

平成 2 8 年 5 月 2 7 日現在

機関番号：5 5 5 0 1

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013 ~ 2015

課題番号：2 5 3 3 0 3 5 7

研究課題名 (和文) 胸部高分解能CT画像における異常陰影検出システムの構築

研究課題名 (英文) A desing of a computer-aided diagnosis system for classifying diffuse lung opacities in thin-section computed tomography images

研究代表者

三谷 芳弘 (MITANI, YOSHIHIRO)

宇部工業高等専門学校・制御情報工学科・教授

研究者番号：3 0 3 2 1 2 2 7

交付決定額 (研究期間全体) : (直接経費) 3,200,000 円

研究成果の概要 (和文) : 胸部高分解能CT画像におけるびまん性陰影を分類することは、コンピュータ支援診断(CAD)システムを構築するための重要な一歩である。胸部高分解能CT画像におけるびまん性陰影を分類するCADシステムを設計するため、局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴を提案し、有効性があることを、それぞれ示した。びまん性陰影の分類性能を改善するため、局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴との組合せ特徴を開発した。さらに、組合せ特徴の正規化を検討した。胸部高分解能CT画像におけるびまん性陰影を効果的に分類するには、局所的な特徴を用いることを推奨する。

研究成果の概要 (英文) : The classification of diffuse lung opacities in thin-section computed tomography(HRCT) images is an important step for developing a computer-aided diagnosis(CAD) system. In designing the CAD system for classifying diffuse lung opacities in HRCT images, a local histogram and a local slice feature vector has been proposed and shown to be effective, respectively. We have also developed a combined feature vector of a local histogram and a local slice feature vectors in order to improve the diffuse lung opacities classification. Furthermore, we have examined the combined feature vector with normalization techniques. In effectively classifying diffuse lung opacities in HRCT images, we recommend to use the localization of the feature vector.

研究分野：パターン認識

キーワード：びまん性陰影 コンピュータ支援診断 胸部高分解能CT 画像認識 組合せ特徴 局所ヒストグラム特徴 局所スライス特徴

1. 研究開始当初の背景

近年、コンピュータを用いた医用画像支援診断(CAD:Computer-Aided Diagnosis)システムの構築が医療現場から強く要望されている。最新の研究より、胸部高分解能 CT 画像診断は、びまん性肺疾患の他、肺がん及び COPD(慢性閉塞肺疾患)の早期検出に有用であることが報告されている。特に、肺がんによる死亡率が年々増加しており、その罹患者にとって肺がんの病変が早期発見されることは急務である。

申請者らは、これまで胸部高分解能 CT 画像におけるびまん性陰影分類の研究を行ってきた。典型的な異常陰影として、網状影・粒状影・スリガラス陰影・浸潤影などに分類されるが、これらの識別には、Gabor 特徴を用いることを有効視していた。

しかしながら、Gabor 特徴のみを用いる方法では、誤識別を避けることができず、改善の余地があった。

最近、申請者らは、Gabor 特徴に代わる新たな特徴として、「局所ヒストグラム特徴」と「スライス特徴」を提案し、それぞれの特長を明らかにした。さらに、これら 2 つの「特徴」を組み合わせることにより、異常陰影の識別性能がより改善すると見込んでいる。

本研究では、「局所ヒストグラム特徴」と「スライス特徴」とを組み合わせた特徴を用いた、新しい異常陰影の識別方法を開発するものである。胸部高分解能 CT 検査では、膨大な量の CT 画像データが得られ、それらから異常陰影を正確に読み取るには高度な熟練と体力・根気を必要とする。

本研究は、CT 画像データから CAD システムによって、異常陰影の可能性部位を提示することで、医師が見落としなく診断できるよう支援するものであり、社会的な要望は極めて高いものである。

2. 研究の目的

本研究では、胸部高分解能 CT 画像による診断において、画像処理・パターン認識技術を用い、異常陰影を高精度に自動検出するようなコンピュータ支援診断(CAD)システムを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 特徴の高精度化

びまん性異常陰影の分類のため、従来から用いられてきた Gabor 特徴に代わる、「局所ヒストグラム特徴」と「スライス特徴」をそれぞれ検討する。さらに、「スライス特徴」をより高精度化した「局所スライス特徴」を検討する。「局所ヒストグラム特徴」は、CT 画像における異常陰影の濃淡情報を反映する。胸部高分解能 CT 画像の濃淡幅は 4096 階

調と非常に大きく、これらの異常陰影はある領域に集中して存在する。そのため、「局所ヒストグラム特徴」では、局所的にウィンドウを設定し、そのウィンドウ内の濃淡情報のみをヒストグラム化することにより、より富んだ特徴を抽出し、分類の高精度化を実現した。一方、「スライス特徴」は異常陰影の形状情報を反映する。申請者らは、「スライス特徴」も「局所ヒストグラム特徴」と同様に、局所的にウィンドウを設定することにより、より富んだ特徴が得られると期待する。図 1 と図 2 は、局所ヒストグラムと局所スライス特徴の概念図をそれぞれ表す。局所的にウィンドウを設定することにより、異常陰影の集中している情報を効率的に取得する。

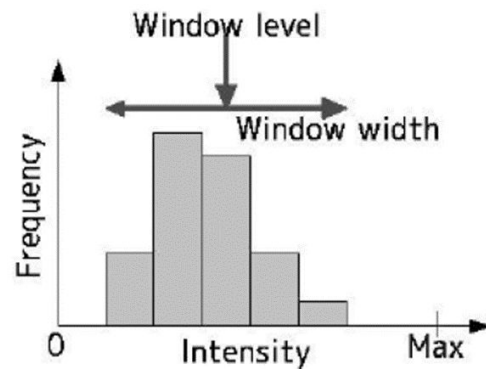


図 1 局所ヒストグラムの概念図

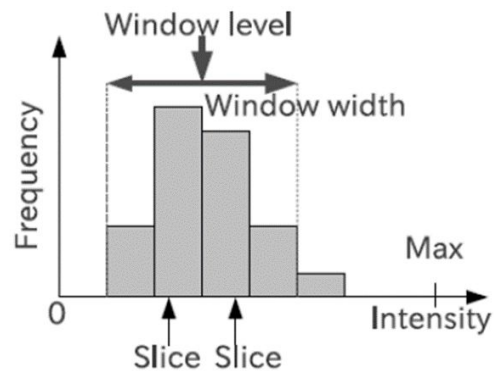


図 2 局所スライス特徴の概念図

胸部高分解能 CT 画像の異常陰影の分類性能は、誤識別率に基づいて計算機シミュレーションにより評価する。異常陰影の分類は、網状影・粒状影・スリガラス陰影・浸潤影と、正常部位の 5 クラスである。各クラス 100 枚の関心領域(ROI:Region of interest)画像を用いる。誤識別率の推定法を以下に示す。

手順 1 利用できるサンプル 500 個を訓練サンプルとテストサンプルに 250 個ずつランダムに分割する。

手順 2 局所平均識別器を用いて誤識別率を計算する。

手順3 手順1と手順2を100回独立に繰り返す。
 手順4 誤識別率の平均と95%信頼区間を求める。

(2) 組合せ特徴の高精度化

より高精度な異常陰影自動検出のため、「局所ヒストグラム特徴」と「局所スライス特徴」とを組み合わせた特徴を検討する。相異なる特徴を組み合わせることにより識別性能が改善することが期待される。すなわち、濃淡情報を反映した「局所ヒストグラム特徴」は、スリガラス陰影・浸潤影・正常部位の識別に有望で、一方、形状情報を反映した「局所スライス特徴」は、網膜影・粒状影の識別に強い、と見られる。そのため、これらの特徴の組み合わせ方を検討することにより、さまざまなタイプの異常陰影に対応可能と期待される。図3は組合せ特徴の作り方を表す。各特徴の重要度は、重みパラメータ t を用いて調整される。組合せ特徴は、 t の値が0のとき局所スライス特徴となり、 t の値が1のとき局所ヒストグラム特徴となる。また、 t の値が0.5のときは、局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴とが同等である。すなわち、組合せ特徴では、 t の値が0に近いときは局所スライス特徴が重視され、 t の値が1に近いときは局所ヒストグラム特徴が重視される。重みパラメータ t の値を適切に定めることにより、局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴とを組み合わせた特徴の有効性が示されるものと期待される。

さらに、より高精度な異常陰影検出のため、組合せ特徴の高精度化を検討する。組合せ特徴は、その組み合わせ方そのものが課題となる。そこで、局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴との特徴相互のギャップを埋めることを検討する。本研究では、2種類の正規化の方法を検討する。2種類とはリスケール法と標準化法である。リスケール法は、各特徴の値を0から1の間にリスケールするものである。一方、標準化法は、各特徴が標準正規分布に従うように特徴値を変換するものである。図4にリスケール法(Rescaling)と標準化法(Standardization)をそれぞれ示す。このような正規化を特徴毎に適用し、特徴相互のギャップをできるだけ埋めるようにする。ただし、正規化手法の適用が、組合せ特徴の高精度化につながるとは必ずしも

$$\begin{aligned} \text{Local histogram: } & u=[u_1, u_2, \dots, u_n]^T \\ \text{Local slice: } & v=[v_1, v_2, \dots, v_m]^T \\ \text{Combined feature vector: } & w=[tu_1, \dots, tu_n, (1-t)v_1, \dots, (1-t)v_m]^T \end{aligned}$$

図3 組合せ特徴の作り方

Rescaling: The range of raw data $[x_{\min}, x_{\max}]$ changes to $[0, 1]$.

$$x' = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

Standardization: The values of each element in the data have zero-mean and unit variance.

$$x' = (x - x_{\text{ave}}) / x_{\text{sd}}$$

図4 リスケール法と標準化法

限らないことに注意されたい。

4. 研究成果

(1) 特徴の高精度化

表1と表2は、局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴の誤識別率をそれぞれ表す。上段は誤識別率の平均を示す。下段は95%信頼区間を示す。実験結果より、ヒストグラム特徴、スライス特徴共に、従来手法と比べ、局所化することにより、誤識別率が大幅に改善する。当初見込んでいた通り、異常陰影の情報が集中しているところから特徴を取得することは有効であることが分かった。

表1 ヒストグラム特徴と局所ヒストグラム特徴との比較(上段：誤識別率の平均(%), 下段：95%信頼区間)

Conventional histogram	Local histogram
16.86	4.34
16.43, 17.17	4.11, 4.56

表2 スライス特徴と局所スライス特徴との比較(上段：誤識別率の平均(%), 下段：95%信頼区間)

Conventional slice	Local slice
11.48	4.01
11.16, 11.79	3.78, 4.25

(2) 組合せ特徴の高精度化

局所ヒストグラム特徴と局所スライス特徴の2つの特徴を組み合わせることにより、異常陰影の分類性能がより改善することが期待される。組合せ特徴の高精度化のために、特徴相互のギャップを埋めるような2種類の正規化法を試みた。2種類の正規化法は、リスケール法と標準化法である。表3は、従来法、リスケール法、標準化法の誤識別率を表す。このとき、重みパラメータ t の値は0.3であった。実験結果より、リスケール法及び標準化法において、誤識別率が少し改善した

以上より，胸部高分解能 CT 画像における異常陰影の分類には，局所的な特徴を用いたアプローチが有効であることが分かった．

表 3 従来法，リスケール法，標準化法の誤識別率(上段：誤識別率の平均(%)，下段：95%信頼区間)

Conventional method	Rescaling method	Standardization method
4.01 3.78, 4.35	3.94 3.70, 4.18	3.93 3.69, 4.16

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Y. Mitani, Y. Fujita, N. Matsunaga, and Y. Hamamoto, Combining of local histogram and local slice feature vectors for classifying diffuse lung opacities in thin-section computed tomography images, International Journal of Information and Electronic Engineering, 査読有, Vol. 6, No. 2, 2016, pp.135-138, DOI:10.18178/IJEE

[学会発表](計1件)

Y. Mitani, Y. Fujita, N. Matsunaga, and Y. Hamamoto, A study of local slice features for a lung opacities classification in thin-section computed tomography images, Proc. the IASTED International Conference on Signal and Image Processing, 2013.7.17-19, Banff, Canada.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

三谷 芳弘 (MITANI YOSHIHIRO)

宇部工業高等専門学校・制御情報工学科・教授

研究者番号：30321227