資 料

脳波研究の発展と教育心理学への寄与 I

東京教育大学 金子 隆 芳**

まえがき

近年における脳波学の国際的な発展は、1947年ロンドンにおける国際脳波学会 (the International EEG. Organization) の運営委員会の第1回会合とともに発足した機関誌 *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (通称 EEG Journal) の過去10年間の充実ぶりによくうかがうことができる。この委員会は1949年ユネスコの賛助のもとにパリで発足した国際脳波学会連合 (International Federation of Societies for *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*) に合体した。国際脳波学会連合には、現在

The EEG Society (Great Britain)

The American Electroencephalographic Society
Société d'Electroencephalographie et des Sciences Connexes de Langue Française

Groupement Suisse d'Electroencéphalographie

The Danish Electroencephalographic Society

The Swedish EEG Society

The Dutch EEG Society

Deutsche EEG-Arbeitsgemeinschaft

Grupo Español de Electroencefalografía y Neurofisiología Clínica de la Sociedad Española de Neurología

Sociedad Sudamericana de Electroencefalografía y Neurofisiología Clínica

The Japanese EEG Society

Società Italiana di Electroencefalografia

Groupement Belge d'Electroencéphalographie et des Sciences Connexes

The Norwegian EEG Society

といったような各国の学会が参加している。現在ソビエ

トもこれに加わっていることは、EEG Journal にソビエトからの寄稿もあることからうかがわれる。この名誉会長は Edgar D. Adrian, 会長は Herbert H. Jasper である。Adrian といえば英国では数年前亡くなつた Sherrington につぐ神経生理学者というに値するであろう。学会本部はカナダの McGill 大学で、ここの神経生理学研究所 (the Montreal Neurological Institute) もまた著名であり、Jasper はこの研究所に所属している。

わが国では1953年に第1回日本脳波学会が東北大学で開かれ、学会会員は現在500名をこしており、今年7月東京大学で第5回脳波学会が筋電図学会と同時に開かれ、今後も同時開催の方針がきめられた。そして日本脳波学会も上記のように国際脳波学会連合に参加している。現在までにわが国で製作された脳波の記録装置は数百台に近くなっており、基礎および臨床医学方面、さらに、心理学その他の方面でも活発に研究が進められている。

脳波の発見

脳波 (brain wave または electroencephalogram 略して EEG) は一般的な呼び名であるが、心臓電気的心電図 (electrocardiogram 略して ECG) とおなじように脳電図ともいう。なお electroencephalogram は記録して得られた資料としての脳波をいうもので、記録する機械装置は electroencephalograph, 脳波学は electroencephalography である。特に人間の脳波は Berger rhythm ともいわれるが、人間において最初に脳波を観察したのは Hans Berger (1) (1878—1941) である。しかし Berger が突然発見したという性質のものではなく、動物をふくめた脳電図の研究そのものは前世紀にまでもさかのぼる。しかしそれらは大脳皮質から直接に電気活動をみちびく、いわゆる皮質脳波 (electrocorticogram) であつた。それが Berger によつて、人間についても頭皮上からみちびくことができることが実証され、今日一般に脳波といわれるものの方法的基礎が確立された。当時としては大脳皮質の極微な電位変化を頭蓋

* Electroencephalographic researches and their contribution to educational psychology I.

** by Kaneko, Takayoshi (Tokyo University of Education)

を通して頭皮上から記録することはむずかしくまた研究はもっぱら外部刺激に反応して現われる一過性の脳の動作電位（今日いう誘発電位のようなもの）がその対象であつたから、人間の頭皮上から、自発的に出現する規則正しい波をみることは、おどろくべきことであつた。この脳波についてははじめは懐疑的な学者も多く、例えば Adrian も、慎重な立場をとつたが、その後次第に研究者が増え、1930年以来本式に脳波学は軌道にのりだした。

脳波は、極めて微弱な電位変動であるため、当初、その記録は必ずしも容易なものではなかつた。現在われわれが、多少の苦心はあるにしても割合容易に脳波を記録し、研究できるのは、規格化⁽²¹⁾された製品としての脳波計がつくられているおかげである。これは脳波学研究者の努力もさることながら、やはり電子工学の発達とその方面の研究者や製作者の協力がなくては不可能なことであつて、現代科学の様相がここにもみられる。なお、わが国の脳波計の規格としては1954年4月、第3回日本脳波学会で定められたものもちいられている。

脳波の記録方法

頭皮上から得る脳波は数ないし数十 μv 程度の微弱なものであるから高度に増幅しなければ眼に見えるようには記録できない。しかしラジオや電蓄などの高周波、音声周波の電気振動の増幅とはまたちがつた特殊な性能をもつた増幅器が脳波の記録には必要である。音声増幅のばあい、実際に出力側にてくる音声の intelligibility という面だけを考えれば、ある程度の波形の歪みや雑音があつてもさほど差支えない。しかし脳波の記録のばあい、データの客観的共通性の必要から、波形の歪みや、特に雑音をできるだけさけて、忠実に記録したいものである。そこで push-pull 結合による平衡型の増幅器を使用したり、前置増幅器 (preamplifier) と主増幅器 (main amplifier) とにわけて、前置増幅器のプレート電圧は、安定した電池を電源に用いたりして、いろいろと考慮がはらわれている。その増幅度は10~50万倍の高増幅度であるため、わずかな雑音が障害となる。そして脳波では、毎秒1~60サイクルの電気振動を一応その記録の対象としていて、電灯線の毎秒50サイクルの周波数がこの周波数帯の中にはいることになるので、特に50サイクルのハムの除去については十分注意されなくてはならない。

脳波の記録は、現在は多くインク・ペンによつて紙にかく便利なものが普及しているが、ペンの先に電熱ヒーターがついていて、これでワックス・ペーパーを溶かしながら記録するようなものもある。これだとどんなに速くペンが振動してもインクがとばない利点はあるが、記

録の長期保存がきかず、記録紙も傷みやすい。また脳波記録には電磁オシログラフや陰極線オシログラフを使用する特殊なばあいもあつて、より忠実な記録を得る点はあるが、写真にとつて記録しなければならないから、大量のデータを簡単に得るわけにはいかない。

脳波を誘導する電極はこれを頭皮に接着して、ここから脳波をとりだして増幅器にみちびくものであるが、研究者ごとにいろいろ使いやすい型や接着の仕方が工夫されている。普通直径5mmぐらいの銀の円板状または盃状のものがもちいられ、これを適当な処方による食塩糊などによつて頭皮に接着する。このとき、頭髮によつて電極が皮膚からうきあがらないように密着して、電極間抵抗をできるだけ小さくすることに注意しなくてはならない。電極には板状または盃状のもの他に、針状のものもあり、その形状によつて、板状電極、盃状電極、針状電極などとよばれるが、これらの普通の脳波記録用電極とは別に、脳内に深く挿入して脳波を誘導する、特殊深部電極もあつて、深部脳波の電気生理学的研究に関する最近の知見は、すべてこの種の電極によつて、主として動物実験の結果から得られている。頭皮上からの脳波の誘導方法として、双極誘導と単極誘導がある。頭の異なる部分に電極を2個つけて、両部位の電位の差の変動を脳波として記録する方法を双極誘導という。双極誘導では両部位の活動の相対的關係だけわかつて、脳の特定部位のいわば絶対的電位変化はわからない。後者の目的のためには、電極の一方を全然電位変化のない部分につければよい。人体にそのような部分があるかどうか問題であるが、一応、不関電極を耳垂につけることにして、この場合を単極誘導と呼ぶ。なお誘導部位については、現今の脳波装置は多要素式と称して、すくなくも4個、もつとも多いものでは、16個の増幅・記録系統が1台の装置におさめられていて、必要に応じて多数の電極を使用し、頭の各部からの脳波を同時に記録することができる。

脳波の周期と波形

このようにして得られる脳波は、被験者が安静状態にあれば、 α 波と称してかなり規則的な毎秒10サイクルぐらいの波が主なもので、そのような波が連続的に記録されていくのである (Fig. 1 II)。それはかつて知られていた電気現象とはいちじるしくその趣きを異にしているので一層興味をひいたわけである。しかしすぐにわかつたことであるが、被験者が眼をあけて光を見たり、あるいはただ物をみようとしたり、その他感情的な動揺など精神が活動状態に入ると、 α 波はただちに消えて、代り

に β 波といわれる毎秒20~30サイクルぐらいの、振幅も不規則な速い波が現われる (Fig. 1 IV, V)。これを α -blocking という。この β 波については、この時の精神活動の特定の内容及具体的に関係のつくような、周期や振幅や波形の特徴をただちに找出ことはむずかしい。この事実は脳波研究の初期において、期待に反する、失望すべき事実であつた。脳波は、 α 波のような基本的振動を除いては、振幅やこまかい波形は各人各様であるが、みたところ知能のような高等精神作用の1側面や性格の類型と必ずしも関係ありそうになかった。ただ統計的にいえば、 α 波の出現率が思考の視覚表象型とか運動表象型とかの類型に多少の関係がある程度であつた(5)。このような成人の脳波に対して幼児の脳波では通常 α 波よりおそい毎秒4~7サイクルぐらいの波が主である (Fig. 1 I)。さらに脳波にはおそい毎秒1~2サイクルのものが見られ、これを δ 波といつて脳疾患や成人でも深い睡眠時に現われる (Fig. 1 VI)。毎秒12~15サイクルぐらいで、振幅がうなりのようにゆつくり“wax and wane”するものが見られ、これを紡錘波といつて、これも睡眠時に現われる (Fig. 1 III)。

これらは周期による脳波のおおざっぱな分類で、どこからどこまでが α とか β とか、はつきりきまつたものではない。8サイクル未満を全部 δ 波と呼ぶこともあれば、特に4~7サイクルを θ 波と呼ぶばあいもある。非常にはやい40~50サイクルの波を γ 波と呼ぶ人もある。周期は脳波をひと目で特徴づけるものであるから、初期の脳波研究においてはよい手がかりとなつた。個体発生

Fig. 1. 周期による脳波の分類

だいたいの周期による分類で波形はさまざまである。

- I 毎秒4~7サイクル 幼児にみられる。
- II α 波 毎秒9~11サイクル
- III 紡錘波 毎秒12~15サイクル 睡眠時に現われる
- IV 毎秒20~24サイクル 比較的まれにしかみられない
- V β 波 毎秒25~35サイクル
- VI 深い睡眠時に出る不規則なおそい波
(Morgan, C. T. & Stellar, E. : *Physiological psychology*. New York, McGraw-Hill. 1950. p. 546)

的にいえば成長の段階を経るにつれて、また意識状態からいえば睡眠の無意識状態から覚醒・興奮の状態にいたる過程において(11)、脳波は δ のようなおそい波から、 β のようなはやい波に移行するという一般的傾向があると考えられる。また、本川ら(15)は、条件反射と脳波の研究の所見から、興奮単位概念の上で周期変化の系列を考えると便利であることを示した。このばあいは興奮単位のたかまりは、

$$\delta \rightarrow \text{大振幅} \alpha \rightarrow \alpha \rightarrow (\alpha + \beta) \rightarrow \beta \rightarrow \text{スパイク}$$

のような順で脳波にあらわれる。条件反射における興奮過程は興奮単位がたかまる方向への脳波の変化としてみられ、反対に制止過程では興奮単位が低下する方向への脳波の変化が現われることが見られている。

なお、スパイク (spike) というのはとがつた大きな波で、脳波の波形による分類のひとつである。テンカンのような病的脳波では dome and spike といつて、ゆつくりした円い波 (dome) とスパイクが交互に現われる (Fig. 2A)。テンカン発作ではさらに痙攣波 (Fig. 2B)

Fig 2 テンカンの脳波

- A spike and wave (小発作)
- B 痙攣波 (大発作)
- C 梯形波 (精神運動発作)
(大熊輝雄,「脳疾患と脳波」より<脳及び神経機能研究の新動向・東京, 金原出版, 1957. p. 111> ただし, 順序と説明には同じでないところがある)

梯形波 (Fig. 2C) のような振幅の大きい波も現われるといわれる。しかしこのような特殊なばあいをのぞいては、普通の脳波は波形による分類をさらにすすめることができるほどの波形の客観的な類型性を示さないし、 β 波のように振幅が小さくはやい波では波形を問題とするにはいたらない。

脳波の分析

記録されたそのままの脳波をみて周期変化や波形を云々するのは、素朴な確実なひとつの方法であるが、その判断は主観的で定性的であることをまぬがれない。上述の諸分類以外にも適当な手がかりをみつけて、統計的手段によるとか、なにかのオペレーションをほどこして脳波を表現することは、脳波学の客観性からだけでなく、かくれた法則性の発見という点からも意味深いことである。これを脳波の分析と称する。一定期間の脳波にどのくらいの波が出現したかを百分率で表わす α -index, あるいは, % time α (2) というのは初歩的分析手段のひ

とつである。また、本川は、 α 波の振幅についてしらべ、それが一定の統計的分布法則に従うことをみとめた(13)。その他、 α 波の連続度(13)とか、相前後する α 波振幅の相関関係(13)とか、いずれも脳波を統計的分析の対象としているのは、脳波の variable な様相からいつて、それが適切な分析手段であるからである。

これらの分析法は記録された脳波について一定の計測をおこない、比較的簡単な計算でできる。しかし今日脳波の分析というのは、もつぱら周波数分析のことをさしている。そして、この方面における過去10年近くの、特に最近の、研究と技術の発達が、一時は行きつまりの観を呈したかに見えた脳波学の一分野に、新たな問題を提出してきた。一般に振動現象の分析の理論として、いわゆるフーリエ解析の理論があり、ある現象が周期函数であるとき、その函数はたがいにハーモニックスの関係にある多くの単弦振動の和に分析することができる。このような分析操作を周波数分析といい、また調和分析ともいつている。そしてある周期函数を、それを構成する多

くの単弦振動の振幅の大きさに表わしたものをそのスペクトル(spectrum)という。このような分析は厳密な周期性を欠く現象に対しても拡張したフーリエ解析の立場で同様に適用できることが知られている(7)。脳波は純粹に周期的ではないけれども、かなりの周期性を示す現象であり、これに拡張した意味での周波数分析を行なうことができる。分析の方法についてはすでに音響学における知見や技術もあつて、脳波についてもこれを行なうのに本質的な障害はなかつたし、労力さえいとわなければ、調和分析の数値計算で記録紙上の脳波に分析を施すこともできる。しかし近來とくにこの方向に関心がたかまつたのは、ひとつには自動周波数分析器の出現によつて、分析が非常に容易になつたことにある。この器械はイギリスの Gray Walter (23)が、1940年代のはじめに作製したもので、その後急速にひろまり、わが国でも最近になつて国産品がでまわりはじめた。なお、これとは別にアメリカで完成された visible speech の装置である sonagraph を低周波分析用にした vibralyzer も脳波の分析に応用されている(20)。しかし分析器による分析については、後にものべるように分析の目的についての厳密な吟味と反省が不可欠な課題である。なお Fig. 3 は Walter 型分析器の一例とその分析記録である。

脳波とサイバネティックス

サイバネティックスはその一部に制御の理論をふくんで、動物であると機械であるとを問わず、すべて制御系の概念にあてはまるものの一般理論を提出しようとしている。制御系の理論のひとつは系の特性を振動論的に分析することと理解されるが、この立場から系の特性を研究することは、人間の運動特性にまで周波数分析がおこなわれている例(10)をみれば、いわば今日の著しいひとつの傾向であつて、脳波にも当然このような立場からの分析がおこなわれるわけである。最近来日した Wiener は、その方法のひとつとして脳波の自己相関函数(autocorrelation function) (別名コレログラム—correlogram) をもとめる Interferometer について紹介した(24)。周期函数の自己相関函数はやはりひとつの周期函数であるから、コレログラムはもとの周期函数の性質によつていろいろな特徴を示す。コレログラムを周波数分析すると、そのスペクトル成分は、もとの函数のスペクトル成分の自乗となつて現われるのでこれはふつうのスペクトルに対してパワー・スペクトル(power spectrum) といわれる。そしてこれはもとの函数のスペクトルにはないいくつかの性質をもっているのが有用なことがあるわけである。相関函数による脳波分析は、その

Fig. 3 Walter 型自動周波数分析器と記録例

EEG 増幅器から任意の1系統をえらんでその波を24個の周波数別 resonator におくり、1.5サイクルから30サイクルまでのうち、特定の24個の周波数帯の波を分析して出す。それぞれの波の振幅を integrator で20秒間加算し、それを storage condenser に蓄積しておいて、scanner によつて順次にとり出して記録する。下図はその一例で各周波数成分の量を示すスパイク状の波による一種のスペクトルである。スパイクの下に数字は各成分の毎秒周波数、なおこの分析は4つの脳波のうち一番上の波についておこなわれたものである。Walter 式は比較的長い時間(この場合は20秒)の周波数成分の平均値を示して、短時間の変化を表わさない点が欠点である。

結果の解釈についての相違はあるが、すでに日本でも行なわれてきたものであり、このことは、Wiener の講演の際にも、東京教育大学の寿原教授や、長崎大学の佐藤教授によって、自己相関函数による研究結果について発言された(8, 17, 18, 19)。

周波数分析を促進させたもうひとつの事情について所感をのべるならば、それは PHOMAC という現象に関連してのことである。これは photometrazol activation の略で metrazol という薬物を投じて神経を興奮しやすくさせて、光刺激 (photic stimulus) をつよいフリッカーで被験者に与えると、脳波にテンカン発作波がみられることがあるという現象(4)で、臨床的に大変注目されたのであるが、この種の研究に Walter 型自動周波数分析器による分析の結果がしばしば記載されたので、同時に自動分析についても一層注意されたわけである。このばあい、発作をおこさないまでも、外から大脳に刺激を与えて、その様子を見るということは、脳波の発生機構本質を究明する有力な方法である。この時、フリッカー光刺激を使うと、その周期に応じて α 波が駆動されることは、 α 波の photic driving といつて前から知られていたものであつたが、いまのべた意味で、近來それが再認識され、その際、周波数分析が重要な tool となるわけである。この問題は佐藤らによって研究され、今堀・寿原(8)らの研究と関連して、大脳を減衰振動系とみなした模型が考えられている(17)。

脳波の発生と本質

そもそも脳波の本質は何か、なかでも α 波について、それがどうして発生してどのような機能的役割をもっているのか、この問題は脳波学のはじめからの問題で、最近ではこれをめぐつてさらに深部電極や微小電極を用いての脳の神経生理学的研究もおこなわれてきて、いろいろな知見が得られつつある。

自発説と巡回説——脳波の発生機序については自発説と巡回説の2つがあつて(6)、動物を対象とした微小深部電極による今日の神経生理学的研究によれば、いずれも実際の支持を得ている模様である。自発説というのは皮質を構成する個々の神経細胞が自発的に電気を発生しており、脳波はその総和でおのおの神経細胞の活動が同期(synchronize)することによつて α 波が発生すると考え、巡回説というのは脳の中で神経網が輪をつくつていて、神経興奮がそこを巡回すると考える。これについては神経網の具体的な図式も提出されていて、見た眼にもおもしろく、理解されやすい。これらの巡回路がそれぞれ異なつた周期別反響回路 (frequency selective rever-

berating circuit) をつくつていて、脳波の周波数分析の結果の各成分は、この周期別反響回路の活動に対応すると考えるのは非常にもつとらしい。しかし周波数分析の結果の解釈については、その周波数成分に対して実質的ななんらかの対応物があるかどうかということは別のことであるという点に注意しなくてはならない。これらの巡回路は大脳表面の皮質と間脳にある視床との間にあると考えられ、実際に視床が脳波を支配する有様が動物実験によつて確認されるのであるが、さらに視床から下へさがつて中脳から延髄にかけてある脳幹網様体 (brain stem reticular formation)(12)も密接に関係することがわかつた。この脳幹網様体から視床と大脳皮質をむすぶシステムと脳波によつて知られるその活動状態との研究が、今日、睡眠の神経生理学的機構を解明しつつあるのであるが、裏をかえせばそれは覚醒の理論で、従来、科学的な研究対象の外にあつた意識の問題がこれに関係して論ぜられるようになった(14)。

α 波の走査仮説——これらの研究は脳波、とくに α 波の機能的意義についてもあきらかにするところが多い。感覚器官からの個々の知覚伝導路と別に、脳幹網様体から視床を経て皮質にいたるいわゆる汎性投射 (diffuse projection) 系(9)が大脳の活動状態を支配し、これによつて統一ある知覚・運動活動が保証されると考えられているが、脳波はこの汎性投射系巡回路の活動を反映するものと考えられている。これについては、さらに興味あるものとして、Walter(22)や McCulloch(16)の走査仮説 (scanning hypothesis of α -waves) がある。すなわちわれわれの視覚、とくに視覚において、大脳後頭部の視覚領域に投影された外界の像は、さらに大脳の他の連合領域に伝達されて、われわれの統一ある適応行動の一環をなす。このばあいの像の伝達の方式であるが、もし像を各部に細分してこれを順次1つの伝送路 (transmission channel) に入れてやるという仕方によれば、1つの伝送路で事がたりて、伝送路の economy という点でものぞましい。このことはテレビジョンの伝送で実際におこなわれていることであるが、そのばあいの撮像管における電子ビームのスキャンニング(走査)と同じことを α 波がやっているのだというのが走査仮説である。 α 波は $1/10$ 秒で1回の走査を完了する。この仮説に対しては否定的実験もある。しかし、 α 波がなんらかの形式で感覚や運動に関する大脳の機能を調整するタイミング・メカニズムの役割をはたしていることは他にも主張されている(3)。

最近の神経生理学における研究の脳波学に対する貢献はめざましいものがあるが、心理学においては人間の頭

皮上から誘導される, いわば molar な脳波についての研究が進められている。それがどのような意味をもつかの点については別に論じられるであろう。

〔記〕 本稿を草するにあたっては, 東京教育大学小保内教授の御校閲と, 同寿原教授の御助言をうけた。また学兄藤沢清氏の協力を得た。記して感謝の意を表わしたい。

文 献

- (1) Berger, H. : Ueber das Elektrenkephalogramm des Menschen, I. *Arch. f. Psychiat. u. Nervenkr.*, 1929, 87, 527—570.
- (2) Davis, H. and Davis, P. : Action potentials of the brain of normal persons and in normal states of cerebral activity. *Arch. Neurol. & Psychiat.*, 1936, 36, 1214—1224.
- (3) Ellingson, R. J. : Brain waves and problems of psychology. *Psychol. Bull.*, 1956, 53, 1—34.
- (4) Gastaut, H. & Hunter, J. : An experimental study of the mechanism of photic activation in idiopathic epilepsy. *EEG clin. Neurophysiol.*, 1950, 2, 263—287.
- (5) Golla, F., Hutton, E. L. & Walter, W. G. : The objective study of mental imagery, I. Physiological concomitants. *J. ment. Sci.*, 1943, 89, 216—222.
- (6) 藤森聞一 : 脳波の発生機序に関する生理学的研究 若林・藤森編, 脳波の分析とその応用. 東京, 医学書院, 1957.
- (7) 今堀克己 : 音響分析. 東京, 小山書店, 1949.
- (8) 今堀克己・寿原健吉 : 脳波における統計的方法について. 科学, 1947, 17, 38—40.
- (9) Jasper, H. H. : Diffuse projection system : the integrative action of the thalamic reticular system. *EEG clin. Neurophysiol.*, 1949, 1, 405—420.
- (10) Krendel, E. S. : The spectral density study of tracking performance. *WADC Tech. Rep.*, 52—11, Part 2, 1952.
- (11) Lindsley, D. P. : Emotion. in Stevens (ed.) : *Handbook of experimental psychology*. New York, Wiley, 1951.
- (12) Moruzzi, G. & Magoun, H. W. : Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *EEG clin. Neurophysiol.*, 1949, 1, 455—473.
- (13) 本川弘一 : 脳波. 東京, 共立出版, 1953.
- (14) 本川弘一他 : 中枢神経系研究の方法論 (意識, 条件反射, サイバネティクス). 東京, 金芳堂, 1955.
- (15) 本川弘一 : 脳波について, 脳および神経機能研究の新動向. 医学の動向, 第10集, 東京, 金原出版, 1957.
- (16) Pitts, W. & McCulloch, W. S. : How we know universals? *Bull. Math. Biophysics*, 1947, 9, 127—
- (17) 佐藤謙助 : 脳波の発生機構に関する統計論的研究 脳波の分析とその応用. 東京, 医学書院, 1957.
- (18) 島蘭安雄 : 脳波曲線の一分析結果について, 「脳波」学研, 第9部第17班報告書. (1947) 11—14.
- (19) Suhara, K. : On the frequency analysis of the brain wave and its statistical interpretation. *Fol. psychiat. Neurol. Jap.*, 1952, 6, 1—38.
- (20) 寿原健吉・伊藤弘多加 : 脳波分析の一方法, 脳波の分析とその応用. 東京, 医学書院, 1957.
- (21) 高木末雄 : 脳波装置及び心電計の規格とその試験法, 勝沼精蔵 (監) 臨床電気生理学. 東京, 医学書院, 1955.
- (22) Walter, W. G. : The function of electrically rhythms in the brain. *J. ment. Sci.*, 1950, 96, 1—31.
- (23) Walter, W. G. : An automatic low frequency analyzer. *Electronic Eng.*, 1943a, 16, 8—13.
- (24) Wiener, N. : Brain waves and the interferometer. 日本生理誌, 1956, 18, 499—507.

(1958年8月12日受稿)