

医学博士本川弘一君の「脳電図の研究」に対する授賞審査要旨

脳電図は脳の神経細胞の活動を電氣的に記録したものである。その存在は、前世紀の末に既に知られていたものであるが、脳の活動電流の大きさは、末梢神経、筋などの電氣的活動の大いさに比べると、はるかに小さいものであるから、これを検出し分析的研究の対象としてとりあげるには甚だ困難を極めていた。

一九三〇年頃、ドイツの精神病学者ベルガー、並びに英国の生理学者エドリアン等が、当時漸く生物学医学領域に用いられるようになった真空管増幅器を利用して、脳電図の研究を始めるに至り、これが漸く学問的体系をとり得るようになったのである。我国において最初に報告された脳電図の研究業績は、東北大学藤田生理学教室の伊藤・懸田氏等のそれであつて、一九三七年の事に属している。

本川弘一君は、一九二九年以来東京大学生理学教室において、専ら電気生理学の研究を進めていたが、本川君が脳電図の研究に着手したのは、一九三九年東北大学藤田生理学教室の後継者となつて以後である。

本川君は当時の脳電図研究の黎明時代にあたつて、先進諸学者殊に我国の諸学者が用いていた脳電図用真空管増幅器が充分な感度をもたないために得られた脳電図記録が徹底的な分析に堪えぬ事を遺憾とし、先づ脳電流増幅器の改良、感度の向上に努力したのであつた。その結果従来のものに比し十倍乃至百倍の感度をもつ増幅器を作る事に成功し、微弱な脳電流でも、充分拡大増幅して記録し得るようになり、その後の研究進展の基礎となつたのであつた。この

間における本川君の努力によつて刺戟された結果、我國の多数の研究者も競つて高感度増幅器の製作に努力するようになった。この傾向はやがて専門の電気工学者の研究を促すに到り、今日國産の腦電流増幅器の製作技術が漸く國際的なレベルに達するようになったのである。

周知の如く人間の腦電流は、一秒約一〇振動が主成分をなし、これにもつと振動数の高い不規則なものが重なつて出来ている。前者は α 振動、後者は β 振動とよばれているものである。この他に、乳兒や腦疾患患者又正常成人の睡眠時にみられる徐振動即ち θ 振動とよばれるものがある。これは一秒数サイクル以下の振動を指している。

本川君の腦電図研究の第一歩は、腦電流を定量的に記載しようとして試みた事である。腦電図の α 振動に關していうならば、その週期は約 $1/10$ 秒であつて甚だしい動揺がないのに反し、その振幅はたえず大きくなつたり、小さくなつたり動揺をくりかえしている。そこで先ず、同一個人について如何程の振幅をもつ振動が、どんな頻度で出現するかを測定し、ヒストグラムを作つて見た。かくして得られたヒストグラムは、ガウスの分布法則が適合するようなものではなくして、最もしばしばあらわれる振動の振幅は、必ず平均の振幅よりも小さいという性質をもつものであつた。この様なヒストグラムについて、理論的な考察を加えた結果、本川君は振幅の頻度分布に關する統計法則を発見し、且腦電流の発生機序に關して新しい考え方を提出することができた。本川君以前においては、個々の腦細胞が同一の位相、同一の週期をもつて振動しており、それ等の總和が腦電流となるのであるとする考えが行われていた(エドリアンの同期説)。この考えに従えば、腦電流振幅の頻度曲線はガウスの分布に従うべき事が期待されるのであるが、事實は本川君の示した如く、實際に得られる振幅の頻度曲線は著しくガウスの分布とはちがうものであつた。そこで本

川君は、この様な実験事実を説明するために、個々の脳細胞は週期を同じくして活動しているが、その位相は全く独立であると考えねばならぬと主張したのである(非同期説)。従来は、個々の脳細胞の電気的振動が全く勝手な位相で行われるとすると、脳電流の振幅は零になるべきだと素朴に信ぜられたために、同期説が主張されたのであつた。しかし本川君によれば、非同期説の立場がかえつてよく脳電流振幅の変動の統計的性質を説明するものである事が明らかにされたのである。

本川君によつて見出された脳電流振幅の統計法則は、人間の脳電流のみならず動物の脳電流にもあてはまることは各方面から追試実証されたが、ある場合には本川君の統計法則は、第一次近似しか示さず、これを基礎として研究された結果、常数の数を更にもした佐藤謙助氏の統計法則がよく適合することが示されるまでに発展した。

このような本川君の脳電流に関する統計的、量的研究が基礎となつて我国の脳電図研究がこの方面に特異な発展をなした事は注目に価する(今堀克己氏・佐藤謙助氏等の研究)。事実今夏カナダ・モントリオールにおける第三回国際脳波学会において、脳電流の統計的、量的研究がシンポジアムの議題としてとりあげられたのであるが、そこに報告された研究は、本川君並びにそれに続く我国の研究者によつて、数年前展開されていた研究の方向を追うものであつたと報せられている。

本川君は、以上述べた様な脳電流振幅に関する統計法則を見出したのに引続き脳電流を量的に記載する方法を考案した。即ち脳電流の振幅、週期等は絶えず変動するものであるから、瞬間、瞬間の振幅、週期を云々してもそれ等は殆んど意味を持たず、或一定時間内にあらわれたすべての振動に関して得られた平均振幅、平均週期の如き統計量の

みが意味を持つというのである。この主張は各方面から認められ、本川君の考案した量的記載の方法は、その後臨床脳電図研究家の間で広く用いられるに到っている。

本川君以前から、同一個人の脳電図でも、頭蓋上の部位によつて、その大きさを異にすることが知られていたが、本川君は、脳電流の平均振幅が頭蓋上で著明な局所差を示すことを明らかにし、且この局所差は、大脳皮質の各処における脳細胞の密度、大きさ並びに個々の細胞の排列の仕方の相違に基づく事を明らかにした。

従来の諸外国の学者が報告した脳電流振幅の大きさに関する数値は、極めて区々として一致していなかつた。本川君は、これが脳電流振幅の統計的性質を考慮せずになされたのに基づくとなし、正常人の振動の標準値を定めるために努力した。氏は多数の正常人の脳電流を記録し、各人の平均振幅を算出した上で、被測定者全体についての平均値を求めた。それによれば、本邦正常成人の脳電流の平均振幅の平均値は $13.4\mu V$ であるという。又 α 振動の平均週期についても同様の測定を行つた結果平均週期の平均値は 0.102 秒であると定めた。これ等の数値は、現在我国における唯一の基本的資料となつているものである。

統計学者増山元三郎氏は、本川君とは全く異なる立場から出発して、脳電流のエネルギーの統計的分布法則を提出した。即ち個々の振動に含まれるエネルギーを適当な仮定のもとに算出した上で、いか程のエネルギーを含む振動が、どんな頻度で現われるかという事を規定する法則である。増山氏の理論の妥当性を検討するためには、頭皮のインピーダンスに関する実験的知識を必要とするものであつた。そこで本川君は、頭皮のインピーダンスを脳電流の振動数程度の低い周波数の交流を以て測定した結果、増山氏の理論式が多くの場合よく適合することを見た。更に進ん

で本川君は、増山氏の理論を検討した結果この理論が、一層広い立場から導かれる一般的理論の特殊な場合であるとを見出した。

本川君の研究は脳電図の感覺生理学的応用に関する方面へも進展している。

刺戟を与えてから、これに対する反応が起るまでの時間を反応時間というが、これは、刺戟を感覺器官で受容してから興奮が大脳皮質に達するまでの時間と、大脳皮質から興奮が骨格筋に達してこれを働かすまでの時間とに分けて考えられていた。しかし在来の方法を以てしては、兩者を實驗的に分離測定することが出来なかつた。そこで本川君は光刺戟を与えてから脳電流に変化があらわれるまでの時間を種々の實驗条件のもとで精細に測定した。その結果、反応時間の両成分を分離測定することが出来たのである。そして刺戟の強さによる反応時間の相違は、主として感覺器の過程の遅速によることを明らかにした。この研究と全く同一の研究が本川君と無關係に且同時にスウェーデンのベルンハルドによつて行われ同一の成績を得ている。又この種の実験は、その後もしばしば外国の学者によつて試みられているが、いずれも本川君の實驗成績以上に出ずるものではない。

同一の刺戟が持続すると、感覺の強さが次第に減退し終には刺戟効果がなくなつてしまふ(適應現象)。エドリアンは各種の感覺器に連らなる知覚神経の活動電流の研究から、感覺の適應は感覺器で起ることを決論している。本川君は、種々の感覺刺戟が脳電流に及ぼす影響を研究中、この問題に当面した。例えば、持続的光刺戟を与える場合、光刺戟が強すぎる事なく且一様であれば、 α 振動は最初著明に抑制されるが、この抑制は時間と共に次第に減退し α 振動の振幅は次第にもとの大きさに恢復してくる。そして本川君はこの変化が感覺の適應と並行して起ることをたしか

めた。なお、異種の刺激、例えば音刺激が光刺激に対する適応現象を著しく促進する事実を発見した。このように、ある種の感覚刺激によつて、他種の感覚刺激に対する適応が影響されるのは、感覚器だけの適応作用を考えたのでは説明がつかず、どうしても中枢自体の適応作用を考えねばならず、感覚の適応作用の説明に新資料を加えることができたのである。

その他、戦時中航空医学の資料とすために行つた実験として、回転刺激、加速度刺激、低酸素分圧等の刺激が脳電流に及ぼす影響に関する研究がある。いずれの刺激を与えた場合にも、循環系、呼吸系に著しい影響を与えるに先立つて、脳電図に振幅の大きい異常振動があらわれる事を明らかにしたものである。

本川君の研究業績中、最も注目すべきものとして、条件反射に於ける脳電図の研究をあげなければならない。今日の方面に於ける系統的な研究が甚だ少いのであつて、本川君の研究は世界の第一線に位する重要なものとなつてゐる。

条件反射学は、大脳機能の研究法として、パプロフによつて創始されたものである。しかし直接実験に際して観察の対象となるものは、唾液の分泌量、筋運動の様相などであつて、この様な末梢器官の状況から、中枢就中大脳の状況を間接に推察するのである。したがつて、条件反射の研究において、末梢器官の反射活動の観察と共に、中枢に起つてゐる過程を直接知り得るならば、これは極めて望ましい事であると思われる。この点に着目した本川君は、人間に条件反射を形成し、脳電図を用いて中枢の過程を直接観察しようとして試みたのであつた。研究された条件反射は唾液分泌反射、電気皮膚反射、眼瞼反射などを基礎にして作つた条件反射であつた。得られた結果は、次の様に要約される。

る。

(イ) 末梢の反射奏効器官が、条件的反応をあらわす時には、これに伴なつて必ず脳電流に一定の変化、例えば振動の消失、振動・棘振動の出現などが見られる。

(ロ) 条件づけの不十分な段階にあつては、脳電図にのみ条件的反応があり、末梢器官にはこれに対応する反応が見られない場合が見出された。この事實は、条件づけが先ず中枢から始まり、その強さが一定の閾に達して始めて末梢器官の反応が起るといふ事の直接的な証明であると見られるのである。

(ハ) 条件反射学では、大脳皮質の働きとして二つの過程を想定している。即ち興奮と制止とである。興奮過程は末梢器官に対して条件的反応をひき起させる働きであり、制止過程はこれと反対に末梢器官の条件的反応を減弱乃至は消失せしめるものであると考へられている。本川君によれば、大脳に興奮過程の起つてゐる時には、 α 振動の消失、 β 振動・棘振動等の出現が脳電図に見られる。又一方制止過程に対応する脳電図の様相は、 α 振動の振幅増加、 β 振動・棘振動等の消失である事が明らかにされた。諸外国の学者のこの方面の研究は、専ら興奮過程にのみ着目してゐるのに反し、本川君の研究によつて制止過程に対応する脳電図様相も明らかにされた事は、注目される点である。

本川君の脳電図研究は主として、脳電図の基礎的方面に向けられたのであるが、臨床的応用的方面ではテンカンの脳電図的診断に寄与してゐる。テンカンの診断には脳電図が甚だ有力である事は、早く知られてゐた事であるが、本川君は、統計量を用いる量的記載法によつてテンカンの脳電図的診断を行うべき事を主張し、臨床家によつて用いら

れている。その結果、間歇期に於けるテンカンの発見には、本川君の量的記載法が甚だ有効である事が報告されている。

以上のべた如く、本川君はわが国における脳電図研究が創始されて以来、終始指導的立場にあり、独創的な着想もつて、脳電図の量的分析、その感覺生理学・条件反射学への応用等を行つた。これ等の研究業績は論策五十篇（内欧文三十六篇）及び著述一篇のうちに収められており、脳電図の研究を通じて大脳機能の研究に重要な寄与をなしているものである。