



Title	胸部X線診断情報処理システムに関する研究
Author(s)	小川, 史顕
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1979, 39(8), p. 862-877
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20569
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

胸部X線診断情報処理システムに関する研究

京都府立医科大学放射線医学教室（主任：村上晃一教授）

小川 史顕

（昭和54年4月6日受付）

（昭和54年5月22日最終原稿受付）特別掲載

Computer Aided Chest X-ray Diagnosis System

Fumiaki Ogawa

Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine

Research Code No.: 206, 207

Key Words: Computer aided diagnosis, Chest X-ray diagnosis,
Information processing

The trial of computer aided chest X-ray diagnosis was performed and following results were obtained;

- 1) It was possible to construct chest X-ray diagnosis system, by separating the process of pattern recognition and information processing, and by applying dummy probability which was supposed by doctors, without accumulation of exact clinical data.
- 2) The used theory of this diagnostic system is Bayes' theorem, and the soft ware can provide the radiological findings, probability diagnosis, informations for diagnosis and further important examinations.
- 3) Using this system, diagnostic examinations were performed using 60 clinical cases for evaluation of applicability in clinical practices and produced following results:
 - a) This system showed almost near diagnostic accuracy as clinical diagnosis.
 - b) The diagnostic experiment with X-ray film findings and clinical data showed superior accuracy rate than experiment with X-ray film findings only.
 - c) This system showed stable diagnostic accuracy with interpersonal and intrapersonal comparisons.
 - d) With the computer, it was possible to get stable diagnostic accuracy independent to the doctor's clinical experiences.
 - e) The randomized procedure disturbed the probability matrix with some level, and diagnostic experiments using these disturbed probability matrix showed that the inaccuracies in the probability matrix generation does not influence so severely to the diagnostic accuracy.

目 次

- (1) 緒言
- (2) 方法
 - 2.1 システム分析について

2.2 処理手順

- 2.3 確率表の作製及び学習機能
- 2.4 計算機システム
- (3) 診断実験及び結果

- 3.1 材料
- 3.2 臨床診断との比較
- 3.3 診断対象が自験例であったか否かによる比較
- 3.4 入力データの量による比較
- 3.5 inter personal な比較
- 3.6 intra personal な比較
- 3.7 paramedical staff による比較
- 3.8 確率表の安定性の検討
- (4) 考按
 - 4.1 パターン認識について
 - 4.2 診断実験結果について
 - 4.3 計算機診断の方法論について
- (5) 結語
- (6) 引用文献

(1) 緒 言

臨床診断の客観化という観点から、X線診断学の領域でも電子計算機を用いた自動診断に関する研究が進められてきている。

歴史的にはこの様な診断の定量化に関しては Nash (1954)²⁰ が鑑別診断のための計算尺を発明したのがはじめであり、これはロゴスコープとして今日でも用いられている。さらに Warner ら (1961)²⁴ はベイズの定理を先天性心疾患の診断に応用している。さらに Lodwick (1963)¹³ や松林 (1971)¹⁶ らにより原発性骨腫瘍の診断に用いられ、以後 Wilson ら (1965)³⁵ による胃潰瘍の良性・悪性の鑑別、Templeton ら (1967)²⁸ や Alperovitch ら (1972)¹¹ による肺の coin lesion の診断、Youker ら (1968)³⁹ による大腸ポリープの良性・悪性の鑑別、服部ら (1962)⁶、Templeton ら (1966)²⁹、Templeton ら (1968)³⁰、Hall ら (1971)⁴、上山ら (1975)³² による心疾患の鑑別、Kruger ら (1974)⁸ による珪肺の診断、Overall ら (1963)²²、Fitzgerald ら (1966)²、安河内 (1969)³⁸ による甲状腺疾患の診断、宮脇ら (1965)¹⁹、梅垣 (1970)³³、山村 (1967)³⁷ による呼吸器疾患の診断等の試みが行なわれてきている。又、診断論理としては Ledley ら (1959)¹⁰ により紹介されたベイズの定理の他、尤度法、判別関数も代表的な論理として種々応用されてきて

いる^{3),15)}。

しかし、これらの応用例は、そのほとんどが対象となる鑑別疾患群がある特定の一分野に限られたものであり、臨床診断の広い体系を包括したものでなかったため、その応用範囲も限定されたものであった。本報告では、X線診断学の内で最も日常診療上、処理件数の多い胸部X線診断につき、医師による病的胸部X線写真のパターン分類と、それ以後の鑑別診断の過程に Bayes の定理を適用することを組み合せることにより、鑑別診断の自動化を試みたので報告する。

(2) 方 法

2.1 システム分析について

まず我々が日常行なっている胸部X線診断の過程をシステム分析的にみると、

① 胸部X線写真上に異常陰影が存在するかしないか、又、存在するならば、その位置、大きさ、形、陰影の濃淡、辺縁の性状、時間的な変化における形態の変動の状態などはどうかという、いわゆるパターン認識の過程と、

② その様な異常陰影をきたしむる疾患群を想定し、以後、年齢、性別、既往歴、家族歴、症状、理学的所見、臨床検査データ、特殊検査結果等により鑑別診断をすすめてゆく情報処理の過程に分けられると考えられる。

これらの関係を図1に示す。すなわち図1の左側の人間（医師）が行なっている処理の流れは計算機で処理する立場からは右側の流れに対応している。この関係は胸部X線診断のみでなく、すべての画像診断に共通した性質である。①のパターン認識の過程を現在の様な方式の電子計算機に行なわせるのは、胸部X線像の多様性から考えて、本質的にかなり困難である¹⁴⁾。この過程は現段階ではパターン認識能力のすぐれた人間（医師）が行ない、以後の情報処理の過程に、情報の記憶とその処理の高速性、再現性の高い電子計算機に行なわせるシステムを開発した。すなわち図1の中で点線で示しているように人間（医師）における読影という行為に対応するパターン認識及びその特徴パラメータ抽出の過程は人間にまかせ、得ら

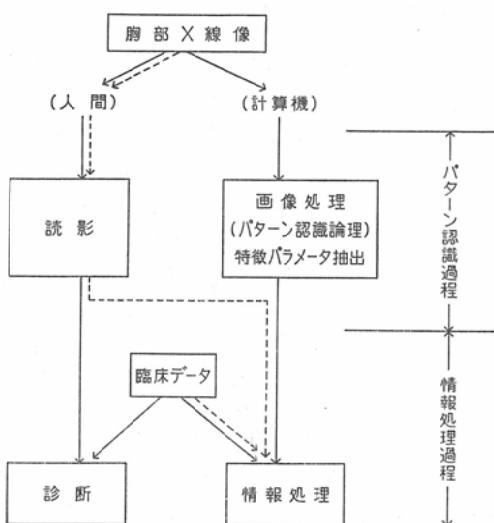


Fig. 1 Conceptual illustration showing the process of chest x-ray diagnosis by human and computer.

れた特徴パラメータと上記の種々の臨床データを加えたものを総合処理する過程を自動化する試み

である。なお本システムは、最初開発するときは多少の労力を必要とするが、完成してしまえば、計算機と対話してデータを入力するだけでよいので、かなり簡便な方法であると考えられる。

2.2 処理手順

まず人間（医師）が行なうパターン認識の過程については、ここでは図2に示す様に病的胸部X線像を大まかに17のパターンに分類し、そのどれに該当するかを肉眼で判定するようにした。この様な病的胸部X線像のパターンの分類法については現在までに種々のものが試みられているが、それらは本質的に大差はなく、ここではそれらの内、代表的な原沢⁵⁾による分類を用いている。すなわち、

- 1) 肺葉性および肺区域性陰影
 - 2) 非限局性(浸潤性)陰影
 - 3) 単発性・小限局性(結節状)陰影
 - 4) 単発性・大限局性(塊状)陰影
 - 5) 多発性・限局性陰影

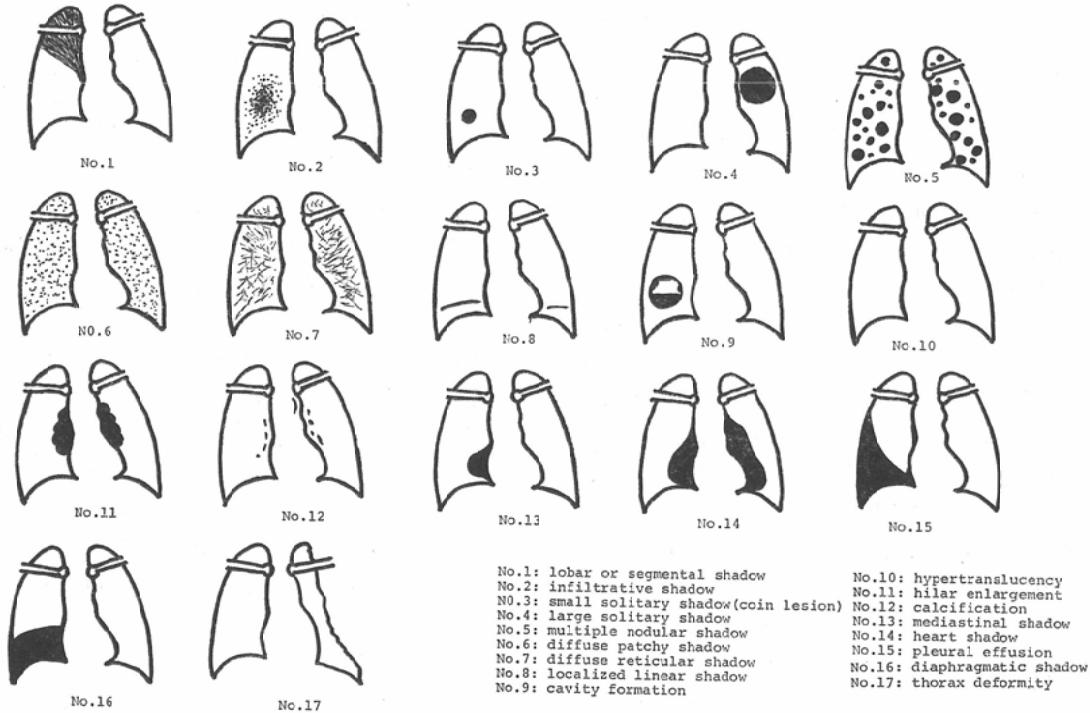


Fig. 2 Pattern classification for pathological chest x-ray films.

- 6) びまん性小結節状(斑点状)陰影
- 7) びまん性線状・網状陰影
- 8) 局所的線状・帶状陰影
- 9) 空洞, 膿瘍および囊胞性陰影
- 10) 透過性亢進
- 11) 肺門腫張
- 12) 石灰沈着
- 13) 縦隔の異常陰影
- 14) 心臓の異常陰影
- 15) 胸水貯留
- 16) 横隔膜異常
- 17) 胸廓異常

の17パターンである。これらのどれに該当するかを判定した後、計算機に対応するパターン番号(1~17のいずれかの数)を入力することにより図3のフローチャートに示すような処理に入って

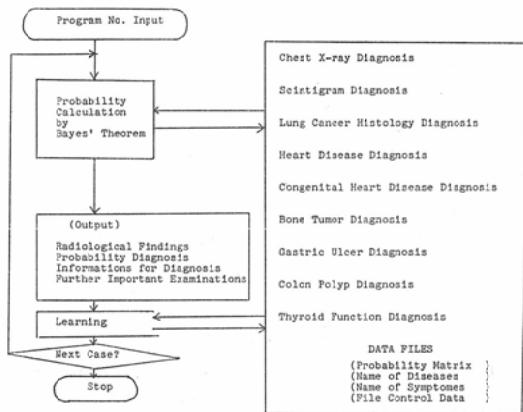


Fig. 3 Flow chart of this computer aided diagnosis system.

ゆく。まず計算機はそのパターン番号に対応するデータ・ファイル(確率表、疾患名群、質問群、ファイル・コントロール情報を含んでおり、計算機のoperating Systemの管理下にある磁気ディスク・カートリッジ内に記憶させてある)より必要な情報を得て、以後CRT(cathode ray tube display unit: 陰極線管表示装置)より、年齢、性別、家族歴、既往歴、症状、理学的所見、臨床検査データ、X線像の詳細、特殊検査結果等につき、つぎつぎと質問してくるので、対話的に応答

し入力する。もちろん入力方式はCRTによらず、質問表にチェックし、これをテープ又はカードにパンチして行なうことも可能である。各質問は、たとえば、

性別は?

- 1) 男
- 2) 女
- 3) 不明

年齢は?

- 1) <20歳
- 2) 20歳~50歳
- 3) 50歳<
- 4) 不明

といった型式になっている。すなわち各質問はいくつかの小項目に分かれており、そのどれかを対応する数字で答える。各小項目の最後はかならず“不明”的項目が存在している。質問がすべて終ると、不明と答えた以外の入力情報をもとに統計学上のベイズの定理を用いて各疾患の確率が計算される。

ここでベイズの定理(Bayes' theorem)について、まず一般的な説明を加えておくと:m個の互いに排反な診断カテゴリーを D_1, D_2, \dots, D_m , i番目の症状を S_i であらわすとベイズの定理は次のように表現される^{3), 10), 21), 22)}。

「ある症例が症状 S_i をもっているとき、その症例が診断カテゴリー D_a に属する確率 $P(D_a|S_i)$ は、

$$P(D_a|S_i) = \frac{AP(D_a) \cdot P(S_i|D_a)}{\sum_{a=1}^m AP(D_a) \cdot P(S_i|D_a)}$$

で与えられる」

ここで $AP(D_a)$ は患者全体における診断カテゴリー D_a の出現確率で、事前確率とよばれているものであり、 $P(S_i|D_a)$ は診断カテゴリー D_a を仮定した場合に S_i が得られる確率である。

ただ本システムでは各症状や検査結果について、大項目及びそれに対応するいくつかの小項目といった形式にしてあるので、上記のベイズの定理の式はこのために少し変えられている。この場合の各手順のアルゴリズムを以下に述べる。

Table 1 Symbolic table showing the structure of data file

	AP(D)	S ₁	S ₂	.....	S _{β}	.....	S _n
		S ₁ ¹ S ₂ ¹ ... S _{K₁} ¹	S ₁ ² S ₂ ² ... S _{K₂} ²	.....	S ₁ ^{β} S ₂ ^{β} ... S _{iβ} ^{β} ... S _{Kβ} ^{β}	.....	S ₁ ⁿ S ₂ ⁿ ... S _{K_n} ⁿ
D ₁	AP(D ₁)	₁ P ₁ ¹ P ₂ ¹ ... ₁ P _{K₁} ¹	₁ P ₁ ² P ₂ ² ... ₁ P _{K₂} ²	.....	₁ P ₁ ^{β} P ₂ ^{β} ... ₁ P _{iβ} ^{β} ... ₁ P _{Kβ} ^{β}	.....	₁ P ₁ ⁿ P ₂ ⁿ ... ₁ P _{K_n} ⁿ
D ₂	AP(D ₂)	₂ P ₁ ¹ ₂ P ₂ ¹ ... ₂ P _{K₁} ¹	₂ P ₁ ² ₂ P ₂ ² ... ₂ P _{K₂} ²	.....	.....	.....	.....
⋮	⋮
D _{α}	AP(D _{α})	.....	.....	.....	_{α} P ₁ ^{β} P ₂ ^{β} ... _{α} P _{iβ} ^{β} ... _{α} P _{Kβ} ^{β}	.....	.....
⋮	⋮
D _m	AP(D _m)	_m P ₁ ¹ _m P ₂ ¹ ... _m P _{K₁} ¹	.....	.....	_m P ₁ ^{β} _m P ₂ ^{β} ... _m P _{iβ} ^{β} ... _m P _{Kβ} ^{β}	.....	_m P ₁ ⁿ _m P ₂ ⁿ ... _m P _{K_n} ⁿ

まず本システムにおけるデータ・ファイルの構造は表1に示す様な形で表現される。ここでS₁, S₂, ..., S _{β} , ..., S_nはそれぞれ各質問の大項目（例えば“年齢？”）を示しており、S_{i β} は β 番目の大項目の内の*i β* 番目の小項目を示している（例えば“50歳”）。S_{K β} は最後の小項目を

示しておらず、後述するように“不明”に対応している。K β は β 番目の大項目に含まれる小項目の数である。 _{α} P_{i β} は疾患D _{α} における大項目S _{β} 中のK β 個の小項目中の*i β* 番目の小項目に該当する症状がおこる確率を示している。これを前述の例に即して行なうと、

		年令？(S ₁)				性別？(S ₂)		
		20才>(S ₁ ¹)	20才~50才(S ₁ ²)	50才<(S ₁ ³)	不明(S ₁ ⁴)	男(S ₂ ¹)	女(S ₂ ²)	不明(S ₂ ³)
肺癌(D ₁)	0.70(AP(D ₁))	0.01(₁ P ₁ ¹)	0.09(₁ P ₂ ¹)	0.90(₁ P ₃ ¹)	1.00(₁ P ₄ ¹)	0.65(₁ P ₁ ²)	0.35(₁ P ₂ ²)	1.00(₁ P ₃ ²)
肺膿瘍(D ₂)	0.30(AP(D ₂))	0.20(₂ P ₁ ¹)	0.30(₂ P ₂ ¹)	0.50(₂ P ₃ ¹)	1.00(₂ P ₄ ¹)	0.55(₂ P ₁ ²)	0.45(₂ P ₂ ²)	1.00(₂ P ₃ ²)

(K1 = 4) (K2 = 3)

と表現される。前述のベイズの定理は、

$$\begin{aligned} & P(D_{\alpha} | S_{i_1}^1, S_{i_2}^2, S_{i_3}^3, \dots, S_{i_{\beta}}^{\beta}, \dots, S_{i_n}^n) \\ &= \frac{AP(D_{\alpha}) \cdot P(S_{i_1}^1 | D_{\alpha}) \cdot P(S_{i_2}^2 | D_{\alpha}) \cdots P(S_{i_{\beta}}^{\beta} | D_{\alpha}) \cdots P(S_{i_n}^n | D_{\alpha})}{\sum_{\alpha=1}^m \{AP(D_{\alpha}) \cdot P(S_{i_1}^1 | D_{\alpha}) \cdot P(S_{i_2}^2 | D_{\alpha}) \cdots P(S_{i_{\beta}}^{\beta} | D_{\alpha}) \cdots P(S_{i_n}^n | D_{\alpha})\}} \\ &= \frac{AP(D_{\alpha}) \cdot {}_aP_{i_1}^1 \cdot {}_aP_{i_2}^2 \cdots {}_aP_{i_{\beta}}^{\beta} \cdots {}_aP_{i_n}^n}{\sum_{\alpha=1}^m \{AP(D_{\alpha}) \cdot {}_aP_{i_1}^1 \cdot {}_aP_{i_2}^2 \cdots {}_aP_{i_{\beta}}^{\beta} \cdots {}_aP_{i_n}^n\}} \end{aligned}$$

と表現される。例えば鑑別対象となる疾患が肺癌と肺膿瘍に限定され、しかも年齢と性別しかわかつてない場合を仮定すると、年齢50歳以上の男の人が肺癌である確率は、

P(肺癌)

$$=\frac{0.70 \times 0.90 \times 0.65}{0.70 \times 0.90 \times 0.65 + 0.30 \times 0.50 \times 0.55} \div 0.83$$

となる。

ここで

$${}_aP_{i_{\beta}}^{\beta} = 1, (\alpha=1, \dots, m, \beta=1, \dots, n)$$

としてある。なぜなら各小項目の最後の項は（すなわちK β 番目）すべて“不明”に対応させてあり、不明の場合はその質問に関して無視させるために、すべてに1を入れてある。なぜなら、1を何回掛算しても確率の値は変化しないからである。又、 _{α} P_{i β} ^{β} でS _{β} のすべてをつくしているから

$$\sum_{\ell=1}^{K_{\beta}-1} {}_aP_{\ell}^{\beta} = 1 (\alpha=1, \dots, m, \beta=1, \dots, n)$$

となっている。

この様な計算式にて得られた結果は、X線所見のまとめ、確率0.001以上の疾患名及びそれぞれの確率、それぞれの疾患を計算機が診断した際、根拠となった情報、および、さらに鑑別診断をすすめてゆく上に必要な検査名や所見及びそれによ

り肯定又は否定される疾患名とともにこの順に出力されるようにしている。

次に診断の根拠を出力する方法であるが、ある出力された疾患に関して(すなわち計算された D_a の確率 $P(D_a)$ が 0.001 より大の時), ある質問 (s_β) の中の該当する(Yes と答えた) $i\beta$ 番目の小項目の確率 ${}_aP_{i\beta}^\beta$ がその小項目の確率について全疾患についてみた平均値

$$\bar{P}_{i\beta} = \frac{1}{m} \sum_{a=1}^m {}_aP_{i\beta}^\beta$$

より大なる場合と、該当しない、すなわち $i\beta$ 番目以外の小項目の確率

$${}_aP_1^\beta, {}_aP_2^\beta, \dots, {}_aP_{i\beta-1}^\beta, {}_aP_{i\beta+1}^\beta, \dots, {}_aP_{K\beta}^\beta$$

について、それぞれの平均値

$$\bar{P}_1^\beta, \bar{P}_2^\beta, \dots, \bar{P}_{i\beta-1}^\beta, \bar{P}_{i\beta+1}^\beta, \dots, \bar{P}_{K\beta}^\beta$$

より低い時にそれぞれ Yes であったか no であったかを付して出力させる。これにより入力した情報が鑑別診断の過程で計算機の中でどの様な役割をはたしたかがわかる。

次に、さらに診断を確実にするために必要な検査や質問を出力する方法については、すべての“不明”と答えられた質問 ($S_{k\beta}^\beta$ と答えられた s_β) に対し、出力された疾患 D_a のその質問の各小項目 $S_1^\beta, S_2^\beta, \dots, S_{k\beta}^\beta$ に該当する確率 ${}_aP_1^\beta, {}_aP_2^\beta, \dots, {}_aP_{k\beta}^\beta$ につき前述の平均値 $\bar{P}_1^\beta, \bar{P}_2^\beta, \dots, \bar{P}_{k\beta}^\beta$ と比較して、もし大であれば(すなわちもし将来においてその小項目に対して yes であれば) 肯定される傾向にあるとし、小であれば(すなわちもし将来において、その小項目に対して no であれば) その疾患は否定される傾向にあるとして出力させた。これにより鑑別診断に際し、重要な検査がぬけていないかチェックされることになる。

次に同一胸部X線写真上に2個以上の異常陰影

```
***** COMPUTER AIDED CHEST X-RAY DIAGNOSIS ****
** FILM NO.: 456 (11/18/76) (SYSTEM: DOSEPA-1000) **
***** CX-RAY FILM FINDINGS ****

1) LESION OF UNILATERAL SIDE OF MEDIASTINUM
2) LESION OF RIGHT SIDE ONLY OF MEDIASTINUM
3) LESION OF MIDDLE MEDIASTINUM
4) CALCIFICATION IS NOTICED IN THE LESION
5) THE LESION IS ADJACENT TO THE PERICARDIUM
6) THE LESION SHOWS DENSE SHADOW
7) SHADOW OF PLEURAL EFFUSION (+)

(CPROBABILITY DIAGNOSIS)

1) PLEURAL MESOTHELIOMA          36.4%
2) TUBERCULOSIS                  20.4%
3) CHRONIC OR FIBROUS MEDIASTINITIS 12.5%
4) NEUROFIBROMA OR NEURILEMOMA    6.1%
5) INTRATHORACIC GOITER          5.6%
6) MALIGNANT LYMPHOMA             5.0%
7) METASTATIC CANCER              4.1%
8) CONNECTIVE TISSUE TUMOR        2.8%
9) HODGKIN'S DISEASE               2.0%
10) CARDIAC DISEASE                1.7%
11) GANGLIONEUROMA                1.3%
12) BRONCHGENIC CYST              0.9%
13) DERMOID CYST OF TERATOMA      0.3%
14) THYMOA                         0.3%
15) DILATATION OF AZYGOUS VEIN     0.2%
16) SARCOIDOSIS                   0.1%

OTHER DISEASES WERE LESS THAN 0.1% IN PROBABILITY

(CINFORMATIONS FOR DIAGNOSIS OF LISTED DISEASES)

PLEURAL MESOTHELIOMA
  (OLD YEARS ? ..YES)
  (CARCINIA ? ..YES)
  (LESION OF UNILATERAL SIDE OF MEDIASTINUM ? ..YES)
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
  (SHADOW OF PLEURAL EFFUSION (+) ? ..YES)

TUBERCULOSIS
  (COUGH (+) ? ..YES)
  (LESION OF UNILATERAL SIDE OF MEDIASTINUM ? ..YES)
  (LESION OF MIDDLE MEDIASTINUM ? ..YES)
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
  (CHRONIC OR FIBROUS MEDIASTINITIS ? ..YES)
  (THE LESION IS ADJACENT TO THE PERICARDIUM ? ..YES)
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
  (NEUROFIBROMA OR NEURILEMOMA ? ..YES)
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
  INTRATHORACIC GOITER
  (LESION OF RIGHT SIDE ONLY OF MEDIASTINUM ? ..YES)
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
  MALIGNANT LYMPHOMA
  (LESION OF MIDDLE MEDIASTINUM ? ..YES)
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
  METASTATIC CANCER
  (THE LESION SHOWS DENSE SHADOW ? ..YES)
```

(FURTHER IMPORTANT EXAMINATIONS FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS)

```
STRIDOR (+) ?
  (YES.. TUBERCULOSIS ) )
  (YES.. INTRATHORACIC GOITER ) )
WEIGHT LOSS (-) ?
  (YES.. MALIGNANT LYMPHOMA ) )
  (YES.. METASTATIC CANCER ) )
GENERAL FATIGUE (+) ?
  (YES.. PLEURAL MESOTHELIOMA ) )
  (YES.. TUBERCULOSIS ) )
  (YES.. CHRONIC OR FIBROUS MEDIASTINITIS ) )
  (YES.. MALIGNANT LYMPHOMA ) )
  (YES.. METASTATIC CANCER ) )
  (YES.. CARDIAC DISEASE ) )
  (YES.. DILATATION OF AZYGOUS VEIN ) )
GOITER (+) BY SCANNING ?
  (YES.. INTRATHORACIC GOITER ) )
TUBERCULIN SKIN TEST (-) ?
  (NO.. TUBERCULOSIS ) )
  (YES.. LEUKEMIA ) )
  (YES.. SARCOIDOSIS ) )
MOVABLE BY SWALLOWING BY FLUOROSCOPY ?
  (YES.. INTRATHORACIC GOITER ) )
FORM CHANGEABLE BY POSITION BY FLUOROSCOPY ?
  (YES.. DILATATION OF AZYGOUS VEIN ) )
NIVEAU IS NOTICED IN THE LESION ?
  (YES.. DILATATION OF AZYGOUS VEIN ) )
THE LESION SHOWS LONGITUDINAL DEVELOPMENT ?
  (YES.. CHRONIC OR FIBROUS MEDIASTINITIS ) )
  (YES.. GANGLIONEUROMA ) )
LUNG CANCER (+) BY SPONCHIOFIBERSCOPE ?
  (YES.. METASTATIC CANCER ) )
MALIGNANT CELL (+) BY SCALENE BIOPSY ?
  (YES.. MALIGNANT LYMPHOMA ) )
  (YES.. METASTATIC CANCER ) )
  (YES.. LEUKEMIA ) )
SARCOIDOSIS (+) BY SCALENE BIOPSY ?
  (YES.. SARCOIDOSIS ) )
INFILTRATION (+) BY SCALENE BIOPSY ?
  (YES.. CHRONIC OR FIBROUS MEDIASTINITIS ) )
METASTATIC TUMOR (+) BY LIVER BIOPSY ?
  (YES.. LEUKEMIA ) )
SARCOIDOSIS (+) BY LIVER BIOPSY ?
  (YES.. SARCOIDOSIS ) )
LEUKEMIC CELL (+) BY MARROW ASPIRATION ?
  (YES.. LEUKEMIA ) )
MALIGNANT LYMPHOMA (+) BY MARROW ASPIRATION ?
  (YES.. MALIGNANT LYMPHOMA ) )
MALIGNANT LYMPHOMA (+) BY PERIPHERAL L.N. BIOPSY
  (YES.. MALIGNANT LYMPHOMA ) )
SARCOIDOSIS (+) BY PERIPHERAL L.N. BIOPSY ?
  (YES.. SARCOIDOSIS ) )
```

Fig. 4A Sample output of case with pleural mesothelioma; x-ray film findings, probability diagnosis and foundations of listed diagnosis.

Fig. 4B Sample output of case with pleural mesothelioma; further important examinations for differential diagnosis of listed diseases are shown.

が併存していた場合の処理であるが、この時は各々の病巣につき独立にパターン番号をあてはめて処理する。

本システムによるサンプル出力例を図4 A, 図4 Bに示す。本例は立野ら²⁷⁾により報告された malignant pleural mesothelioma の症例で右中～下肺野の縦隔異常陰影と胸水とが併存していたもので、剖検により確診されたものである。

2.3 確率表の作製及び学習機能

本システムでは胸部X線像を17のパターンに分類している。そして各々のパターンにつき、そのパターンの病的陰影をきたしうる疾患名すべてを教科書等の文献より抽出し、又、それらの鑑別診断に必要な質問もすべて同様に教科書等の文献より抽出し、処理の対象となる疾患群及び質問群を決定した。疾患単位をどう定義するかは議論のあるところであるが、最も常識的なもの（教科書的なもの）を採用した。

次にベイズの定理を診断論理として用いるには、よく知られているように、事前、事後確率の表が必要である。まず事後確率についてであるが、一般にある疾患につきある症状が何%に出現するかという確率が統計的に得られていることはまれである。特に出現頻度の低いまれな疾患では、ほとんど得られていない場合が多い。ところで電子計算機による診断の特長の一つに非常にまれな疾患もみのがさないで警告を発するのがその役割の1つと考えられるが、まれな疾患ほど統計的なデータが存在しないという矛盾した面が存在する。しかし計算機診断を行なうためには対象となっているすべての疾患とすべての症状や検査の組合せにつき、確率表をうめる必要がある。もしこれを実際の症例にもとづいた統計的確率でうめようすると、膨大な調査が必要となる。さらにその場合の問題点として、基礎となる症例を retrospective に集めるとすれば、データの欠落が多量に存在するであろうし、prospective に集めるとすれば非常に長時間かかり、一定の調査後、さらに追加調査事項が発見された時は、再調査はかなり困難であろうと考えられる。全国的な規模で集

めればよいが、その様な機関はまだ存在していない。そこで本システムでは文献上統計的確率が得られない場合は、その疾患につき教科書や文献を参考として複数医師（実際は3人の放射線科医）が求めた推定値を用いた。我々はこれをダミー確率とよんでいる^{9),11)}。確率を推定する際には、その推定における数量化に際し、表2に示す様な数

Table 2 Quantification table for dummy probability.

絶対にあり得る	0.999
ほぼ絶対にあり得る	0.95
ほとんどある、常にある	0.90
まず存在する	0.80
非常によくある	0.70
普通ある、多くの場合ある	0.60
よくあることがある	0.50
あることが多い、しばしばある	0.40
まあある、少くはない	0.30
時々ある	0.20
あることもある、あるかもしれない	0.10
まれにある、ないこともない	0.05
まずあり得ない	0.01
絶対にあり得ない	0.001

量化表を用いて教科書や文献上の記述ができるだけ一定の規準で数量化されるようにした。又、これらのダミー確率は $0.001 \leq p \leq 0.999$ の範囲内とし、ベイズの定理の計算の過程で、ある疾患を全く除外しない様にした。しかしこの様にして作ったダミー確率はあくまでダミー値であって、真の確率ではないので、学習機能をもたせて、次第に真の確率に収束する様に設計した。その方法については Lipkin ら (1961)¹¹⁾ に類似した方法で行なっている。すなわち具体的には、まず初期値として各疾患につき100例づつダミーの症例をつくり、各質問につき yes であれば1, no ではあれば0をダミー確率の割合にランダムに分布させる。次に新しい確診症例が得られた場合は、その情報を学習するわけであるが、ある質問に対する答が yes であれば1を、no であれば0を補充する。又、“不明”であれば、それ以前の蓄積された症例（初回であれば100例のダミー症例）につき集計し、1が存在する割合を計算しておき、さ

らに0~1の間の小数点以下2ケタの乱数を発生させて、その値が集計した率(症状出現率に相当)よりも小ならば1を、大ならば0を補充する。この様にして確定症例を補充しておき、次回の診断には、補充された症例も含めて、確率を計算し修正された確率表を用いる。そして蓄積された症例が100をこえれば順次古い症例から1例づつ見てゆく様プログラムした。これにより、古い過去の症例にいつまでも影響されることなく、時代、地域、医療機関が変化しても計算機自身でそれに適応してゆくことになる³⁷⁾。事前確率についても学習するが、これは学習がすすむにつれて、初期値である統計的確率あるいはダミー確率の状態から、次第に計算機診断の適応となるという条件の患者群内における疾患の出現頻度に移行してゆくものと考えられる。具体的な学習方法としては単に1例づつ以前の症例数に加算してゆく様にしている。

2.4 計算機システム

使用した計算機システムは、島津製作所製の放射線治療線量分布計算システム Dose Pack 1000 を用いた。このシステムのミニコンピューター Nova モデル01 (28kw) (米国データ・ジェネラル社製) のオペレーティング・システムである RDOS (real time disk operating system) のもとで、FORTRAN IVを用いてプログラムを作製した。

(3) 診断実験及び結果

3.1 材料

今までに縦隔の異常陰影 (パターンNo. 13)

Table 3 List of tested cases

1) bronchogenic carcinoma	13 cases
2) dermoid cyst or teratoma.....	7 cases
3) neurogenic tumors	5 cases
4) intrathoracic goiter.....	4 cases
5) malignant lymphoma.....	3 cases
6) pericardial cyst	3 cases
7) thymoma	3 cases
8) aneurysm	3 cases
9) diaphragmatic hernia.....	3 cases
10) pulmonary abscess	3 cases
11) metastatic tumor of the lung	2 cases
12) bronchogenic cyst	2 cases
13) pulmonary aspergillosis	2 cases
14) sarcoma	2 cases
15) osteochondroma	1 case
16) esophageal hiatal herniation.....	1 case
17) malignant pleural mesothelioma...	1 case
18) vanishing lung tumor.....	1 case
19) pulmonary tuberculosis	1 case
total	60 cases

(46.....reported case, 14.....our case)

と肺内腫瘍状陰影 (パターン No. 3, 4) について、表3に示す様に肺癌13例を含む60例につき診断実験を行なった。これらの内、46例が文献上の報告例で、14例が自験例であり、すべて組織像や血管造影検査等により確診されている。

3.2 臨床診断との比較

これらの症例を、この研究に関与している放射線科医3人で逐次入力していった時の計算機による診断結果を表4、図5に示す。この場合、第1位に65% (39/60) に正診を得ている。これらの症例の臨床診断の正診率は61% (37/60) であっ

Table 4 Results of computer aided diagnosis due to the volume of informations.

output rank	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
all information	39/60 (65%)	46/60 (77%)	50/60 (83%)	54/60 (90%)	55/60 (92%)	57/60 (95%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)
x-ray film findings only	31/60 (52%)	43/60 (72%)	50/60 (83%)	52/60 (87%)	54/60 (90%)	54/60 (90%)	54/60 (90%)	55/60 (92%)	55/60 (92%)	56/60 (93%)
clinical data only	22/60 (37%)	34/60 (57%)	39/60 (65%)	45/60 (75%)	49/60 (82%)	51/60 (85%)	53/60 (88%)	55/60 (92%)	56/60 (93%)	57/60 (95%)

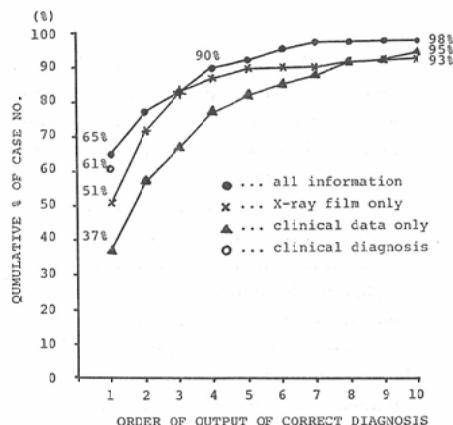


Fig. 5 Results of computer aided diagnosis corresponding to table 4.

た。

3.3 診断対象症例が自験例であったか否かによる比較

これら60例の内、14例の自験例、46例の文献上報告例の別に正診率をみると、計算機を併用した場合それぞれ79% (11/14), 61% (28/46) であった。

3.4 入力データの量による比較

入力情報をX線像の詳細のみにすると52% (31/60), それ以外の臨床データのみにすると37 (22/60) の正診率であった。これらは全情報を用いた場合に比し、百分率の差の検定でそれぞれ危険率10%, 5%で統計的に有意の差を認めた(表4, 図5)。

3.5 Interpersonalな比較

複数医師間における診断の精度及びその計算機に入力する際の安定性を検討するため、当教室に属する5人の放射線科研修医(経験2年)にこれらの症例のX線写真及び臨床データを与えてこの方法による診断実験を行なった。まず計算機を併用しないで通常のX線診断と同様にX線写真のみをみてこれらの医師が診断した時の正診率は平均45% (37~50%) であり、又、それに加えて臨床データも教えての正診率は平均52% (48~58%) であった。この2つの場合では百分率の差の検定で危険率5%で有意差を認めた。又、5人の内の

Table 5 Results by 5 Dr. with two year experiences in radiology.
Comparison between Dr. and computer

(with all information)	
Dr. A.....	32/60 (53%)
Dr. B.....	30/60 (50%)
Dr. C.....	35/60 (58%)
Dr. D.....	29/60 (48%)
Dr. E.....	31/60 (52%)
average.....	52%
(with X-ray film only)	
Dr. A.....	22/60 (37%)
Dr. B.....	26/60 (43%)
Dr. C.....	30/60 (50%)
Dr. D.....	29/60 (48%)
Dr. E.....	27/60 (45%)
average.....	45%

最高点者と最低点者との間では2つの場合とも有意の差は認めなかった。これらの結果を表5に示す。また個別にこれらの医師がX線像の所見を読みとり、計算機に入力し、臨床データも含めて計算機診断を行なった結果を表6に示す。これによると5人の場合の結果の平均は59% (53~67%) の正診率であった。この場合も5人の間で最高と最低の正診率の間に有意差はなかった。又、全情報を使用した場合において、計算機を使用したか、しないかの検討では危険率10%では両者間に有意の差を認めた。

3.6 Intrapersonalな比較

同一医師による所見入力の時間のずれによる変動を検討するため、当教室の経験7年の放射線科医にこれらの症例を間隔約2ヶ月で3回医師による診断及び計算機への入力をさせた。これらの結果を表7, 8に示す。3回の平均でみると、X線所見のみで計算機を併用しないで医師が診断すると平均59% (53~63%), 全情報を知った上で同様に診断すると平均64% (63~67%), 医師が計算機に所見を入力して、臨床データを併用して計算機に診断させると平均60% (57~65%) であった。この場合計算機を併用するかどうかでは、百

Table 6 Results of computer aided diagnosis by 5 Dr. with 2 year experiences in radiology.

output ranks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dr. A	40/60 (67%)	45/60 (75%)	51/60 (85%)	52/60 (87%)	53/60 (88%)	55/60 (92%)	55/60 (92%)	55/60 (95%)	57/60 (95%)	57/60
Dr. B	37/60 (62%)	44/60 (73%)	48/60 (80%)	53/60 (88%)	54/60 (90%)	55/60 (92%)	55/60 (92%)	57/60 (95%)	58/60 (97%)	58/60 (97%)
Dr. C	34/60 (57%)	46/60 (77%)	46/60 (77%)	48/60 (80%)	50/60 (83%)	51/60 (85%)	51/60 (85%)	52/60 (87%)	52/60 (87%)	53/60 (88%)
Dr. D	35/60 (58%)	43/60 (72%)	45/60 (75%)	50/60 (83%)	50/60 (83%)	51/60 (85%)	54/60 (90%)	56/60 (93%)	56/60 (93%)	57/60 (95%)
Dr. E	32/60 (53%)	38/60 (63%)	43/60 (72%)	44/60 (73%)	47/60 (78%)	49/60 (82%)	51/60 (85%)	51/60 (85%)	54/60 (90%)	58/60 (97%)

Table 7 Results by Dr. with 7 year experiences in radiology, without computer.

	X-ray film only	all information
1st time	32/60 (53%)	38/60 (63%)
2nd time	38/60 (63%)	38/60 (63%)
3rd time	37/60 (62%)	40/60 (67%)

分率の差の検定で有意の差は認められず、又、いずれの場合も最高の成績の時点と最低の成績の時点の正診率において有意の差は認めなかった。なお、全情報を用いた場合について、計算機を併用しない場合の診断では、前述の5人の研修医と経験7年の医師の間に危険率5%で有意の差を認めたが、計算機を併用した場合は両者に有意の差は認められなかった。

3.7 paramedical staffによる比較

paramedical staffの1人である看護婦に胸部

Table 8 Results of computer aided diagnosis by Dr. with 7 year experiences in radiology

output ranks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1st time	35/60 (58%)	41/60 (68%)	47/60 (78%)	47/60 (78%)	49/60 (82%)	55/60 (92%)	55/60 (92%)	55/60 (95%)	57/60 (95%)	58/60 (97%)
2nd time	34/60 (57%)	41/60 (68%)	47/60 (78%)	49/60 (82%)	52/60 (87%)	56/60 (93%)	58/60 (97%)	58/60 (97%)	58/60 (97%)	58/60 (97%)
3rd time	39/60 (65%)	45/60 (75%)	48/60 (80%)	50/60 (83%)	53/60 (88%)	53/60 (88%)	54/60 (90%)	54/60 (90%)	55/60 (92%)	56/60 (93%)

Table 9 Results of computer aided diagnosis by paramedical staff (nurse) with training of chest x-ray film reading for period of one month.

output ranks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
paramedical staff	28/60 (47%)	40/60 (67%)	43/60 (72%)	48/60 (80%)	50/60 (83%)	54/60 (90%)	54/60 (90%)	54/60 (90%)	55/60 (92%)	56/60 (93%)

X線写真の読み取り約1ヶ月間トレーニングを行ない、所見の読みとりの部分を行なわせて、臨床データとともに計算機に入力した結果を表9に示す。正診率47%（28/60）であり、3.2で示した医師による入力の場合にくらべ百分率の差の検定で危険率5%で有意の差を認めた。

3.8 確率表の安定性の検討

確率表を作製する際、推定値を用いているので、作製時の推定値の変動が結果に影響する可能性がある。すなわち、わずかな推定における不注意により、正診率が大きな影響をうける可能性があるかどうかの検討を行なった。このために2種類の診断実験を行なった。まず乱される質問の個数が多い場合と少ない場合における検討であるが、乱す質問個数を1コ、5コ、10コ、全質問に変化させ、またその乱すレベルもそれぞれの確率の値に0.05を加えた場合、0.05を減じた場合、0.10を加えた場合、0.10を減じた場合を検討した。この結果を表11Aに示す。これによると、乱す質問の個数がわずかであれば、あんまり影響はないが、全質問につき乱すとかなりの正診率の低下を認める。次に乱し方として、前述の実験のように1方向のみに乱すのではなくて、ランダムに上下

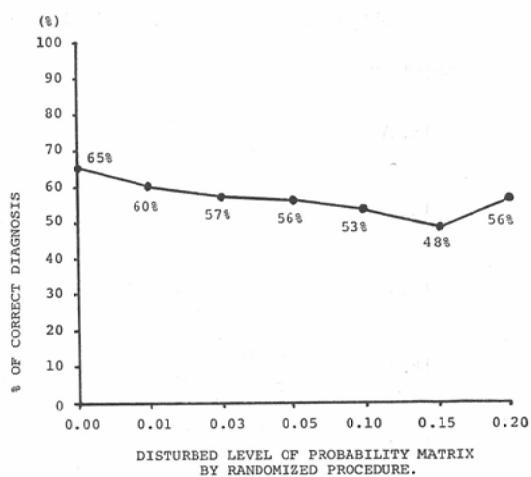


Fig. 6 Results of computer aided diagnosis with disturbed probability matrix with various levels, corresponding to table 11B.

に乱した場合はどうなるかについて、電子計算機による乱数発生を利用して、確率表を表10に示すような方式で種々のレベルで全質問につき乱して、その正診率への影響をみた。その結果を表11B、図6に示す。乱すレベルが増加すれば正診率は低下する傾向にあるが、最も正診率の下った0.15のレベルの場合でも全く乱していない場合にくらべ

Table 10 The method for randomization of probability matrix table. The odd number corresponds to subtraction. The randomized probability is also limited within 0.01 to 0.99.

Random Number Table		5 (odd)	8 (even)	3 (odd)	1 (odd)	6 (even)	7 (odd)	4 (even)	6 (even)	...
Probability Matrix Table	Probability	0.95	0.80	0.75	0.47	0.51	0.98	0.80	0.75	...
	Level of randomization (0.01)	-0.01	+0.01	-0.01	-0.01	+0.01	-0.01	+0.01	+0.01	...
	Probability after randomization	0.94	0.81	0.74	0.46	0.52	0.97	0.81	0.76	...
Probability	0.95	0.80	0.75	0.47	0.51	0.98	0.80	0.75	...	
Level of randomization (0.05)	-0.05	+0.05	-0.05	-0.05	+0.05	-0.05	+0.05	+0.05	...	
Probability after randomization	0.90	0.85	0.70	0.42	0.56	0.93	0.85	0.80	...	
...	
Probability	0.95	0.80	0.75	0.47	0.51	0.98	0.80	0.75	...	
Level of randomization (0.20)	-0.20	+0.20	-0.20	-0.20	+0.20	-0.20	+0.20	+0.20	...	
Probability after randomization	0.75	0.99	0.55	0.27	0.71	0.78	0.99	0.95	...	

Table 11A Relationship between the number of disturbed questions and disturbed levels with disturbed directions.

	1 question	5 question	10 question	total question
0.05 up	39/60 (65%)	38/60 (63%)	36/60 (60%)	27/60 (45%)
0.05 down	39/60 (65%)	39/60 (65%)	39/60 (65%)	27/60 (45%)
0.10 up	39/60 (65%)	38/60 (63%)	36/60 (60%)	23/60 (38%)
0.10 down	38/60 (63%)	38/60 (63%)	34/60 (57%)	23/60 (38%)

Table 11B Results of computer aided diagnosis with disturbed probability matrix with various levels

Output ranks disturbed level \	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.01	36/60 (60%)	45/60 (75%)	49/60 (82%)	56/60 (93%)	57/60 (95%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)
0.03	34/60 (57%)	45/60 (75%)	51/60 (85%)	54/60 (90%)	57/60 (95%)	57/60 (95%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)
0.05	33/60 (55%)	46/60 (77%)	52/60 (87%)	55/60 (92%)	56/60 (93%)	57/60 (95%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)	59/60 (98%)
0.10	32/60 (53%)	45/60 (75%)	50/60 (83%)	53/60 (88%)	55/60 (92%)	57/60 (95%)	57/60 (95%)	57/60 (95%)	58/60 (97%)	58/60 (97%)
0.15	29/60 (48%)	43/60 (72%)	49/60 (82%)	50/60 (83%)	53/60 (88%)	55/60 (92%)	55/60 (92%)	55/60 (92%)	57/60 (95%)	58/60 (97%)
0.20	33/60 (55%)	45/60 (75%)	50/60 (83%)	54/60 (90%)	56/60 (93%)	57/60 (95%)	57/60 (95%)	57/60 (95%)	57/60 (95%)	59/60 (98%)

て正診率に有意の差はなく、又、低下傾向もゆるやかであった。ランダムに乱した場合と1方向に乱した場合との比較では、乱すレベル0.05, 0.10でみると、1方向に乱す場合は、上げる場合でも下げる場合でも、それぞれ45%, 38%の低下であるが、ランダムに上下に乱す場合では0.05, 0.10でそれぞれ56%, 53%であり乱す方向がランダムな方が、1方向に乱すよりはるかに正診率の低下が少ない。

(4) 考 按

4.1 パターン認識について

胸部X線診断の内でそのパターン認識の過程を自動化しようという試みも種々行なわれている。Meyerら(1964)¹⁸⁾や松田ら(1972)¹⁷⁾は胸部X

線写真正面像の画像処理により、心胸廓係数の測定の自動化を試みており、又、Hallら(1971)⁴⁾や上山ら(1975)³²⁾により同じく胸部正面像において心陰影の輪廓を自動的に認識し、その輪廓の解析により特徴パラメーターを抽出し各種心疾患の鑑別診断を試みている。さらに肺内病変に関しては、珪肺症を正常例と自動的に識別する試みがKrugerら(1974)⁸⁾によりなされている。さらに鳥脇ら³¹⁾により、肺内の異常陰影を直接パターン認識しようという試みもある。しかしこれらはいずれも現在の方式の電子計算機が本質的にもつパターン認識能力の低さのため、実用段階には達していないと考えられる。この様な、計算機の不得意とするパターン認識は人間が行ない、以後の情

報処理を計算機にやらせる試みとしては、前述したように Alperovitch ら¹⁾、 Templeton ら²⁸⁾の肺内の coin lesion の鑑別、 Lodwick ら (1963)¹²⁾ や山村 (1964)³⁶⁾ による肺癌における応用、 Lodwick ら¹³⁾や松林ら¹⁶⁾による原発性骨腫瘍の鑑別診断、 Templeton ら³⁰⁾による心疾患、 Templeton ら²⁹⁾や Warner ら³⁴⁾による先天性心疾患の鑑別診断、 安河内³⁸⁾による甲状腺シンチグラムの自動診断、 Youker ら³⁹⁾による大腸ポリープの良性悪性の鑑別等にみられるが、これらは前述のパターン認識を自動化しようとする試みよりは実用的であると考えられる。もし将来において、パターン認識の過程も自動化できれば、本報のようなシステムと結合した完全自動診断の可能性が考えられるが^{4), 8), 14), 17), 18), 25), 26), 31) ~ 33)}、当面はパターン認識能力のすぐれた人間（医師）がこれを行なうのが得策と考えられる。

4.2 診断実験結果について

さて診断実験結果について考えてみると、この様な方式で60—65%の正診率が得られ、又90%に第4位までに正診が含まれていたことは、日常の診療において、鑑別すべき疾患をあげる時の有力な参考になりうると考える。又、経験ある医師による臨床診断と計算機を併用した場合の診断がほぼ同じ正診率を示しており、パターン認識とちがって、この様な情報処理の分野では、計算機の能力は医師に比して、けっして劣らないことを示すものと考える。自験例と文献上報告例では後者が悪い成績を示しているが、報告例では一般に難解な、又非典型的な症例が多いいためと考えられる。又、入力データの量に関しては、やはり十分な胸部X線診断のためには、現状ではX線写真上の情報だけでは不十分で、臨床データを含めて総合的に診断すべきであろうと考えられる。ただし、この点は将来改善の可能性が考えられる。

次に問題となるのは、この様な診断システムの安定性である。すなわち入力する人がちがったり、又、同じ入力するにしても、時間がちがったりすると大きく結果に影響を及ぼす様では実用上問題がある。前者の検討すなわち interpersonal な

検討においても、後者の検討すなわち intrapersonal な検討においても、比較的安定していると考えられる。又、医師が診断した場合と、計算機を併用して診断した場合の比較であるが、全情報による比較では、経験2年の医師の診断は平均52%、計算機を併用すると59%、経験7年の医師の診断は3回の平均で64%，計算機を併用すると平均60%の正診率となっており、このことは計算機を併用すれば、経験が浅くても深くてもほぼ一定の診断率が得られ、その正診率は経験の浅い医師よりも上まわっている。

次に paramedical staff を用いて行なった3.7で示した実験では、短期間のトレーニングでも47%の正診率を得ることができた。医師が入力した場合に比し、成績に差を認めるが、短期間のトレーニングであったので、もし専門用員として1～2年トレーニングすれば、医師と同様に診断に参画できる可能性もあると思われる。

次に確率表の安定性に関してであるが、乱し方が、1方向の場合とランダムな場合ではかなりちがっており、1方向で、乱すレベルが高いとかなり正診率の低下がみられる。

しかし、実際の場合に推定の時に発生する乱れは、ランダムに上下する場合に近いと推定され、この場合にはかなり確率表が乱れても、正診率はおおむね10%ぐらいの変動しか示さず、少くとも少し確率表の作り方がまずくても急激に正診率が低下することはなさそうである。これには、おそらくノイズがノイズを打ち消し合うような現象がおこっているものと思われる。

4.3 計算機診断の方法論について

計算機診断を行なう場合しばしば問題となるものに疾患単位の決定がある。計算機診断に適し、又、臨床にも有用な疾患単位の決定は今後の重要な研究課題の一つである。本システムでは全く教科書的な常識的な分類に従った。また質問項目をどう設定するかも非常に重要な問題であり、本システムを開発した目的の1つは質問の組合せの最適化等のために、このシステムを使って種々のモデル実験を行ない、将来の自動診断のための最

適な論理構成やシステム構成を模索できるのではないかと考えたことによる。

この様な計算機診断において最も重要なものに症状出現率の確率表があるが、これを実際の症例より得られた統計的確率すべてうめることは、前述した様に事実上不可能に近い。今まで計算機診断の必要性がさけばれながらも、一向に進展しなかった最大の理由はここにあると考えられる。本システムでは、Table 2に示す様な数量化表を用いて今までの教科書や文献上のあいまいな記述ができるだけ客観的に数量化する様につとめた。もちろん統計的な数値が得られる場合はそれを採用したが、統計的な数値も母数が小さい時は非常に偏った値となっていることが多く、統計的な値がただちに真の確率に近いとは言いがたい。又、たとえば疾患数50、質問数100とすれば5,000個の確率の計算により結果がでてくるわけで、前述した様に多少の値の上下のずれは、ノイズが相互に打ち消し合う現象が起って、あまり影響しないことも考えられる。次に問題となるものに個々の情報（症状）が同じ重要度でなく“重み”があると考えられるが、Bayes の理論そのものは頻度のみで形作られた理論であるので、一応頻度のみの確率でシステムを構成してみた。将来的には各症状のもつ重みも組み入れられるような理論を開発する必要があると思われる²⁴⁾。

次に学習機能についてであるが、この機能は将来の計算機診断において最も重要な役割をはたすと考えられる。計算の根本となる確率表は将来、時代の移りかわり、地域差、医療機関の差により異なってくることが考えられるので、最初に多大の努力（例えば全国的集計）などをして、以後それを固定させて使うよりも、最初はダミー値を与えておき、以後計算機に学習させる方が実用的であると考える。ただ学習過程において、症例を蓄積するのみでは、ずっと過去の症例の影響をいつまでも受けつづけるので、一定の基準で古い症例は切り捨てられるべきである。実際に学習機能が、どれだけの役割をはたすのかの検討は処理件数が少ないと不可能であった。

次に本システムのプログラム上の特長として、データー・ファイルさえ作れば、同一診断論理（すなわちペイズの定理又は尤度法²³⁾）で処理できるものは、胸部X線診断のみでなく他の分野の臨床診断にもそのまま応用できるようになっている。現在本システムでは、胸部X線診断以外にも、肝シンチグラム、心疾患³⁰⁾、先天性心疾患^{6), 34)}、骨腫瘍¹³⁾、心電図⁷⁾、胃潰瘍の良性悪性³⁵⁾、大腸ポリープの良性悪性³⁹⁾、上腹部痛⁹⁾、甲状腺機能検査²²⁾、肺癌組織型診断の自動診断を試験的に行なっている。

Fig. 3に示すプログラムは CRT 上で対話的に処理することができるようになっている。又、本システムを使用してみて気づいたことは、入力情報が多い場合は（すなわち yes か no で答えた質問数が多いと）、ある1つないし小数個の疾患が非常に高い確率で出力され確定的な結果が出るし、入力情報が少ない場合（すなわち unknown で答えた質問数が多いと）、多くの比較的低い確率をもった疾患名が確率の高い順に出力されて、以後に不明と答えた質問事項が、それにより鑑別されるべき疾患名とともに多く出力されるので、検査計画の立案に役立つと思われる。極端な例として、すべての質間に unknown で答えると、完全な検査計画のリストが出力されてくる。

最後に放射線医学領域における本システムの可能性について考えてみると、現在放射線診断学は、単純X線写真のみでなく、各種造影写真、CT像、RI像、超音波像、サーモグラフィー像等の多種類の画像を用いて総合判断するいわゆる総合画像診断学の時代になりつつある。この場合、これらの画像は胸部X線診断同様、診断そのものを示しているのではなくて、システム分析的に言うと、かならず画像をパターン認識して、いくつかのパラメーターを得た後、情報処理の過程を経て診断に至るのである。この意味で今後、いろんな画像診断の部門で本システムのような情報処理システムの必要性が増すのではないかと考えられる。

(5) 結語

胸部X線診断に電子計算機の応用を試み以下の結果を得た。

1) パターン認識と情報処理の過程を分離し、又、推定により得られたダミー確率を採用することにより、臨床データの蓄積をまたなくても、放射線診断システムを作ることができた。

2) このシステムのソフト・ウェアは診断論理としてペイズの定理を採用し、X線所見、確率診断、診断の根拠、さらに必要な検査項目を出力できる。

3) 60例の臨床例による診断実験で、このような方法論の可能性を検討し、主として以下のようないくつかの結果を得た。

a) このような方式でも臨床診断と同程度の正診率が得られた。

b) 入力情報の量として、全情報とX線像のみの情報で比較した場合、全情報を用いた方がまさっていた。

c) interpersonalな比較においても intrapersonalな比較においても大きな変動は認められなかった。

d) 電子計算機を併用すると、臨床経験の大小にあまり依存しない安定した正診率が得られる。

e) 確率表については、作製時の変動が結果に及ぼす影響は大きくないと考えられる。

(本論文の要旨は第35、36回日本医学放射線学会総会及び第15回日本ME学会大会にて発表した。)

又、稿を終るに臨み、御指導、御校閲いただいた村上晃一教授および技術面でご協力いただいた島津製作所山岡信行氏および診断実験にご協力いただいた教室の先生方に深甚なる謝意を表します。)

文 献

- 1) Alperovitch, A. and Lelouch, J.: Methods for aiding medical decision: Application to diagnosis of round intra-thoracic X-ray picture. *Comp. Biomed. Res.*, 7: 127—141, 1972
- 2) Fitzgerald, L.T., Overall, J.E. and Williams, C.M.: A computer program for diagnosis of thyroid disease. *Am. J. Roentgenol.*, 97: 901—905, 1966
- 3) 古川俊之, 高杉成一, 井上通敏, 阿部 裕: コンピュータ診断の原理. *総合臨床*, 22: 24—33, 1973
- 4) Hall, D.L., Lodwick, G.S., Kruger, P.R., Dwyer, S.J. and Townes, J.R.: Direct computer diagnosis of rheumatic heart disease. *Radiology*, 101: 497—509, 1971
- 5) 原沢道美: 胸部X線診断. 文光堂, 1974
- 6) 服部 淳, 石原純一, 三浦 茂: 電子計算機による先天性心疾患の診断. *日本臨床*, 20: 1765—1772, 1962
- 7) 木村栄一, 王生倉裕, 三浦 茂, 御粧保正, 安藤雅子: 電子計算機による心電図の診断. *日本臨床*, 20: 2293—2305, 1962
- 8) Kruger, R.P., Thompson, W.B. and Turner, A.F.: Computer diagnosis of pneumoconiosis. *IEEE Trans. on SMC*, SMC- 4: 40—49, 1974
- 9) Leaper, D.J., Horrocks, J.C., Staniland, J.R. and deDombal, F.T.: Computer-assisted diagnosis of abdominal pain using "Estimates" provided by clinicians. *British Medical Journal*, 4: 350—354, 1972
- 10) Ledley, R.S. and Lusted, L.B.: Reasoning foundations of medical diagnosis. *Science*, 130: 9—21, 1959
- 11) Lipkin, M., Engle, R.L., Davis, B.J., Zworykin, V.K., Ebald, R., Sendrow, M. and Berkley, C.: Digital computer as aid to differential diagnosis (use in hematologic diseases). *Arch. Int. Med.*, 108: 56—72, 1961
- 12) Lodwick, G.S., Keats, T.E. and Dorst, J.P.: The coding of roentgen images for computer analysis as applied to lung cancer. *Radiology*, 81: 185—200, 1963
- 13) Lodwick, G.S., Haun, C.L., Smith, W.E., Keller, R.F. and Robertson, E.D.: Computer diagnosis of primary bone tumors (A preliminary report). *Radiology*, 80: 273—275, 1963
- 14) Lodwick, G.S., Turner, A.H., Lusted, L.B. and Templeton, A.W.: Computer aided analysis of radiographic images. *J. Chron. Dis.*, 19: 485—496, 1966
- 15) Lusted, L.B.: Logical analysis in roentgen diagnosis. *Radiology*, 74: 178—193, 1960
- 16) Matsubayashi, T. and Lodwick, G.S.: Computer analysis of bone tumor roentgenograms using discriminant functions. *Nipp. Act. Radiol.*, 31: 1007—1025, 1971
- 17) 松田 一, 戸山靖一, 濑崎信彦, 浮穴浩二: 心胸廓係数の自動計測. *日本医学会誌*, 32: 1—12, 1972
- 18) Meyers, P.H., Nice, C.M., Becker, H.C., Nettleton, W.J., Sweeney, J.W. and Meckstroth, G.R.: Automated computer analysis

- of radiographic images. Radiology, 83: 1029—1034, 1964
- 19) 宮脇一男, 中村正彦, 山村雄一, 石山太朗: 自動診断の一試み, 一肺がんを中心とした一。医用電子と生体工学, 3: 307—315, 1965
- 20) Nash, F.A.: Differential diagnosis (an apparatus to assist the logical faculties). The Lancet, 266: 874—875, 1954
- 21) 大島良雄, 高橋暁正, 土肥 豊, 佐藤登志郎, 井上喜美雄, 小山昭二, 宮原英夫, 平方義信: 電子計算機による内科疾患の診断—計量医学序説—。内科, 12: 86—97, 1963
- 22) Overall, J.E. and Williams, C.M.: Conditional probability program for diagnosis of thyroid function. J.A.M.A., 183: 307—313, 1963
- 23) 高橋暁正: 自動診断の臨床的意義。臨床病理, 12: 11—17, 1964
- 24) 高山純一: 自動診断—病名の診断—。医学のあゆみ, 73: 278—284, 1970
- 25) 竹中栄一: 放射線像の空間周波数スペクトルと像処理。日本医学会誌, 31: 607—611, 1971
- 26) 滝沢正臣: 肺X線像の空間周波数分析(ディジタルフーリエ解析とその処理による肺疾患像類別の可能性)。日本医学会誌, 32: 540—550, 1972
- 27) 立野育郎, 分枝久志, 渡辺駿七郎: Malignant pleural mesothelioma の1症例について。臨放, 20: 1099—1103, 1975
- 28) Templeton, A.W., Jansen, C., Lehr, J.L. and Hufft, R.: Solitary pulmonary lesions (computer aided differential diagnosis and evaluation of mathematical methods). Radiology, 89: 605—613, 1967
- 29) Templeton, A.W., Lehr, J.L. and Simmons, C.: The computer evaluation and diagnosis of congenital heart disease, using roentgeno-graphic findings. Radiology, 87: 658—670, 1966
- 30) Templeton, A.W., Simmons, C. and Lehr, J.L.: Computer diagnosis of heart disease (the public model). Am. J. Roentgenol., 102: 865—874, 1968
- 31) 鳥脇純一郎: 画像処理技術の医学応用。癌の臨床, 21: 989—998, 1975
- 32) 上山明英, 斎藤正男, 山口 嶽, 木村栄一: 多項式モデルを用いた心臓X線陰影の自動診断。医用電子と生体工学, 13: 16—22, 1975
- 33) 梅垣洋一郎: 電子計算機のX線診断への応用。臨床外科, 25: 11—19, 1970
- 34) Warner, H.R., Toronto, A.F., Veasey, L.G. and Stephenson, R.: A mathematical approach to medical diagnosis (application to congenital heart disease). J.A.M.A., 177: 177—183, 1961
- 35) Wilson, W.J., Templeton, A.W., Turner, A.H. and Lodwick, G.S.: The computer analysis and diagnosis of gastric ulcers. Radiology, 85: 1064—1073, 1965
- 36) 山村雄一, 融良英郎, 石山太朗, 西尾和比古, 平尾文男, 小倉 剛, 藤沢知雄, 正木 繁, 宮脇一男, 中村圭二郎: 胸部X線正面像所見の符号化。医用電子と生体工学, 2: 175—185, 1964
- 37) 山村雄一, 石山太朗: 計算機診断の実際—呼吸器疾患—。最新医学, 22: 730—737, 1967
- 38) 安河内浩: 甲状腺—甲状腺シンチグラムの自動診断—。癌の臨床, 15: 228—232, 1969
- 39) Youker, J.F., Welin, S. and Main, G.: Computer analysis in the differentiation of benign and malignant polypoid lesions of the colon. Radiology, 90: 794—797, 1968