

Title	Digital Radiography (Fuji Computed Radiography)を用いた胸部単純X線写真による上部気道病変の診断-その診断能と画像処理効果の検討-
Author(s)	上村, 良一
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1992, 52(3), p. 308-319
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20216">https://hdl.handle.net/11094/20216</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# Digital Radiography (Fuji Computed Radiography) を 用いた胸部単純 X 線写真による上部気道病変の診断

—その診断能と画像処理効果の検討—

金沢大学医学部放射線医学教室（主任：高島 力教授）

上 村 良 一

（平成 3 年 5 月 29 日受付）

（平成 3 年 7 月 18 日最終原稿受付）

## Screening for Tracheobronchial Diseases with Digital Storage Phosphor Radiography

Ryoichi Kamimura

Department of Radiology, Kanazawa University School of Medicine

---

Research Code No. : 506.9

---

Key Words : *Computed radiography, Image processing,  
Tracheobronchial diseases*

---

Digital storage phosphor radiography (FCR: Fuji computed radiography) has a wide dynamic range and unique postprocessing capabilities. This study was designed to test whether chest imaging with FCR and its image processing would increase the accuracy of and confidence in the diagnosis of tracheobronchial abnormalities.

In a phantom study, the performance of digital images having the appearance of a conventional chest radiograph was compared with that of a conventional system in detecting simulated tracheobronchial nodules. The digital images of lower kilovoltage (ROC area= 0.647 ± 0.035) were equivalent to the conventional radiographs (ROC area= 0.620 ± 0.028). On the other hand, nodule detectability was significantly improved in the digital images of higher kilovoltage (ROC area=0.826 ± 0.020). The author also compared the impact of five postprocessing algorithms (standard image, wide latitude image, enhanced image, reversed image, and subtraction image). ROC analysis indicated that the default standard image (ROC area=0.826 ± 0.020) was as good as an image with a linear rather than a sigmoid gradation curve (ROC area=0.843 ± 0.020), an image with strong enhancement of high frequencies (ROC area=0.804 ± 0.020), and an image with reversed gray scale polarity (ROC area=0.775 ± 0.015). Therefore these specific algorithms had no effect on the detection of tracheobronchial nodules. However, digital subtraction soft tissue images (ROC area=0.961 ± 0.030) were significantly better than the control images. Clinical study also indicated that subtraction images improve diagnostic accuracy in tracheobronchial diseases.

### はじめに

胸部単純 X 線写真は胸部画像診断法の基本であり、呼吸器疾患のスクリーニング検査法としての役割は今後とも重要である。しかしながらフイ

ルムスクリーン系の X 線写真の限界も明らかとなりつつある。胸部単純 X 線写真の場合、低濃度となる縦隔側肺野のコントラストが不十分であることや肋骨、血管影との重なりにより小陰影がし

しばしば見落とされていることなどが問題点として指摘されている<sup>1)2)</sup>。コンピューター技術の進歩により生まれた digital radiography system (DR) の応用により、この限界が改善される期待がある<sup>1)2)</sup>。DRは解像力の点ではフィルムスクリーン系に劣るがユニークな利点としてフィルムスクリーン系より優れたセンサーを利用出来ることと画像処理 (image processing) があげられる。画像処理では視覚的に見易い画像を得る事ができるが、診断能が改善するか否かについては対立する意見も多い。またこれまでの研究の多くは film digitization によるデジタル画像を用いたものであり、X線のセンサーとして極めて広いダイナミックレンジを持つ輝尽蛍光体イメージングプレートを用いる Fuji Computed Radiography 方式 (以下 FCR)<sup>3)</sup> の画像処理効果についての客観的評価の報告はいまだ少ない。またこの方式では特殊な画像処理法としてエネルギーサブトラクション法も施行することが出来る<sup>4)</sup>。今回、underexposure となる縦隔側領域で骨陰影との重なりもあり、撮影条件や各種画像処理効果の影響が大きいと予想される気管など上部気道病変を対象として検討を行い、DRによる上部気道病変診断能及び画像処理の有効性を客観的に評価した。

対象及び方法

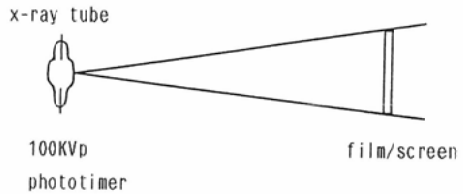
上部気道病変診断能及び画像処理効果を検討するため、(1) ファントームを用いた評価と、(2) 臨床材料を用いた評価の2種類について行った。

(1) ファントームによる評価 (phantom study)

実験は気管影が付属した Humanoid<sup>®</sup> chest phantom をもちいた。気管病変としては気管内腫瘤影を想定した。疑似腫瘤として実験前段階で各種材料にて検討を行ったが、パラフィン結節が最も臨床病変像に近く、これを用いた。またエネルギーサブトラクション処理でも non-calcified nodule の性状を反映して骨画像で陰影は消去され軟部画像で陰影は残存した事より実験に適すると考えた。パラフィンを直径1cmの半球状結節に加工して、chest phantom 表面に気管、左右主幹影に一致するよう無作為に貼付した。撮影は通常のフィルムスクリーン系による撮影 (CFS: con-

ventional film screen radiography) と FCR による一回撮影エネルギーサブトラクション法 (FCR-ES) を施行した (Fig. 1)。CFS は撮影電圧 100Kvp, フォトタイマーを使用し、FFD 200cm, グリッド比 10:1 (固定式, 60stripe/cm) のもの

• Conventional film screen radiography (CFS)



• Dual-energy subtraction radiography (FCR-ES)

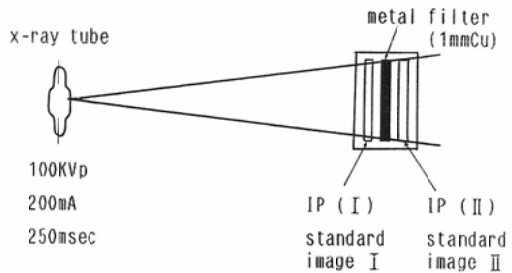


Fig. 1 Imaging techniques and radiation exposure.

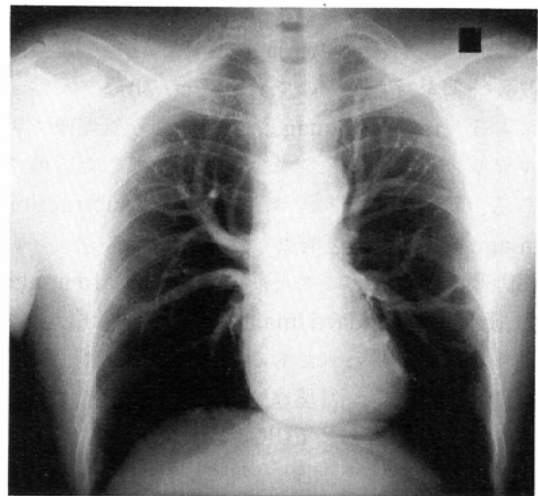


Fig. 2 Conventional screen film image of human chest phantom

を用いて行い、フィルムはorthofilm SRC (Konica), 増感紙は希土類増感紙HR4 (Fuji)を用いた。FCR-ESは2枚のイメージングプレート(IP)間に1mm銅フィルターを挟んで1回のX線曝射で低圧高圧2種類の画像を同時に得る方法で、撮影電圧100Kvp, 撮影電流200mA, 撮影時間0.25秒で行った。撮影はCFS, FCR-ESそれぞれをペアとして60例(気管内腫瘍影31例, 正常例29例)ずつ施行した。臨床的なバリエーションを出すために1例ごとにchest phantomの体位を前後左右にわずかに違えて撮影した。

比較する画像はCFS (Fig. 2)とFCR処理画像6種類(アルゴリズム1~6)の計7種類である。アルゴリズム1 (standard image 1)は銅フィルター前面のIPから得られるもので、通常のフィルムスクリーン系のX線写真に近く処理された単純FCR画像 (Fig. 3a), アルゴリズム2 (standard image 2)は銅フィルター後面のIPから得られる、いわゆる高圧画像で同様フィルムスクリーン系に近く処理された単純FCR画像である (Fig. 3b), アルゴリズム3 (wide latitude image)は階調処理による縦隔肺野を見易くした像でアルゴリズム2の画像の特性曲線を直線化し $\gamma$ を0.9とねかせたものである。周波数処理は低周波数領域を広く軽度に強調したのみである (Fig. 3c), アルゴリズム4 (enhanced image)はエッジ強調効果を目的とした高周波数処理画像でアルゴリズム3の画像を1.0cycle/mmの帯域でかなり強く周波数強調を行ったものである (Fig. 3b), アルゴリズム5 (reversed image)は白黒反転処理画像でアルゴリズム4の画像を単純に白黒反転したものである (Fig. 3e), アルゴリズム6 (subtraction image)は骨陰影を消去したサブトラクション軟部画像で、銅フィルター前面像 (standard image 1)後面像 (standard image 2)から重みづけ法により差分して得られたものである (Fig. 3f), FCRの画像読み取り, 処理はすべてFCR101によって行われ, 画像出力はFCR専用フィルムに17.6×17.6cmの1/2縮小画像で表示された。Pixel sizeは0.2mm, gray scaleは8bit, 256階調である。

観察は7名の放射線科医によって行われたが、

3名は卒後6年以上の放射線専門医取得者であり, 4名は経験2年までの研修医である。いずれも日常診療ではCFSによる一般胸部単純X線写真の読影に携わっているが, FCR画像の読影には直接関係していない。気道病変の存在の有無を5段階の確信度(1-definitely negative, 2-probably negative, 3-possibly positive, 4-probably positive, 5-definitely positive)に分類して判定した。観察時間は1例あたり約30秒を目安として1シリーズ(60例), 30分程度とした。読影総数は観察者7名, 画像7種類, 1シリーズ60例で計2,940枚となる。

これらのデータを基に2種類の画像の診断能をROC解析にて比較検討した<sup>9)</sup>。ROC曲線下面積(Az)の算定はHanleyらの方法に準じ<sup>5)</sup>、有意差検定は観察者個々のROC曲線下面積を求めStudentのpaired-t-testによりおこなった。

## (2) 臨床材料による検討 (clinical study)

次に臨床例にて上部気道病変のスクリーニングにFCRの画像処理が有効か否かを検討した。金沢大学附属病院放射線部では1984年よりFCR-ESの胸部臨床応用を行っている。その方法及び撮影条件はFig. 1に示すのと同様である。主な対象は原発性肺癌症例ならびに転移性肺腫瘍例で肺野腫瘍陰影が多くを占める。肺癌症例のうち、気管、左右の主幹レベルで内腔性腫瘍、狭窄、圧排所見が気管支鏡及び胸部断層撮影で確認された20例を上部気道病変有病群として選びだした。平均年齢59歳、男女比では男15例、女5例であった。一方無病群としては同様に気管支影正常が確認された20例を年齢分布、男女比、肺野縦隔陰影をマッチさせて選び、計40例で読影実験を行った。比較する画像はFCR処理画像3種類で我々が日常の診療にルーチンに用いているものである (Fig. 4)。即ち、1)単純FCR画像(銅フィルター後面像)でS字型の特性曲線をもちCFS画像に近く処理されたもの(phantom studyのアルゴリズム2と同一)、2)単純FCR画像で特性曲線は直線で $\gamma$ を0.9とねかせたwide latitude image (phantom studyのアルゴリズム3と同一)、3)サブトラクション軟部画像(phantom studyのアルゴリズム

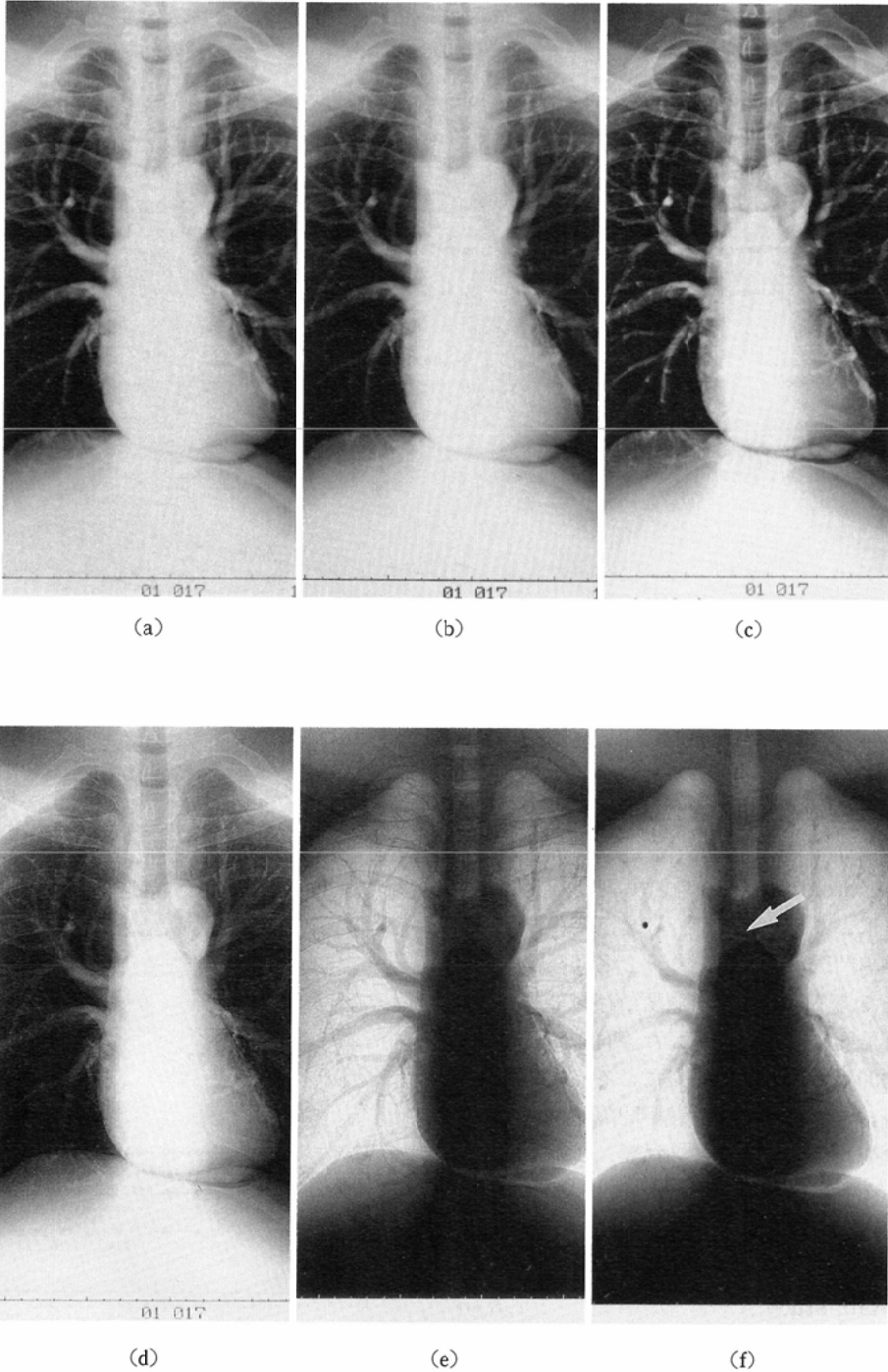


Fig. 3 FCR images in chest phantom with simulated tracheal nodule  
 Algorithm 1 (a)=default image obtained from the first imaging plate, Algorithm 2  
 (b)=default image obtained from the second imaging plate, Algorithm 3 (c)=  
 wide latitude image, Algorithm 4 (d)=edge enhanced image, Algorithm 5 (e)=gray  
 scale reversed image, Algorithm 6 (f)=dual-energy subtracted soft tissue image.  
 Note the tracheal nodule is clearly seen on the soft tissue image (arrow).

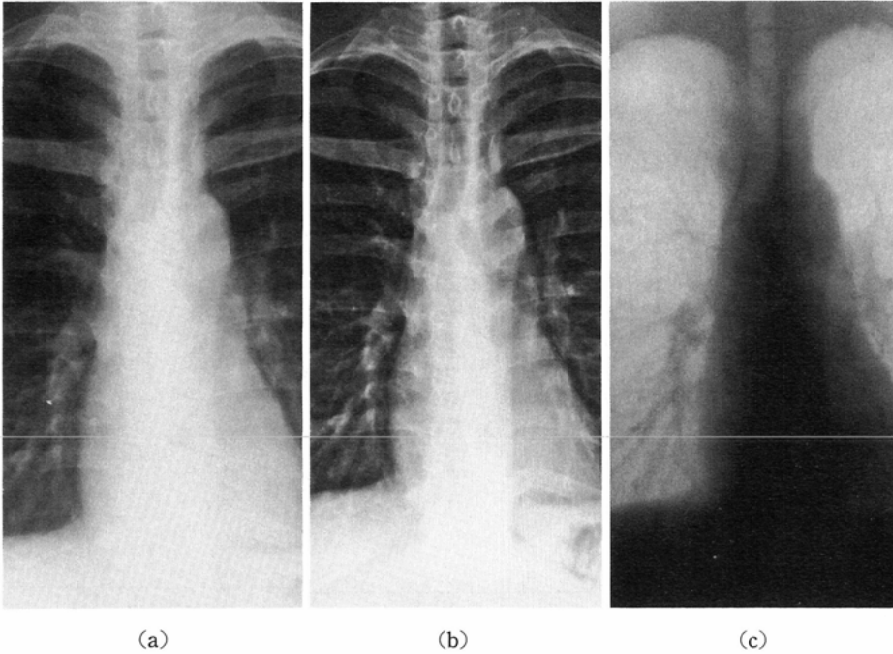


Fig. 4 FCR images in a patient with tracheobronchial disease (adenoid cystic carcinoma)  
 a) ordinary default image, b) wide latitude image, c) dual-energy subtracted soft tissue image. Intraluminal tumor is seen within the carina.

6 と同一) の 3 種類である。

観察は phantom study の時とは異なる 5 名の放射線科医により行われたが、3 名は卒後 6 年以上の放射線専門医取得者であり、2 名は経験 1 年目の研修医である。上部気道病変の存在の有無を 5 段階の確信度で分類し評価した。読影時間は 1 例あたり約 30 秒とし、学習効果によるバイアスを除くため各シリーズ 1 週間の読影間隔をおいた。読影総数は観察者 5 名、画像 3 種類、1 シリーズ 40 例で計 600 枚となる。これらのデータを基に ROC 解析を行った。

## 結 果

### (1) Phantom study

#### 1) CFS と FCR standard image との比較

7 名の放射線科医により判定された全データを ROC 曲線として Fig. 5 に示す。撮影電圧が等しい CFS image と銅フィルター前面の FCR standard image 1 との比較では FCR standard image 1 が ROC 曲線下面積でわずかに優れるが、ほぼ同

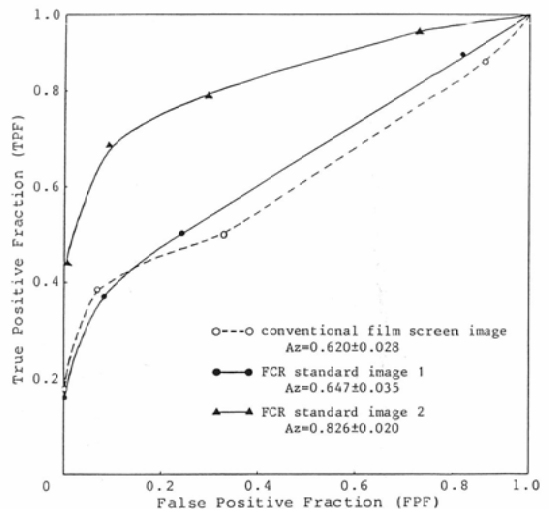


Fig. 5 Receiver operating characteristic curves of pooled data for conventional radiographs, lower kilovoltage digital images and higher kilovoltage digital images.

Detectability of tracheobronchial nodules in phantom study

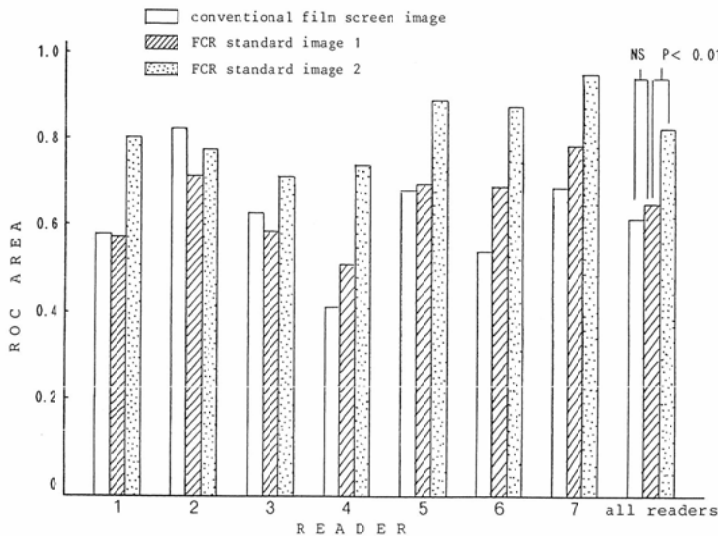


Fig. 6 Individual reader performance with conventional, lower kilovoltage digital and higher kilovoltage digital radiographs.

等の診断能であった。又各読影者間の ROC 曲線下面積を Fig. 6 に示すが、統計的にも有意差はなかった。一方銅フィルター前面、後面でエネルギーが異なる FCR standard image 同士の比較では高圧撮影であるフィルター後面の FCR standard image 2 が 1% の危険率で有意に診断能が優れていた (Fig. 6)。

2) 階調処理及びエネルギーサブトラクション処理の診断能に及ぼす効果

FCR standard image 2 をコントロールとして wide latitude image, subtraction image それぞれの ROC 曲線の結果を Fig. 7 に示す。階調処理画像である wide latitude image ではコントロールイメージと比較して ROC 曲線下面積でわずかに診断能の改善はみられるが、曲線は交差し、統計的にも有意なものではなかった (Fig. 8)。一方高圧、低圧二種類の像から作製されるサブトラクション軟部画像では診断能の改善が顕著であり、個々の観察者間の変動をみても全員一致してもっとも優れた成績を示し、統計的にも 1% の危険率で有意であった (Fig. 8)。

3) 高周波数処理の診断能に及ぼす効果

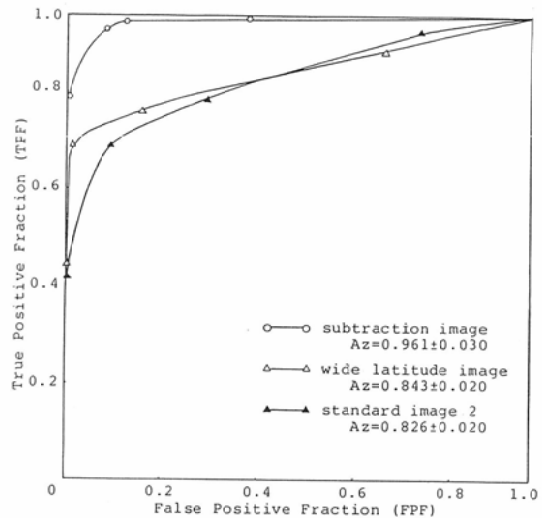


Fig. 7 Receiver operating characteristic curves comparing observer performance with the standard images, wide latitude images and dual-energy subtraction images in phantom study.

Wide latitude image をコントロールとして高周波数処理を施した enhanced image の ROC 曲線を Fig. 9 に示す。ROC 曲線下面積ではコントロールイメージと比較してむしろ診断能は劣る傾

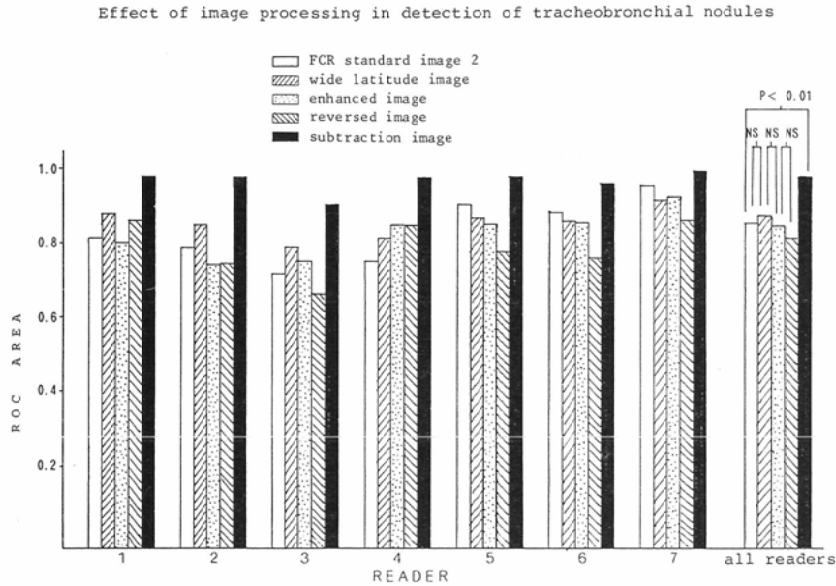


Fig. 8 Individual reader performance with five postprocessing algorithms.

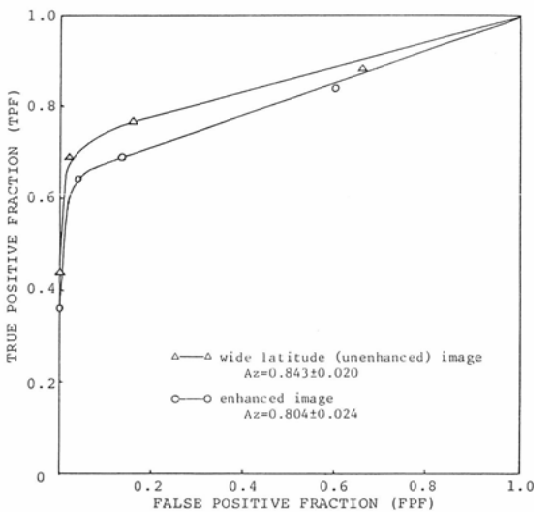


Fig. 9 Receiver operating characteristics curves of pooled data for unenhanced images and enhanced images.

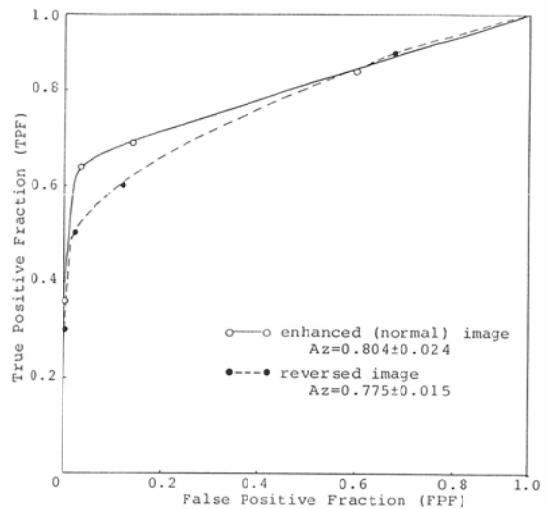


Fig. 10 Receiver operating characteristics curves of pooled data for normal images and reversed images.

向がみられた。統計的には(Fig. 8)有意差はないものの今回の検討からは高周波数処理の有効性に関しては否定的な結果であった。

4) 白黒反転処理の診断能に及ぼす効果

Enhanced image を白黒 normal image としてこれを反転処理した reversed image の ROC 曲

線を Fig. 10 に示す。高周波数処理同様若干診断能は劣化する傾向が見られ有効性はなかった。但し、統計的には有意差はなかった。

(2) Clinical study

次に臨床例で検討した 3 種類の比較結果を ROC 曲線として Fig. 11 に示す。standard image



と wide latitude image との比較では phantom study 同様, ROC 曲線下面積では wide latitude image で軽度に診断能の改善がみられた, 但, 各

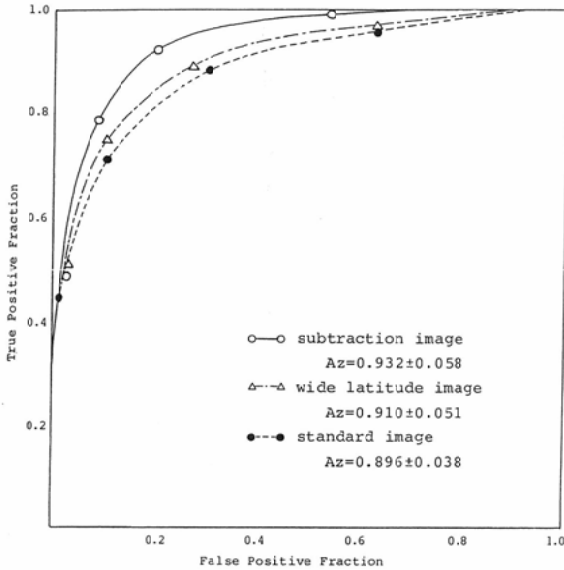


Fig. 11 Receiver operating characteristics curves comparing observer performance with standard images, wide latitude images, and dual-energy subtraction images in clinical study.

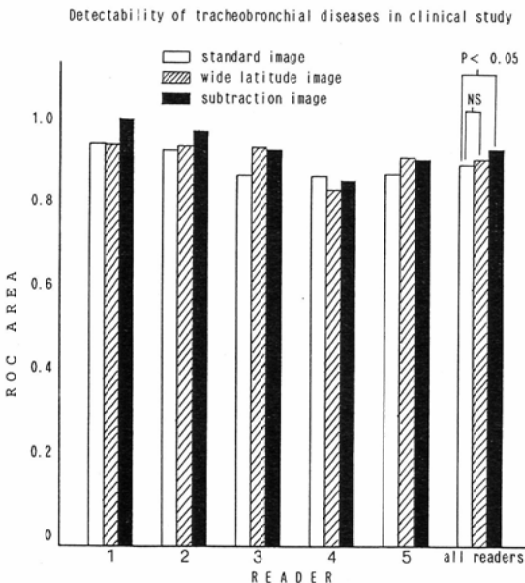


Fig. 12 Individual reader performance with post-processing algorithms in clinical study.

読影者間の ROC 曲線下面積の比較を Fig. 12 に示すが統計的有意差は実証されなかった。

サブトラクション軟部画像では phantom study でみられたほどには顕著な効果ではなかったが, 同様に最も優れた検出能をしめした. Standard image との間では 5% の危険率で有意差が実証された (Fig. 12).

考 察

FCR は我が国で開発された DR の一つでこれまでに実用化された DR システムの中では最も優れた画質を有するものである. 将来的には一般単純撮影すべての分野で CFS 画像にとってかわり PACS, CAD (computer-aided diagnosis) と関連して発展していくものと思われる. 但, PACS については現時点で技術的問題も多く, 診断的にみても DR ゆえの欠点も明らかとなりつつある. 即ちデジタル化の過程を通して情報が制約を受けることで, 忠実な画像を再現する上で pixel size, gray level の多寡が重要な要素となる<sup>7)</sup>. これまでの報告は解像力に関して pixel size を問題視するものが多く, この劣化は臨床的には気胸や間質性肺炎など微細陰影の診断の際問題となる<sup>8)-11)</sup>. Gray level についても診断能に及ぼす影響は大きいと考えられるが, この点に関しては未だ十分検討されていない.

DR 画像は CFS 画像以上に情報を含んでいないとも云えるが診断的に見て DR 独自の利点も備えている. 即ち, 1) CFS よりも優れたセンサーを利用出来ること, 2) 画像処理により診断目的に適した画像を作りうることである. 今回の研究目的は FCR における上記利点が縦隔側気道病変の診断能にどの程度影響を及ぼすかを検討することであった.

1. CFS と FCR standard image の上部気道病変診断能の比較

X 線線量が不足し低濃度となる縦隔側領域では CFS と比較して DR の診断能が優れることが報告されている<sup>12)-16)</sup>. Scanned projection 方式のようなスリット状の X 線ビームを用いる場合は散乱線がないことが理由の一つであるが, FCR 方式では通常の錐形 X 線ビームを用いており優

位性の根拠はセンサーであるIPのダイナミックレンジが広いことと画像処理にあるとされる。Schaeferら<sup>14)</sup>はCTスキャンを基準として種々の胸部異常陰影についてFCR画像と従来のCFS画像を比較しているが、全体としてFCRとCFSに差はないが縦隔に重なる病変と2cm以上の腫瘤影に関してはFCRの診断能が有意に優れていたと報告している。今回のphantom studyではCFS画像とこれに近く処理をしたFCR standard imageとを比較した。撮影電圧が等しい銅フィルター前面のFCR standard image 1との比較ではFCR画像がIPのダイナミックレンジの広さを反映してかわずかに優れていたもののほぼ同等で有意差はなかった。一方視覚的には同じような画像にみえるがFCR standard image 2で診断能の向上が顕著であった。これは銅フィルター後面画像で高圧撮影となっていることが診断能改善の主な理由と考えられる。又散乱線除去の面でもフィルター後面像は有利であろう。FCR-ESのフィルター前面、後面像の物理特性に関してはIshigakiや<sup>17)</sup>Schaeferら<sup>18)</sup>がX線のスペクトラムを測定して詳細に検討している。0.6mm銅フィルターを用い、102Kvp、10mAの撮影条件で行ったFCR-ESではエネルギー差として13KeVあり、X線線量は後面像で66%に減少するとしている。

今回の検討からFCRであっても撮影条件が診断能に及ぼす影響が大きいことが示された。FCRの特徴として撮影条件の寛容度が高いことが云われ、条件のパラッキが多いポータブルの胸部X線写真に應用しての有用性が報告されている<sup>19)</sup>。又我々は実地医家との協力による肺癌集検の胸部X線撮影にFCRを用いており画質不良による再撮影減少に役立ったことを報告した<sup>20)</sup>。この特徴はセンサーとしてのIPのX線露光域が桁違いに広いこととFCR特有の先読み機構によって説明される<sup>21)</sup>。しかしながら今回の診断能からみた検討では撮影条件の影響はCFS同様極めて大きく、FCRの至的撮影条件については今後更に詳細に検討していく必要があろう。

## 2. 画像処理の有効性について

階調処理ではフィルムでいう特性曲線を任意に

変換し最適なコントラストを得る事が出来る。縦隔側肺野では $\gamma$ をねかせたwide latitude imageにより腫瘤影などの描出率が向上することが報告されている。鬼塚は縦隔側肺野の正常構造の描出能をスコア化してFCRとCFSで比較検討しているが<sup>16)</sup>、FCR処理画像(今回のwide latitude imageとほぼ同一処理)で上部気道など縦隔構造の描出能が優れていたとしている。今回の病変検出能によるROC解析を用いた検討ではphantom study, clinical studyともわずかに検出能の改善はみられたが統計的有意差が出るまでには至らなかった。Schaeferらの報告と比較して検出能の改善がドラマチックでなかった理由として今回の対象陰影が縦隔側領域であってもすべて胸椎など骨陰影に重なったものであったことと関係するかも知れない。即ち胸椎と云うstructured noiseの存在のため単純にコントラストを良くするだけでは飛躍的な診断能向上につながらなかったものと推測される。

FCRの画像処理のうち“unsharp masking”法による空間周波数処理は、特に高周波数処理をした場合、エッジ強調効果が見られる。これの診断的価値としては気胸や間質性の線状影について有用性が報告されている。Oestmannら<sup>22)</sup>は微細線状影の診断能をFCRとCFSで比較しているが、周波数処理をしない場合FCRの診断能はCFSよりも劣るが、高周波数処理によりCFSと同程度までに改善することが可能と述べている。Goodmannらの気胸の診断においても同様の結果が報告されている<sup>8)</sup>。腫瘤影の高周波数処理の効果については意見は対立している。Sherrierら<sup>23)</sup>はfilm digitizationによるデジタル画像で検討しているが横隔膜ドーム下や縦隔側肺野の結節影は高周波数処理によって診断能が改善するとしている。しかしながら今回の我々のphantom studyからは高周波数処理による有効性は見られなかった。Oestmannらも<sup>24)25)</sup>同様に疑似結節でFCRにて検討しているが我々の結果同様、縦隔側領域であっても診断能の向上が見られなかったとしている。但、今回の検討は1.0cycle/mmのかなり高い周波数領域一種類についてのものであり、空間周

波数処理が全く無益であるとの結論は出来ないと考えている。増強する周波数領域とその強調する度合いによって検出能は複雑に変化することが知られている。パーガーファントームによる小田の検討では $10^0.5\text{cycle/mm}$ 以上の領域を強調すると検出能はむしろ低下すると述べている。したがって今回の高周波数処理は検出能改善という観点からは更に検討が必要であったかもしれない。

白黒反転処理については Sheline ら<sup>26)</sup>が肺野結節影を対象として ROC 解析にて検討しているが反転画像で有意に診断能が向上したとしている。一方 Oestmann らは同様に肺野結節影で検討しているがむしろ白黒反転は診断能を劣化させるとし<sup>24)25)</sup>評価は定まっていない。今回の我々の検討では Oestmann の報告同様診断能は劣化し有効性はみられなかった。通常の白黒階調の normal image に慣れ親しんだ経験豊富な読影者で反転処理の有効性が損なわれることが予測される。しかしながら今回の成績では経験の少ない研修医であっても反転処理で診断能が低下する傾向がみられ、経験による差は明らかでなかった。

### 3. エネルギーサブトラクション法

特殊な画像処理の一種であるエネルギーサブトラクション法は X 線のエネルギー吸収率の違いを利用するものである。異なったエネルギーを持つ X 線によって得られた 2 種類の画像を重みづけにより差し引くことによって骨（石灰化）陰影のみの画像（bone image）あるいは軟部組織のみの画像（soft tissue image）を作製することが出来る。管電圧を二回変えて行う二回撮影法<sup>27)</sup>とイメージセンサー（FCR の場合 IP）間に金属フィルターを挟んでその前後でエネルギー差をつける一回撮影法がある<sup>4)17)18)</sup>。一回撮影法はエネルギー分離の点では劣るものの、簡便でありスクリーニング検査法として使用可能である。現在この方式が主流となっている。又被写体の動きによるミスレジストレーションのないことも有利である。サブトラクション画像の臨床的有用性に関しては、骨画像では肺野結節影の質的診断に関連して病巣内の石灰化検出に有用とする報告が多い<sup>28)~30)</sup>。そのほかでは肋骨病変やアスベストースでの胸膜石

灰化の検出において臨床的価値が認められている<sup>18)</sup>。一方軟部画像での有用性は骨陰影が消去されることにより肋骨下の肺野結節影の発見が容易になることである<sup>31)~34)</sup>。Niklason<sup>33)</sup>や Ho ら<sup>34)</sup>はファントームを用いた肺野結節影の読影実験からサブトラクション軟部画像は CFS 画像に比して結節影検出に優れていたことを報告している。今回我々は胸椎などの骨に重なった上部気道病変の FCR-ES の診断能をファントームと臨床例の両面から検討を行った。サブトラクション軟部画像処理は階調処理、空間周波数処理、白黒反転処理といった単調な画像処理と違って診断能の改善は著しく統計的にも有意差は明らかであった。サブトラクション画像はエネルギー差が異なる二種類の画像から作製されていることが改善の一つの理由としてあげられる。但、フィルター後面の高圧画像と比較しても明らかに診断能は向上している。したがって診断能改善の主な理由は Kundel ら<sup>35)</sup>が云う“conspicuity enhancement”によるところが大きく、胸椎と云う病変を見にくくしている背景（structured noise）が除去されることによる効果と考えられる。

今回の検討では clinical study での診断能向上は phantom study ほどには顕著なものではなかった。この原因として臨床例の上部気道病変は微妙な陰影を呈する例が必ずしも多くなかったことが一つの理由と考えている。又現行の FCR-ES の技術的な問題として銅フィルター後面画像の線量不足の為サブトラクション画像もノイズの多い画質となっていることがあげられる。特に臨床例では被写体のバリエーションも多く、低線量となる縦隔側領域では満足できるサブトラクション像が得られないこともあり、clinical study の成績に少なからず影響したものと思われる。現在ノイズ減少を目的として画像処理の面から改良が試みられており今後有望であろう<sup>36)</sup>。

### 結 語

FCR における上部気道病変診断能及び画像処理の有効性をファントームと臨床例の両面から ROC 解析による読影実験にて検討し以下の結論を得た。

1) CFS image およびこれに近く処理された FCR standard image との比較では銅フィルター後面の FCR 高圧画像が有意に優れており FCR においても撮影電圧が診断能に及ぼす影響が大きいと云える。

2) 階調処理, 高周波数処理, 白黒反転処理などの画像処理ではドラマチックな病変検出能の改善はみられなかった。

3) 高圧, 低圧 2 種類の像から作製されるエネルギーサブトラクション軟部画像では骨陰影の消去により, ファントム, 臨床例共に有意に診断能は改善し診断的価値が高い。

4) FCR-ES は上部気道病変のスクリーニング検査法として臨床的に有望である。

稿を終えるにあたり, 本研究の御指導, 御校閲をいただいた金沢大学医学部放射線医学教室高島 力教授に深謝いたします。また, 本研究のため撮影, 画像処理に御尽力下さった水島, 飛坂技師をはじめとする放射線部技師の方々, 並びに読影実験に御協力下さった小林 健先生をはじめとする当放射線医学教室の諸兄に厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は第48回日本医学放射線学会(1989, 神戸), 第50回日本医学放射線学会(1991, 京都), 第6回世界気管支学会(1989, 東京)において発表した。

なお本研究は平成2年度文部省科学研究費一般研究B(課題番号02454284)の援助を受けた。

#### 文 献

- 1) Wamndtke JC: Newer imaging methods in chest radiography. *J Thorac Imag* 5: 1-9, 1990
- 2) Goodman LR, Wilson CR, Foley WD: Digital radiography of the chest: Promises and problems. *AJR* 150: 1241-1252, 1988
- 3) Sonoda M, Takano M, Miyahara J, et al: Computed radiography utilizing scanned laser luminescence. *Radiology* 148: 833-838, 1983
- 4) 高島 力: Single exposure energy subtraction chest radiography in the diagnosis of pulmonary cancer. *日本医放会誌*, 47: 455-464, 1987
- 5) Metz CE: ROC methodology in radiologic imaging. *Invest Radiol* 21: 720-733, 1986
- 6) Hanley JA, McNeil BJ: The meaning and use of the area under a receiver operating characteristics (ROC) curve. *Radiology* 143: 29-36, 1982
- 7) 土井邦夫: 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) Goodman LR, Foley WD, Wilson CR, et al: Pneumothorax and other lung diseases: Effect of altered resolution and edge enhancement on diagnosis with digitized radiographs. *Radiology* 167: 83-88, 1988
- 9) Fajardo LL, Hillmann BJ, Pond GD, et al: Detection of pneumothorax: Comparison of digital and conventional chest imaging. *AJR* 152: 475-480, 1989
- 10) 小田純一: 胸部単純X線撮影におけるFCR (Fuji computed radiography) の画像評価, *日本医放会誌*, 50: 1485-1498, 1990
- 11) 山崎克人: 胸部X線写真のデジタル化画像に関する研究. *日本医放会誌*, 49: 327-334, 1989
- 12) Fraser RG, Breatnach E, Barnes GT: Digital radiography of the chest: Clinical experience with prototype unit. *Radiology* 148: 1-5, 1983
- 13) Chakraborty DP, Breatnach ES, Yester MV, et al: Digital and conventional chest imaging: A modified ROC study of observer performance using simulated nodules. *Radiology* 158: 35-39, 1986
- 14) Schaefer CM, Greene R, Oestmann JW, et al: Digital storage phosphor imaging versus conventional film radiography in CT-documented chest disease. *Radiology* 174: 207-210, 1990
- 15) 伊藤 広: Computed radiographyによる肺癌集団検診に関する研究(Phantom study), *金沢大学十全医学会雑誌*, 96: 1155-1170, 1987
- 16) 鬼塚英雄: 輝尽性蛍光体イメージングプレートを用いた胸部デジタルラジオグラフィの診断能, *日本医放会誌*, 49: 177-190, 1989
- 17) Ishigaki T, Sakuma S, Horikawa Y, et al: One-shot dual-energy subtraction imaging. *Radiology* 161: 271-273, 1986
- 18) Schaefer CM, Greene R, Oliver LC, et al: Screening for asbestos-related pleural disease with digital storage phosphor radiography. *Invest Radiol* 25: 645-650, 1990
- 19) Marglin SI, Rowberg AH, Godwin DG, et al: Preliminary experience with portable digital imaging intensive care radiography. *J Thorac Imag* 5: 49-54, 1990
- 20) 高島 力, 伊藤 広, 生垣 茂, 他: Computed radiography (FCR) を用いた肺癌集検について, *肺癌*, 27: 341-347, 1987
- 21) 高野正雄: CR システムの原理と技術, *臨床画像*, 5: 8-22, 1989
- 22) Oestmann JW, Green Rubens JR, et al: High frequency edge enhancement in the detection of fine pulmonary lines. *Invest Radiol* 24: 643-646, 1989

- 23) Sherrier RH, Chiles C, Wilkinson WE, et al: Effect of image processing on nodule detection rates in digitized chest radiographs: ROC study of observer performance. *Radiology* 166: 447-450, 1988
- 24) Oestmann JW, Robens JR, Bourgouin PM, et al: Impact of postprocessing on the detection of simulated pulmonary nodules with digital radiography. *Invest Radiol* 24: 467-471, 1989
- 25) Oestmann JW, Kushner DC, Bourgouin PM, et al: Subtle lung cancers: Impact of edge enhancement and gray scale reversal on detection with digitized chest radiographs. *Radiology* 167: 657-658, 1988
- 26) Sheline ME, Brikman I, Epstein DM, et al: The diagnosis of pulmonary nodule: Comparison between standard and inverse digitized images and conventional chest radiographs. *AJR* 152: 261-263, 1989
- 27) Nishitani H, Umezu Y, Ogawa K, et al: Dual-energy projection radiography using condenser X-ray generator and digital radiography apparatus. *Radiology* 161: 533-535, 1986
- 28) Fraser RG, Hickey NM, Niklason LT, et al: Calcification in pulmonary nodules: Detection with dual-energy digital radiography. *Radiology* 160: 595-601, 1986
- 29) 上村良一, 高島 力: 一回撮影エネルギー差分法—Bone imageにおける臨床的有用性の検討—, 日本医放会誌, 49: 562-567, 1989
- 30) Oestmann JW, Greene R, Rhea JT, et al: Single exposure dual energy digital radiography in the detection of pulmonary nodules and calcifications. *Invest Radiol* 24: 517-521, 1989
- 31) Ishigaki T, Sakuma S, Ikeda M: One-shot dual-energy subtraction chest imaging with computed radiography: Clinical evaluation of film images. *Radiology* 168: 67-72, 1988
- 32) 上村良一, 高島 力, 小林 健, 他: 肺癌スクリーニングにおけるCRの応用, 特に一回撮影エネルギーサブトラクション法の有用性, 肺癌, 30: 319-326, 1990
- 33) Niklason L, Hickey NM, Chakraborty DP, et al: Simulated pulmonary nodules: Detection with dual-energy digital versus conventional radiography. *Radiology* 160: 589-593, 1986
- 34) Ho JT, Kruger RA: Comparison of dual-energy and conventional chest radiography for nodule detection. *Invest Radiol* 24: 861-868, 1989
- 35) Kundel HL, Revesz G: Lesion conspicuity, structured noise, and film reader error. *AJR* 126: 1233-1238, 1976
- 36) Ergun DL, Mistretta CA, Brown D, et al: Single-exposure dual-energy computed radiography: Improved detection and processing. *Radiology* 174: 243-249, 1990