

320 列 Area Detector CT Aquilion ONE™

東芝メディカルシステムズ(株)

山田 徳和



【はじめに】

全身用 X 線診断装置の歴史を振り返ると、1998 年に Multi Detector CT(以下 MDCT と略す)が登場した後に急速に進歩を遂げ、2004 年には 64 列 MDCT が臨床現場に登場した。

東芝はこれまでに、最薄スライスで 0.5mm 検出器の開発と多列化を進めた結果、「広範囲撮影」「高速撮影」「高空間分解能」という 3 つの要素を同時に実現することが可能となった。併せて、多列化によって、断層像だけでなく高精細な三次元画像も得られるようになったことにより、微細な脳血管や拍動を続ける心臓(冠状動脈)も明瞭に描出可能になった。

次に CT に求められる要件はいろいろ考えられるが、東芝では“同時相性”という点に着目し装置開発を続けてきたが、この度 JIRA テクニカルレポート(通巻第 34 号)¹⁾で紹介した Area Detector CT(以下 ADCT と略す) Aquilion ONE™(図 1)を発表するに至った。

本稿ではさらに詳細な技術的特徴と臨床的有用性を紹介する。



図1 Aquilion ONE™ 装置外観

【Aquilion ONE™ のおもな技術的特徴】

Aquilion ONE™ は 1 回転 0.35 秒で回転可能なガントリに、0.5mm スライス厚の検出器素子を体軸方向に 320 列配置した面検出器を搭載した X 線 CT 装置である。しかし、単に従来装置の検出器を 320 列面検出器に

置き換えただけではなく、ガントリや再構成装置などほぼすべての部分に最新の技術を投入した。以下、本システムの主な技術的特徴について紹介する。

1. 0.5mm×320列(160mm)検出器の実装

Area Detector CTを実現するために、まず検出器／データ収集装置の開発が必要であった。本システムの検出器／データ収集装置は、Aquilion™64列システムで実績のあるシンチレータ、フォトダイオードを使用し、回路も同じ方式を採用した。また 0.5mm×320列(160mm)面検出器は、従来の0.5mm×64列(32mm)検出器と比較して体軸方向に5倍の長さを有するため(図2)高精度の加工技術と組立技術を必要とした。さらに検出器幅の増大に対応するとともにデータサンプリングの高速化を行うためにデータ収集装置は64列システムと比較して8倍のデータ収集能力を実装した。²⁾

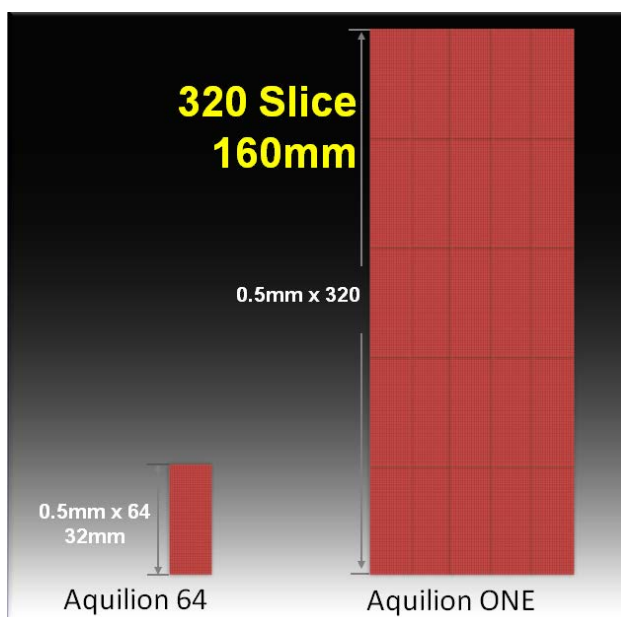


図2 Aquilion™ 64 と Aquilion ONE™ の検出器構造

2. ガントリ

面検出器を搭載しガントリを最速0.35秒で回転させることにより、各ユニットの配置スペースの増大、回転時にガントリに生じる約30Gの遠心力と振動、騒音が生じ得る。そのため、最新のシミュレーション技術を駆使して構造解析や空力騒音解析などの様々な解析を行い、剛性強化・低振動化・低騒音化を図った。

中でも特筆すべきは、各ユニットのコンパクト化とガントリ内部部品の高密度実装であり、検出器幅が64列システムに比べ256列分(128mm)も増加したにも関わらず、ガントリの幅はAquilion™64列システムと比較してわずか40mmのみの増加に抑えることができ同時に振動の抑制を可能としたことである。

また、320列化により収集データ量が増加するため、ガントリの回転部分と非回転部分間において20Gbit/秒の非接触データ通信を行うデータ伝送装置を搭載している。

3. 再構成装置

本システムでは収集する生データおよび画像データも膨大な量となる。生データは撮影条件によって異なるが、1回転分で560～750MBに達し、画像データも1ボリューム(320列分)で160MBとなる。このため最新のCPUを搭載し、ディスク容量の見直しを図った。また、画像再構成にも新たな再構成アルゴリズムの搭載とボリューム再構成によって計算量が増加するため、従来の64列システム用再構成基板の8～10倍の計算能力およびデータ伝送能力を有す専用基板を開発し、1ボリュームあたり10秒の再構成時間を達成している(図3)。



図3 再構成基板³⁾

【ADCT の有用性】

64 列 MDCT は、広範囲撮影・高速撮影・高空間分解能の三要素を同時に満たすことができる装置として広く浸透しつつある。しかし 64 列システムであっても検出器幅が 32mm～40mm 程度しかなく、一つの臓器を 1 回転の撮影でカバーすることができないため、ヘリカルスキャン⁴⁾による撮影が主体となっている。ヘリカルスキャンは、限られた検出器列数で生体臓器のデータを取得する上で優れた手法であり、様々な臨床的局面で活用されている。

しかし、さらに高度な臨床情報を得ようとした場合に問題点が発生する。生体臓器を体軸方向に撮影しボリュームデータを得るためには、一定の時間が必要となる。そのため、造影撮影において、撮影開始位置と終了位置では時相が異なり、生体の動きが早い場合には画質の劣化の原因となるだけでなく、灌流検査などの機能情報を得る上でも弊害となる。⁵⁾

Aquilion ONETM は単に多列化を目指しただけではなく、上記ヘリカルの問題点を軽減するためにも臨床的に意義のある範囲を一度に収集する Volume Scan を実現させることにある。以下に、ADCT による新たな撮影方式と臨床領域に沿って、この装置の有用性を紹介する。

【新たな撮影方式】

320 列(160mm)の検出器を実装することにより全脳、全心臓、四肢関節、腹部臓器など寝台を移動することなく 1 回転で撮影する Volume Scan を可能とした(図 4)。Volume Scan は、ヘリカルスキャンを行わないことにより撮影時のオーバーラップから解放される。よって原理的に大幅な被ばく低減を可能とした。

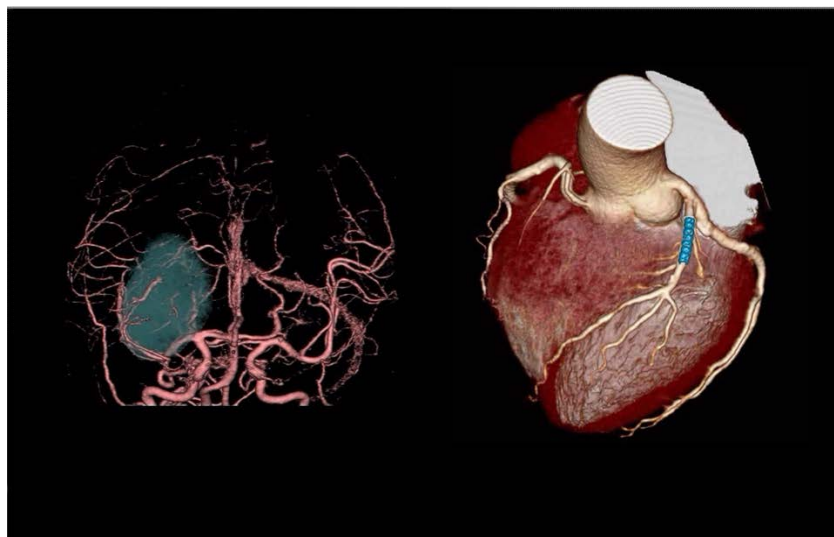


図4 Volume Scan で得られた臨床画像

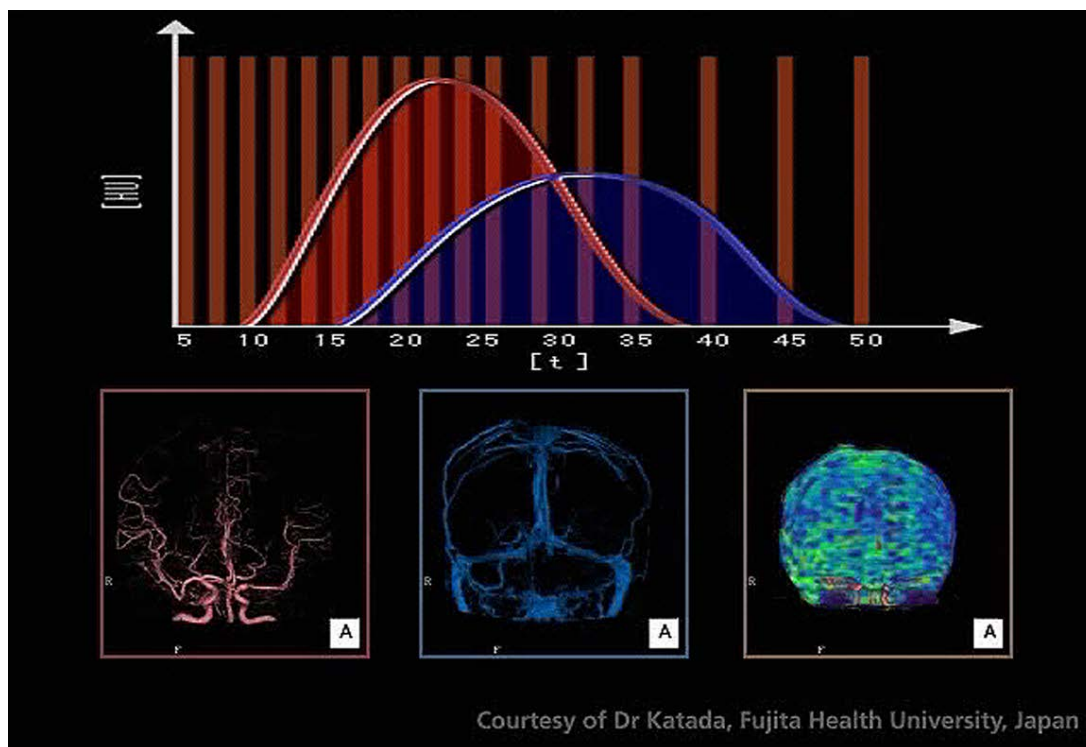
さらに、撮影範囲内の等方性と等時相性が同時に担保されることから、ヘリカルスキャンで問題となる撮影開始位置と終了位置での時相差を究極的に軽減することが可能になった。

また、等時相性を有した Volume Scan を連続的、間欠的に実施することにより、様々な動態評価、機能評価が期待されている。

【脳神経領域】

これまで、この領域での CT 診断は形態学的診断が主たる役割であった。

Aquilion ONE™ では、Volume Scan を間欠的、連続的に撮影するシーケンスを設定することにより、1 度の検査のみで単純 CT、3D - CTA のみならず全脳の Perfusion や 3DCT - DSA をも含めた多くの情報を短時間に得ることが可能になった(図 5)。これらの情報をすべて収集するためのスキャンシーケンスを構築すると、1 度の検査で 20 回弱の撮影をすることになり、画像枚数にして約 6000 枚の画像が発生する。多くの画像データを効率良くハンドリングし解析画像を提示することが課題として挙げられる。



Courtesy of Dr Katada, Fujita Health University, Japan

図5 スキャンシーケンスと臨床画像

(臨床画像 左、中: 3D-CTA、右: 全脳 Perfusion)

本システムでは、大量のデータをストレージすることなく解析するために、複数のボリュームデータに対して血管サブトラクション画像を自動で作成する「4D - DSA」³⁾と、全脳の血流量 Map を作成する「4D - Perfusion」、血管 3D 画像と血流量 Map を合成表示する「4D - Fusion」のソフトウェアを搭載した。

これにより従来の CTA が苦手としていた「血液の流れと方向の情報が得られない」「頭蓋底に弱い」という問題を解決した臨床画像が得られるようになり、さらに可及的速やかな治療が必要な脳神経救急の領域において、この特徴が非常に威力を発揮することが期待されている。

【循環器領域】

従来は心臓全体を撮影するのに約 5～10 心拍(約 5～10 秒)必要としていたため、心臓全体を画像化するためには複数心拍を利用することが必須であった。また不整脈や心拍変動のためにバンディングアーチファクトが発生し冠動脈の連続性が保たれないというリスクもはらんでいた。

体軸方向に160mmの幅を持つAquilion ONE™では、寝台移動を伴わず、1心拍で心臓全体をスキャンすることを可能とした。よって撮影開始位置と終了位置の撮影時相が異なることから生じる造影ムラから解放され、X線のオーバーラップがなくなったことにより、心臓CT検査の被ばく線量は従来の1/4程度まで低減可能となった。

MDCTにおける心臓CT検査は、血管造影検査(CAG)に比べて低侵襲で虚血性心疾患の検査を行うことができる。さらに陰性的中率が非常に高いことから広く浸透しつつある一方で、その被ばく線量の多さが指摘されることもたびたびあった。

ADCTにより、心臓CT検査の被ばく線量が大幅に低減され、複数回撮影しても従来と同等以下の被ばく線量で検査完了するため、冠動脈評価のみならず連続撮影が必要となる心筋灌流検査に関しても現実的になりつつある。

【その他の領域】

小児科領域では、最短0.35secでのスキャンが可能であり、さらに各部位を1回転のみで検査完了するため無鎮静でのCT検査が可能になると期待されている。これまで、鎮静不良により再撮影を余儀なくされたり、薬物を投与してから効果が発現するまでCT室での検査がストップしスループット低下を招くことが多くあったようだが、無鎮静での検査が可能になることにより、これらの問題が解決する可能性がある。また、全身状態が不良で薬物による鎮静がためられる患児も検査適応となることも想像に難くない。

整形外科領域においては、骨・靭帯を含めた四肢関節のkineticな観察が可能になり、新たな知見が生まれる可能性を持っている。

【おわりに】

Aquilion ONE™は最大160mmの範囲を1回転で収集するVolume Scanを可能とした。これにより脳や心臓など生体臓器を1回転で撮影することを可能にして、同時に被ばく低減を実現した。また、寝台移動の伴わない連続スキャンにより等時相性を有したボリュームデータが得られるため、一部臓器では動態評価、血流評価、機能評価を実現し多くの臨床的優位性をもつに至った。

今後は各臓器において多くの診断価値が創出されるように臨床アプリケーションの開発に努めたい。

参考文献

- 1) 新野 俊之、杉原 直樹：X線CT装置 Aquilion ONE™：JIRA テクニカルレポート2008. Vol.18 No.1(通巻第34号)：22 - 23
- 2) 新野 俊之：Area Detector CT - Aquilion ONE™ - を可能にした要素技術. 日本放射線技術学会雑誌 2008 ; 第64巻 第6号：734-743
- 3) 杉原 直樹：MultiSlice CT 2008 BOOK. 映像情報(M) 2008 ; 40(7)増刊：120 - 124
- 4) Calendar WA, Sessler W, Klotz E, Vick P. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. Radiology 1990 Jul; 176(1): 181 - 3.
- 5) 片田 和広：256列面検出器CTの技術と臨床, MultiSlice CT 2006 BOOK. 映像情報(M) 2008 ; 38(7)増刊：70 - 78

※Aquilion ONEは東芝メディカルシステムズ株式会社の登録商標です。

※Aquilionは東芝メディカルシステムズ株式会社の登録商標です。