

全身用 X 線 CT 装置 Asteion™ Super4 Edition

Asteion™ Super4 Edition Whole-Body CT scanner

渡邊 尚史

■ WATANABE Naofumi

桑村 音晴

■ KUWAMURA Otoharu

石田 克彦

■ ISHIDA Katsuhiko

東芝メディカルシステムズ(株)は、一般病院を対象に、4列同時収集を可能とするマルチスライスCT(Computed Tomography)装置 Asteion™ Super4 Editionを開発した。高級機で培った技術を活用し、実用機としては従来装置を大きく上回る性能を持つ。この装置には、操作者が“安心”と“使いやすさ”を実感できる装置となることを目指し、そのための仕組みを盛り込んだ。更に、検査効率を上げながら患者へのケアが十分に行き届くよう、生産工学の手法を用いてCT検査の詳細解析を行い、設計面へフィードバックするとともに、顧客への設置レイアウトなどを提案できるデータを得た。また、X線被ばくを低減するための技術も盛り込み、“高精度で、優しい検査”が実現できる装置である。

Toshiba Medical Systems Corporation has developed the Asteion™ Super4 Edition whole-body multislice X-ray CT scanner, which enables the simultaneous acquisition of four slices, for use in general hospitals. Technologies developed for high-end systems have been incorporated. In addition, the system structure has been designed with the aims of safe use and easy operation. During the design of the system, the CT examination process was analyzed in detail using industrial engineering methods to improve examination efficiency while ensuring excellent patient care. Effective X-ray exposure dose reduction techniques have also been incorporated in the system, allowing highly accurate examinations to be performed with minimum patient exposure.

1 まえがき

X線CT装置(以下、CTと略記)は、X線管装置とX線検出器が患者の回りを一対になって回転し、360°方向から得られたX線透過データを収集し、それら进行处理することによって断面の画像を得る装置である。患者は寝台に横になった状態でガントリ(架台)の開口部に入り、検査される。1999年に登場したマルチスライスCTは、1回転で得られる断面画像が、それまでの1枚(シングルスライスCT)から複数

となり、短時間に、より広範囲の検査が行えるシステムである。X線CTの発展の概要を図1に示す。

このマルチスライスCTは、大学病院など、大規模な医療機関を中心に優れた性能が評価され、優位性が広く認められている。東芝メディカルシステムズ(株)は、この臨床的に優位なマルチスライスCTを更に普及させるため、初めて導入する一般病院などで安心して使用できる、4列同時撮影が可能なマルチスライスCT Asteion™ Super4 Editionを開発した。

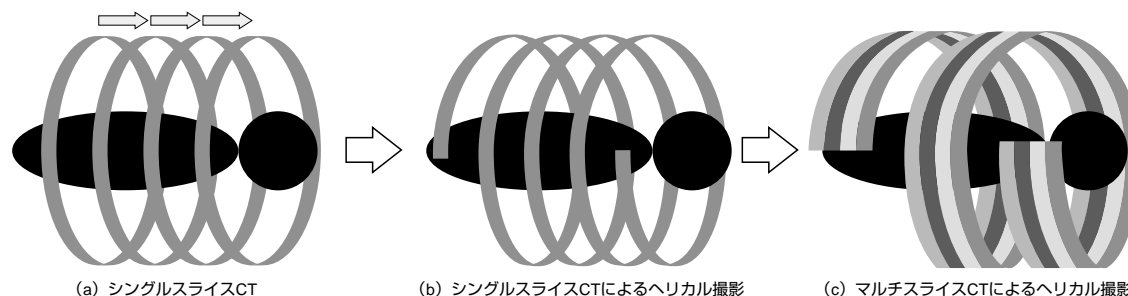


図1. X線CTの発展とデータ収集方式の概要 — 黒は患者、線はガントリの内部で回転するX線検出器の軌跡を表す。(a)、(b)はシングルスライスCTで、(c)はマルチスライスCTである。(a)はもっとも基本的な撮影法で、1回転のデータ収集後に寝台を移動させ、またデータ収集を繰り返す。(b)はヘリカル撮影で、X線の連続回転照射と寝台の連続スライドの組合せにより、体軸方向に沿ってらせん状に撮影し、広い範囲を連続性よく撮影できる。(c)はマルチスライスヘリカル撮影で、検出器が複数列(図では4列)となったため、同じ分解能なら高速に寝台を移動させることができ、データ収集時間が短くなる。つまり、患者にとって、より短い時間の検査で高精度のデータが得られる。

Development of CT scanner, and outline of data collection system

2 システムの概要

システムの外観を図2に、主な仕様を表1に示す。ガント리는、従来からの特長である患者に開放感を与える広い開口径とし、4列マルチスライスCTの性能を十分に生かすために、X線管装置として冷却効率の高いHelicool™を搭載した。体軸方向に180 cmの撮影範囲がある寝台を標準装備し、患者の体位を変えることなくほぼ全身の撮影が行えるようになり、特に救急検査などで、その効果を発揮する。一方、小さな検査室にも据え付けられるよう、短寝台タイプも用意した。コンソールには高速CPUを使用し、大量に発生するデータを高速に処理できるようにした。

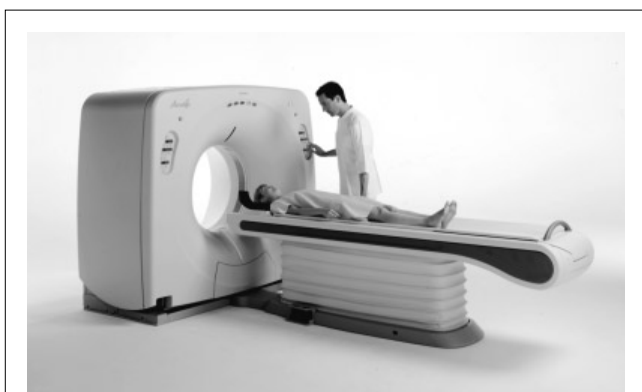


図2. 全身用X線CT Asteion™ Super4 Edition — 本体のガント리와寝台である。広い開口径のガント리와、幅広で長い寝台が特長である。
Asteion™ Super4 Edition whole-body CT scanner

表1. Asteion™ Super4 Edition の仕様
Specifications of Asteion™ Super4 Edition

項目	仕様
回転時間(最速)	0.75秒
再構成時間(最速)	0.25秒
最小スライス厚	0.5 mm
撮影範囲(FOV)	480 mm
体軸方向撮影範囲	1,800 mm
X線出力(最大)	120 kV/300 mA
陽極冷却効率	896 kHU/min
操作モニタ	18型液晶

FOV : Field Of View HU : Heat Unit

このシステムの開発では、従来の“患者が快適に、高精度の検査をすばやく受けられる”ということばかりではなく、その操作者である医師や技師が“使いやすい”や“安心して使える”を実感し、病院として“利益につながる”装置を提供することも重点とした。

そのため、生産工学(IE: Industrial Engineering)に基づく解析手法を導入し、東芝生産技術センターとのコラボレー

ションにより、X線CTとしての最適な設計を目指した。以下に、その事例について述べる。

3 X線CT検査のワークフロー解析

Asteion™ Super4 Editionの開発にあたり、X線CT検査のワークフロー解析を行った。その目的は二つあり、一つは、開発段階におけるシングルスライスCTのワークフロー解析から、このマルチスライスCTに求められる要求仕様を抽出することである。もう一つは、顧客である病院への導入前後にワークフロー解析を行い、装置の運用方法の改善により装置性能を十分に引き出し、検査効率を更に向上させることである。装置性能の向上と、装置の運用方法や周辺環境の改善を組み合わせることにより、患者に優しく、病院の経営にも貢献する検査が可能になり、競合他社との差異化ができる。

ワークフロー解析には、長年にわたり製造現場で培われ、当社の収益向上を支えてきた生産工学の手法を適用し、分析と定量化を行った。具体的には、作業内容と手順を明確にする作業分析、個々の作業内容の所要時間を把握する時間分析、操作者や患者の移動経路を分析する動線分析などである。病院においては、患者個々の状況の差が大きく、心理面も含め十分に配慮しなければならない難しさがあるが、生産工学の手法を用いて、検査効率の向上、患者拘束時間の短縮、操作者の負荷軽減などが可能である。手待ちや準備不足によるロス時間を削減し、患者への説明や配慮には十分な時間の確保を図る。また、患者数や医師・技師・看護師数、及び設備など、病院により状況が異なるため、最適な運用方法は個別に設定する必要がある。

X線CT検査のワークフローの一例を図3に示す。この事例では、X線CT1台につき技師2人で検査を行っている。胸部検査における検査時間の比較を図4に示す。従来機種 of シングルスライスCTでは、検査時間は17.0分で、そのうち、撮影時間が3.3分、データ処理待ち時間が3.8分、フィルム作成時間が3.1分と、時間的に大きな割合を占めており、装置性能の改良が求められた。Asteion™ Super4 Editionでは、マルチスライス化による撮影時間の短縮とともに、データ処理の高速化やフィルム作成の効率化により、検査時間を8.3分に短縮している。

装置の性能向上に伴うデータ処理の高速化により、患者の入替えなど運用面の時間ロスが相対的に大きくなっていく。図4の例では、患者の着替え待ちに2.7分を要しており、検査効率の向上を阻害する大きな要因となっている。そのほか、レイアウトに起因して技師の動線が長くなっていることによるロス、事前の準備不足によるロス、手順や役割分担が不明確なことによるロス、検査予約のスケジューリングに起因

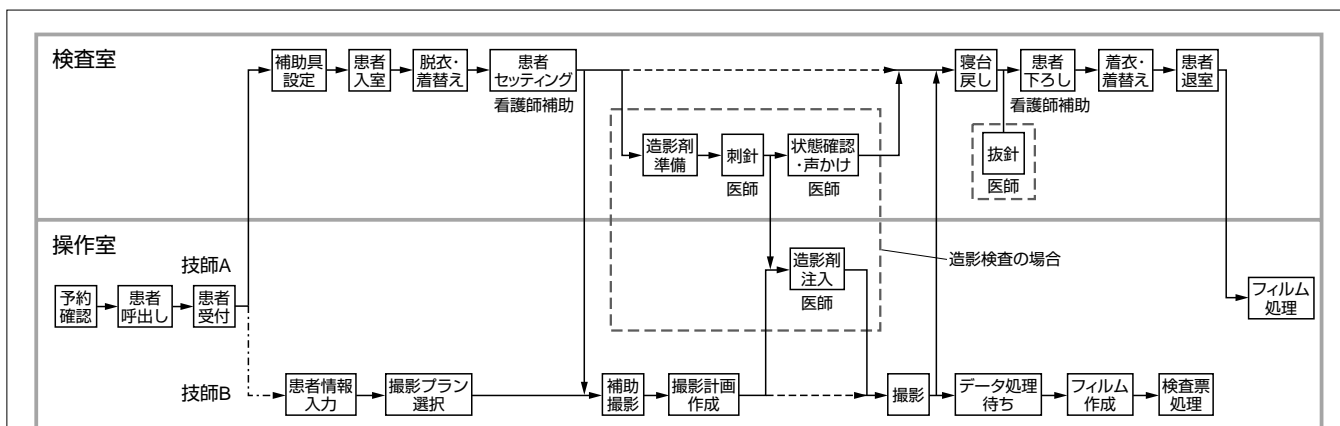


図3. X線CT検査のワークフロー — 技師Aが患者のケア, 技師Bが撮影操作を行う場合の例である。造影剤を使用する検査では, 医師の手技も必要となる。
Workflow of CT scanner study

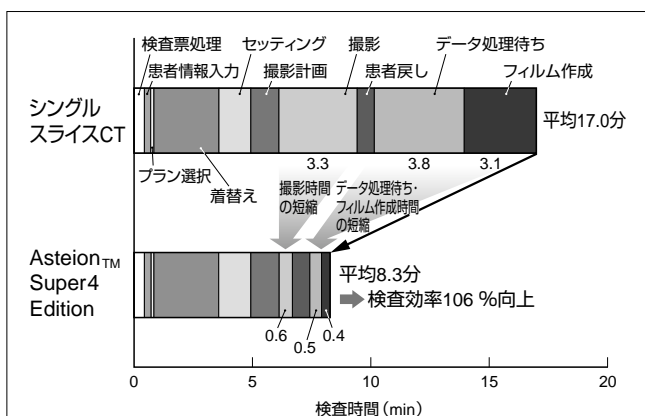


図4. 胸部検査における検査時間の比較(当社比) — 代表的な検査での各操作時間を分析したもので, マルチスライス化, データ処理の高速化, フィルム作成の高速化などにより, 検査時間を半減した。
Total time comparison in chest study

するロスなど, 運用面で改善できるロスが多い。今後, 装置導入時に運用面での改善案として提案し, 総合的に検査効率が向上するソリューション活動を展開していく。

4 検査効率を考えた画像再構成処理システム

4.1 画像再構成処理に求められる速度

近年のX線CTは, 検出器の多列化が進んでいる。多列システムは, 一度に収集できる体軸方向の検出器の幅が広がることから, 短い時間で広範囲を撮影することが可能となった。それに伴い, 収集するデータ量が增大している。

実際のX線CTによる検査のワークフローを考えた場合, 先に示したように, 従来に比べてデータ処理時間を大幅に削減する必要があることがわかった。反面, 処理すべきデータは膨大になるため, データ処理時間の大半を占める画像

再構成処理の高速化が重要な開発ポイントとなった。

より高速な画像再構成処理を実現するために, 当社のX線CTのラインアップにおいて, 上位にあたるAquilion™シリーズで開発された画像再構成処理技術(専用コンピュータ及びその動作のためのファームウェア)をベースに, 並列処理を行う計算処理フローを更に最適化することにより, このシステムでは最速4画像/sの画像再構成処理速度を達成した。従来のAsteion™シリーズでは, 同じモードでの処理能力は1画像/s程度となっていたため, 4倍の高速化を実現し, 検査ワークフローの大幅な改善に貢献できた。

4.2 X線被ばくを低減できる画像再構成処理技術: チルトヘリカル撮影

データ処理速度の高速化により, 従来はなかった, X線被ばくを低減することのできる技術を導入した。

頭部撮影では, 眼球内の水晶体に対するX線被ばくを低減する目的で, チルト撮影が行われる。チルト撮影とは, 図5のように, ガントリを体軸方向に傾けて撮影する方法である。

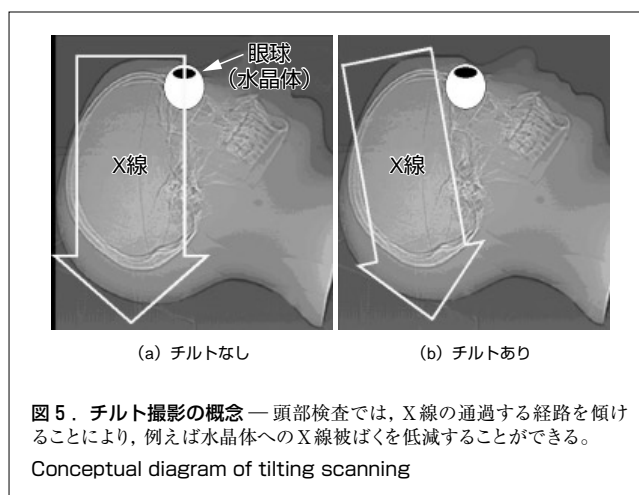


図5. チルト撮影の概念 — 頭部検査では, X線の通過する経路を傾けることにより, 例えば水晶体へのX線被ばくを低減することができる。
Conceptual diagram of tilting scanning

従来も1回転ずつの撮影は行えたが、その状態で寝台を移動しながらX線管装置を連続的に回転させて撮影を行うヘリカル撮影を組み合わせ、高速での頭部検査を実現することが求められた。これを、チルトヘリカル撮影という。また、その結果得られたデータを再構成する方法をチルトヘリカル再構成という。

従来機種の画像再構成処理技術では、チルト角とともにX線管装置からのX線の広がり角度(コーン角)を考慮したデータ処理ができなかった。そこで、上位機種で開発されたTCOT(True COne-beam Tomography)再構成法を適用⁽¹⁾し、最大角±30°においても正確なデータ処理を行い高画質の断面画像を提供できる、チルト付きTCOT再構成法をこのシステムに実装した。ヘリカル撮影のメリットを生かした高速撮影を実現し、頭部検査におけるワークフローの改善にも貢献することができ、競合他社との差別化のポイントとなっている。

5 安心のための操作性の実現

当社のマルチスライスCTは、人体を効果的に撮影できるよう、様々な顧客の要求に応じて、多様な設定が行える操作性を実現してきた。また、複雑な撮影技術を簡単に使える工夫も行ってきた。しかし、このことにより、様々な機能が盛り込まれることとなった。病院施設によっては、技師がCT検査ばかりか、ほかの装置を用いた検査にも注力しなくては



図6. ガイドモードの画面例 — 画面右下部に、次に操作すべき内容を適時、日本語で表示していく。

Example of "Guided mode" display on console monitor

ならない状況がある。特に、夜間における当直医の対応時など、X線CTを使い慣れていない操作者が使用するとき、確実な検査が行える環境を提供することが求められていた。このような要求に対して、新たに“ガイドモード”を開発し、このシステムに搭載した。ガイドモードの例を図6に示す。顧客が作成した撮影プロトコルに応じて、操作の手順を画面上に、日本語で、わかりやすく表示するというもので、このガイドに従って検査を進めていくことができる。既にこの装置を導入済みの施設では、導入初期の、操作に習熟していない時期には、特に有用な仕組みであることが確認された。

6 あとがき

安心して使え、使いやすく、撮影サポート機能の充実を図った4列マルチスライスCT Asteion™ Super4 Editionを開発し、東芝マルチスライスCTの技術の粋を集めた“身近な高級機”として、リリースを開始した。

Asteionとは、ギリシア語で“洗練された”という意味である。1998年の初登場以降、Asteionシリーズとしての発展とともに、X線CTとして、その機能と操作性に更なる磨きをかけてきた。

今後も、技術の発展による性能の向上とともに、操作性の改善にも注力し、操作者である医師や技師が、患者をケアするための時間を確保しながら検査効率を上げることのできる装置を実現し、全世界の医療に貢献していく。

文献

- (1) Hein, I., et al. Feldkamp-based cone-beam reconstruction for gantry-tilted helical multislice CT. Med. Phys. 30, 2003, p.3233 - 3142.



渡邊 尚史 WATANABE Naofumi

東芝メディカルシステムズ(株) CT事業部 CT開発部参事。医用X線CT装置のシステム開発業務に従事。日本放射線技術学会会員。

Toshiba Medical Systems Corp.



桑村 音晴 KUWAMURA Otohara

生産技術センター モノづくり変革センター研究主務。東芝グループ会社におけるモノづくりの生産性や品質の改善業務に従事。

Corporate Manufacturing Engineering Center



石田 克彦 ISHIDA Katsuhiko

東芝メディカルシステムズ(株) CT事業部 CT開発部。医用X線CT装置のソフトウェア開発業務に従事。

Toshiba Medical Systems Corp.