

解 説

医 療 に お け る 意 思 決 定*

三 宅 章 彦**

1. は じ め に

医療の係る領域は広く、細胞レベルの極微の世界からマクロな地域集団にまで至る。したがって、“医療における意思決定”という主題も、捉え所のない漠とした感がある。ここでは、医学の計量化に取り組む医学、数理統計学、工学の研究者の業績、考察、定説を、この主題の下に数理的な側から整理して、一般の資に供したい。

まず、意思決定の一般理論について概観する。次いで、医療機関あるいは公共団体における医療施策面での意思決定の問題に触れる。“医療における意思決定”を狭義に解釈すると、“計量診断治療学”に他ならぬ。これの歴史の変遷、使われている手法、実用化を阻む問題点等を論じる。最後に、この分野における内外の研究活動に言及する。

2. 意 志 決 定 の 理 論

意思決定の近代理論は、記述的意思決定論 (descriptive decision theory) と規範的意思決定論 (normative decision theory) に大別される¹⁾。

前者は、組織内で意思が決定されていく経過を記述分析し理論化を試みるものである。現在の達成水準 (level of achievement) と願望水準 (aspiration level) との格差に起因する不満、その不満解消のための探求活動、それに基づく革新 (innovation) の達成、こういった意思決定の過程を全体的に動態的に把握することを目指した過程志向的 (process-oriented) な理論である。抽象的な嫌いはあるが、公衆衛生方面等で重視されるべきものである^{1), 2)}。

これに対して、後者の規範的意思決定論は、“合理的選択の古典理論 (classical theory of rational choice)”と呼ばれるように、種々の代替案のうち特定の目的を

最も良く達成するものを選択する原理を追求し、技法を開発することを目指している。結果の評価に重点を置く結果志向的 (result-oriented) な面が強く、前者に比してより具体的、数理的、静態的といえる³⁾。評価ということは、計量化、computerization の時代趨勢に繋がりが、規範的意思決定は決定論の主流をなし、本文においても以後これを扱う。

規範的意思決定の決定機構 (decision mechanism) は、1) 目的設定、2) 利用可能な行動案 (available) の列挙、3) 可能な自然状態 (possible states of nature) の列挙、4) 各行動案の結果と有効さの推定、5) 決定原理に基づく最適な行動案の選択、といった基本的なプロセス因子からなる。これを数学的に表現をすれば、自然の状態全体の集合すなわち、状態空間 θ 、可能な行動全体の集合すなわち行動空間 A 、 θ の元 θ の下で A の元 a という行動をとったときの結果を、 $w(a, \theta)$ とすると、その結果の評価は関数の形で $V(w(a, \theta))$ と表現される。特に θ, A が有限集合のとき、これは行列の型式となり、利得行列 (pay-off matrix) と呼ばれている⁴⁾。

決定問題は、その特徴に基づいて大別すると

1) 確定性の下における決定 (Decision under certainty)、2) 完全不確定性の下における決定 (Decision under uncertainty)、3) リスクの下における決定 (Decision under risk)、の三つになる。

1) は、決定論的モデル (deterministic model)、確定性モデル (certainty model) と呼ばれるもので、自然状態 θ に不確定性が無く一つの値に定まっている場合である。したがって、各行動 a に対して、評価 $V(a)$ は確定しているので、決定問題はその最大、最小問題に帰着する。線形計画法等で代表される配分問題、更には在庫管理、PERT 等の OR 的手法の過半はこれに属する。

2) は、状態空間 θ のどの元 θ が真の自然の状態であるかについて全く情報のない場合である。最適行動

* Decision Making in Medicine by Akihiko MIYAKE (Nihon Medical School, Foundamental Science, Mathematics)

** 日本医科大学基礎科学数学

の選択基準として、 $\sum_{\theta} V(w(a, \theta))$ を最大とする Laplace 基準、 $\min_{\theta} V(w(a, \theta))$ を最大とする Maximin 基準 (Wald 基準)、 $\max_{\theta} V(w(a, \theta))$ を最大にする Maximax 基準、この二者を折衷した Hurwicz 基準、リグレット $z(a, \theta) = \max_{\theta} \{V(w(a, \theta)) - V(w(a, \theta))\}$ を最小にする Minimax 基準 (Savage 基準) 等が提案されている。

3) は、状態空間 θ のどの元 θ が真の自然の状態であるかについて、情報を提供する確率変数 X が存在する場合である。これがいわゆる統計的決定理論 (statistical decision theory) であり、伝統的な推測統計学の推定、検定の理論をも包含する、統計の統一理論である。真の自然の状態 θ の下で行動 a をとった時の損失を表わす損失関数 (loss function) $l(a, \theta)$ を導入する。 $X=x$ という情報を得た時の、状態空間 θ 上の事後確率 $p(d\theta|x)$ に関する損失関数の期待値 $r(a) = \int l(a, \theta)p(d\theta|x)$ を危険関数 (risk function) と呼び、これを最小にするのがリスクの下における決定である⁴⁾。

3. 医療における OR

戦前においては、医療は医師と患者との間の個人的問題に過ぎなかったが、現今医療を受けることは基本的人権の重要な要素と見なされ、医療環境の整備は国家ないしは地方自治体の重大な責務となっており、計画的な医療施策が不可欠となった⁵⁾。

ここに生起する問題の多くは OR 的なものである。それを分野別に列挙してみる。

1) 病院：ホスピタル・オートメーションの研究の一環として病院の OR 研究が多くなされているが、内容的にいえば、薬局、給食室、中央材料室の管理といった一般企業と同様な分野と、患者の予約、特殊医療部門の scheduling、看護婦業務の rotation、医療の質の評価、管理といった病院独特の分野とがある。総合病院における外来患者動態についての待ち行列的研究がなされている。また米国においては、nurse の staffing、入退院および占床率、支払制度等についての OR 的研究がなされている。病院全体を 1 つの simulation model として表そうとする試みもなされている。

2) 地域医療計画：地方自治体における救急車の最適配備、診療所の最適配置、病院の診療圏と交通機関との関連についての研究等がなされている⁶⁾。英国では、Naffield Provincial Hospital Trust の例に見られ

るように、地域医療計画も実用化の域に達している。

3) National Planning：国家的立場からの医療施策研究は、健康保険、医療産業等について、経済学的財政学的見地から多くなされている。

4) 集団検診：個人の定期的検診データが多人数について蓄積されるので医療の統計的考察に大きな貢献が期待され、OR 研究にとっても好個のテーマである。集団検診にかかる膨大な cost と、検診によって達成された成果との severe な比較研究もなされており、生命の価値評価が大きな問題となっている。

4. 計量診断治療学

診療の現場において医師は多くの場面で意思決定を迫られる。例えば、如何なる検査をすべきかの決定、病名の決定いわゆる診断、治療方針の決定、治療効果の評価、予後の推定、等である。こうした意思決定の process は、Medical Decision Making と呼ばれ、狭義に解釈した“医療における意思決定”の問題である。この分野は、技術革新、情報科学興隆に支えられて、計量診断治療学という一つの体系を形造りつつある⁷⁾。

4.1 診断学の変遷

疾病を症候としか認識しなかった素朴な時代においては、病態を把握して症候の群としての分類と同定が診断であった。やがて病因論が確立するに及んで、病因の究明が診断の目標となり、病理学、病態生理学などの発展に伴い、疾病の部位、病型等の決定へと診断内容の精密化が進んだ。このようにして、診断は分類から鑑別へと質的な変貌を示した。そして現在においては、診療の最終の目的が疾病の治療にあるという認識に立ち、最適の治療法選択という意思決定過程の一環として診断を捉える考え方が大勢である。診断名を確定してから治療法を決定するという、診断と治療を分離した考え方ではなく、病因について明瞭になった範囲内での最良の処置を決定して行くという立場である。これは、リスクの下での意思決定に他ならない。このように診断と治療を一体化する立場を強調して、診断治療学、計量診断治療学という名前が主張されて来た。更に、治療の結果を feed back して診断の精度を高め、より良い治療法を決定して行くという実地診療の姿を認識して、制御論的立場が close up されて来ている⁸⁾。

4.2 計量化の手法

科学技術の発展に伴い多くの臨床検査法が開発され、大量の数値 Data が生み出され、computer と情

報科学の発達普及によって、診断治療の計量化が促進されつつある。

計量化の第一歩は、一変量 Data についての推定、検定といった推測統計学的手法の普及にあった。しかし、これらの手法は用手計算が可能であり、比較的古くから使われているもので、診断治療の計量化をはっきり意識し、新しいジャンルを構成し始めたのは、多変量解析的手法の導入にあると見てよい。多面的な情報の上に認識されるのが人間の疾病像であるから、一変量推計学から多変量解析的手法へと進むには必然性があった。この必然性は computer の普及によって大幅に促進された。多変量解析に使われるベクトル、行列の演算は、繁雑さ故に computer なしには実行は不可能である。

多変量解析の諸手法は、裏の如く外的基準のある場合とない場合とに大別される。前者は、説明変数と称する一群の変数で目的変数すなわち外的基準を推測する形式の手法であり、後者は、対等な変数間の内部構造を究明する手法である。これらの多くは、分散共分散行列あるいは相関行列、及び平均ベクトルからなる連立一次方程式あるいは固有方程式に帰着する。また外的基準のある場合の諸手法は総て、正準相関分析の特殊な場合として扱えることができる。 p コの説明変数で q コの目的変数の予測を試みる正準相関分析を N コのサンプルで試みることは、 N 次元空間における、 p コと q コのベクトルの間での正射影の問題として扱える、非常に見通しの良い解釈ができる。多変量解析の諸手法の内でも、線形判別関数法は四半世紀前に高橋咄正らにより肝疾患の鑑別に利用されて以来良く使われており、現在での計算機診断の論理の3分の1を占めているといわれている。定性変量を数量化して解析を試みるいわゆる数量化理論は、統数研の林所長の開発による日本独自のものであるが、定性 Data の多い医学においては非常に有用で良く使われている。

一変量の把握から多変量的把握への水準の深化は、更に時系列性の認識へと一層深められた。同一患者でも日差があり、同一疾病でも時期により病態が異なる。

表 多変量解析の手法

外的基準のある場合	
正 準 回 帰 分 析	数量化理論第1類
重 回 帰 分 析	
線 形 判 別 分 析	数量化理論第2類
外的基準のない場合	
因 子 分 析	数量化理論第3類
主 成 分 分 析	数量化理論第4類
ク ラ ス タ ー 分 析	

る。また治療の予後は診療における重大関心事である事は論をまたない。この時間軸の導入は、数学的にいえば多変量解析における変形に過ぎないが、実質科学としての医学の立場から見ると質的な進歩である。重回帰分析といった原始的な扱いから始まって、自己回帰分析、定常過程、Markov 過程といった手法を用いた研究が、computer 技術の進歩に支えられて進められている。

計量診断治療学の進展の最終的段階は、制御論的研究であろう。人体はホメオスタシス機構を維持する自動制御系であり、この平衡からずれた状態が疾病に他ならぬ。実地診療で行われる診断と治療の繰り返しこそ、Feed Back 機構を内蔵した自動制御システムである。現在では Kalman の主張する線形近似による研究の段階に過ぎないが、今後の発展が期待される⁹⁾。多変量解析における数理統計的、静的な研究に対し、制御論においては、工学的、動的な研究が主流を占め、シミュレーション実験が重要な役割を持つであろう。

推計学、多変量解析、時系列分析、制御理論といった手法の変遷と平行的に、あるいは相補的に、流れ図、枝分れ論理、Boole 代数、Bayes 定理、Fuzzy 代数といった診断論理の研究が進められて来た。

より具体的な CAD (Computer Aided Diagnosis) の主題としては、心電図の自動診断があり、また実用化されている。決定論的な Boole 代数によるか、確率的な Bayes の定理によるかの論争があったが、AD 変換時の膨大な情報量に手を焼き、結局は医師の経験的論理による前者による実用化が先んじている。ここに理論と現実の gap を見る思いがする。自動問診についても多くの試みがなされているが実用化には今一步という所である。

4.3 実用化を阻む問題点

診断治療の計量化のために、20 年以上にわたって多くの試みがなされて来たが、実用化はほとんど達成されていない。それを阻む要因は何であろうか¹⁰⁾。

まず疾病の定義が明確でない。カルテの computer 化の一環として疾病名の code 化の際常に問題となる。一つの理由として、臨床医学において新しい事実や検査法が次々に現われるからだ。

医学情報の特殊性にもよる。対象の疾病に対して、妥当性を持ち、鋭敏な感度を持つ情報を、十分な信頼性と共に入手することが一般に困難である。時間的な安定性を欠くことが多く、個人差も激しい。

医療情報には、計量的処理に向きない特性を持つことが多い。肺臓等諸器官のX線像、血液像等の各種生検組織像、皮膚発疹等の形態学的情報が好例である。また、表情とか歩行状況等の身体運動様式も、まず計量化は非常に難しい。疾病の種類によっては、患者の自覚症状が重要な情報となるが、これらを適確に客観化し、計量化することは大変なことで、殊に精神疾患においてはなおさらである。

標本数の少いこと、欠測値が多いことが、医療 Data に良く見出される問題点である。これは分析結果の精度を著しく低下させる。特に小標本の判別分析は極端に高い見せかけの適中率を示し、誤解を招く結果になる。

5. 内外の研究活動

医学の計量的研究は、日本 ME 学会の年一回春に行われる総会や、隔月発刊の機関誌“医用電子と生体工学”に良く見出される。特に下部組織としての計量診断治療研究会は、古川東大医教授を会長として毎月 open な研究活動を続けており、一層の発展が期待されている。情報処理学会の医療情報処理研究会は、どちらかといえば情報処理システムの研究が中心のようだが、同会主催の開原東大医助教授は医学統計集談会を月二回開いて計量医学の研究の場としている。その他、行動計量学会、統計学会、OR 学会等で同様な研究発表が多く見られる。情報処理学会の上部国際組織である IFIP は、MEDINFO を 77 年には Canada の Toronto で、80 年には東京で開催する。また IFIP には、医療情報処理を扱う TC 4 という下部組織があり、昨年 5 月には France の Dijon において、“Decision Making & Medical Care”という主題で、working conference

を開いた¹¹⁾。日本からも著者等 5 人が招かれ、講演討論する機会を持ったが、日本は top level の水準にあるという自信を得た。だが各国からの参加者は生物統計ないしは医療 Data 処理専門の研究職の地位にあるのに反し、日本にはそれに比すべき研究態勢が確立されていないことを痛感した。

参考文献

- 1) 水野哲夫：臨床・公衆衛生のための意思決定，p. 340，南江堂，東京（1968）。
- 2) 河野豊弘：意思決定の分析，p. 200，日本経済新聞社，東京（1969）。
- 3) L. B. Lusted（野村他一名訳）：臨床診断への新しい道，p. 340，コロナ社，東京（1974）。
- 4) 宮沢光一：情報・決定理論序説，p. 640，岩波書店，東京（1971）。
- 5) 開原成允：医療における OR，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 21，No. 2，pp. 87～92（1976）。
- 6) 桑原道義他：地域医療システムにおける総合病院の機能評価，広域医療システムのモデル設計報告，関西情報センター，p. 250，大阪（1974）。
- 7) 高橋暁正編：計量診断学，p. 500，東大出版会，東京（1969）。
- 8) 古川俊之：計量診断治療学序説，日本臨床，第 33 巻 9 号（1975）。
- 9) 井上通敏他：疾病経過の予測と制御，行動計量学，第 1 巻第 1 号（1974）。
- 10) 木村栄一：計量診断について——その実用化を阻む因子と対策，行動計量学，第 2 巻第 1 号（1974）。
- 11) F. T. de Dombal, F. Grémy : Decision Making and Medical Care, p. 600, northholland, Amsterdam（1976）。

（昭和 52 年 3 月 9 日受付）

（昭和 52 年 4 月 9 日再受付）