

「AIを用いた画像再構成技術」

～ AIR™ Recon, AIR™ Recon DL ～

GEヘルスケア・ジャパン株式会社 MR部 モダリティスペシャリスト
吉野 要



はじめに

MRIの技術的進歩はハードウェア開発だけでなく、撮像技術・画像再構成技術・画像処理技術といったソフトウェアの開発も多方面で進んでいる。特に、画像再構成技術は圧縮センシングや機械学習など、情報科学分野の技術を取り入れることで、MRIの高速化・高画質化を目指すさまざまな技術が開発されており、技術の進歩が著しい分野である。

GEの画像再構成パイプラインには、コイルにおける信号受信プロセスの最適化機能である“AIR™ Recon”とディープラーニング画像再構成法である“AIR™ Recon DL”の2つの機能が搭載されている（図1）。

本稿では、次世代の画像再構成技術に関する技術開発について簡潔に述べている。

AIR™ Recon

AIR™ Reconでは、プレスキャン中にノイズキャリアブレーションデータを取得し、各コイル素子のノイズレベルに応じて受信チャンネルの重みづけを行うことにより背景ノイズを減らし、アーチファクトアーチファクトや折り返しなど、FOV外からのアーチファクトの抑制・画像のSNRを向上させる機能である。AIR™ Reconはスピンエコー系やグラディエントエコー（以下、GRE）系、また2D、3D問わずほとんどの撮像に対応している。そのため今までと同じスキャン時間で、イメージクオリティが向上する。

深層学習（ディープラーニング）の臨床応用と、MR画像再構成技術への展開

人工知能（AI）技術の医療への応用はさまざまなアプローチで技術開発が進んでおり、特にMRにおいては、検査における自動撮像や解析処理における自動セグメンテーションなど、検査精度の向上や効率化に関するAI技術のいくつか、すでに実装され臨床活用されている。さらに最近では、ディープラーニングを用いたCT/MR

AIR™ Image Quality...画像再構成パイプラインにおける革新



信号受信から臨床画像作成までのプロセス全体で、イメージクオリティを向上しています。

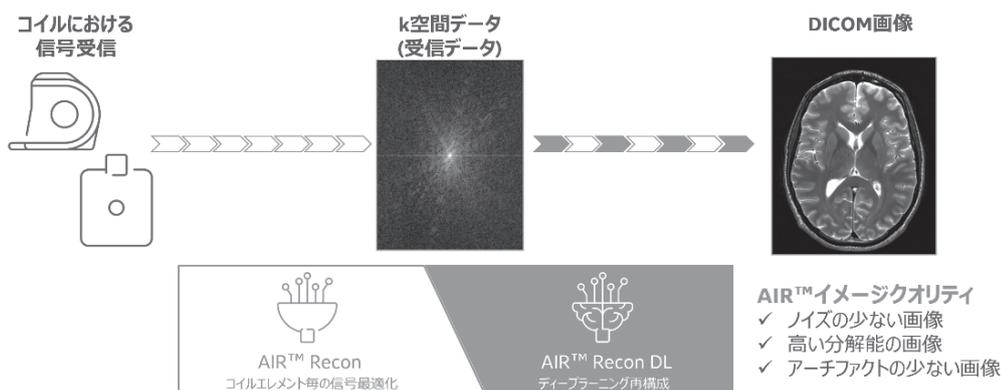


図1. 画像再構成パイプライン

画像再構成法の臨床活用が始まり、例えばCTのTrueFidelity™ Imaging (TFI) 技術では、空間分解能を保ったまま劇的なノイズ低減効果が得られ、臨床的にも技術的にも大きな注目を集めている。一方、MRの画像再構成においては、ノイズ低減を行うネットワーク、モーションなど、アーチファクトを低減するネットワーク、画像のコントラストを変換するネットワークなど、さまざまな目的でディープラーニングの研究が盛んに行われている。後述するAIR™ Recon DLは、単純なノイズ低減だけでなく、トランケーションアーチファクトの低減、さらには画像の尖鋭度向上といった多くの効果およびそれによる臨床有用性に期待が持たれている。

AIR™ Recon DL

AIR™ Recon DLは、従来のk空間フィルタを利用せず、収集したraw data全体に対してアルゴリズムを適用する、フィルタレス型の次世代ディープラーニング画像再構成法である。

通常のMR画像再構成のプロセスは、(図2)に示すようにk空間のraw dataにアポダイゼーションフィルタを応用し、フーリエ変換後必要に応じて画像フィルタなどを適用して再構成されている。このk空間フィルタは、k空間の高周波成分を抑えることで、高周波ノイズ(熱雑音)やk空間のトランケーションアーチファクト(Gibbs ringingアーチファクト、打ち切りアーチファクト)を低減する効果がある一方、見かけの空間分解能を低下させ、画像のボケを引き起こすため、通常

の画像再構成では臨床的に最適な画質となるように、フィルタの強度などが最適化されている(図2)。

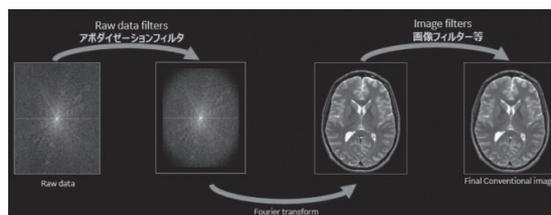


図2. 通常のMR画像再構成プロセス

一方、AIR™ Recon DLは、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)と呼ばれるディープラーニングネットワークを用いることで、上述のアポダイゼーションk空間フィルタを必要とすることなく、raw dataをそのまま利用して画像再構成を行うため、高周波成分のデータを損なうことなく収集しMR信号を、より効果的に画像に反映させる画期的な画像再構成技術である。

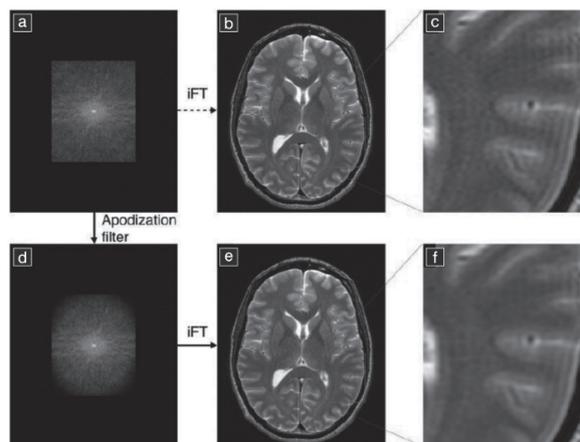


図3. k空間フィルタによるフーリエ変換後画像の影響

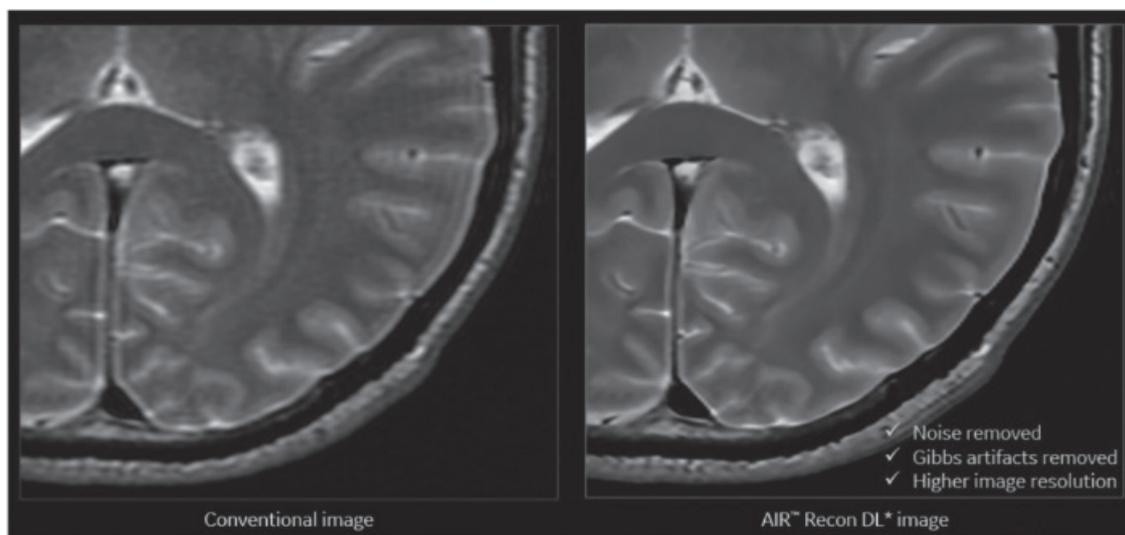


図4. AIR™ Recon DLによる画質向上効果

ネットワークの学習には、低SNR・低空間分解能・トランケーションアーチファクトの多いデータと、高SNR・高空間分解能・トランケーションアーチファクトの少ないデータを用いており、結果として画像ノイズだけでなく、トランケーションアーチファクトも減少させながら、高周波成分のデータを維持した尖鋭度の高い画像を得ることが可能になる革新的な再構成アルゴリズムを採用している（図4）。ファントムを用いた再構成画像比較においても、AIR™ Recon DLによって画像の尖鋭度が向上し、ノイズとともにリング状のトランケーションアーチファクトも大幅に低減されているのがよく分かる（図5）。

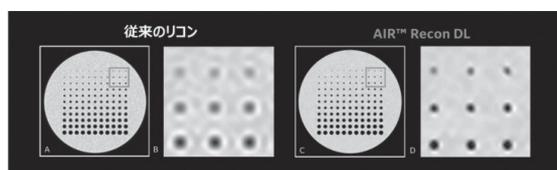


図5. ACRファントムを用いた再構成画像の比較
(同一raw dataを使用)

ファントム実験では、SNRが最大3~4倍、画像の尖鋭度は最大60%の向上効果が示されており、臨床例においても、（図6）に示すように画像がよりシャープに見えるのが確認できる。AIR™ Recon DLのディープラーニングアルゴリズムは、膨大な臨床データからさまざまなノイズ・アーチファクトを付加した数百万のパターン画像を作成し学習させているため、活用の幅が広く、全身領域で磁場強度に依存せず、かつ多くのコントラストで応用可能な技術であるため、今後の更なる製品発展の加速が期待できる。

おわりに

本稿では、ディープラーニングを用いた画像再構成の技術展開について記載した。研究領域の多くの最先端技術をいち早く臨床用アプリケーションとして最適化し、医療現場のさまざまな課題解決に向けて、メーカーとして少しでも貢献できるよう努める所存である。

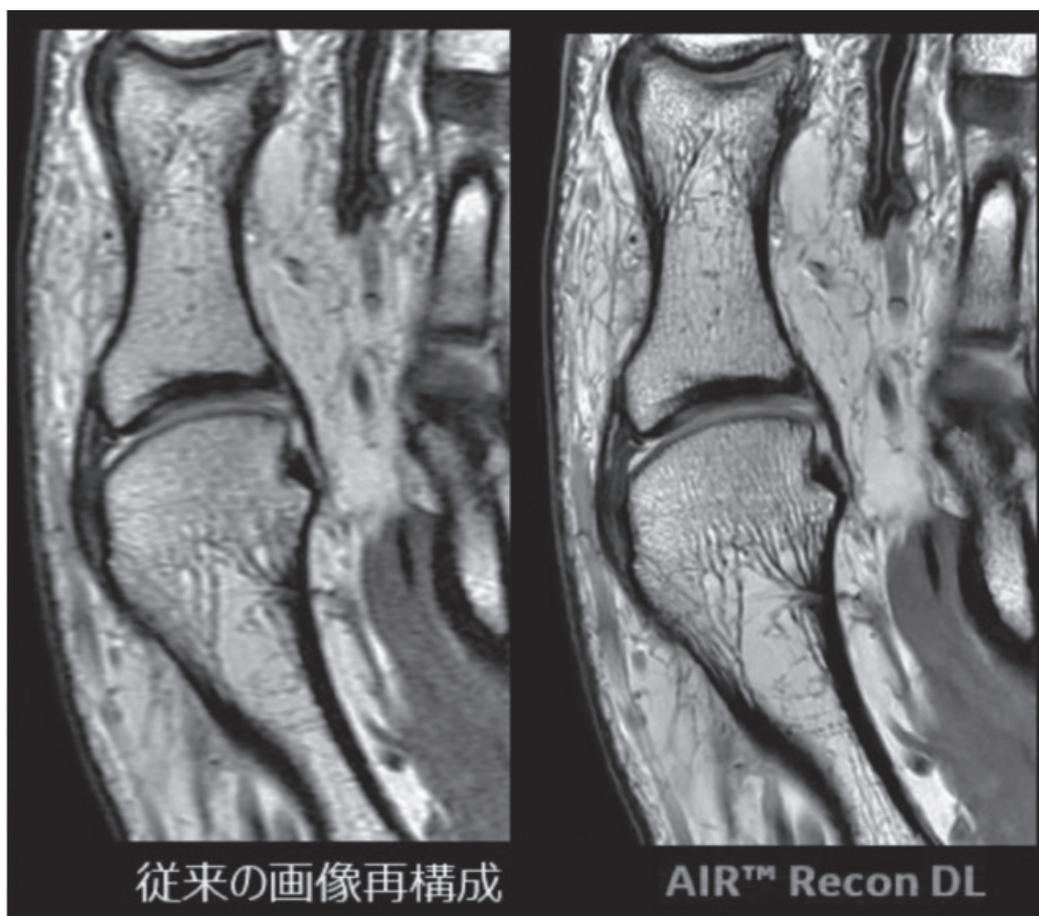
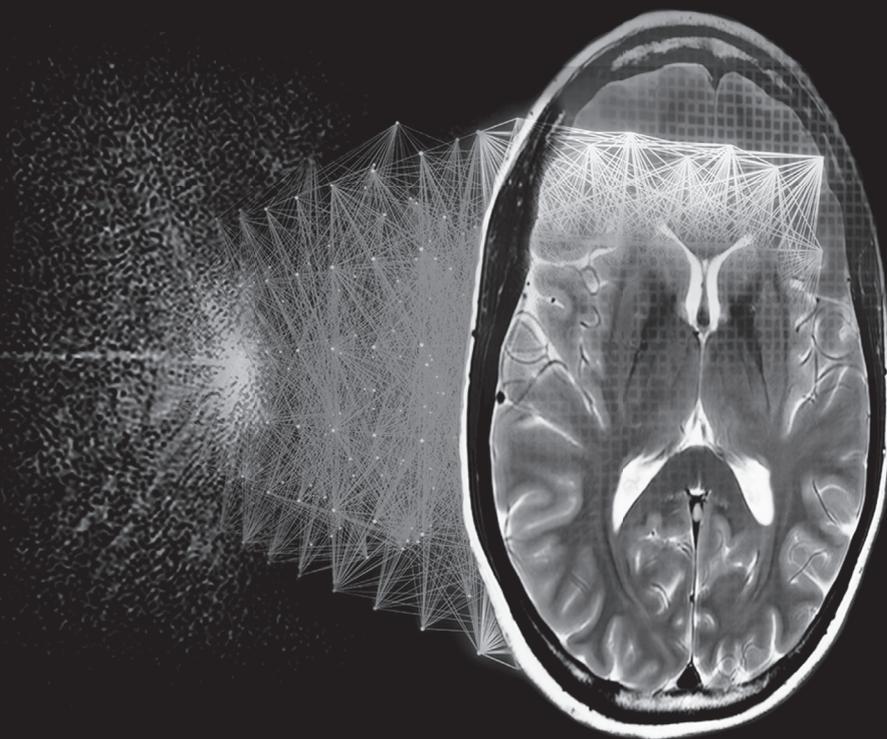


図6. 足指関節での再構成画像の比較
(同一raw dataを使用)



ディープラーニング画像再構成技術

AIR™ Recon DL



MRI検査は新たなステージへ

AIR™ Recon DLによる次世代イメージングは、
病院のニーズに合わせた多彩な活用方法を提供します。
検査数の増加、診断の確信度向上、読影負担の軽減など、
MRI検査に革新的な変化をもたらします。

詳しくは、gehealthcare.co.jpをご覧ください。

販売名称: SIGNA Voyager(シグナVoyager) 医療機器認証番号: 228ACBZX00009000

※Deep Learningは製品開発に用いられており、納入後に学習し続ける技術ではありません。

JB05564JA