



Title	じん肺X線写真のディジタル処理と読影診断
Author(s)	福久, 健二郎; 飯沼, 武; 松本, 徹 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1986, 46(4), p. 614-626
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16476">https://hdl.handle.net/11094/16476</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## じん肺X線写真のデジタル処理と読影診断

放射線医学総合研究所

福久健二郎 飯沼 武 松本 徹 館野 之男

聖路加国際病院

野辺地篤郎

珪肺労災病院

志田寿夫

国鉄中央保健管理所

細田裕

富士写真フィルム（株）

石田正光

（昭和60年10月29日受付）

### Effect of Digital Image Processing on Radiographic Interpretation Of Pneumoconiosis

Kenjiro Fukuhsa\*, Takeshi A. Iinuma\*, Toru Matsumoto\*, Yukio Tateno\*,  
Tokuro Nobechi\*\*, Hisao Shida\*\*\*, Yutaka Hosoda\*\*\*\* and  
Masamitsu Ishida\*\*\*\*\*

\*National Institute of Radiological Sciences

\*\*St. Luke's International Hospital

\*\*\*Department of Radiology, Keihai Rosai Hospital

\*\*\*\*JNR Center Health Institute

\*\*\*\*\*Technology Development Center, Fuji Photo Film Co. Ltd.

---

Research Code No. : 207.1, 208.1

---

Key Words : Diagnostic efficacy, Digital radiography,  
Pneumoconiosis

---

Fuji Computed Radiography (FCR) is a newly developed digital radiography which has a potential capability of replacing conventional radiography. In order to evaluate the applicability of the FCR system for radiographic diagnosis of pneumoconiosis, the present study has been undertaken. As the first step, an investigation has been made on the fact that the diagnostic accuracy of pneumoconiosis radiograph might be influenced by the reduction of film size and image processing methods.

The ILO standard films and test films selected from training film of pneumoconiosis in U.S.A. were digitized by using a drum scanner. Digitized images were processed with the several contrast and spatial frequency characteristics which were similar to those employed in FCR system, and finally written optically onto X-ray film in reduced size using a drum scanner.

Two steps of experiments on interpretation for the radiograph of pneumoconiosis were performed. In the first step, the ILO standard films were processed in various ways and four methods of image processing were chosen which were suitable for the diagnosis of pneumoconiosis. The second step was performed to read the radiographs which were processed with the methods determined in the first ex-

periment. In this step, the test films of reduced size were processed with the four different methods and diagnosed by comparing with both the original and the processed (also reduced size) ILO standard films.

From these experiments, it is concluded that diagnosis of pneumoconiosis can be made by the processed film of reduced size (1/2 in length) with the same accuracy as the original films. Thus, the FCR system may be utilized for the radiographic diagnosis of pneumoconiosis.

### 1. はじめに

近年, FCR (Fuji Computed Radiography) を始めとして X 線写真をディジタル的に収集・処理し, 再びフィルム上に出力して各種の疾患診断に役立てる方法が実用化されてきている。これは, 従来の X 線写真が実質的に全く処理されていなかつたのに比べて重大な変化であり, X 線診断技術面においても, フィルム管理面においても, 与えた影響は極めて大きい。他方, じん肺の X 線診断は国際的に基準化されており, 典型的なじん肺症の X 線写真を標準フィルムと定め, それらを参考としてその陰影の密度, 形状およびサイズ等を読影する<sup>1,2)</sup>。最近は, XCT などの新しい診断技術の導入の試みも盛んに行なわれているが, 未だ決定的な方法にまでは発展していない<sup>3)~5)</sup>。われわれは, FCR システムをこの長い伝統をもつじん肺診断に応用することの可否につき, 多数の専門医の読影に基づいて客観的に検討したので報告する。

### 2. 目 的

じん肺の X 線診断は国際労働機関 (ILO) によって国際的に標準化されている世界的な規模の健診システムである<sup>6)~10)</sup>。ILO はじん肺の診断に必要な標準フィルムを世界各国の専門医の合意のもとに選定しており, じん肺の診断はすべてこの標準フィルムを参考にしながら被検者の X 線フィルムを読影することによって実施されている。診断は, 密度分布を 0, 1, 2, 3 の分類(詳細には 0/-, 0/0, 0/1, 1/0, 1/1, 1/2, 2/1, 2/2, 2/3, 3/2, 3/3 および 3/+ の 12 階尺度), 小陰影 (Small opacities) の形状・サイズを p, q, r, s, t および u の 6 分類などによっており, 標準フィルムもこれらの典型的な患者のフィルムからなる。しかし, この方法では症例写真的フィルムと標準フィルムとの増感紙, 撮影電圧, 現像処理などの

条件による画質, とくに濃度変化が小陰影の密度, 形状, サイズなどの読影基準に与える影響が大きく, 読影精度上, 最大の問題となっている<sup>11)</sup>。

一方, FCR システムはディジタル方式でコンピュータによって制御を行なうため, 最終出力のフィルム濃度に関してはほぼ一定で, 安定度の高い画像が得られ, また, 従来よりも低い線量で良質の画像が撮れるとされている。このことは従来の胸部 X 線写真的最大の欠点を補うものとしてその効果が期待される。

しかしながら, ここに次の 2 つの問題点を解決する必要がある。すなわち, じん肺フィルムは伝統的に大角版を用いているのに対し, FCR システムの出力フィルムは各辺ともそのほぼ半分(面積で 1/4)であり, 像の縮小による読影上の問題点を明らかにしておく必要がある。また, FCR システムでは, 階調処理および空間周波数処理が自由自在であり, じん肺の読影上の処理の最適化を検討する事が不可欠である。本報の目的はこれらを明らかにし, その実用化の可能性を確かめることにある<sup>12)</sup>。

### 3. 研究対象と方法

#### 3-1 画像処理の対象

前述の目的を達成するためには処理を行なう対象を選ぶ必要がある。しかし, じん肺診断は数名の医師の読影により合意のうえで決定することになっており, 手術や剖検などによる, いわゆる確定診断は必ずしも存在しないので, 実際のじん肺症患者の像を直接 FCR システムで撮影してもその効果を正しく評価することはできない。このため, 研究対象には, 米国のじん肺診断の教育用フィルムおよび ILO 標準フィルムを選定した際に次点となったドイツのフィルムをドラムスキャナで読みとてデジタル化し, ミニコンピュータによって, FCR で行なうと同じ階調処理および周波

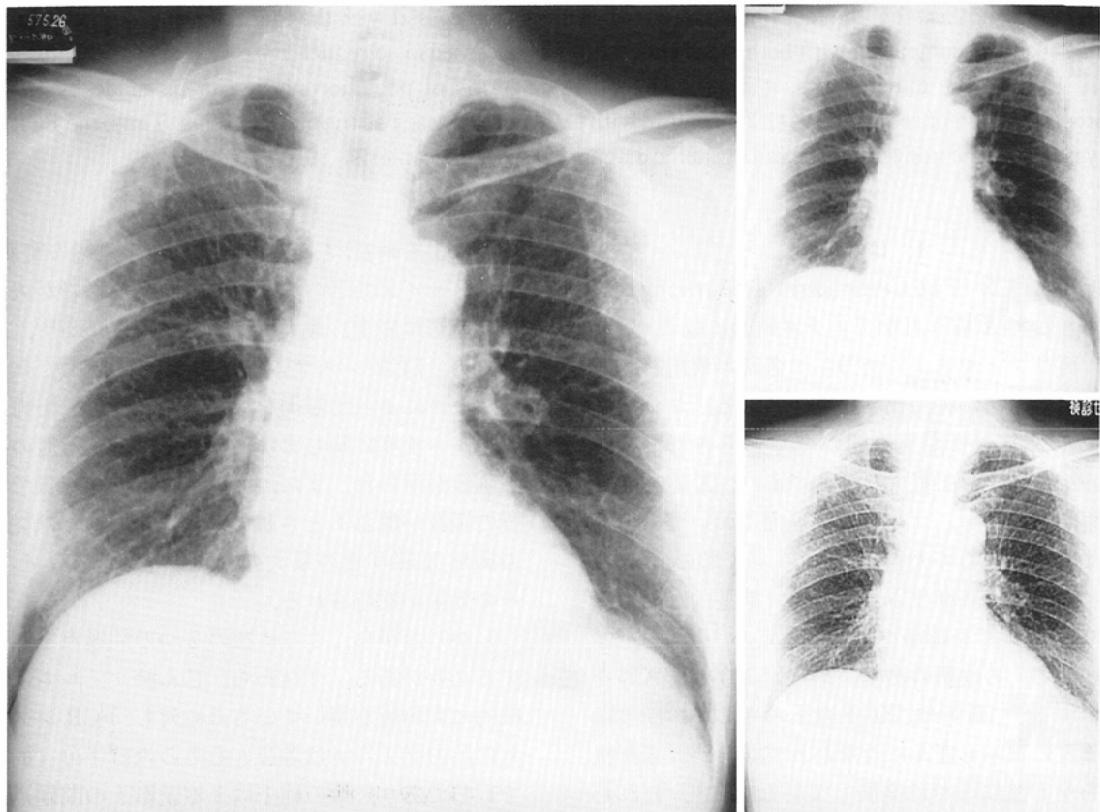


Fig. 1 Example of an original film compared with two processed films of reduced size of the same patient. Silicosis with l/l in profusion and p/p in shape and size of small opacities. An original full-size film is shown on the left. On the right, the two processed films are shown.

数処理を行なった。もともと ILO 標準フィルムも、米国・ドイツの症例も大角版である。他方、FCR の出力は各辺とも大角版のほぼ 2 分の 1 であるので、処理フィルム出力も同じように縮小した (Appendix 参照)。Fig. 1 にその出力例 (但し、日本の症例) を示す。症例左は原版、右の 2 つが別々の処理を実施した縮小フィルムで、密度 1/1、形・サイズ p/p と診断された症例である。

他方、この処理像を読影する際に、縮小したことによる影響を明らかにするため、ILO 標準フィルムも前述のドラムスキャナによる画像読み取り・出力装置を使って処理し、最もオリジナルの ILO 原寸フィルムに近いものを選ぶ作業も行なった。

### 3-2 言葉の定義

以下の実験および統計結果を説明するには表現

が長すぎたり、まぎらわしいものもあるので、いくつかの言葉を定義する。

(a) ILO 原寸 : ILO 標準フィルム 1980 年版 15 枚 (密度が 1/1, 2/2, 3/3 で小陰影の形・サイズが p/p, q/q, r/r, s/t および t/t の 5 種類) にわが国の正常者のフィルム 2 枚を加えた計 17 枚。

(b) ILO 縮小 : ILO 原寸に FCR と同様の処理を施し、予備実験で最終的に最も ILO 原寸の縮小版として好ましいと判定されたもの。

(c) テスト原寸 : 米国のじん肺専門医の教育用に利用されているフィルムと、ILO 原寸を選定したときに次点とされたドイツのフィルム。その中から 23 枚のフィルムを選択し、これに日本の正常例 3 例 (年齢と胸厚をとがそれぞれ違う症例) を加えたもの。

Table 1 Image processing methods employed for ILO standard films in pre-experiment I

Number of Processing method	$\gamma$	rank	BE
i	1.0		
ii	1.0	4	0.25
iii	1.0	4	0.50
iv	1.0	4	0.80
v	1.0	2	0.25
vi	1.0	2	0.50
vii	1.0	2	0.80
viii	0.85		
ix	0.85	4	0.25
x	0.85	4	0.50
xi	0.85	4	0.80
xii	0.85	2	0.25
xiii	0.85	2	0.50
xiv	0.85	2	0.80

(d) テスト縮小：テスト原寸にFCRと同じ処理を行ない、各辺を2分の1に縮小した読影対象。

(e) 専門医：この研究委員会に参加したじん肺専門医6名で、ILOじん肺委員および中央じん肺審査医よりなる。予備実験に参加した。

(f) 読影医：本実験に参加し、テスト原寸およびテスト縮小を読影した、4つの施設に所属する8名のじん肺診断医。

### 3-3 研究の方法

実験は詳細には5つのステップから成る。はじめの2つを予備実験、後の3つを本実験と定義する。以下にその概要を述べる。

#### (a) 予備実験1

まず、FCRと同様な処理と縮小を施した像によるじん肺診断の適用性とILO標準フィルムの縮小化の検討を行なうことを目的として、1/1および2/2のILO標準フィルムに対し、Table 1に示す14種類の処理を行ない、専門医6名が読影し、じん肺の診断が充分可能であること、およびILO原寸に近い処理法がいくつかあることを合意のうえで確認した。

なお、ここに示す処理法の詳細についてはAppendixを参照されたい。

#### (b) 予備実験2

予備実験1によってTable 2 6種類の処理法が

Table 2 Image processing methods for ILO standard films which are selected from the pre-experiment I and used in pre-experiment II

Number	$\gamma$	rank	BE
(1)	1.0		
(2)	1.0	4	0.50
(3)	1.0	2	0.25
(4)	0.85		
(5)	0.85	4	0.50
(6)	0.85	2	0.25

選ばれ、ILO原寸にそれぞれの処理を行ない、計102枚の処理像を作成した。もとのフィルムに対応する各組ごとに6枚の処理像を適当に入れ替えて番号をつけ、前述の6名の専門医によって読影し、ワークシートに記録し、結果をコンピュータで処理した。

#### (c) 本実験1

本実験はFCRを全く知らない、日常じん肺診療にたずさわっている、8名(一部の実験は6名)の読影医によって行なわれた。本実験の流れ図をFig. 2に、読影用ワークシートをFig. 3に示す。

本実験1は、もともとテスト原寸につけられた小陰影の密度および形、サイズの一部が必ずしもわが国の読影基準にあっていないという意見および大角版同志による読影という一つの基本的なデータを得ることを目的として、ILO原寸に基づいてテスト原寸を読影した。

なお、Fig. 3のワークシートには拡がりに関する記入項目もあるが、これには正解がないのでとくに解析にまではいたらなかった。

#### (d) 本実験2および3

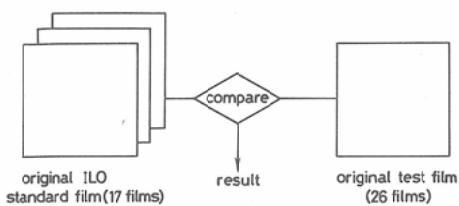
テスト原寸に対し、予備実験2で選ばれた4種類の処理を行なってコンピュータによる乱数をつけて順序を入れ替え、本実験1と同じ読影医が読影した。本実験2は予備実験2で選ばれたILO縮小を基準として読影し、本実験3はもともとのILO原寸を基準として読影した。

### 4. 統計処理の解析結果

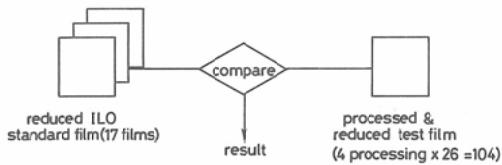
#### 4-1 予備実験2による統計

予備実験2は、ILO原寸を6種類の方法で処理・縮小した像を専門医が小陰影の密度だけを読

## Experiment 1



## Experiment 2



## Experiment 3

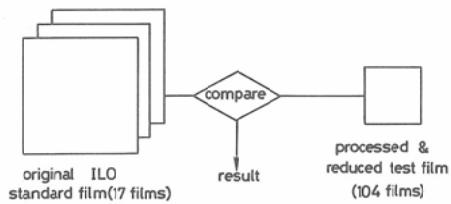


Fig. 2 Flow chart of interpreting order for digitally processed test films in this study.

Experiment 1: Original test films (full-size) are diagnosed in comparison with original ILO standard films.

Experiment 2: Reduced-size test films with 4 different processing methods are diagnosed in comparison with reduced-size ILO standard films.

Experiment 3: Reduced-size test films with 4 different processing methods are diagnosed in comparison with original ILO standard films.

影した。読影方法は、ILO の1980年基準にしたがって、密度区分を0/-, 0/0, 0/1, 1/0, 1/1, 1/2, 2/1, 2/2, 2/3, 3/2, 3/3および3/+の12階尺度を定義し、読影でそれぞれのどれに属するかをきめる。このとき、それらの密度区分に1から12までのウェートを与え、読影者数を乗じて平均値をとると、それが全員による平均的な密度区分を定める。たとえば3人が0/1（ウェイト3）、2人が1/1(4)、1人が1/2(5)と読影すれば、

$$(3 \times 3 \text{人} + 4 \times 2 \text{人} + 5 \times 1 \text{人}) / 6 \text{人} = 3.67 = 4 - 0.33$$

で、実際の平均的密度区分はウェート4に相当す

## じん肺X線写真の読影記入シート

・じん肺に関する健康管理調査研究委員会

1. フィルム番号	3	4	5									
2. 読影医氏名	コード											
3. 読影所見(小陰影)												
(a) 密度→	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	0/-	0/0	0/1	1/0	1/1	1/2	2/1	2/2	2/3	3/2	3/3	3/+
次点→	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(b) 形、サイズ (p,q,r,s,t,u)												
□ / □	21	22										
(c) 摘り	右			左								
上	あり	疑	なし	あり	疑	なし						
	3	2	1	3	2	1						
中	あり	疑	なし	あり	疑	なし						
	3	2	1	3	2	1						
下	あり	疑	なし	あり	疑	なし						
	3	2	1	3	2	1						
右												
左												

## 4. コメント(自由記入) :

Fig. 3 Work sheet for image interpretation used in this study.

る1/1となる。もしもこのフィルムがもともと1/1として読影されるべきものであれば、期待値は4であり、-0.33が期待値より計算された前述の読影による平均値といえる。同様に、その不偏分散は、

$$((3-4)^2 \times 3 \text{人} + (4-4)^2 \times 2 \text{人} + (5-4)^2 \times 1 \text{人}) / (6-1) \text{人} = 0.8$$

で、正規分布をなすものとしてその標準偏差は、  
 $\sqrt{0.8} = 0.894$

となる。このような計算を全対象について行なうと、対象全体に対する傾向が明らかになる。本研究での密度区分に関する計算値はすべて以上の計算を基本とした。

Table 3に平均値、標準偏差と、母分散未知、母平均値0.0としたときのt-値を示す。処理(1), (3), (4)は比較的マイナス側に、(2), (5)はプラス側に偏っており、(6)の処理が最も平均値、標準偏差と

Table 3 Results of image interpretation for profusion of small opacities in processed ILO standard films in the pre-experiment II

Evaluation	Statistical result of interpretation by physicians			Number of physicians who think this method is most similar to ILO standard film.	Number of physicians who think this method is most preferable for interpretation of pneumoconiosis.
	Processing method	Average	Standard deviation		
(1)	-0.765	1.021	-7.646*	7	5
(2)	0.216	0.709	2.591**	4	19
(3)	-0.137	0.642	-1.426	6	6
(4)	-0.531	1.030	-5.646*	43	5
(5)	0.382	0.897	4.074*	4	36
(6)	-0.088	0.526	-1.224	33	9

\*Significance at  $p < 0.01$ \*\*Significance at  $p < 0.05$ 

もに小さく、t-値も(1), (2), (4), (5)の処理はすべて5%の危険度で有意差があった。また、この実験では6枚の処理フィルム中でILO原寸の情報を最も忠実に複写していると思われるものおよび最もじん肺読影に適していると思われるものを選び、別々の印をつけた。ただし、必ずとは約束しなかったので、その数だけをTable 3に示したが、傾向として処理(4)と(6)がILOに近く、処理(5)がじん肺読影に適しているとして選ばれ、さらに検討した結果、処理(4), (5), (6)と処理(5)よりもやや低めの周波数処理をする方法を加えた4つの処理法がテスト原寸に実施され、104枚のテスト縮小が作成された。また、本実験2で用いるILO縮小にはTable 3の結果から処理(6)が選ばれた。以下、改めて処理法にA, B, C, Dと名づける。

処理 A :  $\gamma = 0.85$ 処理 B :  $\gamma = 0.85$ , ランク 4, BE=0.50処理 C :  $\gamma = 0.85$ , ランク 2, BE=0.25処理 D :  $\gamma = 0.85$ , ランク 4, BE=0.30

#### 4-2 本実験1の結果

テスト原寸の密度区分を読影した結果を前述の平均値および標準偏差値計算法で算出した。ただし、読影結果の一部に明らかに誤りと思われるものがあったので、標準偏差値の2倍を超えた読影結果を除き、残りの読影標本で改めて平均値、標準偏差を計算し、その結果を正解と定めた。また、

形・サイズについては、ILOのp, q, r, s, t, uの分類で二重記入を行なったが、第一記号のみを多数決で選んだ。ただし、異種記号が同数ある場合は第二記号を参考として決定した。なお、密度区分読影では必要な場合は次点候補を記入してもよいと定めたが、実際的ではないとの意見からこの集計では利用しなかった。以上による26枚のテスト原寸に定められた密度および形・サイズをTable 4に示す。本実験2および3についてはTable 4に示した結果を正解として解析した。また、もともとつけられていた小陰影の密度区分・サイズをもTable 4に示した。欧米の読影よりも日本のほうが高密度側に読影されている傾向がわかる。

#### 4-3 本実験から得られた密度区分の統計

本実験1から3までから得られた密度区分の統計をTable 5に示す。テスト原寸をILO原寸で読影した結果は平均値も標準偏差も小さいのは当然として、処理Cによる結果はILO原寸でもILO縮小でも極めてテスト原寸の読影結果に近く、各辺で2分の1、面積で4分の1に縮小し、しかも微妙な階調および空間周波数処理を行なった縮小像を初めて読影した結果としては高い信頼性を持つということが出来る。予備実験2と同様に母集団の平均値0.0、分散を未知として行なったt-検定でも処理Cだけが5%の危険度で有意差がなかった。また、他の処理法についても、ILO原寸

Table 4 Results of image interpretation on original test films for profusion, shape and size of small opacities. Diagnosis which was pre-assigned by American doctors is also shown for comparison

Number of films	Statistical results of interpretation by physicians		Original diagnoses	
	Profusion	Shape & size	Profusion	Shape & Size
1	0/0	—	0/0	—
2	0/0	—	0/0	—
3	0/0	—	0/0	—
4	0/1	s	0/1	s
5	0/1	p	1/0	s
6	0/1	s	0/1	p
7	0/1	p	0/1	q
8	0/1	p	0/1	t
9	1/0	p	0/1	t
10	1/0	p	1/0	t
11	1/0	q	1/0	q
12	1/0	p	0/1	q
13	1/0	s	1/0	p
14	1/1	s	1/1	p/s
15	1/1	p	1/0	q
16	1/2	q	1/1	q/s
17	2/1	q	2/2	p/q
18	2/1	t	1/1	s
19	2/2	q	2/1	q/s
20	2/2	q	2/2	q
21	2/2	q	2/2	q
22	2/3	q	2/1	p
23	2/3	q	2/1	q
24	3/2	r	3/2	q
25	3/2	q	3/2	q
26	3/3	q	3/2	q

と ILO 縮小とによる読影の結果は極めて類似点が多く、処理 A は低密度側に、処理 B は高密度側に、そして処理 D は C よりやや高密度側に読影されることが明確にされた。

#### 4-4 小陰影の形・サイズの統計

次に、小陰影の形・サイズについての結果を Table 6, 7 に示す。Table 4 に示した正解ごとに全

解答数に対する各形・サイズの解答数の割合(パーセント)であらわした。ILO の 1980 年基準によると、小陰影のうち、p, q, r は円形陰影 (round opacities), s, t, u は不整形陰影 (irregular opacities) で、p は直径 1.5mm 以下、q は直径 1.5mm 以上、3.0mm 以下、r は直径 3.0mm 以上 10.0mm 以下、また、s は幅が 1.5mm まで、t は幅 1.5mm から 3.0mm まで、u は 3.0mm から 10.0mm までと定義されている。p, q, r と s, t, u とには直線的な関係はなく、また、わが国の陰影読影基準には s, t, u の分類は使用されていない。このため、Table 6 では p, q, r, s, t, u の分類、Table 7 では円形陰影と不整形陰影との区分による結果を示した。左上方は ILO 原寸を基準としてテスト原寸を読影した結果で、従来の読影法である大角版同士でもかなりの認識の差があり得ることがわかる。ILO 原寸を基準としてテスト縮小を読影した結果を右側に、ILO 縮小を基準として読影した結果を左側にそれぞれ示した。また、割合の表現だけでは分かりにくいので、原寸同士の読影を基準として、それぞれ対応する欄について 2 × 2 分割表によるカイ自乗テスト (Yates の連続補正を含む) を試み、5%, 10% 水準で有意差のみられるものにそれぞれ\*, \*\*印をつけた。さらに同一の処理法ごとに ILO 原寸を基準とした場合と ILO 縮小を基準とした場合との対応する欄に 2 × 2 分割表のカイ自乗テストで 5% 水準で有意差がみられるものに†印をつけた。

まず Table 6 では、ILO 原寸を基準とする読影のほうが認識の差が多くなり、処理 A では p および s が正常に、q が r または p に読影される傾向、つまり小さな陰影が読影できなくなる傾向がある。処理 B および D では、p の正診率は向上するが、s が p と読まれ、q は ILO 原寸では p 側に読まれ、ILO 縮小では正診率を向上する傾向がわかる。また、ILO 縮小と ILO 原寸とによる読影結果の検定では処理 B と D の正解が q の場合に違いが目立ち、そのうちの処理 B のみに 5% 水準で有意差がみられた。これらの結果、有意差の出ない r, t を含めて、処理 C または D がよい成績で、p, q の正診率からみてどちらかと言うと処理 D が

Table 5 Result of image interpretation expressed by average values and their standard deviations of all doctors for classification of profusion of small opacities in experiments 1,2 and 3. The test values of significance are also shown

Standard films	Interpretation films	Processing method	Average	Standard deviation	t-test value
ILO original	test original	...	-0.034	1.041	-0.475
		A	-0.657	1.132	-8.820*
	reduced	B	0.847	1.442	10.050*
		C	0.096	1.151	1.318
ILO reduced		D	0.221	1.168	2.921**
		A	-0.662	1.401	-6.961*
		B	0.675	1.885	6.101*
		C	0.007	1.471	0.071
ILO original		D	0.129	1.681	1.239

\*Statistical significance at  $p < 0.01$

\*\*Statistical significance at  $p < 0.05$

原寸同士の従来の読影法と遜色のない成績を示すことが明らかになった。

Table 7は、Table 6のサマリーとみることもできるが、同じく ILO 原寸を基準とするほうが認識の差が大きい。処理 A では円形陰影も不整形陰影をも正常と読影される率が高く、処理 B および D では不整形陰影を円形陰影とする傾向が高いが、円形陰影そのものの正診率も高い。

以上小陰影の密度、形状、サイズの正診率を総合すると、処理 C が大角版同士の従来の読影法に近い結果を示し、FCR によるフィルムの縮小にも読影上問題がないであろうことが明らかにされた。

## 5. 考 案

一般に胸部は放射線吸収係数を異にする多種多様な臓器や器管が複雑に重なりあっているために、その X 線写真には多くの情報が含まれ、また、被検者の胸厚、年齢、性別などによっても微妙に変化するとされ、正確な診断を行なうには目的臓器診断のための最適撮影と読影の基準化が必要不可欠である。その中で、じん肺は職業病として世界的に認められ、最も読影の基準化が明確にされている診断法として知られているが、X 線写真診

断と症状とが必ずしも一致しないことと、とくに軽症の場合には、例え癌の場合の手術や生検のように確定診断が存在しないためもあって、その認定に際してしばしば問題を生じてきた。その最大の原因是、前述のとおりじん肺 X 線フィルムの濃度差などの画質の不統一による診断基準の相違によるものと言われており、いかにして良い写真を撮影し、いかにして統一的な診断をするかに長年の努力が続けられている。しかし、X 線写真の撮影そのものの性質上、現在の基準以上の診断能の向上をあまり期待することはできない。

一方、FCR システムは、従来の X 線フィルムを使わずにイメージングプレート (IP) で撮像して情報をデジタル信号に変換し、コンピュータを駆使して任意の階調処理および空間周波数処理を施すことにより、一枚の IP 映像に含まれる多くの情報をそれぞれ強調・減弱したり、画像同士で加減算することが自由自在にできるため、前述のように複雑な情報を含む胸部 X 線写真への活用に極めて大きな効果が期待され、とくに密度、サイズ、形状を読影するじん肺診断への応用は当然考えられる事であるが、本報に示したごとく、フィルム・サイズと処理法の読影への影響を調べること

Table 6 Results of image interpretation for classification of shape and size by all doctors in experiments 1,2 and 3. Statistical significance between original film reading and processed film readings are shown by Chi-square tests

image processing	interpretation	standard film		original size						reduced size					
		normal	p	q	r	s	t	u	normal	p	q	r	s	t	u
		confirmed diagnosis													
test original	normal	96	4												
	p	18	45	4		20	13								
	q	1	4	71	15	3	6								
	r			25	75										
	s	19	34	3		41	3								
	t			25			75								
processing A	u														
	normal	89	6		6				88	8		4			
	p	43*	33	5		7	12		32	32	7		16	13	
	q	2	22*	53*	22		2		4	8	64	18	3	5	
	r			33	67						13	88			
	s	29	46		4	8*	13		41**	34			19**	6	
processing B	t			50			50			13	13		25	50	
	u														
	normal	89	11					75	17		4	4			
	p	12	71*	5		2*	10		7	68*	2		13	11	
	q	2	35**†	55†	5*	2	2		1	9†	80**†	3*		8	
	r			67	33						38	63			
processing C	s	13	63**			25			19	53	3		25		
	t		17	50			33			38		13	50		
	u														
	normal	89	11					83	4		8	4			
	p	24	48	7		10	12		23	34	7		25	11	
	q	2	15**	60.	22		2		3	6	58**	31*	1	1	
processing D	r			17	83						13	88			
	s	21	42		25	13		28	31			34	6		
	t			50			50					13	88		
	u														
	normal	94	6					88	8		4				
	p	17	67*	5		5**	7		18	50	5		16	11	
	q	2	25*	68	3		2		1	8	81	9	1	0**	
	r			50	50						38	63			
	s	17	50		29	4		25	53			22			
	t		33	17		50			25		25		50		
	u														

\*statistical significance at  $p < 0.05$  compare with result of test original

\*\*statistical significance at  $p < 0.10$  compare with result of test original

† statistical significance at  $p < 0.05$  between result of ILO original and ILO reduced standard film

Table 7 Results of image interpretation for classification of shape only by all doctors in experiments 1,2 and 3. This result was re-arranged from table 6. Chi-square significance values are also shown between original and processed film readings

image processing	interpretation	standard film			original size			reduced size		
		normal	round opacities	irregular opacities	normal	round opacities	irregular opacities	normal	round opacities	irregular opacities
processing A	confirmed diagnosis									
	normal	96	4	0						
	round opacities	8	75	17						
processing B	irregular opacities	15	35	50						
	normal	89	6	6	88	8	4			
	round opacities	18*	74	8**	15**	70	15			
processing C	irregular opacities	23	50	27**	33	33	35			
	normal	89	11	0	75	17	8			
	round opacities	6	88*	7*	4	83**	13			
processing D	irregular opacities	10	63*	27**	15	53	33			
	normal	89	11	0	83	4	13			
	round opacities	10	81	9**	10	74	15			
	irregular opacities	17	43	40	23	25	53			
	normal	94	6	0	88	8	4			
	round opacities	7	87*	6*	8	81	11			
	irregular opacities	13	50	37	20	48	33			

\*statistical significance at  $p < 0.05$  compare with result of test original

\*\*statistical significance at  $p < 0.10$  compare with result of test original

とが実用化の前提となる。

本報の研究の結果、処理 C ( $\gamma = 0.85$ , ランク 2, BE=0.25) または処理 D ( $\gamma = 0.85$ , ランク 4, BE=0.30) でどの方法がもとの原寸フィルムと殆ど大差なくじん肺診断に利用できることが確かめられた。ただし、本報での縮小フィルムは X 線フィルムからフィルム読み取ってディジタル化し、FCR と類似した処理をほどこして再びフィルムに縮小焼付したものを利用しており、今後は FCR システムによって撮像・処理したフィルムを用いての読影実験を続け、それによってより一層正診率を向上する処理方法が

明らかにされるかもしれない。

更に一步進めて、FCR による標準フィルムを作成し、じん肺診断はすべて FCR による方向で検討することも必要かもしれない。これによって、誰もが納得できる診断基準が確立され得るものと考える。

今後のじん肺診断に関する研究の方向としてコンピュータによる自動診断化があげられる。そのロジックについてはすでに Hall ら<sup>13)</sup>および小畠ら<sup>14)</sup>が相当の診断精度を得る程度まで確立しているが、X 線フィルムの画質不統一性に問題があるとされており、FCR システムにこの診断ロジック

を組み込むことによって高精度の自動診断装置の開発が期待される。この場合においても最終的な診断の決定やその効果判定は専門医によるFCR出力フィルムの読影にあるべきであり、本報で述べた統計および検定の方法はその基本的な効果判定に役立つものと考える。

## 6. 結論

以上をまとめると次のようになる。

1) じん肺診断上最も問題となるX線写真の画質の齊一化を図るためにFCRシステムの利用について検討した。

2) 従来の診断法はILOのじん肺診断用標準フィルム(大角版)を基準としているのに対し、FCRシステムでは各辺がその1/2のため、フィルムの縮小による診断上の誤差の客観的評価検討を行なった。

3) 読影実験には14名のじん肺専門医が参加し、ILO標準フィルムと、米国のじん肺教育用フィルムおよびILO標準フィルム選定の際に次点となつたフィルムの原版(原寸)とその縮小・処理フィルムを用いた。

4) その結果、適当な処理を施すことによって、縮小しても原寸の情報を損なわず、じん肺診断に十分利用可能であると判断できた。

5) このことは、長い歴史をもつじん肺診断に画期的な技術改革をもたらせる可能性が高いことを明示している。

この研究は、労働中央災害防止協会による「じん肺に関する健康管理調査研究委員会(委員長 野辺地篤郎)」の事業の一部として行なわれたものである。本研究の重要性を十分認識され、物心両面からの御援助を賜わった労働省労働衛生課長福渡 靖先生に、また、前述の委員会委員で、本報に示した予備実験に参加され、諸般にわたってご指導を賜わった全日本労働福祉協会の千葉保之、藤田学園名古屋保健衛生大学の島 正吾、奈良県立医科大学の三上理一郎の各先生および本実験の読影会に参加された珪肺労災病院の斎藤健一、三品陸人、国鉄中央保健管理所の高島 久、斎藤宣照、長島 晟、信友浩一、藤田学園名古屋保健衛生大学の加藤保夫、奈良県立医科大学の春日宏友の諸先生方にも心から深謝する。さらに、読影実験の実施に際して御尽力いただいた富士メディカルシステム(株)福岡孝義氏にも感謝する。

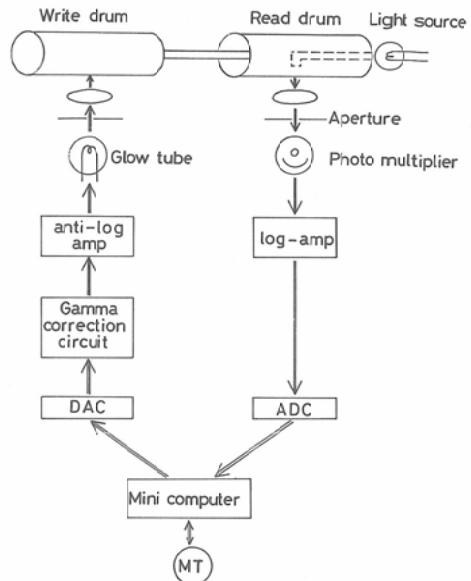


Fig. 4 Block diagram of digitalization, image processing and hard copy production system in this study.

本研究の一部は厚生省がん研究助成金(59-14、飯沼班)によつた。

本研究の要旨は、第44回日本医学放射線学会総会、第352回日本医学放射線学会関東地方会および第50回日本医学放射線学会物理部会において報告した。

### Appendix 縮小画像の作成と画像処理について

縮小画像の作成と画像処理はILO原寸およびテスト原寸をFig. 4に示す画像処理装置にかけることによって行なわれた。Fig. 4はドラムキャナとミニコンピュータで構成された画像処理シミュレーション・システムで、右側の系がフィルム読取装置、左側の系がフィルム書出装置である。

フィルムは $100\mu\text{m}$ アーチュア、10画素/mmの標本化率でデジタル化し、一端磁気テープに収録した。収録した画像に対し、汎用ミニコンピュータでFCRと同様な階調処理および空間周波数処理を行なった後、 $50\mu\text{m}$ アーチュア、20画素/mmの標本化率でX線フィルムに焼付けて縮小像(各辺1/2)を作成した。これがILO縮小およびテスト縮小である。

階調処理はFCRの胸部用の特性曲線Eまたは

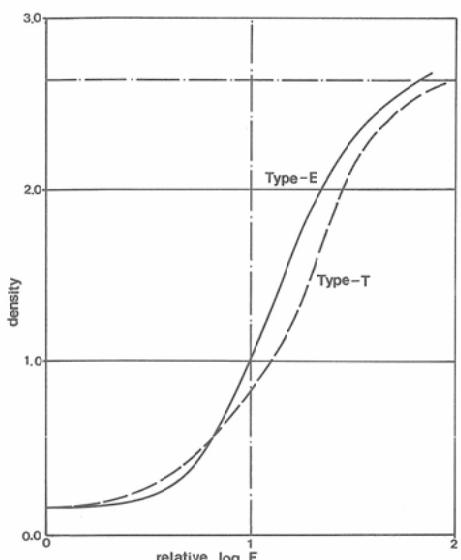


Fig. 5 Contrast characteristic curves of type E and T used for the processed film.

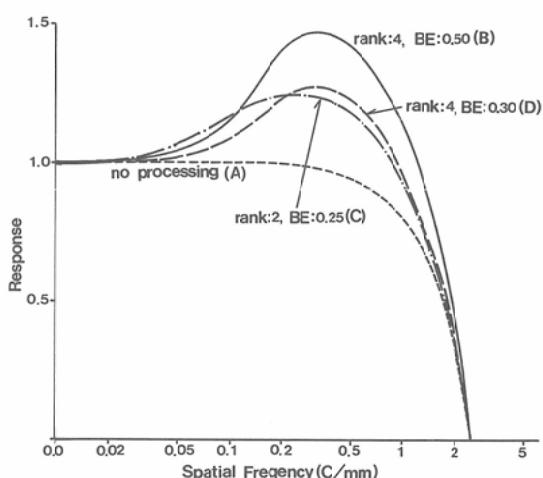


Fig. 6 Spatial frequency characteristic curves used in final film reading of this study.

Tを使用し(Fig. 5参照),  $\gamma$ 値を1.0と0.85の2種類とした。 $\gamma=1.0$ はFig. 5の特性そのものであるが、 $\gamma=0.85$ は出力写真濃度(縦軸)が0.85倍とやや軟調にしたものである。 $\gamma$ 値は予備実験1及び2では1.0と0.85を用いたが、本実験では1.0の処理は除外された。これはフィルムの縮小によって、原版写真よりも高コントラストのように認識されるためと考えられる。

また、空間周波数処理については、予備実験1では本文Table 2に示したように無処理、ランク2, 4と、BE=0.25, 0.50, 0.80の組合せで行なったが、BE=0.80の写真は円形陰影密度が原版よりも高濃度側に認識される傾向があるという専門医の意見により予備実験2以降では除外された。

本実験での周波数処理(処理A, B, C, D)の特性曲線を付図3に示す。Fig. 6で明らかのように、処理Dは処理Bと同じランクであるが、処理Cの特性曲線と類似しており、これが実際の読影実験の統計結果でも極めてよく似た成績を示したものと考える。本文にも記述したように、おそらく $\gamma=0.85$ 前後、spatial frequency 0.2ないし0.25サイクル/mmの周波数帯域を25%ほど強調する処理によって原版の情報を変化させずに各辺を2分の1に縮小できるものと考えてよい。

#### 文 献

- Sonoda, M., Takano, M., Miyahara, J. and Kato, H.: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology, 148: 833-838, 1983
- 石田正光、加藤久豊：講座・ディジタルラジオグラフィー。医用電子と生体工学, 22: 53-60, 1984
- 志田寿夫：じん肺のCT。呼吸, 2: 201-20, 1983
- 志田寿夫、兵頭春夫、岩崎尚哉、三代忠、倉前茂、松本満臣：胸部CT読影基準についての提言。断層撮影法研究会雑誌, 10: 100-106, 1983
- 斎藤宣照、細田裕、近内康夫、蜂谷順一、堀江重遠、千葉保之：石綿による胸膜肥厚のコンピュータ断層撮影。日本胸部疾患学会雑誌, 21: 1038-1048, 1983
- 細田裕：じん肺症のX線診断。産業科学ジャーナル, 2: 1-6, 1979
- 島正吾：職業病入門。じん肺。労働衛生, 24: 46-48, 1983
- 千代谷慶三：じん肺の診断基準・病形分類・重症度。内科, 45: 961-965, 1980
- 労働省安全衛生部労働衛生課編：じん肺診査ハンドブック。中央労働災害防止協会, 1979
- 細田裕、信友浩一、斎藤宣照、千葉保之：ILO1980じん肺X線写真国際分類使用のガイドライン(要旨)。呼吸器疾患, 32, No. 4別刷, 1-23(資料編), 1981
- 中央労働災害防止協会編：じん肺に関する健康管理調査研究委員会(画像処理委員会), 昭和58年度報告書, 1984

- 12) 中央労働災害防止協会編：じん肺に関する健康管理調査研究委員会(画像処理委員会), 昭和59年度報告書, 1985
- 13) Hall, E.L., Crawford, W. Jr. and Roberts, E.L.: Computer classification of pneumoconiosis for radiographs of coal workers: IEEE Trans. Biomed. Engg. BME-22, No. 6, 518-527, 1975
- 14) 小畠秀文, 高谷 治: 塵肺症の胸部X線写真による自動診断. 医用電子と生体工学, 20: 307-313, 1982
-