

氏名（本籍）	李 鎔 範(韓国)
学位の種類	博士(工学)
学位記号番号	甲 第 154 号
学位授与年月日	平成 13 年 3 月 24 日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	胸部X線ヘリカルCT画像におけるコンピュータ支援診断 システムの開発に関する研究 (A study on development of a computer-aided diagnosis system for chest X-ray helical CT images)
学位論文審査委員	(主査) 教授 藤 田 廣 志 (副査) 教授 後 藤 宗 弘 教授 池 田 尚 志

論文内容の要旨

本論文は、パターン認識の一手法であるテンプレートマッチングや最適解探索などで利用される遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) などの工学的な手法を胸部 X 線ヘリカル CT 画像のためのコンピュータ支援診断システムに応用し、その構築に至るまでの一連の研究成果をまとめたものである。

第 1 章では、医療分野における X 線 CT の歴史とその位置付けを述べ、また、コンピュータ支援診断システムの重要性を示すとともに、本研究の目的について述べている。

第 2 章では、医用画像に関する知的情報処理と一般的なパターン認識について述べ、ここでは、医用画像を用いた知的情報処理に関する研究例を参考文献を挙げ紹介し、その知的情報処理の代表例として一般的な画像におけるパターン認識について記述している。また、その具体例として、第 3 章、第 4 章で詳しく述べる胸部 X 線 CT 画像における腫瘍陰影の自動検出法についても触れている。

第 3 章では、第 4 章で述べる胸部 X 線ヘリカル CT 画像での腫瘍陰影の自動検出に応用される手法の有効性について述べている。その手法は遺伝的アルゴリズムに基づいたテンプレートマッチング法 (Genetic Algorithm Template Matching: GATM 法) であり、シミュレーションによりその有効性の評価を行った。GATM 法は、テンプレートマッチングにおける探索点の決定と最適なテンプレートの選択に遺伝的アルゴリズムを適用し、高速にテンプレートマッチングを行う手法である。シミュレーションでは、大きさの異なる検出パターンを複数用意し、それらのパターンをノイズ成分が異なる 3 種類の観察画像に埋め込み、それらを GATM 法と従来のラスタ走査によるテンプレートマッチング

で検出を行った。その結果、GATM 法は広い空間内において従来のテンプレートマッチングより高速に探索を行うことができ、その有用性と可能性はほぼ確認できたと結論づけている。

第 4 章では、胸部 X 線ヘリカル CT 画像上で類円形に写る腫瘤陰影の自動検出法について述べている。その手法では、第 3 章で述べた GATM 法を用いて腫瘤陰影の自動認識を行い、特徴抽出によってそれらの候補を分類して病変の疑いのある部位を自動検出している。そして、その自動検出法を実際の臨床画像に適用し、性能評価を行っている。

類円形の腫瘤陰影を検出するために 4 つの球（円）形のテンプレートを用意し、それらを用いて GATM 法を実行した。GA における個体の染色体はビット列で表され、それらはテンプレートマッチングを行う位置情報と最適なテンプレートを選択するためのパラメータで構成されている。また、GA における適応度はテンプレートマッチングにおける画像間の類似度とし、その類似度は画像間の相互相関とした。GATM 法で検出された候補に対し、平均、標準偏差、面積、円形度、不整度、コントラスト、最大平均 CT 値、濃度勾配の方向の分散、濃度勾配の方向の相関の 9 つの特徴量を計算して偽陽性候補の削除処理を行い、残った候補を最終的な腫瘤陰影の候補とした。20 症例の胸部ヘリカル CT 画像に本手法を適用した結果、画像上で胸壁に接触していない類円形の腫瘤陰影のみを検出対象としたとき、GATM 法による真陽性率は約 74%、偽陽性候補は 1 症例あたり約 161 個であった。また、9 個の特徴量を用いた検出候補領域内の詳細解析によって、全偽陽性候補の約 90% を削除することができ、1 症例あたり約 17 個まで減らすことができた。本実験の結果はおおよそ良好であったと考える。

第 5 章では、胸部 X 線ヘリカル CT 画像上で胸壁に接触している半円形の腫瘤陰影を選択的に検出する手法について述べている。その手法では、胸壁に沿ったテンプレートマッチングを行うことで腫瘤陰影を認識し、そして特徴抽出によってそれらの候補を分類して半円形の腫瘤陰影を検出している。この手法を実際の臨床画像に適用し、性能評価を行った。

半円形のテンプレートを用いて、2 値化処理等で抽出された胸壁の輪郭に沿ってテンプレートマッチングを行った。なお、半円形のテンプレートは探索される胸壁の角度に従って自動で回転するようにした。また、検出された候補に対し、面積、コントラスト、エントロピー、逆差分モーメントの 4 つの特徴量を計算し、偽陽性候補の削除を行った。この手法を 20 症例の胸部ヘリカル CT 画像に適用した結果、従来では検出できなかった胸壁に接する 24 個の腫瘤陰影のうち 17 個の検出が新たに可能となり、初期の結果として手法の有効性を示すことができた。また、偽陽性候補は、1 スライス当たり 3.4 個あったが、面積、コントラストなどの 4 つ特徴量による削除処理によって、1 スライス当たり 0.5 個まで削減している。

第 6 章では、第 4, 5 章のシステムを統合し、グラフィックユーザーインターフェースを持たせた総合的な胸部 X 線ヘリカル CT 画像用の CAD システムの試作について述べている。

第7章では、本論文の結論をまとめ、今後の展望について述べている。

論文審査結果の要旨

本論文は、胸部ヘリカル CT 画像を対象としたコンピュータ支援診断(Computer-Aided Diagnosis : CAD)システムの開発に関する研究成果をまとめたものである。その内容は、胸部ヘリカル CT 画像から肺がんの疑いのある腫瘍陰影を自動検出する手法の開発が主であり、その過程では画像処理、人工知能などの工学的な知見が多く用いられている。特に腫瘍陰影の一次検出で使用されている遺伝的アルゴリズムとテンプレートマッチングを組合せた手法 (Genetic Algorithm Template Matching : GATM) は、高速に精度よくテンプレートマッチングを行うことができる工学的に新しい手法である。本論文では、シュミレーション実験によって GATM 法の有効性を示し、その後、胸部ヘリカル CT 画像からの腫瘍陰影検出法として用いている。また、胸壁に接している半円形の腫瘍陰影を選択的に検出するために、胸壁に沿ったテンプレートマッチング (Lung Wall Template Matching : LWTM) を行い、良好な結果を得ている。さらに、これらの手法で検出された候補に対し、13個の特徴量を計算することで、偽陽性候補の削除を行っている。最終的な結果として、腫瘍陰影の検出率は約73%、1症例あたりの偽陽性候補数は約31個であり、検出されなかった腫瘍陰影や残った偽陽性候補に対する考察も十分に行われている。また、グラフィックユーザインタフェースを付加した胸部ヘリカル CT 画像用の初期の CAD システムを構築しており、今後はさらに研究を進めることで実用化も期待される。

総合して、本論文は胸部ヘリカル CT 画像でのコンピュータ支援診断システムの開発において多くの新しい知見と成果を示しており、その過程で用いられている新旧の工学的な知見も含め、学術的に高い価値を有すると判断する。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

最終試験結果の要旨

提出された学位論文を熟読し、その内容が工学的にも学術的にも高い価値を有すると判断した。また、公聴会後に学位論文に関する口頭試問を行い、工学的な知識はもちろん医学的な知識を含めたコンピュータ支援診断システム全般に関する試問をしたが、論文提出者はそれらの試問に的確に答えていた。これらのことから論文提出者は学位を授与するに十分な専門的知識を有していると判断できる。

以上の理由により最終試験を合格と判定した。