

カセットタイプX線ダイレクトディジタイザ Regius Model 150 の開発

The Development of a Cassette type X-ray Direct Digitizer, the Regius Model 150

石 光 義 幸* 中 澤 正 行**
Ishimitsu, Yoshiyuki Nakazawa, Masayuki

The Konica Regius Model 150 is a newly developed medical X-ray direct digitizer system for cassette use, which employs following features; 1) Unique "non-contact transfer" method to carry a phosphor plate inside the equipment in order to prolong the life of the plate, 2) Dynamic range of the system is expanded more approximately 100 times greater than that of the Model 330/530 to maintain the image quality to be considered for cassette system, 3) The control software was developed under Windows NT[®] operating system for a comfortable man-machine interface. Also software structure are designed so that faster image processing and handling of huge amount of image data (max.40MB) are accomplished.

1 はじめに

近年、急速に進展している画像情報を含めた医療情報のデジタル化に対して、当社はキーデバイスとして1996年より立位専用タイプのX線ダイレクトディジタイザ、Regius Model 330を、また98年には臥位タイプのModel 530をそれぞれ開発し市場投入した。しかしながら日常の病院内放射線科の作業の中で大部分を占めるカセット撮影がサポートされておらずトータルの放射線画像情報のデジタル化についていかに取り組むかが大きな課題となっていた。この課題を解決するためModel 330/530で用いられていたRbBr輝尽性蛍光体に替わる新規蛍光体を用いたカセットタイプのX線画像ダイレクトディジタイザ、Regius Model 150の開発を97年からスタートし、99年4月に発売した。

本稿ではRegius Model 150の画質設計の中でもっとも重要なダイナミックレンジと、新規に採用した技術の中で最大のポイントであるプレート非接触搬送技術を中心に解説し、その他装置に搭載されている技術の特徴について述べて行くことにする。

2 Regius Model 150

2.1 Regius Model 150の特徴

Regius Model 150はModel 330/530の高画質、快適な操作性を踏襲し、その上で「撮影室に1台」というこれまでの集中処理に対して柔軟なシステムの構成を可能とするコンパクト性、ネットワーク対応をコンセプトに開発された。コンパクトな筐体の中に下記の特徴を盛り込み、日常もっとも頻繁に使用されるカセット撮影でのデジタル化を実現している。

(1) ネットワーク対応：ネットワークI/Fを標準装備

* MGカンパニー MG画像システム開発センター
** MGカンパニー MG材料システム開発センター

し、低コストでDICOMネットへの直接接続を可能とした。

- (2) 高画質：87.5 μ m画素サイズによる4Kx5K読みとりを標準装備し、高密度な読みとりを実現した。
- (3) 容易なカセットハンドリング：縦投入のカセットスタックにより操作性・設置性を損なわずに投入枚数5枚を実現し、処理能力向上を図った。
- (4) プレート耐久性の向上：プレート面非接触搬送によりプレート面の劣化や機械的負荷を低減させ、耐久性向上を図った。
- (5) 高度な画像処理：Regiusシリーズで培った高精度な処理アルゴリズムと約1日分の画像蓄積により、万一の処理失敗にも確実な再出力を可能とし、再撮影を減らすことを可能とした。
- (6) 使いやすさの追求：見やすく操作しやすい15インチカラーCRTとタッチパネルを搭載し、大型の画像表示や大きなボタンにより快適な操作を実現した。

Table 1 Specification of the Regius Model 150

項目	仕様
サイズ(WDH)	740×818×1487[mm]
消費電力	1.3kVA
スタック枚数	5枚
処理能力	78枚/時(14×14サイズ)
カセットサイズ	14×17, 14×14, 10×12, 8×10, 24×30, 18×24
画素サイズ	通常：175 μ m、高精度：87.5 μ m
画像処理	自動階調処理、イコライゼーション、周波数処理
患者情報入力	RIS I/F(DICOM)、磁気カードリーダー、タッチパネル
画像出力I/F	プリンタ：DICOM Print Service Class ホスト：DICOM Storage Service Class (100BaseT Ethernet)
画像出力サイズ	ライフサイズ：原画像のサイズと同じサイズで出力 最大サイズ：読取画像全体を出力フィルムサイズに合うように縮小して出力
画像一次保存	通常：約400枚、高精度：約100枚

2.2 主な仕様

Regius Model 150の主な仕様をTable 1に示す。読取のサイクルタイムは約46秒（大角サイズ）であるが、カセットを5枚装填可能なスタッカ部を搭載しており、頸椎など1検査6枚の撮影を行う場合でも約15秒間隔でカセットの投入が可能である（1枚づつの場合）。出力装置としてはホスト（ストレージデバイス・ディスプレイデバイスなど）及びプリンタ装置（Li-62p, Drypro722など）があり、それぞれ100BaseTのネットワークにより高速に画像を転送する。

2.3 装置構成

(1) カセット

日常の撮影業務において、現場の放射線技師がもっとも多く手に持ち使用するのはカセットである。このためカセットは、容易なハンドリングを可能とする軽量化、そして様々な体格の患者の体重や技師の乱雑な扱いにも耐えられる様な強度、という相矛盾した特性を持たなくてはならない。軽量化に関してはアルミ・樹脂部品の多用により、また強度に関してはアルミフレーム及び前面に使用されるカーボン板により確保しており、プレート含めた重量は、現在フィルム・スクリーン撮影で使用されているKDカーボンカセットと同等である。

カセットのサイズはANSI規格によって国際的に定められておりその範囲の中でできるだけプレート面、読みとり領域を大きく読みとるかが設計上のポイントである。Model 150のプレートはFig. 1に示すようにカセット内部で金属トレイの上に搭載されている。そして金属トレイに残された端部約4mmを保持して装置内部を搬送することにより、ローラなどがプレート表面に触れずに読みとり位置まで移送され、レーザ走査による読みとりを行う。Regius Model 150ではこのような非接触搬送を実現することにより、プレート表面に傷を付けることや、屈曲させて搬送することを無くした。このため蛍光体プレートに対して機械的な負荷を与えることが少なく、耐久性に富んだシステムを構築する事が可能となった。

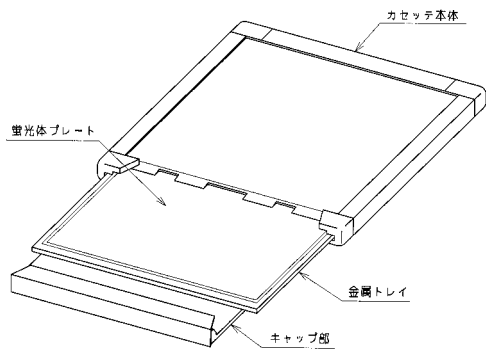


Fig. 1 Cassette and phosphor plate configuration

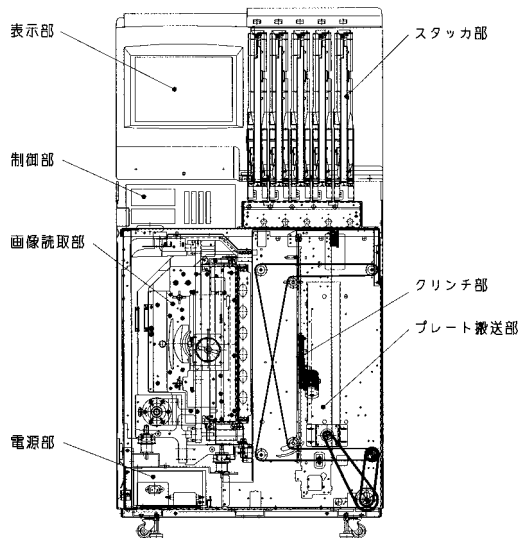


Fig. 2 Structure of the Regius Model 150

(2) 装置構造

Regius Model 150は通常のPC環境で用いられる100 BaseT EthernetによるDICOMネットワークを用いて出力機器へ画像データを転送するため、太い専用ケーブルを使用する場合と異なり、比較的自由的な設置形態が可能である。この機能を利用して1撮影室に1台という病院での日常の撮影業務上理想的な配置（分散処理）が可能であり、その実現のためには撮影に必要なすべての機能をコンパクトにまとめ、かつ操作性を損なわない装置構成にすることが重要なポイントである。

Regius Model 150ではオペレータの操作として必要なカセット投入、患者登録、画像確認、画像処理の調整、の各操作を快適に行えるような15インチカラーCRT+タッチパネルをスタッカ部の横に配置しカセットの患者登録の操作や画像確認を容易にした。(Fig. 2)

スタッカに装填されたカセットは、プレート搬送部内でクリンチ部によってプレートを取り出され画像読取部に搬送される。画像読取部では二次元的なレーザ走査によりプレートを励起して発生した輝尽光を集光しフォトマルチプライヤ（PMT）にて光電変換し、制御部に送られる。制御部は同時に装置全体の制御を行い、カセット投入、患者登録などのユーザ操作をタッチパネル付きCRTにより行う。

カセットがスタッカ部に投入されるとカセットはロックされ、その後プレート搬送部によってプレートはカセットから引き出され画像読取部に引き渡される。プレート搬送部の構造はFig. 3に示す様に搬送移動体の両側上下の4点にて固定され、8の字型に張られたワイヤをモータで駆動する方式をとっており、最大約440×360mmのプレートを高速かつ安定に移動させることが可能である。

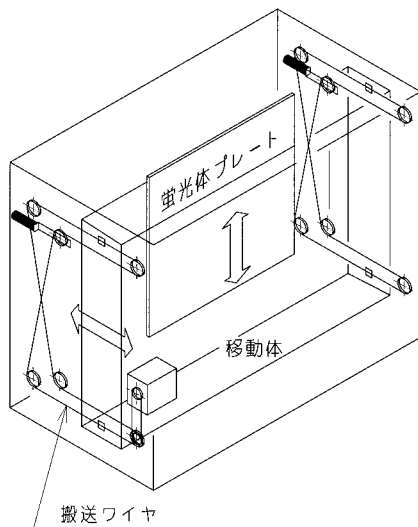


Fig. 3 Schematic diagram of the plate transfer unit

3 画質設計

Regius Model 150は新しい輝尽性蛍光体とそれにマッチした励起レーザ光走査系・集光系を採用し、画質的に最適な系を構成した。さらにトレードオフの関係にある鮮鋭性と粒状性のバランスを粒状性重視に設計することによって、Regius Model 330 / 530と同等以上の高画質を得ることに成功した。

一方、鮮鋭性や粒状性などの基本画質の高さを活かす切るために、様々な角度から画質向上の工夫がなされている。ここでは、その中で代表的な「量子化出来るX線量のダイナミックレンジ」と「残像消去」について述べる。

3.1 量子化可能なX線ダイナミックレンジ

Regiusシリーズでは、照射線量の違いや被写体のX線吸収の違いによってプレートに到達するX線量がばらついて、自動階調処理によって安定した濃度の画像に仕上げることが出来る。しかし、量子化できるX線量のダイナミックレンジが狭ければ、この機能を十分に活かすことは出来ない。

Regius Model 330 / 530は、到達X線量3桁の範囲を12bit (4096階調) でデジタル化し、この3桁の量子化領域は撮影手法や部位に応じて20倍の範囲で可変とする設計としたので、トータルで4.3桁 (2万倍) のX線量の範囲がデジタル化の対象となる。

一方、カセットタイプでは、立位 / 臥位専用タイプに比べて撮影手法や撮影部位の種類が多く、プレートに到達するX線量の範囲も広がるのが予想されたので、Regius Model 150では、到達X線量の4桁の範囲を12bitでデジタル化し、さらにデジタル化の領域は100倍の範囲で可変にすることにより、計6.0桁 (100万倍) のX線範囲に対してデジタル化が可能ないように設計し

た。(Fig. 4 参照)

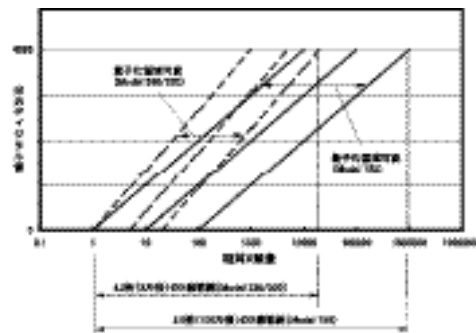


Fig. 4 Dynamic range of X-ray intensity in the Regius Model 150

この実現のため、PMT出力電流の4.0桁範囲をA/D変換し、PMTを制御する高圧電源の電圧を変えて増幅率を2桁変化させることによってトータル6.0桁のダイナミックレンジを得ている。なお、12bitで量子化する範囲を3桁から4桁にすることによって、デジタル信号値1ステップ当たりの濃度分解能はやや低下するが、人間の目に感知できない濃度差なので問題ない。

3.2 残像消去

Regiusシリーズでは画像読取後に消去光を照射して残像を消去し、プレートを繰り返し使用している。残像消去が十分でないと次の撮影時に前の撮影画像の残像が重畳して診断に支障をきたすので、残像消去も高画質を支える重要な技術である。

Model 150はModel 330 / 530よりも量子化X線量範囲が広いので、消去性能もそれに伴い、広いダイナミックレンジのX線を消去しなくてはならない。ここで、消去性能はX線照射時の潜像強度に対する読取消去後の潜像強度の比にて定義され、40mR相当のX線照射時に3.7桁以上の消去性能が確保されている。

4 ソフトウェア

4.1 画像処理

Regius Model 150ではこれまでRegiusシリーズの開発を通して培われた画像処理のノウハウを生かして実績のある自動階調処理、イコライゼーション処理、周波数処理を装備した。Model 330/530と比較してカセットタイプではその撮影部位、撮影方法が大幅に増加しており、対応する処理アルゴリズムも530の62部位164体位から93部位204体位に拡張され、さらに画像方向の判定・回転処理、また分割撮影にも対応した。これらの機能を使用することで、線量が多い / 少ない (Over/Under Exposure) など撮影条件に違いがあっても自動階調処理により適正な濃度に調整しさらに周波数処理やイコライゼーション処理により、より多くの診断情報を出力画

像に表現する事が可能となる。

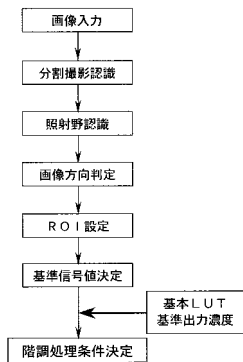


Fig. 5 Automatic gradient processing for the Regius Model 150

万一処理が適正で無い場合には、CRT上に表示された画像を見ながらパラメータを調整し出力し直すことができる。これはRegiusシリーズ通した特徴であるが、CRT上での画像確認 / 処理修正機能により、撮影の失敗による再撮影や無駄なハードコピー出力による患者の身体的、経済的な負担を軽減できるのである。処理前の画像を装置内部に最低100画像以上（高精細読取の場合。通常読取の場合は400画像以上）保存し、必要に応じて再処理を施す事が可能である。これは600床程度の大病院でも1日分の画像数を十分保持できるだけの量であり、1日の作業が終了した後も再処理の上出力し、診断に供することができる。

4.2 ソフトウェア内部処理

Model 330/530ではSUN-SorarisOSをベースにソフトウェアを開発したが、Model 150では低コストなIBM PC/AT[®] 互換機での処理と使い勝手の良いユーザI/Fの効率的な開発を可能とするためWindowsNT[®] をベースにした。ソフトウェア構造をFig.6に示す。ソフトウェアは カセット管理、画面制御、ファイル管理を司るメインスレッド、読取制御ハードウェアと通信し画像を表示しながら入力を行う読取制御部、プリンタやホストへの出力キュー管理、DICOM制御を行う出力制御部、の3つの部分に分かれる。

デジタルシステムによる画像読取の場合、画像保存、検索のため患者名、撮影部位などの患者情報をヘッダとして画像データと共に保存しなくてはならない。そのため患者情報の入力として、画面からのタッチパネルによる入力、磁気カードリーダー入力その他、通常の病院に設置されている放射線科情報システム（RIS）と接続することによりオンライン入力が可能であり患者情報入力のための作業を大幅に削減する事が可能である。

Regiusシリーズでは87.5 μm画像を読み込んだ場合、最大で約40MBのデータ量となる。一次画像保存には処理前画像が保存されているため装置ではホスト・プリン

タへの出力時に自動階調処理、イコライゼーション処理、周波数処理をあらかじめ設定されたパラメータにより適用する。このような大容量の画像を効率良く出力するためシステムでは256MBのシステムメモリを標準で搭載し、そのうち約160MBを画像処理専用領域として割り当て高速化を図っている。

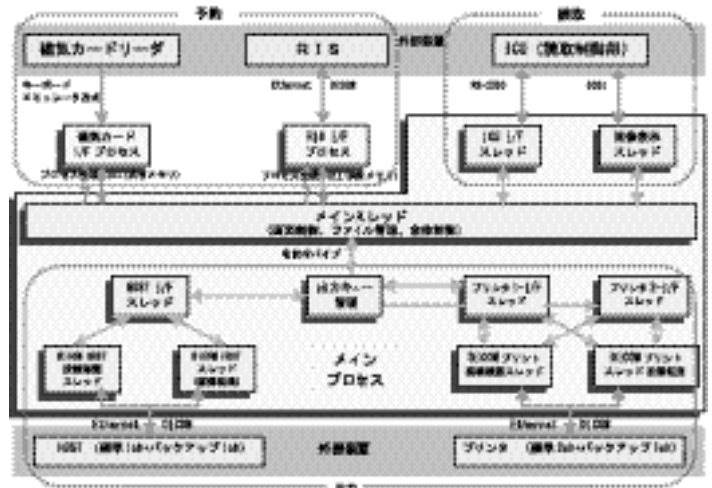


Fig. 6 Functional block diagram of software in the Regius Model 150

5 まとめ

Regius Model 330/530で培われた蛍光体技術、画質設計技術、画像処理技術、ソフトウェア技術、を結集し、さらにカセットハンドリング・プレート搬送技術を新たに加えてカセットタイプのダイレクトディジタイザ Regius Model 150 を開発した。これにより医療で一般に用いられるX線撮影画像のほとんどすべてをデジタル化し、画像処理による高診断性能を有する画像の確保が可能となった。21世紀のデジタル放射線画像へのキーデバイスとして、再撮影による患者負担、無駄なハードコピーの減少を実現し、医療の低コスト化、効率化に大きく貢献するものと考えている。さらにはPrintlinkやDrypro 722、CRTディスプレイステーションのRSシリーズなどのシステム化により各診療科での画像検索、画像表示などを行うことができ、より効率的な画像診断システムを構築できる。今後さらに病院内にとどまらずデジタル化時代の診療システムの理想像（遠隔診断、診断支援など）をめざし技術開発を継続してゆく。