

MRIとCTの最新技術動向

シーメンス旭メディテック(株)

水内 宣夫, 大西 哲夫 メディカルソリューションマーケティング本部

1. はじめに

現在の最新画像診断装置に共通している特徴として、ボリュームによるデータ収集があげられる。MRIのボリュームデータの収集は80年代半ばから行われていたが、限局した範囲で動きが少ない部位においてのみ撮像されていた。一方CTは多検出器の出現でボリュームデータの撮像において診断装置のトップランナーとなった。ボリューム収集された等方性ボクセルは、従来の横断面だけだったCT画像の概念を大きく変貌させたのは周知のとおりである。本章では、MRIとCTにおけるボリュームデータの撮像を実現している最新装置について解説する。

2. MRI

1. Total imaging matrix (Tim) という考え方

MAGNETOM Avanto (図1) に搭載されているTotal imaging matrix (以下、Tim) は、最大76個のマトリクス・コイル・エレメントと、最大32個のRFチャンネルを自由に組み合わせることで、1個のイメージング・マトリクスを作り出すことができる。Timテクノロジーにもとづき開発されたTimコイルは、従来の「局所」の撮像はもちろん可能であり、従来のMRI検査では考えられなかった「全身」の検査を実時間で可能とする技術である。

Timコイルは被検者の全身をひとつのマトリクスとしてとらえ、全身に装着されるTimコイルは直径18cmの小さなコイルの集合体である。例えるなら「碁盤の目のように配置されたRFコイル」が全身からの微弱なNMR信号を受信する(図2)。Timコイルでは従来に比べ、最大で2倍のSNR(信号雑音比)が得られる。Tim

コイルを用いることで従来のRFコイルの大きさによって制限された「局所」の検査から、目的部位を対象にしたシームレスな「全身」の検査に代わっていく。Timコイルにより全身を対象にした検査が初めて可能となる。Timコイルはサーフェスコイルとして体に密着しているため、非常に高いSNRを実現している。そのためこの部位を撮像しても従来の部位別専用コイルと同等以上の画質が得られることになる。ガントりに内蔵されたボディコイルでも全身の撮像を行うことはできるが、SNRの低下からは逃れられない(図3)。ガントりに内蔵されたボディコイルで仮に病変部位を発見できたとしても、そのままの状態から関心部位の精密撮像を行うには改めて専用コイルの装着が必要となる。Timコイルが求めるものは、高い診断能が提供できる高SNR・高精細・高コントラストといった高画質を最高の検査効率で得るといふことにほかならない。



図1 MAGNETOM Avanto (1.5T) の概観

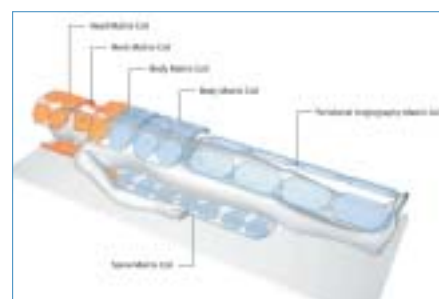


図2 全身にTimマトリクスコイルを装着した例
4つのマトリクスコイルでFOV=50cmに対応している。

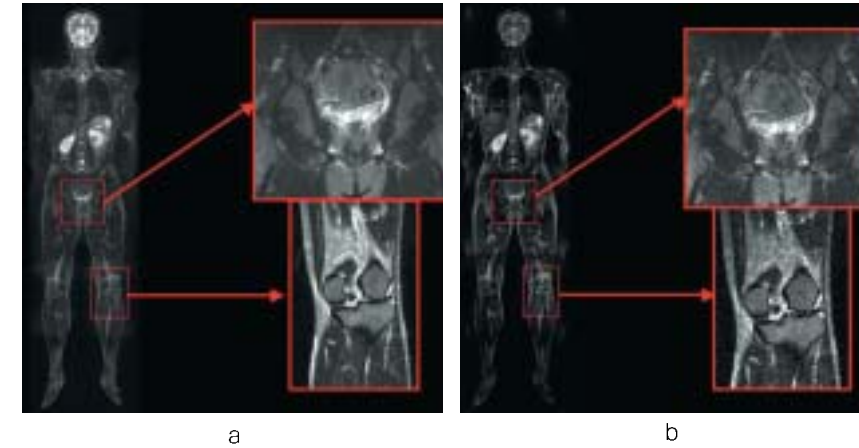


図3 Timマトリクスコイルとガントりに内蔵のボディコイルとで同じ撮像条件で撮像した場合の画質の比較(スライス厚5mm)
Timによる撮像は、従来の局所撮像による高画質をそのままに全身撮像が行える。aはTimマトリクスコイルの画像、bは内蔵型ボディコイルの画像。



図4 コイル独自の撮像範囲ではなく、検査部位に合わせて、検査部位に合わせ、フレキシブルな撮像範囲を実現します
Fov: 250 mm 1 step, Fov: 370 mm 1 step, Fov: 500 mm 2 steps

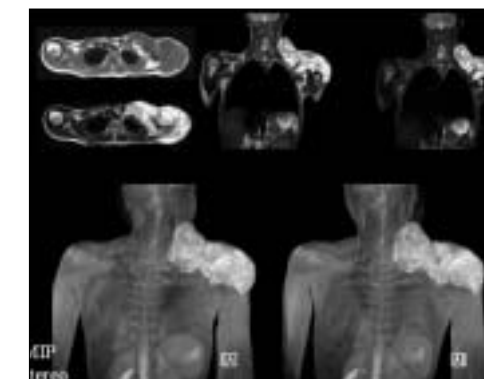


図5 従来のコイルシステムでは、ちょうどコイルの境目になるような部位では高分解能な撮像は望めなかった。Timでは病変のひろがりに合わせて高分解能撮像(0.7x0.7x1.5mmの三次元撮像)が可能となる(画像ご提供: 慈恵会医科大学付属病院)。

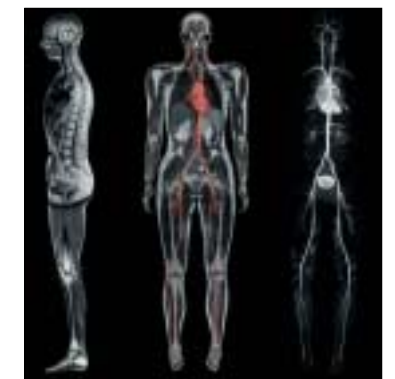


図6 循環器系を始め全身のスクリーニングを短時間で行うことができる。

2. 局所から全身の検査へ

従来のMRI検査では撮像部位に合わせた専用RFコイルで撮像するのが一般的である。しかし、この部位別専用RFコイルは必ずしもRFコイルの大きさ(撮像できる範囲)が被検者の体格に合っているわけではない。Timにより、これらを一気に解決することができる(図4)。全身を細かく網羅したTimコイルは、被検者の体格に合わせた撮像範囲をシームレスに設定することができる。また必ず1回で入れなければならない撮像範囲として、大動脈弓部から頭蓋内までという範囲がある(図5)。既製の専用RFコイルでは、体格の大きな被検者などすべてを撮像範囲に収めることができない場合がある。そのように1回で撮像できない場合には、複数回に分けて撮像することとなり、結果として検査時間の延長という被検者ならびに医療スタッフ双方にとっての不利益が生じていた。Timコイルでは部位別の専用RFコイルによる限られた検査範囲である「局所」

から、検査しなければならない部位は必ず網羅するという「全身」へとMRI検査の考え方が変わる。

3. 全身検査を行うために

全身が簡単に撮像できるということは、従来のMRIでは考えられないことであった。体全体を網羅したTimコイルでは全身のスクリーニングが12分、造影剤を使用したMRAでは1分前後で完了する(図6)。検査中に病変が発見された場合には、すかさずその部位にテーブルを移動させ、精密検査を行うことができる。従来なら部位を分けて異なる日に改めて検査していたことが、1回のMRI検査ですべてが終了できるようになる。疾患によってはこのように広い範囲を網羅する必要があり、Timコイルを搭載したMRI装置なら最初の1回だけでセッティングが終了する。その後は実効FOV=205cmという可動範囲で全身のどの部位でも検査可能となる。また、癌の転移巣を全身にわた

って検索することがMRI検査で可能となる。

従来施行される転移巣の検索はRIあるいはPETとなるが、誰もが受けられる検査ではなく、被ばくなどの問題も避けられない。MRI検査で全身の転移巣を検索できるならば、腫瘍学の立場から見ると大きなメリットとなる。特に欧米では、X線による検査を極力減らしたいという流れが一般的でMRIにかかる期待は大きなものがあり、従来の検査法からの移行が検討されている。

4. 全身検査を支えるパラレル・イメージング

近年、盛んに臨床応用されているパラレル・イメージングは、使用するRFコイルの数に比例して撮像時間が短縮できるという高速撮像法である。局所の撮像時間を短縮することで、多部位あるいは全身撮像を行う時間を作り出すことができる。現在提案されているパラレル・イメージングには、画像をベースにしたSENSE法とローデータをベースとしたGRAPPA法の2種類がある。これらのパラレル・イメージングを効率良く行うためには、従来のRFコイルとは別に、パラレル・イメージング用の部位別専用多チャンネルRFコイルが必要であった。専用コイルを準備しないと制限のあるパラレル・イメージングしか実現できないことがある。しかし、Timコイルは小さなRFコイルがマトリクス状に配置されているため、パラレル・イメージングの実施に際し一切の制限がない。言い換えるなら、Timコイルは「パラレル・イメージング用の部位別専用多チャンネルRFコイル」を全身用として可動するということになる。Timコイルが可能とするパラレル・イメージングの倍速ファクターは、三次元撮像において12倍速という脅威の速さを実現している。

3. CT

1. z-Sharpテクノロジー

マルチスライスCTの列数の増加は年月を重ねるごとに多列化の一途を辿っているが、主な目的はスキャン範囲の拡大というよりは、より薄いスライスの実現の方向に向いているのが現状である。体軸方向の分解能の改善は、一般的には検出器の列方向の開口幅を狭くすることにより実現される。この方法によれば、確かに空間分解能の向上は見込まれるが、X線のフォトン不足を原因とするノイズの増大が無視できなくなり、逆にSNの低下による分解能の劣化を生み出す。

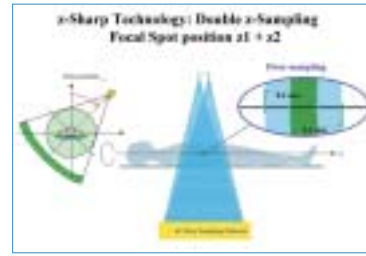


図7 z-Sharpによる64スライスデータサンプリング

SIEMENSのSOMATOM Sensation Cardiac 64に搭載されているz-Sharpテクノロジーは、体軸方向のFrying Focal Spot機構(z-FFS)とそのz-FFSがもたらすオーバーサンプリング収集を総称したものであり、32列の検出器配列ながら64スライスのデータ収集を可能にしている。

z-Sharpテクノロジーとは、当社独自の技術であるFrying Focal Spot機構(FFS)で、従来検出器のチャンネル方向へのX線焦点の偏向によりアキシャル面内の空間分解能を向上させることを実現していたが、z-FFSはこのアイデアを体軸方向に応用したものである。この技術はX線焦点をz方向に微小距離だけ移動させ、2つの異なった焦点位置において独立したデータ収集を行い、オーバーサンプリングが実質的なサンプリング密度を2倍に増加させ、相対的に検出器の列開口を狭めることなく、高い分解能を得ることを可能とした機構である。(図7)

z-SharpテクノロジーによってSIEMENSは空間分解能の向上に伴うノイズの増大という、いまままで避けることができないとされていた問題に対処し、微細構造の描出に高い能力を発揮している。

z-Sharpテクノロジーは、オーバーサンプリングによりマルチスライスCTにおいて顕著に見られるアーチファクトの抑制を実現した。このアーチファクトは風車状に回転してみえることからウインドミルアーチファクトと呼ばれており、体軸方向のデータ補間に起因したアーチファクトである。ウインドミルアーチファクトは、画像再構成アルゴリズムの種類に依存せず発生し、従来のサンプリング手法では改善できない。技術的にはほかにも体軸方向にフィルタリング処理を行うことでこのアーチファクトを低減する手法も提案されているが、体軸方向の分解能を犠牲にしてしまうため本質的ではない。しかし、z-Sharpテクノロジーにおけるオーバーサンプリング手法は分解能の低下を招くことなくこのアーチファクトの抑制にも優れた効果をもたらすことが可能である。



図8 頸動脈VRT



図9 coronary VRT



図10 3mm径 coronary stent

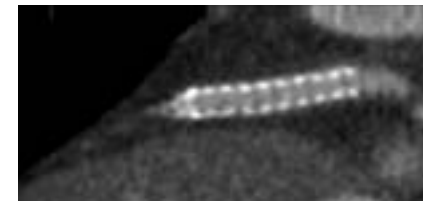


図11 bypass coronary VRT

2. 臨床での不可能への挑戦

临床上に至ってもシーメンスの高い技術力は視覚的にも明確な描出能の違いに見られる。

従来の頸椎部位でのCTによる血管造影検査では体軸方向の分解能のなさから、後側、つまり椎骨動脈部分と頸椎自体との分離ができないこと、また頭蓋底部分の血管が骨から分離ができないということは、常識のように考えられていた。しかしこの部位においてもz-Sharpテクノロジーが生み出すオーバーサンプリングのデータクオリティが、不可能とあきらめられてきた領域までも明瞭に分離して表示することを可能とした(図8, 図9)。

また心臓領域に至っては、冠動脈の病的狭窄はもちろんであるが、狭窄の内径、病巣原因などの定量評価や質的診断を可能としている。また、従来メタルアーチファクトが障害となっていた冠動脈内留置ステントの内腔の評価などにおいては、z-Sharpテクノロジーによって生み出された画像により、ステントとの境界、形状ともに優れた描出がされている事実が確認できる。このクオリティによりステント内腔に存在するソフトブランク、血栓などは当然であるが、ステントそのものの形状が非常に明瞭に把握でき、いまままでCAGによって確認することが困難であったcrash stent, stent in stent, さらには2つのステントの接合部分の状態までCT画像により明瞭に把握できる(図10, 図11)。

当然ともいえるがマルチスライスCTは列数が増加することにより撮影範囲、撮影速度も格段に向上している。16列マルチスライスCTでの心電同期スキャンでは息止め検査としては困難であった内胸動脈からのバイパス検査にも、鎖骨下動脈から心臓下壁までの撮影に20秒以内の検査時間を可能とし、通常の臨床検査としての地位を確立した。

临床上においての64列マルチスライスCTの画像クオリティは単純に64列の検出器構造を有する従来設計型マルチスライスCTではいまだ不十分であり、z-Sharpテクノロジーという最新技術だけが、この実現不可能とされていた領域に対しても、十分な画像クオ

リティを提供しえる。

このように、シーメンスの高度なテクノロジー、そして臨床に対するひたむきな情熱は、さまざまな不可能を可能としている。Sensation Cardiac 64は究極の実践機であり臨床的な検査において実力を発揮できるCT装置である。

4. おわりに

現状の画像診断装置は空間分解能、時間分解能と検査時間の3つのファクターにより適合モダリティを選択するケースが少なくない。しかし今日のコンピュータスペックの進化は著しく、画像診断装置の計算時間は年々高速化してきている。それと同時に、画像を描出するためのボリュームデータ量も膨大なものとなってきており、検査ワークフローへの影響も大きい。また、短時間で広範囲を撮像できるスペックの画像診断装置が主流となり、一度の検査で全身を検査することができることもその一因である。

今日、この膨大なボリュームデータの扱い方がモダリティを問わず問題となってきたことは事実である。今後は全身を撮影できる余裕を備えつつも選択的な画像のクオリティが格段に高い、両極の能力を兼ね備えた機器が機種選定の主流となっていくと考えられる。