

報告番号	甲	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 コンピュータ支援画像診断システムにおける CT 像からの肺結節ならびに腹部リンパ節検出に関する研究
氏 名 中村 嘉彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、コンピュータ支援画像診断システムにおける CT 像からの肺結節ならびに腹部リンパ節検出について述べたものである。

近年の医学の分野における CT 装置や MR 装置などの 3 次元医用画像撮影装置の発展により、人体内部の詳細な構造の把握が可能になり、医用画像は様々な診断・治療の場面において利用される。しかしながら、一回の撮影では一人あたり数十枚から数百枚程度の断層画像が撮影される。よりの確な診断を得るために、複数の異なる撮影方法が利用されることもある。そのため、医師は大量の画像を診断する必要があり、その負担は増大している。

そこで、医師による医用画像の診断をコンピュータにより支援するコンピュータ支援画像診断 (Computer Aided Diagnosis; CAD) システムの研究が進められてきた。CAD システムの主な機能として、異常部位の自動検出、異常部位の大きさなどの情報の定量的な評価、および、それを利用した良悪性の鑑別などがある。中でも、異常部位の自動検出は CAD の核となる機能である。そこで、本論文では、胸部 X 線 CT 像からの肺結節自動検出、腹部 X 線 CT 像からの腫大リンパ節自動検出、の 2 つの異常部位自動検出について述べる。

本論文は、5 つの章から構成される。

第 1 章では、本論文における研究の背景と研究の目的ならびに位置づけについて述べる。まず、医用画像撮像装置の発展とそれをを用いた診断・治療支援について概説する。次に、医用画像からの異常部位の検出について、一般的な枠組みを記す。その後、本論文で着目する肺結節自動検出ならびに腹部腫大リンパ節自動検出について、その目的と意義および位置づけを医学的・工学的側面から論ずるとともに解決すべき課題を明らかにする。

第2章では、CADに関する研究の歴史、その具体例、ならびにCADシステムの評価方法について述べる。CAD研究・開発の歴史を整理することで、CADの目的が自動診断から医師の診断プロセスを支援する研究へと変化したことを明らかにする。さらに、代表的なCADシステムを紹介し、そこで用いられる手法を整理するとともに、CADシステムの評価方法について概説し、本論文における性能評価の指針を与える。

第3章では、胸部X線CT像からの肺結節自動検出手法について述べる。日本において、肺がんはがんによる死因の第1位である。そこで、CTを利用した画像検査により早期に肺がんを発見することが望まれる。そのため、本章では、CT像からの肺結節自動検出処理について論じる。肺結節の検出は、可変 N-Quoit フィルタによる孤立濃淡構造の検出、および、濃度値を直接特徴量とするアピアランスベースの識別処理の2段階からなる。

本研究では、この識別処理の有効性について検討する。肺結節を、形状、周辺構造の有無ならびに種類に基づき、あらかじめ複数のグループに手動で分類する。そして、各グループが検出精度に与える影響を評価する。ここでは、円形状に近く、その周辺に他の構造物がない結節グループで学習を行い、他のグループを識別することで、結節の形状や周辺の構造物が識別精度に与える影響を定量的に評価する。比較のために、全グループを学習と識別に用いた場合の識別結果も評価した。この評価には Leave-one-out 法を使用した。また、濃度値をそのまま特徴量として用いるため、検出位置のずれによる精度低下が予測されることから、検出位置がずれた場合の識別精度も評価した。実験の結果、結節の形状が円形に近く、周辺の構造物がないグループで識別精度が向上し、逆に形状が不定形である場合や結節周辺に大きな構造物が存在する場合に識別精度が低下することが実験的に示された。

この結果から、本研究における識別精度向上には、最大の精度低下要因である結節周辺の大きな構造物を除去することが必要であることが知られた。また、全ての結節グループを学習に使用した場合と円形状に近く、その周辺に他の構造物がない結節グループを学習に用いた場合の識別精度を比較した結果、識別精度がほとんど変わらなかった。このことから、本手法においては、学習にはある程度定形的な形状の結節だけを用いれば十分であり、形状や周辺の構造物など条件の異なるグループを学習に追加しても大幅な精度向上は期待できないことが知られた。

第4章では、腹部X線CT像からの胃がんや大腸がんの診断・治療において重要な腫大リンパ節の自動検出について述べる。がんの進展や転移などについての診断に必要な腫大リンパ節を膨大な画像の中から見つけることは、医師にとって大きな負担となる。腫大リンパ節の自動検出により、腫大リンパ節の個数や位置に基づ

いたがんの進行度提示，切除もしくは郭清範囲決定支援，などが可能となる．本論文では，腹部腫大リンパ節を，球や楕円体に近い形状であり周辺から中心に向かって濃度値が高くなる濃淡構造を持つ塊状領域であると仮定する．そして，この領域を局所濃淡構造解析に基づく塊状構造強調処理により初期検出し，局所濃淡構造解析から副次的に得られるスケール情報を利用して形状補正を行うことで，リンパ節候補領域を抽出する．

リンパ節候補領域には，リンパ節以外の領域である偽陽性 (False Positive; FP) が多数含まれる．そこで，塊状構造強調処理で使用するハッセ行列の固有値の絶対値が腫大リンパ節以外の領域で大きくなることを利用し，固有値の絶対値がしきい値以上の領域を FP 領域として削減する．得られたリンパ節領域の濃度値や形状などの 87 次元の特徴量を求め，識別器によって分類することで FP 領域を削減する．腹部 X 線 CT 像 28 例を用いた実験の結果，対象とする腫大リンパ節 95 個のうち 67 個を検出するとき，1 患者あたりの FP 数が約 13.3 個であった．

最後に第 5 章では，本論文を総括し，今後の課題と展望について述べる．本論文で提案する胸部 X 線 CT 像からの肺結節自動検出手法と腹部 X 線 CT 像からの腫大リンパ節自動検出手法それぞれについて，問題点とその解決法ならびにその結果を総括する．さらに，各手法の限界点についても論じる．これらの手法を用いた肺がん診断支援システム，ならびに，胃がん・大腸がんの診断・治療支援システムを発展させるために必要な機能とそれを実現するための課題について述べるとともに，今後の研究の方向性を明らかにする．