事象関連電位 (P3 及び CNV) を指標とした虚偽検出

広島県警察本部科学捜査研究所

広島工業大学付属広島情報専門学校

広島電機大学

広島修道大学

平 伸二¹⁾

中田美喜子

松田 俊

柿木 昇治

Event related potential (P3 and CNV) as an index of detection of deception

HIRA, Shinji

Criminal Investigation Laboratory, Hiroshima Pref. Police H. Q.,
Hiroshima, 730, Japan

NAKATA, Mikiko

Hiroshima College of Information Administration, Hiroshima, 733, Japan

MATSUDA, Takashi

Department of General Education, Hiroshima Denki Institute of Technology,
Hiroshima, 739-03, Japan

KAKIGI, Shoji

Department of Psychology, Hiroshima Shudo University,
Hiroshima, 731-31, Japan

This experiment was designed to examine the possibility for the detection of deception by ERP. A total of 19 subjects received random sequences of the subject's own last name and four other names on a CRT. The subject's task was to orally reply either "true" or "false" to the presented names. In this research, estimated components were calculated by a combination of principal component analysis and multiple regression analysis.

The mean wave for P3 was larger for the subject's own name than for the other names regardless of subject's verbal response. In addition, the estimated wave indicated that the difference in P3 depends on P3a component. Furthermore, during S1 and S2 the negative component increased and delayed in only false verbal response to the subject's own name. These results suggest that the P3 and the negative component can be used as an index of the detection of deception.

Key words : detection of deception, P3, contingent negative variation, principal component analysis, multiple regression analysis, estimated component.

1) 本研究の実施にあたり今村智砂さんの協力を得ました。ここに感謝の意を表わします。

1989. 3. 1 受稿

1989. 5. 30 受理

一般に虚偽検出には有罪知識検査 (guilty knowledge test : GKT) を用いる。GKTは被験者が当該犯罪事実について認識を有するか否かを判定する。GKTにおいては犯罪に関係した裁決項目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4-5問を提示して被験者の返答を求め、各項目に対する生理反応の比較検討を行う。裁決項目に対して非裁決項目にはない特徴的な生理反応が生起すれば、当該犯罪事実を認識していると判定される。

GKTによる虚偽検出は、被験者が保持する裁決項目と非裁決項目についての情報量の差異に依存している。すなわち、事件に関係した被験者は裁決項目を記憶・照合に基づき特異的な情報として非裁決項目と分離して認知し、事件に無関係な被験者は裁決項目も非裁決項目も同等に認知する。従って、事件に無関係の被験者は裁決・非裁決項目共に同様な生理反応を生起するのに対し、事件に関係した被験者は裁決項目にのみ特徴的な生理反応を現す。この裁決項目に対して生起する特徴的な生理反応は、有意味刺激に対する定位反応として解釈されている (Bradley & Warfield, 1984; Horneman & O'Gorman, 1985; 中山, 1986)。

実務上の GKT においては末梢神経系の反応である呼吸、皮膚抵抗反応と心脈波が測定されている (Podlesny & Raskin, 1977)。しかし、裁決項目に対する特異的な反応は中枢での情報処理過程に起因するものであり、脳波等の中枢神経系の反応を比較する方が直接的であり有効であるのは当然である。この観点から、以前より脳波を指標とした虚偽検出も研究されている (Obermann, 1939; 大西・多田・田中, 1963) が、これらの研究は α 波の相対的変化を検討したものであり、特定の刺激に対する情報処理過程の分析には適当とさええず、その成果も末梢反応を指標とした従来の実務検査を変えるには至っていない。

特定の刺激に対する情報処理過程を反映する指

標として事象関連電位 (event related potential : ERP) がある。ERPの中でもP3は有意味な情報を含む刺激によって誘発される (下河内, 1981) ことから、GKTの指標としての使用可能性が大である。Farwell & Donchin (1986) はERPを指標とした虚偽検出を行い、犯罪に関連しない単語に比較して直接関連した単語に対するP3成分の増大が認められることを報告している。また、三宅・沖田・小西・松永 (1986) は、自我関与刺激 (被験者の姓) に対して非自我関与刺激 (他者の姓) よりP3の増大が認められることを報告している。以上のように、P3は被験者に関係した刺激や自我関与の高い刺激に対して振幅が大きくなることから、虚偽検出の有効な指標となることが考えられる。

P3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のみを検討しているが、実務上の虚偽検出事態では刺激の提示だけでなく被験者自らの返答も求めている。Gustafson & Orne (1965) はカード検査で無返答より否定の返答をする方が検出率が高いという結果を報告し、また、Horneman & O'Gorman (1985) は返答をすることが裁決項目・非裁決項目に対する皮膚コンダクタンス反応を増大させ、特に否定の返答をする場合に検出率が最も高いという結果を報告している。すなわち、虚偽の返答が検出率を高めることを示唆している。従って、より有効な虚偽検出のためには刺激の特性のみではなく、返答に伴う心理的要因も考慮する必要がある。

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現象として随伴陰性変動 (contingent negative variation : CNV) がある。CNVを生起させる基本的なパラダイムは、先行刺激 (S_1) と後続刺激 (S_2) を一定時間間隔で提示し、 S_2 に対して被験者に運動反応 (R) を求める事態である。その結果、 S_1 に対する生理反応に続いて、 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（柿木, 1980）。この S_1-S_2-R 事態は実務上の虚偽検出事態に非常に類似しており、P 3に加えてCNVを指標とすることにより、刺激・反応の両者を含んだ中枢反応による虚偽検出が可能となれば、従来の末梢反応を指標とした虚偽検出と比較して情報処理過程に基づく検証力の飛躍的な向上が期待できる。

そこで本実験では、CNVのパラダイムを用いることにより刺激の関与度による情報処理過程の差異と、反応の違い（肯定の返答、否定の返答）による心理的要因の差異を比較し、中枢反応による虚偽検出の可能性について検討する。

方 法

被験者：大学生19名（男子9名、女子10名）である。

測定指標及び記録：測定指標は脳波、眼球電図、反応時間の3指標である。脳波はFz, Cz, Pzの3部位から両耳垂を基準部位として導出し、生体電気用アンプ（日本光電製AB620G）により時定数5秒で増幅した。眼球電図は左眼窩上下縁部から導出し直流増幅した。この眼球電図は虚偽検出のための指標ではなく、脳波に影響するアーチファクト要因を除去するために測定した。接地電極は左乳様突起に装着した。電極はベックマン社製銀-塩化銀電極を用いた。

導出した脳波及び眼球電図はペン書き記録すると同時に、ミニコンピュータ（DEC社製PDP 11/10）のA/Dコンバータ（AR-11）で10ms毎にA/D変換し、ディスクに磁気記録した。

被験者の口頭反応はマイクロフォン（ソニー社製ECM-260F）を介し、ステレオ用アンプ（ソニー社製TA-FA）で増幅した。増幅した後はウィンドスライサ（日本光電製EN-601J）を介し、パルスジェネレータ（日本光電製EP-601J）によりPDP 11/10に入力して S_2 提示から口頭反応までの反応時間を測定した。

刺激： S_1 はディスプレイによる文字刺激、 S_2 は音刺激とした。 S_1 の文字刺激として被験者自身の姓（自己姓）と被験者以外の姓（他者姓）を用いた。他者姓は日本姓氏大辞典（角川書店）から日本人に多い姓を1位から6位（佐藤、鈴木、高橋、伊東、渡辺、田中）まであらかじめ抽出した。自己姓と一致しない5個を任意に選択し、自己姓1個と他者姓5個の計6個の内1個を無作為に S_1 として提示した。提示比率は自己姓を50%、他者姓を50%（5個の他者姓を各々10%）とした。各文字は約7×7mmの大きさにディスプレイに提示した。 S_2 は1000Hzの純音で、被験者の閾値上40dBの音圧でスピーカから提示した。ディスプレイ及びスピーカは被験者の眼前約1mに設置した。

手続き：被験者の課題は S_2 に対し、できるだけ早く口頭による返答を行うことである。被験者には、「第1刺激としてあなた自身かあなた以外の姓が1つ画面に提示されます。『これはあなたの名前ですか?』という意味で提示しますので、次に音が提示されたらできるだけ早く返答して下さい。」と教示した。口頭反応は、肯定として「うん」、否定として「ううん」で答えるように指示した。実験中は過度に緊張することなく、体動を避け、眼球運動やまばたきをしないように被験者に注意した。

S_1 の提示時間は250ms、 S_2 の提示時間は100msであり、 S_1 と S_2 の間隔は1500msである。脳波に眼球電図等のアーチファクトの混入した試行、及び S_2 に対する反応時間が200ms以下あるいは800ms以上の試行を除いた試行が両刺激条件とも20試行に達するまで実験を継続した。

実験計画：実験条件は、真条件と偽条件である。真条件では、 S_1 として提示される姓に対して全て本当のことを答える。すなわち、自己姓に対しては肯定、他者姓に対しては否定の返答をする条件である。一方、偽条件では、 S_1 に対して全て嘘で返答させ、自己姓を否定、他者姓を肯定す

る条件である。条件の提示順序は順序効果を排除するため、被験者間でカウンターバランスした。

結果の処理：真条件，偽条件毎に自己姓，他者姓別の分析を行った。両条件とも加算平均した脳波の100ms毎の区間平均電位を求めて，反応条件（真・偽） $\times$ 姓（自己・他者） $\times$ 被験者による分散分析を行った。なお，脳波の基線は S_1 前200ms間の平均電位とした。

また，緩電位変動の成分毎の条件差を検討するために成分予測波形を算出した。 S_1 前500msから S_2 後2000msまでの脳波を50ms毎に平均した値（80個）を分析対象データとして用いた。分析対象データの共分散行列から主成分分析により10因子を抽出しVARIMAX回転を行った。さらに，分析対象データの平均値を従属変数とし，10因子の因子負荷量を独立変数として重回帰分析を行い各因子の成分予測波形を算出した。この算出方法は山本・斎藤（1988）による成分の予測と同様の手法を用いた（中田・柿木，1988）。

結 果

Fig. 1 に平均脳電位波形を偽条件の自己姓（以下自己偽条件とする）と他者姓（以下他者偽条件とする），真条件の自己姓（以下自己真条件とする）と他者姓（以下他者真条件とする）の条件別に示す。まず全部位において他者姓を提示した条件と比較して，自己姓を提示した条件で S_1 後に大きな陽性電位を示している。Fz, Czでは $5\mu V$ 以下であるが，Pzでは S_1 後400msで自己偽条件 $7.5\mu V$ ，自己真条件 $8.4\mu V$ ，500msで自己偽条件 $8.8\mu V$ ，自己真条件 $8.7\mu V$ と大きな陽性電位が出現している。分散分析の結果，全ての部位の S_1 後400msと500msで，姓の主効果が認められた。この成分は時間位置，分布，極性からP3と判断される。次に S_2 前後は全部位において自己偽条件と他者真条件で大きな陰性電位を示している。分散分析の結果，Fzでは S_2 前100-700ms， S_2 後400-1000msに，Czでは S_2 後500-1100msに，Pz

では S_2 後500-1000msにそれぞれ姓と反応の交互作用が認められた。また，Pzにおいては， S_2 後600msの陰性成分が他者真条件に比較して自己偽条件で有意に大きいという特徴的な結果が得られ，他の部位と異なる結果となった。しかし， S_2 後の電位には口頭反応によるアーチファクトの混入も十分考えられる。

Fig. 1 Grand-averaged EEG waves for the each condition. Negative deflection is upward.

Fig. 2は，成分予測波形の中で， S_1 後の陽性電位と， S_1-S_2 間の陰性電位に該当すると考えられるものを条件別，部位別に示している。 S_1 後の陽性電位にはP3aとP3bに該当すると思われる2つの成分予測波形が算出された。P3aは全ての条件でPzが最大であった。P3aは全部位で自己姓を提示した条件が他者姓を提示した条件よりも大きな電位を示し，特にPzにおいて大きく認められた。P3bは算出されない部位もあったが，P3a同様Pzにおいて大きく認められた。さらに他の条件では $1-4\mu V$ と小さいのに対して，自己偽条件のPzにおいて最大 $7.9\mu V$ を示している。 S_1-S_2 間の陰性電位については，真条件においては小さなピークが S_2 前0-300msにあり，Pz, Czの部位差も見られないのに対し，偽条件においては S_2 後300-400msにピークが現れている。とくに自己偽条件においてはCz優位の大きな陰性電位が認められ，Pz, Fzの順となっている。この条件差は平均波形より顕著に認められる。

Fig. 2 The estimated waves for each condition. Negative deflection is upward.

なお、各条件毎の平均反応時間は、自己偽条件で534ms、他者偽条件で508ms、自己真条件で512ms、そして他者真条件で536msであり、有意差は認められていない。

考 察

平均波形の分析では、P 3成分と同定されるS₁後400msと500msの陽性電位が、自己姓を提示した条件で大きく現れた。この陽性電位の増大は、姓の主効果のみが認められたことから、S₁に対する情報処理過程の違いによる結果と考えられる。S₁の差異は刺激が被験者の自己姓か他者姓かという違いであるから、自我関与の高い刺激と低い刺激での情報処理過程の違いが、P 3成分に反映されたことを意味する。

この他者姓よりも自己姓に対して大きなP 3成分が得られるという結果は、三宅ら(1986)の結果

と一致する。また、自己姓よりも自我関与が低いと考えられる自分の所属する大学名、学部名に対しても大きなP 3成分が得られるという結果(三宅・沖田・小西, 1987)、犯罪に関する情報を持った被験者は犯罪に関する情報を持たない被験者に比較して犯罪関連刺激に対して大きなP 3成分が得られるという結果(Farwell & Donchin, 1986)も報告されている。以上のことから、GKT等の情報量の差異に基づく虚偽検出において、PzのP 3は非常に有効な指標になると言えるであろう。そして、これらP 3の結果は返答の効果と独立しているため、GKTが虚偽という心理過程を直接対象としなくても、情報検出の枠組みからとらえられるという知見を一層強固にしたと言えよう。

さらに、予測波形については、P3aと、P3bと考えられる2成分が得られた。P3aは自己姓と比較して、他者姓の潜時が遅延するのが見られた。これは、P3aが平均波形のP 3と同様に、刺激の違いによる影響のみを受けていると考えられる。被験者が当該事実を知っているか否かはP3aで検出可能であろう。一方、高次の認知機能を反映するP3b(Donchin, 1979)は自己偽条件においてのみ潜時が短く電位も大きかった。すなわち、自我関与の高い刺激に対して事実と異なる反応を準備するときの心理過程を反映するものと推察される。以上のことから、当該事実の既知にはP3aが、虚偽の反応の検出にはP3bで検討することの有効性が示唆された。

なお、平均波形と予測波形を比較すると、各々の潜時、電位が大きく異なっている。これは、平均波形では各試行の潜時を1つずつ同定するのではなく全試行を平均した後に潜時を同定するため、各成分の潜時が表現されない可能性がある。従って、平均波形で成分毎の潜時を述べるためには無理があり、予測波形と大きく異なったと考えられる。また、電位も平均波形では幾つかの成分が相殺しあっているので実際の電位より小さく、

あるいは融合して現れるが、予測波形ではそれぞれの成分が分離して観察出来るため大きく求められたのであろう。このように、 P_z におけるP3成分を分離することにより、自己偽条件にのみ認められる大きな $P3b$ が得られた。これは、予測電位分析が虚偽検出における様々な心理過程を解明する上で、非常に有効な手段となることを示唆している。

本実験の S_1-S_2 間の平均波形には顕著な条件差が見られなかった。これに対し、 S_1-S_2 間の予測波形には平均波形同様に期待波と思われる大きな陰性電位が認められたのみならず、自己偽条件でピーク電位の増大と潜時の遅延が Cz 優位に認めることが出来た。一般に、CNVの後期陰性電位の増大は S_2 の課題に対する心理的負荷の増大と関連し、潜時の遅延は課題への心理的完了感を反映する(松田・寺谷・柿木, 1980)。このことから、自己偽条件では、他の条件と比較して心理的負荷が増大して、返答の準備が遅延したと考えられる。この結果は、GKTによる虚偽検出事態で、項目に対して否定の返答を伴う場合の検出率が最も優れていることを報告した研究(Gustafson & Orne, 1965; Horneman & O'Gorman, 1985)と一致し、CNVが虚偽検出の有効な指標となることを示唆する。さらに従来の皮膚コンダクタンス反応を指標とした研究では、遅延返答条件下で刺激の提示に関して有意差が認められ、返答に関して認められないという結果が報告されている(Dawson, 1980; 中山・水谷・木崎, 1988)。彼らが用いた末梢神経系の反応を指標とした場合、口頭反応後のみしか分析することが出来なかったが、CNVを指標とした場合、口頭反応前の中枢神経系の情報処理過程が分析可能となった。このことが本実験で返答の効果が認められた理由であり、CNVを指標とした研究の利点である。

次に、返答後の陰性成分の平均波形による結果は、全部位で真偽条件と性別の交互作用が認められた。しかしながら、電位の増大が認められた自

己偽、他者真条件とも口頭反応は「うん」であり、自己真、他者偽条件の「うん」と異なっており、この反応形態の差が平均波形に影響を及ぼしている可能性がある。したがって、本実験の返答後の陰性成分については、実験条件差まで言及するのは妥当ではなからう。

以上のように、CNVによる虚偽検出は、 $P3a$ で刺激への自我関与度、また $P3b$ あるいは S_1-S_2 間陰性電位で返答に関する心理過程を分析できることを示した。しかし、CNVによる虚偽検出を実務に応用するためには、CNVをひとつの現象として検討するのではなく、種々の成分を含んだ現象としてとらえ、各条件下での成分変化を明確にし、生理心理的機能の解明を行う必要がある。本実験は検出妨害、さらに検出の成否に基づく報酬も罰もない事態である。これに対して、実際の検査場面では、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する。さらに、検出の成否に基づく報酬と罰が現実的であるため、欺瞞の動機づけ(Gustafson & Orne, 1963; Podlesny & Raskin, 1977)が非常に高い。したがって、今後は検出妨害や動機づけを操作する実験が必要となってこよう。また、本研究は被験者の情報処理過程の差異に基づく虚偽検出が、中枢神経系の指標を用いることで検出率の向上のみならず、検出に影響する生理心理的過程をより明確にできるという立場をとっている。したがって、本実験では、単一の事例による検出の成否を検討するよりも、まず虚偽検出事態での刺激及び返答に対する情報処理過程の差異が一般的現象として存在するか否かを検討した。しかしながら、虚偽検出の実務での対象は個人であるため、今後は個人内で判定できる方法を開発する必要がある。

引用文献

- Bradley, M. T., & Warfield, J. F. 1984 Innocence, information, and the guilty knowledge

- test in the detection of deception. *Psychophysiology*, 21, 683-689.
- Dawson, M. E. 1980 Physiological detection of deception : Measurement of responses to questions and answers during countermeasure maneuvers. *Psychophysiology*, 17, 8-17.
- Donchin, E. 1979 Event-related brain potentials : A tool in the study of human information processing. In H. Begleiter (Ed.), *Evoked Brain Potentials and Behavior*. New York : Plenum Press. Pp. 13-88.
- Farwell L. A., & Donchin, E. 1986 "The Brain Detector" : P300 in the detection of deception. *Psychophysiology*, 23, 434.
- Gustafson, L. A., & Orne, M. T. 1963 Effects of heightend motivation of the detection of deception. *J. Appl. Psychol.*, 47, 408-411.
- Gustafson, L. A., & Orne, M. T. 1965 The effects of verbal responses on the laboratory detection of deception. *Psychophysiology*, 2, 10-13.
- Horneman, G., & O'Gorman, J. G. 1985 Detectability in the card test as a function of the subject's verbal response. *Psychophysiology*, 22, 330-333.
- 柿木昇治 1980 脳の緩徐な電位変動 (CNV) に関する生理心理学的研究 広島修道大学研究叢書, 第5号.
- 松田 俊・寺谷美喜子・柿木昇治 1980 CNV (随伴陰性変動) の復帰についての分析 心理学研究, 51, 203-206.
- 三宅洋一・沖田庸嵩・小西賢三 1987 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, 14-18.
- 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 科警研報告, 39, 18-24.
- 中田美喜子・柿木昇治 1988 CNV の主成分分析による電位同定-漢字情報処理過程の検討- 広島修大論集, (印刷中).
- 中山 誠 1986 裁決質問の有意性と情報検出モデル 科警研報告, 39, 80-83.
- 中山 誠・水谷充良・木崎久和 1988 虚偽検出における遅延返答の効果 生理心理, 6, 35-40.
- 大西一雄・多田敏行・田中靖三 1963 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.
- Obermann, C. E. 1939 The effect on the Berger rhythm of mild affective states. *J. Abnorm. Soc. Psychol.*, 34, 84-95.
- Podlesny, J. A., & Raskin, D. C. 1977 Physiological measures and the detection of deception. *Psychol. Bull.*, 84, 782-799.
- 下河内 稔 1981 事象関連電位Ⅱ 臨床脳波, 23, 743-752.
- 山本卓二・斎藤康彦 1988 事象関連電位における主成分分析と二次元脳波図 脳波と筋電図, 16, 84.