

Title	可能性による診断支援システム-長管骨の腫瘍性疾患に関する評価-
Author(s)	濱田, 辰巳; 藤井, 廣一; 井上, 正昭 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(15), p. 1025-1031
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16837">https://hdl.handle.net/11094/16837</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# 可能性による診断支援システム

— 長管骨の腫瘍性疾患に関する評価 —

濱田 辰巳 藤井 廣一 井上 正昭 荒木 裕  
江原 秀実 東川 元紀 石田 修

近畿大学医学部放射線医学教室

## Diagnostic Assistance System Based on Possibility for Evaluation of Long Bone Tumorous Lesions

Tatsumi Hamada, Kouichi Fujii, Masaaki Inoue,  
Yutaka Araki, Hidemi Ebara,  
Motoki Higashikawa and Osamu Ishida

We constructed a diagnostic assistance system for long bone lesions using a relational data base management system, in which we categorized radiographic findings of all parameters in various lesions and stored them as degrees of possibility. Possible diagnoses of unknown lesions were listed by max-min calculation between the data base and findings of the lesions. Integration of parameters narrowed the scope of possible diagnoses. Fifty-six cases with long bone lesions were tested. Experts diagnosed correctly up to 64 percent, while the system showed a correct diagnosis rate of 43 percent as the first rank of possibility. However, the system gave 75 percent correct diagnosis when listed up to the third rank, and this increased up to 100 percent at the ninth rank. The rate of true diagnosis by experts did not exceed 73 percent. The diagnostic assistance system based on possibility analysis proved to be useful for suggesting differential diagnoses in diagnosing long bone tumorous lesions from plain radiographs.

Research Code No. : 505.0, 207.9

Key words : Fuzzy logic, Computer assisted diagnosis,  
Bone, Tumor

Received Sep. 8, 1994 ; revision accepted Dec. 14, 1994  
Department of Radiology, Kinki University School of Medicine

## はじめに

X線診断は基本的にはX線所見がどの疾患に属するものであるかを判断することである。ある所見項目の一つを考えた場合、所見のパターンをいくつかのカテゴリーに分類することができるのが通常であるが、一つの疾患の取るカテゴリーは一つとは限らず、数種類のカテゴリー、時にはすべてのカテゴリーを取る可能性がある。あるいは複数のカテゴリーが共存する。また、他の疾患が同じカテゴリーを取るものが少なくない。この場合、一つの所見から複数の疾患が可能性をもって数え上げられる。ここで、分類されたカテゴリーには本来曖昧性があり、また、診断されるべき病変がどのカテゴリーに属するかの判断に曖昧性が付きまとうのが通常である。疾患の定義すらしばしば曖昧である。臨床医は診断するべき病変がどのカテゴリーに属するものであるかをほとんど直感的に判断して診断に至る。しかし、常に判断の誤りや、読み落としの危険性を伴っている。本稿では、鑑別診断における見落としを最小限にすることを目的とし、診断における曖昧性を伴った知識をデータベースとして蓄えて活用するシステムを提案する。これは可能性理論の一つの応用である。このようなシステムは開かれたシステムとして容易に新しい知識を追加し、あるいは更新できることが必要である。ところで、可能性という言葉には「生起」の可能性と「能力」の可能性が含まれる。前者は確率をもって表現される。ここでは後者を意味し、確率は一義的には考えないこととした。

## 理論的背景

1965年にL. A. Zadeh<sup>1)</sup>によってファジィ集合の概念が発表され、さらに、1972年には菅野<sup>2)</sup>によってファジィ測度が提案され、めざましい理論の発展と実用化が見られてきた。その中で、1980年代からファジィ集合の一つの解釈として、メンバーシップ関数を可能性分布と考えるようになった<sup>3), 4)</sup>。可能性分布は「正規で凸なファジィ集合」と定義されている。ファジィ集合Aが正規であるとは、そのメンバーシップ関数 $\mu_A(x) = 1$ となるxが存在することをいう。前述のご

とくある所見項目が数個のカテゴリーに分けられたとする。ある疾患がどのカテゴリーを取りやすいかの度合いをメンバーシップ関数で表すと、各種の疾患とそれぞれが取り得る可能性の度合いの行列は一つのファジィ関係を構成する。

他方、曖昧な分類に対する基本的概念としてラフ集合がある<sup>5), 6)</sup>。同値関係 $R$ によって全体集合 $X$ が $i$ 個の同値類 $S_i$ に分割される場合、これを近似空間と呼び、与えられたパターン $Z$ を $|S_i|$ の集合で近似する。Fig.1に16個の同値類に分けられた場合の近似空間の1例を示す。 $Z$ の上からの近似を $R^*(Z)$  ( $Z$ )、 $Z$ の下からの近似を $R_*(Z)$ と表せば、それぞれは次のように定義される。

$$R^*(Z) = \{S_i | S_i \cap Z \neq \emptyset\}$$

$$R_*(Z) = \{S_i | S_i \subset Z\}$$

この例においては、 $R^*(Z) = \{S_1, \dots, S_{12}\}$ 、 $R_*(Z) = \{S_6, S_7\}$ である。すなわち、 $Z$ と交わっている $S_i$ は可能性があり、 $Z$ に含まれている $S_i$ は必然性があることになる。 $Z$ を症状(X線所見)とし、 $S_i$ を疾患名(診断)とすれば、鑑別診断を疎漏なく数え上げることは、ラフ集合における上からの近似 $R^*(Z)$ を得る操作に相当すると考えられる。ここで、同値関係 $R$ をファジィ関係 $R(x, x')$ に、 $Z$ をファジィ集合に置き換え、メンバーシップ関数 $\mu$ で表すと、それぞれは次のようになる<sup>6)</sup>。

$$\mu_{R^*(Z)}(x) = \sup_{x'} R(x, x') \wedge \mu_Z(x')$$

$$\mu_{R_*(Z)}(x) = \inf_{x'} [(1 - R(x, x')) \vee \mu_Z(x')]$$

ここで $x$ は疾患名、 $x'$ は所見、 $R(x, x')$ は疾患名と所見とのファジィ関係を表しており、 $\mu_Z(x')$ は診断されるべき病変の所見のメンバーシップ関数を表している。すなわち、 $R^*(Z)$ を得る操作はmax-min演算に置き換えることができる。

## 対 象

モデルとして長管骨の腫瘍ないしはその類似病変の31疾

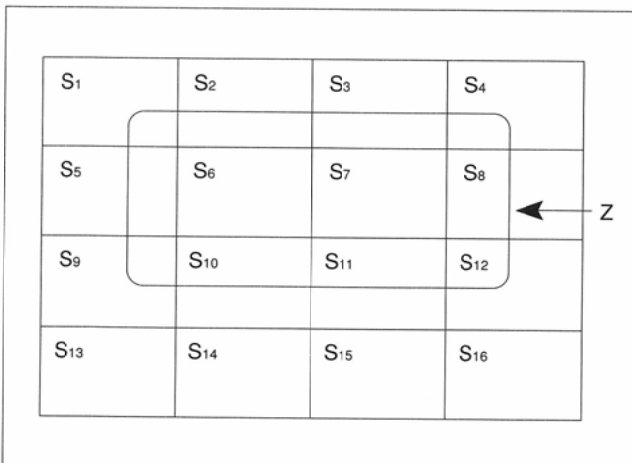


Fig.1 Explanation of rough sets (from reference 6 with slight alteration). Z : A given pattern.

患の単純X線所見を対象とした。ただし、悪性腫瘍の骨転移は除外した。

可能性順位の読影実験には、病理診断の確定している良性あるいは悪性の56病変 (Table 1) を対象とした。

## 方 法

### 1. 使用ソフトウェア

汎用のリレーショナル・データベース・マネージメント・システム (RDBMS) を利用した。

### 2. データベースの作成

長管骨に生じる各種の疾患をレコードとした。年齢、発生部位、X線所見など各種の属性を項目 (Table 2) とし、項目ごとに所見を数個のカテゴリーに分け、フィールドとした。年齢は10歳きざみとし、70歳以上は一つのカテゴリーとした。骨格系のカテゴリーは大腿骨、脛骨、腓骨、足骨、上腕骨、尺骨、橈骨、手骨とした。骨の長軸上の病変占拠部位のカテゴリーはFig.2に見られる5型とし、横断面上の病変占拠部位はCortical, Eccentric, Centralの3型とした。病変部辺縁のパターン (Fig.3)の6型<sup>7)</sup>、内部構造のパターン (Fig.4)の8型<sup>8)</sup>、骨膜反応のパターンの14型<sup>9)</sup>は主として文献にならった。その他、性別、軟部組織への浸潤の有無、nidusの有無を項目とした。各疾患が各項目においてどのカテゴリーを取りやすいかの知識をフィールドに、0から1の区間の実数値 (以下 $[0, 1]$ と表す) を用いて、可能性の度合いとして記録した。明らかに可能性があれば1であり、まったく可能性がなければ0である。中間の可能性は主観的に決定したが、この知識は自らの経験のみならず、広く教科書<sup>10)</sup>や文献<sup>11)-17)</sup>から得られた。正規化のため、1レコード当たり、項目ごとに1を取るカテゴリーが最低1個以上含まれることを原則とした。例としてFig.5に占拠部位に関するデータベースの一部を示す。他の項目についても同様のデータベースを作成した。疾患の罹患頻度は教科書<sup>10)</sup>や文献<sup>11)-17)</sup>に基づき、 $[0, 1]$ の数値を用いて主観的に相対的な多寡を記録した。

### 3. 対象病変の入力

診断すべき未知病変の所見を項目ごと、カテゴリーごとに $[0, 1]$ の数値を用いて入力した。その度合いは主観によるが、ここでも項目ごとに1を取るカテゴリーが最低1個以上含まれることを原則とした。Fig.2に占拠部位に関する入力画面の1例を示す。

### 4. 可能性病変の抽出

項目ごとに対象病変とデータベースの各疾患との間でmax-min演算を行い、一致度を計算した。Fig.6はFig.2とFig.5の間で行われた演算結果の一部である。得られた一致度で降順に並べ替えを行い、各項目に対応して、可能性の高い順に鑑別すべき疾患を出力できた。ここでの出力は中間結果であり、省略することができる。

### 5. 項目の統合

項目間の統合にはmin演算を用いた。すなわち、レコード

Table 1 Materials

Osteosarcoma	5
Chondrosarcoma	2
Malignant fibrous histiocytoma	1
Malignant lymphoma	1
Fibrous dysplasia	13
Giant cell tumor	8
Solitary bone cyst	8
Enchondroma	4
Nonossifying fibroma	3
Benign fibrous histiocytoma	4
Osteoid osteoma	3
Aneurysmal bone cyst	2
Chondroblastoma	1
Medial suprachondylar defect of the femur	1
Total	56

ごとに各項目間での最小値を求め、これを最終的な可能性の度合いとした。前項と同様に可能性の高いものから降順に並べ替えを行って出力し、鑑別すべき疾患の最終結果とした。可能性の度合いが同じ疾患が複数得られた場合には、その中で相対的頻度の高い順とした。  
以上の手順をFig.7に示す。

可能性順位の読影実験

病理診断の得られている56病変(Table 1)について、各症例の所見を入力し、前述の方法で可能性の高い順に鑑別すべき疾患を出力した。この中から正しい診断を拾いだし、その順位を記録し、可能性による正答の順位とした。  
他方、同じ症例群を年齢と性別以外の情報なしに臨床医

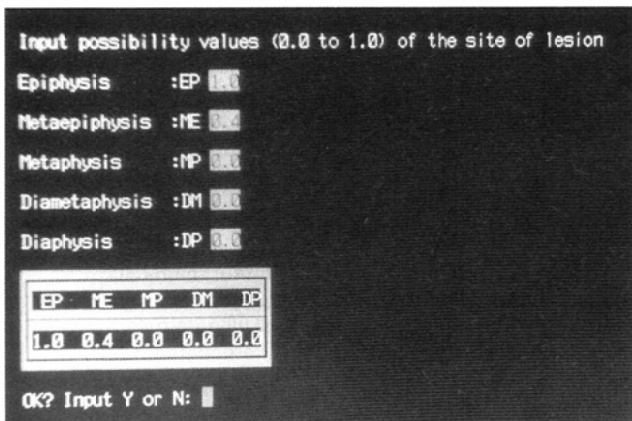


Fig.2 A picture of input data of the site. Findings of a lesion to be diagnosed are input as degrees from 0 to 1 [0, 1] for each category. In this case, the lesion was located in the epiphysis with some possibility of invasion to the metaepiphysis.

Table 2 Parameters of radiological findings

Age
Sex
Skeletal distribution
Number of lesions
Site
Location
Marginal pattern
Metrix pattern
Cortical or periosteal reaction
Nidus
Soft tissue invasion

が読影し、確信度の高い順に診断名を記載し、得られた正しい診断の順位を記録した。いずれも10位以内に挙げられなかった診断名はまったく示唆されなかったものとした。

臨床例

Fig.8(A)に軟骨芽細胞腫の例を示す。出力の結果(Fig.8(B)), 正答が可能性1.0として順位1にきているが、この例は発生部位に比較的特異性があることから、部位の1項目の所見のみで診断範囲はかなり集束された。

Fig.9に類骨骨腫の例を示す。本例では、nidusを指摘できれば、この項目だけでも正答が示された。nidusを見落とし、あるいはその他の理由でnidusはないと判断した場合でも、類骨骨腫は第2番目にランクされた。

Fig.10は骨肉腫の例である。正答が可能性1.0として第1位に挙げられた。

項目の特異性が比較的低い病変では、多くの疾患が高い可能性をもって挙げられた。

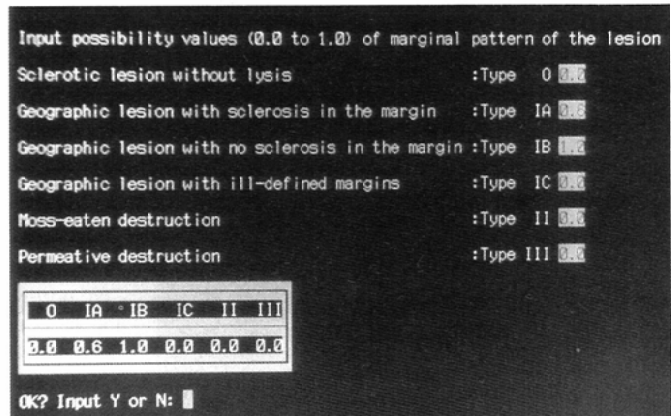


Fig.3 A picture of input data of the marginal pattern

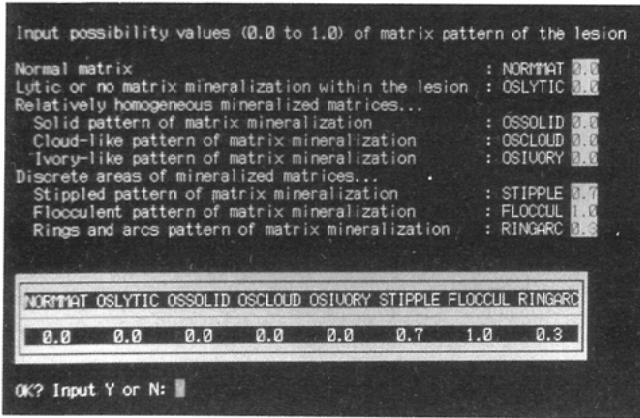


Fig.4 A picture of input data of the matrix pattern.

TUMORCD	EP	NE	NP	DM	DP	FMWST	
	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
B01	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
B02	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
B10	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0		0.3
C00	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
C01	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0		1.0
C02	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0		1.0
C03	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
C10	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0		1.0
F00	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
F01	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
F02	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
F10	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
F11	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0		0.4
M00	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0		0.6

Fig.6 This is the result of the max-min operation between the input data (Fig.2) and the membership function in the data base (Fig.5). The first column shows tumor cords and the last column shows the degrees of possibility obtained from the site data for each disease. Zero means that the disease is ruled out. Diseases with values more than zero remain possible. They are rearranged in the descending order of the possibility degree and output.

TUMORCD	EP	NE	NP	DM	DP	FMWST	
	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0
B01	0.4	0.6	0.8	1.0	1.0		1.0
B02	0.2	0.6	0.8	1.0	1.0		1.0
B10	0.3	0.9	1.0	0.9	0.5		1.0
C00	0.1	0.5	0.8	1.0	1.0		1.0
C01	1.0	1.0	1.0	0.8	0.5		1.0
C02	1.0	0.9	0.8	0.2	0.0		1.0
C03	0.2	1.0	1.0	1.0	0.4		1.0
C10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0
F00	0.0	0.6	1.0	0.9	0.9		1.0
F01	0.0	1.0	1.0	0.8	0.6		1.0
F02	0.2	0.7	1.0	1.0	0.7		1.0
F10	0.4	0.8	1.0	1.0	0.5		1.0
F11	0.4	1.0	1.0	1.0	0.8		1.0
M00	0.6	1.0	1.0	0.6	0.2		1.0

Fig.5 Membership functions between diseases and sites in the data base. The possibilities of the site that a lesion can be located at are stored as degrees [0, 1] in the fields of the data base management system for each disease. The first column shows tumor cords and the first row shows categories of the site. This makes a kind of fuzzy relationship.

- Steps of procedure
- 1) Production of data base for the degree of possibility  $x_{ijk}$  of category  $a_{ij}$  ( $j=1...m$ ) that disease  $X_k$  ( $k=1...n$ ) may take for item  $A_i$  ( $i=1...l$ )
  - 2) Input of degree  $y_i$  of unknown lesion  $Y_i$  for item  $A_i$  ( $i=1...l$ )
  - 3) Calculation of degree of coincidence  $x_{ki}$  by max-min operation between the unknown lesion  $Y_i$  and disease  $X_k$  ( $k=1...n$ )
  - 4) Output of diseases with high possibility for each parameter  $A_i$  ( $i=1...l$ )
  - 5) Integration of the degree of possibility  $x_{ki}$  that disease  $X_k$  ( $k=1...n$ ) may take for parameter  $A_i$  ( $i=1...l$ ),  $x_k$
  - 6) Output of diseases with high possibility by integration of parameters

Fig.7 Steps of diagnostic procedure by possibility.



List of possible diagnosis

コード番号	TUMORCD	TUMORCD->TUMOR	FINTEG
7	C02	CHONDROBLASTOMA	1.0
9	C10	CHONDROSARCOMA	0.7
6	C01	OSTEOCHONDROMA	0.4
4	B10	OSTEOSARCOMA	0.3
23	U10	ANGIOSARCOMA	0.2
3	B02	OSTEOBLASTOMA	0.2
5	C00	ENCHONDROMA	0.1

キーをどれか押して作業を続けてください... █

(B)

Fig.8 Radiograph of a 14-year-old male with chondroblastoma showing a lytic lesion in the epiphysis of the tibia (A). The true diagnosis "chondroblastoma" was ranked first with a possibility degree of 1.0 in the list of possible diseases obtained from integration of all parameters (B). However, some other diseases remained to be differentiated with smaller possibilities.



List of possible diagnosis

リスト番号	TUMORCD	TUMORCD->TUMOR	FINTEG
2	B01	OSTEOID OSTEOMA	0.6
28	O03	FIBROUS DYSPLASIA	0.3
19	M12	MALIGNANT LYMPHOMA	0.3
4	B10	OSTEOSARCOMA	0.3
3	B02	OSTEOBLASTOMA	0.3
1	B00	OSTEOMA	0.3
22	U01	LYMPHANGIOMA	0.1
21	U00	ANGIOMA/HEMANGIOMA	0.1
18	M11	EWING'S SARCOMA	0.1
17	M10	MYELOMA	0.1

キーをどれか押して作業を続けてください...■

(B)

Fig.9 Radiograph of osteoid osteocoma that occurred in the ulna of a 10-year-old female showing a mineralized pattern with a nidus(A). The true diagnosis "osteoid osteoma" was ranked first with a possibility degree of 0.6 in the list of possible diseases obtained from integration of all parameters (B). Although the pathognomonic finding "nidus" was overlooked, the true diagnosis "osteoid osteoma" was output in the second rank from other findings, which was a manifestation of the robustness that fuzzy logic has in itself.



List of possible diagnosis

リスト番号	TUMORCD	TUMORCD->TUMOR	FINTEG
4	B10	OSTEOSARCOMA	1.0
18	M11	EWING'S SARCOMA	0.5
19	M12	MALIGNANT LYMPHOMA	0.4
14	F10	FIBROSARCOMA	0.4
9	C10	CHONDROSARCOMA	0.4
23	U10	ANGIOSARCOMA	0.3
15	F11	MALIGNANT FIBROUS HISTIOCYTOMA	0.3
26	O01	ADAMANTINOMA	0.2
17	M10	MYELOMA	0.1

キーをどれか押して作業を続けてください...■

(B)

Fig.10 Radiograph of a 16-year-old female with osteosarcoma showing an ill-defined lesion in the distal metaphysis of the femur(A). The true diagnosis "osteosarcoma" was output in the first rank with a possibility degree of 1.0 in the list of possible diseases obtained from integration of all parameters, and other diseases were shown with lower possibilities (B).

結 果

Fig.11に可能性による正答の順位ヒストグラムと累積曲線を示す。第1位に挙げられた例、すなわち、真の正答は41%にすぎないが、2位も考慮に入れると正答はその57%に含まれることになり、以下順次加えていくと、3位で75%、5位で93%、9位で100%となった。

Fig.12に、可能性による正答の順位累積曲線とともに、2名の臨床医による正しい診断順位の累積曲線を示す。臨床医による診断では、第1位すなわち正答は64%に達したが、2位以下の累積による増加は多くなく、最大73%であった。

Table 3に可能性順位と臨床医による診断順位の相関を示す。臨床医が1位とした30例のうち、可能性順位が1位であった例は18にすぎず、残りは4位までに分散していた。他方、臨床医が鑑別にまったく挙げなかった例が15あり、

これらは4例の順位1を含め、すべて可能性順位9位までに挙げられた。

考 察

臨床医による順位において、正答が64%であったことは直感力がこのシステムより優位であることを示している。しかし、鑑別診断に挙げられた割合が最高73%に留まったことは、一つには先入観に拘束されやすい人間心理による考えられる。鑑別に挙げられなかった27%がこのシステムによって鑑別すべき中に挙げられたことは臨床医の見落としを減少させることに役立つはずである。すなわち、可能性順位によって得られた診断名リストのどこに正答があるかは不明ではあるが、1位から順に考慮しないは鑑別していけばよく、医師の直感による診断が可能性順位1と合致すれば確信を深めることができ、さらに2位以下を考慮

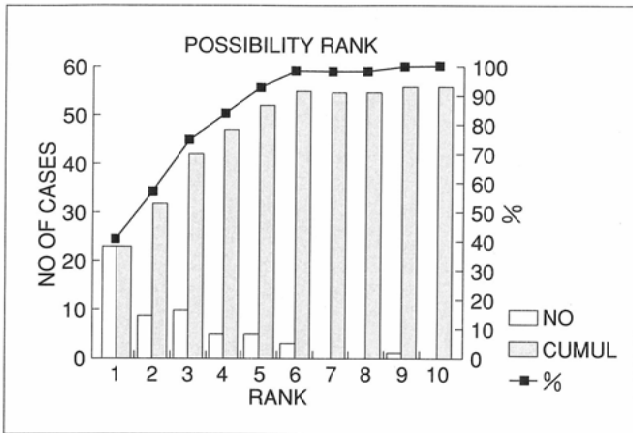


Fig.11 The rank of true diagnoses that appeared in the list of possible diagnoses obtained by the possibility system was recorded. White columns show the number of cases for each rank and gray columns show the cumulative number. Cumulative percentage curve is also shown. Cases with rank 1 are the correct diagnoses and account for 41%. If we take the cases with rank 2 into consideration as well, correct diagnoses are included in 57%, and if we add the cases with rank 3, correct diagnoses are included in 75% and so on.

することにより、見落としの機会を減らすことができるはずである。

類骨腫瘍の臨床例で、正答にもかかわらず可能性が低く現れているのは、比較的可能性の低い女性の尺骨に生じていたためである。特異性の高い所見であるnidusが指摘できれば当然診断は確定的になるが、指摘されなかったとしても他の項目所見から類骨腫瘍が第2位に挙げられたことは、ファジ理論が本来持っている頑健性の表れと見ることができる。

問題はデータベースにおける可能性度合いの最適化と、未知病変のデータを入力する場合の適正さの問題である。前者はファジ理論を行う場合に問題とされるメンバーシップ関数の決め方の困難性と同一であり、知識と主観で決められるが、より適したメンバーシップ関数が示されたとき、そのように変更することは容易である。後者は単純X線写真の読影力が影響する。病変を見つけることとその病変の性状がどのカテゴリーに属するかを正しく判断できることが要求される。ただし、この判断において多少の誤りは許され、大勢には影響を与えにくいところは前述したごとくファジ理論の持つ頑健性と言われる長所である。

項目の統合にmin演算を用いたのは、適合度の最も悪いもので評価する考え方であり、これが最適か否かは問題である。線形結合も考えられるところであり、今後検討したい。

医学的意思決定を定量的に行うためによく用いられる方法にBayes理論と線形判別関数がある。これらが有効であるためには診断されるべき疾患の症状が明確に定義されていなくてはならない。Bayes理論は患者の母集団についての一般的な情報を考慮することによって、その特定の患者の持つ疾患の確率を評価する方法である。疾患の事前確率とその疾患を持つときに生じる症状の確率、すなわち条件付き

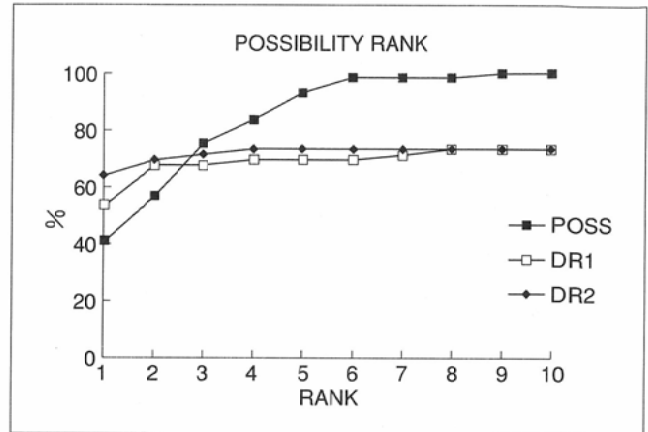


Fig.12 Two experts diagnosed the cases with a list of differential diagnoses for each case, and the ranking of correct diagnoses was recorded. Their cumulative curves (DR1 and DR2) with the curve by possibility (POSS) are shown. Experts diagnosed correctly up to 64%, which was better than the 41% obtained by possibility. However, the cumulative correct diagnosis did not exceed 73% even when the cases of up to the ninth rank were added.

Table 3 Correlation of ranking by possibility and an expert

Ranking by expert	Ranking by possibility							SUM
	1	2	3	4	5	6	9	
1	18	4	6	2	0	0	0	30
2	0	3	2	0	2	1	0	8
4	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0	0	1
8	1	0	0	0	0	0	0	1
X	4	1	2	2	3	2	1	15
SUM	23	9	10	5	5	3	1	56

(X : cases not suggested by expert)

確率が既知である必要がある。その条件付き確率は互いに独立でなければならず、変数のカテゴリーは相互に排他的でなければならない。主観確率が利用できるとはいえ、これらの必要条件はこの理論が活用されるための足枷となっていると思われる。Bayes理論を応用した優れた骨腫瘍診断システムがすでに古く発表され、非常に高い診断率が報告されたが<sup>18), 19)</sup>、そのシステムが入力の無矛盾性に非常に敏感であるため、他の利用者が使うに際して容易に失敗が起こり得る<sup>20)</sup>。診断率のみを比較してシステムの評価を行うことはあまり有意義とは思われない。これ以後、十数年の間骨疾患の自動診断に寄与する新しい努力はほとんどなされておらず<sup>20)</sup>、それ以後も骨に関するめぼしい文献は見当たらない。

Bayes理論に必須の罹患頻度は疾患を診断する際の重要な情報であるが、これを正確に知ることは困難である。本システムにおいては頻度は必須のものではなく、しかも、これを検索の条件に入れると、可能性があっても稀な疾患は

脱落してゆき、鑑別診断を挙げる目的にそぐわなくなる。しかし、最終的に同じ可能性の疾患が複数個残る場合は、その中での順位を決める上で相対的な頻度は役立つ。実際には同じ可能性の中で順位が入れ替わっても大勢に与える影響は少ない。

多変量解析を行って項目およびカテゴリーのウェイトを求め、判別を行う方法は従来から多く利用されており<sup>21)</sup>、有効性が認められているが、項目が多すぎる場合は解析が困難であり、また、判別できる群も高々4群くらいが限度であろう。また、診断の困難な対象は通常判別も微妙であり、容易に判別できる対象は医師にとっても診断は通常容易である。医師が容易に診断できる対象を器械的に診断する必要性は少ないわけである。診断決定ではなく、むしろ、診断に示唆を与え、見落としの減少に役立つシステムの方が実用的であると考えられる。Bayes理論は確率測度を基礎にしているため加法性が要求されるのに対し、ファジイ測度には加法性はなく、単調性で定義されているため、無知量を効果的に扱うことができる。診断支援にファジイ推論を用いる方法は、本来曖昧な臨床知識を曖昧なままで扱いて得る合理的な方法として近年関心を集めており、今後の発展が期待される場所である<sup>22), 23)</sup>。本稿もファジイ理論の一つの単純な応用といえるが、診断の範囲や取り扱う項目にほとんど制限がないこと、疾患や項目の増減、新し

い知識の追加や更新が容易であることを主眼としている。これにはRDBMSの利用も利点として働いている。システムの構造が簡明であることから、超音波、CT、MRIなどの情報を追加することももちろん可能である。本システムは知識ベースのファジイ検索とも考えることができ、他の領域の診断に応用することは容易である。

## ま と め

骨疾患のX線所見に関する知識を可能性の度合いとして、汎用のリレーショナル・データベース・マネージメント・システムに蓄え、未知病変の所見を可能性の度合いとして入力し、両者のmax-min演算によって鑑別すべき疾患を可能性の高い順に出力する簡便な診断支援システムを構築し、鑑別診断において、臨床医の見落としを減らせることを示した。

本論文の理論的背景に関して大阪府立大学工学部の田中英夫教授に丁寧なご教示を頂いたことに深く感謝いたします。

なお本論文の要旨は第53回日本医学放射線学会学術発表会(神戸, 1994)および、The 3rd International Conference on Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing (Iizuka, 1994)において発表した。

## 文 献

- Zadeh LA : Fuzzy sets. *Information and Control* 8 : 338-353, 1965
- 菅野道夫 : ファジイ速度とファジイ積分. 計測自動制御学会論文集 8 : 218-226, 1972
- Zadeh LA : Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems* 1 : 3-28, 1978
- 田中英夫 : 可能性分布. システム制御情報学会編 : システム制御情報ライブラリー2 ファジイモデリングとその応用 : 74-88, 1990, 朝倉書店, 東京
- Pawlak W : Rough classification. *Int J Man-Machine Studies* 20 : 469-438, 1984
- 田中英夫 : ラフ集合とその応用. システム制御情報学会編 : システム制御情報ライブラリー2 ファジイモデリングとその応用 : 121-133, 1990, 朝倉書店, 東京
- Madewell JE, Ragsdale BD, Sweet DE : Radiologic and pathologic analysis of solitary bone lesions. Part 1 ; Internal margins. *Radiol Clin North Am* 19 : 715-748, 1981
- Sweet DE, Madewell JE, Ragsdale BD : Radiologic and pathologic analysis of solitary bone lesions. Part 3 ; Matrix patterns. *Radiol Clin North Am* 19 : 785-814, 1981
- Ragsdale BD, Madewell JE, Sweet DE : Radiologic and pathologic analysis of solitary bone lesions. Part 2 ; Periosteal reactions. *Radiol Clin North Am* 19 : 749-783, 1981
- Dahlin DC, Unni KK : *Bone tumors*. 4th ed. 1986, Charles C Thomas, Springfield, Illinois, USA
- Moser RP, Madewell JE : An approach to primary bone tumors. *Radiol Clin North Am* 25 : 1049-1093, 1987
- Giudici MA, Moser RP Jr, Kransdorf MJ : Cartilaginous bone tumors. *Radiol Clin North Am* 31 : 237-259, 1993
- Bloem JL, Kroon MH : Osseous lesions. *Radiol Clin North Am* 31 : 261-278, 1993
- Hudson TM, Stiles RG, Monson DK : Fibrous lesions of bone. *Radiol Clin North Am* 31 : 279-297, 1993
- Manaster BJ, Doyle AJ : Giant cell tumors of bone. *Radiol Clin North Am* 31 : 299-323, 1993
- Egglie KD, Quiogue T, Moser RP Jr : Ewing's sarcoma. *Radiol Clin North Am* 31 : 325-337, 1993
- Conway WF, Hayes CW : Miscellaneous lesions of bone. *Radiol Clin North Am* 31 : 339-358, 1993
- Lodwick GS, Haun CL, Smith WS, et al : Computer diagnosis of primary bone tumors. A preliminary report. *Radiology* 80 : 273-275, 1963
- Lodwick GS : Solitary malignant tumors of bone ; The application of predictor variables in diagnosis. *Seminars in Roentgenology* 1 : 293-313, 1966
- Henschke CI, Hessel SJ, McNeil BJ : Automated diagnosis in radiology. *Investigative Radiology* 14 : 195-201, 1979
- Hamada T, Tamura K, Yoshida A, et al : Quantification analysis of CT of ovarian tumors. *日本医放会誌* 46, 324-331, 1986
- 本田良宣, 吉田研二郎, 浅田莞爾, 他 : 整形外科に於けるファジイ理論の応用(骨腫瘍診断支援システムの構築を通して). *Proceedings of the Fourth Annual Meeting of Biomedical Fuzzy System Association(Iizuka)* : 87-95, 1992
- 有田清三郎 : ファジイ理論を用いた超音波画像による癌診断システムの開発. *日本ファジイ学会誌* 3 : 527-539, 1991