

第3章 刺激間隔を変化させた連続遂行課題における ADHD 児の行動抑制の検討

第1節 ADHD 児における連続遂行課題の遂行成績の分析（実験9）

1. 目的

すでにADHD混合型と診断されたADHD児を対象に警告刺激とその直後の刺激とのISIを変化させたCPTを実施、遂行成績を分析し、ISI変化による影響がADHD児の課題遂行にどのように反映されるかを検討する。その際、同年齢の健常児における遂行成績と比較し、ADHD児における行動抑制の問題が遂行成績に反映されるか、また発達にともない遂行成績がどのように変化するかを検討する。

2. 方法

対象児

対象児をTable 3.3.1.1に示した。I病院において行動観察の結果、小児科医によりDSM-IV (APA, 1994) の日本版 (高橋, 大野, 染谷, 1996) におけるADHD混合型と診断された男児32名をADHD群の対象とした。Table 3.3.1.2にADHD児に実施された検査と、IQの分布を示した。ADHD児はWISC-RまたはWISC-III, あるいは鈴木ビネー式知能検査を受けており、全員がWISC-RまたはWISC-IIIにおけるFIQ, あるいは鈴木ビネーにおけるIQにおいて70以上であった。ISIが一定のCPTを用いた検討と同様、この基準は先行研究 (Carter and Swanson, 1995) に従った。健常児は2章第1節 (実験7) と同じ、小学校、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84名の子どもとした。

ADHD児群は、生活年齢によって7歳群4名 (平均年齢6歳9カ月±6カ月, 年齢幅6歳2カ月~7歳5カ月), 9歳群10名 (平均年齢9歳1カ月±6カ月, 年齢幅8歳4カ月~9歳10カ月), 11歳群11名 (平均年齢11歳4カ月±5カ月, 年齢幅10歳6カ月~11歳11カ月), 13歳群5名 (平均年齢13歳4カ月±11カ月, 年齢幅12歳8カ月~13歳10カ月), そして15歳児1名 (15歳0カ月) に分けられた。同様に、健常児群は7歳群11名 (男児7, 女児4, 平均年齢7歳5カ月±5カ月, 年齢幅6歳4カ月~7歳6カ月), 9歳群24名 (男児13, 女児11, 平均年齢8歳10

Table 3.3.1.1 実験9の対象児

ADHD児				
年齢群	人数	(男;女)	平均年齢	年齢幅
7歳群	4	(4; 0)	6歳9カ月±6カ月	6歳2カ月～7歳5カ月
9歳群	11	(11; 0)	9歳1カ月±6カ月	8歳4カ月～9歳10カ月
11歳群	11	(11; 0)	11歳4カ月±5カ月	10歳6カ月～11歳11カ月
13歳群	5	(5; 0)	13歳4カ月±11カ月	12歳8カ月～13歳10カ月
15歳群	1	(1; 0)	15歳0カ月	15歳0カ月
合計	32			
健常児				
年齢群	人数	(男;女)	平均年齢	年齢幅
7歳群	11	(7; 4)	7歳5カ月±5カ月	6歳4カ月～7歳6カ月
9歳群	24	(13; 11)	8歳10カ月±3カ月	8歳6カ月～9歳5カ月
11歳群	12	(8; 4)	11歳2カ月±6カ月	10歳4カ月～11歳11カ月
13歳群	27	(15; 12)	13歳0カ月±7カ月	12歳0カ月～13歳10カ月
15歳群	10	(5; 5)	14歳7カ月±7カ月	14歳0カ月～15歳8カ月
合計	84			

Table 3.3.1.2 ADHD児の受けた知能検査とIQの分布

知能検査	N	IQ	N
WISC-R	26	70-79	4
WISC-III	3	80-89	3
鈴木ビネー	3	90-99	11
		100-109	7
		110以上	7

カ月±3カ月、年齢幅8歳6カ月～9歳5カ月)、11歳群12名(男児8、女児4、平均年齢11歳2カ月±6カ月、年齢幅10歳4カ月～11歳11カ月)、13歳群27名(男児15、女児12、平均年齢13歳0カ月±7カ月、年齢幅12歳0カ月～13歳10カ月)、そして15歳群10名(男児5、女児5、平均年齢14歳7カ月±7カ月、年齢幅14歳0カ月～15歳8カ月)に分けられた。なお、ADHD児は全員が日常的にメチルフェニデートを服薬していたことから、メチルフェニデートによる効果を除いて検討するため、前日の服薬から24時間以上経過した状態で課題を実施した。実験に先立ち、健常児については保護者と本人にその内容を説明して実験参加の承諾を得た。ADHD児についてはメチルフェニデートの服薬を停止した検討を行うため、担当小児科医の了承を得たうえで保護者に実験内容を説明し、参加の承諾を得た。また、服薬を停止させることによる日常生活への影響を最小限にするために、ADHD児の実験は彼らの多くが休薬日として薬物を服用していない夏季休暇中に実施した。

課題の作成ならびに実施の手順

2章1節と同様の、警告刺激とその直後の刺激間のISIのみを変化させたCPT-AX課題(Fig. 3.2.2.1)を用いた。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)を使用した。刺激の出現確率も同様(Table 3.2.1.2)とした。練習試行を行った後、400試行(所要時間約11分)を1ブロックとし、10分間の休憩をはさんで計2ブロック実施した。

分析方法

個々の対象児について、ISI条件(Short ISI, Middle ISI, Long ISI)別の"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フォールス・アラーム(以下、FA)生起数を得たのち、健常児ならびにADHD児の各年齢群について、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3要因(対象児×年齢群×ISI条件)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Bonferroni/Dunn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3要因(対象児×年齢群×ISI条件)の分散分析を用い、多重比較にはBonferroni/Dunn法(5%水準)を用いた。なお、ADHD児の15歳は1名であったため、統計処理は7歳群、9歳群、11歳群、13歳群について行った。

FAは全体の生起数を得るとともに、ISIが一定のCPTによる検討と同様に、以下の4種類のFAサブタイプの生起数を得た；

- ・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

1not9 エラー、1only エラーは ISI 条件（短間隔、中間隔、長間隔）ごとの生起数も得た。

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、年齢群ならびに ISI 条件間の比較には Kruskal-Wallis 検定を用い、多重比較には Wilcoxon の符号付き順位検定を用いた。

3. 結果

ヒット率

全対象児におけるヒット率の散布図を Fig. 3.3.1.1 に示した。いずれの ISI 条件においても、ADHD 児、健常児ともに年齢の上昇にともなうヒット率の増加がうかがえた。また、総じて ADHD 児は健常児に比べヒット率が低かった。このことから、年齢群ごとの平均値による検討を行うこととした。各 ISI 条件における ADHD 児、健常児の各年齢群の平均ヒット率を Fig. 3.3.1.2 に示した。15 歳の ADHD 児は 1 名であったため、この対象児のヒット率を示した。ADHD 児 7 歳群の平均ヒット率は Short ISI 47.3 (SD=25.8) %、Middle ISI 48.9 (SD=27.9) %、Long ISI 40.8 (SD=30.3) % であった。9 歳群は Short 68.9 (SD=18.8) %、Middle 66.6 (SD=20.2) %、long 62.7 (SD=20.8) % であった。11 歳群は Short 71.2 (SD=18.2) %、Middle 75.3 (SD=17.3) %、long 75.0 (SD=19.2) % であった。13 歳群は Short 87.1 (SD=9.1) %、Middle 84.0 (SD=10.2) %、long 88.8 (SD=11.6) % であった。15 歳の 1 名は Short 92.5%、Middle 95.0%、long 97.5% であった。一方、健常児 7 歳群の平均ヒット率は Short ISI 81.8 (SD=13.4) %、Middle ISI 83.0 (SD=10.6) %、Long ISI 80.5 (SD=12.5) % であった。9 歳群は Short 93.0 (SD=9.6) %、Middle 92.3 (SD=11.6) %、long 89.6 (SD=12.6) % であった。11 歳群は Short 96.7 (SD=4.7) %、Middle 96.9 (SD=3.0) %、long 96.9 (SD=3.7) % であった。13 歳群は Short 98.8 (SD=2.2) %、Middle 97.6 (SD=3.8) %、long 98.2 (SD=2.9) % であった。15 歳群は Short 99.0 (SD=1.8) %、Middle 99.8 (SD=0.8) %、long 97.8 (SD=2.8) % であった。このように、ISI 条件にかかわらず ADHD 児のヒット率は同年齢の健常児より低く、ばらつきも大きかったが、年齢の上昇にともなうヒット率の上昇は健常児と同様に認められた。7、9、11、13 歳群の間で分散分析を行ったところ、対象児と年齢群、そして ISI 条件すべての主効果が認められた（対象児 (F (1, 194) =70.549, p<.001)；年齢群 (F (3, 194) =14.745, p<.001)；ISI 条件 (F (2, 194) =5.309, p<.01)。さらに対象児と年齢群、ISI 条件と年齢群、ISI 条件と対象児、年齢群の間に交互作用が認められた（対象児×年齢群 (F (3, 194) =3.667, p<.05)；ISI 条件×年齢群 (F (6, 194) =5.35, p<.001)；ISI 条件×対象児×年齢群 (F (6, 194) =2.207, p<.05)。多重比較の結果、7、9、11 歳群におい

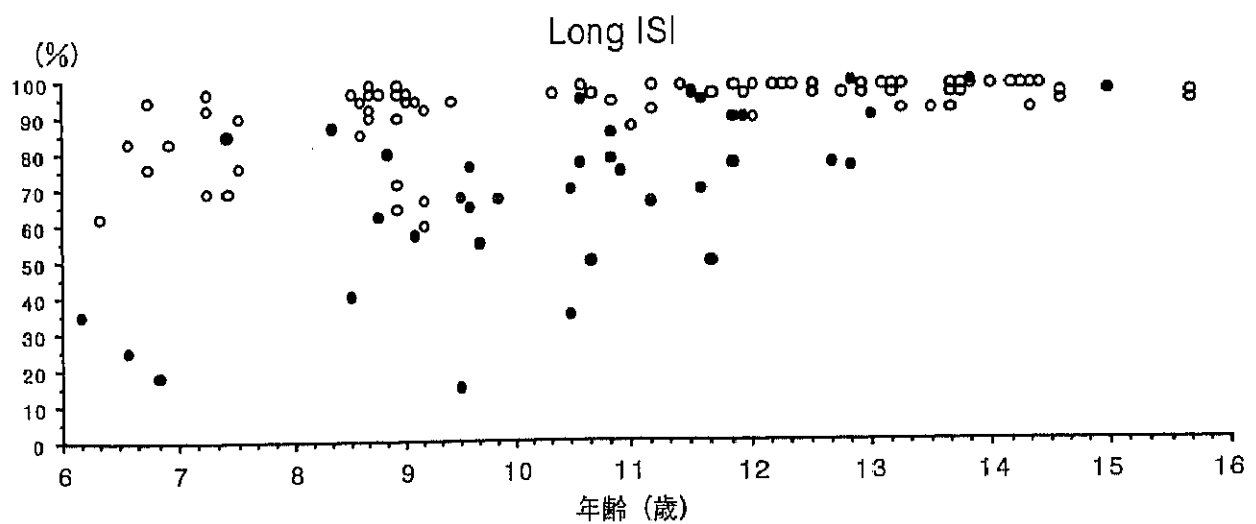
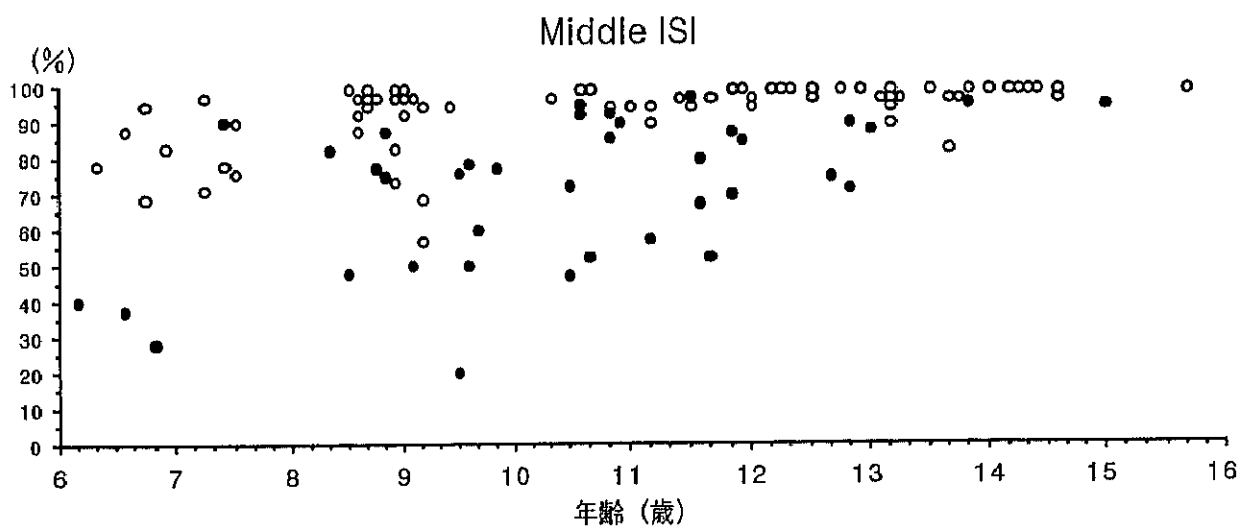
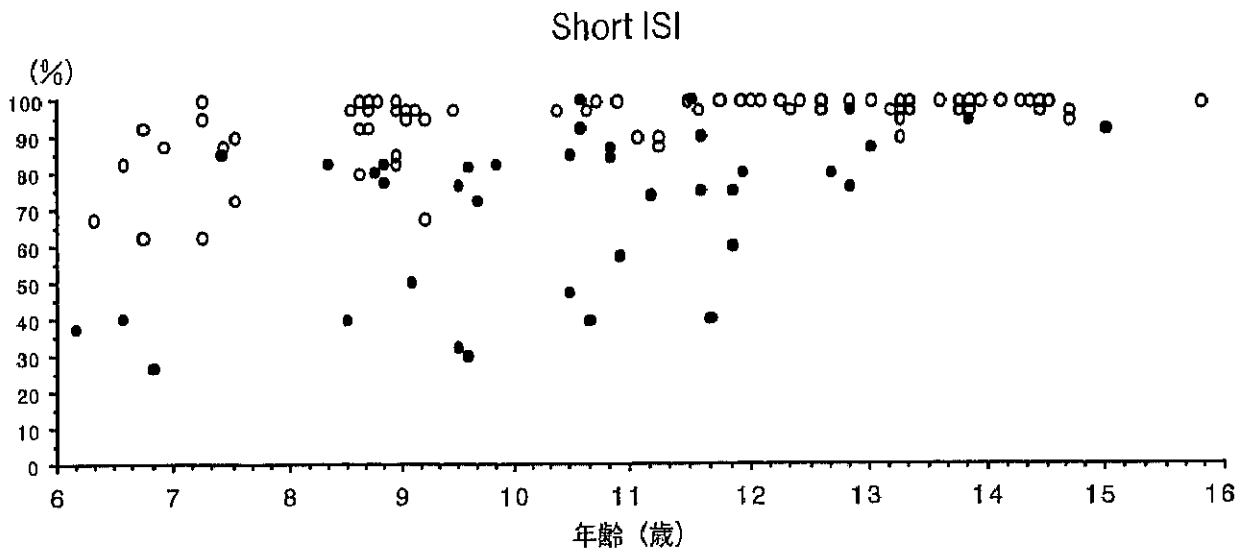


Fig. 3.3.1.1 全対象児における ISI 条件別に見たヒット率の散布図
 白丸は健常児、黒丸はADHD児をあらわす。

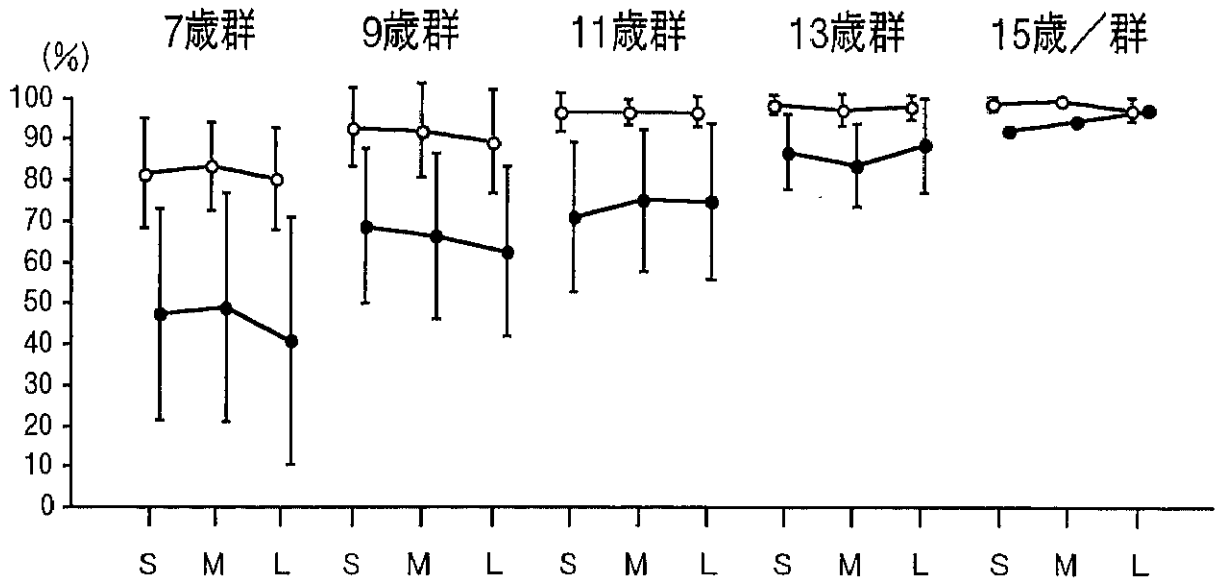


Fig. 3.3.1.2 ISI 条件別にみた各年齢群の平均ヒット率

白丸は健常児，黒丸は ADHD 児をあらわす。

上下線は標準偏差をあらわす。

S…Short ISI, M…Middle ISI, L…Long ISI をそれぞれあらわす。

ではISI条件にかかわらずADHD児のヒット率は同年齢の健常児より有意に低かった。また年齢の上昇とともにヒット率は有意に高くなった。また、Short ISIにおいてADHD児13歳群のヒット率は11歳群より有意に高かった。これ以外の対象児、年齢群間ならびにISI条件間で有意な差は認められなかった。

ヒット反応時間

全対象児におけるヒット反応時間の散布図をISI条件別にFig. 3.3.1.3に示した。ADHD児、健常児ともにいずれのISI条件でも年齢の上昇にともないヒット反応時間が短縮した。これをもとに年齢群、ISI条件ごとに平均値による分析を行った。各年齢群におけるISI条件別のヒット反応時間をFig. 3.3.1.4に示した。ADHD児7歳群の平均ヒット反応時間はShort ISI 517.3 (SD=69.2) msec, Middle ISI 521.9 (SD=63.8) msec, Long ISI 546.7 (SD=125.0) msecであった。9歳群はShort ISI 519.1 (SD=66.5) msec, Middle ISI 482.9 (SD=65.7) msec, Long ISI 481.7 (SD=93.2) msecであった。11歳群はShort ISI 494.1 (SD=89.3) msec, Middle ISI 452.5 (SD=89.1) msec, Long ISI 448.3 (SD=93.1) msecであった。13歳群はShort ISI 490.9 (SD=21.4) msec, Middle ISI 432.9 (SD=37.8) msec, Long ISI 423.4 (SD=48.2) msecであった。そして15歳の1名はShort ISI 477.6 msec, Middle ISI 427.1 msec, Long ISI 418.5 msecであった。健常児7歳群の平均ヒット反応時間はShort ISI 672.0 (SD=105.1) msec, Middle ISI 608.7 (SD=96.1) msec, Long ISI 622.1 (SD=111.2) msecであった。9歳群はShort ISI 606.1 (SD=91.4) msec, Middle ISI 558.6 (SD=89.2) msec, Long ISI 566.1 (SD=99.2) msecであった。11歳群はShort ISI 496.3 (SD=85.3) msec, Middle ISI 464.6 (SD=90.3) msec, Long ISI 451.7 (SD=80.2) msecであった。13歳群はShort ISI 484.3 (SD=88.5) msec, Middle ISI 447.4 (SD=83.9) msec, Long ISI 441.0 (SD=90.4) msecであった。15歳群はShort ISI 469.9 (SD=36.0) msec, Middle ISI 440.0 (SD=56.7) msec, Long ISI 412.4 (SD=52.9) msecであった。

このように、ADHD児のヒット反応時間は年齢の上昇にともなう短縮の幅が小さく、この傾向は特にShort ISIで明確に認められた。7、9、11、13歳群による分散分析の結果、対象児と年齢群、そしてISI条件すべての主効果が認められた(対象児 ($F(1, 194) = 4.92, p < .05$); 年齢群 ($F(3, 194) = 7.836, p < .001$); ISI条件 ($F(2, 194) = 37.754, p < .01$))。交互作用は認められなかった。多重比較の結果、Short ISIにおいてADHD児7歳群のヒット反応時間は同年齢の健常児より有意に速かった。また、9歳群ではISI条件にかかわらずADHD児の反応時間は健常児より速かった。これ以外の対象児、年齢群間ならびにISI条件間の有意な差は認められなかった。

FA生起数

全対象児における全FA生起数の散布図をFig. 3.3.1.5に示した。ADHD児は総じて同年齢の健

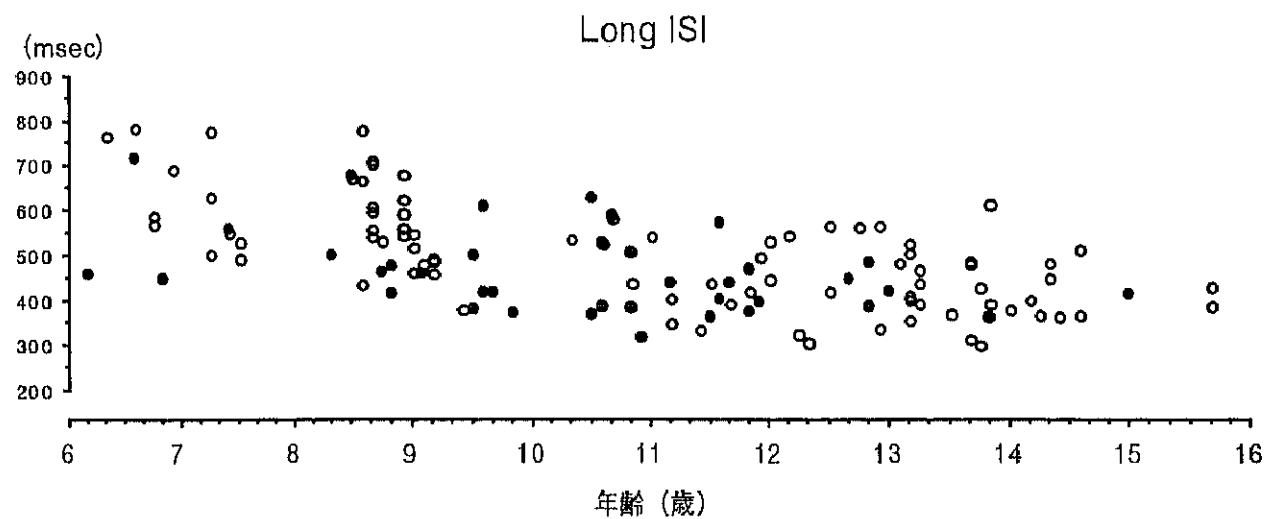
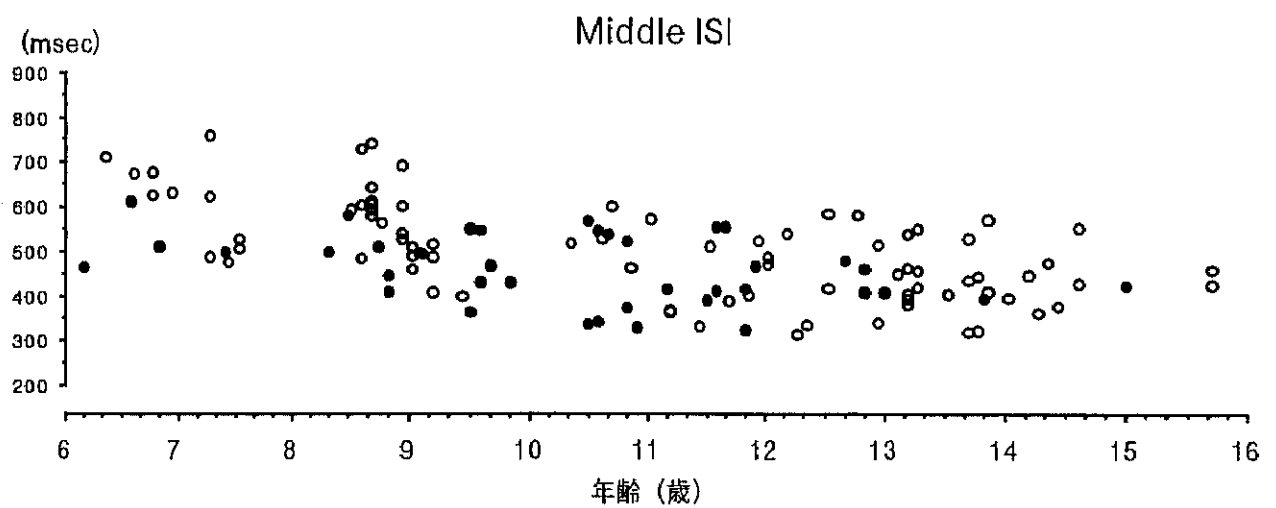
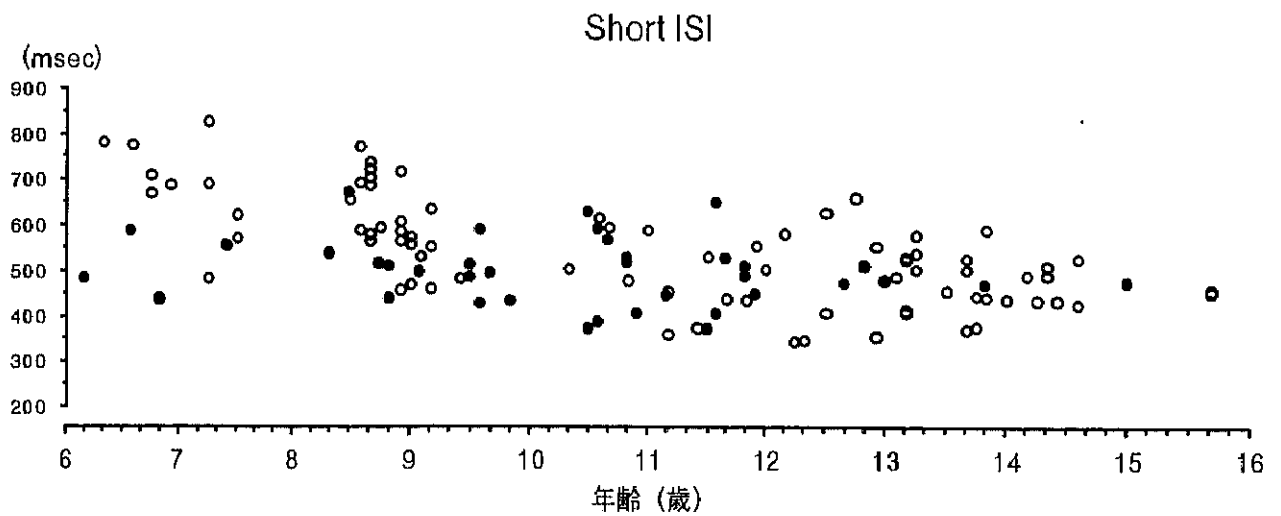


Fig. 3.3.1.3 全対象児における ISI 条件別に見たヒット反応時間の散布図
 白丸は健常児、黒丸は ADHD 児をあらわす。

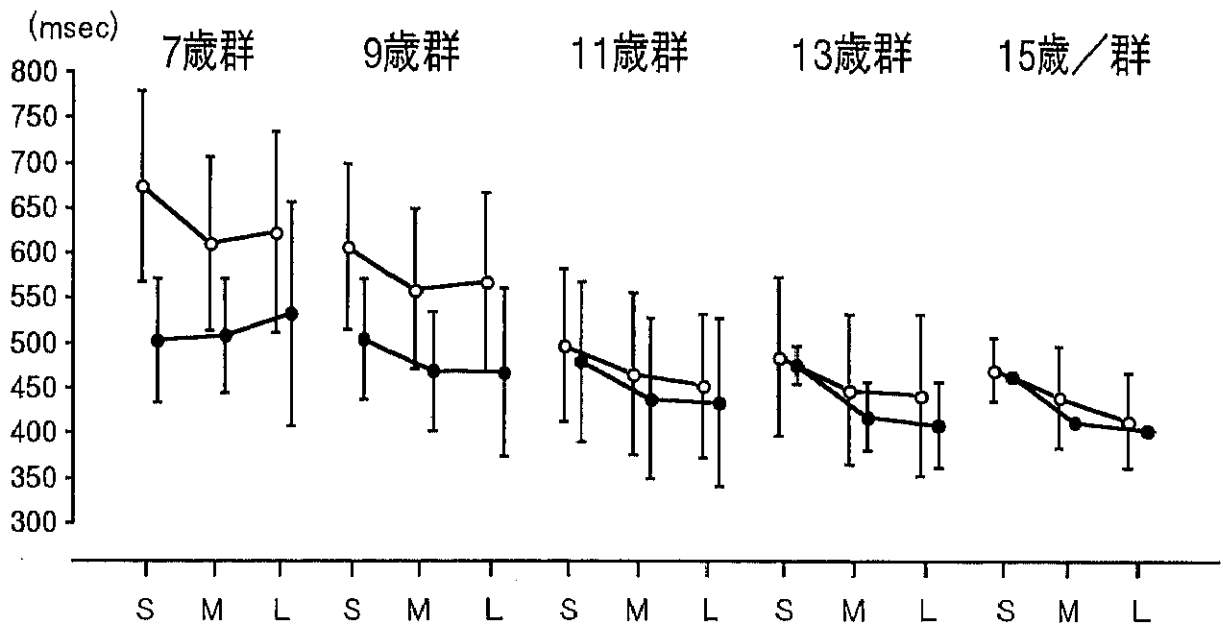


Fig. 3.3.1.4 ISI 条件別にみた各年齢群の平均ヒット反応時間

白丸は健常児，黒丸は ADHD 児をあらわす。

上下線は標準偏差をあらわす。

S…Short ISI, M…Middle ISI, L…Long ISI をそれぞれあらわす。

常児よりFA生起数が多かったが、健常児と同様に年齢の上昇にともなうFA生起数の減少が認められたため、年齢群別の分析を行うこととした。対象児・者の全FA生起数のボックスプロットをFig. 3.3.1.6に示した。ADHD群の各年齢群における全FA生起数の中央値は7歳群19回（最大129，最小2），9歳群16回（最大78，最小2），11歳群11回（最大44，最小1），13歳群2回（最大8，最小0），そして15歳の1名は1回であった。健常児の各年齢群においては7歳群15回（最大34，最小2），9歳群3.5回（最大25，最小0），11歳群2.5回（最大12，最小1），13歳群3回（最大12，最小0），そして15歳群1回（最大7，最小0）であった。Kruskal-Wallisの検定を行ったところ，ADHD児の全FA生起数は健常児より有意に多かった（ $H=34.982$ ， $p<.001$ ）。Wilcoxonの符号付き順位検定の結果，ADHD児9歳群の全FA生起数は同年齢の健常児より有意に多かった（ $z=-2.191$ ， $p<.05$ ）。また，ADHD11歳群に比べ13歳群の全FA生起数が有意に減少した（ $z=-2.023$ ， $p<.05$ ）。

ADHD児，健常児の各年齢群におけるFAサブタイプ（1not9エラー，1onlyエラー，9onlyエラー，ランダムエラー）生起数のボックスプロットをFig. 3.3.1.7に示した。1not9エラーと1onlyエラーは全ISI条件の合計を示した。ADHD児の各年齢群における1not9エラー生起数の中央値は7歳群7（最大33，最小0），9歳群8（最大25，最小0），11歳群2（最大24，最小0），13歳群0.5（最大1，最小0），15歳の1名は0であった。同様に1onlyエラーは7歳群1（最大16，最小0），9歳群2（最大10，最小0），11歳群0（最大5，最小0），13歳群0（最大1，最小0），15歳の1名は0であった。9onlyエラーは7歳群4（最大11，最小2），9歳群5（最大15，最小0），11歳群4（最大9，最小0），13歳群1（最大2，最小0），15歳の1名は0であった。ランダムエラーは7歳群4.5（最大55，最小0），9歳群1（最大30，最小0），11歳群1（最大15，最小0），13歳群0（最大0，最小0），15歳の1名は1であった。健常児の各年齢群における1not9エラー生起数の中央値は7歳群3（最大14，最小1），9歳群1.5（最大11，最小0），11歳群1（最大5，最小0），13歳群1（最大7，最小0），15歳群0（最大3，最小0）であった。1onlyエラーは7歳群0（最大7，最小0），9歳群0（最大10，最小0），11歳群0（最大1，最小0），13歳群0（最大1，最小0），15歳群0（最大2，最小0）であった。9onlyエラーは7歳群4（最大11，最小0），9歳群1（最大8，最小0），11歳群1（最大4，最小0），13歳群1（最大4，最小0），15歳群0（最大3，最小0）であり，ランダムエラーは7歳群1（最大9，最小0），9歳群0（最大4，最小0），11歳群0（最大1，最小0），13歳群0（最大2，最小0），15歳群0（最大2，最小0）であった。Kruskal-Wallisの検定を行ったところ，ADHD児は4種類すべてのFAサブタイプについて健常児より有意に多かった（1not9（ $H=27.274$ ， $p<.01$ ）；1only（ $H=32.396$ ， $p<.01$ ）；9only（ $H=21.165$ ， $p<.05$ ）；ランダム（ $H=19.001$ ， $p<.05$ ））。Wilcoxonの符号付き順位検定の結果，ADHD児9歳群の1not9エラー，9onlyエラー，ランダムエラーは同年齢の健常児より有意に多かった（それぞれ $z=-2.701$ ， $p<.01$ ， $z=-2.497$ ， $p<.05$ ， $z=-2.201$ ， $p<.05$ ）。また，ADHD児11歳群にお

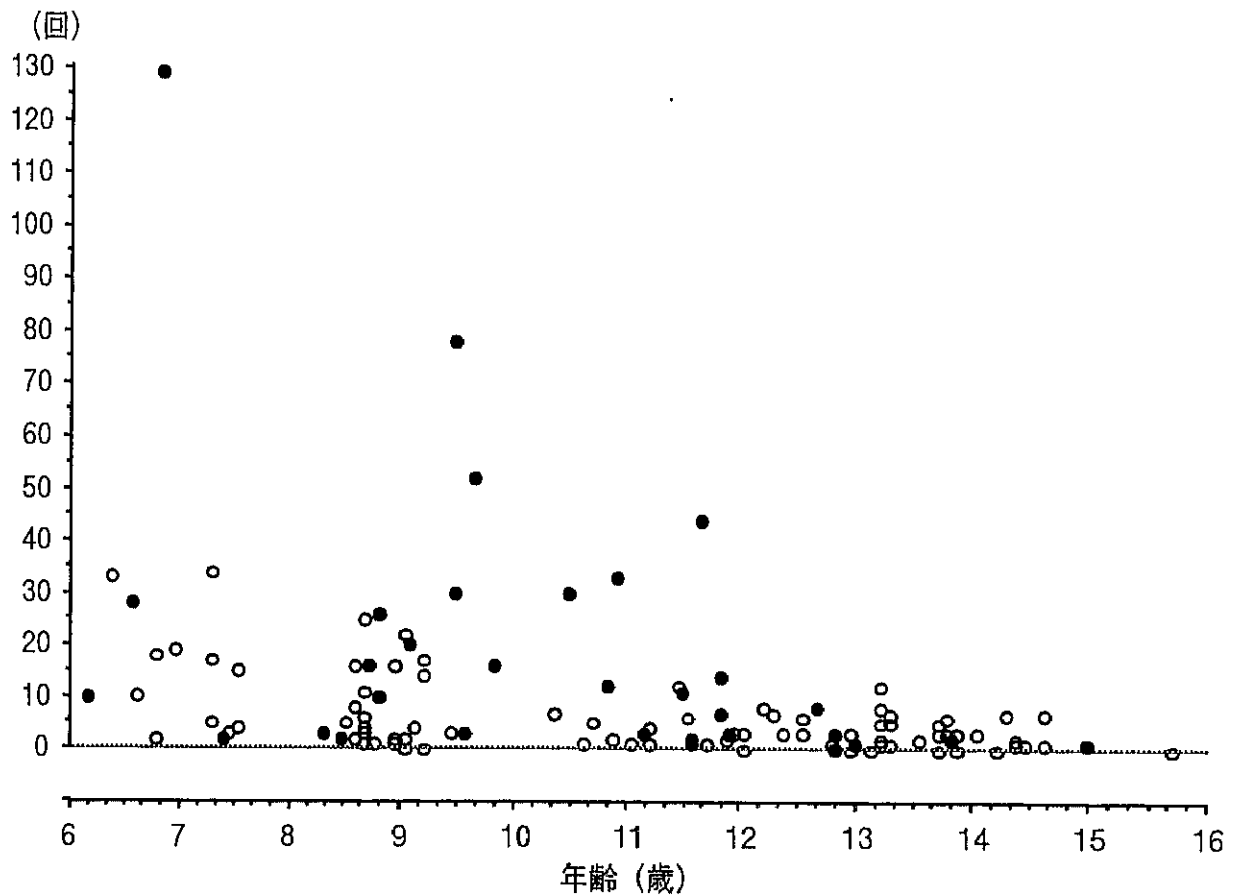


Fig. 3.3.1.5 各年齢群における全FA生起数の散布図

白丸は健常児，黒丸はADHD児をあらわす。

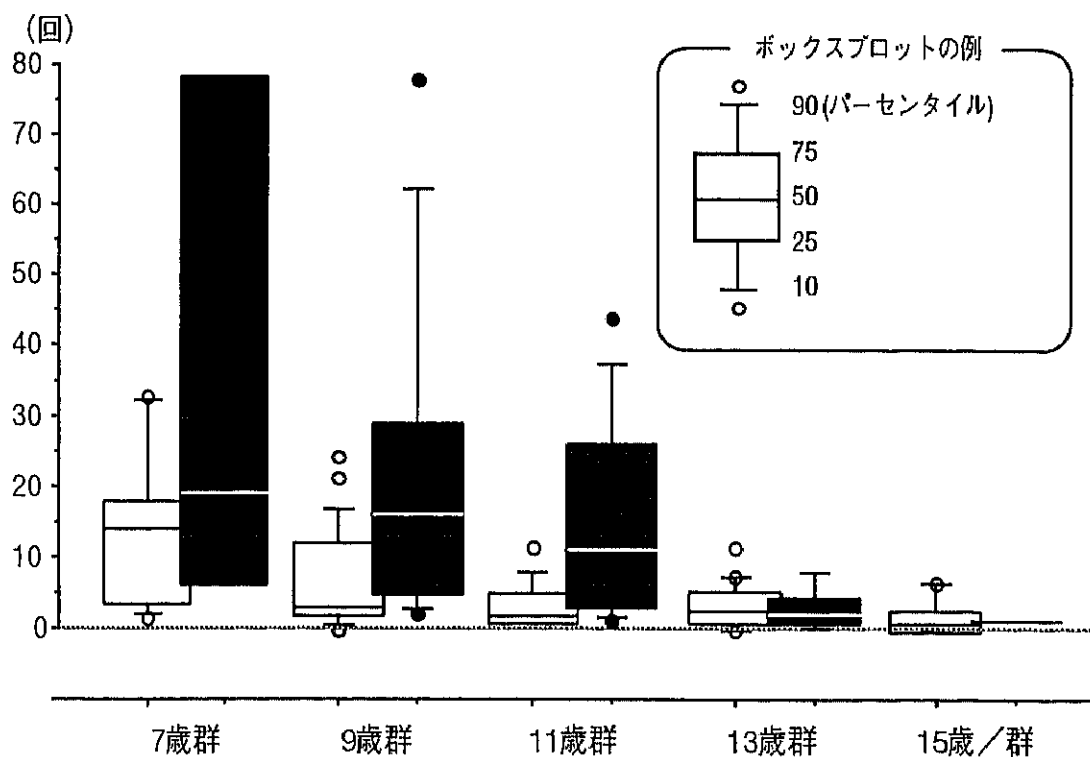


Fig. 3.3.1.6 各年齢群における全FA生起数のボックスプロット

白ぬりのボックスは健常児，黒ぬりのボックスはADHD児の全FA生起数をあらわす。
上下の丸は離散値をあらわす。

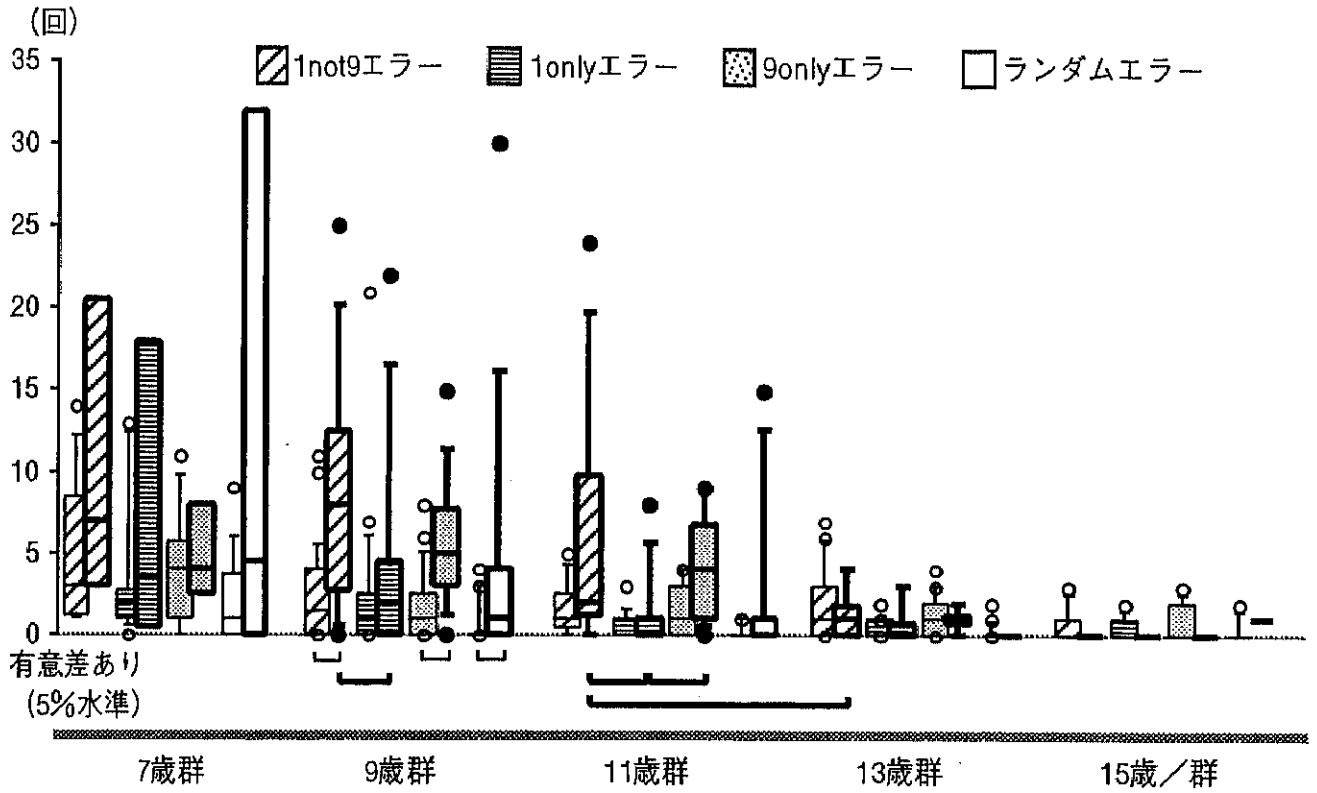


Fig. 3.3.1.7 各年齢群におけるFAサブタイプのボックスプロット

細枠のボックス、白ぬりの丸は健常児の値をあらわす。
 太枠のボックス、黒ぬりの丸はADHD児の値をあらわす。
 上下の丸は離散値をあらわす。

いては1not9エラーが健常児より有意に多かった ($z=-2.023, p<.05$)。ADHD児の同一年齢群内でFAサブタイプの生起数を比較すると、9歳群ならびに11歳群において1not9エラーが1onlyエラーより有意に多かった (9歳群 $z=-2.293, p<.05$; 11歳群 $z=-2.666, p<.01$)。11歳群においては9onlyエラーも1onlyエラーより有意に多かった ($z=-2.191, p<.05$)。年齢群間では13歳群の1not9エラーは11歳群より有意に少なかった ($z=-2.023, p<.05$)。これ以外の対象児、年齢群間ならびにISI条件間の有意な差は認められなかった。

ISI条件別のFA生起数

ISIを変化させた"1"と、それに後続する数字で生じるエラーである1not9エラーと1onlyエラーについて、各年齢群におけるISI条件ごとの生起数の中央値、最大・最小値をTable 3.3.1.3に示した。Wilcoxonの符号付き順位検定の結果、9歳群の健常児とADHD児の間でShort, Long ISIの1not9エラーの生起数に有意差が認められ、いずれもADHD児のエラーが有意に多かった (Short ISI ($z=-2.24, p<.05$), Long ISI ($z=-2.366, p<.05$))。同一群内のISI条件間の差については、ADHD児9歳群の1not9エラーはShortよりMiddle, MiddleよりLong ISI条件で有意に多かった (それぞれ $z=-2.488, p<.05$; $z=-2.366, p<.05$)。またADHD児9歳群の1not9エラーはShortよりMiddle ISIで有意に多かった ($z=-2.366, p<.05$)。なお、健常児の各年齢群におけるISI条件間では、7, 9, 13歳群においてShort ISIの1not9エラーはMiddle, Long ISIより有意に少なかった ($z=-1.96, p=.05$)。また、11歳群においてはShort ISIの1not9エラーはLong ISIより有意に少なかった。1onlyエラーの生起数については、ADHD児、健常児ともにISI条件間で有意な差は認められなかった。

4. 考察

ヒット率とヒット反応時間からみたADHD児の反応制御におよぼすISI変化の効果

ADHD児のヒット率はISI条件にかかわらず同年齢の健常児より低かった。ISIが一定であるCPTにおいては、ADHD児のヒット率は健常児より低いものの有意差は得られなかったことから、警告刺激とその直後の刺激のISIのみを変化させたことにより難易度が上がり、ADHD児における反応制御の問題、とりわけ実行にかかわる刺激処理の問題が顕在化したと考えられる。年齢の上昇にともなうヒット率の上昇は健常児と同様に認められたが、健常児との有意差がなくなるのは13歳群に至ってであり、健常児において9から11歳群の間に想定された刺激処理の変化はADHD児においては発達の遅れて推移することを示すものといえよう。ADHD児のヒット率はISI条件間に有意な差は認められなかった。この結果は健常児において年齢の低い群ではLong ISI条件で有意にヒット率が低下したことに反するが、ISIは常にランダムで変化していることか

Table 3.3.1.3 1not9 エラー, 1only エラーにおける3つのISI条件の
中央値, 最大値, 最小値

		1not9エラー			1onlyエラー			
		Short	Middle	Long	Short	Middle	Long	
7歳群	ADHD児	md	2	3	7	2.5	1	3.5
		mx	12	14	33	14	16	30
		mn	0	0	0	0	0	0
	健常見	md	0	1	2	1	0	0
		mx	9	7	7	4	6	7
		mn	0	0	0	0	0	0
9歳群		Short	Middle	Long	Short	Middle	Long	
ADHD児	md	1	5	8	0	2	2	
	mx	8	14	25	12	10	22	
	mn	0	0	0	0	0	0	
健常見	md	0	1	1	0	0	0	
	mx	1	3	8	5	6	10	
	mn	0	0	0	0	0	0	
11歳群		Short	Middle	Long	Short	Middle	Long	
ADHD児	md	1	1	2	0	0	0	
	mx	6	16	24	3	5	8	
	mn	0	0	0	0	0	0	
健常見	md	0	0	1	0	0	0	
	mx	1	4	3	1	2	1	
	mn	0	0	0	0	0	0	
13歳群		Short	Middle	Long	Short	Middle	Long	
ADHD児	md	0	0	0	0	0	0	
	mx	1	1	0	0	2	1	
	mn	0	0	0	0	0	0	
健常見	md	0	0	0	0	0	0	
	mx	1	4	5	1	1	1	
	mn	0	0	0	0	0	0	
15歳群		Short	Middle	Long	Short	Middle	Long	
ADHD児	md	0	0	0	0	0	0	
	mx	—	—	—	—	—	—	
	mn	—	—	—	—	—	—	
健常見	md	0	0	0	0	0	0	
	mx	1	1	2	0	1	2	
	mn	0	0	0	0	0	0	

md=中央値, mx=最大値, mn=最小値をあらわす。
網線はその年齢群においてISI条件間の有意差が認められたFAサブタイプをあらわす。

ら考えると、このような課題事態において刺激の出現時間が一定でないことそのものがADHD児の運動反応の実行に影響を及ぼし、刺激の出現時間がいつであっても刺激検出から運動反応を実行させる過程が不安定になっているといえる。このことは、時間感覚、時間概念の弱さ (Barkley, 1997c) を説明するものとして多くのADHD研究で課題の従事時間の不確かさが成績の低下につながるとされる (Chee et al., 1989; Sonuga-Barke et al. 1992; van der Meere et al., 1992, 1995; Zahn et al., 1991) ことに一致するものと考えられる。時間予測が困難な状況においてADHD児の運動実行にかかわる刺激処理が不安定になっている状態は、次節においてCPT遂行時のERPを検討することで裏付けられるであろう。

ヒット反応時間は、ADHD児においてもISI条件にかかわらず年齢の上昇にともない短縮した。ISIが一定であるCPT同様、その様相は健常児と同じではなく、むしろ同年齢の健常児における反応時間に近づくように推移した。このことから、ADHD児と健常児が行う反応実行にかかわる処理は基本的に同様のものであり、ADHD児においては反応実行と抑制の制御が困難であることが健常児に認められるような発達的变化を妨げていること、そしてこの傾向は年齢が高くなると減少し、より同年齢の健常児が行う刺激処理に近づくことを再確認できた。また、年齢の低い群ではISI条件間で反応時間が一定しなかったのに対し、年齢の高い群では健常児と同様にShort ISI条件において反応時間が延長したこともこのことを裏付けている。これらのことから、ADHD児においても刺激出現の時間予測が困難な事態において反応の実行制御にかかわる刺激処理は発達にともなって変化するが、ADHDの背景にある反応制御の困難さがこれを妨げ、結果的に健常児よりも発達の遅れる様相を示すことが明らかとなった。

FA生起数からみたADHD児の反応制御におよぼすISI変化の効果

ADHD児における全FA生起数は、ISIが一定であるCPTにおける結果に類似し、同年齢の健常児よりも多かった。有意差が得られたのは9歳群であった。ISIが一定であるCPTを用いた検討では例数の少なさもあって有意差は認められなかったが、課題の難易度が相対的に上がったことがADHD児における反応抑制の困難さをより顕著にさせたといえよう。また、全FA生起数は健常児と同様に年齢の上昇にともない減少し、13歳群においてはほとんど健常児との差がなくなった。これは上述のヒット率の発達にともなう変化とも一致し、ADHD児のCPT-AX事態における反応制御は健常児より遅れて推移することを裏付けている。さらに、ADHD児においては刺激の種類とISI条件との関連で反応の抑制が困難になったことがFAサブタイプ分析から裏付けられた。ISIが変化する警告とその直後の刺激との間で生起するFAは1not9エラーと1onlyエラーであるが、ADHD児と健常児のいずれにおいても1onlyエラーに比べ1not9エラーが多く、9、11歳群においては統計的にも有意であった。このことはISIが一定であるCPTの結果と一致し、警告刺激である“1”による準備はなされているが、直後の刺激に対する反応の制御が十分なされていない

いことを改めて裏付ける結果といえる。さらに、1not9エラーはISIの延長にともない生起数が増加し、9歳群においては条件間の有意差が認められたとともに、同条件における健常児よりも有意に多かった。ISI条件によってエラーの生起数が変化したことは、2章1節における健常児の結果と同様、ADHD児においても Short ISI 条件では反応制御が十分なされないこと、反応抑制にかかわる運動・反応処理系は感覚・刺激処理系に比べ発達的に遅れることを示唆している。健常児における処理系の発達については2章2節のERPを用いた検討で一定程度裏付けられたとともに、ADHD児においてこのような刺激処理系が相互に関連した発達が健常児に比べ遅れることはヒット率とヒット反応時間の考察において触れたが、この過程を検討するうえでADHD児のCPT遂行時のERPを指標とすることはやはり有用であろう。

偽標的刺激に対する9onlyエラーも健常児より多かった。ISIが一定であるCPTにおける結果と比べると、健常児においてもこのエラーは比較的多く生起したことを2章1節で指摘した。この結果は、出現する刺激を常に確認し、直前の刺激との照合を行ってから反応に移るというより未熟な方略に加え、標的である"9"そのものに対する反応を制御することが困難な状態がADHD児に存在することを裏付けている。つまり、ISI変化によって時間的な予期を妨げられる状況下で、警告をともなわない標的刺激という、課題全般で優勢な反応をもたらす刺激に対する自己制御も困難になったといえる。このことは健常児におけるERPの様相から指摘した、感覚・刺激処理系とこれに先じる刺激処理が行っていると考えられる、求められる反応との関連性が低い刺激処理の認知的抑制に問題がある可能性があり、次節におけるERPの検討から明らかになると考えられる。

健常児の結果とADHD児の結果が最も異なったのはランダムエラーであった。これもまたISIが一定のCPTにおける結果と一致するとともに、このエラーが生起するのはこれまで述べてきた課題遂行上で意味を持つ刺激ではない。したがって、健常児ならば反応実行がほとんどなされない刺激に対するランダムエラーが多いことは、ADHD児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ないことを示している。FA全体の数が健常児よりも多いことに加え、このようなエラーをも生じることがADHD児がもつとされる行動抑制の困難さを反映するものである。本人の意図しないところでこのような不適切な方略を用いてしまうことがADHD児における行動抑制の困難さ、自己制御、実行機能の問題の本質と考えられ、この背景にある刺激処理の問題についてもERPの検討から明らかになると考えられる。

ISIが一定であるCPTでもこのようなADHD児の本質的な問題とその発達にともなう変化の様相はある程度認めうるが、ISIを変化させることで反応の自己制御における発達がより明確に認められたとともに、ADHD児における自己制御の困難さはより顕著になることが示された。CPTのような逐次的な強化がない課題状況において、見通しを持ちながら課題遂行を続けることの困難はADHD児における反応制御の困難によるものであると考えられ (Barkley, 1997c)、本研究の

ように刺激出現の予測という見通しを困難にしたCPTを用い、ADHD児がもつとされる反応制御の困難を一定程度検討可能であることが示唆された。

第2節 ADHD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10）

1. 目的

すでにADHD混合型と診断されたADHD児を対象に、警告刺激とその直後の刺激とのISIを変化させたCPT-AX遂行時のERPを記録し、ISI変化による影響がERP成分にどのように反映されるかを第1節で検討した遂行成績の結果検討する。その際に同年齢の健常児との比較を通して、第2部で検討したISIが一定であるCPTに認められたような発達的な変化が認められるかについてもあわせて分析するとともに、ADHDにおいて行動制御にかかわる脳内処理過程でどのような問題を生じているのかについて、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

対象児をTable 3.3.2.1に示した。病院において行動観察の結果、小児科医によりDSM-IV（APA, 1994）の日本版（高橋・大野・染矢, 1996）におけるADHD混合型と診断された、第1節と同じ男児32名をADHD児群の対象とした。Table 3.3.2.2にADHD児に実施された検査と、IQの分布を示した。ADHD児はWISC-RまたはWISC-III、あるいは鈴木ビネー式知能検査を受けており、全員がWISC-RまたはWISC-IIIにおけるFIQ、あるいは鈴木ビネーにおけるIQにおいて70以上であった。ISIが一定のCPTを用いた検討と同様、この基準は先行研究（Carter & Swanson, 1995）に従った。健常児は小学校、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30名の子どもとした。

ADHD児群は、生活年齢によって7歳群4名（平均年齢6歳9カ月±6カ月、年齢幅6歳2カ月～7歳5カ月）、9歳群11名（平均年齢9歳1カ月±6カ月、年齢幅8歳4カ月～9歳10カ月）、11歳群11名（平均年齢11歳4カ月±5カ月、年齢幅10歳6カ月～11歳11カ月）、13歳群5名（平均年齢13歳4カ月±11カ月、年齢幅12歳8カ月～13歳10カ月）、そして15歳児1名（15歳0カ月）に分けられた。健常児は7歳群4名（男児4、女児0、平均年齢7歳5カ月±1カ月、年齢幅7歳3カ月～7歳6カ月）、9歳群7名（男児3、女児4、平均年齢9歳0カ月±3カ月、年齢幅8歳7カ月～9歳5カ月）、11歳群8名（男児6、女児2、平均年齢11歳3カ月±4カ月、年齢幅10歳10カ月～11歳10カ月）、13歳群7名（男児6、女児1、平均年齢13歳0カ月±7カ月、年齢幅12歳1カ月～13歳9カ月）、そして15歳群4名（男児3、女児1、平均年齢14歳11

Table 3.3.2.1 実験 10 の対象児

ADHD児				
年齢群	人数	(男;女)	平均年齢	年齢幅
7歳群	4	(4; 0)	6歳9カ月±6カ月	6歳2カ月～7歳5カ月
9歳群	11	(11; 0)	9歳1カ月±6カ月	8歳4カ月～9歳10カ月
11歳群	11	(11; 0)	11歳4カ月±5カ月	10歳6カ月～11歳11カ月
13歳群	5	(5; 0)	13歳4カ月±11カ月	12歳8カ月～13歳10カ月
15歳群	1	(1; 0)	15歳0カ月	15歳0カ月
合計	32			
健常児				
年齢群	人数	(男;女)	平均年齢	年齢幅
7歳群	4	(4; 0)	7歳5カ月±1カ月	7歳3カ月～7歳6カ月
9歳群	7	(3; 4)	9歳0カ月±3カ月	8歳7カ月～9歳5カ月
11歳群	8	(6; 2)	11歳3カ月±4カ月	10歳10カ月±11歳10カ月
13歳群	7	(6; 1)	13歳0カ月±7カ月	12歳1カ月～13歳9カ月
15歳群	4	(3; 1)	14歳11カ月±10カ月	14歳1カ月～15歳8カ月
合計	30			

Table 3.3.2.2 ADHD 児の受けた知能検査とIQ の分布

知能検査	N	IQ	N
WISC-R	26	70-79	4
WISC-III	3	80-89	3
鈴木ビネー	3	90-99	11
		100-109	7
		110以上	7

カ月±10カ月、年齢幅14歳1カ月～15歳8カ月)に分けられた。なお、ADHD児は全員が日常的にメチルフェニデートを服薬していたことから、メチルフェニデートによる効果を除いて検討するため、前日の服薬から24時間以上経過した状態で課題を実施した。実験に先立ち、健常児については保護者と本人にその内容を説明して実験参加の承諾を得た。また、メチルフェニデート服薬を停止させることによる日常生活への影響を最小限にするために、ADHD児の実験は彼らの多くが薬物を服用していない夏季休暇中に実施した。

課題の作成ならびに実施の手順

CPT課題は第2章第1節と同様 (Fig. 3.2.1.1) のCPT-AX課題を用いた。CPT課題の作成と呈示にはSTIMシステム (Neuroscan社製) を使用した。刺激の出現確率も同様 (Table 3.2.1.2) とした。練習試行を行った後、400試行 (所要時間約11分) を1ブロックとし、10分間の休憩をはさんで計2ブロック実施した。

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。頭皮上の電極配置は第2第2節 (Fig. 3.2.2.1) と同じとした。Electro Cap (ECI社製) を用い、国際10-20法に基づく17部位から両耳朶結線を共通基準として脳波を導出した。左眼瞼上下からは垂直EOGも導出した。脳波と垂直EOGは、2msec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 μ 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 ("1"; 警告刺激, 警告直後の "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、もしくは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。また、警告直後の標的刺激と非標的刺激については3種類のISI条件ごとにERP波形を算出した。警告刺激については、その先行刺激とのISIが1,500msecと一定なため、直後のISIの長短にかかわらず、すべてを併せて処理した。

分析方法

同一の対象児における遂行成績の分析は1節で実施したため、本節においては省略した。

各対象児から得られたERP波形については、第2第2節 (実験8) と同様、平均基準導出により各条件ごとに総加算平均波形を求め、頭皮上電位分布図を作成するとともにGFPを算出し、GFPのピーク時点をERP成分として同定した。また、GFP曲線上のピークにより同定されたERP

成分の頭皮上分布を検討するにあたり、頭皮上の陽性、陰性電場の重心位置である Centroid も算出した。Centroid の位置は、F7、F8 を除く 15 部位の ERP から Mapview1.81 (Lehmann, 1987) を用いて算出した。

3. 結果

ADHD 児 7 歳群の 1 名、11 歳群の 1 名についてアーチファクト除去の結果、加算波形が得られなかったため分析から除外した。

ERP 成分の同定

Fig. 3.3.2.1 に健常児、ADHD 児の Middle ISI 条件における標的刺激に対する ERP 総加算平均波形ならびに GFP 曲線を示した。健常児群と同様、ADHD 児の各年齢群においても GFP 曲線においていくつかのピークを同定し、それぞれ以下の成分と見なした：

潜時約 100～130msec で出現した後頭部優位の陽性成分…P1

潜時約 160～200msec で出現した側頭—後頭部優位の陰性成分…N1

潜時約 280～320msec で出現した側頭—後頭部優位の陽性成分…P2

潜時約 400～450msec で出現した頭頂—中心部優位の陽性成分…P3

この 4 成分を本節における分析対象とした。健常児においては年齢の上昇にともない振幅が低下したが、ADHD 児の年齢群間では一定しなかった。P1、N1 成分のピークは 9、11、13 歳群においては GFP 曲線、ならびに ERP 波形の側頭—後頭優位で認められたが、7 歳群においてはこれらの成分は GFP 曲線上のピークが不明瞭であり、15 歳の 1 名においては GFP 曲線、ERP 波形ともに不明瞭であった。P2 成分から P3 成分に至るピークは健常児において認められたダブルピークを同様に形成しており、年齢が低いほど P2 成分が高振幅である点も共通していた。

各種条件下での GFP と ERP 波形

刺激条件別にみた GFP と ERP 波形

健常児と ADHD 児の各年齢群における Middle ISI 条件の各刺激条件に対する GFP 曲線を Fig. 3.3.2.2 に示した。各年齢群における正中線上 3 部位 (Fz, Cz, Pz) ならびに右後頭部 (O2) における ERP 総加算平均波形を Fig. 3.3.2.3 に示した。健常児と同様に、GFP 曲線上において P1 成分に相当する成分が ADHD 児 7、9、11、13 歳群において認められた。P1 成分の潜時は 7 歳群では健常児に比べ ADHD 児がやや速かったが、9、11、13 歳群では健常児と ADHD 児の間にほとんど差がなかった。この成分は ERP 波形上においても健常児と同じ後頭部優位に出現した。15 歳群では健常児においては P1 成分のピークを認めたが、ADHD 児においてはこの潜時帯に P1 成

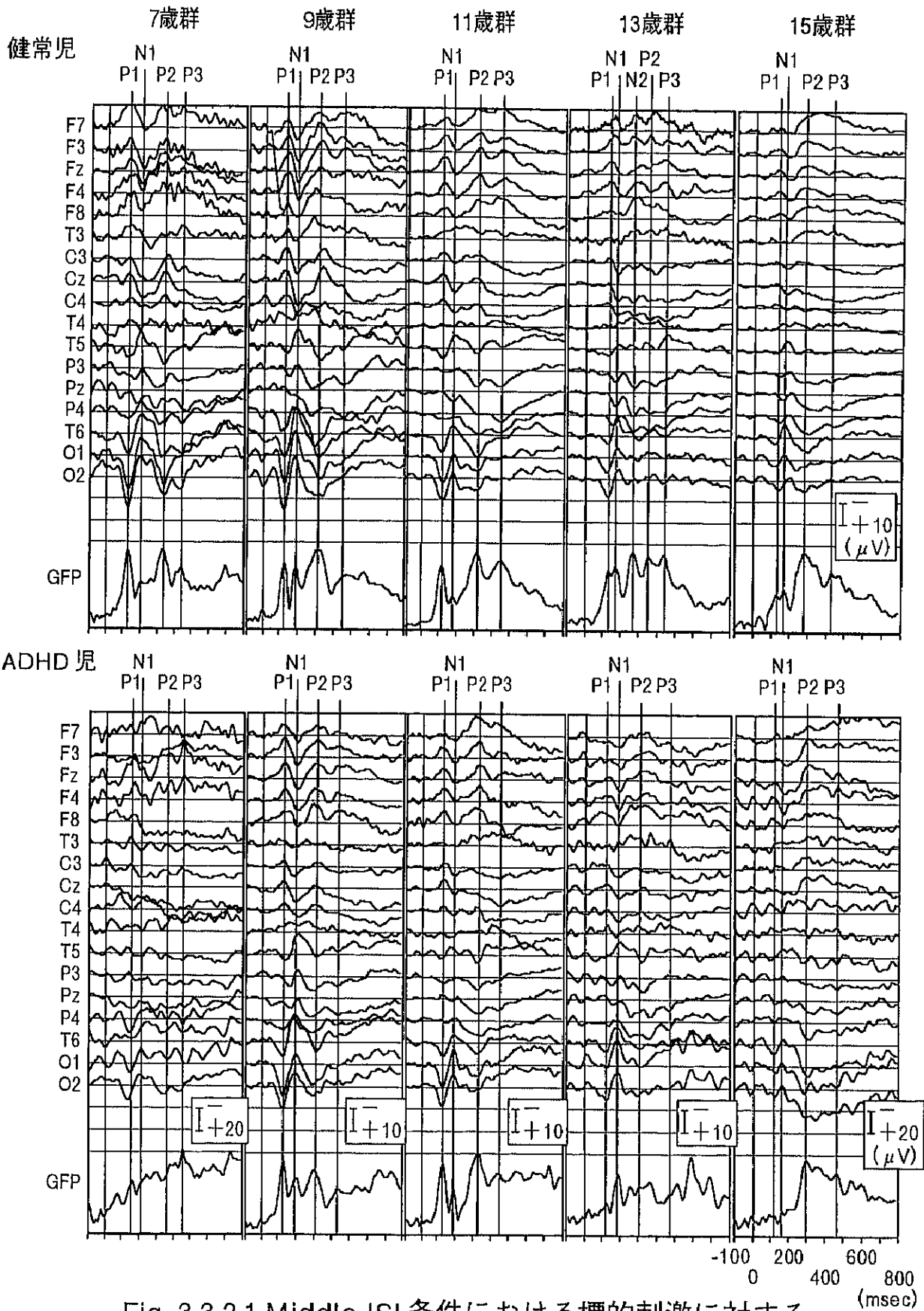


Fig. 3.3.2.1 Middle ISI 条件における標的刺激に対する
ERP 総加算平均波形ならびに GFP 曲線
縦線は同定した成分とその潜時をあらわす。

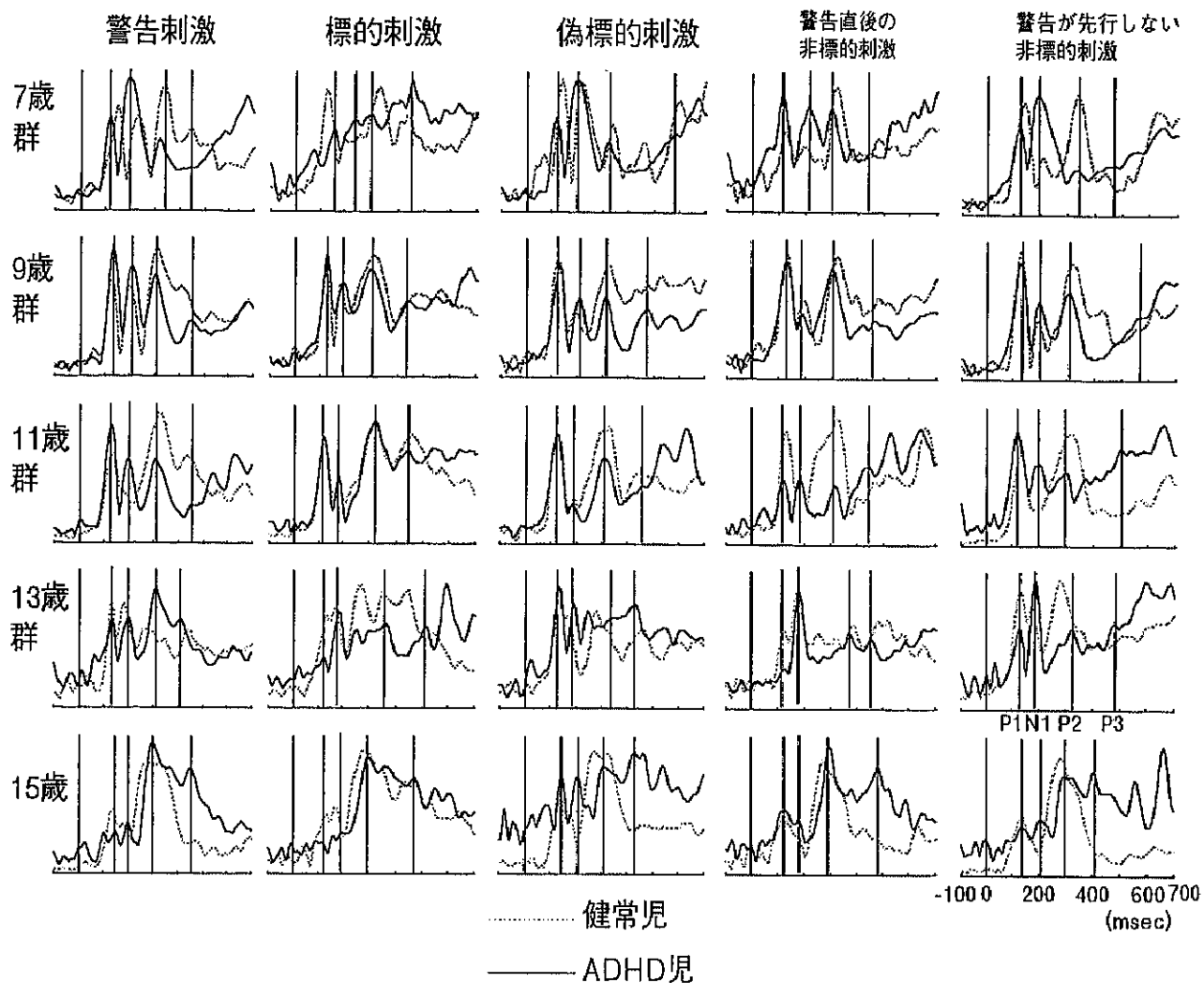
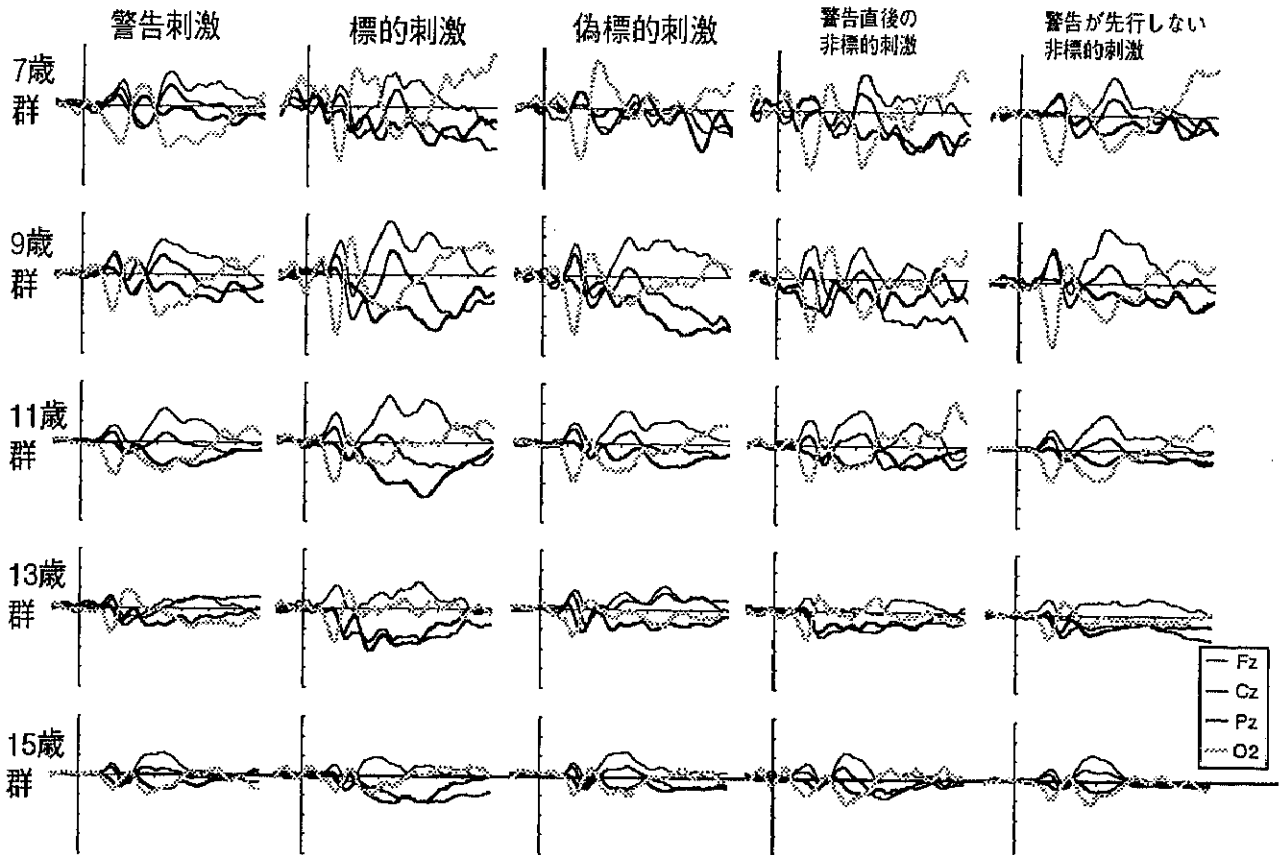


Fig. 3.3.2.2 Middle ISI条件の各刺激に対する GFP 曲線

縦線は同定された成分とその潜時をあらわす。

健常児



ADHD児

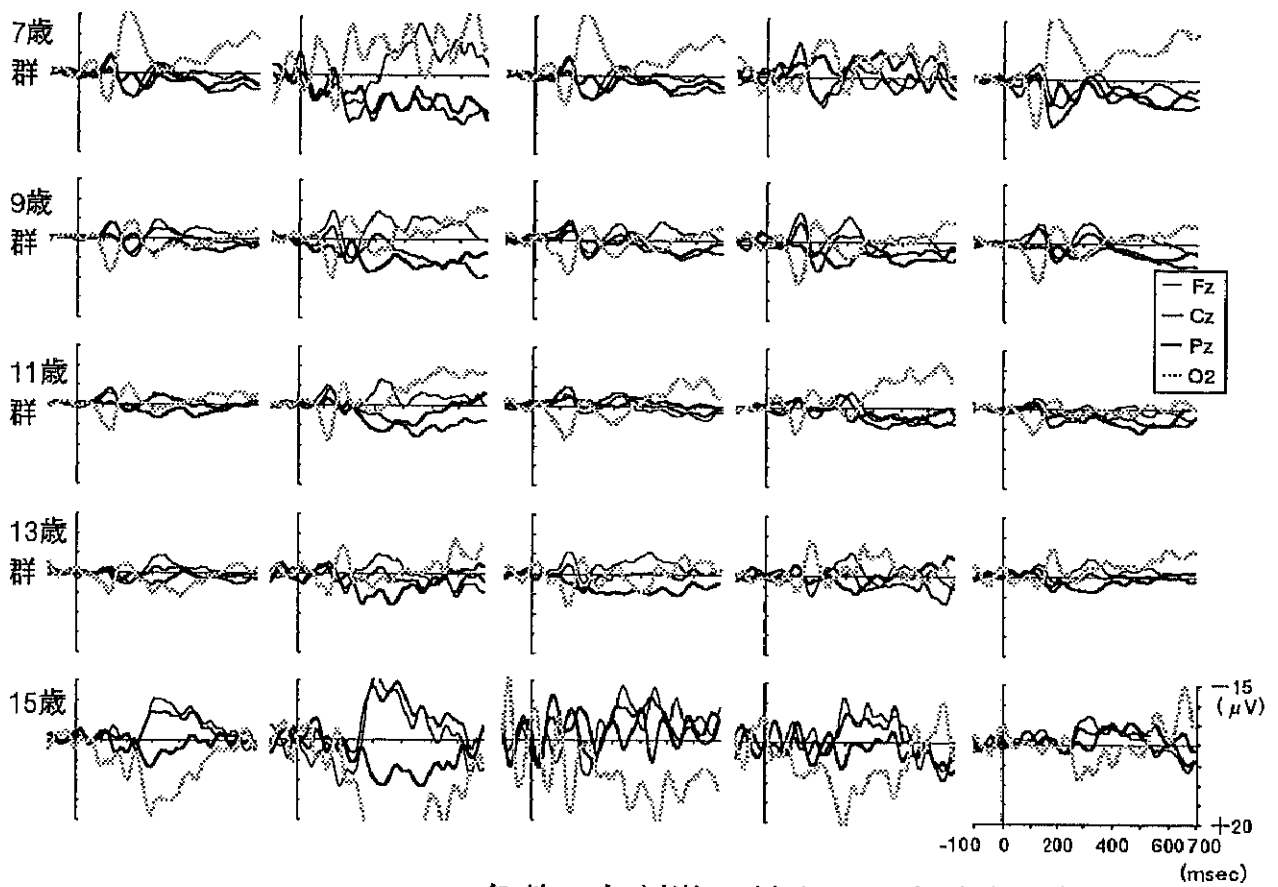


Fig. 3.3.2.3 Middle ISI 条件の各刺激に対する正中線上 3 部位と
右後頭部での ERP 総加算平均波形

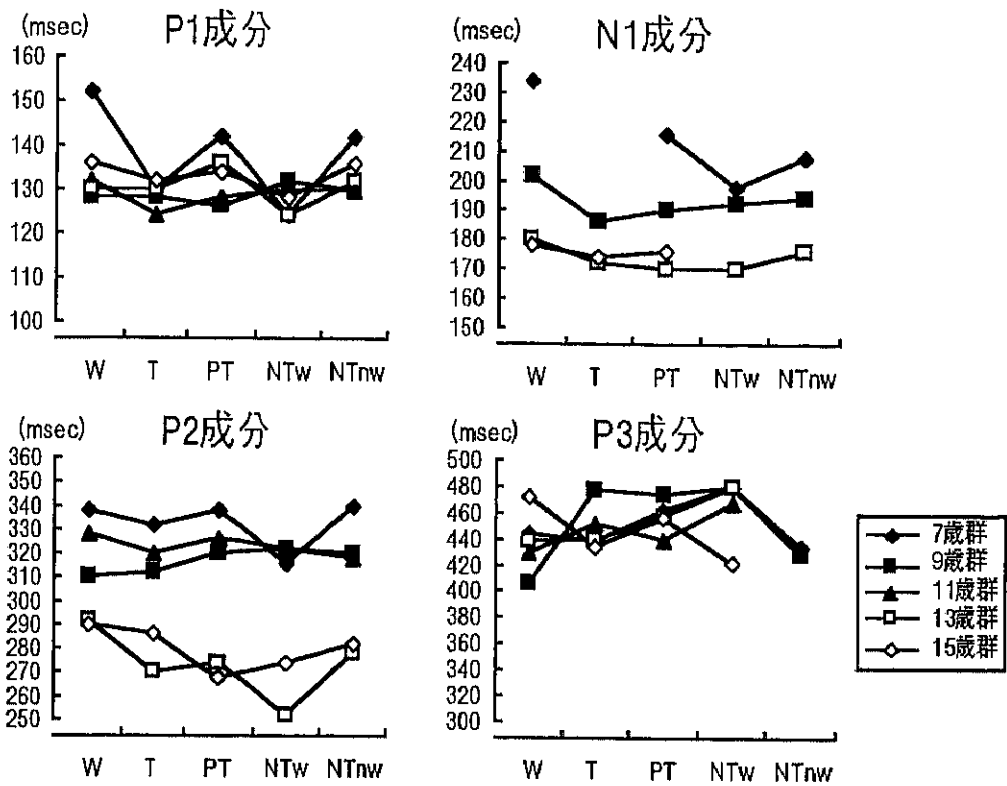
分に相当する GFP 曲線ならびに ERP 波形のピークは不明瞭であった。N1 成分は ADHD 児 7, 9, 11, 13 歳群では刺激条件にかかわらず GFP 曲線にピークが認められ、ERP 波形にも後頭部優位で認められ、潜時は健常児のうち N1 が明瞭に認められた 7, 9, 13 歳群とほぼ同じであった。続く P2 成分は健常児と同じく、年齢群ならびに刺激条件にかかわらず GFP 曲線にピークを認めた。ERP 波形上において健常児 7, 9 歳群に認められた刺激条件間での部位間の振幅差は ADHD 児では一定ではなかった。P3 がもっとも明瞭に出現したのは健常児と同じ標的刺激に対してであり、ERP 波形上でも頭頂—中心部優位であった。同様の分布は低振幅ながら警告刺激、偽標的刺激に対しても認められ、GFP 曲線上のピークが ADHD 児 13, 15 歳群では健常児より明瞭となった。警告直後の非標的刺激に対する P3 成分も健常児と同様に認められ、ERP 波形上で部位間の振幅差に差がないことも共通していた。警告が先行しない非標的刺激に対しても遅い潜時で同様の分布を示す P3 成分が認められた。

健常児と ADHD 児における各刺激条件に対する ERP 成分の潜時を年齢群別に Fig. 3.3.2.4 に示した。健常児の潜時と比較すると、P1 成分に年齢群間の差が認められないのは共通していた。N1 ならびに P2 成分は健常児においては年齢の上昇にともなう潜時の短縮が認められたが、ADHD 児では一定しなかった。また、健常児に認められた警告刺激に対する P1, N1 成分の潜時の延長は 11, 13 歳群と 15 歳の 1 名に認められた。また健常児の P3 成分で認められた警告直後の刺激に対する潜時の延長は ADHD 児においては 13 歳群と 15 歳の 1 名で認められたが、他の年齢群では一定しなかった。

ISI 条件別にみた GFP と ERP 波形

Fig. 3.3.2.5 に標的刺激に対する ADHD 児と健常児の各年齢群における GFP 曲線を示した。Fig. 3.3.2.6 に正中線上 3 部位 (Fz, Cz, Pz) ならびに右後頭部 (O2) における ERP 総加算平均波形を示した。P1 成分は健常児と同じく ISI 条件にかかわらず年齢の上昇とともに GFP 曲線上のピークが不明瞭となり、ERP 波形においては振幅が低下した。N1 成分も健常児と同様に年齢の上昇と ISI の延長にともない GFP 曲線におけるピークが明確となり、この様相は ERP 波形、Fig. 3.3.2.7 に示した O2 導出の N1 成分のピーク振幅においても同様に認められた。P2 成分は全年齢群において GFP 曲線上で健常児とほぼ同じ潜時帯にピークが認められた。ERP 波形上における P2 成分は基本的に Short ISI 条件で後頭部優位、それ以外の条件で後頭—頭頂部優位で認められたが、年齢群間で一致しなかった。P3 成分は ISI 条件、年齢群にかかわらず GFP 曲線上にピークが認められた。ERP 波形上では 13 歳群の Short, 15 歳群の Short, Middle ISI 条件が後頭部優位である以外はすべて頭頂—中心部優位であり、健常児 7, 9, 11 歳群に認められた Short ISI 条件における振幅の低下は ADHD 児では 7, 9 歳群のみに認められた。健常児、ADHD 児の各年齢群における P1, N1, P2 ならびに P3 成分の GFP 曲線でのピーク潜時を ISI 条件別に Fig. 3.3.2.8 に示した。

健常見



ADHD 児

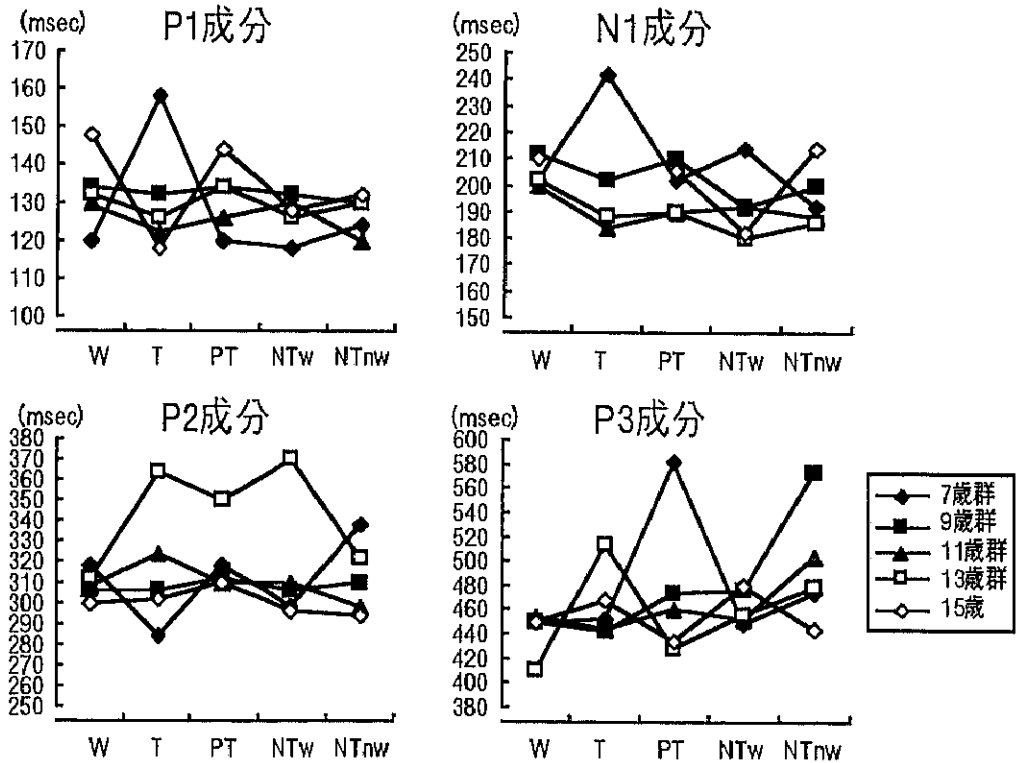


Fig. 3.3.2.4 各刺激条件に対するP1, N1, P2ならびにP3成分のGFP曲線でのピーク潜時

W…警告刺激

T…標的刺激

PT…偽標的刺激

NTw…警告直後の非標的刺激

NTnw…警告が先行しない非標的刺激 をあらわす。

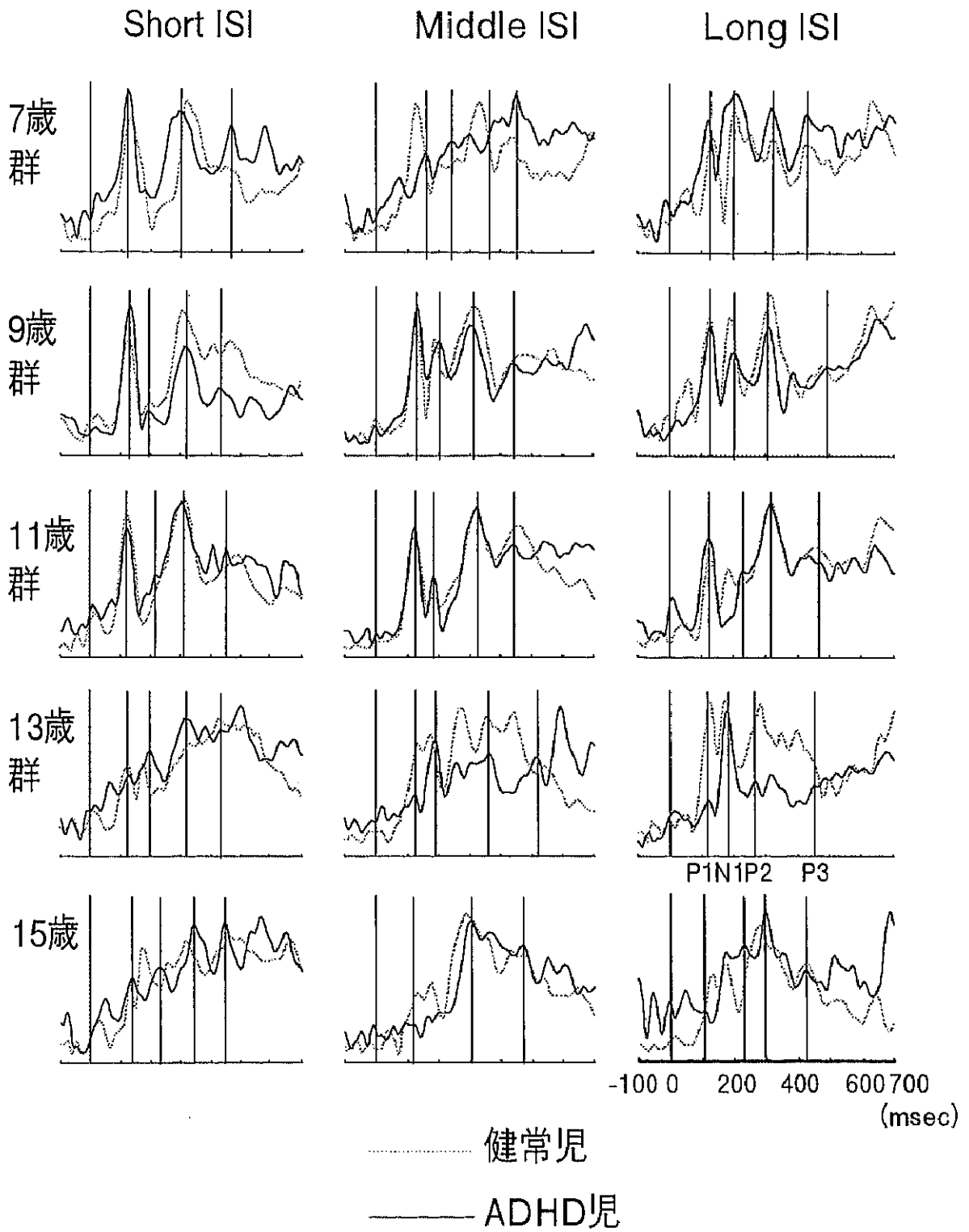
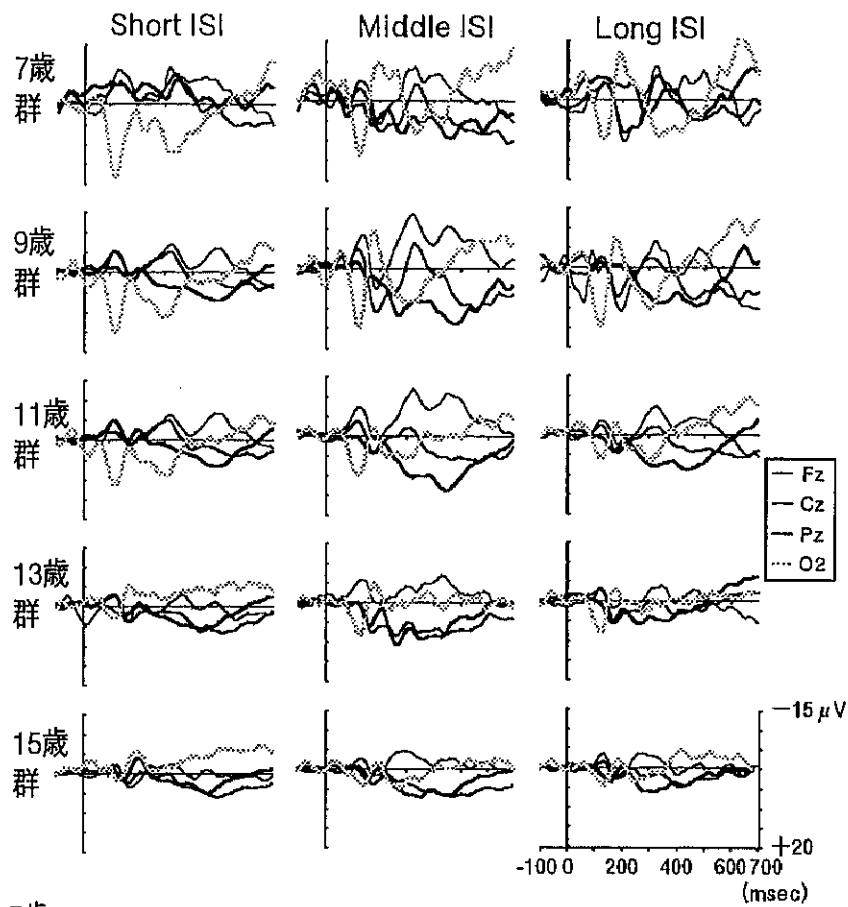


Fig. 3.3.2.5 標的刺激における各ISI条件に対するGFP曲線
 縦線は同定された成分とその潜時をあらわす。

健常児



ADHD 児

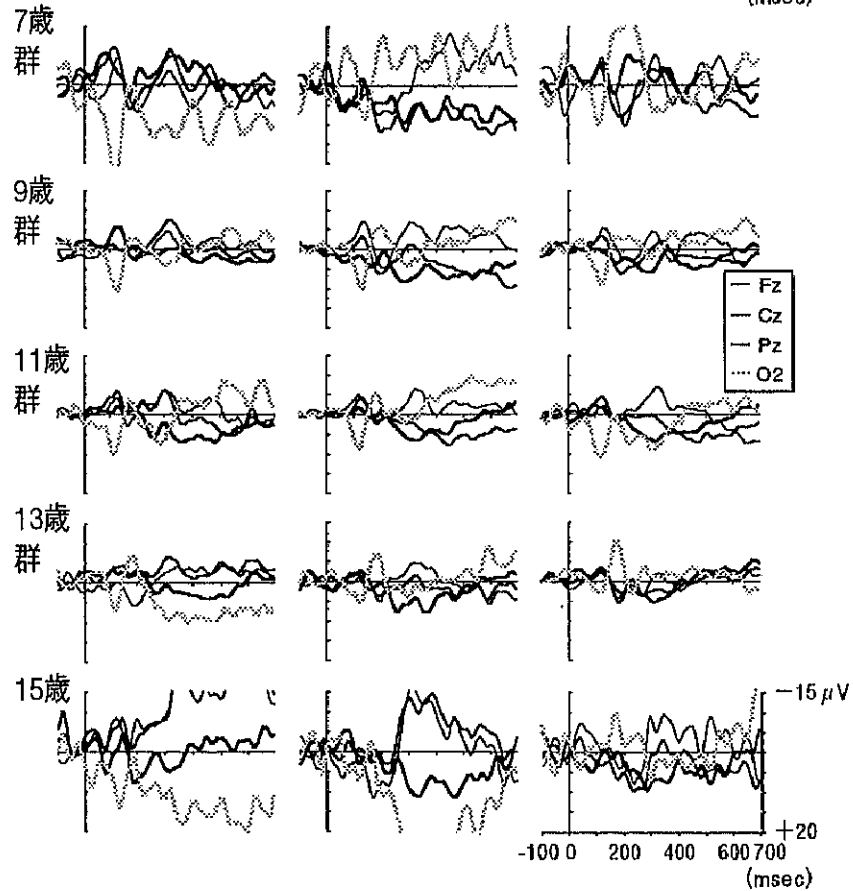


Fig. 3.3.2.6 標的刺激における各 ISI 条件に対する正中線上 3 部位
ならびに右後頭部における ERP 総加算平均波形

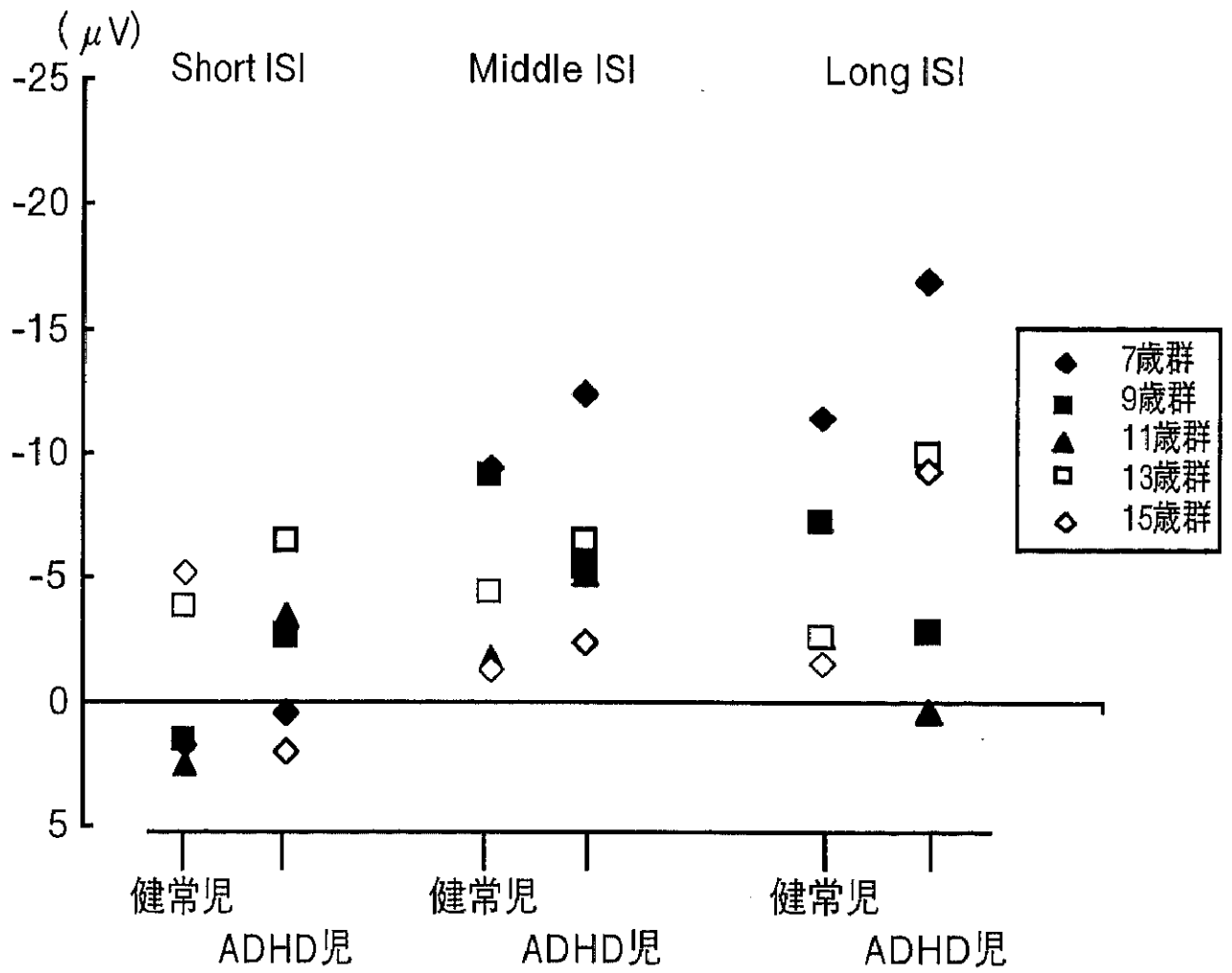
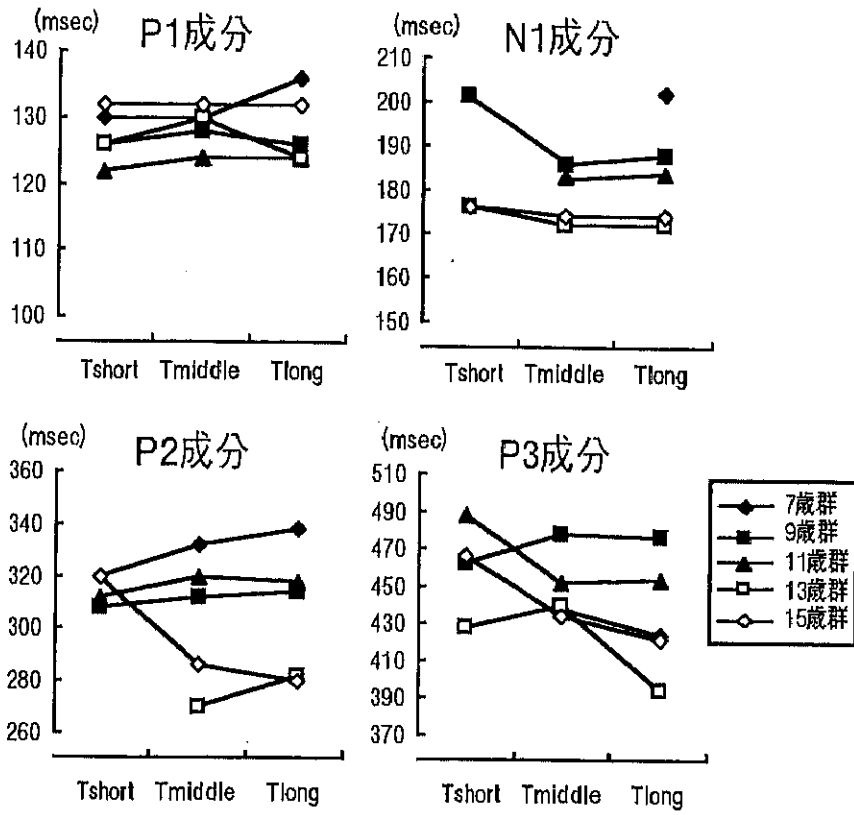


Fig. 3.3.2.7 各 ISI 条件の標的刺激に対する N1 成分の平均振幅 (O2 導出)

健常見



ADHD児

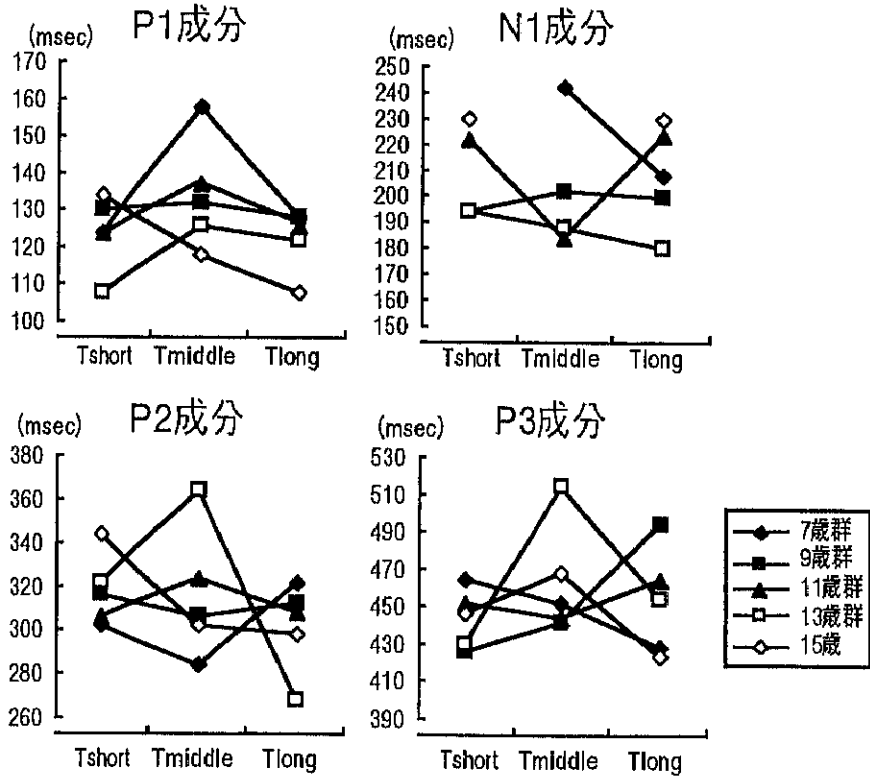


Fig. 3.3.2.8 標的刺激における各 ISI 条件に対する P1, N1, P2 ならびに P3 成分の GFP 曲線でのピーク潜時

Tshort…標的刺激 Short ISI 条件
 Tmiddle…同 Middle ISI 条件
 Tlong…同 long ISI 条件 をあらわす。

ADHD児におけるP1成分の潜時は年齢群間の差が明確ではなく、7、9歳群においてはMiddle ISI条件で潜時が延長した。これ以外の年齢群ではISI条件間で大きな潜時の差はなかった。N1成分も健常児に認められた年齢群間の差ははっきりしなかった。P2成分においては健常児の13歳群に認められたISIの延長にともなうP2成分の潜時短縮がADHD児13歳群にも認められたが、年齢群間の差は健常児ほど明確ではなかった。P3成分においては健常児同様、ISI条件間の潜時差は年齢群で一貫しなかった。また健常児に認められたISI延長にともなう潜時の短縮はADHD児には認められず、13歳群のMiddle ISI条件において潜時の延長を認めた。

警告直後の非標的刺激に対するADHD児と健常児の各年齢群におけるGFP曲線をFig. 3.3.2.9に、正中線上3部位(Fz, Cz, Pz)ならびに右後頭部(O2)におけるERP総加算平均波形をFig. 3.3.2.10に示した。ADHD児におけるP1, N1成分の出現様相は健常児と同様、標的刺激とほとんど変化がなかった。N1成分のISI延長にともなう振幅の増大もADHD児13歳群において認められた。P2成分は7, 9, 11歳群においてはISI条件にかかわらずGFP曲線上にピークが認められ、ERP波形上でも標的刺激に類似する後頭-頭頂部優位が認められた。これに対して13, 15歳群ではGFP曲線上のP2成分のピークは不明瞭であったが、ERP波形においては頭頂部優位で出現していた。P3成分についてISI条件別にERP波形をみると、9, 11歳群においてはShort ISI条件ではP3成分はほとんど出現しておらず、Middle, Long ISI条件においては9歳群では頭頂部優位、11歳群では中心部優位のP3成分が出現した。これに対し、13歳群ではShort ISI条件で後頭-頭頂部優位のP3成分が認められたとともにMiddle ISI条件でのP3成分は部位間の振幅に差がなく、Long ISI条件では完全に中心-前頭部優位のP3成分が出現した。15歳の1名ではP3成分の様相は一定ではなかった。健常児とADHD児の各年齢群におけるP1, N1, P2ならびにP3成分のGFP曲線でのピーク潜時をISI条件別にFig. 3.3.2.11に示した。P1成分においては15歳群でISI延長にともない潜時の延長を認めたが、それ以外の群ではISI条件間に潜時差は認められなかった。N1成分の潜時における様相は標的刺激とほぼ同じであった。P2成分においては標的刺激と同様、ISI条件の間に潜時の差はほとんどなかった。P3成分においては健常児ならびに標的刺激条件と同様、ISI条件間の潜時差は年齢群で一貫しなかった。

頭皮上分布とCentroid

Fig. 3.3.2.12に健常児, ADHD児の各年齢群におけるISIが変化しない3刺激(警告刺激: Fig. 3.3.2.12A, 偽標的刺激: Fig. 3.3.2.12B, 警告が先行しない非標的刺激: Fig. 3.3.2.12C)に対する刺激呈示後100msecから700msecまで、26msecごとのERPの頭皮上電位分布図をに示した。ADHD児においても側頭-後頭領域優位のP1成分は刺激条件にかかわらず出現し、また年齢の上昇にともない振幅が低下した。N1成分は15歳のADHD児では明確ではなかったが、これ

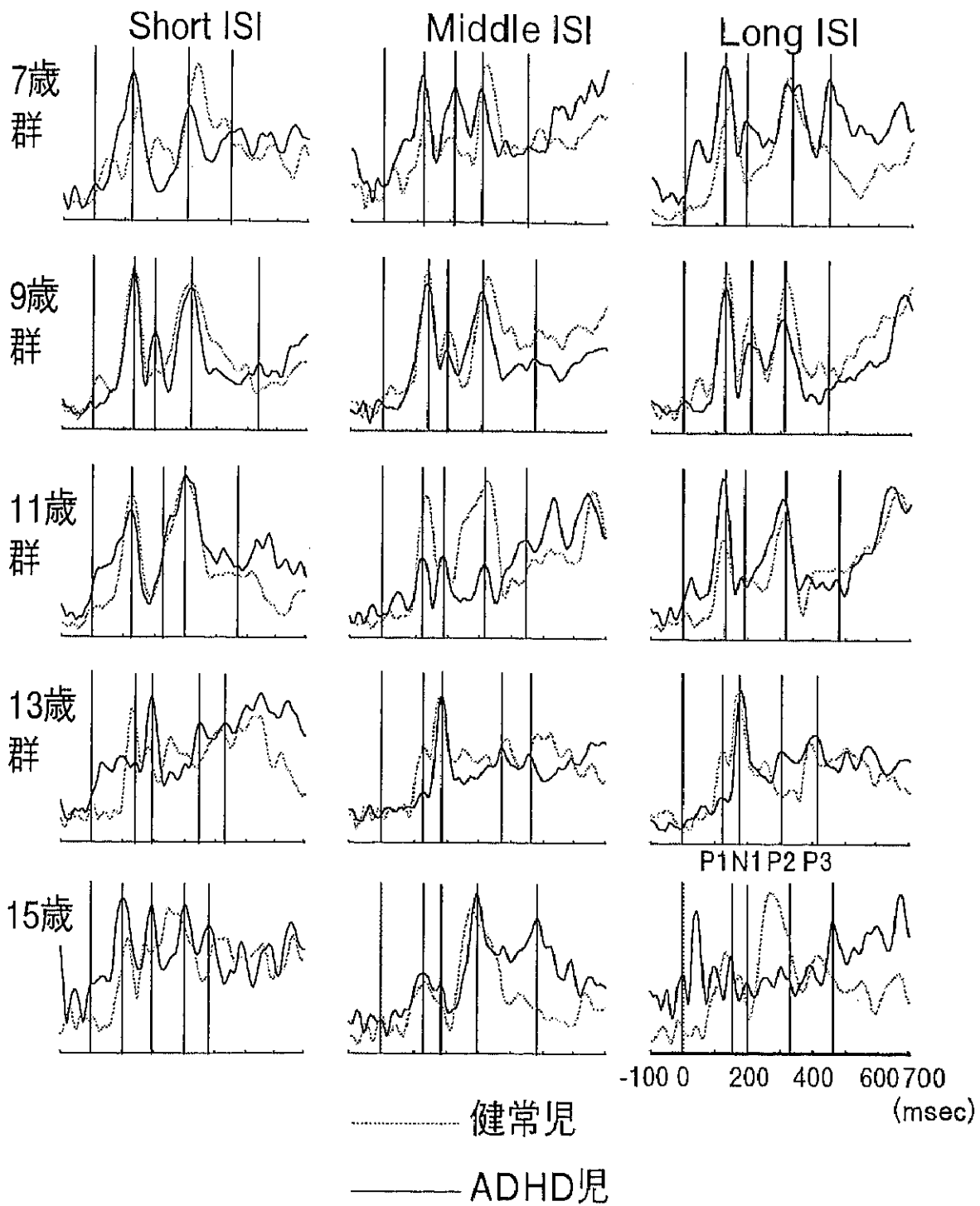
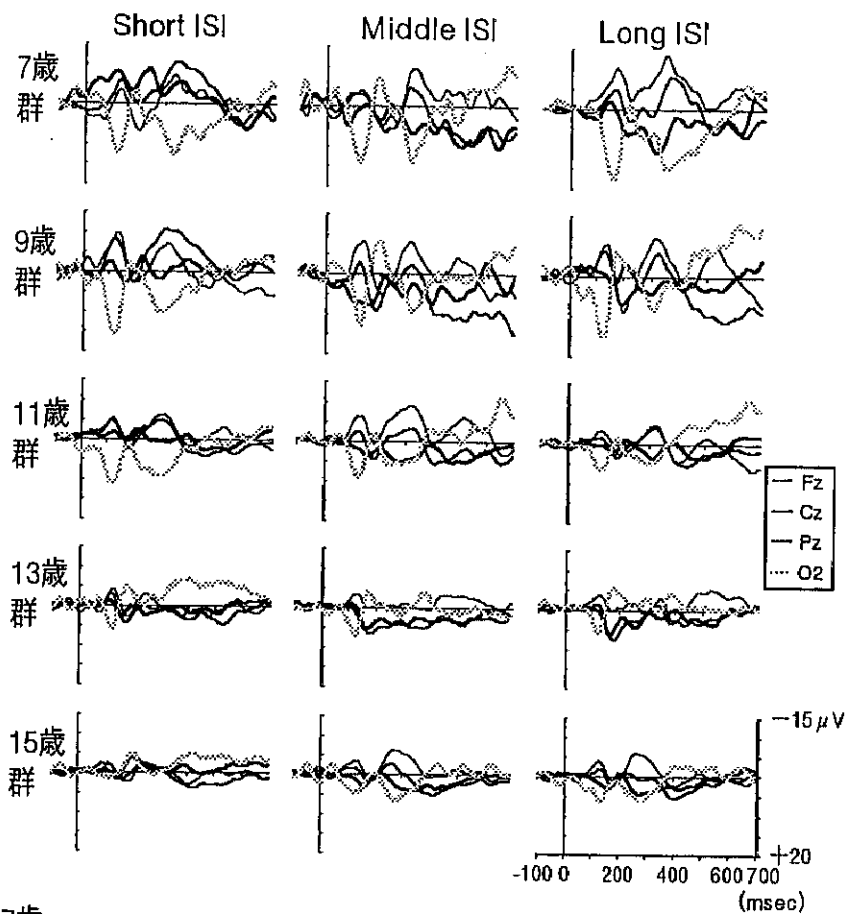


Fig. 3.3.2.9 警告直後の非標的刺激における各 ISI 条件に対する GFP 曲線
 縦線は同定された成分の潜時をあらわす。

健常児



ADHD 児

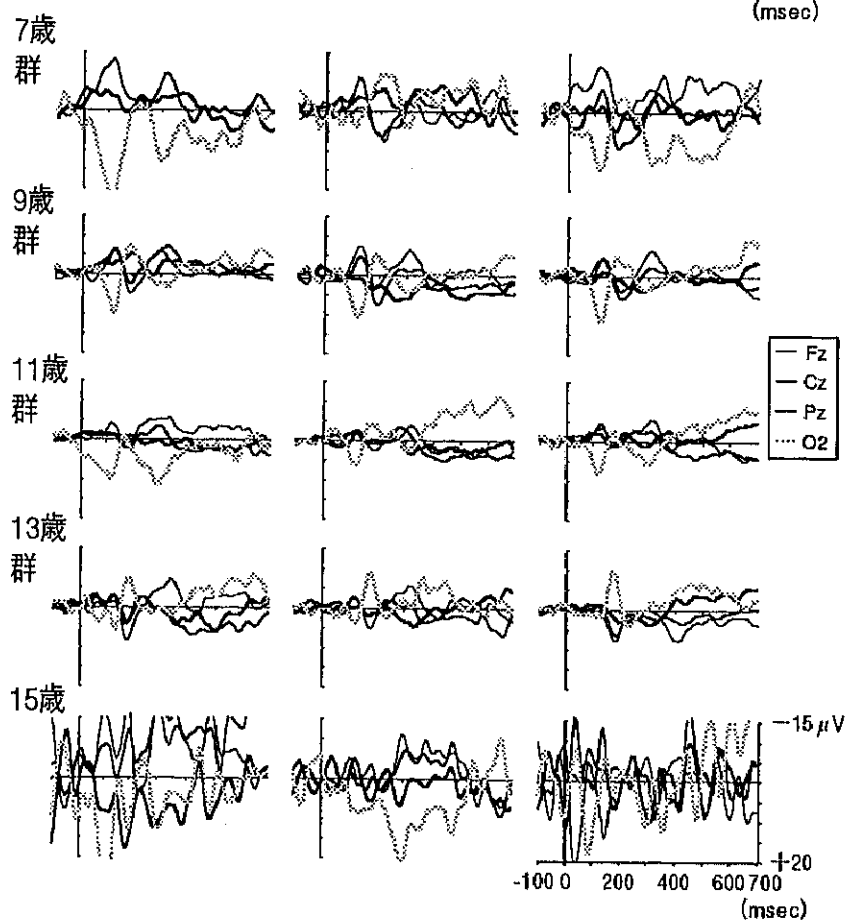


Fig. 3.3.2.10 警告直後の非標的刺激における各 ISI 条件に対する正中線上3部位と右後頭部における ERP 総加算平均波形

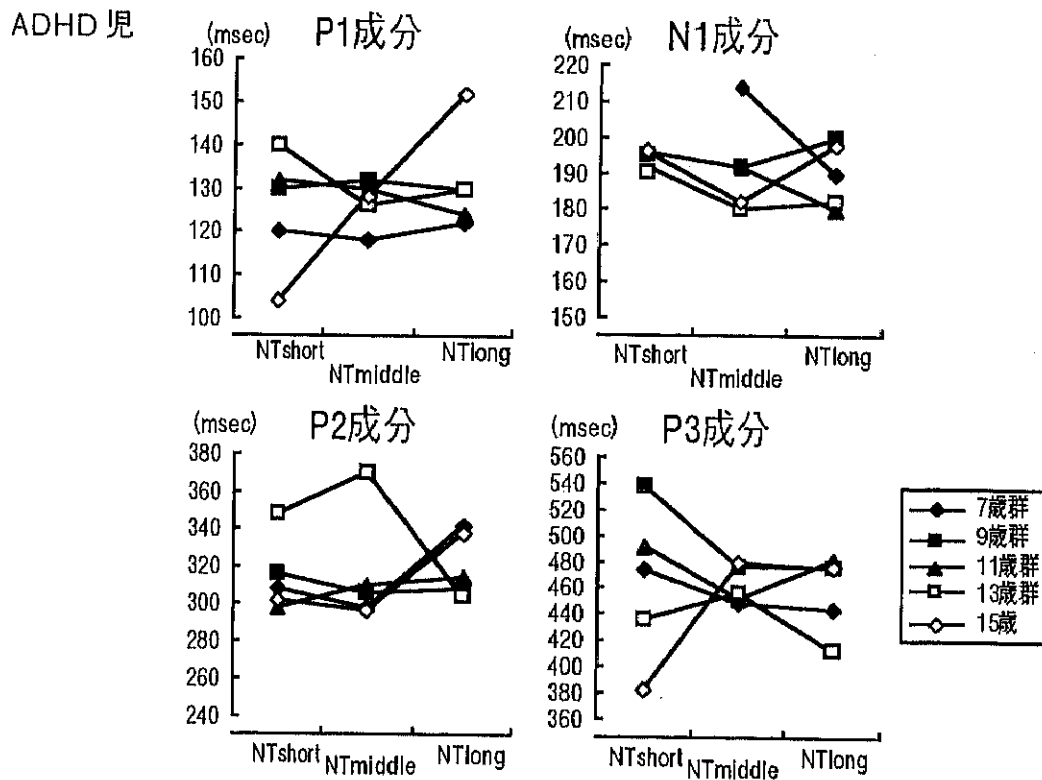
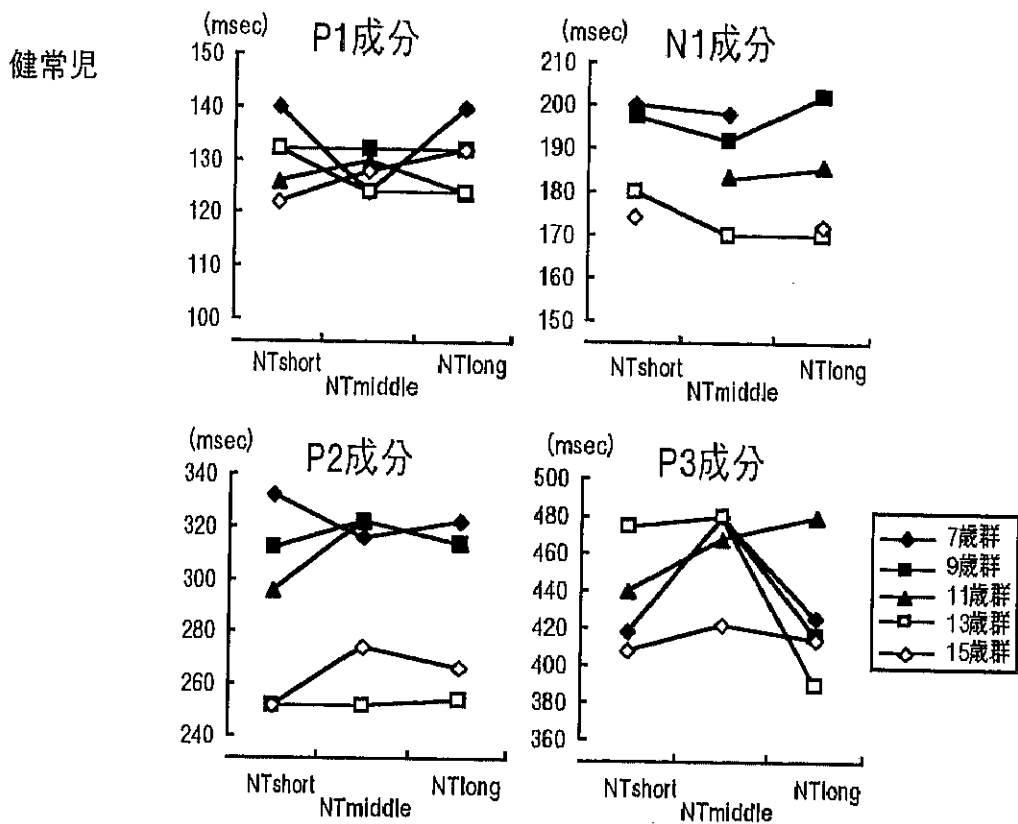


Fig. 3.3.2.11 警告直後の非標的刺激での各 ISI 条件に対する P1, N1, P2 ならびに P3 成分の GFP 曲線でのピーク潜時

NTshort…警告直後の非標的刺激 Short ISI 条件
 NTmiddle…同 Middle ISI 条件
 NTlong…同 long ISI 条件 をあらわす。

以外のADHD児の各年齢群と健常児においては刺激条件、年齢群にかかわらず側頭一後頭領域優位で認められ、中心一前頭領域においては陽性となっており、電場の逆転が認められた。P2成分は健常児、ADHD児ともに7、9、11歳群においては刺激条件にかかわらず側頭一後頭領域優位で認められたが、13歳群では後頭領域から前方方向にピークがシフトした。このシフトは健常児15歳群、ADHD児の15歳1名では認められず、再び側頭一後頭領域優位となった。また、刺激条件にかかわらずADHD児のP2成分は健常児に比べ低振幅であった。P3成分は健常児、ADHD児ともに3刺激条件すべてに対して頭頂一中心領域優位のP3成分が出現したが、ADHD児においては同年齢の健常児にくらべやや振幅が低下した。これら3条件の中でもっともP3成分が明瞭に出現したのは健常児、ADHD児ともに偽標的刺激であった。

標的刺激に対する刺激呈示後100msecから700msecまで、26msecごとのERPの頭皮上電位分布図をISI条件別にFig. 3.3.2.13 (Short ISI : Fig. 3.3.2.13A, Middle ISI : Fig. 3.3.2.13B, Long ISI : Fig. 3.3.2.13C) に示した。ADHD児におけるP1成分の出現様相はISIが変化しない3刺激、健常児とほぼ同じであり、頭皮上分布も同じく側頭一後頭領域優位であった。N1成分の頭皮上分布も健常児と同様の後頭一側頭領域優位を示したが、健常児に認められたISIの延長に伴う振幅増大は13歳群、15歳の1名でのみ認められ、これ以外の群では一定しなかった。P2成分における年齢群間、ISI条件間の違いは9、11、13歳群においては健常児と同様に認められ、13歳群における後方から前方方向へのピークのシフトも同様であったが、Short ISI条件においてはADHD児におけるP2成分はいずれも側頭一後頭領域優位を示した。7歳群、15歳の1名においてはこのような条件間の違いは認められなかった。P2成分からP3成分までが出現する潜時帯での頭皮上分布の変化をより詳細に観察するため、Middle ISI条件の刺激呈示後200msecから400msecまで、16msecごとのERPの頭皮上電位分布図をFig. 3.3.2.14に示した。P3成分はShort ISI条件 (Fig. 3.3.2.13A) においては13歳群以外では明確でなく、P2成分における側頭一後頭優位がP3成分の出現潜時帯まで続いて認められた。Middle ISI条件 (Fig. 3.3.2.13B) ではいずれの年齢群においても頭頂領域優位のP3が明瞭に出現し、年齢の上昇とともに持続時間が短縮した。Long ISI条件 (Fig. 3.3.2.13C) でも基本的に同様の頭皮上分布のP3成分が出現したが、健常児と同様に、13歳群においてはその持続時間はMiddle ISI条件にくらべ短縮した。15歳の1名においては頭頂一中心領域優位のP3成分はLong ISI条件のみ認められた。各ISI条件での刺激呈示後300msecから700msecまでの潜時帯におけるY軸方向(前後)の陽性CentroidをFig. 3.3.2.15に示した。いずれの年齢群、ISI条件においてもP3成分に相当する陽性Centroidは後頭一頭頂から前方方向に消失したが、年齢が低いほど、またISIが短いほど陽性Centroidは頭頂から中心領域で持続しており、P3成分が長時間にわたって出現している点が注目された。

Fig. 3.3.2.16に警告直後の非標的刺激に対する刺激呈示後100msecから700msecまで、26msecごとのERPの頭皮上電位分布図をISI条件ごと (Short ISI : Fig. 3.3.2.16A, Middle ISI :

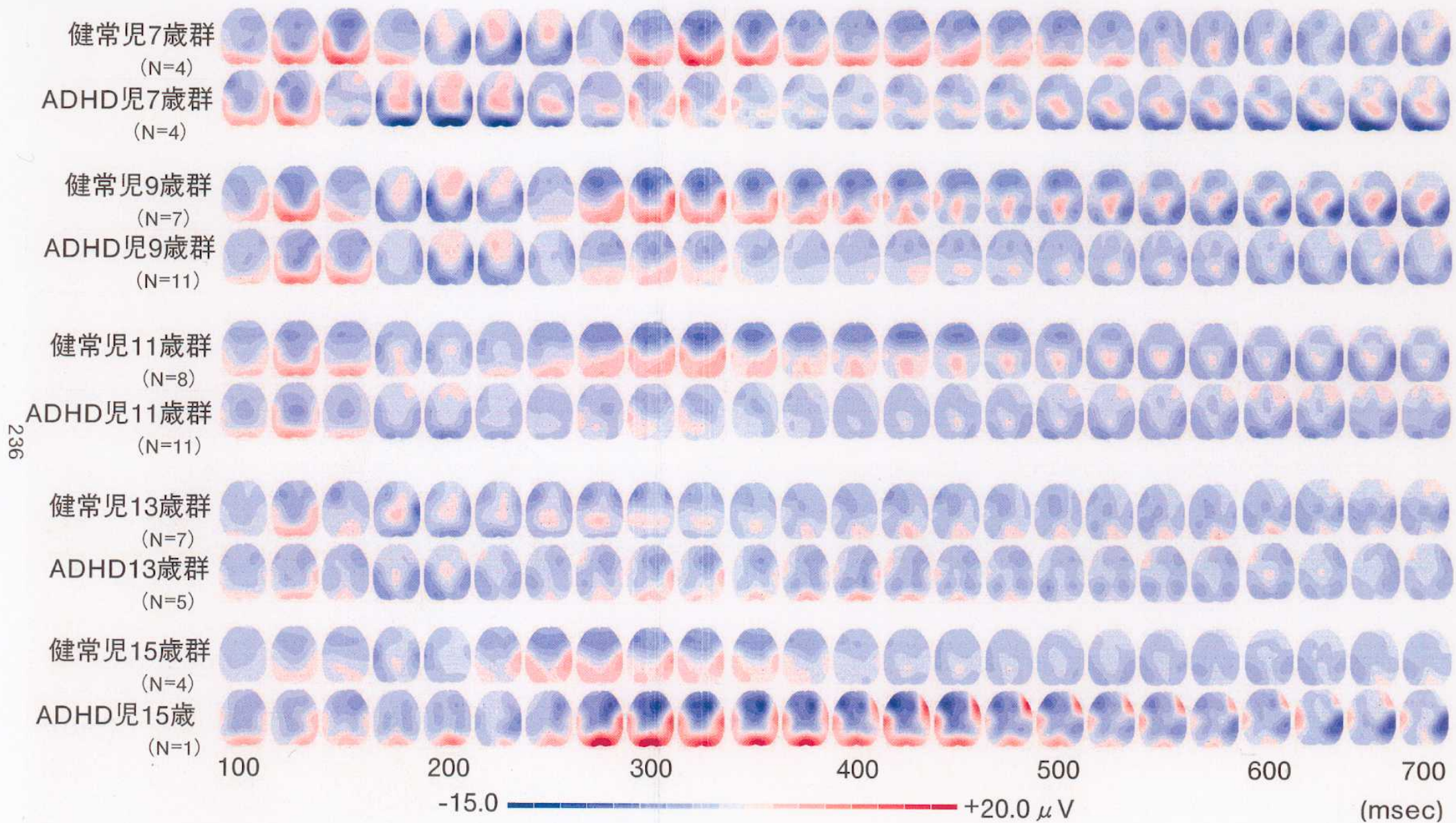


Fig. 3.3.2.12A 健常児・ADHD児における警告刺激に対するERPの頭皮上電位分布図

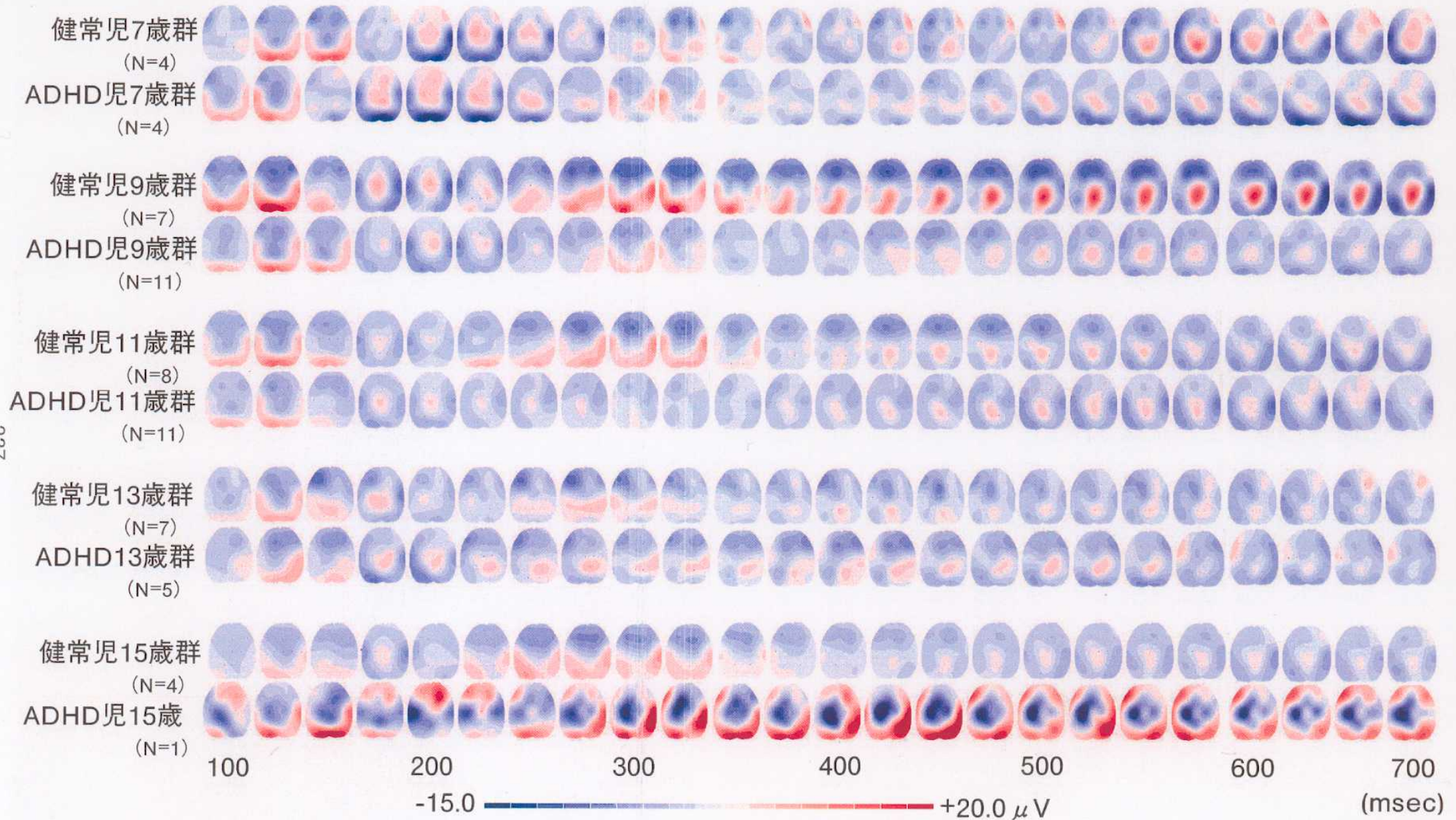


Fig. 3.3.2.12B 健常児・ADHD児における偽標的刺激に対するERPの頭皮上電位分布図

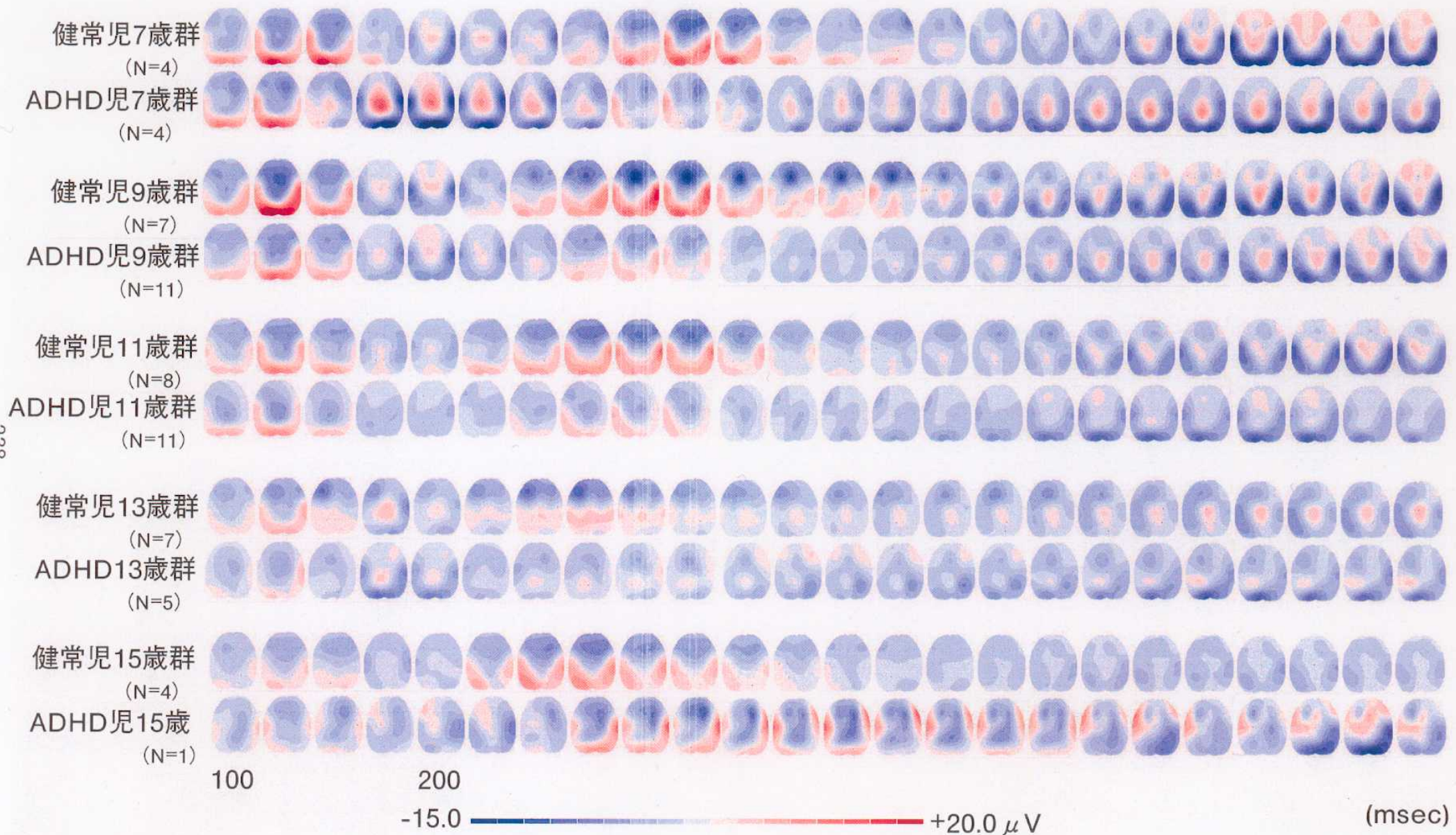


Fig. 3.3.2.12C 健常児・ADHD児における警告が先行しない非標的刺激に対するERPの頭皮上電位分布図

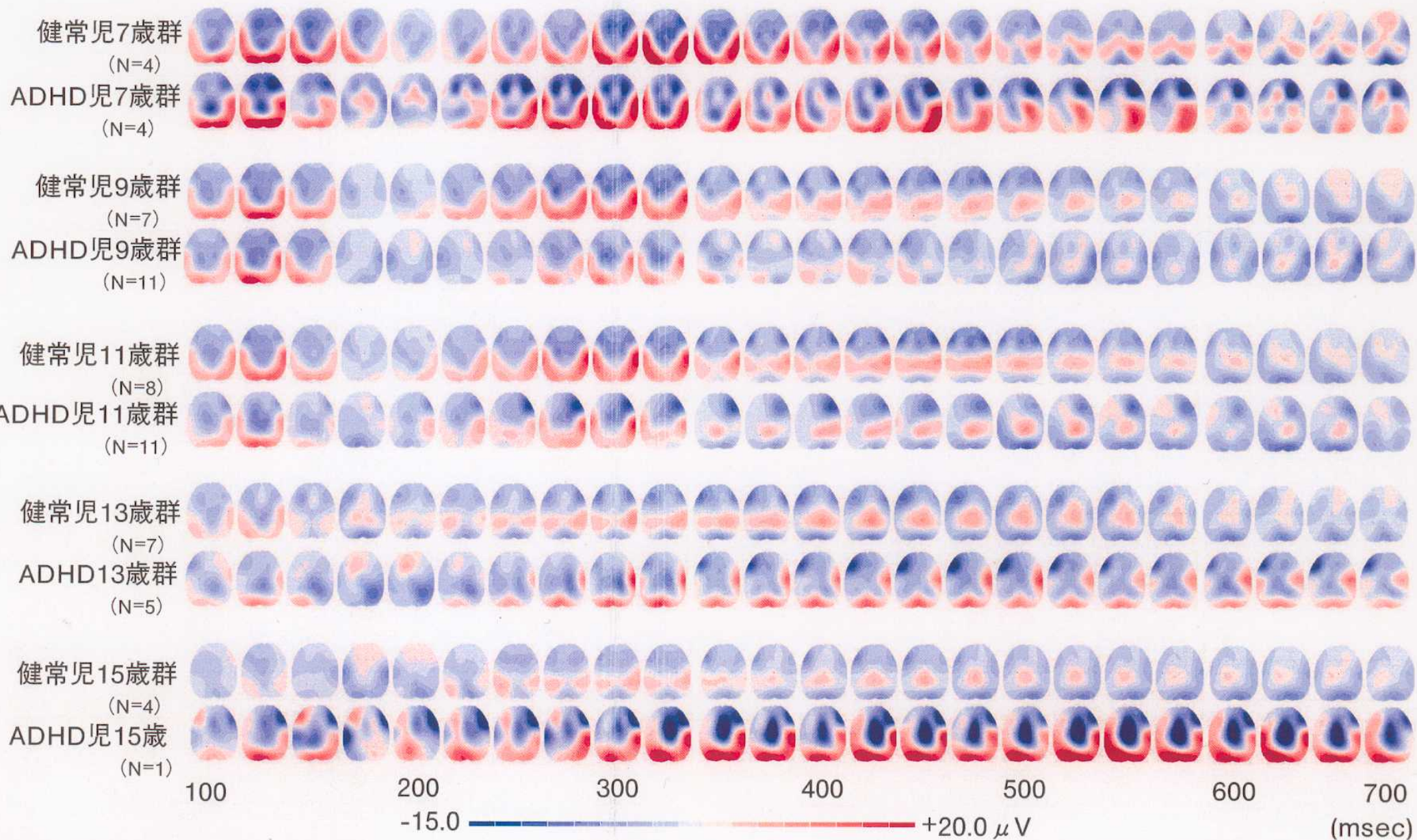


Fig. 3.3.2.13A 健常児・ADHD児における標的刺激 (Short ISI) に対するERPの頭皮上電位分布図

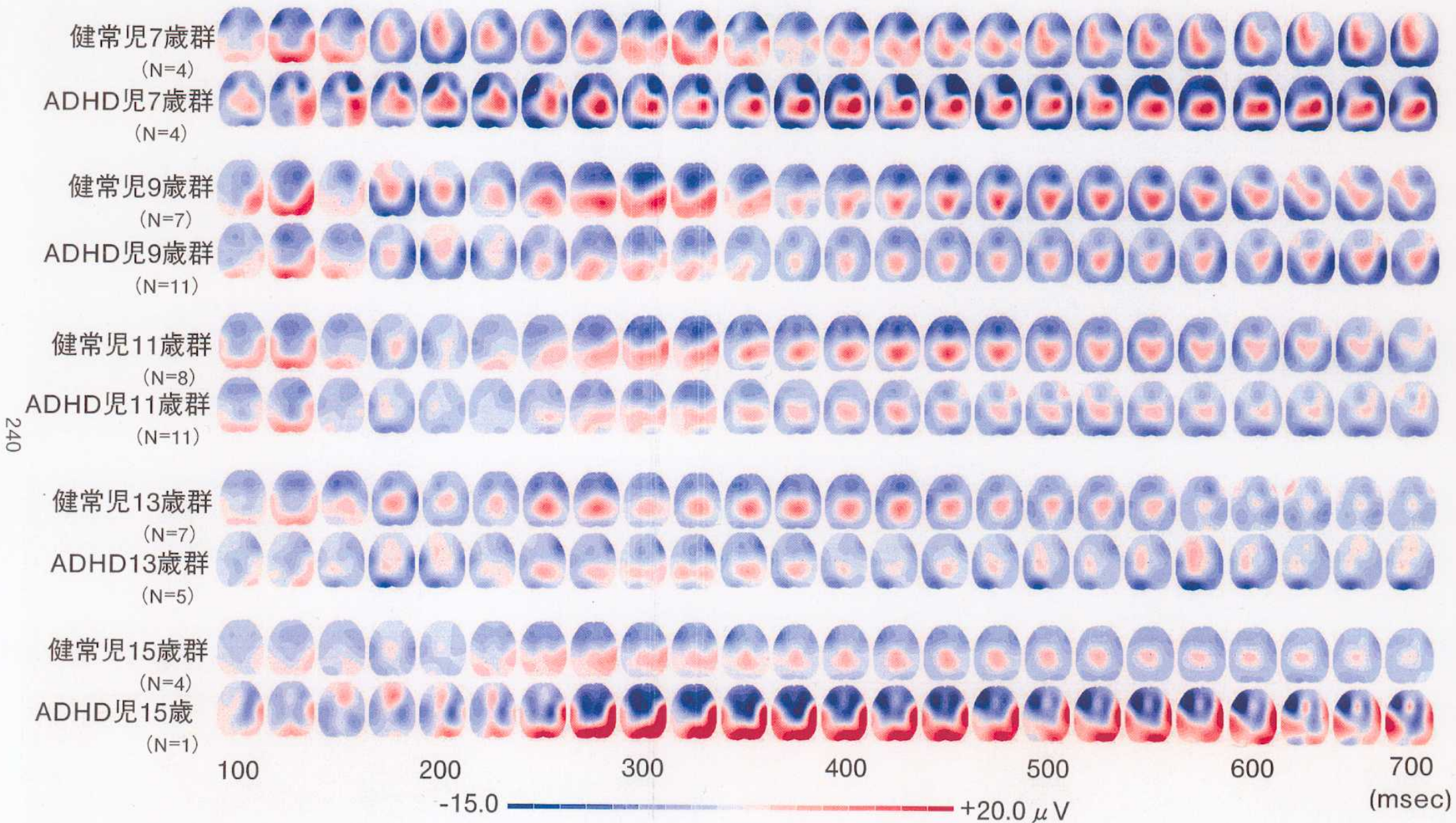


Fig. 3.3.2.13B 健常児・ADHD児における標的刺激 (Middle ISI) に対するERPの頭皮上電位分布図

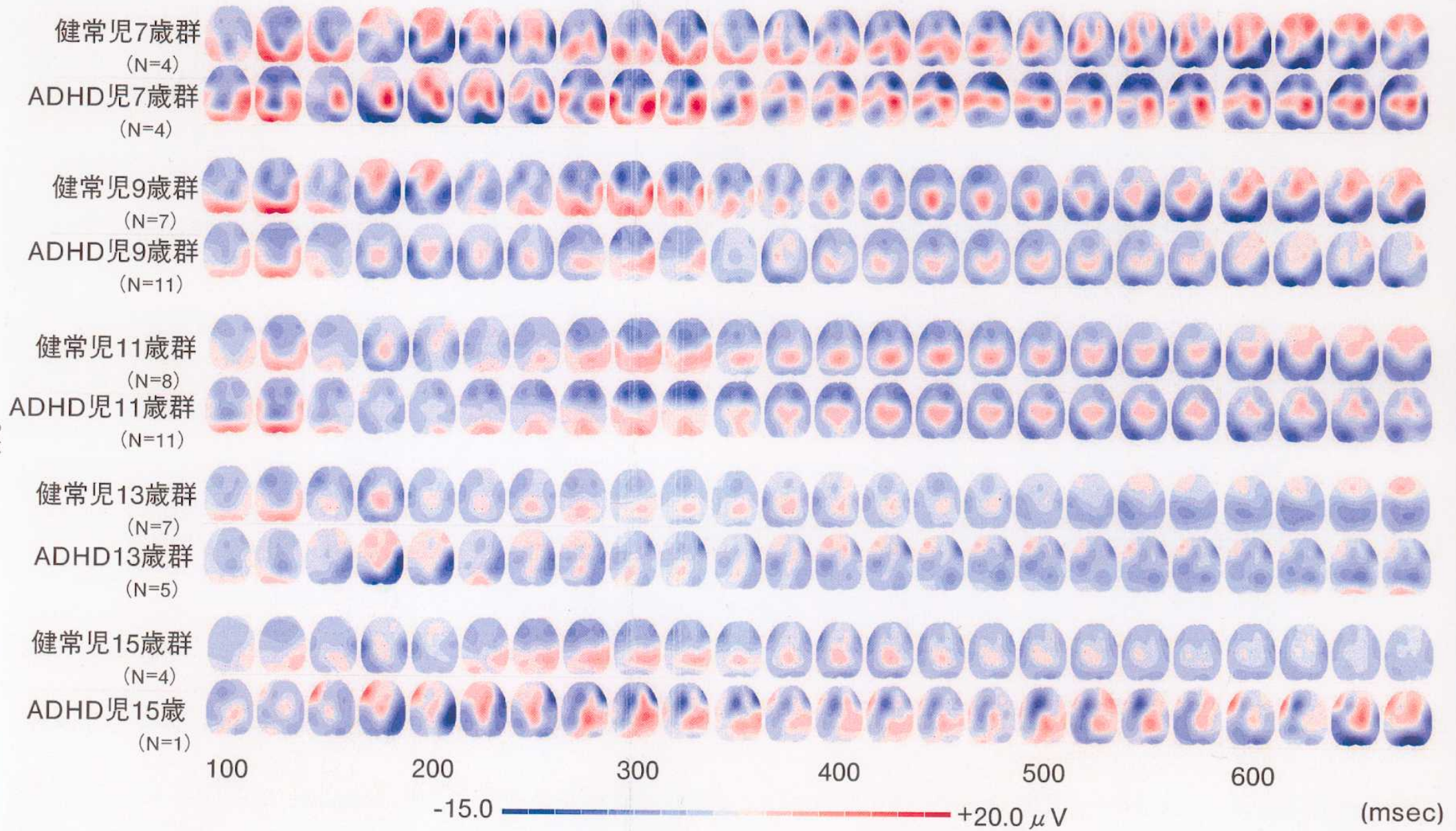


Fig. 3.3.2.13C 健常児・ADHD児における標的刺激 (Long ISI) に対するERPの頭皮上電位分布図

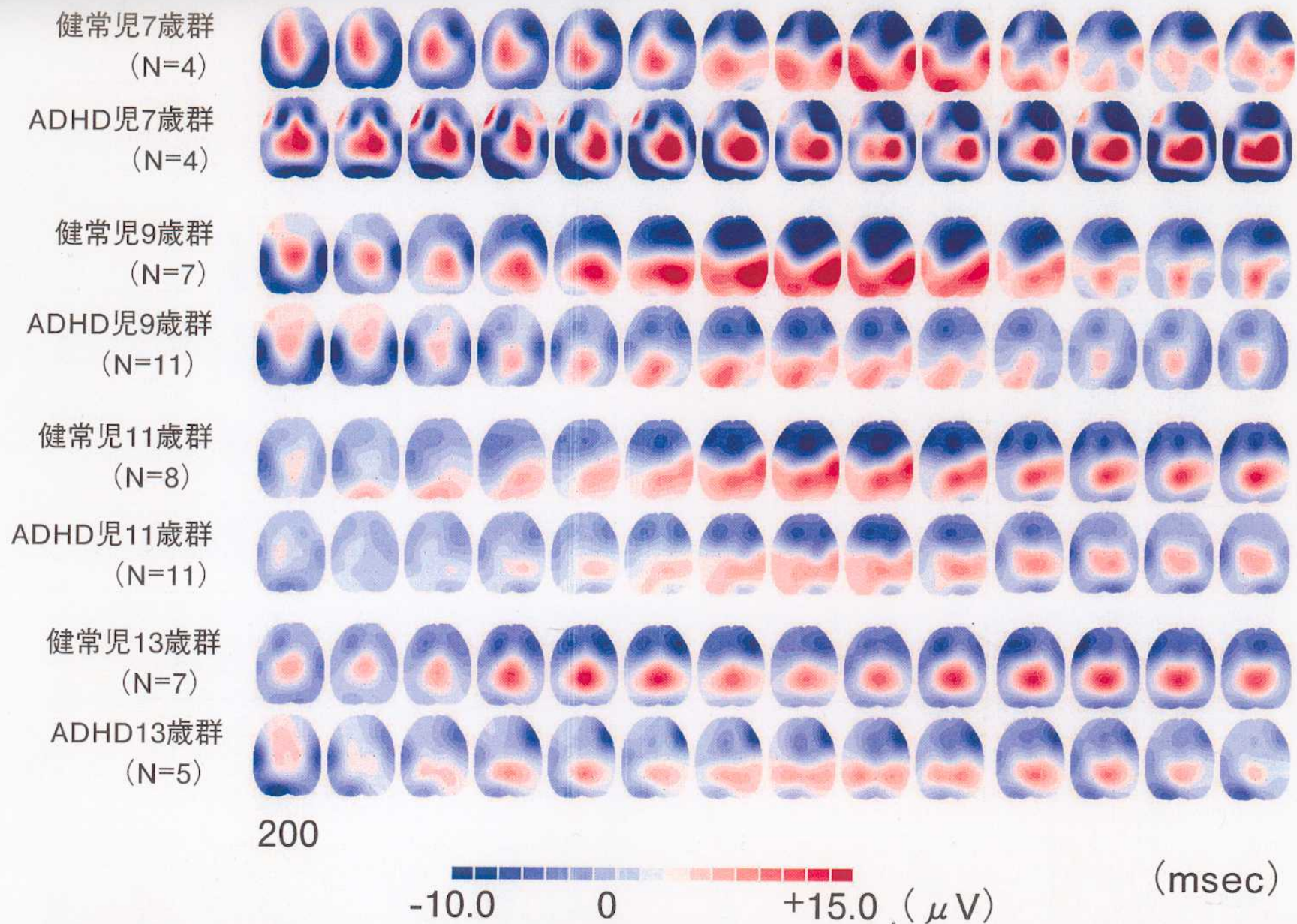


Fig. 3.3.2.14 標的刺激 (Middle ISI) に対する刺激呈示後200~400msecでの16msecごとの平均頭皮上電位分布図

15歳のADHD児は1名のみのためここでは13歳群までのデータのみ示した。

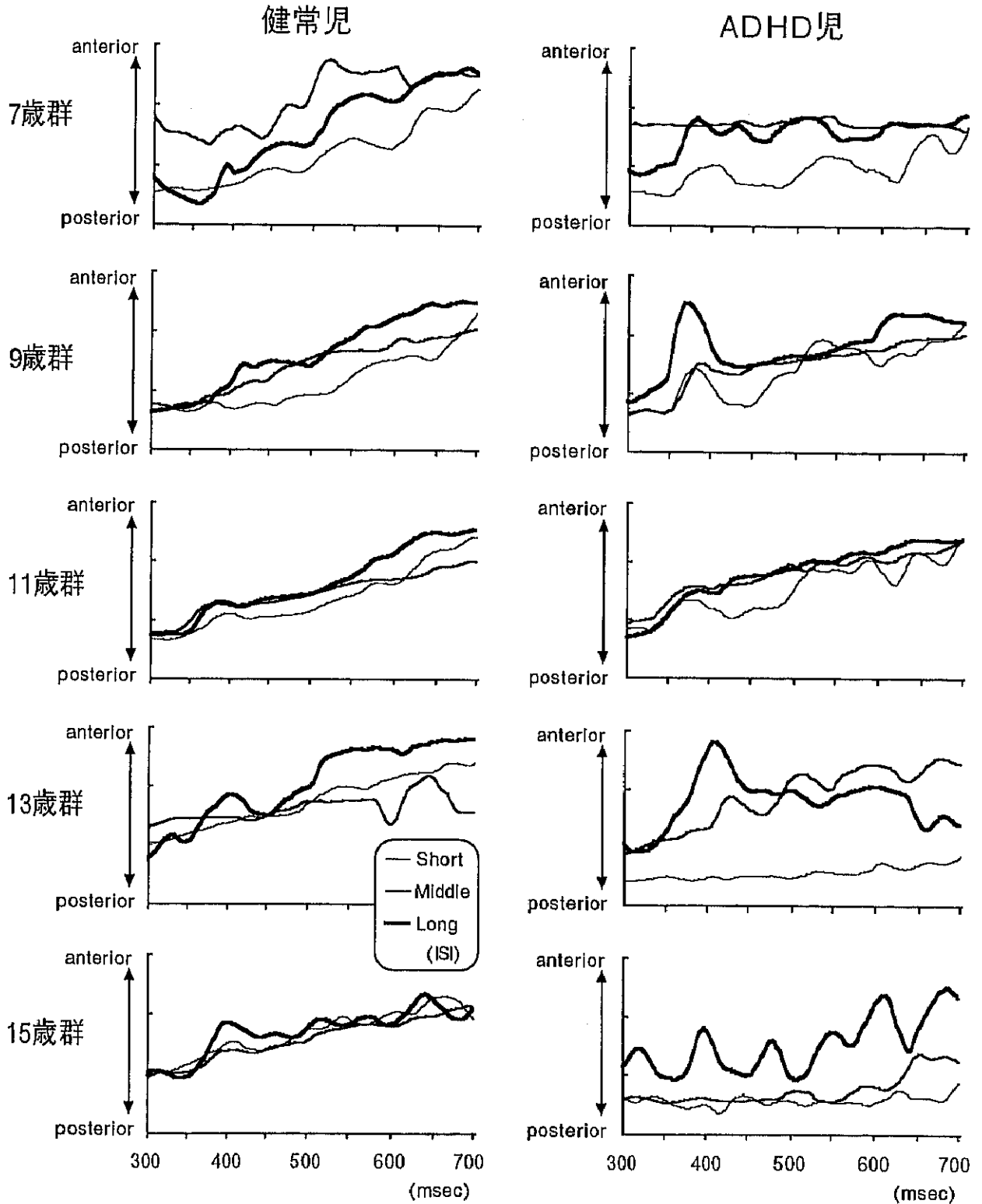


Fig. 3.3.2.15 標的刺激に対する Y 軸方向の陽性 Centroid の推移

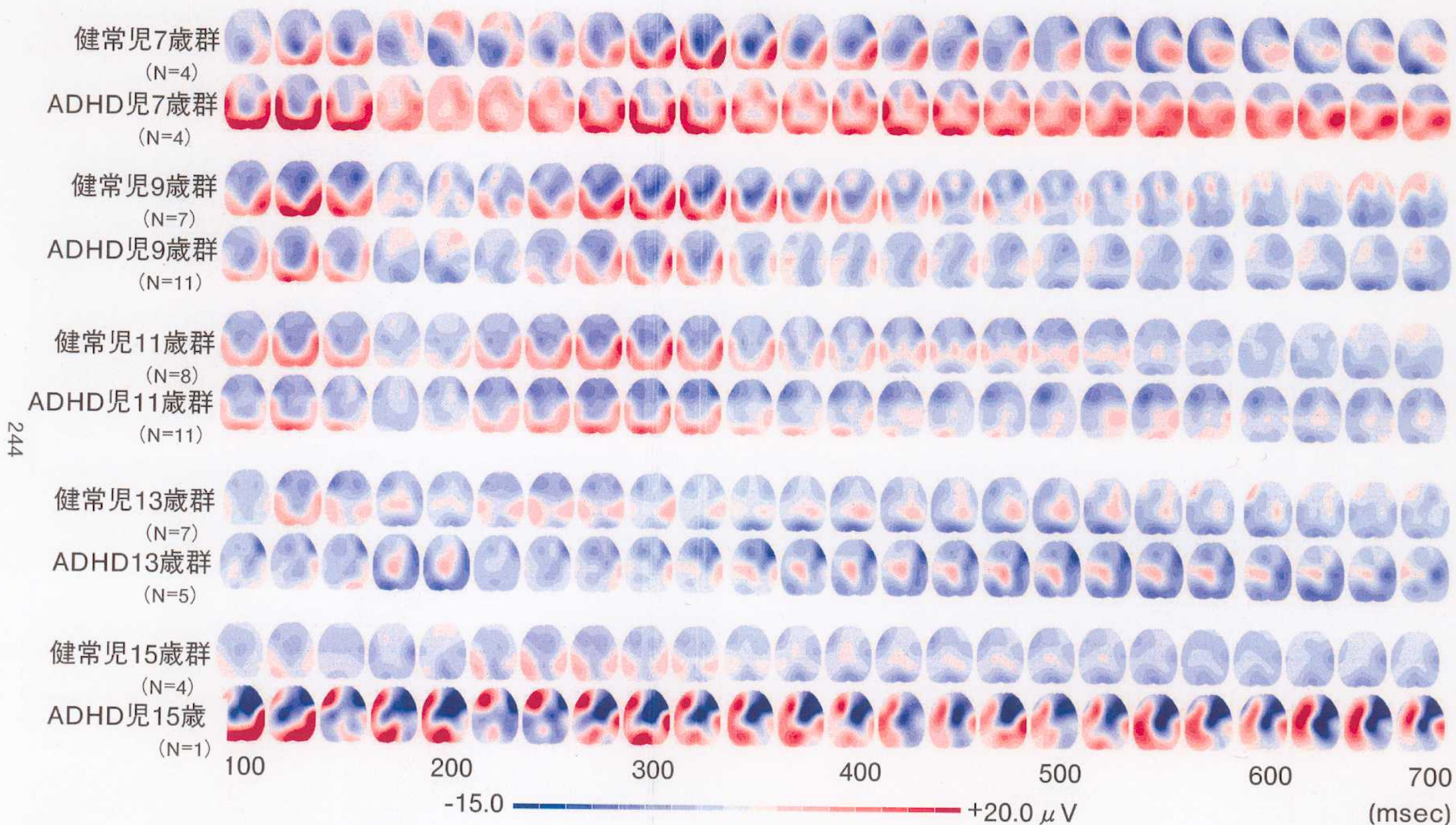


Fig. 3.3.2.16A 健常児・ADHD児における警告直後の非標的刺激 (Short ISI) に対するERPの頭皮上電位分布図

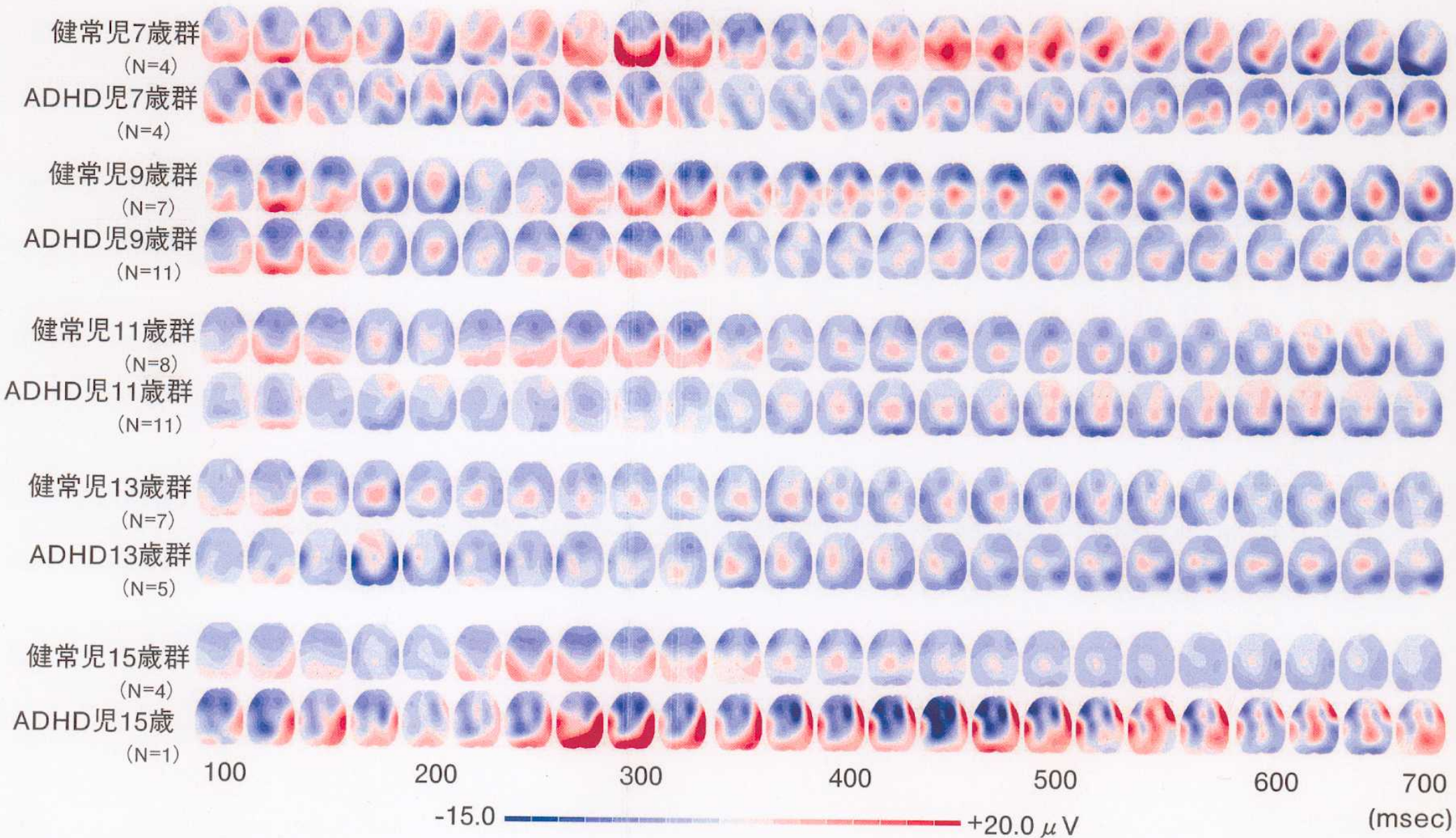


Fig. 3.3.2.16B 健常児・ADHD児における警告直後の非標的刺激 (Middle ISI) に対するERPの頭皮上電位分布図

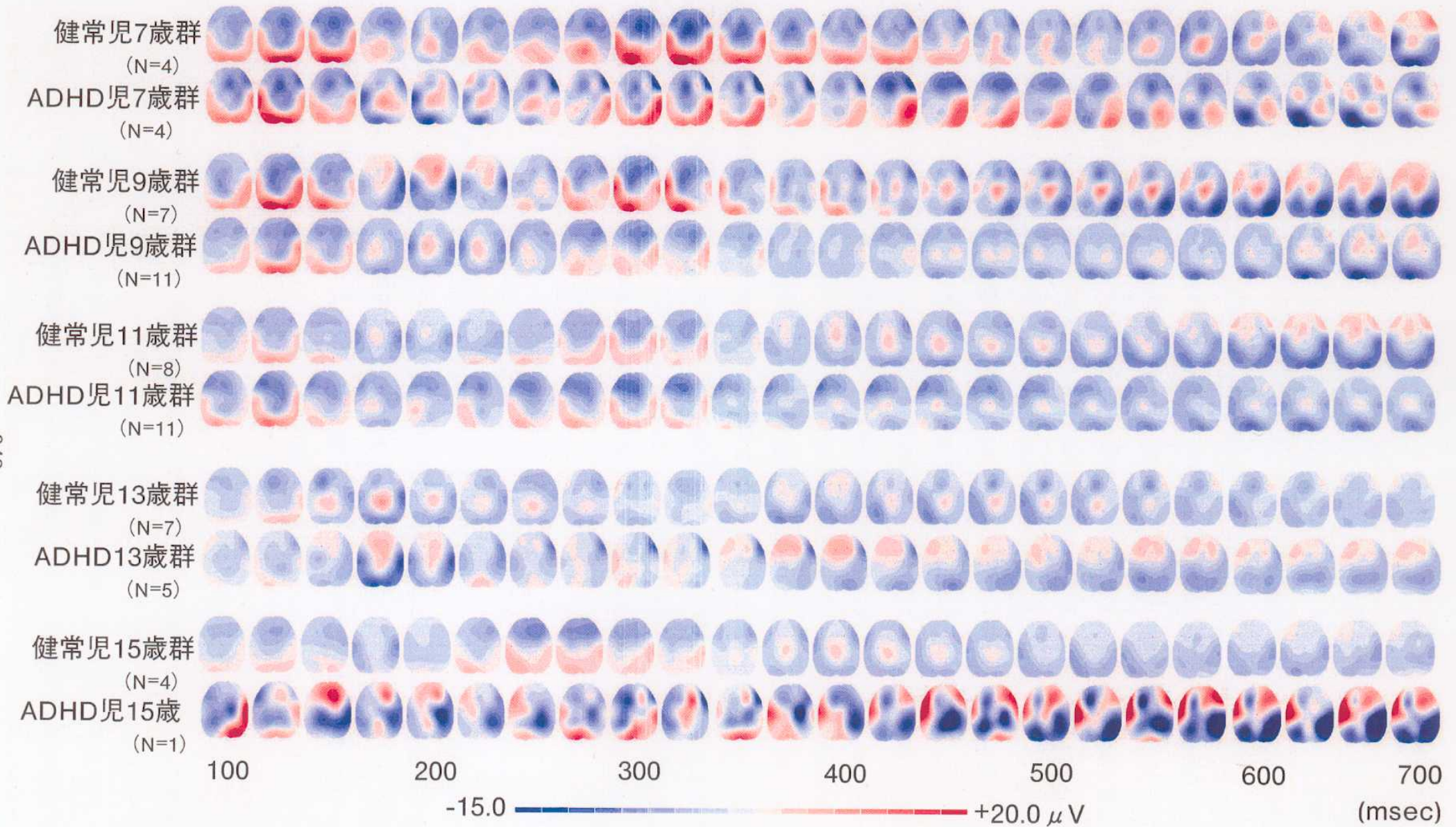


Fig. 3.3.2.16C 健常児・ADHD児における警告直後の非標的刺激 (Long ISI) に対するERPの頭皮上電位分布図

Fig. 3.3.2.16B, Long ISI : Fig. 3.3.2.16C) に示した。15歳の1名以外ではP1, N1成分の出現様相は健常児ならびに標的刺激条件とほとんど変わらなかった。ISIの延長にともなうN1成分の振幅増大は標的刺激と同様、明瞭ではなかった。P2成分の出現様相も基本的に同様であったが、振幅は健常児より低下した。P3成分も標的刺激と同様、7, 9歳群のShort ISI条件をのぞいては明瞭に出現し、頭皮上分布はいずれの年齢群においても標的刺激と同じ後頭一頭頂領域優位が基本であったが、13歳群のLong ISI条件においては健常児と同じく中心一前頭領域優位となり、標的刺激とは頭皮上分布が異なった。2章2節と同様、健常児とADHD児の標的刺激、警告直後の非標的刺激に対して出現したP3成分ピークの頭皮上における陽性、陰性CentroidをFig. 3.3.2.17に示した。標的刺激に対するP3成分の陽性Centroidをみると、ADHD児7, 9, 11歳群と15歳の1名においてはいずれのISI条件でも頭頂から中心領域に位置し、健常児における陽性Centroid位置と一致したが、13歳群のMiddle, Long ISI条件においてはより前方に位置し、電場勾配も前方陽性、後方陰性となった。この電場構造は健常児、健常成人における警告直後の非標的刺激に対するP3成分の電場構造に類似した。警告直後の非標的刺激に対するP3成分の陽性Centroid位置をみると、7歳群では標的に対してと同じく頭頂一中心領域に位置したが、9歳群のShort ISI条件、11歳群のMiddle ISI条件、13歳群の全ISI条件、そして15歳の1名におけるLong ISI条件においては健常児と同じく中心から左の前方に位置した。電場勾配はこれらの条件ではすべて前方陽性、後方陰性であり、13歳群のShort ISI条件ならびに15歳の1名でのLong ISI条件では健常児と同じく標的刺激と逆転した。これに対して先に標的刺激について電場が逆転した13歳群のShort, Long ISI条件においては標的と非標的の間に電場構造の差がなくなった。

4. 考察

前節で行った警告刺激とその直後の刺激とのISIを変化させたCPTにおけるADHD児の遂行成績の検討から、ISIを変化させたことによる刺激出現の予測の困難さ、反応の自己制御への負荷の高まりはISIが変化しない刺激に対する反応制御の困難さとしても認められた。さらに2章2節において健常児のERPを検討した結果、ISIが変化しない刺激に対する処理にも発達的な変化が生じたことが示唆された。これらをふまえ、本節のADHD児のERPについても同様の考察を行うこととする。

ISIが同一の刺激に対するERP波形からみたADHD児の反応実行・抑制の過程とその発達

ISIが1,500msecで一定である5種類の刺激条件すべてにおいて、健常児、ADHD児ともに年齢群にかかわらずP1, N1成分はいずれも明瞭に認められた。頭皮上分布はいずれも側頭一後頭領域優位であり、一次、二次視覚野に相当する(Simson et al., 1977)領域での視覚誘発電位と

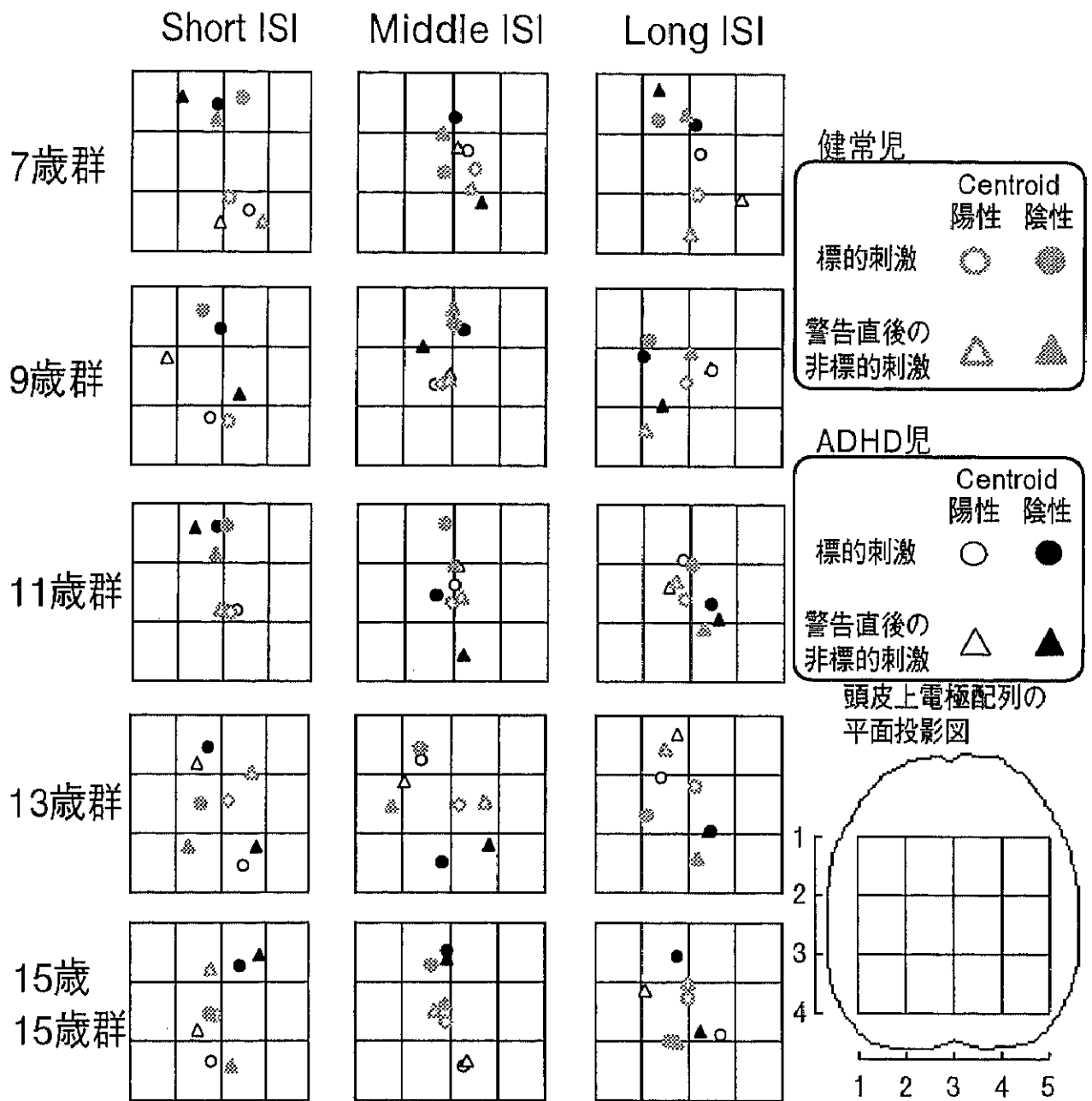


Fig. 3.3.2.17 各 ISI 条件の標的刺激，警告直後の非標的刺激それぞれに対して出現した P3 成分の陽性ならびに陰性 Centroid 位置

考えられるとともに、出現する刺激の検出はADHD児においても問題なくなされていることを示している。

P2成分の頭皮上分布とその年齢の上昇にともなう変化は、健常児と同じ年齢幅である13歳群を境として認められた。このことは3章2節で指摘したようにP2が反映する感覚・刺激処理系よりも早期の刺激処理に対する負荷が軽減されつつあり、感覚・刺激処理系を優勢な処理とする移行過程への移行を示すものと考えられ、ERP上においては健常児とADHD児でほぼ同じ年齢で刺激処理に変化が生じていることが示された。P2成分の様相について健常児と異なったのは年齢群間のピーク潜時の不安定さと振幅の低さであった。ISIが一定であるCPT遂行時のERPにおいてはADHD児のP2成分は健常児に比べ高振幅であったのに対し、ISIを変化させた本節のCPTにおいてADHD児で振幅が低下したのは、ADHD児が時間的予測に重きを置いた処理を行っており、これがISIを変化させたことによって妨げられたことにより、刺激処理全体が不安定になった可能性がある。刺激出現の時間予測が困難な事態が一定のISIで出現する刺激の処理にも影響し、P2成分が反映すると考えられる早期の刺激処理が優勢な年齢段階は健常児とほぼ同じであっても、出現した刺激に対する意味付け、定位がかならずしも適切になされていないこと、課題関連性が低い刺激に対する処理の認知的抑制を適切に行えないことが、その年齢水準においてなされるであろう刺激処理にも影響を及ぼしていることが推察された。

続くP3成分がもっとも明瞭に出現したのは標的刺激に対してであり、頭皮上分布は頭頂—中心領域優位であった。これは健常児の結果に一致し、ADHD児においては処理全体が不安定であっても刺激処理の過程そのものは健常児と同様になされていることを裏付けるものといえる。警告直後の非標的刺激に対するP3成分における頭皮上分布の変化も同様に認められたことから、対象児の年齢段階に応じた処理過程の変化がADHD児のERPにも反映されたと考えられる。警告が先行しない刺激である警告刺激そのもの、偽標的刺激、そして警告が先行しない非標的刺激でもP3成分は出現し、いずれの刺激条件でも頭皮上分布は頭頂—中心領域優位であった。これらの刺激に対するP2からP3成分の出現様相は健常児とほぼ同様であり、年齢群間の変化も同様に認められたことから、ADHD児における早期の刺激処理から感覚・刺激処理系までの過程そのものはやはり健常児と同様に機能していることが推察された。しかし、前節で指摘したようにADHD児においてはこれらの刺激、とりわけ偽標的刺激と警告が先行しない非標的刺激に対するエラーを抑制できておらず、刺激処理過程は不安定な状態にあることは否めない。このことを裏付けるのはP2成分とP3成分の振幅が健常児に比べ低いこと、潜時が不安定なことであろう。すなわち、ADHD児においては早期の刺激処理から感覚・刺激処理系、さらには運動・反応処理系に至る刺激処理過程が発達にともなって優勢となる推移は健常児と同じであるが、刺激の定位や求められる反応との関連性が低い刺激に対する処理の認知的抑制の困難さが適切な課題遂行を妨げていることがERPにも反映されたといえる。このような問題はISIが一定であった場合には

時間予測が可能であったために相殺されていたと考えられ、ISIを変化させ刺激出現の時間予測を妨げることによって顕在化したといえる。

ISIが変化する刺激に対するERP波形からみたADHD児の反応実行・抑制の過程とその発達

ISIが変化する刺激条件である標的刺激、警告直後の非標的刺激に対するERPは、ADHD児においてどのような変化が生じたのであろうか。P1成分の出現様相は標的、非標的ともに健常児、ADHD児の間に差はなく、ISIが変化する事態においてもP1成分が反映する刺激検出には問題がないといえる。N1成分は健常児においてはShort ISIでは振幅が低下したが、ADHD児においては明瞭ではなかった。健常児に認められたISI短縮によるN1成分の抑制は先行刺激の処理からの回復が不十分であることを指摘したが、ADHD児においては先行する刺激である警告刺激の処理が不完全であるために後続する刺激の処理に影響を及ぼしていない可能性がある。ISI変化を適切に処理しているならば800msecという時間は完全に刺激処理を終え、次の刺激に備える時間としては十分ではないためにN1成分の振幅低下が起きるが、ADHD児においては警告刺激の検出から刺激処理に至る過程における活性化が十分なされていないために、後続する刺激に対する早期のERP成分はISI条件で変化しなかったと考えられる。

P2成分のISI条件別の様相は基本的に健常児と同じであり、この成分が反映する早期の刺激処理は健常児と同様に年齢とともに変化することがうかがえた。しかしながら、上述したようにADHD児のP2成分は潜時が不安定であるとともに振幅が低く、後続するP3成分が反映する感覚・刺激処理系と運動・反応処理系への移行過程における刺激定位の問題と求められる反応との関連性が低い刺激処理の認知的抑制に不安定さが存在することが示唆される。このことが結果的に課題遂行成績の低下にも関連すると考えられる。

もっともISI条件の変化の影響を受けたのは健常児と同様、P3成分であった。ADHD児の標的、警告直後の非標的に対して出現したP3成分に共通する様相として、Long ISI条件におけるP3成分の持続時間短縮が挙げられる。健常児においてはShort ISI条件でもっともP3成分の持続が延長したが、ADHD児においてはShort ISI条件では特に年齢の低い群においてP3が出現せず、Middle ISI条件で同様の持続時間延長を認めた。このことは先のShort ISI条件でのN1振幅の低下にも関連し、ある程度刺激処理を適切に行えている健常児においてはShort ISI条件が刺激処理に影響を及ぼしているが、刺激処理が不安定なADHD児においてはShort ISI条件は刺激処理への影響が小さく、むしろMiddle ISI条件が及ぼす影響が大きいことを示している。ISIが一定でかつ短ければADHD児の遂行成績は比較的良い(Losier et al., 1996)とされるが、これは刺激出現の時間予測が可能な状況であり、時間予測が妨げられた本節における課題事態においてはまったく別の影響が生じたといえよう。

P3成分の頭皮上分布については、健常児における検討と同様、頭皮上における電場の傾きを平

面投影頭上の座標によって表示するCentroidが有用であった。標的刺激に対しては健常児では刺激条件にかかわらず頭頂-中心領域優位であり、陽性Centroidもこの領域に位置したのに対し、ADHD児においては特に年齢の高い群において陽性Centroidがより前方にシフトした。この様相は健常児においては反応の抑制を求められる警告直後の非標的刺激に対するP3成分に認められた電場構造であった。ADHD児、特に年齢の高い群においては遂行成績の上では同年齢の健常児に近づいていた。このことから考えると、ADHD児においてはISIが変化する課題事態において反応が実行される場合でも運動・反応処理系が優勢な刺激処理となっている可能性がある。このことは先のP2成分の潜時が不安定であり、振幅が低いことから推察された、課題事態全般におよぶ刺激定位と課題関連性の低い刺激処理の認知的抑制における不安定さが感覚・刺激処理系の活性化を妨げ、結果的に運動・反応処理系が前面に現れたことを示すものと考えられる。この状態は課題要求にそった合目的的活動をうまく行えていない状態といえ、行われている刺激処理は不安定であると同時に全体的に健常児に比べ負荷が高い。そのため結果的にミス、FAといったエラーも健常児より多く生じることになる。ADHD児においては健常児と同様の発達をたどってはいるものの、刺激処理において不適切な合目的的活動を行っていることが課題遂行成績の低下につながっていることがERPを指標に確認できたといえよう。不適切な合目的的活動とは行動抑制の困難さとこれによって生じる実行機能の問題を含むものと考えられる (Pennington & Ozonoff, 1996; Barkley, 1997c) ことは第1部で述べた通りである。したがってエラーフリーの脳波を加算した結果であるERPよりも、エラーを生じた際の脳波からERPを得ることで、P2成分からP3成分までの様相に反映される刺激処理系の相互関連における問題をさらに明らかにしようと思われるが、現在の加算による方法ではこれを検討するのは困難である。この部分を検討するためには今後のERPの同定にかかわる技術の進歩を待たなくてはならないであろう。

これらの結果から、ADHD児は健常児にくらべISI条件の変化の影響をより強く受け、その様相は基本的には健常児と同じ発達的变化を示すにもかかわらず、反応の自己制御にかかわる刺激処理の問題がこれを妨げ、結果的に健常児の発達より遅れることがERPを指標にして明らかとなった。さらに、課題遂行上は健常児と同じレベルまで向上するより年齢の高いADHD児においては課題遂行に必要な反応実行と抑制の制御以上に刺激処理に負荷がかかっていることもERPから明らかとなった。このような様相は課題遂行だけから推測することは困難であり、生理指標であるERPを用いることではじめて検討しようものといえよう。次章において、このようなADHD児におけるCPT遂行時の刺激処理が、行動上ではADHD児の問題を改善する薬物療法によってどのように変化するかを検討することで、ADHD児のもつ行動抑制の困難をより多面的にとらえることが明らかになると考える。