

# 胸部単純X線写真による間質性肺炎自動診断支援システムの基礎研究

暉 和彦\*・島田 哲雄\*・児玉 直樹\*・田中 啓之\*・岩坂 和彦\*・歸山 智治\*  
金子 智之\*・佐藤 敏輝\*\*・福本 一朗\*

A basic study of computer-aided diagnosis system for interstitial pneumonia by chest X-ray image

Kazuhiko TERU\*, Tetsuo SHIMADA\*, Naoki KODAMA\*, Hiroyuki TANAKA\*, Kazuhiko IWASAKA\*  
Tomoharu KAERIYAMA\* Tomoyuki KANEKO\*, Toshiteru SATO\*\*, Ichiro FUKUMOTO\*

**Abstract :** In this study, we suggest that the method using second-order statistics for distinguishing normal images and interstitial pneumonia images. This method was composed of automatic extraction of lung region, setup of ROIs (Region of interest) to intercostals space, discrimination of ROIs using second-order statistics. The second order statistics used this method is co-occurrence matrix and run-length matrix and the features obtained these matrices can quantify microscopic variation of density. At least, our method was estimated by calculating the ratio of abnormal ROIs. Consequently, we could obtain a relatively good result. From these things, we suggested that this method be useful to the discrimination between interstitial pneumonia images and normal images.

**Key words :** computer-aided diagnosis, interstitial pneumonia, lung radiograph, region of interest,

## 1. はじめに

間質性肺炎とは、肺胞壁や細気管支、細動脈周囲など間質の病変を主座とする多様な肺疾患であり、その原因としては放射線照射、ウイルス感染、無機塵・有機塵の吸引などが挙げられる。現在、この疾患の診断には胸部X線写真を用いたスクリーニング検査を行った後、胸部CTを用いて確定診断を行っている。

しかし、集団検診などのスクリーニング検査では撮影後、大量のフィルムを扱うため、読影する医師への負担が大きくなる。また、間質性肺炎の鑑別診断は容易なものではなく、読影する医師間や同じ読影者でも診断結果に時期的な変動があるとも言われている。

そこで、これらの診断を客観的・定量的に行うために、読影者の手助けとなるCAD (Computer-Aided Diagnosis) システムが精力的に研究されてきている。

胸部X線写真上での間質性肺炎は、初期段階では両肺野外側、もしくは両肺野下葉、特に肋横隔付近に特徴的な粒状影や浸潤影がみられ、また、症状が進行するとその陰影は両肺野全体にまで達する。この粒状影や浸潤影は肺胞を細胞の死体などの液体が満たした場合に出現する陰影のことで、直径5mm以下の微小円形の

ものを粒状影という。これらは正常な肺野に比べて白く写るのが特徴的である。そのため、画像のコントラストに注目することで正常組織と異常組織を区別することができるかと予測した。

そこで本研究では、微妙なコントラスト変化を定量的に評価することのできる特徴量である同時生起行列およびランレングス行列を用いて、間質性肺炎を対象とした医師の手助けとなるCADシステムの構築を試みたのでその成果を報告する。

## 2. 対象と解析方法の検討

今回用いた胸部X線写真は13枚で、そのうち健常画像9枚、間質性肺炎画像2枚である。健常画像については放射線科医が健常と診断したもので、間質性肺炎画像については胸部X線写真を撮影した後、X線CTで確定診断を付け、間質性肺炎と診断されたものである。これらの写真をデジタル化して扱うために、ディジタイザを用いてマトリクスサイズ4096×4096、ピクセルサイズ0.085mm、階調数12bitでデジタル化した。図1に健常画像と間質性肺炎画像の例を示す。

### 2.1 ROIの設定

本研究では、肺野領域のみに処理を行うため、初めに肺野領域の自動抽出を行った。抽出方法としては、肺野の外側と縦隔側にエッジ強調のフィルタをかけ、

原稿受付：平成15年5月16日

\*長岡技術科学大学大学院工学研究科生物機能工学専攻

\*\*長岡中央総合病院放射線科



図1 健常画像（上）と間質性肺炎画像（下）の例

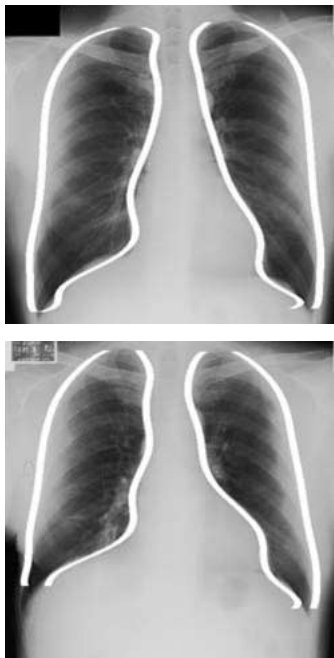


図2 肺野輪郭抽出画像

最大輝度変化点を最小二乗法により曲線近似した。この処理に用いた画像は、処理の高速化のためマトリクスサイズ512×512pixelに縮小したものをを用いた。結果の画像を図2に示す。

次に、間質性肺炎に特徴的な粒状影または浸潤影の大きさが、直径5mm以下の微小円形であるということから、一辺が16×16 pixelのROIを肺野領域内にできる

だけ多く設定した。なお、以後の処理はそれぞれのROIに対して行なった。

次に、濃度勾配ベクトルを用いて、肋骨エッジを含むROIを除去した。

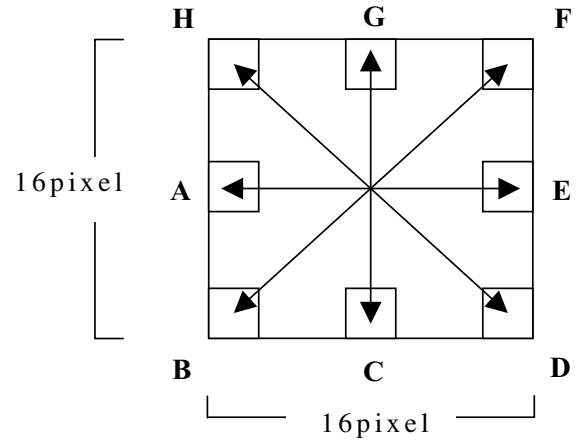


図3 濃度勾配ベクトルの概念

図3は濃度勾配ベクトルの考え方で、 $\vec{AE}$ ,  $\vec{BE}$ , ...,  $\vec{HD}$ の8方向の中で最も濃度差が大きい角度のベクトルがそのROIのベクトルとなる。それぞれのROIについてこのベクトルを算出した後、鋭い肋骨辺縁の濃度勾配ベクトルの角度と一致するROIを除去することによりROI設定画像が得られる。

次に、数多く配置されたROIの中から、間質性肺炎の好発部位である肋横隔付近に配置されたROI40個（左右の肺野20個ずつ）を処理対象部位とした。また、最終的に処理を行うROIは、512×512pixelの画像より得られたROIの座標から1024×1024pixelの画像に対応する部位のROI（32×32pixel）である。

### 2. 2 最適特徴量の検討

間質性肺炎で顕著に現れる粒状影もしくは浸潤影は画像上でコントラストが高いため、間質性肺炎の画像では、健常画像に比べ肺野領域に濃淡変化の様子を多く観察することができる。また、異常組織（粒状影や浸潤影が存在する個所）が肋骨などと重なっている部分では、濃淡変化はあるものの、その変化量は人の目で観察することは困難である。これらのことより、画像の濃淡変化を定量化することのできるテクスチャ解析のうち、二次統計量である同時生起行列とランレングス行列を用いてそれぞれのROIを評価した。

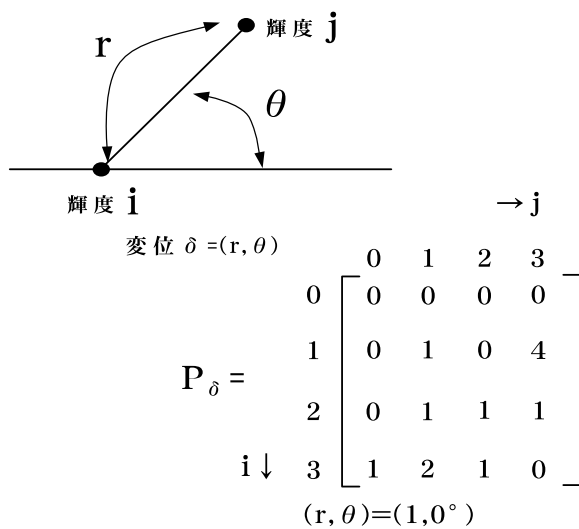
まず、同時生起行列とは図4のように輝度が*i*の点から一定の変位  $\delta = (r, \theta)$  だけ離れた点の輝度が*j*である確率  $P_{\delta}(i, j)$  を要素とする行列（以下、確率行列

という) を求め、その行列から14個の特徴量を計算するものである。確率行列の値は画像例に対する頻度で表してあるが、実際には全体の個数が1になるように正規化しておく。今回は図4に示すように一番単純な  $r=1, \theta=0^\circ$  を用いて解析を行った。次に、ランレングス行列とは図5のように、画像内で  $\theta$  方向の輝度  $i$  の点が  $j$  個続く頻度  $P_\theta(i, j)$  を要素とするランレングス行列を求め、その行列から5個の特徴量を計算するものである。今回は図5に示すように一番単純な  $\theta=0^\circ$  を用いて解析を行った。なお、これら特徴量は画像の明るさの影響を受けやすく、画像に正規化をかけるのが一般的である。そのため本手法でも階調数を8bitから6bitに変換した後これらの行列を作成した。

これら2つの行列から合計で19個の特徴量が算出でき、処理対象のROI全てにおいて各特徴量を求めた。その後、健常画像と間質性肺炎画像から得られた結果の統計学的な検討をStudent t-検定を用いて行った。その結果より、健常画像と間質性肺炎画像との間に有意な差(危険率5%以下)があった特徴量を本手法の最適特徴量の組み合わせとした。

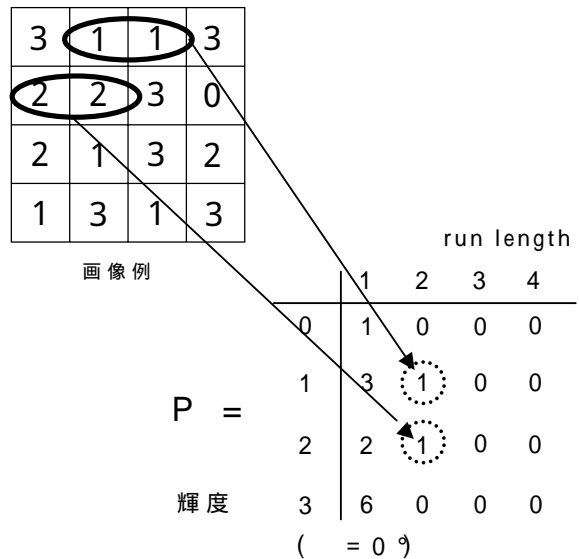
3	1	1	3
2	2	3	0
2	1	3	2
1	3	1	3

画像例



画像例から得られる確率行列

図4 同時生起行列の例



画像例から得られるランレングス行列

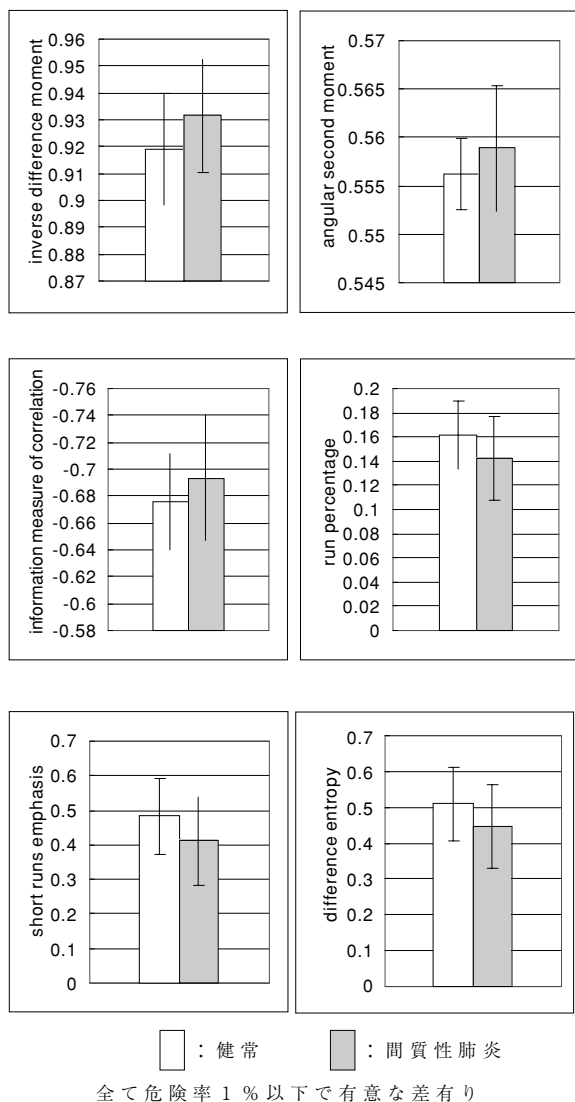
図5 ランレングス行列の例

### 3. 結果

それぞれのROIについて特徴量を計算し、健常画像と間質性肺炎画像との間の統計学的検討を行ったところ、表1のような結果が得られた。この結果より、危険率の小さかった6つの特徴量の結果を図6に示す。

表1 各特徴量におけるp-value

特徴量	p-value
同時生起行列	
①angular second moment	<0.001
②contrast	<0.001
③correlation	<0.001
④sum of square : variance	<0.001
⑤inverse difference moment	<0.001
⑥sum average	<0.001
⑦sum variance	<0.001
⑧sum entropy	<0.001
⑨entropy	<0.001
⑩difference variance	<0.001
⑪difference entropy	<0.001
⑫information measure of correlation(1)	<0.001
⑬information measure of correlation(2)	0.064
⑭maximal correlation coefficient	0.395
ランレングス行列	
①short runs emphasis	<0.001
②long runs emphasis	<0.001
③gray level nonuniformity	0.489
④run length nonuniformity	<0.001
⑤run percentage	<0.001



全て危険率1%以下で有意な差有り

図6 幾つかの特徴量のデータ

図6より、各特徴量は健常と間質性肺炎の特徴を良く捉えており、特に画像が一樣なほど小さな値をとる angular second momentでは、間質性肺炎の方が有意に大きな値をとっていることが分かる。また、表1より有意差のある16個の特徴量を使ってマハラノビスの汎距離により判別分析によって診断を行った。

表2は、各症例において処理対象40個のROI中に占める異常と診断されたROIの割合を示したものである。また、図7は表の結果をグラフ化したものである。この結果より、健常画像では異常ROIが占める割合が30%以下であるのに対し、間質性肺炎画像では70%以上であると言う事から、本手法は症例数が少ないものの、高い判別率で診断できていることが分かる。

表2 ROI40個中に含まれる間質性肺炎と診断されたROIの割合

症例	間質性肺炎と診断されたROIの割合[%]
control1	5.0
control2	8.0
control3	0.0
control4	25.0
control5	5.0
control6	12.5
control7	20.0
control8	7.5
control9	7.5
IP1	85.0
IP2	70.0
IP3	85.0
IP4	95.0

Control：健常画像 IP：間質性肺炎画像

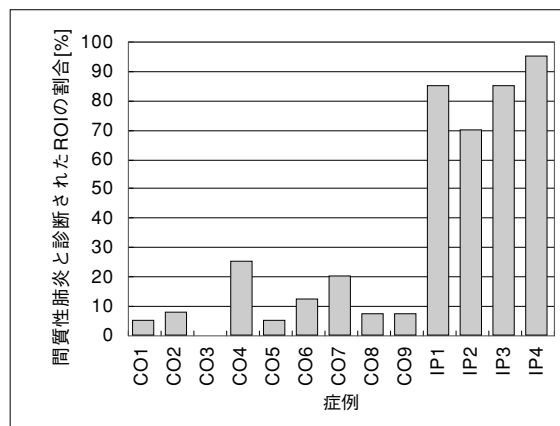


図7 各症例における間質性肺炎と診断されたROIの割合

#### 4. 考察

本研究では、間質性肺炎に特徴的な粒状影や浸潤影の構造に着目し、同時生起行列を用いて健常画像と間質性肺炎画像とを自動的に判別するCADシステムの構築を試みた。その結果、全ての症例で正しい判別ができていた。桂川<sup>[1][2]</sup>らは、フーリエ変換から決定されるrms (root mean square) 変動値とパワースペクトルの1次モーメントを使用し、正判別率95%と高い結果を得ている。本研究と比較してみると、症例数に差はあるが高い判別率を得ているということから、現段階では本手法が間質性肺炎画像と健常画像とを区別する新たなシステムとなりうる可能性がある。

今までの研究では肋骨エッジを含むROIも処理対象としていたため、最終的に異常ROIが占める肺野領域

の割合が健常画像、間質性肺炎画像ともに高かった。これは、肋骨エッジを含むROIは輝度変化が激しいため、各種特徴量の結果は炎症の起きている部位を含むROIと同じような値をとるためであると考えられる。特に、2点間の輝度値から求める同時生起行列のような特徴量を用いる場合には、そのような正常組織の辺縁を含むROIをあらかじめ削除しておく必要がある。そのため今回の研究で用いた濃度勾配ベクトルによる肋骨エッジを含むROIの削除は非常に有効なものであるといえる。

しかし、本研究には更なる検討が必要であり、同時生起行列を用いた特徴量では変位 $\delta$ の距離 $r$ となす角 $\theta$ はそれぞれ $1, 0^\circ$ と一番単純なものを用いていた。また、ランレングス行列についても同じで $\theta$ の値は $0^\circ$ を用いていた。これらの値を変化させること、特に $r$ の値を変化させることで今まで隣のピクセルを見ても輝度変化が少なかったような淡い陰影の画像に対しても高い判別率を得ることができると考えられるため、変位 $\delta$ の値の更なる検討が必要である。

また、症例数が少ないために判別率が高いということも考えられるので、症例数を増やし学習画像（既知データ）を用いて最適特徴量の検討、異常ROIが占める割合の閾値の検討を行う必要がある。

以上の事を考慮すれば、今後本システムの改善が期待できる。

## 参考文献

- [1] S. Katsuragawa, K. Doi, H. MacMahon, "Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography: Classification of normal and abnormal lung with interstitial disease in chest images", *Med. Phys.*, vol.15, no.3, pp.331-319, October 1988.
- [2] 内田勝, デジタル放射線画像, 藤田広志, 小寺吉衛 (編), pp.176-186, オーム社, 東京都, 1998.
- [3] 陳旋, 長谷川純一, 鳥脇純一郎, "じん肺X線写真の定量診断のための粒状影の識別", 電子情報通信学会論文誌, J72-D-II, 6, pp.944-953, November 1989.
- [4] 桂川茂彦, 杜下淳次, 石田隆行, 土井邦夫, "胸部単純写真のCAD", 日本放射線学会雑誌, vol.56, no.3, pp.332-336, March 2000.
- [5] K. Ashizawa, T. Ishida, H. MacMahon, C. J. Vyborny, S. Katsuragawa, K. Doi, "Artificial Neural Networks in Chest Radiography: Application to the Differential Diagnosis of Interstitial Lung Disease", *Acad. Radiol.*, vol.6, no.1, pp2-9, January 1999.
- [6] B. V. Ginneken, S. Katsuragawa, B. M. ter Haar Romeny, K. Doi, "Automatic Detection of Abnormalities in Chest Radiographs Using Local Texture Analysis", *IEEE Trans. Med.*, vol.21, no.2, pp139-149, February 2002.
- [7] 杜下淳次, 桂川茂彦, 土井邦夫, "間質性肺病変のコンピューター分析におけるグレイレベル・ランレングス解析の応用", 日本放射線学会雑誌, vol.56, no.3, pp.384-390, March 2002.
- [8] 高木幹雄, 下田陽久, 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 東京都, 1998.

- [9] 島田哲雄, 児玉直樹, 佐藤英哉, 中川真一, 樋渡圭, 石田卓也, 福本一朗, "Directional Eye Shaped Filterを用いた胸部X線画像における腫瘍性陰影抽出システムの基礎研究", 信学技報, vol.100, no.330, pp.73-78, 2000

