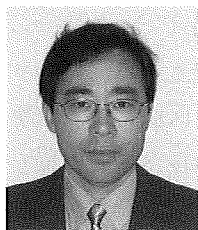


胸部 MDCT 画像の経時差分法の開発と病変部候補領域の抽出

Development of Temporal Subtraction Technique on Thoracic MDCT Image and Detection of Abnormal Candidate Regions

1081008



研究代表者 九州工業大学大学院 機械知能工学科 准教授 金 亨 變

【研究の目的】

肺がんなどの診断では、フィルムやコンピュータ画像診断による長時間の読影による、医師の疲労や個人差による見落としが懸念され、医療現場からは QOL (quality of life) の高い機械装置や診断支援用解析法の開発が求められている。

そこで我々は、診断の際に撮影された画像(現在画像)から、それ以前に撮影された画像(過去画像)間の経時変化を、画像上に強調表示することにより、新たに発症した病変部を見やすく表示し、診断精度の向上、読影時間の短縮等を図るための手法を開発した。

【研究の内容、成果】

1. Voxel マッチング法による経時的差分像の生成と結節状陰影の検出

経時的差分技術とは、現在画像と過去画像との差分演算を行うことにより、経時的変化の少ない血管、骨、筋肉などの正常構造を消去すると同時に、新たに生じた病巣や既存陰影の経時的変化を強調した画像を生成する手法である。血管、骨、筋肉等の正常構造はこれらの両画像に共通して出現するため、差分処理により消去することができる。これにより、現在画像に新たに出現した病巣陰影や既存陰影の形状変化と

いった経時変化が、経時的差分画像上に強調表示される。また比較的大きな経時変化だけではなく、検出が困難な低コントラストの経時変化に対しても、経時的差分画像を利用することにより、その変化分の検出が容易となり、病巣陰影の検出精度や読影速度の向上が期待できる。

経時的差分像の生成では、これまでに我々が開発した胸部 MDCT における Voxel マッチング法による経時的差分像技術を用い、その差分像上の結節状陰影の経時変化の検出法を開発した。さらに、実験結果を元に、経時的差分像技術を用いた結節状陰影の検出結果について考察を加える。

まず、検出対象の結節状陰影の寸法に応じた検出処理を行う。本処理では、直径 20 [mm] 以上の結節状陰影を検出するため、はじめに現在画像及び過去画像から経時的差分画像を生成する。次に、経時的差分画により結節状陰影候補領域を特定する。一方、直径 20 [mm] 以下の結節状陰影を検出対象とした処理では、経時的差分画像を生成した後、多重閾値処理により結節状陰影の経時変化の拾い上げを行う。続いて、選択強調フィルタ処理と特徴量分析により、拾いすぎ結節状陰影候補領域の絞り込み処理を行う。

初期陰影の拾い上げでは、はじめに胸部 MDCT 画像から肺領域をセグメンテーションする。次に、経時的差分画像の結節状陰影の候

補領域を拾いあげるため、多重閾値を用いた 2 値化処理を行い、それぞれのラベル画像に対し、面積、円形度、複雑度の特徴量を計算する。それぞれの値が全て閾値以上であれば、結節状陰影の初期候補領域として拾い上げる。

次に、結節状陰影の最終候補領域の抽出を行う。経時的差分画像から拾い上げた結節状陰影の初期候補領域には、血管影等の偽陽性陰影が多く含まれる。これは、経時的差分像技術の位置合わせが不十分な場所では、血管影が差分により消去されず、経時的差分画像にアーチファクトとして残存するためである。そこで、結節状陰影の候補領域を絞り込むため、選択強調フィルタの出力値を利用した閾値処理を行う。選択強調フィルタは、画像に含まれる点成分と線成分を選択的に強調することができるため、点強調処理により円形を呈する結節状陰影を強調できる一方、線状を呈する血管影を抑制することが可能である。最後に、結節状陰影の候補領域に対し、濃度及び形状特徴量を計測し、それぞれの特徴量に対し固定上限値及び下限値による閾値処理を行うことにより、最終的な結節状陰影の候補領域を特定する。さらに、結節状陰影の初期候補領域に対し特徴量の分析を行うことにより、結節状陰影候補陰影を絞り込み、最終的な候補陰影を特定する。

上記で述べた経時的差分像技術による結節状陰影検出の有効性を検証するため、提案法を現在画像上に新たに出現した 94 個の結節状陰影を含む、5 症例の胸部 MDCT 画像に適用した。その結果、直径 20 [mm] 以上の結節状陰影については、感度 96.9 [%] のとき偽陽性陰影数が 1.2 [個 / scan] と比較的良好な結果が得られた。一方、直径 20 [mm] 以下の結節状陰影については、感度 85.5 [%] のとき偽陽性陰影数は 16.0 [個 / scan] であり、偽陽性陰影数が多い結果となった。

しかし、経時差分後に未だアーチファクト、すなわち偽陽性陰影が存在するため、さらなる偽陽性陰影を除去するための処理が必須である。

結節状陰影の経時変化を精度良く検出するためには、経時的差分像技術の位置合わせ精度の向上と、偽陽性陰影の除去能力の向上が必要であり、改善が求められる。

2. ニューラルネットワークによる経時的差分像上の結節状陰影の検出

上記 1. での経時的差分画像上には、残存するアーチファクトは未だ多く、医師による読影の際に偽陽性の原因となる可能性がある。従って、経時的差分画像から結節状陰影を自動的に検出することができれば、読影医師による陰影の経過観察に効果的な診断支援が実現できる。しかし、胸部 CT の時系列画像データを利用した結節状陰影の検出法はほとんど提案されておらず、特に、直径 20 [mm] 以下の結節状陰影の検出は困難である。本研究では、新たな特徴量の導入と ANN による識別器を構築し、識別率の向上を図る。特に本研究では、直径 20 [mm] 以下の結節状陰影を対象とした異常陰影の検出を行う。検出対象の陰影の大きさを限定している理由として、経時的差分画像に出現する偽陽性陰影は比較的に小さい寸法のものが多いため、大きな結節状陰影は比較的容易に高精度で検出できるアルゴリズムが開発できるためである。そこで、結節状陰影の寸法による処理を 20 [mm] 以下としてルーチン化している。具体的には、自動生成された経時的差分画像を読み込み、多重閾値処理による結節状陰影の経時変化の拾い上げを行う。

続いて、選択的強調フィルタと特徴量分析による、拾いすぎ結節状陰影候補領域の除去処理を行う。本研究では、拾いすぎの結節状陰影の候補領域の除去処理に重点をおく。

〈初期候補領域の抽出〉

結節状陰影の候補領域を抽出するため、はじめに胸部 MDCT 画像から肺領域をセグメンテーションする。本法では、CT 値に基づく閾値処理とモルフォロジー演算により、肺領域のセグメンテーションを行う。結節状陰影の初期

候補領域抽出には、経時的差分画像において多重閾値を用いた2値化処理を行う。経時的差分画像上の強調された陰影候補領域は、値0以上のピクセル値をもっており、値0以上の閾値による2値画像で円形を呈している可能性が高い。そこで、経時的差分画像から濃度ヒストグラムを作成し、ヒストグラムの高濃度側からヒストグラムの面積の0.5%おきに2.5%までの閾値処理を行う。得られた2値画像に対しラベリング処理を行い、それぞれのラベル画像に対し、面積、円形度、不規則度の特徴量を計算する。それぞれの値がすべて閾値以上であれば、結節状陰影の初期候補領域として拾い上げる。次に、選択強調フィルタによる結節状陰影の絞り込みを行う。

〈特徴量分析による偽陽性陰影の除去〉

結節状陰影の初期候補領域に対し特徴量の分析を行うことにより、さらに結節状陰影候補陰影を絞り込み、最終的な候補陰影を特定する。具体的には、結節状陰影候補領域の座標を取得し、関心領域（ROI）を設ける。ROI画像から結節状陰影候補領域をセグメンテーションするため、マスク画像を生成する。その座標情報、ROI画像、マスク画像を用い、特徴量を算出する。未知画像からの異常陰影の候補領域を自動抽出するため、濃度特徴量や形状特徴量を用いる。濃度特徴量として、最大4位平均値、最大値、平均値、分散値を用いる。形状特徴量として、円形度、不規則度、修正細長さおよび、15度間隔における重心位置から端点までの距離の分散値と、45度間隔のガボールフィルタ出力の分散値を用いる。

提案法の有用性を検証するため、現在画像上に新たに出現した87個の結節状陰影を含む、6症例の胸部MDCT画像に適用した。実験結果から、ANNによる識別法により、直径20[mm]以下の結節状陰影の検出は、感度80.5[%]のとき、偽陽性陰影数は7.5[個/scan]であり、多くの偽陽性陰影数の低減が可能であった。

〔今後の研究の方向、課題〕

本手法を臨床例に適用した結果、比較的良好な検出特性が得られたが、課題も幾つか残っている。特に、画像位置合わせの精度向上は必要不可欠であり、非剛体の画像変形手法の導入も検討する必要がある。今後は、本研究で明らかになった問題点を改善し、胸部画像診断のためのCADシステムを開発し、臨床実験を経て実用化を図る予定である。

〔成果の発表、論文等〕

- 1) 板井, 金, 石川, 桂川, 土井: “胸部MDCTにおける経時的差分画像を用いた結節状陰影の検出”, 第27回日本医用画像工学会大会抄録集CD-ROM (7頁) (2008. 8).
- 2) 勝間田, 板井, 金, タン, 石川: “ニューラルネットワークを用いた胸部CT像からのGGO候補領域の自動識別”, 第27回日本医用画像工学会大会抄録集CD-ROM (6頁) (2008. 8).
- 3) 前田, 金, 板井, タン, 石川, 山本: “胸部CT画像からの経時差分画像の生成法～階層的VOIの細分化による計算時間の軽減法～”, 信学技報, MI 2008-38, pp. 15-20 (2008).
- 4) 板井, 金, 石川, 桂川, 土井: “経時的差分画像を用いたCT画像からの結節状陰影の検出”, Medical Imaging Technology, Vol. 26, No. 4, pp. 217-224 (2008. 9).
- 5) Itai, Kim, Ishikawa, Katsuragawa, Doi: “Reduction of FPs for Lung Nodules in MDCT by Use of Temporal Subtraction with Voxel-Matching Technique”, International Conference on Neural Information Processing, Part I, LNCS 5506, pp. 504-512 (2008. 11).
- 6) Kim, Katsumata, Tan, Ishikawa: “Automatic detection of GGO in lung images by using statistical features and neural networks”, The 24th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp. 705-708 (2009. 7).
- 7) 板井, 金, 石川, 桂川: “構造マッチング法による胸部CT画像からの結節状陰影の検出”, 第28回日本医用画像工学会大会抄録集CD-ROM (7頁) (2009. 8).
- 8) 三宅, 板井, 金, タン, 石川, 桂川: “ニューラルネットワークによる経時的差分技術を利用した胸

- 部 CT 画像からの結節状陰影の自動抽出法”, 第 28 回日本医用画像工学会大会抄録集 CD-ROM (9 頁) (2009. 8).
- 9) 前田, 金, タン, 石川, 山本: “関心領域の細分化による胸部 CT 画像からの高速な経時差分画像の生成法”, バイオメディカル・ファジィ・システム学会第 22 回年次大会講演論文集, pp. 179–182 (2009. 10).
- 10) Kim, Syed, Tan, Ishikawa: “Detection of GGO candidate regions by using edge enhancement filter and statistical features”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 5, No. 11 (B), pp. 4267–4274 (2009. 11).
- 11) Shiozawa, Kim, Tan, Ishikawa: “Automatic classification of GGO regions employing linear discriminant function from the thoracic CT images”, ICIC Express Letters, Vol. 3, No. 4 (A), pp. 963–968 (2009. 12).
- 12) Miyake, Kim, Itai, Tan, Ishikawa, Katsuragawa: “Automatic detection of lung nodules in temporal subtraction image by use of shape and density features”, International Conference on Innovative Computing, Information and Control, CD-ROM (4 pages) (2009. 12).
- 13) Kim, Katsumata, Itai, Tan, Ishikawa: “Automatic detection of GGO candidate regions by using density and shape features”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 6, No. 1, pp. 255–262 (2010. 1).