

氏 名 田 淵 真 弘

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 学 術

学位授与番号 博乙第4272号

学位授与の日付 平成20年 9月30日

学位授与の要件 博士の学位論文提出者

(学位規則第5条第2項該当)

学位論文の題目 統計学的適応処理による X 線 CT 画像雑音除去法に関する研究

論文審査委員 教授 森川 良孝 教授 古賀 隆治 教授 岡 久雄 (保健学研究科)

学位論文内容の要旨

2005 年の国内におけるがん死亡率の動向を見れば、全がん死亡率の中で男性においては肺がんが第 1 位、女性においても第 2 位を占め、5 年生存率は男女共に他の部位に罹患するがんに比べて極めて低く、肝がん に次いで 2 番目である。よって肺がんを早期に発見することは医療における重要な課題となっている。

また、肺臓は空気を多く含んでいるため、造影剤を用いないで脈管等を追跡できる唯一の臓器であり、古くから X 線画像診断の対象とされてきた。ことに X 線 CT 画像は空間分解能が高く、肺臓の末梢領域においても微細な構造を観測できるため、確定診断に近い判定が可能である。したがって X 線 CT は肺がんの精密検査のためには欠かせない存在であり、本邦においては、一次検診に利用され始めた他、二次精密検診に広く利用されているように、画像診断領域においてますます重要な地位を占めている。しかし、一次検診における被ばく線量低減のための低線量撮影および二次検診もしくは精密検査における Thin slice CT と呼ばれる撮影法において、X 線量が著しく不足し、雑音による画質の劣化がしばしば問題となる。

X 線 CT 画像における代表的な雑音の一つにストリークアーチファクトと呼ばれる非定常かつ非ガウス性な雑音があり、本論文では汎化ガウス混合モデル (UNI-GMM) を用いた適応的ウィナーフィルタ (AWF) を用いた二つの手法を提案する。

第一の手法 (以下、第一提案法) は自然画像における白色ガウス性雑音除去の場合と同様に雑音を定常と仮定した場合の CT 画像の UNI-GMM を学習する手法である。これに対して第二の手法 (以下、第二提案法) は X 線 CT 画像における雑音の非定常性かつ非ガウス性を考慮し、非定常雑音モデルを用いて CT 画像の UNI-GMM を学習する手法である。

第一提案法においてはこの雑音を定常と仮定し UNI-GMM を学習したため、復元画像において残留雑音を生じた。また、第一提案法における原画像は低雑音ながら無視できない程度の雑音を含んでおり、これにより精密な原画像の GMM の学習を妨げられていた。このため末梢血管陰影などの微細構造の復元能力が低下した。これらの問題に対する解決方法として第二提案法においては、まず CT 画像の原画像モデルの学習により低雑音な自然画像を用い、学習用 CT 画像に含まれる雑音の影響を低減する。次にこの原画像モデルと雑音モデルを合成し CT 画像のモデルを構成する。また、雑音モデルとしても UNI-GMM を用い、非定常雑音を有する CT 画像に対して UNI-GMM-AWF の当てはめを行って、X 線 CT 画像特有の非定常雑音に対する雑音除去能力の向上を図る。

論文審査結果の要旨

近年、医療におけるX線CT画像の重要性は、その分解能の高さから上昇傾向にある。しかしながら検診における低線量撮影および精密検査におけるThin-slice CTにおいては、X線量が著しく不足することがある。そのため、ストリークアーチファクトと呼ばれるようなCT画像特有の雑音が画像に畳重し読影診断の精度を悪化させることがしばしば問題となる。低線量CT画像における雑音はその統計量が空間的に変化するような、非定常で非ガウス性の雑音である。

本論文では、CT画像から以上のような非定常・非ガウス性雑音を除去するために、統計的モデルとして汎用的ガウス混合モデルを用いた適応的ウィナーフィルタを応用する。従来の適応的ウィナーフィルタ法では、対象画素と近傍画素の平均値との差をアクティビティとして、アクティビティに応じて平滑フィルタを適応させる方法が用いられていたが、統計学的にみて最適な処理であるという保証はされていなかった。また統計的雑音除去法として、原画像に対して定常ガウスモデルを当てはめ、劣化画像から雑音の分散や原画像の共分散を推定して最適な雑音除去を行う方法が検討されているが、非定常・非ガウス性雑音除去には適用が難しい。提案法では、画像を少しだけ重複するブロックに分割し、各ブロック信号はそれぞれ異なる共分散行列をもつガウス過程として発生しているとするガウス混合モデルを採用する。雑音と信号の統計的性質に注目してブロックを分類することにより、非定常非ガウス過程であるCT画像に対処している。

このモデルをCT画像に当てはめる場合、ブロックのクラスの共分散行列の推定やクラス発生確率の推定が必要になる。論文ではこれに期待値最大化（EM）アルゴリズムを適用することにより統計的最適性を保証している。汎用的ガウス混合モデルの学習法として、原画像と雑音を分離して学習できる積モデルを提案し、CT画像のコンテキストに関係なく非定常非ガウス雑音除去が可能であることを実験的に示している。

以上、本論文は医用CT画像処理の一手法としての統計的適応処理を提案しており、応用上極めて有意義な成果を挙げている。よって提出論文は博士（学術）の学位に値するものと判断する。