

新たな多重プローブ法を用いた P300 による隠匿情報検査における 脳波加算回数の検討

平 伸二¹ 濱本有希² 古満伊里³

(福山大学人間文化学部心理学科¹) (静岡県警察本部刑事部科学捜査研究所²)

(東亜大学人間科学部心理臨床・子ども学科³)

P300 による隠匿情報検査 (CIT) を実際の犯罪捜査に使用するためにはいくつかの問題を解決することが必要である。その第一は検査手続きの複雑性である。従来の P300 による CIT は、単一ブロックの中で裁決刺激と非裁決刺激とともに複数の標的刺激を繰り返し呈示している。被検査者の負担を最小限とするため、われわれは各ブロックで一つの標的刺激を呈示する新たな多重プローブプロトコルを提案した (平他, 2010)。第二の問題は、多くの波形を平均することで P300 の S/N 比を改善することができるが、それが計測時間を長くして、被検査者のパフォーマンスや結果の歪曲に影響することである。実務的な観点からは望ましくはないが、P300 振幅は単純な聴覚刺激や視覚刺激では約 20 試行で安定する (Cohen & Polich, 1997)。本研究では、10 名の参加者が模擬窃盗シナリオを読んだ後、単一の標的刺激に加え、6 つの裁決刺激とそれに対応する非裁決刺激から構成した P300 による CIT 検査を受けた。最終的な P300 の加算平均回数は、5 回、10 回、20 回であった。刺激の種類×加算平均回数の分散分析の結果、標的刺激と裁決刺激の P300 は非裁決刺激よりも有意に大きいという刺激の主効果が得られたが、交互作用もまた有意であり、先の結果は 5 回と 10 回の加算平均回数のみで認められた。正検出のために必要な加算平均回数は、今後の研究において詳細に検討されなければならない。

【キーワード 秘匿情報検査 多重プローブ法 P300】

一般に、P300 による隠匿情報検査 (concealed information test: CIT) の多重プローブ法は、6 つの標的刺激 (target)、6 つの裁決刺激 (probe)、24 の非裁決刺激 (Irrelevant) で構成する (Farwell & Donchin, 1991; Rosenfeld, Shue, & Singer, 2007)。しかし、多重プローブ法は、target が 6 種類と多く、参加者への課題要求が複雑すぎるという問題がある。実際に、target に対する反応時間 (reaction time: RT) は、Farwell & Donchin (1991) で 957 ms、Rosenfeld et al.(2007) で 869 ms と長かった。一方、単一プローブ法の場合、target に対する RT は 420.8 ms ($n=176$) であることから (Hira & Hamamoto, 2008)、多重プローブ法で target が複数存在する手続きは、参加者の課題負荷が高すぎるため実務応用には適用困難と考えられる。

そこで、平 (2012) は、target を 1 つに固定して、自我関与刺激による target : probe : irrelevant が 1 : 6 : 24 という、新たな多重プローブ法を提案して実験を行った。また、平・和田 (2013) は、模擬犯罪シナリオ課題による target : probe : irrelevant が 1 : 6 : 6 (同比率課題) という実験を行った。その結果、1 : 6 : 24 では、P300 振幅は irrelevant より probe で有意に増大したが、同比率課題では有意差が認められなかった。すなわち、平 (2012) による 1 : 6 : 24、平・

和田 (2013) による 1 : 6 : 6 の比率による CIT を比較した結果, probe と irrelevant の最大振幅に有意差が認められたのは 1 : 6 : 24 のみであり, 1 : 6 : 6 の同比率課題では有意差が認められなかった。したがって, probe の検出には有意性のみではなく, 刺激頻度が重要であることが明らかとなった。但し, 同比率課題は, 刺激呈示回数と検査時間を短縮できる点で優れているため, 刺激への注意を促す方法, たとえば, 平・皿谷・三阪 (2011), Hira & Saragai (2012) が使用した視覚・聴覚同時呈示法などの検証が今後も必要である。

ところで, 標準的オドボール課題では, 安定した P300 振幅を得るために 20 回以上の加算平均を行う (Cohen & Polich, 1997)。著者らの過去の研究でも 20 回以上の加算平均を行っている。Rosenfeld の研究室でも 20-30 回の加算平均を行っている (第 53 回国際精神生理学会での質疑より)。その一方で, 刺激の連続呈示は慣れの現象を引き起こす可能性がある。特に, 実験室での虚偽検出は, probe が記憶課題や自我関与刺激などの比較的マイルドな刺激となる。そこで, 本研究では, 同比率課題の実験を模擬犯罪シナリオ課題で実施し, 加算平均回数を 5 回, 10 回, 20 回で処理した結果を比較して, 有効な加算平均回数を検討する。

方法

実験参加者 実験に同意した福山大学の学生 10 名 (平均年齢 20.1 歳, $SD=0.90$)。

実験装置 脳波と RT の測定には, TEAC 製携帯型多用途生体アンプ (Polymate AP1524) を用いた。

測定指標 脳波を測定するために, 国際 10-20 法に従い正中線上の前頭部 (Fz), 中心部 (Cz), 頭頂部 (Pz) の頭皮上各部位に皿電極を電極糊で固定し, 基準電極は両耳朶として導出し, 時定数 3 s, 高域遮断フィルタ 100 Hz で増幅した。そして, サンプリング周波数 500 Hz で A/D 変換したデータをハードディスクに保存した。上下方向の眼球電図 (EOG) は左眼窩上下縁部から導出し, 脳波に影響するアーチファクトを監視した。さらに, target に対するボタン押し課題の RT についても記録した。事象関連電位は, 刺激呈示前 200 ms から刺激呈示後 800 ms の 1,000 ms 間を加算平均して求めた。刺激呈示前 200 ms の区間を基線として, 基線から $\pm 100 \mu V$ を超える電位を含む試行は自動的に分析から除外した。

刺激 target はサクラ, probe と irrelevant は, それぞれ犯行時刻, 犯行地域, 侵入経路, 盗品の入った入れ物の色, 盗品の種類, 逃走車両を示す単語である (表 1)。probe は実際の模擬シナリオと一致する内容であったが, irrelevant は模擬シナリオとは無関係のものであった。probe と irrelevant は 6 種類ずつで, 比率は 1 : 1 とした。呈示刺激は文字刺激であり, 呈示時間 300 ms, 呈示間隔 1500 ms ($\pm 10\%$) で, 各刺激が 1/6 ずつランダムになるように呈

新たな多重プローブ法を用いた P300 による隠匿情報検査における脳波加算回数の検討

示した。具体的には、target を 50 回、probe および irrelevant については、それぞれの刺激を 10 回ずつ呈示した。刺激は 1 m 離れたディスプレイに呈示した。

手続き まず、実験参加者は、「昨日の午前 2 時に、青葉台の住宅へ玄関から侵入して、黒色の布袋に入ったイヤリングを盗み、マツダ車で逃走した。」という内容の模擬窃盗シナリオ課題を与えられた。そして、下線で示した probe に相当する部分を完全に記憶するように求められた。完全に記憶できたという申告後、下線部分を空白にした文章を埋めさせ、すべて正解したことを確かめて、電磁シールドルーム内で脳波測定用の電極装着を行った。実験参加者には target に対して利き手のボタン押し、それ以外の刺激に対しては非利き手のボタン押しをできるだけ速く正確にするよう求めた。また、模擬犯罪シナリオ課題で記憶した事件を脳波測定で検出されないように努力することを教示した。

表 1 新しい多重プローブ法による呈示比率 1 : 1 による刺激構成

Target	Probe	Irrelevant
サクラ	午前 2 時	午前 5 時
	青葉台	入船町
	玄関	2 階
	黒色	白色
	イヤリング	ネックレス
	マツダ	トヨタ

結果の処理 本実験では、加算平均回数を 1-5 回まで、1-10 回まで、1-20 回までの 3 種類求めた。さらに、個人毎の波形から 10 名の総加算平均波形を算出した。そして、各参加者の P300 最大振幅と P300 頂点潜時を算出した。また、それぞれの刺激に対する RT も算出した。本論文では、5 回、10 回、20 回の Pz における P300 最大振幅について、分析ソフト IBM SPSS Statistics 19 を使用し、回数 (5 回、10 回、20 回) × 刺激 (target ・ probe ・ irrelevant) の繰り返し要因のある 2 要因の分散分析を行った。自由度は Huynh-Feldt の ϵ を用いて調整し、効果量 partial η^2 も求めた。なお、多重比較には Bonferroni 法を用いた。

結果

測定した脳波から 5 回、10 回、20 回の総加算平均波形を算出し、図 1 に示した。図 1 の総加算平均波形をみると、target、probe、irrelevant とともに 300-400 ms 付近で最大の陽性波が

見られている。probe と irrelevant に対する P300 振幅の差を見ると、5 回と 10 回では明らかであるが、20 回では波形が交差して両刺激の差は見られない。target に対する P300 振幅はいずれの加算回数でも同様であるが, irrelevant は加算回数の増加とともに増大している。なお, 事象関連電位としての波形は, 20 回の加算平均が最も背景脳波の影響が排除できており, S/N 比の向上が見られる。

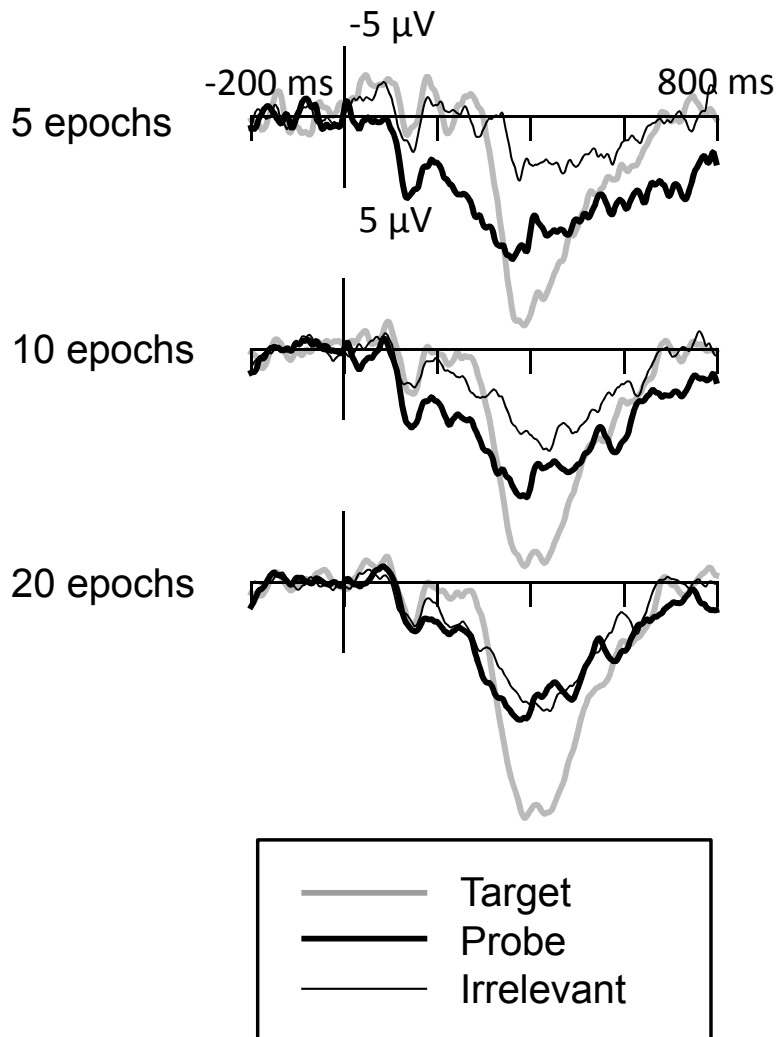


図1 加算平均回数5回(上段), 10回(中段), 20回(下段)における各刺激に対する総加算平均波形(Pz)

新たな多重プローブ法を用いた P300 による隠匿情報検査における脳波加算回数の検討

図2は加算平均回数別に個人毎の各刺激に対するP300の最大振幅を抽出して平均したものである。その結果, targetとirrelevantが加算平均回数の増加とともに振幅も増加しているのに対し, probeでは加算平均回数の増加とともに振幅が減少していることが見出された。繰り返し要因のある2要因分散分析の結果, 刺激の主効果 ($F(2,18) = 10.001, p = .002, \eta^2 = .526$) と交互作用 ($F(2,18) = 4.717, p = .007, \eta^2 = .344$) が認められた。単純主効果の検定から, targetとirrelevantでは主効果がなく, probeでのみ主効果 ($F(2,18) = 7.850, p = .004, \eta^2 = .466$) が認められ, 多重比較 (Bonferroni法) の結果, 5回 (16.3 μV) と20回 (12.2 μV) の間に有意差 ($p < .05$), 10回 (15.0 μV) と20回の間有意傾向が認められた ($p < .10$)。probeとirrelevantの比較では, 5回と10回では有意差あり ($p < .05$), 20回では有意差が認められなかった。

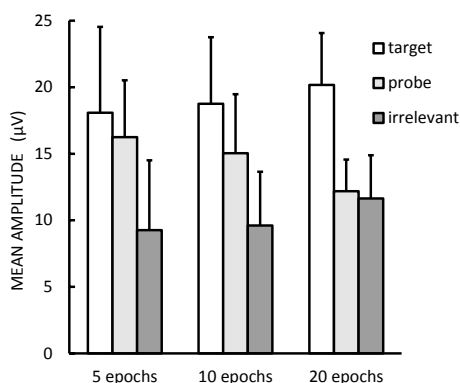


図2 加算平均回数毎の各刺激に対する P300 振幅 (Pz)

なお, 5回, 10回, 20回の総加算平均波形の P300 振幅の最大値を probe と irrelevant で比較した結果, 検出率はそれぞれ 90%, 80%, 50%となった。

考察

本研究は, target を1つに固定した新たな多重プローブ法 (平, 2012) のプロトコルの中で, さらに, probe と irrelevant を 1:1 の比率にした同比率課題を用いた。平・和田 (2013) では, Probe として自己姓という自我関与刺激が用いられたが, 模擬犯罪シナリオ課題による実験前に記憶した文字刺激を呈示した。そして, 加算平均回数を 5回, 10回, 20回で処理した結果を比較して, 有効な加算平均回数を検討することを目的とした。

その結果, 加算平均回数が 5回, 10回, 20回と増加するにしたがって, probe と irrelevant に対する最大振幅の差が減少した。特に, 加算平均回数 20回では probe が 12.2 μV , irrelevant が 11.6 μV となり, 有意差も認められなかった。つまり, 5回と10回の方が20回以上の加算平均回数よりも優れていた。通常, P300 による研究では 20回以上の加算平均回数が妥当で

あるとされている (Cohen & Polich, 1997)。但し, Cohen & Polich (1997) の研究は, 聴覚刺激は標準 (standard) 刺激が 1,000 Hz, 標的 (target) 刺激が 2,000 Hz の純音, 視覚刺激は標準刺激がストライプの図形, target がチェックの図形という単純なもので, さらに, 課題は target を検出したら人差し指を動かすというものであった。つまり, 20 回以上で加算平均波形が安定するという結果は, 2 刺激構成の標準オドボール課題であり, しかも target の検出を求めかつ運動課題を課している条件での結果である。なお, 彼らの研究は, 標準刺激が 80%, target が 20% という呈示比率を採用している。これに対し, 本実験では, P300 による虚偽検出で用いる target, probe, irrelevant の 3 刺激オドボール課題であり (Farwell & Donchin, 1991; Rosenfeld et al., 2007), 検出した際に利き手でボタン押しをする刺激は target であり, 虚偽検出のマーカとなる probe には irrelevant と同様に非利き手でのボタン押しを課しているに過ぎない。

P300 振幅は呈示される刺激の出現確率に反比例し, 実験参加者の課題への関連性に比例して生起する (Duncan-Johnson & Donchin, 1977)。Cohen & Polich (1997) の研究のような, 物理的に単純な 2 刺激構成の標準オドボール課題では, 呈示回数が増えても P300 の生起は継続し, 加算回数が増えることによって S/N 比も向上して安定した波形が得られ, 標準刺激と target の差異が明確になると考えられる。本研究でも, 検出を求めた target には最大の P300 振幅が見られ, 5 回から 20 回にかけて減衰せずに生起している。その一方で, target, probe, irrelevant の 3 刺激オドボール課題では, 虚偽検出のマーカとなる probe に対する検出を求めることができない。これは probe に対する検出は, 真犯人である被検査者が事実を認めるという手続きになるからである。また, 実験研究で記憶するイベントは, 検出を求められた課題に対応した刺激でもなく, 実際の犯罪捜査場面のように情動価の高い刺激でもない。したがって, 本実験では, 刺激呈示開始直後には鮮明な記憶であった probe が, 呈示回数が増えるとともに慣れの過程が生じて P300 振幅が減衰した可能性が指摘できる。

また, 本実験では probe と irrelevant の比率を 1 : 1 で呈示した。今後は probe と irrelevant の比率を 1 : 1, 1 : 2, 1 : 4 と組織的に操作して検討することが望まれる。これらは加算回数に対する慣れの影響を明確にするとともに, irrelevant の比率が高いときに検出率が向上すれば, Ben-Shakhar (1977) に代表される dichotomization 仮説も検証可能である。

本実験で得られたように, 加算平均回数が 5 回-10 回で検出可能であれば, 検査時間の短縮, 被検査者の負担軽減, 質問の種類増加などの大きなメリットが生じる。このことは, P300 による虚偽検出の実務応用を加速化することに役立つ。最適な加算平均回数を決定する場合には, 妨害工作であるカウンタメジャー (Rosenfeld, Soskins, Bosh, & Ryan, 2004) などの現場の特異性を考慮した検討も必要である。

新たな多重プローブ法を用いた P300 による隠匿情報検査における脳波加算回数の検討

【謝辞】本研究の遂行に当たり、平成 25 年度科学研究費助成事業（研究代表者：平伸二，課題番号：23530937）の補助を受けた。また、本実験の実施に当たり、福山大学人間文化学部心理学科山下勇樹氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- Ben-Shakhar, G. (1977). A further study of the dicotomization theory in detection of deception. *Psychophysiology*, **14**, 408-413.
- Ben-Shakhar, G., & Furedy, J.J. (1990). *Theories and applications in the detection of deception: A psychophysiological and international perspective*. New York: Springer-Verlag.
- Cohen, J., & Polich, J. (1997). On the number of trials needed for P300. *International Journal of Psychophysiology*, **25**, 249-255.
- Duncan-Johnson, C.C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, **14**, 456-467.
- Farwell, L.A., & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy (“lie detection”) with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, **28**, 531-547.
- 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.
- 平伸二 (2012). P300 を指標とした新たな多重プローブ型 CIT の検討——自我関与刺激を用いて—— 生理心理学と精神生理学, **30**, 163.
- Hira, S., & Hamamoto, Y. (2008). Comparison of critical and non-critical items for P300 amplitude, P300 latency and reaction time on P300-based GKT. *Psychophysiology*, **45**(Supplement 1), 80.
- Hira, S., & Saragai, Y. (2012). Simultaneous auditory and visual stimuli presented during a P300-based concealed information test. *International Journal of Psychophysiology*, **85**, 399.
- 平伸二・皿谷陽子・三阪梨沙 (2011). P300 による秘匿情報検査における聴覚刺激と視覚刺激の比較 福山大学人間文化学部紀要, **11**, 97-109.
- 平伸二・和田健揮 (2013). P300 による秘匿情報検査における新たな多重プローブ法の検討——自我関与刺激を用いて—— 福山大学人間文化学部紀要, **13**, 43-52.
- Rosenfeld, J. P., Shue, E., Singer, E. (2007). Single versus multiple probe blocks of P300-based concealed information tests for self-referring versus incidentally obtained information. *Biological Psychology*, **74**, 396-404.
- 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.

On the number of averaged electroencephalography epochs for correct detection with a new multiple probe protocol for P300-based concealed information tests

Shinji Hira, Yuki Hamamoto and Isato Furumitsu

Several problems need to be resolved before the P300-based concealed information test (CIT) can be applied to practical field use. The first is the complexity of the test procedure. The conventional version of the P300-based CIT consists of repeated presentation of multiple probes with corresponding targets and irrelevant stimuli within a single block. To minimize the burden on examinees, we proposed a modified multiple probe protocol in which only one target stimulus is used in each block (Hira et al., 2010). The second problem is that although more epochs averaged would improve the S/N ratio of the obtained P300, this would require a longer sampling time, which may affect examinees' performance and distort the results. The P300 amplitude stabilizes when there are approximately 20 target trials for simple auditory and visual stimuli (Cohen & Polich, 1997), but less would be better for practical purposes. In this study, 10 participants read a mock crime scenario and underwent a P300-based CIT that had six probes and corresponding irrelevant stimuli with only one target stimulus. The number of averaged epochs for the final P300 was varied, with 5, 10, or 20 epochs. Two-way ANOVA revealed a significant effect of stimulus, showing that P300s to the target and probes were larger than those to the irrelevant stimuli; this was found only when 5 or 10 epochs were averaged, demonstrating a significant interaction between stimulus and the number of averaged epochs. The required number of averaged epochs for correct detection should be examined in more detail in future studies.

KEY WORDS: concealed information test, multiple probe protocol, P300