精神薄弱児の発達に関する生理心理学的研究 ——脳波のオートパワースペクトルによる検討——

東京学芸大学

堅 田 明 義

PHYSIO-PSYCHOLOGICAL STUDY ON THE DEVELOPMENT OF MENTALLY RETARDED CHILDREN: AUTO-POWER SPECTRUM ANALYSIS OF ELECTROENCEPHALOGRAM

AKIYOSHI KATADA

Tokyo Gakugei University

This research was concerned with the development of the mentally retarded children's EEG. The subjects used were 36 normal and 39 mentally retarded children. The ages ranged from 3 to 15 in the normal and from 7 to 18 in the retarded. EEG was recorded monopolarly from the frontal, the central, the parietal and the occipital regions along the middle line, and the bilateral temporal regions. The EEG was put to auto-power spectrum analysis by the general purpose digital computer. When a dominant component in the spectrum appeared at frequencies lower than 8 Hz, subordinate components were manifest at frequencies higher than 8 Hz. On the contrary, when a dominant component appeared at frequencies higher than 8 Hz, subordinate components appeared at lower frequencies. These results were observed both in the normal and retarded. It was pointed out that it is important to examine both the dominant and the subordinate frequency in the developmental study of EEG components of EEG by auto-power spectrum analysis.

精神薄弱児（以下精薄児とする）の脳波研究は、中川（1968）によれば 1) 脳波発達と精神発達との関係 2) 精薄脳波の特徴とその発達 3) 精薄の病態類型ないし病因と脳波との関係 4) 精薄脳波にみられる突発性異常放電の問題 5) 精薄児（者）の心理的特徴と脳波の関係 6) 精薄の治療や教育と関連した脳波の研究等に分類されている。このように精薄児脳波の研究は多岐にわたっているが、発達遅滞または発達障害として精薄児を考える場合、脳波研究においては基礎波に関する検討がその中心であろう。

さて脳波は元来、不規則で、変化に富んだ振動現象であり、小児脳波においては一層変化に富んだ脳波が示される。したがって視察による脳波の処理のみでは、とくに基礎波の発達の検討を行うには十分とはいえない。そのため、このような不規則な振動現象を示す小児脳波の基礎波に関する研究には周波数分析による定量的な計測が有効であるとされている（下田・臼井・中尾 1957；谷 1961）。精薄児脳波においても同様であり、このような定量的な研究では、とくに帯域別型の脳波分析器による分析的研究が大部分である。（Fujimori, Yokota,

Ishibashi & Takei 1958；郡司・山岡・村上 1959，江原 1961，梶谷 1963，西谷 1959，1964，堅田 1965，岡 1970）。これらのいずれの報告においても精薄児脳波は同年令正常児にくらべ、徐波帯域の出現率が顕著であり、年令推移にともない δ および θ 帯域成分が減少し、 α 帯域成分が増加するとされている。堅田（1973）も同じ分析器を用い、精薄児脳波の発達の検討をおこなったが、同様の結果をえた。さらに、精薄児脳波の発達の变化の経過は正常児と著しい差異が認められないことも明らかにしている。

しかしながら、この分析器ではえられる情報が帯域内の成分については平均化されたものになり、また通過域から離れた周波数成分の影響を受けることにもなる。このことはどのような分析方法をとっても必ず付随してくるものであるが、帯域別型脳波分析器の場合にはそれがとくに著しい。この分析器は大量の脳波データから大づかみの情報をうるには簡便であり、したがってデータの集約された結果を表示するには有用であるが、帯域内の、あるいは帯域の境界前後の周波数情報を、またスペクトルの微細な構造を求めることはできない。そこで電

TABLE 1
Number of subjects in each age group

Age (years)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total
Normal	2	1	3	4	4	7	2	2	2	2	3	2	2	0	0	0	36
Retarded	0	0	0	0	2	1	6	2	3	4	7	5	4	2	1	2	39

子計算機によってオートパワスペクトルを求め、スペクトルの微細な構造を検討する必要がある。本研究は、オートパワスペクトルから精薄児脳波のとくに周波数成分の発達の変化について検討する。

方 法

1 被験対象 精薄児は7才から18才にわたる39名が被験対象児として選ばれた。精薄児については外因や発作症状、麻痺症状のない、また発作性脳波異常を示さない精薄児が選ばれた。正常児は3才から15才にわたる36名が選ばれ、正常児については重篤な疾患歴や障害のない標準的な心身の発達を示すものがとくに選ばれた(Table 1)。なおこれらの被験対象児は精薄児112名、正常児108名であったが、パルス様アーチファクト(artifact)の混入した例を除き、また表示の都合により、各年齢段階の対象児数の均衡を保ちながら被験対象児数を減じた。

2 脳波の記録及び分析 (a) 脳波の記録, 被験対

FIG. 1. Example of auto-power spectra.

Subjects are normal children. Left figure: 11 years old and 10 months, right figure: 11 years old and 9 months. Abscissa: frequency scale (Hz), I: dominant frequency component, II: subordinate frequency component. F: frontal region, C: central region, O: occipital region.

象児は防音され、恒温湿に維持されている実験室内の安楽椅子に単独もしくは母親のつきそいで坐らせて、脳波が記録された。脳波は閉眼覚醒安静状態で、正中線上の前頭、中心、頭頂、後頭および左右側頭の6部位から単極導出し、脳波は通常のペン書き紙記録と同時にパルス幅変調方式 (SPRA-48 型) による磁気記録がおこなわれた。全6導出部位の脳波は帯域濾波型脳波分析器 (EA 101 型) によって、off-line で5-10 分間の記録が分析された。そのうち比較的安定している約3分の記録がスペクトル分析の対象となった。

スペクトル分析は小型汎用電子計算機 (MC-1 NEAC 3100) によって行なわれた。まず再生された原脳波記録は A-D 変換がおこなわれ、その後自己相関関数をつぎつぎと求め、さらにフーリエ変換をおこない、パワスペクトルを求めた。以上のような電子計算機によるパワスペクトルの算出は次の各演算過程を経ておこなわれた (寿原・鈴木・堅田・鮎島・木谷, 1972)。

- 原脳波記録の A-D 変換とその磁気テープ記録
- 自己相関関数の算出と、その結果の磁気テープ記録
- 自己相関関数のフーリエ変換によるオートパワの算出と、その結果の磁気テープ記録
- オートパワの平均、標準偏差とその結果の出力および磁気テープ記録

本実験での分析条件は、標本長10秒、標準化間隔1/74秒、相関の最大遅延は1.5秒とした。これによってえられる周波数分解能は1/3 Hz となる。パワスペクトルの分析区間数は原則として30区間とした。なお分析区間の分割は各区間とも先行する区間の後の1/2が重複するような区間重複分析の方法を用いた。この場合、帯域幅または分解能は相関の最大遅延時間によって規定されるので、各周波数についての自由度はすべて等しくなる。また、分析対象の導出部位は計算機のメモリの関係から前頭、中心、後頭の3部位に限られた。

結 果

Fig.1 はえられた脳波のオートパワスペクトルが示されている。この図に示されるように単峯あるいは多峯のスペクトル構造がみられるが、そのうち最も大きいパワを示す峯成分を“優勢周波数成分 (dominant frequency component)” または“優勢成分” とし、それ以外の峯成分を“準成分 (subordinate frequency component)” と

呼ぶことにする。なお、このオートパワースペクトルでは、峯成分、スペクトル構造あるいは時間経過にともなう変動性などが検討の対象となるが、ここでは峯成分に注目して述べることにする。

1 脳波のスペクトル成分

(a) 正常児 Fig. 2 の左図では、正常児の前頭部、中心部、後頭部の各脳波のスペクトルにみられた優勢成分と準成分が示されている。

〔前頭部〕 3—5 才では 4—7 Hz に優勢成分がみられるが、準成分は 3 才で 4 Hz にみられるほかは、すべて優勢成分より高い周波数の 7—9 Hz にあらわれている。6—7 才では 6 Hz を中心に、3—4 Hz, 9 Hz に優勢成分が認められ、準成分は 6—8 Hz にみられる。しかし 3—4 Hz には準成分が全く認められない。8 才では、4 Hz, 6—7 Hz および 9 Hz にそれぞれ優勢成分、準成分が認

められる。10—11 才では優勢成分と準成分が 8 Hz から 10 Hz の周波数範囲に混在し、12 才以上では 8 Hz を境により低い周波数に準成分が、より高い周波数に優勢成分がみられ、これは 3—5 才の優勢成分と準成分の周波数とは全く逆の関係にある。

〔中心部〕 3 才では 6 Hz に優勢成分が、8 Hz に準成分がそれぞれみられる。4—8 才の年齢範囲では 4 Hz, 6—7 Hz, 8 Hz および 9 Hz のすべての周波数において、優勢成分と準成分が混在している。これは、前頭部脳波で示された結果と同じである。前頭部脳波では、優勢成分と準成分の混在が 8—11 才においてみられたのに対し、中心部脳波では、それが 4—8 才の間に示されている。したがって優勢成分と準成分の混在は中心部では前頭部にくらべおおよそ 3—4 年早い時期にみられることになる。9 才以後では、9—11 Hz に優勢成分が示さ

FIG. 2. The dominant frequency components and the subordinate ones in the power spectra of EEG.

Abscissa: age in years, ordinate: frequency scale (Hz). Open circle: subordinate frequency component, filled circle: dominant frequency component. Left figure: normal children, right figure: mentally retarded children.

れ、準成分はそれより低い周波数範囲に認められる。しかもこの時期にみられる準成分は前頭部脳波にくらべかなり少ないことが示されている。

〔後頭部〕 3才では、中心部脳波でみられた結果と同じで、準成分は 8 Hz に、優勢成分は 6 Hz にそれぞれ認められる。しかし後頭部では、前頭部および中心部にみられた 3—4 Hz から 9—10 Hz の周波数範囲における優勢成分と準成分の混在はみられず、4才から 10 才までの各年令において、準成分は常に優勢成分より低い周波数に認められる。これは中心部では 9 才以後、前頭部では 12 才以後にみられた結果と同じで、中心部に比べ 5 年、前頭部に比べ 8 年も早い時期から認められたことになる。しかも 11 才以後の年令では準成分が全く認められず、示されている成分は優勢成分に限られて、それも 10 Hz の成分が多い。

(b) 精薄児 Fig. 2 の右図では、精薄児の前頭部、中心部および後頭部の各脳波のスペクトルにみられた優勢成分と準成分があらわされている。

〔前頭部〕 脳波スペクトルにみられる優勢成分は 7—18 才のすべての年令において、徐波帯域から α 帯域まで分散している。準成分は 7—12 才においてほぼ 7 Hz より低い周波数に認められ、13 才以後の年令では、準成分が 7—8 Hz を中心に 10 Hz あるいは 3—4 Hz および 6 Hz に認められる。正常児の前頭部脳波では 6—11 才に認められた優勢成分と準成分の混在が、精薄児の前頭部脳波では、ほぼ全年令にわたりみられる。

〔中心部〕 前頭部脳波のスペクトルにみられた結果とほぼ同じように、準成分については 7—13 才で 3—4 Hz に、13—15 才では 6—8 Hz にみられる。とくに 13—15 才においては、準成分と優勢成分とが混在している。16

才以後では、正常児 9 才以後にみられるように、優勢成分が 8 Hz より高い周波数に、準成分は 8 Hz より低い周波数にそれぞれ認められる。

〔後頭部〕 優勢成分と準成分との関係は若干の例外は別として、正常児の後頭部脳波で示された結果とほぼ同様である。すなわち優勢成分は高い周波数に、準成分は低い周波数に認められる。正常児の結果と異なるのは、優勢成分の周波数のバラバラが著しいことである。8—13 才にかけては 6 Hz より低い周波数：とくに 3—4 Hz に準成分がみられ、優勢成分は 6 Hz より高い周波数に認められる。14 才以後の年令では、正常児の 10 才以後の年令と同じ傾向が示されている。

以上から、正常児の前頭部脳波における特徴は、3—5 才では 8 Hz を境に高い周波数に準成分が、低い周波数に優勢成分がみられる。12 才以後では、それが逆になり、優勢成分が高い周波数に、準成分が低い周波数にみられる。また優勢成分と準成分の混在は 6—11 才にみられる。前頭部 3—5 才においてみられた経過が、中心部では 3 才までに認められ、前頭部 6—11 才にみられた優勢成分と準成分との混在は中心部では 4—8 才にみられる。また優勢成分が高い周波数にみられ、準成分が低い周波数にみられるのは、前頭部の 13 才に対し、中心部では 9 才である。ところが後頭部では、それはすでに 4 才において示されている。これは前頭、中心両部位の脳波にくらべかなり早い時期である。しかも後頭部では 11 才以後、準成分は全く認められない。精薄児前頭部、中心部の 13—15 才においては、広い周波数範囲に優勢成分と準成分が混在しているが、中心部では優勢成分と準成分が α 帯域と θ 帯域へそれぞれ分極化する傾向を示している。後頭部脳波では、7—15 才にわたり準成分が優勢成分にくらべ相対的に低い周波数にみられる。それは正常児 4—11 才で示された結果に類似している。精薄児の

FIG. 3. The relationship between the dominant frequency component and the subordinate ones in each power spectrum of three leads in each subject. Ordinate: frequency scale (Hz), open circle: dominant component, filled circle: subordinate frequency component.

FIG. 4. The relationship between the dominant frequency component and the subordinate ones in the power spectrum in each lead of all subjects. See Fig. 3 for the explanations of the abbreviations.

16才以上の年齢では正常児 11才以上の年齢に示された結果と同じ傾向がうかがえる。

2 脳波スペクトルにみられる優勢成分と準成分の関係

前項では脳波のスペクトルにおける優勢成分と準成分についての年齢的特徴についてふれた。ここでは同一被験対象の脳波スペクトルにおける優勢成分と準成分の関係について、年齢要因を除いて検討する。

Fig. 3 は後頭部脳波のスペクトルにみられる優勢成分を低い周波数から高い周波数へと配列し、その被験児の中心部、前頭部各脳波のスペクトルにみられる優勢成分と準成分をそれぞれ示した結果である。

正常児の後頭部では優勢成分が 8 Hz より高い周波数にあれば、準成分はそれより低い周波数である 3—4 Hz, 6—7 Hz にみられ、また 6—7 Hz に優勢成分をみる例では、その周波数より高い 8 Hz, 10 Hz に準成分が認められる。このことは精薄児後頭部の脳波においてもほぼ同様に認められる。正常児の中心部および前頭部の各脳波スペクトルでも後頭部に認められた傾向がみられるが、後で述べる Fig. 4 ではその傾向が一層明白に示されている。さらに正常児の中心部では、後頭部でみられた優勢成分と同じ周波数に優勢成分または準成分が示されている。前頭部においても後頭部の優勢成分の周波数に一致した成分がみられやすい。また一方、後頭部の優勢成分の周波数と一致しない成分が中心部および前頭部に認められるが、その大部分の周波数成分は前頭部と中心部に共通する周波数でもって示されている。このことは、精薄児の前頭部および中心部においても指摘できる。

Fig. 4 では同一被験児の各導出部位ごとの脳波スペクトルにみられる優勢成分を低い周波数から高い周波数へ配列した結果があらわされている。この図によると、正常児の前頭部脳波では優勢成分が 3—4 Hz にあれば、準成分は 6—7 Hz および 9 Hz にみられ、優勢成分が 6 Hz にあれば、準成分は 9—10 Hz に認められる。さらに優勢成分が 8 Hz より高い周波数にみられるようになってはじめて、準成分が 4 Hz または 6—7 Hz にあらわれている。したがって、優勢成分が 8 Hz より高い周波数にある例と、8 Hz より低い周波数にある例とでは、準成分と優勢成分との関係が異なる。中心部では、優勢成分が 6 Hz より低い周波数にみられる例では、準成分はそれより高い周波数に示されている。優勢成分が 8 Hz より高い周波数にみられる例では、準成分は優勢成分の周波数より低い周波数にみられる。後頭部においても中心部および前頭部の結果と同様であるが、準成分が 9 Hz より高い周波数にあらわれるのは極めてまれである。

精薄児の前頭部脳波においても正常児と同様に、優勢成分が 3—4 Hz にみられる例では、準成分は 6—10 Hz にあらわれ、優勢成分が 6 Hz にある例では、準成分は

7—8 Hz に、またそれが 7 Hz にみられる例では、準成分が 8—9 Hz にそれぞれ認められる。優勢成分が 9 Hz 以上にあれば、準成分は 7 Hz より低い周波数に認められる。中心部においては、優勢成分が 7 Hz より低い周波数にみられる例では、準成分は優勢成分の周波数より高い周波数にみられる。また優勢成分が 8 Hz より高い周波数にみられる例では、若干の例外を除いて、7 Hz より低い周波数に準成分が認められる。これらのことは正常児と全く同じ結果である。精薄児の後頭部でも中心部と同様の結果がえられている。

さらに、正常児、精薄児ともに後頭部脳波にみられる準成分は、前頭、中心両部位にくらべ少ない。また前頭部、中心部では優勢成分が 9 Hz より高い周波数に認められても、準成分がまだあらわれていることが多い。

以上の結果から、前頭部、中心部の各脳波では年齢を考慮せず、単に脳波スペクトルの峯成分の周波数から、優勢成分と準成分の関係を検討したところ、正常児と精薄児の間に差異は見出せず、むしろ同じ傾向が示されている。すなわち優勢成分の周波数に対して相対的に高い周波数にみられる準成分と、低い周波数にみられる準成分が正常児、精薄児ともに認められる。また後頭部脳波にみられる準成分は正常児、精薄児ともに少ない。

考 察

脳波の連続スペクトルまたはパワースペクトルによる子どもの脳波研究は極めて少なく、とくに年齢を追った報告は皆無に等しい。正常児については、辛島 (1960)、菊池 (1959) の 36 項調和解析からスペクトル密度を求めた報告があるに過ぎない。精薄児については、下田 (1957)、斎藤 (1961) その他のスペクトル密度による研究、連続スペクトルによる精薄児脳波を検討した報告がある (寿原・堅田・鈴木 1964; 堅田 1965; 堅田・鈴木・鮫島・寿原 1967; 西谷・堅田 1966)。これらの研究はいずれも年齢を追った検討が十分おこなわれていない。

1 脳波のスペクトル成分にみられる年齢的变化

正常児では年齢推移とともに脳波の優勢成分の周波数が変化し、その後健康成人脳波の基本周波数である 10 Hz の周波数成分が出現することを明らかにしてきた。そのさい、導出部位によって 10 Hz へ到達する年齢が異なるが、同一導出部位内では年齢との対応関係がうかがえる。精薄児ではこの点が正常児ほど明らかでないが、10 Hz の優勢成分を示す例は認められる。

さて 10 Hz の周波数成分が健康成人脳波の基本周波数成分であることは Lindsley (1939) によっても明らかにされている。また、それは、杠葉 (1960) が 36 項調和解析を用い、健康成人脳波の周波数分析をおこなった結果からも確かめられている。その他、島蘭 (1947)、佐藤 (1965, 1966) らが求めた成人後頭部安静時脳波の自

己相関曲線から毎秒約 10 Hz の減衰振動曲線がえられている。さらに Brazier and Casby (1952), Dawson (1955), 平尾 (1957) とも脳波の自己相関曲線を求め、10 Hz の周波数成分が成人脳波の基本周波数成分であることを報告している。

正常児では導出部位によって時間的遅れが認められるが、各導出部位とも 10 Hz の優勢成分が示されるようになる。精薄児ではかなり年令の高い段階においても 7—8—9 Hz のいわゆる遅い α 成分 (slow α wave) を示す例が多くみられる。このことは後頭部にくらべ中心部において、また中心部にくらべ前頭部において一層顕著にみられる。とくに前頭部では年令に関係なく、6—7 Hz のいわゆる速い θ 成分 (fast θ wave) を示す例が多く認められる。この点は、菊池 (1959), 辛島 (1960), 斎藤 (1962) の報告とほぼ一致している。また定性的方法であるが、伊沢 (1960), 上出 (1961) の報告においても指摘されている。

これらの所見に加えて、すでに述べたように精薄児脳波では正常児にみられるほど優勢周波数と年令との関係がはっきりしないこと、さらに同年令正常児の脳波にくらべ優勢周波数が低いことなどから、精薄児は脳波の周波数に反映された脳内の発達が正常児にくらべ遅れているといえよう。また、健康成人脳波の基本周波数である 10 Hz の成分が高い年令段階においても優勢に出現しない精薄児については、その脳内の発達が停滞しているともいえよう。

しかしながら、このような脳波の年令的变化から、その優勢周波数が 10 Hz に達するかどうかについてのみ論ずることは、脳波の発達を検討するさい、大きな問題を残すことになる。すなわち、年令進行にともない脳波の優勢周波数が 10 Hz という成熟した脳の反映とされる周波数へ、低い周波数から移行する経過は正常児、精薄児ともに認められている。したがって、10 Hz に達する移行過程にみられる各周波数成分の相互の関係について検討することが重要である。

そこで以下において、脳波の優勢成分を含めた峯周波数成分を手がかりに、脳波の発達経過についてふれる。

2 脳波のスペクトル成分にみられる発達の变化

一般に、脳波の優勢成分は帯域スペクトルからある程度推定できるが準成分についてはほとんどふれることができない。優勢成分は一定の長さの記録範囲における平均的に優勢にあらわれる脳波の成分である。したがって、準成分は、この優勢成分が前面にでるため、一般の脳波所見や従来の定性的研究では明らかにされにくい。ここでは峯成分としての優勢成分と準成分の関係から脳波の発達の变化について述べる。

正常児、精薄児ともに 8 Hz を境に優勢成分がそれより低い周波数にみられる例では、準成分はそれより高い

周波数にあらわれる。また優勢成分が 8 Hz より高い周波数にあらわれる例では、準成分はそれより低い周波数にみられ易い。したがって、これらの例ではいずれも優勢成分と準成分が混在していることになるが、この時期は被験児の年令や、導出部位によって異なっている。すなわち、正常児の前頭部では 6—11 才に、中心部では 4—8 才に、また精薄児では、前頭部および中心部とも 13—15 才にそれがみられる。しかし、正常児、精薄児ともに後頭部では優勢成分と準成分の混在している時期が明らかでない。脳波のこのような優勢成分と準成分の関係については、辛島 (1960) の報告において若干ふれている。すなわち、10 Hz に高い峯をもち、5—8 Hz に低い峯があるとする 7 才 4 か月の正常男子の脳波の例や、その他、正常児 18 例では後頭部以外の他の導出部位の脳波において 9—11 Hz に優勢成分が、さらに 0.5—5 Hz および 5—8 Hz に小さな峯成分が認められると指摘している。斎藤 (1961, 1962) によれば多峯性のスペクトルを示すのは脳機能に障害をみる外因性精薄児の脳波の特徴であるとしている。しかし、一定年令範囲内の精薄児はその範囲内の同年令の正常児にくらべ脳波のスペクトルが多峯性である場合が多いが、年令を考慮しなければ、正常児、精薄児ともに準成分すなわち多峯性のスペクトル構造を示すことに差はないようである。このことから、斎藤 (1961, 1962) が指摘するように、多峯性のスペクトル構造を示す精薄児脳波は必ずしも外因性精薄児の特徴であるとはいえない。

さて、8 Hz より高い周波数成分、とくに 10 Hz 成分については、成人の脳波に示される成熟した脳内過程の反映とみなされようが、他方 6—7 Hz およびそれより低い周波数成分は年令増加とともに変化し、消失していくことが正常児および精薄児の脳内の成熟、発達変化過程を反映して、とくに優勢成分と準成分の混在している時期は脳内の発達変化の著しい時期をあらわしているともみなされるかも知れない。ここでいう脳波は集合電位 (mass potential) として頭皮上から導出されている。したがって、空間的な脳内各部位の関係が平均化してとり出されている条件下であるため、電位間の相互の干渉や増強によって生じた電位変数の現象から脳内の微細な成熟過程について十分ふれられないが、ことに後頭部脳波において、正常児、精薄児ともに優勢成分と準成分の混在する時期が十分とらえられないことは、脳内の他の部位の電位活動からの干渉が比較的少ないか、あるいは後頭部の電位活動に影響している脳内の成熟化する物質や組織が他の部位にくらべ比較的均一化または統合化されているか、さらにそれらの成熟速度がとくに速いかなど考えられる。いずれにしてもこれらの説明には確たる根拠があるわけではない。

本実験結果のうち、脳波の優勢成分について得られた

結果によれば、精薄児は同年令正常児にくらべ優勢成分の周波数が低いことである。また優勢成分と準成分との関係から得られた結果、すなわち発達の初期に優勢成分が準成分にくらべ相対的に低い周波数にみられ、さらに発達の変化が進むと、優勢成分が準成分にくらべ相対的に高い周波数に現れる。いわば優勢成分と準成分との関係が逆転する経過についてみれば、精薄児は正常児にくらべ遅い時期に認められる。これら2つの脳波の発達の指標における精薄児と正常児の差異から、精薄児の脳の発達の遅れが推測されるが、その変化過程のパターンに精薄児脳波の特異性を見出すことは困難である。このことは本実験での対象である精薄児がいわば正常偏異群といわれる精薄であることから容易に理解できよう。

さて、ここでいう準成分が優勢成分との関係で示されたことは、従来の研究ではほとんどふれられなかった。また、本実験からのみでは、準成分が優勢成分との関係で示されたことと、脳の発達との関連について明確な解釈は与えられないが、本実験のスペクトル解析によって得られた準成分に示されたごとく、脳の発達変容が同時的、均等に進むのではなく、脳内各部位の特異的な、複雑な、発達の変化を示すことが予測されよう。

このように脳波のパワースペクトルによる研究においてピークとなる周波数成分のうち優勢成分以外の成分もあわせて検討することが精薄児脳波の発達の研究はもとより、すべての脳波の発達の研究においては極めて重要な手掛りを与えることになる。

今後、この準成分と優勢成分との関係が正常、異常の各個体の時間経過とともにどのように変化するかを明らかにすることによって、従来から問題にされてきた脳波の発達の発達変化に関する諸見解 (Lindsley, 1939; Walter, 1950; 斎藤, 1967) に対して、有力な資料を提供することになる。

要 約

脳波を指標として、精薄児の発達の発達変化を明らかにするため、脳波の基礎波のパワースペクトル分析がおこなわれた。

被験対象児としては3才から15才までの正常児36名、外因などが示されない7才から18才までの精薄児39名が選ばれた。脳波は閉眼覚醒安静状態で、正中線上の前頭、中心、頭頂、後頭および左、右側頭の各部位から単極導出し、それを磁気記録した。脳波の分析は全6導出部位の記録を、まず帯域濾波型脳波分析器により分析し、えられた5—10分間の分析結果から比較的安定した範囲をえらび、そのうちから原則として連続3分間の前頭、中心、後頭各部位の脳波を汎用電子計算機によりオートコレログラムを算出し、さらにフーリエ変換をおこない、オートパワースペクトルを求めた。分析時間は10

秒で、分解能は1/3 Hzであった。えられた結果は以下の通りである。

1. 正常児では年令増加とともに優勢周波数が変化した。多くの正常成人にみられる10 Hz成分が優勢になるのは導出部位により、年令的に異なるが、年令推移とともに全導出部位において優勢になった。精薄児では、優勢周波数の変化と年令との関係が正常児ほど明らかでなかった。

2. 正常児、精薄児ともに α 成分はまず後頭部に現われ、優勢になり、ついで中心部、最後に前頭部の順に優勢になった。

3. 前頭、中心両部位の脳波では、優勢成分と準成分の混在する時期が認められたが、後頭部では十分認められなかった。この混在する時期は、正常児の前頭部では6—11才、中心部では4—8才、精薄児の前頭部では13—15才、中心部でも13—15才であった。

4. 正常児、精薄児ともに準成分は前頭部、中心部においては比較的多くみられ、後頭部では少なかった。

5. 正常児、精薄児ともに、優勢成分が8 Hzより低い周波数にみられた例では、準成分はそれより高い周波数に、優勢成分が8 Hzより高い周波数に認められた例では、準成分はそれより低い周波数にみられた。

6. これらの結果から、精薄児の脳内の発達が正常児にくらべ遅れているといえようが、脳波に反映された脳の発達過程には正常児と精薄児との間に著しい差異を示しているとはいえなかった。

7. 脳波の発達の研究においては、オートパワースペクトルによって示されたピークとなる各周波数成分について検討することが重要であると指摘した。

引 用 文 献

- Brazier, M. A. B., & Casby, L. U. 1952 An application of the M. I. T. digital electronic correlator to a problem in EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 4, 201—211.
- Dawson, G. D. 1955 Autocorrelation and automatic integration. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Symposia, 26—37.
- 江原親也 1961 帯域周波数分析による精神薄弱児脳波の研究 東邦医学, 8, 1161—1170.
- Fujimori, B., Yokota, T., Ishibashi, Y., & Takei, T. 1958 Analysis of the electroencephalogram of children by histogram method. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 241—252.
- 郡司良英・山岡 淳・村上英世 1959 精神薄弱中学生の脳波に関する基礎的研究 日本心理学会第23回大会発表論文集, II—6.
- 平尾武久 1957 脳波と精神電流現象、脳波の統計的分析について 医学のあゆみ, 19, 317—324.

- 伊沢秀而・笠松 章 1960 知能および精神薄弱と脳波，
内村裕之（編）精神医学最近の進歩 医歯薬出版，
Pp. 281—296.
- 梶谷 喬 1963 精神薄弱児の脳波学的研究 精神神経
学雑誌，**65**，30—61.
- 上出弘之 1961 精神薄弱の病因類型と脳波 児童精神
医学とその近接領域，**2**，257—265.
- 辛島尚士 1960 精神薄弱児脳波の自己相関曲線及びス
ペクトル密度について 長崎医学会雑誌，**35**，1089—
1101.
- 堅田明義 1965 多重磁気記録方式による精神薄弱児脳
波の分析—特に変動性を中心に— 東京教育大学教育
学部紀要，**11**，49—61.
- 堅田明義・鈴木宏哉・鯨島宗弘・寿原健吉 1967 精神
薄弱児脳波の変動性にかんする経年変化 東京教育大
学教育学部紀要，**13**，125—138.
- 堅田明義 1973 精神薄弱児の発達に関する生理心理学的
研究—脳波の帯域分析による検討— 心理学研究，
44，59—67.
- 菊池重治 1959 重症精神薄弱者の脳波の分析的研究
歯科学報，**59**，1339—1374.
- Lindsley, D. B. 1939 A longitudinal study of the
occipital alpha rhythm in normal children ;
frequency and amplitude standards. *Journal of*
Genetic Psychology, **55**, 197—213.
- 中川四郎 1968 精神薄弱の脳波 神経研究の進歩，**12**
(1)，36—44.
- 西谷三四郎 1959 精神薄弱児の脳波 日本心理学会第
23 回大会発表論文集，K—24.
- 西谷三四郎 1964 精神薄弱児の脳波(1) 東京教育大学
教育学部紀要，**10**，207—220.
- 西谷三四郎・堅田明義 1966 精神薄弱児脳波の追跡的
研究 東京教育大学教育学部紀要，**12**，157—170.
- 岡 錠次 1970 精神薄弱児の脳波に関する研究 精神
神経学雑誌，**72**，555—578.
- 斎藤義夫 1961 精神薄弱者の脳波の分析的研究(第1
報) 東京学芸大学研究報告，**12**，377—387.
- 斎藤義夫 1962 精神薄弱者の脳波の分析的研究(第2
報) 東京学芸大学研究報告，**13**，375—383.
- 斎藤陽一 1967 脳波—応用 時実利彦（編）生理学大
系，**5**，医学書院，Pp. 173—204.
- 佐藤謙助 1965 脳波の情報処理 問田直幹・内園耕二
（編）新生理学，上巻，医学書院，Pp. 655—677.
- 佐藤謙助 1966 脳波分析の実際的方法 自己相関およ
び相互相関分析の応用，藤森閑一他（編）脳の電気現
象の分析法とその応用 医学書院，Pp. 49—88.
- 島蘭安雄 1947 脳波曲線の一分析結果に就いて 脳波
学研究，第9部第17班報告書，11—14.
- 下田又季雄・白井敏明・中尾正和 1957 脳電図の自己
及び交叉相関函数の臨床的応用 若林 勲他（編）脳
波の分析とその応用 医学書院，Pp. 169—185.
- 寿原建吉・堅田明義・鈴木宏哉 1964 多重磁気記録方
式による特異児脳波の分析 東京教育大学教育学部紀
要，**10**，183—205.
- 寿原健吉・鈴木宏哉・堅田明義・鯨島宗弘・木谷信子
1972 汎用医用電子計算機(MC-1)による特異児脳
波・筋電図の分析(2) 東京教育大学教育学部紀要，
17，205—220.
- 谷 秀雄 1961 Analyser による正常小児脳波の周波
数分析結果について 福岡医学会雑誌，**52**，312—332.
- Walter, W. G. 1950 Normal rhythms—Their develop-
ment, distribution and significance. In D. Hill
& G. Parr (Ed.) *Electroencephalography*. London,
Macdonald, Pp. 203—227.
- 杠葉竹二 1960 正常脳波の自己相関曲線とそのスペク
トル密度について 精神神経学雑誌，**62**，902—910.

SUMMARY

The present paper aimed at making clear the developmental characteristics of the mentally retarded children's EEG by auto-power spectrum analysis.

The subjects were 36 of normal children, and 39 of mentally retarded children who were without any exogenous history, motor disorders and EEG abnormalities, especially of the proxysmal wave type. The ages ranged from 3 to 15 in the normal and from 7 to 18 in the mentally retarded.

EEG was led monopolarly from four regions along the middle line and bilateral temporal regions. EEG was recorded on paper chart and also stored on magnetic tapes which were recorded by pulse width modulation. At first, we analyzed the spontaneous waking EEG from the scalp by the band pass filter type EEG frequency analyzer basing on the reproduced magnetic tape records of EEG. Then we selected the data (3 minutes) out of the analyzed EEG data. Auto-power spectra of the selected EEG data were calculated by a general purpose digital computer for medical use with 8 K words memory (MC-1). The analysis time was 10 seconds and the spectral resolution or frequency band-width was 1/3 Hz.

The main results were as follows :

1. Changes of the dominant frequency component were related to the advancing of the age. The alpha rhythm of a frequency of 10 Hz, which are found in many normal adults, became dominant in all leads with the increasing of the age. These findings were not so obvious in the mentally retarded children.

2. In both the normal and the retarded,

the alpha frequency component appeared at first in then occipital region, then in the central region and lastly in the frontal region.

3. We observed a mixture of some subordinate components and a dominant one in the frontal and the central regions of the normal and the retarded, but found none of it in the occipital region of either group.

4. The age at which the mixture of some subordinate components and a dominant one was shown was between 6 and 11 years in the frontal region of the normal and between 4 and 8 in the central region of them, and was between 13 and 15 years in the frontal and the central regions of the retarded. Subordinate components of the occipital region were less than those of both the frontal and the central regions.

5. When a dominant component in the spectrum appeared at lower frequencies than 8 Hz, subordinate components appeared at higher frequencies than 8 Hz. On the contrary, when a dominant component appeared at higher frequencies than 8 Hz, subordinate components were at lower frequencies than 8 Hz. These results were observed both in the normal and the retarded.

6. These results may be taken to suggest a retardation in the development of the retarded's brain, but we found there were little differences in the processes of the development of the spontaneous waking EEG between the normal and the retarded.

7. We pointed out the importance of examining both the dominant and the subordinate components of EEG in the developmental study EEG.