The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

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	https://hdl.handle.net/11094/19291
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

日本医放会誌：53（10），1195-1207，1993（平5）

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[1)]　土井　邦雄[2)]　加野亜紀子[2)]
中村　　洋[1)]　中西　　敬[1)]

（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[1)], Kunio Doi[2)], Akiko Kano[2)],
Hiroshi Nakamura[1)], Takashi Nakanishi[1)]

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[1]．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[2)-5)]，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[6)-9)]．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[6),8)]（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）[10)]（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

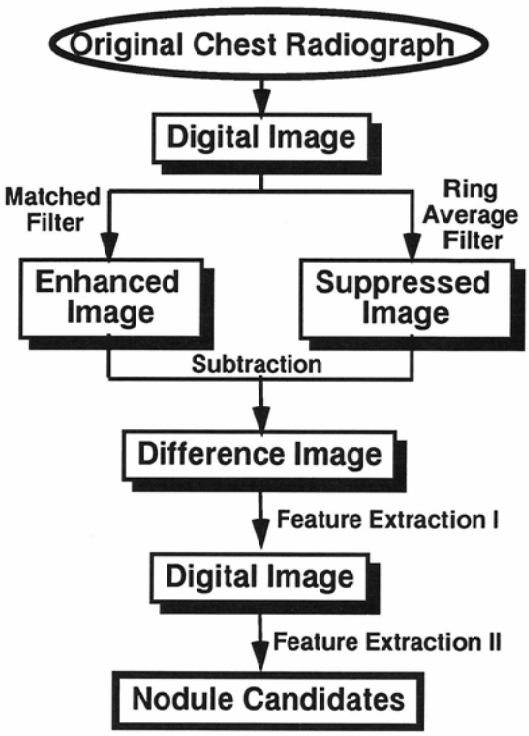


Fig. 1 (A) Schema of the computerized detection scheme

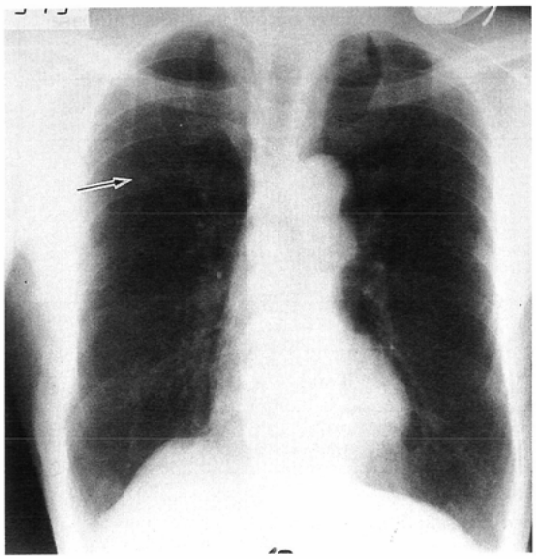


Fig. 1(B)　Original photofluorographic image

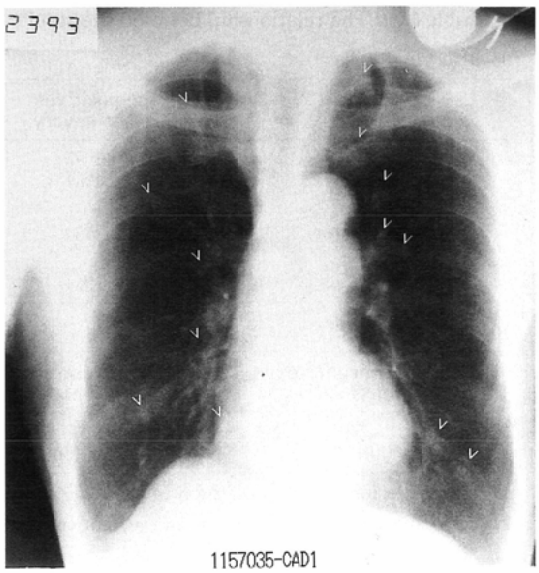


Fig.1.(D)　Image with computer-reported results

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[1)]

	True-positives in mass suvery	False-negatives in mass survey	Total
Ture-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[2)]

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

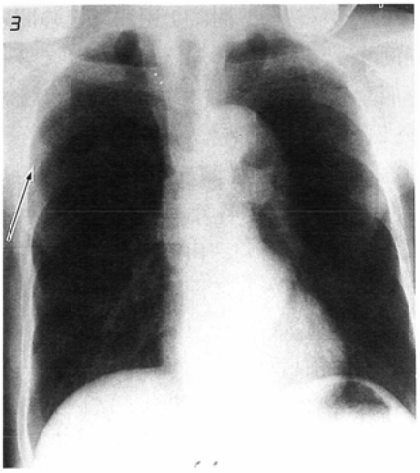
	True-positives in mass suvery	False-negatives in mass suvey	Total
Ture-positives by computer	12 (40%)	12 (40%)	24 (80%)
False-negatives by computer	4 (13%)	2 (7%)	6 (20%)
Total	16 (53%)	14 (47%)	30 (100%)

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 で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)）．

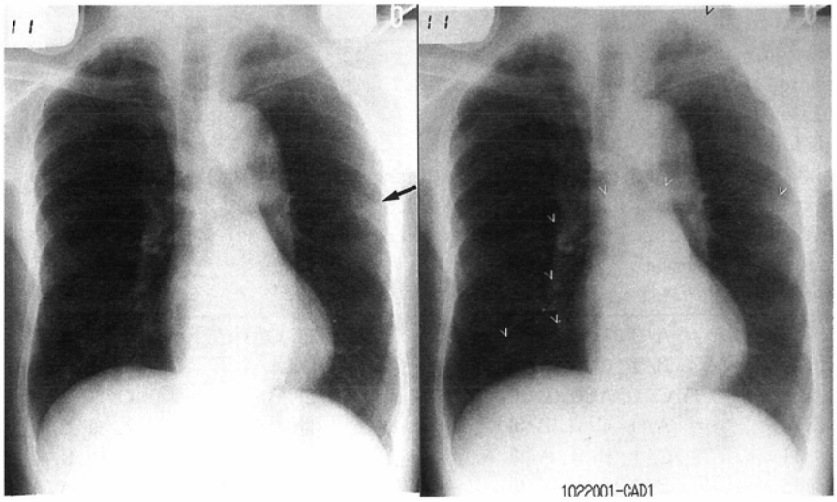


(A)

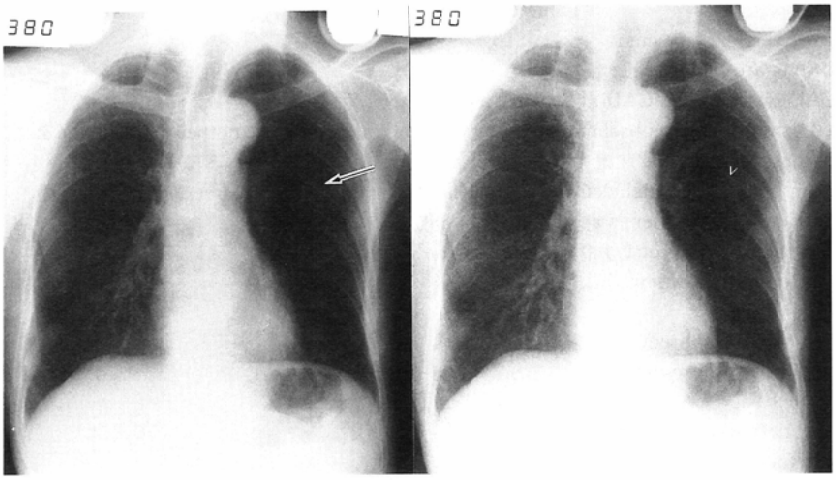
検討方法

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.



(B)



(C)

(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[11]，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 fo 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	1 st session	2 nd session	3 rd 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.

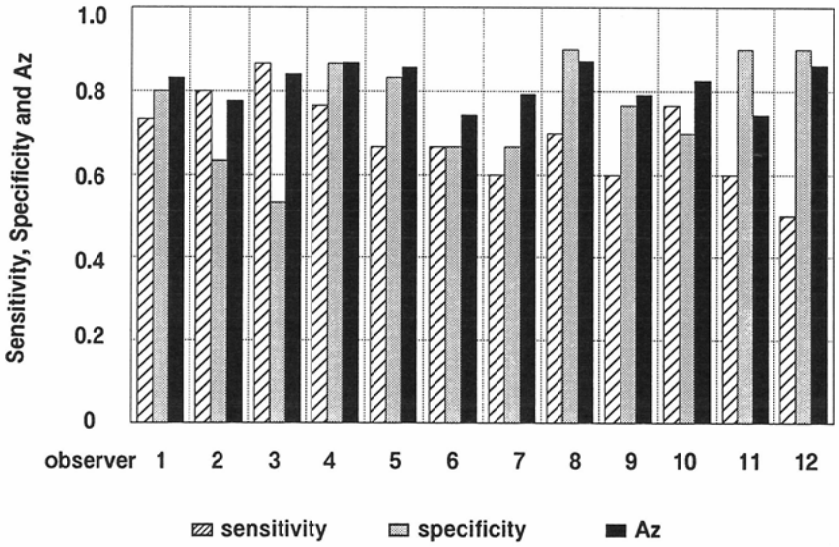
0 : definitely absent
:
49 : possibly absent
50 : possibly present
:
100 : definitely present

(7) No time limit for observation

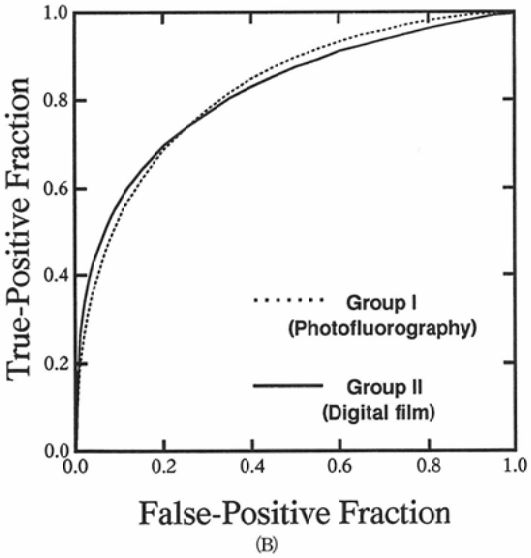
検出レベル（sensitivity 80%），肺癌例の含まれている割合（50%）を教示し，判断の決定は，オリジナルフィルムで行うこと，時間制限はないことを告げた．また，陰影の存在の確信度をあらわす尺度として0-100の点数[12]を用い，比較読影の必要ありと考えるものを50以上とするよう指示した（Table 3）．2人読みの結果は，2人の読影医の1人読み（読影方法A）の点数を比較し，そのうちの高い点数を選んだ．この方法は，独立して読影し，いずれかが要精検としたものはすべて精検にまわす二重読影結果に対応する．これを考えられるすべての2人の組合せについて計算した．なお，対象は集団検診フィルムであるため，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



(A)



(B)

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 Az 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[13]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[14]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

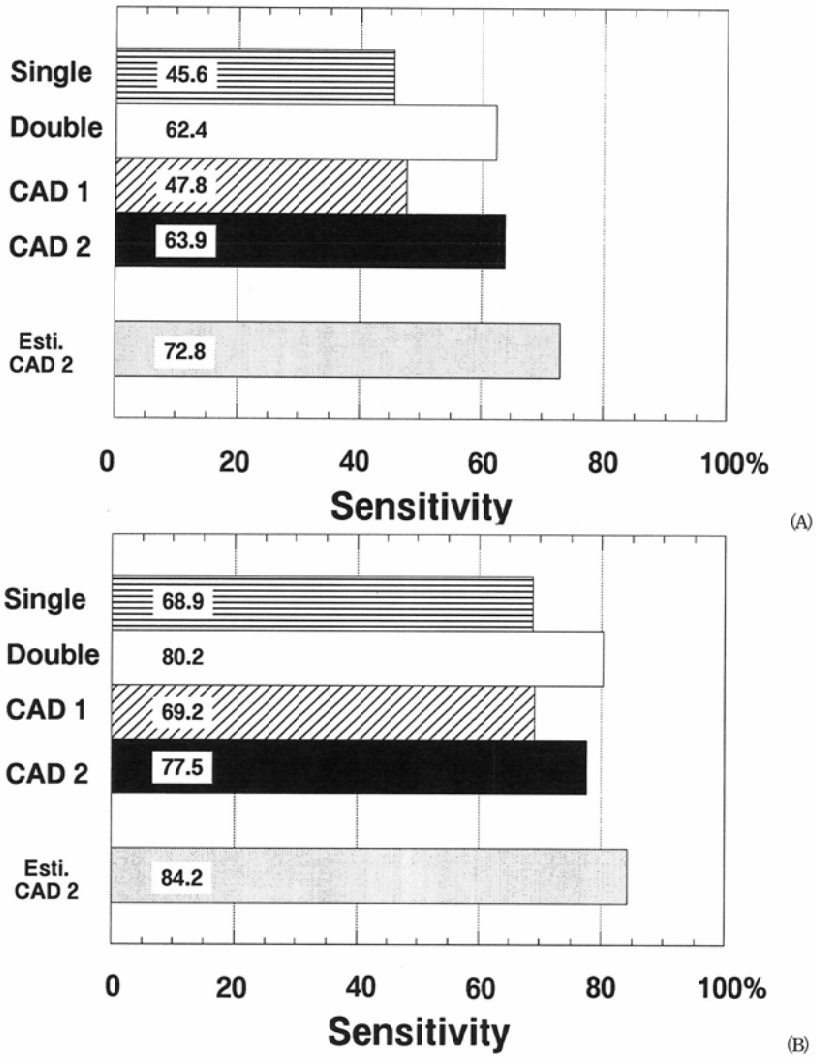


Fig. 4 Average sensitivity of 12 observers in all detection tasks, (A) in all 30 cancerous cases and (B) in 15 subtle cases. The sensitivity of CAD 2 was signigicantly greater than that of single reading in subtle cases. The estimated sensitivity of CAD 2, which was indicated as a higher score between 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[13]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，

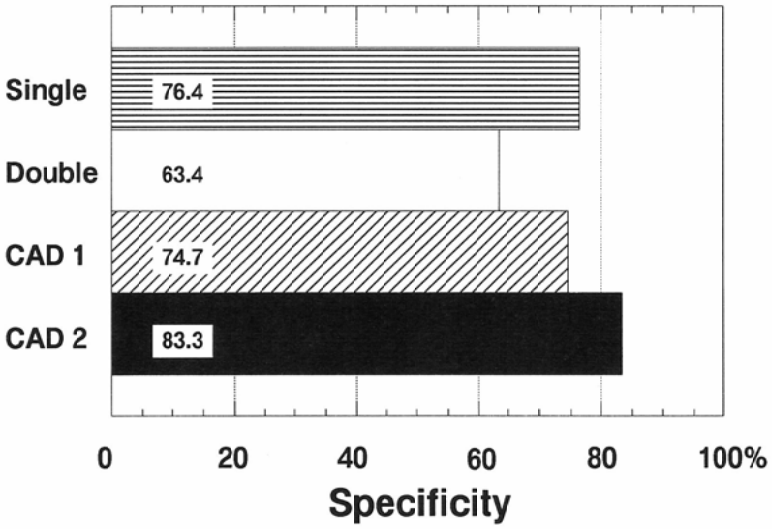


Fig. 5 Average specificity of 12 observers in four detection tasks. Specificities of both CAD 1 and CAD 2 were significantly greater than that of double reading.

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．

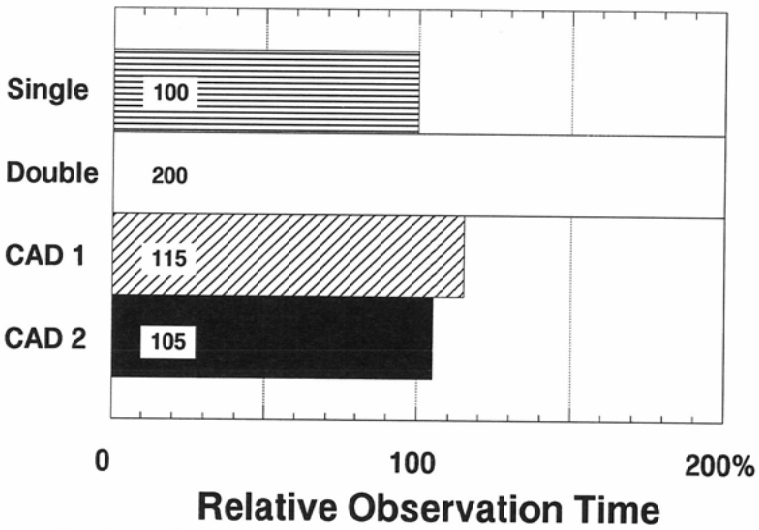


Fig. 6 Relative observation time in four detection tasks (the observation time of single reading=100%). Both CADs reduced observation time compared with double reading and the reduction was statistically significant.

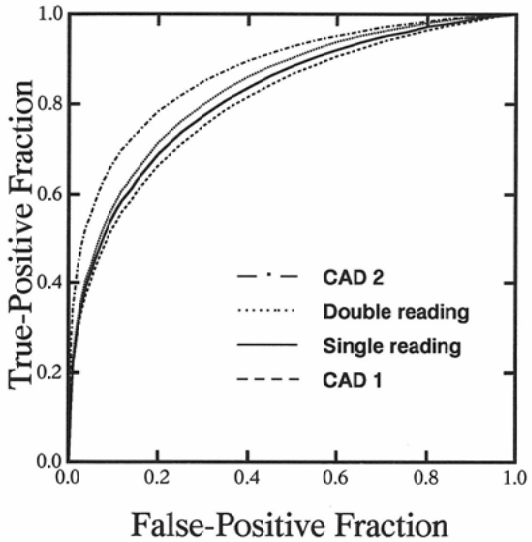


Fig. 7 ROC curves show performance of 12 observers in four detection tasks. In Az, CAD 1 (0.805) was inferior, and CAD 2 (0.872) was significantly superior to double reading (0.837).

(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[15),16)]．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[17),18)]，患者死亡率の低下に関しても有効性が示唆されている[1),19)]．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[20]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[21]．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[22]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[23]．

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[17),24]，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[2)-5]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[25]．河野ら[26]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[13),27]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[2)-5]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sensitivitiy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[14]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の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[17]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[28]．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[29),30)]，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，Caliguiri 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，本間穣，須田博喜，有吉功先生の諸先生方，さらにコニカ㈱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) 成毛韶夫：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遡及的検討―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：ディジタルラジオグラフィー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. RadioGrapics 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 sudies. Invest Radiol 24: 234-245, 1989
12) Rocketle 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，舘野之男，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：ディジタル化胸部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エアシステム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