

# 医用ドライイメージャー DRYPRO793 の開発

Development of the DRYPRO793 Dry Medical Laser Imager

山道 洋次\*  
Yamamichi, Youji

新井 和幸\*  
Arai, Kazuyuki

田口 あきら\*  
Taguchi, Akira

中澤 正行\*  
Nakazawa, Masayuki

## 要旨

PCM (Phase Contrast Mammography) マンモシステムの画像記録装置として、銀塩ドライフィルム方式のレーザーイメージャー DRYPRO793 を開発した。

DRYPRO793 は以下の技術により最高画質の実現と高機能小型化システムの提供を可能にした。1) 小型イメージャーの技術踏襲とトップマウントソーターによる小型化。2) 動画アニメーションとWEB技術によるユーザーフレンドリーな操作性の向上。3) ビーム径の最適化とLD変調応答性向上による世界最高の解像力の実現。4) 高精細モードでの画像記録短縮と高速画像処理によるファーストプリント向上。5) 現像温度均一化によるフィルムサイズ混合処理の実現。

## Abstract

The DRYPRO793 dry medical laser imager is a newly developed hard copy device for use in a PCM (phase contrast mammography) system. The DRYPRO793 has simultaneously realized excellent hard copy quality, high performance, and downsizing. The DRYPRO793's features include 1) Compact design achieved by means of a top-mounted sorter and the exploitation of downsizing techniques established in earlier DRYPRO models, 2) Easier operation by use of animated instruction displays and Internet website design techniques, 3) Unmatched resolution provided by optimized laser beam diameter and improved LD modulation reply, 4) Shorter first print time thanks to a reduction in latent image formation time in high precision mode and high-speed processing of PCM data, and 5) Multi-sized prints (from 8"x10" to 14"x17") by means of temperature uniformly controlled over the entire heat drum surface.

## 1 はじめに

医用画像情報のデジタル化が加速している中で、画像診断ではデジタル画像情報を正確にフィルム出力するイメージャーの重要性がますます高まっている。

当社では、環境面および簡便性に優れたドライイメージャー

\* コニカミノルタエムジー(株) 開発センター MI システム開発室

ジャーシステムを1999年に発売し、その後シリーズ機の発売で市場要望にこたえてきた。今後は更に高機能化、マンモ画像対応の高画質化、ワールドワイドでの市場拡大化に向かっていくと思われる。

今回、これらの流れを視野に入れ、マンモ市場にも対応し得る高画質かつ世界最小の銀塩ドライレーザーイメージャーを開発した。本稿では、装置概要とともに、主要な開発技術としてPCMマンモ対応技術、現像温度均一化技術について解説する。



Fig.1 DRYPRO793

## 2 DRYPRO793 の特徴

### 2.1 コンパクト化

コンパクト化は単なるスペースセーブだけではなく、設置自由度を飛躍的に高め、使用シーンの多様化に適應できる。サプライ3chなどの高機能化しながら、当社小型イメージャー DRYPRO771 の小型化技術を踏襲することでコンパクト化を行った。装置サイズは幅675mm、奥行き640mmで設置面積は0.43m<sup>2</sup>で、ハイエンドイメージャーで

世界最小の設置面積である。更に、オプションのソーターは、トップマウント形式のため、他社のソーター付と比較すると約半分の設置面積となる。

## 2. 2 PCMマンモシステムへの対応

PCMマンモシステムは、X線撮影装置 (MARMAID)、画像読取装置 (REGIUS190)、画像処理装置 (CS-3)、画像記録装置 (DRYPRO793) の組み合わせで世界最高画質を実現している。最高画質の実現におけるDRYPRO793の役割は、PCM撮影で得られた解像度と鮮鋭性を忠実に再現することと、マンモ画像診断に必須と言われる最高濃度4.0を実現することである。

## 2. 3 操作性の向上

設置場所の柔軟性向上により中小病院への広がりと大病院での対象ユーザが放射線技師中心から医師や看護婦へと変化しており、操作性の向上が不可欠と考えた。

DRYPRO793では、操作部にTFTカラーLCDを採用し、フィルムなし表示や定期作業表示等のユーザ作業を必要とするメッセージ、通常のメッセージ、ユーザが押すべきボタンの区別を立体画像と色別で分類化し、視認性を向上させた。また、フィルム詰め替え作業やジャム処理作業等の機械操作を必要とする内容については、動画アニメーションを作業単位で表示することにより、初めて使うユーザでもマニュアルなしで操作できるようにした。

更に、最近では1台のイメージャーに多くの診断装置が接続されるため、イメージャーの設置場所と離れた場所からフィルム出力を行うケースが多い。このような場合にも、WEB技術を使った操作環境を提供することで特別なソフトなしでイメージャーの状態を事前に把握できるようにした。

## 2. 4 主な仕様

主な仕様をTable 1に示す。表中のDimensionsの ( ) 内の寸法はソーター接続時の高さを示す。

Table 1 Specifications

Film size	14×17in, 14×14in, 11×14in 10x12in, 8x10in
Film trays	Max. 3 Trays
Pixel size	43.75/25μm
Density steps	14bits (16384steps)
Maximum density	4.0
Interface	Ethernet 10/100/1000base-T
Protocol	DICOM print management
Input ports	Max. 16 ports
Image memory	Hard disk 80GB Print memory 512/1024MB
Power source	100V 7.5A (50/60Hz)
Dimensions	W675×D640×H1420 (1543)mm

## 3 PCMマンモ画像出力への対応

### 3. 1 高画質の設計思想

REGIUSで読み取った画像を劣化なく忠実に出力するためには、補間処理に伴う画像情報の劣化を防ぐ観点から、書き込み画素サイズがREGIUSの読取画素サイズと同じか、整数分の1であることが望ましい。

そこで、DRYPRO793では、43.75μmと25μmの2通りの書き込み画素サイズを選択できるように設計した。

REGIUS190は、175μm、87.5μm、43.75μmの3通りの画素サイズを持っており、拡大をしない一般撮影の画像をライフサイズで出力する場合に最適な43.75μmの書き込み画素サイズを採用した。

一方、PCMマンモシステムは、MARMAIDで1.75倍の拡大撮影を行い、REGIUS190で43.75μm読み取りした画像を1.75分の1に縮小してライフサイズで出力する。このため実質画素サイズは25μmになり、世界最高の解像度を実現している。PCMの高解像度、高鮮鋭性の特徴を十分に活かすため、イメージャーによる25μmの書き込み画素サイズの実現は必須である。

Fig. 2は、PCMマンモ画像をライフサイズで出力する際、縮小補間して43.75μmで出力した場合と、補間処理しないで25μmで出力した場合の描出能を拡大表示して比較したものである。画素サイズ43.75μmでは微小石灰化の辺縁が明瞭でないのに対し、画素サイズ25μmでは辺縁の尖っている形状が描写できていることがわかる。

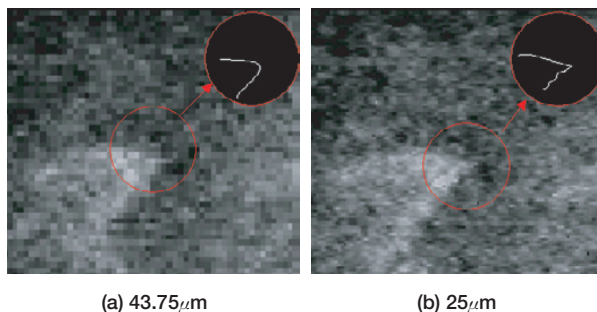


Fig.2 Microcalcification depicted in PCM images printed with pixel sizes of 43.75μm and 25μm

以上より、DRYPRO793では43.75μmと25μmの2通りの画素サイズを選択できることによって、REGIUSで得られた高精細の画像を忠実に描出することが可能である。

### 3. 2 世界最高の解像力

上記解像度に見合う高い鮮鋭性と高い書き込み位置精度を実現することも重要である。そのためには1)ビーム径の最適化 2)LD変調応答性の向上 3)ジッターの低減などが重要なポイントとなる。

DRYPRO793では鮮鋭性としてCTF値 (10lp/mm) 0.75以上、ジッターは10μm以下を目標として設定した。

### 3. 2. 1 ビーム径の最適化

レーザ走査方向の主走査ビーム径は小さい程、鮮鋭性が向上する。一方、副走査ビーム径は副走査ピッチ、フィルム特性曲線より、小さすぎると走査線が視認しやすくなることから所定以上の大きさが必要である。

我々は構想段階からビーム径、副走査ピッチ、フィルム特性曲線を踏まえたシミュレーション及び種々画質評価を行って来た。

その結果、フィルムや走査仕様に適したビーム径を見出すとともに実現させるためのレーザ走査光学系を開発した。

### 3. 2. 2 LD変調応答性の向上

走査速度を落とさず、 $25\mu\text{m}$ 画素サイズを忠実に再現させるにはLD変調応答性の改善も必要となる。我々は走査速度に適したLD応答時間を調査した結果、CTFへの影響を小さくするには30ns以下が必要であった。

DRYPRO793では、配線パターンと回路定数の変更により、高周波領域におけるゲインピークを低減させ、オペアンプの帯域制限を最適化することが出来た。その結果、APC (Auto Power Control) ループの伝達特性が高帯域化出来、LD応答時間30ns以下を達成した。Fig. 3に上記1)、2)を実現した本装置のCTF結果を示す。目標の75%以上 (10lp/mm) を達成し、他社マンモ対応機<sup>2)</sup>に対して優れた鮮鋭性を実現することが出来た。

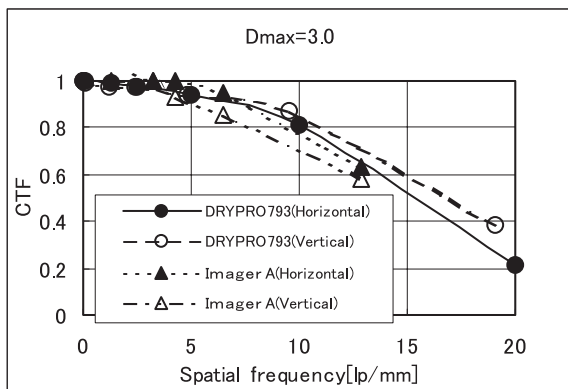


Fig.3 Horizontal and vertical CTF

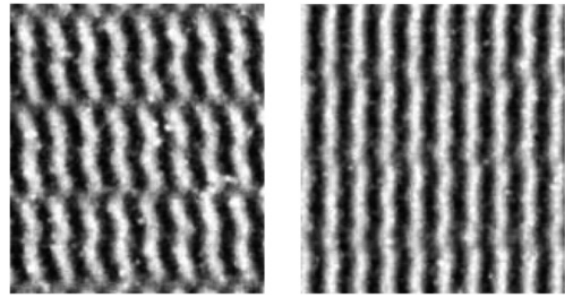
### 3. 2. 3 ジッターの低減

現状のポリゴンジッター性能は、0.007%程度が限界であり、 $25\mu\text{m}$ 画素サイズ書き込みにおいては14インチの走査幅に対して1画素相当 (0.025/350mm) のずれとなり、画質を劣化させる。

DRYPRO793ではポリゴン面毎のジッター補正手段に、複写機の色ずれ防止として開発された補正回路を採用した。複写機は複数の露光部走査特性を補正するのに対して本装置ではポリゴン面毎の補正であり、いわゆる1走査ごとに走査画素周波数を変調している。その結果、 $25\mu\text{m}$ 相当の画素ずれを $10\mu\text{m}$ 以下に抑えることが出来た。

Fig. 4 は $25\mu\text{m}$ 画素サイズの縦ストライプパターンに対

する補正前後の比較画像である。本制御によって縦ストライプの乱れが補正され良好な画像になっていることがわかる。



a) Before compensation b) After compensation

Fig.4 Effect of jitter compensation

以上の重要ポイントを実現することで世界最高の解像力を達成し、なおかつ $25\mu\text{m}$ 画素サイズ書き込みにおいても $43.75\mu\text{m}$ と同等な記録時間を保つことが出来た。

### 3. 3 高速処理技術

各種診断装置は、デジタルマンモグラフィ装置の普及やCTのマルチスライス化等により画像容量が増加している。これらの画像を集中的に処理するためには、ネットワーク含めた画像処理を更に向上させる必要がある。

そこで、DRYPRO793では、1)高性能CPUを搭載したPCボードによりネットワークの高速化とソフト画像処理の高速化を図った。2)プリント画像を露光部へ転送する画像処理ボードは、FPGAの高速化を行い、大画像が入力された場合でも機器性能を最大限に発揮できるように見直した。

また、画素サイズ $25\mu\text{m}$ でも $43.75\mu\text{m}$ と同等の処理能力を実現し、大四フィルムにPCMマンモ画像を2枚出力する場合 (約260MBのデータ量) のファーストプリントは約80秒である。(Table 2)

Table 2 First print time

Pixel size	25 $\mu\text{m}$
Film size (mm)	354x279 mm
First print time	80 seconds

## 4 サイズ混合での現像温度均一化

ドライイメージャーでは大径のヒートローラー (以下、熱現ドラム) にフィルムを所定長さ巻きつけて搬送し、その間に加熱現像するシステムを採用している。

フィルムの幅方向サイズは従来の14インチのみに対し、10インチと8インチが加わり、幅方向3サイズの混合処理に対応する技術開発が必要となった。



#### 4. 1 従来技術と問題点

フィルムの面内濃度均一性の観点から、フィルム処理幅において熱現ドラム表面の温度分布を0.5℃以下にする必要がある。

従来は、熱現ドラムの内部にフィルムへの熱供給用（メインヒーター）、軸方向への放熱分補正用（サブヒーター2枚）の3枚のヒーターを張り付け個別に制御する事により、上記仕様を達成している。

従来のヒーター構成にてサイズ違いのフィルムを処理するとヒーター発熱とフィルム吸熱のバランスが崩れて、温度分布が大きくなる。従来のヒーター構成と8インチ幅フィルムを連続で処理した後の熱現ドラム表面温度分布をFig. 5に示す

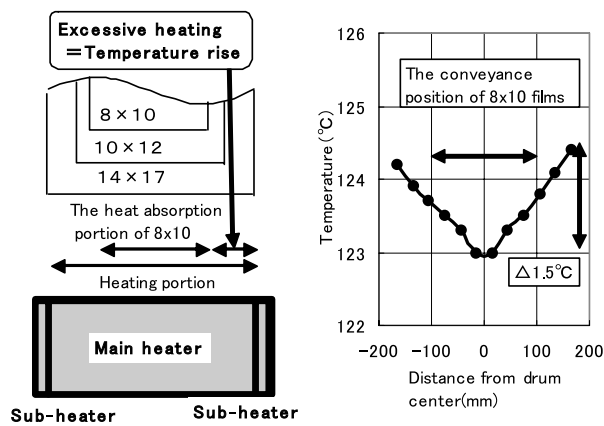


Fig.5 Heater configuration and temperature distribution across heat development drum

#### 4. 2 熱現ドラム内ヒーターの最適分割

ドラム表面温度均一化のため次の方針で検討を行った。

- 1) 熱現ドラム内ヒーターを分割し、処理するフィルムの幅にあたるヒーターのみ発熱させる。
- 2) 信頼性・コスト・スペースの観点からヒーター分割はメイン2つとサブ2つの4分割とする。

(8・10インチ部分と14インチ部分に分割)

従来の熱現ドラムに小サイズのフィルムを搬送させたときの温度分布のデータをベースに最適分割位置のシミュレーションを実施した。

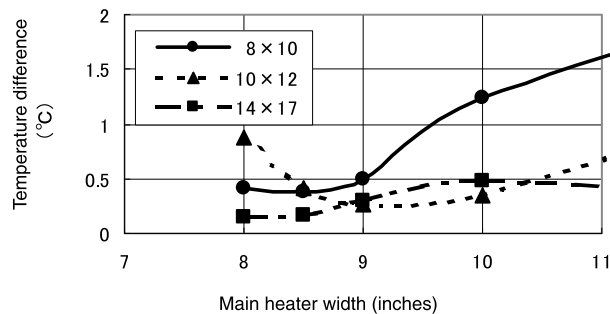


Fig.6 Temperature difference of heat development drum by heater division width

メインヒーターの分割位置を変えて各サイズのフィルムを連続処理した時の熱現ドラムの幅手方向の表面温度差をFig. 6に示す。

シミュレーション結果は、ヒーターを8.5インチ幅で分割すれば、どのサイズのフィルムを処理しても熱現ドラム表面の温度分布が0.5℃以下になる事を示している。

この結果に基づき、新規に作成した熱現ドラムの構成とフィルムを処理した時の熱現ドラム表面温度分布をFig. 7に示す。

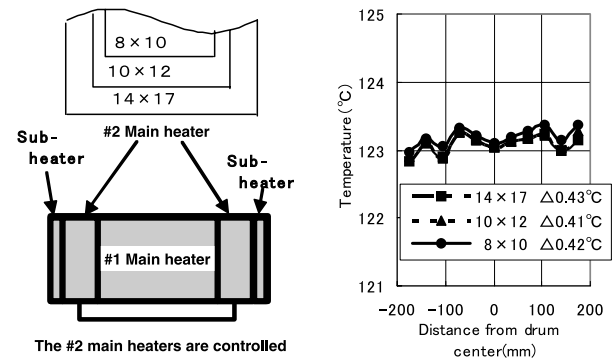


Fig.7 Heater configuration and temperature distribution across heat development drum with 8.5 inch wide main heater

シミュレーションの結果通り、どのサイズのフィルムを処理しても、熱現ドラム表面の温度分布0.5℃以下を達成した。この技術により、幅方向3サイズ混合処理が可能となった。

#### 5 まとめ

今回開発したDRYPRO793は、世界最高の解像力と現像温度均一化などによりPCMマンモシステムを支える高画質の追求と、コンパクト性を維持しながらの高機能化を実現しており、マンモイメージャーを中心にハイエンドからミドルレンジまで、より広範囲のお客様にご利用いただけるものと確信している。今後、DRYPRO793で開発された技術をさらに発展させて、環境に優しく、より操作性の高い商品へとつなげていきたい。

#### ●参考文献

- 1) 泉宮賢二、高木幸一、Konica Tech. Rep.,13,61 (2000)
- 2) Sarat K. Mohaptra, Walter F. Anderson, Gary S. Keyes, Thomas R. Lindquist, ViAnn E. Pearson, SPIE, 3658,269 (1999)
- 3) 下地雅也、田口あきら、角誠 Konica Tech. Rep.,16,133 (2003)