

3大疾患の診断と治療に貢献するCT装置 Aquilion ONE™

Aquilion ONE™ CT Scanner Contributing to Diagnosis and Treatment of Three Major Classes of Disease

風間 正博

池田 佳弘

荒木田 和正

■KAZAMA Masahiro

■IKEDA Yoshihiro

■ARAKITA Kazumasa

3大疾患（脳血管疾患、心疾患、がん）の診断と治療のために、CT（コンピュータ断層撮影）装置は、従来から精細な画像を短時間で撮影できるよう進化を続けてきたが、連続撮影可能なヘリカルCT装置、更に複数断面の同時撮影が可能なマルチスライスCT装置によって実用性が飛躍的に向上した。

東芝メディカルシステムズ（株）が開発した1回転 0.35秒で160 mmの範囲を撮影可能なCT装置 Aquilion ONE™は、脳血管疾患に対して1回の造影検査で脳血流解析と血管描出ができ、心疾患に対しては冠動脈の観察から心筋の血流評価まで診断できる。また、がんに対しては呼吸の影響もなく、血流観察が容易で、がん治療の効果判定のための研究を進めている。

Computed tomography (CT) scanners continue to evolve to realize the rapid acquisition of high-resolution images, particularly for the diagnosis and treatment of three major classes of disease: cerebrovascular disease, cardiovascular disease, and cancer. With the introduction of helical CT systems providing continuous scanning in addition to multislice CT systems providing simultaneous scanning of multiple slices, the usefulness of CT scanners has markedly increased.

Toshiba Medical Systems Corporation has developed the Aquilion ONE™ CT scanner, which can cover a scanning range of up to 160 mm at a gantry rotation speed of 0.35 s/rot. The Aquilion ONE™ makes it possible to analyze cerebral blood flow and visualize blood vessels during a single contrast study in the assessment of cerebrovascular disease, and allows the diagnosis of cardiac disease ranging from the observation of coronary arteries to the assessment of blood flow in the myocardium. As the assessment of cancer is not affected by respiratory movement, we are also engaged in research to evaluate the effects of cancer treatments using the Aquilion ONE™.

1 まえがき

CT（コンピュータ断層撮影）装置の技術開発は、常に精細な画像を短時間で撮影することを目的として行われてきた。初期のCT装置は1断面ずつ撮影を行っていたが、患者を移動させながら連続撮影するヘリカルスキャンの登場によって撮影範囲の拡大と撮影時間の短縮が図られ、更に1回転4断面以上の同時撮影が可能なマルチスライスCT装置へと進化したことでヘリカルスキャンの実用性は飛躍的に向上した。

一方で、更なる進化を求めるためには、広範囲をより多断面で、かつ同時に撮影する技術が必要である。そこで、1回転で160 mmの範囲を320断面同時に撮影することが可能なAquilion ONE™（図1）を開発した。

ここでは、Aquilion ONE™の特長と、3大疾患の診断及び治療に果たす役割を、技術的な観点から述べる。

2 Aquilion ONE™の特長

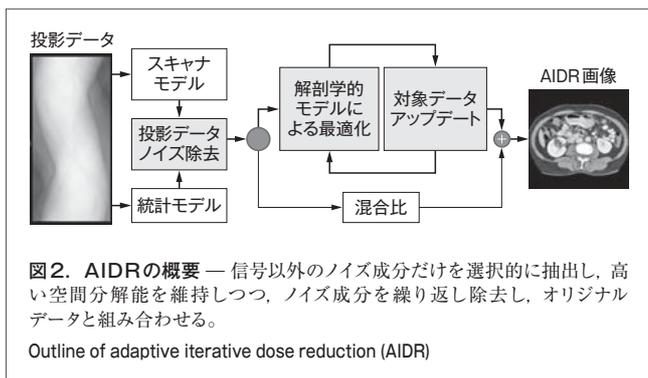
CT装置は、X線管とX線検出器がペアとなって被写体の周りを回転しながら360°分のデータを収集し、このデータから被写体内の組織によって異なるX線吸収分布を計算することで、被写体内部の構造を再構成して画像化する。



図1. Aquilion ONE™ — 1回転0.35秒で160 mmの範囲を320断面同時に撮影可能なCT装置である。
Aquilion ONE™ CT scanner

Aquilion ONE™は、0.5 mm スライス厚の検出素子を体軸方向に320列配置した検出器を持ち、1回転0.35秒で160 mmの範囲を撮影することが可能なCT装置である。

そのためこの装置では、1回の撮影で脳や心臓などの臓器全体を高精細ボリューム画像として得ることができる。これによって、撮影時間の短縮や、被ばく線量の低減、画像上で血管を強調するために使用する造影剤量の低減など、患者の負担



やリスクの軽減にも寄与している。

また、同一部位を連続して複数回撮影することによって、臓器の動態観察が可能になり、これまでのCT装置では実現できなかった新たな機能検査や動態検査の可能性も開いてきた。

更に、いっそうの被ばく低減を実現するため、新しい画像再構成技術 AIDR (Adaptive Iterative Dose Reduction) を搭載した。心臓、頭部、及び腹部の領域で、3次元の情報を用いて信号以外のノイズ成分だけを選択的に抽出し、3次元的に高い空間分解能を維持しつつ、ノイズ成分を繰り返し除去し、オリジナルデータと組み合わせた画像を作成するものである(図2)。AIDRの使用によって、画像ノイズを最大50%低減することが可能で、同じ画質を得るための被ばく線量としてこれを換算すると、最大75%の被ばく低減効果を見込むことができる。

また、Aquilion ONE™では、診断性能の向上や患者の負担軽減を目指す一方、環境に配慮した開発を行った。回転停止時の回転エネルギーを電力として再利用するなど、1検査当たりの消費電力削減技術の搭載によって、東芝グループのECP (Environmentally Conscious Products: 環境調和型製品) 活動の中で、2008年度にエクセレントECP(注1)に認定された。

3 脳血管疾患の診断と治療への貢献

脳血管疾患で運ばれた患者は一般に、まずCT撮影が行われ、脳梗塞(こうそく)あるいはくも膜下出血などの疾患が特定される。いずれの疾患であっても、脳血管疾患には迅速な治療が必要であり、治療は早期であるほど患者の予後がよいことがわかっている(注1)、CT装置による迅速な診断と治療方針の決定は非常に重要である。

ここでは、脳梗塞の画像診断について説明する。

脳梗塞とは、血管の閉塞などによって脳血流が低下してしまい、脳組織が壊れてしまう疾患である。画像診断では、脳血流解析検査(注2-4)による血流低下の程度や範囲の観察と、血

(注1) 東芝グループの自主基準によって、ECPの中でも業界トップの主要環境性能を持つと認定された製品。

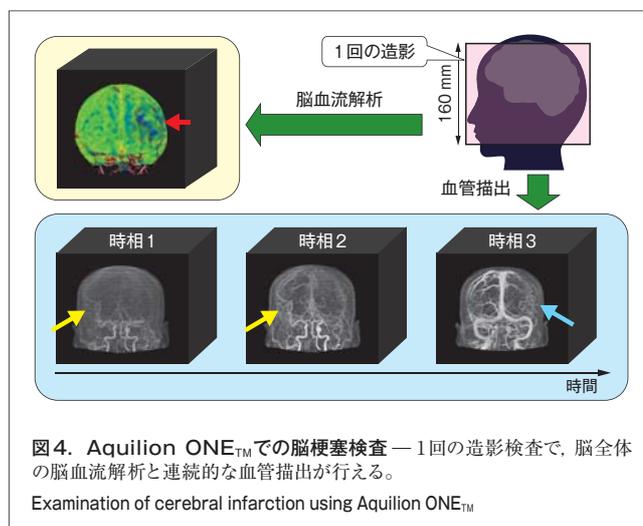
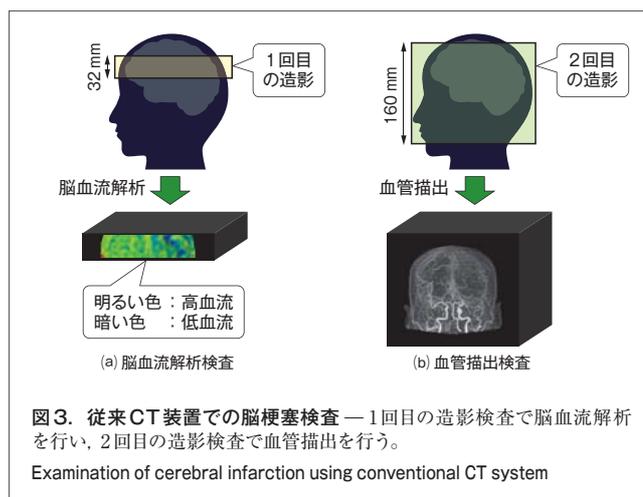
管造影検査による閉塞血管の観察が行われる。

これらの画像診断は、1回転32～40mm程度の撮影範囲の従来CT装置でも可能であったが、それぞれ次の課題があった。

- (1) 脳血流解析検査では、造影剤注入後、頭部の同一箇所を連続撮影し、造影効果の時間変化データを取得する必要がある。しかし、撮影中患者を移動できないため解析範囲が限定される。
- (2) 脳血管全体の造影検査は、造影剤注入後、患者を移動させながら脳内の全血管を撮影する必要があるが、造影中1回、又は2回しか撮影できない。そのため、血管内の血液の流れを同時に観察することができない。

Aquilion ONE™では、1回転で160mmの範囲を撮影できるため、脳全体を1回で撮影することが可能であり、これらの課題を克服している。従来の装置とAquilion ONE™での検査例をそれぞれ図3、図4に示す。

従来の装置では、脳血流解析検査、血管描出検査それぞれに、造影と撮影が必要であったが、Aquilion ONE™では、患



者を移動せずに脳全体の連続撮影が可能のため、1回の造影及び撮影で、脳全体の脳血流解析検査と血管描出検査を同時に行うことが可能になった。図4の赤矢印からわかるとおり、Aquilion ONE™の血流解析画像では、脳全体の血流低下領域（青色）を観察できる。

また、患者を移動させないため、1回の検査で時間的に連続した血管の描出が可能で、血管内の血液の流れを観察できるようになった⁽⁵⁾。図4の時相1～3は、連続した血管像の例である。造影早期の時相1と時相2では、画像左側の正常な動脈は描出されている（黄矢印）が、画像右側には動脈の閉塞があり血管が描出されていない。しかし、数秒後の時相3では、画像右側の動脈が遅れて描出されている（水色矢印）。このことは、他の血管経路を通ることで脳へ血液が送られているようすを時間的な情報として示している。

これまで述べたように、Aquilion ONE™では、脳梗塞の診断と治療に必要な全ての画像診断が可能になった。加えて、従来の2回の造影検査を一度に行えるため、より迅速に治療できるようになった。

4 心疾患の診断と治療への貢献

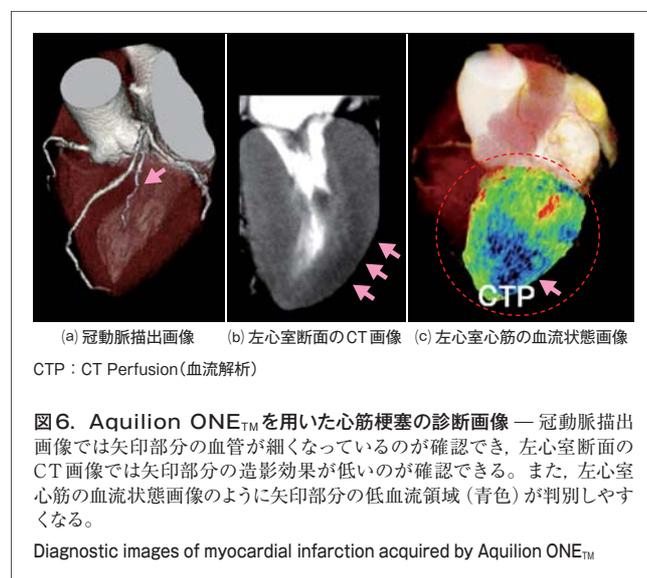
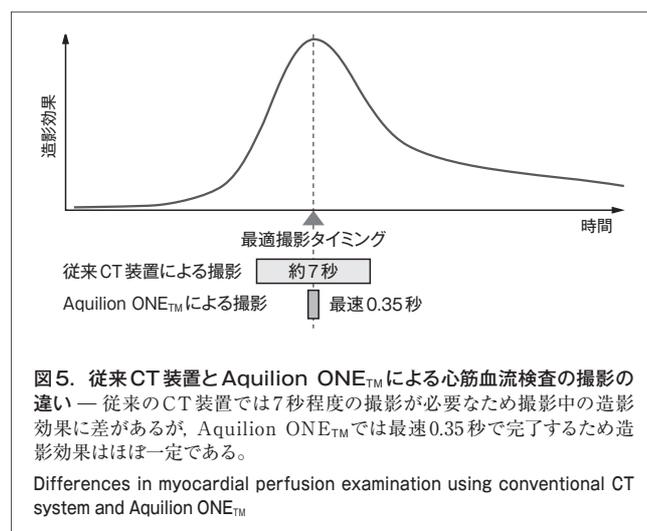
心疾患の代表としては心筋梗塞が挙げられる。この疾患は、心臓を動かしている心臓の筋肉（以下、心筋と呼ぶ）が正常に機能しなくなる疾患であり、心筋に血液を供給している血管（以下、冠動脈と呼ぶ）が狭窄（きょうさく）したり閉塞したりすることで発症する。画像診断としては、まず造影剤で冠動脈を描出するCT検査を行い、症例のある血管を特定し、その狭窄の程度を計測する。

治療法には、狭窄したり閉塞したりした血管部分を金属製のステントで膨らませ、心筋内の血流を正常な状態に戻す方法がある。近年、この治療法は、心筋内の血流が低下している場合にだけ適応すべきという報告⁽⁶⁾があり、治療前に心筋の血流状態を評価することが重要である。このため、最初に行うCT検査とともに、CT装置で心筋血流の評価ができることが望ましい。

CT装置では、血流が低下している領域は造影効果が弱くなる性質を利用して、周囲の正常な心筋との造影剤濃度の差を画像化することで心筋血流を評価する⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾。

撮影範囲が1回転32～40mmである従来の装置では、患者を移動させながら7秒程度で心臓全体を撮影する。そのため、心筋全体を最適なタイミングで撮影することが困難であった。それに対し、Aquilion ONE™では、患者の移動なく最速0.35秒で心臓全体を撮影できるので、常に心臓全体を最適なタイミングで撮影することができ（図5）、心筋の血流量を安定して評価することが可能である。

実際の解析例を図6に示す。(b)は、心臓の左心室を観察し

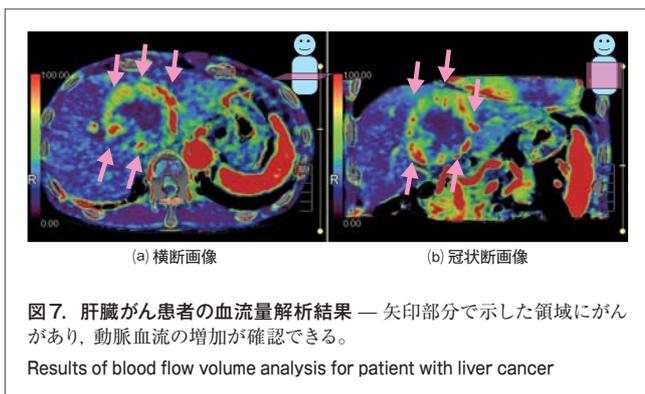


やすい断面で見たときのCT画像であるが、矢印部分が周囲に比べると若干黒く、造影効果が低いことがわかるため、血流低下が示唆される。(c)は、左心室の心筋の血流状態を解析した画像である。カラー化して表現することで、矢印部分の低血流領域（青色）が判別しやすくなる。

このように、Aquilion ONE™では、冠動脈の観察から心筋の血流評価まで、心筋梗塞の診断に必要な全ての情報を得ることが期待できる。世界中の研究者と連携した多施設共同研究(CORE320)⁽¹⁰⁾で、Aquilion ONE™による観察から評価までの診断方法の有効性を確認している。

5 がんの診断と治療への貢献

がんに対する治療として、大別して切除と薬剤治療がある。薬剤治療の効果判定に対する画像診断としては、PET（陽電子断層撮影）装置による、がんが集積する薬剤からの信号を



画像化する検査が行われている。しかし、PET装置を導入している施設は比較的少なく、CT装置による治療効果の判定が期待されている。

CT装置による治療効果の判定方法としては、造影剤注入後に同一範囲を連続撮影することで、がん組織の血流を解析する方法⁽¹⁾が存在したが、次の二つの問題があったために実際の臨床への適応は困難であった。

- (1) 1回で血流解析できる範囲が32～40mmに限定されており、対象臓器全体が撮影できない。
- (2) 撮影時間が50～90秒程度と比較的長いため、呼吸を停止させた撮影が不可能であり、撮影中の呼吸動によって対象領域が撮影範囲から外れてしまうことがある。

Aquilion ONETMは1回転で160mmの範囲を撮影可能にすることで、これらの問題を克服した。腎臓、すい臓⁽²⁾、及び脾臓(ひぞう)はもちろん、肝臓もそのほとんどの範囲を1回転で撮影できる。また、対象領域に多少の位置ずれが生じて、撮影範囲から外れて解析不能になることはほとんどない。

肝臓がん患者の血流解析の例を図7に示す。矢印部分で示した領域にがんがあり、周囲の正常な肝臓組織に対して血流量の増加を確認できる。これは、肝臓がんの典型的な特徴の一つであり、血管を新生して通常の肝臓組織より多くの血流をがん組織が得ていることを表している。

これまで述べたように、Aquilion ONETMは、従来の形態診断に加え、ほとんどの腹部臓器の血流観察が可能であり、特にがん化した組織の血流分布の判別はしやすくなる。そのため、薬剤などによってがんの血流量がどのように変化するかを経過観察することが可能になり、CT装置による治療効果判定のための研究が進められている。

6 あとがき

Aquilion ONETMは、その特長を生かした新しい臨床アプリケーションと組み合わせることで、より多くの診断情報を得られる装置である。そのため、3大疾患の診断と治療への貢献を期待されている。

当社は今後も、更なる被ばく低減技術の開発と、より臨床価値の高い臨床アプリケーションの開発を進め、医療に貢献していく。

文献

- (1) 篠原幸人 他. 脳卒中治療ガイドライン 2009. 東京, 協和企画, 2009, 358p.
- (2) Nabavi, D.G. et al. CT assessment of cerebral perfusion: experimental validation and initial clinical experience. *Radiology*. **213**, 1999, p.141-149.
- (3) Konig, M. Brain perfusion CT in acute stroke: current status. *Eur. J. Radiol.* **45**, Suppl.1, 2003, p.S11-S22.
- (4) Wintermark, M. et al. Quantitative assessment of regional cerebral blood flows by perfusion CT studies at low injection rates: a critical review of the underlying theoretical models. *Eur. J. Radiol.* **11**, 2001, p.1220-1230.
- (5) Siebert, E. et al. 320-slice CT neuroimaging: initial clinical experience and image quality evaluation. *British Journal of Radiology*. **82**, 2009, p.561-570.
- (6) 山科 章 他. 冠動脈病変の非侵襲的診断法に関するガイドライン. *Circulation Journal*. **73**, Suppl. III, 2009, p.1041-1043.
- (7) George, R. et al. Multidetector Computed Tomography Myocardial Perfusion Imaging During Adenosine Stress. *J. Am. Coll. Cardiol.* **48**, 2006, p.153-160.
- (8) George, R. et al. Adenosine Stress 64- and 256-Row Detector Computed Tomography Angiography and Perfusion Imaging: A Pilot Study Evaluating the Transmural Extent of Perfusion Abnormalities to Predict Atherosclerosis Causing Myocardial Ischemia. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. **2**, 2009, p.174-182.
- (9) George, R. et al. A Method for Reconstructing the Arterial Input Function during Helical CT: Implications for Myocardial Perfusion Distribution Imaging. *Radiology*. **255**, 2010, p.396-404.
- (10) (株) インナービジョン. “東芝メディカルシステムズ 320列面検出器CT技術を用いた国際的多施設合同臨床試験: 「CorE320」がスタート～冠動脈疾患における心臓CT診断の有効性を核医学検査と比較”. インナビネット. <http://www.innervision.co.jp/041products/2009/p0901_11xct.html>. (参照 2011-05-20).
- (11) Komemushi, A. et al. CT Perfusion of the Liver during Selective Hepatic Arteriography: Pure Arterial Blood Perfusion of Liver Tumor and Parenchyma. *Radiation Medicine*. **21**, 6, 2003, p.246-251.
- (12) Sonja, K. et al. Whole-organ perfusion of the pancreas using dynamic volume CT in patients with primary pancreas carcinoma: acquisition technique, post-processing and initial results. *Eur. Radiol.* **19**, 11, 2009, p.2641-2646.



風間 正博 KAZAMA Masahiro

東芝メディカルシステムズ(株) CT事業部 CT開発部主査。
X線CTシステムの開発に従事。日本放射線技術学会会員。
Toshiba Medical Systems Corp.



池田 佳弘 IKEDA Yoshihiro

東芝メディカルシステムズ(株) CT事業部 CT開発部主任。
臨床応用アプリケーションの研究・開発に従事。日本放射線技術学会会員。
Toshiba Medical Systems Corp.



荒木田 和正 ARAKITA Kazumasa

東芝メディカルシステムズ(株) CT事業部 CT開発部。
臨床応用アプリケーションの研究・開発に従事。
Toshiba Medical Systems Corp.