

普及型ヘリカル CT スキャナ Auklet_{TM}

Auklet_{TM} Whole-Body Helical CT Scanner

田口 亘
W. Taguchi

藤本 英樹
H. Fujimoto

新野 俊之
T. Shinno

X線CT (Computed Tomography) スキャナは、ヘリカル スキャンの実用化により革新的な進歩を遂げた。高級機だけに搭載可能であったこのヘリカル スキャンを、今回普及機クラスとして初めて搭載した Auklet_{TM}を開発した。

撮影計画を自動化した“eXam Plan”と大型画面の採用により優れた操作性を実現したこと、また、高級機でしか実施できなかった高画質画像再構成アルゴリズムや高性能三次元画像処理をはじめとする多彩な臨床応用機能を装備したことにより、Auklet_{TM}は最先端の高度な医療をより身近なものにした。

Although the introduction of helical scanning has led to many innovative clinical applications for X-ray CT scanners, helical scanning has been provided only by premium-class CT systems. Among CT systems in the more affordable class, the newly developed Auklet_{TM} is the first one to fully realize helical scanning applications.

The Auklet_{TM} provides outstanding ease of operation owing to its large color monitor and the adoption of eXam Plan, which is the preprogrammed scan planning system. The Auklet_{TM} is also provided with a high-quality image reconstruction algorithm, and is suitable for a wide variety of clinical applications. These features permit advanced diagnostic examinations to be performed with ease.

1 まえがき

当社は、世界に先駆けて1985年にスリッピング方式を搭載した高速連続回転型CTを、90年にはこの技術を応用したヘリカルスキャンを搭載したCTスキャナを製品化した。ヘリカルスキャンは短時間で体軸方向に広範囲をスキャンできるため、臨床的有用性から「CT大革命、CT新時代の幕開け」と大きな反響を呼び、現在では高級機クラスはすべてこのヘリカルスキャンを搭載している。

今回開発したAuklet_{TM}は、普及機クラスとして初めてこのヘリカルスキャンを搭載したコンパクトな全身用X線CTスキャナである。ここでは、Auklet_{TM}の特長とそれを実現する実装上のくふうについて紹介する。

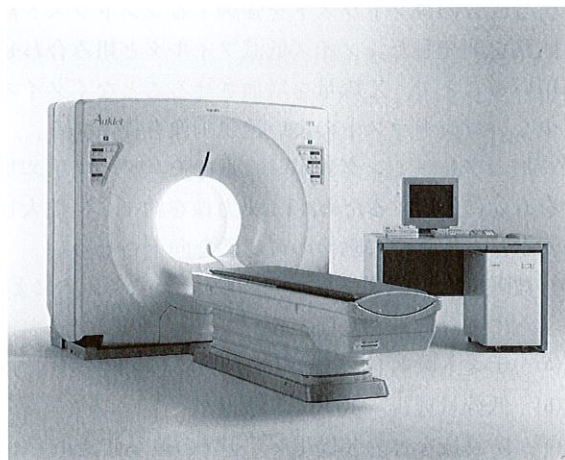


図1. 全身用X線CTスキャナAuklet_{TM} X線高電圧装置を内蔵したスキャナ本体、寝台、コンソールの3ユニットで構成する。

Auklet_{TM} whole-body CT scanner

2 システムの概要

図1にAuklet_{TM}のシステム構成を、表1に主な仕様を示す。従来は、据置型であったX線高電圧装置をスキャナ本体に内蔵することで、スキャナ本体、寝台、コンソールの3ユニット構成とした。24kWの大容量X線高電圧装置と陽極熱容量2MHU (Heat Unit)の高冷却X線管球を採用、さらに高効率検出器システムによりクラス最高の画像分解能を実現し、ヘリカルスキャナとしての基本性能を充実させている。

ヘリカルスキャンを搭載しながらも病院事情を考慮して

コンパクト化を図り世界最小の設置面積18m²を実現した。

また、コンパクトながら、検査を受ける人には優しく、操作をする医師や技師に使いやすいシステムとした。開放感を与えるスキャナ本体の大きな開口径、安心感を与える世界最大幅の広い寝台天板、乗り降りしやすい低い寝台の最低高さが特長である(図2)。さらに部品点数を従来機の1/2に削減し、リモートメンテナンス機能も装備して、より高い信頼性を実現している。

表 1. Auklet™の仕様
Specifications of Auklet™ system

項目	仕様
スキャン時間	1.1, 1.8, 3, 4 秒
X線管電圧/電流	120 kV/200 mA
X線管容量	2MHU
空間分解能	0.45 mm
密度分解能	2 mm (0.5%)
操作用モニタ	17型カラー
画像記憶容量	1,400 画像 (生 200 画像)
設置面積	18 m ²

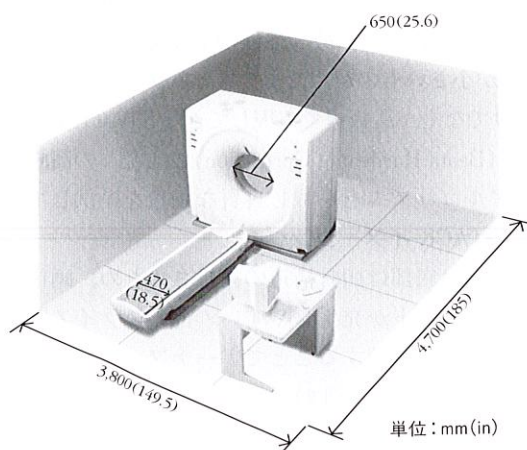


図 2. 設置スペース 従来、設置が不可能であった 18 m²の検査室にも設置が可能で、コンパクトながら人に優しいデザインである。
Small installation space and ergonomic design

図 3 に Auklet™で得られた臨床画像を示す。

3 ヘリカルスキャンの実装

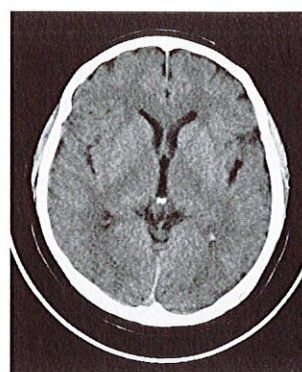
3.1 ヘリカルスキャンと実装のコンセプト

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。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。

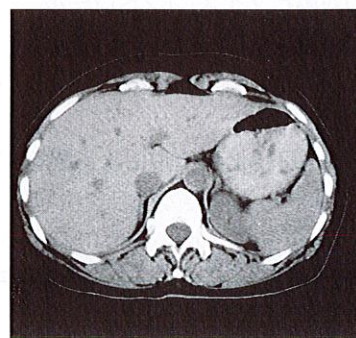
このヘリカルスキャンの搭載にあたり、Auklet™では単に実装するのではなく、真に役に立つヘリカルスキャナを実現するため①スキャナ本体のコンパクト化、②使いやすく安心できるデザイン、③高出力 X線高電圧装置の搭載、④部品点数の半減、⑤クラス最高画質の実現を同時に行った。

3.2 ヘリカルスキャンのスキャナ本体への実装

CTは、X線管球が人体の回りを一周し透過した X線データを処理して画像にするものである。従来の普及機は X線管球と X線高電圧装置がケーブルでつながっていたため、1 回のスキャンごとにスキャナ本体の往復回転をさせていた。



(a)

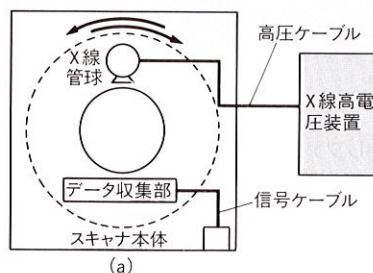


(b)

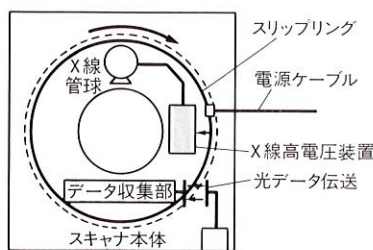
図 3. 臨床画像 Auklet™で得られた頭部正常画像(a)と腹部正常画像(b)の臨床例。
Clinical images of (a) head, and (b) abdomen

ヘリカルスキャナを実現するには、X線管球を連続回転させるスリッピング機構(リングとブラシによる方式)の採用が必要である。さらに、システム設置面積の削減のために X線高電圧装置のスキャナ本体回転部への搭載を行った(図 4)。

スリッピングとして回転部の X線高電圧装置に低電圧、



(a)



(b)

図 4. CTの従来方式とスリッピング方式の比較
X線管と X線高電圧装置をケーブルで接続している往復回転方式(a)とスリッピングによる連続回転方式(b)。
Comparison of scanning methods

大電流を供給する大電流スリップリング方式を採用した。この方式は、小型化ができる反面、最大負荷時に大電流が流れるため、接触抵抗が極小でかつ摩耗の少ないリングとブラシが必要になる。材質を選定し電流容量に合わせた最適な各種定数を評価決定した。

また、スキャナ本体の回転部にあるデータ収集部と固定部間の信号通信は光データ伝送方式とした。これは非接触で高速データ転送を行うもので、高いデータ転送信頼性が確保でき、摩耗がなく、定期的なメンテナンスが不要となる。

3.3 発熱の対応とノイズコントロール

スキャナ本体の限られたスペースに大容量のインバータ回路である X 線高電圧装置を実装するには、発熱とノイズの対応がポイントとなる。

3.3.1 熱設計 (可視化モデルによる最適化設計) X 線高電圧装置 (24 kW) の大きな発熱を冷却するために、スキャナ本体の 1/4 可視化モデルを製作した。スキャナ本体は大きくて複雑な構造であり、いくつかの発熱源をもち連続回転や前後傾斜動作などの駆動を伴う。このスキャナ本体にとっての最適な形状、レイアウト、ファン流量などをこの可視化モデルを使用し、パラメータを変えて調査・測定した。併わせて従来機種種の熱流量解析データも参考として、スキャナ本体の実装設計を進めた。これにより、特別な冷却装置を使用せず従来の 1/2 のファンの流量でスキャナ本体内部の目標温度を達成した (図 5)。

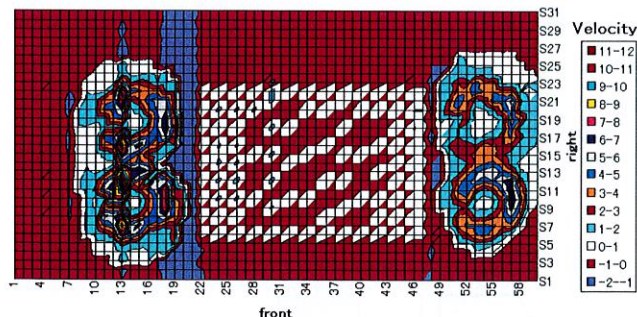


図 5. スキャナ本体の天井吐出しファンの流速分布評価例 最適な風の流れになる構造で、スキャナ内部の目標温度を達成した。
Example of flow pattern

3.3.2 ノイズコントロール ヘリカルスキャン実装のもう一つの課題は、ノイズを発生する大容量インバータ回路とナノアンペア (nA) レベルのアナログ信号を扱うデータ収集部を同じスキャナ本体の回転体部に近接して実装することにある。このデータ収集部に少しでもノイズが混入すると画質が劣化し画像診断装置としては大きな問題になる。

従来の CT 装置で培ってきたノイズ対応技術を応用し、発生源の抑制とノイズイミュニティ能力の向上、アース・シールドの最適化をユニット段階から進めた。その結果、特殊なフィルタやコアなどを使用することなく、データ収集部にノイズの混入しない良好な画像を得ることができた。システム全体としても医用機器の EMC (Electro Magnetic Compatibility) 国際規格 IEC601-1-2 を開発の早い段階でクリアした。

4 高画質と多彩な臨床応用機能

画像診断機器にとっては画質がもっとも重要な性能である。Auklet™ は、クラス最高性能の空間分解能と密度分解能 (密度差が小さいものがどこまで見えるか) を達成している。それだけでなく、高級機で実現してきた STACK (スタック) や BHC (Beam Hardening Correction) など数々の高画質画像再構成アルゴリズムを搭載し良質な画像を提供している。

4.1 STACK イメージング

頭蓋(かい)底部は頭骨構造の複雑さのため、画像上に強いアーチファクトが発生しやすい。薄いスライス厚で撮影した画像を加算処理することでアーチファクトの少ない頭蓋底画像が得られる (図 6)。

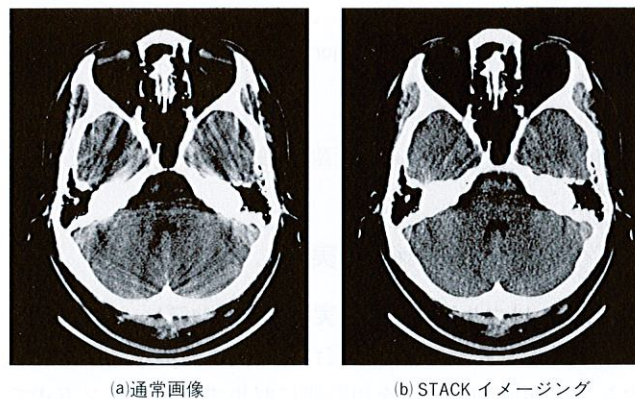


図 6. 高級機 Xvigor で開発した STACK イメージング アーチファクトが大幅に改善されている。
Clinical image of STACK imaging

4.2 BHC

骨などの透過率の大きい部分を透過した X 線の線質がより硬くなる“ビームハードニング”現象により、頭部画像で骨内側と脳実質の境がはっきりしないケースがある。この線質硬化の影響を除去するもので、骨盤部でも優れた効果がある。

さらに肩、頸椎(けいつい)、肺尖(せん)部、骨盤腔など

で、極端な X 線減弱の方向に沿って線状アーチファクトが出やすいが、これを軽減する RASP (Raster Artifact Suppression Protocol)、呼吸や臓器の自立運動などの体動によるアーチファクトを補正する APMC (Advanced Patient Motion Correction) も装備している。

また、医療現場の高度な要求に十分こたえられるよう豊富なヘリカルアプリケーションに加え、ヘリカルスキャンと組み合わせることで大きな威力を発揮する“高性能三次元画像処理”や骨粗鬆(しょう)症の診断に有効な骨塩量の定量的評価が行える“骨塩定量解析システム”、脳の中の血流状態を詳細に解析できる“局所脳血流解析システム”など、多彩な臨床応用機能をサポートした。図7に血液の流れを経時的に観測する“ダイナミックスタディシステム”の画面を示す。

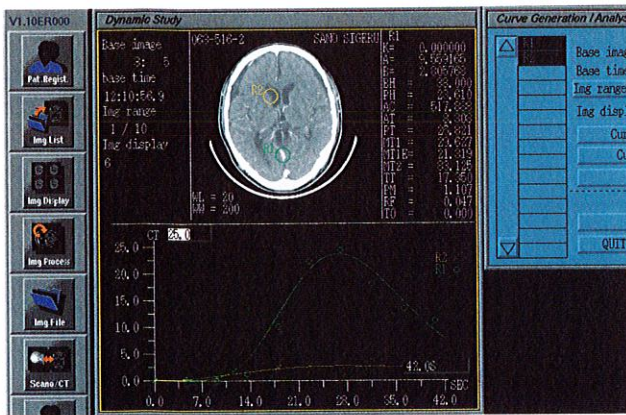


図7. ダイナミックスタディの画面 血液の流れが観測できる、カラー化とアイコンにより視覚的にわかりやすい。

Display of dynamic study

5 操作性

操作をするコンソールを従来の専用操作卓からワークステーションタイプに変更、大型のカラーディスプレイを採用し、マルチウィンドウ環境でのマウスと小型操作卓(ナビパッド)により簡単操作を実現した(図8)。カラー化と同時に、アイコンやピクトグラムを用いて視覚的にわかりやすくしている。

基本の操作は、従来製品での豊富な臨床経験に基づいてプログラミングした“eXam Plan”によって行う。患者予約から画像のハードコピーまでの一連の操作や、撮影対象や撮影部位によって異なる複雑な画像収集の最適条件設定が簡単に行える。

ネットワーク機能として DICOM (Digital Imaging and



図8. 操作コンソール マウスとナビパッドで操作を簡単にした。
External view of console

COmmunication in Medicine)-3 をサポートした。また、より高い信頼性のためにエラーログや操作ログ機能を備え、電話回線を利用したりリモートメンテナンスで保守が行える。

6 あとがき

今まで高級機でしかできなかったヘリカルスキャンを初めて普及機クラスで実現した。今後ヘリカルスキャンはさらに拡大していくと考えられる。

Auklet™とは小さな体に底知れぬ力を秘め世界中を飛翔航海する“海すずめ”のこと。全世界で高度な先端医療技術を広く普及させ、大いに社会に貢献する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東大宮病院の関係者各位に感謝の意を表する。



田口 亘 Wataru Taguchi

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



藤本 英樹 Hideki Fujimoto

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



新野 俊之 Toshiyuki Shinno

那須工場 医用機器第二技術部。
X線CTスキャナ用コンソールの開発・設計に従事。
Nasu Works