

高速スキャンを実現した全身用 CT スキャナ Xvigor Laudator

Xvigor Laudator Whole-Body X-Ray CT Scanner Featuring High-Speed Scanning

尾崎 真浩
M. Ozaki

堀 宏臣
H. Hori

大石 博之
H. Ohishi

X線 CT (Computed Tomography) スキャナの基本性能であるスキャン時間を 0.75 s/回転とした全身用 CT スキャナ Xvigor Laudator を開発した。スキャン時間を短縮するために、X線管球、検出器を高精度で回転させる技術、高速データ収集・伝送システム、低騒音駆動方式などを開発した。

スキャン時間短縮は、従来の 1 s スキャンに比較して体動によるアーチファクト (偽像) を低減し、広範囲のヘリカルスキャンを短時間で実施できる。したがって、患者の息止め時間を 25 % 短縮できるようになった。また、当社が世界に先駆けて開発したスキャン中の画像をリアルタイムで連続表示する機能 (リアルタイムテクノロジー) の操作性を大きく向上させた。

We have developed a new whole-body X-ray CT scanner called the Xvigor Laudator, featuring a scan time (a basic performance specification for X-ray CT scanners) of 0.75 s/rotation. To reduce the scan time, we developed a technology for rotating the X-ray tube and the detector with high accuracy, a high-speed data acquisition and transfer system, a low-noise drive mechanism, and other technologies.

The shorter scan time reduces motion artifacts compared with 1-second scanners, and permits helical scanning to reduce the patient's breath-holding time by 25%. In addition, Toshiba's pioneering real-time technology, which displays acquired images continuously during scanning, has been further enhanced.

1 まえがき

1985 年、当社は世界初のスリッピング方式を搭載し、スキャン時間 1 s を実現した全身用 X 線 CT スキャナ TCT-900S を商品化した。以降、再構成時間の短縮、X 線管球の大容量化や新スキャン方式であるヘリカルスキャンの開発に注力したため、スキャン速度短縮への関心が一時薄れたが、最近になり、高速スキャンの必要性が見直されている。その理由は、ヘリカルスキャンの性能、およびスキャン中の画像をリアルタイムで連続表示する機能 (リアルタイムテクノロジー) の臨床的な有効性を大きく向上させるからである。

当社は、市場からの要望にこたえるためスキャン時間 (人体の周りを 360° 回転させ、全方向からの投影データを収集する時間) を 0.75 s/回転とした全身用 CT スキャナ Xvigor Laudator (図 1) を開発した。ここでは、高速スキャン実現のための技術とその臨床メリットについて述べる。

2 システム概要

X 線 CT スキャナは、図 2 のように扇状の X 線ビームを全方向から人体にあて、透過した X 線を検出して、デジタル値に変換後、画像再構成計算処理によって断層像 (以下、画像と表記) を作り出す装置である。Xvigor Laudator

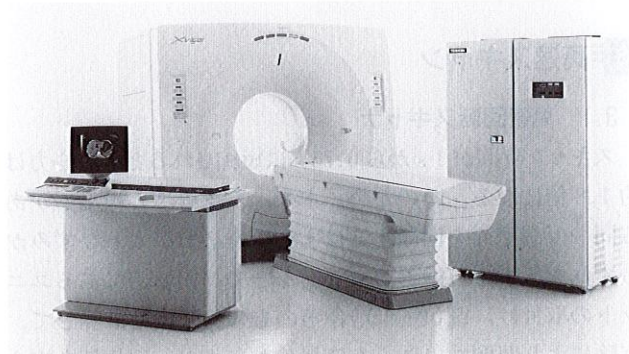


図 1. 全身用 X 線 CT スキャナ Xvigor Laudator スキャナ本体、寝台、高電圧装置および制御用コンソールの 4 ユニットで構成される。
Xvigor Laudator whole-body X-ray CT scanner

はスキャナ本体、寝台、高電圧装置および制御用コンソールの 4 ユニットで構成されている。全方向からの投影データを収集するために、スキャナ本体に内蔵されている X 線管球と検出器が 360° 回転する。

X 線 CT スキャナで作成される画像の品質 (以下、画質と表記) はさまざまな要素により決定される。静止した被写体を検査するのであれば、X 線管球の出力、検出器の X 線検出効率、データ収集速度、画像再構成計算処理 (以下、画像再構成と表記) のアルゴリズムなどによってその画質が決

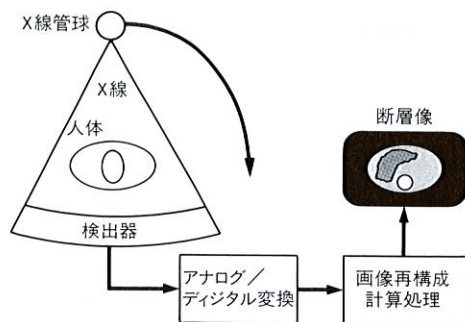


図2. X線CTスキヤナの基本構成とデータの流れ 人体を透過したX線を検出し、デジタル化して画像再構成計算処理により断層像を得る。

Basic outline diagram and data flow of CT scanner

まる。しかし、医用機器であるこの装置は人間を検査対象とするためにもう一つの重要なファクタであるスキャン時間が画質に大きな影響を与える。なぜなら、人体は決して静止しているものではなく、呼吸、心臓の拍動、消化器の蠕(ぜん)動運動によりつねにその位置を変えているためである。この体動の影響はアーチファクトとなって画像に現れ、診断の妨げとなる。Xvigor Laudatorでは、このスキャン時間を従来の1sから0.75sという高速スキャンを実現し、画質向上を図った。

3 高速スキャン

3.1 高速回転スキヤナ

スキャン時間が1sから0.75sに短縮されると、遠心力は約1.8倍になる。そのため、本来、X線管球と検出器がある同一仮想平面を回転するはずが、遠心力によるひずみからずれを生ずる可能性がある。そこで、回転部にあるユニットの取付け、筐(きょう)体そのものの強度を計算して、実験により問題ないことを確認した。また、回転部を支えている固定部に加わる加振力も増大するので補強を行った(図3)。

3.2 スキヤナ本体駆動用低騒音・低振動ベルト

振動・騒音対策として低騒音・低振動ベルトを開発した。

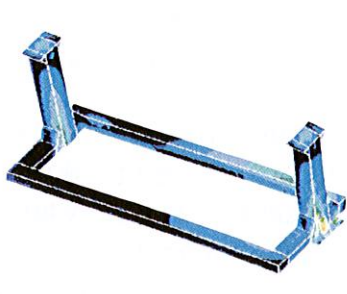


図3. スタンド部の応力解析 0.75s回転時のスタンド部にかかる応力を解析した一例。赤色が応力が大きい部分。

Stress analysis of base stand

図4にスキヤナ本体の回転機構部の概略を示す。X線管球、検出器を搭載した回転部ベースはベルトを介してモータにより回転する。従来のX線CTスキヤナでは回転方向に対し垂直に切られた直歯ベルトを使用していた(図5)。このベルトで0.75s/回転を行うと、騒音、振動が増大する。そこで、回転方向に対し斜めに歯が切られたはずばベルトを開発した(図5)。プリンタなどのOA機器などでの実績はあるがX線CTスキヤナのような大型機器での採用は初めてであり、ベルトの位置ずれ・脱落がもっとも心配されたが、プーリのくふうにより問題点を解消した。結果として騒音の社内規格をクリアし、振動G値が40%低減した(1sスキャン時)。

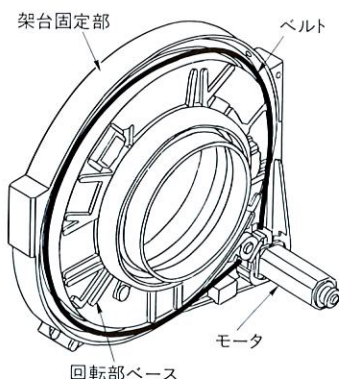


図4. 回転機構部の概略

X線管球、検出器を搭載した回転部ベースはベルトを介してモータによって回転する。

Overview of rotation drive mechanism

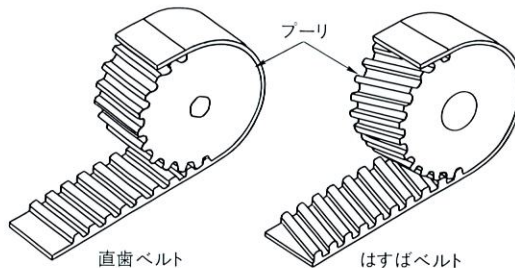


図5. 直歯ベルトとはずばベルト 歯を斜めにするにより噛み合い音、振動を小さくした。

Straight belt and helical belt

3.3 高速データ収集システム

データ収集システム(DAS: Data Acquisition System)は、検出器からの微小アナログ信号を積分し、デジタル信号に変換する機能をもつユニットである(図6)。従来、DASは約80万回/sのアナログ/デジタル変換が可能であったが、スキャン時間の短縮により、1枚の画像を再構成するためのデータが減少し、画質の劣化を招いてしまう。そこで、高速なDASを開発した。

従来のDASはローパスフィルタ構成であり部品点数が多く、かつ素子精度が厳しいので、高速化しようとする

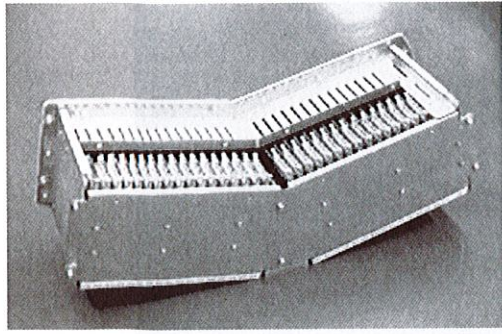


図6. データ収集システムの外観 高密度設計により従来のDASに比較して、基板枚数、サイズとも約1/2にできた。

External view of data acquisition system

型で高価なものになってしまう。そこで、新DASでは専用ICの開発を行い、約108万回/sのアナログ/デジタル変換が可能になった。さらに高密度設計により、総基板枚数を約1/2にすることができた。

4 臨床上のメリット

スキャン時間が短くなることは、体動によるアーチファクトの低減だけでなくさまざまな効果がある。ここでは、当社が世界に先駆けて開発した新スキャン方式のヘリカルスキャンとリアルタイム再構成機能(リアルタイムテクノロジー)についてその効果を説明する。

4.1 ヘリカルスキャン

ヘリカルスキャンとは、寝台を移動させながら連続スキャンで広範囲のデータを短時間に収集するスキャン方式である(図7)。このスキャン方式を用いると体軸方向に連続した投影データが得られるため、三次元画像診断において特にその有用性が評価されている。

一定時間でより広範囲のデータを収集するために寝台の移動速度を上げると、画像再構成に使用できるデータが減

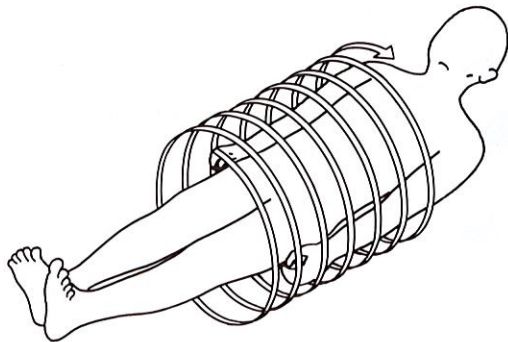


図7. ヘリカルスキャンの原理 寝台を移動しながら連続スキャンで検査を行う。X線管球の軌道がらせん状になることからヘリカルスキャンと呼ばれている。

Principle of helical scanning

少し画像が劣化する。画質を維持しながら広範囲のデータを収集するにはスキャン時間の短縮が必須(す)条件である。図8に示す臨床データはそれを概念的に示したもので、同一時間で収集できる範囲を比較したものである。(a)が1sスキャン、(b)が0.75sスキャンで20sで収集できる範囲を示している。0.75sスキャンでは検査可能範囲が約30%広がり、裏返すと同一範囲であれば検査時間が25%短縮され患者の負担、例えば息止めが楽になる。

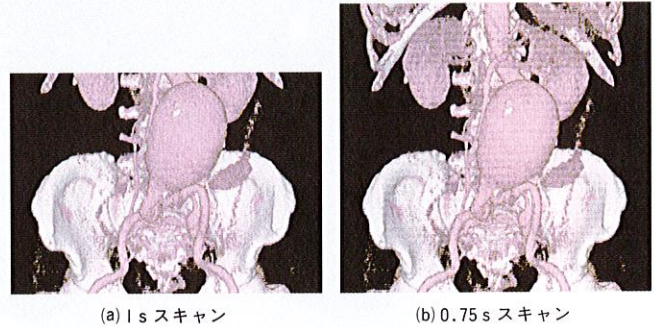


図8. 撮影範囲の比較 (a)が1s回転、(b)が0.75s回転のヘリカルスキャンの撮影範囲を概念的に示した臨床例。

Comparison of scannable range

4.2 リアルタイム再構成機能(リアルタイムテクノロジー)

人体の内部状況の変化をリアルタイムで観察できる技術がリアルタイムテクノロジーである。図9に示すように、リアルタイムテクノロジーはスキャンを行いながら画像再構成と連続表示を行う機能で、代表的な臨床応用としてはニードルバイオプシに使用されるCT透視モードがある。穿刺針の動きをリアルタイムで確認しながら目標部位まで針を進めるので安全かつ正確に検査できる。

CT透視モードの操作性の優劣を決める重要なファクタは応答性である。応答性はスキャン時間と再構成時間で決ま

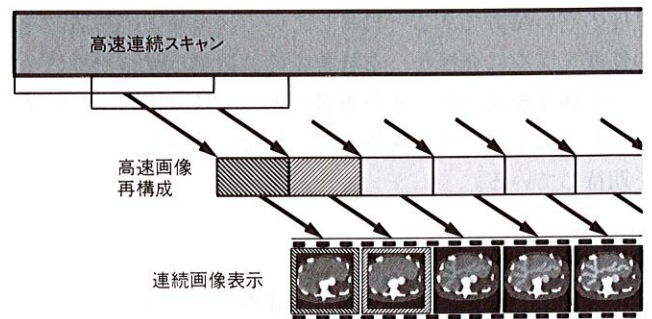


図9. リアルタイム再構成機能(リアルタイムテクノロジー) スキャン、再構成、表示が同時並列処理され、0.5s遅れで画像を観察することができる。

Real-time image reconstruction

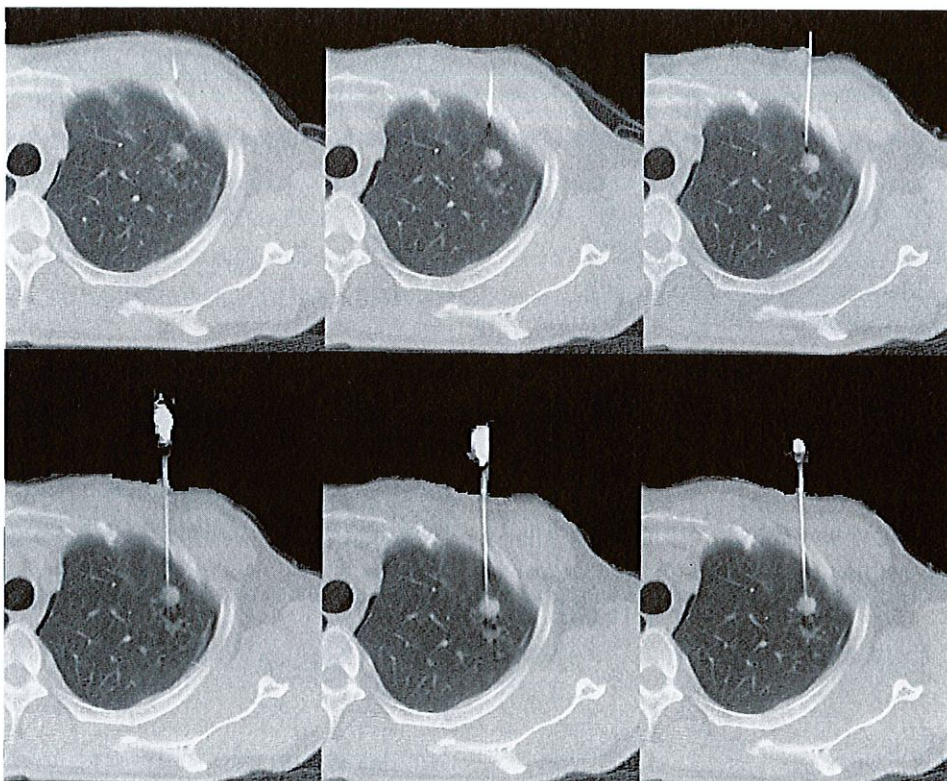


図 10. CT 透視モード下で行われた肺野のバイオプシ CT 透視モードを用いると、これまで困難だった肺野の小さな組織にも容易に針を刺すことができる。

Biopsy of benign lung nodule under CT fluoroscopic guidance

り、Xvigor Laudatorでは、遅延時間 0.5 s を実現した（従来 0.67 s）。これはスキャン時間とともに再構成時間も短縮した結果で、画像表示速度は従来 6 フレーム/s から 8 フレーム/s に改善した。図 10 は、肺にあるがんと疑われている組織に針を刺しているところである。

5 あとがき

Xvigor Laudator は当社 X 線 CT スキャナの最高機種として高画質、高速性、高出力に加え、拡張性を備えた顧客満足度の高い装置であると自負している。今後この装置がその性能をフルに発揮し、これまでの装置では見つかりにくかった病変を見つけ、また患者にとっては負担の少ない装置として広くユーザに支持され、社会に貢献していくことを期待している。

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片田教授および CT 関係者の各位に感謝の意を表する次第である。



尾 崎 真 浩 Masahiro Ozaki

那須工場 医用機器第二技術部主務。
X 線 CT スキャナの開発・設計に従事。日本 ME 学会、日本放射線技術学会会員。
Nasu Works



堀 宏 臣 Hiroshi Hori

那須工場 医用機器第二技術部。
X 線 CT スキャナの機構開発・設計に従事。
Nasu Works



大 石 博 之 Hiroyuki Ohishi

那須工場 医用機器第二技術部。
X 線 CT スキャナ用データ収集装置の開発・設計に従事。
日本機械学会会員。
Nasu Works