

日本における医学的意志決定過程研究の現状

開原 威 允 (東京大学医学部)

神沼 二 真 (東京都臨床医学総合研究所)

診断に代表されるような様々な医学的意志決定過程がどのようなものであるかは大変興味深い問題である。「診断」は、医師の行なう意志決定の中の典型的なものであるが、こうした decision making は、これのみではなく、他にも様々なものがある。例えば、問診、検査法の決定、予後推定、治療法の選択等は全て一つの意志決定過程である。こうした領域を総称してここからは、最近の呼称に従って Medical decision Making と名付けたくことにしよう。

この Medical decision making に関する研究は、その中に様々な側面を持つている。これは研究が行なわれていた初期の段階では、あまり意識されていなかったが、研究が段々発展してきた現在では、これらの側面を整理した上でそれぞれの研究の位置づけを定める必要があるように思われる。また、日本における medical decision making の研究の特徴と、全体の流れの中で位置づけを考えてみるのも意味のないことではないであろう。

1. Medical Decision Making 研究の二つの考え方

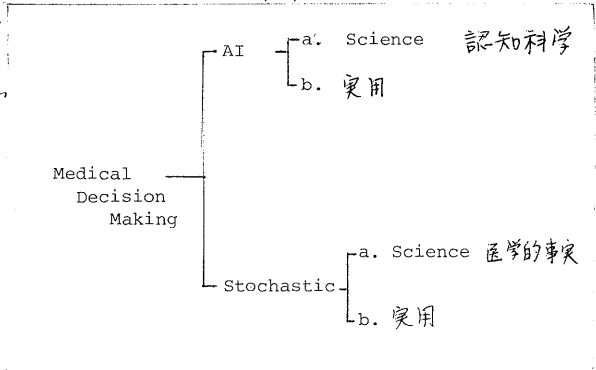
Medical Decision Making の研究には、大きく分けると二つの異なる考え方があるように思われる。すなわち、第一は、医師の行なう意志決定の過程をできる限り、データに基づいて客観的なものにするべきとする考え方である。この立場は、極端な言い方をすれば、診断の過程から、「医師の主観を排除する」とことを目的としている。

ここで用いられた方法は、主として確率的な手法であり、意志決定のモデルとして採用されたものは、Bayes の定理等の確率的なモデルであった。医師の実際の診断過程とは別に得られた結果の正しさによって、モデルの妥当性を検証しようとするものがあった。

これに対し、第二の考え方は、上とは全く逆に、医師という「ヒト」の意志決定過程を詳細に研究し、それを、できる限りそのまま計算機によって実現しようとする考え方である。ここで採用された手法は、心理学等で研究された手法であり、また、計算機の中では初期は、tree 構造のアルゴリズムとして研究された。そして、最近では、いわゆる Artificial Intelligence とよばれる一連の手法として総称されるようになってきている。

この二つの考え方は、基本的な点において異なっているが、またそれぞれに相互に影響を与え合ってきたことも事実であり、最近の実現したシステムの中には、両者の手法が混在している場合も多い。例えば、確率的な研究の発展である逆次診断法等は、人の思考過程に近い形で確率モデルを適応しようとしているものとも考えられるし、また、人工知能を用いたコンサルテーションの中にも、確率的な過程が組み込まれている。

こうした研究には、いわば手法的な立場の違いの他に、目的からみても2つの異った目的がある。オ1は science としての立場であり、オ2は実用化をめざすものである。確率論的研究は science の立場をとると、こうした研究を通じて、隠された医学上の因果関係を探したり、新しい診断法の発見をめざすことになる。



これに対し、オ2の医師の思考過程の研究における science の立場とは、医師の思考過程を科学的に明らかにすることであり、いわゆる認知科学 (Cognitive Science) のめざすものと一致する。

しかし、2つの方法論共に、オ2の目的は実用化できる医師の意思決定の補助機械を作ることであり、ここに2つの方法論のめざしているものは一致する。

以上、やや抽象的に述べたことを図に示すならばオ1図の如くなるであろう。

2. 日本における医学的意志決定過程の研究

1) 確率論的研究

また、以上の分類にたつて、日本のかかる領域の研究を概観してみよう。

まず、総括してみようことは、日本の研究は確率論的研究が圧倒的に多く、またその研究も、かかる手法を通じて医学的な事項を解析しようとしたものが多いということである。いわば science の立場にたつた、確率モデルの応用ということになる。また、手法的には、特に多変量解析と応用したものが多し。

その理由は、1つには日本におけるかかる診断の確率論的研究が世界に先がけて早くから行なわれていたからである。日本における診断論理の本格的な研究は1952年、鳥居、高橋、柏木による胆石による黄疸と胆道癌による黄疸の鑑別の研究にまでさかのぼることができ、彼らは線型判別関数を用いて、35例の胆石と28例の癌を集め、6種の肝機能検査法からこの両者を区別することを試みたのである。

これは、1959年 Lusted らによる Bayes の定理の応用の研究より、はるかに前のことである。従って、日本においては、それ以後多変量解析的手法が、診断論理研究の中心と占めてきたのであった。

これらの研究は既に述べた如く、医学データの解析を目的としたものが多いが、最近では医師の意思決定に対する補助手段として、完全に実用化したシステムも稼働するに至っている。例えば、東大病院産婦人科では胎児骨盤不適合の疑いのある患者が入院すると、病棟にある端末を使って判別関数を用いて作られた判別式にデータを入力して CPD index とよばれる係数を計算し、帝王切開を行なうかどうかの判断の一助にしている。

ii) 医師の思考過程の研究とコンピュータ上での実現 — tree 構造 —

これに対し、人（医師）の経験と研究対象とし、これを論理化しようとした研究も数は少ないが継続的に研究され成果をあげてきた。また、確率論的研究においても、そのプログラムを作成する過程では枝分かれの論理を組み入れたものが多い。従って、この両者は必ずしもはっきり区別されるものではないが、今回の主題は、この考え方の研究が主と思われるので、以下に、かかる研究の流れを主としてみまわることとする。

医師の診断過程とコンピュータによる実現しようとする試みは、日本では、最初は確率論的方法を補完的なものとして、考えられていた傾向にある。

例えば、オオ田は、土肥、小山、宮原、堂前らの1960年代に行なわれた研究であるが、基本的にはデータに基づいた確率モデルを作っていくが、この中に、人の判断に比すべき枝分かれ論理を組み入れていることが理解される。彼らは、こうした考え方に基いて先天性心疾患の間の鑑別を行なうシステムを作成して成功を収めている。

この考え方は、日本の診断論理研究のほぼ全まにみられるパターンであるが、こうした中で、医師の診断論理のみに準拠したシステムを作ろうという研究も、いくつかみられた。

その1の例は難波らによる研究で、同様に先天性心疾患の診断論理と医師の診断の進め方に近い形で、逐次的な論理過程として実現したモデルを作った。(オ3図)

彼らの研究はデータをオ4図にみられるようにコード化し既知疾患のパターンと未知疾患のパターンの一致度を similarity ratio により係数によって表現した。

Similarity ratio は、既知疾患パターンが、

$$d_{aj} = S_{a1} \cdot S_{a2} \cdots S_{ai} \cdots S_{ak}$$

未知疾患パターンが $d_x = S_{x1} \cdot S_{x2} \cdots S_{xi} \cdots S_{xk}$ とすると similarity ratio

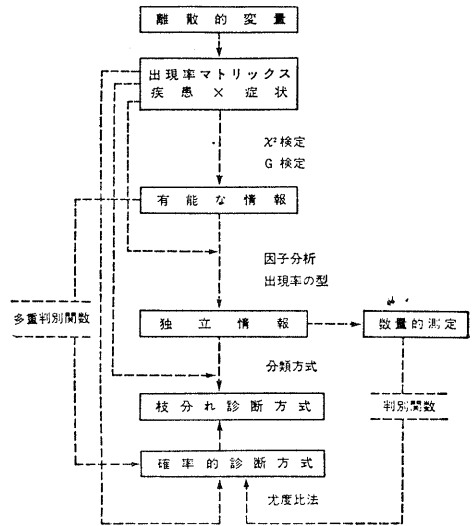
$$\text{は } R_{a,x} = \frac{\sum_{i=1}^k (S_{ai} \cdot S_{xi})}{\sum_{i=1}^k (S_{ai} \vee S_{xi})} \text{ で求められる。}$$

(・は論理積、 \vee は論理和と示す)

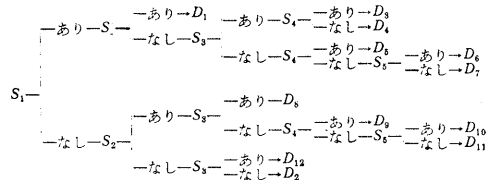
また、領域としてはやや特殊であるが、心電図の診断は既に経験的に診断の論理がかなり詳細に分かっていた。

従って日本でも枝分かれの論理が早くは不村らによって研究され、岡島、野村らにより、その後さらに詳細な自動心電図解析プログラムへと発展している。

神沼らは、医師の経験則を Decision Table (オ5.6図) の形で表現した。その上



オ2図 診断のための論理体系



オ3図

対象者の、ある検査毎の、ある疾患であるか否かと判定する値 $\{f_{ij}\}$ と「疾患適合空間」のベクトルと考えた。この空間の次元は明らかに $m \times m$ で与えられ、もし $f_{ij} = 1$ ならば患者は T_i の検査で D_j の疑いがあり、0 ならばそうではないと解釈される。これらの2値ベクトルは次のレベルでの弁別枝構への入力となる。即ち、 D_j に関する疑わしさ S_j が:

$$S_j = \sum_{i=1}^4 w_{ij} f_{ij}$$

で与えられる。但し、 $\{w_{ij}\}$ は「重み行列」と呼ばれ、これも医学知識によって与えられる。

このアルゴリズムでは患者がある疾患であるか否かということとは他の疾患と競合せずにそれぞれ独立に判定される。即ち Bayes の意味での先験確率は表れてこない。又、すべての診断の根拠はモジュール毎に簡単に人間が確認出来るように出来ている。

この他にも、医師の logic に近づけようとした研究は向診の領域でもあり、逐次に高い確率のものから向診の傾向を選擇し、医師の診断過程に近づけようとした、川村らの研究もある。(オ7図)

また、最近では、抗生物質の選擇と輸液の論理と tree 状の構造によって表現しようとした佐藤らの研究がある。(オ8.9図)

順序づけられた質問
Orderly inquiries

順序	質問番号		
	c_1-c_2 の区別	c_1-c_3 の区別	c_2-c_3 の区別
1	1	23	23
2	20	24	21
3	23	16	16
4	40	17	13
...

c_1 : 正常
 c_2 : 高血圧
 c_3 : 心筋硬塞

質問番号	内容
1	あなたはよく薬を飲みますか?
20	血圧が高いと言われたことがありますか?
21	血圧が低いと言われたことがありますか?
23	医者から心臓が悪いと言われたことがありますか?
24	10段も階段を登るとき立ち止まらざるをえないほどの息切れ、動悸がしますか?
...	...

オ7図

オ4図

右心カテーテル所見の符号化作成表
METHOD FOR CODING OF HEART CATHETER FINDINGS
CODE:
7: INCREASE, 5: NORMAL, 3: DECREASE, 0: OBSCURITY,
V.C.: vena cava, R.A.: right auricle, R.V.: right ventricle,
(T.: under tricuspid valve, P.: under pulmonary valve)
P.A.: pulmonary artery, P.W.: pulmonary capillary,
B.F.: oxygen saturation rate in peripheral artery,
1.: systole, 2.: diastole, 3.: average, 4.: oxygen saturation rate in blood.

RA 1 > 10	7	RA 1	PA 2 > 15	7
0 ≤ RA 1 ≤ 10	5		2 ≤ PA 2 ≤ 15	5
RA 2 > 3	7	RA 2	PA 2 < 2	3
RA 2 ≤ 3	5		PA 3 > 25	7
RA 3 > 10	7	RA 3	7 ≤ PA 3 < 25	5
RA 3 ≤ 10	5		PA 3 > 7	3
RVT 1 > 30	7	RVT 1	PW 1 > 15	7
RVT 1 ≤ 30	5		PW 1 ≤ 15	5
RVT 2 > 8	7	RVT 2	PW 2 > 10	7
RVT 2 ≤ 8	5		PW 2 ≤ 10	5
RVT 3 > 15	7	RVT 3	PW 3 > 12	7
RVT 3 ≤ 15	5		PW 3 ≤ 12	5
RVP 1 > 30	7	RVP 1	RA 4-VC ≥ 5	7
RVP 1 ≤ 30	5		RA 4-VC < 5	5
RVP 2 > 15	7	RVP 2	RVT 4-VC ≥ 5	7
RVP 2 ≤ 15	5		RVT 4-VC < 5	5
RVP 3 > 25	7	RVP 3	RVT 4-VC < 5	5
RVP 3 ≤ 25	5		RVP 4-RA 4(VC) > 5	7
PA 1 > 30	7	PA 1	RVP 4-RA 4(VC) < 5	5
12 ≤ PA 1 < 30	5		PA 4-RA 4(RVT 4) ≥ 5	7
PA 1 < 12	3		PA 4-RA 4(RVT 5) < 5	5
			PW 4-RA 4(RVT 4) ≥ 5	7
			PW 4-RA 4(RVT 4) < 5	5
			BF > 91	5
			BF < 91	3

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Disease												
NS					1							
NS1					1							
NS + P1							1					
NS + A1			1							1		
NS + T1				1							1	
NS + AS1					1							1
NS1 + A1						1						

診断論理の一部

オ5図

重み行列

Disease	X - P	ECC	PCC	CAT
ASD	++	+++	+++	+++
VSD	+	+	+++	+++
PDA	+	+	+++	+++
PS (V)	+++	+	+++	+++
PS (I)	+++	+	+++	+++
T/F	+++	+	+++	+++
Coarct.			+	+++
ECD	++	+++	+++	+++
ASD + MI	++	++	+++	+++
ASD + LSVC	++	++	+++	+++
ASD + PH	++	++	+++	+++
VSD + PH	++	++	+++	+++
PDA + PH	++	++	+++	+++
VSD + PS 1	+	+	++	+++
VSD + PS 2	+	+	++	+++
VSD + PS 3	+++	+	+++	+++

PHYSICIAN COMPUTER PARAMEDIC

オ6図

性	年齢	診断	受発部位	使用抗生剤	コンピュータが選択した抗生剤	備考
1	女	肺炎	肺	SB-PC GM EM	ペニシリン系, セファロスポリン系, アミノグリコシド系, ホリペブタイド系	△
2	男	慢性肝炎 胆嚢炎	胆嚢	AB-PC	広域ペニシリン系, セファロスポリン系, アミノグリコシド系	○
3	女	RA-SLE 敗血症	全身	CET GM	広域ペニシリン系, セファロスポリン系, アミノグリコシド系, ホリペブタイド系	○
4	男	肺炎 結核炎	肺	AB-PC AMK	ペニシリン系, セファロスポリン系, マクロライド系, アミノグリコシド系	○
5	女	粟粒結核	全身	SM+INH+REP	SM INH PAS REP EB CS KM	○
6	女	胆嚢炎	胆嚢	CEZ DKB AMK	広域ペニシリン系, セファロスポリン系, アミノグリコシド系	○
7	女	敗血症	血液	AMK CEZ	広域ペニシリン系, セファロスポリン系, アミノグリコシド系, ホリペブタイド系	○
8	女	COLD+心不全 気管炎	気管支	GM SB-PC	広域ペニシリン系, アミノグリコシド系, ホリペブタイド系	○
9	男	気管炎	気管支	GM SB-PC	ペニシリン系, セファロスポリン系, マクロライド系, アミノグリコシド系	○
10	男	78 気管炎	肺	AB-PC DKB	ペニシリン系, セファロスポリン系, アミノグリコシド系, ホリペブタイド系	○

以上の研究は、いずれも、医師の論理とある程度計算機で実現した興味ある研究であるが、ここで主として用いられたTree状の論理構造においては、知識データベースと、仮設を作っていくメカニズムとが一体となつてゐるため、システムに柔軟性を欠く欠陥があった。

iii) より柔軟なシステムをめざす

この解決には、知識データベースと論理構成との分離が必要で、現在の、いわゆるArtificial Intelligenceの一連の手法の発展によつて、はじめが可能になつたものである。

これらの手法は、主として米国において発展してきたものであるが、日本においてもこれらに啓発され、この方面の研究がはじまりつつある。

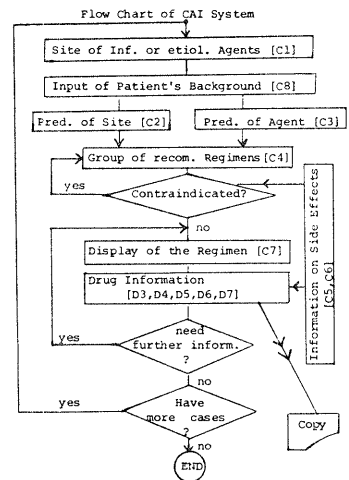
オ1の方向は、米国で開発されたシステムと日本の医療の場においても検証し、その有効性を確認することである。特に医療という経験的論理の上に成立したこれらのシステムが、国境を越えて適応できるかは、その自体、大変興味ある問題といえよう。溝口、高杉らが現在研究を行つてゐるが、これについてだけは別に発表があると思われるのでここでは触れない。

オ2の方向は、医学における経験的論理とプログラムで実現する手法に関する研究である。

知識データベース (long term memory) と作成し、患者のデータが与えられた時に、その中から、ある仮設と short term memory にもち出し、それを検証していく、といった技術は、AIの手法の中で種々開発され、成功を収めてゐる。しかし、これらはいずれも、静的な状態における推論機構であり、静的診断に適してゐるものである。

しかし、一たび治療の領域に足を踏み入れると、患者の容態は刻々変化し、医師は、その変化に着目して治療を行つていく、これは動的な状況であり、こうした場における医師の論理過程はまだ全くといつてもよい程解つてゐない。

小山らは、かかる動的な場における推論機構と Production Rule と応用することによつて実現できないか否かと研究してゐる。これは、まだ完成してゐない



が、患者が勤的なものである点を考えると、今後重要になっていくものと思われる。

3. おわりに

以上、医師の Decision Making 研究の、日本における動向と、医師の思考過程そのものを計算機で実現するという方向の研究に重点を置いて解説した。

この研究分野は、今後、国際協力が必要であり、用原、Lindberg を代表者として文部省と NSF による日米科学協力研究が進行中であるし、また神沼、Shenliffe の共同研究も始まろうとしている。国際間データ通信の普及と共に、日米の研究者が距離を越えて協力することも、近い将来はるかに容易になるものと思われる。