

エキスパートによるRSNA 2017ベストリポート

9. CADシステムの最新動向 AIの動向も含めて

藤田 広志^{*1}/木戸 尚治^{*2}/原 武史^{*1}

^{*1} 岐阜大学工学部電気電子・情報工学科(大学院医学系研究科併任)

^{*2} 山口大学大学院創成科学研究科工学系学域知能情報工学分野

大会のプログラムから、「コンピュータ支援検出/診断(CAD)」が消えた!

CADの発表は、もうRSNAから消滅したのか。実は、CADとは言わずに、AIあるいは機械学習(machine learning: ML)の言葉が、演題の中心用語に置き換わっているためであり、MLの中でも話題のディープラーニング(以下、DL)が多用されているためである。CADも“時の勢い”には勝てないようである。

本稿では、筆者らが興味を持った3つの研究領域に分けて、CADの観点からリポートする。なお、CAD関係の教育展示受賞は1件あり、50ページを参照されたい。

■乳房領域

1. 乳房トモシンセシスにおける初の「同時CAD」

前回のRSNAでは、QView Medical社が開発した全乳房自動超音波画像(3D automated breast ultrasound: ABUS)を対象としたコンピュータ支援

検出(以下、CADE)システム“QVCAD system”が、米国FDA初承認の「同時CAD(concurrent CAD)」の出現として話題を呼んだ。同システムでは、3D超音波画像上にはではなく、合成2D画像上に異常部位マーカを表示するものであり、読影時間の短縮という効果があるCADであった(INNERVISION, 32・2, 36~39, 2017参照)。

iCAD社からは、GE社の乳房トモシンセシス専用の「同時CADE」システム“PowerLook Tomo Detection”の展示が前回同様にあったが、今回の大きな相違点は、2017年3月にFDA承認を得ていることである。上述の超音波画像と同様に、合成2D画像上に異常部位(腫瘍とディストーション)の検出結果を提示するものである。ただし、マーカは示さず、異常な領域が強調された表示がなされ(“ボヤッ!”と見える印象だった)、そこをクリックすると、異常候補部位のあるスライス面が表示される。仕組みとしては、2Dスライス単位で2D用のCADで処理し、異常候補があれば合

成2D画像と異常領域を何らかの方法でブレンドするものであり、これをCAD enhanced 2D synthetic imageと呼んでいる。マーカを示さないため、偽陽性候補でも取り立てて目立った感じにならないようであり、かつ周辺の乳腺領域との医師の総合判断で採用するかどうかが決まる。平均約30%の読影時間の短縮が可能という。

なお、同社は、GE社以外の企業の乳房トモシンセシス装置向けのCADEも展示していた。これらでは、例えばシーメンス社、ホロジック社、富士フイルム社の各社のトモシンセシス装置用に分けてDLがチューニングされるが、それぞれ2000症例を集めて学習させているとのことであった。この時、悪性かどうかの情報のみをDLに与え、病変の位置の情報はなしで学習させているとのことである。本CADEの目的は、同時CADではないと思われる。腫瘍と石灰化候補位置のマーカを提示し、また、検出の確信度をユーザーが自由に変更できるバーがあり、性能を調整できる機能を有してい

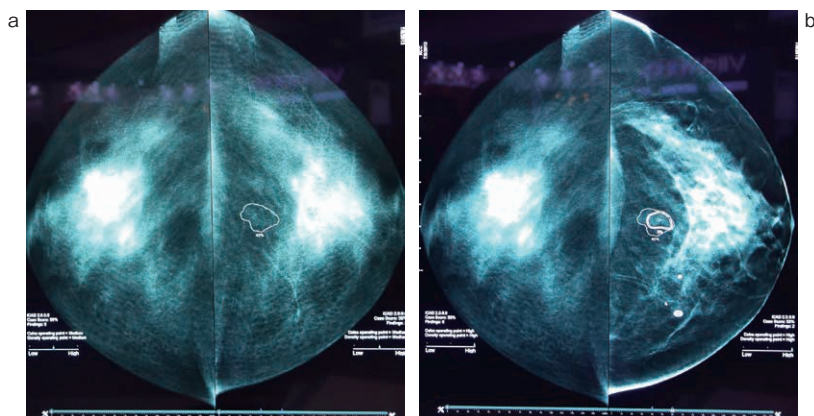


図1 iCAD社の検出感度調整型の乳房トモシンセシスCADeの例

左乳房にマーカーが提示されている。
a: 感度: 小設定で1か所のみ検出
b: 感度: 大設定で2か所を検出



図2 Quantitative Insights社のFDA初承認のCADxシステム

た(図1)。欧州ではすでに販売できるとのことで、臨床的な効果など、今後の利用結果を知りたいところである。

2. 米国初の「CADx」

1998年に初のCADがFDA承認されて以来、マンモグラフィ、胸部画像、CTコロノグラフィ画像を対象として、今日までのすべてのFDA承認のCADはCADeに限定されていた。しかし、2017年、ついにこの壁が破られた。その企業名は、Quantitative Insights社であり、乳房のMRIを対象としてcomputer-aided diagnosis (以下、CADx)で、長年、シカゴ大学のGiger教授のグループが開発してきた成果が商用化されたものである。類似画像提示機能も有している。図2は、機器展示会場のMLコーナーにおける同社ブースの様子である。

(藤田広志)

■胸部領域

2017年のRSNAにおける話題の中心は、DLを中心としたMLであり、胸部領域の発表においてもMLを用いた発表が非常に目立った。CTにおける肺結節の質的診断に関しては、Yanagawaら(SSA05-01)やItoら(SSQ19-01)の3D convolutional neural network (以下、CNN)を用いた発表があった。CNNは2Dの自然画像で用いられることが一般的であるため、3D画像では転移学習を使えないなどのハンデがあるが、CTやMRIでは3D画像解析が重要であるため、これらの研究には期待したい。Itoらの研究では、Suzukiにより開発さ

れたneural network convolution (以下、NNC)とCNNの比較が行われていたが、NNCは一般的なCNNとは異なった多層構造のニューラルネットワークであり興味深かった(SSQ19-01)。また、CTにおける肺結節の検出についても複数の発表があった。前回はベンチャー企業のEnlitic社からの発表があったが、今回はArterys社からのLung Image Database Consortium症例を用いた肺結節の検出とセグメンテーションに関する発表があり、その精度はエキスパートと同等であると報告された(SSG13-02)。胸部単純X線画像に関しては、PuthaらのX線画像上の病変と関連する部位をヒートマップ表示して診断医の注意喚起を促すシステムの発表や(SSA12-06)、Lakhaniらの気胸の検出を行うシステムの発表があった(SSA12-09)。Witheyらは70万枚のトレーニングX線画像と少数の放射線科医による正解画像を用いて肺結節の検出を行うCADを報告した(SSC03-04)。画像生成に関してZarshenasらにより、前述のNNCを用いて通常のX線画像のみから骨画像や軟部組織画像を作成できるvirtual dual energyの発表が行われた(PH217-SD-MOA6)。DL関連のほか、radiomics関連の発表も多く見られた。Maoらは、低線量CTで検出された肺小結節の悪性度のradiomics解析を行った(CH228-SD-SUB1)。また、Yamazakiら(CH247-SD-TUB1)やD'Antonoliら(CH250-SD-TUB4)は、肺がん術後予後予測のradiomics解析

を発表した。びまん性肺疾患に関しては、ShiらはHRCTテクスチャ特徴量を用いて初期段階でIPF予後を高い精度で予測した(SSK05-04)。Occhipintiらは、強皮症の間質性肺病変の治療反応評価にCT画像の定量解析が有効であることを示した(SSK05-05)。これらの発表では、従来のテクスチャ特徴量が用いられたが、ParkらはDLを用いて肺結節のradiomics解析を発表した(QRR002)。

企業展示に関しては、今回はNorth HallにMLに関連する企業を集めたブースが設けられた。その中で、Qure.ai社は気管偏位や肺気腫といった、15項目ほどのさまざまな胸部単純X線画像の異常を高い精度で検出して、X線画像上にヒートマップとして表示するシステムを発表した(North-Hall B: 8564)。前回はEnlitic社が胸部単純X線画像における同様の異常検出システムを発表していたが、今回はEnlitic社の展示はなく、Qure.ai社のような非常に多くの新興企業の展示があり、この分野の移り変わりの早さに驚かされた。

(木戸尚治)

■核医学領域のCAD/定量化イメージング分野について

核医学分野のCAD関連技術は幅広く、臨床的な定量化イメージング技術やその評価結果から、アプリケーションの開発や利用報告まで多岐にわたる。なかでも、DLを利用した技術もいくつか見られた。口述発表においては、11月27日(月)

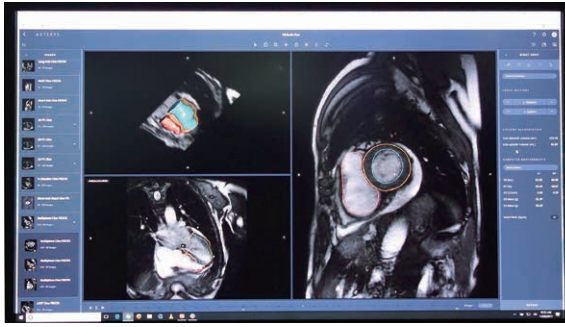


図3 インストール後もクラウドベースで定期的に賢くなる Arterys社の診断支援システム (GE社のブースにて)

の Nuclear Medicine (Neurodegenerative Disease Imaging) (SSE16) セッションが興味深かった。このセッションの最初の演者である Minoshima らは、複数の DL 技術を組み合わせ、複数の読影医の合議判断の方式を実現した、アミロイド PET イメージングによるアルツハイマー型認知症の診断支援システムを報告した (SSE16-01)。この方法は、個別に学習された3つのニューラルネットワーク型識別器を持つ。単一の識別器で行うよりも分類性能は向上し、また、従来の SUV による判別と比較しても、同等かそれ以上の分類性能であると示した。2番目の演者である Trivedi らは、Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) データなどを用いて、認知症の PET 画像の分類について、DL と従来の臨床的な手法の比較を行った結果を報告した (SSE16-2)。軽度認知症に関しては分類精度が低かったものの、アルツハイマー型認知症と正常の分類に関しては、ROC 曲線下面積が 0.78 以上と比較的高精度に分類できたと報告した。

認知症以外には、定量解析に関する発表が見られた。11月29日(水)の Nuclear Medicine (Breast and Gynecologic Imaging) (SSK14) においては、腫瘍の定量評価に関する報告があった。Chen らは、乳がんの診断で着目されている細胞増殖マーカー Ki-67 と p53 遺伝子の量について、腫瘍内の代謝量との相関から解析した結果を報告した (SSK14-04)。また、Intenzo らは、非浸潤性乳管癌の FDG-PET 画像における SUV_{max} と遺伝子発現の関連を報告した (SSK14-05)。さらに、Pinho らは、子宮頸がんの FDG-PET 画像における代

謝の定量化と予後予測の関係について報告した (SSK14-07)。これらはいずれも手動計測に基づく研究成果であるが、計測領域の自動設定や処理の自動化によって、いずれ CAD の対象となりうる内容であり、同時に、自動化手法のエビデンスとなりうる先駆的な研究発表であった。このほか、心臓関連 (SST02) において、Betancur らは CNN を用いた心筋虚血の解析に関する報告を行った (SST02-04)。

ポスター発表においては、定量解析に関する発表が見られた。Park らは、²²³Radium を用いた骨イメージングを前立腺がんの患者に適用し、自動計測された bone scan index の変化を解析した (NM203-SD-SUA4)。Ichikawa らは、^{99m}Tc methylene diphosphonate (以下、MDP) を用いた前立腺がんの骨転移の評価について、病巣の SUV_{max} の変化を解析し、MDP が骨転移の予後予測に有益であると結論づけた (NM207-SD-SUB4)。このほかにも、SPECT/CT における肝臓の機能計測に関する発表があった (NM210-SD-MOA3)。

例年開催される定量イメージング関連の展示は、“Quantitative Imaging Reading Room Showcase”として、Quantitative Imaging Biomarkers Alliance (QIBA) 主催の下開催された。今回は21の展示ブースがあり、核医学分野に限らず定量イメージングに関する各種ソフトウェアのデモンストレーションが行われた。DL に関連する発表は、QRR002, QRR003, QRR013, QRR020 で行われていた。また、radiomics 関連の発表も続いており、定量画像解析が定着した印象である。われわれも、FDG-PET における治療効果

の定量化に関して発表と展示を行った (QRR007)。

このほか、全体の企画において、認知症関連のシンポジウムやコース (MSMI23, RC523, SPSI22) で、臨床に関する話題、ソフトウェアの活用、研究の状況などがまとめられていた。

(原 武史)

* * *

CAD 関連事項としては、ほかには次のような点が印象に残っている。

- ① DL を使わない従来型の CAD に対しては、“伝統的 CAD (traditional CAD)”と呼んでいた研究者がいた。DL の CAD への影響力は計り知れないパワーを持っていると同時に、DL 型 CAD は data driven であるため、勝負は画像データ収集のパワーに依存する要素が大である。まず、1000 症例クラスでシステムを作り上げ、1万症例規模でシステム性能を向上させ、次に10万症例規模で実用化をめざす、という大雑把な印象を持った。そのような大規模の画像データを収集した CAD 開発の試みが、すでに始まっている (もう small data とは言っていられない)。大規模データを有するものだけが勝者の名乗りを上げることになるのか、今後の展開が気になるところである。
- ② 機器展示会場で見たいいくつかの企業が紹介していたシステムの中には、「トリアージ CAD (triage CAD)」型 (緊急に対処の必要がある患者画像を警告する) のものがあり、CAD の新しい序列に加わり始めた。
- ③ 米国ベンチャー企業の Arterys 社の心臓 MR 画像を対象とした世界初のクラウドベースの心疾患診断支援 AI システムは (図3)、2017年1月にすでに FDA 承認を得ているが、販売後、事後学習されたシステムのプログラム更新が、年に5回規模で実施されているとのことである。今後、このような「事後学習機能付きの CAD」がさらに出現するであろう。なお、このような CAD システムの薬機法審査や開発に関するガイドラインづくりは、現在、FDA や本邦の関連する各種委員会でも議論されているところである。