

9. CAD(コンピュータ支援診断システム)の最新動向

藤田 広志*1/原 武史*1/周 向栄*1/内山 良一*2/村松千左子*1

*1 岐阜大学大学院医学系研究科 *2 熊本大学大学院生命科学研究部

CADはもはやホットトピックスの中心からは完全に遠のいてしまった、という印象がするRSNAであった。それほど、CADはいまや、放射線医学の中に溶け込んでしまったということであろう。CADと名が付いた口述セッションは3つだけであり、これらは25日(日)午前のPhysics(CAD)と27日(火)午後のPhysics(CAD II)(座長は筆者・藤田)、そして、28日(水)午後のBreast Imaging(Computer-aided Detection and Other Topics)であった。

Physicsにおける2つのCADセッションの演題構成は、CT画像における脊椎骨折の検出、大腸コロノスコーPI CAD、冠状動脈CT造影における非石灰化プラーク検出、CT尿路撮影における膀胱の抽出、腹部造影CTにおけるリンパ節の検出(FP削除のための臓器抽出)や転移性卵巣がんの検出、乳房トモグラフィにおける石灰化クラスターの検出、MRAにおける動脈瘤破裂のリスク評価(後述)、前立腺MRにおける鑑別CAD、マンモグラフィCAD、類似画像検索(後述)、造影MRにおける冠動脈狭窄検出、乳房超音波における類似検出法による悪性分類であり、CADが各種の画像診

断領域にどんどん進展していることを十分に感じさせるものであった(従来ならば、このようなCADの演題群は、「その他」扱いで、金曜日の最終セッションに割り当てられていた)。なお、CAD技術も包含し、広く画像解析を取り扱った「定量化イメージング(Quantitative Imaging)」(Physicsセッションに同名のものが2つあり)が、いまやホットであると言えよう。

本稿では、われわれが参加したセッションや発表内容、また、興味により報告するため、CAD全般を必ずしも網羅できていない点はご了承ください。

■乳房領域

今回は、乳房CAD関連の演題が非常に少なかったように思う。筆者らの知る限りでは、Scientific Paperは臨床系のセッションで4演題、Physicsのセッションで5演題、その他ポスターと教育展示が数演題ずつというところであった。

機器展示関係のトピックとして、Hologic社のQuantraやMatakina Technology社のVolparaなどを用いた乳房濃度計測についての発表がいくつかあった(図1はiCAD社のマンモグラフィ

CADにVolparaソフトウェアが融合されている画面)。これらの発表の背景には、2012年にU-Systems社(なんとRSNA直前にGE社がこれを買収)のホールブレストスキャナが、高濃度乳腺患者へのスクリーニング利用として米国食品医薬品局(FDA)の認可を得たこと(これまでは精査のみに認められていた)、米国ですでに5つの州で、高濃度乳腺の女性にその事実とリスクについて知らせる義務を課した法律が通っていることなどがあると思われる。乳房濃度計測ソフトウェア機能追加以外にも、検出箇所の特徴量を示すソフトウェアの開発について、Hologic社(「R2」)やiCAD社ではデモを行っていた。また、VuCOMP社では、デジタルマンモグラフィCADについて先の2社に続いて、徐々に新しいFDAの薬事承認基準で認可がおりたということ、小さなブースは活気を呈していた。

アカデミックの研究では、トモシンセシスにおける微小石灰化検出についての発表(SSA19-07)、マンモグラムにおける腫瘍のセグメンテーションアルゴリズムの違いが良悪性鑑別の精度に与える影響(LL-PHS-TU4D)、超音波画像における画像検索による腫瘍の良悪性鑑別



図1 iCAD社のマンモグラフィCADにおける乳房濃度計測ソフトウェア



図2 類似画像検索と臓器の自動抽出に関する一連の展示

左側の3つの演題は、類似画像検索による病変の検出と分類の展示。中央は、類似画像検索による臓器の自動抽出の展示。右側の2つは、胃とリンパ節のCADシステムの展示 (iPhone 5 付属カメラによるパノラマ写真で、実際に展示物が左右に屈曲しているわけではない)。

(SSJ22-06)に関する発表などがあった。最後の発表は、画像検索というよりは、検索された画像のうち何%が悪性腫瘍であるかを指標に用いており、k近傍法に近い。オランダのグループからは、マンモグラフィにおける乳がんの検出システムとして、特異度を非常に高く (recall rate 2%) 設定した場合に、前年見逃された乳がんがどの程度検出できるか検討した発表があった (SSJ22-02)。また、前回に引き続き、彼らが開発したinteractive CAD (診断ミスを助ける) について、通常の独立型CAD (見逃しを助ける) との比較実験結果についての発表があった (SSJ22-05)。結果は、独立型を使用した時の方がわずかにAUC (曲線下面積) は高かったが、interactive CADを使用した時との統計的有意差はなく、CADなしの時より両者とも有意差を持って向上したとの報告であった。

日本からは、超音波画像における腫瘍の良悪性鑑別について、これまでの良悪性度に加え、さらに細かく嚢胞、線維腺腫、浸潤性乳管癌、非浸潤性乳管癌のそれぞれに対する確率を示すCADシステムの有用性を評価した観察者実験結果の発表があった (SSM01-01, LL-BRE3210)。筆者も発表者らと同様に、単に悪性度を示すより、より細かい病理組織に関する情報を与えた方が悪性度に対する信頼性が高まるのではないかと考えているため興味深かった。結果は、CADなしよりAUCは向上したが、良悪性度のみを示した場合と組織分類の確率まで示した場合では、統計的有意差

はなかったということであった。

そのほか臨床系のセッションでは、Hologic社のImageCheckerとQuantraから得られる特徴量 (CADの合計マーク数、質の高いマーク数、乳腺濃度など) を利用した真陽性生検と偽陽性生検の鑑別 (SSM01-02)、化学療法を受けた前後のMRIから得られる情報による (無病) 生存結果の予測 (SSM01-03)、治療前に得られたMRIもしくは前後のMRIから得られる特徴量による、化学療法の効果が見られる患者と見られない患者の区別 (SSM01-04) に関する発表があった。

われわれのグループは、マンモグラフィにおける腫瘍の良悪性鑑別診断に役立てるために類似画像の提示を提案しているが、今回は多次元尺度構成法を用いた新しい類似度の分析・決定法について発表を行った (SSJ22-03)。

■臓器抽出と類似画像検索

今回のRSNAでは、iPadやKinectなどの新しい装置に関連する演題数が増えた一方で、臓器抽出を代表とする画像処理技術の発表の占める割合が少なくなっていたが、それでもいくつか新しい動向が見られた。以下では、「臓器抽出」と「類似画像検索」の2つのキーワードに関連して、いくつか演題を紹介する。

まず、臓器と組織の自動抽出に関するものに、筆者らの研究グループの演題 (LL-INE1194-SUB) と、名古屋大学の研究グループの演題 (LL-INE1196) が挙げられる (図2の中央と右側の展示)。前者は、対象となる臓器と組織の種類

を問わず、CT画像から目標領域を高速で抽出する汎用アルゴリズムの展示であり、後者は、抽出困難である縦隔部のリンパ節を胸部CT画像から高精度で抽出するシステムの展示である。従来の研究発表と比較して、同システムは、より速く、より汎用的に、より難しい対象領域を自動的に抽出できることを示した。

一方、半自動の臓器自動抽出システムに関する展示として、CT画像からの肝臓の解剖構造の認識と手術計画への応用をシンガポールの研究グループが示した (LL-INE1198)。このシステムは、単に既存の画像処理アルゴリズムを用いるが、システム全体の実用性と完成度が高く評価され、Cum Laudeを受賞した。やはり、RSNAでは臨床での実用性が一番重視されていると感じる。

半自動方式におけるユーザー (医師) の手入力という余計な手間をなくすため、医師の診断レポート作成における手入力の部分を代用することをめざした、臓器領域の抽出に関する発表もあった (LL-INS-MO4B)。具体的には、医師の診断レポートに書かれた臓器名と数枚のスライス画像に描いた直線の座標 (臓器のサイズを計るため) を利用して、CT画像から三次元である臓器領域を抽出し、その結果をレポートに追加する。この研究に用いられた画像処理技術は、ごく普通のものであるが、臓器抽出に必要とされる事前情報を医師の診断レポートから引き出すことが新しい発想であり、興味深いところであった。今後、臓器抽出も画像処理のアルゴリズムの発展に限らず、さまざまな事前情報を得ることによって、

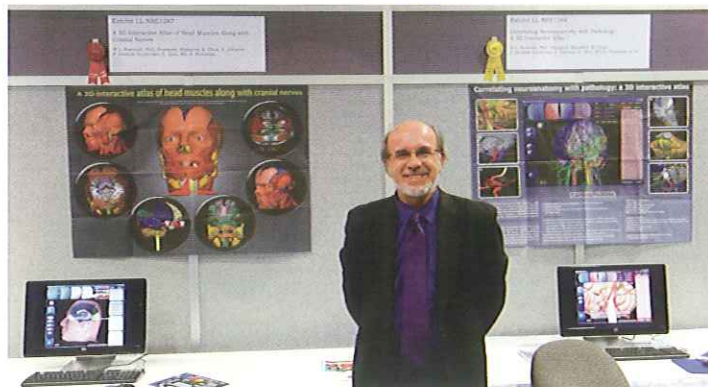


図3 ダブル受賞を喜ぶシンガポール Agency for Science, Technology and Research (A*STAR) のNowinski先生

より効率的に行うことが期待される。

画像処理の手法として、類似画像検索に関する演題は今回多く見られた。類似画像検索は一般的にCBIR (content-based image retrieval) と呼ばれ、入力された画像の局所的な微小領域から測定した特徴量を利用して、類似している症例画像を蓄積されたデータベースから探索する技術である。未知の画像に対して、事前に用意した複数種類の病変画像との類似度を計算することによって、未知の画像上にある病変の属性を判断できる。一般的に、類似画像検出技術は、対象画像からの病変検出と分類に応用される。今回の演題の中にも、画像における肝臓の病変の分類 (SSC08-03)、超音波画像の悪性の乳がんの判断 (SSJ22-06) やCT画像からの肺気腫の検出 (LL-INE1191-MOB) とその関連の評価 (LL-INE1192-WEA)、および病院での応用 (LL-INE1193-THB) (図2の左側3つの展示) などの研究成果が報告され、いずれの手法も有効性が示された。特に演題 (SSC08-03) では、CADの識別性能と複数の医師の読影結果を比較した結果、CADは全面的に性能が良いという結論を示した。筆者らの研究グループでも、類似画像の検索に基づく臓器の自動抽出 (LL-INE1194-SUB) と、画像間の物理的類似度と医師の心理的類似度の両方を考慮した類似尺度の提案と応用に関する演題 (SSJ22-03) を発表し、関心が集まった。今後、医療現場での大規模な画像データベースの整備の進行に伴い、CADシステムにおいて類似画像検索を利用する機会が

ますます増えると予測される。

■脳領域

脳のCADは、脳のさまざまな疾患を対象にしたものに広がりつつある。

① 脳動脈瘤：クモ膜下出血の主因は脳動脈瘤の破裂である。しかし、未破裂動脈瘤の年間破裂率は、1.2～1.5%でしかないとの報告があるため、手術のリスクを踏まえ、その適否を検討することが重要である。その判断材料を提供するために、未破裂動脈瘤の大きさや部位、形状などの形態的な特徴をコンピュータによって分析し、破裂率を予測しようとする研究発表があった (SSA19-08)。

② 急性期脳梗塞：後述の「救急領域」で詳述するように、早期虚血サインの検出を支援する手法に関する発表があった。正常モデルを構築し、それとの差分によって異常を検出する手法や (SSC08-07)、血管の走行に関する解剖学的情報を考慮したCT値の変化の検出法 (LL-INE1197-THA) に関する発表である。

③ ラクナ梗塞：ラクナ梗塞の存在は、その後起こりうる重篤な脳梗塞との関係が示唆されているため、その検出は重要である。しかし、加齢による脳組織の変化である血管周囲腔拡大などの鑑別が困難であるとの理由から、すべてのラクナ梗塞を正確に検出することは困難である。従来のニューラルネットを用いた手法のように、単一の識別器を用いてラクナ梗塞と偽陽性を区別するのではなく、複数の識別器を組み合わせることで高度な識別を実現する手法の提案があった (LL-PHS-TU6C)。

④ 多発性硬化症：中枢神経系のいたるところに炎症性の脱髄性病変が発生する空間的多発性と、その症状に再発や寛解がある時間的多発性が特徴的であるため、これらの体積や個数の変化を定量的に評価することは重要である。多発性硬化症の体積や個数を自動で計測する方法に関する発表があった (SSG13-02, SSG13-05)。

⑤ アルツハイマー：アルツハイマー型認知症では、早期に老人斑が沈着し、その数十年後に神経原線維変化や神経細胞の脱落が起こるとされている。従来のアルツハイマーのCADでは、MR画像における脳皮質の形態的な萎縮を計測するものが多かったが、より早期にアルツハイマー型認知症になる可能性を探るため、MRI装置を用いて観察される局所的な波長スペクトルから細胞レベルの組織変化を検出する挑戦的な取り組みの報告があった (Quantitative Imagingの展示の中で、Acuitas Medical社より)。

⑥ 教育支援：脳解剖の理解は教育や臨床診療で重要である。1300個の脳血管を含む2000個の脳組織からなる脳アトラスをコンピュータ上で作成し、コンピュータグラフィックスを用いて選択的にいろいろな角度で表示することができる教育支援システムの展示があり、Certificate of Meritを受賞した (LL-NRE1288)。また、同じ研究グループから、頭部の筋肉と神経の空間的な位置を学習するための教育支援システムの展示もあり、Cum Laudeを受賞した (LL-NRE1287) (図3)。



図4 β アミロイドの画像化の展示
 a: 人形の表情 (リアルに動きます)
 b: β アミロイドの沈着を説明するスライドショー

■救急領域

救急関連のCADシステムは、脳関連のシステム開発に関してのみ発表があった。

救急医療において、脳の画像診断は非常に重要である。特に急性期の脳梗塞は、rt-PA治療など低侵襲な治療法が確立しているため、早期に病因を確定して治療を行うことが望まれている。早期虚血サインは、治療方針を決定する上で重要な所見であり、その自動検出を試みる発表があった。脳の解剖構造を利用してCT値の変化を検出する手法(LL-INE1197-THA)は、InformaticsにおけるCME Exhibitsに登録されており、期間中展示ブースでソフトウェアのデモを行っていた。

われわれは、正常脳モデルを構築して早期虚血サインを自動検出する手法について発表を行った。そして、その自動検出結果を医師や診療放射線技師へ提示したときに、観察者の読影結果がどのように変化するかについて観察者実験を行い、すべての観察者の読影結果が統計的に向上した内容を報告した(SSC08-07)。また、Education Exhibitsでは、コンピュータシステムはどのような症例で検出を誤り、また、観察者に有益な情報を提供できたかをまとめて報告した(LL-INE2535)。

■核医学領域

核医学関連は、RSNAの中ではあまり目立たない存在であるが、South Buildingの5階には、Lakeside Learning Centerにある核医学分野のポスターと小規模な実機展示ブースが、同じ内容で別に設置しており、独自の盛り上がりが存在した。定量解析は核医学の最も得意とする内容であり、核医学関連のソフトウェアの報告は多い。しかし、病変検出や支援診断、また、観察者実験を行ってソフトウェアの有用性を確認するという、CAD全体に関する研究発表は見当たらなかった。

近年、がんの治療効果判定にFDG-PETが用いられるようになり、正確な治療効果判定基準を定める動きがある。PET Response Criteria in Solid Tumors (PERCIST)は、SUV (Standardized Uptake Value) やSUL (SUVを除脂肪体重で補正した値) を用いて評価する概念である。今回のRSNAでは、その自動化についてのソフトウェアが見られた(LL-NMS-MO1C)。PERCISTの概念を利用した診断については、Refresher/InformaticsにおいてRC511: FDG/PET-based Cancer Treatment Response Assessmentとしてまとめて解説されたことは興味深い。これらの内容の一部は、Biomarkers/

Quantitative Imagingの発表の中にも見られ、特にPERCIST関連については、Quantitative Imagingの中での読影デモと発表との連動した内容もあった。このような診断基準の定量化は、CADにつながると考えられる。企業展示においても、各社はPET/CT画像の読影装置にPERCIST関連の指標を自動的に計算するソフトウェアをすでに組み込んでおり、ユーザーの評価を待つ段階のように感じられた。このような定量化に関するソフトウェアは、今後さらに提案されると予想される。なお、骨シンチ関連で最近注目を集めているソフトウェアのBoneNavi (Exini Bone) 関連の発表は、今回のRSNAでは見つけることができなかった。

用いる薬剤が変わると、同じ装置でもまったく別の画像が生成できる利点がある。PET装置にはある。認知症に関連する β アミロイドの画像化について企業展示で面白い展示があった(図4 a)。これは単なる人形のように見えるが、ディスプレイである(図4 b)。非常にリアルに表情が動き、裏ではアミロイドの沈着のスライドショーが表示される。多くの参加者は、笑いながらこの人形の写真を撮っていた。このような凝った展示を見つかるのも企業展示の楽しみのひとつである。

* ()内は演題番号