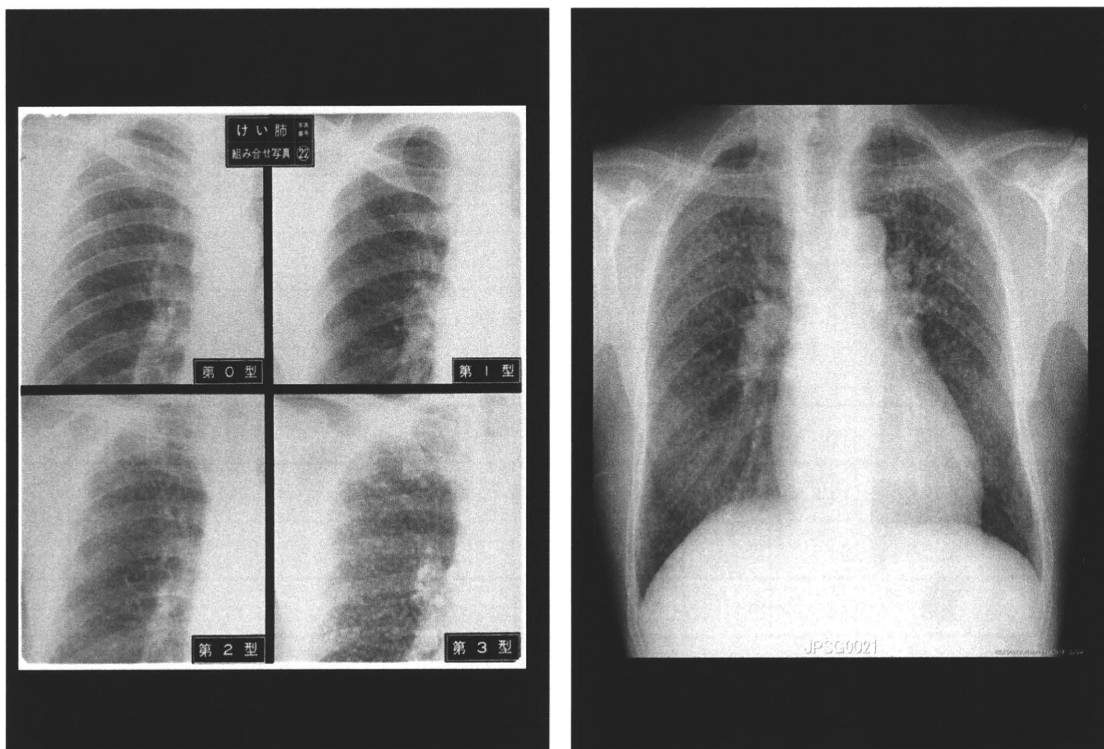


図1 読影実験環境



標準写真

評価写真

表 1 O型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
0-11		17	16	6	1								
0-12		18	21	1									
0-1278	1	24	14		1								
0-1291	1	21	17	1									
0-1309	4	28	7		1								
0-1321	3	22	15										
0-1344	2	23	14		1								
0-1350	1	12	21	6									
0-1589		11	17	10	1	1							
0-1734	6	32	2										
0-1766		2	25	13									
0-F105	1	8	17	12	2								
0-F275	2	14	20	4									
0-F295	3	26	10	1									
0-F296	1	14	18	5		2							
0-F300	2	15	16	5	2								
0-F301	1	25	11	1	2								
0-F302	2	26	9	2	1								
0-F303		8	23	8	1								

4階尺度における一致率 669 / 760 (88%)

表2 粒状影1型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
1-120		1	12	22	3	1							
1-130		7	14	17	2								
1-F114				2	9	13	11	3	2				
1-1494		2		19	12	6	1						
1-63			2	11	13	10	3	1					
1-69				1	14	16	8		1				
1-1006			8	18	9	3	2						
1-142		2	5	29	3	1							
1-1503			2	12	16	8	2						
1-1462			4	14	12	9	1						
1-17		2	6	29	2	1							
1-F117				2	4	15	13	4	2				
1-1465				2	23	12	2	1					
1-44				12	10	10	5	3					
1-1609			6	20	11	3							
1-F109	1	1	11	16	9	1	1						
1-1186				1	9	17	10	2					
1-F976		1	1	11	10	10	4	3					

4階尺度における一致率 547 / 720 (76%)

表3 粒状影2型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
2-F115					1	2	9	13	12	2	1		
2-F243			1	2	6	8	15	7	1				
2-F1010				1	2	2	14	11	6	3			1
2-1239					1		9	15	13	2			
2-1654								10	16	13			1
2-1002						7	8	16	8	1			
2-F925				3	6	10	12	8	1				
2-F926						3	6	12	10	4	1		4
2-1206				1		4	18	12	5				
2-1706						4	6	23	6	1			
2-1130				3	3	11	12	8	3				
2-F993					1	2	3	19	11	2	1		1
2-1192				1		10	19	9	1				
2-F966				2	6	6	6	16	4				
2-1129			1	1	5	4	10	12	5				

4階尺度における一致率 442 / 600 (74%)

表 4 粒状影 3 型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
3-928									1	7	28	6	
3-F116									1	6	25	8	
3-1424									5	16	13	5	1
3-F119								1		7	23	9	
3-1648									1	16	15	6	2
3-F997								1		3	24	12	
3-F996							1	4	11	22	2		
3-F992								2	3	23	12		
3-29							1	3	9	13	10	4	
3-1760						1	1	2	6	14	10	5	1
3-1689								7	11	15	6		1

4 階尺度における一致率 363 / 440 (83%)

表5 不整形陰影1型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
r1-1219			2	19	15	4							
r1-129				11	19	8	1	1					
r1-1776				6	23	10	1						
r1-111				10	14	6	7	3					
r1-1500			1	17	21	1							
r1-1512			1	2	8	10	7	10	2				

4階尺度における一致率 168 / 240 (70%)

表 6 不整形陰影 2 型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
r2-1666					3	2	8	16	10				
r2-1261						1	1	6	14	8	8	2	
r2-1222						4	4	17	12	3			
r2-1195					2	4	10	17	6	1			
r2-1037					6	9	8	9	7				1

4 階尺度における一致率 146 / 200 (73%)

表 7 不整形陰影 3 型における判定のばらつき

患者 ID	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	大陰影
r3-1143					1		2	5	13	16	2	1	
r3-40							1	9	7	6	15	2	
r3-1131					1		1	2	7	17	10	2	

4 階尺度における一致率 71 / 120 (59%)

表8 大陰影における判定のばらつき

患者 ID	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+	A	B	C
m-57										2	35	3
m-31								1		1	15	23
m-F975									3	8	27	2
m-1518										7	29	4
m-F984										7	32	1
m-58								10	2	16	11	
m-F107			1	1	2		2			34		

4階尺度における一致率 258 / 280 (92%)

表9 読影者間の一致度(Kappa value) 相澤班
(じん肺診査に精通した読影者)

読影者—読影者	F/S	DR(FPD)
1-2	0.4776	0.5729
1-3	0.5328	0.7488
1-4	0.6038	0.6259
1-5	0.6246	0.7009
2-3	0.5133	0.5797
2-4	0.5167	0.7878
2-5	0.7592	0.7854
3-4	0.6438	0.6316
3-5	0.6598	0.7861
4-5	0.7404	0.7488
平均	0.6072 ± 0.0967	0.6968 ± 0.0868

表10 読影者間の一致度 (Kappa value) 村田班
(じん肺診査の経験のない読影者)

読影者—読影者	F/S	DR(FPD)
1-2	0.1704	0.4574
1-3	0.2462	0.4815
1-4	0.5520	0.6064
1-5	0.4380	0.4167
1-6	0.5625	0.6032
2-3	0.3670	0.4450
2-4	0.1807	0.4286
2-5	0.3333	0.4587
2-6	0.3194	0.6336
3-4	0.1855	0.4450
3-5	0.3659	0.3647
3-6	0.3935	0.7982
4-5	0.4776	0.2886
4-6	0.5692	0.5750
5-6	0.7895	0.5035
平均	0.3967 ± 0.1734	0.4486 ± 0.1577

デジタル胸部写真におけるじん肺条件と肺癌検診条件の比較検討

研究要旨：

デジタル胸部エックス線写真の推奨表示条件には、現在、じん肺条件と肺癌検診条件が公表されているが、肺癌検診条件で評価した場合にじん肺症例のエックス線病型がどの程度異なるかを検討した。対象は、厚生労働科学研究で集積した症例の中から選択した軽度病変を中心とした24例で、14名の読影者で評価した。24症例×14読影者の336判定中、12階尺度も同じと考えた判定が299/336(89%)、12階尺度は異なるが4階尺度は同じと判定したものが37/336(11%)であった。4階尺度まで異なると判定したものは無かった。12階尺度でのばらつきは、同じ条件においても個人間にみられるものであるので、今回の結果により、現状のじん肺条件と肺癌検診条件のどちらを用いても、じん肺診査上、大きな問題点が無いことが示された。

A. 研究目的

職業性呼吸器疾患の健康管理において、胸部エックス線写真は重要な役割をもつが、その撮影法は、増感紙とフィルムを用いたアナログ画像からイメージングプレートを用いたCRやフラットパネル検出器を用いたDRなどのデジタル画像へと大きく変わろうとしている⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾。また、その観察法もデジタル情報をフィルムに焼き付けたものからモニターで直接観察する方法が広く普及しつつある。

CR写真については、平成10-11年に、じん肺健康診断へのCRの活用に関する研究班が組織され、その検討によって、CRの使用が認められるとともに、その撮影条件等が定められた⁽⁸⁾。また、DRフィルム法でのじん肺病型分類に関しては、平成18年度⁽⁹⁾ならびに平成19年度⁽¹⁰⁾の厚生労働科学研究において、アナログ画像と良好に一致することが

確認され、一定の撮影表示条件を満たすDRの活用が認められた⁽¹¹⁾。

しかし、これらのCRやDRの表示条件の検討では、従来の標準写真として使われてきたアナログ画像にできるだけ近い画像となる表示条件を検討したことから、現在、臨床の場で用いられているデジタル胸部エックス線写真の表示条件とはかなり異なったものになっている。とくに、アナログ画像の欠点であった心臓縦隔部の描出能の低さが残る形となって、じん肺の合併症として認められている肺がんの検出に問題があることが指摘されてきた。

そこで、この問題を解決する方法として、デジタル画像の種々の画像処理の一つであるダイナミックレンジ圧縮処理をじん肺表示条件に追加許容できないかを検討し、じん肺エックス線病型の判定が変わらないことを明らかにした⁽¹²⁾。現在のじん肺条件では、

ダイナミックレンジ圧縮処理を加えた表示条件がより望ましい表示条件と改定された。

一方、胸部エックス線写真は肺癌検診においても重要な役割を果たすことから、肺癌学会においても、肺癌検診からみたデジタル胸部エックス線写真の表示条件の検討がなされ、肺癌取り扱い規約に組み込まれた⁽¹³⁾。

したがって、デジタル胸部エックス線写真の推奨表示条件が現在2つ存在することになり、若干の混乱が生じている。そこで、デジタル胸部エックス線写真のじん肺条件と肺癌検診条件がどの程度異なるか、言い方を変えれば、肺癌検診条件で評価した場合にじん肺エックス線病型がどの程度異なるかを検討した。

B. 研究方法

1. 画像データと表示方法

平成19年-21年に実施した厚生労働科学研究で収集したじん肺症例の中から軽度病変を中心に選択したものを読影実験の対象とした。症例選択は、読影実験に参加しない医師が行い、最終的に読影実験に用いた症例の内訳は、エックス線分類の0型6例（CR2例、DR4例）、粒状1型11例（CR4例、DR7例）、粒状2型6例（CR4例、DR2例）、粒状3型1例（CR0例、DR1例）、計24例（CR10例、DR14例）である。当初は、粒状影と不整形陰影を含めた読影実験を計画したが、不整形陰影の割合が少ないことを考慮し、今回の検討では粒状影に限定して読影実験を行った。

それぞれの症例において、じん肺表示条件として承認されている条件で表示した画像

と同じ症例の肺癌検診条件で表示された画像を作成し（図1）、計48画像を評価対象とした。

DRはキャノン社製DRシステム(CXDI)で撮影されたフラットパネルDR画像データを用い、CRは富士フイルム社製CR(FCR)で撮影されたデジタルデータをP値で出力されたものを用いた。

CRおよびDRにおけるじん肺条件と肺癌検診条件で使用されたパラメータは表1および表2の通りである。

3M白黒モニター2面を用い、一方にじん肺条件画像、他方に肺癌検診条件で表示された画像を用いて比較評価を行った。モニター輝度は使用した2社のデフォルト値とし、Totoku社モニターが410 cd/m²、Nanao社モニターが450 cd/m²であった。DICOMビューワはイメージワン社製POP-Net essentialを用い、ヒューレッド・パッカー社製PCを用いて表示した。室内の明るさは約400ルクスとした。

判定は、左右画像のじん肺エックス線病型が（1）12階尺度でも同じ、（2）12階尺度は異なるが、4階尺度は同じ、（3）4階尺度でも異なる、の3段階のどれになるかを症例ごとに各読影者が独立して判定した。

班会議による読影実験に参加した判定者は、じん肺診査に精通した呼吸器内科医あるいは胸部放射線科医の14名である。

C. 研究結果

14名全体の結果を表3に示す。24症例の14読影者による336判定中、12階尺度も同じと考えた判定が299/336（8

9%)、1 2 階尺度は異なるが 4 階尺度は同じと判定したものが 37/336 (11%) であった。4 階尺度まで異なると判定したものは無かった。代表的なじん肺症例 2 例を図 2 に示す。

D. 考察

じん肺健康診断における胸部エックス線写真を用いたじん肺エックス線病型分類は、30 年以上前に作成されたアナログ画像による標準写真との比較で行われてきた。判断の基準となる標準写真が変われば、それまでの判定が変わりうる可能性があることから、画質の劣化が著しい標準写真であっても、現在まで変更することなく使用されている。したがって、画像診断技術の進歩によって登場した CR や DR といったデジタル胸部エックス線写真においても、じん肺病型判定の比較対象にはアナログ標準写真を使わざるを得ない。このような制限があることから、CR 画像や DR 画像をじん肺健康診断に用いることができる条件を決める過程においても、従来のアナログ画像と大きく異なる画質となれば病型判定が変わる可能性が大きいという危惧から、同一じん肺患者におけるアナログ画像にできるだけ近い撮影表示条件を求めるという原則で検討がなされた。

このようにして、決定されたじん肺デジタル画像表示条件は、デジタル画像が本来持つ種々の画像処理能力を押さえ、逆にアナログ画像がもつ欠点をそのまま残してしまっていると言える。とくに心臓縦隔部といった低濃度部は、アナログ画像では明瞭に描出することが難しい領域で、現在、臨床現場で用い

られているデジタル胸部エックス線写真では、コンスタントに心臓縦隔部の描出能が向上しているのに対して、じん肺表示条件では、この領域の描出能が十分でないことが指摘されてきた。

現在、肺癌の検出においては、このような正常構造に重なった領域に隠れた肺癌は見落としやすい肺癌として注目されており、じん肺患者においても、肺癌のリスクが高まることから、このような肺癌の見落としを避ける意味でも、じん肺表示条件の改善が望まれていた。

しかし、一方で、肺野の粒状影や不整形陰影は、デジタル画像の画像処理、とくに周波数処理によって様々に変化することから、このような変更は、じん肺エックス線病型判定では避けなければならない。そこで、肺野の画質の変化をできるだけ抑え、心臓縦隔部の描出能を向上させる画像処理が望まれることになる。このような要請から、デジタル画像処理の一つである、ダイナミックレンジ圧縮処理に着目した。ダイナミックレンジ圧縮処理は、とくに低濃度領域のコントラストを変化させて、高濃度部の画質を大きく変えることなく、低濃度部内の肺野の描出能を改善できる画像処理である。

厚生労働科学研究において、種々の程度の病変を含むじん肺患者において、じん肺表示条件での病型判定とダイナミックレンジ圧縮処理付加条件での病型判定が良好に一致することが実証され、じん肺条件にデジタル画像の利点であるダイナミックレンジ圧縮処理を付加することが認められた。この結果、現在のじん肺条件で表示したデジタル画像

においては肺癌検出能の大幅な改善が実現できたと考えている。ただ、肺癌検診から考えると、肺野血管陰影をより明瞭にした方が結節影の区別をより改善するという考えから、肺癌学会で提示された肺癌検診条件は、より周波数処理が強い画像となっている。そこで、じん肺条件と肺癌検診条件で、じん肺の見え方がどのように変わるかを今回検討したわけであるが、多くの読影者において、また多くの症例において、4階尺度まで変わるという判定はみられなかった。12階尺度でのばらつきは、同じ症例においても個人間にみられるものであるので、今回の結果は、現在使われているデジタル胸部写真の撮影表示条件のどちらを用いても、それほど診療やじん肺診査に支障が出るようなことはないということを示唆したものと考えられる。

E. 結論

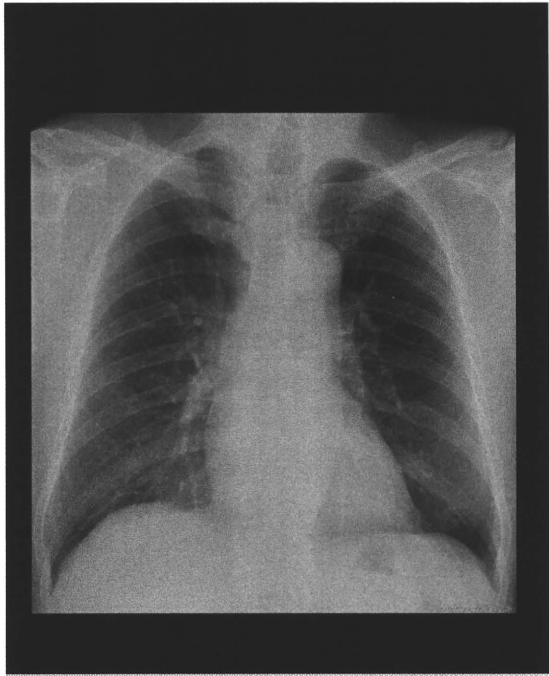
現在公開されているデジタル胸部エックス線写真の撮影表示条件において、ダイナミックレンジ圧縮処理を加えたじん肺条件と肺癌検診条件の間では、じん肺診査や診療に支障が出ることはないと考えられた。

F. 参考文献

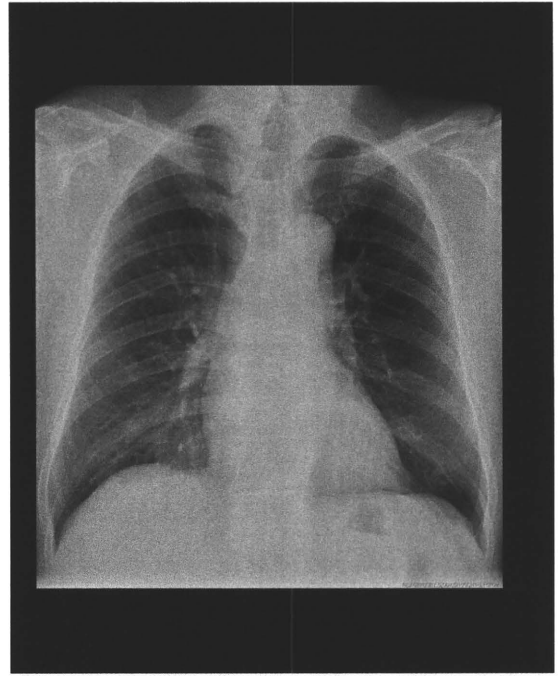
1. McAdams HP, Samei E, Dobbins III J, et al. Recent advances in chest radiology. *Radiology* 2006; 241: 663-683.
2. Uffmann M, Neitzel U, Prokop M, et al. Flat-panel-detector chest radiography: effect of tube voltage on image quality. *Radiology* 2005; 235: 642-650.
3. Metz S, Damoser P, Hollweck R, et al. Chest radiography with a digital flat-panel detector: experimental receiver operating characteristic analysis. *Radiology* 2005; 234: 776-784.
4. 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.
5. 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 hard copy images. *Brit J Radiol* 2005; 78: 922-927.
6. 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.
7. 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.

8. 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。
9. 相澤好治. 職業性呼吸器疾患の予防及び健康管理に関する研究.平成17-18年度総合研究報告書.平成19年3月。
10. 村田喜代史.じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究.平成19年度 総括・分担研究報告書.平成20年3月。
11. じん肺健康診断等へのDR(FPD)の使用に関する検討会報告書.中央労働災害防止協会、平成19年10月。
12. 村田喜代史. じん肺健康診断におけるエックス線デジタル撮影画像の活用に関する研究.平成19-21年度総合研究報告書.平成22年3月。
13. 日本肺癌学会編. 肺癌取り扱い規約(第7版),金原出版、東京、2010年11月。

図1 読影実験環境



じん肺条件



肺癌検診条件

表 1

じん肺条件と肺癌検診条件の比較

CR - 富士フィルム社の場合

じん肺条件

GA	0.9~1.0	GS	-0.2~-0.1
RE/MRE	0.0 ~0.2/ 0	RN/MRB	4/C
DRN/MDB	2/A	DRT/MDT	B/B
DRE/MDE	0.0~0.6 / 0.0 ~0.6		

肺癌検診条件

GA	1.0	GT	E	GC	1.6	GS	-0.15
RE/MRE	0.2/ 0.2			RN/MRB	4/D	RT/MRT	R/R
DRN/MDB	2/A			DRT/MDT	B/B		
DRE/MDE	0.6 / 0.6						

表 2

じん肺条件と肺癌検診条件の比較

DR — キヤノン社の場合

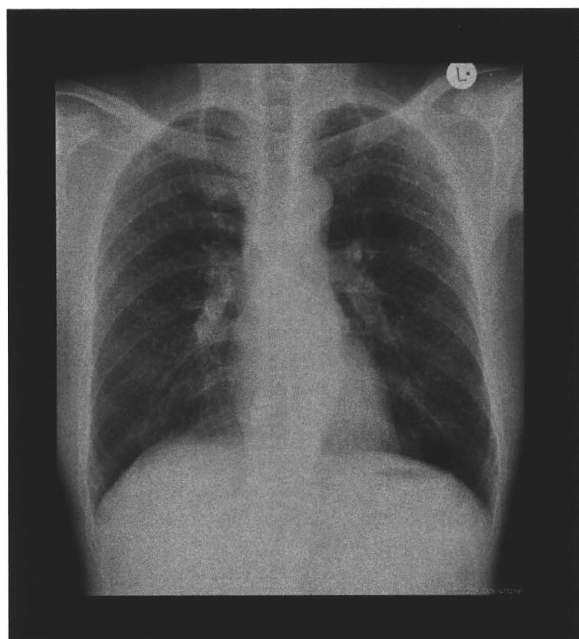
じん肺条件					
強調周波数	off	強調度	off	ノイズ低減	off
対応濃度	17 ~ 20		コントラスト		14 ~ 17
ダイナミックレンジ調整(高濃度)				off	
ダイナミックレンジ調整(低濃度)				0 ~ 3	
肺癌検診条件					
強調周波数	5	強調度	7	ノイズ低減	5
対応濃度	18		コントラスト		15
ダイナミックレンジ調整(高濃度)				off	
ダイナミックレンジ調整(低濃度)				3 ~ 7	

表3 読影結果

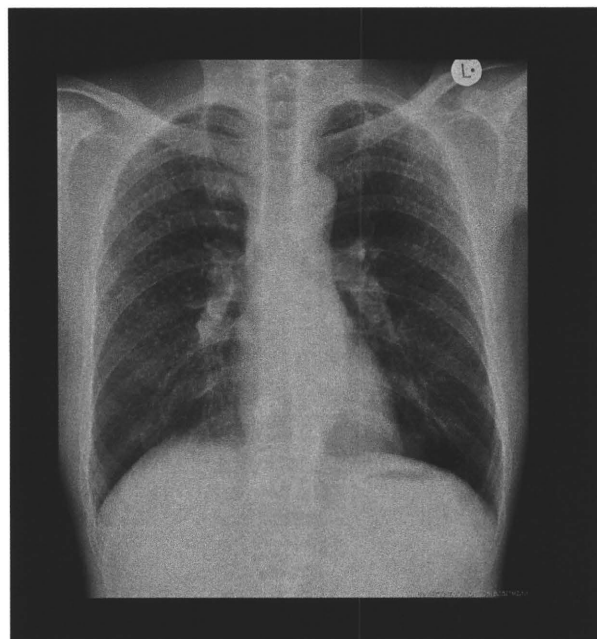
下記のいずれかに○印をご記入ください								
連番	装置	X線病型	患者ID	12階 尺度 (同)	4階尺 度(同) 12階尺 度(異)	4階尺 度 (異)	年齢、 性	職歴
1	FPD	0	F105(JPSG003)	12	2	0	62M	なし
2	FPD	0	F295(JPSG161)	13	1	0	50M	なし
3	FPD	0	F301(JPSG065)	14	0	0	42M	トンネル運搬作業15年
4	FPD	0	F302(JPSG066)	13	1	0	54M	トンネル掘削作業18年
5	CR	0	Img 1344	14	0	0	33M	同和
6	CR	0	Img 1350	14	0	0	69M	耐火レンガ
7	FPD	粒状10	F109(JPSG009)	11	3	0	58M	トンネル掘削作業21年
8	FPD	粒状10	F976(KM064)	9	5	0	65M	トンネル掘削作業
9	CR	粒状10	Img 1609	14	0	0	79M	耐火レンガ
10	FPD	粒状11	F114(JPSG016)	11	3	0	66M	トンネル掘削作業43年
11	FPD	粒状11	F117(JPSG019)	12	2	0	61M	トンネル掘削作業35年
12	FPD	粒状11	F243(JPSG052)	14	0	0	63M	トンネル運搬作業
13	FPD	粒状11	F925(KM011)	11	3	0	77M	トンネル掘削作業
14	CR	粒状11	Img 44-1F	11	3	0	77M	中越黒鉛31年
15	CR	粒状11	Img 1462	12	2	0	76M	耐火レンガ
16	CR	粒状11	Img 1465	14	0	0	69M	耐火レンガ
17	FPD	粒状12	F966(KM054)	12	2	0	46M	トンネル掘削
18	FPD	粒状22	F115(JPSG017)	13	1	0	67M	金属鉱山
19	FPD	粒状22	F926(KM012)	13	1	0	77M	トンネル掘削
20	CR	粒状22	Img 1130	10	4	0	66M	い草
21	CR	粒状22	Img 1239	14	0	0	73M	耐火レンガ
22	CR	粒状22	Img 1689	11	3	0	79M	石材掘削
23	CR	粒状22	Img 1706	13	1	0	65M	石材運搬
24	FPD	粒状32	F992(KM080)	14	0	0	66M	トンネル掘削

図2 じん肺条件と肺癌検診条件の違い

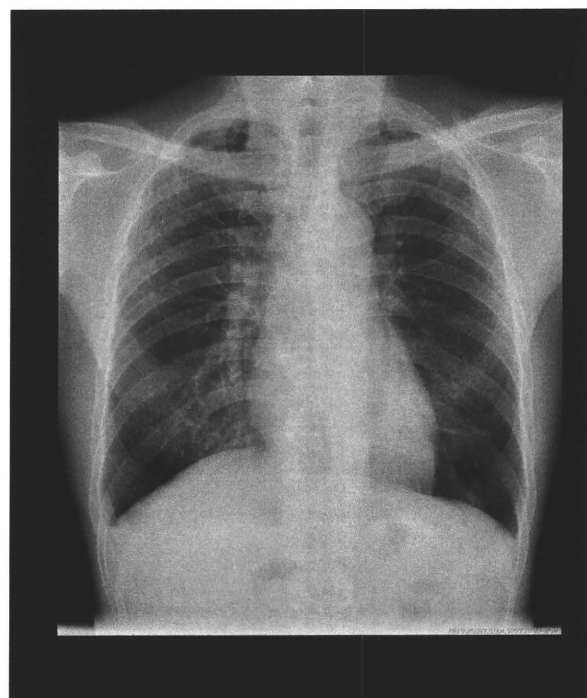
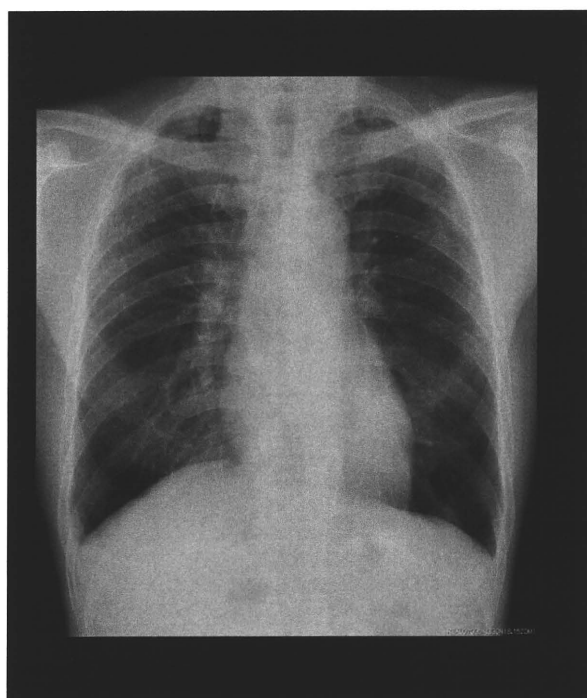
じん肺条件



肺癌検診条件



症例 1



症例 2