

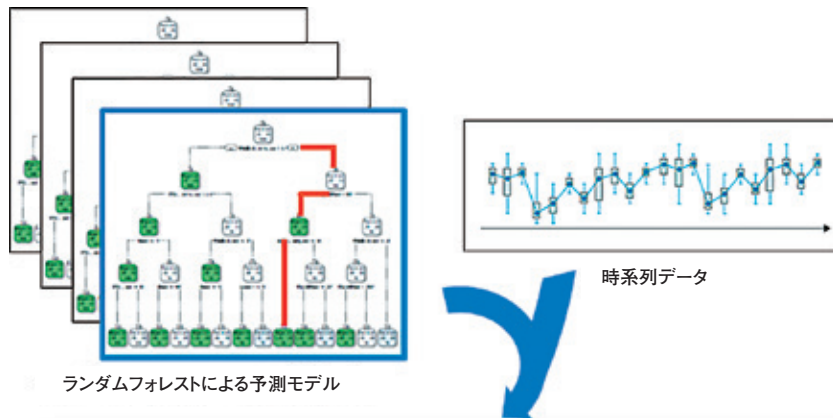


# テクニカルレポート

◆ 新製品・新技術

◆ 技術解説

機械学習を用いた診療イベント予測



診療イベント 予測アラートの表示

## 第76回日本放射線技術学会総会学術大会の開催にあたって



公益社団法人 日本放射線技術学会 第76回日本放射線技術学会総会学術大会  
大会長 奥田 保男

第76回日本放射線技術学会総会学術大会が開催できますことに、JIRA(日本画像医療システム工業会)の会員の皆様にご心より感謝と御礼を申し上げます。

貴誌「JIRAテクニカルレポート」を大会時に頂戴し拝読させていただいておりますが、これは医療現場で我々が利用する前に、皆様が装置、機器、器具に関し十分に研究・調査された汗の流れを記した書であり、この基盤があってこそ我々が安心して利用し、国民ばかりでなく世界中の人々の健康が増進されているのだと感じております。

JRC2020のメインテーマは、英文では“The power of Imaging”、和文では「一寸の光陰」としました。皆さんご存知のように、昨今の社会には情報が溢れ多様化、複雑化してきています。機械学習など革新的な技術や処理などもフレームワークの領域からアプリケーション層へと移行してきているなど、新たなフェーズに移ってきているように感じています。皆様方と共に「一寸の光陰」を軽んじず放射線技術学の研究/医療を突き詰めてゆくことで、診断や治療における医用画像に新たな輝きと力が宿るのではないかと考えます。

さて、本大会が開催される2020年は、我が国においてオリンピックが56年ぶりに開催される年であるとともに、元号が令和になってから初めての大会です。皆さんが将来振り返った時に、「これは2020年のJRCで始まった!!」といくつもの「軌跡」が残る大会にしたいと考えております。

日本放射線技術学会としても「一寸の光陰」を軽んじず、今までに築いてきた礎をもとに新たな一歩をJRC2020から踏み出します。最も大きな変化は、一般発表において英語発表と日本語発表を完全に分離します。英語発表においては、日本医学物理学会との共催による<International Session>を開催し、すべての英語発表について質疑応答も含め利用言語が英語になります。これはJRCがRSNA(Radiological Society of North America)、ECR(European Congress of Radiology)に次ぐ放射線領域の国際大会に向かう大きな新たな1歩になると確信しています。是非、足をお運びいただき国際的な雰囲気のある学術大会を楽しみ盛り上げていただければと思います。

次に、JRC2020におけるトピックスについて少しご紹介させていただきます。2020年4月1日から「医療法施行規則」の一部が改正され、診療用放射線に係る安全管理体制に関する規定が施行されます。これに関連した企画を我々も様々な視点から用意しておりますが、ITEM会場でも多くの企業が関連した機器を展示され昨年よりも更に賑わうのではないのでしょうか。また、JIRAワークショップが「PACS更新における勘所」というテーマで開催され、単にPACSの更新にとどまらずビッグデータや機械学習などを視野に入れた次世代におけるPACSが議論されるものと思います。その他にも将来の放射線技術学を予測し、今後の研究や開発のテーマを見出すような遊び心を少し含んだ甘い果実(企画)を実行委員一同で用意し、皆様をお待ちしておりますので是非味わっていただければ嬉しく思います。

JRCは、JIRAの皆様と研究者(医療従事者)とがさまざまな意見交換を同じ土俵でぶつけ合うことができる年に1度のも場でもあります。皆様と横浜で議論した成果が、横浜の港(JRC2020)から海外へと立ち、世界中で注目されることでしょう。一度きりの人生、自分が主人公の最高の成長物語、人生における輝かしい1点の軌跡を横浜に刻んでいただければと思います。あなたの人生における輝かしい軌跡が作られる一瞬が横浜にきっとあります。それは「奇跡」ではありません。

(国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 情報基盤部部長)

# JIRAテクニカルレポート 2020. Vol.30 No.1 (通巻第58号)

## 目 次

### 巻頭言

第76回日本放射線技術学会総会学術大会の開催にあたって .....	1
公益社団法人 日本放射線技術学会 第76回日本放射線技術学会総会学術大会 大会長 奥田 保男	

### 新製品・新技術

1. Smart BMD AI Assist による骨密度測定 of 効率化 ～深層学習を用いた大腿骨セグメンテーション～ .....	4
株式会社島津製作所 胡 尔重	
2. X線TVシステム用の新画像処理 SCORE™ PRO Advance の開発 .....	6
株式会社島津製作所 平井 十磨	
3. 検診車両用省スペース型胸部撮影台システム TS-V “シンクロリング” .....	8
株式会社三協 金田 茂範	
4. デジタルマンモグラフィ「AMULET Innovality™」のエネルギーサブトラクション機能の開発 .....	10
富士フイルム株式会社 福田 航	
5. AI 開発環境である Edison Platform で開発された 次世代ワークフローを搭載した CT「Revolution Maxima®」 .....	12
GEヘルスケア・ジャパン株式会社 谷川 正敏	
6. 次世代の高分解能イメージングを実現する MR 装置 Vantage Centurian の開発 .....	14
キヤノンメディカルシステムズ株式会社 石原 隆尋	
7. デジタルPET 検出器を搭載したPET-CTスキャナ「Cartesion Prime」の開発 .....	16
キヤノンメディカルシステムズ株式会社 植林 義統	
8. ワイヤレス超音波画像診断装置「iViz air」の開発 .....	18
富士フイルム株式会社 宮地 幸哉	
9. 読影効率向上を追求した 12メガピクセル医用モニタ .....	20
EIZO株式会社 川本 康詔	
10. USB メモリを用いたマンモグラフィ遠隔読影システム .....	22
株式会社クライムメディカルシステムズ 岩本 政俊	

11. 医用画像の超長期保存にむけた記憶媒体 オプティカルディスク・アーカイブ .....	24
ソニービジネスソリューション(株) 千明 悟	
12. 撮像プロトコル選定などの検査サポートにおける新しい支援システム .....	26
シーメンスヘルスケア(株) 齊藤 健介	
13. 人工知能(AI)の技術開発の最新動向と将来の方向性 .....	28
シーメンスヘルスケア(株) 岩田 和浩	
14. Voxel Dosimetry によるセラノスティクス線量表示 .....	30
東洋メディック(株) 黒田 武弘	
15. 軽量化を実現した無鉛放射線遮へいシート「KRYPTOLiTE」の開発 .....	32
Jpi ジャパン(株) 良知 義晃	
16. 「振動容量型」を採用した放射線治療装置用電位計 .....	34
(株)千代田テクノル 松本 和樹	
17. ベンダーニュートラルで豊富な線量解析機能を有する Radimetrics .....	36
バイエル薬品(株) 山内 宏祥	
18. 放射線業務から考える文書管理 ～ 紙文書はなくなるのか? ～ .....	38
(株)ファインデックス 竹本 ひかり	

## 技術解説

機械学習を用いた診療イベント予測 .....	40
キヤノンメディカルシステムズ(株) 杉山 真哉	

## 医療の現場から

『患者に寄り添う最善な医療技術の発達』 .....	46
公益社団法人 日本放射線技術学会 第76回日本放射線技術学会総会学術大会 実行委員長 梁川 範幸	

工業会概要 .....	47
-------------	----

編集後記 .....	50
------------	----

# 1. Smart BMD AI Assist による骨密度測定効率化 ～深層学習を用いた大腿骨セグメンテーション～

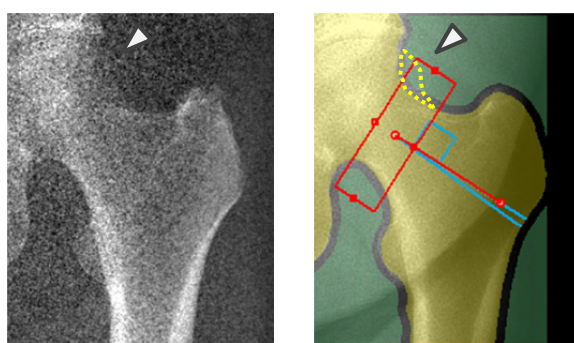
株式会社島津製作所 医用機器事業部 技術部  
胡 尔重 中矢 知宏

## 【背景】

骨粗鬆症の診断には、DXA法(二重エネルギーエックス線吸収測定法)による腰椎・大腿骨近位部を含む両部位の骨密度測定が診療ガイドライン<sup>1)</sup>で推奨されており、臨床上的有用性が認められている。当社では、より簡便に、精度よく骨密度を測定することを目指し、2014年11月にX線テレビシステムSONIALVISION™ G4に搭載する骨密度測定アプリケーションSmart BMDを開発した。Smart BMDは、骨領域の自動セグメンテーション結果を基に対象領域にて骨密度測定を実施する。経過観察における再現性を向上させるためには、正確な骨領域のセグメンテーションが重要となる。しかし、従来の画像処理では正確な自動抽出が困難な領域では、ユーザの手動修正による骨領域の再設定が必要となり、測定に時間がかかる場合があった。今回、この課題の解決を図るため、Smart BMDによる骨密度検査の効率化や省力化を目指して、大腿骨の骨画像を対象に深層学習を用いた大腿骨セグメンテーション Smart BMD AI Assistを開発した。

## 【特長】

Smart BMDによる骨密度検査では、高管電圧および低管電圧X線画像を撮影・取得し、デュアルエネルギーサブトラクション法によって骨画像を生成する。その後、骨領域の自動セグメンテーション結果を基に対象領域の骨密度測定を実施する。前述のとおり、正確な骨領域のセグメンテーションが重要となるが、大腿骨の骨領域の自動セグメンテーションにおける従来の画像処理では、図1に示す骨頭上部のように、骨画像上で著しく薄い領域の抽出が困難なケースがある。この場合、ユーザの手動編集による骨領域の修正が必要となり、解析作業に時間を要する。



左：骨画像、右：セグメンテーション結果

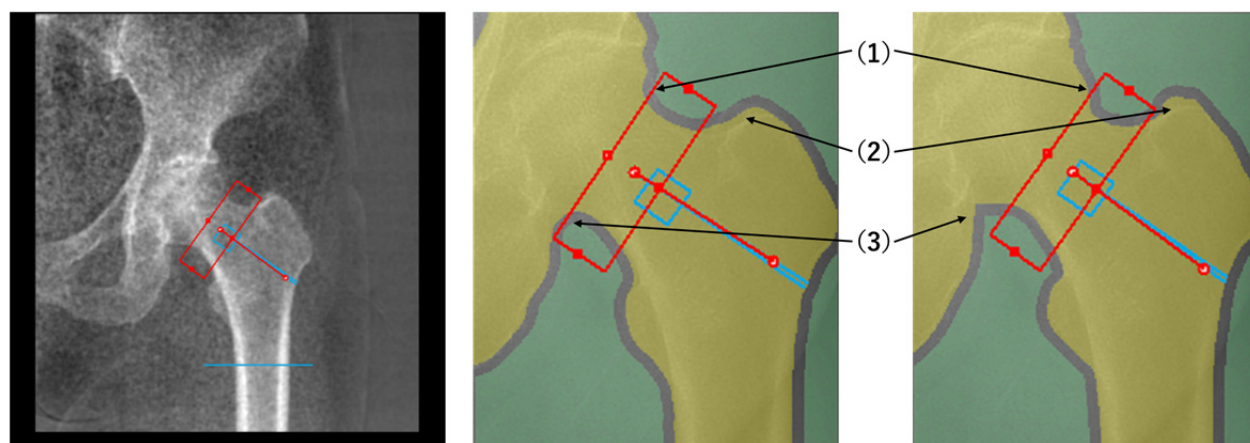
図1 従来画像処理による大腿骨セグメンテーション

Smart BMD AI Assistは、従来の画像処理手法を凌ぐ高精度な骨領域の抽出を実現する、深層学習を用いた大腿骨セグメンテーションを採用した<sup>2)</sup>。被検者の骨密度、体厚、ポジショニングなどの変動がセグメンテーションの精度を低下させる要因になるため、深層学習モデルを構築する際に、学習用大腿骨の骨画像に対してコントラスト調整、ノイズ付加、射影変換などのバリエーション拡充を施している。また、臨床上

で稀にある大腿骨の変形、金属を含む異物の混入、小児の被検者など稀な症例への対策として、深層学習を用いたセグメンテーションと従来画像処理によるセグメンテーションのどちらも選択可能として、より信頼できる初期値を提供することを図っている。

Smart BMD AI Assistの評価では、幅広い骨密度分布(約 0.40~1.36g/cm<sup>2</sup>)にわたる 100 枚の評価用画像を利用して、正解画像と比較して平均 IoU(Intersection over Union)=96.5%との高いセグメンテーション精度を達成することを確認した。また、IoUの標準偏差も小さく、高精度かつ変動が少ない結果が得られていることも併せて確認できた。図2に示すとおり、従来画像処理によるセグメンテーションと Smart BMD AI Assistによるセグメンテーションは、黄色領域が骨領域を表し、緑色領域がベースラインである。両手法を比較すると、大腿骨骨幹部のセグメンテーション精度が同程度である一方、Smart BMD AI Assistでは、以下の改善点を確認することができた。

- (1)骨領域が比較的不明瞭な骨頭部外側にて、Smart BMD AI Assistによる出力結果では、従来抽出が困難であった部分が輪郭に沿って自然な曲線で描画される。
- (2)大転子の上側が正しく描出される。
- (3)坐骨と骨頭内側のスペースでのセグメンテーション精度が高く、従来画像処理で起こる過検出が抑制される。



(a)入力画像(骨画像)

(b)従来画像処理(左)と Smart BMD AI Assist(右)

図2 セグメンテーション結果例

### 【まとめ】

骨密度測定アプリケーション Smart BMD による骨密度検査の効率化と省力化を目指し、深層学習を用いた大腿骨セグメンテーション Smart BMD AI Assistを開発した。本製品は、より高精度な大腿骨セグメンテーション結果を提供することで、骨密度検査全体の作業量削減や時間短縮を図る。

### 【参考文献】

- 1) 折茂肇ほか: 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015年版, 2, 26 (2015)
- 2) 押川翔太ほか: 深層学習を用いた骨密度測定時のX線画像における大腿骨セグメンテーション, 第38回日本医用画像工学会大会, OP1-12 (2019)

## 2. X線TVシステム用の新画像処理 SCORE™ PRO Advance の開発

(株)島津製作所 医用機器事業部 技術部

平井 十磨

### 【はじめに】

当社では、血管撮影システム用の画像処理技術「SCORE PRO Advance(以下、SPA)」を改良し、X線TVシステム「SONIALVISION™ G4」に搭載することで、多様な検査において、リアルタイム画像処理による低線量透視像の高画質化を実現したので紹介する。

### 【背景】

X線TVシステムでは血管造影検査に限らず、内視鏡検査、消化管造影検査、嚥下造影検査、泌尿器検査、整形外科領域、一般撮影など多種多様な検査を実施する。そのため、検査毎に視野サイズや術者が操作するデバイスの速度、視認すべき部位が大きく異なる。透視検査の高度化が進むことにより、検査の長時間化や治療デバイスの低侵襲化によるX線像での視認性低下のため、低被ばく化、高画質化への要求が高まっている。

一方で、透視像において広く使用されるリカーシブフィルタは過去と現在の透視像を足し合わせることで、低いX線量でも低ノイズの画像を得られる。しかし、被写体の動きの影響を受けやすく、検査に使用するデバイス(カテーテルや穿刺針など)や造影剤でコントラストを付けている患部の残像やボケの発生につながる。これは被ばく線量の低減のためにフレームレートを小さくするほどフレーム間の被写体の動きが大きくなるため顕著になる。

### 【方法】

#### 1. モーショントラッキングノイズリダクション

SPAでは、従来のリカーシブフィルタによるノイズ低減処理を発展させた「モーショントラッキングノイズリダクション」技術により、発生する残像を大幅に低減した。これは一連の透視下における異なるフレーム下において、被写体の動きを正確に識別することにより、対象物の移動に追従した領域でリカーシブフィルタ処理を行うものである。この技術を採用することにより、X線TVシステム特有の治療デバイスが骨や横隔膜などの構造物と重なる場合や、少ない造影剤量や低線量化での画像、大視野透視のような注目部位が広く、動作が早い場合などに適応した。

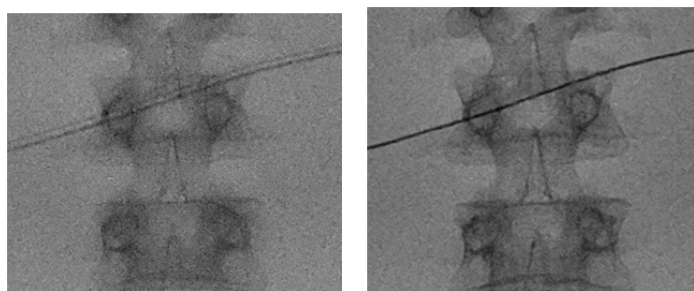
#### 2. オブジェクト抽出型エッジ強調処理

「オブジェクト抽出型エッジ強調処理」では、「モーショントラッキングノイズリダクション」により得られた画像からX線システムで視認すべき対象物の線構造を選択的に抽出し、エッジ強調処理を行う。その結果、低残像、低ノイズを維持しつつ対象物の高い視認性を得ることができる。

### 【評価】

腰椎ファントムおよび上下動するガイドワイヤを撮影した場合の画像例を図1に示す。従来画像処理画像(左)では、リカーシブフィルタによるガイドワイヤの残像が見えるが、SPA画像(右)では残像が消え、明瞭に視認可能である。残像影響を算出した結果を図2に示す。静止したガイドワイヤのコントラストを1とし、ある領域Aのコントラスト比を測定した。領域A内にガイドワイヤが存在するフレーム(f)、同領域の次フレーム(f+1)、次々フレーム(f+2)のコントラスト比を測定した結果、SPAの場合は 0.97、0.01、0.01 と残像による影響は確

認められない。一方、従来画像処理の場合は0.49、0.29、0.23と残像の影響が確認された。また、ガイドワイヤが存在するフレーム(f)の数値は SPAの方が高く、静止状態のガイドワイヤと同等のコントラストを実現し、動きボケの改善による画質の向上が確認された。



従来画像処理(左)、SPA(右)  
図1 腰椎ファントム+ガイドワイヤ評価画像

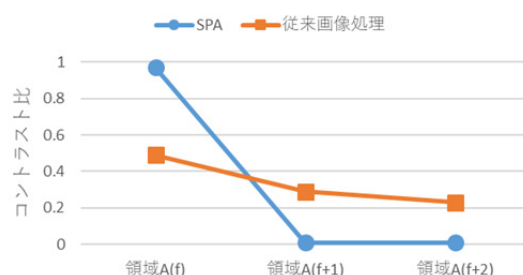
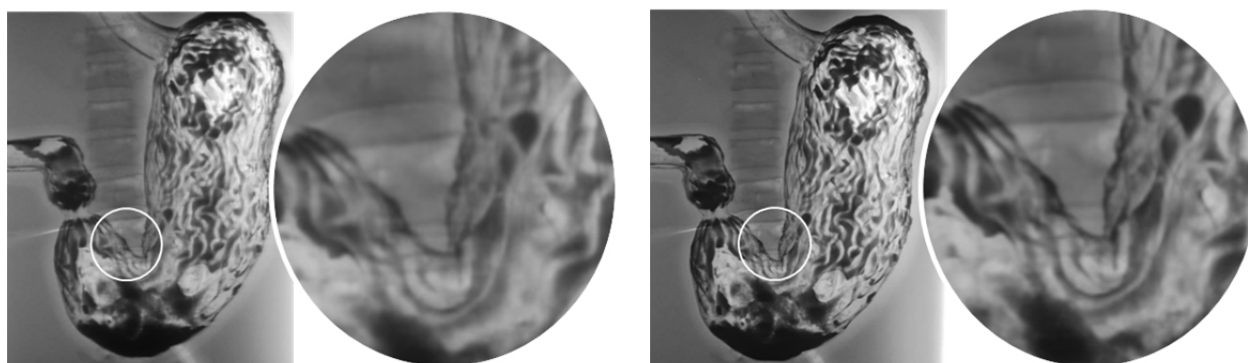


図2 残像特性

胃造影画像を模擬したマーゲンファントムへの適用例を図3に示す。胃造影検査中の動きを模擬するため、透視検査中にファントムを画像上右から左へ一定の速度で動かしながら撮影した。従来画像(左)と比較し、SPA画像(右)は胃の辺縁や粘膜ひだの走行のボケが少なく、良好なコントラストのため明瞭に観察できる。



従来画像処理(左)、SPA(右)  
図3 マーゲンファントム+移動評価画像

### 【低被ばく化への取り組み】

SPAによる画質向上の結果、X線量を65%減らしても従来画像処理と同等の画質を取得することができる。さらに、残像の発生が大幅に抑えられているため、低パルスレートでの視認性が向上している。被写体の動きの程度に合わせてパルスレートを下げる(15→7.5→3.75fps)ことにより、従来比 65%→82%→91%とさらなる被ばく線量の低減が可能である。

### 【おわりに】

本稿では、X線TVシステム用に新たに搭載した画像処理「SCORE PRO Advance」について紹介し、「モーショントラッキング型ノイズリダクション」、「オブジェクト抽出型エッジ強調処理」についてその有用性を確認した。画質向上はパルスレートの低減を可能とし、従来比で最大91%の大幅な被ばく低減が可能となる。本稿で掲載されている画像は全て当社内での人体ファントムを用いた評価画像である。



### 3 検診車両用省スペース型胸部撮影台システム TS-V“シンクロリンク”

(株)三協 経営企画本部

金田 茂範

#### 【はじめに】

現在、肺がん、結核、肺炎その他疾患を早期に発見し診断する手段として、X線胸部撮影を利用した検診が簡便、短時間、低コストな

ため一般的に行われている。特に、バス型の検診車両を利用した検診は、被検者の移動の手間と時間を省き、効率的に多人数を検査することができる。当社では、40年以上に渡って検診車両用胸部撮影台システムに携わり、フィルム撮影が主だった時代より、現在のFPD(フラットパネルディテクタ)の時代まで3000台を超える台数を出荷してきた。

このたび、当社ではこれまでの経験を基に従来型製品に改良を加え、検診車両用省スペース型胸部撮影台システム TS-V“シンクロリンク”を新規に開発したので、ここに紹介する(図1)。

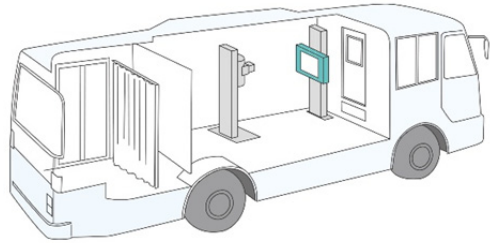


図1 シンクロリンク外観

#### 【特長】

##### 1. 正確な追従・連動で、より精度の高い撮影を実現

高性能モーター制御システムの採用により、X線管と受像部がスムーズかつタイムラグを最小にした状態で上下連動し、細やかな位置調整を可能にした。また、X線管側・受像部側装置の一体設計により部品点数を削減し、製品の安定性の向上とともにメンテナンス性も向上した。

##### 2. フラット・スリム・軽量設計で、空間を有効活用

システム全体で当社従来製品と比較して約25%の軽量化を実現した。全体的に小型化したことにより、

車載使用において機器のレイアウトの自由度が向上した。一般的な検診バスはもとより、より小型のマイクロバスサイズの車両にも設置が容易なコンパクト設計となっている。

##### 3. インサイド・ケーブル方式

従来、外部に配線していた FPD ケーブル・フォトタイマーケーブルを本体に内蔵し、受像部背面より直接的な接続を可能とした。これにより、外観をシンプルにまとめ、配線処理の手間を解消した。また、ケーブルと人体や機器との干渉も未然に防止することができる(図2)。

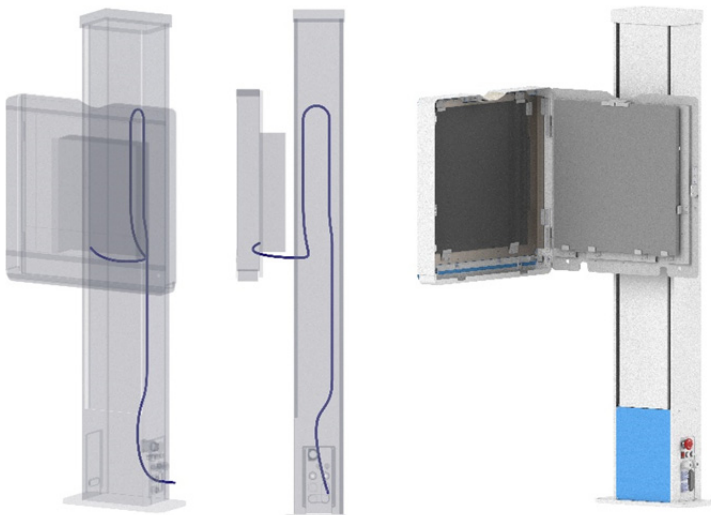


図2 インサイドケーブル方式

図3 受像部フロントオープン

#### 4. 受像部のフロントオープン

受像部全面が前に開く構造を採用し、せまい撮影室内でも FPDの着脱が容易に行える(図3)。

#### 5. ロングストロークを実現

上下ストロークを 850 mmとし(高さ 600 mmより 1450mmまで)、身長異なる多様な被検者に対応が可能である。また、車両走行時や待機時にも任意の位置でしっかり留まり、追加のロック操作の必要のない設計となっている(図4)。

#### 6. あご受部に抗菌素材を使用

被検者の皮膚が直接接触するあご受部に抗菌樹脂素材を使用し、衛生面の向上を図っている。また、あご受部素材は必要に応じて交換可能な構造となっている(図5)。

#### 7. 安全機構

下降時に障害物に触れると自動停止する安全スイッチを受像部下部に内蔵し、人体や機器の不用意な干渉などを防止できる。

#### 8. 音声発生器ナイスコール設置スペース

音声発生器ナイスコール(オプション)を被検者により見やすい位置で設置できる(図6)。

#### 9. 4色カラーバリエーション

検診車両全体のデザインやイメージに合わせて、ブラック・ブルー・イエロー・グリーンの4色から、カラーを選択可能である(図7)。

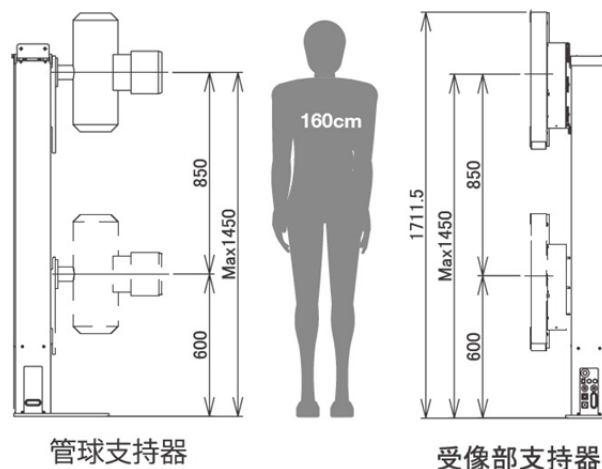


図4 撮影可動範囲



図5 あご受部(抗菌素材使用)



図6 ナイスコール  
設置スペース

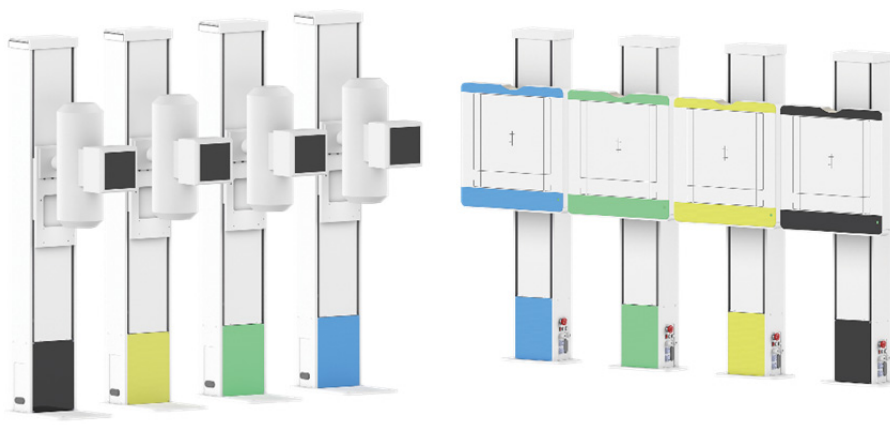


図7 カラーバリエーション(4色)

#### 【おわりに】

当社では、X線撮影現場における被検者の安全性を最も重要なものと位置づけ製品の開発を行っている。また併せて、撮影者の操作性の高い効率的な撮影を実現するための研究・開発にも注力している。特に、検診車両用撮影装置は、当社が最も得意としている分野の一つである。今後も性能・品質・安全の向上を目指して製品の改善に努めてゆく。

## 4. デジタルマンモグラフィ「AMULET Innovality™」の エネルギーサブトラクション機能の開発

富士フイルム(株) R&D 統括本部 画像技術センター  
福田 航

### 【はじめに】

エネルギーサブトラクションとは、一度の圧迫で、通常のマンモグラフィ撮影に近い低管電圧(低エネルギー)と、高管電圧(高エネルギー)の連続撮影で得られた画像から差分画像を自動生成する機能である。この差分画像は特定の組織を強調した画像を構成する。

当社は乳房用X線撮影装置「AMULET Innovality」(販売名：デジタル式乳房用X線診断装置 FDR MS-3500、認証番号：224ABBZX00182000)にエネルギーサブトラクションを実現するためのオプション「CEDM 機能(Contrast Enhanced Digital Mammography)」を搭載した。本稿では、エネルギーサブトラクション機能の特長と画像に発生するアーチファクトの抑制技術を紹介する。



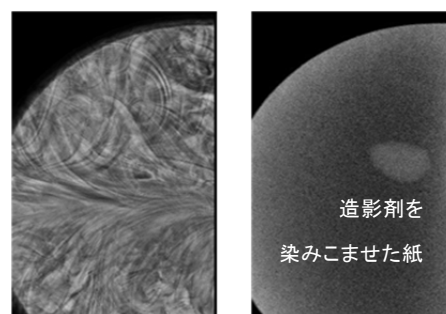
図1 デジタル式乳房用診断装置「AMULET Innovality」外観

### 【本機能の特長】

X線マンモグラフィ撮影は乳がん検診や精密検査で最も広く使用されている撮影手技である。マンモグラフィ撮影は高い空間解像度を持ち、検査が比較的簡便な特長がある。しかし、立体的な乳房を平面に投影するため、正常な乳腺構造と病変構造が重なった場合に病変構造が見えづらくなる問題がある。

乳房のエネルギーサブトラクションでは、異なるエネルギーで撮影した2枚の画像から、乳房組織のX線吸収特性差を利用した演算により、特定の組織を強調した画像をつることができる。

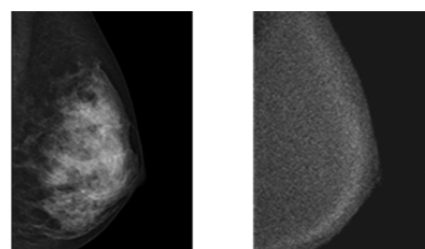
図2は乳房の組成を模擬した物質が混合されたファントムに造影剤を染み込ませた紙をおいて撮影した画像である。通常の低エネルギー画像(a)では乳腺を模擬した構造に造影剤を染み込ませた紙が埋もれ視認しづらいが、差分画像では明瞭に描出されている。



(a)低エネルギー画像 (b)差分画像  
図2 ファントム画像の撮影

### 【本機能の問題】

エネルギーサブトラクションは特定の組織を強調できるが、高エネルギー画像と低エネルギー画像を単純に差分すると、図3(b)に示すように、スキンラインに沿って白帯状のアーチファクトが発生することがある。この白帯状のアーチファクトは乳房の形状や厚みによって発生の仕方が異なり、エネルギーサブトラクションで強調した組織との区別がしづらくなる。



(a)低エネルギー画像 (b)差分画像  
図3 画像に発生するアーチファクト

### 【アーチファクトの抑制技術】

X線管から照射されたX線はエネルギー幅を持っているが、低エネルギーのX線は物体に吸収されやすい性質を持つため、物体を透過する過程でX線が相対的に高エネルギー化する線質硬化が発生する。線質硬化により透過物の厚みに依存してX線エネルギーが変化するため、結果として物質の吸収係数が変化するかのような挙動を示す。このことにより、特定の組織の強調ができなくなることがある。また、被写体を透過する際に散乱線が発生すると、画像にムラが生じて濃淡が付き、アーチファクトが発生する要因になる。

これらの影響を排除するために、低エネルギーと高エネルギーで撮影された画像を解析し、被写体に応じて線質硬化と散乱線を補正する技術を開発した。被写体や撮影条件によって組成吸収係数を適切に補正し、散乱線で発生するムラなどの影響を排除することで、エネルギーサブトラクション時に発生するアーチファクトを抑制している。

### 【臨床画像への適用】

図4に当社装置で撮影された実際の症例画像を提示する。画像は当社と共同研究を実施している施設でヨード系造影剤を注入してエネルギーサブトラクション撮影された画像である<sup>1)</sup>。通常の低エネルギー画像(a)では正常な乳腺構造と腫瘍が重なるため検出が困難な症例である。単純な差分処理により作成した画像(b)では、MRI画像(d)と比較して病変が淡くなっているものの、同じ位置に病変を特定できる。アーチファクトを抑制した差分画像(c)では、病変部分がより視認しやすくなっている。

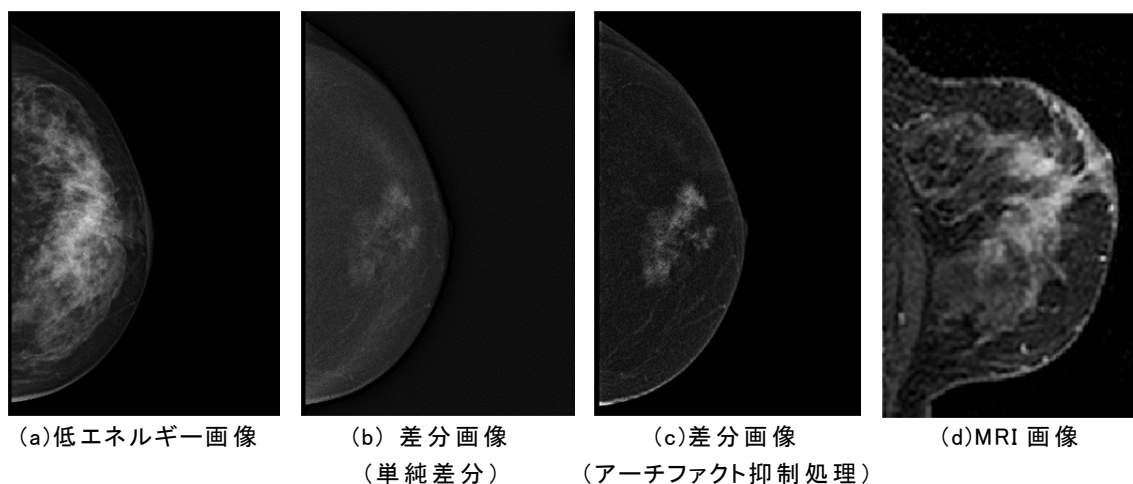


図4 エネルギーサブトラクションの臨床画像

### 【まとめ】

画像に発生するアーチファクトを抑制するエネルギーサブトラクション機能を開発した。本機能を搭載した「AMULET Innovality」が、乳がん検査の一助になることを期待する。

### 【参考文献】

- 1) 結縁幸子、「エネルギーサブトラクション機能を使用した造影マンモグラフィの臨床への可能性」、第6回造影マンモグラフィ研究会、2019

## 5. AI 開発環境である Edison Platform で開発された 次世代ワークフローを搭載した CT「Revolution Maxima®」

GE ヘルスケア・ジャパン(株) CT 営業推進部  
谷川 正敏

### 【はじめに】

CT検査は被検者ごとに異なる体格や検査内容等、多くのニーズに応える必要がある。また医療現場では、これらの検査を短時間に、正確に、かつ被検者への負担を最小限に抑えることが求められている。

安全であり、低被ばくである検査に加え、操作者の専門や経験等を問わず、非常に再現性の高いCT検査の実現が求められている。Deep Learning 技術を搭載した DLカメラにより、被検者それぞれに最適なポジショニングを行うことが可能になる最新技術 Edison ワークフローの紹介をする。



図1 装置外観

### 【特長】

当社の、AI開発環境である Edison Platform で開発されたハード・ソフトウェアを共に活用した Edison ワークフローを提供する Revolution Maxima は、最新のフルデジタル検出器等のハードウェア・逐次近似画像再構成法 ASiR-V等のアルゴリズムやソフトウェアを数多く採用し、医療を取り巻く環境が変化し続けている中でもユーザのニーズに応え続けられることをコンセプトに開発された。

### 1. Deep Learning 技術を駆使した次世代ワークフロー

CT検査で世界的にも課題となっている検査工程の一連の煩雑な流れを大きく改善し、被検者には安全で高品質な検査を提供することが可能になった。装置のガントリー前面には安全面を考慮し固定されたタッチパネルでの操作、また人工知能技術の一つである Deep Learningを用いた DLカメラによる被検者のポジショニングを自動で実施する Edison ワークフローを業界でも一早く取り入れた。

CT検査時に最も低被ばくで高画質な画像を得ることが可能な被検者のポジショニングは、撮影範囲および体厚のアイソセンタに検査基準点を揃えることが求められる。胸部CT検査時には被検者のポジショニングが実際にアイソセンタから 95%の頻度でズレが発生していると報告されている<sup>1)</sup>。当社が開発した Edison ワークフローは Deep Learning技術を活用し、被検者一人一人に最適なポジショニングを自動で計画しオペレータの最終確認のもと、最も効果的な CT検査を実現するように設計されている。

自動ポジショニング機能は DLカメラによって実現されている。人工知能技術により図2に示す被検者のアノミカルリファレンスを自動的に認識する(図2:自動認識可能なアノミカルリファレンス)。また被検者の深さ(深度)をリアルタイム認識できる特長を持ち、オートセンタリング機能を実現する。これによりオペレータの熟練度に依存しない、常に一定したノイズインデックスの画像を得られる可能性が高い。さらにDLカメラにより、被検者のテーブル上での方向(head/feet first, prone/supine, left/right side)と選択されたプロトコールとの方向とのミスマッチ判定が可能であり方向による撮影間違い等を低減できる可能性が高い。

## 2. 逐次近似画像再構成法 ASiR-V

画像ノイズ低減と密度分解能を向上させる当社独自に機械学習をしたMBIR相当の次世代画像再構成技術 ASiR-Vを用いることにより、従来比最大 82%の被ばく低減、135%の低コントラスト分解能向上、91%のノイズ低減、さらには 2.07倍の空間分解能向上を達成し、アーチファクトの低減も実現(当社比)。また、こちらは10段階の設定ができ、画質と被ばく低減を最適にマッチングさせることが可能である。

## 3. フルデジタル検出器

フルデジタル検出器技術を使用したClarity検出器と DAS(Data Acquisition System)により、電気ノイズ 44%低減、発熱量 90%低減、散乱線量 25%低減を実現(当社比)した。また CTでのルーチンから応用検査において基幹となるハードウェアに最新技術を搭載し高速かつ低線量高画質を実現する。

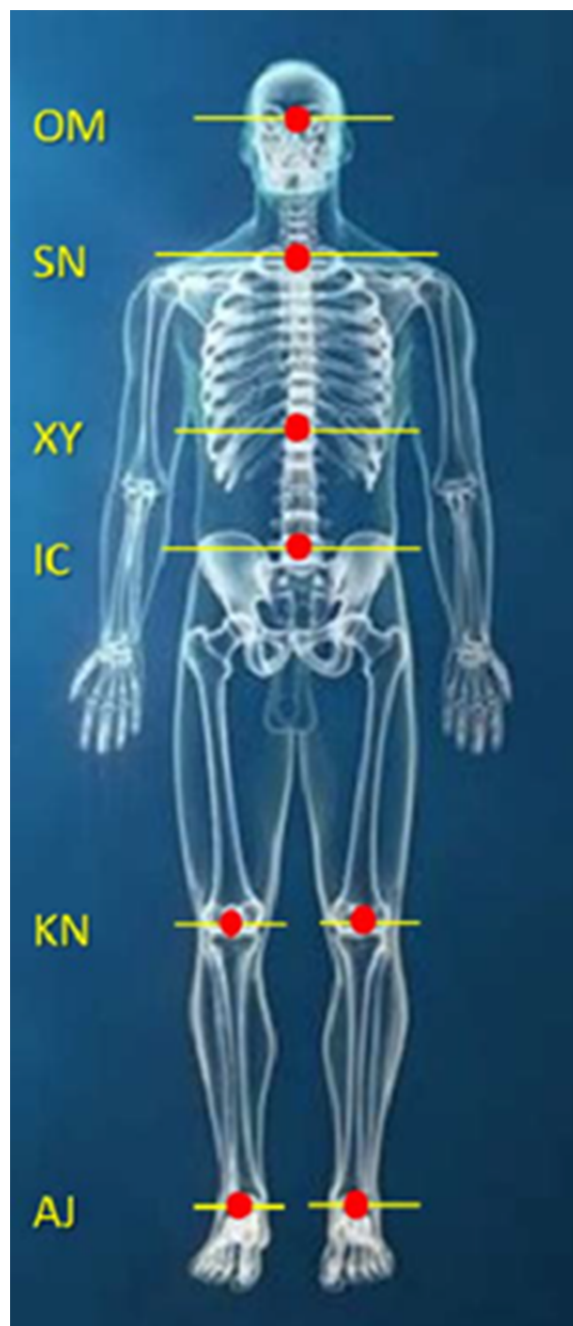


図2 自動認識可能なアノミカルリファレンス

### 【おわりに】

CT検査を受ける被検者それぞれに最適なポジショニングを行うことが可能になるDeep Learningを搭載した最新技術「Edisonワークフロー」は安全で、低被ばくである検査に加え、操作者の専門や経験等を問わず、非常に再現性の高いCT検査を実施できる。

当社は、今後も医療課題の解決に取り組むヘルスケアカンパニーとして、多様化している医療現場のニーズに応え続けプレジジョン・ヘルスの実現に貢献していく所存である。

### 【参考文献】

- 1) Li J, Udayasankar UK, Toth TL, et al. Automatic patient centering for MDCT: effect on radiation dose. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188:547-552.

## 6. 次世代の高分解能イメージングを実現するMR装置 Vantage Centurian の開発

キヤノンメディカルシステムズ(株) MRI 開発部  
石原 隆尋

### 【はじめに】

近年、高分解能イメージングは次世代の画像診断としてCT装置や超音波診断装置などの様々なモダリティでチャレンジされている。MR装置も同様であり、高分解能イメージングを実現するために、最大傾斜磁場強度(以下、Gmax)を高めることが必要とされている。

多くの3テスラMR装置のGmaxは45mT/m前後、研究に使用される装置でも80mT/m程度である。より高いGmaxを実現するには、投入エネルギーの増加が避けられず、その結果、

- (1) 発熱量上昇に伴う、周波数シフトによる画質劣化、
- (2) 漏れ磁場の増大で発生する渦電流による画質劣化、
- (3) ローレンツ力による振動、騒音の増大、など多くの課題が発生する。

今回、それぞれの課題に対して技術開発を行い、Gmax 100mT/mを達成した3テスラMR装置Vantage Centurian(図1)を開発したので報告する。



図1 3テスラMR装置 Vantage Centurian 外観

### 【特長】

#### 1. 新たに開発した傾斜磁場コイル

それぞれの課題を解決するため、傾斜磁場を発生させるアンテナ部分にあたる傾斜磁場コイルの設計を大きく見直した(図2)。課題に対する解決法と結果を以下に示す。

##### (1) 発熱量上昇に伴う、周波数シフトによる画質劣化の解決

エネルギー効率を上げて発熱量を減らすため、傾斜磁場コイル銅線の層順、層間距離の最適化を行い、電流感度を向上させた。さらに、発熱源であるコイル銅線を中空構造にし、直接冷却水を流すことで、冷却効率を高めた(図3)。これにより、発熱量は従来に比べ55%低減し、熱により発生していた周波数シフトも60%低減した。

##### (2) 漏れ磁場の増大で発生する渦電流による画質劣化の解決

(1)の検討と並行して、渦電流に対しても最適になるようにコイル銅線の層順、層間距離を設計した。具体的には、メインコイルとシールドコイルの距離を確保した。これにより、渦電流は従来に比べ60%低減した。

##### (3) ローレンツ力による振動、騒音の増大の解決

振動、騒音低減には当社独自の静音化機構Pianissimoを本装置専用に設計し、搭載した。さらに防振材を効果的に追加、配置した結果、振動振幅を従来装置に比べ75%低減し、騒音も従来装置と同等の最大99%の低減を実現した。

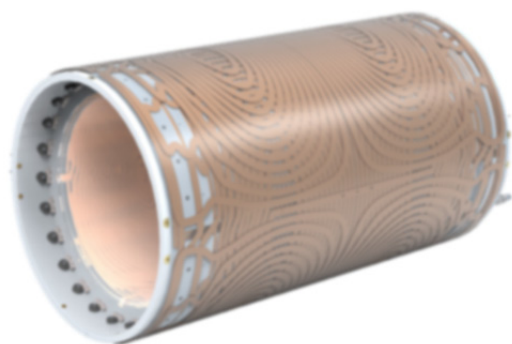


図2 新たに開発した傾斜磁場コイル

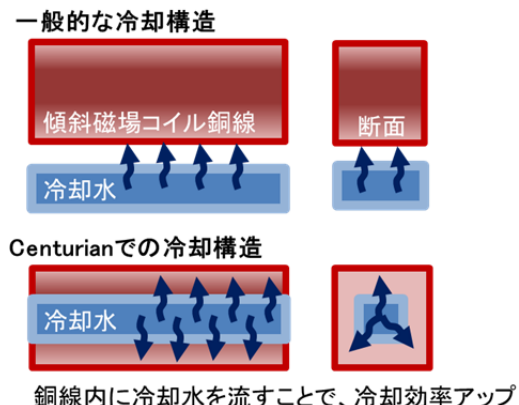
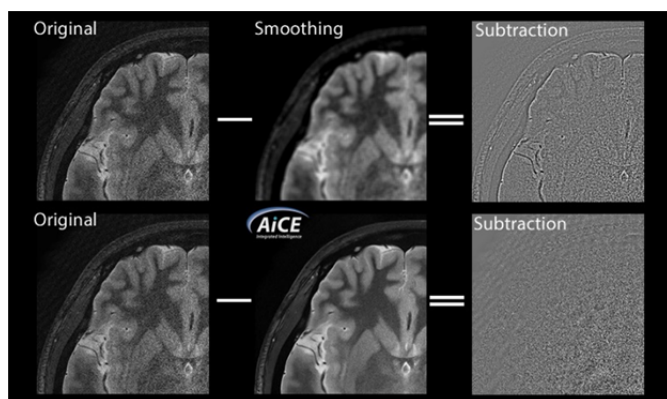


図3 中空銅線による直接冷却

## 2. Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE)

高分解能に撮像するだけでは高分解能イメージングは実現できない。最も大きな課題が高分解能化に伴う Signal-to-Noise Ratio (SNR) の低下である。当社はこの課題を、AiCE を開発することで解決した。AiCE は、Deep Learning 技術を用いることで大幅なノイズ低減効果を得た画像再構成技術である。ノイズの多い画像と、ノイズの少ない画像との関係性をあらかじめモデル化しておくことで、新たに得られた画像から構造を残したままノイズ成分を選択的に除去できる<sup>1)</sup>。一般的な平滑化フィルタの場合、処理前後で構造に変化があるため、処理前後の差分画像に構造が現れる。一方、AiCE 処理前後の差分画像には構造が現れないことから、AiCE 処理では元の構造を残したままノイズ低減できていることが確認できる(図4)。

これにより、例えば 1024×1024 マトリクス、3mm スライス分解能のプロトン密度強調像において、10 回加算相当の SNR 改善を可能とした(図5)。



上段：一般的な平滑化フィルタ 下段：AiCE

図4 AiCE が構造を残すことを示す差分画像

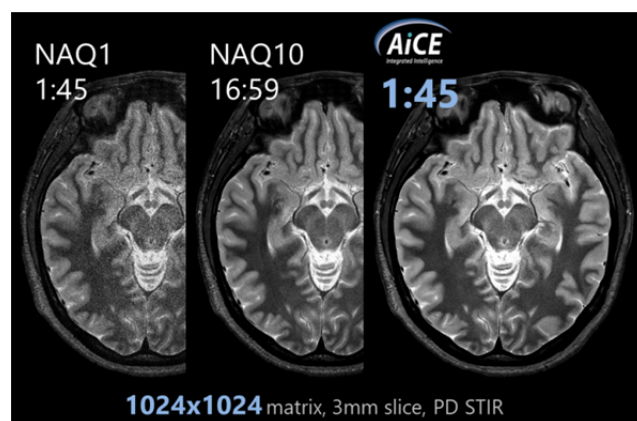


図5 高分解能と高 SNR の両立

### 【まとめ】

Gmax 100mT/mの達成は、高分解能イメージングにとどまらず、拡散強調像の画質向上にもつながる。Vantage Centurianは、拡散強調像の画質を向上し、次世代の高分解能イメージングを実現するMR装置となった。

### 【参考文献】

- 1) Kidoh M, Shinoda K, Kitajima M, et al. Magn Reson Med Sci. 2019 Sep 4. doi: 10.2463/mrms.mp.2019-0018. [Epub ahead of print]



## 7. デジタルPET検出器を搭載したPET-CTスキャナ「Cartesion Prime」の開発

キヤノンメディカルシステムズ(株) CT 事業部  
植林 義統

### 【はじめに】

核医学検査として、PET-CT装置は 18-F 製剤に代表される全身腫瘍検索から、心臓・脳など特定部位の検査まで広く適用されている。近年、PET-CT装置の技術革新として従来のアナログPET検出器(Photomultiplier(PMT)検出器)に代わりデジタルPET検出器(Silicon Photomultiplier(SiPM)検出器)を搭載したPET-CTシステムが登場し、画質の向上・検査時間の短縮等が図られるようになった。今回、高感度・高時間分解能のデジタルPET検出器を搭載した次世代PET-CTシステム「Cartesion Prime」(図1)を開発したので報告する。



図1 Cartesion Prime システム外観

### 【特長】

#### 1. 高画質・低被ばくが可能なデジタルPET検出器(SiPM検出器)

従来アナログPET検出器(PMT検出器)では、PMT形状に由来する円形検出器を配置するため、全シンチレータに対する面積カバー率が低くなってしまいう問題があった。一方、デジタルPET検出器(SiPM検出器)では、四角いSiPM検出器素子を配置するため全シンチレータを100%カバーし、発光を逃すことなくカウント(検出)することができる。また、1チャンネルのシンチレータとSiPM検出器素子が1:1で配置されており、シンチレータの発光をダイレクトに検出器で受け止めることができる(図2)。そのため従来用いられている位置重み計算処理を省くことができ、従来よりもボケが少ない鮮鋭度の高い画質が得られる。本システムでは、これらのデジタルPET検出器(SiPM検出器)を体軸方向に複数個並べ5リングを形成し、1ベットあたりの収集できる長さ(体軸方向視野)270mmを実現した。なお、通常これらの検出器を冷却するためには水冷方式が使われてきたが、本システムではCTシステム開発で培った空冷技術を応用し実装した。これによりチラー等の付帯設備を不要としている。

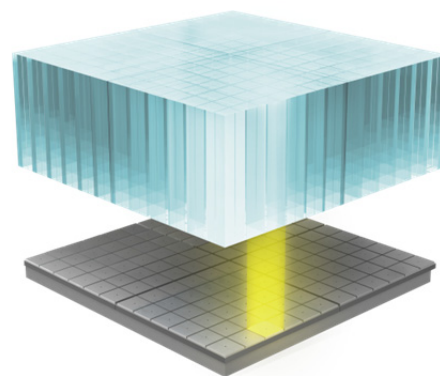
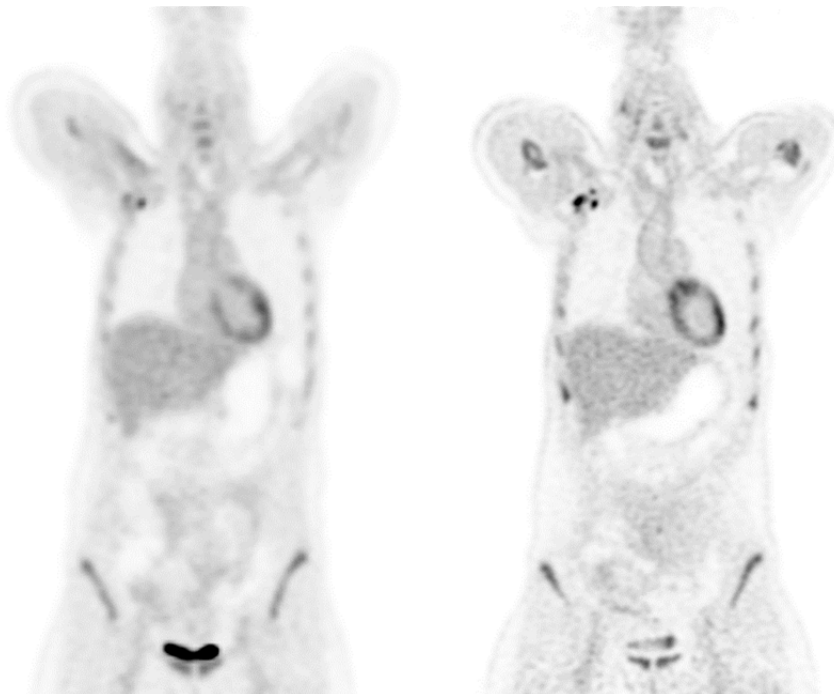


図2 デジタルPET検出器(SiPM検出器)  
(上段:シンチレータ、下段:SiPM検出器素子)

これらの特長により、Time-of-Flight(TOF)時間分解能は、280ps以下(NEMA NU-2 2012)の高い時間分解能を実現し、実効感度は62cps/kBq(被写体直径20cm)以上を有する。このワイドカバレッジの高感度・高時間分解能検出器のため、従来に比べ、短時間での収集や、低投与量での画質の向上も期待できるPET-CTシステムである。

図3は、従来のアナログ PET検出器(PMT検出器)とデジタル PET 検出器(SiPM検出器)の画質を比較した臨床データである。デジタル PET検出器(SiPM検出器)では従来に比べ臓器辺縁の描出能に優れていることがわかる。さらに PSF(Point Spread Function)補正や CaLM(Clear Adaptive Low-noise Method)も併用することで、さらなる画質改善も期待できる。



Steinberg Diagnostic Medical Imaging Center. USA

図3 左 :アナログ PET検出器(PMT検出器)、右 : デジタル PET検出器(SiPM検出器)

## 2. 被検者・医療従事者に安心・安全な検査環境を提供するシステム

PET-CT装置はCT検査と比べ被検者が装置環境にさらされる時間が長い傾向にある。そのため、被検者により快適な検査を提供できるシステムが求められている。本装置では、架台の開口径はCT部とPET部共に 78cm、天板幅は47cmを備えており、被検者に安心して検査を受けて頂ける快適性を有している。さらに散乱線の影響も考慮し CT検出器(0.5mm×80列)とPET検出器(270mm幅)を極力近づけることで、架台トンネル部の長さは104cmと従来より短くした。加えてCT部も、AIDR 3D(Adaptive Iterative Dose Reduction 3D)などの被ばく低減技術を搭載しており、CTの被ばくにも配慮した設計としている。

また、検査数の増加とともに検査に付き添う医療従事者の被ばくも増加する可能性もあり、医療従事者にも安全性が求められている。その解決のため、本装置はPET-CTシステムとしては業界初の寝台左右動機能を搭載した(オプション)。この機能は寝台をリモート(コンソール室にて)動作でき、センタリングに伴う被検者に付き添う時間を最小限にでき、医療従事者が被検者から受ける被ばくが低減できる。

### 【おわりに】

技術革新を遂げた最新のデジタルPET検出器を搭載したCartesion Primeは、高画質のPET画像を提供し、従来より診断能の向上が見込める。また、被検者・医療従事者に安心・安全を提供する装置としてスループット向上に大きく寄与することが期待されている。

## 8. ワイヤレス超音波画像診断装置「iViz air」の開発

富士フイルム(株) メディカルシステム開発センター

宮地 幸哉

### 【背景】

超音波画像診断装置は、被検者の身体的負担が少なくリアルタイムで画像を観察できるため、広い臨床領域で使用されているが、持ち運びが伴う在宅医療や救急、院内回診などでのベッドサイドでの診断には、携帯性と高画質を両立した装置が求められている。特に、高齢化が進む日本では、厚生労働省が、効果的・効率的な医療・介護サービスの提供体制の構築を目指し、在宅医療・介護を推進しており、在宅医療の需要は今後ますます増加が見込まれている。

今回当社は、軽量・小型・ワイヤレスで携帯性・操作性に優れ、かつ高画質な超音波画像診断装置「iViz air」を開発したので、その特長を紹介する(図1)。



プローブ 表示器

図1 ワイヤレス超音波画像診断装置「iViz air」外観

### 【特長】

#### 1. 軽量・小型・ワイヤレス

「iViz air」は、在宅医療における超音波検査で最も需要が高い腹部の観察に適したコンベックスプローブとスマートフォン型の表示器を Wi-Fi 接続して使用するワイヤレス超音波画像診断装置である。従来、ケーブルで接続していたプローブと表示器をワイヤレス化することにより、在宅医療等で求められる携帯性と検査時のプローブの自由な取り回しを可能にした。また、感染リスクを予防するためのケーブルの清掃が不要になり、ケーブルの接触不良による断線リスクも低減した。本体とプローブを合わせてわずか345g、プローブの最長部は178.5mmと小型、軽量で、プローブと表示器を一緒にポケットに入れて持ち運ぶことが可能である。

#### 2. 迅速立ち上げ/長時間動作

プローブの電源を入れて、20秒以内にスキャン開始でき、迅速に検査が可能である。

また、省電力設計により長時間動作を実現し、連続3時間<sup>\*1</sup>の検査が可能である。

\*1 新品のバッテリー、常温、デフォルト設定、バッテリーフル充電状態での動作時間。

#### 3. 高画質

当社のX線画像診断機器の商品化で培った画像処理技術を応用して、超音波画像に特化させた高度な画像処理アルゴリズムを開発し、コンパクト型超音波診断装置 FC1-X に搭載している。「iViz air」は、本アルゴリズムを搭載し、超音波画像特有のスペckルノイズ<sup>\*2</sup>を低減、構造を効果的に強調した鮮明な画像を得ることができる。本画像処理の具体的な特長は以下である。

- ・組織の境界、小さな構造物を損なうことなく、スペckルノイズを低減
- ・大きな構造物、組織間のコントラストを効果的に強調
- ・画像のムラを低減し、組織の均一性を向上

「iViz air」で取得した腎臓、腹水症例の画像例を図2、図3に示す。組織のスペckルノイズを低減しつつも、腎臓と肝臓の境界、腹水と組織の境界が明瞭に描出されている。

\*2 波長に比べて小さな散乱体群によって生じる散乱波が干渉して、まだらな点状の像が発生する現象。



図2 臨床画像例(腎臓)



図3 臨床画像例(腹水症例)

#### 4. 診断アシスト機能

超音波検査を専門としない医師や看護師からは、超音波は操作や、画像の解釈が難しいとの声も聞かれ、普及の妨げとなっている。

そこで、「iViz air」ではAI技術のひとつである深層学習を用いて設計した診断アシスト機能を組み込み、撮影画像を即時解析することでユーザ操作を支援する診断アシスト機能を開発した。対象機能は、在宅ケアにおける超音波の活用として定着しつつある膀胱内尿量の計測とした。

図4に、本機能で膀胱内尿量を測定した例を示す。膀胱の横断像、縦断像から膀胱領域を検出し、膀胱診療ガイドラインに定義された尿量推定手法に基づく計測を自動で行うことができる。本機能により推定した尿量値は、実測した排尿量値と高い相関を示した。また、熟練技師による手動計測値とも良く一致し、精度面での有効性が確認された。さらに、画像を撮影してから1秒以内に計測結果を得ることが可能であるため、従来に比べて尿量計測に要する時間が大幅に短縮され、ワークフローの向上に大きく寄与することも確認した。

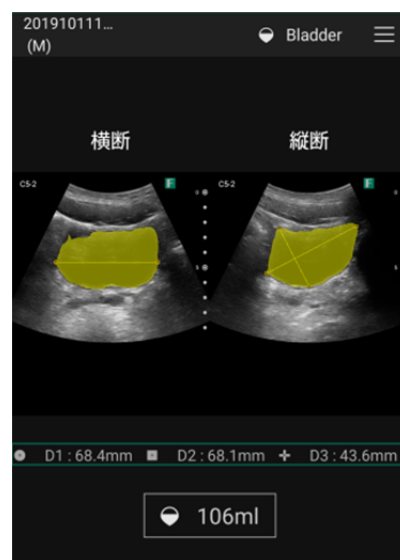


図4 膀胱尿量測定画像

#### 【おわりに】

「iViz air」が、在宅医療をはじめとし、救急、ベッドサイドでの診断等の医療現場へ簡便で質の高い検査を提供し、被検者のQOL向上、および医療従事者の負荷軽減に寄与することを期待している。今後は、腹部以外の部位の観察にも対応できるようにプローブの種類や診断アシスト機能を拡充しながら、超音波検査・診断におけるさまざまなニーズに対応していく所存である。

## 9. 読影効率向上を追求した 12 メガピクセル医用モニタ

EIZO(株) 企画部商品技術課

川本 康詔

### 【概要】

読影医の負担を軽減するため、読影環境を快適にし、読影ワークフローを円滑にする機能を盛り込んだ12メガピクセル医用モニタ「RadiForce® RX1270」(図1、以降「RX1270」と記す)を開発した。



図1 RadiForce RX1270 の外観

### 【特長】

#### 1. 基本性能

RX1270 は、12メガピクセル表示(横 4200×縦 2800 ピクセル)を実現している。多種多量の医用画像を1画面上に表示可能で、業務の効率化に貢献する。画面サイズは30.9インチで、画面を見る際の首の動きや視線移動は複数モニタ使用時と比べ少なくなる。

#### 2. 使いやすく設置の制約が少ないコンパクトな設計

RX1270 は、解像度 5メガピクセルモニタ 2面構成と比較して横 19.2mm、縦 32mm、奥行 30mm の小型化を実現した。電源ユニットをモニタに内蔵しており、従来の5メガピクセルモニタ2面構成を置き換える際に追加のスペースが不要で、よりコンパクトに設置が可能である。読影用画像ビューアとの親和性に配慮し、PhyP(ピクチャー・バイ・ピクチャー)機能を搭載し、システムにはRX1270を6メガピクセルモニタ2面として認識させ、既存システムへの導入も容易にしている。

#### 3. 快適な読影環境を実現する機能

##### (1) Hybrid Gamma PXL(ハイブリッド・ガンマ・ピクセル)機能

カラーとモノクロの医用画像は、それぞれを読影に適した表示にするためにはモニタの階調特性をカラー・モノクロそれぞれに最適な設定にする必要があるが、RX1270には、カラーとモノクロが混在した医用画像の読影効率化を支援する機能を実装している。同機能によって、同一画面内のモノクロとカラーを画素ごとに自動判別し、それぞれ最適な階調で表示できる。これによりモノクロとカラー画像を一つの画面上に表示する際の読影作業の効率化が期待できる。

##### (2) Sharpness Recovery(シャープネス・リカバリ)機能

RX1270は1200cd/m<sup>2</sup>の高輝度を実現している。モニタを高輝度化すると液晶パネル上の画素の開口率を上げる必要があり、鮮鋭度の低下が課題になるが、当社独自技術の同機能がこれを解決する。画像の鮮鋭度を数値であらわすMTF測定において、当機能のオン/オフ時を比較した結果、オンにした時の方が、例えば2ピクセルごとのラインペア表示においては、鮮鋭度が約56%回復する。

### (3) 間接照明、スポットライト機能

読影は暗い読影室での作業になり、目への負担が大きく、手元の書類やキーボードが見えにくいという問題がある。RX1270は背面に間接照明を搭載(図2)し、画面への映り込みを防ぎ、読影環境の照度を維持しつつ、背面の壁を照らすことで室内の明るさを確保するため、間接照明が読影への影響を与えることがなく、目の負担を軽減できる。また、手元を照らすスポットライトも搭載し、暗室内での手元作業の効率化に寄与する。



図2 間接照明とスポットライト

### (4) Point-and-Focus(ポイント・アンド・フォーカス)機能

マウスとホットキーの操作だけで、表示している医用画像内の気になる部分を素早く選択し、輝度や階調を見やすいように変更できる(図3)。ハイライト領域は用途に応じて多種多様な配置が可能である。

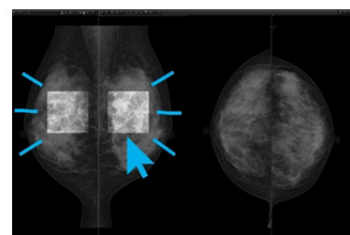


図3 Point-and-Focus 機能

## 4. ワークフローを支援する「Work-and-Flow(ワーク・アンド・フロー)」機能群

Point-and-Focus など、読影作業の効率化や快適に作業するための機能群を独自開発し、「Work-and-Flow」機能と呼んでいる。同機能群はRX1270 同梱のモニタ品質管理ソフトウェア(簡易版)「RadiCS LE」の機能としてRX1270と組み合わせて使用できる。以下に概要を示す。

### (1) Hide-and-Seek(ハイド・アンド・シーク)機能

PinP(ピクチャー・イン・ピクチャー)の子画面を隠す機能(図4)で、必要な時に簡単な操作で子画面を表示できる。画像ビューワに限らず読影レポートや電子カルテなど、多種多様な画面を行き来する読影ワークフローの作業効率を損なわずに、物理的なモニタ数を削減し、読影環境の省スペース化に寄与する。

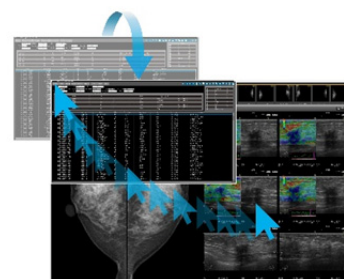


図4 Hide-and-Seek 機能

### (2) Switch-and-Go(スイッチ・アンド・ゴー)機能

RX1270に接続した1組のUSB キーボードとマウスで2台のPCを操作可能にする(図5)。入力信号の切り替えと連動させることで表示/入力機器の使い分けが不要になり、読影効率向上と省スペース化が可能になる。前述の「Hide-and-Seek」機能との併用も可能である。

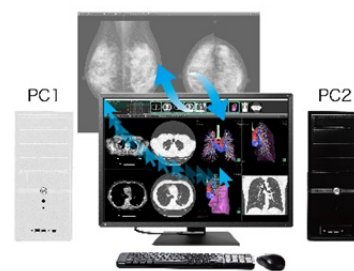


図5 Switch-and-Go 機能

RX1270 同梱のモニタ品質管理ソフトウェア(簡易版)「RadiCS LE」の機能としてRX1270と組み合わせて使用できる。「Work-and-Flow」機能は読影をより快適にするための機能群であるが、その詳細は当社 Web コンテンツ「読影がもっと楽になる」([www.eizo.co.jp/i/workandflow/](http://www.eizo.co.jp/i/workandflow/)) (図6)を参照されたい。

## 【まとめ】

当社は、「Making Each Life Visual」をテーマとして、医療現場の課題解決に真摯に取り組んできた。RX1270は、読影ワークフローをより円滑に、より効率的に、より快適にするための機能をすべて盛り込み、かつ省スペースデザインの新世代マルチモダリティモニタである。



図6 「読影がもっと楽になる」

## 10. USBメモリを用いたマンモグラフィ遠隔読影システム

(株)クライムメディカルシステムズ システム部 開発課  
岩本 政俊

### 【はじめに】

乳がん検診のデジタル化に際して、外部施設に読影を依頼する場合の課題のひとつとして、読影環境に関する問題が考えられる。外部施設に読影環境がある場合でも、様々な撮影装置からの画像が存在する検診等では、施設によってビューワも異なり、同じ環境での読影が困難である。また、同じ環境で読影してもらうために、新たに専用ハードを用意するのは費用がかさむ。

そのような問題への対策として、当社では、USBメモリを用いたマンモグラフィ遠隔読影システム「Portable Secure USB(PSU) System」を開発した。

### 【特長】

本システムでは、デジタルマンモグラフィが読影可能なハードウェア環境が既に設置されていれば、その環境を利用し読影を可能とする。USBメモリ内で動作するシステムとなっており、読影先端末への新たなソフトウェアのインストールは不要\*1である。

\*1 Windows、および.NET Framework のバージョン制限有。

### 1. 読影の流れ(図1)

(1)各施設の検査画像の取込後、読影振分システムにて各読影依頼先への振分を行う。

複数の読影先への振分により、フィルムでは難しかった同じタイミングでのダブルリーディングも可能となっている。

(2)振分後に USBメモリへの出力を行う。

対象の読影先に振分けられた画像のみが USBメモリに出力される。その際に、同一 IDの過去画像、および本システムで作成された所見レポートがサーバに存在する場合、同時に出力を行うため、読影時の過去比較等も可能となる。

(3)読影先で USBメモリを使用し、読影を行う。

(4)返却された USBメモリより、読影結果の取込を行う。

各読影先での読影件数の集計機能もあり、指定された期間内での読影件数を容易に把握することが可能となっている。

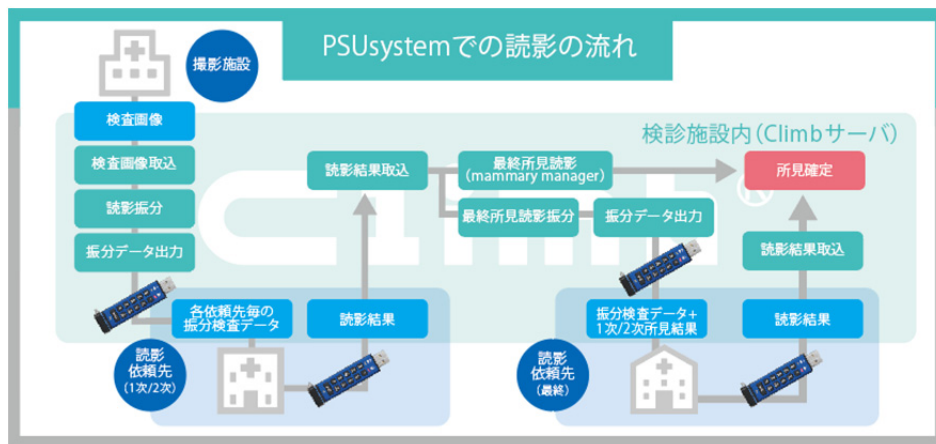


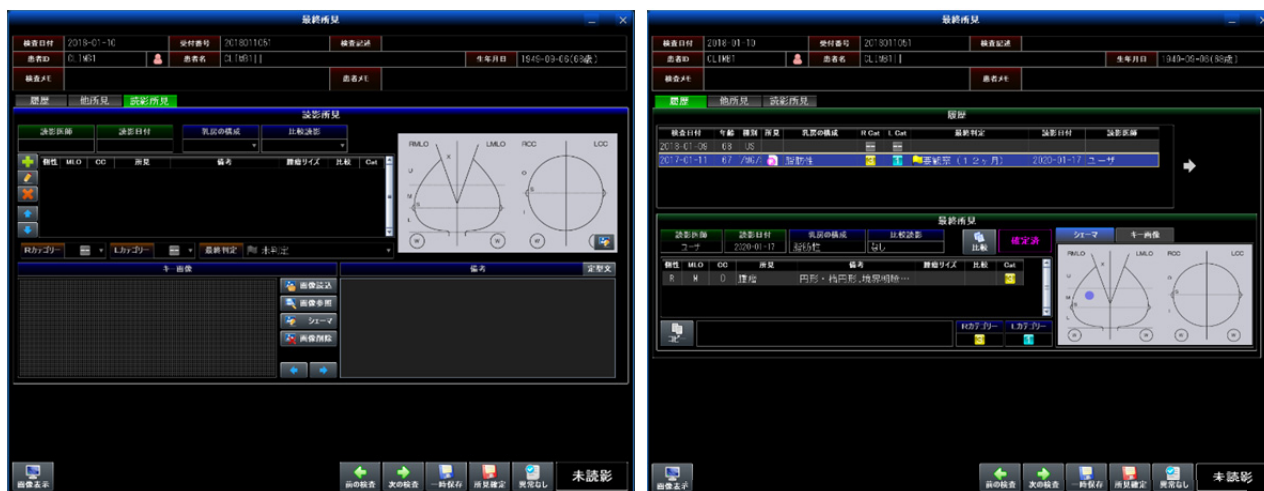
図1 PSU System での読影の流れ

## 2. 所見レポート機能(図2)

ビューワ機能のみを使用し、今までの所見用紙に記入する運用も可能であるが、当機能を使用することで、ペーパーレス化が可能となる。当機能でレポートが作成されていれば、読影結果の取込時に、検診システムなどの他システムへ所見結果を連携することもオプションとして可能である。

また、読影時に画像とレポート入力画面が同時に表示されることにより、画像と所見用紙間での被検者間違い防止の効果も期待できる。

所見入力画面では、シェーマを記入することで部位所見が作成される連携機能も搭載しており、所見作成の効率化をサポートする。また、履歴参照画面では、本機能で作成された過去のレポートを参照することができ、内容を今回所見としてコピーし、比較・編集することもできる。



所見入力画面

履歴参照画面

図2 所見レポート作成画面(両画面は画面上部のタブで表示切替)

## 3. ビューワ機能

当社マンモグラフィ画像診断ワークステーション「mammary」のビューワと、ほぼ同等の機能が搭載されている。過去画像として、異なる撮影装置の画像やCR等のモダリティが混在している場合でも、ワンタッチでの過去比較表示が可能な機能等もあり、効率的な読影をサポートする。

また、トモシンセシス機能や乳腺量測定機能、CAD機能搭載の撮影装置で撮影した画像であれば、読影先でそれらの情報の表示も可能となっている。

## 4. セキュリティ対策

USBメモリ紛失時の対策として、USBメモリにはキーパッドによるロック機能搭載の製品を標準採用している(図3)。

データは、256ビットAESハードウェア暗号化により暗号化されて格納されており、ロックを解除しない限り、第三者は保存された内容を見ることができなくなっている。さらに、PIN<sup>\*2</sup>の入力を一定回数連続で間違えると、内部データが消去される機能も搭載している。



図3 標準採用のUSBメモリ

また、画像データについては、USBメモリへの出力時に匿名化を行うことも可能である。

\*2 USBメモリのロックを解除するためのコード

## 【おわりに】

今後も、現場の先生方のご意見を取り入れ、医療業務のさらなる改善に繋がるような製品開発を行っていく所存である。



## 11. 医用画像の超長期保存にむけた記憶媒体 オプティカルディスク・アーカイブ

ソニービジネスソリューション(株) バリュース・クリエイション部門マーケティング部  
千明 悟

### 【はじめに】

MRIやCT、CRなどから取得する医用画像はDICOMフォーマットで管理される。近年では、遠隔迅速病理診断が広がる中で、バーチャルスライドで利用される静止画像が増加する傾向にある。バーチャルスライドで生成される画像は数GB(ギガバイト)になり、従来のDICOMフォーマットと比較し肥大化する。また、遠隔医療では動画を用いた解析装置が広く利用され、動画レコーダで記録される動画ファイルも増加している。解析装置の性能が向上することにより、1つ当たりのデータサイズが大きく、多量になる傾向にある。そのため、NAS、ブルーレイディスクなど外部記憶媒体の容量が逼迫し、管理数も膨大になる「大容量データ」の管理課題が挙げられる。

さらに、AI技術や深層学習と画像を用いた研究・開発が進むなか、解析データの活用に向け、「長期的に管理したい」という要望が増加している。その結果、長期的な「管理コスト」についても考慮しなければならない。

医用画像の保存に関する課題は、「大容量データ」、「長期的な管理」、「管理コスト」の3点に集約される。

### 【光ディスクストレージとそのメリット】

このような課題に対し、当社は光ディスク技術を用いた記憶媒体「オプティカルディスク・アーカイブ第1世代」を2012年に開発した。この記憶媒体は、当初、動画や音声の管理を行う放送業界にむけて提供を開始した。現在では「大容量」「長期的な管理」について同様の課題を持つ医療業界、製造業や大学研究機関などで、幅広く利用されている。

近年では、利用頻度の低いストレージ(コールドストレージ)において、光ディスクは、HDDストレージやクラウドストレージサービスと比較されるケースが多い。光ディスクとHDDストレージとの比較では、常時通電を必要としないことから、圧倒的な低消費電力化に貢献できる。また保存寿命は光ディスクが100年の保存寿命に対し、HDDは概ね3年～5年程度と、堅牢性や信頼性の観点で光ディスクにメリットがある。また、クラウドストレージサービスとの比較においては、大容量データ転送において転送帯域の確保と回線費用の削減、長期利用時のコストや利用サービス解約に伴う移行費用といった点で、光ディスクにはオンプレミス管理ならではのメリットがある。

一方で、HDDストレージにはアクセス性のメリット、クラウドストレージサービスには外部機関との連携や、管理工数の削減といった点でメリットがあり、光ディスクにも劣点がある。記録媒体の選定においては、アクセス性、堅牢性やメンテナンス性など、運用上で重視する点によって、記憶媒体やサービスは一長一短であることから、運用方法を見直し、適材適所で活用することが肝要である。

### 【オプティカルディスク・アーカイブの特徴】

#### ① 100年保存寿命の堅牢な光ディスクストレージ

オプティカルディスク・アーカイブの特徴は、長期保存に向けた堅牢性である。オプティカルディスク・アーカイブカートリッジには、当社とパナソニック社で共同開発を行う業務用次世代光ディスク「アーカイバルディスク(Archival Disc)」を活用している。最新のアーカイバルディスクの容量は1枚500GBで、記録層は耐

酸化性、耐腐食性が非常に高く、高い信頼性を確保している。また、記録層を保護膜で覆うことで、高い環境耐久性を持たせている。その結果、100年以上の保存寿命を有し(国際規格 ISO/IEC 16963を参考にした当社加速試験による推定値)、長期的に安定してデジタルデータを保存することができる。また、当社では、泥水、海水等を用いた水没テストを行った。3週間程度水没させた後に、記録メディアを洗浄・乾燥することで、記録したデータの読み出しを行うことができた。

## ② 容量、高速化されたオプティカルディスク・アーカイブ第3世代

当社は2019年11月にオプティカルディスク・アーカイブ第3世代を発表し、2020年1月より発売を開始した。この光ディスクストレージ「オプティカルディスク・アーカイブ第3世代」には、前述のアーカイバルディスクを11枚内包しており、物理容量5.5TBのカートリッジ「ODC5500R：オプティカルディスク・アーカイブカートリッジ」(図1)として、大容量にデータを保存することができる。このカートリッジは平均読み出し速度3Gbpsの高速ドライブユニット「ODS-D380U：オプティカルディスク・アーカイブドライブユニット」(図2)を用いて、データの読み書きが可能である。



図1 ODC5500R



図2 ODS-D380U

### 【医療現場での運用方法】

オプティカルディスク・アーカイブの採用例として、医療業界で利用される運用方法を紹介する。本システムを導入した大学医学部では、次世代シーケンサ(NGS)によって取得したゲノム解析情報を、診療に役立てている。ゲノム解析データは、週に500GB程度増加する大容量なデータ群であり、HDDに代表される共有ストレージ(NAS)に保存していた。大容量なデータを扱うことから、サーバは頻繁に容量不足となっていた。また、国内のGCPに準拠するだけでなく、国際治験で適用されるICH-GCPに準拠するため、長期間のデータ保存が課題となっていた。

2017年に導入したオプティカルディスク・アーカイブを活用した運用では、サーバに保存される解析RAWデータは、大容量で長期保存に適したオプティカルディスク・アーカイブにデータ移行する。2次利用頻度(データ閲覧頻度)が高い解析結果データについては、容量が小さいため、HDDの共有ストレージに保存する。

このように、データ容量やアクセス頻度に応じて、それに適した記憶装置で管理する手法は「階層型ストレージ管理」と呼ばれる。この手法は、医療の現場においても画像は多用されることから、有効な管理手法である。

### 【おわりに】

医用画像や動画などデジタルデータの「大容量」「長期保管」課題の解決方法として、本製品の導入とその管理手法は十分に有効な手段である。データ管理に対する課題とその解決方法について、医療分野以外の事例は「ソニーHP事例紹介ページ」を参照いただきたい。



図3 ソニーHP事例紹介 QRコード

(参考情報 URL: <https://www.sony.jp/oda/casestudy>)

## 12. 撮像プロトコル選定などの検査サポートにおける新しい支援システム

シーメンスヘルスケア(株) デジタルヘルス&SYNGO 事業部

齊藤 健介

### 【はじめに】

働き方改革関連法が、2019年4月に施行されてから約1年が経過しようとしている。テレワークや長時間労働の削減など私たちの働き方は変わってきている。さらに多くの企業が、働き方改革を支援するソリューション、サービスの開発、提供を行っている。それでもまだ、労働力不足はなかなか解消されず、さらなる労働生産性の向上が求められている。医療業界においても同様に人材不足は大きな課題になっており、特に専門の知識と豊富な経験を持ったエキスパートのスタッフ数は施設内で充分とはいえない。そのため、エキスパートは多くの業務をこなし、多くのスタッフを支援、育成しなければならない。スタッフもエキスパートから十分な支援を受けられない課題もある。当社は、エキスパートの業務支援に着眼し、スタッフが最適な検査結果と成長により、労働生産性の向上につながることを期待し、新しいアプローチ方法の業務支援ソリューションを紹介する。

### 【特長】

遠隔での撮像プロトコル選定などの検査サポートシステム(図1)

1. 操作コンソール画面をリアルタイムに双方で共有
2. 検査室、被検者の状況、インジェクタのコンソールモニタをウェブカメラを用いて共有
3. 音声通話、チャット機能によるコミュニケーション



**1** コンソール画面の共有 **2** ウェブカメラ画面 **3** 音声通話、チャット機能

図1 遠隔で支援を行う際の画面構成例と様子

本システムは様々なシチュエーションでメリットを生み出すと考えている。

### 1. 安定した検査結果の取得

被検者の状態、選択する検査プロトコルやシーケンスにより検査結果に差が生じる。特にMRIではシーケンスの選択は画質に大きな影響をもたらす。操作コンソール画面を共有し、検査目的に合致したプロトコルの選択や撮像条件の変更、追加の最適な意思決定とアドバイスをリアルタイムで行い、検査結果を得ることができ、施設間、装置間、オペレータが原因となる検査結果のばらつきを抑えることが期待される。

### 2. 経験豊富なエキスパートによる情報共有

複雑な検査に対応できるエキスパートになるには、数多くの検査を共に経験し、検査シーンに合わせてリアルタイムにアドバイスをもらう必要がある。本システムでは同じ空間にいてアドバイスを受けているような環境を提供するため検査を行いながら、エキスパートからリアルタイムに検査オーダーに応じたプロトコルの選択に関する情報を受け、確認しながら検査を進めることができる。さらに、検査の組み立てやノウハウを学ぶ環境もある。

### 3. 検査予約の柔軟化

普段エキスパートが対応する複雑で特殊な検査は、特別に設定した予約枠で、検査に備える施設も少なくない。また、経験が豊富でないスタッフが実施する検査は、通常よりも検査時間を多く確保するなどの配慮を行っている施設もある。本システムは、エキスパートが操作室内にいてもサポートが行えるため、最適な検査を実施することで、検査の予約に特別な配慮が不要となり、検査時間の延長をなくし、スループットの向上が期待される。さらに本システムは当社のMRIやCT装置3台を同時に支援することが可能である(図2)。

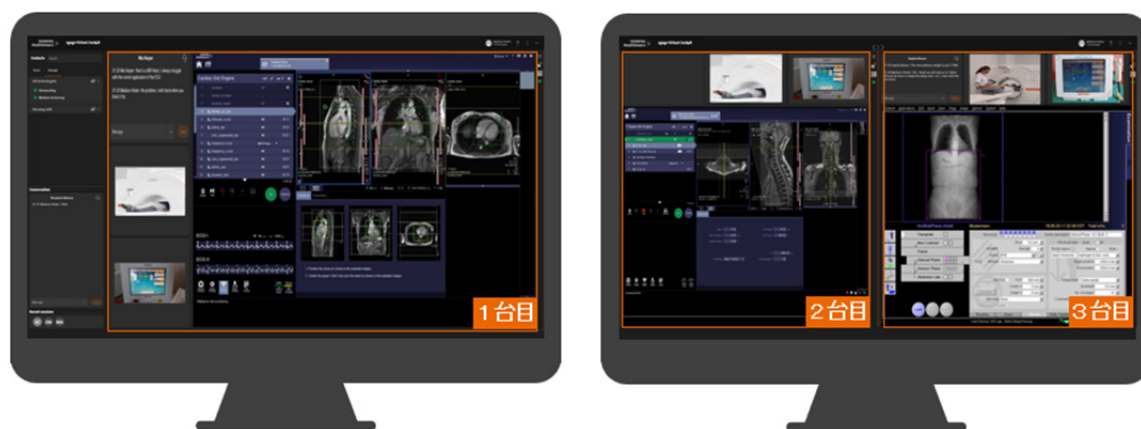


図2 装置を3台同時に支援する場合の画面例

### 【おわりに】

サポートする場所、人、時間の制約を受けにくい本ソリューションには多くの可能性がある。働き方の多様化を促進し、今までの検査で抱えていた様々な問題を解決するヒントをエキスパートからスタッフが得られるメリットを活かし、医療施設において最適で高品質な検査実施を支援するブレイクスルーを目指す。

## 13. 人工知能(AI)の技術開発の最新動向と将来の方向性

シーメンスヘルスケア(株) デジタルヘルス&SYNGO事業部

岩田 和浩

### 【はじめに】

医療にかかわらずあらゆる分野で AI(Artificial Intelligence、人工知能)の技術開発および製品開発が急速に進んでいる。医療業界においても、これまでのモダリティメーカーだけでなく成長著しい多くのスタートアップ企業の参入もあり、業界全体として AIを使用したソフトウェア、サービスが飛躍的に拡大されつつある。2017年の北米放射線学会(RSNA)において、Curtis Langlotz 教授が「AI が放射線科医の代わりになるか」という質問に対する私の答えは『ノー』だ。しかし、AIを使用する放射線科医が、AIを使用しない放射線科医にとって代わるだろう」と述べてから約2年が経ち、徐々にではあるが実臨床で使用されるケースも増えてきており、AI を利活用した医療サービスがここ数年で定着して行くことが予想される。また、この利活用の定着は、放射線科領域だけでなく診療科領域でも急速に展開されていくと考えられる。

当社では 1990 年代より AI のひとつである機械学習を用いた画像処理技術の開発に取り組み、機械学習技術を多くのアプリケーションに活用し、現在までに約50の AIを応用した製品がリリースされている。また、既に 125 の Deep Learning(深層学習)の特許を取得しており、現在、深層学習の技術を応用した製品開発に取り組んでいる。本稿では、Siemens Healthineers の AI 画像診断支援のひとつのコンセプトである、「Vender-Free」、「Multi-Organ」の胸部 CT画像における AI 画像解析受託サービスを中心に AI 技術開発の取り組みを紹介する。

### 【特長】

#### 胸部CT画像における AI画像解析受託サービス

日本国内における主な死因別にみた死亡率のデータによると、死因の第1位は悪性新生物(腫瘍)であり、第2位は心疾患である。また、悪性新生物(腫瘍)の部位別にみた死亡率は、肺領域において年々上昇が顕著である<sup>1)</sup>。腫瘍や心疾患の検査では、CT装置やMR装置が使用されることが多く、日本のCT、MR装置の設置台数は世界的にみても非常に多い。それに反比例し、人口あたりの放射線科医数は世界的にみても非常に少ない<sup>2)</sup>。また、Berlinらの報告によると、読影時間が50%減少すると誤診率が16.6%上昇するという報告もある<sup>3)</sup>。このような背景の中で、画像診断におけるAIの貢献は非常に重要であり、Siemens Healthineersは最も高効率化と高精度化が求められる胸部領域におけるAI画像解析受託サービスに取り組んでいる。このサービスでは、胸部CT検査によって得られた画像から一度に、肺、心臓、大動脈、脊椎など様々な臓器の異常を検出・定量化することができる。これにより、放射線科医の読影の効率化や高精度化に貢献するだけでなく、検診や人間ドック等のスクリーニングでの利活用も期待されている。

肺領域では肺結節を自動的に検出し、各結節の大きさおよび体積を自動計測する。また、各肺葉における肺気腫の領域を特定し、5つの肺葉ごとの肺気腫率を自動計測する。心臓部位では心臓の体積を計測することで心臓肥大の評価、および冠動脈石灰化の自動抽出・計測を行う。大動脈部位ではAHAガイドラインなどの学会基準に従った9箇所の大動脈径を自動計測することにより、大動脈瘤や狭窄の評価を行う。脊椎部位では各胸骨の自動抽出、計測、圧迫骨折の評価を行う。最終的には、読影医が視覚的に理解しやすい、当社の技術であるシネマティックレンダリングを使用したリアルな再構成画像と、計測結果のサマリである定量レポートが提供される(図1)。検診、人間ドックでは、リアル

な再構成画像は被検者への説明用に利活用することでより付加価値の高い医療サービス提供が可能となると考えている。

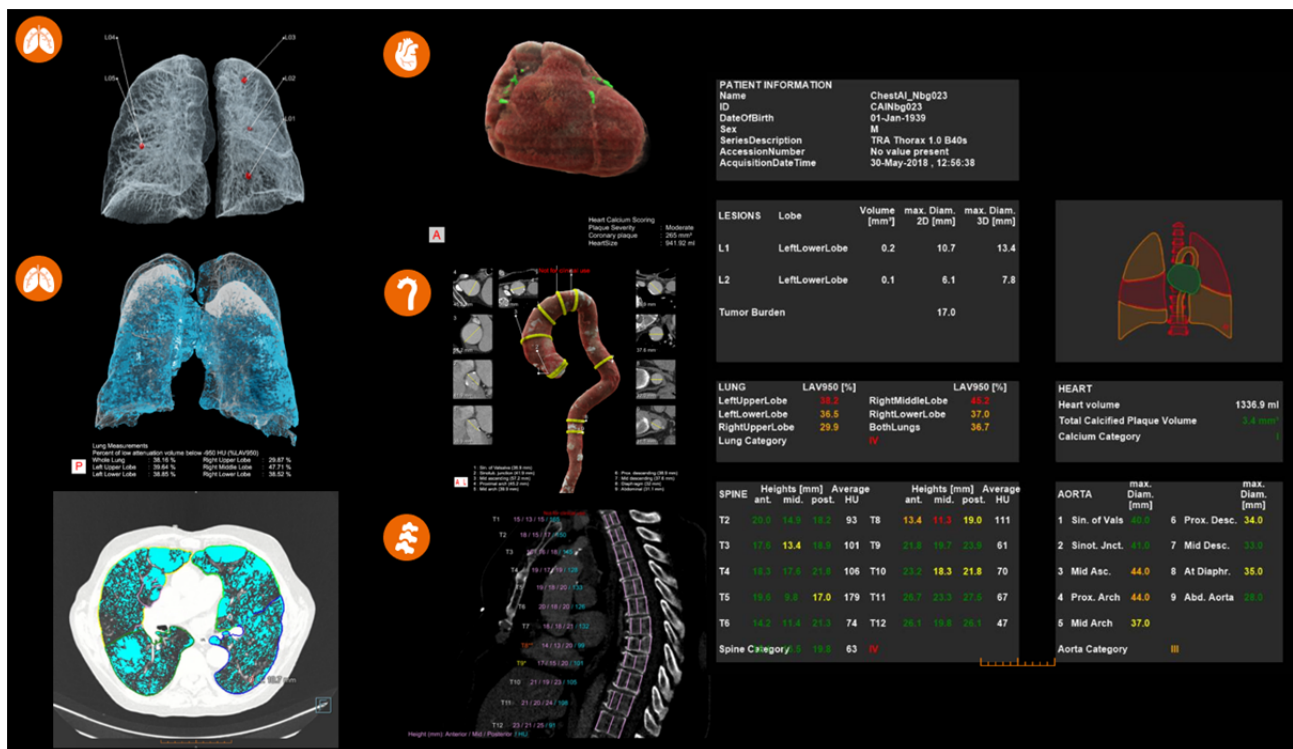


図1 胸部CT画像におけるAI画像解析受託サービス結果

【おわりに】

Siemens Healthineersでは、今回紹介したAI画像解析受託サービスである「計測」、「画像処理」でのAI技術の適用が先行しているが、近い将来「個別化医療」や「集団単位(Population Health Management)」でのAI技術の適用についても検討を進めている。また、AI技術の進化によりヘルスケアIT技術の進化が加速することが予想されている。加速度的な進化に順応すべく、当社では、ソフトウェアやサービスの医療インフラを「所有から利用」、「クラウド活用」、「オープン」モデルでの提供を進めている。このオープンプラットフォーム(teamplay Digital Ecosystem)上に自社サービスだけでなくパートナーの有用なコンテンツを搭載することで、医療従事者を中心に被検者の元にもいち早くより最適なサービスを届けることができると考えている。今後も開発・製品化に向けた取り組みと同時にパートナーとの協力体制の強化を進めていく。

【参考文献】

- 1) 平成30年度(2018)人口動態統計月報年計(概数)の概況 (厚生労働省)
- 2) Radiat Med (2008) 26:455-465, Radiologist supply and workload: international comparison. Working Group of Japanese College of Radiology, Yasuo Nakajima, Kei Yamada, Keiko Imamura, Kazuko Kobayashi..
- 2) Faster Reporting Speed and Interpretation Errors: Conjecture, Evidence, and Malpractice Implications, Journal of the American College of Radiology, Volume 12, Issue 9, September 2015, Pages 894-896, Berlin L

## 14. Voxel Dosimetry によるセラノスティクス線量表示

東洋メディック株  
黒田 武弘

### 【背景】

核医学の分野では、セラノスティクスという言葉が近年話題になっている。「セラノスティクス：Theranostics」とは、治療の“therapeutics”と、診断の“diagnostics”を掛け合わせた造語で、診断と治療をあわせて行う考え方や、その手法のことである。核医学診断は、特定の標的臓器に集まる特性を持つ放射性医薬品を体内に入れ、標的臓器から発する放射線をとらえて画像化する。そのため、この診断方法はがん検出能力に優れている。その放射性医薬品に飛程の短い放射線を発する核種を加えて標的臓器のみを照射する治療法を核医学治療、またはセラノスティクスという。核医学治療では、がん細胞への確に放射性医薬品を集積させることができるので、転移したがん細胞にも放射性医薬品を集積させ照射することができる。

核医学治療に使われる核種には、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線を放出する核種がある。その中で、一部の $\beta$ 線放出核種と $\gamma$ 線放出核種によって治療が行われてきたが、核種生成の技術革新により最近になって $\alpha$ 線放出核種の生成が国内でも可能になってきた。 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線放出核種は、 $\gamma$ 線と比べて飛程がとても短く、特に $\alpha$ 線は、高LETで飛程がマイクロメートルオーダーのため、集積した部位でその大部分のエネルギーを集約させることができる。そのため、周囲の正常組織への被ばくを最小限に抑えることができる点で理想的である(図1)。

$\alpha$ 線放出核種による核医学治療の有効性は認められているが、薬機法上使用が承認されている核種は、表1のようにRa-223のみであり、現在、その他の $\alpha$ 線放出核種(Ac-225、At-211等)の開発が急速に進められている。

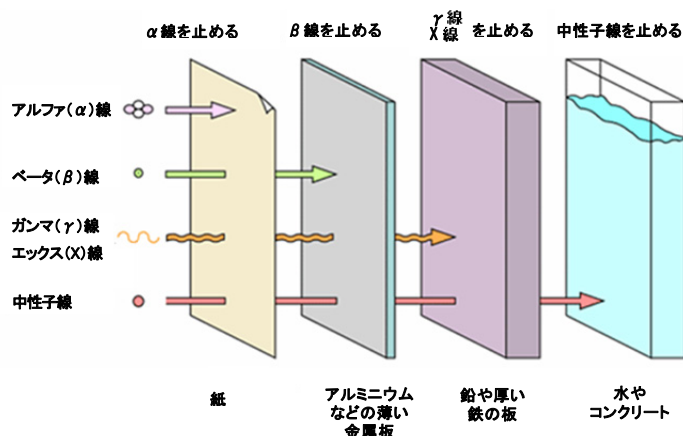


図1 放射線の飛程

表1 現在薬機法で承認され保険適用になっている核種

核種	摘要
I-131	分化型甲状腺がん、バセドウ病に対する $\gamma$ 線放出核種
Y-90 イブリツモマブ チウキセタン	悪性リンパ腫に対する $\beta$ 線放出核種
Ra-223	ゾーフィゴ骨転移のある去勢抵抗性前立腺癌に対する $\alpha$ 線放出核種
I-131 MIBG	保険適用では無いが一部で使用されている

核医学治療の歴史は古く、I-131を使用したバセドウ病治療では、約70年の歴史がある。I-131は、設定された投与量において一定のプロトコルに従って治療を繰り返し、がんの縮小を確認し、強い障害が出れば治療を中止するという、まるで化学療法的な使われ方をされている。一方、近年の技術革新により、70年前には無かった $\alpha$ 線放出核種の製造が可能となった。 $\alpha$ 線放出核種は、がん細胞のみを攻撃でき、正常組

織への被ばくを軽減できるメリットがあるが、飛程が短いため、外部からの確認が難しい。そのため、線量計算にて $\alpha$ 線放出核種の集積状態や治療状況を確認する必要がある。

Voxel Dosimetryは、今まで行われてこなかった核医学治療での線量計算により、各臓器の推定線量値と線量分布を提供することを実現したので紹介する。

### 【特長】

Voxel Dosimetryは、モンテカルロアルゴリズムによる各臓器の推定線量値と線量分布を提供することができ、投与された放射性医薬品が目的の臓器にどれだけ集積されて放射線を照射しているのかを見極めることができる。Voxel Dosimetryは、7つの放射性同位元素(Ga-68、I-123、I-131、In-111、Lu-177、Tc-99m、Y-90)を対象に、被検者核医学診断画像上でボクセル線量計算を行い、その線量値や線量分布を診断画像上に表示するソフトウェアである。

測定担当者が、Voxel Dosimetryのサポートしている7つの放射性同位元素の中から、測定対象となる核医学診療で使用されている放射性同位元素を選択し、抽出された標的臓器における3次元線量マップをボクセルレベルでの吸収線量を推定値で提供する(図2)。一般的に各被検者は治療に対して異なる反応を示し、被検者核医学診断画像は、投与後の腫瘍および正常臓器における個々の核種動態に関する被検者固有の情報を示す。

Voxel Dosimetryは、その画像から得た情報を基に被検者固有の線量計算を行う。また、MIRD s-factor線量計算や各臓器の滞留時間とその後の線量を計算し表示する。

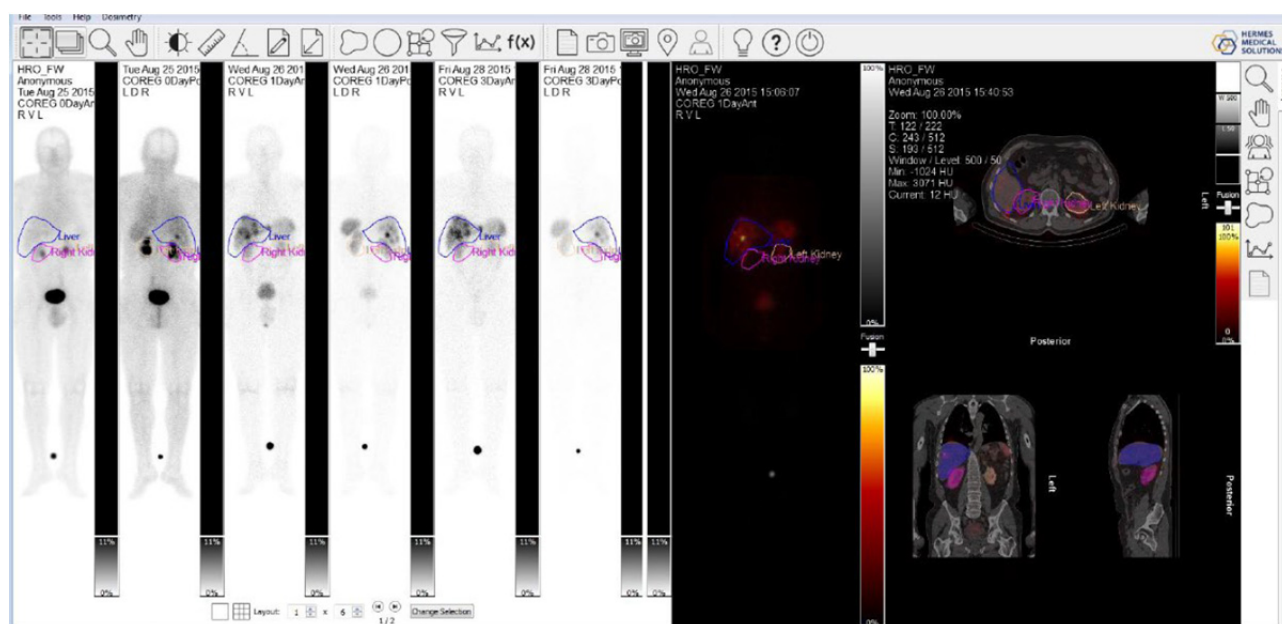


図2 標的臓器抽出画面

### 【まとめ】

今まで行われてこなかった核医学治療での線量計算は、Voxel Dosimetryにおいて実現され、その臓器の線量計算により、放射性医薬品の集積状態や治療状況が把握できるようになった。また、今後新たに開発される放射性医薬品についても、I-131のように信頼される多くのエビデンスが無くても、放射性医薬品の集積状態や治療状況が臓器線量の計算により確認できるので、安心して治療を行える。これらのことから、今後の核医学治療においてVoxel Dosimetryの果たす役割は大きいと期待している。



## 15. 軽量化を実現した無鉛放射線遮へいシート「KRYPTOLiTE」の開発

Jpi ジャパン(株)  
 良知 義晃

### 【はじめに】

X線などの放射線を扱う放射線業務従事者にとって、放射線防護衣はなくてはならない器具の一つである。しかしながら遮へい素材に金属を使用しているため、重量については常に改善が求められている。ドイツの諸研究では、防護衣にとって最も重要な要因が重量、蛍光X線(XRF)の2つであると言及している。蛍光X線は、高エネルギーX線によって励起された材料から派生する二次的な放射線であるが、この研究ではこの現象による着用者の身体への深刻なダメージが示されている。また重量については、ドイツ安全衛生研究所(BAuA)が防護衣の最大重量を5kgにすることを推奨している。

このような背景から、軽量で確実な防護性能を持つ超軽量無鉛防護遮へいシート KRYPTOLiTE(クリプトライト)が開発されたので、ここで紹介する(図1)。

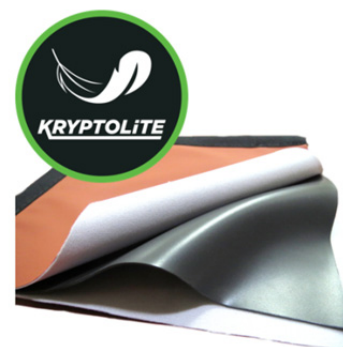


図1 KRYPTOLiTE

### 【特長】

#### 1. 重量比に対する高い防護力

KRYPTOLiTEは、線形減衰係数とエネルギーフォトンスペクトルを考慮し、効率的な放射線吸収が可能な特性を有する材料を、金属多層構造技術で遮へいシート化した素材である。

本シートは、金属多層構造技術で整然と組織化された密度の高い金属が含まれているため、50 kV および 150kV からのX線は遮へい材料の層に効果的に吸収されるようになる。

複数の材料と金属構造技術によりシート化した本シートは、防護性能を維持しつつ、より軽量化を実現した。

具体的には、遮へい性能を示す鉛当量試験の結果、素材の異なる遮蔽シートであるLITELEAD(含鉛)と LiteGreen(無鉛)と本シートとの重量比較をした場合、本シートである KRYPTOLiTE は同じ遮蔽性能をもちながら従来の含鉛遮へいシートに対しては約20%の軽量化、従来の無鉛遮へいシートに対しても約10%の軽量化(当社比)を実現した(図2)。

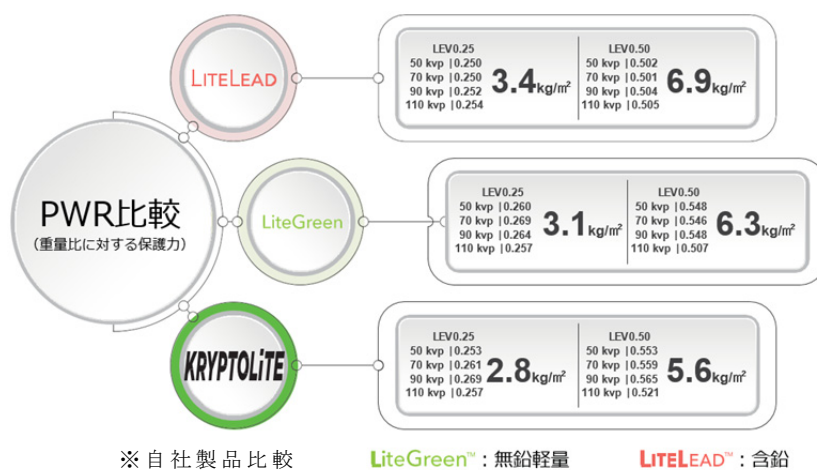


図2 素材別遮蔽シートの重量比較

## 2. 蛍光 X線に対する確実な防護

一般的な無鉛エプロンは、バリウム、スズ、ビスマス、アンチモン、タングステンなど様々な物質を単独または組み合わせて製作された無鉛遮へいシートを使用して製造されている。これらの遮へい材料は、その内容物と構造および化学組織に応じて、60kV～80kV または 80kV～90kVなどの特定範囲の X線の遮へいに適している。

しかし、これらの遮へい材料が使用範囲外の X線にさらされると蛍光 X線が発生してしまうため、エプロンを着用しているユーザや近くの患者に影響を与えてしまうことがある(図3)。この問題の解決のため、2014 年の最新規格 IEC61331-3 では、50kV～110kV において蛍光 X線を考慮するように考案され(図4)、一般的な無鉛遮へいシートではすべての kVにおいて今までより遮へい材料の比重を高くするしかなかったが、KRYPTOLiTE は、金属多層構造技術と構造材料である 2つの遮へい要素を用いることで、軽量化及び規格に準拠した防護力を可能にした。



図3 蛍光 X線の発生量

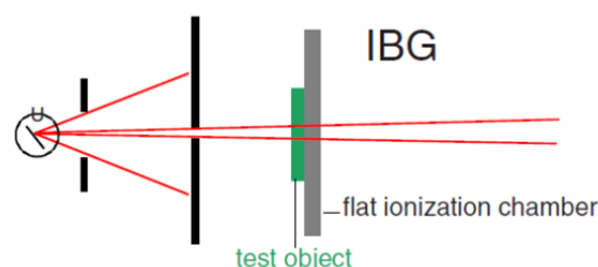


図4 IEC61331-3:2014 の IBG テスト

上記で記述した特長をふまえたKRYPTOLiTEの主な特長は以下である。

- (1) 金属多層構造による高い防護性能
- (2) 従来の防護素材よりも著しく高い PWR(重量比に対する防護力)
- (3) フタル酸エステル不使用の安全素材
- (4) 加熱コーティングによる長寿命
- (5) 微粒子金属使用により柔軟性が向上



図5 KRYPTOLiTE を使用した  
防護エプロン

### 【まとめ】

KRYPTOLiTE は、特許出願中(2019210201816)の構造材料を使用し、非常に高い PWR(重量比に対する保護力)が提供できる独自の特性をもっているため、従来の遮へいシートの着用重視の柔らかさや確実な防護性能を維持しながら、同クラス最軽量の重量を実現できた。これによって防護衣の重量に悩まされている医療従事者の負担の軽減に寄与すると考える。

## 16. 「振動容量型」を採用した放射線治療装置用電位計

㈱千代田テクノル

松本 和樹

### 【はじめに】

放射線治療では、正常な人体組織を保護するために照射野を小さくする傾向にあり、その放射線量測定のために電離箱は小型化の傾向にある。それに従って、放射線が気体を通過する際に発生する電離電流も小さくなり、微小電流に適応する高精度の電流・電荷測定技術が要求される。微小信号の検出においては、ノイズに強いロックインアンプが広く利用されるが、これには種々の変調回路形式がある。放射線量の国家標準の開発の現場では電離電流を蓄積するコンデンサの静電容量を変化させて変調を行う「振動容量型電位計」が世界各国で採用され、最も信頼されている。

この「振動容量型電位計」を放射線治療用線量計の測定回路に採用し、出力電流の小さい小型の電離箱においても精度の高い測定を行うことを実現したのが、今回紹介する「sakuraProof®」である。「sakuraProof」は国立研究開発法人産業技術総合研究所の放射線標準器用の計測器として使用されている振動容量型電位計 MMA-II 17E(川口電機製作所製)の技術を活用して、放射線治療に携わる方々向けに、間違いのない手順で簡単に扱える形式とし、さらには高電圧取り扱いの安全性を高めた製品としている。

### 【特長】

#### 1. 振動容量型電位計

図1に振動容量型電位計の回路概念図を示す。振動容量型とは、オペアンプに振動容量コンデンサを付加し、直流の電離電流を交流に変調して増幅し、復調(位相検波)して信号を取り出す方式のことである。信号に乗っているノイズも一緒に増幅されるが、復調する際に変調した周波数成分のみを抽出するので、これ以外のノイズ成分は除去される。ノイズに強いロックインアンプの構成において、その変調方式として、機械的振動により静電容量を変化させるコンデンサを用いることで絶縁性の極めて高い変調を可能としている。

微小電流測定に用いられる電位計の回路は極めて高い入力抵抗のオペアンプを用いて構成されるが、それでもオペアンプの入力端子を流れる暗電流が存在する。振動容量型電位計では、オペアンプの入力端子の前段に空気コンデンサを挿入するため、極めて少ない暗電流を達成できる。「sakuraProof」では小容量の電離箱の信号電流 20pA に対して暗電流は 0.04% 以下を実現している。

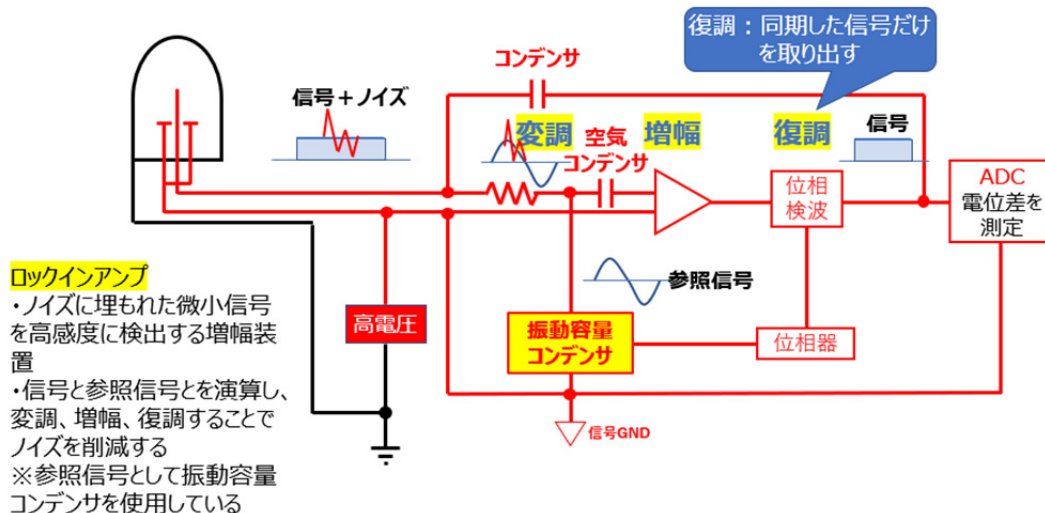


図1 振動容量型電位計(電荷蓄積方式)の回路概念

## 2. 簡単操作

一般的に測定機器には多数の操作ボタンがあり、名称の意味も分かりにくいので、操作マニュアルをよく理解しなければ正しい測定はできない。

この問題を解決するべく発想を転換し、分かりやすいメニューを用意できるパソコンで操作を行うこととした。測定器本体には表示部や操作ボタンを用意せず、操作から記録までの一連の作業すべてをパソコンで操作を行う(図2)。操作メニューはウィザード形式を採用し、メニューの質問に答えながら操作をするので操作マニュアルを理解しなくても簡単に、スムーズな操作が可能となった(図3)。



図2 sakuraProof 本体とパソコン

## 3. ケアレスミスの排除

オートモードは放射線照射の開始・停止を自動的に検出し、測定を開始・停止するモードである。これを利用すると測定した数値は自動的にエクセルシートへ記入され、繰り返し測定した結果の全てを自動的に記録する。これによって、作業者が測定値を読み、パソコンに打つ際に発生しやすい記入ミスを防止している。さらに、わかりやすいメニュー構成、自由度の高い図や表を表示することができ、ケアレスミスを排除することが可能となっている。

例えば、印加電圧と収集電荷の関係は、国際会議でも意味を取り違えないように図で表すことがある。本電位計「sakuraProof」では印加電圧の設定と同時に収集電荷を図で表し、単純な間違いを防止している(図4)。

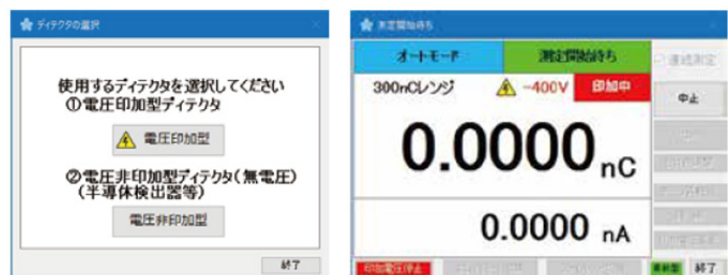


図3 代表的な操作画面

## 4. 安定性

本体とパソコンとは Bluetooth または USB で接続し、さらに本体はキングファイル形状(幅: 12.5cm、奥行: 26.0cm、高さ: 26.0cm)としたので、操作室の狭い場所でも、より自由な位置に配置することが可能となった。これによって、エアコンの冷温風による電位計への温度影響、人体からの誘導ノイズの影響、電離箱ケーブルの無理な引き回しによる摩擦電気効果やケーブル劣化等々のリスクを軽減することが容易となった。

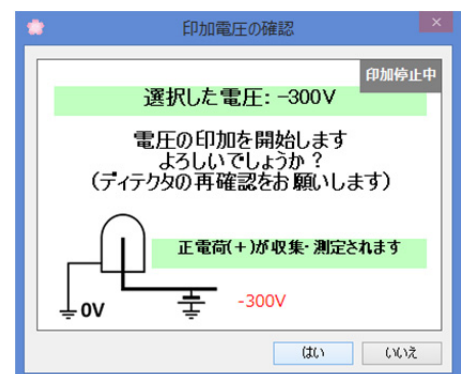


図4 印加電圧の設定および収集電荷の確認画面

## 【おわりに】

「sakuraProof」は 30nC レンジ(1nC-30nC)および 300nC レンジ(10nC-300nC)の 2 つの電荷測定レンジを持っており、主に医療用リニアック装置の線量測定向けとなっている。今後は高線量率の密封小線源治療装置などにも対応すべく、医学物理学会のガイドライン<sup>1)</sup>で求められている 10 $\mu$ C までの電荷測定ができるようにレンジを拡大する計画である。また、放射線治療における信頼性を向上させるために、引き続き分解能の向上と測定の不確かさを小さくしていくように開発を進めている。

本電位計は開発及び製造を一貫して国内で行っているため、カスタマイズ等の要望への対応が可能である。

## 【参考文献】

1) 日本医学物理学会 計測委員会 電位計ガイドライン WG: 放射線治療用線量計に用いられる電位計のガイドライン

## 17. ベンダーニュートラルで豊富な線量解析機能を有する Radimetrics

バイエル薬品(株) ラジオロジー事業部

山内 宏祥

### 【はじめに】

近年、国内外において医療被ばくの管理・最適化が重要視されている。日本国内においても 2020年4月からの義務化に伴い、施設内においても線量管理体制の構築が求められる。線量記録および線量管理を行っていく上で、効率化と質的向上を目的としたシステムの普及が進む中、当社の線量管理システムである Radimetrics の特長について述べる。

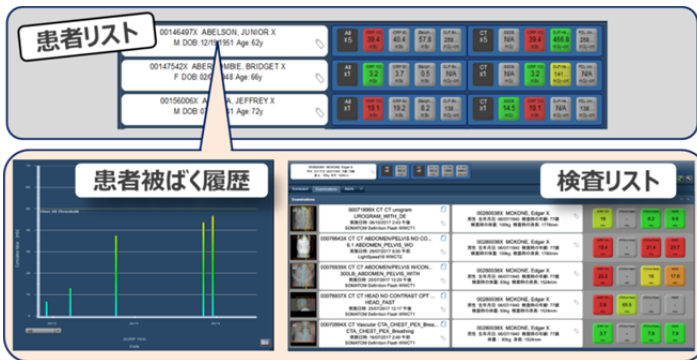


図1 患者毎および検査毎の線量情報リスト

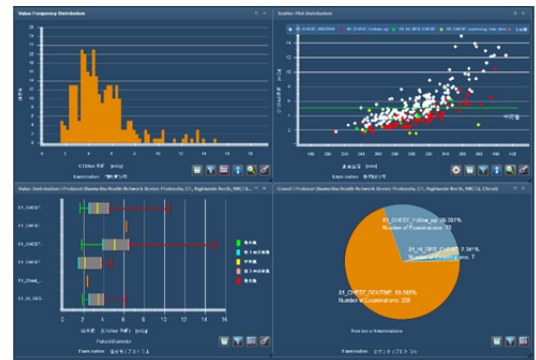


図2 各種統計グラフ(ダッシュボード機能)

### 【特長】

Radimetricsはマルチモダリティに対応したWeb参照型の線量管理システムである。RDSRやDose sheet、DICOM imageのTag情報は、メーカーやバージョン、モダリティによって保持する情報は異なるため、それらに含まれる様々な情報から、検査情報および線量情報を自動的に取得、統合し、検査毎の照射線量や被検者の被ばく線量を管理、記録することができる(図1)。また、20種類を超える統計グラフを活用することで、様々な情報を元にした統計分析が容易となる(図2)。

#### 1. CTにおける線量管理機能

モンテカルロシミュレーションの実装により、CT検査時の被検者の臓器吸収線量および実効線量を算出する。各種撮影条件を変更した場合に増減する線量をシミュレートすることで、プロトコルの最適化をサポートする。また、新生児用や妊婦用など多種多様なボクセルファントムを備えており、胎児の吸収線量を算出することもできる。あくまでシミュレーション上の結果ではあるが、実効線量は被ばく管理のためには重要な線量指標であると考えられる。

SSDE算出機能も有しており、CTのAxial画像や位置決め画像から被検者の体型情報を解析し自動算出する(AAPM TG204、TG220参照)。その際に得られた被検者の実効直径情報および水等価直径を、統計分析時の体型指標とすることもできる。検査装置側で体重情報の入力がないような場合に、被検者体型を分類するために有用な指標となる。

#### 2. 血管撮影における線量管理機能

一部装置に対しては、線量レポート画像から検査時の撮影線量や総線量、総透視時間等の線量情報を取得することができる。RDSRには線量レポート画像により出力される情報の他に、透視イベント毎の線量情報や各イベント時の幾何学的位置情報がレポートされている場合がある。この場合には、各撮影や透視における線量(面積線量もしくは基準点線量)を時系列で表示する機能や、入射皮膚線量マップを作

製する機能が使用可能である。近年の検査装置は、撮影、CBCT等のプロトコル名が線量レポート画像やRDSR上で識別可能な形式で記載されているため、Radimetrics上で透視・撮影・CBCT(3D)の線量情報を切り分けることは容易となっている。

### 3. 核医学検査における管理機能

核医学検査においては、画像のDICOM TagやRRDSRから放射性核種投与条件を取得することで、検査情報、放射性核種情報、実投与量、さらには実効線量(ICRP pub. 128参照)を算出し、それらを一元的に管理することができる。また、PET/CTやSPECT/CT検査に対しては、CT撮影時の実効線量(ICRP pub. 103参照)と併せた管理も可能とする。

### 4. Total Dose Management

当社のCT用インジェクタであるMEDRAD StellantおよびMRI用インジェクタのMEDRAD MRXperionに付随される、Certegra Workstationとのコラボレーションにより造影情報の管理も可能となる(図3)。注入された造影剤量や造影剤情報を、被検者情報や検査情報と紐づけ自動的に記録することで、施設内における安全管理体制の構築を支える。また、造影検査の精度管理および造影条件の最適化にも役立つと考



図3 撮影プロトコルや検査情報と合わせた造影剤注入結果の参照

### 【結語】

Radimetricsは、

1. CTにおける線量管理機能において、実効線量やSSDE、および被検者の実効直径の表示。
2. 血管撮影における線量管理機能において、皮膚線量マップおよび、透視・撮影・CBCTそれぞれの線量表示。
3. 核医学検査における管理機能において、ICRP pub.128を用いた実効線量表示。
4. Total Dose Managementにおいて、撮影プロトコルと造影プロトコルを掛け合わせた表示。と豊富な線量表示機能を有している。更に、ダッシュボードによる統計解析機能を活用することで、これらの値から得られた統計情報をワンクリックで表示可能となる。

Radimetricsは、線量管理を行う上で有用となる情報を効果的に記録し、様々な解析機能をもって線量管理をサポートし、CT・MRI検査における造影情報を合わせて管理することで、施設内の安全管理体制構築支援を可能とする。

## 18. 放射線業務から考える文書管理 ～ 紙文書はなくなるのか？ ～

(株)ファインデックス 第2病院ソリューション部

竹本 ひかり

### 【概要】

1999年の診療録等の電子媒体による保存についての通知以降、2008年の電子画像管理加算の診療報酬点数新設等を経て病院内のIT化が進み、放射線情報システムが多くの施設で導入されるようになった。院内文書のシステム化が進む中、放射線検査業務に関わって発生する文書についても、システムで管理することが求められている。しかしながら、同意書や問診票等の被検者記載が必要な文書では、現在も多くの施設で紙を発行してスキャンする運用が行われている。当社では、非放射線領域で培った文書作成システムのノウハウを活かし、放射線部門で取り扱う文書についてもシステム上で管理できるフローを以下のように提案している。

DocuMaker(文書作成システム)、C-Scan(スキャン機能をもつ紙・デジタル文書管理システム)とProRad RIS(放射線情報システム)等の既存製品を利用し、ProRad RISで文書も含めた様々な情報を一元管理する。

1. DocuMakerでは、患者ID、検査日等を含めたQRコードを組み込んで文書を作成する。
2. C-Scanでは、DocuMakerで発生した文書を取り込み、対象の被検者に紐付けて文書を保存する。
3. ProRad RISでは、スキャンビューを開き、被検者単位での文書を参照する。

このように、ProRad RISの一覧上で、オーダ毎に問診票や同意書が必要な文書を見分けることができるため、ユーザは必要な文書を参照することができる(図1)。

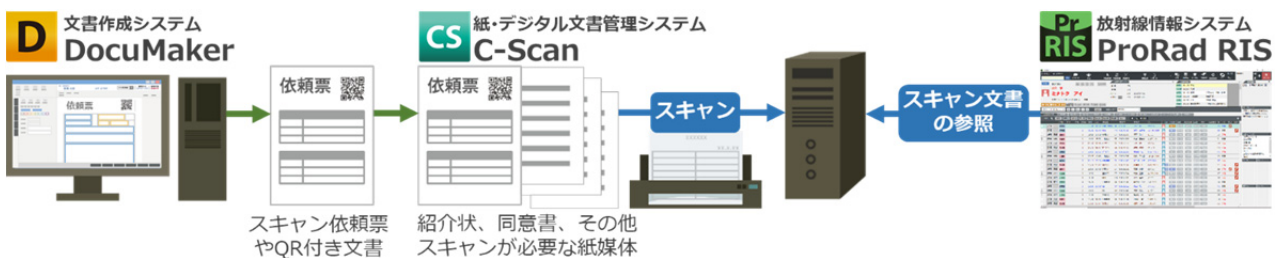


図1 文書作成システム、スキャンシステムの構築イメージ

また、新しい取り組みとしてWeb問診票システムがある(図2)。このシステムでは、スマートフォン等を用いて院外からオンライン上でデータ入力できるようにすることで、紙文書の発行を減らすと共にデータの入力から確認までをシステム上で全て完結させる。このWeb問診票システムとProRad RISを組み合わせることで、被検者側には問診票記入の手間が減るといったメリットが、ユーザ側には検査業務の中で容易に文書の確認ができ、さらに統計として利用できるというメリットがもたらされる。すでに一部医療機関で試験運用が開始されシステムの有用性を確認しているところである。

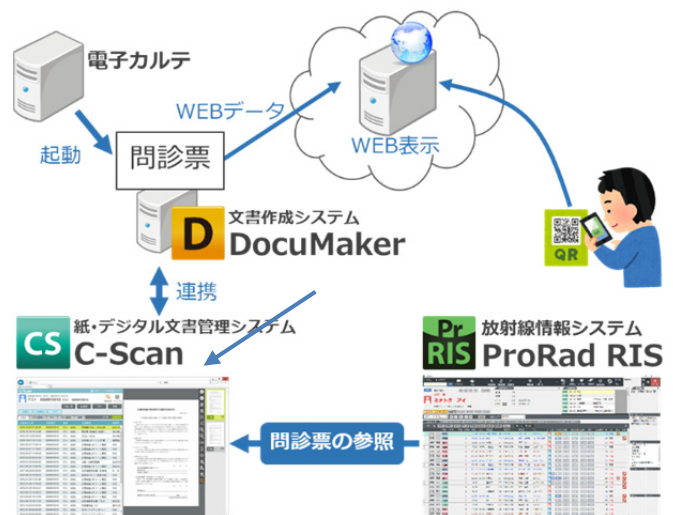


図2 クラウドを利用したWeb問診システム

**【特長】****1. 院外からのアクセスを許可する仕組みの構築**

Web問診票システムでは、院内にあるDocuMakerで作成した問診票をWEBデータとしてクラウド上に保管することで、被検者がQRコードを使ってクラウド上の問診票にアクセスしてデータ入力することを可能にした。入力内容はリアルタイムで院内の文書作成システムに登録される。

**2. スマートフォン対応のフォーマット作成**

DocuMakerを使用して、施設の運用に応じた文書フォーマットを自由に作成できる。作成した文書はスマートフォン等での利用にも対応している。文書にはQRコードを埋め込むことができるので、被検者へ送付する問診票にQRコードを付与しておけば、被検者はストレスなくWeb問診票にアクセスすることができる。

**3. オーダ毎の文書の紐付け**

DocuMakerとProRad RISを組み合わせることで、患者ID単位ではなく、オーダ番号で文書の紐付けが可能となる\*1。それによりProRadRISの一覧上で文書ボタンがアクティブ表示されるため、文書を探す手間や参照のストレスがなくなり、文書の見落としやインシデント防止に繋がる。

\*1 発行文書にオーダ番号を組み込むためには、上流システムからのオーダ番号連携が必要。

**4. データの二次利用**

Web問診票で入力した内容は、データとして保持されるので、データ収集や統計で活用することが可能となっている。

**【Web問診票システムを構築するためのポイント】**

1. 操作面としてスマートフォンの操作や、入力になじみのない世代には利用のハードルが高い。そのようなケースを考慮し、当社では紙とシステムの併用を実施することで、スマートフォンを使用しないユーザは、紙での記載ができるよう配慮を行っている。
2. セキュリティ上の課題として、個人情報の問題がある。当社では、クラウド上で個人情報を保持せずキーとなるIDのみを使用すること、データそのものを暗号化すること、クラウドはあくまでもテンポラリとし最長1ヶ月しか情報が存在しないようにすることで、個人情報の取り扱いに配慮している。
3. ProRad RISでオーダに文書を紐付けるためには、オーダ番号連携が不可欠である。そのため、上流システムである電子カルテからDocuMakerを起動する際にオーダ番号を連携し、文書内のQRコードに入れておく必要がある。当社では、カルテから連携を行うことで、オーダとの紐付けを実現している。

**【おわりに】**

ProRad RISは、DocuMaker、C-Scanを併用することで、シームレスな文書管理が可能となる。システムを組み合わせることで、オーダ毎に問診票や同意書が必要な検査に対して、文書の有無を一目で判断できるなど、システム化のメリットは多い。さらに、入力データを管理することで、他の文書やサマリへ転記することも可能となる。今後は、被検者の手書き記載部分についてもシステム化を図ることでスキャン自体が不要になり、スキャンの手間の軽減、取り込み間違いの防止等にも繋がると考えている。Web問診票の仕組みは、まだ始まったばかりだが、ProRad RISとの連携についても、今後より運用にあったシステムとなるようブラッシュアップしていきたい。



## 機械学習を用いた診療イベント予測

キヤノンメディカルシステムズ(株) 研究開発センター 先行技術研究部  
杉山 真哉



### 【はじめに】

#### 1. データ利活用

医療現場のニーズは時代と共に常に変化している。当社ではそのニーズに応えるため、従来提供してきた医用画像診断機器群に加え、ヘルスケア IT に注力している。画像を含めた多様な医療情報を収集・統合・分析・加工し、より付加価値の高いソリューションを提供していく(図 1)なかで、それらを支えるテクノロジーの一つが機械学習をはじめとする AI 技術であると捉えている。

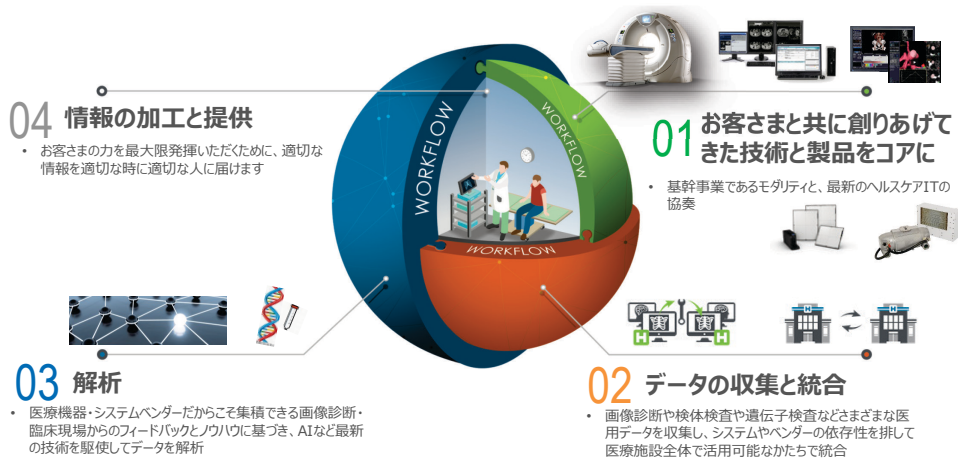


図1 医療情報の収集・統合・分析・加工

#### 2. 診療意思決定支援とその課題

当社では医療におけるヘルスケア IT ソリューションを、「医療従事者が、より良い医療を効率よく患者に提供するための知恵」と位置付けている。

画像診断機器等から得られたデータは、そこから診療において活用される情報が抽出され、さらに診療ノウハウとして知識、さらに知恵へと変換・統合・意味付けされていき、各段階において、診療ワークフローにおけるさまざまな意思決定へと活用される(図 2)。その各段階における診療意思決定支援 (Clinical

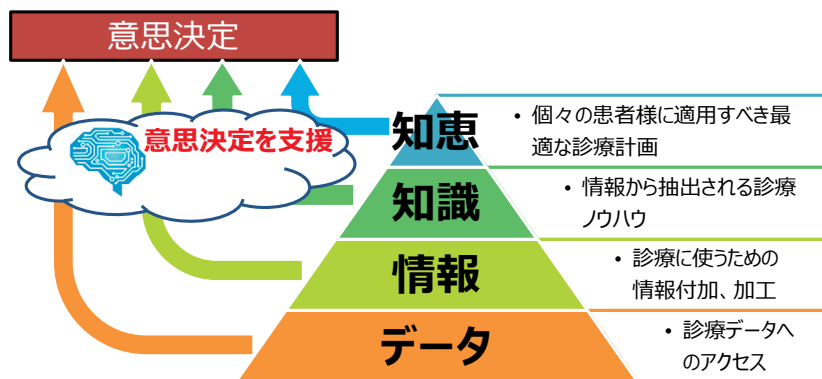


図2 診療意思決定支援におけるデータ・情報・知識・知恵の活用

Decision Support; CDS)が期待されており、ヘルスケア IT を用いて提供できるサービス・価値である。

CDSを実現するには多くの技術課題があるが、特に、データ種による取り扱い、機械学習によるモデル構築、モデルの有用性評価、という3点に注目している。当社が実施した「小児循環器領域における機械学習による診療イベントの予測」<sup>1)</sup>の研究を事例に、その技術課題と取り組みを解説する。

## 【小児循環器領域における機械学習による診療イベントの予測】

### 1. 研究概要

#### (1) 背景・目的

小児循環器領域では循環動態の管理が診療の大きな割合を占める。循環動態が悪化し急性心不全となると、緊急の手術や長期間の投薬が必要となる場合もあり、患者の予後に大きな影響を及ぼしうる。急性心不全の予測支援が実現すれば、初期対応の迅速化や、重症化の防止に貢献することが期待されている。

我々は、これまでも小児循環器領域で機械学習を用いた診療イベント予測モデルの精度を向上させる特徴量およびアルゴリズムの検討を行ってきた<sup>2,3)</sup>。本研究では、診療イベントを予測する機械学習モデルと、その予測結果および予測根拠を適切なタイミングで提示する診療イベント予測表示システムを構築する。構築した予測モデルの精度、予測表示システムの使用性(Usability)および説明可能性(Explainability)の評価を行ない、診療意思決定における支援の可能性を明らかにする。

#### (2) 方法

本研究における予測対象の診療イベントは、入院中の急性心不全の発生とした。ここで、急性心不全の発生の定義は、(1)心臓関連の緊急手術の実施、(2)侵襲度の高い治療的介入(体外式膜型人工肺、呼吸器管理)の実施、(3)心不全治療薬であるカテコラミンの投与および種類の追加、のいずれかに該当するものとした。予測のタイミングは、治療判断を変えることで急性心不全を防止できる可能性が高い2日以内とした。

2015年1月から2017年12月までに小児循環器疾患で入院した患者のデータを収集し、7歳未満の患者のデータのみを用いて循環動態悪化の予測モデル作成および精度検証を行った。

診療イベント予測モデル構築に用いる対象患者のデータは、予測モデルの学習用、検証用およびテスト用に患者を分割し、教師あり学習を行なった。機械学習への入力には、バイタルサイン等の時系列数値データなど65種類の特徴量を用い、出力は予測される診療イベントの有無とした。予測精度の検証には、学習に使用したデータとは別のテスト用データを用いた。

作成した予測モデルは、電子カルテと連携した診療イベント予測システムとして試行的に組み込んで有用性を評価した。予測表示には、「アラート画面」および「患者個別画面」の2画面を用意し、利用者には最初にアラート画面を提示した。アラート画面には複数患者の直近のアラート履歴を同一時間軸上に表示することで、どの患者でアラートが出ているか、アラートがどれくらい集中しているかを容易に把握できるようにした。また患者個別画面には、各アラートの根拠データや、アラート発生時付近の診療データを提示する詳細データエリアを設けた。ここで表示する根拠データは、各患者の予測結果に対する寄与率が高い特徴量に関係する診療データとした。

#### (3) 結果

475人のデータを用いて予測モデル作成および精度検証を行った結果、テストデータ(患者93人、8,979サンプル)においてAUC=0.88で循環動態悪化を予測できた。感度81.1%、特異度79.7%となる予測確率でのテストデータでの混同行列を表1に示す。

診療イベント予測システムでは、循環動態悪化が予測される患者がリアルタイムに検出され、画面上にアラートとして通知した。また、胸部レントゲン像やバイタルサインなどの様々な診療データが一画面内で閲覧可能であるため、循環動態悪化予測の妥当性確認や次の治療の判断を行うことが可能となった。図3に示す診療イベント予測表示システムのアラート画面例では、画面上部には複数患者の直近のアラート履歴を同

一時間軸上に表示した。例えば、入院中の複数患者を対象に、アラートの有無と内容で対応の優先度を確認できる。画面下部の詳細データエリアでは、診療データのグラフを表示している。赤でハイライトされた領域で予測アラートの発生期間を示している。

表1 テストデータにおける混同行列  
(最も長い期間入院した患者の入院日数に合わせて重み付けしたサンプル数)

		予 測	
		Negative	Positive
正 解	Negative	1,164,112	29,685
	Positive	3,789	16,307



図3 診療イベント予測表示システムのアラート画面

診療イベント予測システムでは、循環動態悪化が予測される患者がリアルタイムに検出され、画面上にアラートとして通知した。また、胸部レントゲン像やバイタルサインなどの様々な診療データが一画面内で閲覧可能であるため、循環動態悪化予測の妥当性確認や次の治療の判断を行うことが可能となった。図3に示す診療イベント予測表示システムのアラート画面例では、画面上部には複数患者の直近のアラート履歴を同一時間軸上に表示した。例えば、入院中の複数患者を対象に、アラートの有無と内容で対応の優先度を確認できる。画面下部の詳細データエリアでは、診療データのグラフを表示している。赤でハイライトされた領域で予測アラートの発生期間を示している。

## 2. 診療イベント予測のための時系列データの取り扱い

医療におけるデータ種は数値、画像、自然言語など多種多様である。データから知識、さらに知恵へと変換・統合・意味付けしていくためには、それぞれのデータ種ごとに取り扱い方法を検討する必要があるが、本研究では特に数値の時系列データに注目した。

本研究では、急性心不全兆候のイベント予測に重要なバイタルサイン(呼吸数、心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧、SpO<sub>2</sub>)、検体検査(ヘモグロビン、NT-proBNP、血清クレアチニン、ラクテート、動脈血酸素分圧)、尿量、体重、月齢などの時系列データを、電子カルテから抽出した。

バイタルサインなどは、高頻度で取得される診療データであるが、測定は不規則であることが多く、取得状況によってその測定値の品質も大きく変化する。そのため入力である時系列数値データは、変動を前提として取り扱えるように前処理を行った。

例えば、時系列の一定区間(ウィンドウ)内の中央値や四分位範囲などの統計量を計算し、その統計量を予測における特徴量として用いた。統計量を用いることで、含まれるノイズの影響を軽減するだけでなく、データの種類毎に記録日時が異なる時系列データを扱うことができる。本研究ではウィンドウをスライディングさせて特徴量を算出し、ウィンドウの開始および終了時刻の取り方のバリエーションを設けた。特徴量算出のウィンドウ幅は24時間で、スライディング幅は8時間とし、合計65種類の特徴量を予測モデルに用いた。

また欠損値への対応として、最後に観測された値でその後の一定期間を補完するLOCF(Last Observation Carried Forward)補完を全ての特徴量に適用した。LOCF補完を適用する期間は最後に値が観測された時点から最大10日間とした。

予測モデル学習のためのサンプルの教師ラベルは、診療イベントが発生する2日前から当日にアラートを提示させる場合、3日前から1日前のウィンドウをPositive、それ以外のウィンドウをNegativeとした。

呼吸器管理・体外式膜型人工肺の実施中、および術後2週間は学習の対象外とした。

### 3. 診療イベント予測モデル

本研究では「予測」を対象にモデル作成を行った。一般的に機械学習では、Descriptive(現状分析)、Predictive(将来予測)、Prescriptive(対策推奨)といった3つの分野で機能を提供できる。それらは、どのようなCDSを実現するか、すなわちどのような臨床意思決定を支援するか、という課題設定によって使い分けられる。

予測モデルのアルゴリズムはランダムフォレストを採用した。予測根拠説明のための寄与率算出にはLIME(Local Interpretable Model-agnostic Explanations)<sup>4)</sup>を利用した。特徴量の算出および予測モデルの学習・評価には統計ツールRを用いた。

予測モデルの学習、検証およびテストには、475人のうちPositiveあるいはNegativeラベルが1つ以上付与された460人を用いた。学習データ(患者267人、29068サンプル)でランダムフォレストモデルを学習させ、検証データ(患者100人、11563サンプル)でパラメータを調整した結果、木の深さ5、木の数100のランダムフォレストモデルが得られた。テストデータ(患者93人、8979サンプル)におけるランダムフォレストモデルを精度評価し、AUC=0.88の結果を得た。

患者状態の変化によるノイズの影響が懸念されたが、特徴量を統計値にしたことにより、小児特有のセンサ外れや啼泣などによるノイズの影響を軽減できたと考えられる。対象患者である小児患者は月齢によりバイタルサインの基準値が異なる<sup>5)</sup>ため、非線形モデルであるランダムフォレストを選択したことが高いAUCに繋がったと考えられる。

### 4. 有用性評価

診療意思決定支援においては、予測モデルの精度だけでなく予測結果をどのように提示するかという点も重要となる。予測結果を診療における意思決定に結び付けるためには、予測の根拠や過程を提示したり、適切なタイミングで予測機能を提供したりすることになる。すなわち、CDSを評価するうえでは、予測モデルの精度だけではなく、予測表示システムの使用性や説明可能性もその対象とする必要がある。予測表示システムが高い説明可能性を持っていれば、偽陽性が多い場合でも利用者自身でその真偽を判断でき、次に行う診療の意思決定の検討を円滑に進めることができる可能性がある。

診療イベント予測表示システムの評価は、使用性および説明可能性に関するアンケート評価で行なった。それぞれ複数の質問を用意し5段階で評価した。循環器内科の医師3名は、評価期間として定めた7日間のうちいずれか2日間で予測表示システムを利用し、アンケートを記入した。アンケートの評価項目について、使用性はソフトウェア品質の国際規格ISO 9126における使用性およびウェブサイトユーザビリティアンケート評価手法の先行研究<sup>6)</sup>を参考に作成し、評価項目は理解性、習得性および運用性の3つとした。説明可能性の評価項目はアメリカ国防高等研究計画局(Defense Advanced Research Projects Agency; DARPA)による説明可能なAIの効果測定指標<sup>7)</sup>を参考に作成し、評価項目は予測根拠説明の満足度、

メンタルモデル、タスクパフォーマンスおよび信頼評価の4つとした。

医師3名が予測表示システム利用後に回答したアンケートの結果を表2に示す。使用性の全ての評価項目(理解性、習得性および運用性)において、5段階評価の「やや良い」を示す平均4.0を獲得した。説明可能性については、「どちらとも言えない」から「やや良い」を表す平均3.0~3.6となった。

メンタルモデルの質問は5つあり、そのうち「次に取るべき行動の利用者自身による理解の程度」に関する質問の回答は平均4.7と高かった。タスクパフォーマンスに関する質問は4つで、全ての回答の平均は3.1だったが、そのうち予測表示システムの利用による「診療判断の前倒し」および「診療判断の時間短縮」への効果を尋ねる質問の回答は平均4.0となった。

診療イベント予測表示システムの使用性のうち、理解性および習得性の高さには、シンプルな画面構成が理解性および習得性を高めたと考えられる。評価に用いた予測モデルは感度を優先して1日あたりのアラート患者数を4.4人と多く設定したため、誤検出による診療判断への悪影響を懸念していたが、予測表示システムのアンケート評価では診療判断の前倒しおよび時間短縮に繋がる可能性が示唆された。アラート画面の表示方法により、利用者自身がその真偽を容易に判断でき、感度を高く設定しても「アラート疲れ」が起りにくくなったためと考えられる。

一方で、説明可能性の満足度は「どちらとも言えない」を示す平均3.0という結果だった。今回採用したランダムフォレストは複雑なモデルであり、決定木などの他のモデルと比較して一般的に説明可能性が低い。利用者が想定していなかったパターンで予測モデルが予測できた場合、特徴量などの具体的な予測モデルの根拠説明があったとしても、利用者はその妥当性を判断できない場合がある。利用者が普段用いる言葉や基準に変換したり、従来の予測と異なるパターンであることを説明したりすることで、満足度を改善できる可能性があると考えられる。

表2 アンケートの回答結果 (5段階評価)

対象	項目	回答(平均)
使用性	理解性	4.0
	習得性	4.0
	運用性	4.0
説明可能性	満足度	3.0
	メンタルモデル	3.6
	信頼評価	3.3
	タスクパフォーマンス	3.1

### 【まとめ】

小児循環器領域における機械学習による診療イベントの予測を事例に、CDS実現の取り組みにおける注目点を解説した。取り組みのなかでは特に、データ種による取り扱い、予測モデル構築、有用性評価に注目した。

多様なデータ種を取り扱えるようにするには、データ種に合わせた取り組みが必要である。研究事例としては時系列データについて解説したが、画像データでは画像特徴量を抽出することで他のデータ種、例えば放射線量などと融合して解析する研究を進めており<sup>8,9)</sup>、自然文として記載されたデータについても構造化することで機械学習に適用する研究を実施している<sup>10)</sup>。医療情報の特徴である多種多様なデータ種を適切に取り扱うことは、解析に取り組む基盤として最も重要な要素である。

機械学習を用いた解析では、現状分析か、予測か、それとも対策推奨か、目的に応じて手法を使い分けることが必要となる。また、目的に応じて、用いるべきデータの時間的条件、空間的条件(施設など)、評価指標(出力)定義が異なる。それらは、診療においてどのような意思決定を支援するかという課題定義と直結し

ている。

本研究ではアンケートをベースに有用性評価を行ったが、さらに定量的な評価手法等を検討していく必要があり、説明可能性の向上を目指していきたい。精度検証だけでは確認できない場合が多いため、今後CDSの有用性評価手法について、統一された方法論の確立や評価指標の作成が議論され、学術的にもさらなる検討、発展があることを期待している。

また、CDSを臨床に適用することを想定すると、例えば診療医へ予測アラートを通知すると同時に、関連する画像やバイタルサインも俯瞰的に表示することが適切と考える(図4)。診療意思決定支援は診療フローにおける重要ステップに焦点を絞って支援し、統合表示は診療フロー全体の俯瞰を担うことで、効果的、効率的な診療支援を多面的に実現できる。

医用画像および医療情報を活用し、医療従事者と患者のために「より充実した医療に向かうための知恵」を集約し、それに基づいた数々のソリューションを迅速に提供し続けていくことによって「Made for Life」の具現化を目指している。

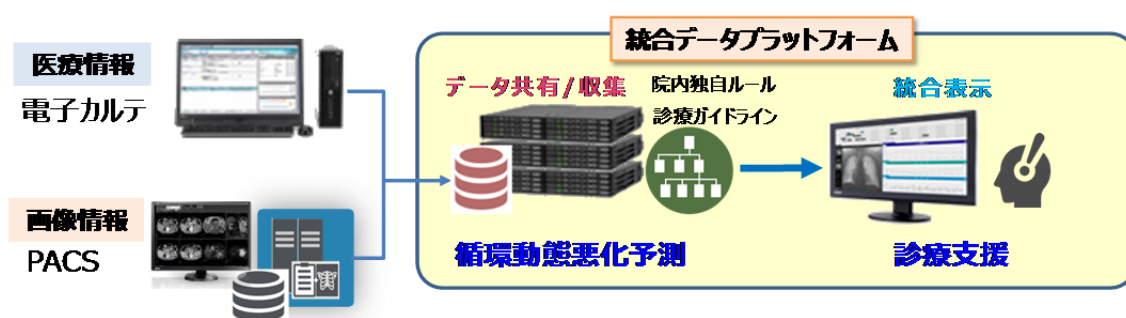


図4 診療支援と統合表示

#### 【参考文献】

- 1) 佐藤 杏莉,狩野 佑介,下西 健太ら. 機械学習を用いたリアルタイム診療イベント予測表示システムによる診療支援の可能性 - 小児循環器領域の場合-. 医療情報学会連合大会 2019.
- 2) 若宮卓也, 野木森宜嗣, 加藤昭生ら. データの変化をとらえる診療支援システムを用いた、心不全の予測. 日本小児循環器学会、2018.
- 3) 若宮卓也, 杉山隆朗, 野木森宜嗣ら. 診療支援システムを用いた急性心不全の予測 ～第 2 報～. 日本小児循環器学会、2019.
- 4) Ribeiro MT, Singh S, Guestrin C. “Why Should I Trust You?” Explaining the Predictions of Any Classifier. KDD 2016.
- 5) Kliegman RM, Stanton BF, St Geme III JW et al. ネルソン小児科学 原著第 19 版. エルゼビア・ジャパン, 2015.
- 6) 仲川薫, 須田亨, 善方日出夫ら. ウェブサイトユーザビリティアンケート評価手法の開発. 第 10 回ヒューマンインターフェース学会紀要, 2001.
- 7) Gunning D. Explainable Artificial Intelligence (XAI) DARPA/I2O Program Update November 2017.DARPA,2017.[https://www.darpa.mil/attachments/XAIProgramUpdate.pdf(cited 2019- Aug-20)].
- 8) M. Nakatsugawa, Z. Cheng, K. Goatman et al. “Radiomic analysis of salivary glands for the prediction of weight loss in irradiated head and neck cancer patients” Radiological Society of North America. 2016.
- 9) M. Nakatsugawa, Z. Cheng, K. Goatman et al. “Radiomic analysis of salivary glands and its role for predicting xerostomia in irradiated head and neck cancer patients”, International Journal of Radiation Oncology Biology Physics Vol. 96, 2016.
- 10) P. Rogalla, B. E. Hoppel, K. Noro et al. "Automated CT Abdominal Imaging Protocol Selection Using a Natural Language Processing and Machine Learning" European Congress of Radiology. 2019.

## 『患者に寄り添う最善な医療技術の発達』

公益社団法人 日本放射線技術学会 第76回日本放射線技術学会総会学術大会  
実行委員長 梁川 範幸



日本画像医療システム工業会(JIRA)様には、格別なご配慮をいただき、また多くのご支援をいただきまして JRC2020の JSRT 実行委員会として心からお礼を申し上げます。

JRC2020は、日本医学放射線学会(JRS)、JSRT、日本医学物理学会(JSMP)、そしてJIRAの4団体により開催される。このJRC2020の読み方を皆さんはご存知でしょうか?「JRC ニイマル ニイマル」と読むよう JRC2020 実行委員会で決定された。細かな決まり事ではあるが、細かな事であるからこそ実行委員会が一枚岩で活動できる。非常に重要なことだと思う。

今回のテーマは「The power of Imaging」、いろんな事が連想され、いろんな事が思い浮かぶはずである。学会の開催テーマは、実行委員会の総意であり、これに立ち向かって行くのである。「The power of Imaging」は、我々放射線技術者にとって患者さんとの繋がりを大事にしないと最善なものは生まれない。我々放射線技術者は、最先端技術を取り入れながら放射線技術学の研究に没頭し、患者さんにとって最善な医療情報や医療技術の提供を行っている。しかし、一番重要なことは、患者さん一人一人にカスタマイズされた情報や技術をしっかり考えることである。つまり、患者さんを中心にした医療の施行である。具体的には、最善な検査や治療を行う上で、患者さんとしっかり向き合いながら、患者さんの声にしっかり耳を傾け、患者さん一人一人にカスタマイズされた医療行為を行うことだと思う。

放射線医療技術の発展は凄まじいものがあり、特に人工知能(AI)を活用した医療技術は、日進月歩の進化を遂げている。AIは、多くのことを学習しその最適な方策を探し出し医用技術に活用する。我々技術者にとって過去データの構築と最大公約数である最適なデータの導き出しをAIは瞬時に行う。コンピュータの処理能力の高さと相乗したAI技術は、放射線技術学をさらに飛躍させたと考える。しかし、私が「最適」と「最善」の言葉を使い分けているのは意味がある。我々が研鑽し熟知した医療行為は、受診する患者さんに評価されるものだからである。AIは我々が管理する過去データから最適な方策を導き出し我々の医療行為を補助するが、我々医療技術者は患者さんが日々変化することを常に意識してその場合に応じた最適なものを見出すことが肝要である。つまり、「最善」な方策は、身近に接する患者さんから得られる情報を元に作りだされる。放射線技術学研究は直接的あるいは間接的に患者さんが最大の最善な医療情報や医療技術を得ることが目的である。故に、我々の研究は最善を目指してエビデンスが構築されるべきと考える。医療技術者は、お互いが切磋琢磨され技術学研究を進めるべきであるが、その最大の目的である患者さんが最善な方策を得ることを忘れてはならないと思う。

このJRC2020は、4団体が集まり英知を結集して1点を目指した大会である。「The power of Imaging」は、患者さんに寄り添った医療技術を提供しながら、患者さんのための最善な方策を見出すことの合言葉である。「The power of Imaging」のために放射線技術学研究を追求すべきである。技術の進歩ばかりに目を向けず、最終的なものを意識して最大のパフォーマンスを発揮できるように研鑽する場をJRC2020は提供する。そんなことを意識しながら、JRC2020を楽しんでいただきたく思う。

最後に JSRT学術委員長の立場からのお願いである。JSRT では春総会時と秋季大会時に JIRA様にご協力いただき、JSRTとJIRAの合同企画であるJIRAワークショップを開催している。会員が直面する話題とされるテーマを絞り、最新情報を提供しながら問題点の解決の方策を導く貴重な討論会である。ぜひともご参集頂きたい。このJRC2020では、PACSの更新時の重要な課題を取り上げた。他の企画も盛りだくさんなJRC2020を堪能して下さい。

(つくば国際大学 医療保健学部 診療放射線学科教授)

## 一般社団法人 日本画像医療システム工業会の概要

### 1. 概 要

#### (1)沿 革

1967年(昭和42年9月) 日本放射線機器工業会創立

1980年(昭和55年12月) 社団法人 日本放射線機器工業会設立認可

1998年(平成10年1月) 社団法人 日本画像医療システム工業会と改称

2012年(平成24年4月) 一般社団法人へ移行

#### (2)英文名と略称

Japan Medical Imaging and Radiological Systems Industries Association  
(略称 JIRA)

#### (3)事 業

(1)画像医療システムに関する規格の作成および標準化の推進

(2)画像医療システムの品質および安全性並びに技術の向上に関する研究調査

(3)画像医療システムの生産、流通および貿易の増進並びに改善

(4)画像医療システムに関する展示会および技術指導等に関する講習会、研究会の開催  
並びに参加

(5)画像医療システムに関する法令、基準等の周知徹底および行政施策への協力

(6)薬機法に基づく継続的研修の実施

### 2. 会 員

JIRAは医用画像を扱う全国的な業界団体で、201社(2020年3月10日)で構成されています。

主な業種は次のとおりです。

医療機器製造・販売業

〃 輸出入販売業

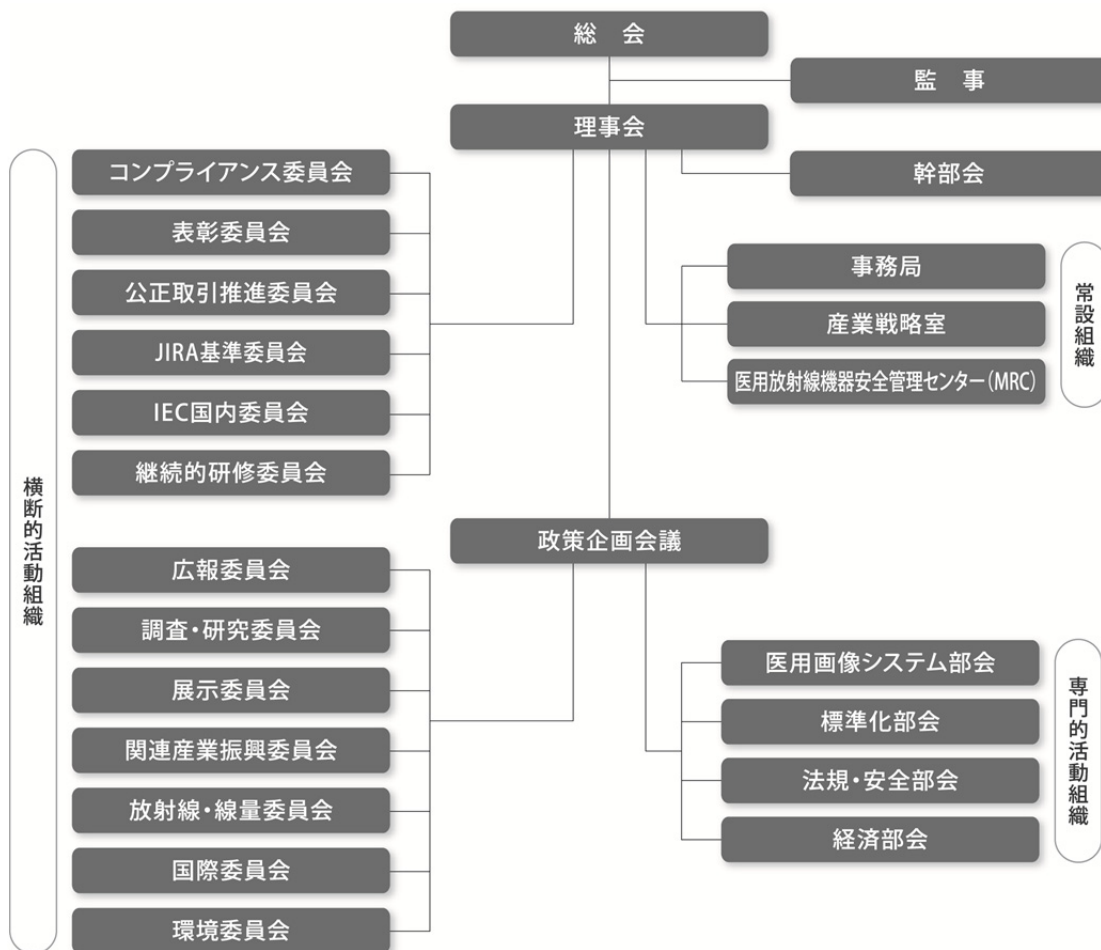
〃 製造および仕入販売業

〃 仕入販売業

### 3. 組織図

新しい医療に貢献する医療機器のシステムを提供し、活性化した創造的な業界を作り出す活動を展開すべく組織を改善して、事業を推進します。





#### 4. 部会・委員会等

##### ○医用画像システム部会

医療情報標準化に関わる国内外の活動に積極的に参画し、規格の普及活動を通じて会員各社の製品開発に寄与します。

- 関連国際規格の提案・審議
- 医療情報標準化の普及・啓発
- 医療情報保護や医療品質向上のための教育
- 工業会規格等の作成

##### ○標準化部会

医用画像診断装置・放射線治療装置・放射線関連装置の標準化に向けて、IEC規格を審議し、JIS化を行います。専門分科会によって、「国際整合を目指す標準化とその普及」に努めます。

- 機器の標準化および JIS原案、工業会規格等の作成
- 関連国際規格の審議
- セミナー開催

##### ○法規・安全部会

JIRA 製品が適切な規制の下で上市や安全性の確保ができるよう、医療機器に関連する法規制の調査・検討と行政への提言を行います。

- 医療機器に関する国内・海外法令制度の調査・検討・普及
- 安全性・品質システムに関する規制の検討
- 関連学会・団体との意見交換および連携

##### ○経済部会

診療報酬および医療保険制度に関する問題点と課題の検討および行政への提言を行います。会員の要望を基本に関係学会・団体等との協調を図り、診断・治療のあるべき評価体系を提言します。

- 診療報酬改定に向けての意見集約と提言
- 医療機器の評価体系の研究と構築
- 医療機器産業のビジョンによる中期展望と行政要望

---

○関連学会・団体との意見交換

---

### ○コンプライアンス委員会

JIRAの各部会等を含めた活動全般のコンプライアンス(法令等遵守)を監督し推進します。研修会等を通して会員会社のコンプライアンス意識向上、コンプライアンス強化のために周知啓発と指導を行います。

### ○公正取引推進委員会

公正にして秩序ある企業活動の推進のため、医療機器業公正取引協議会と協力して、公正競争規約・同運用諸基準の会員各社への普及・実施などを行います。

### ○JIRA基準委員会

JIRAで扱う医療機器に関する規格等の審議と承認を行います。

1. JIS原案 2. 認証基準原案、承認基準原案 3. 認証基準および承認基準で引用する工業会規格

### ○IEC国内委員会

SC62B(画像診断機器)、SC62C(放射線治療、核医学機器および線量計)で扱うIEC規格案の審議を行い、国内意見を集約します。

新業務項目提案を行い、規格化の推進活動も行っています。

### ○継続的研修委員会

医療機器の営業所管理者(販売業・貸与業)および責任技術者(修理業)の遵守義務である継続的研修を JIRA製品等の特徴を踏まえたテキストを作成し全国7都市で研修を開催します。(協賛団体と連携)

### ○広報委員会

JIRAから発信する情報の一元化のため、新聞・雑誌などへの取材対応、資料などの提供およびホームページの運用方法などを決定し、効果的な広報活動を行うことにより、JIRAおよび当業界のPR、イメージアップを図ります。

### ○調査・研究委員会

画像医療システムの市場に関する独自統計を実施するほか、会員各社に影響を与える諸事項の調査・研究を行います。

### ○展示委員会

学会併設展示会を企画運営しています。

1. 国際医用画像総合展 2. 日本核医学会総会併設展示会

### ○関連産業振興委員会

経済環境、技術環境等の外部環境の変化に柔軟かつ迅速に対応し、JIRA関連産業(モダリティ機器、ソフトウェア、周辺機器、関連用品、関連工事、測定管理、保守サービス等)の発展振興のための施策を企画、推進します。

### ○放射線・線量委員会

放射線医用機器および関連機器による線量の管理や低減について関係諸団体等と連携して推進します。

1. 医療被ばくに関する国内外の関連情報の収集/分析および課題の明確化 2. 課題解決に取り組む為の対応方針の提示 3. 関連団体との協力関係の構築、意見調整および連携

### ○国際委員会

医療機器に関わる海外事業を推進するために必要な情報の収集、分析および海外の関係団体等との連携による活動を行っています。国際活動に関しては、米国の NEMA-MITA、欧州の COCIR と DITTA を設立し、世界各国の政府機関、WHO や世界銀行等の国際的機関、国際的な規制当局のフォーラム(IMDRF)と連携を深め、国際的課題の解決、医療機器規制の収斂を目指した活動を推進しています

### ○環境委員会

化学物質規制、エネルギー効率、リサイクルなどの環境規制に関しての情報収集や動向調査を行うと共に、関連団体と連携し提言活動を行います。

1. 医療機器の輸出等に影響する欧州化学物質規制(RoHS、REACH)などの世界的な環境規制について関連工業会と連携しながら情報の収集・発信 2. 関連団体等と連携し各国環境法規制動向調査 3. 医療機器に関連する各国環境規制の(仮)翻訳及び環境セミナー開催

---

### ○産業戦略室

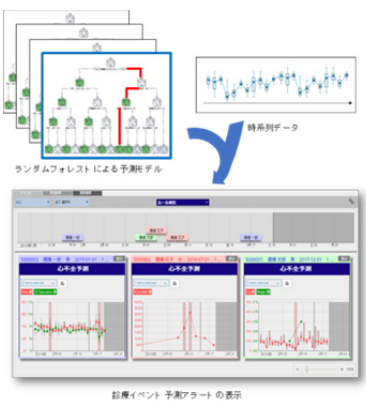
行政・経済・環境・社会・技術など外部環境変化を踏まえ、画像医療システム産業の成長促進のため、産業ビジョン・戦略の策定、データベースの整備、実態調査・分析などを推進し、行政への迅速対応、ステークホルダーへの情報発信・提言活動を行っています。

### ○医用放射線機器安全管理センター(MRC)\*

医用放射線機器などの安全性・有効性を確保するために、保守点検業務を実施できる一定レベル以上の知識と能力を持った点検技術者の育成を図ります

\*MRC: Medical Radiation Facilities Safety Administration Center

表紙写真の解説



診療イベント予測表示システムのアラート画面例。画面上部には複数患者の直近のアラート履歴が同一時間軸上に表示される。画面下部の詳細データエリアでは、1つのボックスが1患者に対応し、診療イベント予測に対する寄与率上位の診療データのグラフを表示している。赤でハイライトされた領域が、ランダムフォレストにより構築されたモデルに診療の時系列データを適用して予測されたアラート発生期間を意味する。なお、画面で表示しているデータはテスト用患者データである。

編集後記

新型コロナウイルス感染症(COVIC-19)の影響で、今まで経験したことがない不安と慌たしさで、冬から春が過ぎております。

本号では、第76回日本放射線技術学会総会学術大会大会長の奥田保男先生に“巻頭言”、実行委員長の梁川範幸先生に“医療の現場から”を、ご執筆いただきました。厚く御礼申し上げます。

JRC2020 が Web 開催になったことにより、会場での本誌配布はできませんでしたが、ホームページ掲載に加えてJSRT地方支部などで冊子として配布予定です。

この未曾有の難局に対し、日本全体がワンチームとなって向かっていけば、必ず乗り切って行けると信じております。

(長東 澄也 記)

JIRAテクニカルレポート 2020. Vol.30 No.1(通巻第58号)

2020年3月発行

編集 (一社)日本画像医療システム工業会 広報委員会 技術広報専門委員会

委員長	岩木 健	富士フイルム(株)
副委員長	長東 澄也	コニカミノルタ(株)
委員	大野 孝	(株)ジェイマックシステム
〃	後藤 康則	キヤノンメディカルシステムズ(株)
〃	田中 和巳	(株)島津製作所
〃	前田 賢	(株)マエダ
〃	村地 正行	(株)三協
オブザーバー	古屋 進	(株)三協
事務局	横田 則昭	(一社)日本画像医療システム工業会
〃	植村 秀記	〃

発行 一般社団法人 日本画像医療システム工業会

〒112-0004 東京都文京区後楽 2-2-23 住友不動産飯田橋ビル 2号館 6階  
TEL. 03-3816-3450 http://www.jira-net.or.jp

(本誌の無断複写・複製・転載を禁じます。本誌署名記事の文責は署名者にあります。)

**JIRA**

<http://www.jira-net.or.jp>

本誌のPDF版は日本画像医療システム工業会の以下のサイトに登録されていますので、ご覧いただければ幸いです。

JIRAホームページ 刊行物—テクニカルレポート  
[http://www.jira-net.or.jp/publishing/technical\\_report.html](http://www.jira-net.or.jp/publishing/technical_report.html)

