OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	CRTモニターでの比較読影による模擬肺腫瘤影検出能のROC解析を用いた定量的評価
Author(s)	佐々木, 康夫; 桂川, 茂彦; 米田, 靖司 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(5), p. 275-278
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20735
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

CRTモニターでの比較読影による模擬肺腫瘤影検出能のROC解析を用いた定量的評価

佐々木康夫[1)]　桂川　茂彦[2)]
米田　靖司[3)]　武田　志郎[3)]　柳澤　融[2)]

1）岩手県立中央病院放射線科　2）岩手医科大学放射線医学講座
3）富士通研究所メディカルシステム研究部

Quantitative Analysis of Clinical Usefulness of CRT Monitor Diagnosis by using Previous and Current Chest Images with Simulated Lung Nodules

Yasuo Sasaki[1)], Shigehiko Katsuragawa[2)], Yasushi Yoneda[3)], Shiro Takeda[3)] and Toru Yanagisawa[2)]

We quantitatively evaluated the clinical usefulness of CRT diagnosis by using previous and current chest images with simulated lung nodules. Sixty normal chest X-ray films consisting of previous and current chest images were digitized. Simulated nodules prepared by a computer workstation were added on lung fields of the 30 current images. Observer performance tests were carried out with six radiologists to evaluate the detection of simulated lung nodules in CRT and hard copy film with previous and current images, and with only current films. ROC analyses indicated that the detection accuracy in CRT diagnosis with current and previous images was greater than that in CRT diagnosis with only a current image. In addition, there was no statistically significant difference between CRT and hard copy film diagnoses if current and previous images were employed for the diagnosis of simulated lung nodules.

We believe that CRT diagnosis is as useful as hard copy film diagnosis for the evaluation of pulmonary nodules by using previous and current chest images.

Research Code No. : 506

Key words : *Pulmonary nodule, ROC curve, CRT display*

Received Feb. 7, 1995 ; revision accepted Apr. 26, 1995

1) Department of Radiology, Iwate Central Prefectural Hospital
2) Department of Radiology, Iwate Medical University
3) Medical Systems Laboratory, Fujitsu Laboratories

はじめに

胸部X線写真で肺癌などの肺腫瘤影を診断する場合には，human errorとしての観察者の見逃しをできるだけ低下させ，検出率を向上させなければならない．そのために，胸部X線写真による集団検診では複数の読影者による二重読影が広く行われているが，過去に撮影してある参照画像を用いた比較読影も重要である[1)-4)]．比較読影は，胸部X線写真の読影時に，同一患者の過去の写真を同時に参照して，過去から現在までの陰影の変化を，読影の参考にするものであり，見落としを少なくできる可能性がある．しかしながら，大量の過去のフィルムを読影時に用意するには，時間的，人的な労力を要するため，過去の画像を常時参照することは困難なのが現状である．ただし，デジタル撮影法が導入されてファイリングシステムが確立し，CRT (Cathode Ray Tube)モニター上に参照画像を迅速に表示できれば，リアルタイムでの比較読影が容易になる．この場合，肺腫瘤影に対するCRTモニター上での比較読影の臨床的有用性を定量的に明らかにする必要がある．

CRT診断の有用性に関しては，いくつかの報告が見られる[5), 6)]が，比較読影の有用性に関する定量的検討はスクリーンフィルムにおいてさえ見当たらない．そこでCRTモニターでの肺腫瘤影の比較読影の臨床的有用性を検討する目的で，参照画像を用いた肺腫瘤影の比較読影の診断能と，参照画像を用いない肺腫瘤影の診断能を，CRTモニターとハードコピーフィルムのそれぞれについて，コンピュータで作成した模擬肺腫瘤影を用いて，ROC (Receiver Operating Characteristics)読影実験[7), 8)]を施行して比較検討した．

対象ならびに方法

1992年および1993年に，連続して岩手県対ガン協会における肺癌検診受診者の胸部単純写真の中で，肺病変のない正常者60例を対象とした．それぞれの胸部単純写真について，1992年に撮影した胸部単純写真を前回画像とし，1993年に撮影した胸部単純写真を今回画像と定義した．したがって正常者60例に対して，前回画像と今回画像の組み合わ

せを60組，合計120枚の胸部単純写真を対象とした．これらをフィルムデジタイザー(コニカ社製，KFDR-S)にてグレイレベル数10ビット，ピクセル寸法175μm，マトリックスサイズ2000×2000でデジタル化した．模擬肺腫瘤影は今回画像60例中30例の肺野に対して，ワークステーション(サンマイクロ社製，S 4/5)でソフトウェアー的にシミュレーションして付加し，前回画像には模擬肺腫瘤影を付加しなかった．模擬肺腫瘤影の直径および中心部の濃度コントラストは，それぞれ6から20mmおよび20から50ピクセル値で，辺縁部の濃度を徐々に増加させた(Fig.1)．模擬肺腫瘤影の個数は1症例当たり1個とし，付加した部位は右肺野では肺尖部に1個，上肺野に4個，肺門部付近に4個，下肺野に6個であり，左肺野では肺尖部に1個，上肺野に5個，肺門部付近に6個，下肺野に3個の合計30個とした．これらの模擬肺腫瘤影がROC読影実験にとって適切であるかどうかを判断するために，実験に先立ち，実験に参加しない放射線科医によってパイロット実験を施行し，その結果から模擬腫瘤影の適切な部位，コントラスト，大きさを調整した．Fig.2にROC読影実験に用いた同一症例の前回画像(A)と模擬肺腫瘤を左下肺野に付加した今回画像(B)を示す．

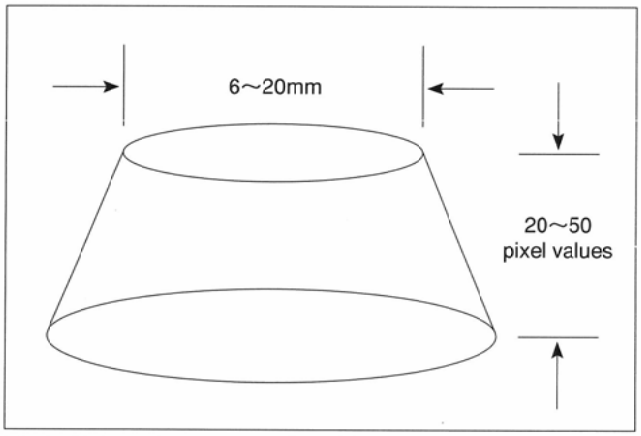


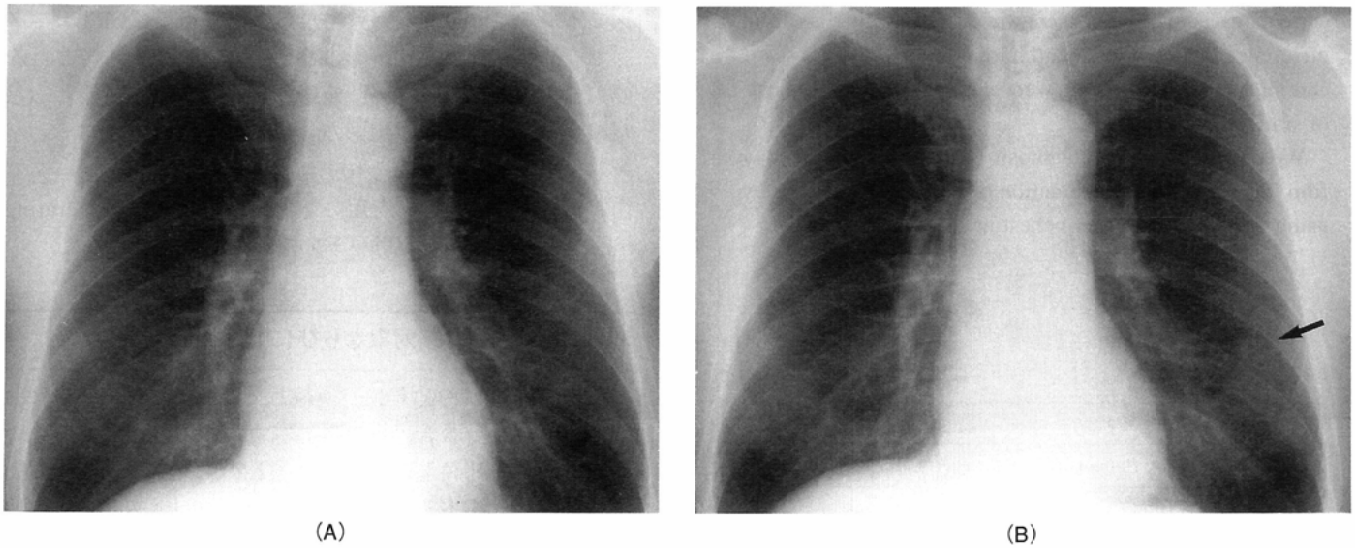
Fig.1 Schematic representation of the simulated nodule prepared by a workstation computer.

ROC読影実験に用いたハードコピーフィルムは，ピクセル寸法175μm，マトリックスサイズ2000×2000，グレイレベル数10ビットで作成し，またCRTモニター上への表示は，ピクセル寸法350μm，マトリックスサイズ1000×1000，グレイレベル数8ビットで行った．

ROC読影実験

読影実験は7年以上の臨床経験ある放射線科医6名が担当した．実験は今回画像のハードコピーフィルムのみをビューボックス上で読影する「フィルム単独読影」，今回画像の左側に同一患者の前回画像を併せて同時に示して両者を比較読影する「フィルム比較読影」，1台のCRTモニターに今回画像を1枚表示して読影する「CRT単独読影」，2台のCRTモニターを並列して設置し，左のCRTモニターに前回画像を，右のCRTモニターに今回画像を表示して両者を比較読影する「CRT比較読影」の計4種類の読影実験を行った．実験中の室内は暗転とし，ビューボックス上のフィルムの周囲は厚紙で覆って遮光した．各読影実験の間隔は学習効果をなくす目的で1週間以上とした．また，表示する症例の順序は各読影実験および各観察者ごとにすべて乱数表によって変化させた．1症例ごとの読影時間は20秒とした．

診断の確信度は0点から100点までの間で答える連続確信度法を用いて行った．すなわち，0点が肺腫瘤影が絶対に存在しない，1点から49点は肺腫瘤影が多分存在しない，50点は肺腫瘤が存在するかどうかわからない．51点から99点が肺腫瘤は多分存在する．100点は肺腫瘤は絶対に存在するとし，観察者がこのscaleを用いて，各自の診断の確信度を時間内に口頭で述べたものを記録した．各実験で得られた確信度をもとに，正規分布に対する最大尤度比を計算してROC曲線を作成し[9]，また，診断精度としてROC曲線下の面積Azを求めて比較検討した．統計学的検討としてt検定[10]



(A) (B)

Fig.2 Illustration of previous(A)and current(B)chest images used for observer performance test. Simulated nodule is seen on the left lower lung field of the current image(arrow head).

を用いて$p < 0.05$を統計的に有意差ありと判定した．

結　果

Fig.3に各読影実験における6人の観察者の平均ROC曲線を示す．それぞれのAz値はCRT単独読影0.759 ± 0.0482，フィルム単独読影0.7836 ± 0.0545，CRT比較読影0.8220 ± 0.0623，フィルム比較読影0.8288 ± 0.0592の順序で増大を示した(Fig.4)．それぞれのROC曲線を比較すると，CRTを用いた模擬肺腫瘤影の診断精度は，単独読影よりも比較読影が優れており，統計的にも有意差を示した($p < 0.01$)．同時にフィルムでの読影実験でも比較読影が単独読影よりも診断能が優れていた($p < 0.05$)．比較読影間について見ると，CRT比較読影とフィルム比較読影では，両者のROC曲線がほとんど重複しており，統計学的に見ても両者の診断精度には有意差が得られなかった($p < 0.7$)．CRT単独読影とフィルム単独読影ではフィルム単独読影がAzが高い傾向を示しているが，統計的には有意差は見られなかった($p < 0.3$)．

考　案

比較読影を胸部X線写真の診断に用いることは，他の画像モダリティー同様に放射線領域では日常行われていることである．いわゆるdoubling timeが，肺癌の質的診断につながる[11]とされており，肺腫瘤の経過観察読影の際には必ず比較読影を行わなければならない．しかし，肺腫瘤影発見のための読影にとって，比較読影がどの程度意義のあるものかは，あまり多くの定量的検討がなされていない．これは過去のフィルムには肺腫瘤影がなく，かつ，現在のフィルムに軽微な肺腫瘤の存在するようなROC読影実験にとって適切な症例を数多く揃えることの困難さなどの制約があることにも一因があったと推察される．したがって，比較読影のための肺腫瘤影として，われわれは，ソフト的な模擬腫瘤影を用いた．模擬腫瘤影には，ソフト的なデジタル処理によるもののほかに，ハード的な模擬腫瘤影の作成も可能である．ただし，この方法は胸部ファントムが1個しかないと，バックグラウンドは常に同じ胸部写真となり，模擬結節にはよほど巧妙な変化を持たせないと，ROC解析の結果に大きなバイアスがかかることになる．その点，ソフト的な模擬腫瘤影は，集めた正常胸部写真の数だけのバックグラウンドの種類を作ることができるので，より臨床に近い形での実験が可能となる利点がある[12]．ソフト的な模擬腫瘤影を用いる場合はデジタル画像でなければならない．われわれの用いた，デジタル画像のピクセルサイズは175μmである．MacMahonらによれば，軽微な間質性肺病変および気胸について，オリジナルフィルムとピクセルサイズ0.2mmのハードコピーを用いた診断能の比較をすると，オリジナルフィルムの診断能が若干高い結果を示してはいるが[13]，われわれの使用した肺腫瘤影は陰影のサイズが6～20mmと比較的大きく，軽微な間質性肺病変や気胸ほどにはピクセルサイズの影響を受けないと判断した．

われわれのROC読影実験の結果は，CRTおよびフィルムにおいて，それぞれ，比較読影をすれば単独読影よりも模擬肺腫瘤影の診断能が高くなる結果が得られ，さらに比較読影であれば，CRTとフィルムはほぼ同等の診断能が得られることがわかった．CRT単独読影がフィルム単独読影よりも読影能が劣っていた原因は，CRTのピクセルサイズが350μmであり空間分解能がハードコピーより悪いこと，CRTの輝度がビューボックスよりも低いことにあると推測される．MacMahonらも胸部病変のディスプレイによる診断能は，CRTモニターよりもハードコピーがすぐれていると結論している[14]．

比較読影が単独読影よりも診断能がよくなる理由を定量的に比較検討するため，比較読影に伴うオブザーバーの確診度の変化を調べた．そのために，60例の全症例に対し

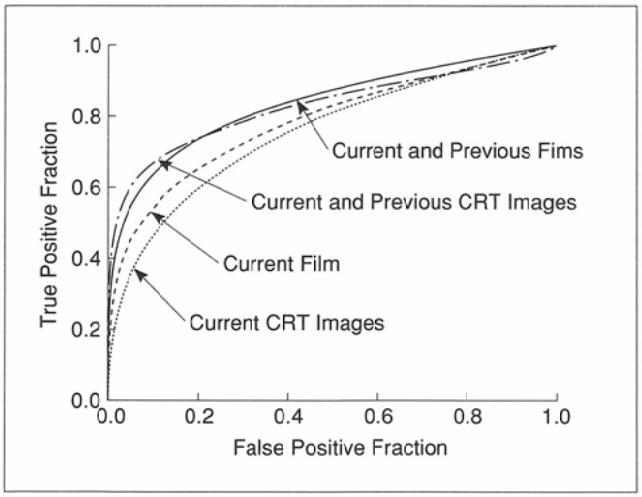


Fig.3　Comparison of averaged ROC curves for detection of simulated lung nodules. ROC analysis indicated that the detection accuracy with current and previous images is greater than that with only a current image.

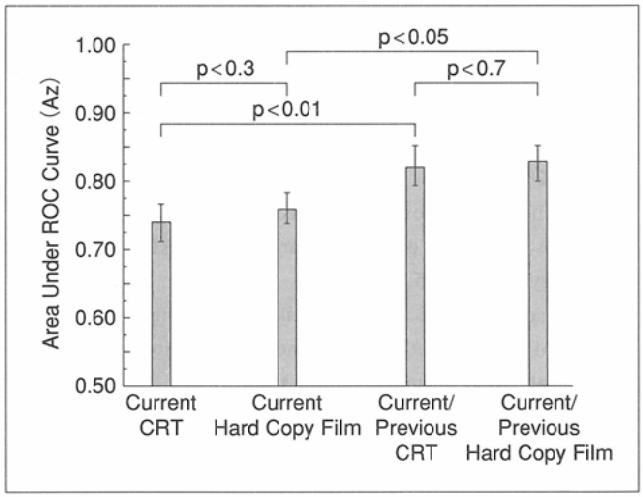


Fig.4　Comparison of detection accuracy for simulated lung nodules in terms of area under ROC curves(Az).

て，単独読影と比較読影間の確診度の差を求め，その平均値を検討した．その結果，模擬肺腫瘤影の陽性例では比較読影後の平均確信度がハードコピーで5.78，CRTで7.02高くなり，陰性例ではハードコピーで1.88，CRTで1.85低くなっていた．このことは，肺腫瘤影の陽性例に関しては，確信度がより高い解答を与え，陰性例に関してはより低い確診度で解答していることを意味している．したがって，CRTおよびフィルムでの比較読影の方が，単独読影よりもAzが高くなったと考えられる．

今回のわれわれの検討から，模擬肺腫瘤影の読影において，比較読影が有用であることが定量的に確認された．今後，臨床の各施設にPACS (Picture Archiving and Communicating System)が導入されれば比較読影は容易になると考えられるが，模擬肺腫瘤影の診断能がフィルムとCRTでほとんど差のなかったことから，マススクリーニングにおいても，比較読影を用いればCRTが使用できる可能性を示したものと考えられる．また，デジタルファイリングされた情報は比較読影以外にも，種々の画像処理が可能である[15),16)]．肺腫瘤についてはGiger等による[17)]肺腫瘤自動検出ならびに松本等[18)]による同法の集団健診に対する応用があるほか，Kano[19)]らは，同一患者の時期の違う胸部X線写真間での差分画像を求めて変化分の検出を行っている．差分画像による読影を行えば，飛躍的に診断能が高まることが予想され，現在同法を利用した肺模擬腫瘤影の読影実験を実施することを検討中である．

結　論

1．CRTモニターでの模擬肺腫瘤影の比較読影の臨床的有用性を，ROC読影実験で定量的に評価した．

2．模擬肺腫瘤影の診断精度は，比較読影が単独読影より優れていた．

3．CRTとフィルムで比較読影における模擬肺腫瘤影の診断能はほぼ同等であった．

今回の読影実験に御協力頂きました，阿部克巳，阿部知博，石川一郎，小原秋穂，関澤玄一郎，高橋邦尚，田口雅海，中里龍彦，平野春人の各先生ならびに岩手医科大学放射線医学講座秘書，竹内正子，菅森千絵の両氏に感謝致します．

文　献

1) 池田茂人：肺癌集検の実際．1986，医学書院
2) 日本肺癌学会集団検診委員会：肺癌集団検診の手引き．肺癌 27：225-237，1987
3) 河野通雄，原　眞咲，鈴木啓史，他：集検により発見された肺癌症例の前回X線写真の検討．臨床放射線　30：945-949，1985
4) 小田純一，秋田真一，酒井邦男，他：肺癌集団検診の比較読影段階における見落とし例の検討．肺癌　29：271-278，1989
5) 伊藤義之，石垣武男，佐久間貞行：CRT表示におけるデジタルX線像の評価；基礎的および臨床的検討．日本医放会誌 48：1024-1031，1988
6) 孫田誠三：CRT画像における胸部ファントム腫瘤影の存在診断能について；フィルムスクリーン画像･FCRハードコピー像との比較．日本医放会誌　49：1038-1046，1989
7) Metz CE : ROC methodology in radiologic imaging. Invest Radiol 21 : 720-733, 1986
8) Goodenough DJ, Rossman K, Lusted LB : Radiographic applications of receiver operating characteristics (ROC) curves. Radiology 110 : 89-95, 1974
9) Dorfman DD, Alf E : Maximum likelihood estimation of parameters of signal detection theory and determination of confidence intervals ; Rating method data. J Math Psych 6 : 487-496, 1969
10) Hanley JA : Receiver operating characteristics (ROC) methodology ; The state of the art. Crit Rev Diag Imag 29 : 307-335, 1989
11) Garland LH, Coulson W, Wollin E : The rate of growth and apparent duration of untreated primary bronchial carcinoma. Cancer 16 : 694-707, 1963
12) 桂川茂彦：ROC解析の基礎と応用；胸部単純写真における模擬結節状陰影の検出．日本放射線技術学会専門委員会ディジタル画像のROC解析検討班編：放射線医療技術学叢書(8)：73-79，1994
13) MacMahon H, Vyborny CJ, Metz CE, et al : Digital radiography of subtle pulmonary abnormalities ; An ROC study of the effect of pixel size on observer performance. Radiology 158 : 21-26, 1986
14) MacMahon H, Metz CE, Doi K, et al : Digital chest radiography ; Effect on diagnostic accuracy of hard copy, conventional video, and reversed gray scale video display formats. Radiology 168 : 669-673, 1988
15) 阿部克巳，桂川茂彦，佐々木康夫：胸部ディジタル写真における選択的画像強調処理法の画像評価(ROC解析)．日本医放会誌　52：164-171，1992
16) 桂川茂彦，土井邦雄，MacMahon H，他：ディジタル胸部写真における間質性肺疾患のコンピュータ支援診断．臨床放射線　36：805-812，1991
17) Giger ML, Doi K, MacMahon H, et al : Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography. 3. automated detection of nodules in peripheral lung fields. Med Phys 15 : 158-166, 1988
18) Matsumoto T, Yoshimura H, Giger ML, et al : Potentional usefulness of computerized nodule detection in screening programs for lung cancer. Invest Radiol 27 : 471-475, 1992
19) Kano A, Doi K, MacMahon H, et al : Digital Image subtraction of temporally sequential chest images for detection of interval change. Med Phy 21 : 453-461, 1994