

乳房X線写真のためのコンピュータ支援診断 に関する文献紹介

岐阜大学大学院医学研究科再生医科学専攻 原 武史

前回の胸部コンピュータ支援診断に関する文献紹介に引き続き、今回は、乳房X線写真におけるコンピュータ支援診断（CAD）に関する文献を紹介します。乳房X線写真に関するCADシステムは、すでに商用機がいくつも販売されている段階であり、日本国内においても、数社から発売されることが決まっています。しかしながら、多くの研究者が地道に取り組んでいる課題もあり、文献検索においても非常に多くの論文が「mammogram, computer-aided diagnosis, computer-aided detection」をキーワードにあげています。

もっとも最初にコンピュータを用いて病変部を自動的に検出しようと試みた論文は、乳房X線写真を題材として取り扱っています。1960年代にCADという概念はなかったと考えますが、おそらく、もっとも最初のCADに関する論文でしょう。

Winsberg F, Elkin M, Marecy J, et al.: Detection of radiographic abnormalities in mammograms by means of optical scanning and computer analysis, *Radiology*, 89, 211-215, 1967.

1980年代に入ってから、多くの論文が発表されるようになってきています。それらには、微小石灰化の検出、腫瘍陰影の検出、というCADの根幹の技術に関する論文から、乳腺の濃度評価に関する手法、乳頭の検出、左右比較のための位置合わせ、といったCADの周辺技術（これが実用化にはかなり重要な役割を果たします）、また、腫瘍陰影や微小石灰化像の良悪性鑑別手法といった次世代のCADに関する論文、類似画像の検索に関する論文、さらには、最近悪性を疑う陰影として認知され始めている「構築の乱れ：architectural distortion」の検出に関する発表もあります。さらには、技術的な内容からは離れ、臨床現場での評価を行った論文も発表されつつあります。

このように、非常に多岐に渡り論文が発表されているため、ここでは、

- (1) 腫瘍陰影の検出に関する論文
- (2) 微小石灰化の検出に関する論文
- (3) 構築の乱れの検出に関する論文
- (4) CADシステムの性能評価に関する論文

の4分野にわけて、1つずつ重要な論文を示します。さらに詳細を知りたい場合には、示した論文

の文献を調べることをお勧めします。

なお、本来は、コンピュータを用いた医師の診断をコンピュータ支援診断（Computer-aided diagnosis）と定義されていました。しかし、多くの論文では、コンピュータの自動検出システムをCADと表現する場合があります。また、中には、正しく医師とコンピュータが協調して読影した結果をCADと表現したものもあります。ここでは、コンピュータの出力は、あくまで「コンピュータの出力」や、単に「システム」などと表現することとします。CADの定義には、「コンピュータの意見を参考にした医師の診断」とされていましたが、長年の間にさまざまに解釈されてきています。特に、Computer-aided Diagnosis, Computer-aided detection, など、さまざまな表現がされています。その遷移についても調査されると興味深いと思います。

（1）腫瘍陰影の検出

腫瘍陰影の検出はたいへん困難であり、現在も盛んに研究が進められています。特に、腫瘍陰影の境界が不明瞭な場合には、その検出が困難となるため、さまざまな領域分割の技術が応用されている場合があります。

Kobatake H, Murakami M, Takeo H, et al.: Computerized detection of malignant tumors on digital mammograms, IEEE Trans Med Imaging, 18(5), 369-378, 1999

この論文では、Kobatake らが開発した「アイリスフィルタ」の高度化を発表しています。アイリスフィルタは、ベクトルの中心方向への集中性をうまく数値化することによって、類円形の形状をもつ腫瘍陰影の中心に高い値を出力します。そして、その出力画像をしきい値処理することによって、腫瘍陰影の検出を行います。著者は東京農工大学、富士写真フイルム、国立がんセンターの研究者で構成されています。およそ1000枚以上の画像を使って性能評価を行っており、手法の有効性を示しています。

（2）微小石灰化の検出に関する論文

微小石灰化の検出は、通常、ある範囲内に一定個数以上の微小石灰化があるという「微小石灰化クラスタ」を検出することでシステムに実装されています。微小石灰化は非常に細かい陰影であるため、検出は困難であるとも考えられていましたが、非常に高コントラストに描出されるため、ある一定の精度で検出されるようになりました。しかし、初期の石灰化は低コントラストに表れるため、90%以上の高い精度（検出率）を得るために、沢山の方法が試みられました。

Yoshida H, Doi K, Nishikawa RM, et al.: An improved computer-assisted diagnostic scheme using wavelet transform for detecting clustered microcalcifications in digital mammograms, Acad. Radiol. 3(8), 621-627, 1996.

この論文では、これまで開発してきたシステムでは検出できない微小石灰化クラスタを検出するために、ウェーブレット変換を利用した画像強調処理を行う手法をまとめています。著者はシカゴ大学 Kurtrossmann laboratoris の研究者です。

(3) 構築の乱れの検出に関する論文

構築の乱れに関する論文は、実はまだありません。その代わりに、現在販売されているシステムでは、どのくらい「検出できないか」という論文が発表されています。

Baker JA, Rosen EL, Lo JY, et al.: Computer-aided detection (CAD) in screening mammography: sensitivity of commercial CAD systems for detecting architectural distortion, AJR Am J Roentgenol, 181(4), 1083-1088, 2003.

この論文では、米国で入手できる2つの商用機を用いて構築の乱れを含む45症例（80枚に存在）を用いて実験を行っています。画像ごとの検出率はどちらも40%未満であり、それら検出方法の改良を実装が必要である、と結論づけています。著者は Duke 大学メディカルセンター・放射線科（米国）の研究者です。なお、まだ論文化はされていませんが、2004年2月にサンディエゴで開催された SPIE・Medical Imaging 2004 において、構築の乱れの自動検出について、口述発表2件（Duke 大学、Calgary 大学）、ポスター発表1件（岐阜大学）が予定されています。

(4) CADシステムの性能評価に関する論文

乳房X線写真のシステムは1998年に発売が始まりましたが、大規模な性能評価はあまり報告されてきませんでした。特に、コンピュータの検出性能だけではなく、最終的な診断結果にどれだけ寄与できるかを示す論文は、ほとんどありませんでした。

Freer TW and Ulissey MJ : Screening mammography with computer-aided detection: prospective study of 12,860 patients in a community breast center, Radiology, 220(3), 781-786, 2001.

この論文は、おそらくもっとも最初に「プロスペクティブ」にCADの性能評価の研究を報告したものです。1年以上の間に撮影された1万2千例以上の検診画像を用いて実験を行っています。コンピュータなしの読影を行ったあと、コンピュータの検出結果を参考にした読影をもう一度行い、要精検率、陽性予見率 (Positive Predictive Value)、がんの検出率について、システムの有効性を検討しています。ここでは、コンピュータシステムを用いることによって、要精検率が6.5%から7.7%に上昇するものの陽性予見率は38%と変化がなく、その結果、19.5%ががんの検出数が向上したと結論づけています。さらには、初期のがんの検出については、73%から78%に向上したと結論づけています。

以上の論文は、乳房X線写真についてのCAD関連の論文の中では、本当に一部の内容になります。

乳房X線写真のCADシステムは現在実用段階です。そのような中でも基礎技術に関する報告、新たな技術開発の報告、そして、それらシステムの性能評価に関する報告、と、いくつか研究に分類されています。乳房X線画像についてのCADシステムの研究は現在成熟期にあるといえますが、まだ、ここにはあげることができなかった多くの分野が存在しますので、皆さま奮って研究分野を開拓していただければと思います。