

特集 第38回日本小児放射線学会シンポジウムより *Pediatric CT Update 2002・小児のMDCT*

1. Multi-detector row CT：基礎とその特徴を活かした臨床応用

林 宏光，隈崎達夫，内木場庸子¹⁾，小川俊一¹⁾

日本医科大学 放射線科・ハイテクリサーチセンター，日本医科大学 小児科¹⁾

Multi-detector row CT: Principles, Techniques, and Clinical Applications

Hiromitsu Hayashi, Tatsuo Kumazaki, Yoko Uchikoba¹⁾, Syun-ich Ogawa¹⁾

Department of Radiology and Center for Advanced Medical Technology, Nippon Medical School,
Department of Pediatrics, Nippon Medical School¹⁾

Abstract

Computed tomography has made two major evolutionary leaps in the past decade. The first of these occurred in the early 1990s with the introduction of the spiral CT scanner, with simultaneous patient translation and data acquisition. The development of spiral CT has permitted volumetric data acquisition within a relatively short time.

The second leap occurred recently, with introduction of the multi-detector row CT scanner. The new technologies that made the MDCT system possible include the development of multislice detectors to permit simultaneous multislice (usually 4 or 8 channels) acquisition, and a multislice reconstruction algorithm. The completion of these technologies has enabled the development of MDCT scanners that are expected to be superior in terms of both temporal and spatial (Z-axis) resolution compared with conventional, single-detector row spiral CT scanners.

Improvement in temporal resolution has been achieved by the introduction of subsecond gantry rotation with multislice data acquisition. A shortening in the time needed for examination, approximately 1/4~1/8 of the time of conventional spiral CT, makes it easier for patients to hold their breath and faster acquisition time for images allows motion free studies of moving organs such as the lungs and heart. Improvement in Z-axis resolution is important for obtaining CT images with a high level of diagnostic confidence. MDCT examination with a small helical pitch yield high-quality axial CT images with less partial volume effects, and sufficient large anatomical coverage without deterioration of the Z-axis spatial resolution can be obtained with a large helical pitch.

The development of MDCT created exciting opportunities for diagnostic imaging. Even now, improvements and refinements to these CT scanners are being vigorously made; the potential and usefulness of CT are expected to expand in the future.

Keywords: Spiral CT, Multi-detector row CT, Three-dimensional CT, CT angiography

はじめに

複雑な人体の内部構造を非侵襲的に観察し、これを立体的に表示することは、医療における長年の夢であった。1972年、HounsfieldらによりX線CTが開発され、これまでにない高い濃度分解能で人体の横断像を得ることが可能となった。

X線CTはX線が物体を透過する性質を利用して、同心円的に多方向から被験者にX線を照射し、透過X線強度を計測して断面各点における線吸収係数を求めることから断層像を得ている。この多方向からのデータ収集法には幾つかの方式が実用化されたが、撮影中に被験者の位置を変えないことが、任意の位置のX線CT像を得るための大原則とされてきた。

らせん走査型CTの原理とその利点

X線CTの開発における革命的な進歩は、らせん走査型（ヘリカル、スパイラル）CTの開発に他ならない¹⁾。らせん走査型CTとはX線管球を同一方向に連続回転させながら検査寝台を体軸方向に定速移動することで、被験者をらせん状にスキャンし、その投影データを取得することが可能なCT装置である。従来のケーブルさばき型CTと比較した臨床的利点としては、1) スキャン停止時間がないため、短時間で広範囲の検査が可能、2) 1回の呼吸停止下で検査対象臓器の全体をスキャンすることができるため、息継ぎによる空間的位置のずれを生じない、3) 任意の位置での薄層情報が得られるため、小病変の検出に有効、4) 短時間で検査し得るため、小児や緊急検査に有用、などがあげられる。中でも本装置により短時間で体軸方向の連続性に優れた容積情報が得られる点と、高速撮影することで明瞭な血管像が得られる点に着目した3次元CT血管造影法は、従来のカテーテルを用いた血管造影に変わり得る低侵襲的脈管診断法として注目され、現在、広く普及しつつある^{1, 2)}。しかし、これまでのらせん走査型CTにおいては検出器が1列しか装備されておらず（single-detector CT: SDCT）、時間分解能と空間分解能の両者を共に優先した検査を行うことには限

界があることもわかってきた。

この相反する要求を実現可能としたCT装置が、近年、大変注目を集めているmulti-detector row CT（MDCT、マルチスライスCT）である。

Multi-detector row CT（マルチスライスCT）の開発

MDCTとは体軸方向に複数の検出器列を配置し、X線管球が1回転する間に同時に複数の画像情報を得ることが可能なCT装置である³⁾。これまでのSDCTが1本の筆（単一検出器）で情報を収集していたのに比較して、MDCTでは4本あるいは8本、さらには16本の筆（多列検出器）で情報を収集することが可能である（Fig.1）。SDCTに比較したMDCTの臨床的利点としては、①1検査ならびに1画像あたりの時間分解能の向上、②体軸（Z軸）方向の空間分解能の向上、に集約される。従って、MDCTを用いることにより、さらに短時間で（Faster）、より広範囲の容積情報を（Longer）、空間分解能を劣化させることなく（Better）取得できるようになったといえる。また高速撮影が可能なることに加え、MDCT専用の再構成アルゴリズムを利用することで、最大40%程度のX線被曝量の低減を図ることも可能となった。

MDCTの特徴を活かした臨床応用

時間分解能の向上の結果、極めて短時間で検査が終了するため、より侵襲の少ない検査が可能となった。また解剖学的な検査範囲は拡大し、心拍動、呼吸、蠕動運動による画像劣化を低減できるようになった。また空間分解能の向上により、X-Y-Z軸方向の分解能が等しいisotropic voxel dataを取得することも可能となった。この結果、部分容積効果（パーシャルボリューム効果）の影響が小さくなり、診断精度の向上が期待される。

MDCTの優れた性能やその能力を生かした新たなアプリケーションの有用性が期待される領域としては、Table 1に示すようなものがあげられる⁴⁾。中でも造影剤を使用したダイナミックCT検査や、CT血管造影をはじめとする3次元画像再構成、短時間検査が有用な救急や小児

への応用は、最も有望視されるものである。

MDCTの小児への応用を考えた場合、短時間で検査が終了するため、鎮静剤を使用する頻度の減少あるいは減量が可能と思われる⁵⁾。また体動による雑音（アーチファクト）の軽減も得られると考えられる。体軸方向への空間分解能が向上することで、3次元画像やmultiplanar reconstruction (MPR) の精度が向上することが期待され、3次元的な病変の把握や周囲臓器との関係の理解に有用と考えられる。また詳細は宮崎論文を参照（本特集2）されたいが、MDCT専用再構成アルゴリズムが利用できることで、SDCTに比較して約40%の医療X線被曝の低減

を図ることが可能である点も、小児への応用に際しての大きな福音である。

当施設における小児MDCTの臨床応用： 循環器領域を中心に

小児複雑心血管奇形の評価は、これまで専ら超音波ならびに血管造影により行われてきたが、MDCTを用いて約5～10mlの造影剤を使用し、およそ10秒間の検査時間で診断することが可能となった。当院の小児科学教室との共同研究の結果、大血管ならびに弓部分枝、さらには肺動脈及び肺静脈の異常の評価に有用であることが判明した（Fig.2, 3, 4）^{6, 7)}。また術後で

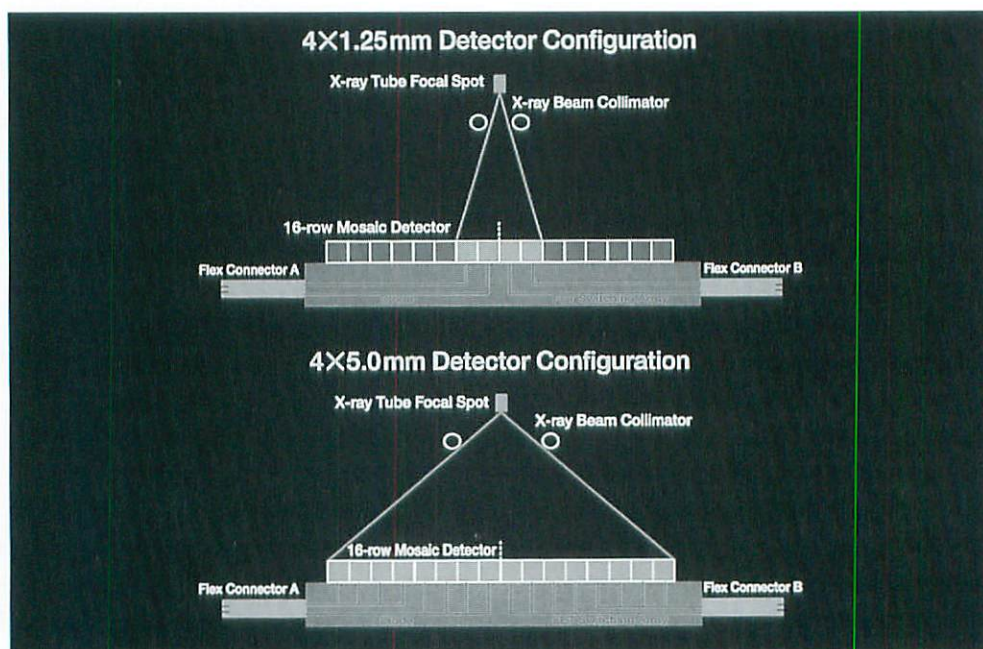


Fig.1 Detector configuration of 4-channel multi-detector row CT scanner (GE LightSpeed QX/i).

Table 1. Clinical applications of MDCT examination

Head and neck

CT angiography, CT perfusion

Chest

CT angiography (aorta, pulmonary artery), High resolution CT (lung cancer screening), CT guided biopsy

Heart

Coronary calcification scoring, Coronary CT angiography, Congenital cardiovascular anomaly

Abdomen and pelvis

Multiphasic dynamic CT, CT angiography (peripheral artery), CT venography, CT portography

は、同一の容積情報から気管・気管支系の評価を含めた経過観察が可能である (Fig.5)。

現在のところ冠動脈の評価は血管造影の聖域であるが、心電図同期下でMDCT検査を行い、得られた容積情報から同一心時相の画像を再計算することで、冠動脈の3次元CT画像を再構

成することが可能となった⁷⁾ (Fig.6)。また一度取得した容積情報から、収縮期ならびに拡張期の画像を各々計算して比較することで、壁運動を評価することも可能であり、今後、3次元画像に時間情報を加味した「4次元画像」を再構成することも可能になるものと期待される。

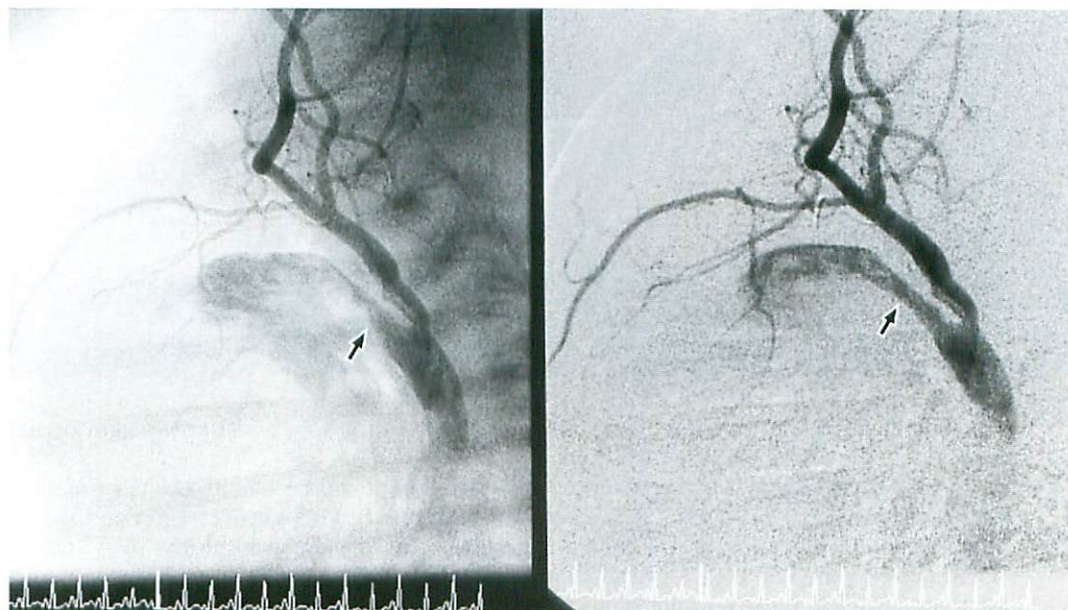


Fig.2 The catheter angiography in patient with coarctation of aorta and patent ductus arteriosus by the retrograde radial injection (16D.F). The patent ductus arteriosus is clearly depicted (arrow), but there is no information about arch anomaly.



Fig.3 MDCT angiography of the same patient with coarctation of aorta and patent ductus arteriosus. The left image demonstrates coarctation of the aorta (arrow) and the right image shows the patent ductus arteriosus (arrowhead).

おわりに

3次元的な人体を2次元的な検査方法から評価するには少なからぬ困難を伴い、また2次元的な断層像を頭の中で3次元構築するには長年の訓練が必要な上、これを共有することはでき

ない。

らせん操作型CTに引き続いてMDCTが開発されたことで、CTの持つ臨床的役割は、さらに拡大されつつある。今後、更なるハードウェアの改良と新たなソフトウェアの開発により、MDCTは小児においても多くの疾患の診断にお

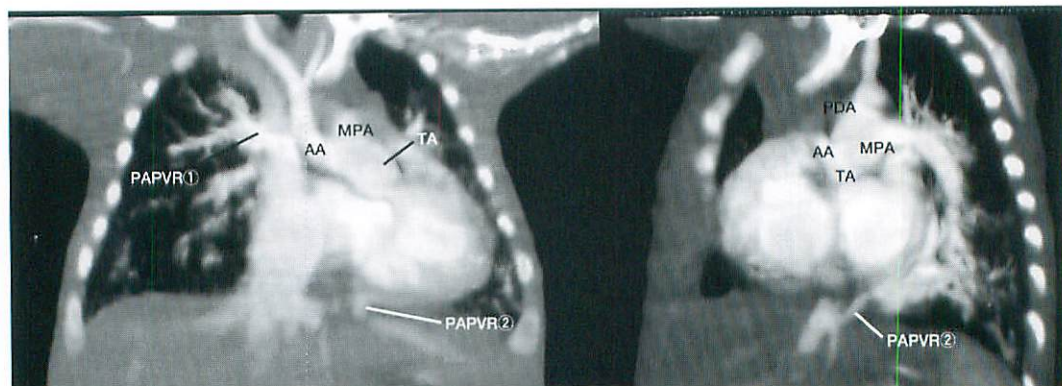


Fig.4 MDCT angiography in patient with Truncus Arteriosus (type I), aortic interruption (type B), patent ductus arteriosus, aberrant origin of the right subclavian artery, and partial anomalous pulmonary venous return (12D.F).

MDCTA was performed with 5 mL contrast material. Scanning time was 10 seconds. Complex cardiovascular anomalies are nicely demonstrated by maximum intensity projection images. TA: Truncus Arteriosus, AA: ascending aorta, MPA: main pulmonary artery, PDA: patent ductus arteriosus, PAPVR①: partial anomalous pulmonary venous return to the superior vena cava, PAPVR②: partial anomalous pulmonary venous return to the left hepatic vein.

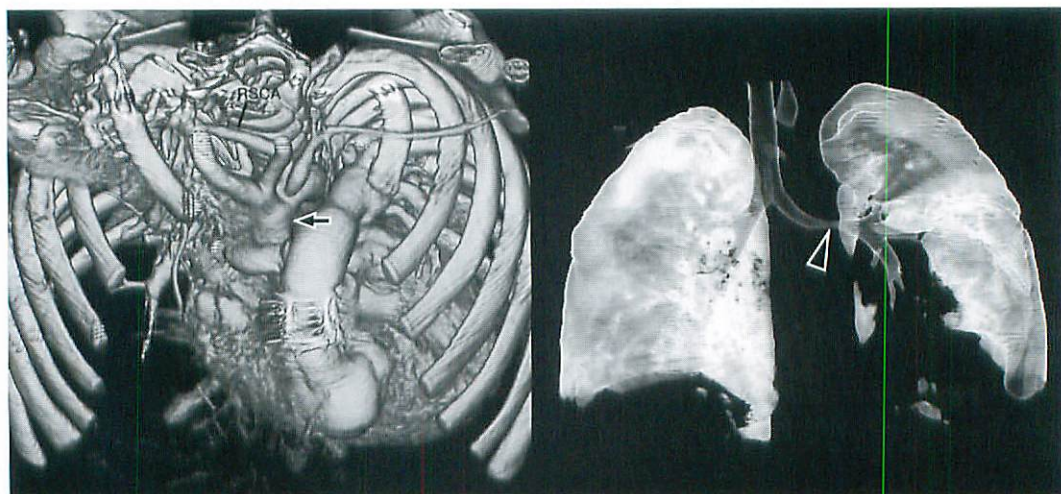


Fig.5 MDCT angiographic (left) and CT bronchoscopic images in patient with post operative state of Truncus Arteriosus, aortic interruption, and patent ductus arteriosus (14M, same patient with Fig.4).

The aortic arch (arrow) is reconstructed. The left main bronchus (arrowhead) is severely compressed by the dilated left pulmonary artery. RSCA: the aberrant origin of the right subclavian artery.

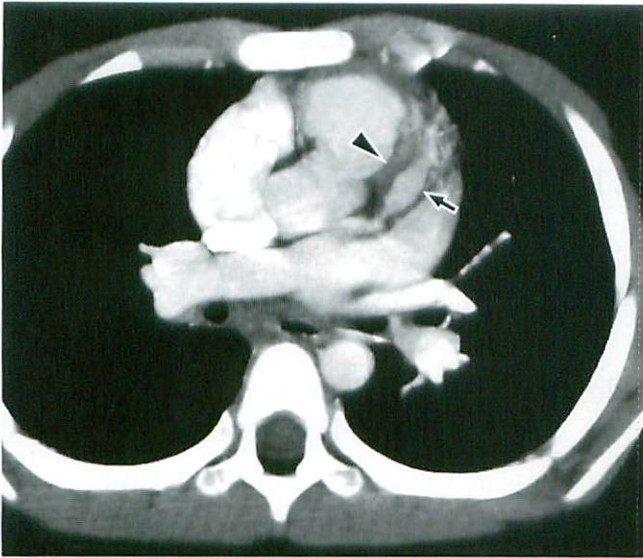


Fig.6 Coronary MDCT angiography in patient with Kawasaki disease (6Yr.F).
A large aneurysm of the proximal left descending artery (arrow) with intraluminal thrombus (arrowhead) is demonstrated.

けるone stop shoppingとなるものと期待される。

●文献

- 1) 林 宏光, 小林尚志, 高木 亮, 他: らせんCT: その基礎から最新の三次元画像まで, 臨床画像 1996; 12: 181-193.
- 2) Rubin GD, Dake MD, Napel SA, et al: Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen; initial clinical experience. Radiology 1993; 186: 147-152.
- 3) 林 宏光, 高木 亮, 市川太郎, 他: らせん操作型CTの新しい技術: Multidetector-row (多列検出器型) CTを理解するために, 日獨医報 1999; 44: 330-341.
- 4) 佐藤夏子, 山下康行: 1 章 CTの誕生からマルチスライスCTへ, 極めるマルチスライスCT, 山下康行編, 中外医学社, 2001, P1-6.
- 5) Hopkins K. Use of multidetector-row CT in pediatric patients. Textbook of 2nd International Symposium on Multidetector-row CT, 2000; P19-23.
- 6) 内木場庸子, 福見大地, 深澤隆治, 他: 三次元CT (らせん操作型CT) を用いた先天性異常血管の評価, 第38回小児放射線学会誌総会号 2002; 65.
- 7) 林 宏光, 高木 亮, 高浜克也, 他: MDCT Angiographyによる小児複雑心血管奇形の評価, 日本医放会誌 2002; 62: S194.
- 8) Ohnesorge B, Flohr T, Becker CR (訳門田正貴): 第14章 心臓領域, 極めるマルチスライスCT, 山下康行編, 中外医学社, 2001, 111-121.