1K3-1

無追加課題下におけるオドボール課題による事象関連電位P300の誘発手段に対する基礎的検討

A Study on P300 Eliciting Method in Oddball Task without Assigning Tasks

三輪晃暉 *1 Koki Miwa　吉川大弘 *1 Tomohiro Yoshikawa　古橋武 *1 Takeshi Furuhashi

*1名古屋大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering Nagoya University

P300 is elicited as an enhanced positive component with a latency of about 300ms after an infrequent stimulus is presented. The latency of P300 is correlated to MMSE (Mini-Mental State Examination). The authors have been engaged in a research project for developing a system to detect dementia in an early stage by estimating MMSE from the latency of P300. This paper reports an experiment for eliciting the P300 without loading any tasks on the user. No-load detection could lead to casually and daily sense the brain signals from the user. The experimental result showed that (i) without giving any instructions to the subjects about odd-ball tasks, the P300 waves were elicited; (ii) After conducting sets of visual odd-ball tasks with instructions, the P300 peak amplitudes became larger in the succeeding experiment without tasks; (iii) Attractive stimuli could easily induce the P300.

1. はじめに

超高齢社会である日本では，認知症患者数が年々増えていき，2025 年には約 730 万人になると予想されている [内閣 16]．認知症は，精神機能が慢性的に減退，消失することで，日常生活・社会生活を営めない状態であり，治療法はまだ確立されていない．そのため，認知症による種々の影響を抑えるには，認知症の早期発見により，症状の悪化を遅らせることが重要である．現在，認知症の検査方法として，図 1 に示す MMSE が広く使用されている．MMSE は，病院等の医療機関で専門知識のある医師や臨床心理士等によって実施されている．

質問と注意点		回答	得点
1 (5点) 時間の見当識	「今日は何日ですか」 ※最初の質問で，被験者の回答に複数の項目が含まれていてもよい．その場合，該当する項目は省く	日	0 1
	「今日は何年ですか」	年	0 1
	「今の季節は何ですか」		0 1
	「今日は何曜日ですか」	曜日	0 1
	「今月は何月ですか」	月	0 1

図 1: MMSE の一部

当研究室では，P300 頂点潜時により MMSE スコアを推定する研究を進めている [高倉 17]．P300 とは，事象関連電位の一種であり，出現頻度の異なる 2 種類以上の刺激を与えた際，低頻度の刺激呈示の約 300ms 後に誘発される陽性電位である．P300 頂点潜時は刺激呈示から P300 の頂点までの時間であり，MMSE スコアとの相関があることが実験的に示されている [Braverman 03]. 高倉ら [高倉 17] は難易度を変えて視覚オドボール課題の実験を実施し，精度の良い多重回帰式を得てる．

また，名古屋 COI 拠点未来社会創造機構サステナブル基盤部門では，図 2 に示すスマートチェアの開発が進められている．このプロジェクトでは，スマートチェアに非接触磁気センサを搭載し，ユーザが椅子に座るだけで脳活動を測定できる

図 2: スマートチェア

機能を開発中である．スマートチェアにより P300 の計測を行い，MMSE スコアの推定を行うことが出来れば，例えば自宅に居ながらにして，認知症の早期発見に繋げられると期待される．現在，非接触磁気センサによる頂点潜時計測実験が進められている [名古 15].

スマートチェアの基本コンセプトの一つにカジュアルセンシングがある．チェアの利用者に計測に対する心理的・肉体的負担をかけること無く，日常的にチェアでくつろいでいただくだけで生体情報（ライフログ）を収録するコンセプトである．しかし，P300 頂点潜時の測定は，利用者に数分間オドボール課題に集中することを求めるため，カジュアルセンシングとはなっていない．心理的・肉体的負担は測定に対するモチベーションの支障となる可能性がある．そこで本稿では，P300 測定のためのオドボール課題の刺激呈示に際して，ボタン押しや計数などの追加課題を課さない無追加課題下での P300 計測の可能性について基礎的実験を実施した．特に，低頻度刺激に対する被験者の意識の高低が P300 頂点振幅に与える影響度合い

連絡先: 三輪晃暉，名古屋大学大学院工学研究科，名古屋市千種区不老町工学部 3 号館 301 号室，052-789-2793，052-789-3166，miwa@cmplx.cse.nagoya-u.ac.jp

に焦点を絞った．

2. 実験

2.1 オドボール課題に対する意識の影響について

P300 頂点潜時を測定するための課題に，オドボール課題がある．この課題は，被験者に 2 種類以上の刺激を出現頻度に差をつけて呈示するものである．刺激呈示の際には被験者の意識集中を促すために，低頻度刺激呈示時にボタンを押してもらう，もしくは，低頻度刺激数を数えてもらうなどの追加課題を課すことがなされる [加賀 13]．このボタン押し課題，計数課題などを被験者に課さない実験を，本稿では無追加課題下におけるオドボール課題による P300 計測実験と呼ぶ．藤原ら [藤原 94] は，聴覚刺激のオドボール実験において，無追加課題下にても，低振幅ながら P300 は誘発され，追加課題下，無追加課題下間で P300 頂点潜時の有意な差は認められなかったことを報告している．しかし，低振幅の P300 波形では，アーチファクトやノイズ等の影響を取り除くために，より多くの波形の加算平均をとらなければならず，P300 計測時間の増大を招いてしまう．被験者の負担を減らすためには，無追加課題下においても振幅低下の少ない課題呈示法が求められる．

無追加課題下においてはオドボール課題の呈示刺激に対する被験者の意識の違いが P300 振幅に大きく影響するのではないかと想定し実験を行った．そこで，オドボール課題を未体験の被験者を対象に課題の説明をせずに無追加課題下の実験を実施し，その後に課題を説明して追加課題下，更に再度無追加課題下における P300 計測実験を実施した．オドボール課題については，聴覚オドボール課題と視覚オドボール課題についてそれぞれ実験を実施した．

2.2 課題設定

実験は，聴覚・視覚の順番による影響を抑えるために聴覚→視覚の順に実施するグループ（グループ 1）と，視覚→聴覚の順に実施するグループ（グループ 2）の二つのグループに分けて行った．各グループの被験者はそれぞれ二十代前半の大学生/院生で男性 3 名ずつである．脳波計は，デジテックス研究所製の PolymateV AP5148 を用いた．国際 10-20 法 [Jasper 58] に則り，5 電極 (F_z, C_z, P_z, O_1, O_2)，および基準電極（$A1$, $A2$ ：耳朶）を装着し，サンプリング周波数 1000Hz で計測を行った．また，1 セットとしてスタンダード（高頻度）刺激 80 回，ターゲット（低頻度）刺激 20 回の刺激をランダム順に呈示した．そして，視覚/聴覚オドボール課題のいずれかにより，初めに無追加課題を 3 セット，次にボタン押し課題を 3 セット，最後に無追加課題を 3 セットの計 9 セットを 1 日で行い，次の日に前日と異なる課題により同様の実験を行った．

2.2.1 聴覚オドボール課題

聴覚オドボール課題で扱う刺激は，立ち上がり 10ms，持続時間 100ms，立下り 10ms のトーンバースト音を採用し [船橋 09]，ターゲット（低頻度）刺激は 2000Hz，スタンダード（高頻度）刺激は 1000Hz とした．刺激呈示間隔は 1500ms とした．

2.2.2 視覚オドボール課題

視覚オドボール課題では，図 3 に示す黄色の円を採用した．ターゲット刺激は小さな円，スタンダード刺激は大きな円とした．刺激呈示間隔 500ms ，刺激点灯時間 500ms とした．また，ターゲット刺激の直径はスタンダード刺激の直径の 50%とした．

	スタンダード	ターゲット
1セットの呈示回数	80	20
色，形		
直径比	100	50

図 3: 視覚刺激オドボール 1 セット

2.3 波形解析方法

得られた脳波データに 1〜5Hz のバンドパスフィルタをかけ，最大値-最小値の差が 40μV を超える波形をアーチファクトとして除去した．ターゲット刺激呈示時後 800ms までの脳波データ 40 波形を加算平均した（図 4,5）．また，時間の推移による P300 の振幅の変化を見るために，ターゲット刺激呈示後 800ms までの脳波データ 40 波形を計測順に並べて，最初の 20 波形の加算平均を求めて，次に 2 番目から 21 番目の波形の加算平均を求め，ということを繰り返し，P300 振幅の移動平均を求めた．(図 6, 7)．

3. 結果

図 4, 5 は，それぞれグループ 1,2 の二日間の各脳波データである．横軸は刺激呈示からの時間，縦軸は振幅であり，慣例に従い正負反転して表示してある．各図 (a) が初日，(b) が二日目の脳波データである．図 4(a) は聴覚オドボール課題，(b) は視覚オドボール課題の結果であり，(a),(b) いずれも上から被験者 1(sub1)，2(sub2)，3(sub3) である．図 5(a) は視覚オドボール課題，(b) は聴覚オドボール課題の結果であり，それぞれ上から被験者 4，5，6 である．図 4, 5 の (a)，(b) いずれも左側がボタン押し課題下の波形，右側が無追加課題下とボタン押し課題後の無追加課題下の波形である．

P300 は約 300[ms] 前後の正側のピークとして観測されている．オドボール課題未体験の被験者であっても，聴覚，視覚の課題の別なく P300 が観測された．聴覚オドボール課題における P300 の頂点は視覚オドボール課題のそれよりも少し早く現れる傾向が見られる．無追加課題下の P300 頂点振幅とボタン押し課題後の無追加課題下のそれとの間に差があるとは言えなかった．また，ボタン押し課題下の P300 頂点振幅と無追加課題下のそれについても差があるとは言えなかった．

以下の傾向が見られた．

(1) ボタン押し課題下の P300 波形は全員において明確に観測された．

(2) 無追加課題下では P300 波形がはっきりとは観測されないケースがあった．

図 6, 7 は P300 の頂点振幅の移動平均値を示す．図 6 はグループ 1，図 7 はグループ 2 の結果である．各図の (a) は初日，(b) は二日目の結果である．図 6(a) は初日の聴覚オドボール課題における結果， 同図 (b) は二日目の視覚オドボール課題における結果であり，上から sub1, 2, 3 の結果を示す．図 7(a) は初日が視覚オドボール課題における結果，同図 (b) は二日目が聴覚オドボール課題における結果であり，上から sub4, 5, 6 の結果を示す．以下の傾向が見られた．

(3) 図 7(a) の sub4, sub6 の結果において，初日が視覚オドボール課題である場合に，ボタン押し課題後の無追加課題において，最初の無追加課題時よりも P300 頂点振幅

が大きくなった．

(4) 図 6 (b) の sub1, 図 8 (b) の sub4, sub5 において，ボタン押し課題後の無追加課題において P300 頂点振幅が小さくなった．

実験後に被験者にヒアリングを行ったところ，2 日目の実験は視覚/聴覚の課題の違いはあっても退屈であり，画面に意識を向けるのが難しかったとのコメントを sub2 と sub6 から得た．

4. 考察

今回は被験者数が少なく，統計的に有意な結果を得ることはできなかった．今回の結果を踏まえて，今後は，実験を進めるに当たって以下の作業仮説を立てて進めることとする．

(1) 視覚オドボール課題における図形の大小の判別，聴覚オドボール課題における音の高低の判別を被験者に意識させなくても P300 は観測される．

(2) 視覚オドボール課題において課題を意識づけることには効果がある．

(3) 被験者の興味を惹かないオドボール課題では，P300 が出難い．見方を変えれば，被験者の興味を惹きつける課題であれば，P300 を誘発できる．

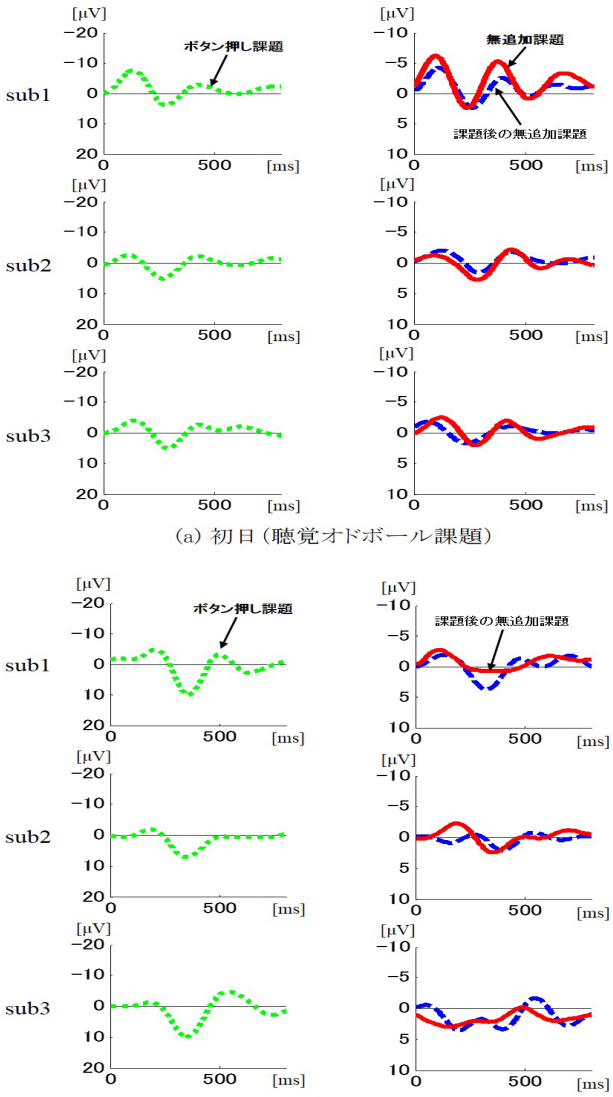
5. まとめ

カジュアルセンシングの実現を目指して，オ ドボール課題の刺激呈示に際して，ボタン押しや計数などの追 加課題を課さない無追加課題下での P300 計測の可能性につい て基礎的実験を実施した．そして，オドボール課題を被験者に意識させなくても P300 が出ることを確認した．また，視覚オドボール課題では課題を意識させることで P300 頂点振幅が高まること，興味を惹くオドボール課題であれば P300 が誘発しやすいことを示唆する結果を得た．

今後は作業仮説を基に実験計画を再構築して，被験者数を増やして実験を進める予定である

6. 謝辞

本研究は，名古屋 COI 拠点未来社会創造機構サステナブル基盤部門の援助を得て遂行された．



(a) 初日（聴覚オドボール課題）

(b) 2 日目（視覚オドボール課題）

図 4: 2 日間の各脳波データ (Group1)

参考文献

[Braverman 03] Braverman, E. R.: P300 (Latency) Event-Related Potential: An Accurate Predictor of Memory Impairment, *EEG & Clinical Neuroscience Society*, Vol. 34, (2003)

[Jasper 58] Jasper, H. H.: The ten-twenty electrode system of the international federation, *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, Vol. 10, No. 2, pp. 371–375 (1958)

[加賀 13] 加賀 佳美, 相原 正男：P300 基礎, 日本臨床神経生理学会, Vol. 41, No. 2, pp. 80–85 (2013)

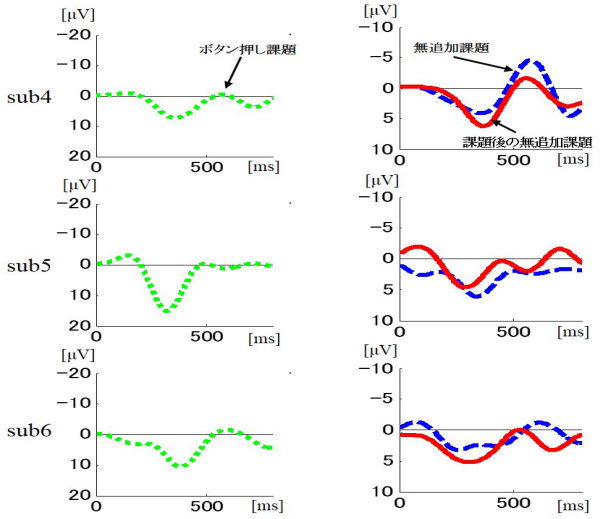
[高倉 17] 高倉 健太郎：脳波に含まれる P300 の工学的応用に関する研究, Master's thesis, 名古屋大学大学院工学研究科計算理工学専攻 (2017)

[船橋 09] 船橋 靖貴, 千島 亮, 小坂 将吾, 小口 弘貴, 為末 隆弘, 香山 瑞恵, 橋本 昌巳, 伊東 一典, 荒井 善昭：BCI に用いる P300 導出のための聴覚刺激の検討, 電子情報通信学会技報 (2009)

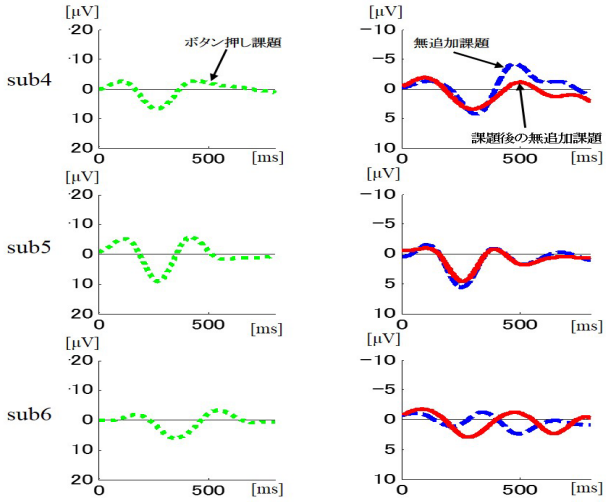
[藤原 94] 藤原 直仁, 今塩屋 隼男：オドボール刺激系列を用いた無課題下での事象関連電位, 日本生理心理学会, Vol. 12, No. 1, pp. 19–28 (1994)

[内閣 16] 内閣府：平成 28 年版高齢社会白書 (2016)

[名古 15] 名古屋 COI 拠点未来社会創造機構サステナブル基盤部門：研究成果公開　スマートチェア，歩行支援ロボット H27/11/10 (2015)

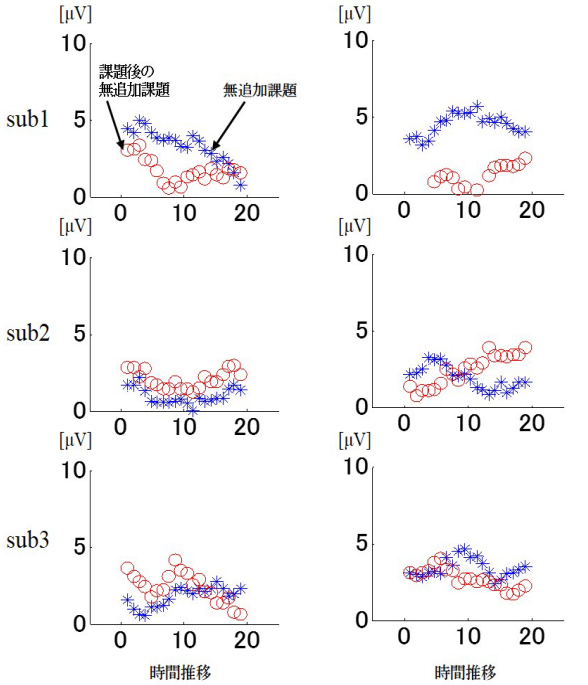


(a) 初日 (視覚オドボール課題)



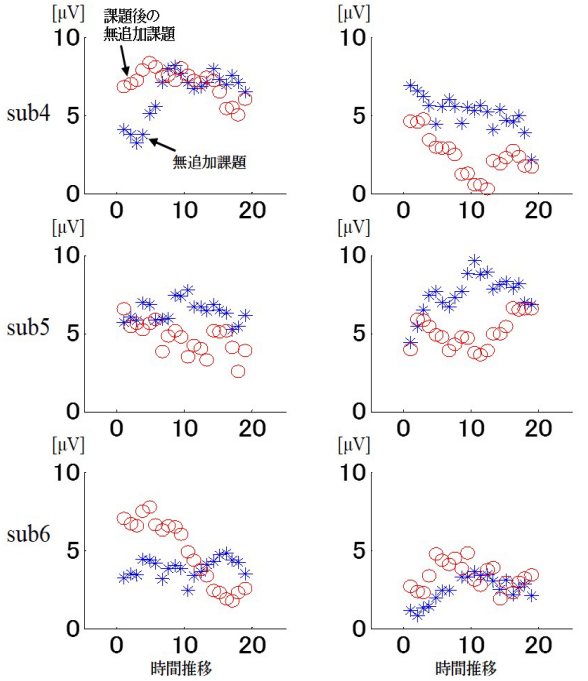
(b) 2 日 目 (聴覚オドボール課題)

図 5: 2 日間の各脳波データ (Group2)



(a) 初日 (聴覚オドボール課題)　(b) 2 日目 (視覚オドボール課題)

図 6: P300 の振幅の時間推移 (Group1)



(a) 初日 (視覚オドボール課題)　(b) 2 日目 (聴覚オドボール課題)

図 7: P300 の振幅の時間推移 (Group2)