であり (中尾・武澤・宮谷, 2006), Spence et al. (2001) は嘘をつくときに関与する部位であると指摘している。

Lee et al. (2002) は、「どこで生まれましたか?」などのエピソード記憶に対して真実と嘘で答える課題、強制的に記憶させた 3 桁の数字に対し、呈示する 3 桁の数字と同じかどうかを判断する課題を 5 名に実施した。この研究の目的は、詐病 (malingering) の神経学的基盤を同定することであり、“yes” を意味するポンプ押し課題に対し、正確に反応する条件、不正確に反応する条件、ランダムに反応する条件、記憶障害を偽装して反応する条件を設けている。その結果、両課題ともに記憶障害を偽装して反応する条件で、両側前頭前野 (BA 6,9,46), 頭頂葉 (BA 40) などの賦活が認められた。

一方, Ganis et al. (2003) は、被験者 ($n=10$) のエピソード記憶に対し、実際とは異なるシナリオを憶えてもらい、その記憶したシナリオに基づいて嘘を答える課題、シナリオがなくとっさに嘘を考えて答える課題、正直に答える課題の 3 つの条件を設定した。その結果、正直に答える課題と比較して、嘘を答える 2 つの課題では両側前頭前野 (BA 10), 前部帯状回 (BA 32) などの賦活が認められた。また、2 つの嘘を比較した結果、憶えた嘘を答える課題では両側前頭前野 (BA 10), とっさに嘘をつく課題では前部帯状回 (BA 32) がより顕著に賦活することを報告している。前部帯状回の BA 32 は前頭前野に近接し、行動選択の際に生起する競合を検出する機能を担っている (中尾他, 2006)。Ganis et al. (2003) の実験結果は、嘘にもさまざまな種類があり、その種類により脳機能のメカニズムも異なることを明確にしている。実際の犯罪捜査場面では、犯人は無実を装うために嘘のシナリオを用意している場合や取調官の予せぬ質問にとっさに答える嘘が想定されるため、犯罪捜査場面に適合した興味深い研究である。なお、これら初期の研究に関しては、阿部・藤井 (2006), 永岑・金 (2005) の詳細な紹介があるので参照されたい。

fMRI 研究の隆盛

Spence et al. (2001) の研究後、fMRI 装置の普及と基礎研究の充実から、嘘と真実に関する fMRI 研究は増加しており、Spence (2008) は 16 の fMRI 研究をまとめている。また、日本でも Abe, Okuda, Suzuki, Sasaki, Matsuda, Mori, Tsukada, & Fujii (2008), Nose, Murai, & Taira (2009), 斎藤・石川・王・平・古満 (2006) の研究が報告されている。

これらの研究は、2 つの目的に分かれており、1 つは初期の研究で紹介した、嘘と真実に関する神経学的基盤を解明する研究、もう 1 つは犯罪捜査における実用化を目指した研究である。また、刺激呈示プロトコルの違いから 2 種類の研究方法があり、1 つは刺激や課題を交互に 20-30s 間測定して比較するブロックデザイン、もう 1 つは刺激や課題に対する一過性の脳活動を測定する事象関連 (event-related) 型デザインである。

Table 2 は、これまでに報告された 18 の研究について、実験デザイン、刺激の種類、主な賦活部位をまとめたものである。ブロックデザインの研究が 7、事象関連型デザインの研究が 11 あり、2004 年以降は後者の研究が多くなっている。刺激の種類は、嘘と真実の神経学的基盤を明らかにする研究では被験者のエピソード記憶、CIT への応用を目指した研究では検査前に記憶したカードや模擬犯罪課題の犯行内容を対象としている。

Table 2 からわかるように、fMRI 研究のほとんどは、被験者の嘘に関連して前頭前野が賦活することを示している。前頭前野は、人格の最高中枢ともいわれているが、そこには道徳に関連した内側前頭前野、適切な反応の促進に関連した背外側前頭前野、不適切な反応の抑制に関連した腹外側前頭前野、競合 (葛藤) の評価を行う前部帯状回などを包含・隣接しており、嘘と真実に関連して活動する部位として十分な妥当性を持っている。

その一方で、各研究で賦活する部位は多岐にわたり、同じ部位でもブロードマン領野 (Brodmann's area: BA) の数字が異なっており、それぞれ賦活する部位の位置に一貫性が認められない。犯罪捜査に fMRI を導入するためには、検出対象となる活動を同定できる実験手続きの確立が必要である。

Table 2. fMRIによる嘘と真実の神経学的基盤研究の実験方法と嘘に関連する主な賦活部位(BA: Brodmann's area)

研究者	実験デザイン	刺激の種類	主な賦活部位
Spence et al. (2001)	ブロック	エピソード記憶	腹外側前頭前野(BA 47)
Langleben et al.(2002)	事象関連型	トランプ(CIT)	前部帯状回(BA 32,24), 左中心溝回(BA 1,2,3,40)
Lee et al.(2002)	ブロック	エピソード記憶と数字	両側前頭前野(BA 6,9,46), 頭頂葉(BA 40), 尾状核
Ganis et al.(2003)	ブロック	エピソード記憶	前頭前野(BA 10), 前部帯状回(BA 32), 海馬
Kozel et al.(2004a)	事象関連型	エピソード記憶	前頭葉眼窩皮質(BA 45), 前部帯状回(BA 24), 島(BA 47)
Kozel et al.(2004b)	ブロック	エピソード記憶	左中側頭回(BA 21), 前頭葉眼窩皮質(BA 47), 前部帯状回(BA 32)
Spence et al. (2004)	事象関連型	エピソード記憶	腹外側前頭前野(BA 47), 眼窩前頭野(BA 11), 前運動野(BA 6)
Davatzikos et al.(2005)	事象関連型	トランプ(CIT)	右前頭前野(BA 6,44), 両側後皮質(BA 38,40)
Kozel et al.(2005)	事象関連型	エピソード記憶	前部帯状回(BA 32,8), 島(BA 47), 前頭前野(BA 46)
Langleben et al.(2005)	事象関連型	トランプ(CIT)	頭頂葉(BA 40), 左下頭頂小葉(BA 40)
Lee et al.(2005)	ブロック	単語と数字	前頭葉眼窩皮質(BA 47), 前頭前野(BA 6,8,9,10),前部帯状回(BA 32)
Núñez et al.(2005)	ブロック	エピソード記憶	前部帯状回(BA 32), 背外側前頭前野 (BA 9) 尾状核
Phan et al.(2005)	事象関連型	トランプ(CIT)	腹外側前頭前野(BA 45,47), 背外側前頭前野(BA 9)
斎藤他(2006)	事象関連型	トランプ(CIT)	左中前頭回, 左前部帯状回, 左下頭頂小葉, 左島皮質
Gamer et al.(2007)	事象関連型	トランプと紙幣(CIT)	右中帯状回, 右下前頭回, 左下頭頂小葉
Abe et al.(2008)	ブロック	単語	右内側前頭前野(BA 10), 右上前頭回(BA 8), 右中前頭回(BA 6)
Kozel et al.(2009)	事象関連型	模擬窃盗課題(CIT)	前頭葉眼窩皮質(BA 47), 右上側頭極(BA 38), 下頭頂小葉(BA 40)
Nose et al.(2009)	事象関連型	トランプ(CIT)	腹外側前頭前野(BA 47), 左下前頭回(BA 44), 右中前頭回(BA 9)

fMRI による CIT 研究

Spence et al. (2001) のブロックデザインによる研究に対し、事象関連型デザインによる研究は、犯罪捜査場面での CIT 導入を目指した研究とすることができる。Langleben et al. (2002) は、22 名の被験者（分析は 18 名）に 3 通の封筒から 1 つを選択させ、その中のトランプ（すべての封筒にクラブの 5 が入っている）を記憶するとともに、同封されていた 20 ドルと一緒にポケットに隠すように指示した。fMRI 測定中、スクリーンに呈示された刺激を鏡で見て、右手のボタンで反応を求めた。たとえば、スペードの 10 の画像とともに、「これはスペードの 10 ですか？」という質問がセットで呈示され、“yes” ボタンで反応する。そして、「このカードを持っていますか？」という質問とともに、クラブの 5、ハートの 2、ダイヤの 4 も呈示され、“no” のボタンで反応する。つまり、クラブの 5 は嘘の反応となり、CIT の 3 刺激オッドボール課題と類似している。彼らは、クラブの 5（嘘の反応）とハートの 2（真実の反応）を比較した結果、嘘の反応の際に前部帯状回 (BA 32,24) と左中心溝回 (BA 1,2,3,40) が賦活することを見だし、前部帯状回と上前頭回が嘘の基本的な神経回路であると結論している。なお、前部帯状回と上前頭回の賦活は、クラブの 5 の再認から派生するものであり、再認と嘘を司る部位が、どのような神経回路を形成しているのかを明らかにすることが今後の課題である。

Langleben et al. (2002) の研究は、CIT の神経学的基盤を明確にする目的であったが、犯罪捜査への応用を考えると、fMRI の賦活部位による個別判定の研究も必要である。そこで、Langleben, Loughhead, Bilker, Ruparel, Childress, Busch, & Gur (2005) は、3 テスラの装置で Langleben et al. (2002) と類似した実験を 26 名の被験者で行い、嘘に対する反応を個別に最も反映する領域を左下頭頂小葉 (BA 40) と同定し、個別判定では ROC 曲線 (receiver operating characteristic curve) から 84.7% (22 名/26 名) の予測可能性を示し、fMRI が個別判定でも応用できると述べている。一方、Kozel, Padgett, & George (2004a) は、個別判定の正検出率が、右前頭葉眼窩皮質の賦活で 10 名中 5 名 (50%)、右前頭前野全般の賦活でも 10 名中 7 名 (70%) にとどまることから、犯罪捜査への応用に関してはさらなる研究の必要があるとしている。そして、最近、

Kozel, Johnson, Grenesko, Laken, Kose, Lu, Pollina, Ryan, & George (2009) は、模擬窃盗課題 (CD を盗むなど) による実験を行い、前頭葉眼窩皮質 (BA 47)、右上側頭極 (BA 38)、下頭頂小葉 (BA 40) の賦活を報告し、ROC 曲線の分析で犯罪群が 100% (9 名/9 名)、無罪群が 33% (5 名/15 名) の正検出率となることを報告した。つまり、fMRI による CIT は、犯人を正しく検出する感度 (sensitivity) は高いが、無実の者を正しく陰性とする特異度 (specificity) は低いと指摘している。後者は無実の者を犯人とする誤りに繋がる可能性があり、今後の慎重な検討が必要である。日本では、Nose et al. (2009) が、カードを用いた CIT により有罪群 19 名、無罪群 19 名で fMRI による実験を行っている。その結果、有罪群で裁決項目が呈示された場合、腹外側前頭前野 (BA 47)、左下前頭回 (BA 44)、右中前頭回 (BA 9) が賦活することを見いだした。そして、個別判定では腹外側前頭前野が最も有効で、有罪群で 19 名中 16 名、無罪群でも 19 名中 16 名と正検出率とともに 84.21% であると報告し、fMRI による CIT の可能性を示した。

fMRI と他の指標との同時測定による研究

Gamer et al. (2007) は、被験者 14 名に封筒に入ったトランプと紙幣 (スペードの 11 と 20 ユーロ) をポケットに入れて隠匿させ、fMRI と皮膚伝導度反応 (skin conductance response: SCR) を同時測定している。fMRI による BOLD (blood oxygenation level dependent) 信号と SCR の相関を求めた結果、下後頭領域、紡錘状回 (fusiform gyrus)、補足運動野、右島皮質、小脳で関係が認められた。特に、右島皮質は、探索や選択的注意による一過性の SCR の生起と関係が深いと述べている。また、Nose et al. (2009) も島皮質前部 (EDA の生起と関連が深い) の賦活が認められたことから、Gamer et al. (2007) の研究も引用して、腹外側前頭前野と島皮質前部を CIT における EDA 生起に関連が深い部位としている。一方、ブロックデザインで実験を行った、Kozel, Revell, Lorberbaum, Shastri, Elhai, Horner, Smith, Nahas, Bhoning, & George (2004b) は、嘘条件時の BOLD 信号と EDA の相関係数の分析から ($n=7$)、前頭葉眼窩皮質 (BA 47) と前部帯状回 (BA 32) に有意な相関を認めている。彼らは、前頭葉眼窩皮質が反応抑制、帯状回が注意の分割、扁桃体が不安に関連す

ることから、この3部位の相関を仮定したが、扁桃体ではこの仮説は検証されなかった。このようなfMRIと末梢指標の同時測定による研究は、従来の末梢指標によるCITの検出メカニズムを明確にする上で重要な役割を果たすであろう。たとえば、Mohamed, Faro, Gordon, Platek, Ahmad, & Williams (2006)が、末梢神経系のポリグラフ検査に関して、以下のような仮説モデルを提起している。まず、実験者が被験者に対し質問を呈示すると、最初に聴覚野・視覚野の賦活、その質問を理解するためにウェルニッケ領野・角回の賦活、質問に関連した記憶の再認に関する背外側前頭前野の賦活、それを受けて抑制反応に関する前頭前野や前部帯状回などの賦活、さらに質問内容に不安や犯罪に関する情動が含まれていれば扁桃体や辺縁系が賦活して、視床下部を介して交感神経系に作用しEDA、心拍、呼吸変化をもたらすというモデルである。このような仮説モデルがfMRIと末梢指標との同時測定の研究で修正を受けながら、検証されることが望まれる。

また、斎藤他(2006)は、被験者5名に3刺激オッドボール課題に準じたカード検査を行いながら、fMRIと脳波(63ch)の同時計測を行った。その結果、裁決項目に対してfMRIでは左中前頭回、左前部帯状回、左下頭頂小葉、左島皮質等が賦活、脳波では300-500msに頂点潜時を持つ陽性電位(P300)が確認された。そして、裁決項目で賦活した左前頭領域の3点を基準にした他の電極との β 帯域のコヒーレンス解析の結果は、裁決項目でP300が生起し始める刺激呈示後200-300msの期間に、左側後方部の電極との間に高いコヒーレンスがあることが確認された。fMRIでは左下頭頂小葉の賦活が確認されており、この部位との関連を示唆している。P300の発生源に関しては、刺激や課題の違いにより複数部位が関与すると考えられているため、それぞれのP300によるCIT手続きを考慮した上での検討が必要である。

なお、fMRIは空間分解能がmm単位と優れる反面、時間分解能が数s単位であるため、CITにおける刺激呈示に起因する賦活と嘘の回答に起因する賦活を分離できていない可能性がある。fMRI装置の特徴から、嘘と真実に関連した情報処理を司る部位の特定に研究主眼が置かれているが、過去の末梢指標によるCITの検出メカニズムを解明した研究を参考に、Mohamed et al. (2006)のような仮説モデルをたて、時

系列に沿ったCITの脳内情報処理過程を明確にする実験が望まれる。

その他の脳機能研究

脳波、ERP、fMRI以外の脳機能研究としては、ポジトロン断層撮影法(positron emission tomography: PET)、機能的近赤外線分光法(functional near-infrared spectroscopy: fNIRS)による研究が報告されている。

Abe, Suzuki, Tsukiura, Mori, Yamaguchi, Itoh, & Fujii (2006)は、PETを用いた研究で14名の被験者にその活動に特異な道具を使用した20種類の体験(塗り絵、楽器演奏など)をさせた。その後、使用した20種類の道具(トラの線画、マラカスなど)と使用していない20種類の道具(サルの線画、鈴など)の写真を視覚呈示し真実と嘘で返答する課題を実施した。したがって、道具(使用・未使用)×返答(真実・嘘)の4条件を設けた。その結果、嘘の主効果に関しては左背外側前頭前野(BA 10,46)、右腹外側前頭前野(BA 45)、前部帯状回(BA 24,32)、内側前頭前野(BA 9)に賦活が認められた。また、道具×返答の2要因分散分析の結果から、前頭前野は嘘という認知過程に普遍的に関与する一方、前部帯状回は使用した道具に嘘をついたときに特異的に活動しており、嘘自体よりも過去の記憶との葛藤などに随伴する嘘に関係すると報告している。さらに、Abe, Suzuki, Mori, Itoh, & Fujii (2007)は、被験者が実験者の指示に従って真実と嘘の返答をする条件と、実験者に背いて(第2実験者が実験者の指示と反対の返答をするように指示する)真実と嘘の返答をする条件でPETによる研究を行い、嘘に関しては従来通り前頭前野が賦活することに加え、実験者に背いて返答する条件で扁桃体が賦活されることを見いだした($n=16$)。扁桃体は情動と記憶の処理に関連している反面、これまでの研究で報告されてこなかったため、今後の研究が期待される。PETはポジトロンを放出する放射性同位元素で標識された薬剤を、被験者の体内に静脈注射で投与する侵襲型であるため、心理学者単独での実験や実務導入に関しては制約がある。また、PETによる断層画像の撮影には、fMRIと同様に特別な施設・装置が必要であり、半減期(放射能が2分の1になる時間)が短い放射性同位元素を施設内で産生する必要があるなど、施設、技術、コスト面の問題も多く抱えている。

これに対し、特別な施設を必要とせず、生体からのアーチファクトに強く、装置のランニングコストも比較的低い fNIRS は、実用化に関して ERP と同等のメリットを持っている。細川・風井・八木・片寄 (2008) は、fNIRS が fMRI の測定原理と同じ局所脳血流量の変化を利用した BOLD 理論に基づくことから、fMRI による研究知見を利用した CIT 実験を行っている。彼らは 14 名の被験者に模擬窃盗課題を実施させ、ノートパソコンの画面上に被験者が盗んだ物を含む 5 つの画像をランダムな順序で 10s 間呈示し、画像への注視を求めた。そして、非裁決項目と比較して裁決項目呈示後に酸素化ヘモグロビン (oxyHb) レベルの上昇が前額部のプローブから得られた。特に、裁決項目呈示後 6-10s 期間では、90.9% (10 名/11 名、3 名は課題遂行失敗などで処理の対象外) の正検出率を得た。但し、酸素化ヘモグロビンレベルは、刺激呈示後に 2 峰性を描き、被験者毎にピークの位置が異なっており、局所脳血流量の変化に基づく指標の時間分解能の低さが、判定基準を決定する際の課題となろう。fNIRS は fMRI と異なり、頭皮から約 2cm の大脳皮質表面周辺の活動を反映し、脳の深部の賦活を同定することができない。したがって、fMRI と併用する研究を積み重ね、fMRI で同定された研究成果で判定基準や検査手続きを確立する必要があるだろう。そのような基礎データが積み重なれば、より簡便な方法でアーチファクトに頑健で、ランニングコストも低い特徴を生かしての実用化が期待できる。

脳機能研究成果の犯罪捜査への応用

脳波、ERP、fMRI、PET、fNIRS による研究を概観してきたが、これら脳機能研究で一致しているのは、研究成果と実務導入が鑑定結果の高度化に結びつくことである。CIT が犯人の記憶に基づく検査にもかかわらず、現行では末梢神経系の指標で検査を実施している。末梢神経系の反応は、質問呈示に対する認知活動と、それに基づくさまざまな心理的活動による一連の情報処理活動が、最終的に末梢神経系を介して出力されている。末梢神経系の反応は、反応潜時が比較的長く、個人内でも一定でないことから、質問呈示からの情報処理諸過程の特徴や処理の時間的経緯を推定することは困難である。また、CIT や真実と嘘の行動に対する、脳機能の賦活領域を同定することも不可能であ

る。これに対し、ERP は高い時間分解能、fMRI と PET は高い空間分解能を持っており、CIT や真実と嘘の行動に関する脳内メカニズムを解明する可能性を持っている。

脳機能研究の中では、現時点で実務導入に最も可能性が高い指標は ERP の P300 であろう。検査手続きが CIT の手続きと類似していること、測定が容易で特別な装置・施設が必要なく既存のポリグラフ検査と同様に実施できること、研究蓄積が最も充実していることが主な理由として挙げられる。特に ERP は、ms 単位で連続的に記録できるため、生じた波形がどのような情報処理活動の結果であるかを特定できる。たとえば、CIT の裁決項目に対する P300 振幅の増加は、非裁決項目と比較して、有意でまれな刺激として処理した結果であると明確に記述できる。さらに、斎藤他 (2006) の研究のように fMRI との同時測定の研究が進めば、特定のパラダイムで生起する P300 の発現機序や脳機能ネットワークが明確となるであろう。CIT を科学的鑑定として位置づける場合、得られた波形がどのような情報処理活動の結果であるかを論理的に考察できることは、証拠としての価値 (証明力) を向上させる。

但し、Miyake, Mizutani, & Yamamura (1993) が、P300 による CIT を試験的に従来の実務検査終了後に実施した結果は、犯人 12 名に対し陽性判定 3 名、陰性判定 3 名、判定不能 2 名、測定不能 4 名、無実の者 6 名に対し陰性判定 5 名、判定不能が 1 名という結果であった。この結果は、誤判定とともにアーチファクトによる判定不能、測定不能が 38.9% (7 名/18 名) と多いことを示している。まばたきなどのアーチファクトを防ぐ方法とカウンタメジャーに強い手続きを完成させることが、P300 の実務応用に関しては最大の課題である。P300 は μ V 単位の微弱な電位のため、実務導入する場合には、自らの無実を証明する物的証拠やアリバイを持たない被験者が、自ら希望して検査に同意し、検査者の説明と予備実験を経験した後に実施する事例に限定されるかもしれない。しかし、従来の末梢指標のポリグラフ検査で陰性であっても、検査後の取調べから裁決項目を記憶していた犯人の例は存在する。著者は実務のポリグラフ検査で同様の経験をした際、中枢レベルの情報処理過程が末梢指標に反映されない被験者を、P300 であれば検出できるという

期待から研究に着手した。このように、P300によるCIT研究は、実務検査を想定して計画されるべきであり、実務でCITを導入している日本は、P300によるCITの実用化における問題点を克服する素地が揃っており、世界に先駆けて鑑定として制度化できる可能性を持っている。

また、P300によるCITの標準手続きを確立した後、個別判定の統計的評価法の確立も必要である。現段階では、Farwell & Donchin (1991)が適用した、得られた少数データの無作為抽出を、コンピュータで大量に反復することで、母集団全体の分布を推定して統計的評価を行うブートストラップ法によって判定する方法が有力である。しかし、彼らが用いた項目毎の波形の相互相関係数を対象とするか、Rosenfeld et al. (2004), Soskins, Rosenfeld, & Niendam (2001)によるP300振幅の最大値（ベースラインとの差、直近の陰性ピークとの差の2種類）を対象とするかは、実験及び実務での陽性群と陰性群のデータベース構築を図っての検討が必要であろう。

一方、fMRIによる研究は、嘘と真実に関する神経学的基盤を解明する研究と犯罪捜査における実用化を目指した研究に大別できる。したがって、研究者毎に実験手続きが異なり、嘘に関する脳の賦活部位もさまざまである。犯罪捜査における実用化のためには、CITの手続きに基づいた研究を進め、犯罪情報を持つ被験者が、裁決項目に対して特異的に賦活する部位の特定が必要である。但し、fMRIに関しては、高額な施設と装置が必要なこと、頭部の動きによるアーチファクトの影響を受けやすいこと、検査姿勢が仰臥位で刺激呈示が困難なことなど制約が多い。また、斎藤他(2006)の研究を除いて、眼球に関するモニターを行っておらず、閉眼や視線をそらすカウンタメジャーを検出することもできない。現段階では犯罪捜査における実用化よりも、CITにおける検出メカニズム、特に、現行の末梢指標によるポリグラフ検査の検出メカニズムを補強する研究として考えるべきであろう。

なお、本稿で述べた脳機能研究によるCITは、現行の末梢神経系による虚偽検出を否定するものではない。なぜならば、両者は測定する指標が異なるだけで、検査目的や検査の背景にある検出理論は同じだからである。また、人間の神経系は、単一の系から成り立っているのでもなければ、独立して機能しているのでも

なく、相互に関連・影響し合っている。したがって、末梢か中枢かと限定せず、複数の生理活動を同時にとらえることが、CITの発展を促進すると思われる。

引用文献

- 阿部修士・藤井俊勝 (2006). 嘘の脳内メカニズム—脳機能画像研究を中心に— 箱田裕司・仁平義明 (編) 嘘とだましの心理学—戦略的なだましからあたたかい嘘まで— 有斐閣 pp.231-255.
- Abe, N., Okuda, J., Suzuki, M., Sasaki, H., Matsuda, T., Mori, E., Tsukada, M., & Fujii, T. (2008). Neural correlates of true memory, false memory, and deception. *Cerebral Cortex*, **18**, 2811-2819.
- Abe, N., Suzuki, M., Mori, E., Itoh, M., & Fujii, T. (2007). Deceiving others: Distinct neural responses of the prefrontal cortex and amygdala in simple fabrication and deception with social interactions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **19**, 287-295.
- Abe, N., Suzuki, M., Tsukiura, T., Mori, E., Yamaguchi, K., Itoh, M., & Fujii, T., (2006). Dissociable roles of prefrontal and anterior cingulate cortices in deception. *Cerebral Cortex*, **16**, 192-199.
- Allen, J.J.B., & Iacono, W.G. (1997). A comparison of methods for the analysis of event-related potentials in deception detection. *Psychophysiology*, **34**, 234-240.
- Andreassi, J.L. (2007). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response (5th ed.)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ben-Shakhar, G., & Furedy, J.J. (1990). *Theories and applications in the detection of deception: A psychophysiological and international perspective*. New York: Springer-Verlag.
- Davatzikos, C., Ruparel, K., Fan, Y., Shen, D., Acharyya, M., Loughhead, J., Gur, R., & Langleben, D.D. (2005). Classifying spatial patterns of brain activity with machine learning methods: Application to lie detection. *NeuroImage*, **28**, 663-668.
- Duncan-Johnson, C.C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, **14**, 456-467.
- Ellwanger, J., Rosenfeld, J.P., & Sweet, J.J. (1997). P300

- event-related brain potential as an index of recognition response to autobiographical and recently learned information in closed-head-injury patients. *Clinical Neuropsychologist*, **11**, 428-432.
- Ellwanger, J., Rosenfeld, J.P., Sweet, J.J., & Bhatt, M. (1996). Detecting simulated amnesia for autobiographical and recently learned information using the P300 event-related potential. *International Journal of Psychophysiology*, **23**, 9-23.
- Farwell, L.A., & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, **28**, 531-547.
- Farwell, L.A., & Smith, S.S. (2001). Using brain MERMER testing to detect knowledge despite efforts to conceal. *Journal of Forensic Science*, **46**, 135-143.
- Gamer, M., Bauermann, T., Stoeter, P., & Vossel, G. (2007). Covariations among fMRI, skin conductance, and behavioral data during processing of concealed information. *Human Brain Mapping*, **28**, 1287-1301.
- Ganis, G., Kosslyn, S.M., Stose, S., Thompson, W.L., & Yurgelun-Todd, D.A. (2003). Neural correlates of different types of deception: An fMRI investigation. *Cerebral Cortex*, **13**, 830-836.
- 平 伸二 (1998). 事象関連脳電位による虚偽検出 日本鑑識科学技術学会誌, **3**, 21-35.
- Hira, S. (2003). The P300-based guilty knowledge test: Does it stand the test of time? *Psychophysiology*, **40**, 10-11 (Supplement 1).
- 平 伸二 (2005). 虚偽検出に対する心理学の貢献と課題 心理学評論, **48**, 384-399.
- Hira, S., & Furumitsu, I. (2002). Polygraphic examination in Japan: Application of the guilty knowledge test in forensic investigations. *International Journal of Police Science and Management*, **4**, 16-27.
- 平 伸二・古満伊里 (2006). P300 による虚偽検出は長期間経過後でも可能か? 総合人間科学, **6**, 71-78.
- 平 伸二・濱本有希 (2008). 1ヶ月経過後の P300 による虚偽検出における記憶活性化の影響—中心記憶と周辺記憶の比較— 福山大学人間文化学部紀要, **8**, 129-139.
- 廣田昭久・松田いづみ・小林一彦・高澤則美 (2005). 携帯型デジタルポリグラフ装置の開発 日本法科学技術学会誌, **10**, 37-44.
- 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計測手法—機能的近赤外線分光法を指標として— ヒューマンインタフェース学会論文誌, **10**, 11-18.
- Johnson, M.M., & Rosenfeld, J.P. (1992). Oddball-evoked P300-based method of deception detection in the laboratory II: Utilization of non-selective activation of relevant knowledge. *International Journal of Psychophysiology*, **12**, 289-306.
- 桐生正幸・福田一彦 (2001). 虚偽検出検査と対処方略 (3) — 隠蔽方略と中枢系, 末梢系との関連 — 生理心理学と精神生理学, **19**, 132.
- Kozel, F.A., Johnson, K.A., Grenesko, E.L., Laken, S.J., Kose, S., Lu, X., Pollina, D., Ryan, A., & George, M.S. (2009). Functional MRI detection of deception after committing a mock sabotage crime. *Journal of Forensic Sciences*, **54**, 220-231.
- 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**, 605-613.
- Kozel, F.A., Padgett, T.M., & George, M.S. (2004a). A replication study of the neural correlates of deception. *Behavioural Neuroscience*, **118**, 852-856.
- Kozel, F.A., Revell, L.J., Lorberbaum, J.P., Shastri, A., Elhai, J.D., Horner, M.D., Smith, A., Nahas, Z., Bhoneg, D.E., & George, M.S. (2004b). A pilot study of functional magnetic resonance imaging brain correlates of deception in healthy young men. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, **16**, 295-305.
- 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 人間科学研究, **2**, 101-114.
- Langleben, D.D., Loughhead, J.W., Bilker, W.B., Ruparel, K., Childress, A.R., Busch, S.I., & Gur, R.C. (2005). Telling truth from lie in individual subjects with fast event-related fMRI. *Human Brain Mapping*, **26**, 262-272.
- Langleben, D.D., Schroeder, L., Maldjian, J.A., Gur, R.C., McDonald, S., Ragland, J.D., O'Brien, C.P., & Childress,

- A.R. (2002). Brain activity during simulated deception: An event-related functional magnetic resonance study. *NeuroImage*, **15**, 727-732.
- Lee, T. M. C., Liu, H.L., Chan, C.C.H., Ng, Y.B., Fox, P.T., & Gao, J.H. (2005). Neural correlates of feigned memory impairment. *NeuroImage*, **28**, 305-313.
- Lee, T.M.C., Liu, H.L., Tan, L.H., Chan, C.C.H., Mahankali, S., Feng, C.M., Hou, J., Fox, P.T., & Gao, J.H. (2002). Lie detection by functional magnetic resonance imaging. *Human Brain Mapping*, **15**, 157-164.
- Lykken, D.T. (1959). The GSR in the detection of guilt. *Journal of Applied Psychology*, **43**, 385-388.
- Lykken, D.T. (1998). *A tremor in the blood: Uses and abuses of the lie detector*. New York: Plenum Trade.
- 松田 俊 (編著) (2004). 科学的虚偽検出の最前線 多賀出版
- Mertens, R., & Allen, J.J.B. (2008). The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. *Psychophysiology*, **45**, 286-298.
- Miyake, Y., Mizutani, M., & Yamamura, T. (1993). Event-related potentials as an indicator of detecting information in field polygraph examinations. *Polygraph*, **22**, 131-149.
- 三宅洋一・沖田庸嵩・小西賢三・松永一郎 (1986). 虚偽検出指標としての事象関連脳電位 科学警察研究所報告, **39**, 132-138.
- Mohamed, F.B., Faro, S.H., Gordon, N.J., Platek, S.M., Ahmad, H., & Williams, J.M. (2006). Brain mapping of deception and truth telling about an ecologically valid situation: Functional MR imaging and polygraph investigation: Initial experience. *Radiology*, **238**, 679-688.
- 永岑光恵・金 吉晴 (2005). 嘘・だましの脳科学—fMRI研究の知見から— 精神保健研究, **51**, 27-33.
- 中尾 敬・武澤友広・宮谷真人 (2006). 内側前頭前皮質の機能—行動選択基準仮説— 心理学評論, **49**, 592-612.
- Neshige, R., Kuroda, Y., Kakigi, R., Fujiyama, F., Matoba, R., Yarita, M., Lüders, H., & Shibasaki, H. (1991). Event-related brain potentials as indicators of visual recognition and detection of criminals by their use. *Forensic Science International*, **51**, 95-103.
- 音成龍司・黒田康夫・柿木隆介・藤山文乃・鎗田 勝 (1991). 視覚刺激による課題非関連性事象関連電位：電子スチル写真を用いた新しい刺激法の提案 脳波と筋電図, **19**, 25-31.
- Nose, I., Murai, J., & Taira, M. (2009). Disclosing concealed information on the basis of cortical activations. *NeuroImage*, **44**, 1380-1386.
- Núñez, J.M., Casey, B.J., Egner, T., Hare, T., & Hirsch, J. (2005). Intentional false responding shares neural substrates with response conflict and cognitive control. *NeuroImage*, **25**, 267-277.
- Obermann, C.E. (1939). The effect on the Berger rhythm of mild affective states. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, **34**, 84-95.
- Phan, K.L., Magalhaes, A., Ziemlewicz, T.J., Fitzgerald, D.A., Green, C., & Smith, W. (2005). Neural correlates of telling lies: A functional magnetic resonance imaging study at 4 Tesla. *Academic Radiology*, **12**, 164-172.
- Rosenfeld, J.P., Angell, A., Johnson, M., & Qian, J. (1991). An ERP-based, control-question lie detector analog: Algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, **28**, 319-335.
- Rosenfeld, J.P., Cantwell, B., Nasman, V.T., Wojdac, V., Ivanov, S., & Mazzeri, L. (1988). A modified, event-related potential-based guilty knowledge test. *International Journal of Neuroscience*, **42**, 157-161.
- Rosenfeld, J.P., Labkovsky, E., Winograd, M., Lui M.A., Vandenboom, C., & Chedid, E. (2008). The Complex Trial Protocol (CTP): A new, countermeasure-resistant, accurate, P300-based method for detection of concealed information. *Psychophysiology*, **45**, 906-919.
- Rosenfeld, J.P., Nasman, V.T., Whalen, R., Cantwell, B., & Mazzeri, L. (1987). Late vertex positivity in event-related potentials as a guilty knowledge indicator: A new method of lie detection. *International Journal of Neuroscience*, **34**, 125-129.
- Rosenfeld, J.P., Soskins, M., Bosh, G., & Ryan, A. (2004). Simple, effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information. *Psychophysiology*, **41**, 205-219.
- 斎藤恵一・石川健太郎・王 力群・平 伸二・古満伊

- 里 (2006). 虚偽検出時の脳賦活部位間の関連性—fMRI と EEG の同時計測を用いて— 根本 幾 (代表) 先端工学研究所 / ハイテク・リサーチ・センター 研究報告書 東京電機大学先端工学研究所 pp.41-42.
- 佐々木 実 (2002). 心理的カウンタメジャーが P3 を指標に用いた CIT に及ぼす影響 生理心理学と精神生理学, **20**, 39-47.
- 佐々木 実・平 伸二・松田 俊 (2001). 事象関連電位を用いた虚偽検出における心理的カウンタメジャーの効果 心理学研究, **72**, 322-328.
- Soskins, M., Rosenfeld, J.P., & Niendam, T. (2001). Peak-to-peak measurement of P300 recorded at 0.3 Hz high pass filter settings in intraindividual diagnosis: Complex vs. simple paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, **40**, 173-180.
- Spence, S.A. (2008). Playing Devil's advocate: The case against fMRI lie detection. *Legal and Criminological Psychology*, **13**, 11-25.
- Spence, S.A., Farrow, T.F.D., Herford, A.E., Wilkinson, I.D., Zheng, Y., & Woodruff, P.W.R. (2001). Behavioural and functional anatomical correlates of deception in humans. *NeuroReport*, **12**, 2849-2853.
- Spence, S.A., Hunter, M.D., Farrow, T.F.D., Green, R.D., Leung, D.H., Hughes, C.J., & Ganesan, V. (2004). A cognitive neurobiological account of deception: Evidence from functional neuroimaging. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London series B*, **359**, 1755-1762.