



Title	量子計数型X線撮影法の胸部疾患の画像診断における有用性の検討
Author(s)	木村, 和彦; 糸氏, 英一郎; 河野, 通雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1997, 57(12), p. 791-800
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19592
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

量子計数型X線撮影法の胸部疾患の画像診断における有用性の検討

木村 和彦¹⁾ 糸氏英一郎²⁾ 河野 通雄²⁾

1) 兵庫県立西宮病院放射線科 2) 神戸大学医学部放射線医学教室

Usefulness of Photon Counting X-ray Radiography for Diagnostic Imaging of the Thorax: Experimental and clinical studies

Kazuhiko Kimura¹⁾, Eiichiro Itouji²⁾
and Michio Kono²⁾

To evaluate the usefulness of photon counting X-ray radiography (quantum radiography, QR) for diagnostic imaging of the thorax, comparative studies between QR and the conventional screen-film system (SF) were performed. Exposure dose, spatial resolution and density resolution on QR were evaluated in the experimental study. The ability of QR to describe normal structures and several kinds of abnormal shadows was evaluated in the clinical study. The relative exposure dose of QR was lower than that of SF, while the spatial resolution of QR was slightly inferior to that of SF. However, the density resolution of QR was superior to that of SF. Clinically, QR was superior to SF in the description of normal structures and several kinds of abnormal shadows. In conclusion, it was considered that QR is useful for diagnostic imaging of the thorax.

Research Code No. : 208.1

Key words : Digital radiography, Chest

Received May. 28, 1997; revision accepted Aug. 29, 1997

1) Department of Radiology, Hyogo Prefectural Nishinomiya Hospital
2) Department of Radiology, Kobe University School of Medicine

緒 言

近年、CTやMRIをはじめとする様々な画像診断技術のめざましい進歩がみられる。しかし、胸部の画像診断の基本は現在でも撮影が簡便で情報量の多い単純X線写真である。従来のX線増感紙とX線フィルムを組み合わせたアナログのscreen-film system(以下SFと略す)では、濃度帯域の広い胸部の高濃度領域(いわゆる肺野)から低濃度領域(縦隔部や横隔膜背面の肺野)までを一枚のフィルムに表現することは困難で、フィルターや増感紙、フィルムそして撮影装置にいたるまで色々な創意工夫がなされてきた¹⁾⁻⁶⁾。その他再撮影、被曝線量の増加や膨大な量のフィルムの管理、処分などの問題点も見られた。これらの問題を解決し、PACSのような画像情報管理や伝送⁷⁾にも十分に対応させるために、近年開発されたのがデジタル画像(digital radiography)である⁸⁾。デジタル画像では撮影後に様々な画像処理を行うことができ⁹⁾⁻¹³⁾、目的に応じた適切な画像を容易に得ることが可能となった。またこれらはフィルムレスのCRT診断も可能にした。一方、デジタル画像は従来のアナログ画像と比較して空間分解能の劣化、周波数処理による陰影の変化¹³⁾⁻¹⁷⁾や報告によっては被曝線量の増加^{16),18),19)}などの問題点も見られた。量子計数型X線撮影法(photon counting X-ray radiography, quantum radiography; QR)は、神戸大学医学部放射線医学教室と(株)島津製作所が「民間等との共同研究」として開発した新しいデジタル画像である²⁰⁾⁻²²⁾。今までのデジタル画像はアナログのX線フィルムを光学式デジタイザーなどを用いてデジタル化したり^{23),24)}、被写体を透過したX線のエネルギーを輝光管²⁵⁾に蓄積し、レーザー光を走査してそのエネルギーを読み取り画像化したり、蛍光増倍管とテレビモニターを用いて画像を作成する²⁶⁾などの方法をとっていたのに対し、QRは透過したX線のフォトン数をX線検出器を用いて直接計数し、画像を作成するという点で大いに異なっており、媒体が少ない点で情報の損失やノイズの混入などの不利益^{16),27),28)}を減少できる可能性がある。疑似結節を用いたファントム実験において、QRの優れた結節の検出能についてはすでに報告した²²⁾が、今回はこのQRの被曝線量の評価、画像工学的評価ならびに臨床的評価を行い、胸

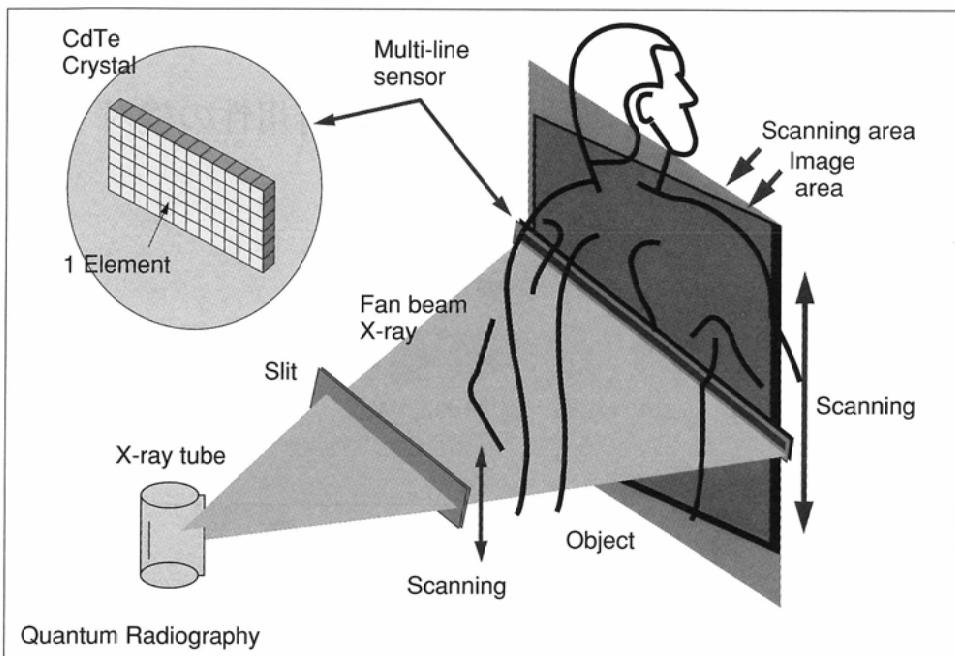


Fig.1 shows the QR system. This system consisted of an X-ray generator, an X-ray tube, a slit, a CdTe multiline sensor unit and a computer workstation. The sensor unit was linked with the X-ray tube and the slit. Scanning time over the chest is about 1.4 seconds.

部疾患の画像診断におけるQRの有用性を検討した。

材料と方法

被曝線量の評価、画像工学的評価ならびに臨床的評価はいずれもQRとSFを比較検討した。QRの撮影装置は(株)島津製作所の試作装置を用いた。X線発生器はHD150G-70、X線制御卓はUD150K、管球はサークレックス0.3/0.8P38C(MODEL R-20)(固有濾過1.5mm Al)でX線グリッドは用いなかった。SFのX線発生装置は(株)東芝製KXO-80G(インバータ方式)、管球は(株)東芝製DXB-0434ES=A(実効焦点 $0.6 \times 0.6\text{mm}$ 、固有濾過0.7mm Al)、付加フィルターは1.0mm Alで、X線グリッドは14:1、60本/cmのものを用いた。SFの増感紙、フィルムはHG-M/UR-1(富士写真フィルム(株))を用いた。

【QRについて】

QR装置の構成はFig.1のごとくで、散乱線を低減するためにスリットを用いて上下幅10mm以下のファンビームを約1.4秒で頭側から尾側へスキャンし、管球とスリットおよびセンサーを連動させている。透過したX線をCdTe結晶からなるセンサーで検出し、フォトン数を直接計数し、ワークステーションで画像処理を行いデジタル画像を作成する。また、数え落としを補正する校正計算も行っている。原画像のマ

トリックスは 6000×4000 、階調は一画素あたり16ビットであるが、今回検討に用いたのはハードコピーでサイズが14インチ×17インチ、マトリックスが 4000×5000 、画素サイズが $80 \mu\text{m}$ で、レーザープリンターの階調は一画素あたり8ビットである。なお、胸部の広い濃度帯域を一枚のフィルムに再現するため、画像処理のひとつとしてダイナミックレンジ圧縮処理²⁹⁾を行っている。画像作成に要する時間は、当初開発されたワークステーションやソフトウェアを用いた場合は数時間であったが、専用のハードウェアを用いれば数十秒での処理が可能である。

【CdTeセンサーについて】

CdTeは原子番号が大きいので(Cd48, Te52), NaI30)のようなシンチレーションカメラのセンサーに比べX線捕捉効率が高い特徴を持ち^{31),32)}、高エネルギーX線に対しても検出効率が高い。また、原子番号が大きいことに加えCdとTeのバンドギャップが大きい(室温で約1.5eV)ので、室温での作動が可能である。CdTeを1008個×6列に配列したマルチラインセンサユニットを空間分解能を向上させるためにFig.2のごとく水平に対し約14度傾けて設置している。センサー1個のエレメントの大きさは $380 \mu\text{m}$ で、約14度傾けた時の単純計算上の空間分解能は約 $63 \mu\text{m}$ である。なお、スリットも

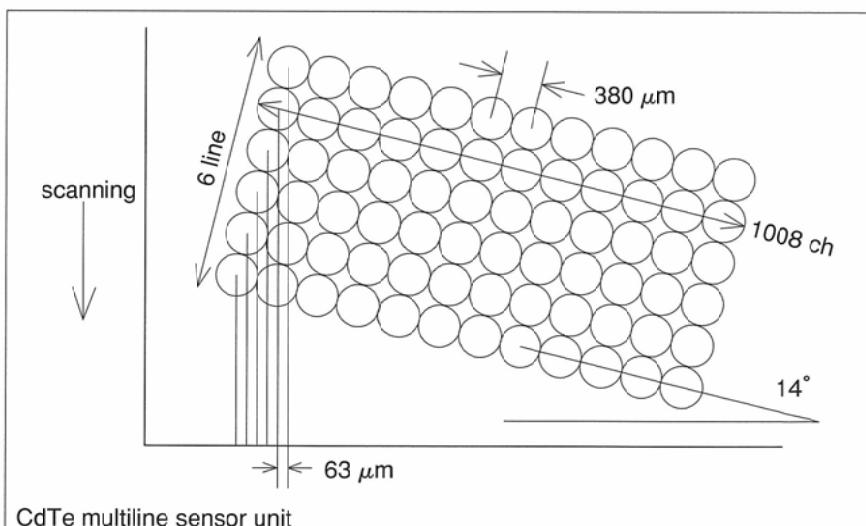


Fig.2 shows the arrangement of CdTe multiline sensor unit. This unit is composed of 1008 × 6 CdTe detector and is inclined 14 degrees toward a horizontal plane for the purpose of improving spatial resolution. The element size of a detector is $380 \mu\text{m}$ and the spatial resolution is theoretically about $63 \mu\text{m}$.

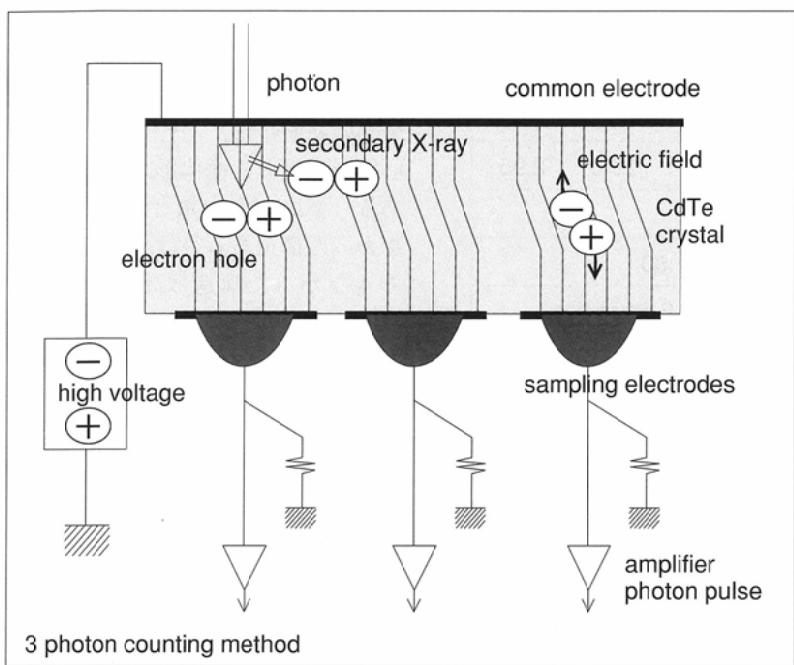


Fig.3 shows the photon counting method. When one photon reaches the CdTe detector, a pair of electron and hole is generated. This electric charge is accelerated by the electric field of the common electrode established in front of the detector and is collected into the individual sampling electrode. The electric charge is amplified and the number of photon is counted.

同じ角度傾けている。Fig.3に示すとく、1個のフォトンがセンサーに到達すると1組の電子と正孔が発生する。この電荷をセンサー前面に設けた共通電極の電界で加速し、背面に設けた個別の電極に収集してフォトン数を計数する²¹⁾。X線の捕捉効率が大きいことに加えて、集束電界によるX線の良好な集束性と2次X線の飛程の短縮はX線センサーとして大きな利点がある。すなわち、低エネルギーのフォトンも計数し、少ない線量で鮮明な画像を作成することが可能である。

1. 被曝線量の評価

QRの被曝線量をSF系と比較し相対値として測定した。QRではスリットの枠を超えて被写体に照射されるX線(スリットと連動するCdTeセンサーでとらえられないX線)を併せて測定する必要があり、一方SFではX線グリッドによる被曝線量の見かけ上の低減を補正する必要があり、QRとSF共通のセンサーとしてSFのカセットを用いた。QR装置の場合は被写体とCdTeセンサーの間に、SFの装置の場合は被写体とグリッドの間にカセットを設置して測定した。撮影条件はTable 1Aに示す。まずSF系の装置で10cm厚のアクリル板を、曝射時間を5, 8, 10, 14, 20, 28, 40msec.に変化させて撮影し、それぞれのフィルム濃度を濃度計(DENSITOMETER PDA85, コニカ(株)製)で測定し、片対数グラフにこのフィルムの特性曲線を描いた。続いて通常の臨床撮影と同様にグリッドを用いて胸厚23.5cmと14cmのボランティアをフォトタイマーを用い同じSFの装置で撮影し、それぞれの曝射時間をTSF1, TSF2とした。次に同じSFのカセットをセンサーとしてQR装置で同じ10cm厚アクリル板を撮影し、このフィルム濃度DQRを同じ濃度計で測定し、先に得られた特性曲線上でDQRに対応する曝射時間をTQRとし、TSF1, TSF2と比較した。

2. 画像工学的評価

QRの空間分解能を評価するためにハウレットチャート(富士写真フィルム(株)製)を、濃度分解能を評価するためにバーガーファントム((株)京都科学製)をアクリル板の前面に密着させて撮影した。胸部の広いダイナミックレンジを考

Table 1 shows exposure conditions of experimental and clinical studies.

Exposure conditions

A Comparison of exposure time

	X-ray sensor	SID (cm)	kV	mA	sec
SF	screen/film HG-M/UR-1 (Fuji Photo Film)	200	120	200	variable (photo timer: human body)
QR	screen/film HG-M/UR-1 (Fuji Photo Film)	200	120	80	1.4

B Technical evaluation

	X-ray sensor	SID (cm)	kV	mA	sec
SF	screen/film HG-M/UR-1 (Fuji Photo Film)	200	120	200	0.005
QR	CdTe multi-line sensor	200	120	80	80

C Clinical study

	X-ray sensor	SID (cm)	kV	mA	sec
SF	screen/film HG-M/UR-1 (Fuji Photo Film)	200	120	200	photo timer
QR	CdTe multi-line sensor	200	120	80	80

Table 2 shows each exposure time and film density in the evaluation of relative exposure dose.
Exposure time and film density

A For drawing characteristic curve

timer (msec.)	5.0	8.0	10.0	14.0	20.0	28.0	40.0
density	0.75	1.15	1.50	1.90	2.40	2.70	2.95

B Tconv, DQR and TQR

TSF1	30.0msec.	DQR	1.80
TSF2	17.1msec.	TQR	12.5msec.

慮して、アクリル板の厚さを6cmから2cmきざみで20cmまで変化させてQRとSFの画像を作成した。撮影条件はTable 1Bに示すとおりである。SFの撮影条件およびQRの出力条件は10cm厚のアクリル板を撮影した画像のフィルム濃度が1.3±0.1になるように設定した。各画像の濃度は同じ濃度計を用い測定した。空間分解能の評価では、ハウレットチャートの各フィルム濃度におけるポジタイプの識別可能な最小の中心円の大きさから解像力(cycle/mm)を求めた。なお、デジタル画像で問題となるエイリアスに関しては、QRではサンプリング間隔(約4000点/400mm=10点/mm)よりもサンプリング開口(検出器サイズ、380μ)を大きくして高周波成分を抑制しサンプリング時のエイリアス発生を抑えている。いっぽう濃度分解能の評価には、バーガーファントムの直径2mmの孔のうち、識別可能な最も深さの浅い孔の深さを測定した。評価は卒後9年目と12年目の放射線科専門医が同意法で行った。そしてフィルムのバックグラウンド濃度と空間分解能、濃度分解能それぞれの関係をグラフに描き、QRとSFで比較検討した。

3. 臨床的評価

胸部疾患有する42例の臨床例をQRとSFで撮影し、立位背腹像のフィルムを用いて比較検討した。撮影条件はTable 1Cに示す。陰影の存在と種類はすべてQR、SF撮影の前後1週間に内に撮影されたCT(一部は高分解能CT)により確認されている。症例の内訳は原発性肺癌18例、転移性肺腫瘍9例(原発性肺癌18例と転移性肺腫瘍9例のうち癌性リンパ管症を伴うものが5例)、間質性肺炎および肺線維症5例、結核性肺疾患4例、リンパ腫1例、過誤腫1例、過敏性肺臓炎1例、ウイルス性肺炎1例、塵肺症1例、器質性肺炎1例であった。各症例の正常構造と異常影のQRの描出能を8人の放射線科医(胸部放射線診断を主に担当し、経験年数は3年から14年)が7段階(0:SFよりきわめて劣る、1:SFより劣る、2:SFよりやや劣る、3:SFと同等である、4:SFよりやや優れる、5:SFより優れる、6:SFよりきわめて優れる)で評価した。統計学的検討は、SFのスコアをすべて3とし、QRの各正常構造、異常影についてのスコアとSFのスコアをWilcoxon符号付順位和検定により検討した。

正常構造の検討項目は気管および左右主気管支内腔の輪郭、奇静脉食道陷凹、高濃度部の肺血管影、低濃度部の肺血管影、下行大動脈左縁、心陰影に重なる椎体影、葉間胸膜である。なお、SF、QRともに描出されなかった構造あるいは読影者が判別できなかった構造は評価から除外し、8人の読影者について評価できるものをすべて合計したものを総標本数(総回答数)nとした。

異常影の検討項目は直径5mm以上の結節影(高濃度部40病変(総標本数320)、低濃度部40病変(総標本数320))、直径5mm未満の粒状影(高濃度部27病変(総標本数216)、低濃度部28病変(総標本数224))、網状影(高濃度部12病変(総標本数96)、低濃度部9病変(総標本数72))、線状影(高濃度部14病変(総標本数112)、低濃度部4病変(総標本数32))、索状影(高濃度部17病変(総標本数136)、低濃度部11病変(総標本数88))、石灰化(高濃度部4病変(総標本数32)、低濃度部2病変(総標本数16))とすりガラス様陰影(高濃度部16病変(総標本数128))である。異常陰影が多発性あるいはびまん性に認められる場合には、左右ならびに上中下肺野などに分けて検討した。そして各異常影について右下肺野、左上肺野などのそれぞれについての回答数をすべて合計したものを総標本数(総回答数)nとした。

結 果

1. 被曝線量の評価

曝射時間を変化させて10cm厚アクリル板を撮影した時のSFのフィルム濃度をTable 2に示す。そしてこれらの曝射時

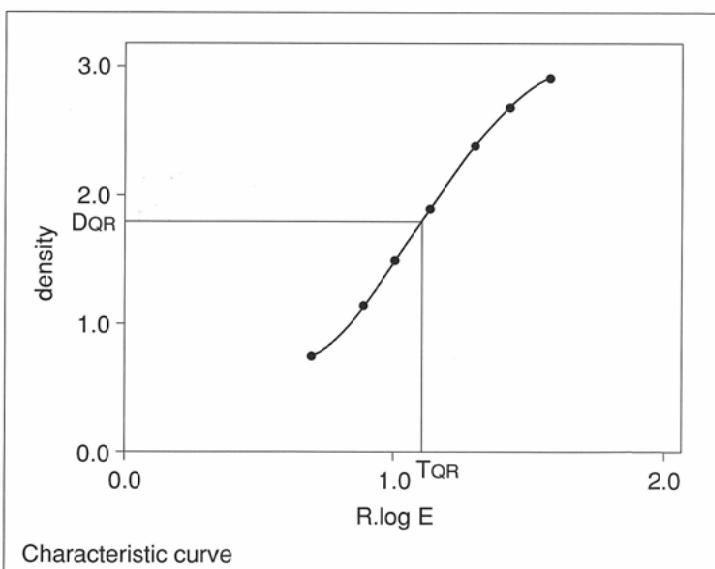
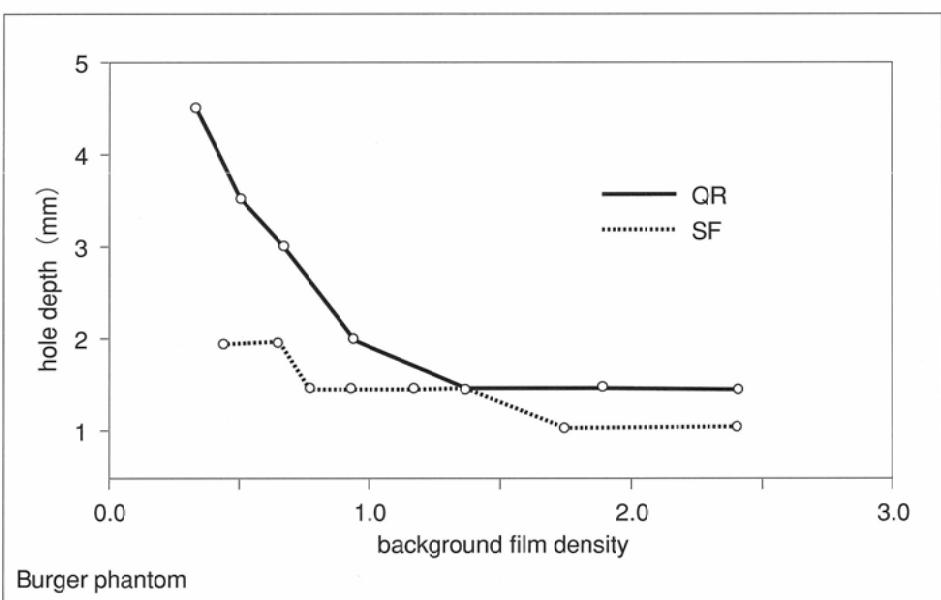
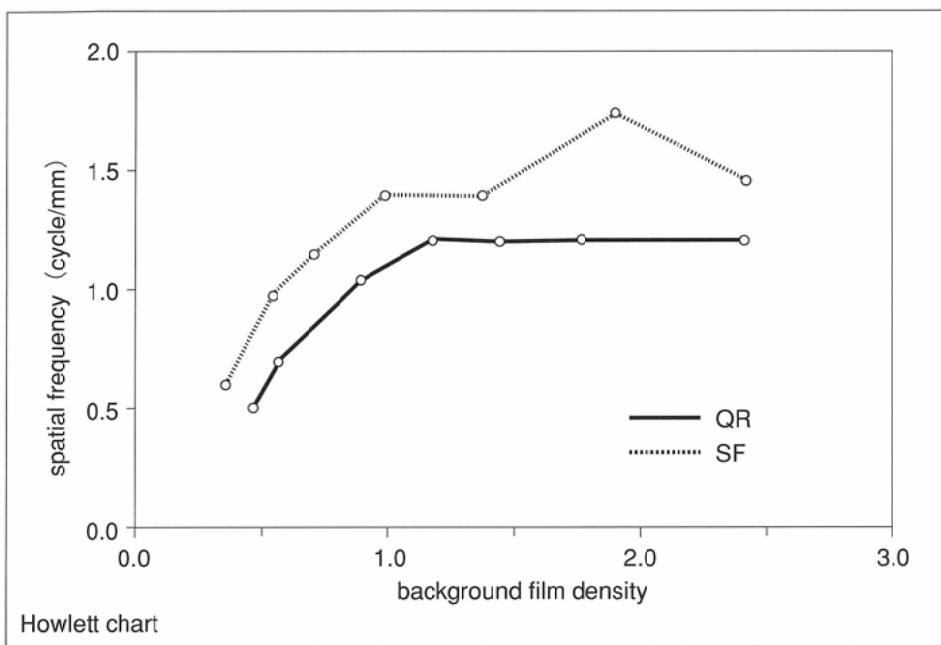


Fig.4 shows the characteristic curve of SF in the evaluation of relative exposure dose. TQR was obtained as exposure time corresponding to DQR on this curve.



間とフィルム濃度の関係を表す特性曲線をFig.4に示す。胸厚23.5cmと14cmのボランティアをSFで撮影した時の曝射時間TSF1, TSF2はそれぞれ30.0msec., 17.1msec.であった。なお、この二人のボランティアの画像は適正なフィルム濃度が得られた。10cm厚アクリル板をQRで撮影した時のフィルム濃度DQRは1.80であった。Fig.4の特性曲線上でDQRに対応する曝射時間TQRは12.5msec.で、これはTSF1の約41.7%, TSF2の約73.1%であった。

2. 画像工学的評価

QRとSFの各バックグラウンドフィルム濃度における空間分解能をFig.5に、同様に各バックグラウンドフィルム濃度における濃度分解能をFig.6に示す。QRの空間分解能はSFに

比べやや劣っていたが、QRの濃度分解能はすべての濃度域でSFよりも優れており、特に低濃度域において際立っていた。

3. 臨床的評価

正常構造と異常影の読影実験の結果をそれぞれTable 3A, Table 3Bに示す。正常構造、異常影ともにすべての検討項目に関するQRの検出能がSFのそれよりも有意に優れていた。Fig.7~11に実際の症例を示す。

考 察

QRはフィルムレスの画像診断³³⁾⁻³⁵⁾、画像処理、容易な画像管理と伝送などの他のデジタル画像と同様の特徴を持ち、さらに少ない被曝線量で臨床的に優れた画質を得る目的で開発、研究が行われた。QRの今回の検討結果より、以下のような考察が得られた。

1. 被曝線量の評価

QRはファントームスキャンであるがSFは一回全体曝射であるという照射方式の違い、QRではスリットと連動するセンサユニットには捉えられない“無駄な”照射線量があること、そしてQRは線量が一定(120kV, 80mA, 1.4秒のファントームスキャン)であることなどを考慮して、被曝線量の相対的な比較にはSFの増感紙とX線フィルムを組み合わせ

たカセットをセンサーとして用いた。

QRとSFの管電圧と距離は等しい(120kV, 200cm)ため、測定系をSFに統一することにより相対的な被曝線量の比較は曝射時間の比較によって行うことができる。その結果、線量が常に一定なQRのSF相当の曝射時間TQRは12.5msec.で、これは胸厚23.5cm, 14.0cmの人体をフォトタイマーを使用しSFで撮影した時のそれぞれの曝射時間TSF1の約41.7%, TSF2の約73.1%であった。これはあくまでもQRとSFの被曝線量を概算的に比較した結果に過ぎないが、QRの低線量撮影を示すひとつの指標になり得ると考えられた。SFが増感紙とX線フィルムの感光材料という媒体を介して画像を作成するためX線の利用効率が悪いのに対し、QRは被写

Table 3 A and B show the results of clinical evaluation. QR was superior to SF in the description of all normal structures and all kinds of abnormal shadows examined in this study.

A Description of normal structures

shadow	result	p	mean	S.D.	n
inner margin of trachea, main bronchi	> SF	< 0.0001	4.6125	0.4634	320
azygo-esophageal recess	> SF	< 0.0001	4.5055	0.6660	272
pulmonary vasculature (HODA)	> SF	< 0.0001	4.2844	0.6841	328
pulmonary vasculature (LODA)	> SF	< 0.0001	4.5748	0.6022	592
left margin of descending aorta	> SF	< 0.0001	4.1207	0.7996	288
vertebrae behind heart	> SF	< 0.0001	4.7719	0.4828	320
minor fissure	> SF	< 0.0001	3.8326	0.9973	216

HODA: high optical density area, LODA: low optical density area

B Description of abnormal shadows

shadow	result	p	mean	S.D.	n
nodule (HODA)	> SF	< 0.0001	3.8239	0.9231	320
nodule (LODA)	> SF	< 0.0001	4.5531	0.6744	320
micronodule (HODA)	> SF	< 0.0001	4.3510	0.7466	216
micronodule (LODA)	> SF	< 0.0001	4.6741	0.5571	224
reticular (HODA)	> SF	< 0.0001	4.3333	0.6754	96
reticular (LODA)	> SF	< 0.0001	4.7500	0.5753	72
linear (HODA)	> SF	< 0.0001	4.3930	0.6350	112
linear (LODA)	> SF	< 0.0001	4.7813	0.6082	32
band-like (HODA)	> SF	< 0.0001	4.2206	0.6632	136
band-like (LODA)	> SF	< 0.0001	4.6705	0.5408	88
calcification (HODA)	> SF	< 0.0001	4.9375	0.6690	32
calcification (LODA)	> SF	0.0004	5.3125	0.6021	16
ground glass opacity	> SF	< 0.0001	3.6406	0.8761	128

HODA: high optical density area, LODA: low optical density area



(A)



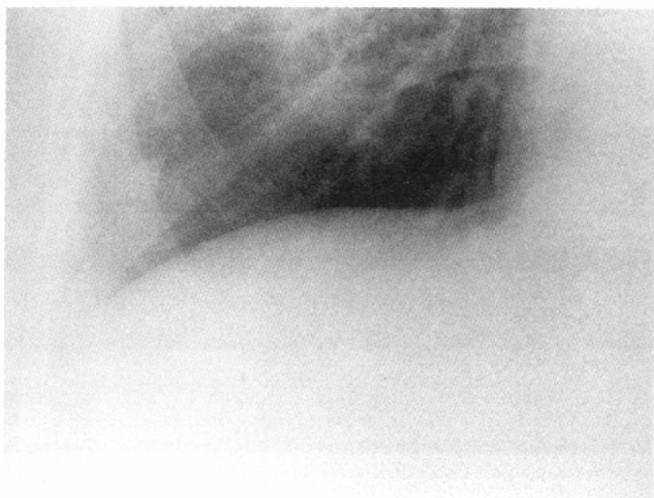
(B)

Fig.7 66 years old male with lung cancer (small cell carcinoma). QR(B) shows better description of a nodule in the right retrodiaphragmatic lung field, pulmonary vasculature and vertebrae than SF (A).

体を透過したX線のフォトン数を直接計数し効率よく画像化するため、今までの単純X線撮影に比べ少ないフォトン数すなわち低線量での画像化が可能であると考えられた。臨床的には胸部以外に、低線量で撮影することが望まれる小児や婦人科疾患の撮影にも応用が考えられる。

2. 画像工学的評価

デジタル画像の優劣を評価する指標のひとつに、空間分解能と濃度分解能がある。画像のきめ細かさと、コントラストの良し悪しをもって画質を評価する方法である。胸部の広いダイナミックレンジを考慮して、チャートやファン

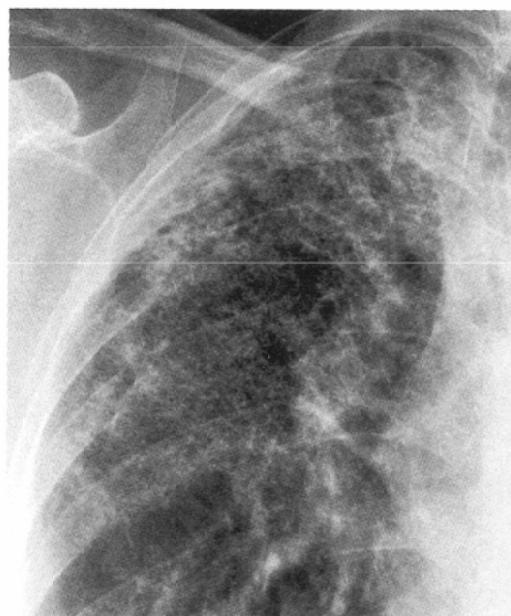
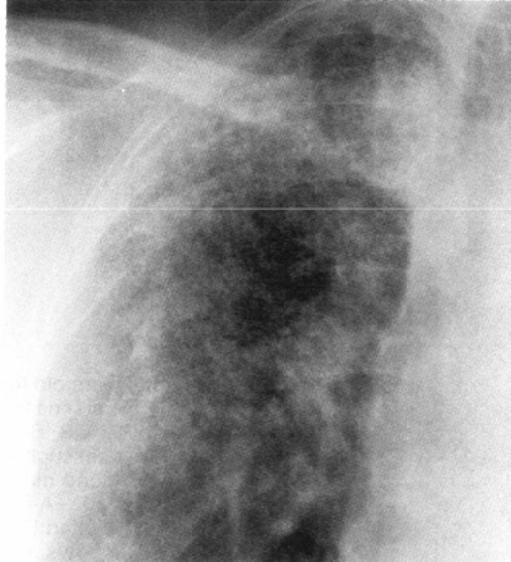


(A)



(B)

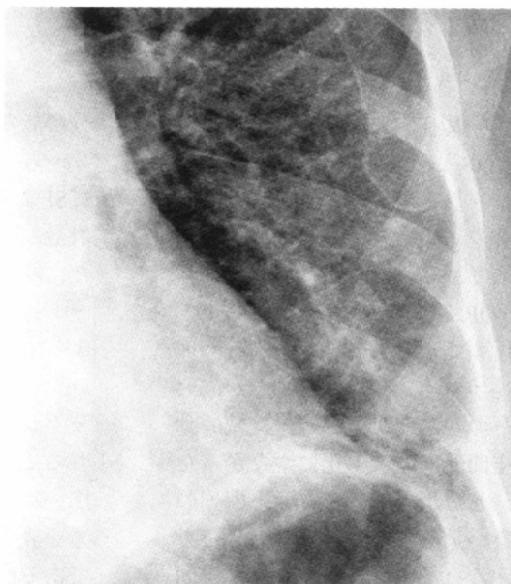
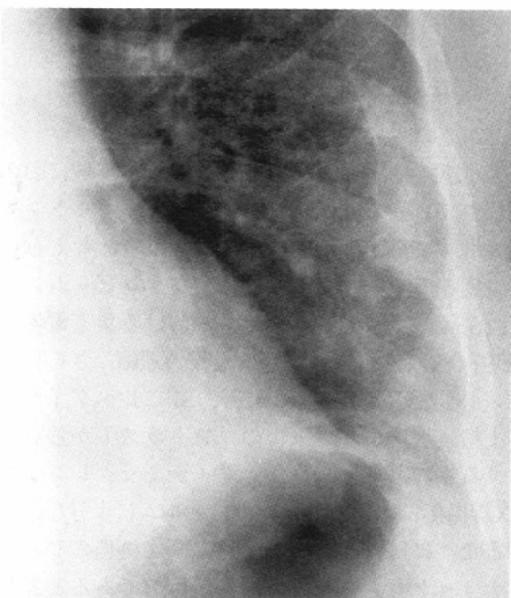
Fig.8 43 years old female with pulmonary tuberculoma. QR (B) shows better description of calcified nodules in the right lower lung field and the right retrodiaphragmatic lung field, pulmonary vasculature and vertebrae than SF (A).



A

B

Fig.9 57 years old female with pneumoconiosis. QR (B) shows better description of reticular shadow in the right upper and middle lung field and inner margin of trachea and right main bronchus than SF (A).



A

B

Fig.10 48 years old female with pulmonary fibrosis. QR (B) shows better description of band-like shadow in the left lower lung field and the left retrocardiac lung field than SF (A).

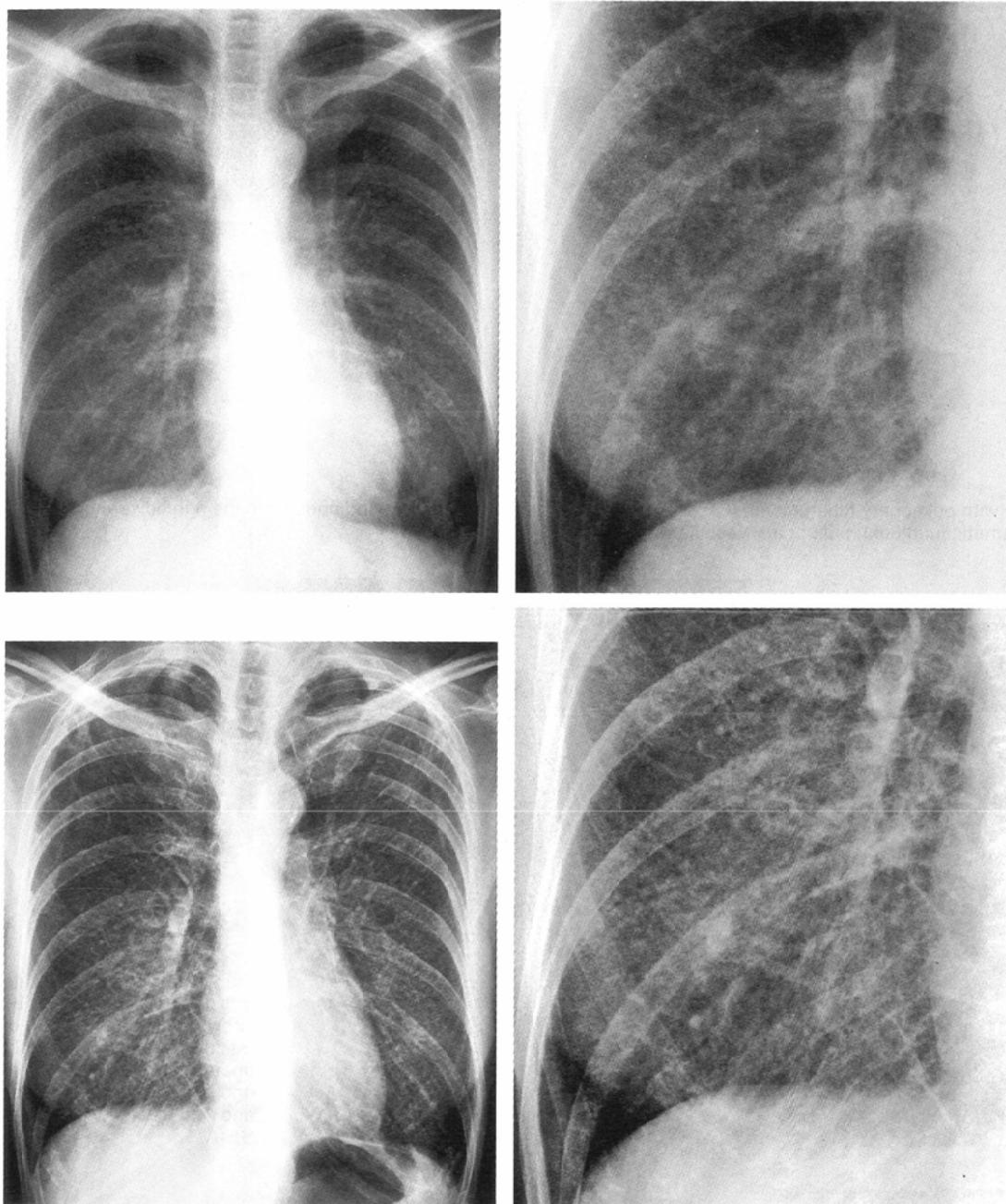


Fig.11 60 years old female with hypersensitivity pneumonitis. QR (B-1) shows better description of diffuse ground glass opacity than SF (A-1). Fig. 11A-2(SF) and Fig. 11B-2(QR) shows the close up views of the right middle and lower lung field.

トムを付けて撮影するアクリル板の厚さを6cmから2cmきまで20cmまで変化させ、QRとSFの各分解能を比較した。

QRの空間分解能はすべてのフィルム濃度域においてSFに劣っていた。デジタル計測系でしばしば問題になるエイリオスは、構造上の対策によりQRではほとんど発生しないことから、今回の評価結果は信頼できるものと思われる。理論的にはQRの空間分解能はもう少し高いはずであるが、センサー配列の精度、センサーの安定度、撮影時の機械的動作による振動などの要因が空間分解能の劣化につながったのではないかと考えられた。したがって、センサー配列の精度を上げ、数え落としのないように安定したセンサーを作成し、撮影時の振動を抑えるなどの対策をとれば、空間

分解能の向上が望めるものと考えられた。

一方、QRの濃度分解能はすべてのフィルム濃度域においてSFよりも優れていた。これは低エネルギーのフォトンも計数して画像化するQRの特性を反映したものと考えられた。特に低濃度域で際立っていたのは、ファンビームスキャンによる散乱線の低減と、センサーにおける集束電界によるX線の良好な集束性と2次X線の飛程の短縮、さらにバックグラウンド濃度が同じであっても、SFに比べダイナミックレンジ圧縮処理により対象物のコントラストが強調されることによるものと考えられた。ダイナミックレンジの広い胸部のX線撮影において、一枚のフィルムに十分な情報量を表現するためには、デジタル画像の画像処理のひとつであるダイナミックレンジ圧縮処理は不可欠であると思わ

れた。

3. 臨床的評価

QRが多様な胸部疾患の画像診断に対応できるかどうかを調べるために、様々な陰影を有する42例の撮影を行い、正常構造と異常影の描出能をSFと比較検討した。評価法は主観的なものであるが、臨床画像に含まれるノイズとシグナルの問題^{16),17),36)}を併せて評価するために、あえて本法を選んだ。

正常構造、異常影とともにフィルムの高濃度部(末梢肺野)と低濃度部(縦隔、横隔膜に重なる肺野)に分けて検討したが、QRはすべての検討項目についてSFよりも描出能が優れていた。これは基礎的検討で明らかになったQRの良好な濃度分解能を反映したものと考えられた。特にスリガラス様陰影のような淡い陰影や低濃度部の陰影の優れた描出能は、低エネルギーのフォトンも計数して画像化するQRの特徴と、ダイナミックレンジ圧縮処理の効果によるものと思われた。石灰化陰影の描出に関しては従来エネルギーサブトラクション法の有用性が指摘されてきたが^{12),37)-40)}、QRは本法を用いずとも石灰化を十分に描出することが可能で、これも良好な濃度分解能を反映したものと考えられるが、結節影の優れた描出能と併せて肺癌のスクリーニング診断に有用であると考えられた。また、基礎的評価で明らかになったQRの空間分解能がSFよりも劣ることは、今回対象とした陰影に関しては、診断上問題にならない範囲内のものであると考えられた。過去の報告では、デジタル画像において微細な陰影の検出に空間分解能が大きな影響を及ぼすと指摘されていたが^{9),27),41),42)}、濃度分解能もかなり大きな要因を占めることが考えられた。この優れた濃度分解能は、フィルムレスのCRT診断にとって大きな利点となり得ることが考えられた。また、胸部のみならず、石灰化、骨化の程度をみる整形外科的疾患や乳房、冠動脈の撮影への応用も将来的には考えられる。

ま と め

1)新しいデジタル画像であるQRの胸部疾患の診断における有用性を評価するために、基礎的ならびに臨床的検討を從

來のSFと比較して行った。

- 2)被曝線量の評価では、QRの線量はSFの線量よりも少なく、胸厚の厚い人体をSFで撮影した時の約41.7%、胸厚の薄い人体をSFで撮影した時の約73.1%であった。これは増感紙やX線フィルムなどの媒体を介さず、到達したフォトン数を直接計数するQRの特徴を示すものと考えられた。
- 3)画像工学的評価では、QRの空間分解能はSFのそれに劣っていたが、これはセンサーの配列と安定性、装置の振動などの要因を改良することにより改善される可能性があると考えられた。一方、QRの濃度分解能はすべてのフィルム濃度上でSFのそれよりも優れており、低エネルギーのフォトンも計数して画像化するQRの特徴を示すとともに、QRが画像処理として採用しているダイナミックレンジ圧縮処理の有用性を示すものと考えられた。
- 4)臨床的評価では、正常構造、異常影とともにすべての検討項目でQRの描出能がSFのそれよりも優れていた。これはQRの優れた濃度分解能を反映したもので、空間分解能の多少の劣化は今回検討した陰影の診断に関しては臨床上問題にならないと考えられた。特に結節影および石灰化の良好な描出能は、肺癌のスクリーニングに有用であると考えられた。
- 5)従来のSFに比べ低線量で撮影でき、臨床的にも様々な陰影をより良好に描出することのできるQRは、胸部疾患の画像診断に有用であると考えられた。

稿を終えるに当たり、本研究に御協力をいただきました(株)島津製作所の喜利元貢、石田進一郎、浮田昌昭諸氏に深く感謝致します。そして撮影、実験に御協力をいただきました放射線医学教室と中央放射線部の諸兄に心より感謝申し上げます。

本論文の要旨は第53回日本医学放射線学会総会(平成6年4月、神戸)、第54回日本医学放射線学会総会(平成7年4月、名古屋)、第55回日本医学放射線学会総会(平成8年4月、横浜)、第81回北米放射線学会議(平成7年12月、シカゴ)および第82回北米放射線学会議(平成8年12月、シカゴ)にて報告した。なお本研究の一部は平成6年度文部省科学研究費補助金一般研究(C)(課題番号06670921)、平成7年度文部省科学研究費補助金一般研究(C)(課題番号07671003)および平成9年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)(課題番号09670933)の援助を受けた。

文 献

- 1) Kelsey CA, Lane RG, Moseley RD, et al: Chest radiographs obtained with shaped filters: evaluation by observer performance tests. Radiology 159: 653-655, 1986
- 2) Plewes DB, Wandtke JC: A scanning equalization system for improved chest radiography. Radiology 142: 765-768, 1982
- 3) Gray JE, Stears JG, Swensen SJ, Bunch PC: Evaluation of resolution and sensitometric characteristics of an asymmetric screen-film imaging system. Radiology 188: 537-539, 1993
- 4) Swenson SJ, Gray JE, Brown LR, et al: A new asymmetric screen-film combination for conventional chest radiography: evaluation in 50 patients. AJR 160: 483-486, 1993
- 5) Vlasblom H, Shuitze Kool LJ: AMBER: A scanning multiple-beam equalization system for chest radiography. Radiology 169: 29-34, 1988

- 6) 糸氏英一郎, 河野通雄: 肺野腫瘍病変におけるAMBERの有用性に関する基礎的ならびに臨床的研究. 日本医学会誌 54: 1252-1262, 1994
- 7) Kagetsu NJ, Zulauf DR, Ablow RC: Clinical trial of digital teleradiology in the practice of emergency room radiology. Radiology 165: 551-554, 1987
- 8) Goodman LR, Wilson CR, Foley WD: Digital Radiography of the Chest: Promises and Problems. AJR 150: 1241-1252, 1988
- 9) 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
- 10) Jose C, Miguel S, Pablo G, et al: Digital chest radiography: comparison of unprocessed and processed images in the detection of solitary pulmonary nodules. Radiology 195: 253-258, 1995
- 11) Oestmann JW, Greene R, Rubens JR, et al: High frequency edge enhancement in the detection of pulmonary lines: parity between storage phosphor digital images and conventional chest radiography. Invest Radiol 24: 643-646, 1989
- 12) 上村良一: 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—. 日本医学会誌 52: 308-319, 1992
- 13) 糸氏英一郎, 河野通雄, 足立秀治, 他: 肺癌診断におけるコンピューテッド・ラジオグラフィー(CR)の有用性に関する検討. 日医学会誌 53: 655-666, 1993
- 14) Oestmann JW, Kushner DC, Bourguin 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
- 15) MacMahon H, Vyborny CJ, Sabeti V, et al: The effect of digital unsharp masking on the detectability of interstitial infiltrates and pneumothoraces. Pro SPIE 555: 246-252, 1985
- 16) 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. 日本医学会誌 50: 1485-1498, 1990
- 17) 土井邦雄: デジタルラジオグラフィーの基礎と将来の可能性. 日本医学会誌 49: 1-4, 1989
- 18) Dobbins JT III, Rice JJ, Beam CA, et al: Threshold perception performance with computed and screen-film radiography: implications for chest radiography. Radiology 183: 179-187, 1992
- 19) 三原一博, 船橋正夫, 安部勝人, 他: FCR (Fuji computed radiography) システムを用いてX線撮影を行う場合の照射線量と検出能の関係について(ハウレットチャートを用いて). 富士メディカルフォーラム 161: 47-53, 1989
- 20) 足立晋, 浮田昌昭, 石田進一郎, 他: 量子計数型X線撮像法の開発. 島津評論 49: 185-189, 1992
- 21) 石田進一郎, 浮田昌昭, 佐藤敏幸, 他: 量子計数型X線撮影装置の開発. 島津評論 51: 5-9, 1994
- 22) 木村和彦, 河野通雄, 糸氏英一郎, 他: 量子計数型X線撮影法による肺野結節影の検出能の評価—基礎的ならびに臨床的検討—. 日本医学会誌 55: 343-344, 1995
- 23) Sommer FG, Smathers RL, Wheat RL, et al: Digital processing of film radiographs. AJR 144: 191-196, 1985
- 24) 山崎克人: 胸部X線写真のデジタル化画像に関する研究. 日本医学会誌 49: 327-334, 1989
- 25) Sonoda M, Takano M, Miyahara J, Kato H: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology 148: 833-838, 1983
- 26) Templeton AW, Dwyer SJ III, Cox GG, et al: A digital radiology imaging system: description and clinical evaluation. AJR 149: 847-851, 1987
- 27) 秋田真一: びまん性間質性病変におけるFCR ライフサイズ像の臨床評価. 日本医学会誌 51: 1306-1313, 1991
- 28) Oestmann JW, Prokop M, Schaefer CM, et al: Hardware and software artifacts in storage phosphor radiography. Radiographics 11: 795-805, 1991
- 29) Ikezoe J, Takeuchi N, Kido S, et al: Dynamic range control processing of digital chest images. A clinical evaluation. Acta Radiol 37: 107-115, 1996
- 30) Kushner DC, Cleveland RH, Herman TE, et al: Low-dose flying spot digital radiography of the chest: sensitivity studies. Radiology 163: 685-688, 1987
- 31) Baba S, Tsutsui H, Ohmori K: A high speed cadmium telluride radiation detector. IEEE Trans on NS 40: 56-62, 1993
- 32) Tsutsui H, Ohtsuchi T, Ohmori K, et al: CdTe semiconductor X-ray imaging sensor and energy subtraction method using X-ray energy information. IEEE Trans Nucl Sci 40: 95-101, 1993
- 33) 伊藤善之, 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—基礎的及び臨床的検討—. 日本医学会誌 48: 1024-1031, 1988
- 34) 孫田誠三: CRT画像における胸部ファントム腫瘍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—. 日本医学会誌 49: 1038-1046, 1989
- 35) Ishigaki T, Endo T, Ikeda M, et al: Subtle pulmonary disease: detection with computed radiography versus conventional chest radiography. Radiology 201: 51-60, 1996
- 36) 土井邦雄: X線画像の信号検出と視覚特性の重要性. 日放学会誌 43: 694-729, 1987
- 37) 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
- 38) 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
- 39) Niklason L, Hickey NM, Chakraborty DP, et al: Simulated pulmonary nodules: detection with dual-energy digital versus conventional radiography. Radiology 160: 589-593, 1986
- 40) Ergun DL, Mistretta CA, Brown D, et al: Single-exposure dual-energy computed radiography: improved detection and processing. Radiology 174: 243-249, 1990
- 41) Ikezoe J, Kohno N, Kido S, et al: Interpretation of subtle interstitial chest abnormalities: conventional radiography versus high resolution storage phosphor radiography; a preliminary study. J Digit Imaging 8: 31-36, 1995
- 42) Fajardo LL, Hillmann BJ, Pond GD, et al: Detection of pneumothorax: comparison of digital and conventional chest imaging. AJR 152: 475-480, 1989