

— 総説 —

事象関連脳電位による虚偽検出

平 伸二

広島県警察本部刑事部科学捜査研究所
〒730-0825 広島市中区光南 2 - 2 6 - 3

Detection of Deception with Event-Related Brain Potentials

Shinji Hira

*Forensic Science Laboratory,
Hiroshima Pref. Police H.Q.
2-26-3, Kohnan, Naka-ku, Hiroshima
730-0825, Japan*

This article reviewed previous studies concerning psychophysiological detection of deception in which event-related brain potential(ERP) had been recorded as a response index. The usual dependent measures in detection studies are autonomic activities such as respiratory, electrodermal, and cardiovascular responses that are assumed to be correlates of the emotional state induced by crime relevant questions. Recently, however, researchers in this field have emphasized the importance of cognitive factors rather than emotional ones to detect guilt and this trend facilitates the use of ERP as a detection measure.

Several ERP components have been identified and each functional significance during human information-processing has been well described. In the ERP-based detection studies, a component such as P3, N400, or CNV(contingent negative variation) have been used as a detection index. The P3 is elicited by rare and meaningful events that are relevant to the participant's task. The N400 component is elicited by semantic anomalies such as words that complete sentences falsely. The CNV has been variously described as related to expectancy, motivation, and attention. Although these three ERP components seem valid detection measures, the most promising index in the field practice is the P3 component because of its relative ease of recordings and large amplitudes. Moreover, in laboratory studies, correct detection rates by the P3 component are slightly higher than the rates by the conventional autonomic measurements.

Several merits of using an ERP component as a detection index are summarized as follows: 1) advancement and elaboration in judgment of test results because ERP are specifically time locked to an event, 2) an improvement of the correct detection rate, 3) an improvement of test objectivity and reliability, and 4) counteracting countermeasures. Before the practical use of ERPs in the psychophysiological detection of deception, however, a method of artifact-free measurement of ERPs and a definite criterion of judgment for individuals must be established.

Keywords: event-related brain potentials(ERP), detection of deception, guilty knowledge test(GKT), P3, contingent negative variation(CNV)

はじめに

人間の生理活動を指標とした虚偽検出は、19世紀後半にイタリアの犯罪学者Lombrosoが、末梢神経系の脈波で実施したのが始まりといわれている¹⁻³⁾。

それ以来、さまざまな末梢神経系の活動が、虚偽検出の指標として検討されてきたが⁴⁻⁷⁾、現在では呼吸、皮膚電気活動、脈波の3指標を測定するのが一般的である^{8,9)}。この3指標は、末梢神経系の中でも自律神経系の支配を受けている。自律神経系

は、通常われわれの意識の外にあって不随意的・自動的に活動している反面、われわれが体験する情動などの心的事象と深く対応している。したがって、現行の3指標は、随意統制が困難であることに加え、情動変化と関係が深いため、虚偽検出の有効な指標として利用され、犯罪捜査の中で大きな貢献を果たしてきた。

一方、中枢神経系の活動である脳波 (electroencephalogram) と事象関連脳電位 (event-related brain potentials) も、虚偽検出の指標として注目されている。脳波は特定の事象に関係なく常に揺らいでいる自発的な電位であり、覚醒水準といった持続的な脳の状態を表す。それに対し、事象関連脳電位は何らかの事象の生起に関連して出現する一過性の脳電位変化であり、感覚・知覚・認知といった脳の情報処理にかかわる神経集団の同期的活動で生ずる電場電位を表す¹⁰⁾。特に、後者の事象関連脳電位が、虚偽検出の有効な指標として近年活発に研究され始めた。

そこで、本稿では、事象関連脳電位が虚偽検出の指標として注目される理由を明らかにするとともに、事象関連脳電位を指標とした虚偽検出の研究を概観し、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。

末梢から中枢の指標への注目

虚偽検出の理論の変遷

事象関連脳電位が、虚偽検出の指標として注目された理由に、コンピュータを含む脳波測定装置の発展を挙げることができる。しかし、虚偽検出の理論が、ウソに伴う情動から、質問に対する認知情報処理過程を重要視^{11,12)}するようになっただけで、より大きな理由として挙げられる。

虚偽検出の理論は、当初、“ウソ発見器”という俗称が示すように、ウソに伴う情動変化が強調された。Davis¹³⁾は、ウソが発覚することによって与えられる罰への恐怖 (罰理論)、ウソに伴う良心の呵責 (葛藤理論)、犯罪行為に伴う激しい感情の再体験 (条件反応理論) が生理反応を引き起こすと説明した。Davis¹³⁾の理論は、日常生活でも体験できる分かりやすい説明であるが、罰理論・条件反応理論では、実験室におけるカード検査を説明することができない。また、葛藤理論では、ウソ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¹⁴⁾、無返答でも検出可能¹⁵⁾という結果を説明できない。さらに、検出を回避することを動機づけられていない実験¹⁶⁻¹⁸⁾、ウソをつくことを要求されていない実験¹⁹⁾での有意な正判定率は、虚偽検出の理論が情動・動機づけ要因よりも認知要因に基づくことを強調してきた。

この他、題名に“detection of information”を用いる論文²⁰⁻²²⁾が現れるとともに、注意²³⁾、処理の深さ²⁴⁾に関する論文が相次いで登場してきたように、1980年代には、虚偽検出の理論として認知要因が重要視されてきた。情動要因から認知要因への理論の変遷は、虚偽検出の指標として、末梢から中枢、さらに情報処理過程の“ものさし”といわれる事象関連脳電位へ、研究者の関心を移行させてきた。

GKTに対する評価の向上

ところで、虚偽検出の質問法には、Lykken^{25,26)}が提唱したGKT (guilty knowledge test) に代表される認識課題と、CQT (control question test) に代表される徴候課題がある。前者が犯罪事実についての認識の有無を検査するのに対し、後者は供述全般に関する虚偽徴候を検査することを目的としている^{2,9)}。両者の検査目的から明らかなように、事象関連脳電位を指標とした虚偽検出は、現在のところ専らGKTのような認識課題に適用されている。

GKTは犯罪事実についての認識の有無を判定する検査であり、POT (peak of attention test)、CIT (concealed information test) の呼び方もある。GKTは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問を組み合わせて構成する。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。GKTでは、犯人が裁決項目を記憶・照合に基づき有意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、裁決項目に対する強い生理反応 (特異反応) が生起する。Lykken²⁷⁾は、裁決項目に対する特異反応は、OR (orienting reflex) で説明できると述べている。また、Ben-Shakhar and Furedy¹²⁾は、GKTの検出理論として、動機づけ・情動要因も重要であるが、認知要因が必要条件であることを強調している。このように、GKTの検出理論が認知要因に基づくことから、事象関連脳電位はGKTの指標として非常

に有効だといえる。

GKTはfalse positive error（無実の者を犯人と判定する間違い）の少ない検査¹²⁾として定評がある。周知のように、日本では犯罪捜査における主たる質問法であるのに対し、アメリカではGKTはほとんど使用されず、CQTが主に用いられている³⁾。ところが、近年、アメリカ心理学会会員を中心に、虚偽検出の各種質問法が科学的な心理学理論に基づいているかを問うアンケート調査が行われ、CQTよりもGKTの信頼性・妥当性が高いとの結果が得られ²⁸⁾、GKTの評価が向上していることがわかった。つまり、GKTへの評価の向上も、事象関連脳電位を注目させる原因の一つになっている。

脳波を指標とした研究

事象関連脳電位による虚偽検出の研究を概観する前に、同じく中枢神経系の指標である脳波による虚偽検出に触れておく。この脳波を指標とした虚偽検出の研究は意外と古く、既に1939年にObermann²⁹⁾が、標準的なカード検査と仮想犯罪実験で報告している。

まず、カード検査では、被検者に別々の数字が書いてある5枚のカードから1枚を選択させ、そこに書いてある数字を記憶させる。その後、5つの数字を順次、口頭で質問して否定の返答を求め、返答後約20秒間の脳波を測定した。一般に、 α 波は閉眼安静時に顕著に出現し、考え事や精神的動揺で減衰する。したがって、選択した数字にウソの返答をするときに、最大の α 波減衰が認められると仮定し、 α 波減衰を基準とした視察判定を実施している。そして、5名の判定者が、90回のカード検査を個別に判定した結果、被検者の選んだ数字を正確に判定できたのは41.4回（判定者5名の平均）であった。

次に、仮想犯罪実験では、19名の被検者が、別々の仮想犯罪を描写した5枚のカードから1枚を選択して、選んだカードに書かれた文章を読んだ後に検査を受けた。被検者が受ける質問は、5項目が被検者の選んだ仮想犯罪事実、20項目が他のカードに書かれた仮想犯罪事実である。この25項目は無作為な順序で質問された。カード検査と同じ5名の判定者が、25項目の質問に対する返答後約15秒間の α 波減衰を視察で比較し、被検者がどの仮想犯罪事実を読んでいるかを判定した。その結果、正確に判定できたのは19名中9名（判定者5名の平

均）であった。

このように両実験ともに、偶然確率を上回るものの、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であった。また、同じく α 波減衰を視察判定した大西らの実験³⁰⁾でも、カード検査の正判定は12名中2名のみであった。つまり脳波は、特定の事象に関係なく常に揺らいでいる自発的な電位であり、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ため、カード検査やGKT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。

事象関連脳電位を指標とした研究

脳波に重畳して観察される事象関連脳電位は、通常数 μV の電位であることから、数 $10\mu\text{V}$ の脳波に埋もれてしまい、視察で観察することが困難である。そこで、事象関連脳電位を指標とする場合には、同じ刺激を反復呈示して、刺激呈示時点で時間軸を揃えて加算平均する処理を行う^{31,32)}。その結果、脳波は刺激呈示とは無関係に出現しているので、加算に伴い上下への揺らぎが相殺し合って平坦化する。一方、刺激に対応して生起する電位活動は、一定の潜時をおいて一定の極性へ出現するため、加算することで電位が増加する。

このような加算平均処理によって得られた事象関連脳電位は、処理対象となる感覚刺激呈示以前から行動反応出力後に至るまで連続的に記録されるという利点がある。さらに、各情報処理に対応する変化（成分）は、処理の順に、時系列に沿ってms単位で出現するため、その振幅や出現潜時、頭皮上分布、他の成分との時間的關係から、どのような情報処理過程の結果であるかを同定することが可能である¹⁰⁾。

事象関連脳電位は、各情報処理過程に応じてさまざまな成分が報告されているが³²⁻³⁴⁾、虚偽検出の指標として有効性が報告されているのは、P3、N400、CNV(contingent negative variation)と呼ばれる電位である。なお、事象関連脳電位の標準的な測定法に関しては、日本脳波・筋電図学会の誘発電位測定指針(1997年改訂)³⁵⁾を参照されたい。

P3を指標とした虚偽検出

(1)標準的オッドボール課題

Sutton et al.³⁶⁾が最初に報告したP3は、有意味

(meaningful)でまれ(rare)に呈示される刺激に対し、潜時約300ms-900ms(潜時は刺激間の区別が容易なとき短く、困難なとき長くなる)で出現する陽性電位である。P3は5-20 μ Vと振幅が大きく、自動処理を含み随意統制が困難で^{3,37)}、情動よりも認知過程の指標³⁷⁻⁴⁰⁾であることから虚偽検出の指標に最も多く取り上げられている。

また、P3を指標とする理由として、P3を測定する標準的オッドボール(oddball)課題と、GKTの質問構成の類似性が指摘できる。標準的オッドボール課題とは、呈示頻度の低い刺激と高い刺激を無作為な順序で次々と呈示して、低頻度呈示刺激を標的として検出させる課題である。具体的には、1000Hzの短い音を20%、2000Hzの短い音を80%呈示し、1000Hzの音をカウントさせる。そして、P3は低頻度呈示刺激を首尾よく検出すると出現する。これを前述のGKTの質問構成例に当てはめると、指輪という裁決項目が低頻度呈示刺激、財布・時計・金貨・ブローチという非裁決項目が高頻度呈示刺激となる。ここで非裁決項目は4種類あるので実際の出現率は各々20%となるが、犯罪に関連した質問というカテゴリで判断すると裁決項目の出現率が20%、非裁決項目の出現率が80%となり、一種のオッドボール課題といえる。

P3振幅は呈示される刺激の出現確率に反比例し、被検者の課題への関連性に比例して生起する⁴¹⁻⁴⁴⁾。したがって、裁決項目に対するP3振幅の増加は、被検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。

Rosenfeld et al.⁴⁵⁾は、この標準的オッドボール課題による虚偽検出を試みている。彼らは1つの選択語(裁決項目)と8つの中性語を2s間隔で約20回ずつ視覚呈示し、裁決項目の呈示に対して"no"と答えて隠匿させる課題を与えた。その結果、10人中9人に裁決項目呈示後400-700msの潜時を持つP3振幅の増加を認めた。しかし、彼らの手続きは、「犯罪に関連した質問が呈示されたら返答しなさい」と要求することになり、実際の犯罪捜査に適用することはできない。そこで、刺激構成が裁決項目と非裁決項目の2つの刺激カテゴリからなる場合、被検者には呈示する刺激への注視だけを求める課題を課すことになる。

(2)受動的課題

音成ら⁴⁶⁾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。写真の呈示時間は300ms、呈示間隔は2000ms固定で、無作為な順序で各写真20回ずつ呈示した。この手続きは、被検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検者、課題遂行に非協力的な被検者に有効である。実験の結果は、裁決項目に対するP3振幅の増加が全被検者で得られ、受動的課題の有効性が確認された。

Neshige et al.⁴⁷⁾は、受動的課題による発展研究として、模擬窃盗犯罪による虚偽検出を検討した。14名の被検者を有罪群と無罪群に分けて、有罪群にはタンスから銀行の通帳を盗ませた。そして、裁決項目として通帳の写真、非裁決項目として通帳以外の写真9枚(財布、封筒等)を呈示した。この実験では、P3振幅がより増加するように、写真の呈示時間を500ms、裁決項目の出現確率を5-8%に修正している。その結果、裁決項目に対するP3が有罪群にのみ出現することを見だし、犯罪捜査への応用可能性を示唆した。

ところで、受動的課題は、被検者の負担が少ない反面、閉眼や視線をそらす方法による妨害に弱いという欠点がある。特に、犯罪捜査では被検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。

(3)3刺激オッドボール課題

受動的課題の問題点に対し、オッドボール課題による虚偽検出では、裁決項目と非裁決項目の他に、ボタン押し(もしくは、カウント)を求める標的刺激を呈示するのが一般的である。

Farwell and Donchin³⁸⁾は、この裁決項目、非裁決項目、標的刺激の3刺激オッドボール課題で実験を行った。彼らは、20名の被検者に対して、仮想スパイ犯罪を実行させ、犯罪に関連した単語(裁決項目)、犯罪に無関連の単語(非裁決項目)、検出を指定された単語(標的刺激)をCRTへ視覚呈示した。各単語の呈示回数は裁決項目24回、非裁決項目96回、標的刺激24回、呈示比率では裁決項目1/6、非裁決項目2/3、標的刺激1/6である。各刺激の呈示時間は300ms、呈示間隔は1550ms固定、被検者の課題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である。仮想スパイ犯罪のシナリオは2種類あり、各被検者は2

種類のシナリオのいずれかを実行し、裁決項目の呈示される有罪条件と、裁決項目の呈示されない無罪条件で検査を受けた。このような実験課題と条件の下では、被検者のP3に関して次のような予測ができる。すなわち、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P3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P3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P3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P3が生起しないと考えられる。

上記仮説の下、裁決項目に対するP3が、非裁決項目よりも標的刺激に類似している場合を有罪、標的刺激よりも非裁決項目に類似している場合を無罪とする基準で個別判定（詳しい方法については後述）を行った。その結果、有罪条件では20名中18名、無罪条件では20名中17名、両条件合計すると40名中35名（87.5%）を正確に判定した。さらに、第2実験では、実際に軽微な犯罪を犯している4名の被検者に協力を求め、同様の刺激呈示方法で、有罪条件4名中4名、無罪条件4名中3名、両条件合計すると8名中7名（87.5%）を正確に判定した。なお、標的刺激へのボタン押し課題は、被検者に呈示刺激への注視を義務づけ、反応時間とエラー数の結果は注視を裏付ける資料となる。また、標的刺激に対するP3振幅は、各個人のベースライン値として個別判定の基準となる。さらに、標的刺激に対するP3の生起は、裁決項目に特異反応がない場合、認識がないのか無反応者なのかを確定できなかった、従来のGKTの欠点を是正する利点を持っている³⁸⁾。

また、Rosenfeld et al.⁴⁸⁾は、9つの単語の中から1つの単語を選択して隠匿する実験で、選択語（裁決項目）と8つの非選択語を2s間隔で視覚呈示し、非選択語の中の1つを標的刺激としてカウントさせた。全体の呈示回数は200回、呈示順序は無作為で、各単語の呈示回数は18-26回の間である。その結果、分析対象とした7名全員に、裁決項目と標的刺激に対するP3振幅の増加を認めた。

我が国では、三宅ら⁴⁹⁾が、3刺激オッドボール課題で実験している。彼らは、裁決項目を自我関与の高い自己姓、非裁決項目を4人の他者姓、標的刺激を植物名として、自己姓の隠匿を求めた。刺激は裁決項目20回、非裁決項目80回（4人の他者姓をそれぞれ20回）、植物名を10回の計110刺激で構成

し、CRTに無作為な順序で視覚呈示した。各刺激の呈示時間は300ms、呈示間隔は1000-1200ms（平均1100ms）、被検者の課題は標的刺激である植物名に対するボタン押し反応である。その結果、8名中7名で裁決項目に対するP3振幅の増加が認められた。また、標的刺激に対しては、潜時の遅い高振幅のP3が生起した。裁決項目に対する電位は、呈示確率の低い刺激に対する定位反応を反映するP3a、標的刺激に対する電位は検出が求められる刺激に特異なP3bと解釈できよう⁵⁰⁾。この実験では、「姓」の他に「名」を呈示した場合にも同様の結果を得ている。さらに、三宅ら⁵¹⁾は、裁決項目の自我関与度を操作した場合、P3の振幅は自我関与度が高いほど大きくなることを見いだした。犯罪捜査では、裁決項目が犯人にとって自我関与の高い質問となるため、三宅らの両研究はP3の応用可能性を強く支持する結果といえよう。

3刺激オッドボール課題は、この他にも多くの実験⁵²⁻⁵⁶⁾で有効性が支持されており、現段階で最も優れた測定方法と評価できる。

(4)その他の課題

Forth et al.⁵⁷⁾は、有意味語と無意味語を視覚呈示して、有意味語に対するキー押し反応を求める語彙判断課題を用いた。有意味語は仮想犯罪による裁決項目と非裁決項目であり、被検者はできるだけ速く、正確に反応するように教示された。16名の被検者による結果は、裁決項目に対するP3振幅が、非裁決項目に比較して有意に増加した。

CQTへの応用を試みたRosenfeld et al.³⁹⁾は、被検者の犯した反社会的行為を、P3を指標として検出した。各被検者の反社会的行為は、犯行経験をチェックリストに無記名で記入させ、そのチェック項目を隠しカメラで確認した。被検者の犯した反社会的行為1項目（関係質問）、被検者に関係のない反社会的行為が7項目（対照質問3項目、無関係質問4項目）、標的刺激1項目からなるオッドボール課題で検討した。そして、有罪群と無罪群に対し実験を行った結果、有罪群のP3振幅が、対照質問に比較して関係質問で有意に増加した。また、有罪群では13名中12名、無罪群では15名中13名、合計28名中25名(89.3%)を正しく判定した。この実験では、関係質問と対照質問3項目（それぞれ異なる反社会的行為）に対し、犯行を犯している可能性が高いという事前面接を行う手続きが含まれている。これはCQTの面接の手続きと類似しており、

Table 1 The validity of the detection of deception with P3 component in the guilty condition

Study	Number of subjects	Percent of correct decision
Allen and Iacono ⁷⁵⁾	60	86.7
Farwell and Donchin ³⁸⁾	20	90.0
Johnson and Rosenfeld ⁵⁸⁾	17	76.5
Miyake et al. ⁴⁹⁾	8	87.5
Neshige et al. ⁴⁶⁾	9	100.0
Rosenfeld et al. ⁴⁵⁾	10	90.0
Rosenfeld et al. ⁴⁸⁾	7	100.0
Rosenfeld et al. ³⁹⁾	13	92.3
Weighted average	144	88.2

P3がGKTのみならずCQTにも応用できることを示唆している。但し、質問構成を見ると、標準的なCQTではなく、さまざまな罪名を呈示する罪種検査に近い検査である。同じく反社会的行為の検出は、Johnson and Rosenfeld⁵⁸⁾でも、有罪群17名中13名、無罪群14名中14名、合計31名中27名と87%の正判定率が得られている。

最後に、P3を指標とした研究の有罪条件における正判定率を、Table 1にまとめた。これら8研究の平均正判定率は88.2%であり、Ben-Shakhar and Furedy¹²⁾がまとめた末梢神経系を指標とした10研究の平均正判定率83.9%を若干上回っている。現行の末梢神経系の指標との差は僅かではあるが、P3は情報処理過程に対応した意味づけが可能であるため、鑑定内容の高度化が期待できる。

N400を指標とした虚偽検出

N400は文脈の不一致で生じる成分である⁵⁹⁾。文を主語、目的語、述語（たとえば、“スズメは／鳥で／ある”）の順に呈示し、主語と目的語との間に意味的な不一致がある場合（たとえば、“スズメは／魚で／ある”）、目的語に対するN400が生起する⁶⁰⁾。

同様の課題を虚偽検出に応用し、犯人が検査を受けたと仮定してみよう。すると、犯罪を正しく記述した文（たとえば、“犯行場所は／台所で／ある”）にはN400が生起しないのに対し、犯罪と一致しない文（たとえば、“犯行場所は／居間で／ある”）には、目的語に対するN400が生起すると仮

定できる。

このN400を指標とした虚偽検出は、Boaz et al.³⁷⁾が詳細に検討している。彼らは、有罪群にアパートの台所を舞台とした強盗（仮想犯罪）のビデオ、無罪群にはニューヨークのありふれた光景のビデオを12分間鑑賞させた。そして、犯罪を正しく記述した10種類の文と、犯罪と一致しない10種類の文をそれぞれ40試行ずつ呈示した。その結果、無罪群ではどちらの文に対してもN400は生起しなかったが、有罪群では犯罪と一致しない文に対してのみN400が生起し、上記仮説を裏付けた。また、個別判定では、有罪群28名中24名、無罪群31名中22名、両群で59名中46名（78%）を正しく判定した。すなわち、犯罪と一致しない文に対するN400は、被検者が犯罪事実を認識しているという証拠となる。

なお、Boaz et al.³⁷⁾の実験では、有罪群で犯罪を正しく記述した単語に対するP3が得られていない。これは犯罪事実と一致する文と一致しない文の刺激呈示比率が1:1であったこと、犯罪事実が10種類と多かったことに起因すると考えられる。呈示比率と犯罪事実の種類を変更すれば、犯罪と一致する文にP3、犯罪と不一致の文にN400が生起する場合に有罪と判定する、複数指標による虚偽検出の可能性がある。

CNVを指標とした虚偽検出

(1)S₁-S₂-R課題～返答の効果～

P3とN400を指標とした虚偽検出の研究は、刺激に対する情報処理過程を検討しているが、実務上の虚偽検出では刺激の呈示だけでなく、被検者自らの返答も求めている。また、虚偽の返答は、正判定率を高めることが報告されている^{19,61-63}。つまり、刺激に対する情報処理過程のみならず、返答に伴う情報処理過程を反映する指標があれば、虚偽検出に応用できる可能性がある。

刺激に対する情報処理過程の指標であるP3に加え、刺激と行動の間に生起する心理的要因を反映する指標としてCNVがある⁶⁴。CNVを生起させる基本的課題は、先行刺激(S_1)と後続刺激(S_2)を一定時間間隔で呈示し、 S_2 に対して被検者に運動反応(R)を求める事態である。その結果、 S_1 に対する脳電位活動に続いて、 S_1 - S_2 間に期待、意欲、動機づけ、注意等の心理的要因を反映した脳電位の緩徐な陰性変動が生じる⁶⁵。この S_1 - S_2 -R課題は、現行の虚偽検出に非常に類似しており、P3に加えてCNVを指標とすることにより、刺激呈示に伴う情報処理過程のみならず、被検者の返答に至るまでの情報処理過程を検討できる。また、質問に対する返答は、被検者が刺激呈示に注意を払っていた裏付けにもなる。

平ら⁶⁶は、この S_1 - S_2 -R課題を応用し、刺激に対する情報処理過程の差異と、被検者の返答の違いによる心理的要因の差異を検討した。この実験では、 S_1 として自己姓もしくは他者姓を呈示(呈示時間250ms)し、1500ms後の音刺激(S_2)に対して正しく答える条件と虚偽で答える条件を設定した。自己姓と他者姓の呈示比率は1:5で、両者ともアーチファクト(装置や他の生理活動から発生する雑音)のない試行が20回に達するまで実験を続けた。その結果、他者姓よりも自己姓の呈示に対してP3振幅の増加が有意に認められた。また、主成分分析に基づく予測波形の分析から、刺激に対する自我関与度を反映する成分としてP3a、返答に対する心理的要因を反映する成分としてP3bとCNVが得られた。特に、CNVは自己姓に対して虚偽の返答をする場合にのみ、電位の増加が認められた。

しかしながら、平ら⁶⁶の実験では、返答の効果を検討することが主目的であったため、自己姓に対する検出妨害を求めている。これに対し、実務における犯人は、裁決項目に対して虚偽の返答をし、かつ生理反応が生起しないように努力している。そこで、松田ら⁶⁷は、同様の S_1 - S_2 -R課題を用い、被検者に裁決項目を検出されないように教

示した実験を行った。この実験では、裁決項目に自己姓を呈示する条件と、被検者が選択した他者姓を呈示する条件を設け、すべてに否定の返答を行わせた。その結果、自我関与刺激である自己姓に対するP3振幅の増加と、自己姓を検出されないようにした場合のCNVの減少が認められた。CNVの減少は、関与度の高い情報に対して検出妨害を行うことによる課題の困難度を反映している。また、文脈の不一致により生じるN400⁵⁹も、他者姓に対して出現した。

以上のように、 S_1 - S_2 -R課題は、事象関連脳電位の単一の成分ではなく、情報の入力部の処理過程としてP3とN400、情報入力後の処理過程としてCNVを指標とした、多面的な虚偽検出が可能となる。そして、GKTの検出理論として、刺激に対する認知要因と認知から派生する心理的要因があることを、異なる脳電位活動(成分)で捉えたことが重要である。

(2)系列呈示課題～課題完了感～

ところで、現行の末梢神経系を指標とした実務では、単一の項目に対する認知要因や、返答の効果のみでは説明できない特異反応がしばしば生起する。特に、GKTでは裁決項目と非裁決項目の呈示順序があらかじめ知らされており、各々1回だけ呈示されることもわかっているため、裁決項目呈示を境とした系列内変動が頻繁に観察される。具体的には、裁決項目呈示まではすべての質問項目に対して皮膚電気活動が生起するのに、裁決項目後には皮膚電気活動が生起しないという現象である。また、呼吸曲線の乱れが、裁決項目呈示後の非裁決項目から、規則的で安定した曲線に復帰する現象も多くみられる。これらの現象は、犯罪を隠匿し罰から逃れるには、裁決項目に生理反応を起こさないことが犯人の重要な課題となるため、裁決項目まで緊張・注意が持続した後、課題完了感が生じる結果と推定できる。

一般に、事象関連脳電位による虚偽検出は、裁決項目と非裁決項目を多数回、無作為呈示するため、裁決項目呈示に伴う課題完了感を検討することは不可能である。しかし、平と松田⁶⁸は、写真画像を系列呈示する課題で、裁決項目呈示に伴う課題完了感がCNVに反映されることを見いだした。この実験では、CRT上に左から風景写真1枚、女性の顔写真4枚、風景写真1枚の計6枚を横並びに配置した。被検者への呈示方法は、CRTの左から順番

に、ネガ表示された状態からポジ表示し、次の写真のポジ表示とともにネガ表示に戻す方法を用いた。各写真の呈示時間は1枚目の風景写真（緩衝刺激）が300ms、2枚目以降が800ms毎で、連続6枚の系列呈示に要する時間は4300msである。6枚の写真の呈示順序は実験を通じて一定で、被検者の課題は最後の風景写真に対するボタン押しである。そして、最初に裁決項目が含まれない無罪条件、次に裁決項目（被検者が選択した顔写真）が含まれる有罪条件（裁決項目の隠匿を教示）を実施して、両条件間の裁決項目の有無による事象関連脳電位の差異を比較検討した。

その結果、無罪条件に比較して有罪条件で、裁決項目に対するP3振幅の増加傾向と、ボタン押し前のCNV振幅に有意な減少が認められた。このCNV振幅の減少は、無罪条件で裁決項目を呈示しないのに対し、有罪条件で裁決項目を呈示することによるものと考えられる。つまり、無罪条件では、課題がボタン押しだけであり、ボタン押しへの注意・期待が高まるためCNV振幅が増加する。これに対し、有罪条件では、裁決項目に対する検出妨害の課題もあり、裁決項目の呈示に対して課題完了感が生じて連続性が中断する。したがって、後続するボタン押しに対する注意・期待の分散に伴い、CNV振幅も減少すると考えられる。また、有罪条件におけるボタン押し前のCNV振幅の減少を有罪の基準として、個別判定を行った結果、83.3%（12名中10名）の正判定率が得られている⁶⁹⁾。

以上、P3、N400、CNVを指標とした研究を紹介したが、この他にN2、準備電位も有効性が期待できる。なお、各研究の刺激構成、刺激呈示方法、被検者の課題、脳波の導出部位を比較する場合、平⁵⁰⁾に一覧表を掲載しているので参照されたい。

犯罪捜査への応用と課題

犯罪捜査への応用を考える場合、現段階で最も適切な指標はP3であろう。P3は医療や障害者（児）教育の現場でも頻繁に応用されるように、測定が比較的容易で、高振幅という特徴がある⁷⁰⁾。また、理論的に指標としての妥当性が高く、すべての実験結果もこれを支持している。したがって、次には実際の犯罪捜査場面でのデータを収集し、それに基づく評価が必要である。

実務でのデータ収集

現在までに、実務で収集されたデータは、Miyake et al.⁷¹⁾の報告のみである。これは兵庫県警察本部科学捜査研究所が、実際の犯罪捜査で、現行の末梢神経系による虚偽検出を実施した際に、オッドボール課題によるP3を試験的に測定したデータである。そこでは、18名の事例が紹介され、現行法との結果の一致・不一致が報告されている。

18名の被検者のうち、男性が16名、女性が2名で、年齢範囲は19-56歳、対象事件としては窃盗、麻薬取締法違反、殺人未遂が含まれている。オッドボール課題の裁決項目として呈示した項目は、犯行時間、犯行場所、被害金額、凶器の種類等である。被検者に対し、裁決項目20、非裁決項目80、標的刺激20の計120刺激が呈示され、標的刺激に対するボタン押しを求めた。刺激呈示は聴覚10名、視覚8名で、判定は視察により行っている。

現行の呼吸、皮膚電気活動、脈波による検査結果は、陽性判定が12名、陰性判定が6名となり、陽性判定についてはその後の捜査と被検者の自供、陰性判定については真犯人の自供から、すべて正判定であることが確かめられた。一方、P3による判定は、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名という結果である。末梢神経系と事象関連脳電位による判定の一致は、18例中8例（44%）であり、一致した8例中の3例が陽性判定、5例が陰性判定であった。

事象関連脳電位による正判定率は、実験⁴⁹⁾に比較して低くなった。この原因は、脳波測定上のアーチファクトである眼球運動、まばたき、体動による判定不能及び測定不能が7名と多く、判定可能率が僅か61.1%にとどまったことにある。特に、犯人の判定可能率が50%に過ぎないことからわかるように、実務での事象関連脳電位の測定は、アーチファクトの統制が重要な課題となる。また、アーチファクトが混入した場合、その影響を脳波上から除去する方法⁷²⁾の導入も検討すべきであろう。

このような課題がある反面、無実の者（陰性）の正判定率が高いこと（83.3%）、ならびにfalse positive errorがないことは、今後の実務導入へ向けて評価できる。さらに、Miyake et al.⁷¹⁾のデータでは、聴覚に比較して視覚呈示の方が判定可能率、判定一致率ともに高いという結果も得られており、今後の実務検査の手続きの確立に参考となる。彼

らは、視覚の優位性については、刺激を注視することで、事象関連脳電位測定における最大のアーチファクトである眼球運動・まばたきが、抑制されることを挙げている。

今後も実務導入に向けて、従来法と併用しながら、事象関連脳電位による虚偽検出のデータを蓄積することが重要である。そのためには、脳波測定装置の整備に加え、判定可能率を上げるためにアーチファクトに強い手続きを検討する必要がある。特に、刺激の種類（視覚・聴覚）、刺激呈示比率、刺激呈示回数、刺激呈示時間、刺激呈示間隔、裁決項目数については系統的な研究が必要であろう。また、Miyake et al.⁷¹⁾も指摘するように、視察による判定ではなく、コンピュータによる統計的手法を用いた個別判定が不可欠である。

個別判定

(1) 加算平均電位の比較

個別判定の方法として最も簡便なのは、裁決項目と非裁決項目に対する加算平均電位の大きさを比較することである。音成ら⁴⁶⁾は、裁決項目とその直前に呈示した非裁決項目を加算平均して、潜時350-650ms間の最大陽性電位（P3）を比較し、裁決項目のP3振幅が、非裁決項目よりも大きいことを判定基準としている。また、三宅ら⁴⁹⁾は、裁決項目と4つの非裁決項目を加算平均して、N310振幅(N2b)とP435振幅(P3a)の頂点間振幅を算出した。そして、裁決項目と4つの非裁決項目の頂点間振幅を対比較し、すべての比較で裁決項目の振幅が非裁決項目よりも大きいことを判定基準としている。

以上の方法は、いずれも個人内の加算平均電位を直接比較する方法である。この方法は簡便な方法ではあるが、加算平均が極端な値に影響されること、あるいは、得られたデータの統計的評価ができないという欠点を持つ。

(2) ブートストラップ法

個別判定の統計的評価の問題には、Efron⁷³⁾のブートストラップ法を適用する研究者が多い^{38,39,52,53,58,74,75)}。ブートストラップ法は、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方法である⁷⁶⁾。ブートストラップ法で得られた分布は、実際の母集団の分布に近似することが確かめられており、得られた少数デー

タの統計的信頼性を判断することが可能となる^{74,77)}。

ここで、ブートストラップの方法論に関する論文⁷⁴⁾の中に、応用例として3刺激オッドボール課題による虚偽検出が取り上げられているので紹介する。既に述べたように、3刺激オッドボール課題では、裁決項目に対するP3波形が、標的刺激に類似している場合を有罪、非裁決項目に類似している場合を無罪とする基準で個別判定が可能である。これら2変数間の類似性（関連性）は、時系列に沿って計算する相関係数で検討できる。具体的には、刺激呈示から800msまでの間の波形を対象とし、その期間を40ms毎の区間平均電位にまとめ、時系列に沿った20個のデータ同士を変数として、裁決項目と標的刺激の相関係数 (r_{ct})、裁決項目と非裁決項目の相関係数 (r_{cn}) を算出する。正の高い相関係数を示す方が類似性は高いため、相関差 $r_{ct} - r_{cn}$ を求め、正のときに有罪、負のときに無罪と判定する。そして、ブートストラップ法の手順を示すと、ステップ1として各カテゴリーのオリジナル24波形から10波形を無作為抽出（復元抽出）する。この10波形の加算平均波形を算出して、波形間の相関係数 r_{ct} と r_{cn} を得る。ステップ2として両相関係数の相関差 $r_{ct} - r_{cn}$ を求める。ステップ3はステップ1、2を1000回繰り返した結果に基づき、相関差の平均、標準偏差等の統計量を得る。この1000回のブートストラップ標本による分布は、実際の母集団の分布に近似するため、相関差の平均が正であれば有罪、負であれば無罪と判定できる。その上、たとえば、分布の95%信頼区間（ここでは分布の両端2.5%を除く950個）のデータがすべて正の値であれば、有罪判定の統計的信頼性が95%と評価することができる。この相関差による判定は、有罪条件4名、無罪条件4名に実施してすべて正判定、統計的信頼性もすべて99.8%以上であった⁵²⁾。

また、Farwell and Donchin³⁸⁾は、 r_{ct} と r_{cn} をブートストラップ法で100回算出し、 r_{ct} よりも r_{cn} が正の高い相関となる回数(bootstrap index)に基づく個別判定を行っている。このbootstrap indexは高い場合に無罪、低い場合に有罪の基準となる。そして、bootstrap indexが70以上を無罪、10以下を有罪、その中間を判定不能とした判定基準を設定し、有罪条件20名中18名を正判定、無罪条件20名中17名を正判定、合計40名中35名を正確に判定（正判定率87.5%）している。残りの有罪条件2名と無罪条件3名は判定不能であり、false positive error、false negative errorともに皆無であった（エラー率0%）。

実験2では、同じ判定基準が、実生活での軽微な犯罪行為の検出に用いられ、やはり87.5% (8検査中7検査を正確に分類、1検査は判定不能でエラー率は0%) の正判定率を得ている。

全く同じbootstrap indexの判定基準は、Allen and Iacono⁷⁵⁾も検討している。彼らは、教示で隠匿だけを求める群 (隠匿群) 20名、教示でウソを強調する群 (虚偽群) 20名、教示でウソを強調し成功報酬として金銭を与える群 (虚偽+金銭群) 20名に、オッドボール課題を実施し個別判定を行った。各群の被検者は、有罪条件と無罪条件の課題を行い、有罪条件が隠匿群70%、虚偽群90%、虚偽+金銭群100%、無罪条件が隠匿群65%、虚偽群70%、虚偽+金銭群80%の正判定率を得ている。特に、金銭報酬で動機づけを高めた群の有罪条件における正判定率100%は、検出回避の動機づけが高い犯人の検査に有効であることを示唆する。なお、正判定以外はすべて判定不能領域で、false positive error, false negative errorともに皆無であった (エラー率0%)。

相関係数のブートストラップ法は、3刺激オッドボール課題による虚偽検出の個別判定基準を与える。しかしながら、相関係数に基づく方法の限界として、P3振幅が小さくても形状が類似していれば高い相関が得られること、裁決項目と標的刺激のP3潜時がずれると r_{ct} の相関が低くなること³⁹⁾が挙げられる。前者の問題は、裁決項目と非裁決項目に対するP3振幅の差を比較する方法で解決できる。両項目に対するP3振幅の差は、ブートストラップ法で統計的に判断すればよい^{39,58)}。また、後者の問題は、潜時のずれが確認できれば、 r_{ct} のデータ系列を潜時のずれだけデータポイントもずらして、相関係数を求め直せばよい。相関係数による個別判定は、統計的評価を自動判定することが可能であるが、最終的にはP3の振幅量と潜時を確認する作業を加える必要がある。さらに、個別判定基準の確立のため、犯罪捜査でのデータ収集を行い、実験ではなく実際の犯人と無実の者を分類する手続き (ブートストラップ標本の数、加算平均の数、bootstrap indexの犯人と無実の者のcut pointなど) を決定する必要がある。

なお、ブートストラップ法は、得られた標本から無作為に反復抽出する方法であるから、相関係数のみならず平均値などの統計量の推定にも適用可能である。したがって、P3振幅、CNV振幅などの平均値の推定にも適用可能である⁷⁸⁾。

実務導入に伴う効用

実務導入に伴う第1の効用は、鑑定の高度化である。現行の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、最終的に自律系を介して出力されている。自律神経系の反応は、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。これに対し、事象関連脳電位は、処理対象となる感覚刺激呈示以前から行動反応出力後に至るまで、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¹⁰⁾。たとえば、GKTの裁決項目に対するP3振幅の増加は、非裁決項目と比較して、有意味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。また、S₁-S₂-R課題におけるCNV振幅の減少は、刺激に対する情報処理後の認知-行動的処理 (虚偽の返答) として記述できる。虚偽検出を科学的鑑定 (検査) 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) を著しく向上させるであろう。

効用の第2は、正判定率の上昇である。現行指標によるGKTは、false positive errorよりも、false negative errorの方が多い¹²⁾ため、後者の克服が課題となる。false negative errorの一つの原因として、裁決項目を中枢で認識していても、末梢神経系へ特異反応が生起しないという問題がある。末梢神経系の特異反応が、認知的-行動的情報処理の結果として生じる二次的な反応であるのに対し、事象関連脳電位はより直接的で、妥当性の高い指標である^{37-40,66)}。したがって、事象関連脳電位は、false negative errorを減少させる可能性がある。実際、Table 1に示した、P3による個別判定の正判定率は、平均88.2%であり、末梢神経系の正判定率83.9%¹²⁾を若干ではあるが上回っている。

効用の第3は、客観性及び信頼性の向上である。事象関連脳電位は、加算平均処理の必要上、刺激呈示、反応計測をコンピュータ制御で行う。心理学では、実験者の実験仮説への期待が、被検者の反応に影響するという、実験者期待効果が知られている⁷⁹⁾。この実験者期待効果は、検査者が自ら

作成した質問を口頭で呈示しながら、生理指標の測定を行い、検査後に視察判定する現行の虚偽検出において、しばしば論議的となる^{3,12)}。一方、事象関連脳電位による虚偽検出は、コンピュータ制御のため客観性が高く、実験者期待効果などの主観的な部分を、可能な限り排除していると評価できる³⁷⁾。さらに、視察判定では、2回繰り返した一致度が87.5%と完全な一致をみないことが報告されている⁸⁰⁾。また、検査記録だけで判定するよりも事件概要、被検者の資料、質問内容に関する資料が提供された場合に正判定率が向上するという報告もある⁸¹⁾。これに対し、コンピュータによる自動判定は、いつ、誰が、どのような条件で行っても同じ結果が得られるため、判定の信頼性は飛躍的に向上するといえる。なお、最近では、現行の末梢神経系の検査にも、コンピュータによる自動判定⁸²⁻⁸⁴⁾が考案されているように、自動判定は今後の虚偽検出全体の大きな課題である。

効用の第4は、検出妨害工作(countermeasures)^{3,12,26,85-87)}への対抗である。末梢神経系の検査における検出妨害工作は、裁決項目に抑制、非裁決項目に興奮という方略があるが、最も成功する方法は非裁決項目に反応を生起させることである¹²⁾。具体的には、非裁決項目に対して舌を噛む、踵を床に押しつける⁸⁸⁾、あるいは過去の情動的場面の想起⁸⁹⁾を行う方法があり、呼吸よりも皮膚電気活動に顕著な影響が認められている。現行の検査では、概ね20 s 間隔で質問するため、被検者が非裁決項目の呈示に対して、速やかに上記の方法で皮膚電気活動を生起させる可能性を否定できない。これに対し、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^{3,37)}。特に、P3は刺激呈示後数百msで出現するため、検出妨害工作による影響はほとんど無視できると考えられる。

事象関連脳電位による虚偽検出は、以上の実務導入に伴う効用に加え、虚偽検出の検出理論の研究に重要な役割を果たすことも期待されている。

おわりに

事象関連脳電位による虚偽検出は、実験的にその有効性が支持されているにもかかわらず、未だ実際の犯罪捜査に導入されていない。実務導入のためには、基礎研究の一層の充実と、実務でのデータ収集に基づく測定方法及び個別判定基準の確

立が必要である。これらの問題が解決されれば、より精度の高い鑑定として犯罪捜査に多大な貢献をすることが期待できる。しかしながら、事象関連脳電位による虚偽検出は、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、虚偽検出の今後の発展を促進すると思われる。

さらに、脳波測定による事象関連脳電位は、あくまでも脳機能を調べるための一つの方法に過ぎない。近年の脳機能研究では、一つの測定手段では十分ではなく、活動源の推定には空間分解能の優れるPET(positron emission tomography: 陽電子断層装置)とfMRI(functional magnetic resonance imaging: 機能的核磁気共鳴画像)、時々刻々の処理過程を追うには時間分解能の優れる脳波とMEG(magnetoencephalography: 脳磁波)を組み合わせる進めることが推奨されている⁹⁰⁾。このような脳機能研究が、いつ、どこで、何の処理が行われたかを克明に明らかにすれば、GKTのみならずCQTのような虚偽徴候を検出する指標としても、中枢神経系の活動は有望であろう。いずれにしても、中枢神経系の活動が、虚偽検出の信頼性・妥当性の向上、さらには、虚偽検出の理論的研究に不可欠の指標になってきたことは間違いない。

文 献

- 1) 今村義正: 嘘発見の歴史. 科学と捜査, **6**,178-186(1953).
- 2) 山村武彦: 精神生理学的虚偽検出技術の動向. 生理心理, **5**,29-38(1987).
- 3) Lykken,D.T.: A tremor in the blood:Uses and abuses of the lie detector.Plenum Trade, New York(1998).
- 4) Cutrow,R.J., Parks,A.,Lucas,N. and Thomas,K.: The objective use of multiple physiological indices in the detection of deception.*Psychophysiology*,**9**,578-588(1972).
- 5) Podlesny,J.A. and Raskin,D.C.: Physiological

- measures and the detection of deception. *Psychol. Bull.*, **84**, 782-799(1977).
- 6) Thackray, R.I. and Orne, M.T. : A comparison of physiological indices in detection of deception. *Psychophysiology*, **4**, 329-339(1968).
 - 7) 山岡一信・鈴木昭弘：虚偽検出指標としての生理的諸反応の検討。科警研報告, **26**, 185-190(1973).
 - 8) 山岡一信：ポリグラフ-逸脱の心理-。令文社(1989).
 - 9) 山村武彦：精神生理学的虚偽検出-ポリグラフ鑑定-。新生理心理学 2 卷(監修宮田 洋, 編柿木昇治, 山崎勝男, 藤澤清) pp.264-277, 北大路書房(1997).
 - 10) 沖田庸嵩：事象関連電位と認知情報処理-選択的注意の問題を中心として-。心理学研究, **60**, 320-335(1989).
 - 11) 中山 誠：裁決質問の有意性と情報検出モデル。科警研報告, **39**, 80-83(1986).
 - 12) Ben-Shakhar, G. and Furedy, J.J. : Theories and applications in the detection of deception: A psychophysiological and international perspective. Springer-Verlag, New York(1990).
 - 13) Davis, R.C. : Physiological responses as a means of evaluating information. In The manipulation of human behavior(Eds. Biderman, A.D. and Zimmer, H.), pp.142-168, Wiley, New York (1961).
 - 14) Kugelmass, S., Lieblich, I. and Bergman, Z. : The role of "lying" in psychophysiological detection. *Psychophysiology*, **3**, 312-315(1967).
 - 15) Janisse, M.P. and Bradley, M.T. : Deception, information and the pupillary response. *Percept. Mot. Skills*, **50**, 748-750(1980).
 - 16) Davidson, P.O. : Validity of the guilty-knowledge technique: The effects of motivation. *J. Appl. Psychol.*, **52**, 62-65(1968).
 - 17) Horvath, F. : An experimental comparison of the psychological stress evaluator and the galvanic skin response in detection of deception. *J. Appl. Psychol.*, **63**, 338-344(1978).
 - 18) Lieblich, I., Naftali, G., Shmueli, J. and Kugelmass, S. : Efficiency of GSR detection of information with repeated presentation of series of stimuli in two motivational states. *J. Appl. Psychol.*, **59**, 113-115(1974).
 - 19) Horneman, C.J. and O'Gorman, J.G. : Detectability in the card test as a function of the subject's verbal response. *Psychophysiology*, **22**, 330-333(1985).
 - 20) Ben-Shakhar, G., Lieblich, I. and Kugelmass, S. : Detection of information and GSR habituation: An attempt to derive detection efficiency from two habituation curves. *Psychophysiology*, **12**, 283-288(1975).
 - 21) Ben-Shakhar, G. : A further study of the dichotomization theory in detection of information. *Psychophysiology*, **14**, 408-413(1977).
 - 22) Lieblich, I., Kugelmass, S. and Ben-Shakhar, G. : Efficiency of GSR detection of information as a function of stimulus set size. *Psychophysiology*, **6**, 601-608(1970).
 - 23) Waid, W.M., Orne, E.C., Cook, M.R. and Orne, M.T. : Effects of attention, as indexed by subsequent memory, on electrodermal detection of information. *J. Appl. Psychol.*, **63**, 728-733(1978).
 - 24) Waid, W.M., Orne, E.C. and Orne, M.T. : Selective memory for social information, alertness, and physiological arousal in the detection of deception. *J. Appl. Psychol.*, **66**, 224-232(1981).
 - 25) Lykken, D.T. : The GSR in the detection of guilt. *J. Appl. Psychol.*, **43**, 385-388(1959).
 - 26) Lykken, D.T. : The validity of the guilty knowledge technique: The effects of faking. *J. Appl. Psychol.*, **44**, 258-262(1960).
 - 27) Lykken, D.T. : Psychology and the lie detector industry. *American Psychologist*, **29**, 725-739(1974).
 - 28) Iacono, W.G. and Lykken, D.T. : The validity of the lie detector: Two surveys of scientific opinion. *J. Appl. Psychol.*, **82**, 426-433(1997).
 - 29) Obermann, C.E. : The effect on the Berger rhythm of mild affective states. *J. Abnorm. Soc. Psychol.*, **34**, 84-95(1939).
 - 30) 大西一雄, 多田敏行, 田中靖三：脳波によるうそ発見についての基礎的研究。科警研報告, **20**, 42-45(1963).
 - 31) Andreassi, J.L. : Psychophysiology: Human behavior and physiological response. Oxford University Press, New York(1980).
 - 32) 沖田庸嵩, 諸富 隆：事象関連電位。新生理心理学 1 卷(監修宮田 洋, 編藤澤 清, 柿木昇治, 山崎勝男) pp.104-123, 北大路書房(1998).

- 33) Donchin, E., Ritter, W. and McCallum, W. C. : Cognitive psychophysiology: The endogenous components of the ERP. In *Event-related brain potentials in man* (Eds. Callaway, E., Tueting, P. and Koslow, S.H.), pp.349-441, Academic Press, New York (1978).
- 34) 沖田庸嵩 : ERP 研究に役立つ心理実験パラダイム(I). *臨床脳波*, **34**, 269-275(1992).
- 35) 日本脳波・筋電図学会 : 誘発電位測定指針 (1997年改訂). *脳波と筋電図*, **26**, 185-200(1998).
- 36) Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. and John, E.R. : Evoked potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, **150**, 1187-1188(1965).
- 37) Boaz, T.L., Perry, N.W., Raney, G., Fischler, I.S. and Shuman, D. : Detection of guilty knowledge with event-related potentials. *J. Appl. Psychol.*, **76**, 788-795(1991).
- 38) Farwell, L.A. and Donchin, E. : The truth will out: Interrogative polygraphy ("lie detection") with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, **28**, 531-547(1991).
- 39) Rosenfeld, J.P., Angell, A., Johnson, M. and Qian, J. : An ERP-based, control-question lie detector analog: Algorithms for discriminating effects within individuals' average waveforms. *Psychophysiology*, **28**, 319-335(1991).
- 40) Allen, J.J., Iacono, W.G. and Danielson, K.D. : The identification of concealed memories using the event-related potential and implicit behavioral measures: A methodology for prediction in the face of individual differences. *Psychophysiology*, **29**, 504-522(1992).
- 41) Donchin, E., Karis, D., Bashore, T.R., Coles, M.G.H. and Gratton, G. : Cognitive psychophysiology and human information processing. In *Psychophysiology: Systems, processes, and applications* (Eds. Coles, M.G.H., Donchin, E. and Porges, S.W.), pp.244-267, Guilford Press, New York (1986).
- 42) Johnson, R., Jr. : A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, **23**, 367-384(1986).
- 43) Duncan-Johnson, C.C. and Donchin, E. : On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, **14**, 456-467(1977).
- 44) Squires, K.C., Squires, N.K. and Hillyard, S.A. : Decision-related cortical potentials during an auditory signal detection task with cued observation intervals. *J. Exp. Psychol.: Hum. Percept. and Performance*, **1**, 268-279(1975).
- 45) Rosenfeld, J.P., Nasman, V.T., Whalen, R., Cantwell, B. and Mazzeri, L. : Late vertex positivity in event-related potentials as a guilty knowledge indicator: A new method of lie detection. *Int. J. Neuroscience*, **34**, 125-129 (1987).
- 46) 音成龍司, 黒田康夫, 柿木隆介, 藤山文乃, 鏑田 勝 : 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(1991).
- 47) Neshige, R., Kuroda, Y., Kakigi, R., Fujiyama, F., Matoba, R., Yarita, M., Lüders, H. and Shibasaki, H. : Event-related brain potentials as indicators of visual recognition and detection of criminals by their use. *Forensic Sci. Int.*, **51**, 95-103(1991).
- 48) Rosenfeld, J.P., Cantwell, B., Nasman, V.T., Wojdacz, V., Ivanov, S. and Mazzeri, L. : A modified, event-related potential-based guilty knowledge test. *Int. J. Neuroscience*, **42**, 157-161(1988).
- 49) 三宅洋一, 沖田庸嵩, 小西賢三, 松永一郎 : 虚偽検出指標としての事象関連脳電位. *科警研報告*, **39**, 132-138(1986).
- 50) Näätänen, R., Simpson, M. and Loveless, N.E. : Stimulus deviance and evoked potentials. *Biol. Psychol.*, **14**, 53-98(1982).
- 51) 三宅洋一, 沖田庸嵩, 小西賢三 : 虚偽検出指標としての事象関連脳電位における刺激の自我関与度の効果. *科警研報告*, **40**, 90-94(1987).
- 52) Farwell, L.A. and Donchin, E. : "The brain detector": P300 in the detection of deception [Abstract]. *Psychophysiology*, **23**, 434(1986).
- 53) Farwell, L.A. and Donchin, E. : Event-related potentials in interrogative polygraphy: Analysis using bootstrapping [Abstract]. *Psychophysiology*, **25**, 445(1988).
- 54) 三宅洋一, 小西賢三, 沖田庸嵩 : ERP を指標とした虚偽検出 - 顔写真呈示による -. *生理心理*, **7**, 123(1989).
- 55) 水谷充良, 三宅洋一, 山村武彦, 沖田庸嵩, 小西賢三 : 事象関連電位による虚偽検出 - いわゆる標的検出課題は必要か? -. *生理心理*, **8**, 121(1990).
- 56) 平 伸二 : 表出行動とウソ発見の心理学.

- 多賀出版(1998).
- 57) Forth,A.E.,Hart,S.D., Hare,R.D. and Harpur,T.J. : Event-related brain potentials and detection of deception[Abstract].*Psychophysiology*,**25**, 446(1988).
- 58) Johnson,M.M. and Rosenfeld,J.P. : Oddball-evoked P300-based method of deception detection in the laboratory II: Utilization of non-selective activation of relevant knowledge.*Int.J.Psychophysiology*,**12**, 289-306(1992).
- 59) Kutas,M. and Hillyard,S.A. : Reading senseless sentences:Brain potentials reflect semantic incongruity.*Science*, **207**,203-205(1980).
- 60) Katayama,J.,Miyata,Y. and Yagi,A. : Sentence verification and event-related brain potentials. *Biol.Psychol.*,**25**,173-185(1987).
- 61) Gustafson,L.A. and Orne,M.T. : The effects of verbal responses on the laboratory detection of deception.*Psychophysiology*,**2**,10-13(1965).
- 62) Elaad,E. and Ben-Shakhar,G. : Effects of motivation and verbal response type on psychophysiological detection of information .*Psychophysiology*,**26**,442-451(1989).
- 63) Bradley,M.T.,MacLaren,V.V. and Carle,S.B. : Deception and nondeception in guilty knowledge and guilty actions polygraph tests.*J.Appl. Psychol.*,**81**,153-160(1996).
- 64) Walter,W.G.,Cooper,R.,Aldridge,V.J.,McCallum,W.C. and Winter,A.L. : Contingent negative variation: An electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*,**203**,380-384(1964).
- 65) 柿木昇治：脳の緩徐な電位変動（CNV）に関する生理心理学的研究．広島修道大学総合研究所(1980).
- 66) 平 伸二，中田美喜子，松田 俊，柿木昇治：事象関連電位（P3及びCNV）を指標とした虚偽検出．生理心理,**7**, 11-17(1989).
- 67) 松田 俊，平 伸二，中田美喜子，柿木昇治：事象関連電位に対する自己名の影響－事象関連電位（P3及びCNV）を指標とした虚偽検出(2)－．生理心理,**8**, 9-18(1990).
- 68) 平 伸二，松田 俊：画像刺激の系列提示による虚偽検出課題における随伴陰性変動（CNV）．心理学研究,**69**,149-155(1998).
- 69) 平 伸二，松田 俊：事象関連電位による虚偽検出の個別判定．中国四国心理学会論文集,**29**,6(1996).
- 70) 投石保広：認知障害の生理心理学－ERPの臨床応用．新生理心理学 2 巻（監修 宮田洋，編柿木昇治，山崎勝男，藤澤 清）pp.146-155，北大路書房(1997).
- 71) Miyake,Y.,Mizutani,M. and Yamamura,T. : Event-related potentials as an indicator of detecting information in field polygraph examinations. *Polygraph*,**22**,131-149(1993).
- 72) Gratton,G.,Coles,M.G.H. and Donchin, E. : A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalogr.Clin.Neurophysiol.*,**55**,468-484(1983).
- 73) Efron,B. : Bootstrap methods:Another look at the jackknife. *Annals of Statistics*,**7**,1-26(1979).
- 74) Wasserman,S. and Bockenholt,U. : Bootstrapping: Applications to psychophysiology.*Psychophysiology*,**26**,208-221(1989).
- 75) Allen,J.J. and Iacono,W.G. : A comparison of methods for the analysis of event-related potentials in deception detection.*Psychophysiology*,**34**, 234-240(1997).
- 76) Diaconis,P. and Efron,B. : Computer-intensive methods in statistics.*Scientific American*, **248**, 116-130(1983).
- 77) 小西貞則：ブートストラップ法による推定量の誤差評価．統計科学選書 1 パソコンによるデータ解析(監修 赤池弘次，編 村上征勝，田村義保) pp.123-142，朝倉書店(1988).
- 78) 松田 俊，武良徹文，志和資朗：事象関連電位研究におけるブートストラップ法の適用－ブートストラップ法による個別判定の試み－．広島電機大学研究報告,**23**,105-114(1990).
- 79) Rosenthal,R.R. and Jacobson,L. : Pygmalion in the classroom:Teacher expectation and pupils' intellectual development.Holt, Rinehart and Winston, New York(1968).
- 80) Hunter,F.L. and Ash,P. : The accuracy and consistency of polygraph examiners' diagnoses..*J. Police Sci.Adm.*,**1**,370-375(1973).
- 81) Wicklander,D.E. and Hunter,F.L. : The influence of auxiliary sources of information in polygraph diagnoses.*J.Police Sci.Adm.*,**3**,405-409(1975).
- 82) Adachi,K. : Statistical classification procedures for polygraph tests of guilty knowledge.*Behav-*

- iormetrika*,**22**,49-66(1995).
- 83) 足立浩平, 鈴木昭弘: 集団データの統計解析に基づくポリグラフ検査の自動判定法. 科警研報告,**47**,9-16(1994).
 - 84) 徳田豊: ポリグラフ検査の自動判定システムの実用化の試み. 科警研報告,**46**,22-26(1993).
 - 85) Dawson,M.E. : Physiological detection of deception: Measurement of responses to questions and answers during countermeasure maneuvers.*Psychophysiology*,**17**,8-17(1980).
 - 86) Honts,C.R.,Hodes,R.L. and Raskin,D.C. : Effects of physical countermeasures on the physiological detection of deception.*J.Appl.Psychol.*,**70**, 177-187(1985).
 - 87) Honts,C.R.,Raskin,D.C. and Kircher,J.C. : Effects of physical countermeasures and their electromyographic detection during polygraph tests for deception.*J.Psychophysiology*,**1**,241-247 (1987).
 - 88) Honts, C. R., Devitt,M. K., Winbush ,M. and Kircher,J.C. : Mental and physical countermeasures reduce the accuracy of the concealed knowledge test.*Psychophysiology*,**33**,84-92(1996).
 - 89) Ben-Shakhar,G. and Dolev,K. : Psychophysiological detection through the guilty knowledge technique: Effects of mental countermeasures. *J. Appl. Psychol.*,**81**,273-281(1996).
 - 90) 宮内 哲: ヒトの脳機能の非侵襲的測定－これからの生理心理学はどうあるべきか－. 生理心理,**15**,11-29(1997)