

高画質と快適な検査環境を実現する1.5T超電導MRIシステム「ECHELON Smart」

ECHELON Smart, 1.5T MRI Providing High Image Quality and Patient-Friendly Examination

八杉 幸浩 Yukihiro Yasugi

株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット MR営業部

新開発の1.5T超電導MRIシステム「ECHELON Smart」は、高画質に加え日立独自の静音化技術により被検者に快適な検査環境を提供するとともに、操作者の支援機能や被検者の動きによる再撮像の頻度を低減する機能を搭載した。ワークフローの改善や検査時間の短縮を行い、操作者の負担を軽減する。また、従来装置と比較して省エネ化を実現し、病院の経営効率の改善にも貢献する。

The ECHELON Smart not only provides a high quality image but with Hitachi's unique technology of silent scanning, it enables to provide the patients a comfortable examination environment by incorporating functions which support operators and reduce multiple examinations caused by patient movements which leads to the improvement of workflow and minimizing the examination time to decrease patient stress. In addition, the ECHELON Smart has a lower energy consumption compared to conventional Hitachi MRI systems which contributes to the operational efficiency of medical facilities.

Key Words: 1.5T Super-Conductive MRI, Silent Scanning, Lower Energy Consumption, Workflow

1. はじめに

MRI検査は、CTやPET(Positron Emission Tomography)など放射線を使用する検査と比較すると、放射線被ばくがなく低侵襲であり、また形態情報だけでなく機能情報も得られる特長がある。特に、水分含有量の多い軟部組織のコントラスト分解能に優れ、脳や脊髄の診断には欠かせない検査になっている。しかし、MRI検査は一回の検査で複数のコントラスト画像を撮像するために、一般的に数十分の時間がかかり、検査中は大きな音をするなど被検者に負担がかかるという問題がある。

「ECHELON Smart」(図1)は、「クオリティ」、「スピード」、「コンフォート」をコンセプトとしており、診断に最も重要な高画質を実現しながら、静音化技術や操作者を支援するアプリ



図1：「ECHELON Smart」外観

ケーションを搭載することで、被検者だけでなくMRIシステムを操作する操作者にも快適な検査環境を提供する。さらに、MRIシステムを使用していない時間帯に超電導磁石の超電導状態を維持するための冷却装置を一定時間停止する省エネ機能により、消費電力を低減することでランニングコストを抑え、MRIシステムを導入する医療機関の経営効率の改善にも貢献する。

2. 特長技術

2.1 高画質を実現する「Smart Engine」

一般的にMRIシステムは、受信コイルで検出した信号をアナログ回路で周波数変換し画像再構成をしているが、既知のようにアナログ回路ではノイズ混入による画質への影響がある。ここで、高速A/Dコンバータ(アナログ・デジタル変換器)を利用し、高周波のMRI信号を直接デジタル情報に変換する受信方式の優位性が認められている。これにより外来ノイズの影響や調整の経年変化による信号歪など信号精度が劣化する問題を低減することができる(図2)。

また、各受信コイル素子からの信号合成時にノイズの相関性を考慮した最適な画像合成比の調整を行うことが画像SN比の向上に有効である。本装置では「Smart Engine」として信号合成を行う手法を搭載した。

一例として腹部撮像において、Spineコイル20とFlex Body Upperコイルを組み合わせ使用した例では、「Smart Engine」を用いた本システムの撮像によって画像SN比は8%*向上した。

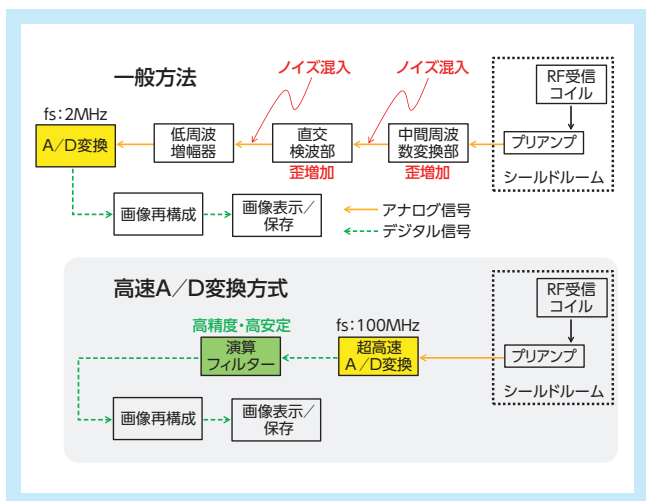


図2: A/D変換方式ブロック図

2.2 画質、撮像時間に影響の少ない静音技術「Smart Comfort」

MRI検査で大きな音が出る原因は、傾斜磁場コイルに電流を流すことで電流と磁場の間に働く電磁力によって傾斜磁場コイルが振動するためである。日立独自の静音化技術「Smart Comfort」は、傾斜磁場パルスの形状を最適化し、撮像パラメータの調整をすることで、撮像時間、コントラスト、画像SN比、空間分解能をほぼ変更しない条件で、撮像音を最大

で94%*低減する。これは、図3に示すように傾斜磁場波形は印加電流と印加時間の積で与えられ、この波形で撮像音の音質が変化するため、シミュレーションを活用することで低騒音波形形状の最適化を行って実現される。この技術はMRI撮像で重要であるT1強調画像、T2強調画像やMRA画像など、装置調整用のプリスキャンを含めた主なルーチン検査で利用することができる。

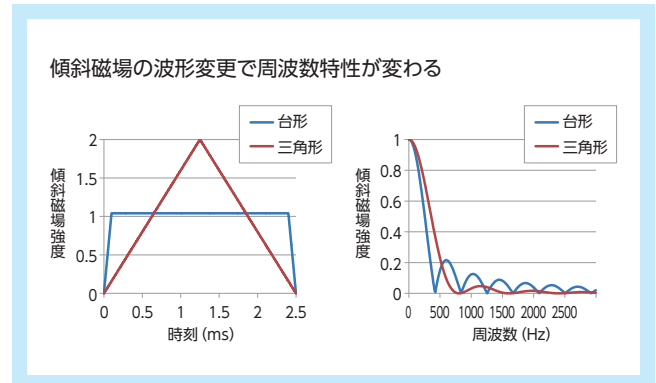


図3: 傾斜磁場パルス形状と周波数成分

2.3 消費電力を低減する省エネ機能「Smart Eco」

超電導MRIシステムは検査に使用していない時でも超電導状態を維持するために、磁場を発生させる超電導コイルを液体ヘリウムで冷却している(図4)。その液体ヘリウムが気化しないように冷却装置を運転し続けるので高額なランニングコストを消費している。本装置に搭載された省エネ機能はMRIシステムを使用していない時間帯などで、冷却装置を一定時間停止させることで液体ヘリウムを蒸発させない条件で効果的に電力消費を削減できる。また、冷却装置の停止中は発熱量も低減するので、屋外に設置される放熱設備であるチラー装置の消費電力も同時に低減する。この省エネ機能により、本機能を用いない場合と比べ、MRIシステム単体において最大で17%*のランニングコスト低減を実現した。

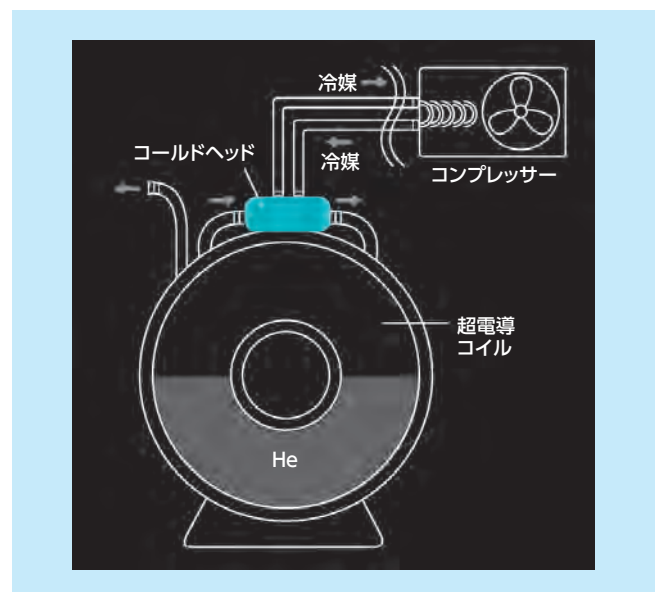


図4: 超電導磁石の冷却構造

2.4 自由なレイアウトでMRI導入の可能性を広げる

「Smart Space」

超電導MRI装置の設置で問題となるのが機械室のスペース確保である。本装置ではMRIガントリと機械室の電源ユニット間のケーブル長をこれまでよりも長く延長した。これによりレイアウトフリーな設計が可能となり、MRI導入のハードルを緩和することができる。特に永久磁石オープンMRIからの装置更新の場合、設置スペースが障害となるケースが多いが、機械室のレイアウト自由度を広げることでスペースを有効に活用できる。

図5にMRI装置更新の配置例を示す。

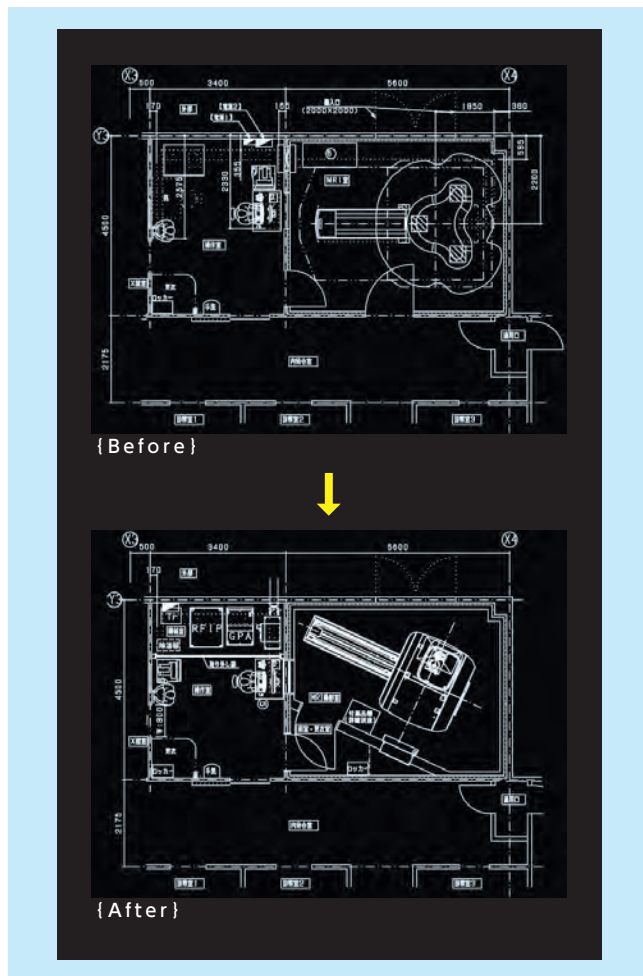


図5：オープンMRIからの更新レイアウト例

2.5 ワークフローを改善するシステム受信コイル

「Workflow Coil System」

「ECHELON Smart」の受信コイルシステム(図6)は広い感度範囲と高いSN比を両立し、さまざまなワークフローを考慮したシステムである。テーブルに組み込まれた脊椎コイルにより、被検者が寝ただけで脊椎の撮像が可能となる。そこに頭部用コイルをセッティングすると、頭部と全脊椎の撮像ができる。また、この頭部用コイルをテーブルに置いたままで腹部コイルを乗せるだけで腹部撮像が可能なので受信コイルの交換にかかる時間を短縮して、ワークフローを向上できる。関節部の撮像においても、関節用のフレキシブルコイルを巻

きつけるだけで容易にセッティング可能である。

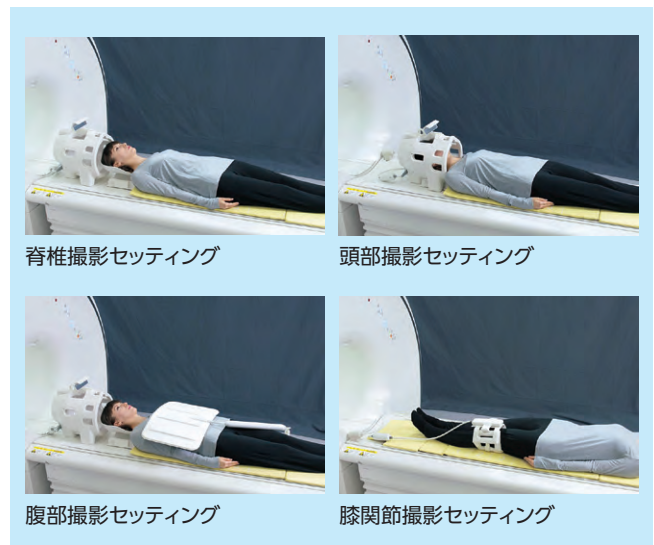


図6：Workflow Coil System

3. 高機能アプリケーション

3.1 被検者の動きによる画質劣化を抑える「RADAR」

「RADAR」(RADial Acquisition Regime)は日立独自の手法によるラジアルスキャン技術を用いたモーションアーチファクトの低減機能である。

図7に示すようにMRIの受信データ取得空間であるk空間(2次的に受信信号を並べたもの)を回転状に撮像するラジアルスキャンがモーションアーチファクトの低減に効果があることが知られている。モーションアーチファクトは位相エンコード方向に特異的なアーチファクトの収束が生じ、画像に大きな影響を与える。ラジアルスキャンはこのアーチファクトを分散するため影響を低減できる。また、画像のコントラストに重要なk空間の中央部のデータを毎回取得するため加算効果も期待できる。

日立の「RADAR」はこのラジアルスキャンを拡張し、一般的に用いられているFSE法だけでなくSE法やDiffusion撮像にも応用できる。シーケンスの自由度や撮像部位、撮像断面などによらず幅広く適用でき、ルーチン撮像に効果を発揮する。さらに、受信コイルの感度分布を利用して撮像時

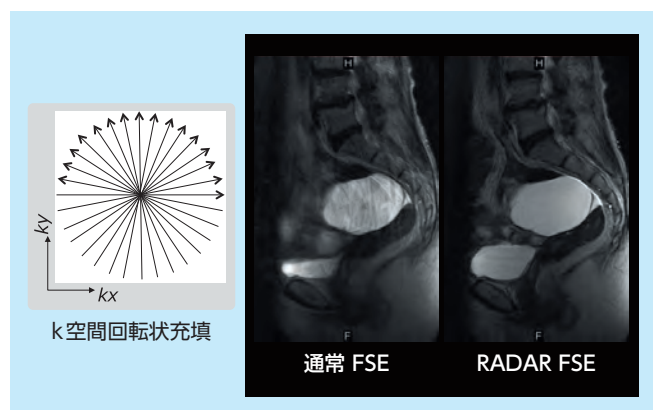


図7：ラジアルスキャン「RADAR」の効果

間を大幅に高速化するパラレルイメージング技術「RAPID」(Rapid Acquisition through a Parallel Imaging Design)を併用して撮像時間を短縮することも可能である。

この「RADAR」は静音化機能「Smart Comfort」との併用も可能であり、MRI検査が苦手な被検者の検査環境をさらに改善することができる。

3.2 自動位置設定支援によるワークフロー改善 「AutoPose」

「AutoPose」は図8に示すように、頭部の撮像時に自動的に撮像断面を設定支援する機能である。この機能の特徴は余分な計測時間が不要で撮像位置決め用の3断面画像のみで頭部組織の解剖学的パターン認識を行い、正中線、OMラインなどの撮像断面設定を支援する機能である。これにより、位置決めにかかる時間を短縮し、トータルのワークフローを改善できる。

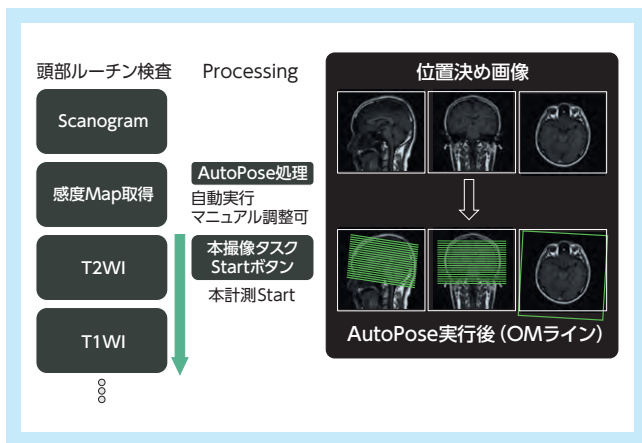


図8：撮像位置支援機能「AutoPose」

4. 画像例

図9に「ECHELON Smart」の画像例を示す。

歪の少ないDWI画像や高精細なMRA画像は基本性能が重要な部位である。静磁場の均一性、傾斜磁場パワーが不十分であると、このようなルーチンで使用される臨床画像に影響が生じる。

BSIは磁化率の影響を強調した画像である。EPIシーケンスをベースとしており高速撮像が可能である。

isoFSEは3Dのアイソボクセル撮像機能である。可変フリップ角度を利用して、高速に高精細3D画像を得ることができる。アイソボクセルなのでMPRにより任意断面を自由に再構成可能である。

脊椎の神経描出や膝関節の高精細画像など全身にわたり高画質撮像を実現している。

5. まとめ

日立の新しい1.5T超電導MRIシステム「ECHELON Smart」は静音化機能、省エネ機能といった特徴技術に加え、高機能撮像を実現する最新のアプリケーションを搭載したMRI装置である。さらに、設置におけるレイアウトの自由度を向上することで、コンパクトな永久磁石オープンMRI装置の更新要求にも対応する可能性を広げている。

日立が培ってきたオープンMRIの快適性と高磁場MRIの高画質を両立できるMRIとして、今後の臨床の場での活躍が期待される。

* 撮像条件、使用条件により異なる。

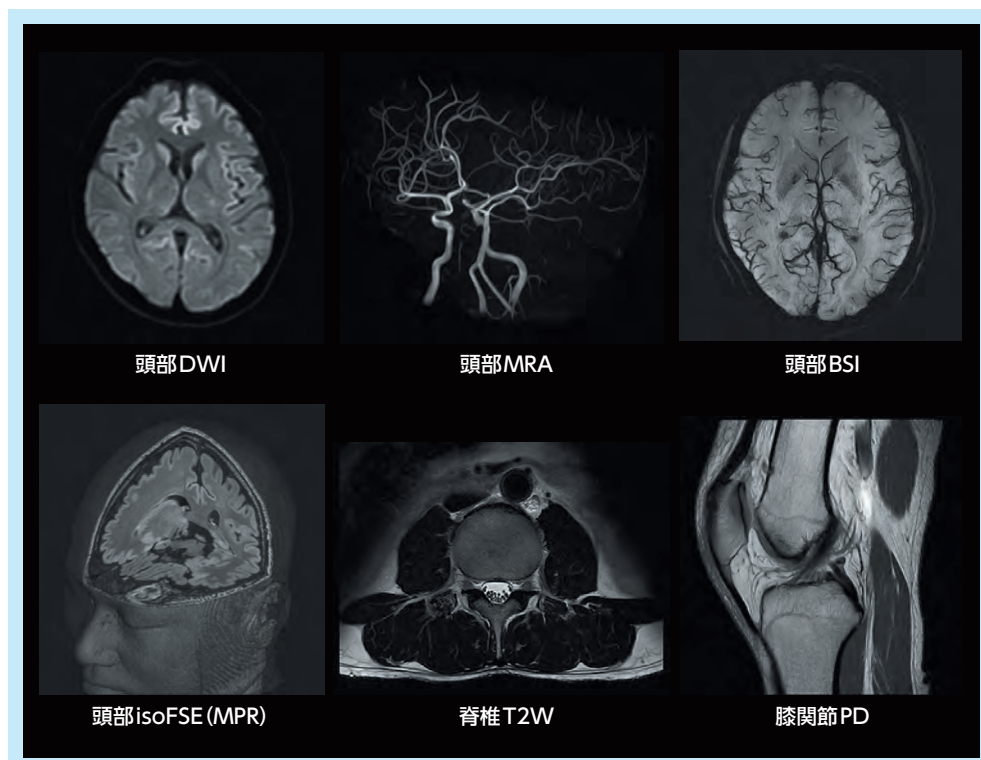


図9：画像例