

# 全身用X線CT装置 Aquilion<sup>TM</sup>

Aquilion<sup>TM</sup> Whole-Body Helical CT Scanner

渡邊 尚史  
WATANABE Naofumi

佐々木 富也  
SASAKI Tomiya

瀬戸 博光  
SETO Hiromitsu

全身用X線CT(Computed Tomography)装置の最上位機種として、世界最高速、1回転あたり0.5秒でスキャンできるヘリカルスキャン方式のAquilion<sup>TM</sup>(アクリオン)を開発した。

0.5秒の高速スキャンを実現するため、高速化によるスキャナ本体の振動や従来比2倍以上である13Gに達する遠心力に対応できる新設計を盛り込み、絶縁オイルを使わない小型の大容量高電圧発生器と、冷却効率が世界一良いX線管球を新たに開発した。この装置では、より短い時間で、より広い範囲の撮影ができるようになり、診断能と検査効率を向上させるとともに、従来機では難しかった心臓、循環器領域への適用が可能となった。

We have developed the Aquilion<sup>TM</sup>, the top-of-the-line system in the Toshiba whole-body X-ray CT helical scanner series, which permits a fast scan of 0.5 s. In order to realize a 0.5 s scan, new designs have been incorporated to suppress gantry vibration due to higher speed rotation and to withstand the centrifugal force of up to 13 G, which is at least double that in existing models. In addition, a compact, large-capacity, high-voltage generator which does not require insulation oil, and an X-ray tube with superior cooling efficiency were developed.

This system makes it possible to scan a wider field in a shorter time, improving diagnostic capability and examination efficiency, as well as supporting new clinical cardiac and vascular applications that were difficult with existing models.

## 1 まえがき

近年のX線CT装置は、ヘリカルスキャンの実用化により革新的な進歩を遂げた。ヘリカルスキャンとは、X線管の連続回転照射と対向台の連続スライドの組合せで、体軸方向に沿ってらせん状に撮影データを連続収集する方式で、当社が1990年に世界に先駆けて製品化した。広範囲な領域を短時間で撮影できるため、CT検査の効率とCT診断術は飛躍的に向上した。その後、スキャン時間が1回転1秒から、0.75秒へ短縮された。

今回、1回転0.5秒でスキャンができるヘリカルスキャン方式のCT装置Aquilion<sup>TM</sup>を開発、製品化した。検査時間が短縮できるとともに、従来は撮影が難しかった心臓、循環器領域への適用が可能になった。この装置を実現するためには、高速化によるスキャナ本体の振動対策や、従来比2倍以上である13Gに達する遠心力への対応、スキャン時間が短縮化されても十分なX線照射量を確保することなどの課題を解決した(参考:ジェット戦闘機の旋回時にかかる力が5~6Gである。)。

## 2 システムの概要

Aquilion<sup>TM</sup>のシステム構成を図1に、主な仕様を表1に示す。比較のため、現在の世界最高性能をもつ当社のXvigor/Laudatorの仕様も記載した。

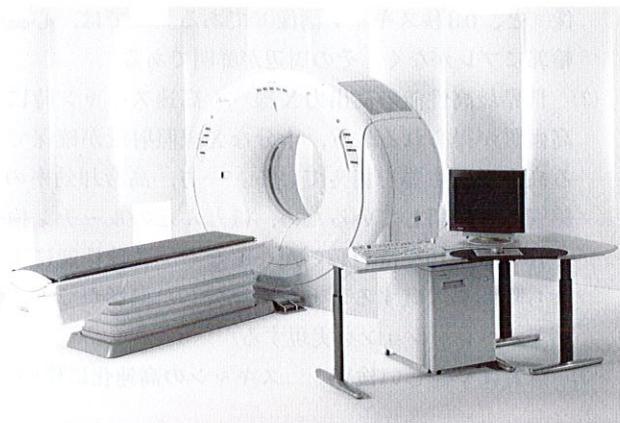


図1 全身用X線CT装置 Aquilion<sup>TM</sup> スキャナ本体、対向台、コンソールの3ユニットから構成される。  
Aquilion<sup>TM</sup> whole-body CT scanner

Aquilion<sup>TM</sup>は、スキャナ本体、対向台、コンソールの3ユニットから構成される。スキャナ本体の回転機構には、安定した高速回転を実現するダイレクトドライブ方式のモータが採用されているほか、X線を発生するX線管球や高電圧発生器など複数の新規開発のキーコンポーネントが搭載されている。なお、Aquilion<sup>TM</sup>は、別途開発中のマルチスライスCT(1回転のスキャンで複数の断層像を得る技術)に対応できるように設計されており、将来のアップグレードが可能である。

表1. Aquilion™の主な仕様(従来機比較)  
Specifications of Aquilion™ system and Xvigor Laudator system

項目	Aquilion™	Xvigor/Laudator
スキャン時間(秒)	最速0.5(ハーフ0.3)	最速0.75(ハーフ0.5)
X線管電圧(kV)／電流(mA) (最大管電力(kW))	80,100,120,135/ 10~500(60)	80,100,120,135/ 10~400(48)
最大陽極冷却率(kHU/分)	1,386	924
スキャナ本体開口径(mm)	720	720
スキャナ本体チルト角度(度)	±30	±25
モニタ	21インチ カラー	15インチ 白黒
磁気ディスク容量(Gバイト)	12	3

### 3 Aquilion™の特長

Aquilion™の特長を以下に示す。

- (1) 世界最速0.5秒回転の高速スキャン 1回転0.5秒のスキャンを実現したこと、心臓、循環器領域への新たな臨床応用が可能である。0.3秒のハーフスキャン(ハーフスキャンはほぼ半周回転で得られるデータから補間により画像を得る)を使用すると、画像中心部で実質0.25秒相当の画像が得られ、従来、体動の影響を直接受けていた心臓近辺の画質も鮮明になる。図2に胸部の臨床画像を示す。Aquilion™で得られた1秒スキャン画像(a)と、0.3秒スキャン画像(b)である。(b)では、心臓の輪郭にブレがなく、その周辺が鮮明である。
- (2) 世界最高性能の高出力X線 高速スキャン時にも高画質が得られるよう、十分なX線照射量が確保できる高電圧発生器を備えている。一方、高冷却効率のX線管球を使用しているため、ほとんどのルーチン検査で管球の冷却を待つ必要がなくなる。管球性能による待ち時間を考慮することなく連続した撮影ができ、快適なオペレーションを実現する。
- (3) 患者にやさしい検査 スキャンの高速化に伴い、1



図2. 臨床画像の比較 胸部臨床画像(心臓と肺野)の1秒スキャン(a)と0.3秒スキャン(b)画像。心臓の輪郭とその周辺が0.3秒ではっきりと見える。(写真提供:藤田保健衛生大学病院)

Clinical images of lung: (a) 1 s, and (b) 0.3 s

回の息止めで撮影できる範囲が広くなった。息止めの困難な患者、救急患者に対しても体動の影響のない鮮明な画像が撮れる。また、リアルプレップ(リアルタイムで造影剤の注入を監視し、スキャンを開始する技術)では、より正確なタイミングで検査ができ、精密な画像が得られるとともに、造影剤の使用量を減らすことができる。さらに、患者の被曝(ばく)量を低減するため、最小のX線被曝で高い画像診断能を実現する技術を開発した。

- (4) 使いやすく安心感を与えるデザイン スキャナ本体のデザインは、患者に威圧感を与えず、操作者の患者へのアクセスが容易な丸形デザインを採用した(図3)。安心感を与える世界最大幅の広い寝台天板、最低高さが低くて乗り降りしやすい寝台も特長である。

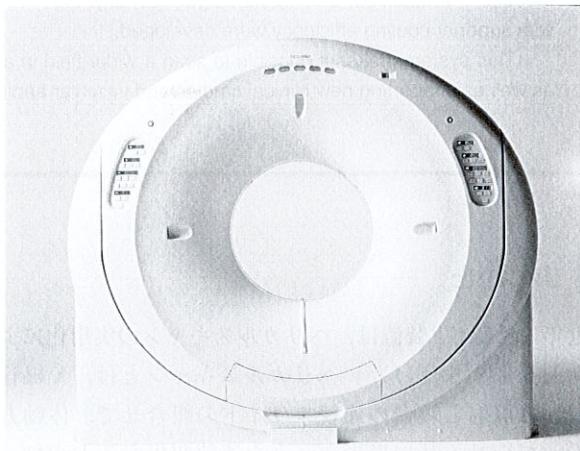


図3. スキャナ本体の外観 患者への威圧感をなくし、操作者の患者へのアクセスを容易にした丸形デザイン。  
External view of gantry

- (5) 使いやすい操作性 この装置では、新しい操作性を採用した。設計時に“人間の直感性”を十分研究して、だれでも操作が的確に行えるGUI(Graphical User Interface)を開発した。最短2ステップでスキャン操作が可能である。また、病院内のネットワークにも最大にこたえられるように、医用画像通信の業界標準DICOM規格をサポートする。さらに、リモートメンテナンス機能も装備して、より高い信頼性を実現している。

### 4 要素技術

#### 4.1 0.5秒回転対応設計

従来、モータからの回転駆動力をベルトを介して伝えていたが、高速回転による振動・騒音を最小限に抑えるため、

ダイレクトドライブ方式のモータを採用した。

回転部にはX線管球や高電圧発生器、検出器といった重量の大きなユニットが実装される。これらを取り付けるフレームを設計するにあたり、軽量化と強度確保のために解析ツールを用いての構造最適化、また、回転精度向上のために重心アライメントの最適配置を行った(図4)。このフレームには、シリンダ構造を採用し、実装されるユニットはすべて、遠心力がかかる外周方向に取付け面が設けられ、外に飛び出す危険がない構成になっている。

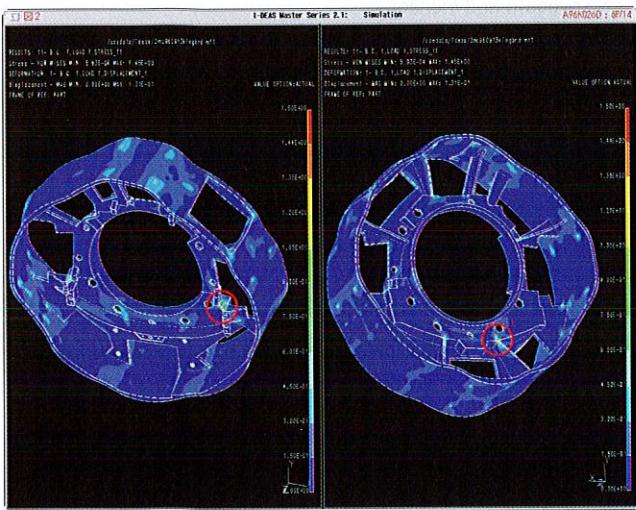


図4. 強度解析結果の例 ○印部は最大値を示す。局部的な応力集中がないことを確認した。

Result of structural analysis

#### 4.2 X線管球(Megacool<sup>TM</sup>)と高電圧発生器

X線管球には、CTでは世界で初めて陽極接地方式を採用了(図5)。管球のハウジング(外容器)と回転ターゲットである陽極が同じ電位になるため、X線管の耐電圧設計が

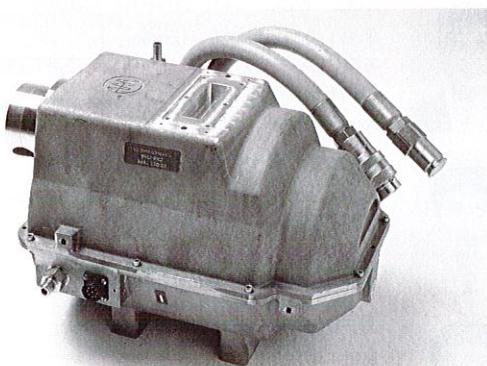


図5. Megacool<sup>TM</sup>管球 20MHU相当の能力をもつ。  
 Newly developed Megacool<sup>TM</sup> X-ray tube

全身用X線CT装置 Aquilion<sup>TM</sup>

容易になり両者の間隔を近づけることができ、陽極に生ずる熱を効率よく外部へ放出できる。また、ターゲットに戻る反跳電子を減らすことができ、発熱量が抑制される。この二つの効果で、従来の中性点接地方式に比べて冷却率が飛躍的に向上し、最大冷却率1,386kHU/分という世界最高仕様を実現した。実使用上の容量は従来の最大管球のおよそ3倍で、20MHU相当である。なお、遠心力に耐えるため、回転ターゲットは両端をペアリングで支持する構造とした。

一方、高電圧発生器は、絶縁オイルを用いた高電圧トランスから、小型トランスを多段接続して積層した構造に変更した。陽極接地方式の管球の採用で従来方式の倍の高電圧絶縁技術が必要になり、固体絶縁方式を採用了。インバータも高周波化して小型化し、容積は従来の1/9にまでコンパクト化した。回転機構への負担を軽減し、高速回転時でも安定して高電圧を供給できる。連続最大出力は60kWと世界最高である。

#### 4.3 熱設計

X線出力の仕様が大幅に向上したことにより、スキャナ本体の平均発熱量は、従来に比べて約2.5倍となった。原子力やタービンに応用されている熱解析技術を取り入れ熱流体解析や本体内部の流れの可視化を行い、高効率な冷却を実現することができた。図6にその結果の一例を示す。これにより、スキャナ全体を強制冷却する空調設備などをもつことなく、従来機種と同様なファンによる空冷で内部温度の上昇を抑えることができた。

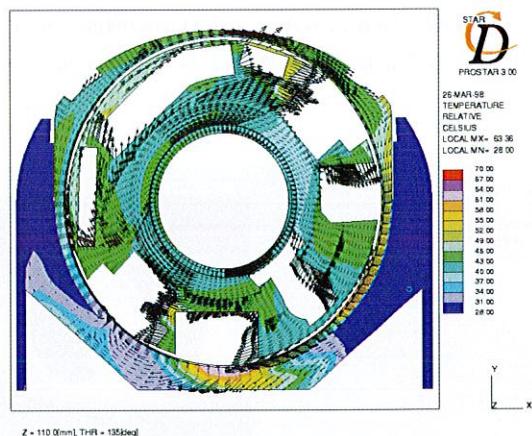


図6. 热解析結果の例 温度集中(局部的温度差など)や、規格外の温度領域がないことを確認した。

Result of thermal analysis

#### 4.4 リアルタイム技術

スキャナ本体の回転部で収集される検出データ量は、従来機に比べて2倍となる。このデータをリアルタイムでコンソールへ届けるために、高速光データ伝送機構を採用了。

非接触方式の光を使用して、高品質の通信を保証する。また、マルチスライスCTにアップグレードしたときのデータ量増加にも柔軟に対応する。

コンソールでは、新規開発のコンピュータシステムにより、リアルタイム再構成を実現する。通常の画像再構成時間は1秒(標準)となっているが、リアルタイム画像再構成では1秒間に12画像のレート(0.083秒再構成)で画像再構成ができる。

## 5 新操作性

長年にわたり従来機種で培われてきたエキスパートプラン(あらかじめ入力した検査条件を1タッチで選択してスキャンする仕組み。体の各部位の検査条件を設定しておくことで、つねに最適に検査できる。)の考え方を継承しつつ、さらに操作感の良い“人にやさしい”操作性を実現した。モニタには大画面21インチカラーCRT(画像表示装置)を採用し、わかりやすいGUIをすべて日本語で表示している。

エキスパートプランでは、視認性を向上するために縮小画像をアイコンとして使用できる。これによりプランの目的や対象部位が視覚的に確認できる。また、ユーザー好みにより下記の3種類の選択方法を用意した(図7)。

- (1) キー操作によりプラン番号を直接入力
- (2) 検査部位ごとに分類されたリストからの選択
- (3) 一覧表示からの選択

プランの選択直後や、スキャン実行中に、画面を切り換えることなく、マウスからの操作で容易にスキャン条件の変更が行える。図8にスキャン実行中の画面を示す。画面に表示される設定値を直接変更する。また、あらかじめ設

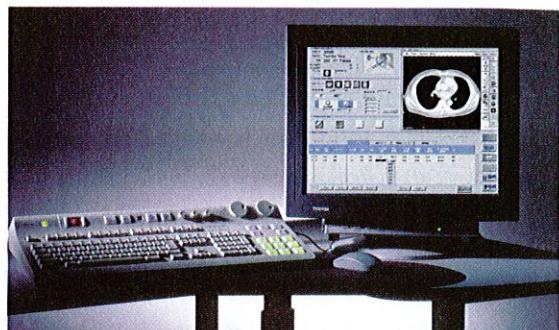


図8 新キーボードとモニタ スキャン実行中の画面。容易にスキャン条件が変更できる。左が新開発のキーボード。  
New keyboard and monitor

定されたスキャン条件を患者の体型や、医師の要求に合わせて適時変更し、即座に対応した撮影ができる。

フィルミングは、イメージの接続形態にかかわらず、同一の操作画面で操作できる。画面上の仮想フィルムに縮小画像を表示して進行状況と画像の確認ができる。また、画像処理においてもメニューの階層を浅くするなど、目的とするメニューまでの操作回数を減少させ、大画面を生かしたマルチフレーム表示による画像処理を可能としている。

## 6 あとがき

“Aquilion™”は空の王者Aquila(鷲)と、陸の王者Lion(ライオン)から命名された。これは、覇者をイメージしている。当社は、今後とも先進的な研究と積極的な技術開発を進め、さらなる診断性能の向上と、人にやさしい装置作りを目指し、社会に貢献していく所存である。

## 謝 辞

この装置の開発にあたり、臨床評価にご協力いただいた藤田保健衛生大学病院の関係者各位に感謝の意を表する。

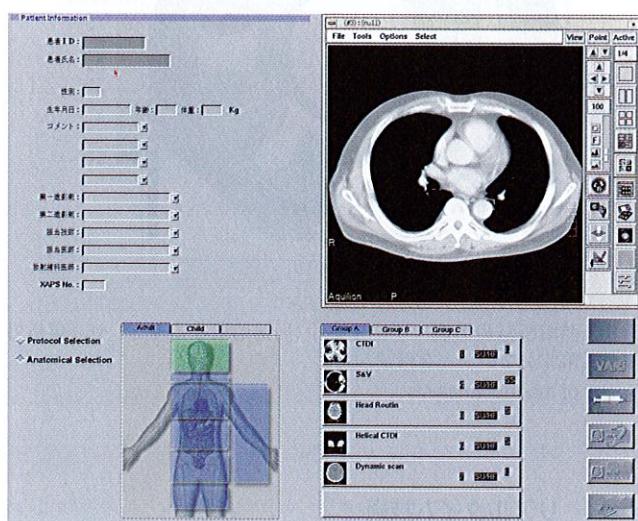


図7 エキスパートプランによる選択画面 撮影条件を選択するための画面。体の絵で部位を選び、その右の枠からプランを選ぶ。  
Operation window of "eExam Plan"

渡邊 尚史 WATANABE Naofumi

那須工場 医用機器第二技術部。

X線CTスキャナシステムの開発・設計に従事。日本放射線技術学会会員。

Nasu Works

佐々木 富也 SASAKI Tomiya

那須工場 医用機器第二技術部。熱流体の研究・開発、およびX線CTスキャナの機構開発・設計に従事。日本機械学会会員。

Nasu Works

瀬戸 博光 SETO Hiromitsu

那須工場 医用機器第二技術部。

X線CTスキャナのソフトウェア開発・設計に従事。

Nasu Works