

診断の質と検査効率を高めた静音型 MRI システム EXCELART_{TM} SPIN Edition

EXCELART_{TM} SPIN Edition MRI System Featuring Reduced Noise and Improved Diagnosis Quality and Examination Efficiency

吉田 智幸

YOSHIDA Tomoyuki

岡本 和也

OKAMOTO Kazuya

MRI (Magnetic Resonance Imaging) システムでは、撮像中に発生する騒音が高速撮像法の進化に従って激しさを増しており、患者に対する負荷を無視できない状態になっている。東芝は騒音低減にいち早く取り組み、真空封入構造と独立支持構造から成る独自の機構 Pianissimo_{TM} を開発し製品化した。今回は更に、診断の質と検査効率の向上を目指した“ SPIN テクノロジー ”を 1.5 テスラ MRI システムに適用し、“ EXCELART_{TM} SPIN Edition ”シリーズとして製品化した。

SPIN テクノロジーとは、今後の MRI における大きな技術トレンドとして当社が提案するもので、静音化技術のリファインに加え、新しい高速撮像技術である SPEEDER 技術及び操作性を刷新した Interactive 技術を融合したものである。

In magnetic resonance imaging (MRI) systems, as the scanning speed increases, so too does the scanning noise, which can cause considerable patient discomfort. Toshiba leads the competition in reducing noise and has developed a unique noise reduction mechanism, Pianissimo_{TM}, which consists of a vacuum seal structure and an independent support structure. In addition to this mechanism, SPIN technology, which aims to improve diagnosis quality and examination efficiency, is incorporated in the EXCELART_{TM} SPIN Edition series 1.5-Tesla MRI system. SPIN technology is combined with a new high-speed scanning technology, SPEEDER, as well as interactive technology that includes improved operability and refinements in the noise reduction technology.

Toshiba considers SPIN technology to be the beginning of an important technological trend for MRI systems in the future.

1 まえがき

近年、MRI システムによる画像診断は、その対象部位が人体では比較的動きが激しい心臓にも広がっており、心筋梗塞(こうそく)などの診断にも対応できるようにとの要求が高まっている。その要求に応えるためには、短時間で高画質を得る技術と、動態観測も可能なりリアルタイム性が必要となる。しかし、従来の短時間撮像は高速かつ強力な傾斜磁場を発生させる必要があったため、騒音レベルが高くなる傾向にあり、患者への負担が重くなっていた。

そこで、1999年に東芝が開発した静音化技術 Pianissimo_{TM}⁽¹⁾は、患者への負担を軽減したまま高速撮像を可能とする画期的な技術であり、既に約200台の静かなMRIが稼働している。

今回は、Pianissimo_{TM}に加え、騒音レベルを上げずに短時間で高画質を得る高速撮像技術 SPEEDER、リアルタイム性を実現した操作系技術 Interactive を“ SPIN テクノロジー⁽²⁾ ”として結集させ、“ EXCELART_{TM} SPIN Edition ”シリーズを開発した(図1)。

以下に、システム開発のコンセプトと特長となる機能について述べる。

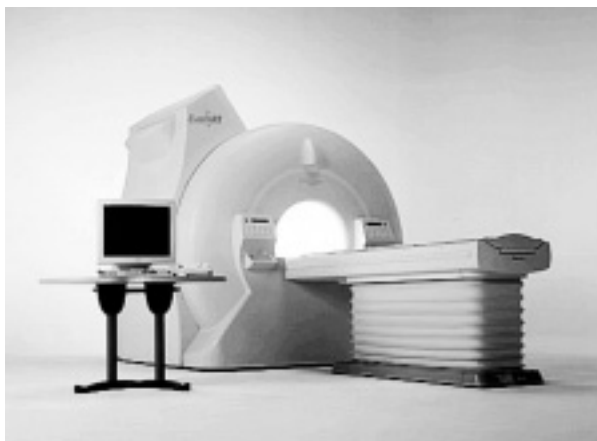


図1 . EXCELART_{TM} SPIN Edition シリーズ - SPIN テクノロジーを搭載した1.5テスラMRIシステムである。

EXCELART_{TM} SPIN Edition series MRI system

2 システム開発のコンセプト

上記の背景に基づき、システム開発の基本コンセプトを“より速く”、“より確かに”、“より静かに”の3要素の実現に定め、それぞれ SPEEDER、Interactive、Pianissimo_{TM} の各技

術に展開したSPINテクノロジーを製品化した。

2.1 “より速く”

最近、複数の受信用コイル(以下、RFコイルと呼ぶ)を用いることにより、コイル数の逆数分だけ撮像時間を短縮できるパラレルイメージング法が注目されている。騒音レベルを上げることなく高速あるいは高分解画像を取得でき、次世代の高速撮像技術とされている。撮像時間の短縮に伴い、SNR(Signal to Noise Ratio)が低下するという原理的問題を抱えていたが、従来より高SNRなRFコイルを他社に先駆けて開発することでこの課題を克服し、パラレルイメージングの実用化に先鞭(せんべん)をつけた。この新規コイル技術を含めた当社オリジナルのパラレルイメージング技術をSPEEDER技術⁽³⁾と呼んでいる。

2.2 “より確かに”

Interactive技術とは、操作者の思うがままに装置を操るという意味合いを込めたものである。動きの激しい臓器に対しても正確な位置決めが可能な三次元(3D)リアルタイムロケータや、ユーザーがストレスなく操作できるように工夫した新規ユーザーインターフェースSPIN Naviを開発することで、より確かな診断の実現に寄与することを目指した。

2.3 “より静かに”

Pianissimo_{TM}技術については、他社の追従を許さない更なる静音化を目指した。従来のハードウェアによる静音化に加え、撮像用シーケンスの傾斜磁場の変化タイミングを最適化することにより、更なる低騒音化(QuietSCAN)を実現させた。

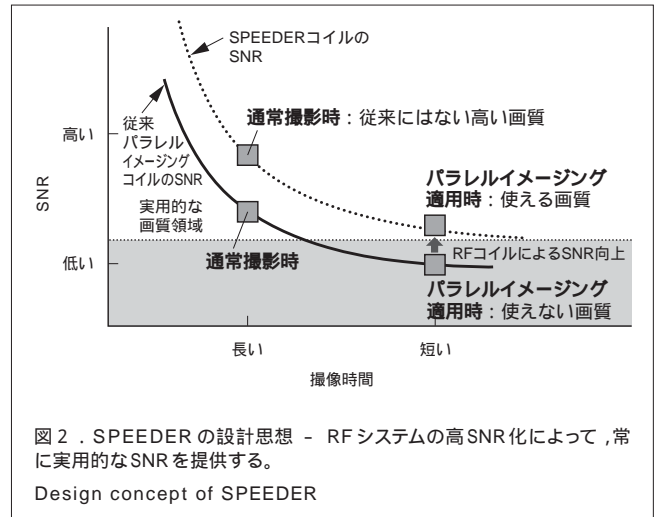
3 装置の特長

EXCELART_{TM} SPIN Editionシリーズの装置の特長をSPINテクノロジーの各開発要素別に紹介する。

3.1 SPEEDER

当社のSPEEDER技術では、パラレルイメージング法における画像SNRの低下を避けるために、高いSNRを確保できる2種類のSPEEDER対応RFコイルと、コイルのチャンネル数増加に対応して8チャンネルの受信信号を同時に収集できるRF系/収集系システムを開発した(図2)。

SPEEDER対応RFコイルとしては、心臓、腹部、骨盤を撮像対象にしたQDトルソSPEEDERと、頭部を対象としたQDヘッドSPEEDERを新たに開発した。前者のコイルの特長は、SNRの高い小型のRFコイルを16個被検体の回りに配置することで、従来にない高SNRを実現しているところにある⁽⁴⁾。計算機シミュレーションによるコイル形状の最適化と、コイル間の電気的カップリングを抑える新規回路設計により、多数のコイルを配置することを可能とした。更に、撮像領域の大きさに合わせて必要なコイルを容易に選択できるようにしたことで、腹部臓器全体の撮像など広い感度が必要な



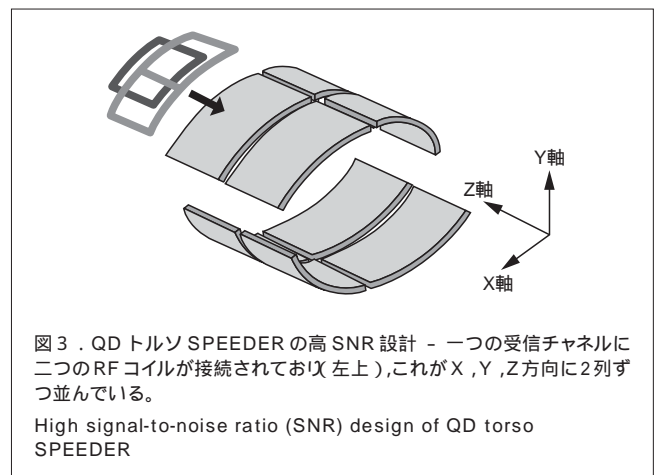
場合と、心臓や膵臓(すいぞう)など限局部位の高分解能撮像が必要な場合と、それぞれに最適なSNRが得られる独自のコイル配列となっている(図3)。

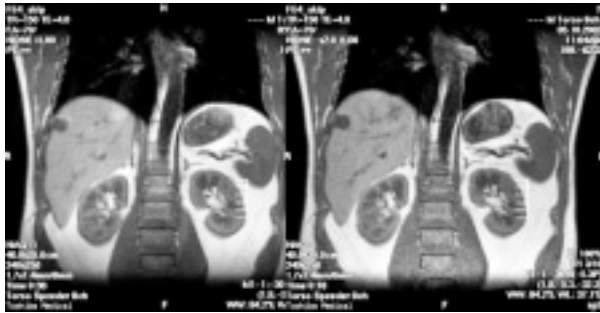
これらの技術革新によって、従来の典型的な4チャンネルコイルに比べて、約1.6倍(当社比)の面内平均SNRを達成し、パラレルイメージングによる短時間撮像時でも十分な画質が得られるようになった(図4)。

また、肩や腕がじゃまにならず体格にフィットする形状と、患者に優しい柔らかな素材を採用し、使いやすさと高性能を両立させた(図5)。

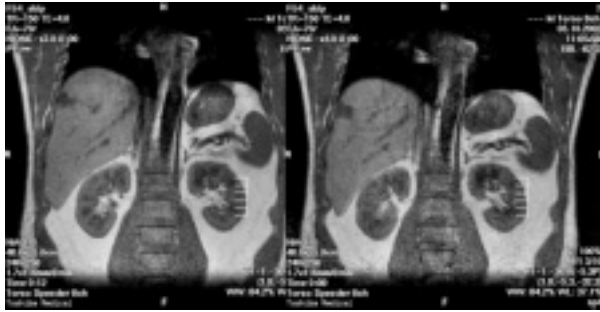
頭部用SPEEDER対応コイルのQDヘッドSPEEDERも、QDトルソSPEEDERと同様の技術を投入し、10個のコイルエレメントを頭部周囲に配置することで、従来比で平均1.5倍にSNRを向上させた(当社比)。デザインも、患者の前面をオープンな構造にして圧迫感を与えないようにするなどの工夫をした。頭部血管抽出能(MR Angiography)の向上や、脳梗塞の診断に有用な水拡散(Diffusion)画像のひずみ低減など、臨床的な有用性の向上が期待される(図6)。

受信チャンネル数(従来4チャンネル)が増加すると、処理する





1倍速(36秒) 2倍速(18秒)



3倍速(12秒) 4倍速(9秒) 開発中

図4 . QD トorso SPEEDER 臨床画像 - パラレルイメージングによって撮像時間短縮を行っても、画質劣化がほとんどない。

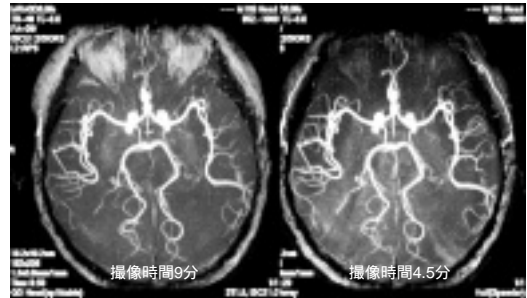
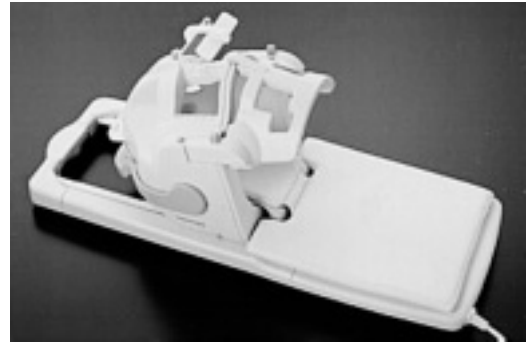
Clinical images obtained with QD torso SPEEDER



図5 . QD トorso SPEEDER の外観 - 肩や腕がじゃまにならず体格にフィットする形状と、患者に優しい柔らかな素材を採用している。

Appearance of QD torso SPEEDER

データ量も単純に倍になり、特に画像再構成処理の負荷が重くなる。従来はメインCPUのみで再構成処理を行っていたが、そのままでは8チャンネル化したときに再構成に時間が掛かり、せっかく撮像時間が短くなってもトータルの検査時間の短縮にはつながらない。また、パラレルイメージング法では不可欠な輝度補正も、処理時間を長くする要素として加わる。そこで、メインCPUとは別に再構成専用のCPUを搭載



従来(9分) QDヘッドSPEEDER

図6 . QD ヘッド SPEEDER の外観及び臨床画像 - コイル装着時に、患者の視野に圧迫感を与えないデザインであり、SNRも従来に比べ約1.5倍に向上している。

Appearance and clinical image obtained with QD head SPEEDER

し、高速でこれらの処理を行うことができるようにした。もちろん、再構成処理中に並行してフィルミングなどの他の作業を行っても、動作に支障が出ないシステムとすることができた。

3.2 Interactive

3.2.1 正確な位置決め 心臓のような動きの激しい臓器では、見たい場所を正確に位置決めする必要がある。今回開発した3Dリアルタイムロケータでは、見たい2断面を同時に表示することで三次元的な位置の把握を容易にし、そのうち1断面をリアルタイム表示することで、その動きを容易に追跡できるようにした(図7)。撮像した画像を保存し、後で動画再生することができるPlay & Reverse機能や、更に収集した画像データから中間時相の画像も作成する機能を付加し、高フレームレートの動態観察も可能となっている。

3.2.2 わかりやすい操作性 SPIN Naviの開発においては、VOC(顧客の声)調査に基づいてユーザーインターフェースを大幅に改良した。複数患者の検査並行処理を可能にする複数テンプレートの採用や操作画面の見直しとともに、オンラインヘルプやマニュアルを装備して、最先端機能をわかりやすく、使いやすく提供できるようにした。また、MRIに不慣れな医師や技師でも容易にMR検査ができるように、シンプル撮像モードを設けた。患者登録からフィルミングまでの一連の検査手順が、徹底的にシンプルかつ自動

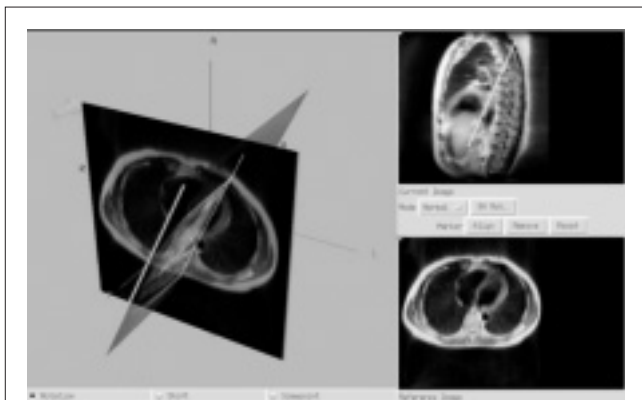


図7. 3Dリアルタイムロケータ画面 - 直感的に三次元空間をイメージできるユーザーインターフェースである。
3D real-time locator display

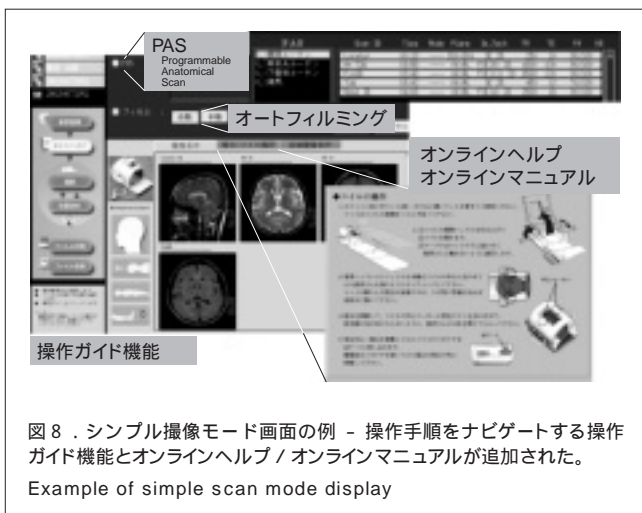


図8. シンプル撮像モード画面の例 - 操作手順をナビゲートする操作ガイド機能とオンラインヘルプ / オンラインマニュアルが追加された。
Example of simple scan mode display

化されている(図8)。

そのほかにも、リアルタイム性を生かして、呼吸による臓器の動きに撮像断面を自動的に追従させるリアルタイムモーションコレクション機能や、心臓の動きを連続的にシネ表示させることが可能なレトロスペクティブゲーティング機能など、様々な新しいアプリケーションを搭載し、心臓などをターゲットとした検査の臨床応用の幅を広げている。

3.3 Pianissimo_{TM}

当社独自の静音化技術である Pianissimo_{TM} により、検査中に発生する騒音レベルは画期的に低減された。それにより被験者の検査環境は大きく改善されており、患者に優しい

検査を行ううえで有用であることが臨床現場でも実証されている⁽⁵⁾。SPINテクノロジーでは、従来の Pianissimo_{TM} に加え、実際に騒音が発生する傾斜磁場の変化のタイミングをソフトウェア的に最適化することで、更に約5 dBの騒音抑制 (QuietSCAN) を実現した。高齢者や乳幼児、更には健常者までもが繰り返し安心して検査を受けられることは、検査対象の拡大にも重要な役割を果たすと確信している。

4 あとがき

EXCELART_{TM} SPIN Edition シリーズは、開発の基本コンセプトとして挙げた“より速く”、“より確かに”、“より静かに”について、それぞれ確実に進化を遂げたMRIシステムと言える。臨床的に有用なことはもちろんだが、この装置が普及して、「東芝のMRIは検査時間も短いし静かで助かった」という声が患者側からもどんどん聞こえてくるようになることを期待する。今後とも、当社のMRIシステムは“患者にやさしい”装置であり続けることをポリシーとして、医療の現場で貢献できるよう更なる進化を遂げるべく開発を重ねていく所存である。

文献

- (1) 白井嘉行, ほか. 騒音の解消に向けて、静音化技術の開発. INNERVISION. 14, 9, 1999, p.66 - 68.
- (2) 白井嘉行, ほか. SPIN technology ~ 新世紀MRIの三つのキーテクノロジー. 映像情報 Medical. 33, 14, 2001, p.108 - 113.
- (3) 町田好男, ほか. MRIパラレルイメージング, SPEEDERの開発. メディカルレビュー. 83, 2001, p.52 - 58.
- (4) Okamoto, K., et al. "Torso Array Coil with Eight QD-Surface Coils for Parallel Imaging". ISMRM. 2002, p.859.
- (5) 片山礼司, ほか. 静音化機構“Pianissimo”が患者心理に及ぼす有用性の検討. メディカルレビュー. 80, 2002, p.8 - 15.



吉田 智幸 YOSHIDA Tomoyuki
医用システム社 医用機器・システム開発センター MRI・検体装置開発部主務。MRIシステムの開発・設計に従事。
Medical Systems Research & Development Center



岡本 和也 OKAMOTO Kazuya
医用システム社 医用機器・システム開発センター MRI・検体装置開発部主査。MRIシステムの研究開発・設計に従事。
Medical Systems Research & Development Center