

# 健常成人におけるADHD症状尺度得点とGO/NOGO課題で惹起されるERPとの関連

松本 秀彦<sup>1)</sup>・諸富 隆<sup>1)</sup>

## 要 約

健常成人においてADHD症状評価得点と中枢における反応抑制活動との関連性についてevent-related potentials (ERPs) のNOGO性N2成分の検討を行った。12名の健常成人を対象にADHD症状尺度 (WURS) を回答させ症状程度の高い群 (HIGH群) と低い群 (LOW群) とに分けた。GO/NOGO課題においては、NOGO刺激に挟まれるGO刺激の提示連続数を0～5つとすることによって、反応実行と抑制のバイアスを操作した。GO刺激の連続数が少ない条件をSHORT条件、多い条件をLONG条件とした。脳波は頭皮上26部位より記録し、刺激呈示を基準として加算平均処理を行った。結果は、ADHD症状得点HIGH群は反応時間が全体に長く、FA率が低かった。また、NOGO性N2成分の潜時はHIGH群よりもLOW群の方が長かった。このことから、HIGH群においては中枢での反応抑制活動の生起が遅れる可能性があること、また反応時間を遅くすることでNOGO刺激に対する反応抑制を成功させようとする課題遂行方略をとっていることが推測された。

Key words : GO/NOGO課題、ADHD症状得点、ERPs、NOGO N2、健常成人

## 1. はじめに

注意欠陥多動性障害 (attention-deficit/hyperactivity disorder : ADHD) 児は不注意、多動、衝動性 (DSM-IVによる) のいずれかを有し3～5歳に発症するとされ、注意持続や行動抑制の困難、実行機能の障害を持っている。ADHD児の中核となる問題は、抑制の失敗と行動反応を行わないでいることができないという衝動性の問題であるとされる (Barkley, 1997)。

反応抑制機能の評価にはGO-NOGO課題、ストップシグナル課題 (stop-signal task)、連続遂行課題 (continuous performance test : CPT) などが用いられる。GO-NOGO課題とCPTはGO刺激に対する応答反応とNOGO刺激に対する反応抑制事態から構成され、ストップシグナル課題ではGO刺激の提示に後続する反応停止信号が提示された場合に反応

---

<sup>1)</sup> 作新学院大学人間文化学部

抑制事態が生じる。いずれの課題においても、反応抑制に関わる中枢活動はNOGO刺激あるいは停止信号呈示の後約200msにおいて事象関連電位 (event-related potentials : ERPs) 上に惹起するN2に反映される。このN2は、反応実行事態よりも反応抑制事態の方が高振幅で、前頭部優位に分布する特徴を持ち、NOGO電位と呼ばれる (Sasaki, Gemba, Nambu, & Matsuzaki, 1993; Falkenstein, Hoormann, & Hohnsbein, 1999; Jodo & Kayama, 1992)。標準的なGO/NOGO課題におけるNOGO電位の振幅は、ADHD児の方が健常児よりも小さくなるとされている (Kropotov, Kropotova, Ponomarev, Nechaev, Ferri, Polliakov, Novkova, & Kolaeva, 1998)。本稿ではこのNOGO電位を抑制性N2と呼ぶことにする。

ADHD児および健常児・者を対象としてCPTにおけるNOGO電位とエラー関連陰性電位 (ERN) を記録した研究においては (松本・諸富, 2004; 松本・荒木・諸富, 2003)、ADHD児におけるNOGO電位の振幅と潜時が健常児と同程度で、健常成人によりも振幅が大きく潜時が長いことが報告された。また、NOGO電位の潜時は年齢と負の相関が認められた。このことから反応抑制機能は前頭前野の成熟に伴って発達することが推測されるとした。また反応時間は、健常群、ADHD児群ともに加齢に伴い短縮が見られることから、ADHD児においても認知的処理速度が速くなると指摘している。Overtoom, Verbaten, Kemner, Kenemans, van Engeland, Buitelaar, Camfferman, & Koelega (1998) は、ADHD児の不注意と衝動性を評価するために、AX-CPT時のERPを検討した結果、ADHD児は行動指標の標的ヒット率が低く、またERPのP3bが低振幅であることから不注意の評価が可能になるとした。しかし、NOGO試行における誤反応率 (FA率) と前頭部抑制性N2 (NOGO電位) の振幅がADHD児群と健常児群とで差が認められないことから、衝動性の評価はできないとしている。ただし、反抗挑戦性障害を持つAD/HD児については、抑制性N2 (NOGO電位) 振幅が小さくなり、反応抑制の問題が見出されるとした。Okazaki, Maekawa, Ozaki, & Futakami (2002) は、AX-CPTの標的・非標的刺激対の手がかり刺激から命令刺激までの時間を操作した課題を用いた検討を行い、標的刺激のヒット率は服薬のないAD/HD児よりも年齢マッチングさせた健常児群の方が高く、非標的刺激に対するP2はAD/HD児の方が健常児よりも小さかったと報告した。抑制性N2への言及はないが、服薬のないAD/HD児は統制群に比べて陰性電場の形成が弱く、服薬により290ms付近に陰性電位が形成されているように見える (Okazaki et al., 2002, Fig. 3 p.708)。

Durston, Thomas, Worden, Yang, & Casey (2002) のevent-related fMRI研究によれば、健常成人においてはNOGO刺激に先行するGO刺激が多い場合には誤反応数の増加し、前部帯状回の活性化が示された。前部帯状回は目標行動に関する内的表象と外的表象との認知競合検出を担っているとされている。また、5回連続でGO刺激が提示されると運動連合野の活性化が起きることが示されている。澤木・寺尾・室橋・宮本 (2005) は、

ADHD症状質問紙ウェンダー・ユタ評価尺度 (WURS) を用いて健常成人を症状程度高低群に分け、Durstun et al. (2002) のGO/NOGO課題を実施して脳活動を検討した。その結果、行動指標にはADHD症状得点群の有意差がなく、ADHD症状得点が高い群では課題全体で尾状核の不活性化が認められるとし、抑制制御機能の発達と強い関連性のある尾状核を含む前頭線条体回路の活動性の低さを示唆するものであるとした。しかし、澤木ら (2005) の課題での刺激呈示間隔は5秒間と長く、文脈を形成するにはかなり冗長であると思われる。そこで、本研究では時間分解能の高い脳波指標を用いて、2秒程度の比較的短い時間間隔で刺激呈示されるGO/NOGO課題とADHD症状得点との関連性を健常成人を対象として検討することとした。課題においてはNOGO刺激からNOGO刺激までのGO刺激の提示数によって反応のバイアスを操作することとし、GO刺激が少ない条件をSHORT (-Interval) 条件、多い条件を LONG (-Interval) 条件とした。LONG条件ではGO刺激の呈示が多いためNOGO刺激が呈示されたときに反応を抑制することが困難になるのではないかと考えた。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

ADHDの診断のない大学生49人 (男性20人、女性29人、20~24歳、平均年齢22歳) に対して質問紙WURSの25項目 (Ward et al., 1993) と現在症状尺度 (Barkley & Murphy, 1998) を回答させた。脳波計測実験においては、ADHDの診断のない大学生12名 (男6人、女6人、21~22歳、平均21.5歳) を対象とした。

### 2.2 質問紙

本実験では、ADHD症状を評価する質問紙WURSを使用してADHDの症状の程度を評価した。61質問項目のうちWard et al. (1993) によりADHDの検出力が高いと報告された25項目 (3~7、9~12、15~17、20~21、24~29、40~41、51、56、59) を点数化した。回答はそれぞれの質問項目に対し、まったくない (0点)、たまに (1点)、ときどき (2点)、しばしば (3点)、しょっちゅう (4点) とした。もう一つの質問紙は過去6ヶ月の行動特徴を自己報告する現在症状尺度 (Barkley & Murphy, 1998) を使用した。

### 2.3 刺激

GO刺激として 'V'、'C'、'K'、'L' ( $p=0.682$ )、NOGO刺激として 'X' ( $p=0.318$ ) を持続時間300ms、ITIは1,500msでコンピュータディスプレイ画面に呈示した (図1)。

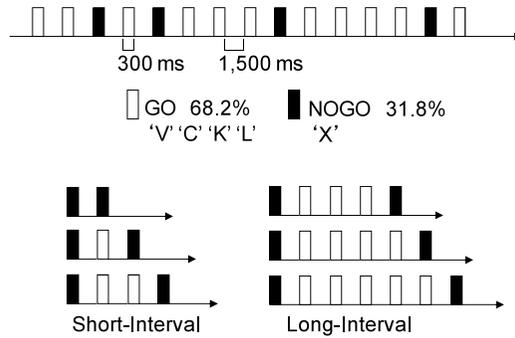


図1 刺激模式図

NOGO刺激の前に提示されるGO刺激の連続数は0～5個で、0、1、2回をSHORT条件、3、4、5回をLONG条件とした。

## 2.4 装置

刺激は心理学実験ソフトE-prime ver1.0 (psychology software tools Inc) より制御し、シールドルーム内に設置したディスプレイ (SONY社製、Multiscan E230) から被験者に提示した。脳波導出と記録はデジタル脳波計 (日本光電社製Neurofax EEG-1100) を使用した。

## 2.5 手続き

被験者はGO刺激に対してすばやくかつ正確にキー押し反応を行うよう求められた。また実験中の瞬目については出来るだけしないように教示された。実験は、手続きの理解を確認できる程度に練習を行ったあと、およそ400試行 (約10分間) を2ブロック実施した。反応する手はブロックごとに左右でカウンターバランスをとった。

## 2.6 脳波記録とERP加算平均

脳波は頭皮上26部位 (FP1、FP2、F3、F4、F7、F8、Fz、FC3、FCz、FC4、T7、C3、C4、Cz、T8、CP3、CPz、CP4、P7、P3、P4、Pz、P8、O1、Oz、O2) から両耳朶平均を基準として、バンドパス0.05～30Hz、サンプリング周波数1kHzで導出した。眼電図は右眼窩上下縁部左右から双極導出した。Band pass filterは0.05～30Hzとした。また左右の手指の筋電図を得るために、キー押しをする親指の筋肉に電極を装着した。

## 2.7 分析

### 2.7.1 行動指標

シールドの中にある課題遂行時に使用するRT測定用自作スイッチからJUNCTION-

BOX（日本光電社製JJ-450A）を介して送られてくる信号を記録し、RTとFA率を求めた。INTERVALの2条件、キー押しの手の左右ごとにGO刺激に対する正反応時間の平均反応時間と、NOGO刺激に対するキー押しエラーと筋電レベルエラーの回数とFA率および反応時間を求めた。

### 2.7.2 生理指標

脳波の加算平均処理は刺激呈示200ms前から1000msの区間を対象として行い、瞬目、アーテファクトの混入が見られる試行と誤反応であった試行は除外した。エラー関連電位はNOGO試行に対しキー押し反応を行った試行を対象に算出したが、本稿では結果は示さない。

## 3. 結果

### 3.1 ADHD症状に関する質問紙

WURS-25と現在症状尺度の得点の結果を図2に示した。大学生49名に調査した結果、最高得点が82点、最低得点が2点、平均得点が38.3点（SD 15.8）であった。Ward et al. (1993) による96%識別率のカットオフ36点を基準として、脳波計測に参加した被験者を高得点群（HIGH群）とカットオフ未満群（LOW群）に分けたところ、人数はそれぞれ5名と7名、平均得点は62.4点（SD 11.5）と16.6点（SD 8.4）であった。また、WURSと現在症状尺度との合計の平均は38.3（SD 15.77）であった。澤木・片山（2005）においては、42.8（SD 9.6; N=13）であった。

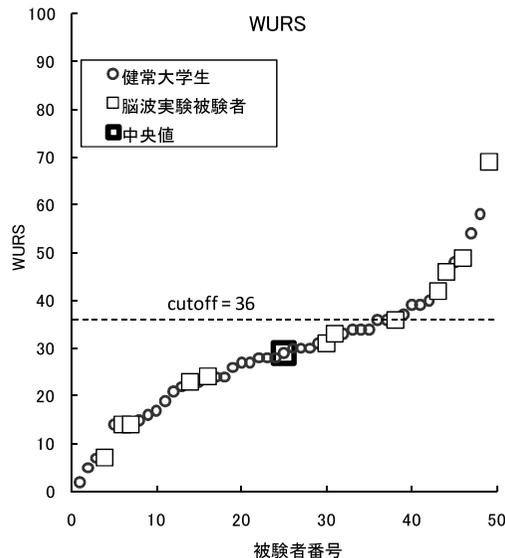


図2 ADHD症状尺度得点の分布

### 3.2 GO/NOGO課題における行動指標

反応時間（図3左、表1）について、2群（HIGH, LOW）×5刺激位置（GO刺激の系列位置5つ）の分散分析を実施した結果、群と刺激位置の交互作用が認められた（ $F(4,40) = 2.635, p < .05$ ）。NOGO刺激直後のGO刺激に対してはHIGH群の方がLOW群よりも反応時間が有意に長かった。

NOGO刺激に対してキー押し反応を行う誤反応であるFA（図3右、表2）について、2群（HIGH, LOW）×6刺激種類（S0, S1, S2, L3, L4, L5）の分散分析を行ったところ交互作用、主効果ともに有意差は認められなかった。

表1  
ADHD症状得点高群（HIGH）と低群（LOW）におけるGO刺激への平均反応時間  
それぞれの群の上段が平均値、下段が標準偏差

GROUP	N	LEFT HAND					RIGHT HAND				
		G01	G02	G03	G04	G05	G01	G02	G03	G04	G05
HIGH	5	352	365	364	364	357	350	361	358	351	357
		13	21	21	19	16	16	28	22	25	19
LOW	7	327	331	338	354	351	329	330	333	343	341
		28	32	28	28	21	24	28	35	32	35

表2  
ADHD症状得点高群（HIGH）と低群（LOW）におけるNOGO刺激へのキー押しエラー（FA）  
それぞれの群の上段が平均値、下段が標準偏差

GROUP	N	LEFT HAND							RIGHT HAND						
		S0	S1	S2	L3	L4	L5	S0	S1	S2	L3	L4	L5		
HIGH	5	0.17	0.17	0.17	0.24	0.08	0.10	0.17	0.14	0.16	0.16	0.22	0.12		
		0.13	0.04	0.10	0.14	0.04	0.07	0.13	0.07	0.11	0.08	0.12	0.10		
LOW	7	0.29	0.22	0.16	0.22	0.19	0.09	0.25	0.24	0.19	0.19	0.29	0.19		
		0.14	0.06	0.10	0.11	0.13	0.10	0.11	0.08	0.07	0.09	0.13	0.20		

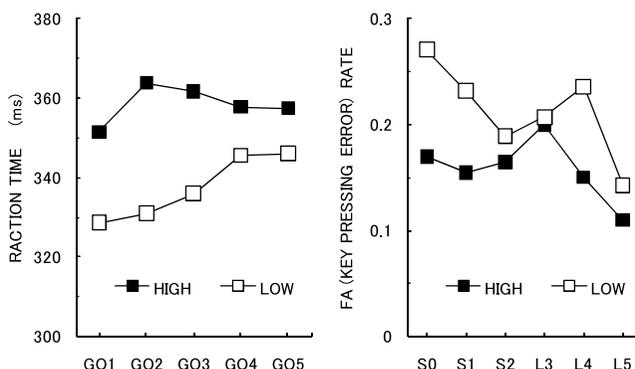


図3 ADHD症状得点高群（HIGH）と低群（LOW）におけるGO刺激に対する平均反応時間（左）とNOGO刺激に対するキー押しエラー率（FA率）（右）

### 3.3 生理指標：ERP

本実験で得られたERPを図4に示した。WURSのカットオフライン以上の得点高群 (HIGH) と未満の低群 (LOW) についてそれぞれグラウンドアベレージ波形を算出し、正中線上3部位について示した。NOGO刺激までのGO刺激の数が多いLONG条件と少ないSHORT条件における、NOGO刺激に惹起されるERPと、GO刺激において惹起されるERPをプロットした。GO条件においては、刺激呈示後約400msに陽性（下方）成分が惹起されており、Czにおいて最大振幅を示した。

次に、NOGO刺激に対するERPを見ると、NOGO電位と思われるN2成分の増大が高群 (HIGH) においては観察された。陽性成分P3はインターバルの長短2条件によって分布が異なっていて、LONGインターバル条件においては後方Pzに偏ったCz最大の分布、逆

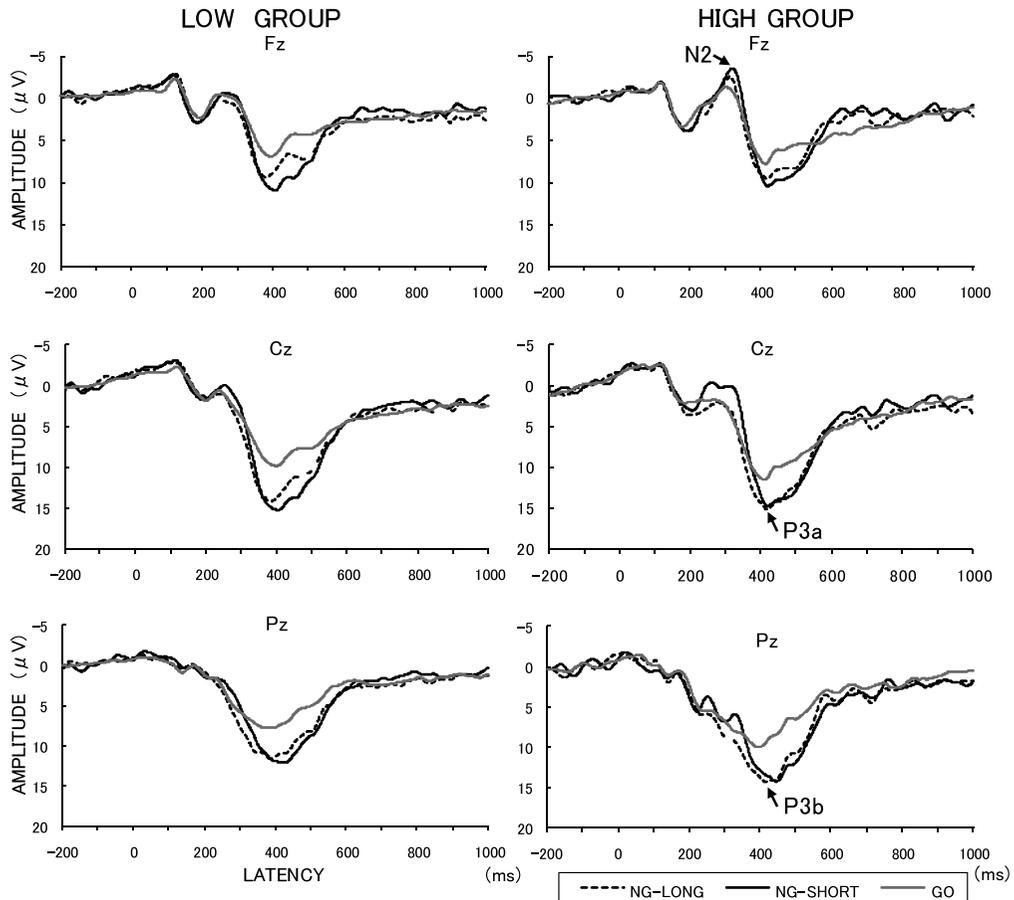


図4 ADHD症状得点高群 (HIGH) と低群 (LOW) における正中線上3部位におけるERP波形。  
 グラウンドアベレージ波形 HIGH群は5名、LOW群は7名  
 NG-SHORT:インターバルSHORT条件のNOGO刺激  
 NG-LONG:インターバルLONG条件のNOGO刺激  
 GO:インターバルLONGとSHORT条件におけるGO刺激

にSHORT条件では前方Fzに偏ったCz優位で惹起された。

### 3.4 FzにおけるN2成分の潜時と振幅

Fzにおいて惹起されたN2振幅について、3刺激（LONG,SHORT,GO）×2群（HIGH, LOW）の分散分析を行ったところ刺激の主効果が認められ（ $F(2,2) = 11.11, p < .01$ ）、ショート条件で惹起されるN2の方がLONG条件およびGO刺激において惹起するものよりも大きかった。N2潜時について、2刺激（LONG,SHORT）×2群（HIGH,LOW）の分散分析を行ったところ、群の主効果が認められ（ $F(1,10) = 5.68, p < .05$ ）、尺度得点HIGH群の方がLOW群よりも延長した（HIGH 312ms; LOW 280ms）。

### 3.5 CzにおけるP3成分の潜時と振幅

ここでは、NOGO刺激に対してはCz部位優位でP3成分が惹起することを考慮して、インターバルによって振幅と潜時が異なるのか検討した。3刺激×2群の分散分析の結果、刺激の主効果（ $F(2,20) = 24.30, p < .001$ ）と群の有意傾向（ $F(1,10) = 4.04, p < .1$ ）が認められた。CzのP3振幅は、NOGO刺激のP3振幅の方がGO刺激に対するものよりも大きかった。またLOW群の方がHIGH群よりも大きい傾向だった。CzにおけるP3潜時については、同様に分散分析を行ったが有意差が認められなかった。

### 3.6 PzにおけるP3成分の振幅と潜時

PzにおけるP3成分の潜時と振幅について3刺激（LONG,SHORT,GO）×2群（HIGH, LOW）の分散分析を行ったところ刺激の主効果が認められ（ $F(2,20) = 5.09, p < .05$ ）、P3振幅はGO刺激の方がNOGO刺激のいずれの条件よりも小さかった。潜時については刺激間および群間の差が認められなかった。

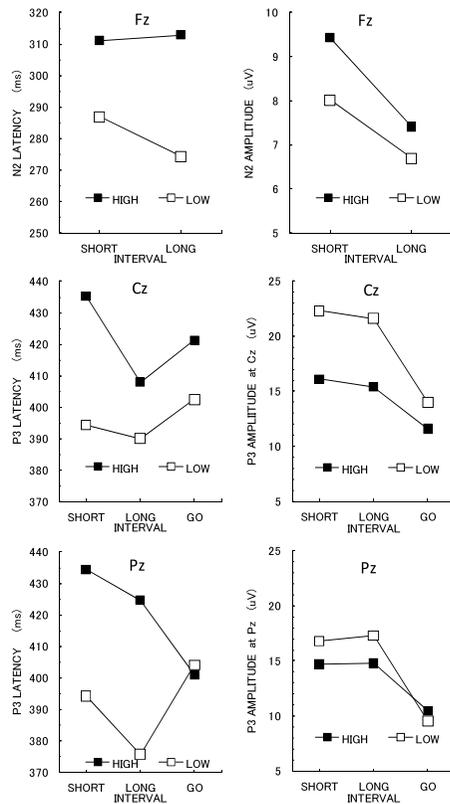


図5 NOGO刺激に対するFz部位でのN2成分（上段）およびCz部位でのP3成分（中段）、GO刺激に対するPz部位でのP3成分の振幅と潜時（下段）

## 4. 考察

### 4.1 ADHD症状に関する質問紙

本実験で得られたWURS-25と現在症状尺度の得点の平均得点は38.3点 (SD 15.8) であり、Sawaki and Katayama (2006) の42.8 (SD 9.6; N=13) よりも得点が低かった。被験者数の違いによるものと考えられる。本研究の脳波実験に参加した被験者のADHDの状態を高低群に振り分けるために用いのは、Ward et al. (1993) の96%識別率のカットオフ36点をを用いたため、ADHD症状の高低についてのグループ分けは妥当であったと考えられる。

### 4.2 GO/NOGO課題における行動指標

反応時間の分散分析の結果は、HIGH群の方がLOW群よりもNOGO刺激直後のGO刺激に対する反応が遅かったことを示した。LOW群はNOGO刺激直後には短い反応時間で、GO刺激の連続数が増加すると反応時間が延長した。これは、LOW群ではNOGO刺激直後にNOGO刺激が提示される確率が低いことを察知して反応を早く行うバイアスがかかったものと考えられる。一方、HIGH群ではGO刺激の位置に関係なく反応時間は長く、反応速度を遅くしたモードで課題遂行していたものと予測される。澤木ら (2005) では行動指標におけるADHD症状得点による有意差が認められていないことを考えると、本研究での刺激間隔を短縮させた効果が見られたものと考えられる。

NOGO刺激に対するキー押エラー (FA) は群間と刺激位置の差が認められず、ADHD症状得点の高低による反応抑制についての遂行結果に違いが認められなかった。これは、HIGH群の課題遂行方略は、反応速度を低下させてFAを抑制するトレードオフを採用したものであると考えられる。Okazaki et al. (2002) でもADHD児と健常児のFAの有意差は見出されていない。

### 4.3 生理指標：ERP

Fzにおいて惹起されたN2成分の振幅について、3刺激 (LONG,SHORT,GO) × 2群 (HIGH, LOW) の分散分析を行ったところ刺激の主効果が認められ、SHORT条件の方がLONG条件およびGO刺激よりも大きかった。Durstun et al. (2002) や澤木ら (2005) では、GO刺激が多く連続すると反応準備に関する大脳領野が活性化するとされ、通常であれば反応準備への偏向は反応抑制を難しくするものと考えられるのであるが、この結果ではSHORT条件の方がNOGO性のN2成分が大きく反応抑制活動が大きかったことを示していて、先行研究と矛盾することとなる。NOGO刺激の間にGO刺激が0個～5個まで

変動して提示されるために、約半数は直後にNOGO刺激は提示されないため、GO刺激への反応に切り替えた状態であると仮定すると、NOGO刺激の提示に対しては反応抑制を強く実行しないとイケないのかもしれない。

次に、行動指標の結果から、ADHD尺度得点が高いHIGH群のNOGO刺激に対するFA率がLOW群のFA率と差がなかった点について、NOGO刺激に対して惹起するN2成分の振幅の大きさと潜時から反応抑制活動の側面から考察する。NOGO性のN2成分についてADHD尺度得点の2群間で比較すると、振幅は有意差がなく、潜時はHIGH群の方がLOW群よりも延長した。HIGH群の潜時は312msで、松本・諸富（2004）で得られたCPTでのNOGO電位のADHD児群の平均値（300ms）とほぼ同じであった。NOGO性のN2成分の振幅は、健常児よりもADHD児の方が小さいとされることもあるが（Kropotov et al., 1998）、ADHD児と健常児との差が認められないとされるものもある（Overtoom et al., 1998; 松本・諸富, 2004; 松本ら, 2005）。松本ら（2005）によるとNOGO性のN2成分の振幅は健常成人よりも小児の方が大きいとされ、成熟に伴ってNOGO性のN2成分の振幅が小さくなるものと考えられる。この研究に参加した被験者においてはADHD症状尺度得点に関わらず先行研究と同様にN2成分の振幅が発達あるいは成熟に従って小さくなったものと考えられる。また、被験者は全て大学における適応には問題がなく、ADHDの特性を持っていたとしても、日常生活においては支障がなく、脳内の抑制機能の成熟が不足しているわけではないことが伺える。しかし、ADHD症状の高い者はGO/NOGO課題のようなテスト下ではNOGO性のN2成分出現の遅さから推測されるように、エラーを最小限に防ぐために反応時間を延長させるという方略によって対処しているのではないかと考えられ、このプロセスが明らかになったものと考えている。

### 3.6 PzにおけるP3成分の振幅と潜時

PzにおけるP3成分の潜時と振幅について3刺激（LONG,SHORT,GO）×2群（HIGH,LOW）の分散分析を行ったところ、P3振幅はGO刺激の方がNOGO刺激のいずれの条件（SHORT,LOGN）よりも小さく、潜時は刺激間および群間差が認められなかった。このことは、GO刺激の確率が高く、NOGO刺激の確率が低いことに起因したP3の大きさの変化であって、ADHD症状の高さによる差異が認められなかった。Sawaki and Katayama（2006）のように、オッドボール課題であれば注意の配分によって検討することができるが、この研究のようにGO刺激がたくさん出て、NOGO刺激が標的刺激のようになった場合には、NOGO性のP3（P3a）が出現するためにP3が複雑な成分の重畳を受けてしまうのかもしれない。

## まとめ

ADHD症状得点HIGH群は反応時間が全体に長く誤反応率が低かったことから、NOGO刺激に反応しないように正確さを重視したものと考えられる。つまり、課題全体においてNOGO刺激の検出に注意を向けていたことが伺える。一方、LOW群ではGO刺激が連続するにつれて反応時間が延長しており、NOGO刺激を予期して反応速度を抑制しNOGO刺激に対する構えが生じていたものと思われる。また、SHORT条件はNOGO刺激の次に再度NOGO刺激が呈示される確率が低いため、反応実行モードに切り替えた状態と推測される。ところが、HIGH群では、FA率が低かったことから、反応実行モードへの切り替えよりも反応抑制モードの状態を維持しているものと思われる。HIGH群では、NOGO性N2成分が反映すると考えられる反応抑制活動が遅れて生じているがFAに至らないことから、このような課題遂行方略をとっているものと推測された。

## 謝辞

この研究のデータ集積について小見門愛さんに協力していただいた。感謝いたします。

## 引用文献

- Barkley, R. A. 1997 Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.
- Durston, S., Thomas, K.M., Worden, M.S., Yang, Y., & Casey, B.J. 2002 The Effect of Preceding Context on Inhibition: An Event-Related fMRI Study *NeuroImage*, 16, 449-453.
- Jodo, E., & Kayama, Y. 1992 Relation of a negative ERP component to response inhibition in a Go/NOGO task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 82, 477-482.
- Kropotov, J. D., Kropotova, O. V., Ponomarev, V. B., Nechaev, V. B., Ferri, R., Polliakov, Yu I., Novkova, I. A., & Kolaeva, O. N. 1998 Electrophysiological correlate of motor inhibition impairment in children with attention-deficit hyperactivity disorder (abstract). *International Journal of Psychophysiology*, 59.
- 松本秀彦・諸富隆 2004 ADHD児における反応抑制とエラー認知機能の評価－CPT課題におけるERPを指標として－ *精神生理学と心理生理学*, 22, 45-57.
- 松本秀彦・荒木章子・諸富隆 2003 注意欠陥・多動性障害児の反応抑制の中核活動 Continuous Performance TestにおけるNOGO電位を用いた検討 *臨床脳波*, 45 (9), 579-584.
- Okazaki, S., Maekawa, H., Ozaki, H., & Futakami, S. 2002 Topographical changes of ERP during a CTP-AX task at pre- and post-medication of methylphenidate in children with ADHD. *International Congress Series*, 1232, 705-710.
- Overtom, C. C. E., Verbaten, M. N. O., Kemner, C., Kenemans, J. L., van Engeland, H., Buitelaar, J. K., Camfferman, G., & Koelega, H. S. 1998 Associations between event-related potentials and measures of attention and inhibition in the continuous performance task in children with ADHD and normal controls. *Journal of American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 37, 977-985

- Sasaki, K., Gemba, H., Nambu, A., & Matsuzaki, R. 1993 NOGO activity in the frontal association cortex of human subjects. *Neuroscience Research*, 18, 249-252.
- Sawaki, R., & Katayama, J. 2006 Severity of ADHD symptoms and efficiency of attentional resource allocation. *Neuroscience Letters*, 407 (1) , 86-90.
- 澤木梨沙・寺尾敦・室橋春光・宮本環 2005 ADHD症状の程度で異なる健常成人の行動抑制時における神経活動。生理心理学と精神生理学、23、19-28.
- Wodushek, T. R., & Neumann, C. S. 2003 Inhibitory capacity in adults with symptoms of attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) . *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18, 317-330.
- Ward, M.F., Wender, P.H., & Reimherr, F.W. 1993 The Wender Utah Rating Scale: an aid in the retrospective diagnosis of childhood attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 150, 885-890.