

肋骨と肋間からの濃度分布特徴抽出による じん肺写真の定量評価と分類

喜多 亮輔[†] 向井 苑生[†] 阿部 孝司[‡] 南 昌秀^{**}

近畿大学大学院総合理工学研究科[†] 近畿大学理工学部[‡] 東京大学大学院医学系研究科^{**}

1. まえがき

じん肺の読影は医師間で診断結果が異なる場合も多く、計算機による診断支援が求められている。従来手法では、テクスチャ解析による方法⁽¹⁾から粒状影密度を測定する方法⁽²⁾に発展したが、粒状影の完全抽出が未解決なため未だ実用化に至っていない。本報告では、胸部単純 X 線像から肺領域を抽出後、肋骨と肋間における濃度分布特徴を抽出し、じん肺症状の定量的評価方法を提案する。さらに、定量化した評価値を用いてじん肺写真を症状レベル別に分類する。

2. じん肺の種類と分類

じん肺にはけい肺と石綿肺があり、けい肺を対象とする。けい肺には粒状影が現れ、0~4型に症状別分類されており、0型は健常、1~4型は異常であり型が上がるほど症状が重い。本研究では、0~3型の判別を行う。けい肺フィルムをスキャナで取り込んだ画像を読影すると、粒状影は、0型には無く、1型では肋骨上、2型では肺全体で顕著に映り、3型になると2型に比べサイズ・数ともに増加する特徴が見られる。

3. 提案手法

3.1 医師による肋骨描画

まず、医師が直接、Tablet PC を用いて X 線像内の右肺に映っている肋骨縁を 2 本 1 組でなぞり、5 本の肋骨（10 本の肋骨縁）を入力する。

3.2 肺領域の抽出

右肺画像に対し、平滑化フィルタ適用後、判別分析法により 2 値化する。その後、腋を通る垂線から左領域を削除し、さらに最大領域以外の独立領域を削除する。

3.3 肋骨・肋間における濃度測定

3.2 で得た肺領域に対する外接矩形の左側の垂直線を y 軸とし、y 軸上のすべての画素から肺領域までの水平方向距離をそれぞれ測定する。また、外接矩形の底辺を x 軸、xy 軸の交点を原点、y 軸から肺領域までの水平方向における最大距離を Max、そのときの y 座標を Ya、肺の輪郭と y 軸との交点座標を Q (0, Yb) とし、 $Yb \leq y \leq Ya$ の範囲で直接探索法によって右肺の外側の輪郭線を 2 次

関数で近似する。その後、原画像に対して、座標 P(Max, Ya) を始点として点 Q まで近似曲線に沿って走査し各画素値を測定する。1 回の走査後、右に走査線をずらし、3.1 で得た肋骨縁最上部の右端まで行う。これを縦走査と呼ぶ。

一方、3.1 で得た最上部肋骨縁 1 本の左端を開始点、その右端を終了点とし、肋骨縁に沿って走査し走査点が終了点に達したときに 1 回分の走査を終了する。これを次の肋骨縁まで走査線を下にずらし繰り返す。以降、各肋骨縁から次の縁までそれぞれ区間ごとに同様の走査を行い、最下部の肋骨縁まで行う。これを横走査と呼ぶ。

3.4 定量化計算

まず、各区間（肋骨 5 区間、肋間 4 区間）における濃度値の分散を求める。ここで区間番号を t ($1 \leq t \leq 9$) とする。 t 番目の区間で走査された全画素の集合を G_t とし、 G_t 内の画素値を $g_t(i, j)$ とする。集合 G_t は走査方法により異なる画素集合となる。 i は画像における横座標であり、最上部の肋骨縁の長さを h_1 とし、肋骨縁左端で $i=1$ としたとき、縦走査における定義域は $1 \leq i \leq h_1$ である。横走査では、それぞれの肋骨縁で長さが異なり、 t 番目の区間の上部縁の長さを h_t とすると、横走査における i の定義域は $1 \leq i \leq h_t$ となる。 j は画像における縦座標であり、縦走査では $Yb \leq j \leq Ya$ である。横走査の場合、 t 番目の区間における 1 回目の走査を $j=1$ 、上部縁と下部縁の垂直方向での最小距離を v_t とすると、定義域は $1 \leq j \leq v_t$ となる。 G_t の画素数を n_t 、 G_t の全画素値の平均値を μ_t とすると、 G_t の画素集合における濃度の分散値 V_t は式 1 で求められる。

$$V_t = \frac{1}{n_t} \sum_{i,j} \{\mu_t - g_t(i, j)\}^2 \quad (1)$$

肋骨上における分散値の配列を $D_0 = \{V_1, V_3, V_5, V_7, V_9\}$ とし、肋間における分散値の配列を $D_1 = \{V_2, V_4, V_6, V_8\}$ とする。これらの 2 種類の配列 D_k ($k=0$ または 1) 内の中央値を $D_k(Md)$ 、最大値を $D_k(Mx)$ 、平均値を $D_k(Av)$ とした場合、肋骨と肋間の異常度を Abn_k とすると(式 2)、 Abn_k が大きい程その画像は異常であると判断する。 Abn_0 、 Abn_1 は、それぞれ肋骨、肋間の異常度である。

$$Abn_k = \frac{D_k(Mx)}{D_k(Av)} D_k(Md)^2 + |D_k(Md) - D_k(Av)|^2 \quad (2)$$

式 2 において、第 1 項では、 $D_k(Md)$ に重みを付けることによって、 $D_k(Md)$ が高いほど粒状影の輝度値に近づき粒状影も多く存在すると考えられ、型別の大まかな数値が算出される。また、

An Automated Classification of Pneumoconiosis Radiographs by Extracting Characteristics of Density Distributions on Ribs and the Interspaces

Ryosuke Kita[†], Sonoyo Mukai[†], Koji Abe[‡], and Masahide Minami^{**}

[†] Interdisciplinary Graduate School of Sci. and Tech., Kinki University

[‡] School of Science and Engineering, Kinki University

^{**} Graduate School of Medicine, the University of Tokyo

第2項では、 $D_k(Md)$ と $D_k(Av)$ の差を算出することによって差が大きいほど粒状影が鮮明に写っていると考えられ、同型間での症状の違いを評価する数値が算出される。

3.5 症状別の分類

縦走査および横走査では、肋骨と肋間のそれぞれにおける2異常度を算出する。また、本研究では右肺横走査によって算出された異常度をサンプルデータとして使用し、左肺縦走査の異常度をテストデータとして線形判別分析による症状別の分類を行う。具体的には、 Abn_0 と Abn_1 を変数として判別得点を求める。例えば、 n 型 ($0 \leq n \leq 2$) と $n+1$ 型以上の判別分析で、得点が Z であったとき、 $Z < 0$ ならば n 型、 $Z > 0$ ならば $n+1$ 型以上として症状別分類を行う。

4. 実験結果

実験試料として、0型画像51枚とじん肺標準写真7枚のX線フィルムを用いた。じん肺標準写真の内訳は1型4枚、2型2枚、3型1枚である。画像はすべて、あらかじめ左右肺を分割した状態でスキャナライズされており、サイズ 2550 × 3509 pixels, 階調数 8bits, 解像度 400dpi であり、左右それぞれ58個の画像データを使用した。

4.1 定量化の結果と考察

表1は0型画像の異常度算出結果であり、異常度(Abn_0 及び Abn_1)は約5000~10500であった。図1は1~3型画像の肋骨および肋間の異常度算出結果であり、横軸は画像名(ABCD:1型, EF:2型, G:3型)を示す。図1において、1型 Abn_0 は約17000~30000であったのに対し、1型 Abn_1 は約12000~20000であった。1型 Abn_1 と0型の値に有意差は無く、かつ、1型 $Abn_0 > 1$ 型 Abn_1 の関係が有意に得られたのは、『肋骨上に粒状影が映る』という1型画像の特徴が数値として現れた結果だといえる。一方、2型では、 Abn_0 と Abn_1 に有意差はなかった。また、2型 Abn_0 は、0型と1型の Abn_0 に比べ有意に高く、2型 Abn_1 は1型 Abn_1 と有意差はなかった。この結果から、『肺全体に粒状影が映る』という2型画像の特徴も定量的に得られたといえる。また、3型では、2型に比べて Abn_0 , Abn_1 とも有意に上昇し、『2型に粒状影の数が多い』という3型画像の特徴も定量的に得られた。

また、走査別(縦・横)における異常度 Abn (Abn_0 と Abn_1 の平均)を図2に示す。この結果より、走査方法による異常度に有意差はなかった。

4.2 症状別の分類結果

Abn_0 と Abn_1 を変数として、3.5の手順で線形判別分析による症状別分類を行った。図3はその判別結果である。図3に示された3直線はサンプルデータから得られた判別直線であり、左から順に0~1型間・1~2型間・2~3型間の判別直線を示している。図3より、型別の内訳と同じ判別結果であった。

表1 異常度算出結果(0型)

異常度	平均	標準偏差	最大値	最小値
Abn_0	7589.20	1345.65	10264.37	5412.02
Abn_1	7673.28	1393.83	10254.99	5004.81

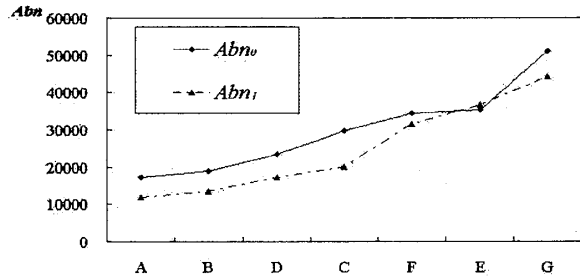


図1 異常度算出結果(1~3型)

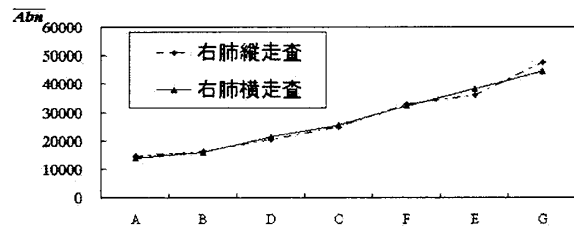


図2 縦走査及び横走査の異常度比較

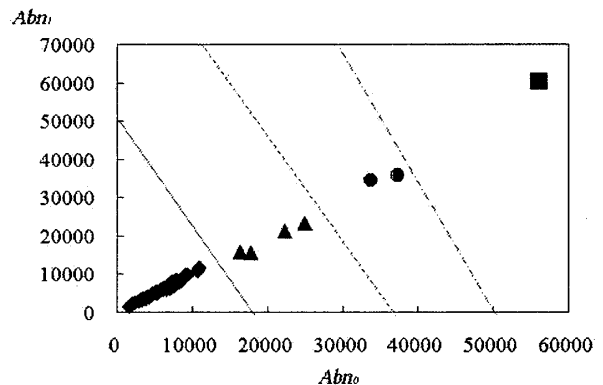


図3 判別結果(◆:0型, ▲:1型, ●:2型, ■:3型)

5. むすび

本報告では、じん肺の一つであるけい肺の症状を定量的に評価する方法を提案した。さらに、定量化した評価値を用いて症状別の分類を行った。その結果、本手法によりすべての画像が正しく判別された。今後、肋骨縁の特定を自動化する予定である。また、ILOのじん肺写真を実験試料として加え実験を行う予定である。

文献

- (1) 小畑秀文, 渡辺敏博, “2次元自己回帰モデルに基づくテクスチャ識別,” 信学論, vol.J71-A, no.2, pp.512-518, Feb. 1988.
- (2) 小畑秀文, 久保淳, 岡田守弘, “等濃度線処理によるX線写真中のじん肺陰影抽出と自動診断への応用,” 信学論, vol.J76-D-II, no.2, pp.261-267, Feb. 1993.