

# 脳波の空間分布特徴に関する情報処理の試み

藤澤 清・水田敏郎・大森慈子・宮地弘一郎・\*水上喜美子

(\*川崎医療福祉大学大学院)

脳波は時間の経過とともに複雑に変動する不規則振動であることから、これを小定量的に取り扱う処理法として周波数分析法が開発された。さらに最近ではコンピューター技術の発展によって自動的に処理する脳波分析法などいろいろ試みられるようになってきている。本論文では各種実験事態下において多部位から記録された脳波をもとに、頭皮上の空間分布の特徴を把握するための情報処理の試みを示した。

EEG スキャナ分析による睡眠時脳波の頭皮上等電位分布作成の結果からは、REM睡眠を含む5つの各睡眠段階において、かなり部位間で様相を異にしていることが明らかとなり、睡眠脳波の変化を考えるうえで貴重な情報を提供できた。さらに今回は、多用途生体情報解析プログラムBIMUTAS IIによる脳波の時系列分析を行い、新しいトポスコープ的なアプローチとして脳波空間分析用ソフトATAMAP IIを用いて分析を試みた。これらはEEG スキャナ分析に比べ、携帯性や機能拡張性に優れ、高齢者や心身障害者の脳波研究への臨床応用への可能性が示された。

キーワード：脳波，空間分析，時系列分析，空間分析

## 1. はじめに

脳波は時間の経過とともに複雑に変動する不規則振動であることから、これを定量的に取り扱う処理法として周波数分析法が開発され、さらに最近ではコンピューター技術の発展のおかげで、自動的に処理する脳波分析法などいろいろ試みられるようになって来ている。

脳波を分析するについての理論的基礎として、仮定される条件の1つは定常性 (stationality) の問題である。これは振動または波動現象としての脳波の起源の性質が時間的に不変であるという考えに立っている。第2はエルゴード性 (ergodicity) で、時間平均とアンサンブル平均が一致するという仮定で、本来同一の確率的法則に支配される数多くの波源について統計とすべきであるところを、1つの波形について長時間観測して結果で置き換えてよいという考えである。

これらの2つの性質は実際の脳波記録については厳密には成立しないので、現在のところ近似的に成立しているという考えで行われている。

周波数分析 (Frequency Analysis) とは、振動する現象の時間領域での変化を周波数領域で表そうとするもので、上述のように脳波の場合には完全に周期的な振動現象とはいえないので、フーリエの積分定理による連続スペクトルとしてあらわすのが普通である。

脳波分析には、このような周波数分析法をはじめ、相関分析、タコグラフによる分析、帯域周

波数分析器による分析, さらに近年ではコンピューターに脳波パターンを判読させようという試みなどが行われるようになって来ており, 分析の多様化が進んで来ている。一般的に, 脳波分析の目的は脳の状態や機能に関する情報を脳波から数量化して取り出すことにあり, 特に視察の方法などでは得られないような情報の収集を目的としている。

歴史的に見ると, 本川 (1947) によれば, 脳波の最初の分析法は目測法であったという。最近, われわれはこの方法を視察法とよんでいる。脳波記録のうちで, 視察による $\alpha$ 波,  $\beta$ 波または速波,  $\theta$ 波,  $\delta$ 波または徐波などの分類は主として単位時間における波の数を目標に定められたもので, 厳密な意味では周波数による分類とはいえない程度のものであった。このような目測法を一步進めてその波の振幅を測定したり, 波の持続時間を計るような試みがなされるようになり, さらに臨床脳疾患との関係で位相や導出部位の左右差や波形などの記述などがおこなわれるようになった時期が始まりであった。臨床脳波の分野では, 周波数, 振幅, 左右差, 量, 異常波の出現などが指標とされ, それに基づいて診断されることが脳波研究を発展させる原因ともなっている。しかし, この方法は脳波を記録したり, 診断したりする医師や研究者のあまりにも恣意的であり, 科学性に乏しい方法であるということで, 脳波の基礎的研究を行っている研究者によって改善が目指され, 振動現象の周期性に注目した理論形成が行われることになった。1932年, DietschがBergerの症例の脳波を用いて,  $\alpha$ 波を周期的波形とみなして正弦波と余弦波の和で表現するフーリエ級数に展開して数学的な解析を試みたのが始まりとされている。これがフーリエの定理を導入しての手計算による時期である。メカニカルな手法による自動分析化の試みは1938年, Grass & Gibbsがアナログ処理による分析装置を報告したのが始まりとされている。脳波記録装置に描記される脳波の図形を塗りつぶした影絵(シャドウグラム)として映画用の35ミリフィルムに記録し, これを輪にして記録の時より高速度で回転させ, 超低周波現象を可聴周波帯に持ち上げてスリットを通過する光線に影絵で変化を与え, 光電管で再び電気現象に変換して, 可聴周波数分析器で脳波分析する方法を考案したものであった。

周波数帯域フィルタを利用した分析器は, 1943年, Walterによって報告された。彼は, 脳波のアナログ信号を1.5~30Hzの24個の周波数帯域フィルタに通し, その積分値を求める装置を開発した。これが脳波分析を世界中に広める結果となり, わが国でも1964年に日本脳波学会と日本ME学会が標準規格を提示した。それによると1~30Hzの波を5帯域に分割し, 帯域ごとの積分値を5秒ないし10秒ごとに, 脳波紙記録とともに連続的に描記できるように工夫されたものであった。

これらの時期などを経て, 磁気記録器の開発, 発展と同時に瞬時周波数スペクトル分析器が考案され, さらにアナログ方式によるパワースペクトルおよび相関関数を求める試みなどが短い期間で経過した。

また, これらの手法が普及するに至らないうちにコンピューターの開発, さらに著しい発展によって, 高速フーリエ変換処理 (Fast Fourier Transform, FFT) などが可能となってパワースペクトル分析も著しく容易となった。1965年, Cooley & Tukeyは, データ点数は2のべき乗のときにはフーリエ変換の際の計算回数を飛躍的に減少できることを発見した。これは時系列データを直接フーリエ変換してスペクトルを計算し, これよりパワースペクトル密度を求めるもので, 高速フーリエ変換法と呼ばれた。この方法は, コンピューターの普及とともに標準的な脳波分析法となり, これを用いた各種の脳波分析装置や分析プログラムが市販されるようになった。脳波分析の結果のスペクトルを時間軸での変化として表示する方法がスペクトラル・アレイ法

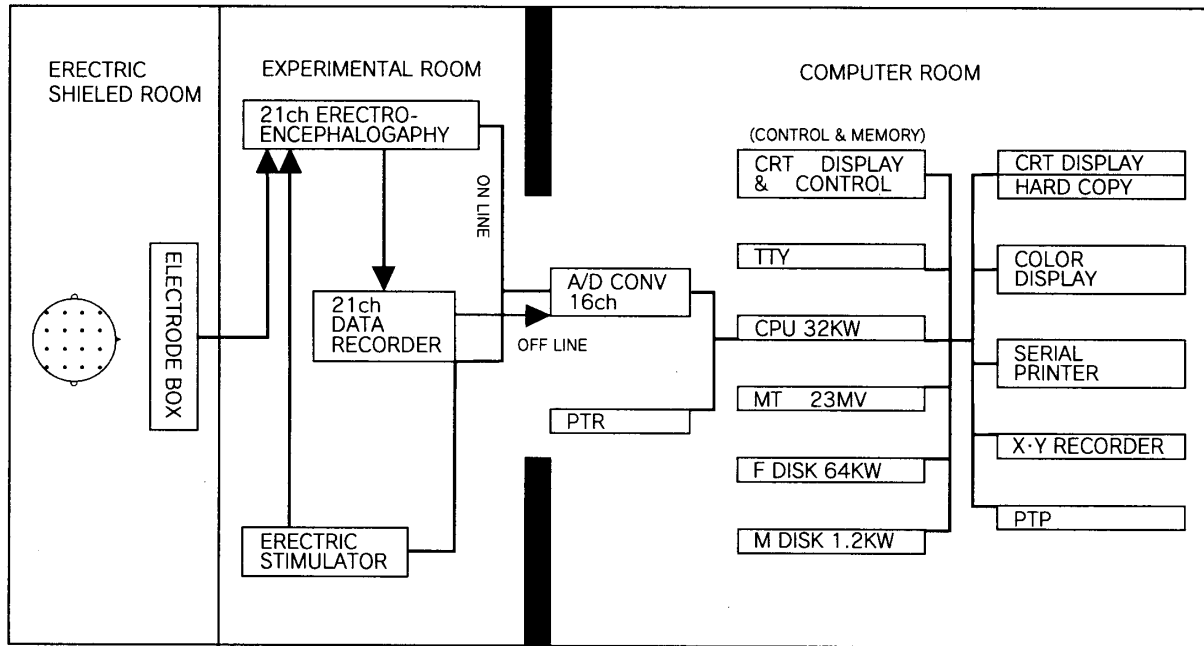


図1. 福井大学神経心理研究室の脳波分析のシステム

(Compressed Spectral Array) といわれている。またさらに、コンピューター技術の進歩は頭皮上の多導出部位の同時分析を促進することになった。

頭皮上のいくつかの部位から導出した脳波、すなわち多部位導出脳波あるいは多チャンネル脳波の部位間関係または空間分布の特徴を検討する手法は脳波トポグラフィといわれ、大脳皮質の病巣に関連した限局性の脳波活動を検出したり、皮質機能の局在性などを検討するために開発された。

この試みは、Walter & Shipton (1951) によって開発されたトポスコプ (toposcope) として発表され、頭の形に配列された22個の円形ブラウン管に旋回する扇形グラフのような形で表現され、それぞれの部位の電圧と位相の変動が光源の輝度の変化として刻々と表示されたという。その後、Rémond (1968) は、時間軸と電極配列軸の2つの軸をとって、各チャンネルから導出された電位変化を、等電位曲線として表現し、時空間的分布を表示する方法を開発した。さらに、Lehman (1977) は、頭部の一領域あるいは全領域の電位分布を二次元的に表現することを試みたが、この方法は実測点以外の電位を補間関数によって算出しようとしたものであった。

わが国でも、斉藤・吉川 (1975)、古和田 (1975)、上野・松岡 (1976) によって、脳波の空間的特徴の二次元的表示法が開発され、脳腫瘍や脳血栓などの診断に有効な方法となってきた。また、間中 (1968) は脳定常電位の等電位図を作成することによって、この方法が脳腫瘍の診断に有効であることを示している。さらに、藤澤・中村 (1981) は睡眠脳波の情報処理にこの方法を用いて、覚醒時における脳波の空間的特徴が睡眠経過に従ってどのように変化するかを検討したが、まだ十分な成果が得られていない。

## 2. 脳波スキャナ分析の方法

上述のように、脳波の空間的特徴を求めるための空間分析の方法としていろいろの方法が考案

されてきた。図1は、著者の一人、藤澤が行ってきた脳波スキャナ分析の方法の情報処理システムの例を示したものである。

頭皮上の12または16部位より導出した脳波(国際10-20法)を記録するため、21チャンネルの脳波計および21チャンネル磁気記録装置が用いられる。

EEGスキャナ装置(日本光電製EK-650)は、脳波の周波数分析と脳波の空間的分布(頭皮上の二次元分布)を同時解析するために開発されたものである。この方法は、頭皮上の全領域を含む正方格子を想定して電極を配置するもので、通常は $5 \times 5$ の格子が頭皮全領域を含むように設定するか、それよりも少ないチャンネルの脳波計を用いても処理できるように、そのうちの16または12個の電極を出来るだけ均等に配置し、これを実測点とした。

両側耳朶を基準電極として16または12部位から導出した脳波を磁気記録した後で、オフラインで処理するかオンラインで処理するかは目的に応じて決める。いずれの場合も処理すべき範囲の加算波形をオシロスコープに提示し、得られた波形の基線を目的にあった方法で決定する。そして、ある時点で各実測点の脳波電位を求め、さらに実測値から、各非測定点の電位を直線型の補完関数で推定して求める。この補完関数を求める方式を図2で示した。この推定方式は“サンプリング定理”を応用した補間公式である。

具体的な処理としては、次の要領で行われる。

- (1) 脳波計で増幅された16または12部位導出の脳波は、それぞれのチャンネルにおいてフーリエ解析法によりパワースペクトル分析され、これをもとに $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\beta_1$ 波、 $\beta_2$ 波帯域それぞれの大きさがチャンネル毎に計算される。
- (2) 次に、実際には測定していない部位の電位を推定するための簡単な補間計算が行われる。
- (3) 得られた値を、補間公式により計算し、補間すべき値すべて(約6000個)を、 $\delta$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 波帯域毎に別々に算出される。
- (4) 計算された値を $\delta$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 波帯域の順に別々にプリンターで円上にプリントされる。

### 3. 空間分析の応用

脳波における等電位分布の測定が、皮質機能の局在性を検討したり、病巣に関連した限局性脳波活動が全般性脳波活動に覆われているため視察等では得られない情報をもたらすなどの点で有効であることは今さらいうまでもない。

上野・松岡(1976)は脳腫瘍、急性脳血栓症などのREM睡眠期における脳波地図を求め、徐波および速波の分布により病変の局在を知ることができることを報告した。間中(1968)は、脳定常電位による等電位図を求めることによって、脳腫瘍の診断に有効であることを報告している。また、原・吉田・高瀬・星・石田(1981)は老人性痴呆疾患の脳波について脳波スキャナによる解析や脳波等電位分布作成システムの臨床的応用として、てんかんの脳波分析などを行って成果をあげている。藤澤・中村(1981)は、睡眠脳波の情報処理にこのEEGスキャナ分析をとり入れ、従来のパワースペクトル分析とEEGスキャナ分析による等電位分布図の情報処理との比較検討を行ったり、各睡眠段階における脳波の空間分布の特徴を報告したりした。

図3は、覚醒および睡眠段階1、2、3、4およびREM期におけるEEGスキャナ分析の1例で、上から $\delta$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ および $\beta$ 帯域の変動を示したものである。

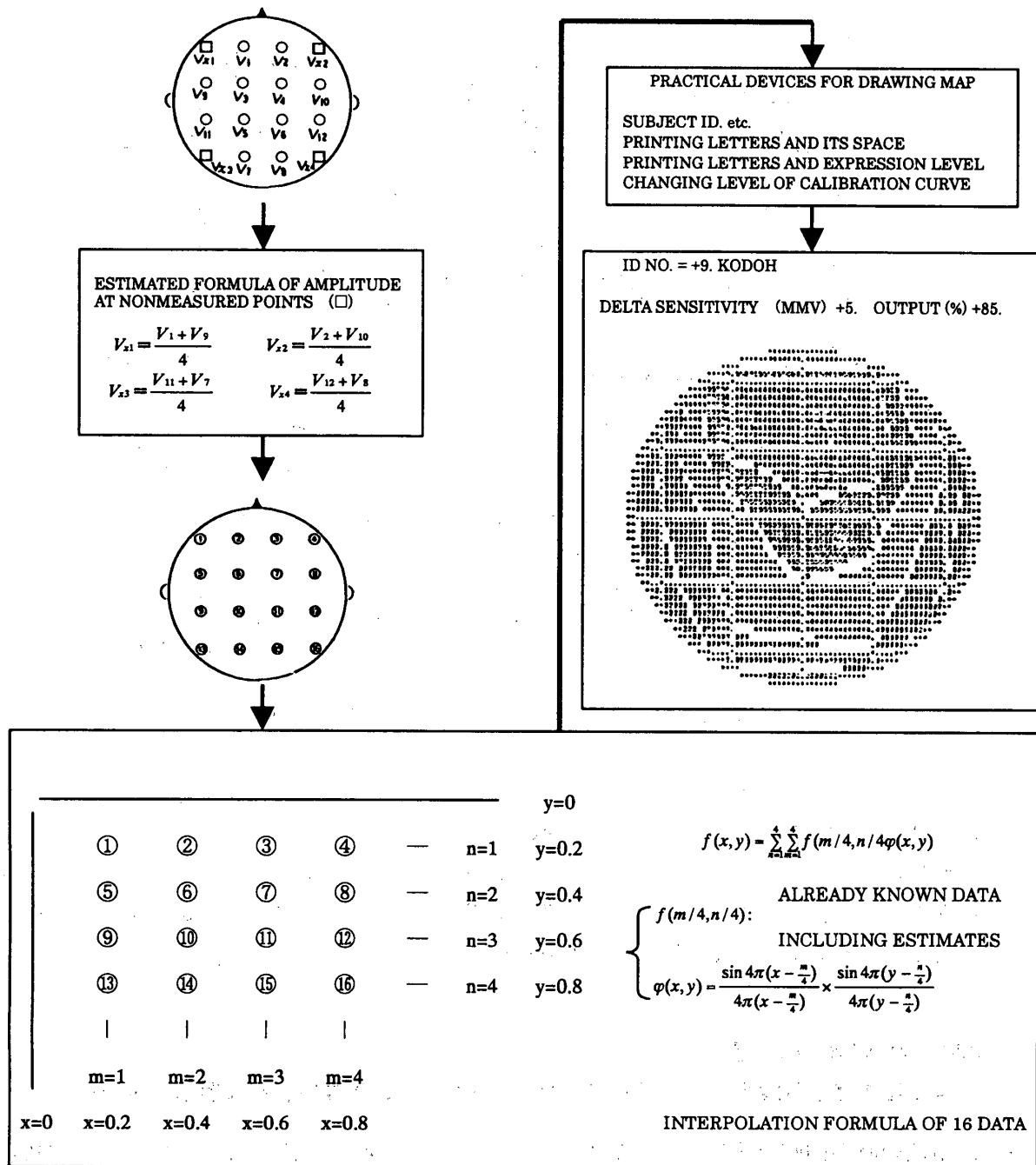


図2. EEG スキャナ分析のシステム

それによると、覚醒時においては $\alpha$ 帯域の等電位分布が優勢であり、特に後頭部および前頭部の $\alpha$ 成分の電位が高かった。睡眠段階1になると、覚醒時にみられた後頭および前頭部の $\alpha$ 成分がほとんどみられなくなり、また $\delta$ および $\theta$ 帯域で側頭部の成分の若干の増加がみられた。睡眠段階2では $\delta$ および $\theta$ 帯域の電位が前頭部を中心に増加し、さらに睡眠段階4では $\delta$ および $\theta$ 成分の電位の著しい増大が前頭部にみられた。また、REM期でも $\delta$ および $\theta$ 帯域の等電位分布が前頭部を中心にみられることが明らかであった。

これらの結果は、睡眠脳波の変化を考える場合の貴重なデータを提供しているもので、視察に

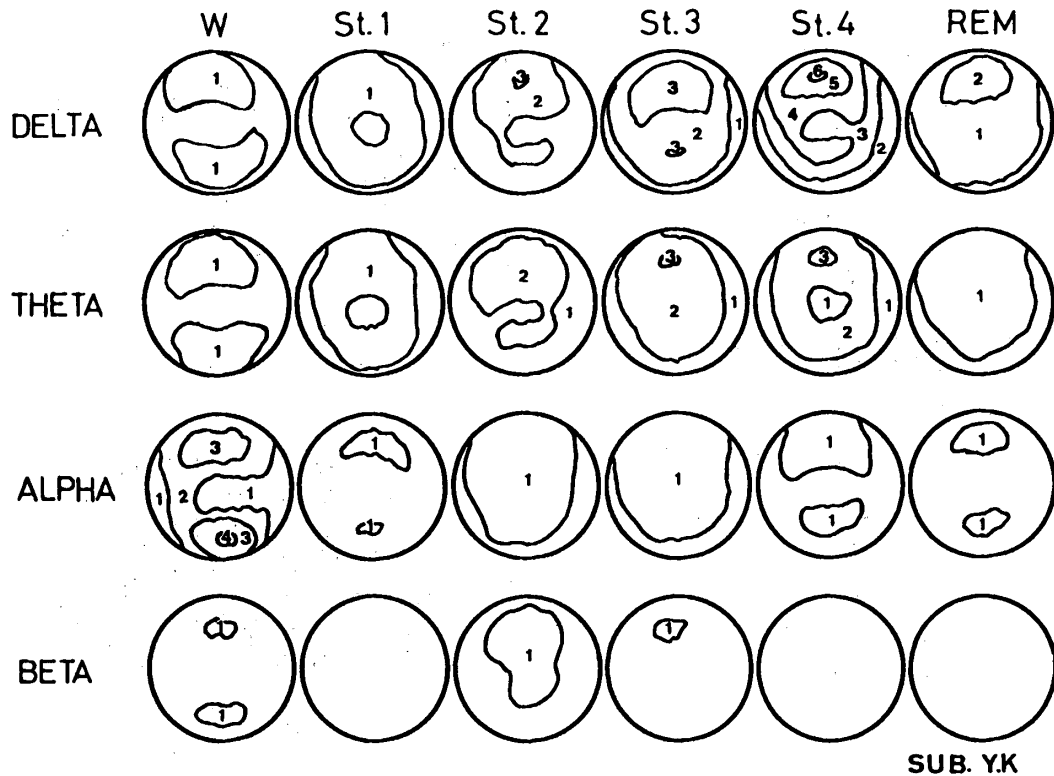


図3. 覚醒および各睡眠段階における脳波の空間分布の特徴例

よれば汎性に出現していると思われる睡眠脳波の変動もスキャナ分析の結果ではかなり部位間関係で様相を異にしていると考えなければならない。

しかし現在のところ、これらの空間分布の特徴が神経生理学的に如何なる意味をもつかはもちろんわからないし、またこれらの変化の量的表現が著しく複雑になっているため今後さらに詳細な検討を加えることによって改良される必要がある。

#### 4. 脳波の時系列分析の実際

##### —多用途生体情報解析プログラム (BIMUTAS II) による高齢者脳波解析の試み—

現在、脳波の時系列解析を行う上で最もよく用いられている手法は、FFT法による周波数解析である。先にふれたとおり、これはフーリエの積分定理による連続スペクトルとしてあらわす分析方法である。今回、キッセイコムテック社製の多用途生体情報解析プログラムBIMUTAS IIを用いて、健康な高齢者(67歳、女性)を対象に脳波測定を行い周波数解析を試みた。以下、今回の測定をもとに脳波の時系列分析の実際の方法について主要な点を述べる。

脳波は国際10-20電極配置法に基づく7部位(鼻根と後頭極を結ぶ正中線上の前頭部(Fz)、中心部(Cz)、頭頂部(Pz)、後頭部(Oz)およびFz-Czの中間点、Cz-Pzの中間点、Pz-Ozの中間点)から両耳朶連結を基準電極とした単極導出により、座位のまま安静閉眼状態で記録された1分間のデータを用いた。記録にはNEC社製多用途テレメータ・サイナクトMT11を用いた。60Hzの高周波遮断フィルタを用い時定数0.3秒とし、BIMUTAS IIによりサンプリング頻度500HzでオンラインA/D変換を行った。図4に今回の記録のブロック図を示した。従来

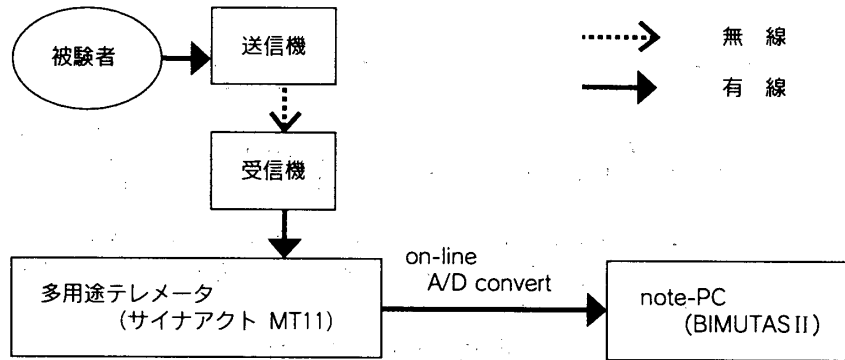


図4. 脳波記録のブロック図

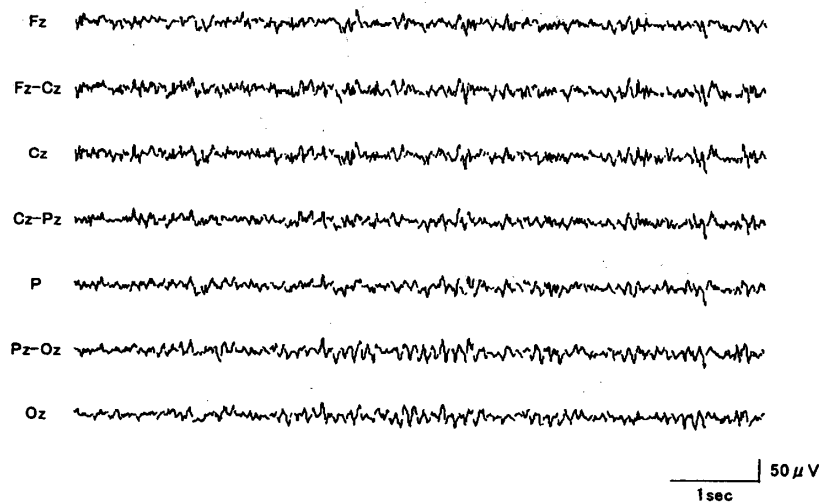


図5. 67歳（女性）の安静時の脳波記録

の脳波を中心とした生体電気現象の記録システムは、生体用電気アンプと磁気記録用アナログデータレコーダにより構成されており、A/D変換は実験終了後にオフラインで行われることが多かったのに対し、本分析で用いたBIMUTAS IIは、直接オンラインでA/D変換可能な点が特徴である。これによって、高齢者の中でも福祉・医療施設等に入所している対象などの記録・検討も実現可能となってきたとともに、分析結果を求めるのに要する時間がこれまでに比して飛躍的に短縮してきている。

図5は、以上の手続きによる脳波の原記録を示したものである。記録は、前頭部（Fz）から後頭部（Oz）までを上から順に示している。頭頂部（Pz）から後頭部（Oz）にかけて9 Hz前後の規則的な波が2秒以上連続して出現するのが特徴的である。

こうして記録した脳波について、低周波および高周波帯域濾波フィルタにより1 Hz以下および55 Hz以上を遮断し、39点毎にサンプリングを行った（原記録を直接A/D変換する際のサンプリング頻度に換算すると128 Hz）。次に512点（4秒）を1エポックとしてFFT処理を行い、オートパワスペクトルを求めた。従って、周波数分解能は0.25 Hzとなる。図6に、これらの手続きの概念図を示す。なお、平滑化処理にはハニング窓を用いた。

図7、図8は、以上の手続きによって得られた記録部位Fzの4秒毎のパワースペクトルを1分

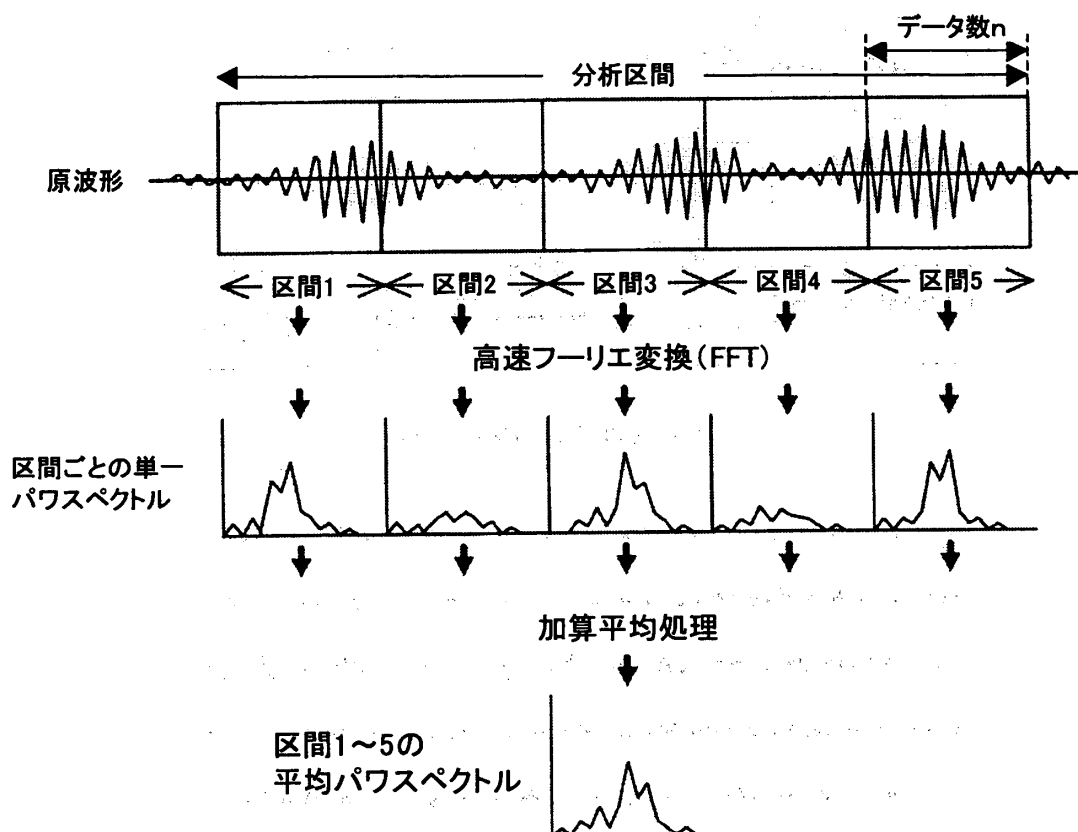


図6. 原記録からのパワースペクトル算出への概念図

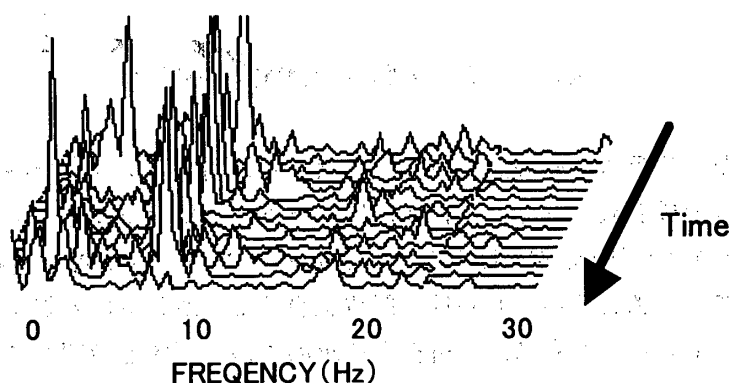


図7. 記録部位Fzの1分間のパワースペクトル連続表示

間連続表示 (compressed spectral array : CSA 表示) したものと、各部位の平均パワースペクトルをそれぞれ示している。平均パワースペクトルは15エポックのオートパワースペクトルから算出した。各図ともに横軸は周波数 (Hz) を縦軸はパワー値 ( $\mu V^2$ ) を示している。このような解析・表記法により、特定の記録部位から得られた脳波の構成周波数に関する時間的変化を克明に把握することができる。また、一定時間における脳波の出現の様相を、視察分析法に比べてはるかに高い精度でかつ客観的に捉えることが可能である。今回の結果からは、Pz-Ozの中間およびOzで9.1Hzの単峰性のシャープなピークがみられること、また、他の部位でも同様の周



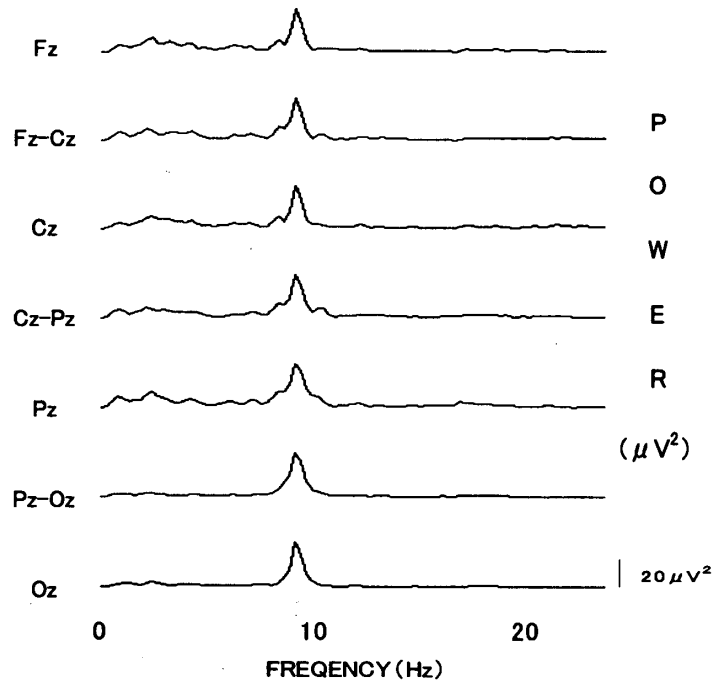


図8. 各部位の1分間の平均パワースペクトル

波数帯域にやや平坦なピークが見られることが明らかとなった。

さらに進んだ分析法としては、各パワースペクトルに関して $\delta$ 帯域 (2～4Hz)、 $\theta$ 帯域 (4～8Hz)、 $\alpha$ 帯域 (8～13Hz) 及び $\beta$ 帯域 (13～30Hz) のより細かな周波数帯域毎の含有率を求め、優勢な周波数成分を算出し、その時間的推移を視覚化することも可能である。

今回、記録に用いた生体情報解析プログラム (BIMUTAS II) は、Microsoft 社製 Windows 上で動作するソフトウェアであり、これまでミニコンピュータ上で駆動してきた周波数解析プログラムに比べて応用可能性が各段に高められている。この点については、次に紹介する現在の脳波の空間分析方法についても同じことが指摘できるため、節を改めて詳しく述べることにする。

## 5. ATAMAP II を用いた脳波の空間分析の実際

健常な20歳の大学生1名を対象として脳波測定を行い、空間分析を試みた。脳波の空間分析用ソフトとして、キッセイコムテック社製ATAMAP IIを使用した。正確なマッピングのためには、できるだけ多くの電極を頭皮上に均等に配置する必要がある。ATAMAP IIは、最低12部位、最大で256部位からの測定によるマッピングが可能である。今回の測定では、頭皮上16部位に電極を設置し、両側耳朵を基準電極とした単極導出法によって測定した。測定用のプログラムには前節で紹介したキッセイコムテック社製BIMUTAS IIを使用し、オンラインA/D処理を行って保存されたデータからの空間分析を試みた。以下に、今回の測定をもとに行った空間分析の実際について主要なものをいくつか挙げる。

図9は、安静閉眼時における脳波パワースペクトルをもとに作成した周波数マップと、その作成過程を示したものである。まず、各測定部位の原波形 (①) についてFFT処理を行ってパワースペクトルを求め、周波数ごとに $\delta$ 帯域 (2～4Hz)、 $\theta$ 帯域 (4～8Hz)、2つの $\alpha$ 帯域 ( $\alpha_1$

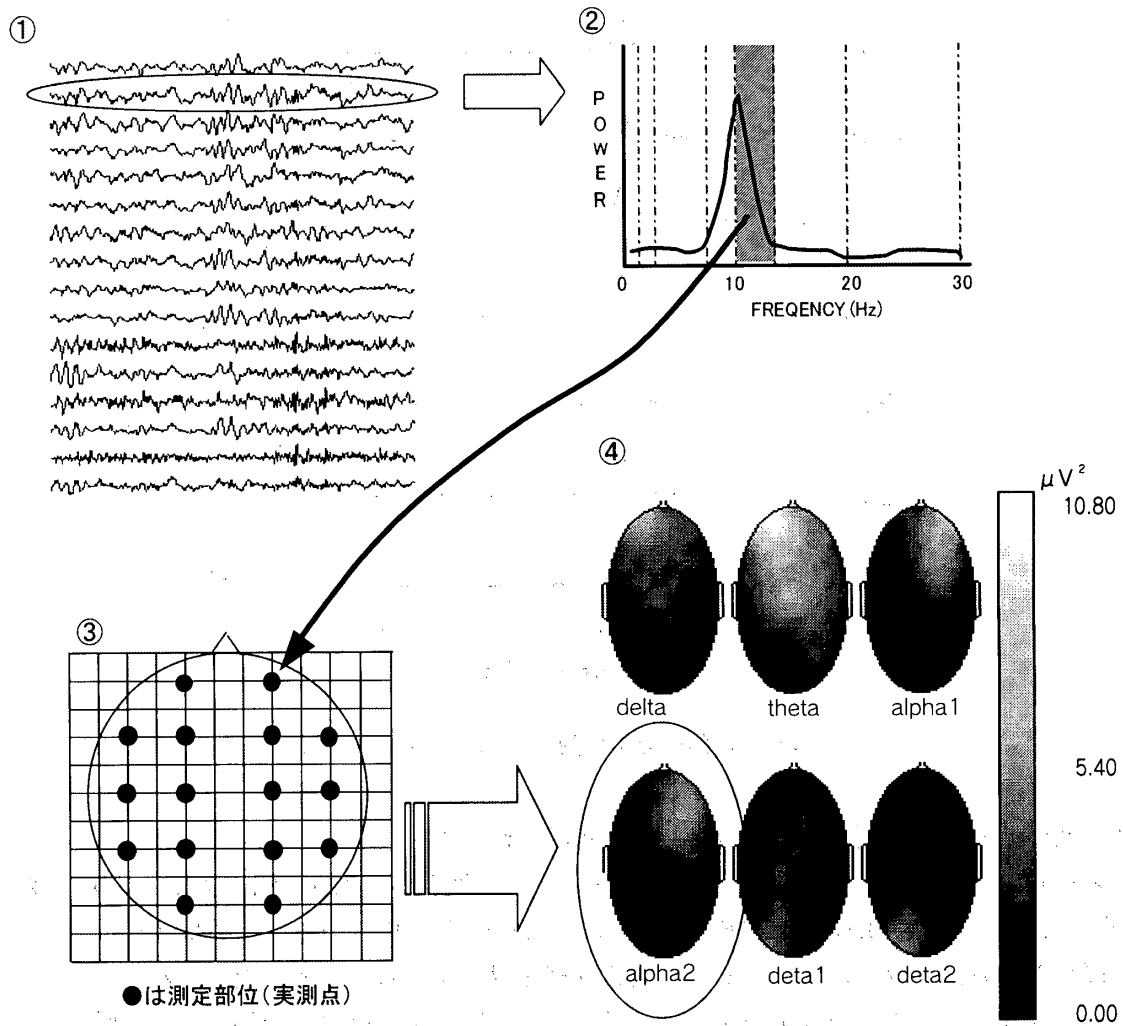


図9. 帯域周波数別マップおよびその作成過程の概念図

；8～10Hz， $\alpha_2$ ；10～13Hz）及び2つの $\beta$ 帯域（ $\beta_1$ ；13～20Hz， $\beta_2$ ；20～30Hz）の6つの帯域に分類した（②）。そして分類されたそれぞれの帯域において測定部位毎にパワー値の和を求め、更に測定部位を含む正方形の格子フィールドを頭皮上に想定し、測定部位（実測点）以外の格子点の合計パワー値を推定した（③）。この値を基に格子点以外の各非測定点の合計パワー値を補間関数によって推定して求め、得られた値を色分けして円状のマップに表した（④）。マップは上部が眉根側，下部が後頭極側を示し，左右はそのまま左半球，右半球に対応している。また，色の変化がパワー値を表している。周波数マップは，背景脳波の頭皮上分布を検討する上で有効な方法で，睡眠実験における脳波変化や，FM  $\theta$  と呼ばれる覚醒時における $\theta$ 帯域移行の様子などを空間的に捉える事が可能である。

図10は，安静閉眼時における脳波記録をもとに作成した電位マップである。電位マップは，ある時点での各測定部位の電位を求め，周波数マップ同様非測定点の電位を補間して円状のマップに表したものである。色の変化によって，負の方向及び正の方向への電位振幅を表現している。電位振幅の求め方には2種類の方法がある。ひとつは，A/Dデータそのものの値を用いる方法である。この場合，電位振幅は測定プログラムで設定された基準値及び校正値に依存する。この方

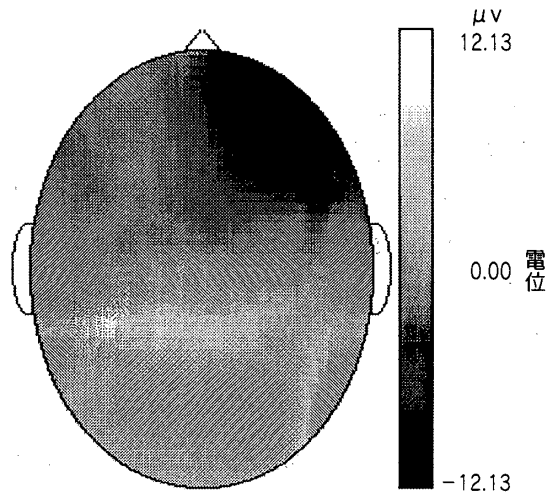


図10. 電位マップ

法では、各実測点における基準値及び校正値にできるだけ誤差が生じないようにすることが求められる。もうひとつは、任意の区間の電位振幅の平均値を基準値として求める方法である。この方法は、特に事象関連電位 (event-related potential ; ERP) のマッピングを行う際に非常に有効である。ただし、ERP測定そのものについては専用の測定及び分析プログラムを併用することが必要となる。

電位マップは、てんかん波等の病巣に関連した限局性の脳波活動を検討できるほか、ERP測定と組み合わせて、皮質機能の局在性を検討する上で非常に有効である。ATAMAP IIによる電位マップは非常に高い時間分解能を持っているため、ERP活動における短時間での電位変化を空間的に捉える事が可能である。電位マップは、fMRIやPET同様空間分析を目的とした分析方法でありながら、血流の変化を捉えるそれらと比べてより時系列的分析に優れた方法であるといえよう。

今回用いたATAMAP IIでは、他にもスペクトル波形そのもののマッピングや、CSAのマッピング、優勢周波数のマッピング等も行いう事ができる。これらはもちろん実測点のみの表示ではあるが、波形を空間的に検討するうえで有効な方法である事は確かである。また、今回はBIMTAS IIによる測定データから、オフライン処理によって分析を試みたが、ATAMAP II自体に脳波測定用のプログラムが組み込まれているため、オンライン処理による分析も可能である。

ATAMAP IIは、Microsoft社製Windows上で動作するソフトウェアであるが、このことは非常に大きな意義をもっている。ひとつは、ハードウェアに市販のPCを利用しているため、従来の脳波空間分析システムと比べて比較的安価で購入することができる点である。もうひとつは、携帯性に優れている点である。fMRIやPET等を含めた従来の空間分析システムは、測定装置が非常に大掛かりであるため、実験室内における研究しか行えないという制約があった。その点、ATAMAP IIはノートPCなどを使用することで、比較的移動の自由なシステムを構築できる。そのため、テレメータと組み合わせての日常場面における測定等を行うことができ、従来の空間分析システムでは困難であった臨床的応用を可能にした。体動によるノイズの問題をクリアすれば、運動場面における分析も可能である。今後、多様な場面において空間分析を用いた研究の発展が期待される。

## 6. おわりに

脳波の空間分布特徴を適確に把握するための情報処理として、EEG スキャナ分析の試みから始めて、さらに今回はBIMUTAS IIによる脳波の時系列分析を行い、さらに新しいトポスコピック的なアプローチとしてATAMAP IIを用いて分析を試みた。今回は機器および使用ソフトが我々の研究意図にどの程度有効であるかを検証したもので、検討の結果、目的達成に十分な方法であることがわかった。今後、高齢者脳波や心身障害者の脳波研究に役立たせたいと考えている。

## REFERENCES

- Cooley, J.W. & Tukey, J. W An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Mathematics of Computation*, 19, 297-301, 1965.
- Dietsch, G. Fourier-Analyse von elektroencephalogrammen des menschen. *Pflügers Arch ges Physiol*. 230, 106-112, 1932.
- 藤澤清・中村圭佐 「睡眠に関する生理心理学的研究 (21) - パワースペクトル・コヒーレンスおよび EEG スキャナ法による睡眠脳波の情報処理について -」『日本心理学会第45回大会発表論文集』72, 1981.
- Grass, A.M. & Gibbs, F.A. A Fourier transform of the electroencephalogram. *Journal of Neurophysiology*. 1, 521-526, 1938.
- 原常勝・吉田弘宗・高瀬守一郎・星昭輝・石田哲浩 「老人性痴呆疾患の神経生理学的研究 - 脳波スキャナおよび Compressed Spectral Array (CSA) による解析 - (第二報)」『精神衛生研究』28, 15-23, 1981.
- 古和田正悦 「臨床脳波の自動認知と視覚的表示」『神経進歩』19, 1090-1101, 1975.
- Lehman, D. The EEG as scalp field distribution. In A. Remond (ed). *Informatics*. Elsevier : Amsterdam, 365-384, 1977.
- 間中信也 「脳波のコンピュータ処理」『脳神経外科』6, 327-329, 1968.
- 本川弘一 「脳波」 南條書店, 1947.
- Rémond, A. The importance of topographic data in EEG phenomena and an electrical model to reproduce them. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 27, 29-49, 1968.
- 斎藤陽一・吉川昭 「脳波・筋電図の情報処理と自動診断」『脳波と筋電図』3, 183-216, 1975.
- 上野照剛・松岡成明 「徐波を示す異常脳波の抽出とその表示法」『医用電子と生体工学』14, 118-124, 1976.
- Walter, W.G. Automatic low frequency analyzer. *Electronic Eng*. 16, 9, 1943.
- Walter, W.G. & Shipton, H.W. A new toposcopic display system. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 3, 281-292, 1951.

## Information Processing of EEG Data on Spatial Field Distributions

Kiyoshi Fujisawa, Toshiro Mizuta, Yasuko Omori  
Koichiro Miyaji, Kimiko Mizukami

The electroencephalogram (EEG) is the complex irregular oscillation changing with time, so the spectral analysis was developed as a method of quantifying EEGs. Furthermore the progress of computer technology recently enabled us to analyze EEGs automatically. In this paper, we adopted the method of analyzing EEG data processing in terms of the spatial field distributions, based on EEG recordings in various experimental situations.

The mapping analysis of EEGs recorded during sleep showed that each of the five sleep stages including the REM sleep was remarkably different from each other in voltage distribution of the scalp. In addition to this mapping analysis, we applied the temporal analysis to EEGs by using the BIMUTAS II, the multiple biological data-processing program, and the spatial analysis to EEGs by using the ATAMAP II program as a new topographical approach. Electronic devices used for these temporal and spatial analyses are portable unlike those for the previous mapping analysis of EEGs. Accordingly it is suggested that these programs can be clinically employed in psychophysiological studies for aged or handicapped persons.

Key words : EEG, mapping analysis, temporal analysis, spatial field distributions