

全身用X線CT装置 Asteion™ デュアルスライスシステム

Asteion™ Whole-Body Dual-Slice CT Scanner

杉原 直樹
SUGIHARA Naoki

原田 智和
HARADA Tomokazu

近年のX線CT(Computed Tomography)装置は、ヘリカルスキャンとマルチスライスシステムの実用化により、体軸方向の分解能向上、撮影時間の大幅な短縮など、革新的な進歩を遂げた。当社は、高級機だけに搭載可能であったマルチスライス技術を実用機クラスに搭載した、1回転で2スライス同時撮影可能なX線CT装置Asteion™(アステオン)デュアルスライスシステムを開発した。

1回転で2スライス同時撮影できることで、広範囲を高速で検査することが可能になった。また、スライス厚0.5mmで撮影可能な検出器を開発することにより、従来以上に精細な撮影を可能にした。

Although the introduction of helical scanning and the development of multislice systems have led to many innovative clinical applications for X-ray CT scanners, multislice technology has been available only for the premium-class devices. The newly developed Asteion™ whole-body dual-slice CT scanner, however, has realized multislice scanning in a middle-class device.

Asteion™ is capable of simultaneous dual-slice acquisition and provides faster scanning than single-slice CT scanners. It is also equipped with a new detector that permits slices of 0.5 mm thickness, thereby providing clinical images with finer detail.

1 まえがき

近年のX線CT装置は、ヘリカルスキャンとマルチスライスシステムの実用化によって飛躍的な進歩を遂げた。

ヘリカルスキャンとは、1990年に当社が開発した技術で、X線源の連続回転照射と寝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ある。また、マルチスライスシステムとは、複数スライスを同時撮影できる装置であり、4スライス同時撮影できるシステムの導入が昨年から本格化している。マルチスライスシステムにヘリカルスキャンを組み合わせることにより、患者拘束時間の大幅な低減が実現しただけでなく、これまでに実現できなかった高精細な画像撮影が可能になった。

ところが、4スライス同時撮影可能なマルチスライスシステムは、いずれも高級機クラスに属しており、広く一般に普及するにはかなりの時間が必要と考えられていた。新たな臨床価値を持つマルチスライスシステムを、より多くの病院が早期導入できるように、実用機クラスのマルチスライスシステムが望まれていた。

当社は、実用機クラスのX線CT装置へのマルチスライスシステム導入を目的として、全身用X線CT装置Asteion™デュアルスライスシステムを開発したので、以下にシステムの概要と特長となる機能について述べる。

2 システムの概要

Asteion™デュアルスライスシステム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、実用機クラスの当社X線CT装置Asteion™/VR、Asteion™/VI(いずれも1回転で1スライス撮影のシングルスライスシステム)の仕様も記載する。

Asteion™デュアルスライスシステムは、スキャナ本体、コンソール、寝台の3ユニットで構成され、システム全体の最小設置スペースは20m²と省スペース設計となっている。スキャナ本体には、4.0MHU(Heat Unit)X線管球、36kW高電

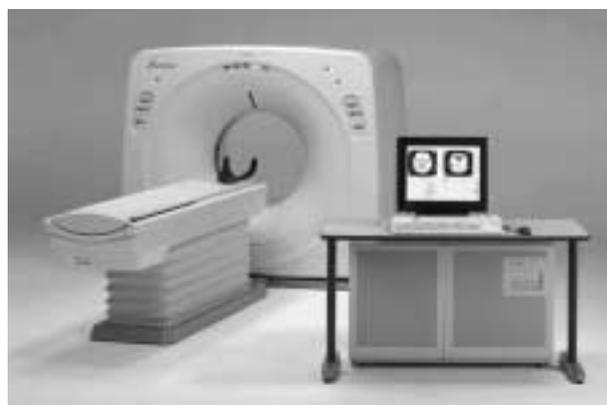


図1 . 全身用X線CT装置Asteion™デュアルスライスシステム
スキャナ本体、コンソール、寝台の3ユニットで構成される。
Asteion™ whole-body dual-slice CT scanner

表1 . Asteion™ シリーズ仕様比較
Specifications of Asteion™ series

項目	Asteion™デュアル	Asteion™/VR	Asteion™/VI
最速スキャン時間(s)	0.75	0.75	0.75
X線管電圧(kV)	80,100,120,135	80,100,120,135	80,100,120,135
X線管電流(mA) 最大定格(kW)	30 ~ 300 36	10 ~ 400 48	30 ~ 300 36
管球熱容量(MHU) 冷却率(kHU/min)	4.0 864	4.0 864	4.0 864
主検出器	896 ch × 22 素子 2 スライス出力	896 ch	896 ch
空間分解能(アキシャル)(mm)	0.35	0.35	0.35
撮影スライス厚(mm)	0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10	0.8, 1, 2, 3, 5, 7, 10	1, 2, 3, 5, 7, 10

ch : チャンネル

圧発生器,新たに開発したデュアルスライスシステム用の検出器などが搭載されており,1回転0.75sで2スライス同時撮影が可能である。また,マルチスライスシステムでは精密撮影が多用され,画像枚数が増加することを考慮し,コンソールは多くの画像を快適に取り扱えるように配慮した。

3 Asteion™デュアルスライスシステムの特長

Asteion™デュアルスライスシステムの特長を以下に示す。

- (1) マルチスライスシステム 当社の最上位機種 Aquilion™ マルチスライスシステムで開発した SSMD(Selectable Slice - thickness Multi - slice Detector)方式の検出器を採用した。この検出器により1回転で2スライス同時撮影が可能になり,体軸方向にも精度の高い,ぼけの少ないシャープな画像が得られる。検出器中央には世界最小0.5mmスライス用の素子を配しており,0.5mmから最大10mmまでの2スライス同時撮影ができる。
- (2) 高速スキャン 1回転0.75sで2スライス同時撮影できることから,高速スキャンが可能である。撮影時間が短時間で終了することから,息止め時間の短縮など患者の負担を軽減することができる。また,X線管球に対する負荷も小さくなるため,管球冷却待ちのない快適なオペレーションを実現する。

図2は高速なスキャン条件で撮影した臨床画像例である。従来のシングルスライスシステムでは,このような条件で200mmの領域のヘリカルスキャンを行うと約30sのスキャン時間を必要としたが,Asteion™デュアルスライスシステムでは約13sでスキャンが可能である。

- (3) 高画質 薄いスライス厚でも十分な画質を得るため,データ収集装置は収集条件に合わせて常に良好なSN比(信号と雑音の比)が得られるように最適制御している。このため,薄いスライス厚でのヘリカルスキャンをルーチンで使用することが可能になり,高精細で滑らかな三次元(3D)画像,MPR(Multi - Planar Re-

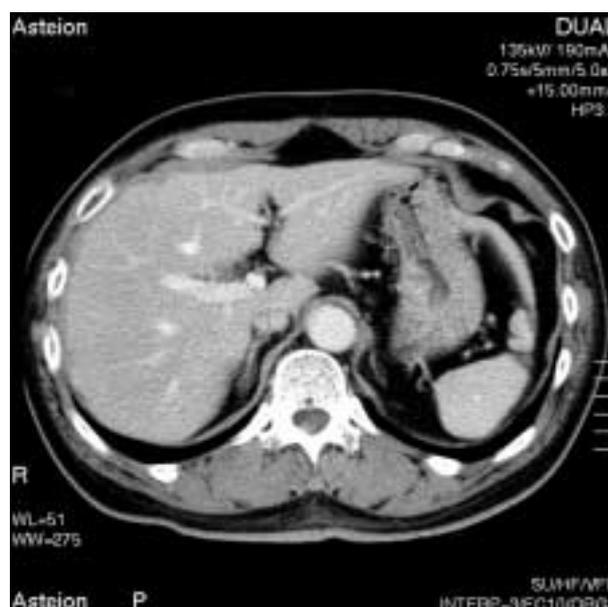


図2 . 臨床画像例(高速スキャン) ヘリカルスキャン,スライス厚5mmの画像例を示す。寝台スライド速度はシングルスライスシステムの3倍で撮影した。

Clinical image of liver

construction)^(注1)画像が得られる。例えば,頭部CTアンギオの場合,40mmの領域を1mmスライスで10sでスキャンすることができる。また,薄いスライス厚で収集したデータをスタック(重ね合せ)することにより,パーシャルボリューム効果^(注2)の少ない画像が得られる。

- (4) 検査効率の向上 当社最上位機種 Aquilion™ マルチスライスシステムで開発した MUSCOT(MULTI Slice COne - beam Tomography)再構成法を採用しているため,異なった目的に利用できるデータを1回で収集す

(注1) 複数の断層像から異なった角度の断層像を作成すること。

(注2) 病変部や臓器がX線ビームに含まれる割合によってCT値(X線吸収係数を基準物質からの相対値として表したもの)が変わったり,病変部や臓器の境界がX線ビームに直角か斜めかによって画像のシャープさが異なる現象。

ることが可能である。例えば、2 mm スライスでヘリカルスキャンを行い、精査用には5 mm スライスの画像、3D 作成時には2 mm スライスの画像というように、同じ生データから様々なスライス厚の画像を作ることが可能であり、シングルスライスシステムのように撮影し直す必要がない。

(5) Isotropic データ X線CT装置の性能を表す重要なパラメータの一つに空間分解能がある。空間分解能は、x, y 平面内(アキシャル画像)で定義されており、現在ほとんどのX線CT装置が、0.35 mm ~ 0.40 mm 程度の分解能を備えている。

一方、z 軸方向(体軸方向)の分解能は、スライス厚で決定される。Asteion™ デュアルスライスシステムはスライス厚 0.5 mm での撮影が可能のため、x, y, z いずれの方向にもほぼ等しい分解能を持った Isotropic(等方向性)データを得ることができる。

このような条件で収集されたデータを用いると、どのような断面で画像を切り出してもアキシャル画像と同等の分解能を持つ MPR 画像を得ることができ、微細構造の描出能がはるかに向上する。

(6) 被曝(ひばく)低減技術 X線管の管電流を連続的に変化させながらヘリカルスキャンを行い、撮影部位によって最適なX線量に制御することができる。患者の被曝量を低減させるとともに、得られる断面像の画質を均一化することが可能である。

また、通常の撮影モードのほかに、患者への被曝線量を約 50 % 低減する被曝低減モードを備えており、検査の目的に応じて、被曝線量を低減させることができる。



図3 . キーボード、モニタと操作画面 Aquilion™, Asteion™ シリーズのノウハウを生かした GUI を採用した。 GUI-based operation system

(7) 使いやすい操作性 当社 Aquilion™ シリーズ、Asteion™ シリーズで培われたノウハウをベースに使いやすい操作性を実現した(図3)。だれでも操作が的確に行える GUI(Graphical User Interface)を継承し、エキスパートプランによるスキャンの実行、多くの画像を効率よく扱うためのイメージマトリックス表示や、高速の画像めくり機能、フィルムに出力されるイメージ(仮想フィルム)を表示して編集が行えるフィルミング処理など、マルチスライスシステムであることを考慮した機能を搭載した。

4 要素技術

4.1 デュアルスライス検出器

Asteion™ デュアルスライスシステムで開発した SSMD 方式検出器の原理を図4に示す。1チャンネル分の検出器は体軸方向に22分割されており、合計で2万弱の検出器素子が二次元マトリックス状に配置されている。体軸方向の22素子のうち、中央の4素子は0.5 mm スライス、外側の18素子は1 mm スライスの幅を持ち、これらの素子と2スライス分のデータ収集装置との間にスイッチ回路を設け、体軸方向に加算する検出器素子の数を変えることにより、スライス厚を制御する。当社では、このような方式を SSMD 方式と呼んでいる。スライス厚は0.5 mm x 2列から10 mm x 2列まで設定することが可能である。

SSMD 方式の検出器では、スライス厚が検出器各素子の寸法によって決定される。従来のシングルスライスシステムで使用されていたコリメータによるスライス厚制御に比べ

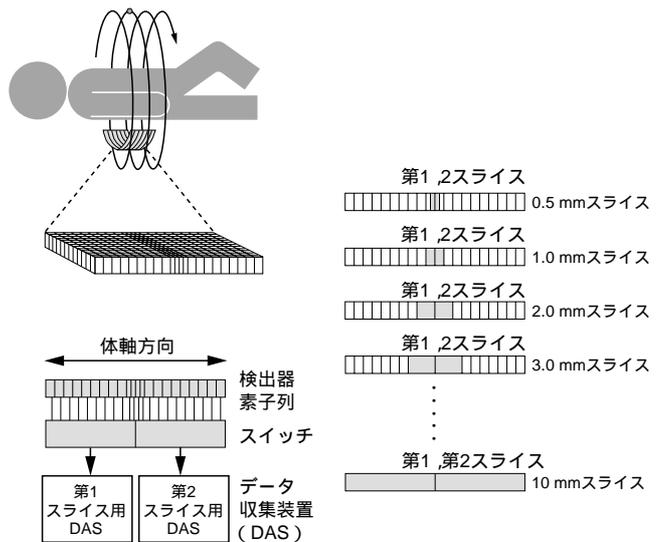


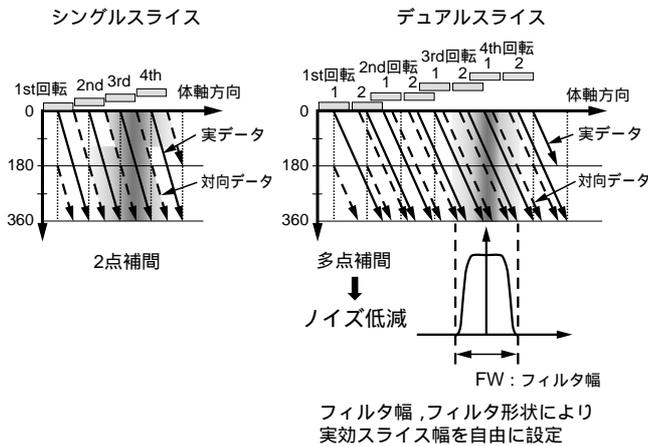
図4 . SSMD 検出器の原理 体軸方向に並ぶ22素子の接続を変えることで、スライス厚を切り換える。中央の4素子は0.5 mm スライス用である。

Principle of selectable slice-thickness multi-slice detector (SSMD)

て、散乱線や体軸方向のX線ビームの広がりの影響を受けにくく、特に0.5 mm スライスなど薄いスライス厚での精度が飛躍的に向上する。

4.2 MUSCOT 再構成法

デュアルスライスシステムでは、各スライスに対応するX線ビームがスライス面に対して平行ではない。このため、デュアルスライスシステムに単純にシングルスライスシステムの再構成法を適用すると、この傾斜角(コーン角)に起因したアーチファクト^(注3)が発生し、良好な画質の画像が得られない。そこで、当社では、フィルタ補間を使用した再構成法を採用しており、MUSCOT 再構成法と呼んでいる。MUSCOT 再構成法は、コーン角やスライス位置の違いによる差異を平均化させる重み付け多点補間のフィルタ処理である。体軸方向のサンプリング密度を上げた高密度サンプリングスキャンと合わせて使用することにより、アーチファクトが大幅に減少して画質が向上する(図5)。



4.3 Real EC

人体によるX線減衰の程度は体軸方向に均一ではない。例えば、胸部から腹部にかけて1回のヘリカルスキャンで撮影を行う場合、従来はいちばん線量を必要とする肩や腹部で最適となるように管電流を設定してスキャンしていた。この場合、比較的低線量で十分な胸部についても、肩や腹部に必要とされる管電流で撮影をしてしまう。そこで、AsteionTM デュアルスライスシステムでは、X線管の管電流を撮影部位に応じて連続的に変化させながらヘリカルスキャンを行う機能Real EC(Exposure Control)を搭載した(図6)。

(注3) 画像上に現れる、本来は存在しない偽像。

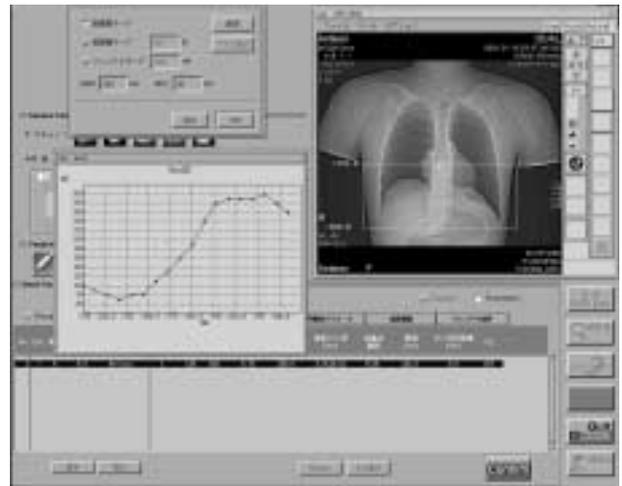


図6 . Real EC 撮影部位に応じてX線管電流を自動制御し、被曝を低減する。図中のグラフが管電流の変化を示す。
Real exposure control (EC)

5 あとがき

AsteionTM デュアルスライスシステムにより、実用機クラスのX線CT装置において、より広範囲の高速撮影、高精細な画像撮影、患者拘束時間の低減が可能になった。この装置によって、マルチスライスシステムでこそ可能になる最新の撮影技術が広く普及することを期待する。

将来は、コンパクトなこの装置の特長を生かして、他の診断装置や治療装置との組合せによる臨床応用へのニーズも予想される。今後とも、X線CT装置のよりいっそうの診断価値の向上と普及に向けて、装置の機能向上に努めていく所存である。

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順天堂大学医学部附属順天堂医院の関係者各位に感謝の意を表します。



杉原 直樹 SUGIHARA Naoki

医用システム社 医用機器・システム開発センター CT・核医学開発部主務。X線CTスキャナシステムの開発・設計に従事。

Medical Systems Research & Development Center



原田 智和 HARADA Tomokazu

医用システム社 医用機器・システム開発センター CT・核医学開発部。X線CTスキャナの機構開発・設計に従事。

Medical Systems Research & Development Center