

器でエックス線を受けるものがある（図1）。つまり、可視光情報をフィルムで受光するのがアナログ写真であり、可視光情報あるいはエックス線エネルギーを半導体検出器などでデジタル情報に変換した後、フィルムイメージャに転送し、フィルムに出力するのが DR 写真である。レーザー光を照射して読み出す必要がある CR 写真と比べ、DR 写真の方が原理的にはアナログ写真に近いといえる。フィルムに出力しているので、シャウカステンに掛け、じん肺標準写真と比較しながら読影観察することが可能である。DR 写真は以下のような特徴を有している⁽¹⁾。

- 1) X線検出効率が高いので、画質を低下させずに患者被曝線量の低減が可能である。
- 2) 短時間に多数の画像が撮影できるので、エネルギー差分などの応用が広い。
- 3) 撮影と処理が一体化されているので、検査処理能力が高い。

2. 症例

研究協力施設である福島労災病院において、院内倫理委員会の承認を受けた後、じん肺患者10名において、フィルム法による胸部エックス線写真とDRシステム（キャノン社製）による胸部エックス線写真を撮影した。さらに、種々のじん肺エックス線分類の症例を加えるために、福井大学医学部国際社会医学講座環境保健学領域の日下幸則教授に協力依頼を行い、フィルムとDRで撮影されたじん肺症例の提供を受けた。

これらの症例の中から、平成17年度は読影実験用として、エックス線分類の第0型、第1型、第2型、第3型を数例ずつ、計25例を選択した。

平成18年度では第0型と第1型の10例を追加して選択し同様の検討を行った。また、不整形陰影4例について別途合議にて検討を行った。

さらに、検討に用いた症例のうち4例において

は、種々のパラメータで表示されたフィルムを用意した。また、キャノン社の症例に加えて、他のDR装置を出しているメーカーの症例も収集した。

3. 症例検討

分担研究者に加えて、中央あるいは地方じん肺審査医を担当している4名（計5名）の研究協力者が集まり、症例検討を行った。

（1）キャノン社製 DR における画像処理条件の検討

DRの画像処理は、CRの画像処理（表1）と同様で大きく分けて、階調処理と周波数処理の2つがあり、階調処理はデジタル情報を出力する際に濃度とコントラストを調整する処理、周波数処理は鮮鋭な画像を得るために特定の周波数領域を強調する処理をいう。キャノン社では、階調処理パラメータとして、コントラスト、対応濃度、階調曲線があり、周波数処理パラメータとして強調周波数、強調度がある（表2）。そこで、CRにおいて設定された画像処理条件に対応するDR処理条件を基準に、同じ症例で、DRのパラメータを種々に変更表示したフィルムを作成し、それらを並列して観察することによって、適切な条件を合議で検討した。

（2）じん肺症例の読影実験

平成17年度の25例、18年度の10例のじん肺患者において（それぞれの患者にフィルムとDRの2枚の胸部エックス線写真を撮影）、フィルムとキャノン社DR写真（前項の検討で適正に表示された画像）をランダムな順序で1枚ずつ提示し、各読影者が独立して、エックス線分類（第0型、第1型、第2型、第3型）を判定した。読影の一致率をフィルムとDR間、および読影者間で比較し、一致率の検討にはKappa解析を用いた。

また、読影実験終了後、同じ症例のフィルムとDRを並べて観察し、その違いに関して合議での検討も行った。

(3) キヤノン社以外のメーカーのフィルムの検討

キヤノン社以外に、GE社、フィリップス社、シーメンス社、東芝社、日立社、島津社からDR装置が販売されているので、まず、各社の表示パラメータとキヤノン社のパラメータの関係を整理した。次に、キヤノン社DRの最適表示条件に近い処理条件を基準に、各社のパラメータを変化させた画像を2-3例用意し、これらのフィルムを並列して観察し、適切条件を検討した。

C. 研究結果

1. キヤノン社製DRにおける最適画像条件

CRで定められたパラメータの適切条件に対応するキヤノン社DRのパラメータは当初、濃度17-20, コントラスト14-17, 周波数強調0-4, に対応すると考えられた。

しかし、3例において種々の表示条件で作成した画像の検討において、周波数強調を加えた画像はフィルム画像と画質がかなり異なることが指摘され、濃度17-20, コントラスト14-17, 周波数強調は0-1が適切と判定された(図2)。

2. 平成17年度と平成18年度の読影実験の解析

平成17年度に検討を行った25例と平成18年度に追加検討した10例は、同一の読影者が同一の方法で行ったデータであるので、両者を合算し、35症例を1つのデータとして解析を行った。表3は、35症例における5人の判定を、のべ175症例とし、フィルム画像とDR画像の判定の実数を示したものである。表4は両者の相違のまとめ、表5は、5人の判定の中央値をその症

例の判定とした場合のフィルム画像とDR画像の判定を比較したものである。35例中29例(82.8%)で一致がみられ、このデータのKappa解析では、Kappa値は0.7448で良好な一致率を示した(表6)。個別の読影者の判定におけるフィルムとDRの一致度をKappa解析でみたものが表7で、平均値はやや低下しているが、同様に良好な一致率を示した。また、2読影者間のばらつきをKappa値でみたものが表8で、平均して、フィルム画像では、0.6072、DR画像では、0.6968を示し、フィルム画像とDR画像では、ばらつきは同等ないしは、DR画像の方がやや小さいという結果が得られた。

また、4例の不整形陰影において、フィルムとDRの描出能の比較検討を5人の読影者の合議によって行ったが、じん肺エックス線分類の判定が異なる症例はみられなかった。

3. キヤノン社以外のメーカーDRにおける最適表示条件

(1) 撮影条件

アナログ撮影装置の際と同様に縮小光学系を採用しているものは不適合とした。またメーカーごとに階調処理、周波数処理に関するパラメータを確認した。さらに、今回検討した画像処理条件が担保されていることを確認するために、その他処理条件が撮影後のフィルム上で確認できることを必須とした。

(2) 画像処理条件

複数の周波数帯域を個別に制御できるマルチ周波数処理は、標準写真との乖離が大きくなることが確認できたので、認めないこととした。

(3) その他の表示条件(メーカー別)

メーカーごとに2症例で種々の条件で表示さ

れた画像の比較検討を行い、読影者がじん肺審査に適切と判断できる範囲を合議により判定した。また、その結果を試案に表した。

4. 症例の例示

検討会で用いられたいくつかの症例を図3-5に示す。

D. 考察

1. じん肺健康診断におけるデジタル画像の応用について

我が国では、じん肺法に基づいて、じん肺健康診断が実施され、胸部エックス線写真は管理区分を決定する上で必須の検査法である。フィルム法によって撮影された胸部エックス線写真を、同じくフィルム法によって撮影された標準フィルムとの比較によってエックス線分類が判定されてきた。しかし、近年の画像撮影技術の進歩により、CRあるいはDRといったデジタル胸部エックス線写真が登場し、急速に臨床の場に拡がりをみせている。近い将来、フィルム法による胸部エックス線写真は無くなることが予想されている。したがって、じん肺健康診断においても、これらのデジタル画像を用いた場合の対応を早急に考えなければならぬ時期にきていると考えられる。

デジタル画像では、画像処理によって画像表示を自由に変化させることが可能であるために、現在の標準フィルムにできるだけ近い形に、その撮影や表示の条件を適切に決めておかなければ、じん肺健康診断に利用することができない。逆に、この自由度があるために、現在、国際的にみると、じん肺の評価にはILO分類においても、フィルム法で撮影された胸部エックス写真を2組の標準フィルムと比較して判定することになっており、デジタル胸部エックス線写真の利用は認められていない⁹⁾。一方、日本においても、フィルム法に

よるじん肺健康診断が続けられ、じん肺に対するデジタル画像による解析報告もほとんどみられない。佐々木ら¹⁰⁾はじん肺標準フィルムをデジタル化してテクスチャー解析によって定量的解析を試みたが、標準フィルムに存在する大きなばらつきによって、珪肺以外のじん肺ではエックス線分類とテクスチャー指標との間に有意な相関はなかったと報告している。しかし、CRは日本発の技術¹¹⁾であり、普及も急速にすすんでいることもあって、平成13年に厚生労働省の研究班の検討を基にCRをじん肺健康診断に利用することが認められた²⁾。CRに引き続いて、フラットパネル検出器を用いたDR写真が登場し、現在、臨床に普及しつつある。今回の研究は、このDRの登場を背景に、じん肺健康診断にDR写真を利用することの可能性について検討したものである。今回の検討において、適切な撮像表示条件が守られれば、DRによるじん肺エックス線分類の判定は、フィルムによる判定とほとんど変わらないことが明らかとなった。

2. 読影における判定のばらつきについて

じん肺エックス線分類の判定においては、読影者間のvariabilityは、ある程度避けられない¹²⁾。今回の検討においても、同一症例のフィルムとDRの間、あるいは、同一症例の読影者間に若干のばらつきがみられた。まず、同一症例のフィルムとDRの間のばらつきの原因として、撮影されたフィルム法によるエックス線写真が必ずしも最適な条件で撮影されていないことが上げられる。このために、個々の読影者がもっている病変密度の判定基準で判定した場合にフィルム判定がばらつき、同一症例のフィルムとDRの間の判定に影響した可能性が考えられる。また、この点はフィルムにおける同一症例に対する読影者間のばらつきの一因でもあると考えられる。一方、デジ

タル画像においても、じん肺標準写真に近い表示条件としたために、本来の臨床で最適とされるDR画像とは異なるパラメータを用いた画像表示となり、画質の点で必ずしも最適なものになっていない可能性がある。加えて、今回の読影実験でDR画像がフィルムに比べてやや高めの判定となる傾向も認められた。おそらく、これらの複数の要因によって、デジタル画像のじん肺エックス線分類のばらつきが引き起こされたものと推測される。しかし、平成17年度と平成18年度を合わせたデータで、フィルムとDRの間には82.8%の一致率がみられ、Kappa解析でも、Kappa値は0.7448と良好な一致率を示したことから、じん肺エックス線分類の判定において、フィルムとDRの間には有意の差がないと判断することができると思われる。むしろ判定のばらつきという点からみると、ばらつきはフィルムよりもDRの方が小さいことが示されたことから、DRの方が安定した判定が可能と言えるのかもしれない。結論として、一定の適正な条件が定められれば、じん肺判定においてフィルムとDRの間には本質的な違いがないと考えられる。

3. メーカー間の相違について

平成17年度の検討では、メーカーごとにパラメータが異なり、さらに撮影者側で変更できない場合や、パラメータが連動して動く場合があるために、キャノン社のDRで設定したような適切パラメータの範囲設定を他のメーカーではできない場合があることが明らかになった。そこで、メーカーの協力を得て、メーカーごとに適切表示条件をどのように設定するのか、十分な検討を要請した。その結果、平成18年度では、各メーカーのDR写真において、撮像表示においてポイントとなるパラメータを設定することができた。

また、周波数処理においては、読影者の合議に

よって、できるだけ入れない方が標準フィルムに近いという結論になったため、各メーカーにもこの方針を伝え、周波数処理を極力控え、階調処理を主として行うパラメータを設定した。

E. 結論

平成17年度および平成18年度の研究において、適切な撮像表示条件で得られたDR画像は、じん肺エックス線分類の判定において、従来のフィルムあるいはCR画像と同等の診断能を有すると考えられた。したがって、別表試案の条件を満たせば、じん肺健康診断に使用することが可能であることが示唆された。

F. 健康危険情報

とくに記載すべきものはない。

G. 研究発表

とくに記載すべきものはない。

H. 知的財産権の出願・登録状況

とくに記載すべきものはない。

I. 特許取得

とくに記載すべきものはない。

J. 参考文献

1. McAdams HP, Samei E, Dobbins III J, et al. Recent advances in chest radiology. *Radiology* 2006; 241: 663-683.
2. じん肺健康診断へのCRの活用に関する調査研究検討会-報告書、中央労働災害防止協会、平成13年3月.
3. Uffmann M, Neitzel U, Prokop M, et al. Flat-panel-detector chest radiography:

- effect of tube voltage on image quality. Radiology 2005; 235: 642-650.
4. Metz S, Damoser P, Hollweck R, et al. Chest radiography with a digital flat-panel detector: experimental receiver operating characteristic analysis. Radiology 2005; 234: 776-784.
 5. Kroft LJ, Veldkamp WJ, Mertens BJ, et al. Comparison of eight different digital chest radiography systems: variation in detection of simulated chest disease. Am J Roentgenol 2005; 185: 339-346.
 6. Ono K, Yoshitake T, Akahane K, et al. Comparison of a digital flat-panel versus screen-film, photofluorography and storage-phosphor systems by detection of simulated lung adenocarcinoma lesions using international classification of radiographs of pneumoconiosis. ILO 2002.
 10. 佐々木康夫 他 じん肺標準写真のテクスチャー解析による定量的評価. 日本医放会誌 1992; 52: 1385-1393.
 11. Sonoda M, Takano M, Miyahara J, et al. Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology 1983; 148: 833-838.
 12. Ducatman AM. Variability in interpretation of radiographs for asbestosis abnormalities: problems and solutions. Ann NY Acad Sci 1991; 643: 108-120.
 7. Harmer OW, Sirlin CB, Strotzer M, et al. Chest radiography with a flat-panel detector: image quality with dose reduction after copper filtration. Radiology 2005; 237: 691-700.
 8. Bacher K, Smeets P, Vereecken L, et al. Image quality and radiation dose on digital chest imaging: comparison of amorphous silicon and amorphous selenium flat-panel systems. Am J Roentgenol 2006; 187: 630-637.
 9. Guidelines for the use of the ILO
- <研究協力者>
- | | |
|------|-------------------------------|
| 石原俊晴 | 独立行政法人 労働者健康福祉機構 福島労災病院呼吸器科部長 |
| 大鷹邦夫 | 独立行政法人 労働者健康福祉機構 福島労災病院放射線技師長 |
| 岸本卓巳 | 独立行政法人 労働者健康福祉機構 岡山労災病院 副院長 |
| 木村清延 | 独立行政法人 労働者健康福祉機構 岩見沢労災病院 副院長 |
| 五藤雅博 | 中央じん肺診査医 |
| 高橋雅士 | 国立大学法人 滋賀医科大学医学部 助教授 |
| 森永謙二 | 独立行政法人 労働安全衛生総合研究所 産業医学総合研究所 |

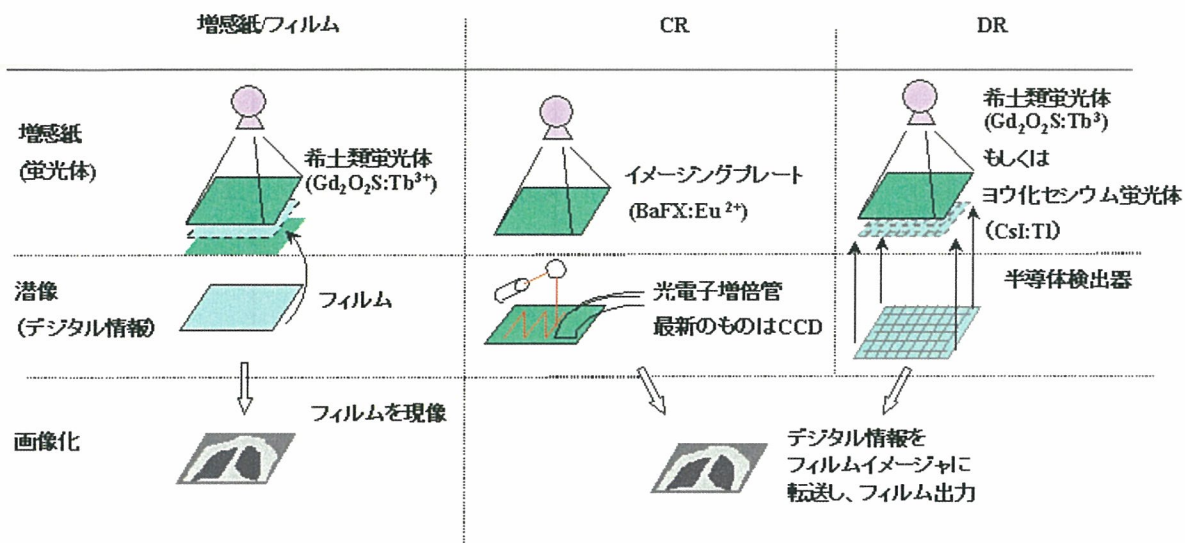


図1 画像化原理

表1 じん肺CR画像処理条件基準

階調処理	肺野部の最高濃度	1.6 ~ 2.0 程度
	中央陰影の濃度	0.15 ~ 0.25 程度
周波数処理	低空間周波数 (0 cycle)	
	成分に対する高周波成分	1.0 ~ 1.2 程度
	(0.2 cycle/mm)におけるレスポンス	

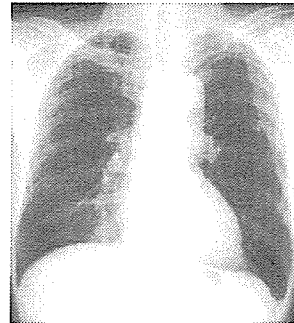
表2 メーカー間のCR表示パラメータの比較

	富士写真 フィルム	コニカ	コダック	キヤノン (CXDI)
階調処理	回転量(GA)	G 値	Contrast Factor	コントラスト
	回転中心 (GC)		Upper Contrast	
			Lower Contrast	
	階調シフト(GS)	肺野濃度	Density Shift	対応濃度
			Shoulder Shift	
			Toe Shift	
	階調タイプ (GT)	LUT		階調曲線
周波数処理	周波数ランク(RN)	マスクサイズ	Matrix size	強調周波数
	周波数強調度(RE)	強調度	High Density Boost	強調度
			Low Density Boost	

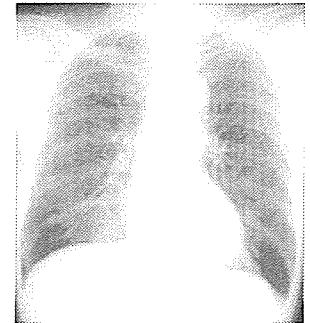
濃度
(推奨 17-20)



20

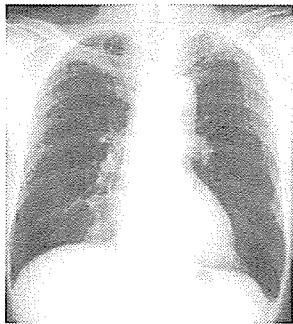


17

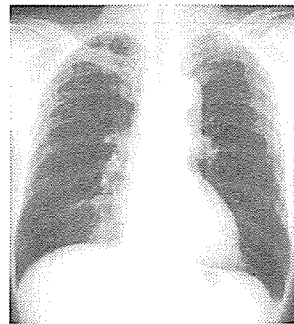


10

周波数
(推奨 0-4)



8



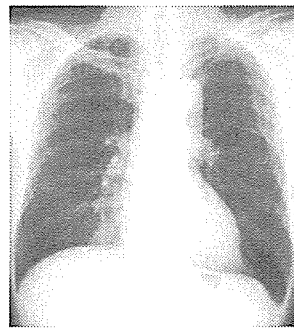
1

管理区分 3

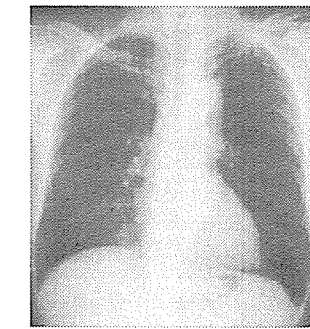
コントラスト
(推奨 14-17)



25



16



5

図2 キャノン社 DR における種々の表示条件の画像

表3 アナログ画像とデジタル画像における判定の比較

アナログ画像	—	デジタル画像	症例数
0	—	0	45
0	—	1	11
1	—	0	3
1	—	1	63
1	—	2	8
2	—	1	3
2	—	2	22
2	—	3	8
3	—	2	4
3	—	3	8
計			175例

表4 判定の相違に関する結果のまとめ

判定の違い	症例数 (%)
アナログ画像 = デジタル画像	138例 (78.9%)
アナログ画像 < デジタル画像	27例 (15.4%)
アナログ画像 > デジタル画像	10例 (5.7%)
計	175例 (100.0%)

表5 5人の判定の中央値の比較（*：不一致例）

症例	アナログ画像	デジタル画像
1	1	1
2	2	2
3	1	1
4	1	1
5	2	2
6	1	1
7	3	3
8	1	1
9	1	1
10 *	1	2
11	1	1
12 *	2	3
13 *	3	2
14	2	2
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	2	2
19	3	3
20	0	0
21 *	0	1
22	1	1
23 *	0	1
24	1	1
25 *	0	1
26	0	0
27	0	0
28	0	0
29	1	1
30	1	1
31	1	1

3 2	1	1
3 3	1	1
3 4	0	0
3 5	0	0

表6. 5人の読影者の中央値を用いたアナログ画像とDR画像の比較
(平成17年データ+平成18年データ)

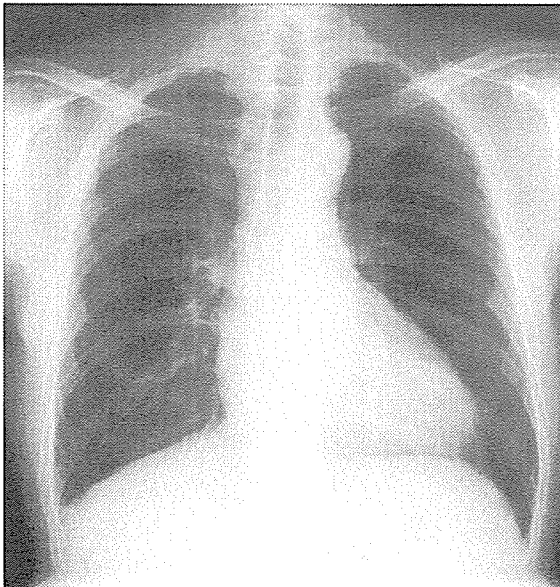
		DR				
		0	1	2	3	計
XP	0	9	3	0	0	12
	1	0	14	1	0	15
	2	0	0	4	1	5
	3	0	0	1	2	3
	計	9	14	6	3	35

表7. アナログ画像とDR画像の一致度（読影者ごと）

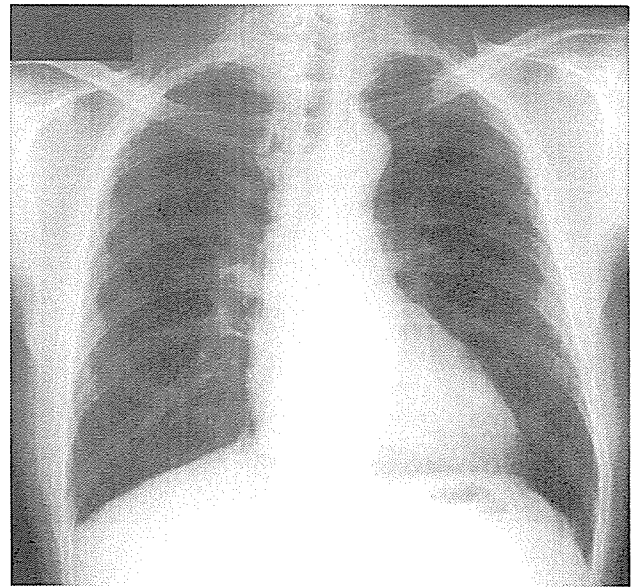
読影者	Kappa 値
A	0.7881
B	0.6335
C	0.4909
D	0.7863
E	0.7886
平均	0.6975

表8. 2読影者間の判定の一致

	アナログ画像	デジタル画像
	Kappa 値	Kappa 値
A - B	0.4776	0.5729
A - C	0.5328	0.7488
A - D	0.6038	0.6259
A - E	0.6246	0.7009
B - C	0.5133	0.5797
B - D	0.5167	0.7878
B - E	0.7592	0.7854
C - D	0.6438	0.6316
C - E	0.6598	0.7861
D - E	0.7404	0.7488
平均	0.6072	0.6968

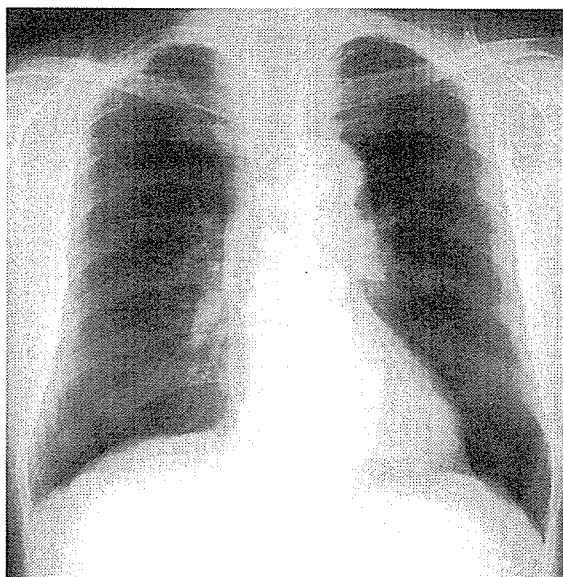


DR

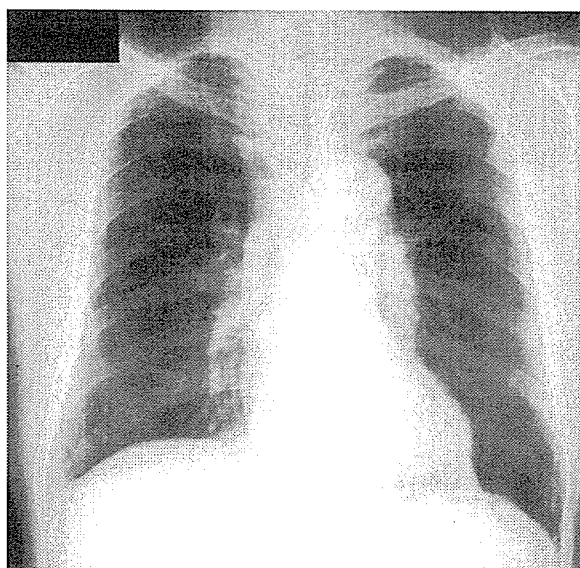


フィルム

図3 エックス線分類0型

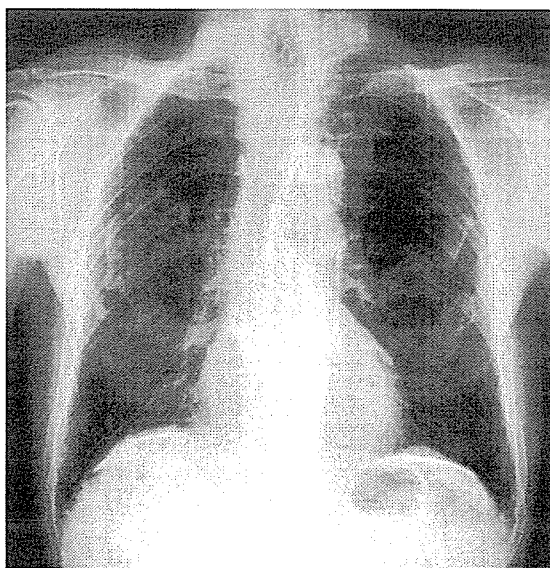


DR

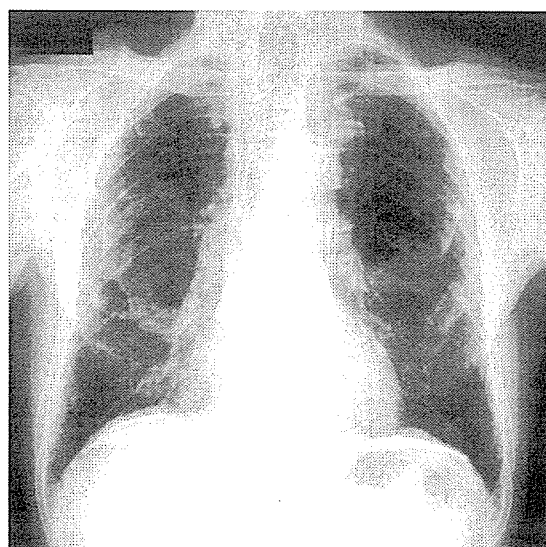


フィルム

図4 エックス線分類1型



DR



フィルム

図5 エックス線分類1型（不整形陰影+胸膜プラーク）

じん肺健康診断のための DR 撮像表示条件（試案）

撮影条件：

電圧[k v]	110～140
焦点被写体間距離[c m]	180～200
半切または大角フィルムにライフサイズで出力する	ライフサイズ出力
等倍で撮影できること。縮小撮影は認めない	等倍撮影
出力フィルムにはその他処理条件がわかるように表記する	その他処理条件のフィルム表記

画像処理条件：

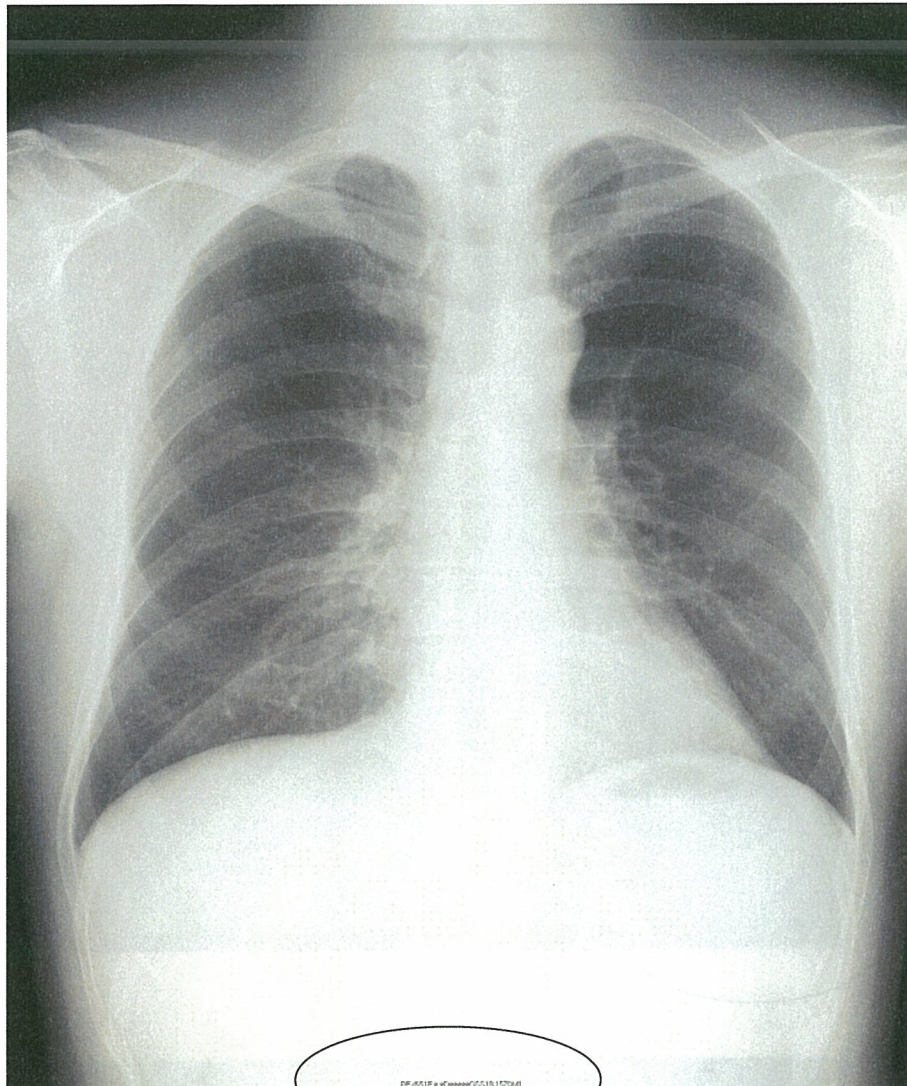
階調処理	肺野部の最高濃度	1.6～2.0 程度
周波数処理	マルチ周波数等処理を行わないこと	行わない

その他処理条件：

キヤノン	E	* あるいは1
	D	*****
	対応濃度 (GCS に続く数値)	17～20
	コントラスト (上記に続く数値)	14～17
フィリップス	Density (D)	15～17
	Gamma (G)	40～45
	NC (N)	00～03
	DCE	0.0
シーメンス	SF	0/***
	H	0/***
	LUT	8
	W	1900～2300
	C	2300～3300

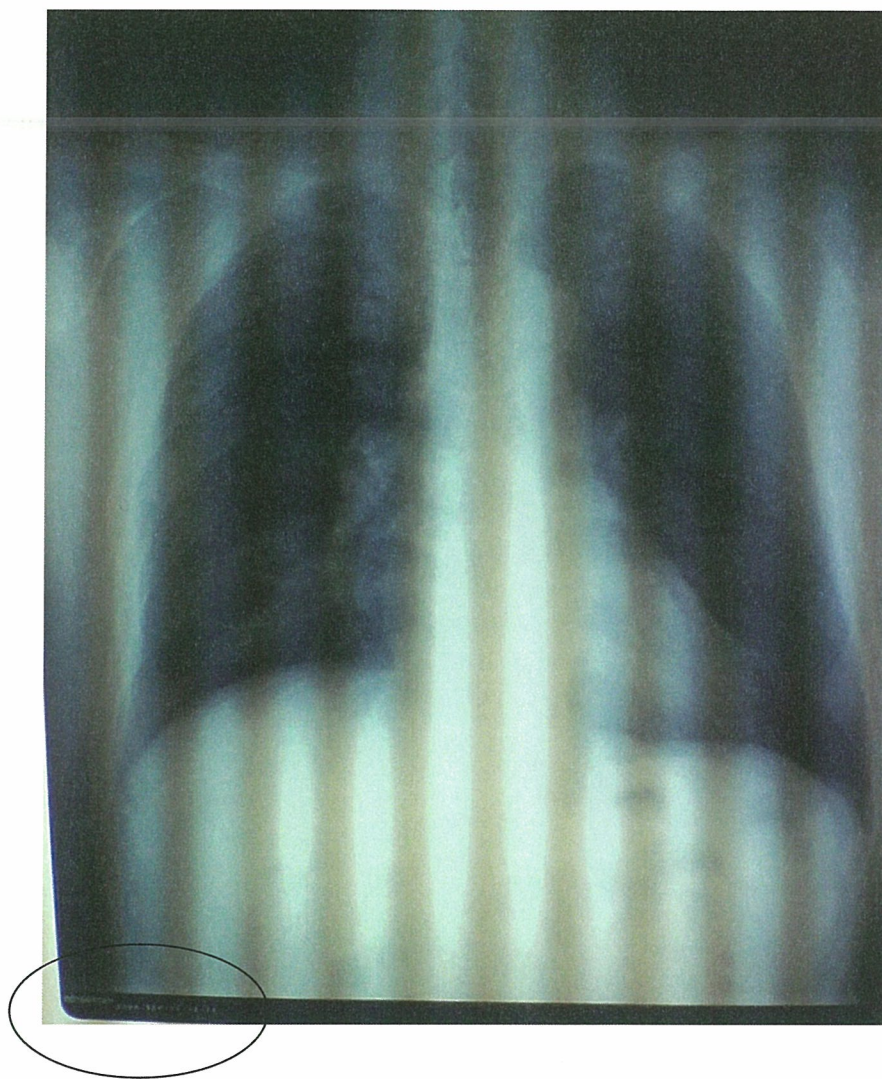
GE	Contrast (C)	119~130
	Brightness (B)	152~157
	Edge (E)	1
東芝	WL	1800~2400
	WW	1200~2800
	G	7
	E	0
	D	0
	I	0
日立	フィルター	0~3
	マスクサイズ	5
	DRC	0
	γ	3
	WL	2100
	WW	3850
島津	W	11500~12500
	L	6000~6500
	E	0

キャノン社

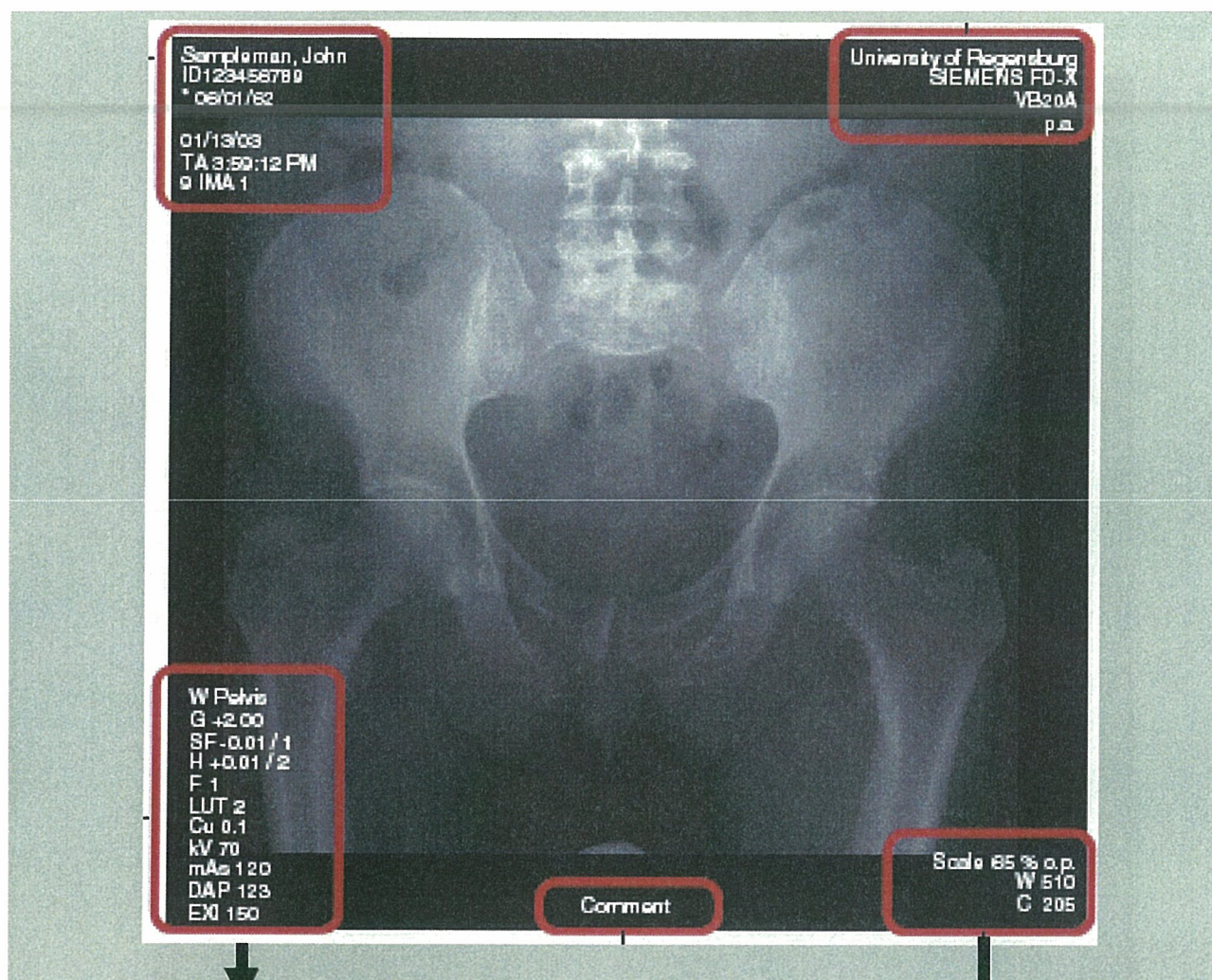


RE/651E**D***GSS18,15ZOM1

フィリップス



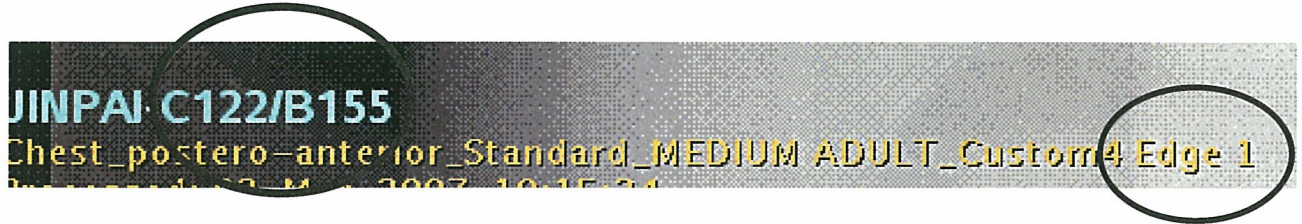
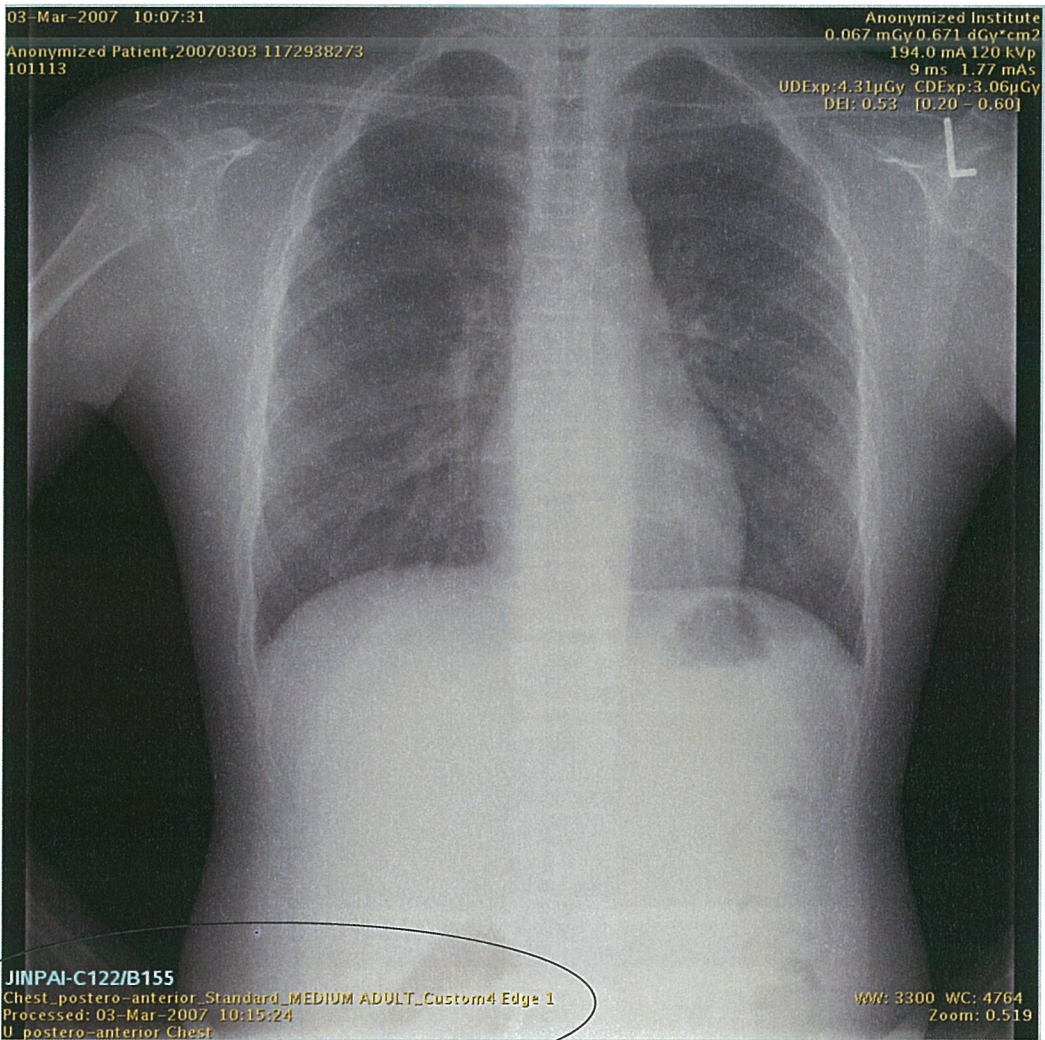
シーメンス



W Pelvis
G +2.00
SF-0.01 / 1
H +0.01 / 2
F 1
LUT 2
Cu 0.1
kV 70
mAs 120
DAP 123
EXI 150

W 510
C 205

GE



東芝

