

氏 名 (本 籍)	五 藤 三 樹 (沖縄県)
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 号 番 号	甲第 127 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 12 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	乳房X線写真における腫瘍陰影のコンピュータ解析に関する研究 (A Study on Computerized Analysis of Masses on Mammograms)
学位論文審査委員	(主査) 教 授 藤 田 廣 志 (副査) 教 授 池 田 尚 志 教 授 田 中 嘉 津 夫

論文内容の要旨

本論文は乳房X線写真の腫瘍陰影に対するコンピュータ診断支援システムの開発に関して記述したものであり、具体的には腫瘍陰影像の良・悪性鑑別のための医師の読影ロジックの作成と、腫瘍周辺のスピキュラを自動検出するための多段型振り子フィルタの開発についての研究成果についてまとめたものである。

第1章では、乳房X線写真による画像診断、画像上の悪性腫瘍の鑑別の研究動向と問題点を示し、本研究の目的を述べている。

第2章では、乳房X線写真上の腫瘍陰影の良・悪性鑑別について述べている。本章では、画像上に存在する腫瘍陰影について、医師がその良・悪性の鑑別を行う上で画像上のどのような所見に注目しているかを項目別に分類し、それぞれの項目についてそれが良・悪性を鑑別する上でどのような重みをもつかを定量化した良・悪性鑑別ロジックについて述べる。

近年、欧米のようにわが国においても乳癌は増加傾向にある。そのため、癌の早期発見、早期治療の重要性は増し、集団検診の重要性が認識されつつある。また、乳癌は触診による診断だけでは不十分であるため、乳房X線写真（マンモグラム）による画像診断が集団検診にも用いられようとしている。しかし、診断に従事する医師にとっては、集団検診における読影作業の増大が相当の負担になることなどから、コンピュータによる診断支援システムの開発が要望されている。

乳房X線写真上に現れる乳癌の所見としては、大きく分けると腫瘍陰影と微小石灰化陰影の二つに分けることができる。現在、これらの所見を画像上で解析するアルゴリズムが各種開発されつつある。しかし、各々の所見において、それが良性を示す所見であるのか悪性を示す所見であるのか、またそれがどの程度の重みをもつものであ

るのかのロジック化を行った報告はまだなされていない。

そこで、本研究では専門医との共同作業により、画像上に存在する腫瘍陰影について、医師がその良・悪性の鑑別を行う上で画像上のどのような所見に注目しているかを項目別に分類し、それぞれの項目についてそれが良・悪性を鑑別する上でどのような重みをもつかを定量化したロジックを作成した。この良・悪性鑑別ロジックは、「周囲に比べて白い」、「周囲がぎざぎざである」などの13項目から構成されるフローチャートとなっている。そして、それぞれの項目についてその要件の充足の有無を判定し、その結果によって-1～+2点までの得点を与える。このようなフローチャートに沿ってすべての項目についての判定を行った後、各項目の得点の合計により良・悪性の鑑別を行うものである。デジタル化された99例の乳房X線写真について、CRT上に画像を表示し、この良・悪性鑑別ロジックを適用した結果、有病正診率84% (15/18)、無病正診率96% (78/81)、全体で94% (93/99)の正答率を得ており、このロジックの正当性を確認した。

第3章では乳房X線写真上に見られる腫瘍の悪性を示す所見のうち、重要な所見の一つである、スピキュラを自動検出するために新たに開発した「多段型振り子フィルタ」について述べる。スピキュラとは、腫瘍の周りから放射状に伸びる針状あるいは線状（索状）の陰影を称し、腫瘍の悪性を示す特徴的な所見の一つである。しかし、乳房の厚みに起因する背景トレンドの影響を受けるため、濃度差の小さいスピキュラを検出しにくいこと、スピキュラは直線に近い形状をしてはいるが、実際に直線ではなく、周辺の組織の影響を受けてなめらかな曲線を描いている場合が多い。このため、腫瘍周辺から放射状に伸びる直線成分を検出することを目的とした従来のフィルタでは、それらの湾曲したスピキュラを検出することが困難であった。そこで本研究では、このような背景トレンド成分の影響を受けにくいこと、湾曲したスピキュラや腫瘍辺縁から離れた場所に発生するスピキュラについても検出が行えることを目的として、従来の濃淡情報を用いた検出処理を、濃度勾配情報を用いた手法に改良するとともに、腫瘍の中心から設定した同心円の各々の辺縁から“多段型振り子フィルタ”により解析を行う手法を提案した。この多段型振り子フィルタを用いて、71例のデジタル化された臨床画像についてスピキュラ特徴量を計算し、スピキュラの有無を判別した。その結果、正しくスピキュラ有りと判別できる割合（Sensitivity）89%、正しくスピキュラなしと判別できる割合（Specificity）80%との結果を得ることができ、このフィルタの有効性を確認した。

第4章では、本論文で得られた結論をまとめ、今後の展望を述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は乳房X線写真の腫瘍陰影に対するコンピュータ診断支援システムの開発に関して記述したものであり、具体的には腫瘍陰影像の良・悪性鑑別のための医師の読影ロジックの作成と、腫瘍周辺のスピキュラを自動検出するための多段型振り子フィルタの開発について述べている。本論文により得られた成果は以下のとおりである。

- (1) 画像上に存在する腫瘍陰影について、医師がその良・悪性の鑑別を行う上で画像上のどのような所見に注目しているかを項目別に分類し、それぞれの項目についてそれが良・悪性を鑑別する上でどのような重みをもつかを定量化した良・悪性鑑別ロジックを提案している。乳房X線写真上に現れる乳癌の所見としては、大きく分けると腫瘍陰影と微小石灰化陰影の二つに分けることができる。現在、これらの所見を画像上で解析するアルゴリズムが各種開発されつつある。しかし、各々の所見において、それが良性を示す所見であるのか悪性を示す所見であるのか、またそれがどの程度の重みをもつものであるのかのロジック化を行った報告はまだなされていない。そこで、専門医との共同作業により、画像上に存在する腫瘍陰影について、医師がその良・悪性の鑑別を行う上で画像上のどのような所見に注目しているかを項目別に分類し、それぞれの項目についてそれが良・悪性を鑑別する上でどのような重みをもつかを定量化したロジックを作成している。この良・悪性鑑別ロジックは、「周囲に比べて白い」、「周囲がぎざぎざである」などの13項目から構成されるフローチャートとなっている。そして、それぞれの項目についてその要件の充足の有無を判定し、その結果によって-1～+2点までの得点を与える。このようなフローチャートに沿ってすべての項目についての判定を行った後、各項目の得点の合計により良・悪性の鑑別を行うものである。デジタル化された99例の乳房X線写真について、CRT上に画像を表示し、この良・悪性鑑別ロジックを適用した結果、有病正診率84% (15/18)、無病正診率96% (78/81)、全体で94% (93/99)の正答率を得ており、このロジックの正当性が確認されている。

- (2) 乳房X線写真上に見られる腫瘍の悪性を示す所見のうち、重要な所見の一つである、スピキュラを自動検出するために新たに開発した「多段型振り子フィルタ」を提案している。スピキュラとは、腫瘍の周りから放射状に伸びる針状あるいは線状（索状）の陰影を称し、腫瘍の悪性を示す特徴的な所見の一つである。しかし、乳房の厚みに起因する背景トレンドの影響を受けるため、濃度差の小さいスピキュラを検出しにくいこと、スピキュラは直線に近い形状をしてはいるが、実際に直線ではなく、周辺の組織の影響を受けてなめらかな曲線を描いている場合が多い。このため、腫瘍周辺から放射状に伸びる直線成

分を検出することを目的とした従来のフィルタでは、それらの湾曲したスピキュラを検出することが困難であった。本研究では、このような背景トレンド成分の影響を受けにくいこと、湾曲したスピキュラや腫瘍辺縁から離れた場所に発生するスピキュラについても検出が行えることを目的として、従来の濃淡情報を用いた検出処理を、濃度勾配情報を用いた手法に改良するとともに、腫瘍の中心から設定した同心円の各々の辺縁から“多段型振り子フィルタ”により解析を行う手法を提案している。この多段型振り子フィルタを用いて、71例のデジタル化された臨床画像についてスピキュラ特徴量を計算し、スピキュラの有無を判別しており、その結果、正しくスピキュラ有りと判別できる割合（Sensitivity）88.5%、正しくスピキュラなしと判別できる割合（Specificity）80.0%との結果を得ており、このフィルタの有効性を確認している。

以上、本論文は、乳房X線写真における腫瘍陰影のコンピュータ解析において多くの新しい知見と成果を得たものであり、工学的に、学術上の価値が高い。また、本論文に関係する発表論文の一つは、医用画像情報学会において内田論文賞を受賞している。よって、本論文は博士（工学）の学術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、学位論文に関連する口頭試問を行い、これを最終試験に代え、合格と判定した。