

3. コンピュータ支援診断におけるオントロジー

はじめに

コンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis : CAD)システムの商用機が発売されてすでに10年が経つ。筆者らは、さまざまなCADシステムの開発を行ってきた。これらの研究を進めていくうえで重要であったことは、データ収集と「医師と技術者との意見交換」であった。これは、医師がこれまでに築き上げてきた読影技術を、できるだけ忠実にコンピュータ上で実現する作業であったといえる。つまり、医学的知識の乏しいコンピュータ技術者が医師の読影技術をまず理解し、数式、画像処理技術、物理特徴、統計的な判別方法を組み合わせて実現してきた。医師との意見交換では、読影に関する用語の理解、用語が示す特徴的な画像所見の把握、そして、その画像と用語の対応の理解が重要であった。さまざまな画像データを収集し、得られた知見とアルゴリズムを照らし合わせて実現するが、ささいなことにつまずき重要な判断を実装していないことに後から気づくこともある。そして、それらを修正し、医師の読影意見と照らし合わせることでコンピュータアルゴリズムの性能向上を図ってきた。

CAD開発は、このような経験に基づき進められてきた。しかし、医師と工学的な技術者は背景にある知識や着眼点が異なり、また、医師が持つ高度な読影の専門知識を工学的な技術者が理解できる用語や言い回しで表現することにも限界がある。これらの経験から、病変の画像特徴を工学系の技術者が迅速に理解し、また、CADシステムの動作を医師が容易に理解できることが、スムーズなCAD開発に重要であろう。このためには、読影に用いる用語と画像との関連、病名、治療方針といった概念体系を構築し、それを医師と技術者で共有することが望まれる。このような概念体系をコンピュータ支援診断におけるオントロジーと呼ぶことができる。

1. コンピュータ支援診断におけるオントロジー

マンモグラムにおける腫瘍陰影の検出という概念に対して、工学的な技術者は「腫瘍陰影は周辺より白い領域である」といった知識を使って対応すると思われる。しかし、専門の読影医は、正常組織との区別や他の可能性と比較すべく多くの概念が存在し、逐次、さまざまな知識と比較することで病変部位の決定を行うと考えられる。さらには、その病変部の良悪性鑑別、カテゴリー鑑別に関しても、腫瘍辺縁の状

態や微小石灰化との関連、スピキュラといった状態を表す概念を読影医は持っており、放射線画像では視覚的な印象をさまざまな用語で表現するため、その表現の曖昧さは技術者にとって時には理解しづらい。

これら病変発見の手順、用語、概念を「オントロジー」として表現し、読影手順(病変発見についての解法)を具体的に表現することは、CADシステムを設計し、その結果を提示する際の非常に合理的な根拠となる。また、いったん、病変部が診断されたあとに、その検証を行うことができる。このような能力を含むCADシステムは、無機的に考えられるコンピュータアルゴリズムにさまざまな意味を持たせることができる。つまり、検出や判断の結果の提示と同時にそれらの根拠をも示すことが可能である。すなわち、CADの結果を単にマークとして医師へ示すより、CADシステムがどのような概念を実装し、どのような判断アルゴリズムがあるのかを提示可能であり、さらには、それぞれでどのような判断がされたかを明示できる。このようなシステムでは、医師が信頼を持ってCADシステムの結果を活用でき、複数の症例を蓄積できる場合には、そのなかから重要な判断部を抽出することも可能である。著者らは、その目的として、マンモグラム読影におけるオントロジーを構築している。ここには、乳房に発生する病気概念、読影オントロジ(腫瘍陰影、石灰化像)、病理オントロジ、カテゴリ鑑別ロジック(エキスパートシステム)などがある。

Fig. 1に、サウスフロリダ大学が公開するマンモグラムデータベース(the Digital Database for Screening Mammography : DDSM)を鑑別ロジックへ当てはめ、そのデータ数を可視化した例を示す。データ収集のバイアスがあるため、一般論とはいえないが、この結果から、境界および辺縁において、「境界不明瞭」と「スピキュラを伴う」の症例数がそれぞれ205例、168例と他(「境界明瞭平滑」、「微細分葉状あるいは微細鋸歯状」)より多いことが分かる。この結果は、「境界不明瞭」と「スピキュラを伴う」の概念を読影者は正しく持つ必要があり、同時に、「その判断を適切に行うことが診断能を高く維持するのに重要な役割を果たす」と解釈できる。

Fig. 2は、石灰化像への適用例である。「形態」概念において「多形性あるいは不均一な石灰化」、「分布」概念において「集簇(しゅうそく)性」の症例が多いこと

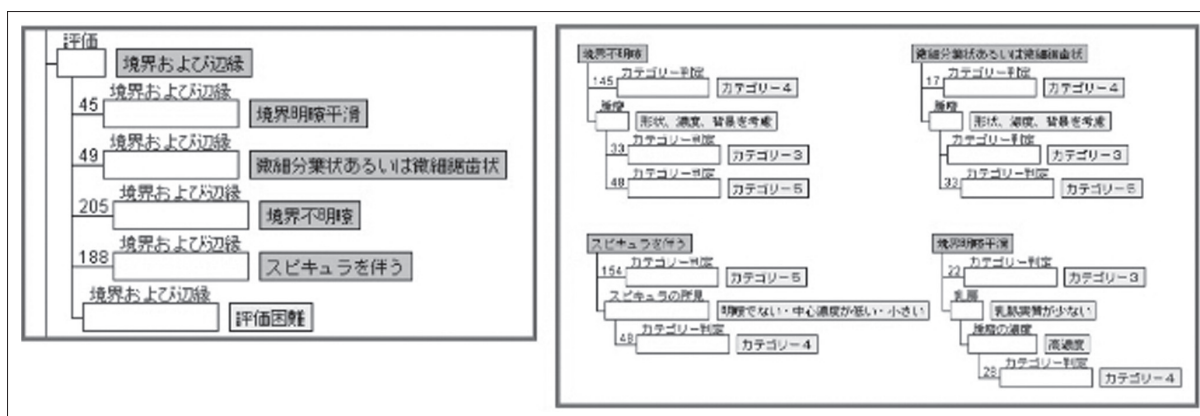


Fig. 1 腫瘍陰影の所見を分類した例

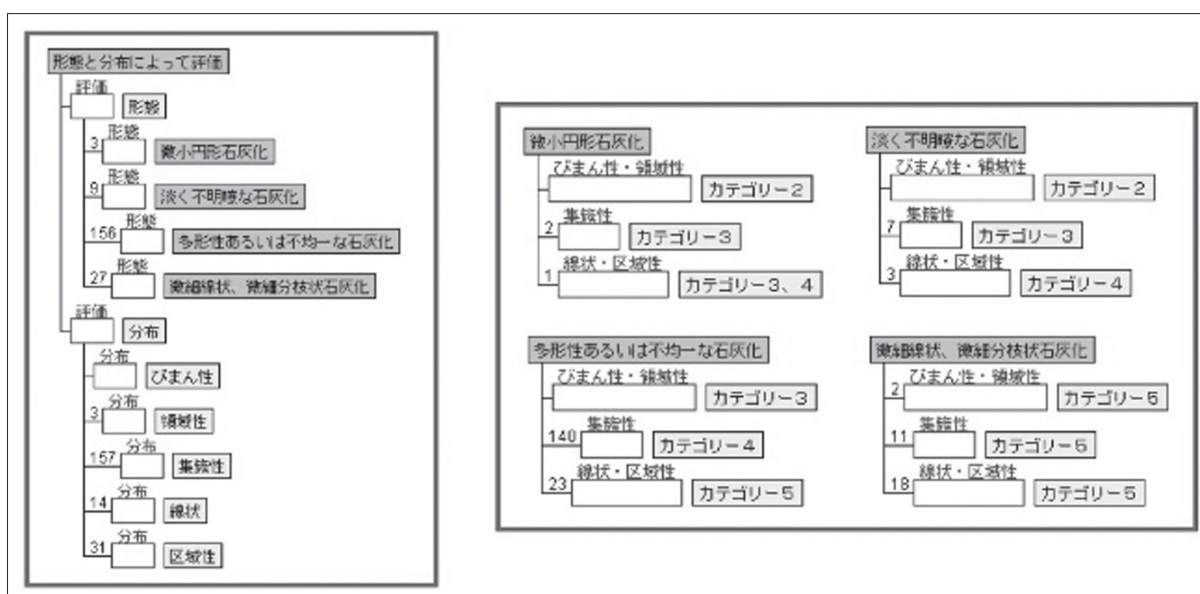


Fig. 2 石灰化像の所見を分類した例

が分かる。石灰化像の診断においては、それらの判断を適切に行うことが重要であることが分かる。

このような解釈を読影者の評価ではなく、CADシステムのアルゴリズムに適用することも可能である。すなわち、腫瘍陰影に関するアルゴリズムでは、正しく「境界不明瞭」や「スピキュラ」の判断ができる手法を目指すことが適切であり、石灰化像に関するアルゴリズムでは、正しく「多形性あるいは不均一な石灰化」や「集簇性」を判断する手法が重要であると判断できる。

2. まとめ

コンピュータ支援診断におけるオントロジーの可能性を考え、マンモグラムCADシステムにおける活用法を検討した。ここでは、画像所見を表す用語を分類し、読影医の思考の流れを記録する手法を示した。

200症例以上の所見について解析を行い、多く発生する所見やカテゴリ鑑別に重要な判断部位の抽出を

行うことによって、コンピュータシステムの開発において重要と考えられる要素技術を指摘することができた。この考え方は、マンモグラムのCADシステムに限らず、さまざまな病気のCADシステムに応用可能であると考えられる。この考え方は、クリニカルパスの作成と非常に似ている。これは、CADシステムの開発において開発の重点をどのアルゴリズムに置くかを判断する重要な材料となりえる。また、逆に実装したアルゴリズム全体を可視化することで、医師が理解できる形でCADアルゴリズムを提示できる。このことは、「なぜCADシステムはこの結果を出したのか?」という医師の素朴な疑問へ対応する一つの解法となりえる。また、概念や事象の可視化は、医師と技術者との相互理解のみならず、それぞれの分野における専門知識取得のための導入教育へも活用が可能であると考えられる。