

15 - 25 デジタル画像を利用した診断支援システムの開発と利用に関する研究

主任研究者 国立がんセンター東病院 縄 野 繁

研究成果の要旨

(1)デジタルマンモグラフィーに対する CAD の研究では、拾いすぎ検出を大きく低減させることに成功した。このシステムを使用した読影実験をでは CAD の有効性が示唆されたが、CAD の効果を高めるには CAD 併用読影法の研究が必要であることが判明した。(2)胸部検診 CT に対する CAD の研究では、マルチスライス CT に対する開発を進め、腫瘍の良悪性鑑別や冠動脈の石灰化、骨密度などを同時に計測する方法を開発した。(3)肝臓 CT に対する CAD システムでは、多時相 3D-CT を用いて肝臓自動抽出と典型的な肝細胞癌の開発をおこなった。(4)仮想化内視鏡の研究では、気管支枝名対応付け手法の改善を行い、実際の症例に適用することで多数の分岐バリエーションを収集することができた。(5)胸部 CT 画像物理特性と CAD の関係では、高分解濃度処理でノイズが増加し検出可能な腫瘍の大きさが増大したが、通常処理では撮影条件によるノイズの大きな変動が見られず、管電流、実効線量の変化に対して、最小検出径が一定の傾向を示すことが判明した。

研究者名および所属施設

研究者名	所属施設および職名	分担研究課題
縄 野 繁	国立がんセンター東病院 部長	乳癌、肺癌の計算機診断の臨床利用に関する研究
長谷川 純一	中京大学生命システム工学部 教授	3D 処理による癌の自動診断システム開発
小畑 秀文	東京農工大学大学院生物システム応用科学研究科 教授	デジタルマンモグラフィー CAD システムの高精度化
末永康 仁	名古屋大学大学院情報科学研究科 教授	デジタル画像処理によるがんの自動診断システムの開発
池田 充	名古屋大学医学部保健学科 助教授	デジタル画像処理によるがん画像の特徴検出
名取 博	札幌医科大学医学部附属病院機器診断部 教授	デジタル画像処理による肺癌診断支援システム開発
和田 真一	新潟大学医学部保健学科 教授	がん診断支援システムの有効利用に関する研究
仁木 登	徳島大学工学部 教授	3D - CT 画像による肺癌診断支援システムの開発
山本 眞司	豊橋技術科学大学知識工学系 教授	CT を用いた肺がん検診システムの読影支援ソフトの開発
福島 重廣	九州大学大学院芸術工学研究院 教授	診断支援のための医療画像認識基礎技術の開発

総括研究報告

1 研究目的

本研究の目的は、デジタル X 線写真や CT で得られた

画像データをコンピュータで解析し、読影医に呈示することで診断精度の向上をはかるシステムを開発することである。本研究の特色は、パターン認識技術を用いた2次元および3次元画像処理やバーチャル・リアリティー技術を用いた3次元ナビゲーション診断など、最先端の画像処理技術を応用して新しい診断方法を確立するだけでなく、新しい診断技術を生かすための画質と放射線被曝線量との関係を明らかにする点である。

2 研究成果

〔乳がんに対する CAD〕

(1) 腫瘍候補領域検出手法の改良と判別器の高度化

従来のマンモグラフィーCAD システムにおいては、我々は適応リングフィルタ (ARF: Adaptive Ring Filter) を使った検出方式を用いているが、異常陰影の所見をほぼ網羅するように、コントラスト検出処理、左右の乳腺分布差の検出処理、スピキュラに基づく異常陰影の検出処理、胸壁に近い部分の陰影に特化した処理を加えた。6202 枚の画像を用いて性能を評価した結果、従来の真陽性率 79.3%、偽陽性数 1.45 個から、真陽性率 86.2%、偽陽性数 0.32 個へ検出性能が向上した。また、AdaBoosting に基づく識別器アンサンブルとその性能評価について、1700 枚を超えるマンモグラムから抽出された 7000 箇所を超える腫瘍候補領域を対象とし FROC 解析を行った。真陽性率 95% のときの偽陽性検出率は提案手法では一画像当たり 0.32 個であり、従来の単一判別器で構成される CAD システムの約半分になることが確認された。(小畑)

(3) デジタルマンモグラフィーを利用した CAD システムの開発

FCR を使用した Digital Mammography に対する CAD の開発を行ってきたが、プロトタイプ読影システムを用い大規模読影実験を行った。対象は MMG で大きさが 20mm 以下の乳癌 90 症例を含む 225 例で、15 名の乳癌検診マンモグラフィー読影認定専門医による読影を実施した。使用した症例に対する CAD の性能は、微細集簇石灰化は 97%、拾いすぎ 0.9 個 / 4 画像。乳癌腫瘍 (腫瘍、局所的非対称陰影、構築の乱れを含む) 画像単位 76% (比較的診断が易しい症例 100% 診断が難しい症例 34%) 拾いすぎ 1.4 個 / 4 画像であり、総合検出率は画像単位 87% (全 90 例 179 画像) 拾いすぎ 2.3 個 / 症例であった。読影医全員による ROC 曲線の Az 値は、CAD 付き液晶モニタ 0.86、液晶モニタ 0.85、Film 0.83 であり、CAD 付き液晶モニタが最も高い数値を示したが、CAD の効果を高めるためには CAD 併用読影方法の研究が必要であると考えられた。(縄野)

〔肺がんに対する CAD〕

(1) アルゴリズムの精度向上

肺がん検診用 X 線 CT システムの診断支援を目的として、5 種類 (モデルマッチング法、部分空間法、発見的特徴解析・識別法をしきい値の設定法で 3 種類) の互いに独立した認識手法を併用し、それらを統合処理することにより精度向上をはかった。上記 5 種類の拾いすぎ個数は TP を 90% としたとき 200-400 個であったが、5 つを統合した手法では 24 個まで低減させることができた。

(山本)

(2) ヘリカル CT を用いた胸部検診システム

2 年間の研究にてマルチスライス CT に対応した肺癌検出システムのプロトタイプを開発した。このシステムでは、1 回撮影で得た 10 mm 厚と 2 mm 厚の画像を利用して読影する。複数回受診者の場合、10 mm 厚の検診用時系列画像を用いたモニタによる比較読影、CAD の結果を参照したモニタによる比較読影、10 mm 厚フィルム画像を用いて比較読影と 2 mm 厚画像を用いたモニタによる読影がなされる。2 mm 厚の検診画像をモニタによって読影した結果、要精査率が大幅に削減されたことが確認された。2 mm 厚の検診画像を用いると要精査が少なくなり、要精査のための CT 撮影回数が少なくなって受診者の負担が削減できた。(仁木)

(3) 肺がん鑑別支援システム

Thin section CT images (0.5mm 厚) の拡大撮影画像の結節画像データベースを構築し結節を数量的に体系化する手法について研究した。従来、結節を solid, mixed GGO (part-solid), pure GGO (nonsolid) に分類する視覚的な評価が広く用いられている。ここでは、結節内の CT 値ヒストグラムと結節の大きさから 30 種類に分類する手法を考案した。245 症例の結節をこの分類に当てはめると、結節の悪性度及び病期との関連が確認された。胸部総合診断支援システムの研究開発では、肺がん以外の疾患、肺気腫、冠動脈石灰化、骨粗鬆などの検出を目指し良好な結果が得られた。(仁木)

(3) 胸部 CT 画像からノジュールの自動検出

胸部 X 線 CT 画像の肺野領域に存在する結節状陰影 (ノジュール) の自動検出方法を開発した。これまでに我々は GA テンプレートマッチングを利用した手法を提案してきたが、平面図形の認識に利用される自己相関特徴を 3 次元図形の認識にも適用できるよう拡張した。直径 7mm 以下の陰影 55 個 (35 症例) を用いて実験を行った結果、真陽性率 95%、症例あたりの偽陽性数 1.05 個を得た。また、従来法と組み合わせ直径 10mm 未満の陰影 136

個について実験を行った結果、真陽性率 94%、症例あたりの偽陽性数 2.05 個を得た。(池田)

〔胃がんに対する CAD〕

(1) 胃二重造影像

胃 X 線二重造影像を対象として、3 次元情報の抽出と利用について開発し、脊柱領域を自動識別する手法の改善を図った。まず、オブジェクト空間表現を用いたハフ変換・垂直ハフ変換により、はしご構造を検出し、ダイナミックプログラミングを用いた関数最適化によって詳細化を図った結果、従来の方式に対し、識別精度の改善を図ることができた。(福島)

(2) CT 像からのひだ集中型胃がん自動検出

曲面上の図形の集中度の計算法に基づき CT 像からひだ集中型胃がん病変部を自動検出する方法を開発してきたが、拾いすぎを削減するために線素数を考慮した病変部検出手順を開発した。2 例の胃がん症例(進行型 type3 および早期 IIc 型各 1 例)に適用した結果、症例 1 では胃癌候補領域数が 17 から 9 へ、症例 2 では 72 から 19 に減少し、新しい検出手順を用いれば、真の病変部を見落とすことなく従来の拾いすぎを大幅に削減できることが判明した。(長谷川)

〔肝臓がんに対する CAD〕

4 時相 CT 像の時間変化を記述して、それをもとに病変領域を抽出する方法を開発してきたが、肝臓領域抽出法の中では、各画像から大まかな肝臓領域を抽出した後、それぞれの肝臓領域を統合するという新しい検出手順を開発した。実験は、X 線 CT 像 17 例中 14 例で抽出が成功した。さらに CT 値の時間変化を積極的に利用した肝細胞癌の検出手順も開発した。見落としはなく、拾いすぎは 4 列で 0.66 個/症例、16 列で 1.4 個/症例であった。(長谷川)

〔3 次元仮想化人体と仮想化内視鏡〕

CT 像から取り出された気管支領域の各枝に対して解剖学的名称を自動的に対応付ける手法の開発を進めた。3 次元胸部 CT 像 17 症例から取り出された気管支領域に対して枝名対応付けを行った結果、枝名の正当率が 82.4%から 94.6%へと大幅に向上した。また、自動命名された枝名を手動で修正し、気管支分岐モデルの記述ファイルを更新あるいは追加した。初期システムは合計で 17 の気管支モデルを有していたが、今回の更新・追加によって現時点で 60 の気管支モデルを有することができた。(末永、名取)

(3) 映像強化内視鏡

実際の内視鏡検査の映像を、同じ被検者の仮想化人体

から生成した仮想内視鏡映像を用いて強化する(情報を増強する)という意味での映像強化内視鏡 (augmented endoscopy)の開発を進めてきたが、3 次元位置センサーを併用した内視鏡先端位置推定の精度向上と高速化をはかった。気管支ファントムによる実験では、3 次元 X 線 CT 像、実内視鏡映像、位置センサから得られる 5 自由度(並進 3 自由度、姿勢 2 自由度)の情報をそれぞれ入力とし、そのうちの 3 自由度の並進情報を用いて内視鏡の現在位置を推定した。実験での Fiducial Registration Error は 1.53mm であった。今回用いたセンサでは内視鏡の視線方向を軸とする回転情報は得られないものの、画像間類似度を利用した内視鏡動き推定手法を組み合わせることで概ね良好な推定結果が得られた。(末永)

〔CT 画像物理特性と CAD〕

マルチスライス CT 装置の物理特性と CAD システム病巣指摘能の関係に対する検討した。使用した CT 装置は、マルチスライス CT 装置 16 列 Aquilion (東芝メディカル社製)であり、対象として LSC T ファントムを用いた。撮影条件は管電流 300, 210, 80, 50, 15 (mA) である。画像再構成 kernel は、その半値幅からノーマルモードと高分解能モードの 2 つに分類された。部位毎の CAD による高コントラスト模擬結節検出結果は、高分解能モード kernel では画像ノイズと最小検出径の間に $P < 0.01$ の有意な正の相関を認め、ノイズの上昇に伴って検出可能な結節径が大きくなり、径の小さい模擬結節が検出されなくなる傾向を示した。これに対して、ノーマルモード kernel では、撮影条件によるノイズの大きな変動が見られず、ノイズと最小検出径の間に顕著な有意相関は認められない傾向を示し、管電流、実効線量の変化に対して、最小検出径が一定の傾向を示した。ノーマルモード kernel の CT 画像に対する CAD の最小検出径は、スライス厚 3mm 及び 5mm に対して、肺底部の一部を除いて、4mm ~ 6mm 以上最小検出径を示し、10mm スライス厚では気管分岐部で 6mm、肺尖部、肺底部では 6 ~ 10mm の最小検出径となった。実効線量は、管電流 300mA で 9.5mSv であった。(和田)

3 倫理面への配慮

本研究では実験で使用する画像と付随する個人情報に対し次のように配慮した。(a)画像は班員の研究室以外には物理的にも電子的にも持ち出さない。(b)画像に付随する個人情報は削除する。(c)読影実験や評価実験に携わった医師名は公表しない。(d)研究の過程で知り得た個人や施設に関する情報は外部に公表しない。(e)班員は上記留意事項をグループ関係者に周知徹底する。