

小型デジタルミニラボ“ Frontier 330 ”の開発

中村 洋一* , 森本 美範* , 内田 光明* , 園田 文博* ,
田中 茂* , 高梨 照生* , 小木曾 孝* , 鈴木 賢治**

Development of Digital Minilab System “Frontier 330”

Yoichi NAKAMURA* , Yoshinori MORIMOTO* , Mitsuaki UCHIDA* ,
Fumihiko SONODA* , Shigeru TANAKA , Teruo TAKANASHI* ,
Takashi OGISO* , and Kenji SUZUKI**

Abstract

To achieve full digitalization of the minilab market, fully digital minilab Frontier 330 has been developed for small-size minilab stores that make up a considerable portion of the entire minilab market. The basic concepts of this system are digitalization (multi-function, high quality), enhanced compactness, and a reduced price in comparison to the previous type Frontiers. To realize them, a single construction design integrating the input and output units, a LED reading light source, an area-type CCD and a 135/APS dual-use carrier were incorporated for the compactness and the cost reduction in every section. Furthermore, auto scratches and dust removal, a new sharpness processing and other new functions were added while real-time image processing software was developed to support these functions. Thanks to them, Frontier 330 achieved the small installation space of 1.2 m² and a drastic cost reduction.

1. はじめに

デジカメをはじめ プリントソースの変化に対応して、ミニラボのデジタル化が急務となっている。当社は、他社に先駆けて、Frontier(以降、FRと記載)350/370を市場に投入し、デジタル化に先鞭をつけた。しかし、市場のデジタル化を実現するためには、マーケット規模の大きい小型フルデジタルミニラボの市場投入が必要である。FR330はこのような背景のもと、FR350/370の基本技術を引き継ぎながら、種々の革新的な新しい技術を搭載した次世代の小型フルデジタルミニラボである。

2. Frontier330の基本コンセプトと主な仕様

ミニラボのマーケットはその採算性により、受付け数量(処理量)と導入機種間にはっきりとした相関が見られる。Fig. 1は、国内における処理量と、店舗+使用機種の数分布を示している。クラス別領域は相互にオーバーラップしているが、グラフが示すように、L 40



Photo 1 Frontier 330.

本以上、M 40 ~ 120、S 20 ~ 70の使い分けが行われている。FR330はこのSクラスのマーケットを主眼におき、そのデジタル化を普及すべく企画・開発されたものである(Photo 1)。

本誌投稿論文(受理2002年10月31日)

* 富士写真フイルム(株)宮台技術開発センター
〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798

* Miyanodai Technology Development Center
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun,
Kanagawa 258-8538, Japan

** 富士写真フイルム(株)機器生産部
〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798

** Equipment Production Division
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun,
Kanagawa 258-8538, Japan

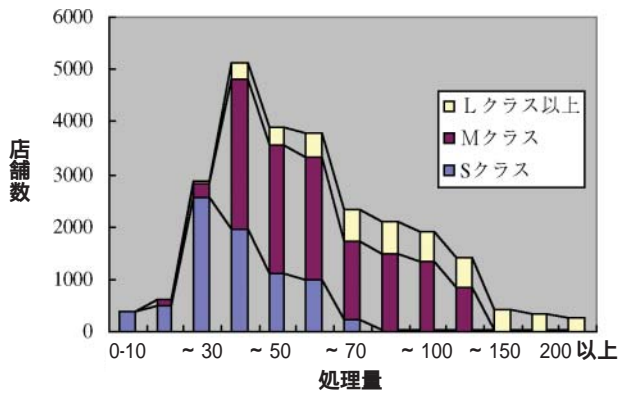


Fig. 1 Distribution of the film processing volume in minilab stores classified in three classes.

2.1 FR330の基本コンセプト

デジタル化に加え、Sクラスマーケットを対象とすることから、このマーケットに要求される安価コンパクト性を考慮し、FR330の基本コンセプトを以下のように設定した。

- ‘デジタル’ = 多機能，高画質
- ‘コンパクト’ = 少ない作業スペース
- ‘安価’ = 少量処理でも採算が取れる

(1) デジタル

ミニラボ店は、プリントサービスが商売の中心になっており、デジタル化による顧客の多様なニーズに応えられる多機能性、および差別化としての高画質が求められている。多機能および高画質の具体例を以下に示す。

<多機能>

- ① デジカメプリント
- ② プリント to プリント
- ③ 各種画像合成プリント
- ④ ラージインデックス
- ⑤ ネットワーク利用サービス

<高品質>

- ① デジタル画像処理によるプリント画像の特徴だし
- ② ハイレベルハイパー ACCS機能による高画質プリント
- ③ 個々の顧客ニーズに応じたプリント仕上げ

(2) 小型化

店舗面積が十分に取れない、取れても店舗スペースを有効に使いたいという強いニーズは、国の内外を問わず存在する。また、先行機であるロッキーSとの買い替えが想定されることから、ロッキーSにかなり近い小型化が要求される。

(3) 安価

少量処理のマーケットを対象とするため、採算を確保するための機器価格低減の要求は他のクラスより強い。一方、デジタル化による機能向上に伴う製品原価の上昇も避けられず、製品コストの低減はこのクラスでは特に重要である。

2.2 基本仕様

Table 1にFR330の基本仕様をまとめた。入出力を一体とし、コンパクト性、および低コスト化に重点を置く

とともに、これらを実現するため多くの新規技術開発を行った。

Table 1 Main Specification of Frontier 330.

項目	内容
プリント方式	フルデジタル(入力: エリア CCD, 出力: LD/SHG 走査露光)
構成	入出力一体型
画像処理	ハイパー ACCS, 完全自動傷 / ごみ消去機能搭載
拡張性	内蔵PCまたは+外部PCにてF-DIに接続可
ネガキャリア	135/APS兼用キャリア
実作業処理能力	127mm幅Lサイズ 約650枚/時
デジカメ処理能力	DIコントローラ使用: 127mm幅Lサイズ 約620枚/時 DIコントローラ非使用: 同上 530枚/時
処理時間 (Dry to dry)	約3分40秒
ケミカル供給方法	シンプルレット方式
使用ケミカル	CP48S
使用ペーパー	CLP01
最大プリントサイズ	8 × 12 (W六ツ), A4
フィルムサイズ/種	110, 135F&H, APS, 120, 220 / ネガ, RV
床投影面積	1.2m ²

3. 構成

基本構成をFig. 2に示す。ペーパー搬送、プロセッサ部の構成はFR350/370に似ているが、コンパクト化/低コスト化を図るため、ネガ撮像光源に新たにLED方式を採用することで、従来のハロゲンでは避けられない発熱の問題を解決し、かつ、コンパクト化を実現することでプリンター部に入力部をのせる構成を実現することができた。

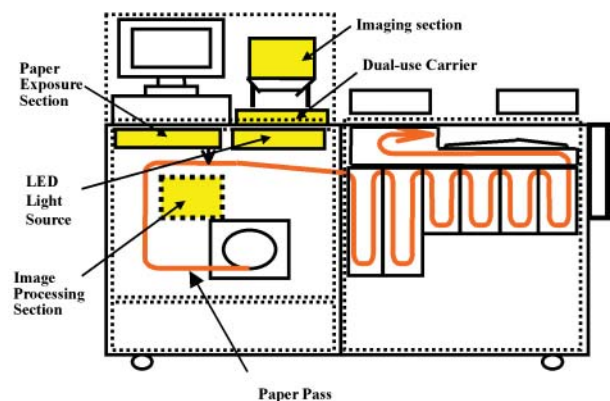


Fig. 2 Schematic configuration of Frontier 330.

4. 基本コンセプトを支える新規技術

FR330は、FR350/370の延長ではなし得ない低コスト化とコンパクト化が要求されるため、数多くの新しい技術の開発が行われた。

- ① LED光源
- ② 自動ネガ傷 / ごみ消去機能
- ③ 新ハイパーシャープネス
- ④ 135/APS兼用キャリア
- ⑤ 画像処理のDSP化(ソフト化)
- ⑥ 当社独自エリア型ハニカムCCDを使用したネガ撮像方式

- ⑦ トップレジ方式による高精度搬送技術
- ⑧ 新タイプB-SHG
- ⑨ デジタル画像入出力(DIコントローラ)の内蔵化

4.1 入力部/画像処理部

Fig. 3にFR330の入力部の構成を示す。FR330のフィルムスキャナー部は、フロンティアシリーズでは初めてエリアCCDを採用した。エリアセンサーはラインセンサーと比較すると、光の利用効率が高くフィルム搬送機構がシンプルになるため、装置の小型化実現に大きく寄与する。Fig. 4に信号の流れを示す。CCDで光電変換された画像データは、12biでデジタル化された後、相関二重サンプリング(CDS)など、種々の補正処理が行われる。これらは、すべて専用ASICでデジタル処理することで、処理速度の確保と高い安定性を確保している。補正後の画像データには、画像処理部でセットアップを含む各種の像構造や色変換の処理が施される。この部分は従来、専用ASICを用いていたが、今回はDSPを採用することにより、ごみ傷消し処理、レンズ収差補正などの複雑なアルゴリズムに対しても柔軟に対応することが可能となった。また、画像処理部のバージョンアップや機能拡張も容易に可能になった。

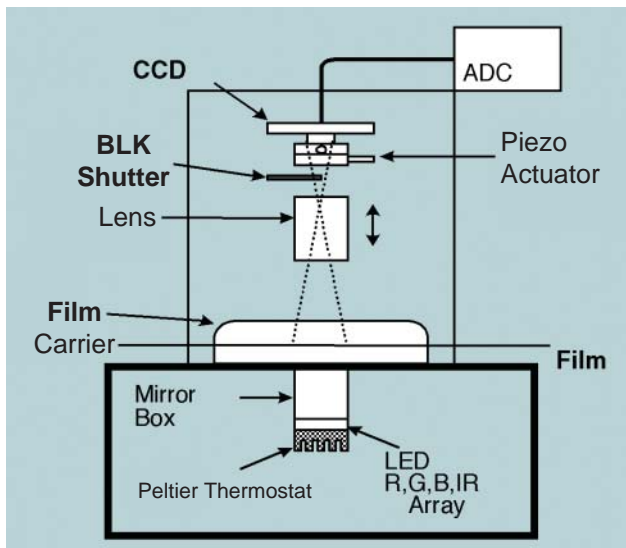


Fig. 3 Schematic configuration of the FR330 film scanner section.

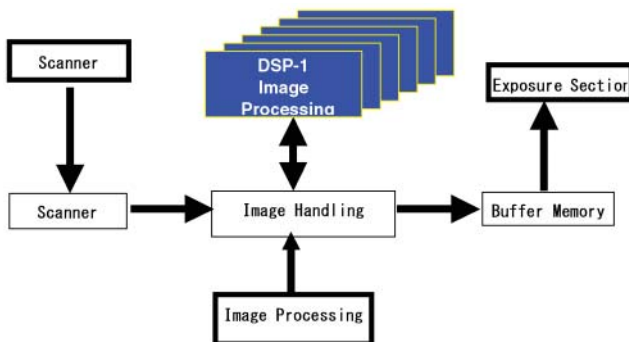


Fig. 4 Signal flow in the FR330 film scanner section.

4.1.1 ハニカムエリアCCDによる撮像技術

Fig. 5にFR330のCCDを示す。このCCDは、FR330専用に開発したものである。有効画素数320万画素で、画素を千鳥状に配置したハニカム構造を採用している。ハニカムCCDは当社独自の構造で、高い解像度が得られることからデジタルスチルカメラでも好評を得ているが、開口形状が円に近く、また、受光部の面積を大きくすることができるため、MTFの等方性が高く、高感度で広いダイナミックレンジを確保できるなど、フィルムスキャナー用途としても優れた特性を持つ。また、大伸ばしプリントの作成に必要な画素数を確保するために、FR330ではピエゾを利用した高精度な画素ズラシ機構を2軸備えている。この機構により、各色について最大4面の約1200万画素相当で撮像することが可能である。

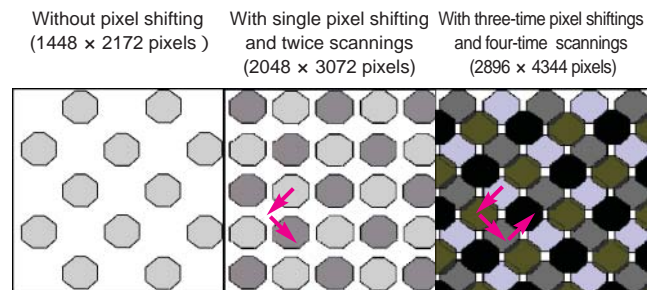
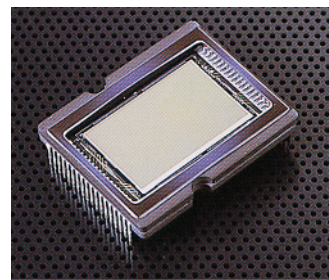


Fig. 5 CCD (Super CCD Array) and Pixel Shifting.

4.1.2 撮像光源のLED化

FR330から、フィルムスキャナー用光源として新規にLEDを採用した。Fig. 6にLED光源を示す。LEDは熱伝導性の良いセラミック基板に実装されているため安定性が良く、フィルムスキャナーとして優れた特性を持つと同時に、反射率も高いため光の利用効率が高く、光量の確保に有効である。LEDはハロゲンに対し消費電力が小さい、ユーザーメンテフリーである、スペースが小さい、ネガ冷却が不要などの優れた特性を持つ。特に、消費電力は1W程度と、ハロゲンの1/100以下であり、さらにスキャン時のみ点灯するので機械の消費電力低減に大きく貢献する。フィルムスキャナー用光源としてLEDを使用することの課題は、光量確保と光量波長変動を抑えることである。光量は、4.1.1に示すハニカムエリアCCDを使用することで解決することができた。変動は、セラミック基板の使用とペルチェによる温調により抑えることが可能となった(Fig. 7)。



Fig. 6 Newly developed LED light source for film scanner.

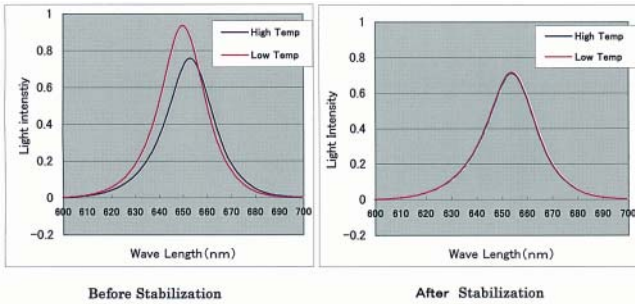


Fig. 7 Stability of the light source.

4.1.3 135/APS 兼用キャリア

従来、オートフィルムキャリアは135フィルム用、APSフィルム用で別ユニットとなっており、処理するフィルムに合わせてキャリアを交換する必要があった。このキャリア交換作業は、キャリアが重いことや、非使用時の置き場の必要性から改善の要求が強かった。FR330では、この要求に応え、1台で135フィルムとAPSフィルムの両方を処理できるキャリアを開発した。FR330の兼用キャリアの外観をFig. 8に示す。

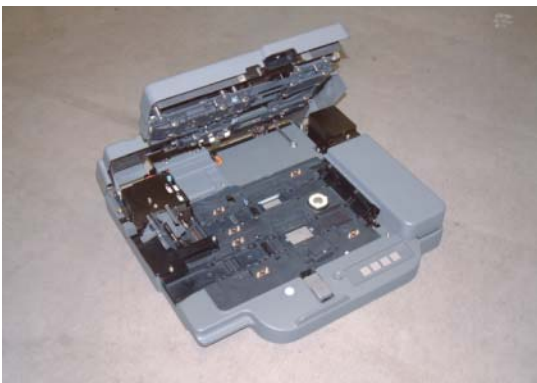


Fig. 8 Dual-Use film carrier.

135/APS兼用化の方式は、搬送路幅を可変させる方式や搬送路の一部を切り替える方式なども考えられたが、信頼性、操作性の面からそれぞれのフィルムに合わせた2つの搬送路を配備し、フィルムキャリア全体を平行移動させる方式を採用した。この方式のキャリアでは2つの搬送路を持つため、これに伴う装置の大型化や信頼性、メンテナンス性の劣化といった懸念が考えられたが、以

下の技術的課題の達成により満足のものとなった。

- (1) フィルム巻き取り機構の小型化
ニップローラの配置と巻き取り速度の最適化により、従来機に対し大幅な小型化ができ、巻き取り部全体をキャリア内に完全収納させることができた。
- (2) ネガプレス機能の共用化(1ソレノイド化)
搬送路が2つあるため、ネガマスクも当然2つ存在するが、一つのソレノイドで2つのネガプレスを兼用する機構を開発した。
- (3) フィルム情報読み取りの簡素化
信頼性を向上させるため、従来のバーコード読み取り専用部を廃止し、撮像 CCD で読み取る方式を採用した。
- (4) 本体インターフェースの強化
本体 - キャリア間のコネクタ信頼性を確保するため、プラグインコネクタのピン数を増やし、通信線はすべて1信号あたり2ピン配置した。

4.1.4 ソフトによるリアルタイム画像処理

Fig. 9に画像処理部の構成を示す。柔軟性・拡張性向上のためには画像処理をソフトウェア処理することが望ましい。しかし、ラボ機器においては生産性の確保は必須であり、単純なCPU構成では実現することができない。近年、電子デバイス分野の進歩により演算機能を強化したDSP(Digital Signal Processor)が入手できるようになってきたが、われわれの要求する演算能力には至っていない。

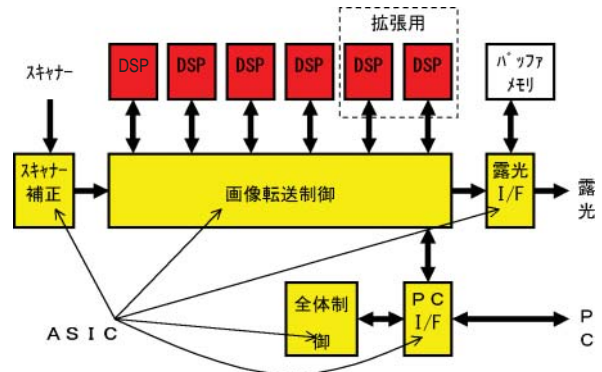


Fig. 9 Block diagram of the image processing flow.

そこで、FR330では画像処理部分にこのDSPを複数搭載して並列動作させることにより、高い柔軟性・拡張性と高い生産性を両立させた。一方、スキャナーや露光エンジンとの境界部分や画像転送制御部分は、画像処理より高いリアルタイム性が必要であり、DSPで実現すると大規模になってしまう。しかし、これらの部分は画像処理アルゴリズムに依存しないため、柔軟性・拡張性の要求は少ない。そこで、これらの部分は専用ASICで実現した。

4.1.5 自動傷/ごみ消し技術

デジタルミニラボフロンティアの登場で、写真プリンターにおいて、デジタル画像処理技術によるさまざまな高画質化・画像修復・画像加工などが可能となったが、

特にごみ傷消し機能への要望が高かった。それは、本機能によって合格率が向上し、ラボの生産性向上が期待できるからである。本機能をFR330に搭載する上でポイントとなったのは以下である。

- ① 完全自動であること
- ② 画質が安定であること
- ③ 市場要望の高いごみ消し性能に優れていること
- ④ プリント処理能力を損なわないこと。

これらを実現するために、ごみ/傷を精度良く自動抽出する技術と、画像修復する技術を開発した。また、処理時間を短縮するための技術開発も重要である (Fig. 10)。

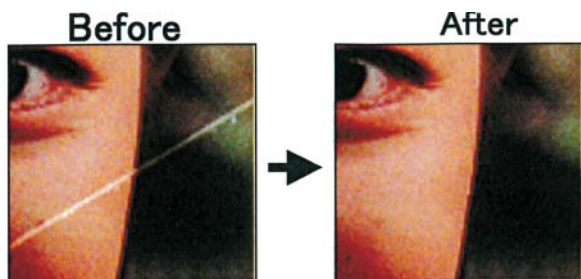


Fig. 10 Automatic scratch-and dust-removing functions.

4.1.6 画質向上技術

基本的な画像処理構成は従来のフロンティアシリーズと同様であるが、フロンティアのシャープネス処理技術であるハイパーシャープネスが変更されている。これまでフロンティアシリーズでは、銀塩フィルム特有の粒状感を抑えつつ、好ましいシャープネス感を得るために周波数処理やモルフォロジ処理などの複雑な処理を専用ハードウェアで行ってきた。FR330では、画像処理がハードウェア処理からDSP処理に変更されたが、DSPでは内部メモリなどに制限があり、これらのシャープネス処理をそのまま実装することは困難であった。また、市場からはより高い粒状抑制効果や、より自然なシャープネスを求める声があり、これらにも改良要望に対応する必要があった。

このため、FR330ではエッジの検出において粒状やノイズの影響に強く、その検出精度を高めた独自のシャープネス処理を新規に開発し、DSPに実装した。開発したシャープネス処理は、アーティファクトなどを含めたトータル画質において従来方式に対し同等以上の性能を、また、処理速度においても目標を達成することができた (Fig. 11) なお、画像処理パラメータに関しては各所で最適化が図られているが、特に、FR330で光源がLED化されて分光感度が変化したため、色再現テーブルを中心としたパラメータの最適化が必要であった。



Fig. 11 Improved image sharpening processing.

4.2 プリンター部

4.2.1 レーザー露光ユニット

FR330に搭載しているレーザー露光ユニットは、従来機 (FR350/370/390) に比較して大幅にコストダウンを行うため、二つの新規技術 1) R半導体レーザー直接強度変調, 2) B導波路型SHGレーザーを導入した。

1) R半導体レーザー直接強度変調

従来機では、RGBの3つの光源をすべて一定光量で発光させ、その後にAOMで外部強度変調を行っていた。AOMは非常に高価なものであり、1色でも削減することで大きなコストダウンになる。FR330では、R光源に高出力タイプの半導体レーザーを使い、高速な直接強度変調を実現して、AOMを不要にし、大幅なコストダウンを行った。Fig. 12に直接強度変調の方式を示す。高速のアナログフィードバック回路を構成して直接強度変調を行っている。

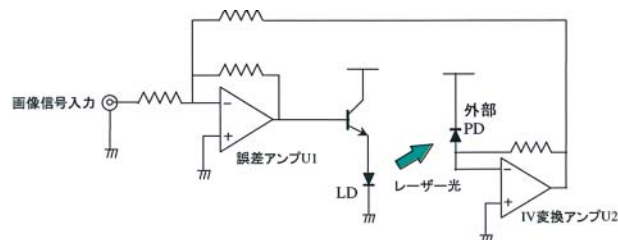


Fig. 12 Direct intensity modulation method.

2) B導波路型SHGレーザー

FR330に搭載しているBレーザーは、大幅なコストダウンを図った新開発タイプである。従来機に搭載されているB、G共振器型SHGレーザーに対し、本機では新技術であるB導波路型SHGレーザーを採用している。本レーザーでは、Fig. 13に示すように、新たな導波路型波長変換デバイスを採用し、これとLDとの直接結合光学系を導入することにより、低コストで出力高安定なBレーザーを実現している。低コスト化のポイントは、共振器型から導波路型とすることによる高精度・高価格な光学部品の削減、パッケージの小型化、メカ部品のモールド化などである。

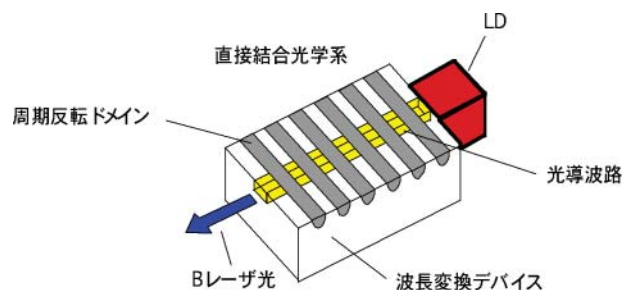


Fig. 13 Structure of the newly developed wave guided SHG.

4.2.2 トップレジ方式によるCLP精密搬送技術

FR330では、カラーペーパー(以降、CLPと記載)先切りシート搬送方式を採用しているため、画像を正規の位

置に正確に露光させるために、マガジンから露光開始位置までのペーパー搬送精度を、より向上かつ安定させることが必要となる。また、露光中にペーパーの姿勢を修正することで生じる、ペーパーの微振動による画像ムラ(副走査ムラ)を回避する必要があった。そこで今回は、カットしたCLPの先端エッジをローラにより傾きをそろえる技術を導入した。この方式は、レジローラと呼ばれるペーパー先端を揃えるローラと、プレレジローラと呼ばれるペーパーをレジローラに押し付け、ペーパーにループを形成する役目のローラを備え、上流からペーパーを押し込むことで傾きを補正する技術である。ミニラボへの適用においては、停止しているローラへペーパーを突き当てることによるペーパー先端のダメージの回避と、CLPの剛性によってループを形成するだけでは十分にペーパーの先端がそろわないレジスト不良が課題となる。

ペーパー先端のダメージ回避については、レジニップローラ材質を摺動性の高いPOMで構成するとともに、レジ駆動ローラ直前に設けたガイド板位置の最適化により解決した。また、レジスト不良においては、レジローラをループ形成後に、一瞬逆転させペーパーの剛性を開放することでローラのニップ点にペーパー先端を誘い込み、シューブリームペーパーなどの腰が強いCLPでも確実に補正することが可能になった。

トップレジによる幅方向のセンターズレは、レジローラの下流側にペーパーの通過位置を検出するためのサイドエッジ検出センサを配備し、ペーパーごとに基準位置に対するペーパーのズレ量を検出し、主走査方向の露光開始位置を制御することで補正している(Fig. 14)。

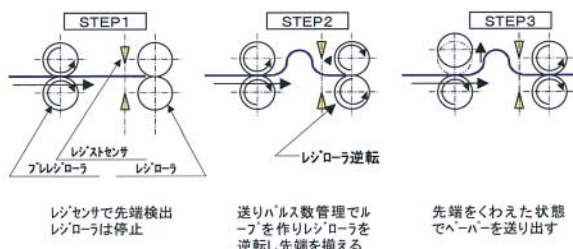


Fig. 14 Schematic diagram of the leading edge registration method.

4.3 プロセッサ部

FR350/370にて好評だったシンプルイト補充システムを搭載した。装填部分のレイアウトに工夫を凝らし、作業性を犠牲にせず設置面積1.2m²を達成した。

4.4 ハードウェア技術

電気部分の基本的な構成は、FR350/370を基本に検討を進めた。コスト低減のため、入出力を一体化することで冗長な機能の統合・削除を行った。設計では、最適なシステム設計と他機種で実績のあるコントローラを使用することでCPUの数を削減し、対従来機で10個6個に減らした。これによりCPU間の通信量を減らし、通信不良も改善することができた。また、基板に使用す

る部品は、QCDのバランスの取れた標準部品を採用することでデバイス起因によるトラブルの混入を防いだ。メカ制御基板系で50～70%の標準化率を達成した。整備性を改善するために、自己診断機能(電源確認機能、コネクタ抜け確認機能)を充実した。また、PCなどの購入品の採用時も、目標品質を明確化し、品質確保を最優先した。さらに、従来、対応に苦慮することが多いEMCも、設計時に徹底した検討を行うことで、スムーズな開発を実現でき、従来機種に比べ、その対策費用を千円単位で減らすことができた。

評価は、従来機で培った評価技術に加え、新たに設計限界を確認する評価手法を導入し、一層の信頼性の確保を目指した。現在、量産開始1年の状態で、電気部分の市場故障は従来機種と比較し半分程度を推移しており、今までにない品質を確保している。

4.5 ソフトウェア技術

FR330は多機能・小型化を徹底的に追求した“オールインワン”ミニラボである。以下に、注目すべき2つの機能を紹介する。

(1) デジタル画像入出力

従来、別置きPC(DIコントローラ)で実現しているデジタル画像入出力を、FR330では本体システムで実現した。これにより、DIコントローラなしでデジタル画像の入出力が可能となった。この際、開発工数を最小限に抑えるため、既存のアプリケーションをほぼそのまま流用することに努め、以下の仕組みを導入してアプリケーションの独立性を確保し、快適な操作性を実現した。

- ① アプリケーション切り替え機能
- ② アプリケーション間通信・報知機能
- ③ ハードウェア資源共有/協調制御

(2) 自己診断

昨今のミニラボシステムは、デジタルイメージングによる高付加価値サービスの発展に伴い、非常に複雑になっている。このため、異常・故障が発生した場合、サービスマンはさまざまな知見や解析治具を使用して問題解決に当たっていた。しかしながら、FR330では高度な専門性や解析治具を必要とせずに対応できるよう、本体システムに以下の自己診断機能を搭載した。

- ① 画像異常診断チュートリアル
- ② オートフィルムキャリア診断機能(フィルム検出器、フィルム停止精度、バーコード読み取り、画面検出、磁気情報読み取り)
- ③ 撮像部診断機能
- ④ 画像処理基板診断機能
- ⑤ ペーパー搬送診断機能

これらは、ソフトウェア構造上はユニット評価ツールや製造支援治具の流用、およびメンテナンス機能のチューニングにより実現しており、上述のアプリケーションの独立性を保つ仕組みに搭載した。また、システム開発上はユニット構造や不良現象の解析データの分析結果に基づく、ノウハウの体系化によって実現した。

本診断機能の搭載により、以下の効果があった。

① 開発フェーズにおける保守性・生産性の向上
解析に必要な情報を外部に取り出す統一的なインターフェースを追加したことにより、各プロセス/タスクの構造を単純化し、内部の見通しがよくなった。また、専用治具を用いずに解析できるため、ユニット開発担当者の負荷を軽減できた。

② 製造/市場展開フェーズにおける解析性・生産性の向上
作業員やオペレータが簡便な操作によって解析をすることにより、迅速かつタイムリーな故障・異常対応を可能とした。これにより、製造工程生産性向上と市場故障率低減に貢献した。

上記の効果により、当初の計画どおりに開発することができた。

5. まとめ

ミニラボ市場の本格的なデジタル化を推進すべく、多機能、小型、安価なフルデジタルミニラボの商品化を実現した。コスト低減、小型化を図るため、多くの新規技

術を投入したのに加え、リアルタイム自動傷/ごみ消し機能などの今までにない新たな機能も実現することができた。今後、拡大が予想される、デジカメなどのデジタルソースからのプリントやネット環境下でのサービスが、多くのミニラボ店で高品質に提供できる環境の構築に貢献できると確信する。

参考文献

- 1) 山本尚, 佐藤弘幸, 松本伸雄, 鈴木賢治. ミニラボチャンピオンロッキーSの開発. 富士フィルム研究報告. No.41, 59 (1996).
- 2) 小澤良夫他. デジタルミニラボ Frontier350/370 の開発. 富士フィルム研究報告. No.45, 35 (2000).
- 3) 山本尚他. デジタルミニラボ Frontier390 の開発. 富士フィルム研究報告. No.47, 24 (2002).

(本報告中にある“チャンピオン”, “ロッキー”は富士写真フィルム(株)の商標です。)