

# 人と地球環境に配慮した 1.5テスラMRI装置 Vantage Elan

Vantage Elan 1.5-Tesla MRI System Taking People and Environment into Consideration

金澤 仁 足立 確 吉田 智幸

■KANAZAWA Hitoshi ■ADACHI Akira ■YOSHIDA Tomoyuki

MRI (磁気共鳴イメージング) 装置は、磁場強度の高低により画質や検査効率に変化する。MRI 装置市場では、超電導磁石を用いた磁場強度 1.5 テスラ (T) の MRI 装置が、市場全体の売上高の約 1/2 を占めるボリュームゾーンとなっている。激変する医療環境の影響を受けて、顧客である医療施設の 1.5 T MRI 装置に対する要求も年々変化してきている。

東芝メディカルシステムズ(株) は、MRI 装置のもののづくりを根本から見直すことにより、新興国から先進国までの医療施設のニーズに応える新世代の 1.5 T MRI 装置 Vantage Elan を開発した。リリース後 1 年あまり経過しているが、これまで低磁場 MRI 装置しか導入できなかった顧客に高磁場 MRI 装置の高い画質と検査効率を提供したことで、その卓越したコストパフォーマンス、患者と操作者への優しさ、及び環境性能は国内外の顧客から高い評価を得ている。

The image quality and examination efficiency of magnetic resonance imaging (MRI) systems depend on the magnetic field strength, and the dissemination of 1.5-tesla MRI systems equipped with a superconducting magnet, which account for about 50% of all sales of MRI systems, has been expanding in recent years. Customers' requirements for and expectations of 1.5-tesla MRI systems are also shifting year by year, in line with the major changes taking place in the medical environment.

Toshiba Medical Systems Corporation has developed the Vantage Elan, a next-generation 1.5-tesla MRI system, in response to these changing needs of medical facilities in both advanced and developing countries by completely reconsidering the design of a 1.5-tesla MRI system from the viewpoint of customers, based on the concept of offering high-resolution images with easy operation similar to that of low-field MRI systems. Thanks to its high magnetic field, the Vantage Elan provides superior image quality and examination efficiency to customers who would conventionally introduce a low-field MRI system. More than one year has passed since the Vantage Elan was released, and it has been highly evaluated due to its outstanding cost performance, ease of use by patients and operators, and environmental friendliness.

## 1 まえがき

MRI (磁気共鳴イメージング) 装置は、磁石が作る高磁場中の核磁気共鳴現象を利用した医用画像診断装置である。X線による被ばくがなく、診断やフォローアップ(経過観察)の場面で利用しやすい、対象疾患や部位の範囲が広いなどの利点がある。また、磁場強度が上がるほどSN比(信号対雑音比)が向上し、より細かい解剖学的構造や病変が描出でき、生体の機能や代謝に関する情報が得られるため、年々より高い磁場強度のMRI装置が開発されている<sup>(1)</sup>。磁場強度は“テスラ(T)”という単位で表すが、現在は、超電導磁石を使用した1.5 Tと3 TのMRI装置が市場の主流である。

近年、医療環境の急激な変化により、最大のボリュームゾーンである1.5 T MRI装置の市場でも、顧客に当たる医療施設でのMRI装置に対するニーズは大きく変化してきている。

今回、東芝メディカルシステムズ(株)は、従来の開発部門だけでなく製造、サービス、サイトプラン、臨床アプリケーション、販売、デザイン、及びコスト分析のメンバーが企画段階から参加するプロジェクトを結成した。そして、1.5 Tの普及機市場での顧客ニーズを改めて問い直し、MRI装置とものづくりを根本



から見直すことで、新たな世代のMRI装置を開発した(図1)。ここでは、開発したMRI装置の特長などについて述べる。

## 2 顧客を取り巻く近年の環境

### 2.1 新興国での高度医療に対する需要の増加

新興国での急激な人口増加と、経済発展に伴う高度医療の

広がりにより1.5 T MRI装置の購入台数が伸びているが、主に普及機に対する需要が高い。

## 2.2 先進国での医療費削減への取り組み

先進国では、財政状況を反映して医療制度改革が進められており、医療費削減の要請は厳しい。病院経営の効率重視の傾向が強く、高度な診断を支えるためにコストパフォーマンスに優れた1.5 Tの普及機に対する需要は相変わらず根強い。また、1.5 TまでのMRI装置の販売は、1997年頃から安定した台数の販売実績があったことから、MRI装置更新の需要も旺盛で当面続くと思われる。

## 2.3 高磁場MRI装置への移行阻害要因の減少

これまで、低磁場の永久磁石によるMRI装置は、その開放性により体格の大きい患者向けのMRI装置として定評があった。これに対し当社は、2008年に1.5 T、2011年に3 Tの大口径MRI装置を投入した<sup>(2)</sup>。これにより、1.5 T及び3 Tの高磁場MRI装置でも体格の大きい患者の検査が可能になり、複数台数を持つ施設では画質やスルーットの面で劣る低磁場MRI装置を持つ必要性が低下した。

国内では、診療報酬の改定により、高磁場MRI装置に対する加点が認められ、MRI装置更新時に高磁場MRI装置への買替えを検討する施設も多い状況にある。

## 3 商品コンセプト

新興国、わが国、及び欧州の民間病院で、これまで1.5 T MRI装置に魅力を感じながらも低磁場MRI装置やCT（コンピュータ断層撮影）装置を購入していた顧客の新規導入や更新を主なターゲットとした。特に、採算が取れるなら1.5 Tに更新したいと考える医療施設に選ばれるMRI装置を目指した。これには、“1.5 T MRI装置の高画質を低磁場MRI装置並みの手軽さで提供する”ことが重要で、顧客の購入阻害要因を一つ一つ取り除く必要がある。

実現すべき主要な顧客ニーズを下記の四つとした。

- (1) どこでもすぐ設置できる
- (2) 高い収益が得られる
- (3) 操作者のスキルを問わない
- (4) 静かでエコ

## 4 開発方針

プロジェクトの基本姿勢として、性能に対する妥協をせず、あらゆるむだをそぎ落としてシンプルにするという方針で、主要な顧客ニーズの抽出とその実現方法の検討を行った。また、MRI装置全体のデザインを東芝グループで推進しているユーザーエクスペリエンス（UX）デザインを考慮した<sup>(3)</sup>。

## 5 主要な顧客ニーズの実現方法

### 5.1 どこでもすぐ設置できる

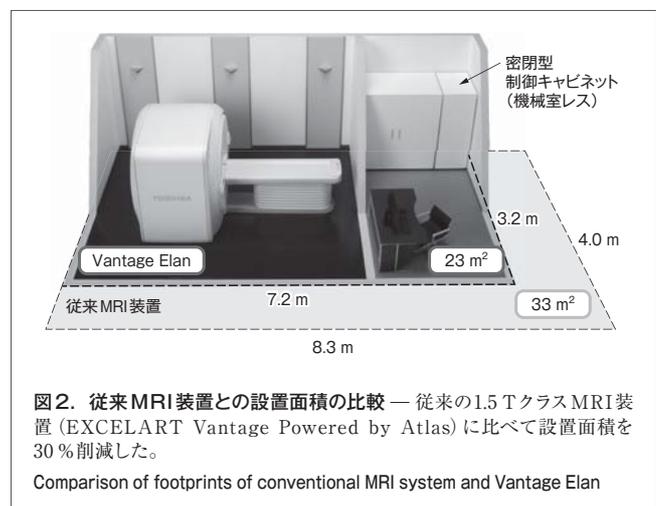
狭い病院内のスペースを利用して設置できるよう、徹底したコンパクト設計を実施した。信号の架台内デジタル変換方式の導入や、制御キャビネットと配線の統合及び整理によりMRI装置自体の占有面積を削減する一方、据付やメンテナンス作業用の必要空間も整理することで、1.5 Tクラスの従来MRI装置に比べて設置面積を30%削減し、最小レベルの設置面積23 m<sup>2</sup>を実現した<sup>(4)</sup>（図2）。

MRI装置導入時の据付期間が他の医用機器に比べて長いことも、医療施設がMRI装置を導入しにくい一因となっている。キャビネットを統合して数を削減するとともに、磁石周辺の部品を極力工場で組み上げた状態のまま出荷することで病院据付時の配線箇所を削減し、更に据付用のジグの充実及び自動システム調整の導入で、従来9～11日だった現地での据付作業日数を5日とほぼ1/2に短縮した。

当社の低・中磁場MRI装置を導入している医療施設の0.35 T及び1 T MRI装置合わせて89台に対し、このVantage Elanが導入可能か調査したところ、0.35 T MRI装置の92%、1 T MRI装置の100%が従来の設置スペースで置換え可能であることがわかった。既存の同クラスMRI装置 EXCELART Vantage Powered by Atlasでは0.35 T MRI装置の8%、1 T MRI装置の38%しか面積の拡張なしに置換えできなかったことに比べると、劇的に設置性が向上した。

### 5.2 高い収益が得られる

高い収益を得るには、1.5 Tならではの画質により確かな診断情報が得られるのはもちろんのこと、短時間で多くの検査に対応できなければならない。MRI装置では、鮮明な画像を得るために、体の表面に密着するタイプの高周波受信コイルが必要である。Vantage Elanでは、上位機種でも採用している頭部及び脊椎用のOctave SPEEDERコイルと、肩や、膝、





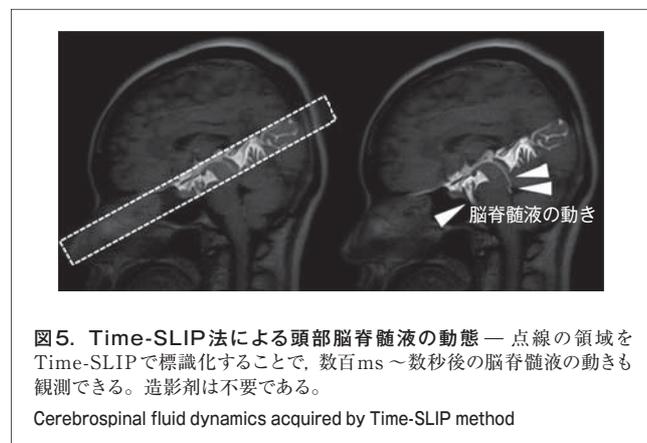
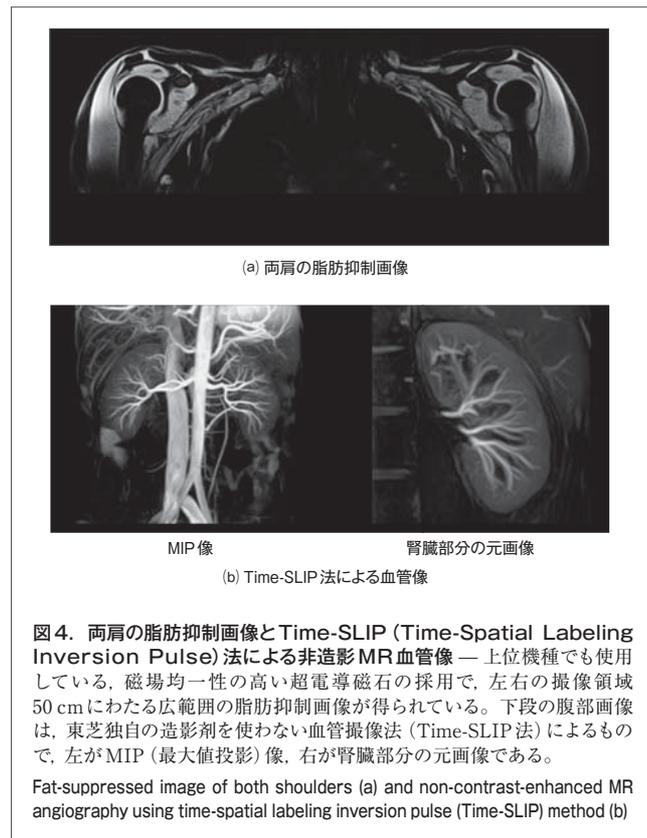
肘、足首などの形状の異なる部位に装着できる4ch（チャンネル）フレキシブルSPEEDERコイル（図3）を使用することで、少ない種類の高周波受信コイルで人体の様々な部位に対する高品質な検査を可能にした<sup>(5), (6)</sup>（図4, 図5）。

ランニングコストの面では、傾斜磁場系の最適設計やエコモードの仕組みを導入することで、従来MRI装置に比べて最大消費電力を50%、平均的な稼働状態での消費電力を約30%削減した<sup>(7)</sup>。これはCOCIR（欧州放射線・医療電子機器産業連合会）の自主規制イニシアティブ（SRI）で設定された標準稼働条件と比較すると、年間42万円のランニングコスト削減（12円/kWhと仮定）に相当する。

また、超電導磁石の冷凍機として、従来より冷却性能の高い4K冷凍機を採用することで、従来6か月～1年に1回必要だった液体ヘリウムの注液作業が不要になり、ダウンタイム（臨床検査ができない時間）の削減とランニングコストの削減の両方を実現した。

### 5.3 操作者のスキルを問わない

MRI検査の中で特に解剖学的な知識が必要で、かつ操作が煩雑な手順の一つに、検査断面の位置決め作業がある。この作業を支援するソフトウェアとして、今回、整形領域で検査比率が高い脊椎検査に対応したSpineLineを製品化した<sup>(8)</sup>（図6）。このソフトウェアは、椎体及び椎間板の形状を自動計測して解析し、椎間板に沿った断面を表示して検査断面の設



定を支援するもので、3次的に位置を把握するため脊椎の曲がっている患者に対しても適切に断面設定を行うことができる。更に、上位機種には既に搭載されている頭部用NeuroLine及び心臓用CardioLineも併せて搭載し、主要な部位の検査で操作の熟練者でなくても適切な検査断面の設定が行なえるように支援し、効率よく撮像できるように配慮した。

システムソフトウェア画面は、検査の進行によりタブを切り替えて操作をナビゲートすることで進行状況を把握しやすくした。

### 5.4 静かでエコ

MRI装置は高磁場中で大電流を高速にオン/オフするため、電磁力が急激に変化して騒音が発生する。Vantage Elanでは、

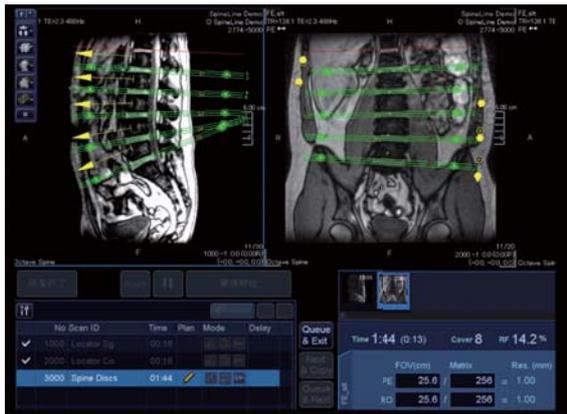


図6. 脊椎位置決め支援ソフトウェア SpineLineの使用例 — 脊椎椎間板を自動認識して椎間板に沿った断面を表示することで、操作者の作業負担を軽減できる。

Example of display of SpineLine planning assistance software for spine examination

傾斜磁場コイルを密閉する新開発の静音機構であるPianissimo $\Sigma$ を搭載し、撮像時の電流波形を最適化するサイレントスキャンと合わせて低騒音を実現することで患者の負担を軽減した。

また、5.1節で述べた制御キャビネットも、統合して一体化するだけでなく、ファンによる強制空冷で発生していた騒音を、密閉型の冷却システムを採用することで削減した。従来、制御キャビネットは専用の機械室に設置していたが、低騒音化により通常の操作室にも置けるようになり、患者だけでなく、操作をする検査技師の利便性も向上した。

省エネであることは5.2節で述べたとおりだが、電源容量も1.5 Tクラスでは世界最小<sup>(注1)</sup>の定格電力25 kVAを実現した。既存の病院電源設備を極力流用できるようにして、工事費削減と環境負荷低減に配慮した<sup>(9)</sup>。また、一体出荷や、キャビネット統合に伴うケーブル本数の削減、部品点数の削減などで梱包（こんぼう）材を従来MRI装置に比べ28%削減できた。

これらの環境負荷低減の取組みが認められ、東芝グループで推進している2013年度のエクセレントECP（環境調和型製品）として認定された<sup>(10)</sup>。また、2014年12月には、環境に配慮した優れた製品であることが認められ、エコプロダクツ大賞推進協議会から、第11回エコプロダクツ部門エコプロダクツ大賞推進協議会会長賞（優秀賞）を受賞した。

## 6 あとがき

MRI装置の構成要素を一つ一つ基本から見直すことで、性能に対して妥協をせずにあらゆるむだをそぎ落とし、シンプル

(注1) 2014年9月現在、当社調べ。

な次世代の1.5 T MRI装置を開発した。この取組みが評価され、2014年のグッドデザイン賞も受賞した<sup>(11)</sup>。

今後の展望として、MRI装置では、緩和時間マップをはじめとする新しいイメージングバイオマーカの活用や、更なる自動化、データ収集の効率向上による患者負担の軽減と医療行為の効率向上などが期待されている。今回の開発経験を生かし、今後も顧客の求めるMRI装置の開発を行っていく。

## 文 献

- (1) 杉浦 聡 他. 商品化から30年, MRIの進化と今後の展望. 東芝レビュー. 69, 2, 2014, p.11-14.
- (2) 金澤 仁 他. 有用性と快適性を追求した3テスラMRI装置 Vantage Titan™ 3T. 東芝レビュー. 66, 7, 2011, p.20-23.
- (3) 大向真哉 他. 医用機器におけるUXデザインと1.5テスラMRI装置 Vantage Elan™への適用. 東芝レビュー. 69, 10, 2014, p.19-23.
- (4) 堀 雅志 他. “1.5T MRI 装置の設置面積削減の検討”. 第42回日本磁気共鳴医学会大会. 京都, 2014-09, 日本磁気共鳴医学会. 2014, O-2-261.
- (5) Takahashi, J. et al. “Non-contrast-enhanced renal MRA using time-spatial labeling pulse (t-SLIP) with 3D balanced SSFP”. Proceedings of ISMRM (International Society of Magnetic Resonance in Medicine) 15 (2007). Berlin, Germany, 2007-05, ISMRM. 2007, p.179.
- (6) Yamada, S. et al. Visualization of cerebrospinal fluid movement with spin labeling at MR imaging: preliminary results in normal and pathophysiologic conditions. Radiology 249, 2, 2008, p.644-652.
- (7) 今村直樹 他. “MRI装置における傾斜磁場系の省電力技術の検討”. 第41回日本磁気共鳴医学会大会. 徳島. 2013-09, 日本磁気共鳴医学会. 2013, O-1-119.
- (8) 篠田健輔 他. “脊椎MRI における画像輝度分布の特徴解析処理を用いた矢状断面および椎間板断面の自動検出方法の開発”. 第41回日本磁気共鳴医学会大会. 徳島. 2013-09, 日本磁気共鳴医学会. 2013, P-3-232.
- (9) 東芝. “医用機器における環境機能 No.1への取り組み: 東芝 環境活動” <[http://www.toshiba.co.jp/env/jp/products/ex\\_ecp\\_j.htm](http://www.toshiba.co.jp/env/jp/products/ex_ecp_j.htm)> (参照 2015-04-27).
- (10) 東芝. “エクセレントECP: 東芝 環境活動”. <[http://www.toshiba.co.jp/env/jp/products/ecp\\_j.htm](http://www.toshiba.co.jp/env/jp/products/ecp_j.htm)> (参照 2015-04-27).
- (11) 日本デザイン振興会. “超電導式磁気共鳴画像装置 [東芝 MRI Vantage Elan (MRT-2020)]”. 2014グッドデザイン賞 受賞対象一覧. <<http://www.g-mark.org/award/describe/41303?token=fZCBx2bUXR>> (参照 2015-04-27).



金澤 仁 KANAZAWA Hitoshi

東芝メディカルシステムズ(株) 次世代MR開発プロジェクトチーム主幹。MRIシステムの設計・開発に従事。Vantage Elanサブプロジェクトマネージャー。  
Toshiba Medical Systems Corp.



足立 確 ADACHI Akira

東芝メディカルシステムズ(株) MRI事業部 MRI開発部長。CT及びMRIシステムの設計・開発及び製造に従事。Vantage Elanプロジェクトマネージャー。  
Toshiba Medical Systems Corp.



吉田 智幸 YOSHIDA Tomoyuki

東芝メディカルシステムズ(株) MRI事業部 MRI開発部担当部長。MRIシステムの設計・開発に従事。Vantage Elanプロジェクトマネージャー。  
Toshiba Medical Systems Corp.