

コニカダイレクトディジタイザ REGIUS MODEL 530(臥位) ・REGIUS MODEL 330M(車載)の開発

Development of x-ray direct digitizer Regius Model 530 and Regius Model 330M

佐藤 淳子*
Sato, Atsuko

原 裕孝*
Hara, Hiroataka

加野 亜紀子**
Kano, Akiko

Two new models have joined the Konica Direct Digitizer line-up: the Regius Model 530 and the Regius Model 330M. The Regius Model 530 is a bed-type direct digitizer adaptable to the x-ray imaging of various parts and positions of the body, while the Regius Model 330M is an upright model dedicated to mobile x-ray systems for mass examinations. This paper describes the key technologies of these two models, including hardware designed for compact, effortless operation, and digital image processing that provides high-quality diagnostic images with consistent reliability.

1 はじめに

近年、医療施設においても、医療情報システムのディジタル化・コンピュータ化が急速に進められている。それに伴い、医用画像分野においても医用画像のディジタル化による有効利用が強く求められるようになってきた。

医用画像のディジタル化による利点としては、第1に画像処理を施すことにより常に安定した画像を提供できることが挙げられる。その他には、ネットワーク化による画像情報の共通利用やデータベース化による画像情報の有効利用等がある。

この様な状況の中で、当社ではX線画像のディジタル化に取り組み、輝尽性蛍光体をX線ディテクタとするコニカダイレクトディジタイザ REGIUS (レジウス) MODEL 330¹⁾ (立位タイプ)を1996年7月に発売した。

今回、REGIUS MODEL 330で確立した技術を用いて、より多くの撮影部位に対応する臥位タイプの REGIUS MODEL 530、集団検診用の車載立位タイプの REGIUS MODEL 330Mを開発した。本稿では、技術ポイントである1)コンパクト性と操作性を考慮した装置設計、2)価値ある診断画像を提供するための画像処理技術を中心に、REGIUS MODEL 530、REGIUS MODEL 330Mについて報告する。

2 REGIUSの主な特徴

REGIUSは、ディテクタを内蔵し画像読み取りを行うリーダ部と、リーダ部の動作制御と画像データを管理するコントローラ部から構成される。

REGIUSの主な特徴は次の通りである。

○光学系・受光系を一体化し、リーダ部は極めてコンパ

クトな設計となっている。

- サンプリングピッチは、最小 $87.5\mu\text{m}$ ～ $350\mu\text{m}$ までの9種類から目的に応じて選択可能となっている。(REGIUS MODEL 330Mは $175\mu\text{m}$ と $350\mu\text{m}$ の2種類)
- 撮影サイクルタイムは約18秒(大角サイズ、 $175\mu\text{m}$ 読取)であり、被検者をほとんど待たせず撮影できる。
- 自動階調処理機能により撮影条件に関わらず安定した画像を提供することができる。また、イコライゼーション処理、周波数処理といったディジタル画像処理機能を標準装備している。
- ライフサイズの他、多彩なフィルム出力フォーマットを備えている。
- コントローラはタッチパネル操作を主体とし、快適な操作性を実現している。
- 1台のコントローラにより最大2台までのリーダ部を切り替えて制御することができる。
- ネットワーク出力、光磁気ディスク出力によるオープンシステムの構築が可能である。

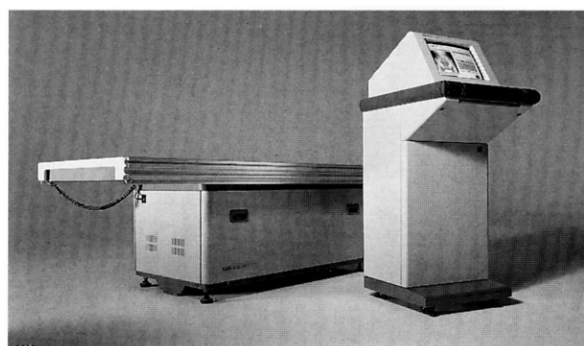


Fig.1 REGIUS MODEL 530

* 画像システム機器事業部 MI機器開発グループ
** 中央研究所 第2グループ

3. REGIUS MODEL 530

3.1 臥位撮影の特徴

放射線画像の一般撮影には、患者が立った状態で撮影を行う立位撮影と、寝たり座ったりした状態で撮影を行う臥位撮影とがある。立位撮影では、撮影可能な部位が胸部、腹部等にはほぼ限定されるのに対して、臥位撮影では種々の部位・体位が撮影可能となる。

REGIUS MODEL 530では、ユーザである放射線技師が患者をポジショニングしやすい作業環境と、多数の部位・体位に対して診断に有効な画像を提供する画像処理機能が要求される。

3.2 コンパクト性と操作性を考慮した装置設計

REGIUSは、ディテクタを固定し光学系、受光系を一体化した読取ユニットを移動させることにより読み取りを行う。そのため、REGIUS MODEL 530では撮影台の天板に対して本体部分を小さくすることができ、コンパクトなイメージを与える外観デザインを可能とした。

また、タッチセンサを天板前後面に埋め込むことによりどこを触っても天板を移動できることや、外装部つま先が当たらない設計により患者移動の介助がスムーズに行えることなど、優れた操作性を実現した。

さらに、天板移動時に手等を挟み込まないような設計とし、安全性を優先した。

3.3 価値ある診断画像を提供するための画像処理技術

医用画像のデジタル化の大きなメリットの一つは、画像処理を行えることである。

REGIUSでは、自動階調処理、イコライゼーション処理、周波数処理、フィルム出力時の拡大・縮小処理機能を有している。

3.3.1 自動階調処理

自動階調処理とは、画像毎に最適な階調処理条件を決定し、その条件に従って階調変換することにより、診断に適した階調の画像を安定して出力するための画像処理である。²⁾ 自動階調処理は、診断に適した画像にするために最低限必要な画像処理と言える。

自動階調処理の流れを、Fig.2に示す。

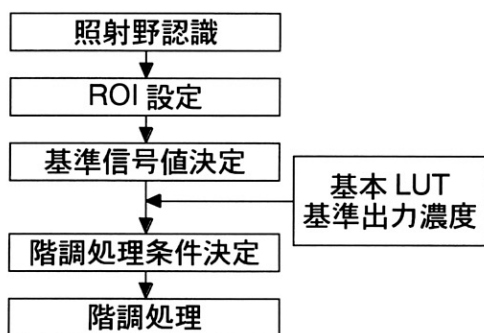


Fig.2 Automatic gradient processing

自動階調処理では、診断ポイントに対応したROI (region of interest: 関心領域) 及び基準信号値を設定すること、診断に適したLUT (look-up table: 階調変換テーブル) 及び基準出力濃度を設定することがポイントとなる。臥位で撮影可能な種々の画像に対して最適な階調画像を出力するために、従来の5手法に加え、新たに6手法の自動階調処理アルゴリズムを開発した。合計11手法の自動階調処理アルゴリズムにおけるROI位置、基準信号値をFig.3に示す。

また、これらの自動階調処理アルゴリズムとLUT、基準出力濃度の組み合わせにより、62部位164体位に対する自動階調処理を可能とした。

この自動階調処理機能により、肋骨撮影や胸椎撮影等、フィルム/スクリーン系において適切な階調に上げることが困難な部位においても安定した階調の画像を提供することができるので、再撮影を低減することが可能となる。

またREGIUSでは、万が一、自動階調処理が失敗したり、自動階調処理画像が好みに合わない場合でも簡単に階調を修正することが可能であり、ユーザから高い評価を受けている。

| | ROI位置 | 基準信号値 | | ROI位置 | 基準信号値 |
|--------|-------|-----------------------|----------|-------|----------------------------|
| 小児胸部正面 | | 肺野の最大値 縦線の最小値 | 頸椎正面 | | 第4~6頸椎の信号値 首の軟部の信号値 |
| 胸部側面 | | 肺野の平均値 | 頸椎側面 | | 第4~6頸椎の信号値 首の軟部の信号値 |
| 腹部単純 | | 腹部軟部の最小値 側腹線付近の信号値 | 骨盤正面 | | 腸骨中央の信号値 |
| 腰椎正面 | | 第4腰椎の信号値 | 胸腰椎移行部正面 | | 照射野中央の椎骨の信号値 |
| 腰椎側面 | | 第4腰椎の信号値 | 骨部1 | | 照射野中央の骨の信号値 皮膚付近の軟部の信号値 |
| | | | 骨部2 | | 人体の最小値 皮膚付近の軟部の信号値 |

Fig.3 Positions of ROIs and standard values in automatic gradient processing

3.3.2 イコライゼーション処理

イコライゼーション処理とは、ダイナミックレンジ圧縮処理とも呼ばれ、非鮮鋭画像信号に基づいて画像信号のダイナミックレンジを圧縮することにより、ダイナミックレンジの広い画像でも画像全体を見やすい濃度範囲で表現するための画像処理である。³⁾

演算式は、次式で表される。また、概念図を Fig.4 に示す。

$$S = S_{org} - \beta (S_{us} - A)$$

$$\text{ただし、} \beta = \begin{cases} \beta L (S_{us} \leq A) \\ \beta H (S_{us} > A) \end{cases}$$

S : イコライゼーション処理画像信号

S_{org} : 原画像信号

S_{us} : 非鮮鋭画像信号

β : 補正係数

A : 補正境界信号値

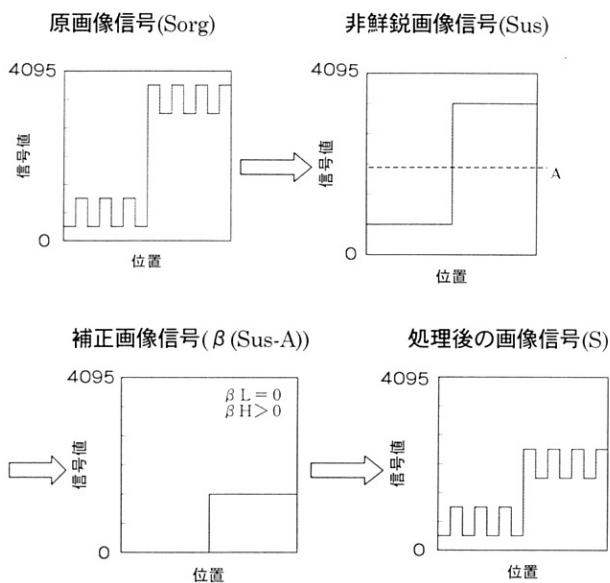


Fig.4 Concept of equalization processing

Fig.5 は、胸腰椎移行部側面画像にイコライゼーション処理を適用した例である。イコライゼーション処理なしの(a)に比べて(b)では、腰椎椎骨の描写を保ったまま肺野に重なる椎骨がより明瞭に描写されている。

このようにイコライゼーション処理は、読影ポイントが低濃度領域と高濃度領域の両方にある部位に対して効果的であり、フィルム/スクリーン系に対する大きなメリットと言える。

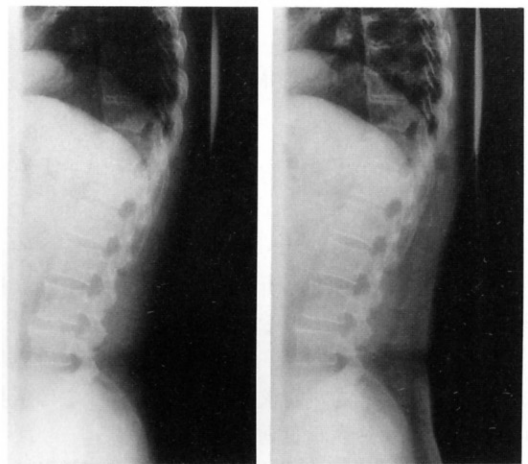


Fig.5 Effect of equalization processing
(a) Thoracic-lumbar vertebrae lateral image without equalization processing
(b) Thoracic-lumbar vertebrae lateral image with equalization processing

3.3.3 周波数処理

周波数処理とは、エッジ強調処理とも呼ばれ、画像の空間周波数特性をコントロールすることにより、撮影された人体の構造物をより鮮鋭に表現するための画像処理である。

演算式は、次式で表される。

$$S = S_{org} + \beta (S_{org} - S_{us})$$

S : 周波数処理画像信号

S_{org} : 原画像信号

S_{us} : 非鮮鋭画像信号

β : 強調係数

骨部画像に適用することにより、骨梁や骨折をより明瞭に描写したり、腹部画像に適用することにより、臓器の輪郭をより明瞭に描写したりすることが可能である。

3.3.4 出力フォーマット

REGIUSでは、画像をフィルム出力する際、ライフサイズの他、縮小出力、2画像の1画面出力を可能とした。臥位撮影においては、一度に複数の体位で撮影することが多いため、2画像の1画面出力は診断の上でもフィルム整理の上でも有効であると言える。

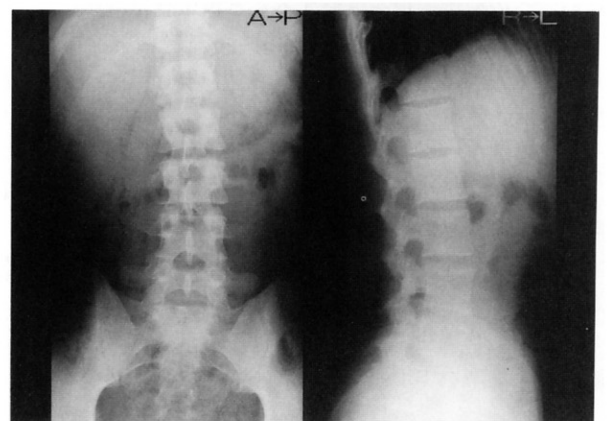


Fig.6 Example of hard copy with 2 on 1 format

4 REGIUS MODEL 330M

4.1 検診撮影の特徴

REGIUS MODEL 330M は、検診車に搭載するための立位タイプのダイレクトディジタイザである。

一般に胸部集団検診では、スクリーニングを目的とした間接撮影による検診と、所見有りの疑いがある被検者を対象とした直接撮影による精密検診とがある。

スクリーニング検診では、被検者数が多いため簡単な操作性と撮影処理能力が要求され、精密検診では所見をより正確に表現する高画質画像が要求される。

4.2 コンパクト性と操作性を考慮した装置設計

4.2.1 リーダ部設計

検診車の走行時には、広い周波数分布を持つ振動・衝撃がある。そのため、走行時のみ読取ユニットを強固な本体フレームに固定するロック機構を設けた。ロック機構は、操作が簡単な上に構造がシンプルであるため、コンパクトなリーダ部を実現することができた。

また、検診車の狭いスペースを考慮し、メンテナンスサイドを正面／右側面のみとする設計とした。

4.2.2 コントローラ部設計

REGIUS MODEL 330M では、読取サンプリングピッチを $175\mu\text{m}$ 、 $350\mu\text{m}$ の2種類から選択可能なため、1台の装置でスクリーニング検診と精密検診を行うことができる。

また、撮影サイクルタイムは通常読み取りで14秒（半切）であり、撮影後直ちに画像が表示される。そのためポジショニングの確認等が速やかに行え、被検者を待たせたり再撮影のために再度呼び出したりする必要がない。

4.3 価値ある診断画像を提供するための画像処理技術

フィルム／スクリーンシステムでは、ある量のX線量を照射しないと適切な濃度、コントラストの画像を得ることが出来ない。これに対しREGIUSでは、自動階調処理により、照射されたX線量に関わらず適切な濃度、コントラストの画像を得ることができる。X線量が少ない程S/Nは低下するが、要求される画質のレベルに応じて被検者への被爆線量を低減することが可能である。

4.4 千葉県予防衛生協会との共同研究

1996年1月より、千葉県予防衛生協会と共に「低線量検診車並びにフィルムレス胸部検診システムの構築」について共同研究を行っている。1998年4月よりREGIUS MODEL 330M を搭載した検診車による脊椎側わん症検診を千葉県内において実施中である。

脊椎側わん症検診では、脊椎椎骨の輪郭が識別できることが重要であるため大幅な被爆線量低減が可能であり、スクリーニング検診では従来の検診車システムの20%の線量での撮影を実現した。

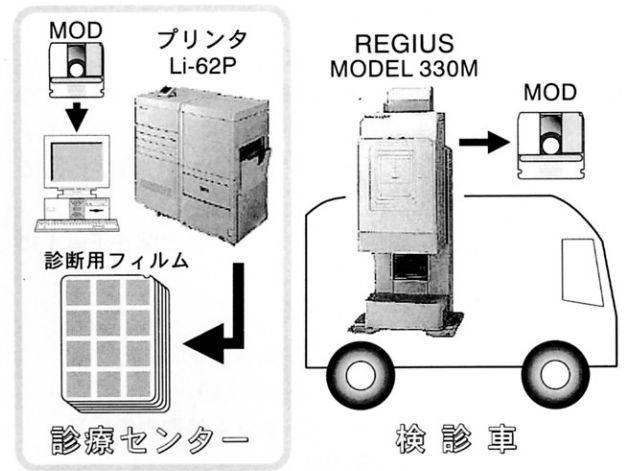


Fig.7 Scoliosis mass examination system in Chiba Prefecture

5 まとめ

1996年7月に発売したREGIUS MODEL 330に続き、臥位タイプのREGIUS MODEL 530、車載立位タイプのREGIUS MODEL 330Mを開発した。これにより、ほとんど全てのX線一般撮影をREGIUSでデジタル化することが可能となり、REGIUSはデジタル化時代の医療情報システムにおける重要な装置となり得る。

残りの一般撮影部位に対応すること、様々な病院システムに対応することを目的とし、カセットタイプの画像入力装置を現在開発中である。

謝 辞

REGIUS MODEL 330Mの研究に対し多大のご協力をいただいた千葉県予防衛生協会小川診療所長、片桐次長、並びに放射線技師の方々、国立療養所千葉東病院大塚院長に感謝申し上げます。

●参考文献

- 1) 長束 等, Konica Tech. Rep., 10, 71(1997)
- 2) 長束 等, Konica Tech. Rep., 6, 101(1993)
- 3) 中沢 等, Konica Tech. Rep., 9, 35(1996)