REGIUS MODEL 110 の開発

Development of the REGIUS MODEL 110

渡 辺 和 彦＊　野 澤 肇＊　安 藤 政 和＊　石 坂 哲＊
Watanabe, Kazuhiko　Nozawa, Hajime　Andou, Masakazu　Ishisaka, Akira

要旨

REGIUS MODEL 110 は, デジタル化が待ち望まれていた診療所ユーザー向け CR（Computed Radiography）として開発された。従来機をしのぐ小型化を達成するため, 輝尽性蛍光体プレートの読み取り方式を一新し, レーザ走査光学系を水平移動させることにより二次元走査を可能とする光学ユニット搬送方式を採用した。

この搬送方式を実現するためには，光学ユニットの究極なまでの小型化と，それを僅かな速度変動も許さず移動させる高精度搬送技術が必要であった。我々は常識を覆す発想と，新開発のシャフト形状リニアモーターの導入によりこれらの課題を解決し，画期的小型化と低価格を実現する診療所向け CR の開発に成功した。

Abstract

The REGIUS MODEL 110 is a new computed radiography system designed to serve not only hospital facilities but also small, stand-alone clinics that may have waited for low-cost and compact digital diagnosis systems. The design had to achieve dramatic compactness, so we revised the system of scanning images on the photostimulable phosphor plates, adopting a method in which the optical units move horizontally to perform cross-scanning. To accomplish this design, we developed an optical unit that was exceptionally small and devised a way to keep velocity fluctuations to the minimum. The key to this success was an innovative approach that led to a shaft-shaped linear motor system. The final result was the REGIUS MODEL 110, a compact and popular new CR system perfect for small clinic users.

＊コニカミノルタエムジー㈱
開発センター　ヘルスケアイメージングシステム開発室

1　はじめに

医療業界がデジタル化，フィルムレス化，ネットワーク化へ向けて急速な発展を遂げる中，当社では，2002年８月にREGIUS MODEL 170[1)]（以下，MODEL 170とする）を，2004年11月にREGIUS MODEL 190（以下，MODEL 190とする）を発売し，超分散処理コンセプトを柱に，「1機種で診療所から大病院までをカバーするオールラウンドタイプのカセッテタイプCR」として市場展開してきた。しかしながら小型自動現像機を使用する診療所ユーザーに対し，経済的，スペース的に負担なく導入できるデジタル診断環境の提供については，価格や装置サイズなどの障壁があり，十分に達成できていないのが現状であった。

2007年６月に発売されたREGIUS MODEL 110（**Fig. 1**，以下，MODEL 110とする）は，診療所ユーザーをメインターゲットとして搭載技術を根本から見直し，簡単操作，低価格，高信頼性，小型で柔軟な設置形態といった目標を達成し，デジタル診断環境の一層の普及に向けて市場展開されている。

本稿では，MODEL 110の全体像や特徴を述べるとともに，本装置を開発するにあたり，解決すべき重要な技術課題であった，光学ユニットの小型化，および光学ユニットを移動させながら輝尽性蛍光体プレートをレーザ走査し画像を読み取る高精度搬送技術の開発について報告する。

Fig.1　The REGIUS MODEL 110

2　装置の設計コンセプト

MODEL 110では従来機に対し更なる小型化と低価格化が求められた。我々は装置の基本構成を決定する輝尽性蛍光体プレートの読み取り方式の見直しを行い，従来装置で採用した「プレート搬送方式」（光学ユニットを固定し輝尽性蛍光体プレートを搬送しながらレーザ走査する方式）に対し，光学ユニットを移動させながらレーザ走査する「光学ユニット搬送方式」の採用に踏み切った。

Fig. 2に示すように，従来装置で採用した「プレート搬送方式」では，輝尽性蛍光体プレート２枚分の搬送距離が必要となり，小型化に対する制約が大きくなる。これに対し「光学ユニット搬送方式」では，**Fig. 3**に示すように，プレート１枚分の搬送距離となり，工夫により一層の小型化が可能となる。

一方「光学ユニット搬送方式」は，重い光学ユニットを搬送するため，振動や搬送速度ムラにより画像にアーチファクト等を生じやすいというウイークポイントを持っている。我々は，光学レイアウト設計の工夫により光学ユニットの小型化を達成するとともに，光学ユニットの水平搬送技術として，シャフト形状リニアモーター技術を新規に開発することで本課題を解決し，小型で低価格でありながら高品質の診断画像を提供するCR装置を実現した。

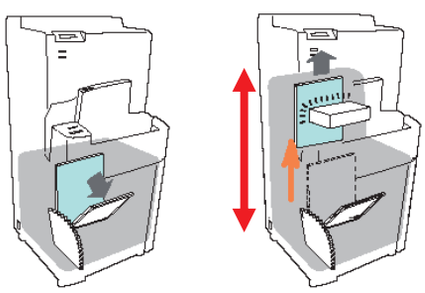

Fig.2　Cross-scanning in previous models: moving the photostimulable phosphor plates

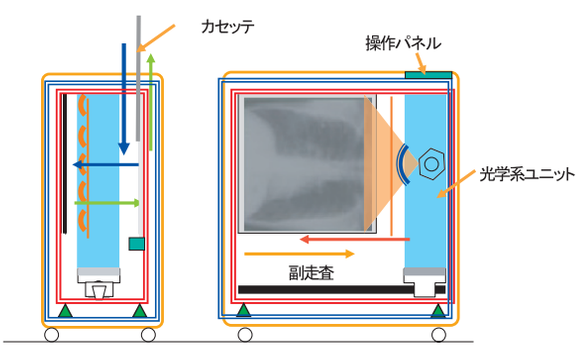

Fig.3　Cross-scanning in the REGIUS MODEL 110: moving the optical units

また，小規模なX線撮影室に対しても，スペースを有効活用した設置形態が取れるように，装置の床投影形状を細長い長方形状とし，設置環境に応じて短辺側，長辺側の各々を装置正面に切り換え可能とする柔軟な構成（２方向設置方式）を採用した（**Fig. 4**）。さらにカセッテ投入口の位置や高さなど，使い勝手に関する部分についても人間工学的に検討を重ね，様々な設置環境に適応可能な最適化設計を施した。

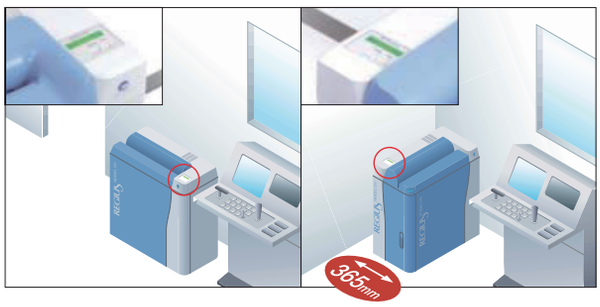

Fig.4　Alternate configurations of the REGIUS MODEL 110

3　光学ユニット開発

MODEL 110で採用した光学ユニット搬送方式では，読み取りに必要な搬送距離に加え，光学ユニットの移動方向の厚みがそのまま装置サイズの増加を招くため，光学ユニットには，極限までの小型化が求められる。しかしながら，一般的なCRの光学ユニットでは，レーザ走査光学系の他に，輝尽発光を集光する集光光学系を含む構成となるため，光学ユニットが大型化するという問題点がある。

我々は，MODEL 170で新規開発したアンモナイト集光管（**Fig. 5**）が，略円筒状の長尺形状であることに着目し[2]，これを光学ユニットの中心軸として配置する特殊構造を発案した。すなわち，走査光学系をアンモナイト集光管を取り囲むように配置し，無駄なスペースを一掃することで，究極的な小型化を達成した。

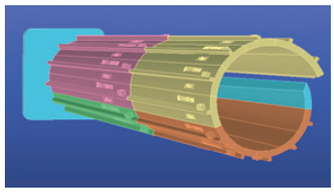

Fig.5　Ammonite-shaped light collector

このためには，レーザ走査面を少なくとも２回は折り返し，断面をコの字型の配置としなければならない。これを極力安価な構成で実現するため，ｆθレンズは新開発の２枚構成非球面プラスチックレンズとし，この後方に略90°走査面を折り返すシリンドリカルミラーを加え

た３群３枚構成を走査レンズの基本構成とした。これにより，シリンドリカルミラーが第２の折り返しミラーを兼ねることになり，部品点数の削減が可能となる。

その他に，レーザ走査面の２回折り返しを想定してレンズ設計から部品配置までを最適化することにより，アンモナイト集光管を中心軸にレーザ走査光学系を配置した，驚くべき小型の光学ユニット設計が可能となった（Fig. ６）。

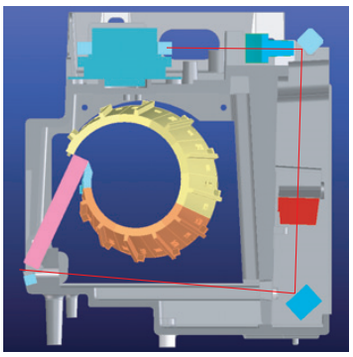

Fig.6　Cross section of the optical unit

４　光学ユニット搬送技術開発

MODEL 110で採用した「光学ユニット搬送方式」ではレーザ走査光学系を水平方向に搬送しながら，輝尽性蛍光体プレートをレーザ走査する。画像読み取り中にレーザ走査系が外部から振動を受けると，プレート面でのレーザ照射位置が変動して画像上に筋状のアーチファクトが発生する。従って,「光学ユニット搬送方式」では，光学ユニットに不要な振動を与えず，精度良くなめらかに重量物を搬送できる理想的な搬送方式が求められる。我々は，「光学ユニット搬送方式」用の搬送エンジンとして早くからリニアモーター技術に着目し，その要素技術開発を行ってきた。

リニアモーターは高速,高精度な搬送を特徴とするが，大型設備に使われることが多く，理想的だが高価な搬送系となるため，低コストを目指した装置への採用は難しいと考えられていた。そのブレークスルーとなったのが，シャフト形状リニアモーターである。シャフト形状リニアモーターは，Fig. ７に示すように，複数の磁石を互いに反発する向きでシャフト形状に配置し，その周りに配置されたコイルに電流を流すことで推力を発生するリニアモーターである。大推力は得意としないものの，構造がシンプルであるため小型化に向いており，かつ安価であること，またコアレスであるためコギング（モーターの推力変動）が少なく高精度な搬送系を構築できるといった特徴を持つ。MODEL 110は，シャフト形状リニアモーターの特徴を最大限活かすことで，小型かつ高精度な光学ユニット搬送を実現した。

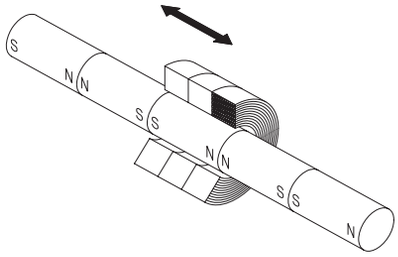

Fig.7　Shaft-shaped linear motor

さて，一般的に知られるリニアモーターを用いた搬送系は，平行に並べられた2本のガイドにより移動体を支え，その中央部にリニアモーターを配置し，かつ高性能な光学式リニアエンコーダーで位置情報を検出することで，位置や速度情報のフィードバック制御を行なうものであるが，MODEL 110では，スペース的な制約，コスト的な制約から,ここでも一般常識を覆す必要があった。

我々は試行錯誤を重ね，Fig. ８に示すように，搬送体である光学ユニットを一本のガイドにより支え，搬送距離に応じて回転する安価なロータリーエンコーダーを光学ユニットに配置する構成に至った。

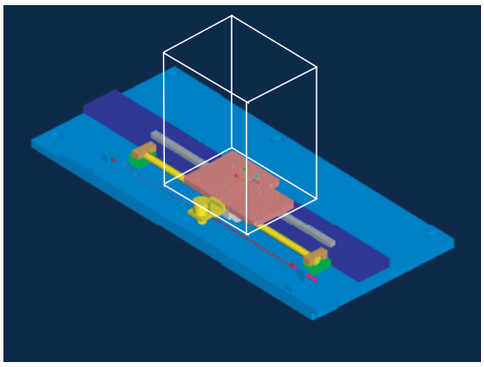

Fig.8　Linear motor system with rotary encoder

ここで大きな技術課題となったのが，フィードバック制御系を含めた振動(共振)である。背の高い光学ユニットを狭幅で支えるため，制御フィードバックを強くするとピッチング方向（進行方向）に大きく揺れだすという課題が生じた。一方,揺れを抑制するためには制御フィードバックを弱めればよいが,それでは搬送性能が低下(搬送ムラが発生）してしまい，リニアモーターの特徴を活かすことができなくなってしまう。

この揺れは，Fig. ９に示すとおり，重心位置を中心にした慣性モーメントが大きく起因している。この課題解決のため，倒立振子モデルを参考にした制御モデルを構築し，制御系，及び制御対象である光学ユニット搬送系の最適設計を検討した。制御対象(光学ユニット搬送系)は,光学ユニットの重心位置,ガイドの剛性（ガイドレールの選定，ガイドブロックの選定等）等を設計パラメータとして最適設計を行なった。一方，制御系は，むだ時

間補償，バンドパスフィルタの最適設計などにより，安定化を図った。

これらの技術開発により，振動による走査ムラに不利とされた光学ユニット搬送を可能とし，従来機同等以上の搬送性能を実現することに成功した。

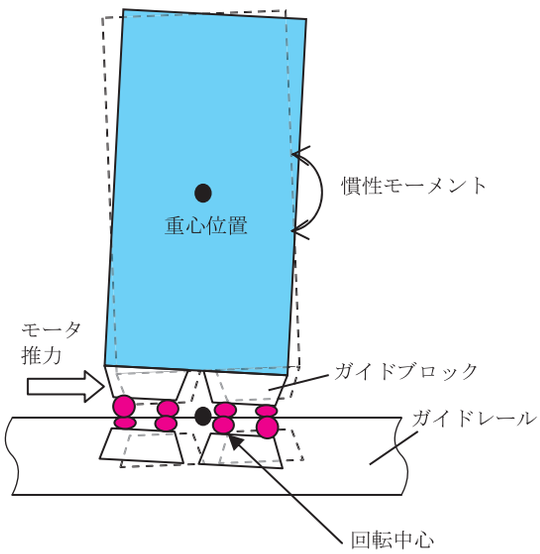

Fig.9　Vibration model of the optical unit

5　主な仕様

Table 1にMODEL 110の主な仕様を示す。装置サイズは幅740 mm，奥行き365 mm，高さ747 mmとなり，MODEL 170またはMODEL 190に対し装置体積で約50%，高さで約60%となる小型化を達成した。さらに大角サイズの標準解像度でのカセッテフィードロードサイクルタイムは約45秒であり，１時間あたりの処理枚数80枚の高速処理を実現した。

Table 1　Major specifications of the REGIUS MODEL 110

項目	仕様
撮影サイズ	半切、大角、大四切、四切、六切ほか
画素サイズ	87.5μm／175μm
階調数	4096階調（12bit）
処理能力	約80枚／h以上 （大角サイズ／175μm時）
カセッテフィードロード時間	45秒以下 （大角サイズ／175μm時）
外形寸法	W740×D365×H747mm
重量	100kg
電源	単相AC100V 8A
発熱量（最大）	約468kJ（約112kcal）
環境条件	15～30℃ 35～80%（結露なきこと）

6　病院施設での利用

MODEL 110は診療所ユーザーにフォーカスして開発されたが，同時に，病院ユーザーに対しても配慮した設計となっている。まず，上位機種であるMODEL 170，MODEL 190用コンソールとして開発されたCS-1，CS-2，CS-3からMODEL 110を制御することができるように，コンソールとのインターフェイスを上位機種と互換性を有する設計とした。このため，MODEL 110は，新開発の診療所向けシステム「REGIUS Unitea」のみならず，CS-1，CS-2，CS-3との接続も可能であり，MODEL 170, MODEL 190と混在した環境下で，前登録，後登録，コンソールとの1：1接続やn：m接続など，これまで上位機種が提供してきた様々なワークフローを損なうことなく病院用システムを構築することができる。さらに，上位機種と混在した環境下でシステム構築を可能とするために，MODEL 110では，MODEL 170，MODEL 190と同じカセッテが使用できるように装置の機構を設計した。上位機種と小型機でカセッテの完全互換性を有しているのは，現在コニカミノルタ１社だけである。

7　まとめ

以上のように，MODEL 110では，最適な装置基本構成を選定することから始まり，光学ユニットをはじめとする各ユニットを最適化して装置全体の画期的小型化を実現した。また，リニアモーターによる高精度搬送技術の開発により，アーチファクト等のないクリアで高品質な診断画像を提供できる装置に仕上げることができた。

MODEL 110がその特徴を生かし，診療所など従来デジタル化が望まれていた領域で高品位な診断に供せられるとともに，途上国を含む国内外で広く医療サービスの拡大に貢献することを期待する。

●参考文献

1）米川久，根木渉，手塚英剛，渡辺和彦，KONICA Tech. Rep., **16**, 121 (2003)

2）石本清士，三本孝博，米川久，島田文生，KONICA Tech. Rep., **16**, 125 (2003)