

## 富士フィルムの AI 技術「REiLI」の開発最前線

～ 「SYNAPSE SAI viewer」 「SYNAPSE VINCENT」 ～

富士フィルムメディカル株式会社  
ITソリューション事業部 大島 俊介

# FUJIFILM

Value from Innovation

当社は、医療現場のワークフロー支援を中心とした AI 技術の開発を多角的に進め、さまざまな領域で活用できる AI 技術を「REiLI」というブランド名称で展開している。昨年は、今後、画像診断医向けに実用化していくさまざまな AI 技術を活用して設計した機能を搭載するプラットフォームとして、新しい読影ビューワ「SYNAPSE SAI viewer (以下、SAI viewer)」の販売を開始している。

本稿では、SAI viewer V1.3 の画像解析オプションとして 2020 年 6 月から販売を開始した、胸部 CT の読影ワークフロー支援機能である「肺結節検出機能」「肺結節性状分析機能 (所見文生成) 機能」、また 3D 画像解析ソリューションである SYNAPSE VINCENT (以下、VINCENT) に搭載している AI 技術を用いて設計した臓器セグメンテーション機能について、解析アプリケーションを例に用いて紹介する。

### 1. 【SAI viewer】

#### 1-1 「肺区域ラベル」～胸部 CT 領域における臓器セグメンテーション～

依頼医に提供する画像診断報告書に、肺葉 (上葉・中葉・下葉)、および肺区域 (S○) といった病変部の箇所を記載することは一般的である。画像診断医は、横断像を頭尾方向に観察しながら、区域気管支をメルクマールとして肺区域を推定する。SAI viewer の最新バージョンでは、従来の肺野全体のセグメンテーションに加え、右肺 10 区域、左肺 8 区域の計 18 区域を認識する肺区域ラベル機能を搭載した (図 1)。

後述する肺結節性状分析機能は、肺区域ラベル結果とユーザーが指定した肺結節抽出の位置を考慮した所見文候補を提示する。

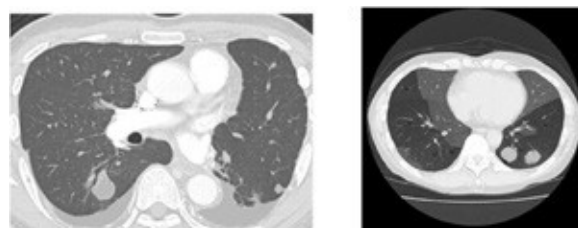


図 1 肺野領域全体の抽出例、および肺区域のラベリング例

#### 1-2 「肺結節検出機能」～画像診断医の見落とし防止をサポート～

胸部 CT 画像の読影では、肺尖部から肺底部、上腹部の一部 (肝臓・脾臓・十二指腸など) の読影を行い、異常箇所の有無を確認後、画像所見を記載するが、小病変・淡い結節・肺血管に隣接した結節など検出に注意を要する結節影や、時には救命救急領域で偶発的に認められる異常所見も存在し、これらを見落としなく検出することは高い集中力を必要とされる。一方で、CT 検査数は年々増加し、また CT 装置の高性能化に伴い、1 検査当たりの撮影画像数が増加していることから、画像診断医の負担は増え続けている。このような背景から、肺結節の見落としを防止する目的としてディープラーニング技術を用いて設計した肺結節検出機能を開発し、薬機法における医療機器の承認を取得した (図 2)。肺結節候補が検出されると、画像のページングを行うスライダーバーにくさび状のマークが表示される。各マークをクリックすると、肺結節候補が存在するスライ

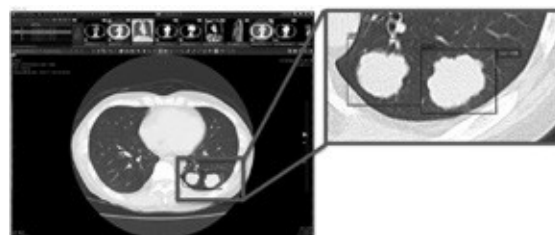


図 2 SAI viewer 上で肺結節候補の検出結果を表示 (左図: 画面全体、右図: 検出箇所の拡大画像)

スが表示される。前後のスライス間の連続性を認識して肺結節を検出するため、断層画像だけでは見分けが付きにくい、血管に付着した結節などの検出も可能である。

### 1-3「肺結節性状分析機能」～画像所見作成の負担軽減～

本機能は、肺結節の性状を分析した結果を表示するとともに、対象の所見文候補を提示することで、画像診断医の所見文作成を支援する。医師が指定した肺結節に対して本機能を実行すると、辺縁部の形状、内部構造（石灰化・脂肪の有無）など、画像所見として記載すべき特徴量が性状分析結果として表示される。また、自然言語処理技術によって、性状分析結果・病変の長径・および臓器セグメンテーション技術により抽出した肺区域ラベリング結果を基に、所見文候補を複数提示する。

画像診断医は提示された所見文候補を選択し、必要に応じて修正を行った上で「SYNAPSE Result Manager」などの当社レポートシステムに転記することができる（図3）。



図3 性状分析結果と SYNAPSE Result Manager の記入画面

## 2. 【VINCENT】

### 2-1 膵臓領域を中心としたシミュレーション画像～膵臓抽出～

膵頭部付近に発生した腫瘍には膵頭十二指腸切除、膵体部・膵尾部に発生した腫瘍には膵体尾部切除が標準的な根治治療になる。

膵臓は後腹膜腔に属しているため、体内の深部に位置している、また腹部大動脈や腸管を栄養する上腸間膜動脈、肝臓を栄養する固有肝動脈・門脈など、臓器を栄養する重要な血管と近接していることもあり、高難度の手術手技に区分される。

そのため、術前に病変部を含めた解剖学的情報の把握のため3D表示の作成を求められることがある（図4）。

しかし、実際に3D表示を作成する場合、3次元の構造が複雑である膵臓の抽出には多大な労力・時間が必要となり、膵臓の外科的切除の適用可否を検討するために、この時間を捻出するのは外科医にとって容易ではない。そこでV6では、鏡視下シミュレータアプリケーションに、1クリックで膵臓を抽出する機能を実装している（図5）。このような複雑な形状の臓器抽出は、ルールベースの機械学習を用いた手法では精度限界があった。この問題の改善を狙い、本バージョンではディープラーニングを用いて設計した膵臓抽出機能に更新している。

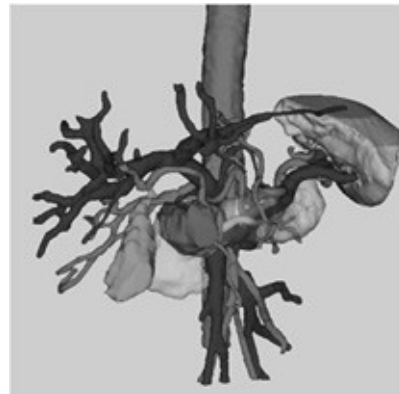


図4 膵臓を中心としたシミュレーション画像例

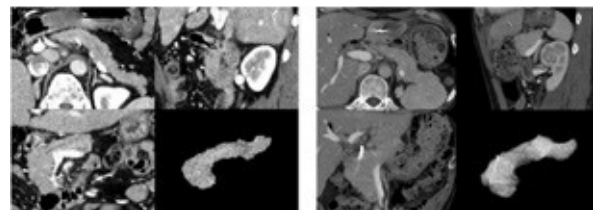


図5 膵臓抽出の画像例

### 2-2 肝臓解析（CT）～門脈・肝静脈抽出～

2008年の診療報酬改定で、画像など手術支援加算が制定されて10数年経過している。K695 肝切除術、K695-2 腹腔鏡下肝切除術、K697-4 移植用部分肝採取術（生体）に対して、当該技術の補助により手術が行われた場合に算定するものである。本加算は現在、さまざまな施設で利用されており、主に消化器外科・放射線科・医事課の医療従

事者がうまく連携をすることにより実現している。

VINCENTではこれまで、消化器外科の医師から実際の手術手技に耳を傾け、診療放射線技師からは肝臓領域のダイナミックCT撮影技術についてヒアリングを実施し、肝臓解析アプリケーションのユーザビリティの向上に努めてきた。しかし、手術シミュレーションで利用するCT画像の画質は、診療放射線技師の撮影技術のみでは制御できないこともあり、さまざまな濃度コントラストおよびノイズパターンを持つ医療画像が実際に利用されている。脾臓抽出と同様に、これまでのルールベースの機械学習アルゴリズムでは、一定レベルの抽出性能に達した後の性能向上には限界があった。

V5の最新バージョン、およびV6では肝臓・下大静脈・門脈・静脈に対してディープラーニングを用いて設計した臓器抽出機能を追加した(図6)。

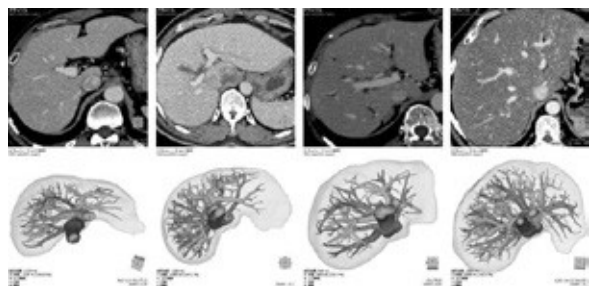


図6 肝臓、下大静脈、門脈、肝静脈抽出例

### 2-3 嚢胞腎解析 ～ 腎臓抽出(単純CT) ～

常染色体優性多発性嚢胞腎疾患用の内服薬として大塚製薬創製の「サムスカR」が挙げられるが、サムスカRの添付文書に効能・効果に関連する使用上の注意として、両側総腎容積が750ml以上、腎容積増大速度が概ね5%/年以上といった、腎臓の容量に関する注意事項が記載されている。

従来の抽出法では、単純CT画像から嚢胞を含む腎臓領域において、ユーザーが指定した腎臓の長径をベースに、腎臓は楕円球のような形状をしていることを仮定した腎領域抽出を行っていた。しかし、ユーザーが設定する長径箇所により抽出結果に差がでるため、再現性の低下という点で問題を抱えていた。最新のバージョンでは、ディープラーニングを用いて設計した臓器抽出機能を実装し、ユーザー操作介入なしで、嚢胞を含む腎臓領域を認識するように改良している。これにより

腎臓体積の増加、減少率の管理を客観的に行うことができ、その結果も嚢胞腎解析のレポートとして出力することができるようになっている(図7)。

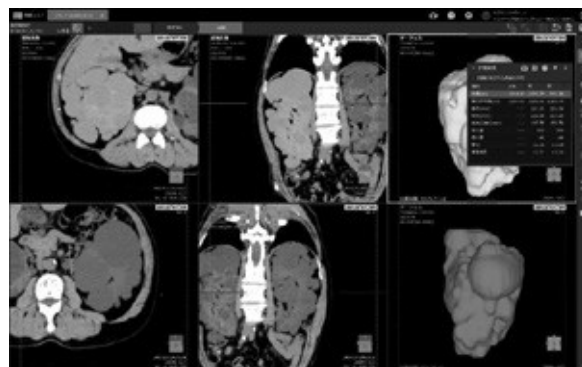


図7 嚢胞腎解析画面

### 3. 【さいごに】

富士フィルムは、医療画像診断支援、医療現場のワークフロー支援、そして医療機器の保守サービスに活用できるAI技術の開発を進め、このAI技術を、「REiLI(レイリ)」というブランド名称で展開している。今後もAI技術を多方面に活用することで、臨床現場の医師にとっても、患者にとっても役に立つ技術を世の中に提供していきたい。

※「SYNAPSE SAI viewer」は以下の医療機器を含む製品の総称です。

- ・SYNAPSE SAI viewer 用画像表示プログラム  
販売名：画像診断ワークステーション用プログラム FS-V686 型  
認証番号：231ABBZX00028000
- ・SYNAPSE SAI viewer 用肺結節検出プログラム  
販売名：肺結節検出プログラム FS-AI688 型  
承認番号：30200BZX00150000
- ・SYNAPSE SAI viewer 用画像処理プログラム  
販売名：画像処理プログラム FS-AI683 型  
認証番号：231ABBZX00029000
- ※「肺結節性状分析機能」は「SYNAPSE SAI viewer 用画像表示プログラム」の機能の一部として薬機法における医療機器の認証を取得。
- ・ボリュームアナライザー SYNAPSE VINCENT  
販売名：富士画像診断ワークステーション  
FN-7941 型  
認証番号：22000BZX00238000

AI技術の活用で、先進の画像診断へ。

新しいプラットフォーム SYNAPSE SAI viewer



 **REiLI**  
Medical AI Technology

**SYNAPSE**  
SAI viewer

## 画像診断をサポートする SYNAPSE SAI viewer の4つの進化

### 読影ビューワ機能

#### 読影基本機能が進化

検査を選択し画面にレイアウトするなど、繰り返し行う操作をよりシンプルに使いやすく進化しました。

#### 3D表示機能が進化

1つのウィンドウ画面内で2Dと3D表示(VR、MIP、MPR)を組み合わせた読影が可能になりました。

#### レポートシステムとシームレスに進化

マウスや視線の移動を極力減らすことで、効率的なレポートをサポートします。

### 画像解析オプション

#### Deep Learning 技術の活用で画像解析が進化

Deep Learning 技術の活用で、臓器認識がレベルアップ。その結果、椎体番号を自動でラベリング表示する機能や、画像中から骨を除去することにより石灰化や血管の走行の視認性を高める機能で読影ワークフローを支援します。

※画像解析オプションは、別途画像解析サーバが必要です。

SYNAPSE SAI viewer (販売名: 画像診断ワークステーション用プログラム FS-V686 型 認証番号: 231ABBZX00028000 号)  
SYNAPSE SAI viewer 用画像処理プログラム (販売名: 画像処理プログラム FS-AI683 型 認証番号: 231ABBZX00029000 号)

# <sup>99m</sup>Tc-HMDP を用いた骨 SPECT 定量解析ソフトウェア GI-BONE の紹介

日本メジフィジックス株式会社  
マーケティング部 辻 寿二



## 1. はじめに

骨シンチグラフィは、骨代謝を評価する検査法として転移性骨腫瘍などさまざまな骨疾患に用いられる。その撮像法は前面後面の全身プラナー像が基本であるが、解剖学的な位置、あるいは集積部位の空間的広がり不明瞭である場合、斜位像や断面像 (SPECT) が追加される。骨全身プラナー像に SPECT を併用することで特異度の向上が認められ<sup>1)</sup>、解剖学的位置の不明瞭な集積に関して SPECT の併用が望ましいとされている<sup>2)</sup>。骨・関節の SPECT 検査件数はその有用性からも年々増加している<sup>3)</sup>。

近年では SPECT/CT 装置が普及し、2020 年 1 月 1 日現在で 400 台以上が導入されている<sup>4)</sup>。SPECT/CT 装置の登場によって解剖学的な形態情報を付加した融合画像が得られ、質的診断の向上が実現された。加えて再構成アルゴリズム、CT 画像を利用した減弱補正・散乱補正・分解能補正など、技術の発展がこれまで非定量的とされてきた骨 SPECT の定量解析を可能とした。従来の視覚的な定性評価から客観的かつ再現性の高い定量評価への転換の意義は大きく、エビデンス構築に重要であると考えられ、治療効果判定、予後予測に関するバイオマーカーとしての可能性を有している。最新の SPECT/CT 装置では定量機能を備えた機種も登場している。しかしながら多くの装置では定量化は困難である。

## 2. GI-BONE の特徴

弊社では核医学画像解析ソフトウェア medi+ FALCON の管理医療機器の認証を取得し、提供している。GI-BONE は <sup>99m</sup>Tc-HMDP を用いた骨 SPECT/CT 画像の定量解析ソフトウェアであり、「medi+ FALCON」に含まれる。

medi+ FALCON GI-BONE  
管理医療機器  
一般名称：汎用画像診断装置ワークステーション用プログラム  
販売名：核医学画像解析ソフトウェア  
medi+ FALCON  
認証番号：301ADBZX00045000

GI-BONE を用いることで汎用 SPECT/CT 装置においても種々の SUV (Standardized Uptake Value) と Volume based parameters が算出でき、定量解析が可能となる。

## 3. GI-BONE の機能

### 3-1 骨 SPECT 画像の SUV 変換 (機能画像の数値化)

SUV は収集時間、投与量および重量定数 (体重など) で正規化された集積強度であり、以下の式で求めることができる。

$$SUV = \frac{\text{減衰補正されたVOI内放射能(Bq/mL)}}{\text{投与された放射能(Bq)/重量定数(g)}}$$

使用する装置の BCF (Becquerel Calibration Factor) 値をあらかじめ測定し、GI-BONE に入

力すると SPECT 画像のピクセル値がカウント (counts/pixel) から放射エネルギー (Bq/mL) にスケール変換される。組織の放射エネルギーは投与した放射エネルギーと体重で補正されて SUV 表示される。

### 3-2 画像表示機能 (視覚的な情報の提供)

骨 SPECT 画像は GI-BONE の Registration 機能により、2 検査の画像が自動的に位置合わせされる。解剖学的な形態画像 (CT) との融合 (Fusion 画像)、MIP (最大値投影法) 表示により立体的な集積位置が把握できる。

### 3-3 計測値の変化表示 (数値比較による客観的な評価)

GI-BONE では治療前後など、2 検査分の解析により、計測指標の変化を比較することが可能である。

### 3-4 GI-BONE で得られる種々の計測指標

GI-BONE では SUV の正規化単位を体重 (SUVbw)、除脂肪体重 (SUVl<sub>bm</sub>)、日本人除脂肪体重 (SUVj<sub>l<sub>bm</sub></sub>)、骨ミネラル量 (SUVbone) より選択できる。また VOI に対して SUVmean、SUVmax、SUVpeak が計測される。

Volume Based Parameters を算出でき、薬剤の集積体積である MBV (Metabolic Bone Volume)、SUVmean に MBV を乗じた TBU (Total Bone Uptake) を求めることができる。

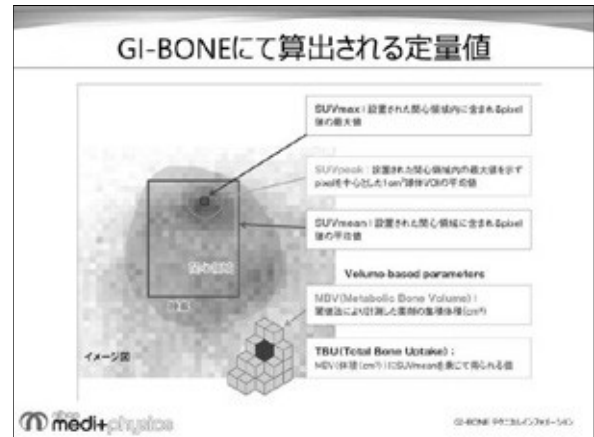


図1 GI-BONEにて算出される定量値

### 3-5 結果画像

結果画面には 2 検査の画像を処理した VOI 定量値の変化がグラフで表示され、画像上の VOI も変化率の割合によって配色される。MBV、SUVpeak および TBU の変化率 [%] が算出される。

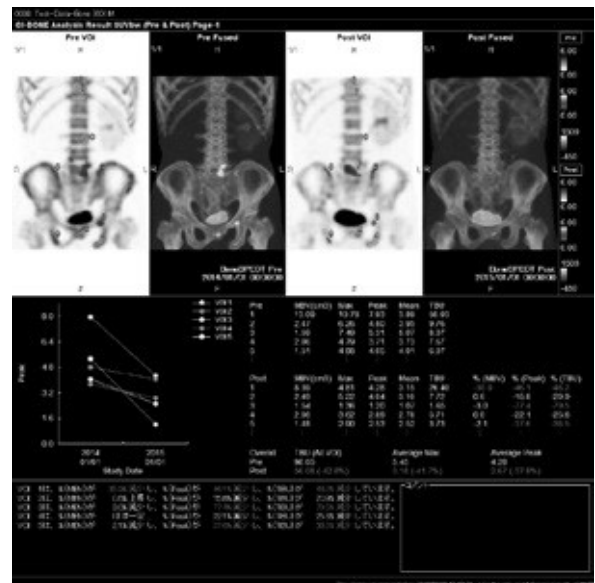


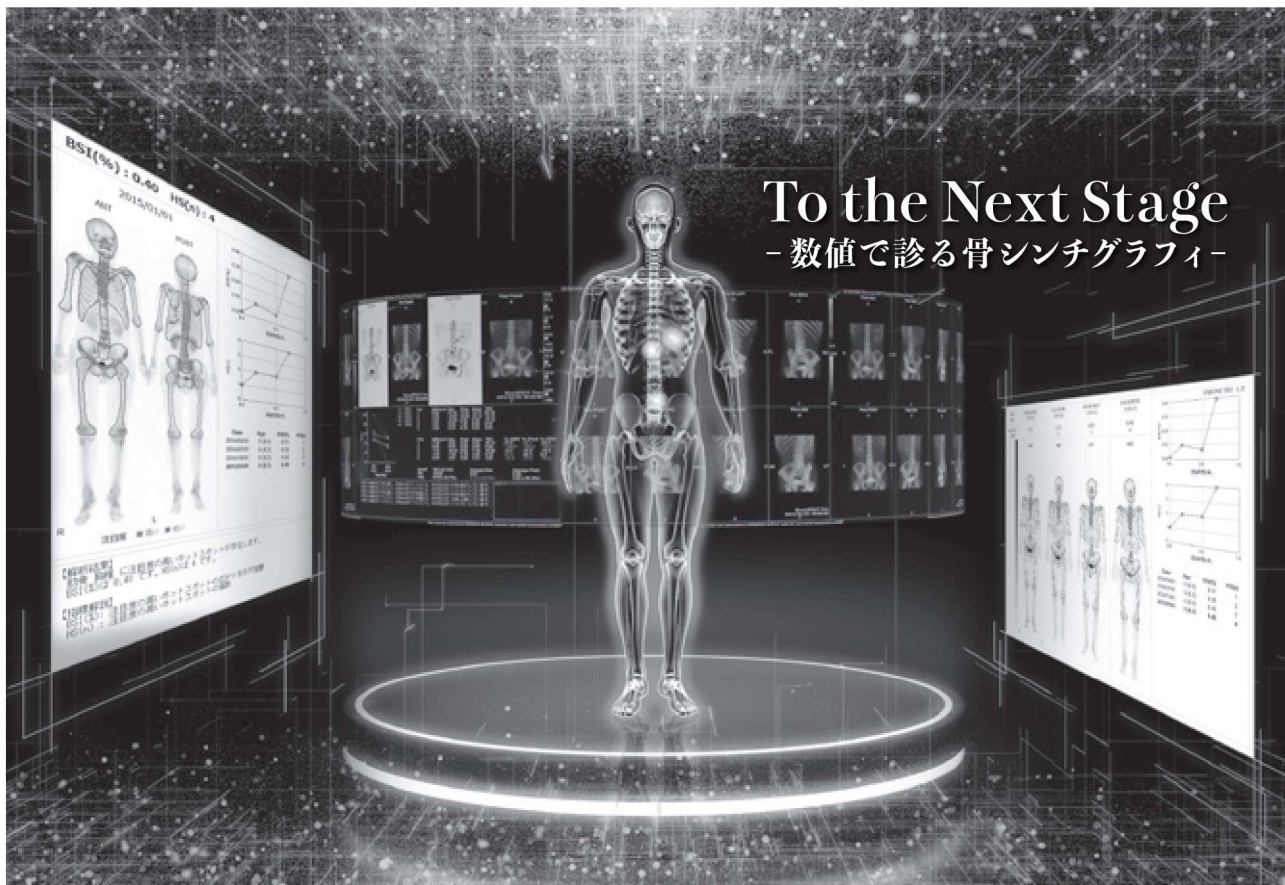
図2 GI-BONEの結果画像

#### 4. さいごに

定量値のTBUは、MBVと共に Skeletal Tumor Burdenとして臨床的有用性の検証研究が行われており、これまで学会発表や論文掲載などの報告がなされている。日本核医学技術学会 SPECT 標準化委員会より骨 SPECT 撮像の標準化に関するガイドラインが公表されており、骨 SPECT のさらなる普及が見込まれる<sup>5)</sup>。GI-BONEを用いた骨 SPECT 画像の定量評価による臨床的インパクトの高いエビデンスの蓄積に期待したい。

#### 5. 引用文献

- 1) Yang HL, Liu T, Wang XM, et al. Diagnosis of bone metastases: a meta-analysis comparing <sup>18</sup>F-FDG PET, CT, MRI and bone scintigraphy. Eur Radiol 2011; 21: 2604-2617.  
<https://dx.doi.org/10.1007/s00330-011-2221-4>  
PMID: 21887484
- 2) 骨転移診療ガイドライン, 日本臨床腫瘍学会編, 南江堂, 東京, 2015.
- 3) 日本アイソトープ協会医学・薬学部会 全国核医学診療実態調査専門委員会. 第8回全国核医学診療実態調査報告書. RADIOISOTOPES 2018; 67: 339-387.  
<https://dx.doi.org/10.3769/radioisotopes.67.339>
- 4) SPECT・SPECT/CT 設置施設名簿, 月刊 新医療 2020; 47 (3): 121-127
- 5) 日本核医学技術学会 SPECT 標準化委員会. 骨 SPECT 撮像の標準化に関するガイドライン 1.0. 核医学技術 2017; 37 (4): 517-530.



## To the Next Stage - 数値で診る骨シンチグラフィ -

処方箋医薬品<sup>(注)</sup>

放射性医薬品・骨疾患診断薬

薬価基準収載

# クリアボーン®注

放射性医薬品基準ヒドロキシメチレンジホスホン酸  
テクネチウム (<sup>99m</sup>Tc) 注射液

**【禁忌】(次の患者には投与しないこと)\***  
本剤の成分に対し過敏症の既往歴のある患者

### 効能又は効果

骨シンチグラムによる骨疾患の診断

### 用法及び用量

通常、成人には555~740MBqを肘静脈内に注射し、1~2時間の経過を待って被検部の骨シンチグラムをとる。年齢、体重により適宜増減する。

### 使用上の注意

#### 1. 重要な基本的注意

診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合のみ投与することとし、投与量は最少限度にとどめること。

#### 2. 副作用

臨床試験及び使用成績調査(全12401例)において副作用が認められた例はなかった(再審査終了時)。

##### (1) 重大な副作用\*

ショック、アナフィラキシー(頻度不明): ショック、アナフィラキシーがあらわれることがあるので、観察を十分に行い、呼吸困難、血圧低下、発疹等の異常が認められた場合には、適切な処置を行うこと。

#### (2) その他の副作用

	頻度不明*
過敏症	発疹、そう痒感、顔面潮紅、発赤
消化器	嘔吐、悪心、食不振
循環器	チアノーゼ、血圧低下、徐脈、動悸
精神神経系	てんかん様発作、耳閉感、頭痛、めまい、ふらつき
その他	発熱、気分不良、冷汗、四肢しびれ

※自発報告につき頻度不明

#### 3. 高齢者への投与

一般に高齢者では生理機能が低下しているので、患者の状態十分に観察しながら慎重に投与すること。

#### 4. 妊婦、産婦、授乳婦等への投与

妊婦又は妊娠している可能性のある婦人及び授乳中の婦人には、原則として投与しないことが望ましいが、診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合のみ投与すること。

#### 5. 小児等への投与

小児等に対する安全性は確立していない(現在までのところ、十分な臨床成績が得られていない)。

#### 6. 適用上の注意

骨盤部読影の妨害となる膀胱の描出を避けるため及び膀胱部の被曝を軽減させるため、撮像前後できるだけ排尿させること。

#### 7. その他の注意

(1) (社)日本アイソトープ協会医学・薬学部放射性医薬品安全性専門委員会の「放射性医薬品副作用事例調査報告」において、まれにアレルギー反応(発赤)、その他(悪心、発汗など)があらわれることがあると報告されている。

(2) 本剤は、医療法その他の放射線防護に関する法令、関連する告示及び通知等を遵守し、適正に使用すること。

\*2015年6月改訂(第9版)添付文書に基づく

### 包装

555MBq、740MBq

詳しくは添付文書をご参照ください。

®: 登録商標

注) 注意-医師等の処方箋により使用すること

資料請求先  
**日本メジフィジクス株式会社**

〒136-0075 東京都江東区新砂3丁目4番10号

製品に関するお問い合わせ先 ☎ 0120-07-6941

弊社ホームページの“医療関係者専用情報”サイトで  
SPECT検査について紹介しています。

<https://www.nmp.co.jp> 2019年11月作成



## 「AI時代の“Next Standard”技術」

～ Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE) ～

キヤノンメディカルシステムズ株式会社  
 関東支社 営業推進部 MRI担当 萩原 友基



### 1. はじめに

人工知能 (Artificial Intelligence : AI) 技術の医療への適用が、診断支援を中心としてさまざまな領域で進められている。さらに近年では AI の中でもさらに進んだ技術である Deep Learning Reconstruction (DLR) が注目を集めている。このような背景の中でキヤノンメディカルシステムズは、2019年7月にディープラーニングを用いたノイズ除去再構成技術「Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE)」を世界に先駆けて3テスラMRI装置「Vantage Centurian」に搭載した。

### 2. DLR-MRI

#### 2-1 MRI 高速化技術の歴史

MRI 高速化技術の歴史は、1990年代のシーケンスによる時間短縮として高速化シーケンスの誕生、2000年代の受信コイルによる時間短縮として Parallel imaging の誕生、2015年のデータ圧縮による時間短縮として Compressed sensing が誕生してきた。そして2019年には高速化技術として DLR-MRI が誕生した (図1)。DLR-MRI は、AI の中でも革新的な技術として注目されている DLR を使用している。DLR はディープラーニングによって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解析しモデル化させることで、新たに得られた画像からノイズ成分のみを選択的に除去できる技術である。その結果、高精度なノイズ除去を実現できるため高 SNR を得られ、かつ撮像時間の短縮ができる。



図1 MRI 高速化技術の歴史

#### 2-2 DLR-MRI のメリット

DLR-MRI の大きな特長は、従来のフィルターとは異なり、高精度なノイズ除去が行える点である。DLR は一般的なスムージングフィルターに比べてノイズ除去に伴う画像の劣化が小さく、画像にボケが生じることなくノイズだけを選択的に除去することができる (図2)。

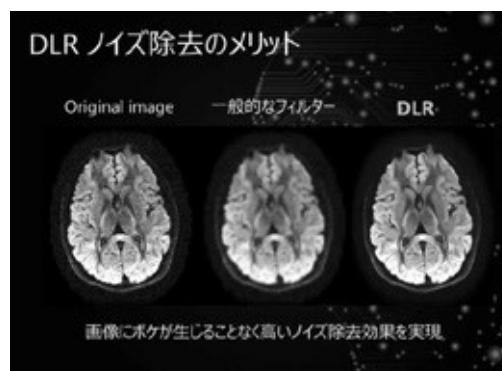


図2 DLR ノイズ除去のメリット

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

キヤノンメディカルシステムズは「次世代の超高分解能イメージングの実現」を目的として、いち早く DLR 技術の開発に取り組み2018年3月から熊本大学やボルドー大学をはじめとする国内外の複数の大学と臨床評価を進めてきた。その成果として、世界で初めてMRI装置用のDLR技術を製品化したものが「AiCE」である。

3-1 AiCE の特長

①高い SNR 改善効果

AiCE のノイズ除去効果として、頭部高分解能撮像に適用した例を図 3 に示す。MRI では撮像時間と分解能、SNR にはトレードオフの関係があり、分解能向上のために収集マトリックスを増加させるほど撮像時間は延長し、SNR は低下する。1024x1024 マトリックスの高分解能画像では加算回数 (NAQ) 1 回では十分な SNR を確保することができず、加算回数 (NAQ) 10 回で 17 分程度の撮像時間をかけなければ観察可能な画像を得ることができなかった。しかし、AiCE を適用することで加算回数 1 回の画像は加算回数 10 回相当の SNR が確保できている。

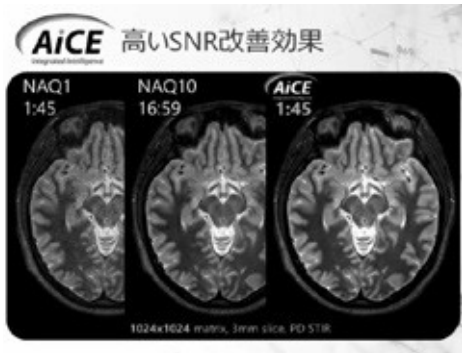


図 3 頭部高分解能画像への AiCE 適用例

また、AiCE の SNR 改善効果検証では、最大 3.2 倍の SNR 向上を得られることが示されており、理論上加算回数 10 回相当の SNR とよく一致する (図 4)。そのため 1.5T と比較した 3T の SNR が理論上 2 倍であることから、1.5T に AiCE を適用することで 3T を超える SNR を得られる。

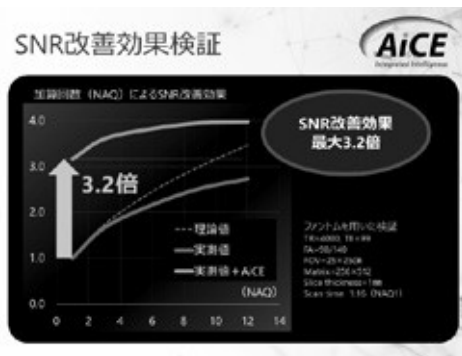


図 4 SNR 改善効果ファントム実験

そのため図 5 のように、3T と同等条件で撮像した 1.5T の画像に AiCE を適用することで、3T

の画像に匹敵する SNR を実現することができる。



図 5 同等条件での 3T と 1.5T 画像比較

②高精度のノイズ除去効果

AiCE の 2 つ目の特長として、ノイズ以外の信号値を変動させないことがある。一般的なスムージングフィルタではノイズ除去に伴う画像の劣化が大きいため、オリジナル画像との差分においては実質信号の大きな変動が観察される。一方、AiCE では差分画像でノイズ成分のみが観察される (図 6)。つまり AiCE は高精度のノイズ除去能力を有しながら、ノイズ以外の信号値は変動させないことが分かる。そのため解析画像にも適用可能であり解析精度の向上も期待できる。

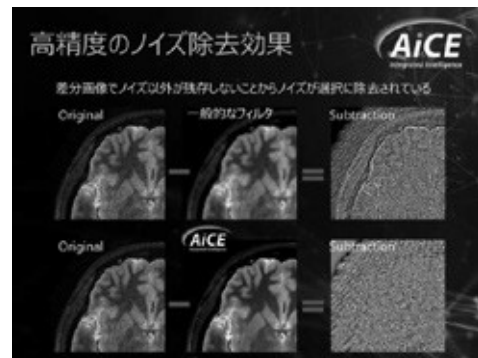


図 6 AiCE ノイズ除去効果

③高い汎用性

一般的にディープラーニングでは①学習していないものは最適化できない②最適化には膨大なデータ学習が必要③多種データを混ぜると精度が低減する 一などの問題があり、どのように学習させるかが最終的な精度に大きく依存する。特に、MRI は画像の種類が非常に多く、検査部位や受信コイル・撮像シーケンス・撮像条件・高速撮像との併用などによって学習パターンが多くなりすぎるため、これらの問題に最も直面しやすい。

そのため AiCE では、ディープラーニングの学習方法の問題を解決するために、ノイズが含まれる高周波成分のみを分離して学習させている (図7)。画像種により変動する低周波成分を学習ネットワークから除外することで、画像種依存のない学習を行うことが可能であり、検査部位や受信コイル、撮像条件の制約もなく汎用性が高い。また、学習方法を k-space ベースではなくイメージベースの学習を行うことで、さまざまなシーケンスや高速撮像との組み合わせが可能である。

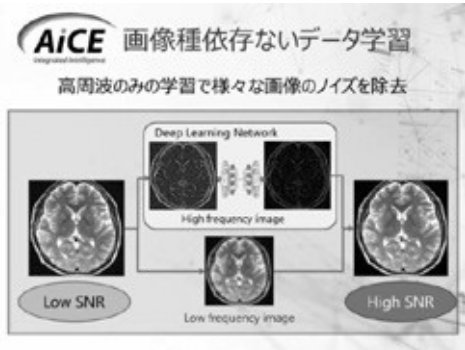


図7 AiCE データ学習方法

### 3-2 AiCE の臨床有用性

高分解能画像においても AiCE により加算回数を増やすことなく SNR を確保することができ、限られた臨床検査枠の中で撮像可能になる。図8は海馬高分解能撮像への AiCE 適用例である。0.15x0.15mm と非常に高い面内分解能とスライス厚 2mm という条件のため、通常撮像時間を7分近くかけても海馬領域の微細な構造がノイズにより明確に確認することはできない。しかし、AiCE を適用することで解剖学的な構造を保ったままノイズを除去でき、海馬内の低信号帯をはっきりと確認することができる。

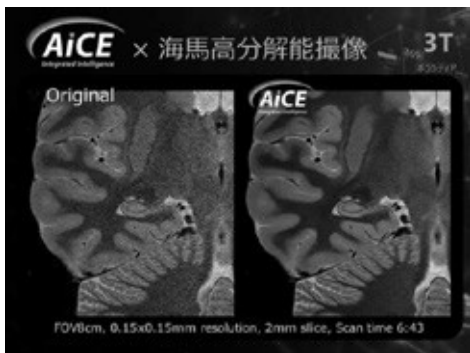


図8 海馬高分解能撮像への AiCE 適用

また、AiCE はパラレルイメージング法や圧縮センシング技術 Compressed SPEEDER (CS) といった高速撮像との組み合わせることで高い次元の高速化も実現できる。図9は AiCE と CS を組み合わせて、従来の分解能を保ったまま短時間化した腰椎画像である。CS が撮像時間の短縮を行い、短時間化により増加したノイズを AiCE でノイズ除去を行うことで、短時間と高画質を高い次元で両立する。

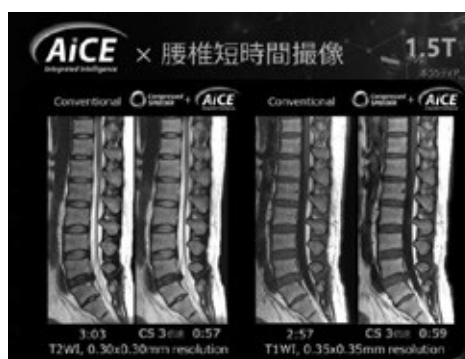


図9 腰椎短時間撮像への AiCE 適用

### 4. さいごに

AiCE の製品化は 2019 年 7 月に販売を開始したハイエンドクラスの 3 テスラ MRI 装置「Vantage Centurian」への搭載を皮切りに、現在では 3 テスラ MRI 装置「Vantage Galan 3T」および 1.5 テスラ MRI 装置「Vantage Orian」へと展開している。また 2020 年 8 月に新たに AiCE を搭載した 1.5 テスラ新装置「Vantage Gracian」が販売開始をして大学病院から一般病院まで多くの医療機関で臨床応用への期待がされている。実際に AiCE を導入した施設から「高分解能撮像により長年“疑い”であった病変に確定診断がついた」「理想的な撮像時間、スライス厚などを決めて、SNR は AiCE でどうにかすることができる」「1.5T 装置なのに 3T 装置より画質が良いのではないのか？」といった驚きの声が上がっている。

AiCE は MRI 撮像における高分解能と撮像時間のトレードオフの関係を覆し、従来では非現実であった検査が実現できる“Next Standard”技術である。

# Canon

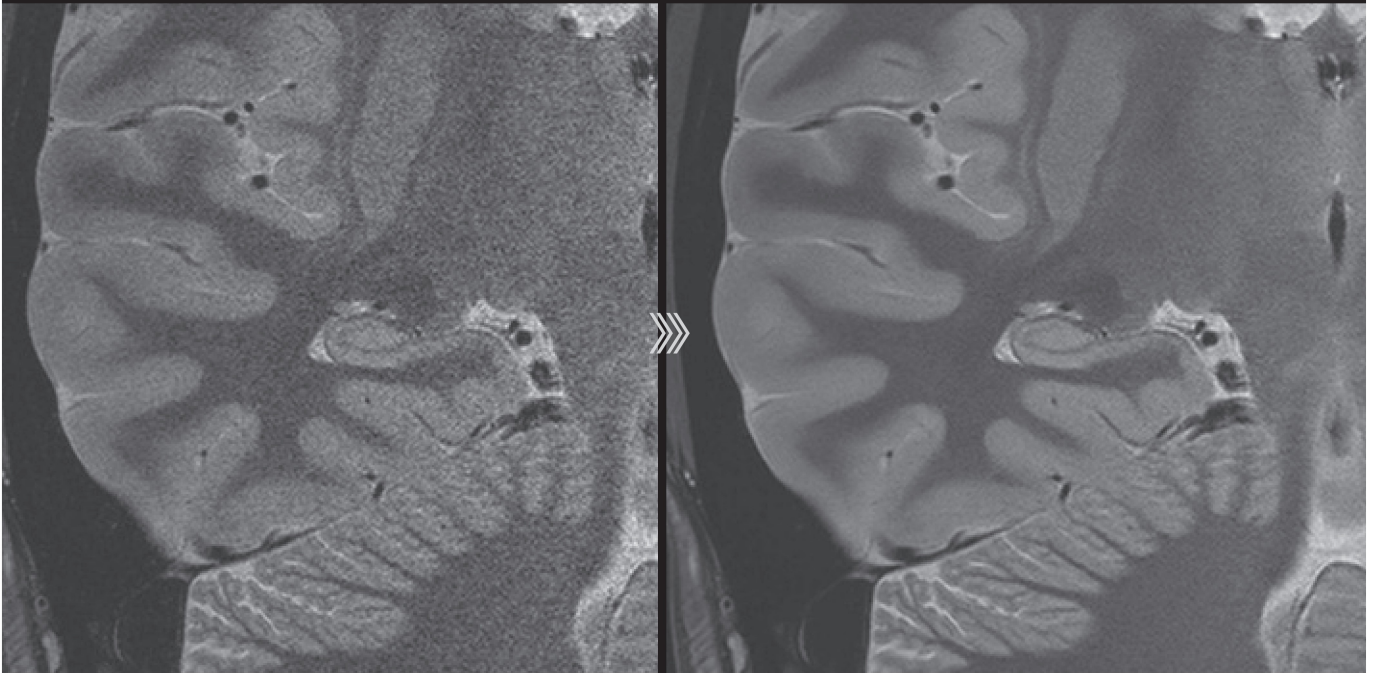
世界に先駆けてMRIに搭載、キャノンのAI技術。

# AI × 高精細

MRIとディープラーニングの出会いが、見える世界を大きく変える。

Original

ディープラーニングを用いて設計したノイズ除去再構成技術  
Deep Learning Reconstruction (DLR)



0.15 x 0.15 mm iResolution, FOV 8cm

これまでになく鮮明に、どこまでも明瞭に。



Vantage Gracian

Vantage Orian

Vantage Centurian

Vantage Galan 3T  
Focus Edition

MRI画像のノイズ成分とシグナル成分の識別方法を「学習」、Deep Learning Reconstructionは、構築された強固なニューラルネットワークをMRI装置に搭載し、画像再構成を行います。大幅なノイズ低減効果により、短時間で高品質な画像が得られます。MRIとディープラーニングの出会いが、見える世界を大きく変えます。



MRI AiCE

Vantage Gracian 【認証番号】 225ADBZX00170000 ,Vantage Orian 【認証番号】 230ADBZX00021000 ,  
Vantage Centurian 【認証番号】 228ADBZX00066000 ,Vantage Galan 3T / Focus Edition 【認証番号】 228ADBZX00066000

キャノンメディカルシステムズ株式会社 <https://jp.medical.canon>

Made For life

# 「MR Fingerprinting」 ～ MR 検査における定量化検査～

シーメンスヘルスケア株式会社

ダイアグノスティックイメージング事業本部 大澤 勇一



## 1. はじめに

一般的な MR 検査は、T1 強調・T2 強調・FLAIR など各種のコントラスト像を撮像し、そのコントラスト、すなわちグレースケールを基にして、対象部位の状態を観察している。

一方で、プレジジョンメディシンや個別化医療への将来ニーズは高まっている。これらは取得データの精度を重要な課題として要求する。また、コンピュータサイエンスの世界に目を向ければ、深層学習 (Deep Learning) に代表される人工知能の進化は目覚ましい。これは正確なデータを解析する上で非常に有益な手段となる。

プレジジョンメディシンに向けた MR 撮像の取り組みとして、Siemens Healthineers では Dot や BioMatrix により、被検者の生体としての特性やオペレータの違いによるバラツキを抑制する技術を発表させてきた。今回は定量的な組織の評価や鑑別を行う上で、高い精度の撮像を可能にする MRF (MR Fingerprinting) に関して解説を行う。

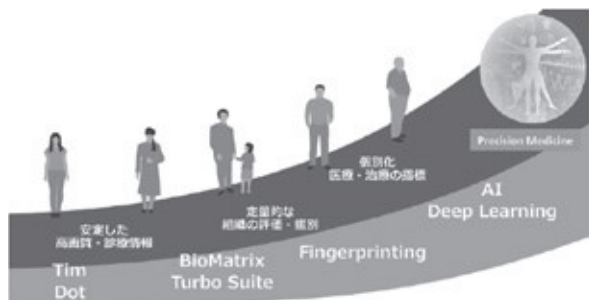


図1 MR Fingerprinting の位置付け

## 2. MRF とは

### 2-1 MRF の概要

Fingerprint は“指紋”。また、Fingerprinting は“指紋によって身元をつきとめる”という一般用語である。この Fingerprinting が MR 撮像とどう結び付くのかをこれから述べて行きたい。

MRF は 2012 年の国際 MR 医学会 (ISMRM) にて、Ma らによって発表された。特定のシーケンスによって得られる信号変化パターンから、組織固有の T1 値・T2 値などを定量化として抽出する方法である。一般的な MR 撮像は、目的のコントラストを得るために設定された TR (repetition time)、TE (echo time) で撮像する。MRF では、TR と FA (flip Angle) を疑似的ランダムに印加し、TR ごとに得られる VDS (variable density spiral) といわれるトラジェクトリを k-space 内に充填。これをフーリエ変換し、TR ごとに画像を得る。TR ごとに算出された画像を TR 順 (TR index) に並べると、ピクセルごとの信号変動の軌跡が得られる。1つのピクセルに含まれる固有の組織からは、その固有の変動軌跡がある。実測した変動軌跡と事前に取得しておいた信号パターンのデータベース (dictionary) と照合することで、ピクセルの持つ固有値 (T1 値・T2 値など) を得ることができる。

北米放射線学会 (RSNA) に参加された方は、米国への入国でご経験されているだろう。個人情報として、パスポートのデータと指紋を採取され、それがデータベースに記録される。何か事が起きた場合は、その場で採取された指紋データと、先のデータベースの指紋データを照合して個人が特定される。しかし、MRF の場合は、被写体となる生体の各ピクセルの固有値は不明である。では、どのように dictionary を作成し、ピクセルを特定して行くのであろうか。

2-2 MRF の構成技術

MRF は大きく分けて、3つの技術から構成されている。①データ収集②dictionary構築③パターンマッチング —の3つである。

■データ収集

Maらの発表では、TRとFAを経時的に疑似的ランダムあるいは正弦曲線状に変化されたシーケンスを用いている。各ピクセルの出力信号はある強度で一定となるが、TR・FA変化による変動はピクセル固有値に依存する。1TRで収集されるトラジェクトリは疎であるが、そのままフーリエ変換を経て画像化される。次のTRではVDSの起点を7.5°回転させて、またトラジェクトリは疎のままフーリエ変換を経て画像化する。これを1,000回以上繰り返し、各ピクセルの信号変化パターンを収集する。

■dictionary構築

先述したようにヒトの指紋認証では、あらかじめ採取された指紋データを用いる。MRFでは、データ収集に用いられるシーケンスに基づいてBloch方程式を解いてシミュレーションされたデータをdictionaryとして用いている。実測デー

タではなく、算出データである。シミュレーションできるBloch方程式にはさまざまな固有値をパラメータとして対象となる物体のシミュレーションが可能である。Maらの報告では、[T1値、T2値、 $\Delta B_0$ ]の組合せで、563,784個のシミュレーションされたデータをdictionaryに登録している。

■パターンマッチング

ヒトの指紋認証の場合も、現場で収集される指紋は完全でなくともその指紋の持ち主を特定できる。これと同様にMRFにおける変動パターンのマッチングには、一部の劣化データは支障をきたさない。MRFでは、指紋に相当するのは1,000個以上のサンプル点から構成される信号変化パターンである。従って、体動などである程度の画像に乱れやSNR不足が生じていてもマッチングは可能である。

一方で、dictionaryを構築するに当たりT1値やT2値をどの程度の細かさで、どの程度の範囲をカバーするかを適切に想定する必要がある。膨大なdictionaryはパターンマッチングに時間を要してしまう。ある程度の妥協が効率の良いマッチングを実現し、臨床現場で効率よい運用を助けることとなる。

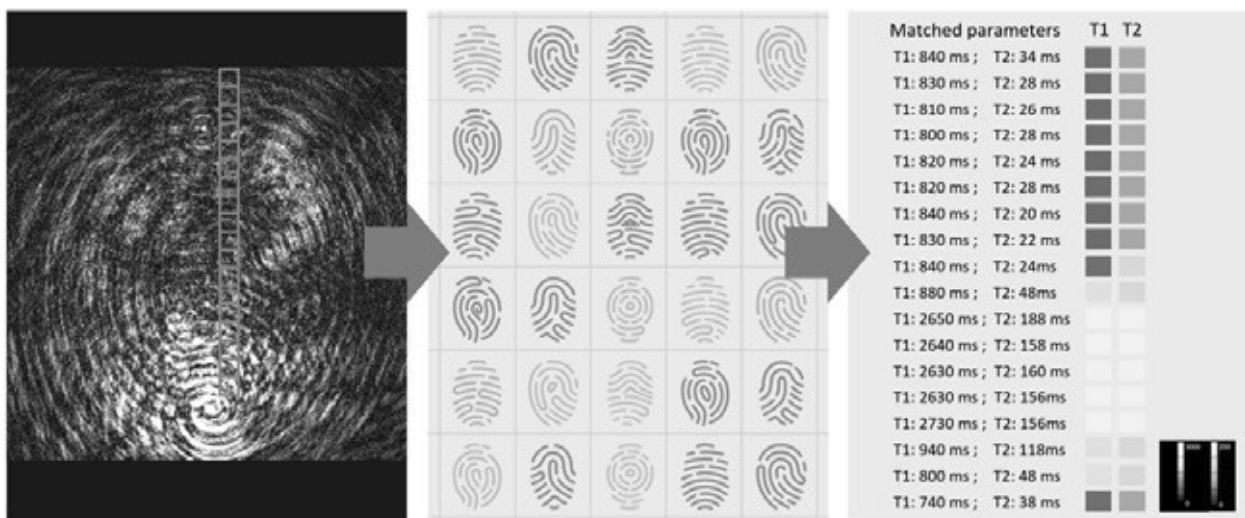


図2 MRF のデータ収集からパターンマッチングの流れ

- 左) 収集画像。便宜的に1TR分の画像であるが、1,000TR以上繰り返し、各ピクセルの信号変化パターンを収集する。
- 中) Bloch方程式を解いてシミュレーションされたデータをdictionaryする。
- 右) 収集したデータとdictionary内のデータをマッチングさせ、各ピクセルの固有値が判明する。

### 3. MRF の利点と課題

体温や血圧をはじめ、各種生理学的な測定値やバイオマーカーは数値で表される。数値化、すなわち定量化された指標は、その状態、経時的变化や治療効果を客観的に把握することに役立つ。これまで述べてきた MRF では、1 回の撮像で同時に T1 値、T2 値などを各ピクセルの固有値を得ることができる。

図 3 に MRF を頭部検査に応用した例を示す。MRF は短時間のうちに、同時に T1 値・T2 値を得られる。そして、これらを map 像化できる。また、T1 値と T2 値を用いて数値に基づく組織の特性の違いを鑑別する可能性を示している。このように MRF は“状態を数値で解析する”という、新たな道筋を拓く手法であると言えよう。

一方で、数値は厳格である。従って、高い repeatability と reproducibility（日本語ではどちらも再現性）が重要である。Bloch 方程式は装置特性に依存しない。しかし、TR や FA を設定した通りに変動させながら収集するには、実際に印加されるパルスや傾斜磁場制御の精度が定量値に大きく影響を及ぼす。ハードウェアの精度管理とともに、dictionary の構築やマッチングアルゴリズムの開発も MRF を発展させる上での課題である。

### 4. さいごに

現在、MRF は 3T の頭部を対象とし製品化されており、先の脳腫瘍の他に多発性硬化症などへの展開報告もある。

Bloch 方程式でシミュレーションする際の T1 値・T2 値のステップ・範囲・T1・T2 以外のパラメータを用いて、より価値が高く、より効率的な dictionary の構築など発展するための余地も多く、研究ツールとしての特性を持つ。しかし、各分野で定量化、すなわち事象の数値化は論理と確率統計と結びつき、大きなブレークスルーとなりえる。MRF もプレジジョンメディシンに向けて、MR 検査のブレークスルーとなり得よう。

#### ■参考文献

Ma D., et al MR Fingerprinting (MRF) ; A Novel Quantitative Approach to MRI. Proc. ISMRM 20.288.2012  
井村千明 ; MRI における precision medicine. 映像情報 MRI 増刊号 Vol.51 No.14.2020

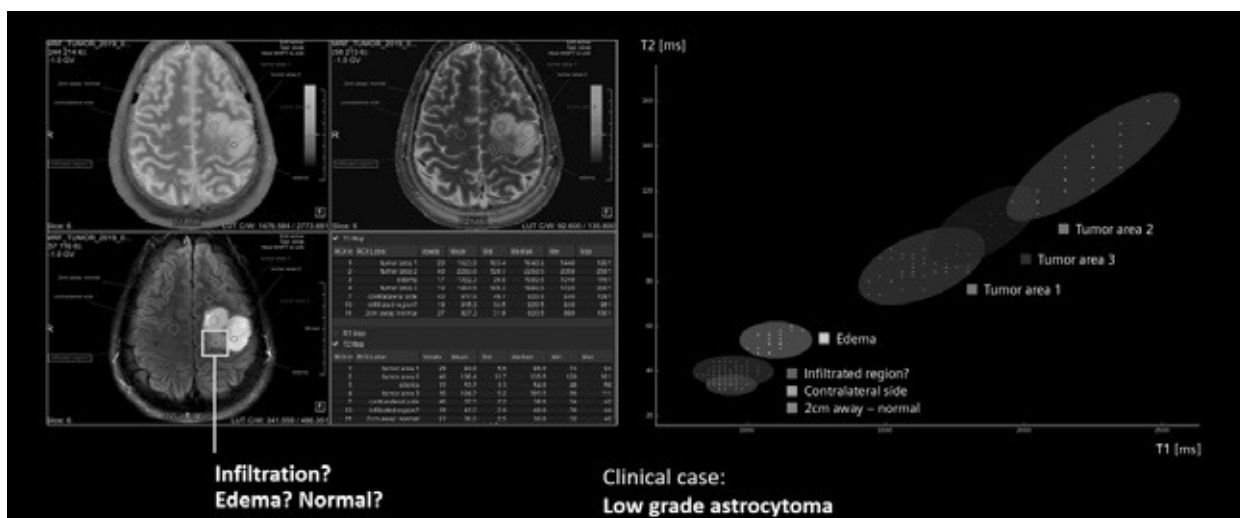


図 3 MRF の臨床応用例：Low grade astrocytoma

左) 上段：MRF による T1map および T2map。下段：FLAIR 像と設定した ROI ごとの値

右) MRF 画像で読み取られた値を、縦軸 (T2 値)、横軸 (T1 値) とした 2 次元グラフにマッピング。グラフ上の位置から、組織特性 (Tumor, Edema, normal など) を判別した。

磁気共鳴診断装置

**MAGNETOM Altea with BioMatrix**

# Confidence to deliver

[www.siemens-healthineers.com/jp](http://www.siemens-healthineers.com/jp)



今、医療現場に求められる高い生産性と再現性、そして高い患者満足度を実現するために設計された1.5TオープンボアMRI装置、それがMAGNETOM Alteaです。

MRI検査を進化させる「BioMatrix」が全ての患者に高品質なMR画像を提供し、高速撮像パッケージ「Turbo Suite」がMRI検査の生産性を高め、確実な収益性を約束します。

**SIEMENS**  
**Healthineers**



## GE 社 MRI 装置および最新 CT 装置のご紹介

～ AIR™ Simply Better と Edison Workflow 搭載 Revolution Maxima ～

GE ヘルスケア・ジャパン株式会社

MR 営業推進部 丸山 功男、CT 営業推進部 木村 友美、CT 営業推進部 谷川 正敏



### 1. GE 社 MRI 装置についてのご紹介

#### 【AIR™ Simply Better】

今年の GE MRI 装置の最新トピックスの1つが“AIR™ Simply Better”です。2019年に登場した AIR™ Technology がさらに進化し、特に画質向上や Workflow の向上に有用な機能拡張を遂げています。

初めに“AIR”の概念をご紹介します。

“AIR”とは、適応できる・柔軟性があるという意味の Adaptive という言葉から始まる Adaptive Imaging Receive の略であり、さまざまな変化に適応してベストなイメージを提供する Technology の総称です。

『負担の少ない検査を実施したい』『検査時間そのものを短くしたい』『今よりもっと読影しやすい画像を取得したい』など MR の臨床検査におけるさまざまな要望や状況の変化に適応することが可能です。

この“AIR”を構成する主な要素は3つあります。

一つ目が“AIR Coil”です。これは先ほどの“AIR”の概念を実現する新しい発想の受信コイルです。

二つ目は“AIR Image Quality”です。ノイズ低減による SNR の向上は、空間分解能やスライス分解能の向上に寄与します。

そして三つ目が“AIR Workflow”です。撮像前のセッティング時間を短縮し、受信コイルエレメントの選択や位置決め作業を自動化することで、検査効率の向上や再現性の高い検査を実現します。

#### 1-1 AIR Coil について

これまでの Coil と“AIR Coil”との最も大きな違いは“隣り合うコイル素子間の干渉をほぼ受けない”という点にあります。

つまりコイル素子のオーバーラップやアンダーラップの概念から解放されるためコイル設計の自由度が増します。その結果、従来コイルに比べて60%以上の軽量化がなされ、折り曲げても壊れないほど非常に柔らかい形状なため、毛布のように掛けるだけでセッティングを終えることが可能です。実際にこのコイルを使用して検査を受けた方からの「今までの検査よりも楽になった」といったコメントや、操作された方からも「包み込むようにセッティングできるので固定しやすい」といったお声をいただいています。



図1 AIR AA Coil

#### 1-2 AIR Image Quality について

画像のバックグラウンドノイズやアーチファクトを低減する新しい画像再構成アルゴリズム“AIR Recon”が新機能として加わりました。

同じ時間の撮像でも画像のクオリティーが向上するため、従来よりも分解能を向上して撮像することも可能となります。

さらに撮像視野を絞っても外部からのノイズやアーチファクトの混入を防げるため、画質を維持したまま撮像時間の短縮を行え、これまでの MR では相反する関係であった高画質と短時間撮像を同時に実現することが可能となります。

1-3 AIR Workflow について

新たに2つの機能が搭載され、どなたでも簡単に、正確に検査を行うことが可能となります。

“AIRx”は、当社のAI開発プラットフォーム“Edison”を用いて開発された新しい頭部の自動位置決め機能です。これまでの自動位置決め機能で必要とされていたトレーニングスキャンが不要となり、どなたでも簡単にそして再現性の高い撮像が可能となります。

さらに“AIR Touch”機能によってコイルエレメントの選択が自動で行われ、検査のトータルワークフローを向上させます。

これまでにご紹介しました通り、“AIR”は、“患者負担の低減”“画像クオリティの向上”“ワークフローの向上”を実現し、それによって「医師」・「技師」・「患者」それぞれに新しいMRI検査をご提供することを可能とする新技術といえます。



図2 AIR™ Simply Better

2. GE 社最新 CT 装置についてのご紹介

【Edison Workflow 搭載の Revolution Maxima】

当社のAI開発プラットフォーム“Edison”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などのハードウェア・逐次近似画像再構成法 ASiR-V など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お客様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ました。



図3 Revolution Maxima 装置外観

2-1 Deep Learning 技術を駆使した次世代ワークフロー「Edison Workflow」

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、患者さんには、安全で高品質な検査を提供することが可能になりました。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 Workflowを業界でもいち早く取り入れました。

CT検査時に最も低被ばくで高画質な画像を得るため、被検者のポジショニングは撮影範囲および体厚をアイソセンターに揃えることが重要です。胸部CT検査時には被検者のポジショニングがアイソセンターから95%の頻度でズレが発生していると報告されています\*。GEが開発したEdison WorkflowはDeep Learning技術を活用し、患者一人一人に最適なポジショニングを自動で計画

し、オペレーターの最終確認の下、最も効果的なCT検査を実現するように設計されています。

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ます。人工知能技術により図4に示す被検者のアナトミカルリファレンスを自動的に認識し、また被検者の深さ（深度）をリアルタイム認識できる特徴を持ち、オートセンタリング機能を実現します。これによりオペレーター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取得に寄与します。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の低減にも寄与します。

### 2-2 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です。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しております。（当社比）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ります。

### 2-3 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%低減を実現しました。（当社比）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します。

### 2-4 まとめ

CT検査を受ける患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 Workflow」は安全であり、低被ばくである検査に加え、操作者の専門や経験などを問わず、非常に再現性の高いCT検査

を提供することが可能な新技術といえます。

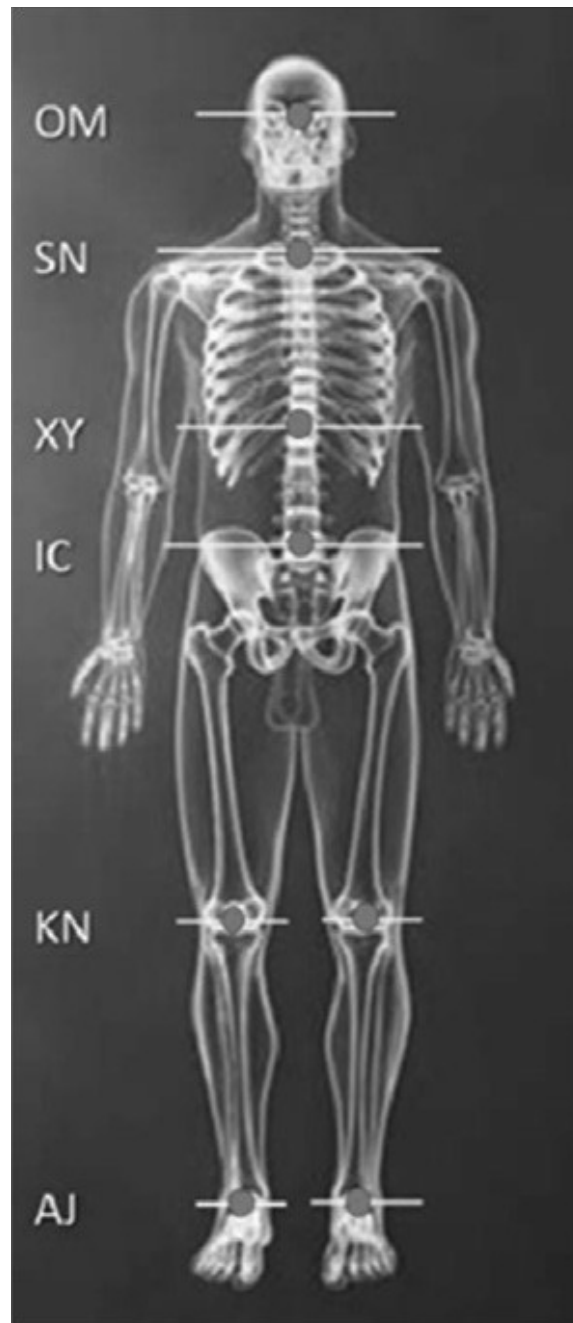


図4 自動認識可能なアナトミカルリファレンス

\* 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.

販売名 Revolution Maxima（レボリューションマキシマ）  
 認証番号 301ACBZX00013000



GE Healthcare

GE ヘルスケア・ジャパンは、日本の医療課題の解決に取り組むヘルスケアカンパニーです。  
GE ヘルスケアの中核拠点の1つとして1982年に設立されて以来、グローバル企業としての強みを取り入れつつ、  
国内に有する開発、製造から販売、サービスまでの一貫した機能を活かし、  
質の高い持続的な医療を日本にお届けすることを目指しています。

かけがえのない瞬間をより豊かに —

Improving lives in moments that matter

