シンポジウム 診断学の変遷と展望

(3) 診断論理の規準化 心電図計算機診断を例として

日本医科大学第一内科
赤 染 悌 三

SYMPOSIUM ON HISTORICAL ASPECT OF DIAGNOSTICS AND ITS FUTURE

(3) PROGRESS OF COMPUTER DIAGNOSIS OF ECG

Teizo AKAZOME, M.D.

The First Department of Internal Medicine, Nippon Medical School, Tokyo

1. 心電図診断学の特徴

医学は医術を母胎として生まれ現代医学へと進んで来たが、その歴史はartからscienceへの改築の歴史と見ることもできる。診断学はこの改築がもつとも遅れていた分野の一つである。この中で心電図の診断学はその出発点からartの要素が少ない診断学であった。その理由として次の事項が考えられる。

(1) Einthovenが正三角模形を発表したのが1913年であり、現在の心電計の原形である電圧心電計ができたのが1928年頃であるから、臨床心電図の診断学が作り始められたのはそれ以後である。まず電気生理学者によつて始められ、しかも1930年代であるから、scientistたらしとする研究者らによつて形づくられて来たのである。

(2) 心電図という医学情報は、電気的現象を誰にでもよく見える1本の曲線にしたものである。したがって胸部打診や腹部触診所見などの情報に比べて主観の入る余地ははるかに少ない。QRSの幅が0.12秒以上なら、誰がいつ何回見てもQRSの延長という同じ答えが出せる。また、右脚ブロックか左脚ブロックかの鑑別にも明確な規準がある。つまりscienceであるための条件すなわち客観性再現性を多く備えた診断学といえる。

2. 心電図計算機診断の二つの流れ

心電図診断学はこのような特徴を持っているので、診断という過程をシステム化するのに都合のよい診断学である。したがって計算機を中心にしたシステムにより心電図を自動診断しようとする試みは1961年頃から始められた。

これまでの研究をふり返つてみると、表1に示したような二つの流れをみることができる。近年心臓病の急増、心電計の普及、計算機およびシステム化のための周辺機器の発達とこれに加えて専門医の不足から、心電図の計算機診断は強い社会的要請となつた。これに答えようとするのが表の左に示す流れである。さしあたっては専門医の省力であるが、最終の目標は専門医の代理までである。臨床心電図学の最近の成果を専門外の医師に

表 1

心電図計算機診断の二つの流れ

専門医の代理を目標 進歩の成果活用が主眼 “効果的かつ効率よく”に努力	専門医を上まわる能力を目標 一層の進歩を主眼 精度向上の努力
臨床心電図学の諸定義諸規準による方式 従来の計測値を用いる 枝分れの論理 診断マトリックス	確率統計学的な関数式による方式 従来の計測値にこだわらない 線形判別関数 ベイズの定理 尤度法 数量化理論

判別関数1(正常～高血圧)=

$$0.012 \log Pa - 0.905 Qa - 4.965 \log (Ra+1) - 1.328 Sa + 1.167 Ta + \\ 0.972 Ja + 7.213 STa - 4.146 Pd + 1.070 \log (QRd - 0.02) + 13.464 \\ QRd + 2.465 Td + 1.987 PRd - 3.705 QTd - 8.416$$

図 2

大の V_5V_6 のRの高さのように、正常群と重なり合っている場合には適当ではない。閾値より大か小かのコードにすることにより情報を著しく減らしてしまうのである。

典型的な左室肥大ならSokolow-Lyonの全項目を満足して問題はないが、いくつかを満足するのみといった場合の判定が困難な例が多い。Sokolow-Lyonは一つでも満足すれば可能性があるとしか言っていない。 V_5V_6 のRや V_1 のSなど波高値の項を重視せよと言われているが、重視の程度は数量で表わされてはいない。結局各項に均等な重みを与えるか、主観的に重みづけするしかない。したがって答えは当然定性的になるか、“多分”とか“疑える”などの修飾語でしか確からしさを表わせない。その内容も半定量とさえ言いがたい。

図2は左室肥大をきたすところの高血圧と正常とを判別する判別関数の例を示した。Pの高さ、Qの深さなど、みな連続量をそのまま用いている。これは閾値で切ることの情報の損失を避け、多数の計測値を同時に処理することにより、低質の情報も吸収し判読に利用しようとするものである。各項の係数はそれぞれ重要視する程度を推計学的に定量した値とみることができる。したがって答えも高血圧だとする確からしさを定量的に表現したものとなる。

3. 実用化へのあゆみ

計算機診断、診断システム、自動診断、診断装置などと用語が紛らわしいので、心電図に例をとって整理してみると、まず心電図診断システムはかなり広い意味で使われている。心電図の電話電送の装置と、センターに一定の受付時間内に専門医がおり、ルーチンに送られて来る心電図を読んで口頭で答えても心電図診断システムと言える。心電図自動診断とは、診断過程の一部または全部を機械に肩代りさせることを意味する。しかし自

動診断は全部を、しかも専門医と同程度の内容をもつて肩がわりすることを連想させる。現実とのへだたりが大きすぎるので最近では診断補助と言われる。

心電図の計算機診断は自動診断とほとんど同義に使われてきた。理由は、肩がわりできる機械は現在まで計算機以外にないからである。たゞ注意すべきことは、計算機にもデジタル型、ハイブリッド型、準アナログ型、アナログ型などがあり、一般にデジタル型は汎用アナログ型に近く程専用となつて来る。一般にたゞ計算機診断と言えば、汎用かせいぜいハイブリッド型までを言い、専用はむしろ診断装置と呼ばれることが多い。診断論理は研究段階では汎用デジタル型を用いるが、開発された論理のほとんどは論理回路に代え得るので今回の議論はいずれの型にも共通する。

いかなる診断論理も実用化が前提である。最初に実用化された方式はデジタル型汎用計算機と電話電送を中心にしたシステムによるもので、診断規準に準ずる論理を用い、ベクトルあるいは標準12誘導心電図の波形の診断を行なうものである。アメリカ合衆国の例では、現在約50のセンターが千を越える第一線の医療機関と契約を結んでいる。

研究機関を兼ねる大病院でルーチンにとる心電図の計算機診断を行なうことだけでは実用化とは言えない。その計算機レポートが被験者の健康上なんら不利益になる危険がなく、かつ被験者あるいは医師のなにかの役に立つて始めて実用化されたといえる。現時点では主に次のような実用性が指摘されている。

まず第一線の医療機関に速く容易に詳細なレポートを提供してその診療内容の向上に役立つ。これは主に地域医療計画の一環として認められる有用性である。

次は不足する専門医の省力である。すなわち計算機レポートがあれば、計測値、異常所見あるいは考えられる診断名の記入をする必要がなく、

チェックした時にコメントを加えるのみでよいから、計算機レポートのない場合の数倍の速さで処理でき、しかも読み落しが少ないといえる。

集団検診への応用は早くから試みられた。学童検診のように大多数が正常の場合は、規準の閾値をきびしくして十分偽陰性率を下げて偽陽性の絶対数はそう多くなならない。専門医は偽陽性者とごく少数の異常者をチェックすればよい。つまり大半の正常者を正常と診断したことは、専門医の代理という目標の一部を達成したことを意味する。ここで問題になるのはスクリーニングからめれたきわめて少数の偽陰性者である。一般に偽陰性率を0に近づけようとすれば幾何級数的に費用がかさむ。また専門医でも偽陰性率0は不可能に近い。つまり集団検診はもともと集団全体としての保健向上を前提としているものであつて、個々の被検者に正常であることを保証することを目的としていない。正常の保証は人間ドックが扱う問題である。

不整脈は診断規準による論理に適する対象でありながら実用化が遅れたが、その理由は主に次の二つである。不整脈の診断はおよそ20ないし30心拍の心電図を処理せねばならないため、記憶容量が大きく処理速度の高い計算機を要することである。次に不整脈では原則としてP波がどこにあるかあらかじめ予測できないため、その認識と計測の自動化が困難である。幸い、前者のハードウェアとコストの問題は計算機の発達によつてほぼ解決したとみられ、またP波認識の方法も種々開発されて来たので実用化は間近い。

現在は波形診断に適した部分を編集するためのプログラムとして、またはCCUにおいてQRS波のみによる不整脈出現をチェックする装置として一部実用化されている。

この他、負荷心電図、長時間記録心電図への応用も試みられ始めた。

4. 数学的判読論理の実用化が遅れた理由

これまで実用に供せられた判読論理はほとんどすべて臨床診断学の診断規準を用いた論理であ

表 2

診断規準による論理	数学的論理
情報の損失大 主観的な重みづけ 定性的な答え	情報の損失小 客観的な重みづけ 定量的な答え
診断規準を計算機のコトバに書きかえる作業 臨床心電図学の本1冊でも開発できる 大半はこの論理で十分 すべての異常波形ひととおりに対応できる 補正修正が容易 各種の利用価値多い	重みづけの係数を計算する作業 診断名別に多数の基礎データが必要 大半はこの論理を用いても特に有利ではない データの十分な診断名間のみ判別可能 補正修正は困難 開発の目的以外の利用価値はない

る。もう一つの流れすなわち数学的論理は表2の上段にまとめたように、その科学性と専門医の能力を越える可能性を実証された、それにもかかわらず実用化が遅れている理由を、両者の特質を比較しながら考えてみたい。

(1) 具体的な研究開発の内容は、診断規準による場合まず諸定義諸規準の詳細にいたるまで定義し、計算機の言葉に書きかえる作業である。したがって極言すれば、詳しい臨床心電図学の本一冊あれば開発することができる。数学的診断論理の場合は、論理とその計算法そのものはすでに数学者により決められてあるので、まず診断名ごとに多数の症例を用意し、できるだけ多くの値を計測してその中から判読に有効な計測値を推計学的に選び、それぞれの重要度を重みづけの係数として計算する作業である。1例につき100を越える計測値をしかも大量の症例から得ることは容易ではない。計算機による自動計測が開発されこれをシステム化し、少なくとも数年のデータ集積が前提となる。

心電図波形は正常も異常も実にさまざまな形を示すが、実用化するにはすべての変化にひととおりは対応できなくてはならない。たとえば右胸心を数多く集めるのは容易ではない。前者の論理は数例の症例報告があるのみでも診断の規準さえはつきり決められていればプログラムに書き入れることができる。大半の異常はこれでも高い適中率を得ることができる。また考慮に入れていない異常な波形に遭遇しても、異常所見とともに“判読できない異常”と答え得る。数学的論理は十分資料があつたものに限り有効で、しかも考慮に入れ

なかつたものもどれかにふり分けてしまう。不明を不明としないことは実用性を著しく制限する。

前者は実用に供した後も試行錯誤的に漸次補足修正するのが容易である。たとえば近年話題になったPeri-infarction blockを認識させたいければ、QRS幅の延長で判読不能の異常とする枝の先にそのプログラムを挿入すればよい。また被検者の人種をコードにして入れれば、左室肥大の Rv_5V_6 の高さの閾値を3.26mmから30mmに替える機能を持たせることも容易である。

その他にもいくつかの利点を挙げる事ができる。たとえば、心電図学に準じた計測値なら蓄積された膨大な計測値を心電図学の進歩のためにも利用し得る。また計算機のレポートを用いる医師がその答えに不満足であつても、一つ前の所見さらには計測値など、必要に応じたレベルに立ち戻つて診断に役立てることができる。また、使用者が心電図の初学者であれば教育的効果も期待できる。これらの利点は実用化をさらに促進した。

5. 数学的診断論理の将来

すでに述べたように数学的論理は特定の条件下たとえば正常か左室肥大のいずれかにちがいないがSokolow-Lyonの規準の一部しか満足しない症例の判読に威力を発揮する。これに対し診断規準による論理はこれまで述べた利点を持っている。この対蹠的な特徴から当然両者の有機的な組合せが考えられる。診断規準に準ずる論理はメインプログラムとして連続する心拍中の波形診断に適当な周期を選びだすデータ編集の設定、可能性のあるいくつかの診断名を決める。数学的な論理は数多

くサブプログラムとしてプログラムライブラリーに貯えておき、それぞれの症例に応じ有効なものを選び出して使うといった構想である。最近のプログラムはすでにこの傾向を示し始めている。

心電図計算機診断が初めて試みられてから10年を越えて、一部実用化されるに至つた。計算機を中心にシステム化されていること、同一症例はだれがいつどこから電送しても同じ計算機レポートに返つて来ることなどからいかにもscienceそのもののごとく見える。しかし診断規準による論理により再現されているのは、開発した研究者の主観を含んだものであつた。他の研究者のプログラムを用いると必ずしも再現されるとは限らない。つまりscienceらしくはなつて来たが、本質はこれまでの診断学と同様artの色あいを残している。診断の過程を全くscienceとする数学的診断論理も、現時点では専門医の診断思考の過程をおおまかに近似したものである。今後データバンクに集積された資料とその分析により、改善されねばならない。

これまでは心電図という一種の性質のみの計算機診断であつたが、今後は心音図、心機図と情報の枠を広げて総合診断へと進むであろうし、これまでは一時点の断面のみの診断から月を追つて記録した心電図より予後の診断へと時間的な広がりが追求されるだろう。新たな段階が始まるごとにこれまでの10年の歴史がくり返されるかもしれない。いずれにしろ二つの論理は相反するものではなく助け合いながら前進するであろう。