

## 第2章 健常成人・健常児を対象とした 刺激間隔が一定の連続遂行課題における行動抑制の検討

### 第1節 健常成人・健常児における連続遂行課題の遂行成績の分析（実験1）

#### 1. 目的

先行研究において多く用いられている、刺激間隔が一定のCPTにおける健常児・健常成人の遂行成績を分析し、反応実行と抑制の制御能力が遂行成績に反映されるか、また異年齢群間で発達にともなう変化が認められるのかを検討する。

#### 2. 方法

##### 対象児・者

対象児・者の概要を Table 2.2.1.1 に示した。小学校の普通学級に在籍し、視力に問題がなく、特に注意の問題が認められない46名の子どもを健常児群とした。健常児群は生活年齢によって、7歳群4名（男児1、女児3、平均年齢7歳11カ月±1カ月、年齢幅7歳9カ月～7歳11カ月）、9歳群26名（男児15、女児11、平均年齢8歳9カ月±6カ月、年齢幅8歳0カ月～9歳10カ月）、11歳群16名（男児14、女児2、平均年齢10歳8カ月±6カ月、年齢幅10歳1カ月～11歳6カ月）に分けられた。成人群は10名（男性7、女性3、平均年齢24歳9カ月±1歳11カ月、年齢幅22歳4カ月～27歳4カ月）であった。実験に先立ち、健常児については保護者と本人、健常成人については本人にその内容を説明して実験参加の承諾を得た。

##### 課題の作成ならびに実施の手順

CPT課題を Fig. 2.2.1.1 に示した。CPT課題の作成と呈示には Macintosh コンピュータのオーサリングソフトウェア HyperCard (Apple 社製)、または STIM システム (Neuroscan 社製) のいずれかを使用した。刺激には白色背景、黒色の0から9の数字を用い、対象児・者の眼前1 m に設置したCRT中央に200msec間呈示した。刺激サイズは、縦4cm×横3cmで視角1.15°×0.86°に相当した。ISIは1,500msecとした。対象児・者は、「1」の直後の「9」にのみ反応することを求められた。従って「1」は警告刺激として位置づけられた。この警告刺激「1」は刺激呈示数全体の20%の確率で出現し、標的刺激である「1」の直後の「9」と「9」以外の非標的刺激はそれぞれ

Table 2.2.1.1 実験1の対象児・者

年齢群	人数	(男; 女)	平均年齢	年齢幅
7歳群	4	(1; 3)	7歳11カ月±1カ月	7歳9カ月～7歳11カ月
9歳群	26	(15; 11)	8歳9カ月±6カ月	8歳0カ月～9歳10カ月
11歳群	16	(14; 2)	10歳8カ月±6カ月	10歳1カ月～11歳6カ月
合計	46			
成人群	10	(7; 3)	24歳9カ月±1歳11カ月	22歳4カ月～27歳4カ月

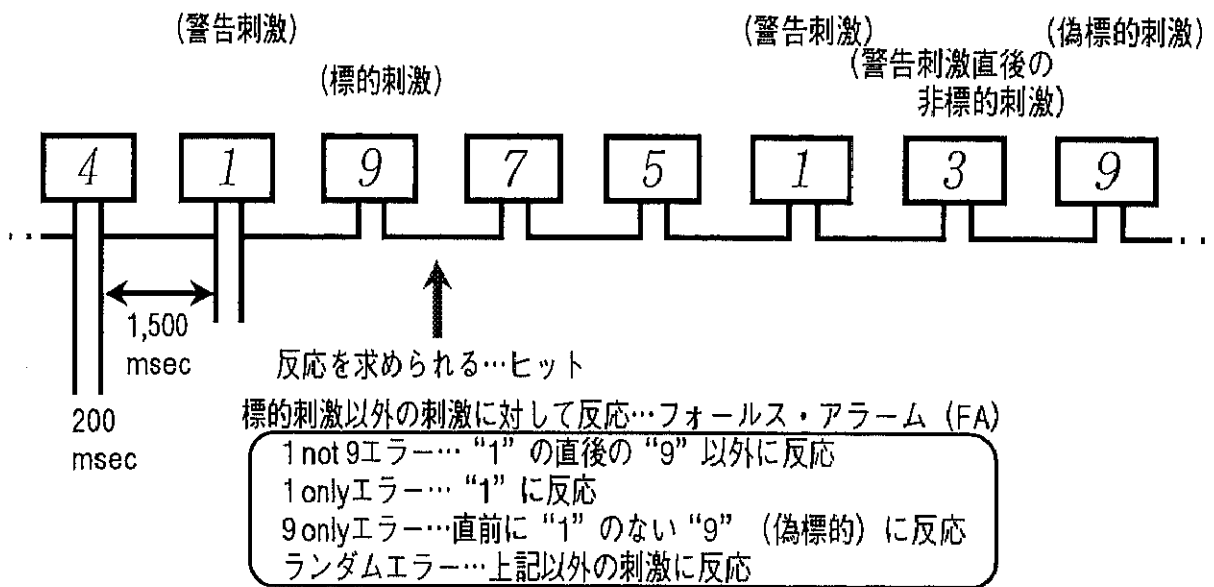


Fig. 2.2.1.1 CPT (CPT-AX) における刺激出現の模式図と生じる反応の種類

れ刺激呈示数全体の10%の確率で出現した。また警告刺激が先行しない"9", すなわち偽標的刺激の出現確率も10%とした。同一の刺激が連続して出現することはなかった。1試行で呈示する刺激数は400で、約12分で課題は終了した。対象児・者は最初に実験者と共に刺激呈示数20の練習課題を1~2回行い、手続きを理解した上で本課題を行った。

### 分析方法

個々の対象児・者について、"1"直後の"9"に正しく反応したヒット率、ヒットの反応時間と、標的刺激である"1"直後の"9"以外の刺激に反応したフォールス・アラーム（以下、FA）生起数とFAの反応時間を得たのち、健常児の各年齢群ならびに健常成人群について、平均ヒット率、平均ヒット反応時間、平均FA生起数、平均FA反応時間を算出した。ヒット率は分散を一定にするために角変換を施した後に統計処理を行った。ヒット率の比較には1要因の分散分析を用いた。分散分析で有意差があった場合の多重比較にはTukey-Kramer法（5%水準）を用いた。反応時間はデータの正規化を図るため対数変換を施した後に統計処理を行った。比較はヒット率と同様に1要因の分散分析を用い、多重比較にはTukey-Kramer法（5%水準）を用いた。

FAは全体の生起数を得るとともに、Halperin et al. (1988)を参考に、以下の4種類のFAサブタイプと、それぞれの反応時間を求めた；

- ・1not9 エラー…警告刺激"1"の直後の"9"以外の刺激に対して反応した場合、
- ・1only エラー…警告刺激"1"そのものに対して反応した場合、
- ・9only エラー…直前に"1"のない"9"に対して反応した場合、
- ・ランダムエラー…直前の刺激が"1"以外であり、反応した刺激が"9"以外である場合

FA生起数の統計処理には、ばらつきが大きくなると予想されたため、Wilcoxonの符号付き順位検定を用いた。4つのFAのサブタイプがヒットと比較して反応時間に差異があるかどうかを検討するにあたり、Halperin et al. (1991)、岡崎 (1996) は異年齢の対象児において生起したヒットとFAサブタイプそれぞれをすべて平均し、両側t検定を用いて比較しているが、年齢群間でヒット反応時間に差が認められることが予想されたため、個々の対象児・者において生起したFAサブタイプの反応時間を散布図上でヒットの反応時間と比較するにとどめた。

## 3. 結果

### ヒット率

対象児・者のヒット率の散布図をFig. 2.2.1.2に示した。個人差はあるものの、年齢の上昇にともなうヒット率の増加がうかがえたことから、年齢群ごとの平均値による検討を行うこととした。健常児の各年齢群ならびに健常成人群の平均ヒット率をFig. 2.2.1.3に示した。各群の平均ヒッ

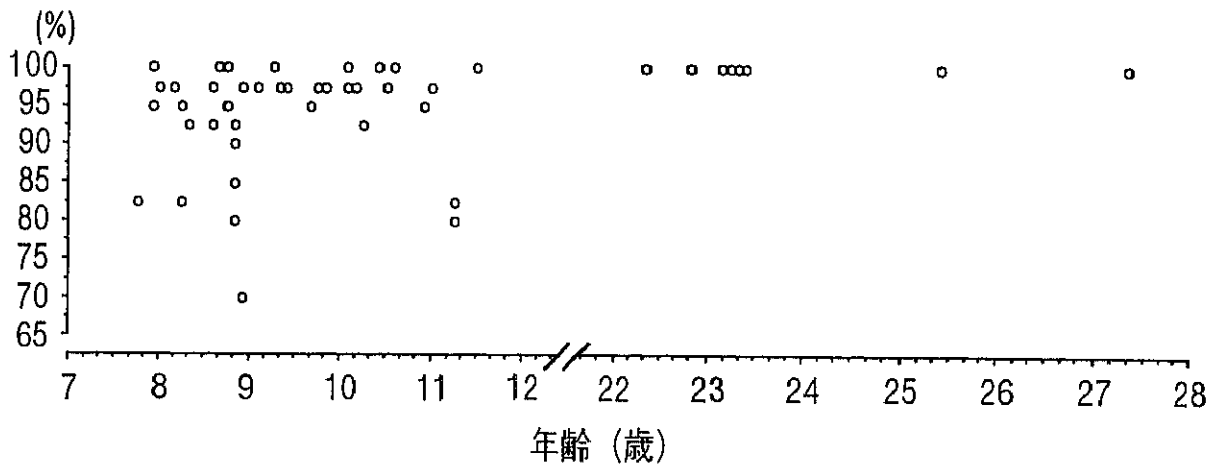


Fig. 2.2.1.2 全対象児・者におけるヒット率の散布図

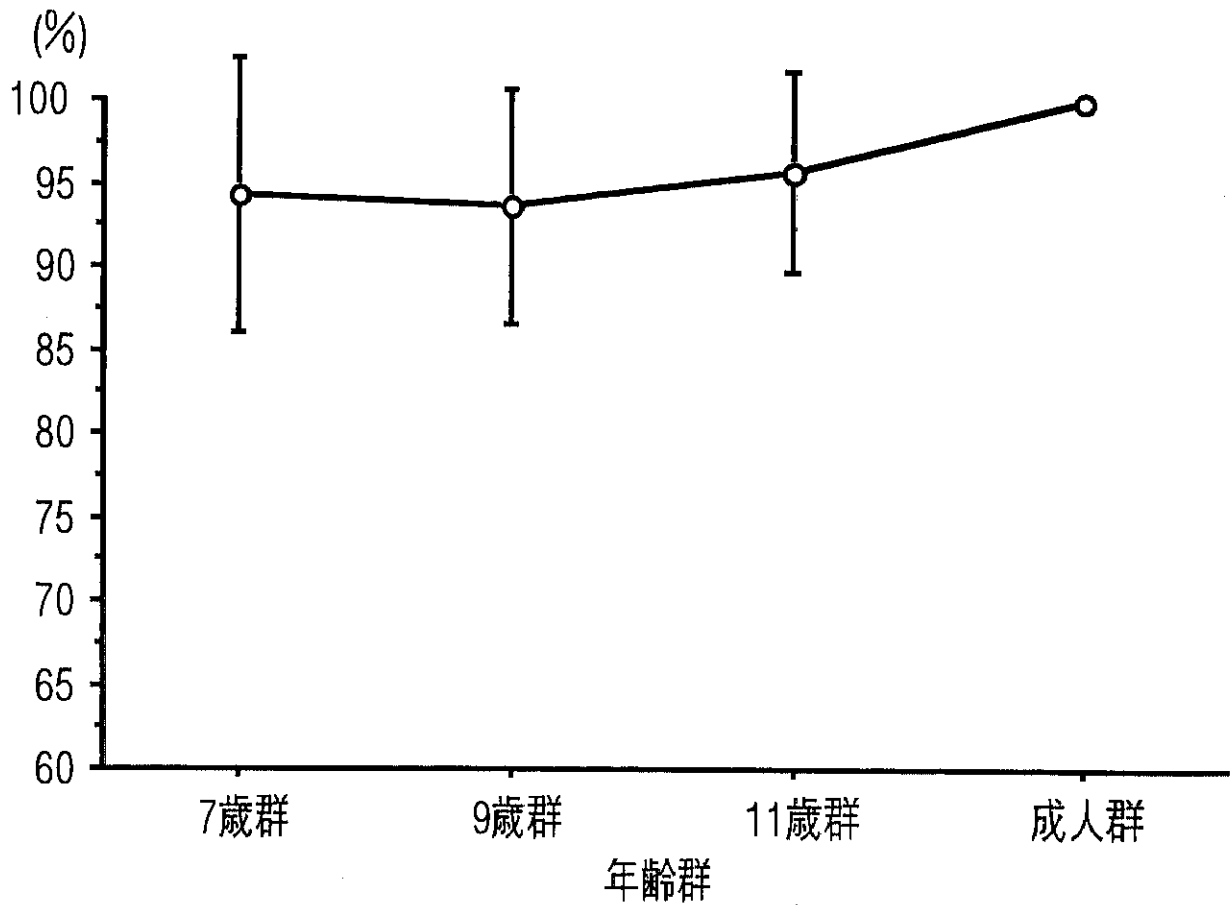


Fig. 2.2.1.3 各年齢群の平均ヒット率

上下線は標準偏差をあらわす。

ト率は、7歳群90.0% (SD=8.9), 9歳群93.7 (SD=7.1) %, 11歳群95.8 (SD=6.1) %, 成人群100.0 (SD=0.0) %であり、年齢の上昇にともないヒット率が増加した。分散分析の結果、年齢の効果が有意に認められた ( $F(3,52) = 3.278, p < .05$ )。多重比較の結果、有意差が認められたのは7歳群と成人群, 9歳群と成人群の間であった ( $MSe = 0.112$ )。

#### ヒット反応時間

対象児・者のヒット反応時間の散布図を Fig. 2.2.1.4 に示した。年齢の上昇にともなうヒット反応時間の短縮が認められ、個人差はヒット率に比べ小さかった。このことから、ヒット反応時間についても年齢群ごとの平均値による比較を行うこととした。健常児の各年齢群ならびに健常成人群の平均ヒット反応時間を Fig. 2.2.1.5 に示した。各群の平均ヒット反応時間は、7歳群687.0 (SD=154.9) msec, 9歳群559.9 (SD=152.1) msec, 11歳群443.0 (SD=114.5) msec, 成人群377.3 (SD=81.8) msec であった。年齢の上昇にともないヒット反応時間の短縮が認められた。分散分析の結果、年齢の効果が有意に認められた ( $F(3,52) = 9.233, p < .0001$ )。多重比較の結果、有意差が認められたのは7歳群と成人群, 7歳群と11歳群, 9歳群と11歳群, 9歳群と成人群, の間であった ( $MSe = 0.012$ )。

#### FA 生起数

対象児・者のFA生起数のボックスプロットを Fig. 2.2.1.6 に示した。各群における全FA生起数の中央値は7歳群0回 (最大値2, 最小値0), 9歳群1回 (最大値7, 最小値0), 11歳群0回 (最大値3, 最小値0), 成人群0回 (最大値1, 最小値0) であった。Wilcoxonの符号付き順位検定の結果、9歳群に比べ11歳群のFAは有意に少なかった ( $z = -1.956, p < .05$ )。これ以外に群間の差は認められなかった。

FAをサブタイプ (1not9エラー, 1onlyエラー, 9onlyエラー, ランダムエラー) に分けたボックスプロットを Fig. 2.2.1.7 に示した。各群におけるFAサブタイプ生起数の中央値は、1not9エラーは7歳群0.5回 (最大値1, 最小値0), 9歳群0回 (最大値7, 最小値0), 11歳群0回 (最大値1, 最小値0), 成人群0回 (最大値1, 最小値0), 1onlyエラーは7歳群0回 (最大値0, 最小値0), 9歳群0回 (最大値3, 最小値0), 11歳群0回 (最大値0, 最小値0), 成人群0回 (最大値0, 最小値0), 9onlyエラーは7歳群0回 (最大値1, 最小値0), 9歳群0回 (最大値3, 最小値0), 11歳群0回 (最大値1, 最小値0), 成人群0回 (最大値0, 最小値0), そしてランダムエラーは7歳群0回 (最大値0, 最小値0), 9歳群0回 (最大値1, 最小値0), 11歳群0回 (最大値1, 最小値0), 成人群0回 (最大値0, 最小値0) であった。Wilcoxonの符号付き順位検定の結果、9歳群においてのみランダムエラーに比べ1not9エラーが有意に多かった ( $z = -2.623, p < .01$ )。これ以外の群内ならびに群間の有意な差は認められなかった。

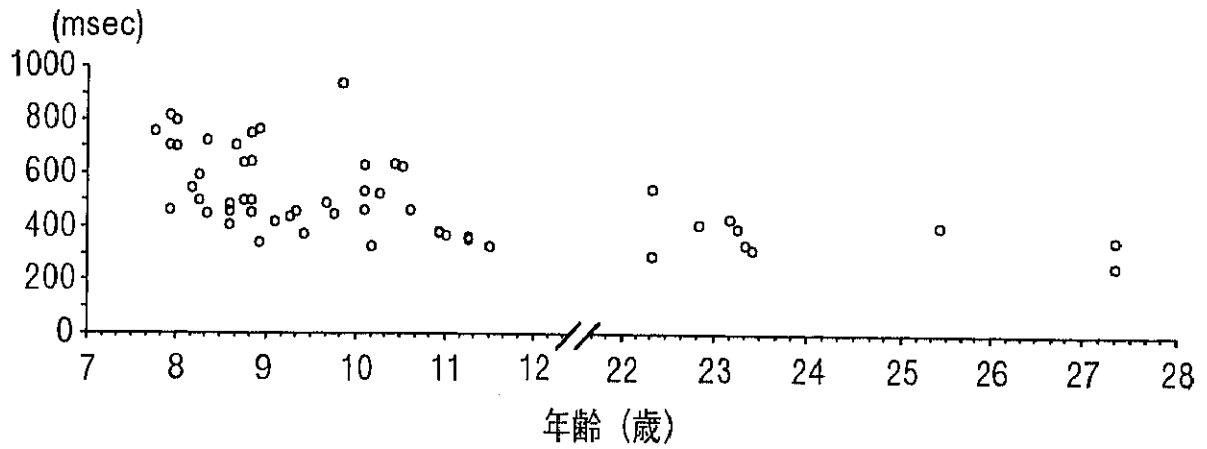


Fig. 2.2.1.4 全対象児・者におけるヒット反応時間の散布図

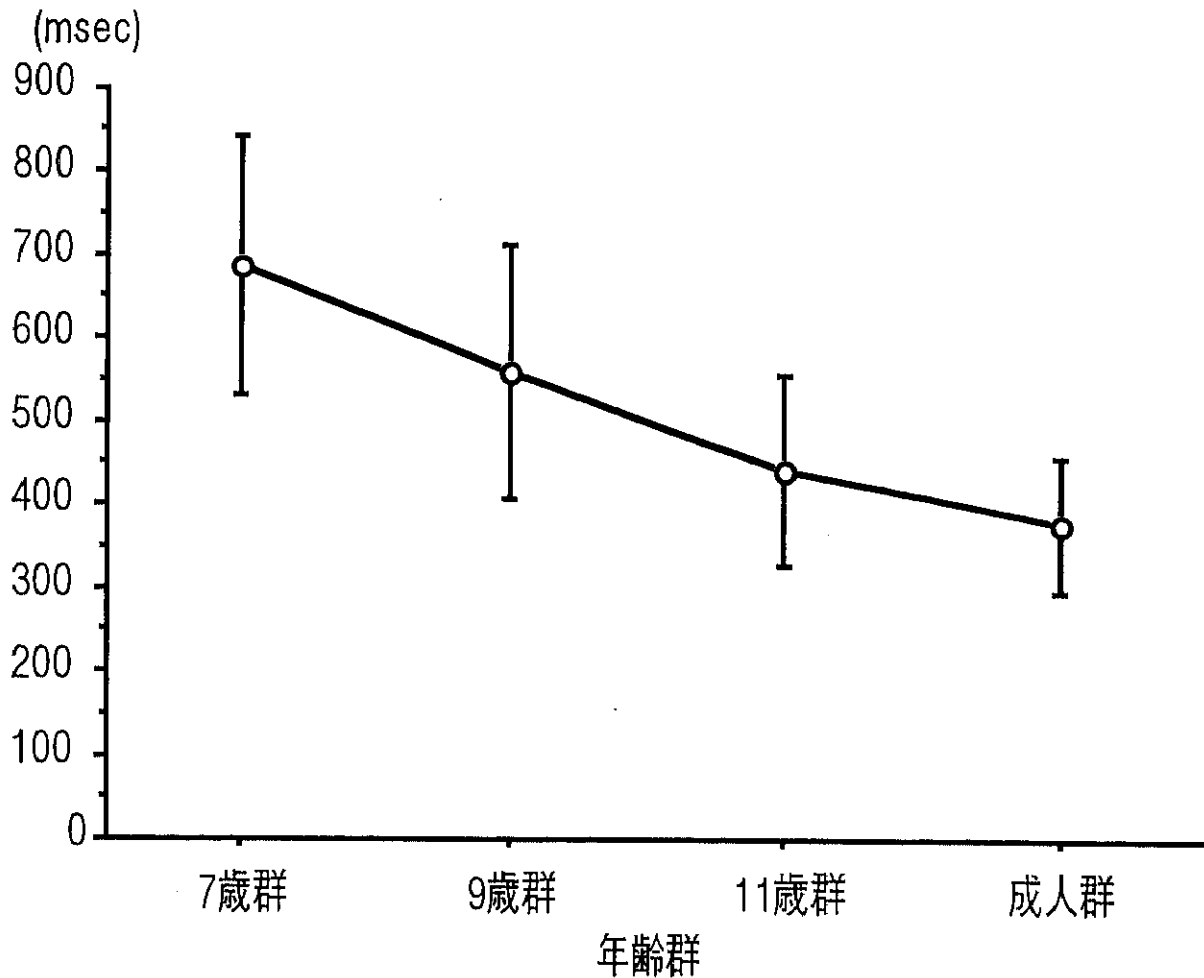


Fig. 2.2.1.5 各年齢群の平均ヒット反応時間

上下線は標準偏差をあらわす。

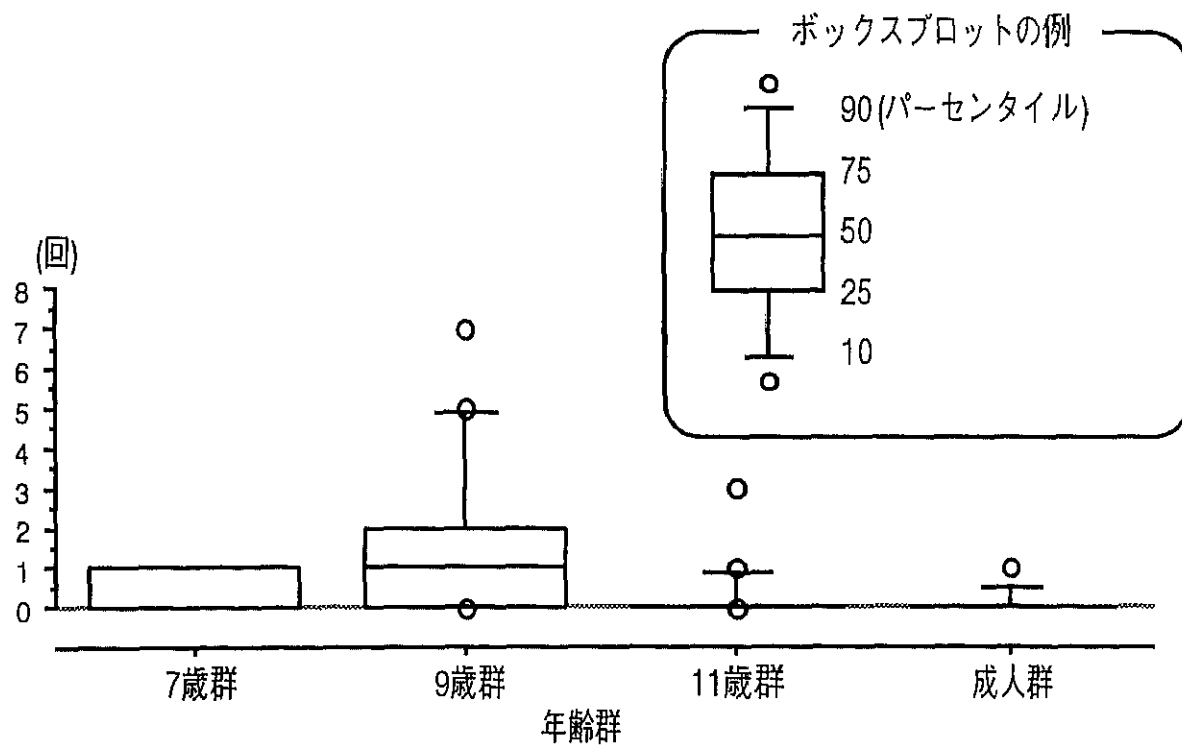


Fig. 2.2.1.6 各年齢群の全FA生起数のボックスプロット

上下の丸は離散値をあらわす。

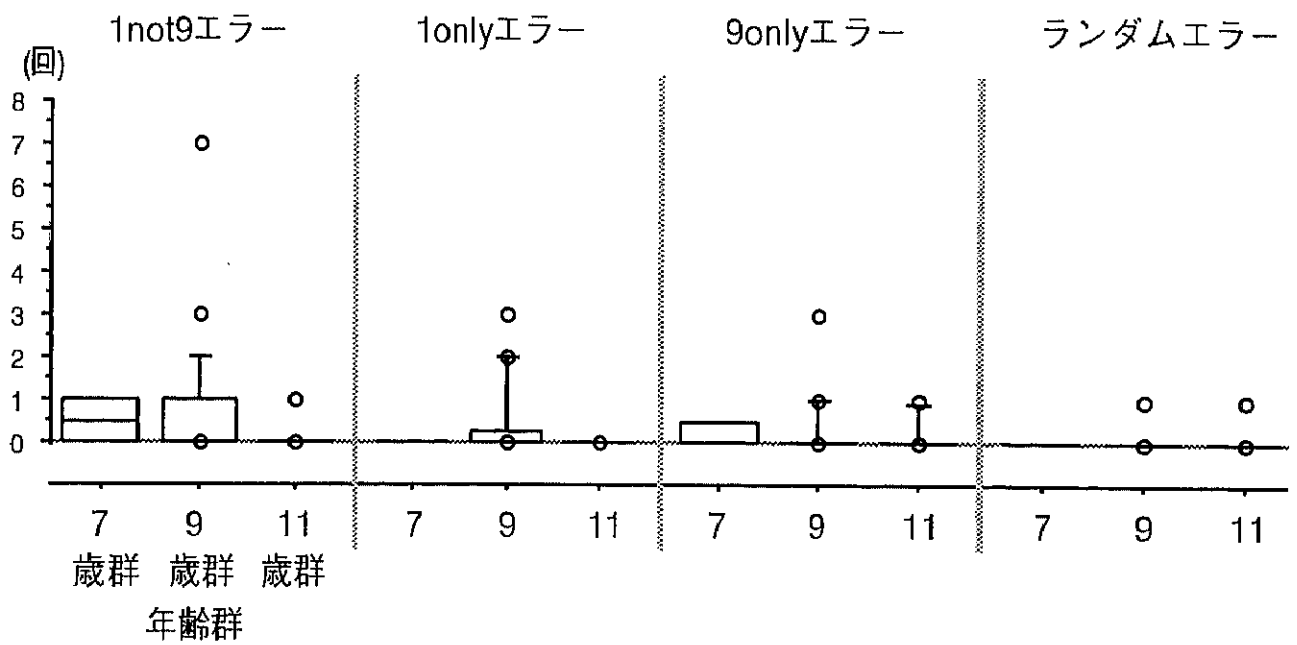


Fig. 2.2.1.7 各年齢群におけるFA サブタイプ生起数のボックスプロット  
 上下の丸は離散値をあらわす。



#### FA サブタイプの生起数、反応時間

対象児・者のFA サブタイプ、ならびにヒット反応時間の散布図を Fig. 2.2.1.8 に示した。なお、成人群についてはFA が1つしか生起していないため、健常児の各年齢群において生起したFA サブタイプとヒットの反応時間のみを示した。FA サブタイプのうち、1not9エラーはヒット反応時間より速いものが多かった。また、1not9エラー以外のFA サブタイプは、生起数が少ないものの、ヒット反応時間と同様に年齢とともに短縮する傾向にあった。

#### 4. 考察

##### ヒット率とヒット反応時間からみた反応実行における発達

隣り合う年齢群間においては有意差が得られなかったものの、ヒット率は年齢の上昇とともに有意に上昇した。これに対して、ヒット反応時間は9歳群と11歳群、ならびに11歳群と成人群の間で有意に短縮した。ヒット率とヒット反応時間に年齢の効果があることは先行研究(岡崎, 1996; Corkum & Siegel, 1993; Greenberg & Waldman, 1993; Gordon & Mettelman, 1988) ですでに指摘されており、ISI が一定であるCPTの課題遂行に発達的变化が認められることが追認された。CPT-AXにおいてヒットが生じる事態は準備された運動反応が適切に実行された状態であり、この点でヒット率とヒット反応時間はこれまでの先行研究で指摘された注意の持続の指標(Halperin et al., 1988) であるとともに、反応制御能力のうち実行についての指標と考えられる。したがって、ヒット率が増加するとともに反応時間が短縮することは、警告である"1"による反応準備がより適切になされ、反応実行が正確になされる過程を反映するものといえる。注意の持続に関して、Greenberg and Waldman (1993) は本研究で用いたCPTよりも課題時間が長い(約23分) CPTであるT.O.V.A.の標準化データの検討において課題を4ブロックに分け、前半のブロックと後半のブロックの間で課題遂行に有意な変化が認められるとしているが、T.O.V.A.は前半2ブロックと後半2ブロックでは標的刺激の出現確率が異なり(後半の方が高い)、標的刺激の出現確率が低い前半2ブロックにおいてはブロック間の課題遂行の差がないことから、約10分の間で注意の持続が大幅に変化することはないと考えられる。このことから、本研究におけるCPT-AXを持続的な注意の指標として考えるよりも、むしろ運動反応の自己制御の指標としてとらえることがより妥当であるといえる。散布図と年齢群間の平均値の比較のいずれにおいてもヒット率は年齢が低いと個人差が大きく、年齢の上昇とともに100%に集束していく様子がうかがえた。また、ヒット反応時間は個人差の要因は小さく、年齢の上昇とともにほぼ直線的に反応時間が短縮した。この、ヒット率と反応時間間の発達にともなう変化の違いから、ヒット率が示すと考えられる刺激検出と反応実行の生起そのものと、ヒット反応時間が示す刺激検出からそ

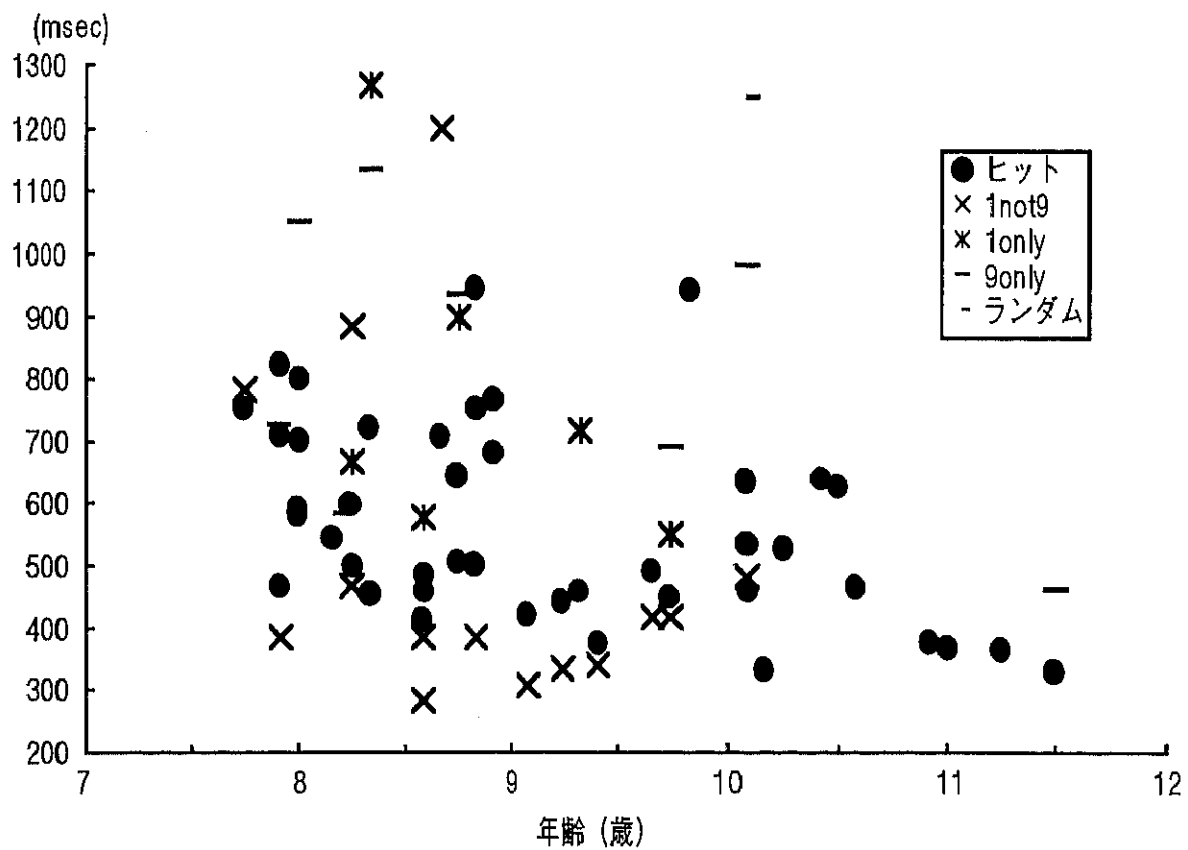


Fig. 2.2.1.8 健常見におけるヒットならびにFAサブタイプ反応時間の散布図

の後の反応出力までの過程はかならずしも並行して変化していないことが推察できる。反応出力までの過程がなされた結果生じるヒットの反応時間が年齢の上昇とともに短縮していることは、この過程に要する時間が発達とともに短縮したことを意味している。すなわち、年齢が低いとこの過程に要する時間が長いことに加え、過程そのものがうまく機能しないことがしばしば生じていると考えられる。この過程においてどのような処理がなされているかを明らかにするには、次節で検討するERPのような生理的指標が有用であろう。

#### FAの生起数と反応時間からみた反応抑制の発達

FA全体の生起数をみると、年齢の上昇にともない生起数が減少し、9歳群と11歳群の間に有意差が認められた。このようなFAに対する年齢の効果もまた、先行研究(岡崎, 1996; Corkum & Siegel, 1993; Greenberg & Waldman, 1993; Gordon & Mettelman, 1988)で指摘されており、本研究においても再確認された。FAが生じる事態は刺激検出が適切になされなかったか、刺激検出ができてその後の反応制御が適切になされなかった状態と考えられる。したがってこのいずれかの過程、あるいは両方が発達的に変化することを示すものといえるが、CPT-AXにおける各刺激条件においてなされていると考えられる処理過程は単一のものとは考えられない(Halperin et al., 1988; Halperin et al., 1991)ことから、FAを生じた刺激にもとづいて分類するFAサブタイプ分析(Halperin et al., 1988)が有用であった。このサブタイプにおいては年齢群間に有意差を認めなかったものの、いずれのサブタイプにも年齢の上昇にともなう減少傾向は認められた。また、9歳群において有意差が生じたように、サブタイプの中で特に多いのは1not9エラーであり、逆に少ないのはランダムエラーであった。この傾向はHalperinらの報告(Halperin et al., 1988)に一致した。この2つのFAサブタイプが生じる事態を考えると、まずランダムエラーについては、警告刺激である"1"でもなく、その直後の刺激でもなく、また"9"でもない刺激に対するエラーである。このようなエラーが年齢群にかかわらずほとんど認められなかったことは、健常児・者においては出現した刺激に対する意味付けが適切になされていることを示唆している。つまり、CPT-AXの適切な遂行に関連する刺激と、そうでない刺激の弁別は基本的に問題がないと考えられる。一方、1not9エラーは年齢の低い群で比較的多かったが、1onlyエラーは1not9エラーに比べ少なかったことから、警告刺激である"1"による準備はなされているものの、直後の刺激に対する反応の制御能力が十分なされていないと考えられる。これは1not9エラーの反応時間がヒットの反応時間に比べ速かったことから裏付けられる。HalperinらはFAサブタイプの反応時間とヒットの反応時間、ならびにミスの数をもとに不注意、衝動性、制御困難の指標が算出できるとしている(Halperin et al., 1991)。この分類においては1not9エラーのうちヒットより速い反応時間で生じたものは衝動性の指標とされ、その根拠として警告刺激の直後に出現した刺激が標的であるかを弁別する暇もないほどに衝動的に反応してしまった結果生じたエ

ラーと考えられるため、としている。この指摘に対し、本研究の健常児において認められた1not9エラーはヒットより速い反応時間で生起してはいるものの、弁別できていないほど速いエラーとはいえない程度の速さであった。このことから、FAサブタイプの分類そのものは有用であるが、Halperinらのいう指標への分類は慎重になるべきと考えられる。さらに1not9エラーが生じた背景には、警告刺激の検出による反応準備がなされた後、この直後の刺激の弁別はある程度できているにもかかわらず反応を抑制できないという状態があることが推察できる。このことは、全体的にFAが生じた数は少ないものの、CPT-AXを用いて準備された運動反応の抑制を検討するには警告刺激からこれに続く刺激までの処理過程を特に考慮すべきであることを示している。とりわけ、第1部において指摘したように、この部分のISIを変化させ、刺激出現の時間的な予測を妨げることで運動反応の実行と抑制の過程をより適切に扱えると考えられる。

このような課題変数の改変を行うにあたり、対象児・者の群構成についても考慮すべきであると考えられる。ISIが変化することによる時間的予測の困難は反応抑制の負荷を高め、結果的にISIが一定のCPTよりも難易度は上がると予想される。したがって、課題遂行において天井効果が生じる年齢もより高くなると考えられ、年齢群の幅をより広くとる必要がある。あわせて、本節の結果において9歳群の例数にくらべ7歳群の例数が少なかったことが結果における有意差の出方に少なからず影響していることも考えられ、年齢の高い群だけでなく低い群についてもある程度の例数で検討すべきと考えられる。

## 第2節 健常成人・健常児における連続遂行課題遂行時の事象関連電位の分析（実験2）

### 1. 目的

本節では、健常成人・健常児を対象にISIが一定のCPT-AX遂行時のERPを記録し、先行研究において報告されている、刺激のタイプによるERP成分の変化が認められるかを確認する。この際、先行研究においてはあまり言及されていない、警告が先行しない刺激タイプに対するERP成分の変化についても検討する。あわせて、健常児については年齢群に分け、健常成人を含めた群間に発達的な変化が認められるかを分析するとともに、行動制御にかかわる脳内処理過程について、反応の実行と抑制にかかわる脳内処理モデルにしたがった検討を行う。

### 2. 方法

#### 対象児・者

対象児・者の概要をTable 2.2.2.1に示した。小学校、および中学校の普通学級に在籍し、視力に問題がなく、特に注意の問題が認められない7名の子どもを健常児群とした。健常成人群は10名とした。健常児群は生活年齢に応じて、9歳群3名（男児2、女児1、平均年齢8歳10カ月±0.5カ月、年齢幅8歳10カ月～8歳11カ月）、11歳群4名（男児4、女児0、平均年齢11歳2カ月±3カ月、年齢幅10歳11カ月～11歳6カ月）に分けられた。成人群は10名（男性7、女性3、平均年齢24歳9カ月±1歳11カ月、年齢幅22歳4カ月～27歳4カ月）であった。実験に先立ち、健常児については保護者と本人、健常成人については本人にその内容を説明して実験参加の承諾を得た。

#### 課題の作成ならびに実施の手順

CPT課題は第1節（実験1）と同様（Fig. 2.2.1.1）のものを用いた。CPT課題の作成と呈示にはSTIMシステム（Neuroscan社製）を使用した。刺激には白色背景、黒色の0から9の数字を用い、対象児・者の眼前1mに設置したCRT中央に200msec間呈示した。刺激サイズは、縦4cm×横3cmで視角 $1.15^{\circ} \times 0.86^{\circ}$ に相当した。ISIは1,500msecとした。対象児・者は、“1”の直後の“9”にのみ反応することを求められた。従って“1”は警告刺激として位置づけられた。この警告刺激“1”は刺激呈示数全体の20%の確率で出現し、標的刺激である“1”の直後の“9”と“9”以外の非標的刺激はそれぞれ刺激呈示数全体の10%の確率で出現した。また警告刺激が先行しない“9”、すなわち偽標的刺激の出現確率も10%とした。同一の刺激が連続して出現することはなかつ

Table 2.2.2.1 実験2の対象児・者

年齢群	人数	(男; 女)	平均年齢	年齢幅
9歳群	3	(2; 1)	8歳10カ月±0.5カ月	8歳10カ月~8歳11カ月
11歳群	4	(4; 0)	11歳2カ月±3カ月	10歳11カ月~11歳6カ月
合計	7			
成人群	10	(7; 3)	24歳9カ月±1歳11カ月	22歳4カ月~27歳4カ月

た。1 試行で呈示する刺激数は 400 で、約 12 分で課題は終了した。対象児・者は最初に実験者と共に刺激呈示数 20 の練習課題を 1～2 回行い、手続きを理解したことを確認してから本課題を行った。

### 脳波記録

脳波の記録と処理には Synamps を含む SCAN システム (Neuroscan 社製) を使用した。銀塩化銀電極 (日本光電製) を用い、国際 10-20 法に基づく正中 3 部位 (Fz, Cz, Pz) から両耳朶結線を共通基準として脳波を導出した。これはこの 3 部位が伝統的に P3 成分の分析に用いられ、また P3 成分は一般的に Pz で最大振幅を示す (Shelley et al., 1996) こと、1 部で指摘した anterior P3 と posterior P3 の検討を行ううえで必要最小限の部位であるためである。右眼瞼上下からは垂直 EOG も導出した。脳波と垂直 EOG は、1msec 間隔にて AD 変換され、0.05～30Hz のバンドパスフィルタ処理された。なお、80  $\mu$ V 以上の眼球運動やその他のアーチファクト混入試行は分析対象から除外した。各刺激条件 (警告刺激 "1", 警告刺激直後の "9"; 標的刺激, 警告直後の非標的刺激, 警告が先行しない "9"; 偽標的刺激, 警告が先行しない非標的刺激) ごとに、ミスあるいは FA が生じていないエラーフリーのエポックについて刺激前 100msec から刺激後 800msec までを加算平均処理した。ベースラインは、先行研究 (Roberts et al., 1994) に従い、それぞれの刺激呈示前 100msec から刺激出現までの平均電位とした。

### 分析方法

CPT 課題の成績については、第 1 節 (実験 1) と同様、個々のヒット率、ヒット反応時間、FA 生起数を得た後、健常児の各年齢群と健常成人群の平均ヒット率、平均ヒット反応時間、平均 FA 生起数を算出した。例数が少ないため、第 1 節 (実験 1) で行った統計処理は行わず、記述統計を用いた。

各対象児・者から得られた ERP 波形については、各条件ごとに総加算平均波形を求めた。出現した ERP 成分のうち、先行研究において反応抑制に関連する成分とされているのは潜時 250～500msec の陽性ピークを持つ P3 成分である (Roberts et al., 1994; Fallgatter et al., 1997)。このことから、本節においてはこの P3 成分を扱うこととした。なお、潜時 250～300msec 付近には P3 より前に出現するとされる陽性成分である P2 成分が出現していた場合もあったため、この場合には P2 の次の陽性ピークを P3 ピークとして同定した。CPT 課題の成績と同様、例数が少ないため、記述統計のみを用いた。





### 3. 結果

#### 3-1. CPT 課題

##### ヒット率

対象児・者のヒット率の散布図を Fig. 2.2.2.1 に示した。個人差はあるものの、年齢の上昇にともなうヒット率の増加がうかがえた。健常児の各年齢群ならびに健常成人群の平均ヒット率を Fig. 2.2.2.2 に示した。各群の平均ヒット率は、9歳群80.0 (SD=10.0) %、11歳群93.2 (SD=9.0) %、成人群100.0 (SD=0.0) %であり、年齢の上昇にともないヒット率が増加した。

##### ヒット反応時間

対象児・者のヒット反応時間の散布図を Fig. 2.2.2.3 に示した。年齢の上昇にともなうヒット反応時間の短縮が認められた。健常児の各年齢群ならびに健常成人群の平均ヒット反応時間を Fig. 2.2.2.4 に示した。各群の平均ヒット反応時間は、9歳群481.7 (SD=151.8) msec、11歳群358.8 (SD=24.0) msec、成人群377.3 (SD=81.8) msecであった。健常児の2年齢群の間では年齢の上昇にともないヒット反応時間の短縮が認められた。健常児11歳群と健常成人との間でヒット反応時間はほとんど差がなかった。

##### FA 生起数

各群における全FA生起数の中央値は9歳群0 (最大値2, 最小値0)、11歳群0 (最大値1, 最小値0)、成人群0 (最大値1, 最小値0) であり、いずれの年齢群においてもほとんどFAは生起しなかった。

#### 3-2. ERP

##### ERP 成分の同定

Fig. 2.2.2.5 に標的刺激に対するERP総加算平均波形を示した。いずれの年齢群においても、刺激呈示後の潜時320～420msec付近に頭頂部 (Pz) - 中心部 (Cz) 部優位のP3成分が出現した。健常児9歳群においてはP3成分の前の潜時250msec付近にP2成分と思われる頭頂部優位の陽性成分が認められ、P3成分とともにダブルピークを形成した。11歳群、成人群においてはP2成分は不明瞭であった。9歳群のP3成分の潜時は11歳群、成人群に比べ遅かった。健常児11歳群と成人群との間でP3成分の潜時にはほとんど差がなかった。P3成分の振幅は、成人群が健常児の2群に比べ低く、もっとも振幅が高いのは11歳群であった。

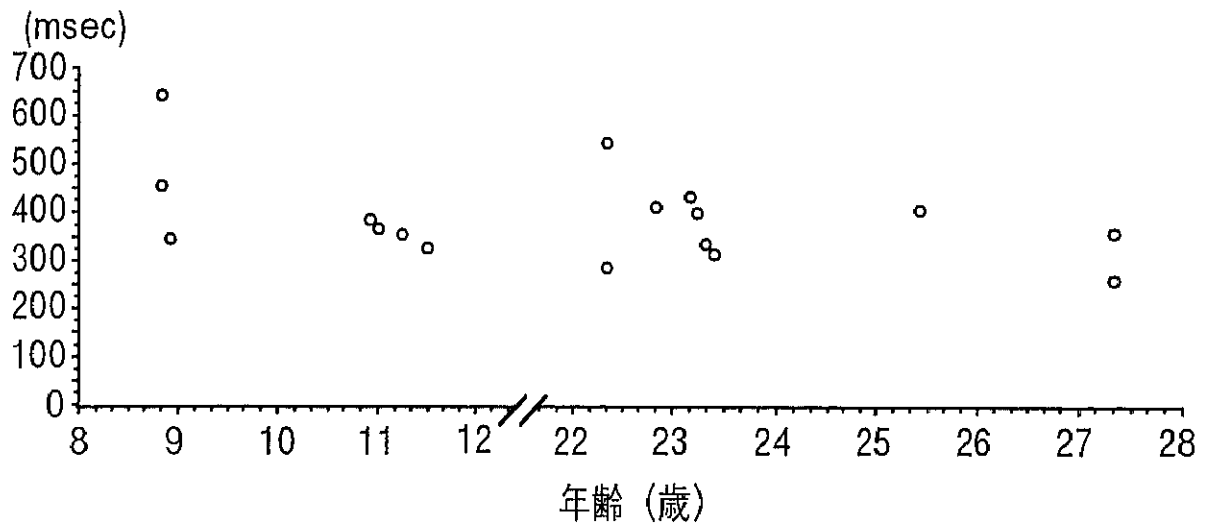


Fig. 2.2.2.3 全対象児・者におけるヒット反応時間の散布図

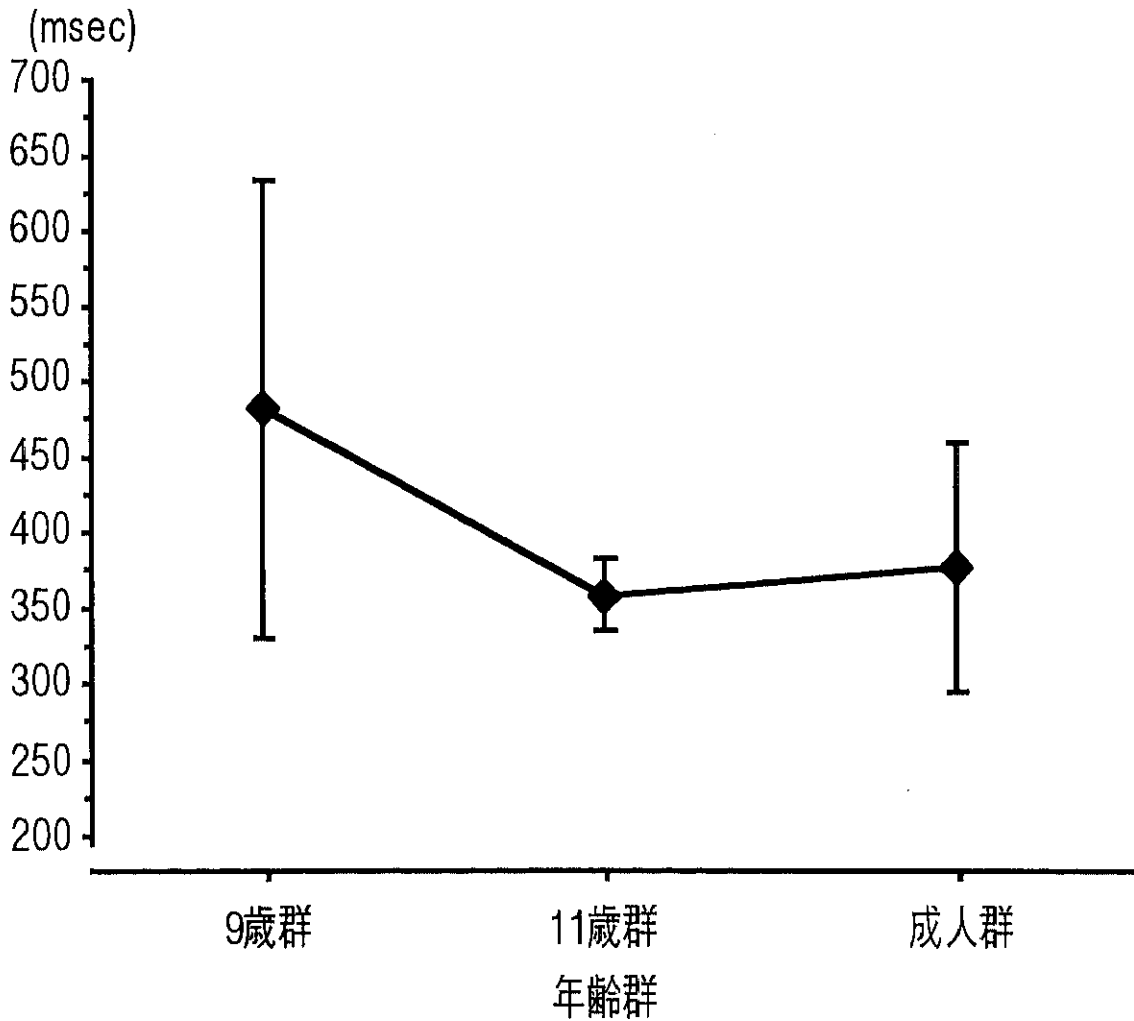


Fig. 2.2.2.4 各年齢群の平均ヒット反応時間

上下線は標準偏差をあらわす。

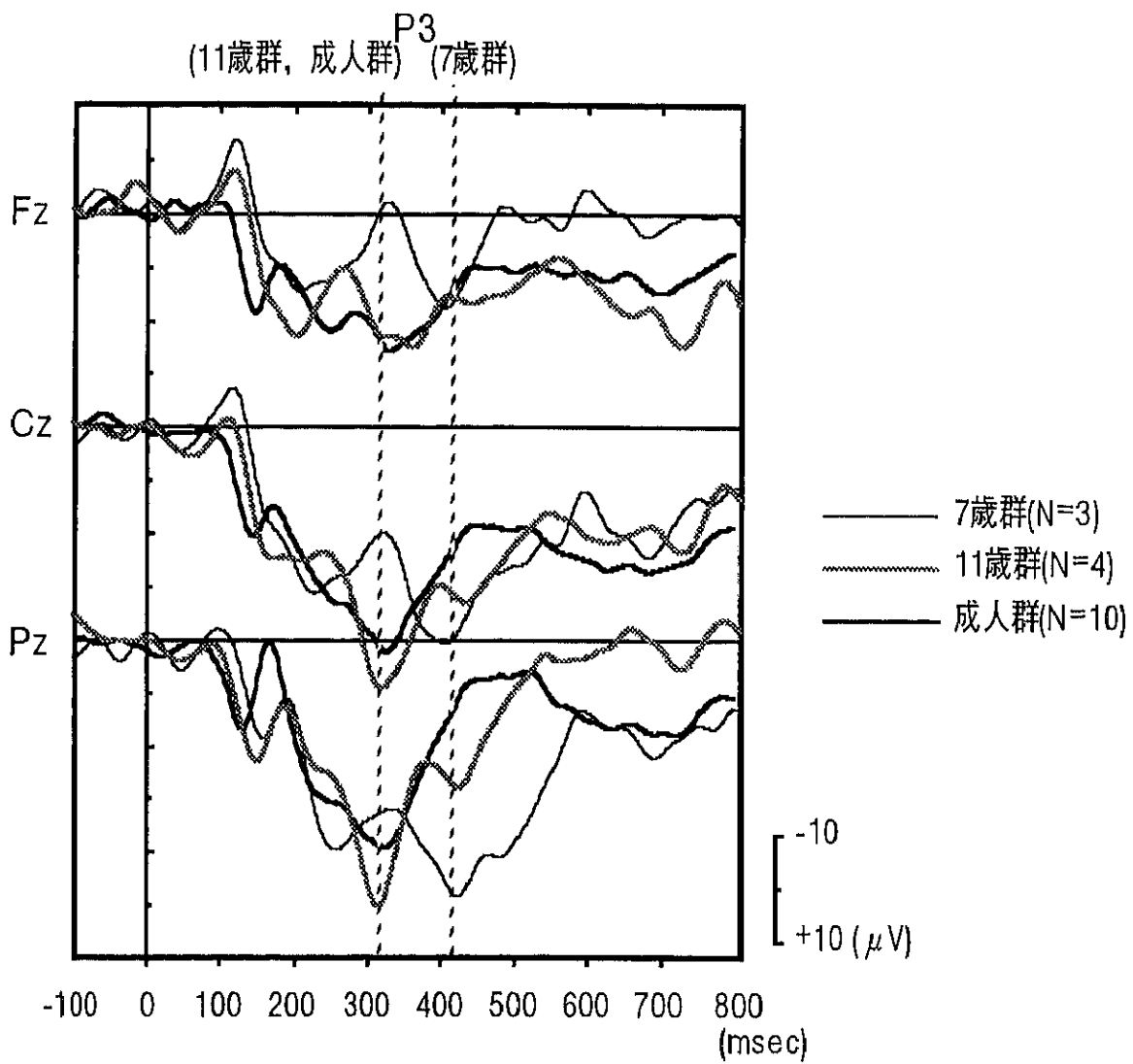


Fig. 2.2.2.5 標的刺激に対する ERP 総加算平均波形  
 縦の破線は P3 成分が出現している潜時をあらわす。

#### 警告直後の刺激に対する ERP

Fig. 2.2.2.6に標的刺激、警告直後の非標的刺激に対するERP総加算平均波形を示した。標的刺激に対してと同様、警告直後の非標的刺激に対しても標的刺激よりやや遅い潜時でP3成分が出現し、年齢群間の潜時の違いも標的刺激に対するP3成分と同様に認められた。9歳群においては、標的刺激同様にP3成分に先行してP2成分と思われる頭頂部優位の陽性成分が認められた。P2成分はこの条件では11歳群においても出現し、頭頂部においてP3とともにダブルピークを形成した。警告直後の非標的刺激に対するP3成分の頭皮上分布は、標的刺激に対してはいずれの群も頭頂部（Pz）—中心部（Cz）優位であったのに対し、9歳群は同様に頭頂部（Pz）—中心部（Cz）優位であったが、11歳群、成人群は中心部（Cz）—前頭部（Fz）優位であった。

#### 警告が先行しない刺激に対するERP

警告刺激"1"、偽標的刺激、警告が先行しない非標的刺激に対するERP総加算平均波形をFig. 2.2.2.7に示した。警告刺激に対しては、どの年齢群でも頭頂部（Pz）優位のP3成分が認められた。P3成分の潜時は年齢の上昇とともに短縮し、振幅は年齢の上昇とともに低下した。偽標的刺激に対しては、9歳群、11歳群においては潜時450～500msecにわずかながらP3成分と思われる陽性成分が認められたが、成人群には認められなかった。警告が先行しない非標的刺激に対しては、9歳群のみ潜時450～500msecにわずかながらP3成分と思われる陽性成分が認められたが、11歳群と成人群には認められなかった。また、健常児の2群においてはP3成分が出現した刺激条件すべてで先行するP2成分が認められ、頭皮上分布は警告直後の刺激に対してと同様に頭頂部優位であった。

## 4. 考察

### 警告直後の2刺激に対するERP波形からみた反応実行・抑制の過程とその発達

本節で主に検討したERP成分はP3成分であった。この成分がもっとも明瞭に出現したのは標的刺激、警告直後の非標的刺激であり、年齢の上昇にともない潜時の短縮が認められた。このようなP3成分への年齢の効果は多くの先行研究（たとえばPfefferbaum, Ford, Wenegrat, Roth, Kopell, 1984; Mullis, Holcomb, Diner, & Dykman, 1985; Polich, 1997など）で指摘されており、本節の結果はこれを支持するものといえる。また、これら2刺激条件に対するP3成分の頭皮上分布は9歳群ではいずれも頭頂—中心部優位であるのに対し、11歳群、成人群では前者が頭頂—中心部優位、後者が中心—前頭部優位と、先行研究（Dainer et al., 1981; Stamm et al., 1982; Roberts et al., 1994; Fallgatter et al., 1997）に一致した。1部で述べた大脳後方と前方の領域における課題遂行を担う並列された2つの処理系、すなわち感覚・刺激処理系と運動・反応処理系が

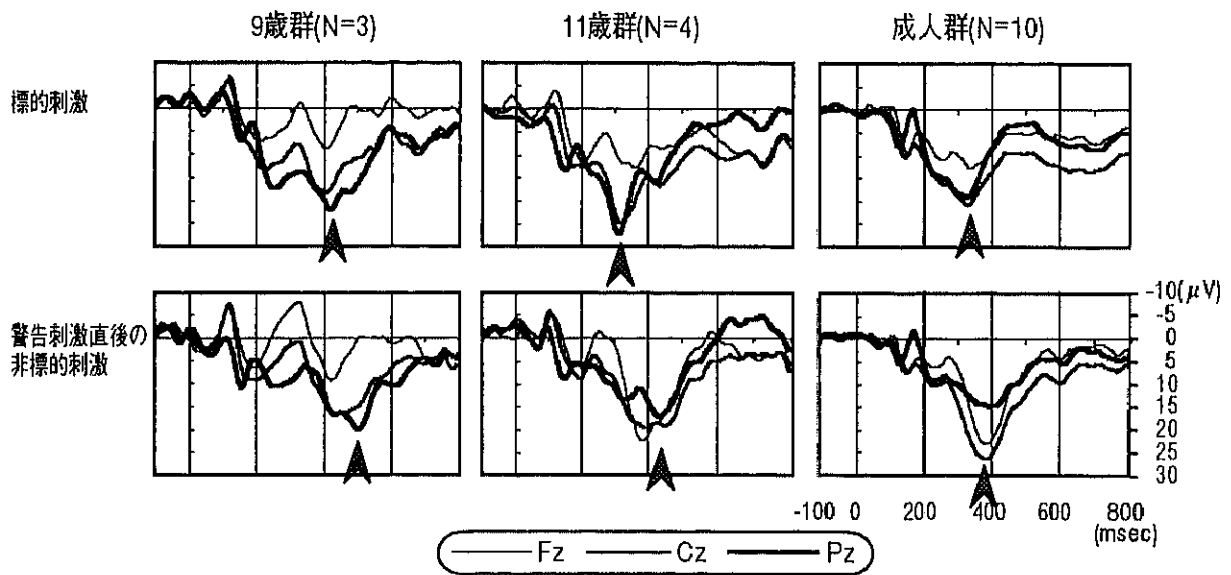


Fig. 2.2.2.6 標的刺激，警告刺激直後の非標的刺激に対する  
ERP 総加算平均波形  
矢印は P3 成分の出現している潜時をあらわす。

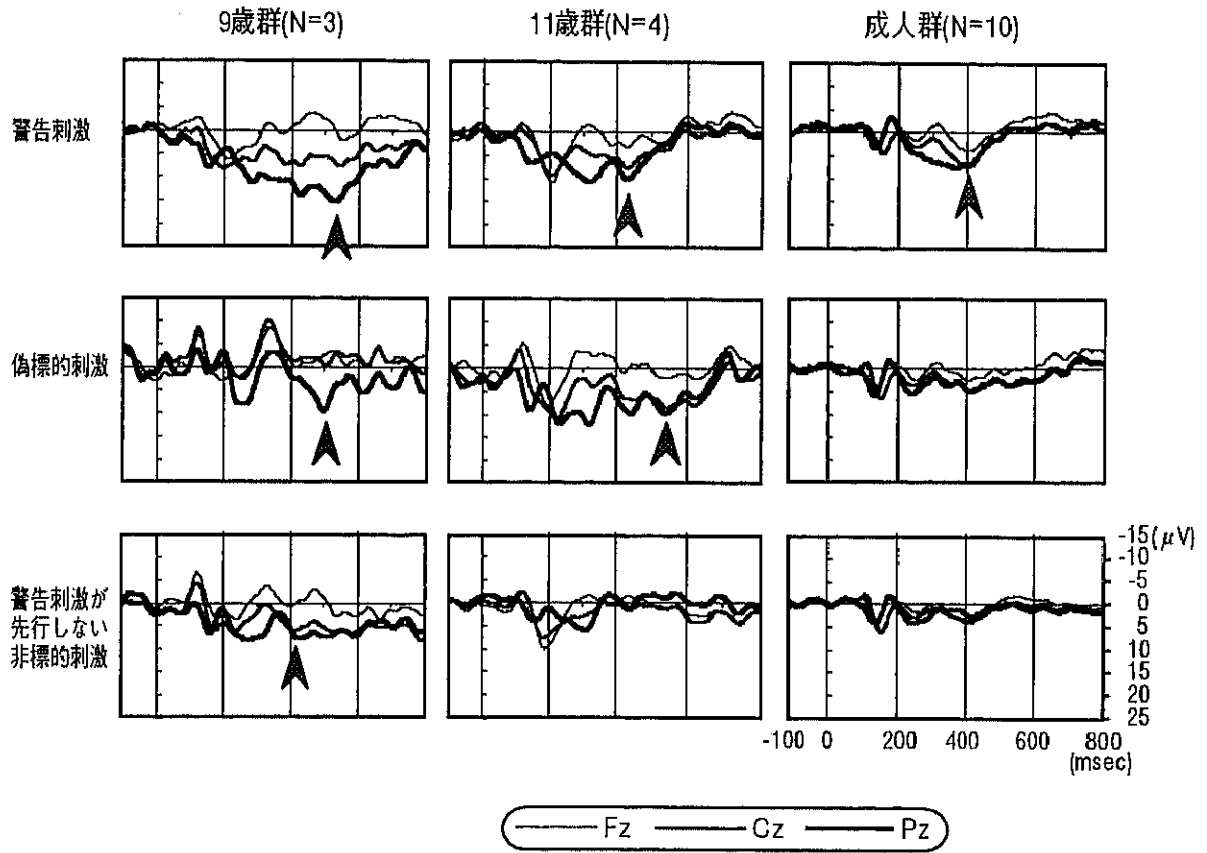


Fig. 2.2.2.7 警告刺激 "1", 偽標的的刺激, 警告刺激が先行しない非標的的刺激に対するERP 総加算平均波形  
矢印はP3成分の出現している潜時をあらわす。

標的、警告直後の非標的においてそれぞれ優勢となる結果 P3 成分の頭皮上分布の差が生じると考えると、9歳群の警告直後の非標的刺激と標的刺激との間に P3 成分の頭皮上分布の差が認められなかったことは、この年齢段階においては非標的刺激に対しても前方の運動・反応処理系よりも後方の感覚・刺激処理系における処理が優勢であることを示唆している。ERP 波形はエラーが生じていない試行から得られたエポックを加算したものであり、実際には運動反応は抑制できているにもかかわらず、ERP 波形においては抑制にかかわるとされる運動・反応処理系が十分に駆動されていないことになるが、潜時はいずれの年齢群においても標的刺激より遅くなっており、共通している。このことから、低年齢の健常児においても検出された刺激が非標的であった場合には年齢の高い健常児や成人と同様に感覚・刺激処理系の駆動に続いて運動・反応処理系が駆動されるものの、処理系としての分化は不完全なものであると考えられる。実際にはエラーを生じてないまでも不安定な処理が行われていることが、年齢の低い健常児における成績の低さに関連しているといえる。

また、9歳群の標的と警告直後の非標的、11歳群の警告直後の非標的に対する ERP 波形には P3 成分の 100 ~ 150msec 前に P2 成分と思われる陽性成分が出現していた。この成分は先行研究 (Stamm et al., 1982) でも小児において出現し、成人においては P3 成分の潜時が短縮するため出現しないことが指摘されている。本節における ERP の様相もこの指摘を支持する結果と考えられるが、Stamm らはこの P2 成分を "No-Go" 成分と見なし、続く P3 成分を "Go" 成分と見なししており、発達と P2, P3 成分との関連についてはあまり言及されていない。しかしながら、P3 成分が反映すると考えられる感覚・刺激処理系ならびに運動・反応処理系の相互関係が9歳群の年齢段階において未分化であることを考えると、P2 成分がより早期の刺激処理に関連し、この処理は成人においては自動化される結果、P2 成分としてはほとんど出現しないのではないかと考えられる。視覚刺激の処理を行っていることから考えると、P2 成分が優位に出現する領域はより大脳後方である可能性がある。このことから、1 節でも述べた ISI を変化させた CPT-AX を用いた検討を行う際には記録部位をより増やすことが必要と考えられる。

#### 警告が先行しない刺激に対する ERP 波形からみた反応実行・抑制の過程とその発達

P3 成分は警告直後の刺激のみならず、警告が先行しない刺激、すなわち警告刺激そのもの、警告が先行しないが刺激自体は標的刺激と物理的に同じである偽標的刺激、そして警告が先行しない非標的刺激においても出現し、その様相は年齢群により異なった。警告刺激に対してはすべての年齢群で P3 成分が出現した。これは先行研究 (Stamm et al., 1982) にも一致し、警告直後の標的に反応が求められる事態においては警告刺激がまず検出されるべき刺激であるためと考えられる。これに対して、偽標的刺激は警告をまず検出してから次の刺激の出現を待つという方略が安定していれば、検出しても処理系を駆動する必要はない刺激である。健常児の2群でこの刺激

に対してP2ならびにP3成分が出現したことは、健常児においては警告刺激をまず検出する、という効率的な方略が安定していないことを示すものといえよう。つまり、年齢が低い段階では刺激の処理を効率的に行えないためすべての刺激に感覚・刺激処理系が駆動するのに対し、年齢の上昇と共に個人差はあるが感覚・刺激処理系を必要なときにのみ駆動させ、さらに続く運動・反応処理系の処理を優勢にするという、課題遂行方略の発達的な変化が存在すると考えられる。成人ではこのような方略の分化がなされる結果、警告刺激とこれに後続する刺激にのみ感覚・刺激処理系を駆動させ、非標的であればさらに運動・反応処理系を優勢にするという段階的な処理が可能になり、標的と警告直後の非標的との間にP3成分の頭皮上分布の差が明確に生じると考えられる。行動指標だけを用いた場合、刺激条件間で行われている処理に違いが生じていることまでは検討できず、この点でERPを用いることの有用性が示されたといえよう。

これらのことから、次章においてADHD児を対象にISIが一定のCPT-AX遂行時のERPを検討するための基礎的な知見が得られた。また、ERPを刺激条件別に分析することにより、反応の実行と抑制の制御能力の発達をより多面的に検討しうることが確認された。さらに、課題変数を考慮しISIを変化させたCPT-AX課題遂行時のERPを検討するうえでも基礎的な知見が得られたとともに、多面的な検討を行ううえで必要な条件設定として年齢群を広げること、頭皮上の記録部位を増やすことといった考慮すべき事項も明らかとなった。