

氏名	小松昌史		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	工博甲第310号		
学位授与の日付	平成23年 3月25日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	画像診断支援のための多臓器領域の抽出法に関する研究		
論文主査委員	主査	准教授	金 亨 燮
		教授	石川 聖 二
		〃	田川 善 彦
		〃	芹川 聖 一

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、医療現場において、様々な画像撮影装置が普及している。特に CT 分野においては、MDCT (Multi Detector-row Computed Tomography) の普及により、より解析度の高い CT 画像を得ることが容易になった。しかし、装置の高性能化による画像枚数の増加により、読影に当たる医師への負担は年々増大しており、疲労による病変部の見落としなどが懸念されている。そこで、画像を用いた CAD (Computer Aided Diagnosis ; コンピュータによる診断支援) システムの開発への要望が高まっている。

CAD システムの構築に要求される要素の一つに、セグメンテーション技術が挙げられる。入力された画像より、各種臓器領域を自動抽出することにより、観察対象をより詳細に観察することが可能となり、診断精度の向上が見込まれる。また、観察対象以外の臓器領域を消去することにより、読影にあたる医師への疲労軽減効果や読影作業の効率化も期待できる。

本研究では、医療現場における画像診断支援を行うための、多臓器領域の自動抽出アルゴリズムの開発を行う。本研究で扱うセグメンテーション技術を発展させることにより、読影時の医師への負担を軽減する CAD システムの応用のみならず手術を安全かつスムーズに行うための術前シミュレーションシステムの構築、医師や看護婦を教育するための CAI (Computer Aided Instruction ; コンピュータ支援学習) システムの構築、画像を用いた工業製品の品質管理にも応用ができると考えられる。

本論文では、以下に示す全 9 章から構成される。

第 1 章では、本論文の序論として、セグメンテーション手法に関する関連研究、また本研究を遂行するに至った研究背景、および研究目的を述べた。

第 2 章では、CT 画像からのセグメンテーション法構築の一環として、骨・血管領域の抽出法について述べた。骨領域の抽出には MIP 画像を用いた。血管領域の抽出にはマスク処

理、および二時相間差分を用いた手法を提案した。二時相間差分を用いた手法において、造影剤を投与する前後の画像より差分演算を行うことにより、造影剤の通り道である血管領域の抽出を試みた。実験の結果、骨および血管領域が強調表示され、提案法の有効性を確認した。

第3章では前章の結果を踏まえ、経時的差分技法による血管領域の抽出法の改善について述べた。本章において、Elastic Matching 法を用いた画像変形手法を用い、血管領域の抽出精度の向上を試みた。濃度ヒストグラムを用いた画質評価を行った結果、画像変形処理を施した場合において画質の改善が確認され、提案法の有効性を確認した。

第4章では、胸部・腹部 CT 画像上の多臓器領域の同時抽出について述べた。本研究では、肋骨情報を用いて各種臓器の位置を推定し、推定位置より Region Growing 法、Level Set Method 法を用いた臓器領域の抽出を行った。対象臓器領域を、心臓、肺臓、脾臓、腎臓の4領域とし、実験により提案手法の有効性を確認した。

第5章では、木構造フィルタ自動構築法 (Automatic Construction of Tree-structural Image Transformation ; ACTIT) を用いた腎臓・肝臓領域の自動抽出法について述べた。ACTIT とは、一対の学習画像より遺伝的アルゴリズムを用いて、目的を達成する木構造フィルタ列を自動的に生成する手法である。本研究では、対象臓器のみを抽出するフィルタ列の自動生成を試みた。実験の結果、腎臓領域はほぼ抽出することができたものの、肝臓領域抽出時にノイズが残る結果となった。

第6章では、前章の結果を踏まえ、木構造フィルタ自動構築法を用いた肝臓領域の自動抽出法の改良を行った。従来フィルタ列のノードとして、一種類の画像を入力していた。本研究では非造影画像、および造影画像の双方を入力画像とすることにより、経時情報を付加する手法を新たに提案した。提案手法を適用した結果、平均 97[%]の一致度で肝臓領域を正しく抽出することができた。

第7章では、Active Shape Model を用いた肺臓・心臓領域の自動抽出法について述べた。Active Shape Model のモデルパラメータを推定するため、遺伝子アルゴリズムを用いた手法を新たに提案した。また従来、パラメータの推定にはモデルの形状のみを参照していたが、本研究においてモデル内の濃度情報を付加する手法を提案した。提案法を CT 画像に適用したところ、肺臓領域で平均 91.0[%]、心臓領域で 81.7[%]の一致度で抽出することができた。

第8章では、第2章から第7章までに述べた研究を総括し、考察を述べた。

第9章では、本論文で得られた結論をまとめ、今後の課題や展望などについて述べた。

学位論文審査の結果の要旨

近年、医療現場において、様々な画像撮影装置が普及している。特に CT 分野においては、MDCT (Multi Detector-row Computed Tomography) の普及により、より解析度の高い

CT 画像を得ることが容易になった。しかし、装置の高性能化による画像枚数の増加により、読影に当たる医師への負担は年々増大しており、疲労による病変部の見落としなどが懸念されている。そこで、画像を用いた CAD (Computer Aided Diagnosis ; コンピュータによる診断支援) システムの開発への要望が高まっている。

CAD システムの構築に要求される要素の一つに、セグメンテーション技術が挙げられる。入力された画像より、各種臓器領域を自動抽出することにより、観察対象をより詳細に観察することが可能となり、診断精度の向上が見込まれる。また、観察対象以外の臓器領域を消去することにより、読影にあたる医師への疲労軽減効果や投影作業の効率化も期待できる。

本研究では、医療現場における画像診断支援を行うための、多臓器領域の自動抽出アルゴリズムの開発を行う。本研究で扱うセグメンテーション技術を発展させることにより、読影時の医師への負担を軽減する CAD システムの応用のみならず手術を安全かつスムーズに行うための術前シミュレーションシステムの構築、医師や看護婦を教育するための CAI (Computer Aided Instruction ; コンピュータ支援学習) システムの構築、画像を用いた工業製品の品質管理にも応用ができると考えられる。

本論文では特に、医療現場で一番よく利用されている胸部・腹部の CT 画像を対象に、人体内部の多臓器領域の自動抽出を行うための画像診断支援法の構築に注目し、簡単な画像診断を支援するためのセグメンテーション法を提案している。提案法では、肋骨情報や造影剤の効果などを積極的に取り入れることにより、解剖学的情報を利用した画像セグメンテーション法による多臓器領域の同時抽出法を提案した。主な対象臓器としては、心臓、肺臓、脾臓、腎臓、肝臓等であり、これらの臓器を精度よく領域抽出するため、3次元 Region Growing 法、Level Set Method 法の改良を行った。また、木構造フィルタ自動構築法 (Automatic Construction of Tree-structural Image Transformation ; ACTIT) を用いた臓器領域の自動抽出法や Active Shape Model に遺伝子アルゴリズム (Genetic Algorithm ; GA) を加味した領域抽出法を提案し、実験によりその有効性を検証した。

以上より、本研究では腹部・胸部 CT 画像からの多臓器領域の自動抽出を行うための画像解析法を提案した。本研究の研究成果を発展、改良することにより、腹部や胸部 CT 画像を対象としたコンピュータ画像診断支援システムの構築が期待できる。実 CT 画像からの各種臓器領域の自動抽出、3次元表示を利用すれば、手術シミュレーションへの応用も期待できる。さらに、医用画像を扱う医師へのサポート、ひいては治療の恩恵を受ける患者の治療レベルの向上も期待される。また、画像セグメンテーション技術は、画像解析を始めとするパターン認識を主とするコンピュータビジョン分野における最重要テーマの一つであり、本研究での領域抽出法は他の画像処理分野での応用も可能であり、学術的な知見を与えている。これらの技術の開発を進めることにより、臨床分野に大いに活用することが見込まれ、実用化による診断の効率化が期待できる。

本論文に関して、公聴会に出席した教員や審査委員から専門的な質問がされ、いずれの

場合にも著者から適切な回答によって理解が得られた。また、公聴会後の審査会においても、本研究の専門分野との関連性や将来展望などの諮問がなされ、著者から適切な回答が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、本学位論文審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。