

Title	コンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis; CAD)の肺癌集検への応用の可能性-読影実験による検討-
Author(s)	松本, 常男; 土井, 邦雄; 加野, 亜紀子 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(10), p. 1195-1207
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19291">https://hdl.handle.net/11094/19291</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# コンピュータ支援診断 (computer-aided diagnosis; CAD) の 肺癌集検への応用の可能性 —読影実験による検討—

- 1) 山口大学医学部放射線医学教室  
2) シカゴ大学カートロスマン放射線研究所

松本 常男<sup>1)</sup> 土井 邦雄<sup>2)</sup> 加野亜紀子<sup>2)</sup>  
中村 洋<sup>1)</sup> 中西 敬<sup>1)</sup>

(平成4年10月6日受付)  
(平成5年1月6日最終原稿受付)

## Evaluation of the Potential Benefit of Computer-Aided Diagnosis (CAD) for Lung Cancer Screenings Using Photofluorography: Analysis of an Observer Study

Tsuneo Matsumoto<sup>1)</sup>, Kunio Doi<sup>2)</sup>, Akiko Kano<sup>2)</sup>,  
Hiroshi Nakamura<sup>1)</sup>, Takashi Nakanishi<sup>1)</sup>

- 1) Department of Radiology, Yamaguchi University School of Medicine  
2) Kurt Rossmann Laboratories for Radiologic Image Research, The University of Chicago

---

Research Code No. : 207.1, 208.1, 508.9

---

Key words : Lung cancer screening, Computer-aided diagnosis,  
Photofluorography, ROC curve

---

To evaluate the potential benefit of computer-aided diagnosis (CAD) in lung cancer screenings using photofluorographic films, we performed an observer test with 12 radiologists.

We used 60 photofluorographic films obtained from a lung cancer screening program in Yamaguchi Prefecture (30 contained cancerous nodules and 30 had no nodules). In these cases, our current automated detection scheme achieved a sensitivity of 80%, but yielded an average of 11 false-positives per image. The observer study consisted of three viewing conditions: 1) only the original image (single reading), 2) the original image and computer output obtained from the current CAD scheme (CAD 1), 3) the original image and computer output obtained from a simulated improved CAD scheme with the same 80% true-positive rate, but with an average of one false-positive per image (CAD 2).

Compared with double reading using independent interpretations, which is based on a higher score between two single readings, CAD 2 was more sensitive in subtle cases. The specificity of CAD was superior to that of double reading. Although CAD 1 ( $Az=0.805$ ) was inferior to double reading ( $Az=0.837$ ) in terms of the ROC curve, CAD 2 ( $Az=0.872$ ) significantly improved the ROC curve and also significantly reduced observation time ( $p<0.05$ ).

If the number of false positives can be reduced, computer-aided diagnosis may play an important role in lung cancer screening programs.

## はじめに

肺癌検診の有効性については議論の多いところであるが、わが国の最近の検討では、胸部X線撮影と喀痰細胞診による肺癌検診の有効性は示唆されている<sup>1)</sup>。しかし精度をさらに向上させるためには、施設、方法ごとに存在する問題点を解決する必要がある。間接フィルム読影上の問題点として、false-negative 診断すなわち見落とし例が存在すること<sup>2)-5)</sup>、ある検診で異常ないにもかかわらず、次の検診までの間に発見される肺癌が存在することなどがある。このような問題点を改善する方法として、別の発見方法を用いるとか、読影労力を減少させる工夫を用いた上で検診間隔の短縮を図ることなどが考えられる。

シカゴ大学では、肺野結節性陰影に対して、コンピュータ自動解析の結果を利用して、陰影の可能性のある場所を指示し、読影医の注意を促すことで、false-negative 診断を減少させようとするコンピュータ支援診断 (computer-aided diagnosis: CAD) の開発を行ってきた<sup>6)-9)</sup>。このような CAD を用いることにより、前に述べた間接撮影による肺癌集検の問題点を解決し、早期肺癌の発見の向上が期待される。

今回、肺癌集検に対して CAD が役立つ可能性があるかどうかを知ること、および、より良い CAD を開発するための指標を得ることを目的とし、間接フィルムを用いた読影実験を行った。その読影実験において、1人の読影医が、second opinion として、コンピュータ自動解析の結果を利用した場合の sensitivity, specificity および読影時間について、二重読影の場合の結果と比較して検討を行った。

## コンピュータ自動解析の方法

間接フィルムをコニカレーザースキャナー KFDR-S を用いて、0.175 mm のサンプリング間隔で 512 X 512 マトリックス、10 ビットでデジタル化し、DEC Vax 3500 コンピュータで解析した。デジタル画像においてマッチドフィルタとリング型平均フィルタにより、それぞれ enhanced image と suppressed image を作り、それら

を subtraction して正常構造をできるだけ不明瞭にした difference-image を得た。この画像において、各 grey level ごとに円形性や大きさを算出し (grey-level thresholding), grey level が変化しても円形性の保たれているものや大きさの変化が緩やかなものを選びだした<sup>9),8)</sup> (feature extraction I)。さらに、その中からオリジナルデジタル画像においても grey-level thresholding を行い、陰影の大きさ、コントラストおよび円形性を決定し、それら値から候補陰影を選出した (feature extracton II)<sup>10)</sup> (Fig. 1)。なお、候補陰影の数は、コンピュータ処理の諸閾値の設定により変化する。

## 対 象

山口県において 1985 年から 1988 年までの間に住民検診のために撮影された肺癌 (転移性も含む) 95 例、正常 103 例の間接フィルムを今回の研究のデータベースとして集めた。コンピュータ

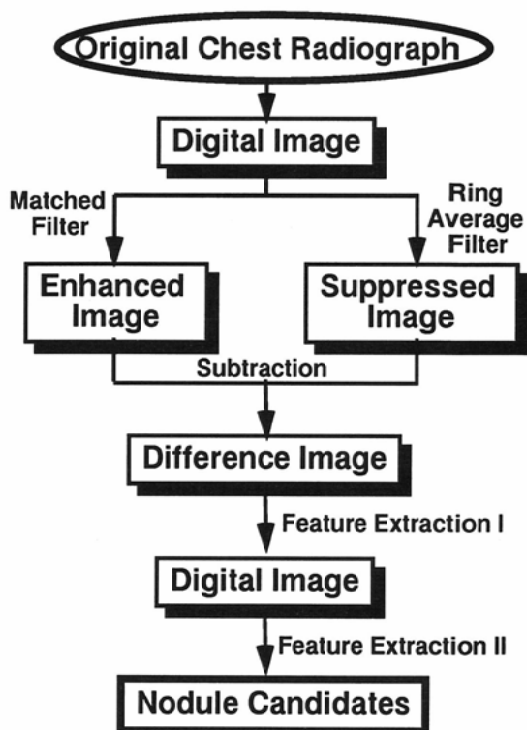


Fig. 1 (A) Schema of the computerized detection scheme

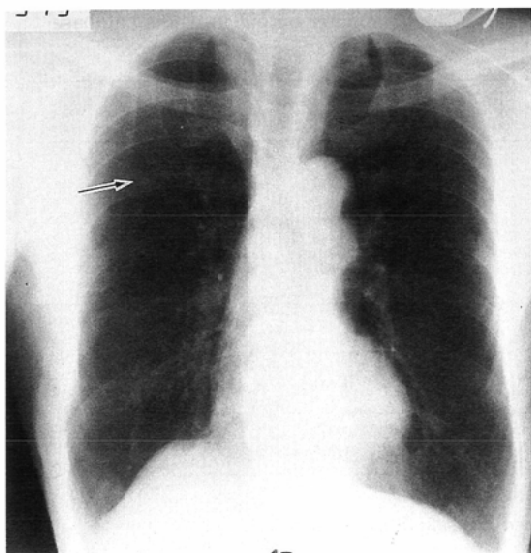


Fig. 1(B) Original photofluorographic image

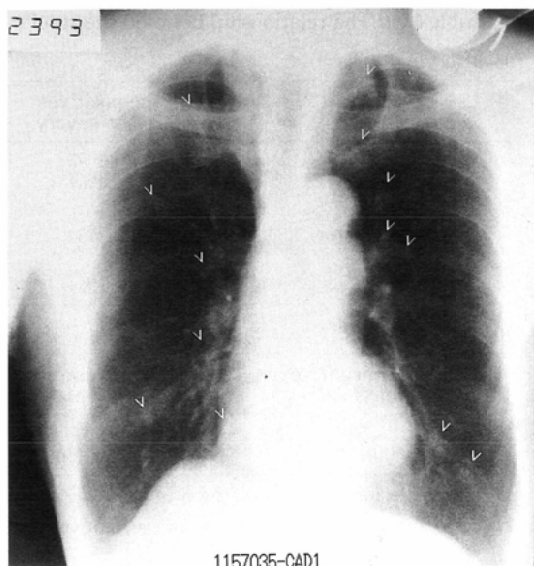


Fig.1.(D) Image with computer-reported results



Fig. 1(C) Difference-image

The cancerous nodule in rt-upper lung field (indicated by arrow in original image) is enhanced in difference-image and correctly identified by computer-reported results (indicated by check mark in the image with computer-reported results).

自動解析の結果において、集検結果とほぼ等しい sensitivity が得られるようにコンピュータ処理の諸閾値を設定し、候補陰影を決定した。つまり、全肺癌の約 63% が候補陰影に含まれるようにコンピュータ処理の諸閾値を設定した。このときの false-positive 数は 1 画像あたり平均 11.7 個であった。Table 1(A)に、これらの症例における集検結果とコンピュータ自動解析の結果およびその関係を示す。異常例は、いずれも約 3 cm 以下の結節影を 4 人の放射線科医により retrospective に確認されている。また正常例は、4 人の放射線科医の retrospective な検討により、このフィルムと翌年の間接フィルムのいずれにおいても陰影の認めないもの、あるいは、このフィルムでは陰影が疑われるが、精密検査の直接フィルムおよび翌年の間接フィルムで同部に異常陰影の認められないものとした。撮影条件は 100 mm ミラーの間接撮影で、電圧 90-140 kvp, 希土類増感紙を用い、約半数では補償フィルタ (Al 0.6 mm + Cu 0.2 mm) が使用されている。

今回の対象例はこれら 198 例の中から、1 人の放射線科医が選出した原発性肺癌 29 例および転移性肺腫瘍 1 例、計 30 例の異常例と正常例 30 例である。

Table 1 (A). The relationship between the results of mass survey and computer output in whole database 95 abnormal cases<sup>1)</sup>

	True-positives in mass survey	False-negatives in mass survey	Total
True-positives by computer	45 (47.4%)	15 (15.8%)	60 (63.1%)
False-negatives by computer	14 (14.7%)	21 (22.1%)	35 (36.9%)
Total	59 (62.1%)	36 (37.9%)	95 (100%)

103 normal cases<sup>2)</sup>

True-negatives in mass survey	False-positives in mass survey	Total
51 (49.5%)	52 (50.5%)	103 (100%)

- 1) Mass lesions were confirmed in these films by four radiologists.
- 2) No mass lesions were found in these or further examined films, and following-year films by four radiologists.

Table 1 (B). The relationship between the results of mass survey and computer output in cases of this study 30 abnormal cases

	True-positives in mass survey	False-negatives in mass survey	Total
True-positives by computer	12 (40%)	12 (40%)	24 (80%)
False-negatives by computer	4 (13%)	2 (7%)	6 (20%)
Total	16 (53%)	14 (47%)	30 (100%)

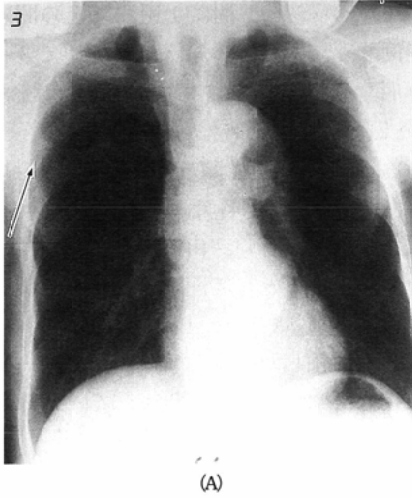
## 30 normal cases

True-negatives in mass survey	False-positives in mass survey	Total
18 (60%)	12 (40%)	30 (100%)

本研究においては、読影医がコンピュータ自動解析の結果をうまく利用し得るか、特に、読影医が見落としやすい症例に対して、コンピュータ自動解析の利用により、検出率を高められるかどうかを知ることがひとつの目的である。そこで、異常例においては、集検結果が false-negative かつコンピュータ自動解析の結果が true-positive である症例の比率を高めるよう選出を行った。一方、集検結果及びコンピュータ自動解析の結果がいずれも false-negative である症例の比率を低くした。異常例全体では、コンピュータ自動解析の sensitivity が 80% となるようにした。また、正

常例においては、コンピュータ自動解析の false-positive 数が全データベースの結果とほぼ等しくなるよう選出した。

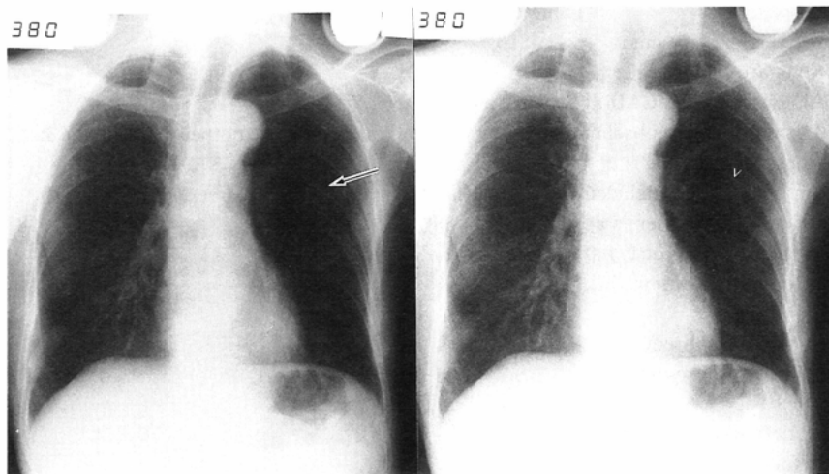
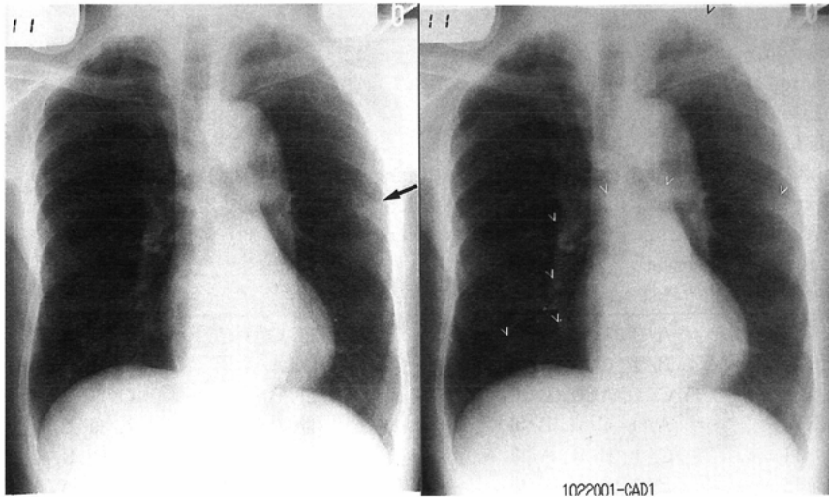
その結果、異常例には集検では false-negative であった 14 例が、また正常例には集検で false-positive とされた 12 例が含まれた。今回の読影実験に選ばれた対象例においては、集検での sensitivity は 53.3%、specificity は 60% となり、コンピュータ自動解析の結果は、80% の sensitivity で、false-positive は、1 画像あたり平均 11 個となった (Table 1 (B))。



検討方法

読影に際して、全60例を正常10例および異常10例よりなる20例ずつの3群にランダムに分けた。読影方法はFig. 2に示すごとく、A)オリジナル画像だけ(1人読み)、B)我々の現在のレベルのコンピュータ自動解析の結果(矢印で表示)を示した画像とオリジナル画像を同時に提示

Fig. 2 Nodule detection tasks; (A) with only original image (single reading), (B) with original image and image showing current computer-reported results with an average of 11 false-positives per image (CAD 1), (C) with original image and image showing simulated computer-reported results with only one false-positive per image (CAD 2). Arrows and check marks indicate true nodules and computer-reported results, respectively.



(CAD 1), C) false-positive の数を 1 個に減少させた仮想的レベルのコンピュータ自動解析の結果を示した画像とオリジナル画像を同時に提示 (CAD 2) の 3 種類である。ここで、CAD 2 のコンピュータ出力は、true-positive の数を変化させずに、false-positive の数のみを 1 画像あたり平均 1 個になるように調整した結果であり、コンピュータ自動解析の精度が改良されたことを想定した仮想の出力である。

読影は、3 セッションに分けて行った。1 セッションにおいては、各読影医は、上述の 3 種類の読影方法により、各 20 例ずつ計 60 例の読影を行った。学習による効果や疲労の影響を少なくする

ため<sup>1)</sup>、各セッション間に 1 週間以上の間隔をおき、症例群と読影方法の組合せを変えて 3 セッションを行い、各方法ですべての症例を読影した (Table 2)。

読影は、山口大学およびシカゴ大学放射線科における各々 6 名計 12 名で、いずれも卒後 6 年以上の放射線科医が行い、山口大学においては、オリジナルフィルムとして間接フィルムを、一方、シカゴ大学においては、1024×1024 マトリックスでデジタル化した画像をコニカレーザープリンター KFDR-P を用いて六切サイズのフィルムに出力したものを使用した。

読影医には、実験条件として、コンピュータの

Table 2 Method of observer performance study

- (1) Three conditions for detection task
  - A: nodule detection without CAD
  - B: nodule detection with CAD Level 1 (11 FPs/image)
  - C: nodule detection with CAD Level 2 (1 FP/image)
- (2) Three groups for chest images
  - I: random mixture of 10 normals and 10 images with lung cancers (# 101-120)
  - II: random mixture of 10 normals and 10 images with lung cancers (# 201-220)
  - III: random mixture of 10 normals and 10 images with lung cancers (# 301-320)
- (3) Three sessions for 12 observers

Observer	1st session	2nd session	3rd session
1. 7	A/ I, B/ II, C/ III	A/ II, B/ III, C/ I	A/ III, B/ I, C/ II
2. 8	B/ I, C/ II, A/ III	B/ II, C/ III, A/ I	B/ III, C/ I, A/ II
3. 9	C/ I, A/ II, B/ III	C/ II, A/ III, B/ I	C/ III, A/ I, B/ II
4. 10	A/ I, C/ II, B/ III	A/ II, C/ III, B/ I	A/ III, C/ I, B/ II
5. 11	C/ I, B/ II, A/ III	C/ II, B/ III, A/ I	C/ III, B/ I, A/ II
6. 12	B/ I, A/ II, C/ III	B/ II, A/ III, C/ I	B/ III, A/ I, C/ II

Table 3 Instructions to observers

- (1) The purpose of this experiment
- (2) Three conditions are included:
  - (without CAD output, with CAD at Level 1 and at Level 2)
- (3) Use "original" chest image as basis for primary decision making, and another chest image with CAD makers as a "second opinion".
- (4) Cancerous lung nodules are included in 50% of 60 chest images used.
- (5) TP detection rate by computer is approximately 80%.
- (6) Use confidence rating scale of 0-100, and try to use it uniformly.
  - 0: definitely absent
  - :
  - 49: possibly absent
  - 50: possibly present
  - :
  - 100: definitely present
- (7) No time limit for observation

検出レベル (sensitivity 80%), 肺癌例の含まれている割合 (50%) を教示し, 判断の決定は, オリジナルフィルムで行うこと, 時間制限はないことを告げた. また, 陰影の存在の確信度をあらゆる尺度として 0-100 の点数<sup>12)</sup> を用い, 比較読影の必要ありと考えるものを 50 以上とするよう指示した (Table 3). 2人読みの結果は, 2人の読影医の1人読み (読影方法A) の点数を比較し, そのうちの高い点数を選んだ. この方法は, 独立して読影し, いずれかが要精検としたものはすべ

て精検にまわす二重読影結果に対応する. これを考えられるすべての2人の組合せについて計算した. なお, 対象は集団検診フィルムであるため, 個々の陰影についてではなく, 各フィルムごとの正誤診により sensitivity と specificity を算出した. 有意差検定は, two tailed paired t-test にて行い,  $p < 0.05$  を有意差ありとした.

結果

Fig. 3(A)に, 12人の読影医による1人読みで

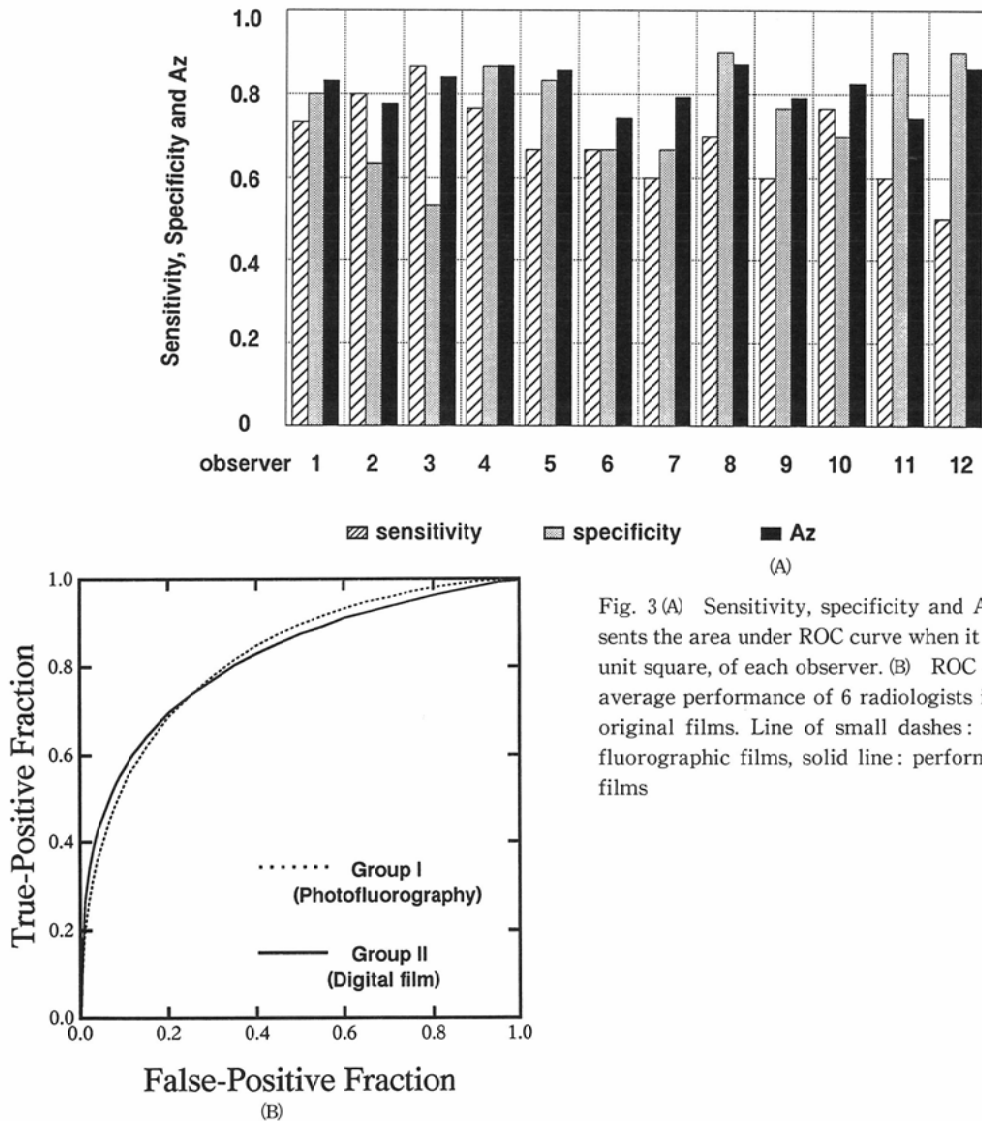


Fig. 3(A) Sensitivity, specificity and Az, which represents the area under ROC curve when it is plotted in the unit square, of each observer. (B) ROC curves show the average performance of 6 radiologists in two different original films. Line of small dashes: performance in fluorographic films, solid line: performance in digital films



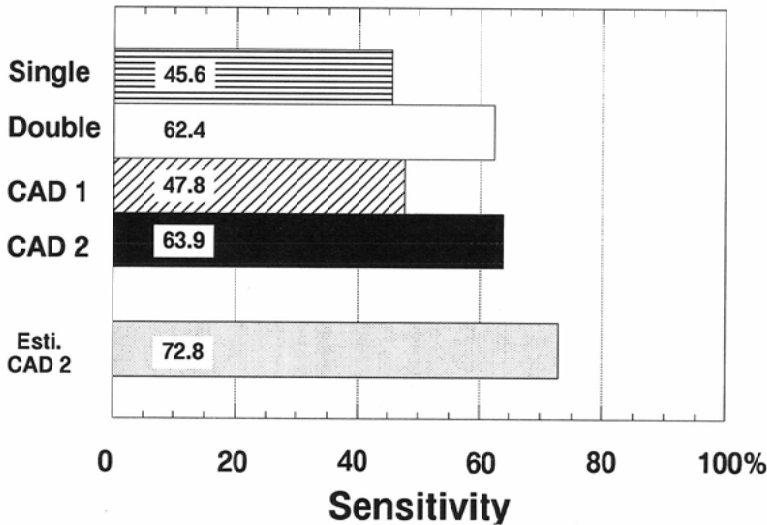
の sensitivity, specificity および receiver operating characteristic (ROC) 曲線の曲線下の面積  $A_z$  を, また, Fig. 3(B) に各施設ごとの 1 人読みの結果の平均の ROC 曲線を示す. 両施設の ROC 曲線はほぼ同等であった.

(1) sensitivity について

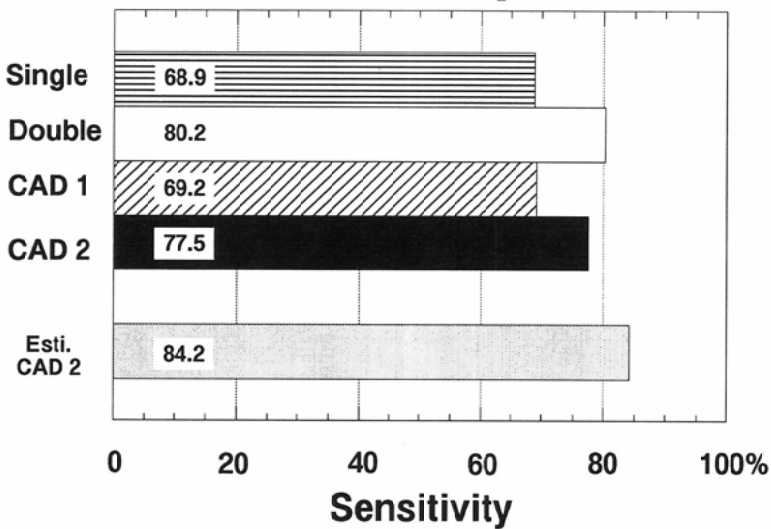
Fig. 4(A) に全例における sensitivity を示し, Fig. 4(B) に集検と以前行った読影実験の結果<sup>13)</sup> から指摘の難しいと考えられる, 15 症例についてのみの sensitivity を示す. 指摘の難しいと考

えられる 15 例を, 青木らの肺癌 X 線診断シリーズ<sup>14)</sup> の症例を参照して, 2 人の放射線科医が難易度をつけると, 可能 5 例, 困難 6 例, 無理 4 例であった. false-negative となった主原因は, 淡い: 6 例, 正常構造との重なり: 4 例, 小さい: 3 例, 陳旧性病変と判断: 2 例と推定された.

12 人の平均では, CAD 1 (69.2%) は 1 人読み (68.9%) と同等であったが, CAD 2 (77.5%) は, 1 人読みよりも有意な向上がみられた. 特に, 指摘の難しいと考えられる症例 (CAD



(A)



(B)

Fig. 4 Average sensitivity of 12 observers in all detection tasks, (A) in all 30 cancerous cases and (B) in 15 subtle cases. The sensitivity of CAD 2 was significantly greater than that of single reading in subtle cases. The estimated sensitivity of CAD 2, which was indicated as a higher score between single reading and CAD 2, was also greater than that of double reading, but not statistically significant in all cases, and statistically significant in subtle 15 cases.

2：63.9%，1人読み：45.6%）で顕著であった。両症例群とも、1人読みでは、false-negativeであった陰影を、CAD 2で指摘することが可能であったのは約3例であり、CAD 2は、指摘の難しいと思われる症例に効果的であった。

しかしCAD 2は、1人読みに比べ向上したものの、2人読みのsensitivity (80.2%)を越えなかった。その原因としては、1人読みの実験のときに指摘できた陰影を、異なる時点で読影したCAD 2の実験では指摘し得なかった症例が存在したためと考えられた。これは、指摘の難しい陰影の診断基準の変動が比較的大きいためと考えられる。そこで、コンピュータの結果を使うことにより、1人の読影医が到達可能なsensitivityを知るため、2人読みの場合に、2人のうちの1人読みの高い点数を採用したのと同様に、1人読みとCAD 2の高い点数を採用したときのsensitivityを算出した (estimated sensitivity)。今回の実験では、オリジナルフィルムとコンピュータ結果の画像を同時に提示したが、読影医がオリジナルフィルムを読影後、コンピュータ結果を示した画像を読影する場合に得られるsensitivityは、このestimated sensitivityに近いものと考えられる。この結果は2人読みを越えるsensitivity

(84.2%)であった。指摘の難しいと考えられる陰影のみでは、2人読みは62.4%、CAD 2は72.8%で有意差があり、2人読みでも指摘できない陰影も、コンピュータの結果を使うことにより1人の読影医が認識できる症例があった。

1人読みのときにsensitivityの高かった6人 (全例において平均77.2%)のみでのestimated sensitivityと、これら6人の2人読みのsensitivityを検出の難しいと考えられる15症例において比較した。CAD 2 (75.5%)では、2人読み (72.4%)より有意差は得られなかった ( $p=0.051$ )もののsensitivityは向上した。1人読みのときのsensitivityの低かった6人のみ (全例において平均60.6%)での同様の検討でも、CAD 2 (70.1%)では2人読み (53.8%)より有意にsensitivityの向上がみられた。

集検で指摘され、しかも以前行った読影実験<sup>13)</sup>においてもfalse-negativeとなることの少なかった15例では、12人の平均においてCAD 2と2人読みの結果には、まったく差が認められなかった (95.6%)。

## (2) specificityについて

Fig. 5にspecificityの結果を示す。CAD 2 (83.3%)は1人読み (76.4%)よりも向上し、

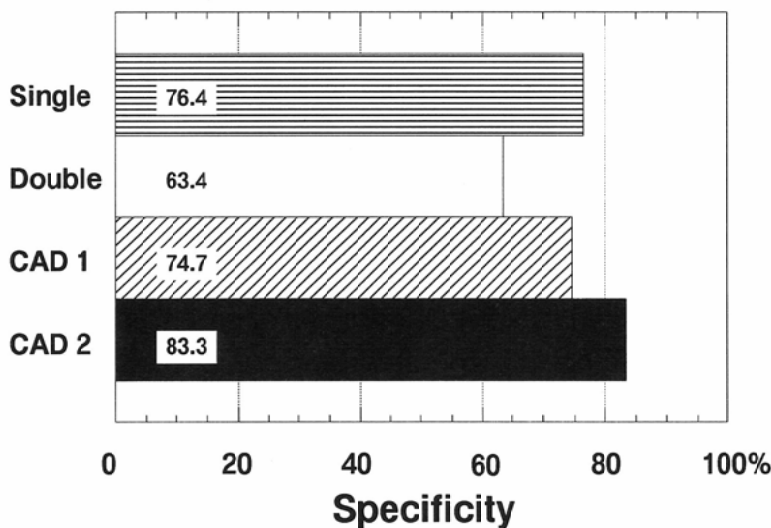


Fig. 5 Average specificity of 12 observers in four detection tasks. Specificities of both CAD 1 and CAD 2 were significantly greater than that of double reading.

CAD 1 (74.7%) においても 1 人読みに近い specificity であり, どちらの CAD も 2 人読み (63.4%) に比べ有意に specificity の向上がみられた. 1 人読みのときの specificity の良好であった 6 人のみ (平均 86.7%) による 2 人読みと CAD 1 との比較においても, CAD 1 (82.8%) の specificity は 2 人読み (79.1%) より有意に

良好であった.

(3) 読影時間について

Fig. 6 に 1 人読みの読影時間 (1 枚平均約 20 秒) を 100% とした場合の相対的読影時間を示す. CAD (CAD 1: 23 秒 115%, CAD 2: 21 秒 105%) は 2 人読み (40 秒, 200%) に比べ有意に読影時間は短縮した.

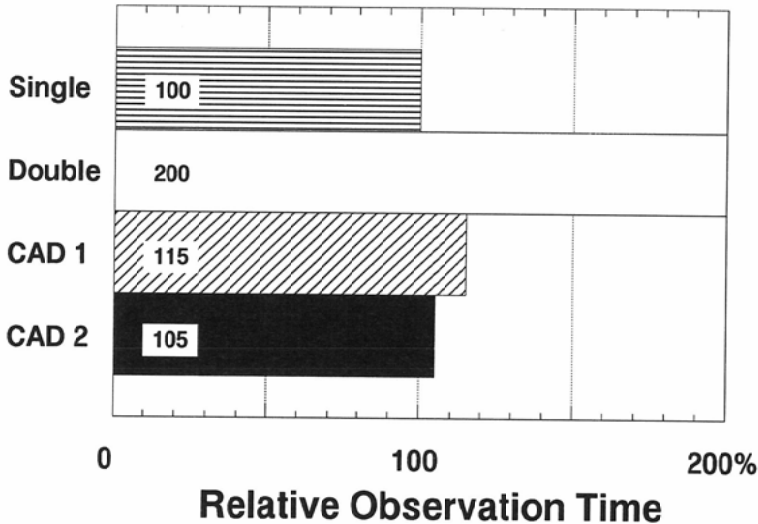


Fig. 6 Relative observation time in four detection tasks (the observation time of single reading=100%). Both CADs reduced observation time compared with double reading and the reduction was statistically significant.

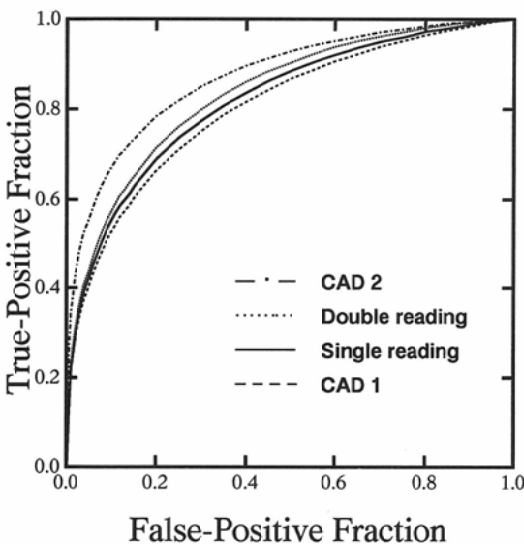


Fig. 7 ROC curves show performance of 12 observers in four detection tasks. In Az, CAD 1 (0.805) was inferior, and CAD 2 (0.872) was significantly superior to double reading (0.837).

(4) 診断能について

Fig. 7 は各読影法別の ROC 曲線である. 曲線下の面積 Az での比較では, CAD 1 (0.805) では 2 人読み (0.837) に比べ診断能の向上は得られず, 一方, CAD 2 (0.872) では有意差を持って向上がみられた.

考 察

肺癌集団検診の有効性については疑義も出されている<sup>15),16)</sup>. しかし末梢発生肺癌患者を確実に救命するには, 現状では自覚症状のない時期に発見するしか方法がないと考えられる, わが国の肺癌検診では多くの早期の肺癌患者が発見され<sup>17),18)</sup>, 患者死亡率の低下に関しても有効性が示唆されている<sup>1),19)</sup>. そこで, この肺癌検診の現状の問題点を解決したときには, その有効性が明らかにできるものと期待される.

現状の問題点のうち、X線写真読影の面からはまだ十分に早期発見がなされていないことがあげられる。このことは集検発見の救命率が低すぎることとなり、結果として集検の費用がかかりすぎる<sup>20)</sup>こととなる。そこで最近では、より発見しやすい画像として computed radiography (CR) を用いた集検が行われている<sup>21)</sup>。また、間接や直接撮影による単純X線撮影は二次元画像であり、指摘できる陰影の大きさに限界がある。そこで三次元画像を高速に撮像可能なスパイラル、ヘリカルCTによる肺癌集検も検討されている。CTにおける specificity は、現在の間接撮影によるそれを大きく上回ることがない<sup>22)</sup>とされる。また、ハイリスクグループを設定することにより、リスク利益比、費用効果の面からその妥当性が示唆されている<sup>23)</sup>。

しかし、ハイリスクグループとは言い難い女性や比較的若年者の肺癌を、自覚症状のない治癒可能な時期に発見することも肺癌の死亡率を低下させるために重要である。これらの肺癌を発見するには throughput の良いことが必要となる。現在の間接撮影による集検の有用性は、結節影の検出率が直接撮影と同等であり<sup>17),24)</sup>、かつその throughput の良さにあると考えられる。集検発見肺癌の半数以上は前年度フィルムで異常が認められる<sup>2)-5)</sup>ように、false-negative 診断が存在することも集検で早期発見が困難とされる理由のひとつである。従来の読影方法では解決されない false-negative を、別の方法を用いて減少させることができれば throughput のよい間接フィルムによる集検は早期肺癌発見に寄与できるものと考えられる。

現在医用診断画像において、保管や搬送および活用面からデジタル画像の有用性が期待されている<sup>25)</sup>。河野ら<sup>26)</sup>は、ロールフィルムデジタイザーは比較的高速に処理する能力をもっており、肺癌集検用 100 mm ロールフィルムのデジタル化は実用化の可能性が高いとしている。

以上のような状況から我々は、デジタル化することで可能となる CAD が集検の読影精度を向上させ、しかも現在の throughput を低下させない

ようにすることができるのではないかと考え、その可能性を検討した。

我々の以前の検討<sup>13),27)</sup>では、コンピュータ自動解析に実際の集検結果と同程度の sensitivity を持たせた時、集検で発見された陰影とコンピュータ自動解析で検出する陰影には違いがあった。コンピュータ自動解析は、集検で false-negative であった陰影の約 40% を検出していた。また従来、集検で false-negative になりやすいとされる小さい、淡い、正常構造に重なった陰影<sup>2)-5)</sup>も検出していた。そこで、これらのコンピュータ自動解析が検出した true-positive を読影医がうまく利用できれば、従来の方法より sensitivity の向上が期待される。コンピュータ自動解析が示した true-positive を読影医が認識できるのかどうかを知るため、false-positive の影響を最小限にした CAD 2 と 2 人読みの sensitivity を比較した。

CAD 2 の結果が示すように、コンピュータ自動解析の結果を使用すると、従来読影医が指摘し難いとされる陰影を検出するのに役立った。2 人読みでも指摘し難い陰影も、可能性のある場所を指示されることにより、読影医は陰影の存在を認識できた。CAD 2 は sensitivity の高い読影医どうしの組合せの 2 人読みに比べても、sensitivity は向上した。一方、青木らの肺癌 X 線診断シリーズ<sup>14)</sup>の難易度で指摘可能とされるような検出の容易な症例では、CAD 2 は 2 人読みと同等の sensitivity であった。このことは読影医が不注意で false-negative とすることがあったとしても、コンピュータ自動解析を使用することにより、2 人目の読影医が検出すると同程度に検出できることを示していると考えられる。

我々の CAD は間接フィルムを使用し、読影医が判断するものである。そこで CT を用いた集検で期待されるような sensitivity の著明な向上は期待できない。しかし、コンピュータ自動解析という別の検出方法を用いて、従来より言われている人間である以上避けられない誤りによる false-negative<sup>17)</sup>を減少させることは期待できる。

今回の読影実験では、実際の集検読影に比べ有病率が高いことを伝えてあり、読影枚数も少な

い。そこで読影実験での1人読みの sensitivity は実際の集検よりも高い。このことは今回の症例群での集検結果と読影実験での1人読みの結果が示すとおりである。一方、コンピュータ自動解析の結果は、同じプログラムを使用すれば同じような性質の陰影を指摘できる。今回の2人読みは、2人が独立して読影し、いずれかが要精検としたものはすべて精検にまわす二重読影に一致する。この方法は二重読影のうち最も見落としが少ないとされる<sup>28)</sup>。そこで、CADで到達可能な sensitivity が今回の2人読みと同等以上であったことから、CADは実際の集検において sensitivity の向上を図り、早期癌を発見することに貢献できると考えられる。

specificity も集検の精度において重要である。CAD 1の結果が示すように2人読みほど specificity が低下せず、要精検率は減少することも示唆された。現時点でのコンピュータ自動解析には多くの false-positive があるが、それらの false-positive は読影を惑わすことは少なかった。また、読影時間は2人読みに比べ明らかに短縮し、読影労力の軽減も可能性が高いものと思われる。

以上の結果をコンピュータ自動解析作成の立場から考察する。従来から医用画像処理の分野で自動診断の可能性が論じられているが<sup>29),30)</sup>、現時点では読影医の豊富な経験や知識に比べ、コンピュータ自動解析は、自動診断として使用するにはデータベースの量は少ないと考えられる。そこでコンピュータ支援診断という立場をとると、コンピュータ自動解析は読影医の利用しやすい方法であるべきと考えられる。この点において我々のコンピュータ自動解析の結果は、読影医にうまく利用され得るものであった。

以上のように、CADを用いることで肺癌集検の精度向上が期待し得る結果が得られた。しかし今回の読影者には、直接撮影による胸部単純写真の読影には、十分な経験はあるが間接フィルム読影の経験のないシカゴ大学の放射線科医が半数含まれている。ROC曲線の結果から、その診断能は間接読影経験のある残りの読影医と同等である

との判断のもとに12人を一括し、sensitivity と specificity の違いのみで分けて検討した。しかし個々の読影実験の結果に、読影したフィルムの相違や経験の差および読影に対する考え方の違いが及ぼす影響を含んでいるかも知れない。そこで、どの程度集検精度向上に寄与できるかを知るために、今後コンピュータ自動解析の精度向上を図り、実際の集検に近い症例群において、多くの読影医による検討を行う必要があるものと考えられる。

### まとめ

今回の読影実験においては、独立して読影した二重読影と比べ、コンピュータ自動解析を second opinion として使用するCADは従来検出しにくいとされる陰影を検出するのに役立ち、さらに specificity は向上し読影時間も短縮した。false-positive の多い現時点のコンピュータ自動解析を使用したCADでは2人読みの診断能を越えなかったが、十分に false-positive を減少させた仮想のCADでは診断能は向上した。このことより、将来 false-positive を減少させることができたときには、CADは肺癌集検に役立つ可能性があると考えられる。

稿を終えるに臨み、本研究に対して多くの助言をいただいたり、読影実験に御協力下さったシカゴ大学の Metz CE, Giger ML, MacMahon H, Fennessy JJ, Vyborny CJ, Caliguirri P, Montoner SM, 阿部克己、および山口大学ならびに関連施設の岡本安定、多田利彦、山川公子、森谷和子、西垣内一哉、三浦剛史、本間穰、須田博喜、有吉功先生の諸先生方、さらにコニカ(株)吉村仁氏に深謝いたします。なお本論文の要旨は、第51回日本医学放射線学会(横浜)で発表した。本研究はUSPHS Grant CA 24806の援助を受けた。

### 文 献

- 1) 成毛昭夫：肺がん検診について—現状と問題点—癌と化学療法 18: 2241-2246, 1991
- 2) 松田実：肺癌集検をとりまく問題点、肺癌誤診例の検討。肺癌集検の実際 池田茂人編、東京、178-185, 1986
- 3) 薄田勝男、高橋里美、菅間敬治、他：肺癌集検宮城方式におけるX線写真による発見例の評価—診断過程の分析及び避脱的検討—肺癌、28:343-352, 1988
- 4) 守谷欣明：肺癌集検による早期発見とその治療成績

- 集団検診, 肺癌, 28: 440-441, 1989
- 5) 早田宏, 富田弘志, 神田哲郎, 他: 胸部X線検診で発見された肺癌症例のretrospectiveな検討, 日胸, 48: 890-897, 1989
  - 6) Giger ML, Doi K, MacMahon H.: Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography. 3. Automated detection of nodules in peripheral lung fields. *Medical Physics* 15: 158-166, 1988
  - 7) 土井邦雄: デジタルラジオグラフィの基礎と将来の可能性, 日本医放会誌, 49: 1-14, 1989
  - 8) Giger ML, Doi K, MacMahon, et al: Pulmonary nodules: computer-aided detection in digital chest images. *RadioGraphics* 10: 41-51, 1990
  - 9) Yoshimura H, Giger ML, Doi K, et al: Computerized scheme for the detection of pulmonary nodules; A nonlinear filtering technique. *Invest Radiol* 27: 124-129, 1992
  - 10) Matsumoto T, Yoshimura H, Doi K, et al: Image feature analysis of false-positive diagnosis produced by automated detection of lung nodules. *Invest Radiol* 27: 587-597, 1992
  - 11) Metz CE: Practical issues of experimental design and data analysis in radiological ROC studies. *Invest Radiol* 24: 234-245, 1989
  - 12) Rockette HE, Gur D, Metz CE: The use of continuous and discrete confidence judgements in ROC studies. *Invest Radiol* 27: 166-172, 1992
  - 13) 松本常男, 土井邦雄, 中村洋, 他: 間接フィルムによる肺癌集検におけるcomputer-aided diagnosis (CAD)の応用の可能性, 日本医放会誌, 52: 500-502, 1992
  - 14) 青木正和, 守谷欣明: 肺癌X線診断シリーズII. 胸部間接写真の読影. 財団法人結核予防会. 東京
  - 15) Fontana RS, Sanderson DR, Woolner LB, et al: Lung cancer screening: The Mayo program. *J. Occupational Medicine* 28: 746-749, 1986
  - 16) Eddy DM. Screening for lung cancer. *An Int Med* 111: 232-237, 1989
  - 17) 青木正和: 肺癌検診提要, 財団法人結核予防会. 東京, 70-71, 1988
  - 18) 清水信義, 安藤陽夫, 寺本滋, 他: 最近の集団検診発見肺癌の手術成績—自覚症状発見群との比較—, 肺癌, 32:37-43, 1992
  - 19) Sobue T, Suzuki T, Naruke T, et al: A case-control study for evaluating lung-cancer screening in Japan. *Int. J. Cancer* 50: 230-237, 1992
  - 20) 青木正和, 大森正子: 老検法施行後の肺癌集団検診の状況, 呼吸, 10: 308-312, 1991
  - 21) 上村良一, 高島力, 小林健, 他: 石川県輪島地区における過去6年間のCRによる肺癌集検—特にエネルギーサブトラクション法の集検応用について—, 肺癌, 31: 519-526, 1991
  - 22) 金子昌弘, 河口洋介, 佐藤導直, 他: 胸部CTによる肺癌集検が不要な精査を増加させる可能性について, 日本医放会誌, 52 (臨時増刊号): S 321, 1992
  - 23) 飯沼武, 館野之男, 松本徹, 他: 肺癌検診用CT (LSCT) の基本構想とその事前評価, 日本医放会誌, 52: 182-190, 1992
  - 24) 上村良一, 小林健, 荒川文敬, 他: 肺野型肺癌スクリーニングにおける胸部直接撮影法と間接撮影法の比較, 肺癌, 31: 737, 1991
  - 25) 佐久間貞行: コンピュータラジオロジー総論. 放射線医学大系 (特別巻5) 東京, 3-7, 1988
  - 26) 河野通雄, 山崎克人: デジタル化胸部X線画像の臨床応用と問題, 日胸, 48: 781-786, 1989
  - 27) Matsumoto T, Yoshimura H, Giger ML, et al: Potential usefulness of computerized nodule detection in screening programs for lung cancer: A pilot study. *Invest Radiol* 27: 471-475, 1992
  - 28) Yershalmy J, Harkness T, Cope JH, Kennedy BR: The role of dual reading in mass radiography. *Am. Rev. Tuberc.* 62: 443-464, 1950
  - 29) 長谷川純一, 鳥脇純一郎, 福村晃夫: 間接撮影胸部X線写真の自動スクリーニングのためのソフトウェアシステム AISCR-V 3 について. 電子通信学会, J 66-D, 10: 1145-1152, 1983
  - 30) Fraser RG, Sanders C, Barnes GT, et al: Digital imaging of the chest. *Radiology* 171: 297-307, 1989