

氏名（本籍）	福岡大輔（岐阜県）
学位の種類	博士（工学）
学位記号番号	甲第151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	超音波画像と乳房X線画像のためのコンピュータ支援診断システムに関する研究 (Studies on computer-aided diagnosis systems for ultrasonograms and mammograms)
学位論文審査委員	(主査) 教授 藤田 廣 志 (副査) 教授 山本 和 彦 教授 岸田 邦 治

論文内容の要旨

近年では、医用画像の画像診断における定量評価と、読影補助を目的としたコンピュータ診断支援（Computer-aided Diagnosis: CAD）システムの開発に期待が高まっている。CADシステムとはコンピュータが自動的に検出した病変部を医師に提示することによって、医師の画像診断の「スペルチェッカ」の役割を果たすものである。つまり、コンピュータは医師にいくつかの候補を提示し、医師は独自の判断基準に加えコンピュータからの情報も用いながら、効率よく効果的な診断を行うことができる。CADシステムに関する本格的な研究は1985年頃から始まり、その研究対象は乳房X線写真（マンモグラフィ）、胸部単純X線写真、血管造影像、胸部CT画像などが行われている。

本研究では、工学的な画像認識、画像処理、人工知能などの要素技術を、心臓超音波画像、乳房超音波画像、乳房X線写真などの医用画像の処理に適用しCADシステムの構築を目的としている。

第2章においては、心臓超音波画像を対象としたCADシステムの開発を行い、超音波画像のテクスチャに注目し、画像から得られる濃度共起行列により、拡張型心筋症の正常・異常の鑑別を行うシステムを構築した。収縮末期・拡張末期のそれぞれの画像を差分し、変位部位を抽出後、特徴量（コントラスト、2次モーメント）を算出し最短距離判別法により鑑別することにより検出率87%と良好な結果を得た。

第3章においては、乳腺超音波画像を対象としたシステムを構築する目的から検出処理、良悪性鑑別処理、GUI（Graphical User Interface）を構築した。検出処理については、「2値化処理を主体とした検出法」と「動的輪郭抽出法による検出法」の2つの方法を提案した。両手法ともに超音波特有の領域の欠損に対しての領域抽出処理としての処理を加え、2値化処理を主体とした検出法においては、距離変換を用いた領域分割法を提案し、また、

動的輪郭抽出法による検出法においては、抽出される輪郭を統合する処理を提案した。2値化処理を主体とした方法では、検出率68%（偽陽性数7.5個／症例）であったのに対し、動的輪郭抽出法を用いた検出法においては検出率79%（偽陽性数5.9個／症例）であった。また、良悪性鑑別処理においては、腫瘍領域の縦横比、エコー情報、辺縁不整度の3つの特徴量により判別を行った。その結果、真陽性率（悪性を正しく悪性と鑑別する率）94%、真陰性率（良性を正しく良性と鑑別する率）87%と高い鑑別率を示した。

第4章においては、乳房X線写真における腫瘍良悪性鑑別システムの構築を行った。鑑別を行うための特徴量として8つの特徴量を抽出し、これを人工ニューラルネットワーク(ANN)に入力し、ANNから得られる出力を悪性度とし鑑別を行った。599個の腫瘍候補画像に対し鑑別を行った結果、ROC曲線下面積(Az値)はAz=0.874と良好な結果を得た。

第5章においては、微小石灰化像の良悪性鑑別のための偽陽性候補の削除処理の構築を行った。これまでに開発された微小石灰化像検出システムに、クラスタ領域決定のための再検討処理を追加することにより偽陽性候補の削除を行った。

第6章においては、乳房X線写真を対象としCADシステムの診断結果と医師の読影結果を比較することにより、CADシステムの有効性の検討を行った。CADシステムの腫瘍検出率：75%（偽陽性数2.5個／画像）、微小石灰化像検出率：100%（偽陽性数1.0個／画像）の場合において、40名の医師と比較を行った結果、腫瘍検出について平均16%、微小石灰化像の検出について平均12%の読影性能向上が見込める結果となった。また、1名の医師について、CADシステムの腫瘍検出率：94%（偽陽性数0.9個／画像）、微小石灰化像検出率：100%（偽陽性数0.3個／画像）の場合においてCADを用いて診断を行った結果、ROC曲線下面積(Az値)はCADを参考にしない場合Az=0.84、参考にした場合Az=0.91、有意差検定 $p=0.02$ となり、 $p<0.05$ で有意差ありとした場合、CADシステムを用いることにより有意な向上が期待できる結果となった。

論文審査結果の要旨

本論文は、コンピュータ支援診断(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。ここではいくつかの画像前処理手法と、自動検出手法、特徴量による判別解析について検討を行っている。そしてそれらを統合したシステムの試作を行い、システムの性能評価を行っている。本論文の成果とその評価は以下のとおりである。

- (1) 心臓超音波画像を対象としたCADシステムの開発を行い、超音波画像のテクスチャに注目し、画像から得られる濃度共起行列により、拡張型心筋症の正常・異常の鑑別を行うシステムを構築した。収縮末期・拡張末期のそれぞれの画像を差分し、変位部位を抽出後、特徴量を算出し最短距離判別法により鑑別することにより検出率87%と良好な結果を得た。
- (2) 乳腺超音波画像を対象としたシステムを構築する目的から検出処理、良悪性鑑別処理動的輪郭抽出法による検出法においては、抽出される輪郭を統合する処理、動的輪

郭抽出法の改良を提案している。その結果、鑑別率94%と高い鑑別率を示した。

- (3) 乳房X線写真における腫瘍良悪性鑑別システムの構築を行った。鑑別を行うための特徴量として8つの特徴量を抽出し、これを人工ニューラルネットワーク(ANN)に入力し、ANNから得られる出力を悪性度とし鑑別を行った。599個の腫瘍候補画像に対し鑑別を行った結果、ROC曲線下面積(Az値)はAz=0.874と良好な結果を得た。
- (4) これまでに開発された微小石灰化像検出システムに、クラスタ領域決定のための再検討処理を追加することにより偽陽性候補の削除を行い良好な結果を得た。
- (5) 乳房X線写真を対象としCADシステムの診断結果と医師の読影結果を比較することにより、CADシステムの有効性の検討を行った。CADシステムの腫瘍検出率：75% (偽陽性数 2.5個/画像)、微小石灰化像検出率：100% (偽陽性数1.0個/画像)の場合において、40名の医師と比較を行った結果、腫瘍検出について平均16%、微小石灰化像の検出について平均12%の読影性能向上が見込める結果となった。また、1名の医師について、CADシステムの腫瘍検出率：94% (偽陽性数 0.9個/画像)、微小石灰化像検出率：100% (偽陽性数0.3個/画像)の場合においてCADを用いて診断を行った結果、ROC曲線下面積(Az値)はCADを参考にしない場合Az=0.84、参考にした場合Az=0.91、有意差検定 $p=0.02$ となり、 $p<0.05$ で有意差ありとした場合、CADシステムを用いることにより有意な向上が期待できる結果を得た。

以上の内容から得られた成果は、コンピュータ支援診断システムの開発について、多くの新しい知見と成果を示しており、工学的にも学術上の価値が高い。

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

公聴会後に、学位論文に関する口頭試問を行い、これを最終試験に代えた。その結果、学位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、また、学位論文の内容に関する論文を6編完成させており、その中の論文の1つは医用画像情報学会金森奨励賞[論文名：超音波断層像における腫瘍像の自動検出法、医用画像情報学会雑誌14(3), pp.148-154, (1997)]を受賞している。

これらの結果を総合的に考慮し、最終試験を合格と判定した。