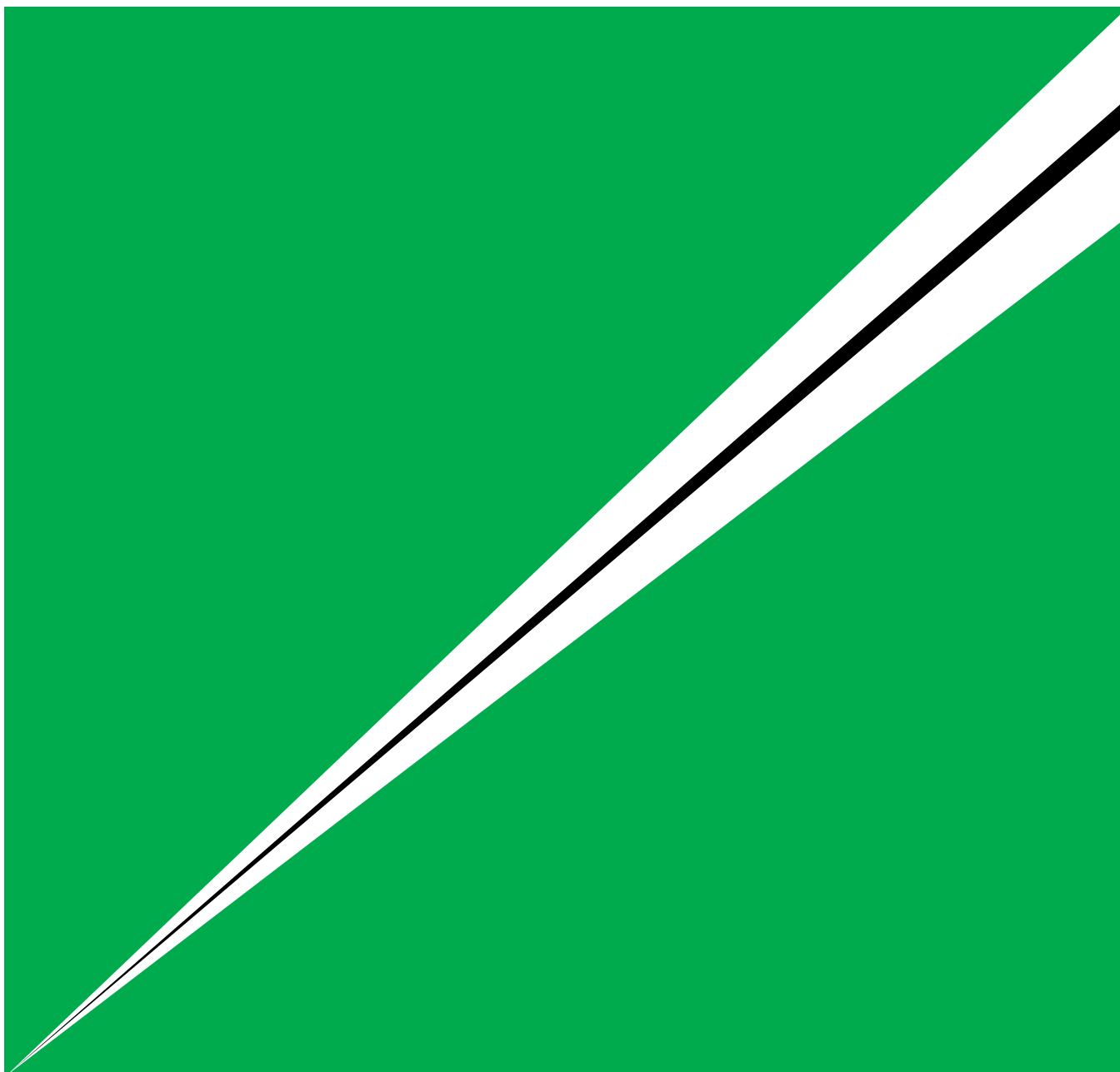


FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT

No.48-2003

富士フイルム研究報告



刊行の趣旨

この冊子には富士写真フイルム株式会社の各研究所および各工場で行なった研究・開発の成果を掲載する。写真化学，写真工学，電子映像工学，磁気記録をはじめとする映像技術に関する報文や総説，さらに写真を研究手段として成果を得た研究の報告も掲載する。本誌に投稿された書き下ろし論文は英文抄録を付して掲載し，既発表の論文は原報をそのまま転載する。巻末には，2002年11月までにJOISのJICSTファイルに採録された印刷発表論文リストを記す。

編集にあたっては，内容を読者に正確に伝達することを第一とする。このため，内容に関係のない用字や記載法などで完全には統一されていない点があるかもしれないが，その点はご了解願いたい。

PURPOSE OF PUBLICATION

This publication incorporates the results of research and development carried on in the laboratories and manufacturing plants of the Fuji Photo Film Co., Ltd. It also includes papers and reviews related to photographic chemistry, photographic engineering, electronic imaging engineering, magnetic recording engineering, and other imaging technologies; including recent progress reports pertaining to ancillary subjects. Also published are briefs related to studies in photography, information on significant tools used in photography, and important development results of interest to photography and to associated fields. Original papers submitted to this journal are published in the Japanese language with an opening English language abstract, and papers which have already been printed in other scientific journals are reproduced from said journals in unmodified form. After the main texts listed are printed papers which have been found in the JOIS-JICST file until November, 2002.

Editorial policy intends that content be accurately provided to the reader. Indulgence is begged for character usage and entry methodologies in materials not directly related to the subject at hand which may result in some lack of unity in expression.

© Fuji Photo Film Co., Ltd. 2003
Published by Ashigara Research Laboratories,
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara, Kanagawa 250-0193 Japan

富士フィルム研究報告

第 48 号

目 次

原 著

ピールアパートカラーインスタントフィルム新 FP100C の開発	原 健史, 朝倉徹也, 竹内和彦	1
プリンピックスペーパーの画像保存性	酒井栄一, 田畑文也, 佐野正次郎	5
新概念の APS カメラ「nexia Q1」の開発	那珂洋二, 長 倫生, 小松崎博, 佐藤 純	9
小型デジタルミニラボ“ Frontier330 ”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	15
反転ドメイン波長変換技術の開発とその応用.....	原田明憲, 二瓶靖和, 岡崎洋二, 神山宏二	22
デジタルカメラ新規格 Exif Version 2.2	渡辺幹夫, 椿 尚宜	28
携帯電話画像 ASP “KeitaiPicture” を支えるデジタルイメージング技術	宮本隆司, 浅井有人, 野中俊一郎, 沢野哲也, 羽田典久, 乾谷正史	31
DRYPIX 7000/DI-HL ドライイメージングシステムの開発	名波昌治, 岡田宏一, 佐藤友彦, 小島徹也, 山根勝敏, 吉岡康弘, 大関智之, 山田耕三郎	39
フジコンピューテッドラジオグラフィ“ FCR PICO System ”の開発	山田貞美, 鈴木英幹, 青沼正志, 名波昌治	47
大サイズ高生産性 DDCP システム「Luxel SPEEDPROOF-9000」の開発	岡崎賢太郎, 横川拓哉, 柴山 繁, 米山博之, 野村秀昭, 清水 治, 珠川清巳	55
フォトポリマータイプ新聞用 CTP システムの開発	立川博道	61
低解像度高線数網点 (Co-Re SCREENING) の開発	井上義章	65
記録密度 Gbit/in ² クラスの塗布型磁気媒体 - NANOCUBIC 技術 -	齊藤真二, 野口 仁, 遠藤 靖, 江尻清美, 萬代俊博, 杉崎 力	71
極薄層塗布型デジタル磁気記録メディアの生産技術開発	柴田徳夫, 高橋伸輔, 都丸美喜男, 鈴木章弘, 佐藤恒彦	76
オペラ実験に使用するニュートリノ検出用原子核感材の開発	桑原謙一, 西山伸吾	82
ドライケミストリーによる小麦 -アミラーゼ活性測定法の開発	川崎和也, 寺島 薫	87

転 載

八面体臭化銀粒子上に形成された硫黄増感中心の観察とキャラクターゼーション	御船博幸, 水野雅文, 外山喜章, 塩沢猛公, 奥田 潤	92
30fps VGA 相当動画読み出し対応 330 万画素 CCD イメージセンサとその応用	三沢岳志, 久保直基, 乾谷正史, 池田勝己*, 藤沢 薫*, 山田哲生*	100
脂肪酸銀を用いた熱現象感材の反応機構	前川敏彦, 吉兼光雄, 藤村秀俊, 戸谷市三	106
胸部 CR 画像を用いた新しい経時サブトラクション技術の臨床有効性について	大沢 哲, 田中 弘, 中川恵一*, 大友 邦*	114
メタル磁性体を用いた磁気記録媒体の保存安定性; 潤滑剤とバインダーの 加水分解に対する化学解析と反応速度論的考察	花井和子, 角石 裕	126
ディスコティック液晶の配向制御と固定化.....	河田 憲	131

印刷発表リスト.....	153
--------------	-----

FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT

No. 48 CONTENTS

Originals

Development of New Peel-apart Color Instant Film FP100CTakefumi HARA, Tetsuya ASAKURA, and Kazuhiko TAKEUCHI.....	1
Image Stability of Printpix PaperEiichi SAKAI, Fumiya TABATA, and Shoujiro SANO.....	5
Development of New Concept APS Camera “ nexia Q1 ”Youji NAKA, Michio CHO, Hiroshi KOMATSUZAKI, and Jun SATO.....	9
Development of Digital Minilab System “Frontier 330”Yoichi NAKAMURA, Yoshinori MORIMOTO, Mitsuaki UCHIDA, Fumihiro SONODA, Shigeru TANAKA, Teruo TAKANASHI, Takashi OGISO, and Kenji SUZUKI.....	15
Development of Periodically Poled Wavelength Converter and the ApplicationAkinori HARADA, Yasukazu NIHEI, Yoji OKAZAKI, and Koji KAMIYAMA.....	22
A New Standard for Digital Still Cameras “Exif Version 2.2”.....Mikio WATANABE and Hisayoshi TSUBAKI.....	28
Digital Imaging Technology for Mobile Phones and its Application Service: “KeitaiPicture”Takashi MIYAMOTO, Arito ASAI, Shun-ichiro NONAKA, Tetsuya SAWANO, Norihisa HANEDA, and Masafumi INUIYA	31
DRYPIX 7000/DI-HL Dry Imaging SystemShoji NANAMI, Kouichi OKADA, Tomohiko SATOH, Tetuya KOJIMA, Katutoshi YAMANE, Yasuhiro YOSHIOKA, Tomoyuki OHZEKI, and Kohzaburoh YAMADA.....	39
Development of Fuji Computed Radiography “FCR PICO System”Sadami YAMADA, Hideki SUZUKI, Masashi AONUMA, and Shoji NANAMI.....	47
Development of New DDCP System “Luxel SPEEDPROOF-9000”Kentarou OKAZAKI, Takuya YOKOKAWA, Shigeru SHIBAYAMA, Hiroyuki YONEYAMA, Hideaki NOMURA, Osamu SHIMIZU, and Kiyomi TAMAGAWA.....	55
Development of High-Speed Photopolymer CTP System for NewspaperHiromichi TACHIKAWA.....	61
Development of Co-Re SCREENING That Enables the Output of High Screen Rulings at Low Output ResolutionsYoshiaki INOUE.....	65
Particulate Magnetic Media with Gbit/in ² -Class Recording Density -NANOCUBIC Technology-Shinji SAITO, Hitoshi NOGUCHI, Yasushi ENDO, Kiyomi EJIRI, Toshihiro MANDAI, and Tsutomu SUGIZAKI.....	71
Production Technology Development for Digital Magnetic Recording Media with Ultra Thin Coated LayersNorio SHIBATA, Shinsuke TAKAHASHI, Mikio TOMARU, Akihiro SUZUKI, and Tsunehiko SATO.....	76
Development of New Nuclear Emulsion Film for the OPERA ExperimentsKen-ichi KUWABARA, and Shingo NISHIYAMA.....	82
Development of FUJI DRI-CHEM -AMY Slide for the Determination of -Amylase Activity in Wheat GrainsKazuya KAWASAKI and Kaoru TERASHIMA.....	87

Reprints

Observation and Characterization of Sulfur Sensitization Centers Formed on Octahedral Silver Bromide GrainsHiroyuki MIFUME, Masafumi MIZUNO, Yoshiaki TOYAMA, Takekimi SHIOZAWA, and Jun OKUDA.....	92
Development of the 3,300,000 pixels CCD image sensor with 30fps VGA movie read-out functionTakeshi MISAWA, Naoki KUBO, Masafumi INUIYA, Katsumi IKEDA*, Kaoru FUJISAWA*, and Tetsuo YAMADA*.....	100
Reaction Mechanisms in Thermally Developed Photographic Systems Based on Silver CarboxylateToshihiko MAEKAWA, Mitsuo YOSHIKANE, Hidetoshi FUJIMURA, and Ichizo TOYA.....	106
Clinical Effectiveness of Improved Temporal Subtraction for Digital Chest RadiographsKeiichi NAKAGAWA*, Akira OOSAWA, Hiroshi TANAKA, and Kuni OHTOMO*.....	114
The storage stability of metal particle media : Chemical analysis and kinetics of lubricant and binder hydrolysisKazuko HANAI, and Yutaka KAKUISHI.....	126
Orientation Control and Fixation of Discotic Liquid Crystal Ken KAWATA.....	131

Published Papers List	153
------------------------------------	-----

* Co-researcher outside Fuji Photo Film Co., Ltd.

ピールアパートカラーインスタントフィルム 新FP100Cの開発

原 健史*, 朝倉 徹也*, 竹内 和彦*

Development of New Peel-apart Color Instant Film FP100C

Takefumi HARA*, Tetsuya ASAKURA*, and Kazuhiko TAKEUCHI*

Abstract

In August 2002, Fuji Photo Film Co., Ltd. released a new peel-apart color instant film FP100C. This film improved the long-exposure-suitability, processing temperature tolerance and the light-keeping stability of the image. These improvements were attained by incorporating a new direct-positive sigma crystal technology, a new development process accelerating technology and a newly formed clear protect layer respectively.

This paper reports prominent features of FP100C and related technological developments.

1. はじめに

ピールアパートタイプのインスタントフィルムは、撮影したその場で高画質の写真が得られるという特長から、証明写真や光学顕微鏡写真撮影、コマースシャルフォト分野などで広く使用されている。

富士写真フィルム(株)が2002年8月に発売した新タイプのピールアパートカラーインスタントフィルム「FP100C」は、従来の高画質に加え、長時間露光適性をはじめ、使用温度領域や耐光性などの性能が一段とレベルアップした。本報告では、その性能向上とそれを実現した技術内容について解説する。

2. ピールアパートカラーインスタントフィルムの画像形成の仕組み

2.1 フィルムユニットの構成

Fig. 1にピールアパートカラーインスタントフィルムの構成を示す。ピールアパートカラーインスタントフィルムは大きく分けて、感光シート、受像紙、およびその間に展開される処理液の3構成要素からなる。感光シートには青、緑、赤のそれぞれに感光する感光性層と、それぞれに付带的に隣接して設置されているイエロー、マゼンタ、シアン色素を放出する色素放出剤含有層および中間層から構成される。ポジティブワークな画像を得



Photo 1

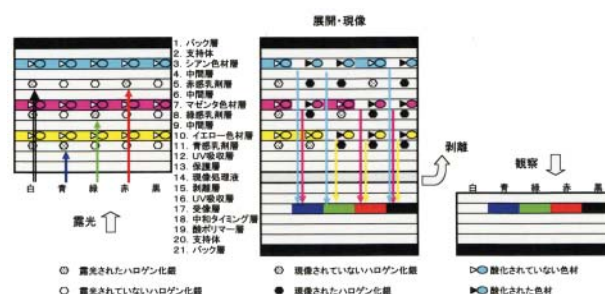


Fig. 1 Schematic sections of an instant film during exposure (left), processing (center) and viewing (right).

るために、感光性層にはダイレクトポジティブ乳剤を用いており、Fig. 2に模式的に示すように、感光することによってハロゲン化銀粒子が現像できなくなるような変化を生じる。撮影終了後、カメラからフィルムユニットを引き出す際に感光シートと受像紙とが重ね合わせられ、ホルダーに付属したローラー間を通過することによって現像液が受像紙と感光シートとの間に均一に展開さ

本誌投稿論文(受理2003年1月24日)

*富士写真フィルム(株)足柄研究所
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

*Ashigara Research Laboratories, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara, Kanagawa 250-0193, Japan

れる。青い光が当たったところは、ブルーの感光層のみが現像されず、その他の層が現像されるため、マゼンタとシアン色素が放出され、感光シート中および処理液中を拡散し、受像紙中の受像層で青く着色される。その他の色素の場合についても同様のことが起こる。一定時間を経た後、ユニット中の感光シートと受像紙とを引き剥がすと、受像紙に形成された画像が観察できる仕組みとなっている。

受像紙内には、タイミングを待って処理液のアルカリを中和する酸ポリマー層があり、色素の固定と画像の安定化を付与している。

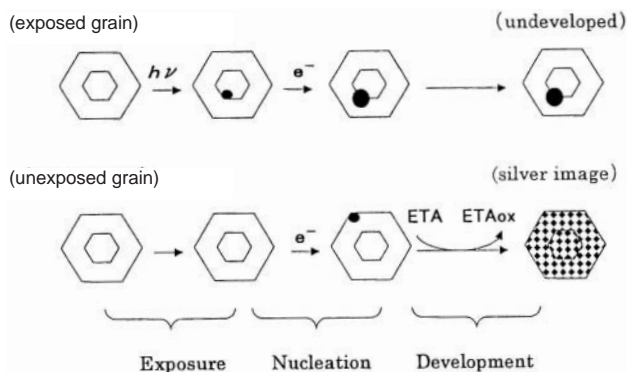


Fig. 2 Schematic diagram of direct positive silver halide from exposure to development.

2.2 インスタント写真の画像形成の過程

ピールアパートカラーインスタント写真ができるまでの大まかな過程を Fig. 3 に図示した。撮影後、カメラからの引き出しと同時に現像薬を含有するアルカリ性処理液がフィルム上に展開され、現像薬がハロゲン化銀を還元し(1)、酸化された現像薬が色素放出化合物をクロス酸化し(2)、これがアルカリ加水分解によって拡散性の色素を放出し(3)、色素が受像紙内の受像層へ拡散し、画像が形成される(4)。一定時間後、感光シートと受像紙とを剥離することによって色素拡散が停止し、受像紙内のアルカリを酸で中和して色像を固定する。このように、インスタント写真ではさまざまな反応、拡散が同時かつ並行的に進行し、画像を形成するのである。

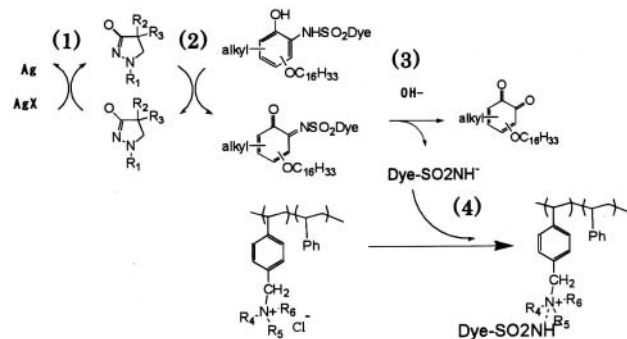


Fig. 3 Image-forming reaction scheme.

3. 新FP100C フィルムを実現させた技術

3.1 長時間露光適性向上技術 (ダイレクトポジティブシグマクリスタル技術)

Fig. 2 に示したように、ダイレクトポジティブ乳剤は粒子内部に感光核を有し、感光することによって粒子内部に潜像ができ、現像(造核)時に注入される電子を内部潜像がトラップすることで、現像されなくなる。しかしながら、従来の乳剤は、長時間露光において粒子内部の潜像形成効率が低下し、逆に表面にわずかに潜像が形成されるために、感度低下やハイライト側の階調崩れの原因となっていた。

新「FP100C」では、ダイレクトポジティブ乳剤に改良を加え、乳剤粒子および内部感光核をより均一化することによって、長時間露光時の内部感光効率を高めた。この技術により、長時間露光における感度の低下を抑えるとともに、Photo 2 に示すようにカラーバランスの変動が従来よりさらに少なくなった。

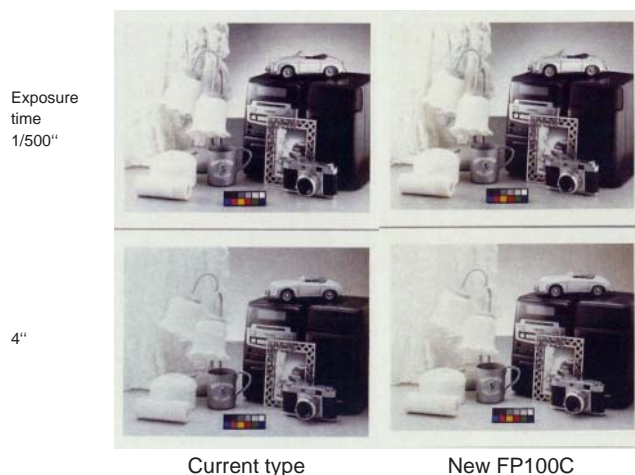


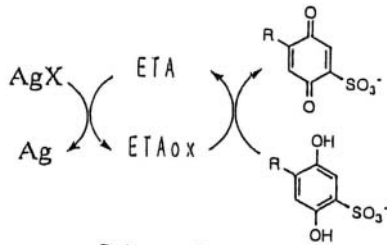
Photo 2 Comparison of new FP100C with the current type in long time exposure behavior.

3.2 処理安定性向上技術 (新現像促進技術)

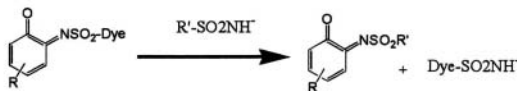
インスタントフィルムはどこでも使え、撮ったその場で現像されるという特長から、広い現像温度範囲において現像できることが重要である。従来、低温での現像は展開現像後剥離までの時間を延ばすことによって補償してきた。しかしながら、15°Cを下回る温度では、剥離までの時間を延ばしても現像が進まず、十分な濃度が得られなかった。

また、ピールアパートタイプのインスタントフィルムでは、人手による剥離という操作によって処理時間が決定されており、展開現像後、剥離までの時間の変動に対しても安定であることが望ましい。

新「FP100C」では、モノシートカラーインスタントフィルム「インスタックス」、「インスタックス ミニ」で開発・導入した画像形成の各過程の反応速度を高める技術を、ピールアパートインスタントフィルムに適用することにより、現像処理に対する安定性を向上させている。



Scheme 1



Scheme 2

まず、新規現像促進化合物(耐拡散化したヒドロキノノン誘導体)を導入し、Scheme 1に示すような現像主薬の再生プロセスを働かせることにより、低温度における銀現像の反応を促進させた。さらに、新規な色素放出促進化合物として、Scheme 2に示すような求核性の高い油性スルホンアミド化合物を採用することにより、低温での色素放出の活性を高めた。

これらの技術により、温度環境による現像性能の変動を少なくすることに成功し、低温側の使用温度領域を従来の15°Cから10°Cまで拡大した。

また、各過程の反応速度を高めたことにより、各色の反応性のバランスをとることが可能となり、剥離時間による色味の変動を抑えている。

3.3 新現像処理液安定化技術

ピールアパートタイプのインスタントフィルムは、カラーネガフィルムやカラーペーパーと異なり、現像処理工程に水洗工程を含まない。したがって、インスタントフィルムにおいては、処理後受像紙内に残った処理液成分をいかに安定化させるかがとりわけ重要となる。

従来のカラーインスタントフィルムでは、剥離後の受像紙が乾燥するまでの数分間、特に、ハイライトの部分において本来の色味よりも薄赤色に呈色する現象が生じていた。この現象は、フィルム剥離直後に受像紙側に残っている現像処理液が大気中の酸素によって酸化され赤くなるものであり、これが無色の物質に変化するまでの数分間は、本来の色味よりも薄赤色に呈色する。新「FP100C」では、剥離直後の現像処理液の酸化を防止する新化合物の導入により、剥離直後の色味変動を少なくした。これにより、撮影直後の色味の確認が容易になった。

3.4 耐光性向上技術

プリント材料にとって、さまざまな環境下で高画質な画像を長期にわたって保存できることが重要であるのはインスタントフィルムでも例外ではない。新「FP100C」では、以下に述べる技術を開発し、耐光性を大幅に向上させることに成功した。

耐光性を向上させる上で、紫外線をカットすることは有効な方法であるが、ピールアパートカラーインスタントフィルムの受像紙に紫外線カット層を導入する場合、紫外線カット機能以外に以下の特性を満たすことが要求される。

- (1) 化学的に安定であること：受像紙は現像処理によって一時的に高アルカリ状態にさらされる。したがって、アルカリに対して変質しないことが要求される。
- (2) 無色であること：紫外線カット層を通して画像を観察することになるため、紫外光のみを選択的に効率よく吸収し、可視光は吸収しないことが必要である。
- (3) 透明性が高いこと：光沢のある、濁りのない画像とするために、ヘイズは極力少なくしなければならない。
- (4) 色素の透過性を阻害しないこと：現像時に感光シート内で放出された色素は、紫外線吸収層を通過して受像層に達する。したがって、色素の透過性を阻害するものであってはならない。
- (5) 柔軟な膜を形成すること：パスポートなどで使用される刻印や、経年変化によってひび割れを起こさないことが必要である。

これらの条件を満たす層として、紫外線カットのために短軸径8nmの紡錘状超微粒子TiO₂(Photo 2)を導入した、新技術「クリア保護層」を開発した。クリア保護層は透明性を保ちながら効率的に紫外線を吸収する。さらに、クリア保護層は色素固定層を物理的に保護する機能を併せ持ち、表面光沢性および耐摩耗性の向上にも寄与している。

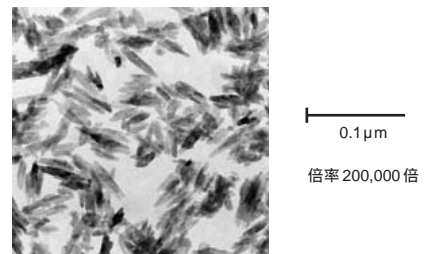


Photo 2 Electron micrograph of super fine TiO₂ grain.

新「FP100C」はこの「クリア保護層」に加え、色素を堅牢に保つ色素固定剤を導入することにより、Fig. 4およびPhoto 3に示すように耐光性が従来の4倍に向上した。

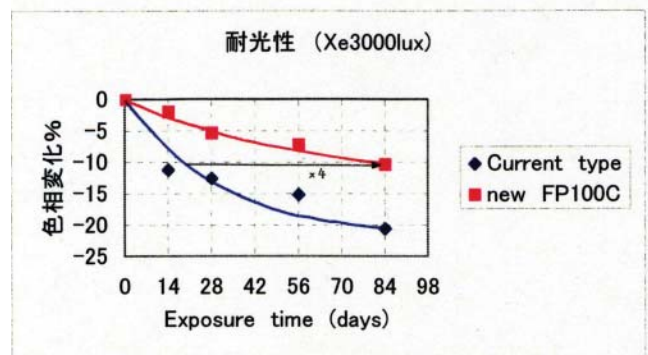


Fig. 4 Comparison of new FP100C with the current type in image permanence.



Photo 3 Comparison of new FP100C with the current type in image permanence.

4. 終わりに

新ダイレクトポジ乳剤,処理安定性向上技術,処理液安定性向上技術,耐光性向上技術を導入した新「FP100C」の開発により,ピールアパートカラーインスタントフィルムは,従来の高画質に加え,長時間露光適性をはじめ,使用温度領域や耐光性などの性能が向上し,より使いやすく,タフなインスタントフィルムに生まれ変わった。

(本報告中にある“インスタックス”は富士写真フィルム(株)の商標です。)

プリンピックスペーパーの画像保存性

酒井 栄一* , 田畑 文也* , 佐野 正次郎*

Image Stability of Printpix Paper

Eiichi SAKAI*, Fumiya TABATA*, and Shoujirou SANO*

Abstract

An advanced type of TA (Thermo Autochrome) paper with high image stability, named "Printpix Paper" has been released. The light stability, the dark stability and the resistance to gases were studied to understand the image stability of the Printpix paper. The light stability under normal display conditions was predicted from an accelerated light test which utilized a fluorescent light and a xenon arc light. The dark stability at room temperature was predicted by an accelerated thermal test based on Arrhenius methodology. In this paper the authors will demonstrate that the image stability of the Printpix paper has been remarkably improved in comparison to the previous type TA paper.

1. はじめに

プリンピックスペーパーは、フルカラー直接感熱記録方式であるTA(Thermo Autochrome)ペーパーの品質を大幅に向上させた新製品として2002年5月に発売された。本方式は、インク、トナーやリボンなどを必要とせず、最小限の廃棄物で高画質の連続階調フルカラー画像が得られる環境にやさしい記録方式である。さらに、完全ドライのモノシート方式のため消耗品の取扱いが容易で、プリンターのメカニズムも簡便であり、システムの信頼性が高いことも特長である¹⁾。

デジタルカメラ画像の出力用途に、この数年で種々の記録方式のプリントが幅広く使用されるようになっており、これらのデジタルプリントに対して、写真用途における実用的な画像保存性が必要とされている。本報告では、プリンピックスペーパーの画像保存性の評価を行い、従来のTAペーパーに対し顕著な改良が認められたことを報告する。



Photo 1



Photo 2



Photo 3

本誌投稿論文(受理2002年10月25日)

*富士写真フイルム(株)富士宮研究所
〒418-8666 静岡県富士宮市大中里200

* Fujinomiya Research Laboratories, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Onakazato, Fujinomiya, Shizuoka 418-8666, Japan

2. 層構成と画像の記録方法

プリンピックスペーパーの層構成をFig. 1に示す。プリンピックスペーパーの基本的な層構成は、最上層の耐熱性保護層とその下層の3つの発色層、すなわち、上層のイエロー発色層、マゼンタ発色層、最下層のシアン発色層から成る。イエローとマゼンタ画像にはアゾ色素、シアン画像にはロイコ色素がそれぞれ用いられ、いずれも各記録層中のマイクロカプセル中で色素が形成されている。

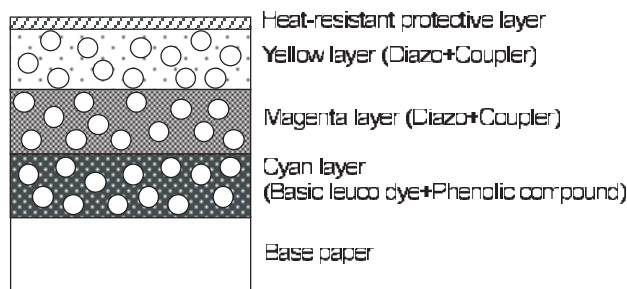


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of Printpix paper.

フルカラー画像は下記の5ステップの記録プロセスにて形成される。

1. 低熱エネルギーによるイエロー画像の発色
2. 420nm紫外線照射によるイエロー発色層の定着
3. 中熱エネルギーによるマゼンタ画像の発色
4. 365nm紫外線照射によるマゼンタ発色層の定着
5. 高熱エネルギーによるシアン画像の発色

3. 画像保存性の評価

3.1 画像耐光性

画像耐光性は、27klux 蛍光灯 640時間照射による加速試験にて、プリンピックスペーパーと従来のTAペーパーの比較を行った。画像の褪色と地肌のステイン増加について、室内500Lux、1日12時間の光照射を想定した場合の画像耐光性の予測結果をFig. 2に示す。この結果より、プリンピックスペーパーの画像の褪色とステインの増加がともに改良されたことがわかる。ここでは、特にマゼンタ画像の改良が著しい。

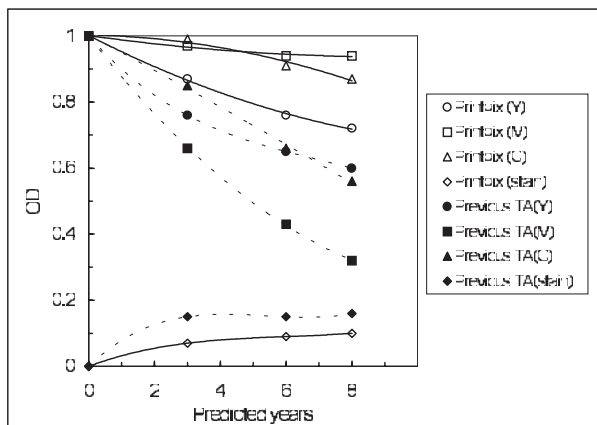


Fig. 2 Predicted light stability under 27klux fluorescent light exposure.

また、他のデジタルプリント方式との画像褪色の比較を行った。ここで、試験条件は85 kluxのキセノン光(バイレックス/ソーダライムフィルター、3.8時間明/1時間暗の間欠照射)の267時間照射で、これは500Lux、1日12時間照射の想定で10年の光量に相当する。プリンピックスペーパーとオーバーコート付きの昇華転写(D2T2)プリント2種(A, B)、染料系インクジェットプリントで多孔質受像層2種(A, B)、および膨潤型受像層1種(C)における、初期濃度1.0からの濃度低下量をFig. 3に示す。この評価により、プリンピックスペーパーの画像褪色は今回比較したオーバーコート付きの昇華転写プリントより良好であり、大気中のガスの影響が少ない条件での多孔質型インクジェットプリントの性能とほぼ同等の結果が得られた。

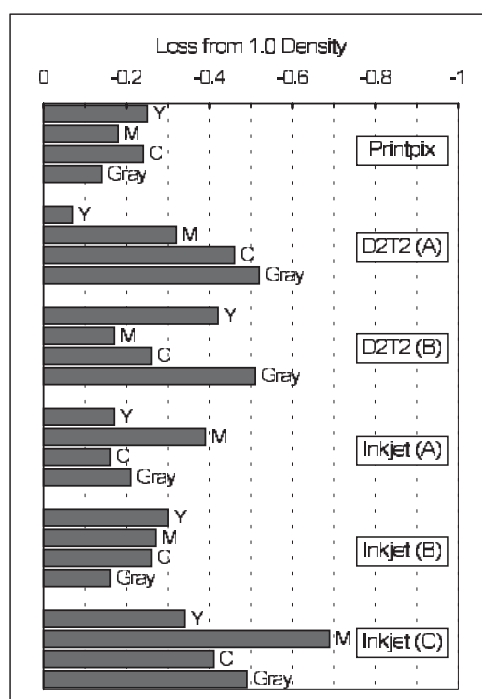


Fig.3 Image fading with 85klux xenon light exposure for 267 hours (corresponding to 10 year, natural lighting of 500lux, 12 hours exposure per day).

3.2 画像暗保存性

室温における暗保存性は、アレニウス法による熱加速試験にて予測を行った。なお、TAペーパーにおける促進試験による予測の信頼性は以前の報告により検証されている²⁾。促進試験の温湿度条件は70°C、60°C、50°C、45°C、すべて70% R.H.である。70°C、70% R.H.と50°C、70% R.H.における画像の褪色と地肌ステインの増加をFig. 4とFig. 5にそれぞれ示す。熱加速試験によりシアン画像の濃度が低下し、ステインが増加するが、イエローとマゼンタの画像はこれらの試験条件ではほとんど濃度が低下しなかった。したがって、今回、シアン画像の褪色と地肌ステインの増加についてアレニウスプロットを行った。

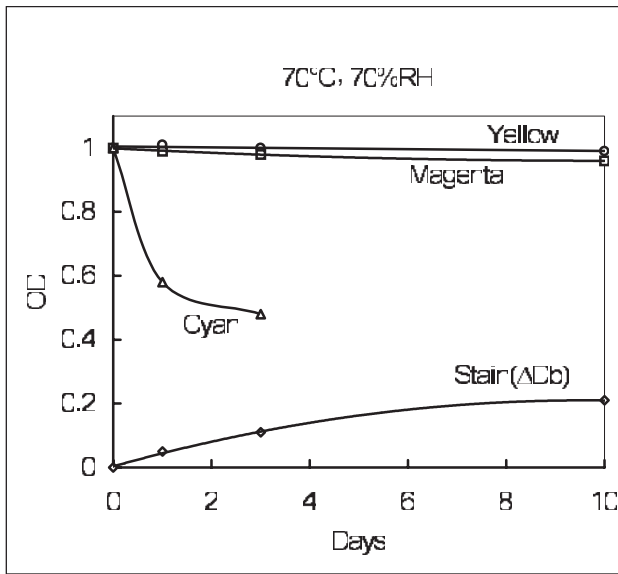


Fig. 4 Image fading and stain increase at 70°C, 70%R.H..

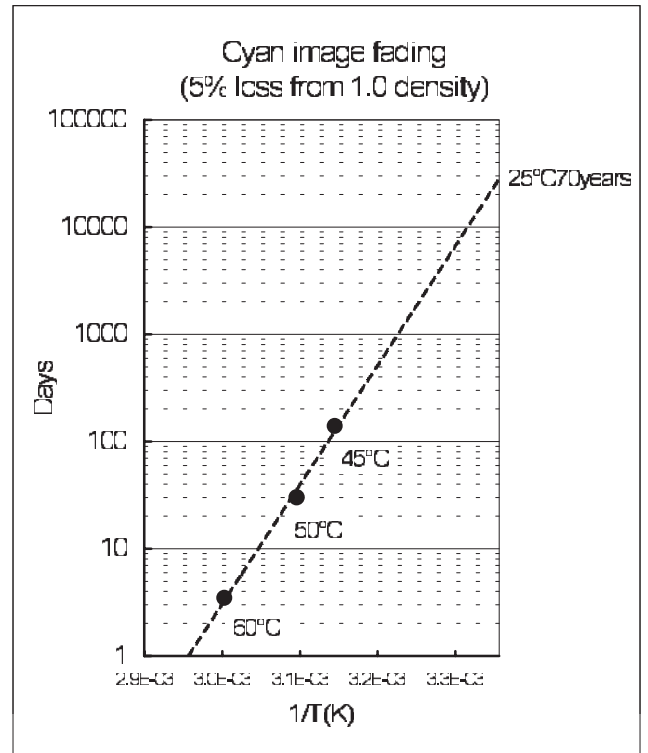


Fig. 6 Arrhenius plot of cyan image fading.

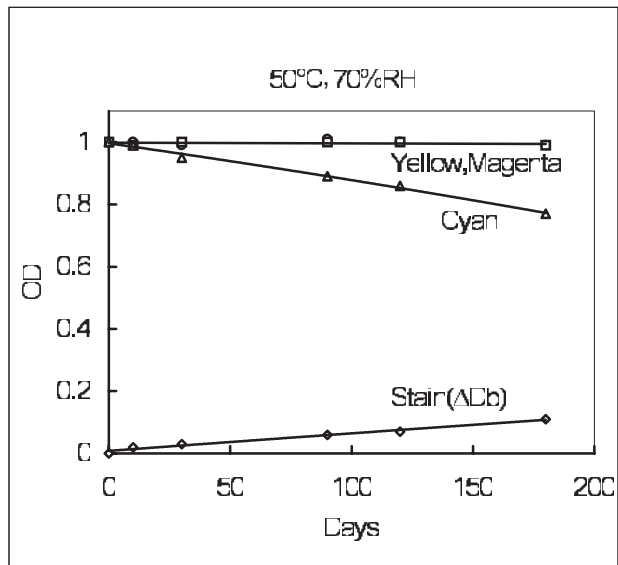


Fig. 5 Image fading and stain increase at 50°C, 70%R.H..

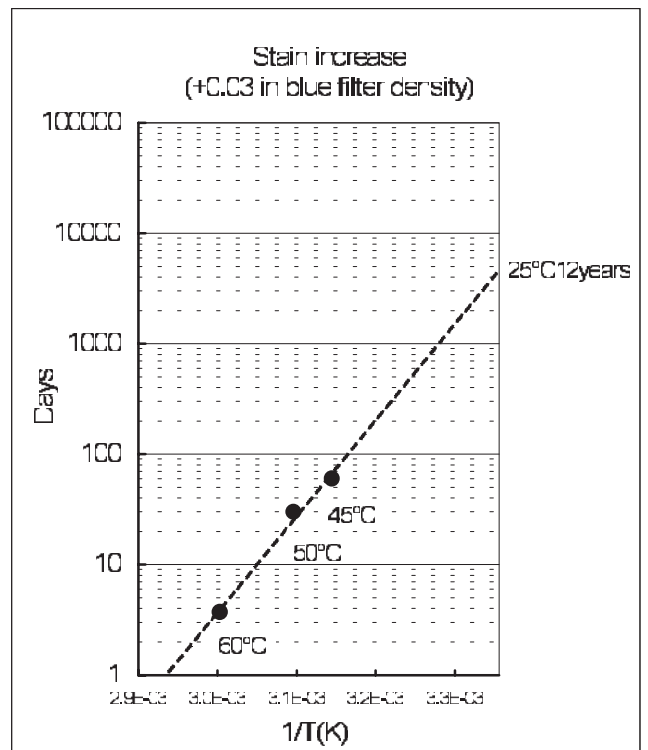


Fig. 7 Arrhenius plot of stain increase.

シアン画像褪色と地肌ステイン増加のそれぞれのアレニウスプロットをFig. 6およびFig. 7に示す。また、これにより得られたプリンピックスペーパーの25°C, 70% R.H.における画像暗保存性の予測の結果をFig. 8に示す。この結果により、プリンピックスペーパーのシアン画像褪色と地肌ステインはともに従来のTAペーパーから著しく改良されたことが確認された。なお、この方法で精度の高い予測結果を得るには長期の試験が必要のため、現在もさらに評価を継続している。

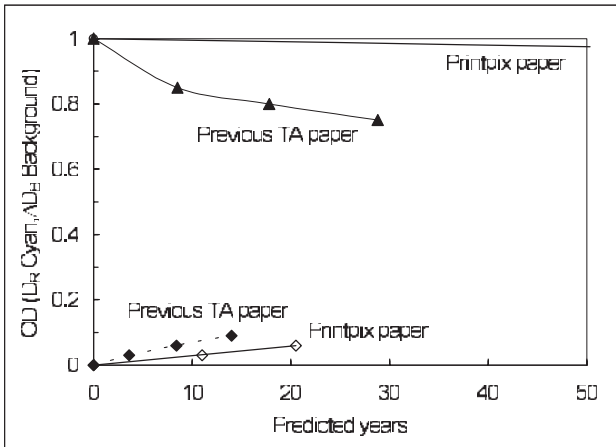


Fig. 8 Predicted dark stability at 25°C, 70%R.H..

3.3 ガスに対する安定性

現在、オゾンガスによる画像の褪色は、多孔質受像層のインクジェットプリントにおいて深刻な問題となっている。Fig. 9に2.5ppm 60時間のオゾン加速試験における初期濃度1.0からの濃度低下量を示す。この試験で、プリンピックスペーパーはまったく変色が認められなかった。また、大気汚染物質であるNO₂やSO₂の加速試験においても、他の記録方式に比べ安定性が高いことが確認されている。この理由は、画像を形成する染料がマイクロカプセルおよび最外層の保護層によって守られているためと考えられる。

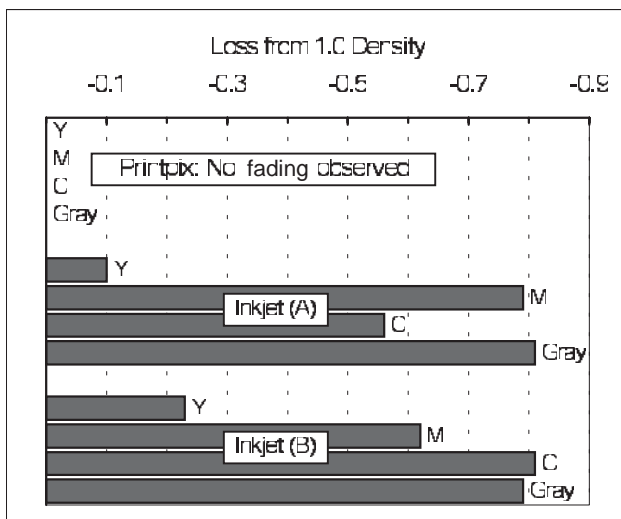


Fig. 9 Ozone stability for 2.5ppm 60 hours exposure.

4. おわりに

プリンピックスペーパーの画像保存性評価により、従来のTAペーパーに対し、画像耐光性と画像暗保存性の大幅な改良が行われ、実用的な画像保存性が達成されていることを確認した。また、従来より、可塑剤などの薬品に対して画像が安定であることが評価されていたが、今回、さらに大気中のオゾンなどのガスに対しても安定性が高いことが確認された。

今後のデジタルプリント市場の広がりに伴い、より多くの方々にプリンピックスペーパーを使用していただくため、さらに画像保存性に優れた製品の開発を進めていきたい。

参考文献

- 1) T. Usami ; A. Igarashi. The Development of Direct Thermal Full Color Recording Material. Journal of Inf. Recording 22, 347-357 (1996).
- 2) Eiichi Sakai ; Junichi Yoneda ; Akira Igarashi. Image Stability of TA Paper. Proc. IS&T's NIP15 Conference, 235 (1999).

(本報告中にある“Printpix”、“TA”、“Thermo Autochrome”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

新コンセプトのAPSカメラ「nexia Q1」の開発

那珂 洋二* , 長 倫生* , 小松崎 博* , 佐藤 純**

Development of New Concept APS Camera “nexia Q1”

Youji NAKA*, Michio CHO*, Hiroshi KOMATSUZAKI*, and Jun SATO**

Abstracts

In November 2001, Fuji Photo Film Co., Ltd. launched a new concept APS camera “nexia Q1” into the market, aiming that the user likes to carry “nexia Q1” anywhere as an attractive casual accessory, make its show, and take pictures with easy operations.

“nexia Q1” has been developed to realize the following features :

- (1) Cute and stylish design with small sizes and light weight.
- (2) Easy operations for picture taking due to auto-focus and auto-flash mechanisms.
- (3) Safe and reliable film loading and advancing with use of a new mechanism.

1. はじめに

富士写真フイルム(株)は、APS コンパクトカメラ「nexia Q1」を平成 13 年 12 月に発売した。「nexia Q1」は、従来にない写真の楽しみ方を提案し、新しいコンセプトのキュートなフォルムで斬新なデザインを実現している。



Photo 1 nexia Q1.

主な諸元

- ・高性能レンズ：f=22mm，1:8，
2群2枚構成（全面非球面レンズ使用）
- ・撮影距離：0.6 m～無限大
- ・アクティブオートフォーカス
- ・逆ガリレオ式ファインダー0.34倍，
C/Hマスク切り替え式

- ・電子シャッター（1/100秒）
 - ・ワンタッチドロップインローディング方式
 - ・機械式撮影済みフィルム誤装填防止機能付き
 - ・セーフティロック機能付き
 - ・電動式フィルム給送，自動巻き上げ・巻き戻し
 - ・途中巻き戻し可能（途中巻き戻しボタンによる）
 - ・低輝度自動発光フラッシュ，充電時間約6秒
 - ・赤目軽減機能付き
 - ・液晶表示：フィルムカウンター（順算式），
カートリッジマーク，電池容量
 - ・電源 リチウム電池CR-2 1本
 - ・電源OFFでレンズカバー閉&シャッターロック
- 本報告では、「nexia Q1」の開発手法と採用した技術について説明する。

2. 背景

APSカメラは、1996年4月に市場導入され、小型化とフィルム装填の簡単さが評価されて市場を拡大してきた。しかしながら、その評価は中級ズーム機に対するものであり普及機については十分なものでなかったため、その普及に限界が感じられるようになっていた。一方、銀塩カメラ全般についてもデジタルカメラの小型化・高画素化の影響を受けるようになってきた。このような状況から、銀塩写真のイメージを大きく変え、新しいフォトライフを提案し、写真を身近に取り入れて多様な

本誌投稿論文（受理2002年10月10日）

*富士写真フイルム(株)光機部 技術グループ
〒351-8585 埼玉県朝霞市泉水3-13-45
* Development & Engineering Group
Optical Products Division, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Senzui, Asaka, Saitama 351-8585, Japan

**富士写真フイルム(株)デザインセンター
〒106-8620 東京都港区西麻布2-26-30
** Design Center, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Nishiazabu, Minato-ku, Tokyo 106-8620, Japan

楽しみ方をできる APS カメラ・銀塩カメラの開発をめざした。

製品コンセプトは、「持ち歩きたくなる」、「人に見せたいくなる」、「写真を撮りたくなる」に設定した。開発にあたっては、ファッション性(デザイン・カラー)、携帯性、操作性について徹底したユーザー調査を実施し、その結果を反映した。さらに、価格も、誰にでも買い求めやすい価格を目標とした。また、撮影機能面では、「誰にでも簡単に、シャッターボタンを押すだけで美しい写真が撮れること」をめざし、目標価格のなかで撮影領域を広げ、操作を簡単にするためのオートフォーカス・自動発光フラッシュなどの基本機能も採用することを課題とした。

これらのコンセプトを実現した結果、コンパクトカメラ市場で単一機種シェア NO.1 を 10 ヶ月以上継続している。

3. 外観デザイン

写真に対しての潜在意識が高く、流行への影響力が特に高い 10 ~ 20 代の女性をメインターゲットに選び、外観デザインは従来の開発指標にとらわれない自由な発想で展開した。従来のコンパクトカメラのように、バッグの中に入れて持ち運ばれる使われ方から脱却し、首や肩から提げ、外に出して持ち運びできる可能性を感じるようなデザインが訴求力を持つのではないかと、という予測を基に外観デザインコンセプトを形成した。

アウトラインは、本体が「提がった」時に最も機能して見えるように、ポシェットのように丸く、シンメトリックな印象をもたせた。あわせて、ストロボをファインダーの上に、電池をレンズの下に配置することで、小ささと円形イメージの両立を図った。ストラップは提げて使うように長めの物を本体にビルトインとし、取り外せない代わりにアジャスターを付属した。また、シャッターリリースボタンの台座は右手親指で操作できるレバー式電源 SW とし、それに伴い、リリースボタンが回転移動する。電源 OFF 時にリリースボタンが押しにくい位置に移動することで、撮影時に感覚的に電源状況がわかるようにした。提げて使うこととあわせて、片手操作が可能で迷わないシンプルな操作系でまとめ、速写性向上と使い勝手に留意した。

4. 基本レイアウト

ポシェットイメージの丸型デザイン、APS ならではの見て感じる小型化・薄型化、シンプルな操作系、お求めやすい価格のすべての要求を実現するためには、カメラの各要素の基本レイアウトが最も重要であった。さらに、従来のコンパクトカメラの形態とまったく異なった、曲面を多く用いた斬新なデザインであるため、直方体や円柱形状がほとんどであるカメラ要素を、デザイン要望の形態・サイズの中に配置することは従来の設計手法では困難である。この機種の開発においては、構想設計の段階から全面的に三次元 CAD を使用することで、目

標とする形態・サイズを実現した。

基本レイアウトとして、厚く・高い要素であるカートリッジ室をグリップ側に、正面から見た円の高さを生かし、レンズ・画面の真上にファインダー、その上にフラッシュ発光部、フラッシュ発光部の両側にオートフォーカスの投受光部を、レンズ・画面の真下に測光部・赤目軽減 LED、その下に電池室を効率的に配置することで最小の円盤形状とした。さらに、この基本レイアウトの中で、多くの電子回路を低価格で高密度に実装することが最大の課題であった。1998 年 7 月に商品化したエピオン 1000 ティアラ iX は、世界最小(現在もその記録は破られていない)の APS コンパクトカメラを実現した。そのときの実装技術としては、コンパクトカメラで初めて多層フレキシ基板による高密度実装を採用した。しかしながら、そのコストは非常に高いものであるため、「nexia Q1」には採用できない技術であった。これに対し、後述のように 3 枚のリジッド基板を立体的に配置することでサイズとコストの両立を図った。

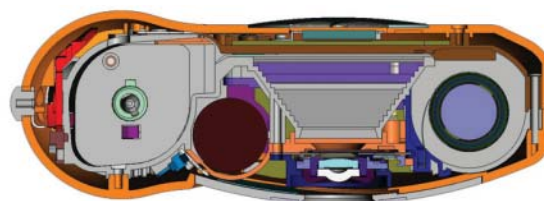


Fig. 1 Mechanism arrangement (Top view).

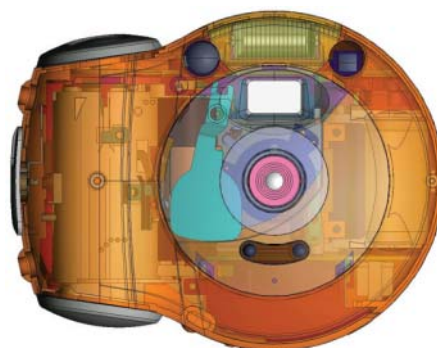


Fig. 2 Mechanism arrangement (Front view).



Fig. 3 Mechanism arrangement (Side view).

5. 各部の構造

5.1 撮影レンズ, シャッター

従来、「エピオン 50AF」のように、このクラスのカメラの撮影レンズは $f=23\text{mm}/F8$ を使用していたが、カメラの薄型化を実現するために $f=22\text{mm}/F8$ の新開発レンズを採用した。このレンズは、おのおの両面非球面を使用した2群2枚構成である。非点隔差を可能な限り押さえ、画面周辺部まで均質な画質を実現した。さらに、レンズ製造時の管理上困難な偏芯や倒れ、ピント調整誤差による性能低下の影響を少なくする設計を実現し、安定した性能維持ができるようになった。

さらに、一般的なレンズ設計を完了してからシャッターの設計を行なっている開発手法をとらずに、レンズ設計と同時にシャッターの開口形状の設計を行い、レンズとシャッターのトータルシステムとして撮影画面上の実質的な周辺光量の低下や偏りを少なくしたことで、ユーザーに満足いただける品質を実現した。シャッターの開閉機構は、サイズアップになる給送機構との連動によるシャッタ力量チャージ方式ではなく、アクチュエータとして小型プランジャーを採用した電子式シャッターとすることでデザインの自由度と小型化を実現した。



Fig. 4 Lens structure.

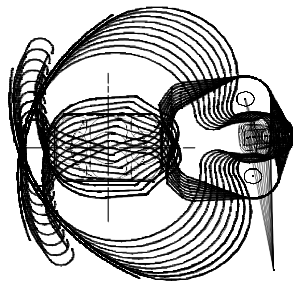


Fig. 5 Shutter sector design.

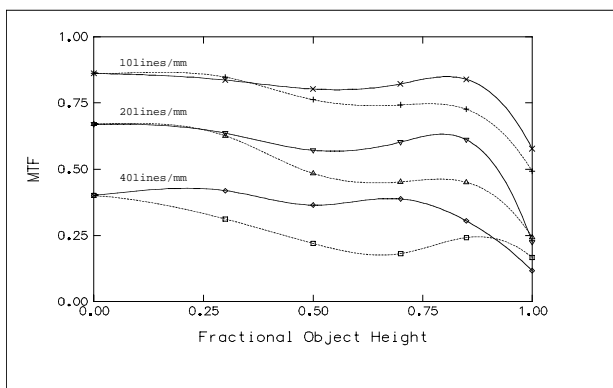


Fig. 6 MTF.

5.2 ファインダー

ファインダーは通常の逆ガリレオ方式であるが、撮影画面/フィルム給送機構とフラッシュ発光部/AF基板の間の限られたスペースの中で、デザインのシンプルさ

を実現するために撮影レンズとファインダーの左右中心位置を合わせることが最大の課題であった。さらに、その残りのスペースに視野枠切替機構/CH位置検知スイッチの組み込みを行なうために、ファインダー機構設計・基板設計・フィルム給送設計・外装設計の各担当者間で三次元CADを使用した緻密な検討が繰り返された。

5.3 フラッシュ

低輝度自動発光方式を採用しているが、発光輝度をレンズの明るさとシャッター速度の演算値より明るい輝度で発光するようにして、逆光の影響を受けにくいようにした。また、シャッターチャンスを逃さないために、被写体輝度の明るい場合は充電中でも充電を停止し、シャッターが作動するようにした。発光部は薄型の円盤の稜線部にかかるため、レフレクタ、プロテクタ、前カバーの形状を三次元CADと光機部技術グループで開発したフラッシュ配光シミュレーションを使用し、綿密な設計を行なうことで配光性能とデザイン形状を両立させた。

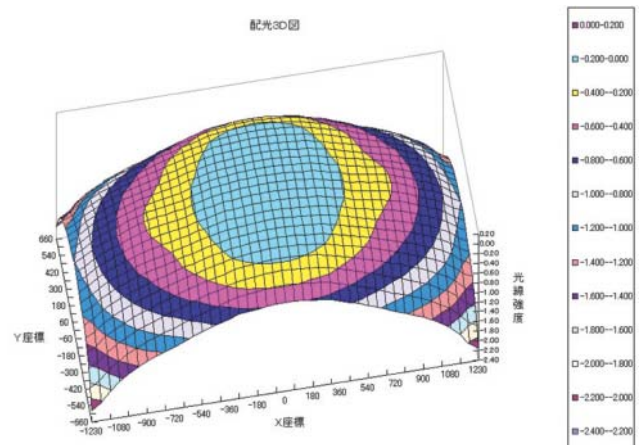


Fig. 7 Intensity distribution of flash light.

5.4 フィルム装填・給送

フィルム装填のためのカートリッジ室蓋開閉機構は、スタイリッシュデザインを損なわないようにグリップ部側面に上下対称となる位置に配置した。ここに関しても、三次元曲面形状部に開閉機構を配置したため、三次元CADによる設計が有効であった。

フィルム装填中に誤ってフィルム取り出し操作をされても、カートリッジ室の蓋が開かないためのセーフティロック機構として、フィルムの引き出し状態を検知し、引き出されているときはカートリッジ室の蓋が開かない機構を採用した。さらに、カートリッジのVEIのセットが終了する前にカートリッジ室の蓋を開けられ、誤ったVEI表示でカートリッジが取り出されないようにするためのセーフティロック機構は、カートリッジ室蓋内にカートリッジスプールに連動する機構を設け、VEIが3(EXPOSED)の位置のとき以外はカートリッジ室の蓋が開かない構造とした。これらのセーフティロ

ク機構の採用とAPSの特長である簡単ドロップインローディングにより、はじめてのカメラユーザーでも安心して間違いなくフィルムの出し入れをできるようにした。

フィルム給送についても、はじめてのカメラユーザーでも違和感なく操作できるように、カートリッジをカメラに装填し、カートリッジ室の蓋を閉じるだけで自動的にフィルムの一駒目のセットが行なえるようにした。さらに、機械式撮影済みフィルム誤装填防止機構を採用することで、光学式撮影済みフィルム誤装填防止方式がカートリッジを逆転し、VEI位置を検出する制御特有の一駒目セット中に給送モーターが一瞬止まることによる不安感をなくした。また、カートリッジを装填せずにカートリッジ室の蓋を閉じた場合には、給送モーターが回転することがないように制御を採用することで、ユーザーがカートリッジを装填していないのにモーターの作動音が発生することへの不安を抱くことがないようにした。

フィルムの巻き戻しも、最終駒を検出し自動的に行なう制御にした。撮影ショット数カウンターも、小型カメラの制約のなかでデザインにマッチした見やすい液晶の大型文字を採用している。

これらの配慮をすることで、普及価格帯の最大のターゲット層である、はじめてカメラを使用するユーザーが最も不安に感ぜぬフィルム装填・給送について、安心感を高めている。



Fig. 8 Safety lock mechanism.

5.5 オートフォーカス

低価格帯のカメラや「写ルンです」の画質不良で多いのは、フラッシュ未使用によるアンダー写真と、近づき過ぎによるピンぼけ写真である。「nexia Q1」では、フラッシュ未使用に対しては低輝度自動発光を、近づき過ぎに対してはオートフォーカスを採用した。

一方、オートフォーカスカメラで多い画質不良は、主要被写体が中心にない中抜けによるピンぼけ写真である。これを低価格で実現するために、オートフォーカスの効果は近距離でのみ発揮できるようなレンズの明るさとピント位置とするとともに、ピントが遠セットでも近セットでも大きなピンぼけとならないゾーンを増や

す設計とした。これにより、近距離では被写体が大きくなるため中抜けせず、被写体が小さくなる中距離以遠ではパンフォーカスになることで、価格と性能の両立を図った。この方式の副次的な効果として、近距離のみの測距のため赤外線投光エネルギーが少なくでき、測距時間が短くなりリリース遅れ時間が短くなったことで、シャッターチャンスを逃すことを少なくできた。このオートフォーカスによるレンズのピントセット機構は、小型ブランジャーを使用した電子制御とすることでカメラの小型化を実現した。

5.6 電子回路・基板実装

電子回路はCPU(マイコン)を使用した電子制御を行ない、機構部分は必要最低限とし、機構部品に伴うカメラサイズアップやデザイン制約をなくすることで目標のカメラデザインサイズを実現した。

実装基板は、①カメラ背面に配置したCPUや液晶表示を有するメイン基板、②カメラ上部に配置したAF投受光部・フラッシュ発光部・VEIエンコーダーやシャッターリリーススイッチを有するAF基板、③カメラ下部に配置した電源・フラッシュ昇圧回路・赤目軽減LEDや測光素子を有するフラッシュ基板の3枚のリジッド両面基板で構成している。

これらの基板間の信号連結は、コネクタやリード線を使用することによるコストアップやサイズアップを避け、直接半田ブリッジする構成を採用した。この構成の欠点として、組立途中に外力を受けると半田部分に過大な応力がかかりクラックを生ずることがある。この信頼性を高めるために、組立工程指導やブリッジ半田部パターンの最適化などの改善活動に取り組み、効果をあげることができた。

フィルムのパーフォレーション検知・CH切替信号写し込みLED・各種アクチュエータ駆動用ドライバーIC・CPU・液晶表示など、主要な回路はほとんどが圧板に密着しているメイン基板の片面に実装している。その上、カメラの薄型化を実現するために、CPUはパッケージタイプを使用せずにICチップを直接基板に実装するCOB方式を採用したり、液晶の取り付けには薄い金属のプレス部品を使用した。

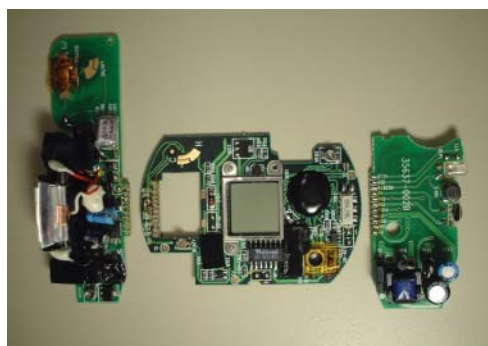


Photo 2 Printed circuit boards (separated).

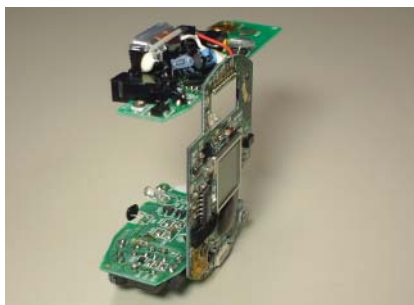


Photo 3 Print circuit boards (assembled).

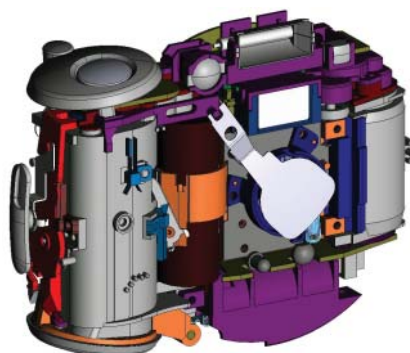


Fig. 9 Lens cover mechanism.

5.7 外観・レンズバリア・操作部

カメラの小型化のために外装部品は薄型化を図っており、部分的には0.3mmの部分もある。しかしながら、円盤形状デザインであるため、薄肉にもかかわらず完成状態では必要な剛性を保っている。

前カバーは、カメラのカラーバリエーション展開を考慮するとともに、レンズバリアのガイドを兼用した円形の前枠と高級感を付与するための金属の飾りリングの3部品構成とした。カラーバリエーションとしては、定番色とプレミアム用の特別色を合わせると1年間の間に12色以上のカラーが市場導入された。これにより、ファッション性と販売数量の拡大が行なわれた。

デザインの項でも述べたように、簡単操作ですぐ撮影できることをねらいとして、グリップ上部に回転式のメインスイッチ操作部を設け、それに連動して開閉するレンズバリア機構を開発した。さらに、メインスイッチ操作部上面にシャッターボタンを配置し、メインスイッチオン時のみシャッターボタンが押しやすくするとともに、基板上のシャッタースイッチが押せるようにした。また、「nexia Q1」では、他のコンパクトカメラと同様にメインスイッチオン時の電池消費を避けるために、一定時間カメラを操作しないと電源がオフし、液晶表示も消える方式を採用している。しかしながら、一般のユーザーは、液晶が表示されてなくとも、メインスイッチの操作部がオンになっていたりレンズバリアが開いていると電源が入っているものと勘違いし、シャッターボタンを押してもなぜ撮影できないか理解できないことが考えられる。この点を考慮し、メインスイッチがオンになっている状態でシャッターボタンを押された場合は、電源が起動する制御方式を採用した。したがって、一回目のリリースでは撮影できないが、二回目のリリースでは撮影が可能になる。この制御により、はじめてのカメラユーザーでもとまどうことなく撮影を継続できるようにした。

6. New nexia Q1

以上に記述したカメラコンセプトやデザインが市場に受け入れられ、銀塩カメラの総需が減退傾向の市場においても、「nexia Q1」は全世界で年間百万台以上の生産・販売を実現した。

このコンセプトをさらに伸ばし、よりファッション性を高めたニューバージョンを2002年年末に市場導入する。この「New nexia Q1」の基本的なフォルム・サイズはこれまでの「nexia Q1」と同じであるが、前カバーの前枠部分を、グラフィックの自由度の高いインモールド成型部品を使用するとともに、これまでビルトインタイプであったストラップの取付けをユーザーが交換可能とすることで、ユーザーの個性やプレミアムとしての特長をより多彩に展開ができるようにした。インモールド成型とは、グラフィックデザインを印刷した特殊なフィルムを射出成形時に樹脂に密着封入し、デザインフォルム一体の部品を製造する技術である。金型部分に特殊フィルムを供給するための制約のなかで、デザインの新規性とカメラサイズの維持を実現するために前カバーは従来以上に薄肉構造にした。それでも、従来の剛性を維持するために、前カバーとインモールド成型部品の結合箇所を従来の3倍以上として、一体化をより強化することでユニットとしての剛性をこれまでの「nexia Q1」と同等にした。

フォトキナ2002での発表の反響から、この新たな展開により、「nexia Q1」シリーズはより活性化するものと考えている。



Photo 4 Inmold parts.



Photo 5 New nexia Q1.

7. まとめ

発売後，市場ユーザーからそのデザイン性，価格，操作性について非常に高い評価をいただいている。た

たとえば，「nexia Q1」が当初ねらっていた若い女性だけでなく，シニアの方からも，簡単な操作で高画質な写真が撮れるので夫婦で色違いの「nexia Q1」を仲良く保有しています，とのほほえましくもあり，うれしい声も寄せられている。今後も，簡単な操作で手軽に高画質の写真が撮れるカメラを開発し，写真市場の活性化に寄与していけるように努力する所存である。

最後に，「nexia Q1」の開発にご協力を頂いた方々や，生產品質や数量の確保，そして普及・販売にご努力いただいている方々に感謝致します。

(本報告中にある“nexia”，“nexia Q1”，“写ルンです”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

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

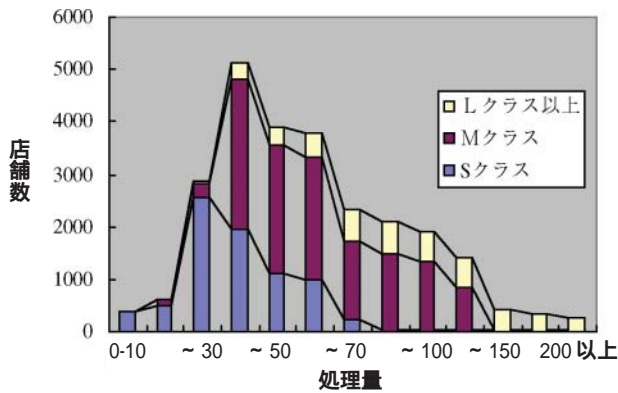


Fig. 1 Distribution of the film processing volume in minilab stores classified in three classes.

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。

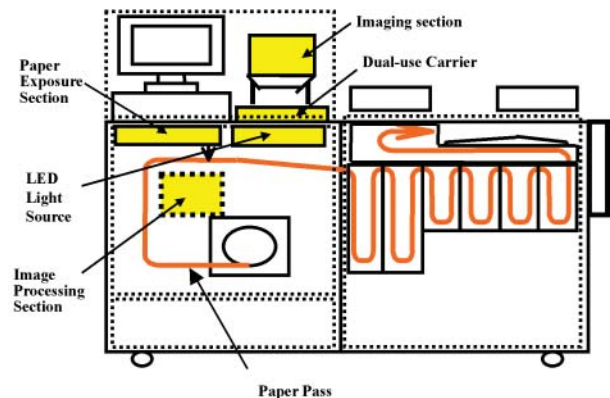


Fig. 2 Schematic configuration of Frontier 330.

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。

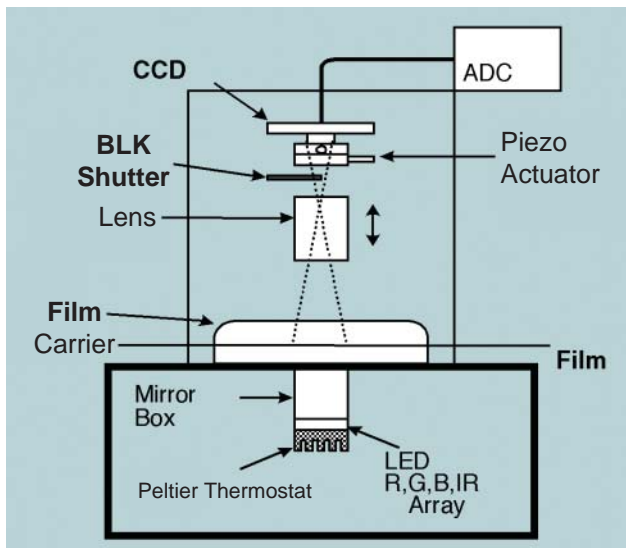


Fig. 3 Schematic configuration of the FR330 film scanner section.

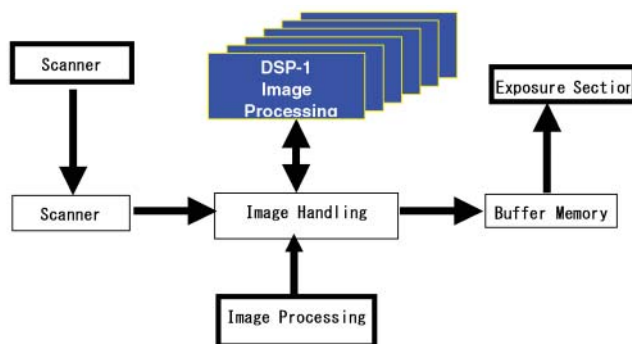


Fig. 4 Signal flow in the FR330 film scanner section.

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。

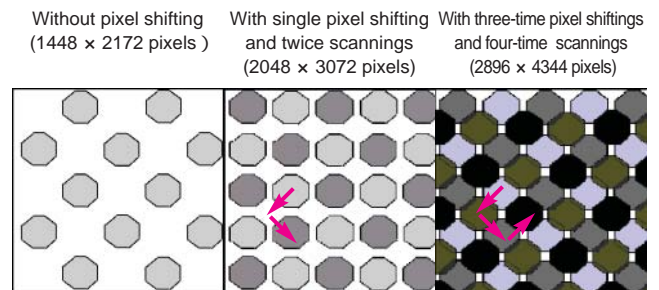
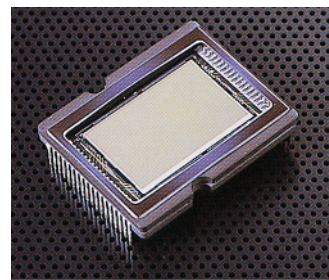


Fig. 5 CCD (Super CCD Array) and Pixel Shifting.

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)。

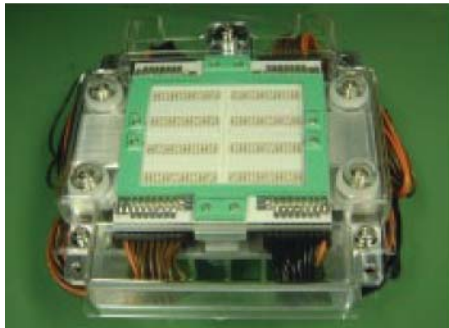


Fig. 6 Newly developed LED light source for film scanner.

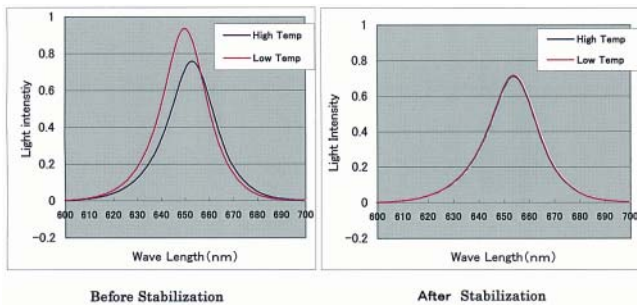


Fig. 7 Stability of the light source.

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。

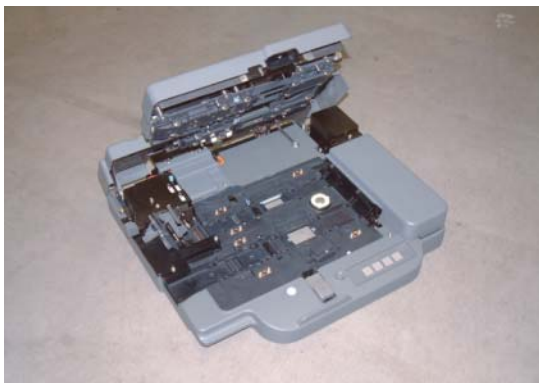


Fig. 8 Dual-Use film carrier.

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。

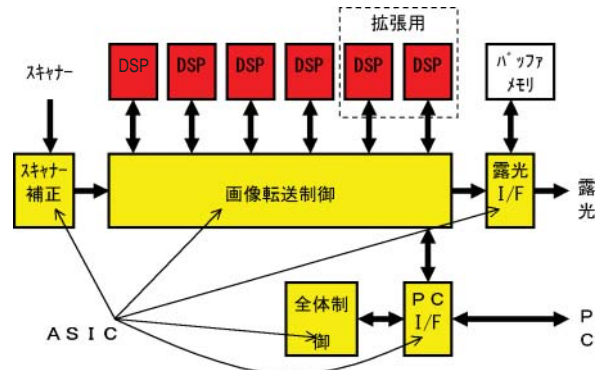


Fig. 9 Block diagram of the image processing flow.

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)。

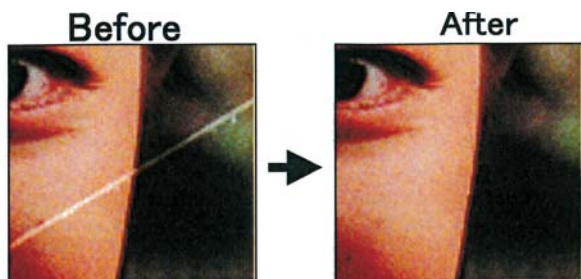


Fig. 10 Automatic scratch-and dust-removing functions.

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。

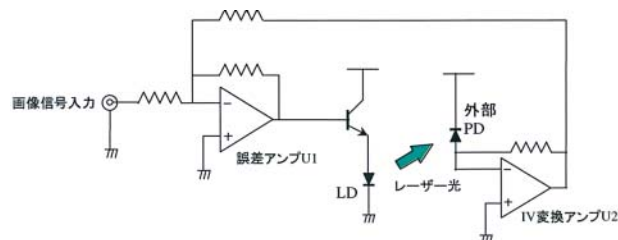


Fig. 12 Direct intensity modulation method.

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。

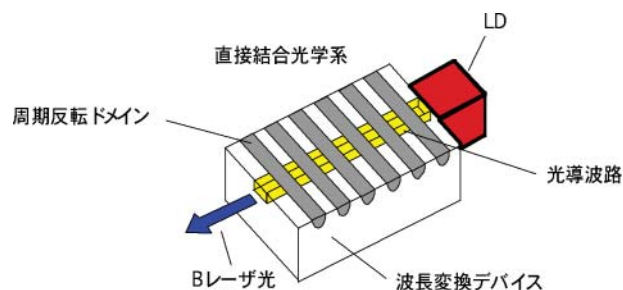


Fig. 13 Structure of the newly developed wave guided SHG.

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)。

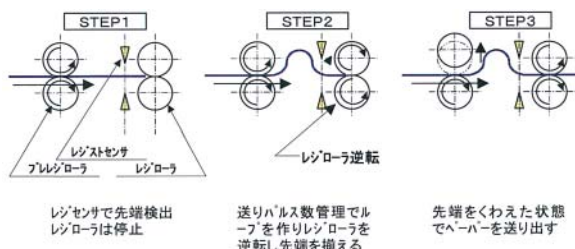


Fig. 14 Schematic diagram of the leading edge registration method.

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。)

反転ドメイン波長変換技術の開発とその応用

原田 明憲* , 二瓶 靖和* , 岡崎洋二* , 神山宏二*

Development of Periodically Poled Wavelength Converter and the Application

Akinori HARADA*, Yasukazu NIHEI*, Yoji OKAZAKI*, and Koji KAMIYAMA*

Abstract

A periodically poled crystal is one of the most attractive crystals to realize high quality visible lasers. The periodically poled MgO-LiNbO₃ (PPMGLN) with uniform periodicity was successfully obtained by a novel corona discharge method. We have achieved blue and green laser diode-pumped intracavity frequency doubling of solid-state lasers by using PPMGLN. Larger temperature acceptance bandwidth of the PPMGLN made it possible to realize the simultaneous temperature control of the laser diode and of the solid-state laser cavity. As a result, our new blue and green solid-state lasers are compact in size, highly stable in laser power, operate with low noise, and their beam quality are high. By using these blue and green solid-state lasers, a new digital photo printing system and a new fluorescent image analyzer were realized. In addition, it has been basically confirmed that the conversion wavelength of PPMGLN can be expanded from UV regions to 1.55 μm.

1. はじめに

富士写真フイルム(株)は、写真のフルデジタル化を目的として、1996年に「Frontier」を世界に先駆けて発売した¹⁾²⁾。これは、カラー写真を高速で処理するラボ機器において、CCD入力による銀塩ネガフイルムのデジタル画像や電子スチルカメラからのデジタル画像などを画像処理によって自由に編集処理し、青、緑、赤色の光の3原色のレーザー光源によるレーザー走査露光により、デジタルプリントするものである。レーザー走査露光法は、もっとも高品位なデジタル記録方法として注目され、高精細、高画質、高速のデジタルカラープリントはカラー写真の新たな世界を提供した。「Frontier」のシステムの中でコアとなるデバイスのひとつが、それまでに実用化されていなかった小型、高性能の青、緑色レーザーであり、当社において独自に開発した、反転ドメイン波長変換結晶を用いた高品位、小型、長寿命の青、緑色波長変換固体レーザーを初めて搭載した(Photo 1)。

KEY 技術である反転ドメイン波長変換技術は、設計により紫外波長領域 (> 350nm) から遠赤外波長領域ま

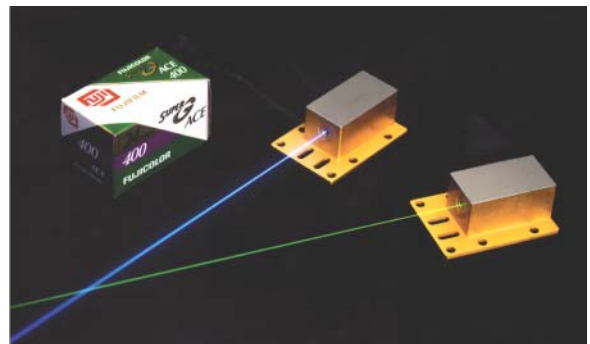


Photo 1 Blue and green diode-pumped intracavity frequency doubling solid-state lasers.

で自由に波長変換できる技術であり、前述した本技術の当初の研究目的である青、緑色の可視光、小型、高品位レーザー以外のコヒーレント光を発生させることへ発展可能な技術である。

これまでに当社にて構築してきた反転ドメイン波長変換技術の詳細、本技術のこれまでの商品展開と、今後の新たな波長領域への技術展開の可能性について述べる。

2. 反転ドメイン波長変換素子とは

反転ドメイン結晶は、Fig. 1 に示すように人為的に強誘電体結晶の自発分極配向をミクロンオーダーの周期にて 180°分極反転した“人工結晶”であり、その原理は 1962 年に Armstrong らによって提案されたものである³⁾。通常のバルク単結晶では不可能な、新たな機能、性能の

本誌投稿論文 (受理 2002 年 10 月 7 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

向上が示唆されていた。Fig. 2は反転ドメイン波長変換結晶における反転周期と、第二高調波発生(SHG)発生時の位相整合波長の関係を示したものである。周期を任意に選定することで、材料自身の吸収端である $\approx 350\text{nm}$ 以上の波長帯のいずれにおいても、自由な位相整合波長を選定することが可能となる。たとえば、青色($\approx 473\text{nm}$)にSHG発生する場合には $\approx 4.7\mu\text{m}$ 、緑色($\approx 532\text{nm}$)の場合には $\approx 7.0\mu\text{m}$ の反転周期が必要となる。また、それ以外にUV領域($< 400\text{nm}$)、光通信の波長領域($\approx 1.5\mu\text{m}$ 帯)、遠赤外領域($\approx 3 \sim 5\mu\text{m}$ 帯)まで拡張した波長変換が可能となる。しかし、上記の周期が数ミクロンオーダーであるために、作成が技術的に困難で、これまで実現されていなかったものである。

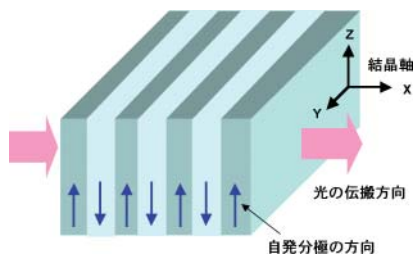


Fig. 1 Basic structure of a periodically poled crystal.

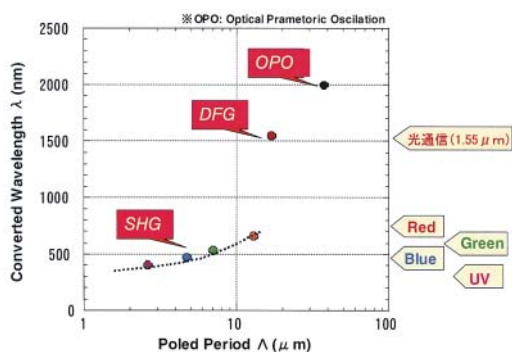


Fig. 2 SHG wavelength dependence on domain period for periodically poled MgO-LiNbO₃.

3. MgO-LiNbO₃反転ドメイン波長変換結晶

自発分極をもつ強誘電体結晶の中で、紫外用を除けば、波長変換結晶としてLiNbO₃, LiTaO₃, KNbO₃, KTiPO₄が1980年代後半までに開発されて、高機能なバルク光学材料としての研究は一段落ついた。この中で、光学材料として実用化されたのは、緑SHG発生用のKTiPO₄、青SHG発生用のKNbO₃と光変調用のLiNbO₃が挙げられる。

これまで、青色波長変換固体レーザの構成は、レーザ結晶としてNd:YAG結晶が、波長変換結晶としてKNbO₃が最も多く用いられてきた^{4) - 6)}。KNbO₃は青用のSHGの波長変換結晶として比較の変換効率が高いが、温度許容範囲が狭いという問題を有し、精密な結晶の温度制御が必要であった。また、946nmで位相整合するために角度位相整合となるために、ウオークオフと呼ばれるSHGのビームが楕円化する問題が生じ、ビーム品質が悪化することが指摘されていた。加えて、結晶の品質に問題が

あり、安定に良質な結晶を確保することに難点があった。

一方、数百mW以下の低出力の緑色波長変換固体レーザは、波長変換結晶としてKTiPO₄が用いられてきた⁷⁾。KTiPO₄はTYPEIIと呼ぶ位相整合する波長変換結晶であり、共振器内で偏光が回転する。このため、KTiPO₄そのものは広い温度許容範囲を有しているが、共振器においてはその位相差を制御するために結晶を温調する必要があり、実質的には温度許容範囲が狭くなってしまふことが難点であった⁸⁾⁹⁾。

これらの問題に対して、当社は高品位、小型の青、緑色波長変換固体レーザを実現するための波長変換結晶として、MgO-LiNbO₃反転ドメイン結晶(periodically poled MgO-LiNbO₃ crystal;以下、PPMGLNと略す)を新規に開発した。MgO-LiNbO₃は高い非線形定数を有するのに加えて、波長350nm以上において透明であり、紫外波長領域までの波長変換が可能である。また、MgO-LiNbO₃は光耐久性に優れた結晶であり、Fig. 3に示すようにLiNbO₃, LiTaO₃比べてMgO-LiNbO₃は、波長473nm、ビーム径30 μm で光出力100mW以上までのArレーザ光に対してもまったく問題なく、十分な光耐久性を有していることを確認している。

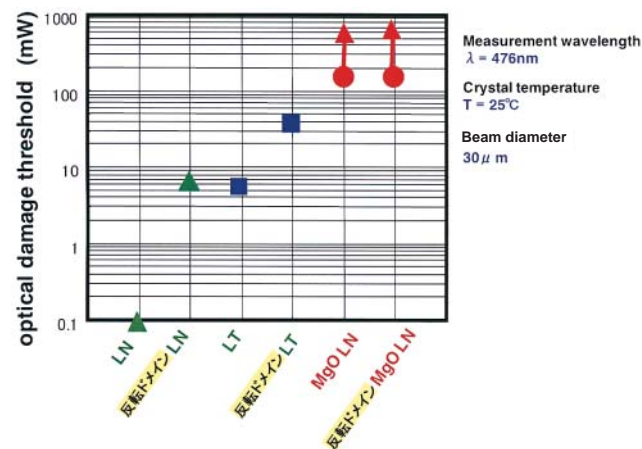


Fig.3 Optical damage threshold of MgO-LiNbO₃, LiNbO₃, LiTaO₃.

4. コロナ帯電法によるMgO-LiNbO₃反転ドメイン形成

これまでに、LiNbO₃, LiTaO₃, KTiPO₄などの強誘電体結晶を用いた幾つかの反転ドメイン結晶作成方法が提案されている^{10) - 13)}。これらの中でも、LiNbO₃, LiTaO₃はもっとも代表的な結晶であり、チョクラルスキー法により3inch径の大型結晶育成が可能三方晶系に属する1軸異方性結晶である。反転ドメインの物理現象自身は、結晶中のLiおよびNb, Taイオンのわずかな変位(0.05 ~ 0.09nm程度)により自発分極の方向が反転する現象であり、外部からの高電界などの作用により局所的な反転が可能である。これまでに、電界印加法、プロトン交換法、電子線照射法により反転ドメインが形成されてきた。特に、高電圧パルスの電界印加法を用いて、LiNbO₃, LiTaO₃結晶で比較的均一な反転ドメインの形成に成功している。

LiNbO₃反転ドメインバルク結晶を用いたシングルパスでのSHGの報告例としては、高出力LD励起Nd:YAGレーザを基本波として、最大450mWの473nm青色出力¹⁴⁾を、最大2.7Wの532nm緑色出力¹⁵⁾が得られている。しかし、いずれの場合も高出力が得られているが、LiNbO₃光損傷を回避するために140°C以上にLiNbO₃を温調しており、高品位、小型のレーザ光源としての実用適性はない。一方、小型、高効率期待できるNd:YAGレーザの内部共振器型波長変換では、532nm緑出力が0.4mW¹⁶⁾得られているに過ぎない。

MgO-LiNbO₃は、LiNbO₃、LiTaO₃に対して光耐久特性に優れ、LiTaO₃、KTiOPO₄に対して大きな非線形光学定数を持つ優れた結晶でありながら、電気導電率が高いために精密周期制御された反転ドメイン形成方法が見出されていなかった。当社では、Fig. 4に示した新規に独自開発したコロナ帯電法により、MgO 5mol %ドーパされたZ方位軸カットMgO-LiNbO₃にて周期均一性に優れた反転ドメイン形成に成功した¹⁷⁾。コロナ帯電による反転ドメインの具体的な作成法は、まず、基板厚0.4mmのZカットMgO-LiNbO₃の+Z面に、青の基本波946nm、緑の基本波1064nmにてそれぞれ室温で擬位相整合するようにTa周期電極をスパッタとリソグラフィーにて形成する。これらのサンプルを、Fig. 4に示すようにコロナ帯電装置にセットする。+Z面のみTa周期電極間を高抵抗に維持するために10⁻⁷ Torrの高真空中に保持し、-Z面に-5.5kVの高電圧を100°Cで2秒間かけ、PPMGLNを作成する。作成したサンプルのY方位軸の断面を光学研磨し、HF:HNO₃ = 1:2の混酸でエッチングした反転ドメイン構造の顕微鏡写真をFig. 5に示した。反転ドメインの核が+Z面側から発生し、-Z面に貫通するまで深さ方向に対して均一な周期の反転ドメインが形成できていることがわかる。また、PPMGLN L=2.0mmでの946nm基本波に対する青色473nm波長変換出力の波長依存性を基本波光源として、Ti:Al₂O₃レーザを用いて測定した。その結果、半値幅は0.6nmで、理論計算値とほぼ一致することが確認できた。このことは、反転ドメインが結晶長方向での周期性が光学的にも均一であることを示唆しており、新規に開発したコロナ帯電法が高品位のMgO-LiNbO₃反転ドメイン形成方法として有効であることが実証された。

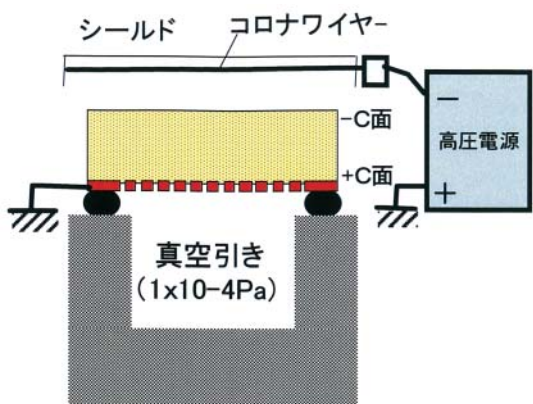


Fig. 4 Schematic diagram of the experimental setup for the novel corona discharge method.

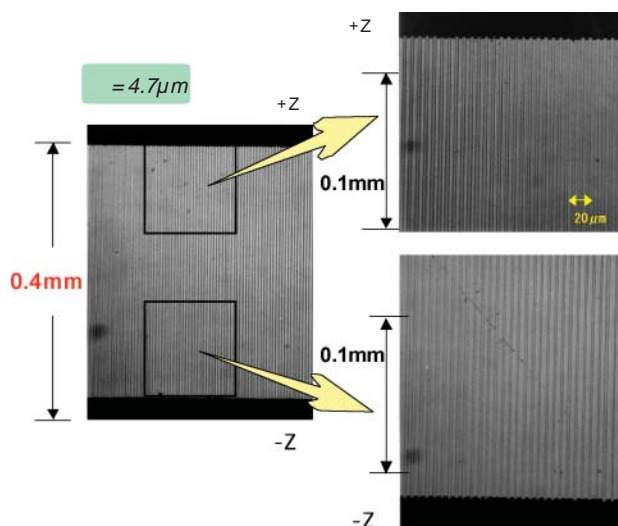


Fig. 5 Optical-microscope image of the Y face-cross section of the bulk domain structure of a 0.4mm-thick periodically poled MgO-LiNbO₃ after chemical etching.

また、高品位、出力安定な青、緑光源の実現を目的として、波長変換結晶の性能としてPPMGLNの位相整合時の広い温度許容範囲にも注目して開発してきた。PPMGLNは、基本波と第二高調波が同一のn_e偏光をとるために、単位結晶長あたりの温度許容範囲が広がる特長も有する。加えて、非線形定数をもっとも大きいd₃₃を用いた実効非線形定数d_{eff} = 21pm/Vが得られるため、アングルカットのKNbO₃ (16pm/V)などに対して高い変換効率を得ることができる。当社は、これらの特長を最大限活かし、高い変換効率を確保しつつ広い温度許容範囲を得るために、PPMGLNの結晶長L=2mmにすることとした。946nm青色対応PPMGLNの青色473nmの結晶長2mmにおける波長変換パワーの温度依存性を測定し、9°C (18°Cmm)の広い温度許容範囲であることが確認できた。これは、これまでのKNbO₃ (4°Cmm)に対して約5倍広い温度許容範囲である。

さらに、KNbO₃結晶は90°分域が生じやすいため散乱損失が多く、また、2光子吸収などによる吸収の影響があるために、共振器内に挿入した場合の内部ロスが0.5%程度と大きい。これに対して、PPMGLNの内部ロスは0.1%以下で、KNbO₃に対して非常に小さい。後述する内部共振器型固体レーザの波長変換の場合、非線形定数の2乗と内部ロスの逆数の2乗に比例するので、PPMGLNはKNbO₃に対して非常に大きな変換効率期待できることも大きな特長のひとつである。

5. 青、緑波長変換固体レーザ

5.1 青、緑色固体レーザの構造と特性

当社独自のPPMGLNの特長を活かした、小型、高品位の青、緑色波長変換固体レーザの構造と特性について以下に述べる。青、緑とも半導体レーザ励起の内部共振器型の固体レーザで、基本構造は同一である^{18),19)}。青色

波長変換固体レーザは、レーザ結晶としてNd:YAG結晶を用いた。励起光源には、発光幅50 μ m、最大出力500mWの当社で独自開発した高出力ワイドストライプ型半導体レーザを用いた。半導体レーザ光をNd:YAG結晶内に集光し、 $\lambda=946$ nmの基本波をレーザ発振させ、PPMGLNによって波長変換し、 $\lambda=473$ nmの青色波長変換光を発生させた。Nd:YAGの前面のフラットミラーと反対側の凹面ミラーの高反射ミラーにより、946nmに対するファブリペローレーザ共振器を形成している。共振器長を10mmとし、共振器内にエタロンを挿入することで完全な縦単一モード動作を容易にし、安定かつ低ノイズ特性を実現した。Fig.6に示すように、高効率、温度許容範囲の広いPPMGLNを用いたことで、半導体レーザとPPMGLNを含む固体レーザ部の同時温度調節が可能となり、同一ペルチェ上には半導体レーザとPPMGLNを含む固体レーザ共振器を配置した構造にすることで、波長変換レーザの寸法41 \times 22 \times 21mm³までの小型化を実現している。また、このことが同時に環境温度に対しても出力、ノイズとも安定な特性をも可能にしている。緑色波長変換固体レーザに用いたレーザ結晶とPPMGLNのスペック以外は、基本的に青色波長変換固体レーザと同様である。基本波を発振させるレーザ結晶として、励起効率のよいNd:YVO₄を用いた。半導体レーザ光でNd:YVO₄を励起して $\lambda=1064$ nmの基本波をレーザ発振させ、PPMGLNによって $\lambda=532$ nmの緑色波長変換光を発生させている。

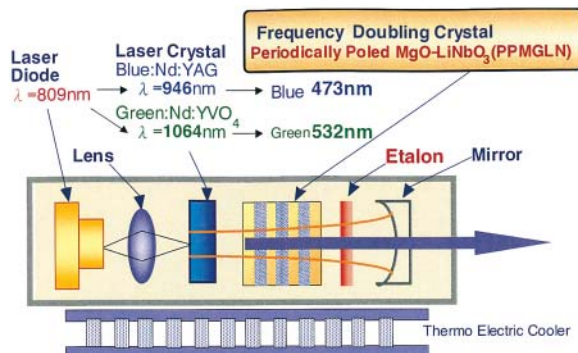


Fig. 6 Basic configuration of the blue and green diode-pumped intracavity frequency doubling solid-state lasers.

青、緑色波長変換固体レーザの諸特性について示す。Fig. 7は、励起LDの駆動電流に対する青、緑それぞれの光出力特性の一例である。青色波長変換固体レーザは、半導体レーザ励起500mW時に青色出力最大17mWが得られ、その変換率は3.4%であった。また、駆動電流変化に対しても常に安定な単一縦モード動作であることを確認した。一方、緑色波長変換固体レーザは励起500mWの時に緑色出力最大90mWが得られ、その変換率は18%であった。

PPMGLN結晶は複屈折による角度位相整合でないため、ウォークオフがなく、ビームは非常に均一なTEM₀₀ガウスビームで、楕円比1:1、ビーム品質を表すパラメータであるM²は1.05と良好であり、光耐久性に問題がないことも改めて確認できた。

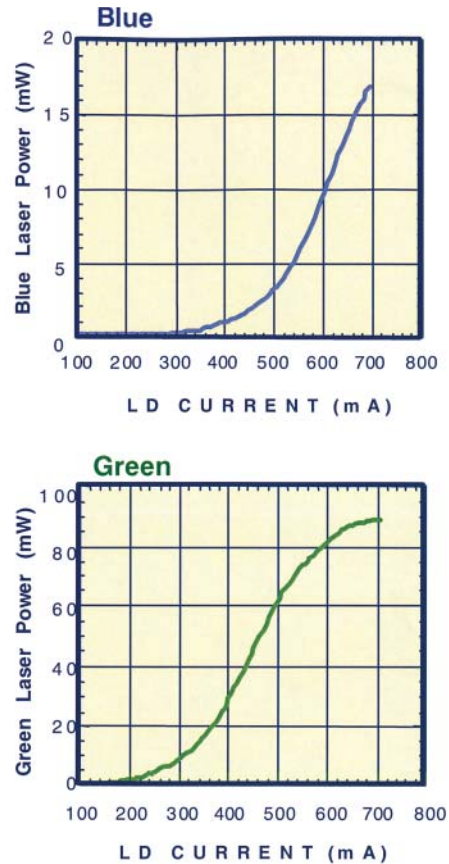


Fig. 7 SH power of intracavity frequency doubling as the function of pumping laser diode (LD) power. SHG: (Second Harmonic Generation).

当社が目的とするシステム機器などに青、緑色固体レーザを搭載するためには、環境温度に対する安定性、保存温度に対する耐久性もきわめて重要である。環境温度を変化させた場合の出力の安定性とノイズ安定性の結果をFig. 8に示す。環境温度は10 $^{\circ}$ Cから45 $^{\circ}$ Cまで変化させた。出力安定性は $\pm 1\%$ 以内、ノイズ安定性は1% rms以内であった。あわせて、ビーム径変動の測定を行い、その変動が $\pm 1\%$ 以下であることも確認した。上記の環境温度範囲の多重サイクル試験を行っても出力安定性、ノイズ特性にまったく影響なく、システムに搭載できる環境特性を持つことを確認した。また、保存温度試験(-25 $^{\circ}$ C \sim 70 $^{\circ}$ C)に対する耐久性も保証されている。

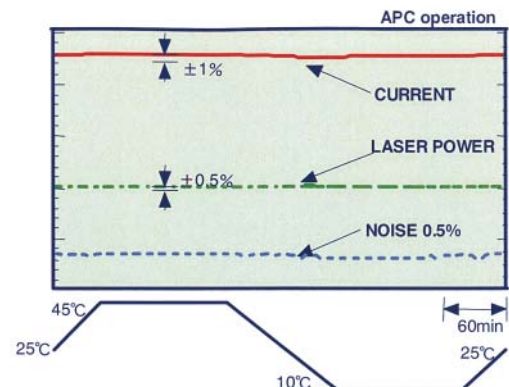


Fig. 8 Temperature stability of blue diode-pumped intracavity frequency doubling solid-state lasers.

5.2 青, 緑波長変換固体レーザーの応用展開

これまで述べてきた当社の青, 緑色波長変換固体レーザーは, 冒頭に述べたように当社のデジタルラボシステム「Frontier」以外にも応用展開されている。バイオ解析分野では, 従来のRI(放射性同位元素)を標識マーカーとするRI法に対して, 化学発光法や蛍光法などの非RI法が急速に普及しつつある。これまでの励起光源のArレーザー, 450nm青色LEDでは放熱, サイズ, 励起効率などが問題であった。独自の青, 緑色波長変換固体レーザーの搭載により, これらの問題を一気に解決し, Photo 2に示すように, 現在, 高感度, 高分解能の小型軽量の蛍光分析システム「FLA3000」を発売している。



Photo 2 Fluorescent image analyzer FLA3000.

また, 印刷分野のデジタルワークフロー時代に対応した, フォトポリマータイプ世界最高速のプレートセッター用の露光光源として, 出力250mWの高出力緑色固体レーザーを新たに開発して搭載し, Photo 3に示す「Luxel P-9600」を商品化した。



Photo 3 Platesetter Luxel P-9600.

6. 反転ドメイン波長変換結晶の新たな展開

反転ドメイン結晶は, 前述したように, 原理的には周期を任意に選定することで, Fig. 2に示したように材料自身の吸収端である $\approx 350\text{nm}$ 以上の波長帯のいずれにおいても自由な波長に波長変換することが可能となる。これまでの青, 緑色SHGではそれぞれ周期が $\approx 4.7\mu\text{m}$, $7\mu\text{m}$ であったが, その応用波長域拡大の可能性を広げるために, さらに短周期の紫外波長領域の限界と, 長周期の光通信波長帯($1.55\mu\text{m}$ 帯)での周期制御性の高い波長変換素子の基礎検討を行なった。

独自のコロナ帯電法は, 光損傷特性に優れる MgO-LiNbO_3 反転ドメインの作成方法として最適な方法であり, 周期 $\approx 2.4\mu\text{m}$ の高精細のピッチで波長 $\approx 390\text{nm}$ 帯をねらった高効率の紫外用PPMGLNの作成にも成功した。これにより得られた素子のSHG波長変換効率を評価したところ, 従来作製してきた青用PPMGLNと同等の性能指数である 8pm/V が得られた。Table 1に示すように, ポレート系の他の紫外波長域用の波長変換結晶に比べて5倍~10倍の高い変換性能を示した。さらに, 周期を $\approx 2.0\mu\text{m}$ 以下まで高精細化することにより, YAG固体レーザーのTHG(Third Harmonic Generation)の355nmの波長域までの波長変換が可能となれば, 現在のTHGレーザーの効率, 出力を飛躍的に向上することが可能になり, 各種露光用光源, 半導体プロセスの評価装置, バイオ用の蛍光励起光源などの応用が期待されている。

Table 1 Effective Nonlinear Coefficient of UV Periodically Poled MgO-LiNbO_3 .

位相整合波長: $780\text{nm} \rightarrow 390\text{nm}(\text{SHG})$

UV波長変換結晶	反転周期 (μm)	d_{eff} (pm/V)
PPMGLN	2.4	8.0
BBO	—	1.7
CLBO	—	0.6

一方, 長周期の $\approx 17\mu\text{m}$ 近辺を選定することにより, 光通信で多用されている波長帯の $1.55\mu\text{m}$ 帯での波長変換への展開も可能になる。光通信分野の大容量伝送に伴う波長の多重化において, 波長変換はネットワーク間の光クロスコネクタ装置内のKEYデバイスとして注目されている技術のひとつである。この場合には, これまでに説明したSHGではなく, 差周波発生(DFG: Difference Frequency Generation)による波長変換を行なう。差周波発生の原理はFig. 9に示すように, 強いポンプ光($\lambda_p=1.56\mu\text{m}$)のSHG($\lambda_s=0.78\mu\text{m}$)と, 波長変換したい信号光($\lambda_s=1.57\mu\text{m}$)を反転ドメイン波長変換素子に同時に導波させると, 波長変換波($\lambda_c=1.55\mu\text{m}$: $1/\lambda_c=1/\lambda_p-1/\lambda_s$)を発生させることができるものである。

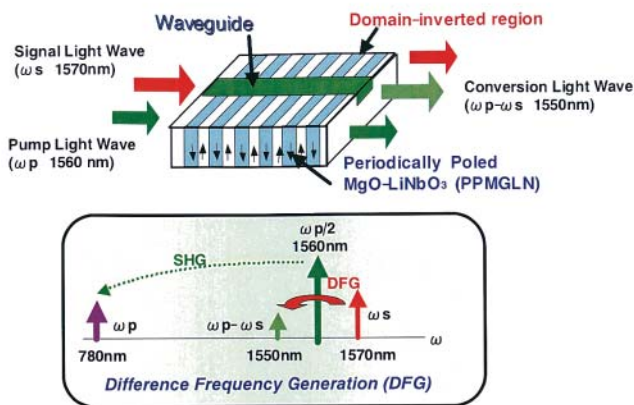


Fig. 9 Wavelength conversion based on DFG used in the optical fiber communication.

これまで他社は、ノンドープのLiNbO₃を用いたDFG素子を開発してきたが、変換効率をアップさせるためにポンプ光強度をアップすると光損傷により効率が飽和することが問題視されていた。当社では、「Frontier」用に開発した光損傷に強いMgO-LiNbO₃反転ドメイン技術を進展させた素子の要素を検討している。ノンドープLiNbO₃のDFG素子では、ポンプ光強度20mWレベルで変換効率が飽和するのに対して、MgO-LiNbO₃の素子では最大ポンプ光強度の律速で、80mWでも効率の飽和は見られないことを原理的に確認した²⁰⁾。今後、光通信の情報容量が飛躍的に増大したときのKEYデバイスとしての展開が期待される。

7. まとめ

当社は、光損傷特性に強いMgO-LiNbO₃結晶を用いて、独自に開発したコロナ帯電法により、473nm青色及び532nm緑色に対応した均一な周期ドメイン反転構造を有する波長変換素子のMgO-LiNbO₃反転ドメイン結晶(PPMGLN)の開発に成功した。これらの反転ドメイン結晶を用い、半導体レーザー励起内部共振器型波長変換固体レーザーを開発し、最大光出力青色17mW、緑色90mWの高効率なレーザー出力を得た。この波長変換固体レーザーはMgO-LiNbO₃反転ドメイン結晶を用いたことにより、1)高変換効率、2)同時温調による小型化、安定化、3)高いビーム品質を実現した。

この独自の高性能、小型青、緑色波長変換固体レーザーを、銀塩感材にレーザー走査露光するラボ用デジタルフルカラープリントシステム「Frontier」、分子生物学用多目的蛍光画像解析システム「FLA3000」、および印刷用プレートセッター「Luxel P-9600」に搭載し、Keyデバイスとしてシステムの飛躍的な性能向上に貢献した。

また、ドメイン反転結晶の周期を任意に制御することで、紫外領域(>350nm)から光通信の波長領域までの波長拡大の可能性を原理的に確認し、新たな応用展開の可能性を示した。

参考文献

- 1) 大谷薫明, 梅本真, 松本正幸. 富士フィルム研究報告. No.42, 1 (1997).
- 2) 小澤良夫ほか. 富士フィルム研究報告. No.45, 3 (2000).
- 3) J. A. Armstrong; N. Bloembergen; J. Ducuing; P. S. Pershan. Phys. Rev. 127, 1918 (1962).
- 4) W. P. Risk; R. Pon; W. Lench. Appl. Phys. Lett. 54, 1625-1627 (1989).
- 5) G. J. Dixon; Z. M. Zhang; R. S. F. Chang; N. Djev. Opt. Lett. 13, 137-139 (1988).
- 6) G. Hollemann; E. peik; H. Walther. Opt. Lett. 19, 192-194 (1994).
- 7) T. Baer. Opt. Soc. Amer. B 3, 1175 (1986).
- 8) 永井秀夫, 桑雅弘, 太田一成, 清水裕一. レーザ学会研究会報告. RTM-90-38, 13 (1990).
- 9) M. Oka; S. Kubota. Opt. Lett. 13, 807-809 (1988).
- 10) S. Thaniyavarn; T. Findakly; D. Booher; J. Moen. Appl. Phys. Lett. 46, 933-935 (1985).
- 11) K. Mizuuchi; K. Yamamoto; H. Sato. J. Appl. Phys. 75, 1311-1315 (1994).
- 12) M. Gupta; W. P. Risk; A. C. G. Nutt; S. Dlau. Appl. Phys. Lett. 63, 1167-1169 (1993).
- 13) Q. Chen; W. P. Risk. Electron. Lett. 30, 1516-1517 (1994).
- 14) M. Pollnau; Q. W. Ross; W. A. Clarkson; P. G. R. Smith; P. E. Britton; D. C. Hanna. Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO '97) postdeadline papers. CPD32 (1997).
- 15) G. D. Miller; R. G. Bachko; W. M. Tulloch; D. R. Weise; M. M. Fejer; R. L. Byer. Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO '97) OSA Technical Digest Series, Paper CTuB2 (1997).
- 16) V. Pruneri; J. Webjorn; P. St. J. Russell; J. R. M. Barr; D. C. Hanna. Opt. Com. 116, 159-161 (1995).
- 17) A. Harada; Y. Nihei. Appl. Phys. Lett. 69, 2630-2632 (1996).
- 18) A. Harada; Y. Nihei; Y. Okazaki; H. Hyuga. Opt. Lett. 22, 805-807 (1997).
- 19) 原田明憲, 岡崎洋二, 神山宏二. レーザ研究. 26, 861-868 (1998).
- 20) B. Zhou; C. Q. Xu; B. Chen; Y. Nihei; A. Harada. Jpn. J. Appl. Phys. 40, L796-L798 (2000).

(本報告中にある“Luxel”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

デジタルカメラ新規格 Exif Version 2.2

渡辺 幹夫*, 椿 尚宜*

A New Standard for Digital Still Cameras “Exif Version 2.2”

Mikio WATANABE* and Hisayoshi TSUBAKI*

Abstract

The image file format standard Exif is widely used as a standard for digital still cameras. Recently, technology advancements in camera resolution and print quality have brought demands for simple and high-quality print outputs. To meet such demands, a new version 2.2 has been proposed including newly defined as well as redefined tags that record information useful for printer processing.

1. はじめに

1.1 制定の経緯

デジタルスチルカメラ(以下,DSCと呼ぶ)は,コンピュータ(以下PCと呼ぶ)の高性能化・低価格化,半導体技術の進歩を背景として,1990年代後半から急速に普及が始まった。DSCの技術検討は1980年代より進められてきたが,記録媒体として用いられるメモリーカードにどのように画像データを記録するかについての仕様,すなわち画像ファイルフォーマットを標準化することが重要な課題であった。Exif(Exchangeable image file format)は,このような背景から,1995年に第1版(Exif Version 1.0)が制定され,その後,記録データ種別やタグ情報を拡張して改版が重ねられ,1998年にExif Version 2.1となった。これに加えて,メモリーカード間で画像データを交換・再生するためのファイルシステム規格DCF(Design rule for Camera File system)が制定され,ExifとDCFを併せて実質的な国際標準フォーマットとなった。近年は,DSCに限らず,PCソフト,プリンタ,情報端末などでも対応され,利用分野が広がっている。

1.2 Exifのねらい

画像フォーマットを標準化するねらいとして,ユーザーが撮影した画像を他の機器でも使えること,異なる種類の記録媒体にデータを移し替えても同じく利用できることがある。過去の画像が新しい機種で取り扱えることも重要である。さらに,各メーカーや業界で仕様を共

通化することで,メーカー側の開発負荷を軽減するだけでなく,新たな応用分野が広がりスケールメリットも得られる。

1.3 特徴

Exifでは,DSCで記録する画像データの形式(どのような信号をどのような順序で記録するか),および画像データ先頭部に埋め込む付帯情報(タグ)を規定している。Exifでは各社の競争領域を十分に確保するため,記録画像の画素数については制限していない。ただし,記録画素間の水平・垂直の距離は同一であること,すなわち「正方画素」での記録が決められている。

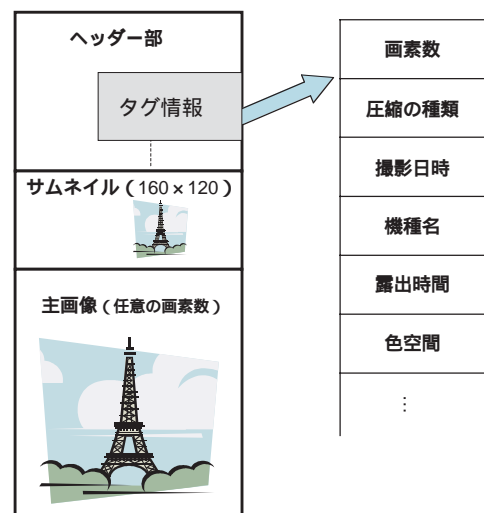


Fig. 1 Data structure of the Exif compressed file.

本誌投稿論文(受理2002年10月17日)

* 富士写真フイルム(株)電子映像事業部 開発部
〒351-8585 埼玉県朝霞市泉水3-11-46

* Electronic Imaging Products Division
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Senzui, Asaka, Saitama 351-8585, Japan

① 画像ファイルの構造

Exifでは圧縮データと非圧縮データが定義されている。一般的に利用されている圧縮データフォーマットは, Fig. 1に示すデータ構造となっている。画像圧縮方式は静止画用標準方式JPEGを利用している。

JPEGでは実際の機器で利用される付帯情報は規定されていないことから、Exifとして所定のヘッダー領域に各種情報を、タグ構造で記録している(Fig. 1のタグ記録順序はイメージ)。

② タグ情報

Exifで記録されるタグ情報の内容は、画像データの記録位置や画素数、データ並びなどに関する情報、撮影履歴に関する情報、位置情報など、用途ごとに利用される情報、さらに画像検索などに使うための縮小画面(サムネイルと呼ぶ)などである。サムネイルのフォーマットは、DCF規格において160×120画素に統一されている。

2. 最新規格Exif Version 2.2 (ExifPrint)

2.1 Exif2.2の目的

1章で述べたように、Exif2.1までは、主に画像データを正しく交換・再生するための機能面に重点が置かれていた。一方で、タグ情報を再生時に利用し、画質を改善する検討も進められていた。近年、DSCのさらなる高画素化と各種プリンタの性能向上・低価格化、プリントサービスの環境整備などにもとない、高画質なプリント出力をユーザーが手軽に得るための仕組みが求められてきた。これを印刷するプリンターにおいては、入力された画像のシーンを解析し、適切な補正をおこなった上で出力する(自動補正処理)。自動補正処理は各社のノウハウであり、富士写真フィルムでは銀塩写真で培った各種処理技術により、DSC画像に対してもシーンごとに最適な処理を施した上でプリントする画像処理技術が確立されている。一方で、さまざまな種類のDSC、プリンターの組み合わせや撮影シーンなどの条件があり、一部でユーザーの好みとは異なる仕上がりとされるケースも見られた。

2.2 タグ情報の活用

このような課題に対して、さまざまな条件やDSC・プリンターの組み合わせにおいても、より好ましいプリント仕上がりが得られることを主たる目的としてExif2.1

の改訂を行なった。Exif2.2では、適切なプリント処理の手がかり(参照データ)となるDSC側の情報をタグ情報として提供し、プリンター側ではこの情報を解釈し、自動補正処理の精度を向上するとの考え方を基本としている(Fig. 2)。

これらの仕組みを表す一般向け名称として「ExifPrint」ロゴが制定されている。

2.3 Exif2.2の概要

Exif2.2で新規に定義または再定義されたタグは以下のとおりである。

① 新規タグ情報

A) 撮影時のカメラ設定条件に関する情報 (Table 1)

Table 1 Digital Still Camera (DSC) Operating Conditions for Image Capture.

タグ	内容
Flash	撮影時のストロボの状態。プリンターでは、適正露光での推定に利用する。
Exposure Mode	撮影時に設定された露出モード(自動/マニュアル/オートブラケット)。
White Balance	撮影時に設定されたホワイトバランス・モード(自動/マニュアル)を示す。
Exposure Time	露出時間を示す。長時間露光の場合、プリンターではノイズ処理をおこなう。
Digital Zoom Ratio	撮影時に使用したデジタルズームの倍率。プリンターでは拡大縮小処理の補助情報とする。
Scene Capture Type	撮影シーンタイプとして被写体の種別(標準/風景/人物/夜景)。プリンターでは、種別に従ってコントラスト、彩度、シャープネスなど補正をおこなう。

B) 撮影シーンに関する情報 (Table 2)

Table 2 Information on Captured Scenes.

タグ	内容
Brightness Value	カメラが推定した主要被写体の輝度値。
Light Source	カメラが自動ホワイトバランスで推定した光源の種類、またはユーザーが設定した光源の種類。
Subject Distance Range	被写体までの距離範囲(標準/マクロ/近景/遠景)。
Subject Area	シーンにおける主要被写体の位置を示す。

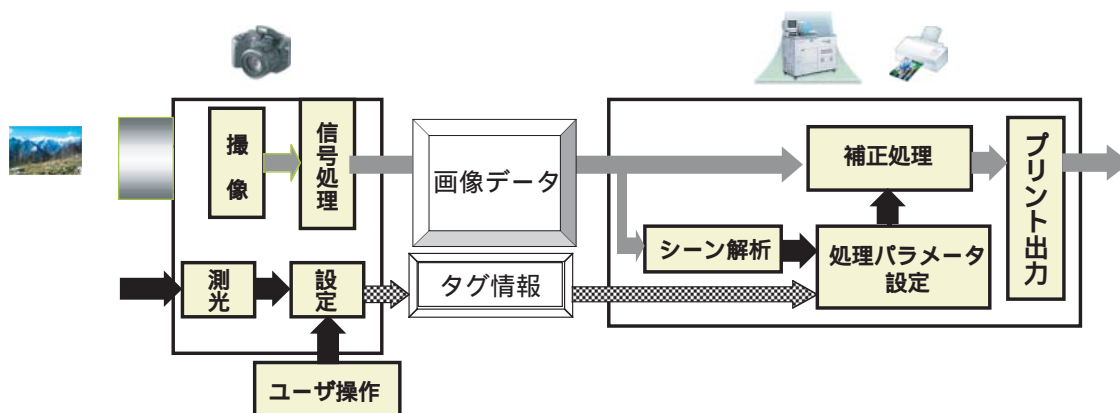


Fig. 2 System concept of image printing using tag information.

C) 撮影時におこなった処理に関する情報 (Table 3)

Table 3 Information on Image Processing in DSC.

タグ	内容
Contrast	撮影時にカメラが画像に施したコントラスト処理傾向 (標準 / 軟調 / 硬調)。
Saturation	撮影時にカメラが画像に施した彩度処理傾向 (標準 / 低彩度 / 高彩度)。
Sharpness	撮影時にカメラが画像に施したシャープネス処理傾向 (標準 / 強 / 弱)。
Gain Control	ゲインコントロールによる増減感の度合い (増感 / 減感, 強 / 弱)。
Custom Rendered	画像データに対して、出力を考慮したレンダリングなど、通常と異なる処理が施されていることを示す。プリンターでは、1 (特殊処理) が設定されていた場合には、二重処理を避けるため、さらなる補正処理を軽減する。

② 色空間の定義

従来, Exif では, 色空間として sRGB 規格を参照してきたが, 今回, Exif2.2 において, 実用領域における RGB 空間と YCC 空間の対応関係 (sYCC) を含めて定義を明確化した。

2.4 タグ情報の利用例

露出モードタグを利用したプリントのイメージを Fig. 3 に示す。通常, 同一のシーンにおいて露出が意図的に変更され連続撮影された場合, 従来, プリンター側では自動補正してほぼ均一に出力していた。今回, 露出モードタグが「マニュアル」または「オートブラケット」に設定されている場合には, プリンター側で自動補正処理を抑制することで, 撮影者の意図に沿って, 露出差を反映したプリントが可能である (注: Fig. 3 の画像はイメージ)。

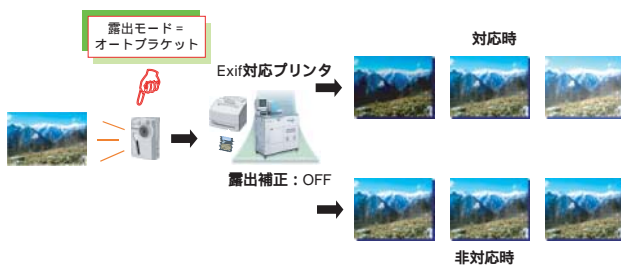


Fig. 3 Example of printer processing using ExifPrint tag information on camera exposure mode.

3. むすび

Exif2.2のタグ情報を, このような目的で利用する試みは始まったばかりである。本来, DSCとプリントの品質は, 各社独自の技術に依存しており, 規格により均一化される性格のものではない。情報をどのように処理に利用するかは, プリンター側の裁量範囲であり, 差別化ポイントともなる。

今後, 規格の運用として, DSCとプリンター間で正しくタグ情報が受け渡され, より好ましいプリントとなるよう仕組みを確立してゆく必要がある。このための互換性をとるための試みが始まっている。

最後に, この規格の制定には当社のみでなく, デジタルカメラ関係各社の努力が結集されている。これらに携わった方々, 特に画質設計技術の面から規格制定に貢献された当社 電子映像事業部開発部 竹村主任に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) JEITA CP-3451, Exchangeable image file format for digital still cameras: Exif Version 2.2, final draft (<http://tsc.jeita.or.jp/avs/data/cp3451.pdf>)
- 2) カメラファイルシステム規格 (Design rule for Camera File system) (http://it.jeita.or.jp/document/publica/standard/exif_jap/jeida49jap.htm#a)

携帯電話画像 ASP “KeitaiPicture” を支える デジタルイメージング技術

宮本 隆司*, 浅井 有人*, 野中 俊一郎*,
沢野 哲也*, 羽田 典久*, 乾谷 正史*

Digital Imaging Technology for Mobile Phones and its Application Service: KeitaiPicture

Takashi MIYAMOTO*, Arito ASAI*, Shun-ichirou NONAKA*,
Tetsuya SAWANO*, Norihisa HANEDA*, and Masafumi INUIYA*

Abstract

Mobile phones are already popular as Web browsing/Mail devices. Moreover, digital cameras are becoming a standard accessory of mobile phones in Japan. So we consider mobile phones as an important device of taking and viewing pictures.

There are three technologically important points to show pictures: scaling process, color reduction and bit-rate controlling process, and color compensation process. Three points are important for taking pictures: brightness compensation, color compensation, and sharpness compensation.

Our image conversion service KeitaiPicture, based on these technologies, is efficient and easy-to-use to build Web site for mobile phones.

1. はじめに

携帯電話はすでに日本人口の約7割に普及し,しかも大半の端末がiモードなどでインターネット接続可能となっている。これをパーソナルコンピュータ(以下,PC)と比較すると,普及率の高さが際立っている。PCの場合,ブロードバンドの普及などの追い風要因はあるが,使い方の難しさ,トラブルの多さなどのために世帯普及率でやっと半数を越えた段階である。もちろん,PCが重要なプラットフォームであることは論ずるまでもない。しかし,Webサイトやメール閲覧のツールとしての携帯電話は,数の多さやいつでも使える即時性などいくつかの点で,PCを凌駕するポテンシャルを獲得したと言える。

さらに,現在,この圧倒的な数の携帯電話インフラの上に新しい写真文化が花開きつつある。Jフォンの「写メール」サービスに始まる,デジタルカメラ付き携帯電話がそれである。「写メール」サービスがたいへん好評であることを見た携帯キャリア各社は,デジタルカメラを搭載した端末を次々と発売しており,平成14年の年

本誌投稿論文(受理2002年10月17日)

*富士写真フイルム(株)電子映像事業部
〒351-8585 埼玉県朝霞市泉水3-11-46

*Electronic Imaging Products Division
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Senzui, Asaka, Saitama 351-8585, Japan



Fig. 1 “KeitaiPicture” service.

末にはほぼすべての携帯電話にデジタルカメラが標準搭載されるようになる予定である。

さて,携帯電話の買い替えのペースは,だいたい「2年で半分のユーザが買い替える」くらいと見ることができる。すなわち,2年後には,日本国民の半数近い人々が携帯電話に付属したデジタルカメラを「毎日持ち歩く」という,驚くべき事態が出現すると予想される。

このことは見方を変えると,写真などの画像を「撮る」「見る」という流れに,「銀塩カメラ」「プリント」,「デジタルカメラ」「PC」に続いて「携帯電話」「メール」という第3の流れができつつあると見ること

ができ、写真文化がここ数年の内に大きく様変わりすることは間違いないと言えよう。

富士写真フイルムは、早い段階から携帯電話の可能性に着目し、画像データベース“pixabase”シリーズを用いた各種サービスや技術の開発に注力してきた。本稿では、当社の開発した携帯電話向けの画像技術について、“見る”ための技術と“撮る”ための技術に分けて解説する。また、その適用例として当社ASPサービス“KeitaiPicture”を紹介する(“ASP”とは“Application Service Provider”の略で、インターネット上でのサービス提供ビジネスのことを指す)

2. 携帯電話用画像の技術

携帯電話上で画像を取り扱う場合の問題点としては、大きく分けて、画像を作ることそのもののむずかしさとサービス運用上のむずかしさの2つがある。運用上の問題点については、“KeitaiPicture”サービスの紹介の所で説明することとし、本章ではまず画像技術上の問題点を解説する。

2.1 携帯電話用画像のむずかしさ

日本国内において、携帯電話は年間50機種以上が発売され続けており、インターネット接続可能な端末だけでも平成14年9月現在で累計200機種弱に達している。これらの端末は、画面サイズの統一が行なわれておらず、この機種数の多さそのものが最大のむずかしさであると言うこともできるが、それ以外にも次のような問題点がある。

1) 小さい画面

携帯電話の画面サイズには、現状では大きく分けて、縦横96ドット前後のものと120ドット前後のもの2大潮流がある。最近になって200ドットクラスの端末も出始めたが、それでもPC用の画像を扱いなれている人には、非常に小さいと感じられるであろう。小さい画面に情報を詰め込むことから、画像の縮小時に画質劣化が多いと目立ちやすいため、注意をはらう必要がある。また、携帯電話は横スクロールできない端末が多いため、端末の画面サイズに合わせた大ききで出力する必要がある。

2) 多様なファイルフォーマット

各キャリアの端末が表示する画像のフォーマットには次のようなものがある。

- DoCoMo(iモードサービス)..... GIF, JPEG
- Au/TuKa(EZwebサービス)..... BMP, PNG, JPEG
- Jフォン(Jスカイサービス)..... PNG, JPEG

新発売の機種については、ほぼJPEGで統一されつつあるが、すでに販売された機種が膨大な数に達しており、少なくとも数年間はフォーマットの混在が続くであろう。

3) 小さい端末キャッシュ容量

携帯電話でWebサイトを見る場合、PCとは異なる点として、容量制限がある。たとえば、NTTドコモのiモードでは、当初、“HTMLと画像すべて合わせて5KB以内”

という制限であった(最近の機種では容量制限は緩和されつつある。また、キャリアや端末によって容量制限が異なる)。したがって、単に画像を縮小しただけでは画像や端末によっては表示できないものがあるため、容量制限(ビットレートコントロール)の技術が必要になる。

4) 多様な表示色数

端末の液晶表示能力が、256色、4096色、65536色というように徐々に増えてきており、現在はさまざまな色表示能力の端末が混在している状況である。したがって、端末に合わせて減色を行なう必要があるが、その際、同時に容量制限も考慮しなければならないため、技術的なハードルが高い。また、使用されている表示デバイスも、STN液晶、TFT液晶、有機ELなど多数が登場しており、それぞれに表示特性が異なる。携帯電話は屋外(明るい場所)で使われたり、室内(暗い場所)で使われたりするため、PC用のモニタと比べて使用環境が厳しい。それにもかかわらず、小型・低消費電力も求められるため、各メーカーとも最新の技術を投入して競い合っているが、色の再現性についてはややおざなりになっているきらいがある。そのため、端末の色表示特性に合わせて階調・色補正を行なう必要がある。

5) キャリアごとの独自仕様

以上のほかに、各キャリアが独自に定めた仕様が存在する。著作権保護のための仕様、チェックサムの付加などであり、いずれもサービス提供上のネックとなっている。本稿ではこれらについては触れない。

以上のような問題点を解決するための技術として、次節では「縮小技術」、「減色技術」、「階調・色補正技術」の3点を取りあげ、解説する。その後、最近の潮流である携帯電話用カメラの画像技術について紹介する。

2.2 携帯電話画像表示の技術

2.2.1 縮小技術

「画像縮小」をとりたてて、「画像処理技術」の重要な項目であると意識することは少ないと思われるが、出力画像の画質を重視する場合にはかなり重要な技術であり、よくある画像縮小処理をそのまま使用しては所望する画質は実現できない。



Fig. 2 Flow chart of image scaling process.

Fig. 2に画像縮小処理のフローを示す。Fig. 2のように、画像縮小処理は大きく分けて、(1)プレフィルタ(2)

座標変換、(3)ポストフィルタ、の3つのステップに分けられる。

(1) プレフィルタ

この処理は、画像を縮小することによって表現が不可能になる高周波成分をカットするために行われる。縮小処理全体の中で、出力後の画質と処理時間に影響を与えるのはこのプレフィルタの処理になる。簡易な縮小処理の場合は、このプレフィルタの処理を省いたり、他のステップと同時にいたりすることがある。

(2) 座標変換

この処理は、元画像と縮小後の画像の画素数が変更されることに伴う、座標を変換するために行われる。Fig. 3に3画素×3画素の画像を2画素×2画素に縮小する際の、座標変換の様子を示した。Fig. 3の場合、縮小後の「1画素分」の距離は縮小前の「1.5画素分」に相当し、このような座標変換を施して、縮小後の座標における色を算出することとなる。



Fig. 3 Concept of coordinates conversion.

(3) ポストフィルタ

この処理は、上記座標変換で変換された座標が整数値でない場合に、近傍の画素の値から当該画素の値を求めために行われる。市販の画像処理ツールなどでは、画像縮小処理のアルゴリズムとして「ニアレストネイバー(最近傍法)」、「バイリニア(線形補間)」、「バイキュービック(3次補間)」などを選択できることがあるが、これらのアルゴリズムは縮小処理自体のアルゴリズムではなく、ポストフィルタのアルゴリズムである。「ニアレストネイバー」、「バイリニア」、「バイキュービック」の順に画質が向上し、一方で、処理時間が多くかかる。しかし、(1)でも述べたように、画像縮小処理全体で見ると、最も画質や処理時間といった処理性能に影響を与えるのはプレフィルタの部分である。そのため、いくらポストフィルタ部分で画質の優れたバイキュービック法を用いても、プレフィルタを省いたり、画質面を軽視したプレフィルタを使用したりしては、適切なプレフィルタを用いたニアレストネイバー法やバイリニア法を用いた画

像縮小処理の画質に対して劣るような結果となってしまふ。480×640画素の元画像に対して、72×96画素の大きさに縮小処理を行った画像の例をFig. 4に示す。



Fig. 4 Effect of image scaling processes.

Fig. 4から、適切なプレフィルタを施さない縮小処理を行うと、折り返し歪と呼ばれるノイズが発生し、画質面では不適な画像となってしまふことがわかる。Fig. 4のプレフィルタなしの縮小画像の洋服の真中下あたりに、元画像にはない左斜め下向きの模様が現れているが、これが折り返し歪と呼ばれるノイズである。

2.2.2 減色技術とビットレートコントロール

これまで減色処理技術は、ゲーム機向けの画像作成などで多く用いられてきた。しかし、携帯電話向けの減色処理においては、これまでとは異なる携帯電話固有の問題として画像データの容量制限がある。たとえば、256色しか表示できない端末用の画像を生成する場合、256色をまるまる使用した画像データは容量制限をオーバーすることが多く、実際にはダウンロードできないことが多い。そのため、容量制限がある条件下で最も画質的に優れた画像を作成する、という課題が重視されるようになった。Fig. 5に減色処理のフローを示す。

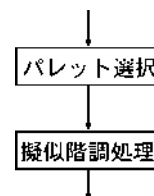


Fig. 5 Color reduction process.

Fig.5に示したように、減色処理には大きく分けて、(1)パレット選択、(2)擬似階調処理、の2つのステップがある。以下、それぞれについて解説する。

(1) パレット選択

携帯電話で使用されるGIFやPNGといったフォーマット

トは、256色以内のパレットで表される色のみを使用したインデックス画像を扱う。このとき、最適な256色以内の色を組を、当該画像を表現するためのパレットとして選択する処理が必要となる。具体的には、携帯電話により、256色表示可能、4096色表示可能、65536色表示可能、など表示デバイスの制限があるため、たとえば、携帯電話で表示可能な4096色の中から、ある画像用のパレットとして256色以内の色を組を選択する、といった処理を行う。



Fig. 6 Examples of color-reduced images based on some palette-selection algorithms.

Fig. 6に、256色の固定パレットにより減色を行った画像と、ある携帯電話の機種で表示できる4096色の中から最適なパレットを選択して減色を行った画像の例を示す。Fig. 6から、パレット選択の方法により画質に大きな違いが生じることがわかる。

(2) 擬似階調処理

もともとがフルカラーの画像を、256色など限られた色数で表現しようとする、どうしても表現しきれない色が出てきてしまう。この問題を解決するために、限られた色の中から異なる色をうまく並べることで、擬似的に中間色を表現することが行われる。たとえば、赤と黄色という限られた色でオレンジ色を表現しなければならないとき、赤と黄色を交互に並べて表示すれば、擬似的にオレンジ色が表示されているように見える。これが擬似階調処理と呼ばれる処理である。

従来、フルカラー画像を256色に減色する際に、優れたパレット選択処理を選択すれば、擬似階調処理をほとんど行わなくても原画像に近い画質の減色画像を得ることができた。しかし、携帯電話向けの減色処理においては、(a)携帯電話の表示デバイス自体に表示できる色数の制限があるため、パレット選択処理自体が制限を受ける、(b)携帯電話にはファイル容量制限があるため、256色よりもっと少ない色数にまで減色しなくてはダウンロード可能な容量にならないことが多い、などの問題があるため、高性能な擬似階調処理を用意することが不可欠になっている。

擬似階調処理のアルゴリズムとしては、組織的ディザ法、誤差拡散法、などが知られており、上記2つの中では、誤差拡散法のほうがやや複雑な処理になってしまう反面 Fig. 7のように良好な画質の画像を得ることができる。



Fig. 7 Comparison of ordered dithering with error diffusion dithering.

ただし、携帯電話のように256色よりもかなり少ない(例えば20~30色程度)色数にまで減色を行う必要がある場合には、単純に既知のアルゴリズムを用いても不十分な画質しか得られないことが知られており、携帯電話向けにはさらにカスタマイズされたアルゴリズムを用いる必要がある。

Fig. 8に、4096色から256色以下のパレットを選択し、5KB以内にGIFフォーマットの出力ファイルサイズを制限したときの減色処理画像の例を示す。

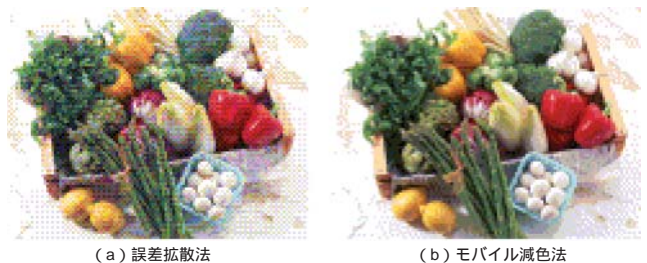


Fig. 8 Comparison of error diffusion dithering with "Mobile dithering".

Fig. 8から、従来の誤差拡散法では誤差拡散による圧縮率の低下が原因で、右下の青い入れ物の色が落ちてしまうようなケースでも、携帯電話向けにカスタマイズを施したモバイル減色法では良好に減色できていることがわかる。

2.2.3 階調・色補正技術

携帯電話には低コスト・低消費電力といった制約があるため、携帯電話の表示デバイスはテレビやPC用モニターといったこれまでの表示デバイスと比較して、きわめて貧弱な能力しか持ち合わせていない。しかし、携帯電話の表示デバイスの特性を考慮した補正を施すことにより、より高画質な画像を得ることができる。

(1) 階調補正

携帯電話の表示デバイスにおいて、暗い色から明るい色への階調の特性を調べてみると、Fig. 9のように機種によってかなりの特性の違いがあり、また、必ずしも良好な特性になっていないことがわかる(理想的な特性は、左下(原点)から右上への対角線を通る直線である)。

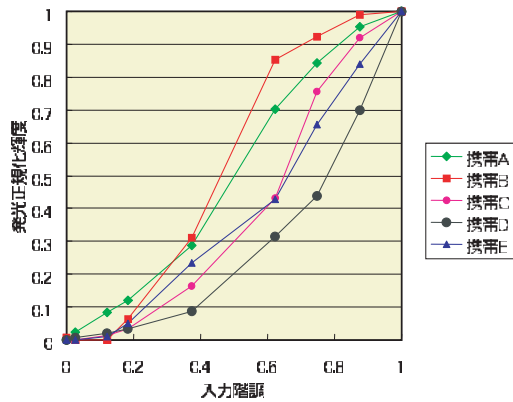


Fig. 9 Gradation curves of some mobile phone displays.

このため、PC用モニタでは良好に表示される画像でも、そのまま携帯電話に表示すると明るさのメリハリがなかったり、明るさが不適になってしまったりすることがある。このようなときには、携帯電話の機種ごとの表示特性に応じて適切な階調補正処理を施すことにより、良好な階調の画像を得ることができる。

(2) 色補正

携帯電話の表示デバイスでは、一般に、PCモニタなどの従来の表示デバイスに比べてきわめて狭い範囲の色空間しか表現できないことが知られている。たとえば、携帯電話の液晶では大概の場合、青みがかったバックライトの影響を受けるので、純粋な赤や緑といった色は表現できず、全体的に青っぽい画像になってしまう。携帯電話の表示特性を測定し、色度図にしたものをFig. 10に示す。

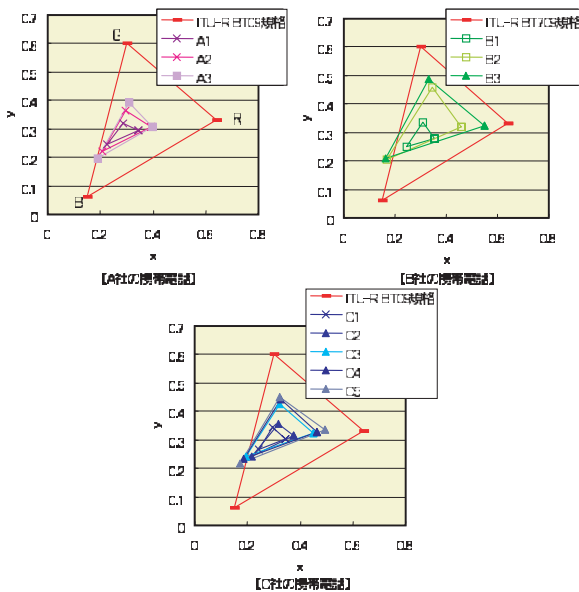


Fig. 10 Color display capacity of some mobile phone displays.

Fig. 10で外側に表示されている大きな三角形は、ITU-R Rec BT709というHDTVスタジオ規格で定められている色の特性で、多くのPC用モニタはこの特性を満たすように設計されている。Fig. 10から、携帯電話はPC用モニタと比べてきわめて狭い範囲の色しか表示できず、

また、青緑によった色しか表現できないことがわかる。このため、携帯電話の機種ごとの表示特性に応じて適切な色補正処理を施すことにより、表示画質を改善することができる。

携帯電話の特性を測定し、適切な階調補正および色補正を施した画像を、携帯電話の液晶に表示させた結果をFig. 11に示す。



Fig. 11 Images displayed on actual mobile phones.

Fig.11から、適切な補正処理を行うことにより、補正処理を行わない場合と比べてかなり良好な画像を表示できることが分かる。

2.3 携帯電話カメラ画像の技術

携帯電話カメラには低コスト・低消費電力といった制約があるため、一般のデジタルカメラのような画像の補正を十分に行うことができない。そのため、携帯電話カメラで撮影された画像を取り扱う際には、色や明るさ(階調)、シャープネスの補正を施すことで、より高画質な画像を得ることができる。なお、これらの技術はNTTドコモ社のiショットサービスで採用されている。

2.3.1 明るさ補正

照明の暗いシーン、逆光シーン、または黒い背景での撮影の際に、カメラのAE(自動露出)が適切に働かず、適正な露出で撮影されない場合がある。このようなときには、画像全体の明るさを適切に制御することで良好な明るさの画像を得ることができる。また、カメラによっては必ずしも階調特性が良好でないことがあり、この場合は、階調特性を適切に補正することにより良好な画像を得ることができる。



Fig. 12 Some photos taken by mobile phone cameras under different lighting conditions.

2.3.2 色補正

カメラで撮影する際に、蛍光灯や白熱電球、太陽光といったさまざまな光源の下で撮影を行うことが想定される。

人間の目はこのような光源の違いに対しても、目が慣れる(自然に補正を施していることに相当する)ことにより、赤いものは「赤である」と認識することができる。ところが、カメラで撮影する場合には、同じ対象物を撮影しても光源が違うことで違う色として撮影されてしまう。



蛍光灯

白熱灯

Fig. 13 Mobile phone camera photos taken under different light sources.

このような撮影画像をそのまま扱うと不自然な画像となってしまうことが多いため、一般に、色補正処理が行われる。たとえば、蛍光灯のもとで撮影された画像は、そのままでは緑がかってしまい、白熱灯で撮影された画像は黄味がかっている。このような光源による色の偏りを色補正処理によって適切に補正することができる。

2.3.3 シャープネス補正

写真について、よく「ピンぼけ」といった言葉を耳にする。このように撮影された画像には、ぼけているかシャープであるかを表す鮮鋭度という度合いが異なることがあり、この鮮鋭度がカメラごとに異なることがある。



鮮鋭度低

鮮鋭度高

Fig. 14 Photos taken by mobile phone cameras with different sharpness parameters.

携帯電話付属のカメラでは機種ごとに鮮鋭度が異なっており、良好な鮮鋭度の画像を得るためには補正処理を行う必要がある。この処理をシャープネス補正処理という。Fig. 15 に明るさ補正処理、色補正処理、シャープネス補正処理の処理画像例を示す。



Fig. 15 Examples of retouched images.

3. 携帯電話画像変換 ASP “ KeitaiPicture ” のしくみ

ここまで、携帯電話で画像を扱う場合の技術面について解説してきた。しかし、携帯電話向けのインターネットサイトを運用する場合、PC用のサイト運用とは異なったむずかしさがあり、単に画像技術をそろえただけでは実際のサービスを運用することはできない。

以下では、まず、運用上どのような問題が発生するのかを分析し、それらに対するソリューションとして当社の提供する携帯電話画像変換 ASP “ KeitaiPicture ” の仕組みを解説する。

3.1 携帯電話サイト運用上の問題点

実際に画像を表示する場合を例に取ることにする。Fig. 16(サンプルソース1)は、PCで画像を表示するためのHTMLファイルである。特にむずかしい点はない。しかし、これを携帯電話で表示しようとすると色々な問題にぶつかることとなる。

まず、携帯電話によって表示できる画像フォーマットが、GIF、PNG、JPEG、BMPなどバラバラであるので、ツールなどを使ってあらかじめ変換しておく必要がある。また、機種によって画面のサイズもまちまちなので、最低でも数種類は用意しなければならない。その上で、携帯電話の機種ごとに画像を選んで表示するようにプログラムする必要がある。

実際にどのようになるかを示す(Fig. 17, サンプルソース2)。ここでは、CGIでperl言語を使った例を示した。まず、画像を次のように管理することとする。もとの画像「sample.jpg」に対して、「sample-small.gif」、「sample-small.png」という画像を作り、それぞれiモード用、Jスカイ/EZweb用とする。そして、HTTPヘッダの

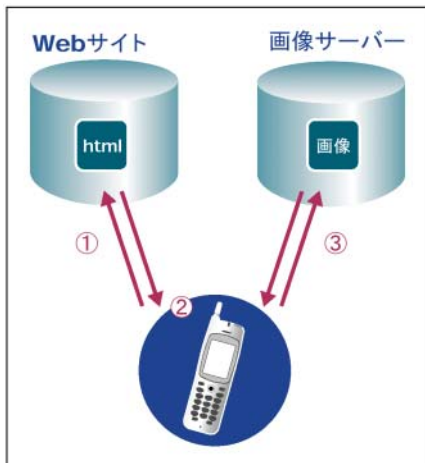


Fig. 19 Separated image server.

```

sample3.html

<html>
<head>
<title>
画像表示サンプル
</title>
</head>
<body>
画像表示のサンプルです。<br>



</body>
</html>

```

Fig. 20 Sample 3.



Fig. 21 Images of Sample 3 displayed on a PC monitor and a mobile phone display.

3.3 “ KeitaiPicture ”のビジネス

“ KeitaiPicture ”は平成13年6月に本番サービスを開始し、現在、幸いなことにツタヤオンライン社、ガリバーインターナショナル社など優良顧客に恵まれ、ビジネスとして軌道に乗りつつある。ワールドカップの開催中には、朝日新聞社の速報写真でご利用いただいで、会期中に総計240万を超えるアクセスをさばき、サーバーとしての信頼性も実証された。

当社としては、情報ビジネスの分野で他社にサービスを提供する“B2B”形態のビジネス経験は機会が少なく、たいへん貴重なノウハウを積み上げることができている。しかし、何にも増して貴重であるのは、顧客がいずれも携帯電話ビジネスに真剣に取り組んでいる新進気鋭の企業ばかりであり、顧客としてだけでなく、ビジネスパートナーとしても学ぶべき点が多いことであると考えている。

4. まとめ

富士写真フイルムの画像技術を携帯電話に適用した例を解説し、当社の携帯電話ビジネスに対する取り組みについて紹介した。

“ KeitaiPicture ”サービスは今後、Lモード、Palmなど対応サービスの増強、フレーム合成等の画像処理機能の本格的な提供、などを予定している。また、新たなサービス展開として、アルバムサイトの構築やプリントサービスなどを行なうためのパッケージソフト、またはサービスについても企画進行中である。

携帯電話というデバイスは、インターネットや写真という文化にすでに大きな影響を与えており、今後さらに大きな影響を与え続けるであろうことは間違いない。当社はこの分野において「画像技術」という切り口を軸にして、これからも貢献していきたいと考えている。

(本報告中にある“pixabase”、“KeitaiPicture”は富士写真フイルム(株)の商標です。また、“iモード/アイモード”および“iショット”は(株)NTTドコモの登録商標または商標です。“EZweb”はKDDIの登録商標または商標です。“J-スカイ”、“写メール”はJ-フォン(株)の登録商標または商標です。)

DRYPIX 7000/DI-HL ドライイメージングシステムの開発

名波 昌治*, 岡田 宏一*, 佐藤 友彦*, 小島 徹也*
山根 勝敏**, 吉岡 康弘**, 大関 智之**, 山田 耕三郎**

DRYPIX 7000/DI-HL Dry Imaging System

Shoji NANAMI*, Kouich OKADA*, Tomohiko SATOH*,
Tetuya KOJIMA*, Katutoshi YAMANE**, Yasuhiro YOSHIOKA**,
Tomoyuki OHZEKI**, and Kohzaburoh YAMADA**

Abstract

The new system consisting of laser imager DRYPIX 7000 and dry imaging film DI-HL has been developed as a new generation of dry imaging system for medical imaging. This system has the highest specifications, amazingly rapid output of first print only in 65 seconds, the highest throughput of 180 sheets per hour for 14 × 17-in, and the shortest start up time of 15 minutes from power off condition. These features were achieved by the combination of the excellent technologies implemented in the new dry imaging film and laser imager. In DI-HL, a high speed ultra fine grain silver halide emulsion, a high reactive heat developer and heat development accelerator were introduced in order to realize rapid processing and high throughput. An imagewise yellow dye-forming agent was employed for excellent tone reproduction. An image stabilizer, high purity silver behenate and new SBR latex binder were designed to give an excellent image archivability. This film was produced with a water-based emulsion coating technology which is much environment-friendly. In DRYPIX 7000 imaging apparatus, laser exposure and heat development are conducted concurrently in order to realize high throughput. A high performance temperature control system and a density correction mechanism were introduced to realize a superior consistency of image density. Furthermore DRYPIX 7000 has DICOM network interface in the standard model so as to create high performance network system.

1. はじめに

近年、医療診断用画像はCT, MRI, 超音波などの多くの手法により画期的な進歩を遂げた。唯一、アナログ情報画像であった単純X線写真も、世界に先駆けた当社FCR技術などによって急速にデジタル情報化されつつある。これらの画像情報を、病院内ネットワークを介してフィルムに出力する医療用イメージャーの重要性もますます高まりつつある。

一方、環境への配慮、およびネットワーク時代に即した取り扱いの簡便性から、イメージャーのドライ処理への移行は著しい。これらの市場の要求にこたえるため、当社では1999年、当時、世界最高処理能力のレーザー方式のドライイメージャーFM-DP Lを発売した⁽¹⁾。独自の画像処理方式、熱現像方式を採用したFM-DP Lは、



Photo 1 DRYPIX 7000 and DI-HL.

本誌投稿論文(受理2003年1月15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)足柄研究所
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210
** Ashigara Research Laboratories
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara, Kanagawa 250-0193, Japan

その優れた画像出力濃度安定性およびその臭気の少なさによって高い市場評価を受けている。

FM-DP L 専用に開発されたDI-ALフィルムは、従来多量の有機溶媒を使用してしか製造できなかったドライシルバー感光材料を、当社独自の技術によって水系塗布により実現している⁽²⁾。本技術により、2001年に(社)日本化学工業会より第33回日化協技術賞(技術特別賞)を、2002年にはGSCNより第1回グリーンサステナブルケミストリー賞を受賞するなど、環境に配慮した感光材料として高く評価されている。

今回、これらの技術・特徴を踏襲しながら、ネットワーク時代に対応し、さらなる高速・大量処理を可能にしたDRYPIX 7000システムを開発した。これを実現したイメージャー機器および新規開発の感光材料DI-HLの技術を概説する。

2. 特長

高速化、高画質化、高機能化をキーワードに、FM-DP Lを大幅に改良した。

Table 1にDRYPIX 7000とFM-DP Lの仕様概要を示す。

Table 1 Specifications.

項目	DRYPIX 7000	FM-DP L
方式	レーザー露光熱現像方式	レーザー露光熱現像方式
処理能力	半切 約180枚/時 B4 約240枚/時	半切 約130枚/時 B4 約180枚/時
1枚目出力時間	約65秒	約150秒
立ち上がり時間	約15分	約30分
フィルムサプライ数	1~3トレイ	1~2トレイ
フィルムサイズ	半切,大角,B4,六切	半切,大角,B4,六切
記録画素サイズ	最小50μm	最小50μm
露光分解能	14ビット	12ビット
最高濃度	3.0~3.6	3.0
DICOMネットワーク入力	標準	オプション
定格電源	AC200V 11A	AC100V 12A
装置サイズ(W×D×H)	735×680×1240mm	795×745×1310mm
重量(1トレイモデル)	約200Kg	約250Kg

2.1 高速化

医療費削減の流れを受け、病院の効率化に対する関心が高まっている。処理能力の向上と1枚目出力時間の短縮は放射線技師の生産性向上に直結し、患者の待ち時間も減らせることから、プリント処理の高速化が市場から求められていた。

そこで、フィルム/機器の双方で高速処理を実現するための新しい技術を開発し、世界最高の処理能力と世界最短の1枚目出力時間を実現した。さらに、機器の熱現像部改良により、電源をONしてからプリント可能になるまでの立ち上がり時間も短縮した。

2.2 高画質化

フィルムの色調改良と機器の露光熱現像制御改良により、Wet処理感材に近い色調でカブリが少なく、濃度安定性/均一性に優れた高画質の画像出力を可能にした。さらに、フィルムの高感度化により、デジタルマンモグラフィ画像で望まれていた最高濃度3.6にも対応した。

2.3 高機能化

最近では、超音波画像やデジタルマンモグラフィ画像をプリントする目的で六切サイズの要求が増えており、半切/B4/六切の3サイズを同時に使用できることが市場から求められていた。一方、特に国内では病院内の設置スペースの制約が厳しく、装置の小型化も望まれていた。

そこで、露光部と熱現像部を一体化して小型化し、3トレイのフィルムサプライと装置の小型化を両立させた。さらに、ユーザー操作性を向上させるため、操作方法を操作パネル上にアニメーション表示させる機能、パワーセーブ機能、ウィークリータイマー機能などを追加した。

3. ドライイメージングフィルムDI-HLの開発

DRYPIX 7000用のドライイメージングフィルムDI-HLは、FM-DP L用ドライイメージングフィルムDI-ALで培われた環境への負荷が小さいという水系塗布技術を発展させ、さらなる迅速化、高画質化を実現した画期的なドライフィルムである。新たに開発した高速熱現像技術、色調調整技術、画像安定化技術を駆使して、Wet処理感材と同等の銀色調の画像が1枚目出力65秒の迅速性で得ることができ、かつ画像形成過程で悪臭、廃液、廃材が発生しないという特長を持っている。

水系塗布技術とは、ドライフィルムを構成するすべての材料を水に分散して作った塗布液とし、支持体上に塗布するという画期的なドライフィルムの製造技術である。多量の有機溶媒を使用することなくフィルムを製造することができるため、環境への負荷がきわめて小さい。また、ドライフィルムの中核となるハロゲン化銀や有機銀塩を凝集することなく、均一に分散することができるという特長を有しており、貴重な資源である銀の利用効率もきわめて高い優れた技術である。

3.1 ドライフィルムの層構成

まず、DRYPIX 7000用に新たに開発したドライフィルムDI-HLの層構成をFig. 1に示す。乳剤面側は保護層、中間層、乳剤層の3層で構成され、裏面側はアンチハレーション(AH)層、保護層の2層で構成される。

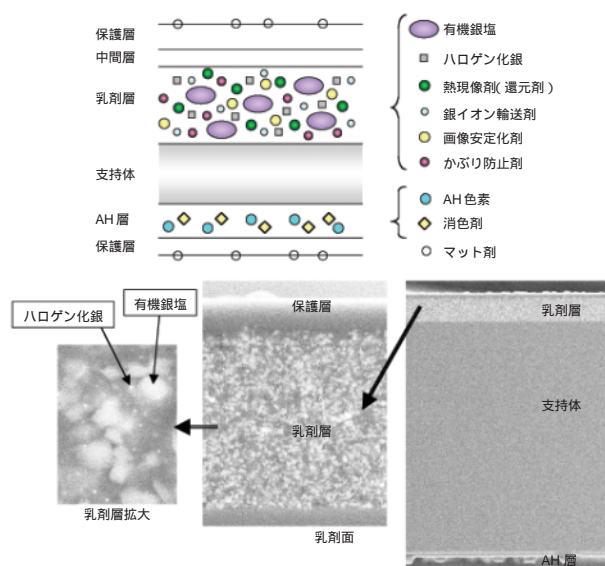


Fig. 1 Layer structure of DI-HL.

乳剤層には、光センサーとなる超微粒子ハロゲン化銀乳剤のほか、非感光性有機銀塩（銀供給体）、熱現像剤（還元剤）、銀イオン輸送剤（キャリア）、かぶり防止剤、画像安定化剤などが含まれ、画像を形成する中核となっている。画像形成層側の保護層、中間層にはマツト剤のほか、熱現像反応を補助する化合物が含まれており、画像形成面の耐傷性、耐接着性などの物理性を向上させるとともに現像反応にも寄与している。

裏面側のAH層にはアンチハレーション色素が含まれ、画像の鮮鋭度の向上に寄与している。この色素は露光の際に表面側から支持体を通過してきた光を吸収し、表面側に反射してしまうのを防ぐ役割を持っているが、画像形成後にそのまま残されていると診断時の邪魔になるため、熱現像時に消色剤の働きで無色になる工夫がなされている。裏面側の保護層は表面側と同様にドライフィルムの物理性の向上に寄与している。

3.2 画像形成原理

DI-HLの画像形成原理をFig. 2に示した。

画像形成の第一段階は露光過程である。DRYPIX 7000に搭載された半導体レーザーによりドライフィルムに像様の露光が行われる。光を受けたハロゲン化銀に現像の活性中心となる潜像が形成される。第二段階は熱現像過程で、露光されたドライフィルムはおよそ120°Cに加熱される。相転移点より高い温度に熱せられて、分子運動が活発になった有機銀塩から銀イオン輸送剤に銀イオンが移動する。銀イオン輸送剤は銀イオンを伴ってハロゲン化銀の活性中心（潜像）に移動し、銀イオンを活性中心に供給する。ここで、熱現像剤が作用して銀イオンを金属銀に還元する。この金属銀に向かって銀イオン輸送剤が次から次へと銀イオンを運び、金属銀のフィラメントが成長する。このようにして現像銀が形成される。

一方、光が当たらなかったハロゲン化銀では速やかな熱現像反応は起こらず、一部でゆっくりとかぶり銀の形成が進行する。かぶり防止剤として使われているポリハロゲン化合物がかぶり銀の形成を抑制し、かぶりの低い高画質の画像ができあがる。熱現像は14秒で終了する。その後、ドライフィルムは室温まで冷却され、有機銀塩は再びしっかりとした結晶になり、分子運動が抑制される。また、同時に銀イオン輸送剤や熱現像剤の働きも弱まり、安定した画像ができあがる。

ドライフィルムはWet感光材料のような定着処理が行われていない。反応性の素材がそのままフィルム中に残されている。そのため、フィルムに強い光が当たったり、熱がかかるような状態で保管した場合に、かぶりの上昇や変色などの画像の劣化が避けられない。現像時間の短縮と画像保存性の向上は相反する性質であり、これを両立することが今なおドライフィルムの最大の課題である。

3.3 DI-HLの技術

DRYPIX 7000のために新たに設計したDI-HLでは、以下に述べる超微粒子高感度ハロゲン化銀乳剤技術、迅速熱現像技術、色調調整技術、画像安定化技術を開発し、これらを組み合わせることでドライフィルムに要求される高画質、迅速性、画像安定性を同時に満足させるという困難な課題を解決している。

1) 超微粒子高感度ハロゲン化銀乳剤技術

迅速処理を可能にする第一歩はハロゲン化銀の高感度化である。DRYPIX 7000では半導体レーザーで画像の記録が行われる。短時間で画像記録を終了するためには、ハロゲン化銀の高感度化が必須である。一方で、高濃度の画像を作るためには、現像開始点となるハロゲン化銀粒子の数を増やさなければならない。そのために、ハロゲン化銀粒子の塗布量を単

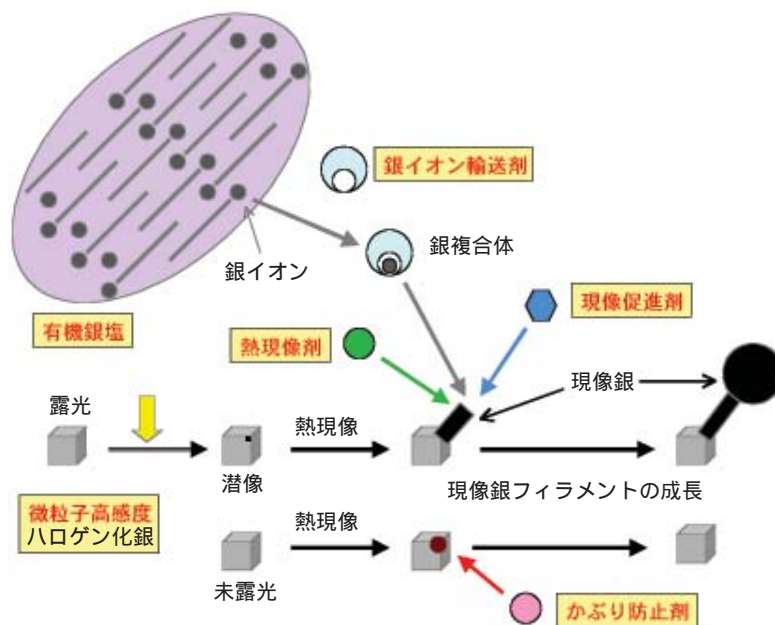


Fig. 2 Image formation mechanism of DI-HL.

純に多くすると、画像出力後の光によりハロゲン化銀粒子が光分解して生じるかぶりが単純に増加してしまう。塗布量を多くしないで現像開始点を増やすためには、微粒子化が必須になるが、ハロゲン化銀は粒子サイズが小さいほど感度が低くなるという性質を持っている。DI-HLでは下記の技術により、平均直径が50nm以下の超微粒子で高感度なハロゲン化銀乳剤を開発した。

低温化学増感技術

DI-HLでは溶剤を使用しない水系塗布なので、化学増感したハロゲン化銀を使用できる。化学増感によりハロゲン化銀粒子上に感光中心を形成して高感度化が可能になる。ところが、通常の化学増感剤が反応できる温度にすると、超微粒子ハロゲン化銀の形態、サイズが保持できなくなる弊害がある。DI-HLでは、超微粒子のハロゲン化銀粒子の形態、サイズが安定な低温でも化学増感が可能であり、さらに高効率な感光中心を形成できる新規化学増感剤を開発した。

新規分光増感技術

DI-HLではハロゲン化銀をレーザーの波長に感光させるために、分光増感色素をハロゲン化銀粒子表面に吸着させている。しかしながら、塗布液の経時や感材の保存状況により、分光増感色素は共存する有機銀塩表面にも吸着してしまい、塗布液の経時や保存時に低感化を招いてしまう。DI-HLでは、ハロゲン化銀粒子表面に選択的に安定に吸着させるため、分光増感色素吸着技術と吸着制御剤技術を新規に導入している。

新規金属ドーブ技術

DI-HLでは、レーザーという非常に高照度で短時間の露光に適したハロゲン化銀の感光物性にす目的で、極微量の金属ドーパントをハロゲン化銀粒子中に埋め込む新規技術を開発した。

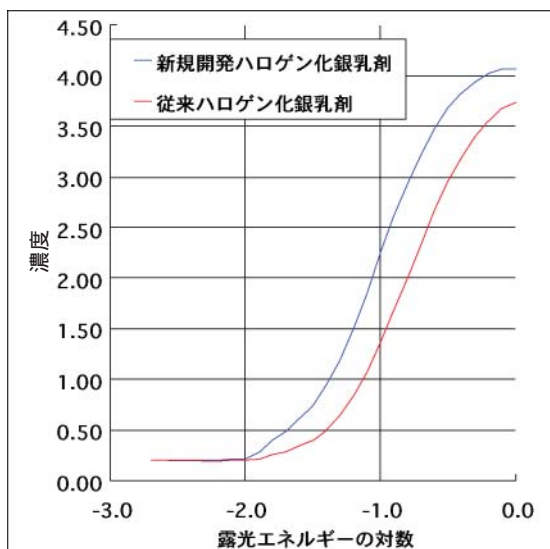


Fig. 3 H-D curves of new silver halide emulsion.

これらの技術により、高感度で超微粒子のハロゲン化銀乳剤を開発することに成功し、図に示したような高感度化と高濃度化を達成した。この技術により、全素材塗布量を低減して乳剤層の薄層化が達成でき、高鮮鋭化による高画質化と一層の環境負荷の低減を可能とした。

2) 迅速熱現像技術

DI-HLでは迅速な熱現像を可能にするために、新たに開発された高活性熱現像剤と熱現像促進剤が使われている。

高活性熱現像剤

従来のドライフィルムではタイプAの低活性な熱現像剤が使われてきた。DI-HLではタイプBの高活性熱現像剤が採用されている。これにより、銀の利用効率が大幅に向上し、少ない銀量で高い画像濃度を得ることが可能になった。高活性の熱現像剤は現像速度が速いがかぶりやすいという欠点を持っていた。DI-HLは水系塗布の特徴を活かし、ハロゲン化銀、有機銀塩に起因するかぶりを徹底的に排除し、さらに高性能のかぶり防止剤を複数併用することでこの問題を解決した。

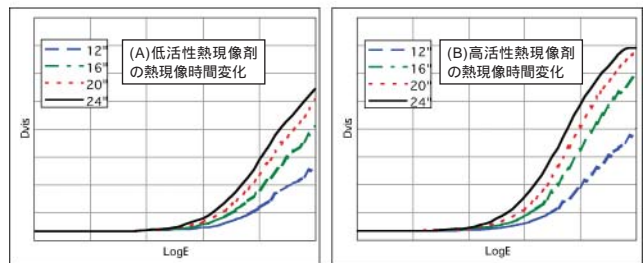


Fig. 4 Structure and characteristic curves of low (A) and high (B) activity heat developers.

熱現像促進剤

DI-HLでは新開発の熱現像促進剤が導入されている。この熱現像促進剤は微量添加されているだけであるが、きわめて反応性の高い化合物で、二つのメカニズムで熱現像を加速させている。一つは、熱現像の初期の段階で潜像をより現像されやすい銀核へと補強し、その後の現像を速める機能、もう一つは、メディエーターとして銀イオンと現像剤の反応を媒介することで、現像剤の酸化還元反応効率を高める機能である。この熱現像促進剤と高活性熱現像剤の組み合わせで、熱現像時間を大幅に短縮することが可能となった。

3) 色調調整技術

ドライフィルムの画像はさまざまな大きさの現像銀で作られている。現像銀はその大きさや形によ

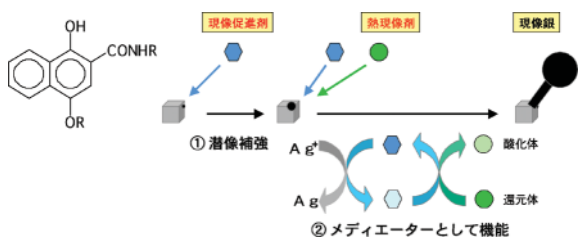


Fig. 5 Mechanism of the development accelerator.

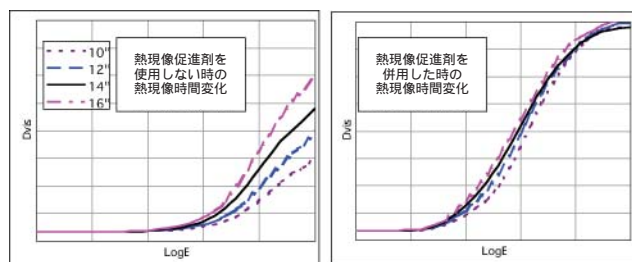


Fig. 6 Effect of the development accelerator.

て色調が微妙に異なり、これが画像の色調に影響する。従来のドライフィルムでは、熱現像速度に影響する熱現像剤や銀イオン輸送剤の構造や使い方で色調をコントロールしてきた。しかし、この方法には限界があり、現像速度と色調を自由に設計することは困難であった。また、できあがった現像銀粒子が小さすぎると不安定な画像となり、現像後に色調が変化してしまうという問題があった。

DI-HLでは、熱現像によりイメージワイズに黄色に発色し、熱や光に安定な画像を形成する色調調整剤を新たに設計し導入することで、Wet感光材料に匹敵する画像色調を作ること成功した。

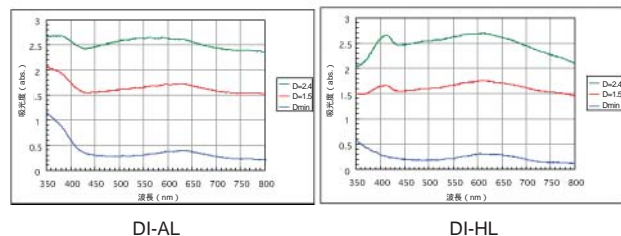
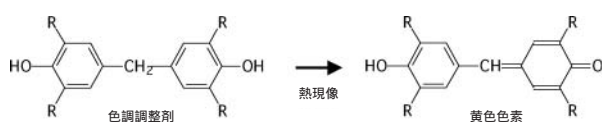


Fig. 7 Color shade controller and the absorption spectra of the dry films.

4) 画像安定化技術

迅速現像をするために高活性な熱現像剤や現像促進剤を使用すると、そのままでは画像保存性が悪化してしまう。熱現像後に強い光や熱が与えられると、かぶりが発生したり色調が変化したりする。DI-HLでは、画像保存性を悪化させることなく迅速現像を

実現するために、新開発の画像安定化剤、有機銀塩、SBR バインダーを導入した。

画像安定化剤

Fig. 8に示したトリフェニルホスフィン系の化合物が、熱現像後に熱現像剤と強い水素結合で結ばれ、安定な錯体を作ることを見出した。錯体を形成することで熱現像剤の活性が低下し、熱現像後の悪影響を抑えることが可能になった。

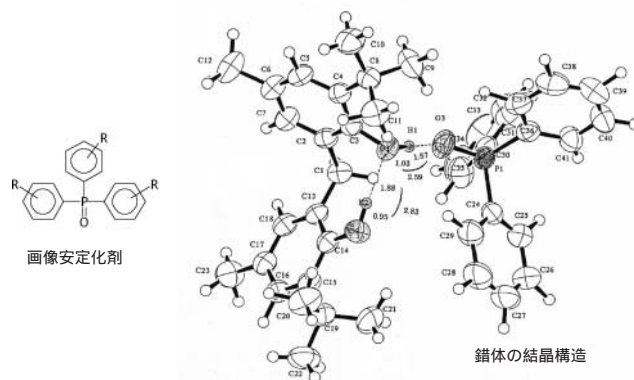


Fig. 8 Image stabilizer and its complex.

高純度ベヘン酸銀

有機銀塩は植物や動物の油脂から取り出された脂肪酸を原料としている。従来の有機銀塩は、脂肪酸のうちでもベヘン酸、アラキジン酸、ステアリン酸を主成分として作られた有機銀塩を使用していた。DI-HLでは、天然の脂肪酸から精製されたベヘン酸の純度が高い脂肪酸を使用して有機銀塩を製造した。純度を高くすることで、温度に対してシャープな応答をする有機銀塩を作ることができ、熱現像時と保存時の反応性の変化を大きくすることが可能になった。純度の高いベヘン酸銀は現像活性が低いのが欠点であったが、DI-HLでは高活性な熱現像剤と組み合わせることでこの問題を解決した。

新開発 SBR バインダー

水系塗布のドライフィルムでは、熱現像に必要なさまざまな素材を保持するバインダーとして SBR ラテックスが使用されている。SBR ラテックスは、たとえば、水性ペイントなどに使用されており、水に分散された白い液体で、他の水溶液と自由に混合することができる。しかし、支持体上に塗布して乾燥させると、透明な皮膜を形成し吸湿性がなくなるという性質を持っている。この性質を利用して、水系塗布でドライフィルムを製造することが可能となっている。DI-HLでは、ドライフィルム専用に新たに設計し直した高性能な SBR ラテックスを採用した。この新開発のラテックスは熱現像や現像後の保存でのかぶりを抑えた設計になっており、DI-HLの保存性向上に大きく寄与している。

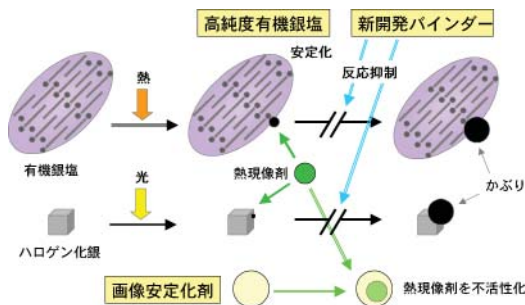


Fig. 9 Image stabilizing technology for DI-HL.

上記の画像安定化技術を組み合わせたときの暗保存でのカブリ上昇抑制効果をFig.10に示した。

DI-HLはDI-ALで培ってきた水系塗布技術の利点を徹底的に追求した上で、上記の新技术を導入することにより、高画質、迅速性、画像保存性という相反する性能を同時に実現することができた画期的なドライフィルムである。

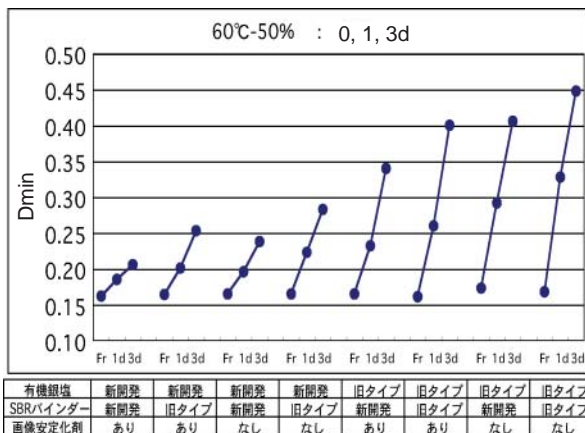


Fig. 10 Image stability under high temperature, dark storage.

4. 装置技術

4.1 高速化技術

1) プリント処理の高速化

FM-DP Lは半切130枚/時の処理能力を持つ高速のドライイメージャーであり、大量に連続プリントする用途での生産性の高さに関しては市場から高い評価を得ていた。しかしながら、FM-DP Lでは、プリントを指示してから1枚目のフィルムが得られるまでの時間が150秒程度かかっており、プリント枚数が少ない場合や間欠的にプリントする用途では、1枚目出力時間の長さが作業効率化の律速となる場合があった。

そこで、DRYPIX 7000を開発するにあたり、放射線技師に待ち時間を感じさせず、かつ、患者も待たせないためには、1枚目出力時間をどこまで短縮すべきか、病院内のワークフローを徹底的に調査した。

その結果、得られた結論は「FM-DP Lの1枚目出力時

間を1/2以下にすること」であり、それをDRYPIX 7000の開発目標として設定した。

1枚目出力時間を大幅に短縮するためには、フィルム搬送パスの短縮とフィルム搬送速度の高速化が必要であり、それぞれについて技術課題を設定し開発を行った。

フィルム搬送パス短縮を実現するための技術課題 FM-DP LとDRYPIX 7000のフィルム搬送パスの比較をFig.11に示す。

FM-DP Lでは、Wet方式のレーザーイメージャーFL-IM Dをベースに、自動現像部を熱現像部へ置き換える装置レイアウトを採用し、露光部前後にフィルム1枚分の待機パスを設け、露光と熱現像をシーケンシャルに処理していた。この装置レイアウトのままでは、露光が終了しないと熱現像を開始することができないため、フィルム搬送パスを大幅に短縮することはできなかった。

DRYPIX 7000では、装置レイアウトを徹底的に見直し、フィルムをピックアップしてから装置外へ排出するまでのフィルム搬送パスを極限まで短縮した。それを実現するための技術課題が、露光同時熱現像と装置小型化である。

・露光同時熱現像技術

記録部と熱現像部を隣接して配置し、レーザー露光と同時に熱現像も処理すれば、フィルムの搬送パスをきわめて短くすることができる。しかしながら、熱現像部は多数のローラを歯車で伝達駆動させており、振動が発生するため、露光中のフィルムに対して大きな外乱を与え画像ムラを発生させる。

露光同時熱現像を実現するためには、熱現像部で発生する振動の影響を露光中のフィルムに与えない工夫が必要であるが、FM-DP Lで採用した2対のローラでフィルムを搬送するツインニップローラ副走査方式では、画像ムラを低減させることができなかった。

そこで、DRYPIX 7000では、フィルムを面で押さえてプレートへ密着させながら高精度にフィルムを搬送するプレート/ローラ副走査方式を開発し、露光同時熱現像を実現した。プレート/ローラ副走査では、露光中にフィルムをプレートに押し付けて搬送しているため、フィルムの上下動や振動に対する耐性が非常に強く、画像ムラを低減させることができた。

・装置小型化技術

フィルム搬送パスを短縮するためには、装置を全体的に小型化することも重要である。

DRYPIX 7000では、独自の搬送シミュレーション技術を駆使し、装置内のフィルム搬送パスの最適化設計を行ってフィルム搬送パスの短縮と搬送安定性を両立させた。さらに、3次元CADを用いて3次元モデル上で各ユニットの小型化設計を実施し、FM-DP Lに対して装置体積を20%以上小さくしながらも、3トレイのフィルムサプライ搭載を可能にした。

フィルム搬送速度の高速化を実現するための技術課題

露光時の搬送速度を高速化するための技術課題はフィルムの高感度化であり、熱現像時の搬送速度を高速化するための技術課題はフィルムの熱現像迅速化である。いずれの課題も前述のフィルムの技術開発により解決し、FM-DP Lに対し、露光と熱現像のフィルム搬送速度を約1.7倍に高速化した。

一方、フィルム搬送速度を高速化したことで、熱現像後のフィルム冷却時間が短くなったため、フィルムを均一に冷却することが難しくなり、フィルム収縮による皺や画像ムラが問題となった。この新たな課題に対しては、表面の熱伝導特性を最適化したローラと排気ファンを用いた強制冷却機構を開発し、急速かつ均一なフィルムの冷却を可能にした。

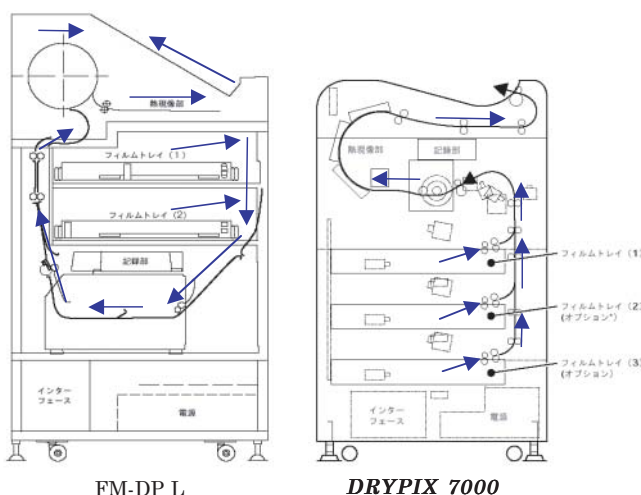


Fig. 11 Film conveyance path.

以上の技術を開発して、1枚目出力時間の開発目標を達成するとともに、フィルム搬送速度の高速化により世界最高の処理能力も実現した。

Fig. 12にFM-DP LとDRYPIX 7000の1枚目出力時間の比較を示す。

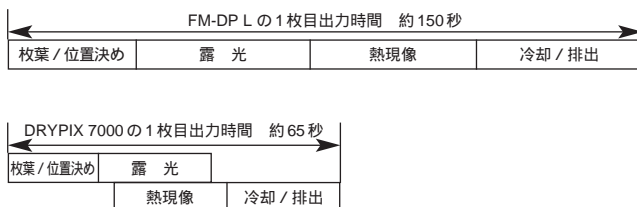


Fig. 12 Time required for the first output.

2) 装置立ち上がり時間の短縮

FM-DP Lは、装置の電源をONしてからプリント可能になるまでの立ち上がり時間が30分程度必要であり、立ち上がり時間の短縮が望まれていたため、DRYPIX 7000では熱容量が小さな薄型の熱現像プレートを採用

し、熱現像部の加熱時間を約1/2に短縮した。Fig. 13にFM-DP LとDRYPIX 7000の熱現像部加熱時間の比較を示す。

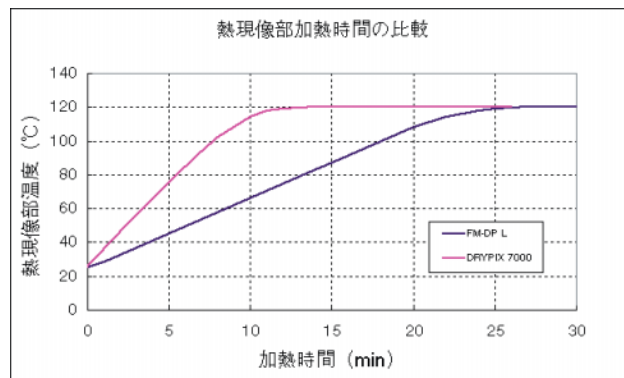


Fig. 13 Heat-up time.

4.2 高画質化技術

医療画像診断では、1) 濃度安定性 2) 濃度均一性 3) 鮮鋭度 が画質性能のポイントである。

DRYPIX 7000では、これらの画質性能を向上させるために、下記の制御技術と補正技術を開発した。

1) 濃度安定性

高い濃度安定性を実現するためには、熱現像部の温度を安定化させることが重要であるが、フィルムが熱現像部を通過する際に熱を奪うため、特に連続でプリントした場合には濃度を安定させることは難しい。そこで、FM-DP Lでは、ヒートプレート/ローラ方式という独自の熱現像技術を開発し⁽¹⁾、連続プリント時でも高い濃度安定性を得ることに成功した。市場でもFM-DP Lの濃度安定性に対する評価はきわめて高い。

一方、DRYPIX 7000では、装置立ち上がり時間を短縮するために熱容量が小さな薄型の熱現像プレートを採用したが、そのため、フィルム通過時の温度低下が大きくなり、FM-DP Lよりも熱現像部の温度を安定化させることが難しくなった。さらに、熱現像部のフィルム搬送速度を高速化したことで、連続プリント時の温度低下も大きくなった。

そこで、熱現像部の温度低下量を予測してヒータの加熱時間を制御し、さらに、装置内の温度センサの測定値をフィードバックして熱現像温度と露光量をきめ細かく調整することで、FM-DP L同等以上の高い濃度安定性を実現した。Fig. 14に各種環境下での100枚連続プリント時の濃度変化を示す。

2) 濃度均一性

濃度ムラが見えない均一な濃度分布を得るために、製造工程で一樣露光フィルムの主走査方向濃度分布を高精度に測定して装置内にフィードバックし、露光量を補正するユニフォーミティ補正技術を開発した。さらに、前述の熱現像部の温度制御改良により、フィルム搬送方向の濃度均一化も実現した。

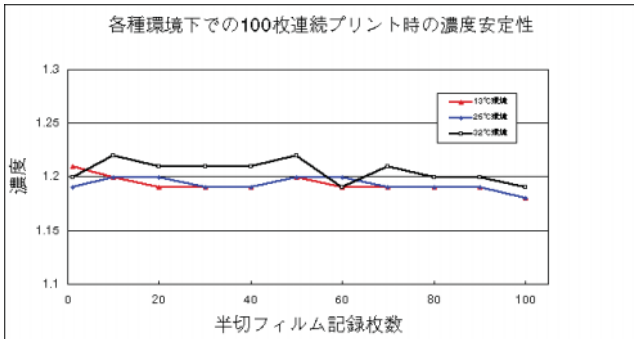


Fig. 14 Consistency of the optical density.

3) 鮮鋭度

記録前の画像に対して、 7×7 のデジタルフィルタリング処理を行い、医療画像として最適な鮮鋭度を実現した。

4.3 高機能化技術

近年、病院内のネットワーク化の流れは本格化してきており、FCRをはじめ各種画像診断モダリティの接続インターフェースは、医療画像機器のためのネットワーク規格であるDICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)が標準となりつつある。このような流れの中、医療用イメージャーもDICOMに標準で対応することが求められていた。

各種画像診断モダリティがDICOMで接続されるようになると、高処理能力の医療用イメージャーには大サイズの多様な医療画像が集中するようになり、イメージャーには高いネットワーク性能と多サイズのフィルムへプリントできることが求められるようになった。最近では、高画質の超音波画像やデジタルマンモグラフィ画像をプリントする目的で六切サイズの要求も増えており、FM-DP Lの2トレイのフィルムサプライでは不足する場合も出てきていた。

そこで、前述の装置小型化技術により、3トレイのフィルムサプライと装置の小型化を両立させた。さらに、PCアーキテクチャ技術を活用し、DRYPIX 7000の高処理能力に対応可能な高いネットワーク性能を実現するとともに、ユーザーがイメージャーをより使いやすくするための工夫も盛り込んだ。

PCアーキテクチャ技術のポイントを下記に示す。

1) 高速化を実現するためのソフトウェア技術

高性能CPUを搭載したPCボードを装置に組み込み、ネットワーク転送速度の高速化と画像処理の高速化をソフトウェアの工夫で実現した。

2) 高速化を実現するためのハードウェア技術

プリント画像をプリント制御部へ高速転送可能なPCI基板を新たに開発した。

3) ユーザー操作性を向上させるためのソフトウェア技術

基本ソフトにWindows NT embeddedを採用し、フィルム交換方法やジャム処理方法を操作パネル上にカラーでアニメーション表示させる機能、一定時間以上のアイ

ドル状態が続くと自動的にパワーセーブモードへ移行するパワーセーブ機能、週単位で自動パワーセーブモードへの移行を可能とするウィークリタイマー機能などを実現した。

以上のように、DRYPIX 7000はDICOMネットワークに最適化された高機能なネットワーク専用プリンタとして開発した。しかしながら、一方、現在病院で稼働している各種画像診断モダリティの中にはDICOMに対応できないものも数多く残っており、それらのモダリティはDRYPIX 7000へ直接接続することができない。

そこで、DRYPIX 7000の開発に合わせて、DICOM以前のアナログ/デジタルなどのインターフェースをDICOMネットワークへ変換するための周辺装置DRYPIX Linkも開発した。DRYPIX 7000とDRYPIX Linkを組み合わせることで病院内のオールネットワーク化が可能になり、さらに、DRYPIX Linkのプリンタバックアップ機能を使用することで、システム全体の堅牢性と信頼性も高めることが可能になった(Fig. 15)。

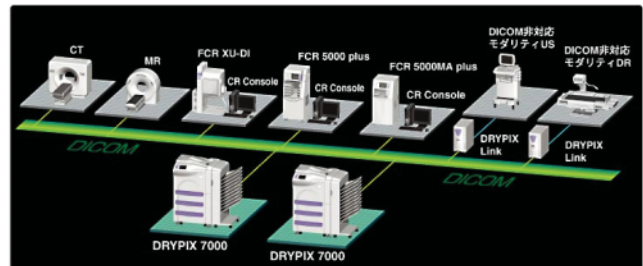


Fig. 15 DICOM network system.

5. 今後の展開

医療用イメージャーのドライ処理化の流れはほぼ確定した。このような状況の中、DRYPIX 7000がもつ、高速かつ安定に画像を出力でき、さらに簡便に取り扱える特性の重要性はますます増大してくると思われる。一方、これら利便性の追求と同時に、環境への配慮も重要である。独自の水系塗布技術による有機溶剤の排出量の削減⁽²⁾、パワーセーブモード機能による省エネルギー設計をはじめとした商品設計に反映させている。今後、DRYPIX 7000 / DI-HLで開発された技術をさらに発展させて、環境に優しく、より取り扱い性の良好な商品へと発展させていきたい。

文献

- 1) 小川正春ほか. 医療画像用ドライレーザーイメージャーシステムFM-DP Lの開発. FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT, No.45, 59 (2000).
- 2) 都築博彦. 水溶媒で塗布する熱現像感光フィルムの開発. ファインケミカル. 31, 15 (2002).

(本報告中にある“DRYPIX”、“FCR”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

フジコンピューテッドラジオグラフィ “FCR PICO System” の開発

山田 貞美*, 鈴木 英幹*, 青沼 正志*, 名波 昌治*

Development of Fuji Computed Radiography “FCR PICO System”

Sadami YAMADA*, Hideki SUZUKI*,
Masashi AONUMA*, and Shoji NANAMI*

Abstract

Since the introduction on the first generation FCR 101 in 1983, 19 years have passed and about 18,000 sets of equipment have come to operate throughout the world.

A new version of the FCR system that we have developed recently is characterized by a low price and miniaturized machine dimensions compared with the conventional FCR machine, allowing operation in small-size clinics. This version is sold under the name of FCR PICO System in Japan. This system has also acquired popularity as a distributed system within a hospital.

This paper explains main technologies of FCR PICO System which have achieved its attractive features.

1. はじめに

FCRは1983年に第一世代機101を発売して以来、19年の歳月が経過し、世界で約18,000台の装置が稼動するに至っている。これまで、他社に先行する技術開発により大中医院を中心に普及率を確実に拡大してきたが、小病院～開業医層に対してはほとんど普及していなかった。

今回、小病院開業医層にとって魅力あるFCRシステムの実現を目的に、従来機に比べて大幅な低価格化、小型化、操作性向上を実現したFCRシステムを開発した。本システムは、国内ではFCR PICO Systemの名称で小病院開業医層に、海外では病院内分散配置システムとして発売以来大変な好評を得ている。

本稿では、このような目的を持って開発されたFCR PICO Systemの主要技術について解説を行う¹⁾。

2. システムの概要

2.1 商品コンセプト

FCR PICO Systemは、加速するIT技術の流れに乗り、

本誌投稿論文（受理2002年11月22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



Photo 1 FCR PICO System

X線画像生成のデジタル化・ネットワーク化を、より自由な形でさらに広い顧客層に提供するため、以下のコンセプトで開発を行なった。

- (1) コンパクト化を徹底して追及し、診療所、病棟、手術室などの狭い空間にも設置可能とする。
- (2) 操作を極力簡単にし、誰にでも扱える快適な操作フローを提供する。
- (3) 画像読取装置、制御装置、ドライ画像記録装置

の機能分離を徹底し、組み合わせの自由度を上げることにより、施設のニーズに沿った運用システムの構築を可能とする。

- (4) DICOMに準拠したオープンネットワークに対応する。
- (5) 少量使用先、複数台使用先でも購入可能な高い経済性を実現する。

2.2 商品の構成

FCRは、フィルム/増感紙の代わりに輝尽性蛍光体を樹脂ベースに塗布したイメージングプレートにX線画像を蓄積させ、撮影終了後に画像読取装置にてレーザー光を照射し励起させることで蓄積されたエネルギーに比例した輝尽発光を生じさせ、この光を検出しアナログ電気信号に変換し、さらにデジタル信号に変換する。デジタル信号は、制御装置にてコンピュータ処理により撮影部位に適した画像に再構成している。

生成された画像データは画像記録装置に転送し、再びフィルム画像として出力される。あわせて、画像表示装置のディスプレイ上への表示やファイリング装置への保存を可能としている。

これらの各機能を、使用先のワークフローに合わせて自由なレイアウトで配置できるようにするため、以下の各装置に分割し、ネットワーク接続することでシステムを構成している。

- 1) 画像読取装置(XG-1 RU)
 - 2) 制御装置(XG-1 CL)
 - 3) ドライ画像記録装置(DRYPIX 1000)
- 以下に、各装置ごとの解説を記載する。

3. 画像読取装置(XG-1 RU)

3.1 小型化技術

画像読取装置は、当社従来機 FCR 5000R に比べて幅(722 550mm)、奥行(717 515mm)と床面積で45%、容積では実に58%の小型化を達成している。このため、設置場所を選ばず、操作者の動線に合わせた最適な配置が可能となっている。装置サイズを小型化するため、次のような技術を新規に開発した。

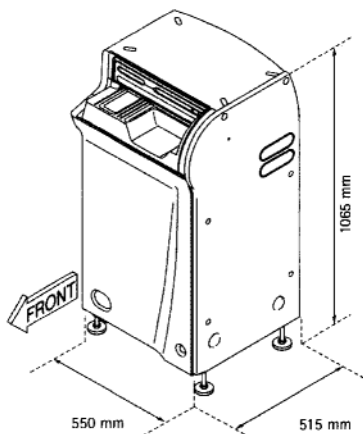


Fig. 1 Image reader XG-1 RU.

Table 1 Specification of XG-1.

	FCR XG-1	FCR 5000R
サイズ	W550 × D515 × H1065*	W722 × D717 × H1715
フットプリント(m ²)	0.28	0.5
容積(m ³)	0.3	0.71
重量	約155kg*	約260kg
電源	AC100V (0.3kVA)*	AC100 ~ 240V (0.8kVA)
IPサイズ	14" × 17" 14" × 14" ① 10" × 12" 8" × 10" ② 24cm × 30cm 18cm × 24cm ①または②を設置時設定	14" × 17" 14" × 14" 10" × 12" 8" × 10" 24cm × 30cm 18cm × 24cm 24cm × 30cmHR 18cm × 24cmHR
フィードサイズ(枚)	14" × 17" 64 14" × 14" 56 10" × 12" 52 8" × 10" 42	14" × 17" 46 14" × 14" 40 10" × 12" 38 8" × 10" 31
使用カセット	カセットC(カセット3Aも可)	カセット3A
ID入力	CL(CR-IR 346CL)	ID-T 741

*印はXG-1 RU単独の値を示す。

3.1.1 光学スキャナユニット

光学スキャナユニットにおいては、スキャナの心臓部品である半導体レーザー駆動部やポリゴンミラーを、従来機に比べさらに小型化したタイプを新たに開発するとともに、レーザー光路基本設計、レンズ・ミラーの構成・配置にさまざまな工夫を凝らすことで、5000R用光学ユニットに比べて約60%に小型化している。

また、従来のデジタル光学ユニットにおいて問題とされていたゴミ付きを防止するため、光路中の上向きの光学部材を排除するとともに、光学ユニットを密閉することでさらにホコリの侵入を防ぐ構造を採用している。この新光学系の開発においては、レーザービームの光路を最新のコンピュータシミュレーション技術を駆使して解析することで、安定した性能を維持できるようにしている。

3.1.2 集光ユニット

レーザービームを照射されたIPの輝尽発光をアクリル製のライトガイドで集光させているが、高品位画像を得るためには、途中で光が減衰することなくホトマルチプライヤに到達するようにしなければならない。このため、アクリルのガイド内では光が全反射を繰り返して伝達するように形状を設計する必要がある。

一方、装置の幅を削減するためには、IPの幅寸法内に収容可能な寸法形状としなければならない。しかも、安定して量産可能な無理のない形状でなければならない。これらの制約を満足する形状を、シミュレーションやテストを繰り返すことで見出し、新規に採用した。

この結果、カセット幅に比べてわずかに170mmという装置幅寸法を実現している。

3.1.3 IP搬送機構

装置サイズが小型化されると、IPの屈曲に対しては厳しい条件になる。IPは十分な繰り返し屈曲強度を持たせた設計になっているが、IPに与える影響を最小にするため、独自のシミュレーション技術を駆使し、装置内のIP搬送パスの最適化設計を行った。これは、予め測定し

たIPの物性データや搬送パス上の各部品の形状情報を用いて、搬送ローラやガイド板に接触した際に搬送中のIPが受けるエネルギーを計算し、このエネルギーが最小になるように各部品の配置や形状を最適化させる設計手法である。シミュレーション時に品質工学を適用することで、装置使用時の温度環境の変動に対してもロバスト性を高めた配置を得ることができた。

この結果、5000Rに対して、IPへの影響を増大させることなく搬送系の小型化を実現している。実際、IPに対する機械的損傷はほとんど発生せず、実用上影響の無いレベルとなっている。

これらに加えて、消去ユニット、IP位置補正機構、制御基板ラック、電源なども含めて全体的な小型化設計を実施することで、コンパクトな筐体サイズを実現している。

3.2 静音・省エネルギー

小型化されたことによって、診察室や小さな部屋への設置の機会が増加することが予想され、設置環境への配慮がより重要になってくる。そこで、画像読取機では内部部品に影響を与えない温度範囲で、消費電力に応じて自動的に冷却FANの回転量を制御し、アイドリング状態での騒音レベルの軽減を図っている。この結果、アイドリング時の騒音は40dB以下と、通常の使用環境ではまったく問題無いレベルを実現している。

画像を読取ったIPは、次回の使用のため、一様な光を当てて残像を消去させる必要がある。装置の消費電力を減らすためには、消去光量を削減することが有効である。そのため、画像読取機の開発にあわせて消去性能を高めたIP(富士イメージングプレート ST-型)を新規に開発した。これにより、必要な消去光量は5000Rに比べて大幅に低下できている。

さらに、I/O点数の削減や基板回路の工夫なども行うことにより、消費電力をFCR5000Rの約半分に抑えている。

3.3 画像安定性の向上

IPは再利用可能だが、何度も使用しているうちにわずかずつ汚れが付着し、やがて出力画像に影響を与えるようになる。ユーザーには定期的にIPのクリーニングをお願いしているが、この手間が減らせれば作業性の向上が図れる。また、装置内はホコリが入りにくいような構造を取っているが、まれに集光ユニットに糸ホコリが付着し、レーザービームを遮断してしまうトラブルがあった。これらの画像トラブルに強いシステムを実現するため、以下のような技術開発を行った。

3.3.1 IPの汚れ防止

新たに開発したIPのもう一つの大きな長所は耐汚れ性の改良である。IPの表面に特殊樹脂膜を形成することで、従来IP(ST-VN型)に比べて汚れやホコリなどが付着しにくい特性を付与している。さらに、搬送用ゴムローラには、IPを汚しにくいゴム配合を新規に開発するとともに、搬送時のIPの帯電を抑える構造を採用し、空

気中のホコリなどのIPへの静電付着を減らしている。これにより、IPクリーニング間隔が長くなり、クリーニング作業負荷の軽減を図っている。実際には、定期点検周期である1年間、クリーニング無しで使用されている施設も多く、使用者の負担はほとんど無くなったと言える。

3.3.2 集光ユニットクリーニング機能

スキャナには、小型化と同時にFCRで初めて集光系クリーニング機構を搭載した。万一、糸状のホコリなどが付着しても、このクリーニング機構を動作させることによって、制御装置からの簡単な操作だけで、画像読取装置のカバーを開けることなくホコリなどの除去が可能である。

3.4 設置作業性の向上

設置作業性の向上も、高い経済性を実現するために必要な要件である。FCR読取機には高精度のスキャナを搭載しており、また、IPの残像消去のため蛍光灯ランプを内蔵している。これらの部材は、従来機では輸送時の振動や衝撃を避けるために、別に梱包していた。このため、設置時には別の箱を開梱し、装置のカバーを開けてこれらの部品を取り付け直す必要があった。

今回は、集光ユニットや消去ランプの固定方法を工夫し、取り外さなくても輸送時の振動や衝撃に耐えられる構造とすることができたため、別梱包部材はゼロとしている。

また、動作時の外部からの振動の影響を避けるため、スキャナユニットは防振構造を取っているが、輸送固定部材の解除作業も装置前面から簡単に行える構造にすることで、設置時の作業はきわめて簡単化することができた。この結果、開梱から電源ONまでに要する時間は従来機に比べて大幅に短縮されており、さらには設置時に機内に入るホコリを減らし、IPの汚れ防止にも役立っている。

4. 制御装置(CL)

従来のFCRシステムにおいては、別々の装置(患者ID情報・撮影情報入力装置：IDターミナル、画像処理：読取装置、CRT画像表示装置：HIC)で行っていた次の3つの機能を、本制御装置では一台で行えるようにしている。これにより、低価格化・小型化を実現した。

- ① 撮影情報・患者情報を入力する。
- ② 撮影し画像を生成する。
- ③ 画像を確認・画像を送り届ける。

また、小さい診療所などでは放射線技師がいない場合もあり、撮影後の処理を医師や看護婦が行うケースがある。このような状況に対応するため、本制御装置は高性能でありながらユーザーインターフェースはきわめてシンプルにしており、通常操作は誰でもできるよう配慮して設計した。これは、銀行のATMのように次に行うべき操作の画面が順番に出てくるもので、それに合わせて患者情報入力/撮影メニュー選択/カセット読取を行えば、全体の操作の流れに不慣れな方にも簡単に操作していただけるものである。

以下に、本制御装置のハードウェア/ソフトウェア/ユーザーインターフェースについて特徴的な点を記述する。

4.1 市販PCの活用

従来、FCRの画像処理やネットワーク処理は専用のハードウェアを開発して行っていた。FCRの画像は3500Pix × 4300Pix × 10Bitという大きなものであり、時間あたり120枚～180枚の画を処理するためには専用のハードウェアを必要としていた。

本制御装置では、大幅な低価格化を実現するために市販のPCをハードウェアとして用いている。OSもWindows2000であり、まさに、オフィス向けのPCをそのまま用いている。ここで問題となるのが巨大な画像の画像処理である。FCRでは、マスク演算を中心に膨大な処理を行って画像を生成しているが、これを市販PCで実用的な時間内に処理することを可能とした。この点については後述する。

一方、市販のPCを使ったが故に、ユーザインターフェースやネットワーク処理は従来よりも開発しやすいものとなった。

4.2 ソフトウェアの構造

ソフトウェアの全体的な構成はFig. 2に示す。機能単位ごとに独立したプロセスに分け、それぞれがメインプロセスを通してメッセージ交換を行いながら、共同して制御装置の機能を実現している。それぞれのプロセスは独立してデータベース/画像ファイル/画像情報にアクセスできる構成としている。

これにより、画像読取装置からの画像を受け取りながら、それとはまったく非同期にフィルムへの画像プリントやネットワーク接続された画像表示装置などに画像を配信できるようにした。

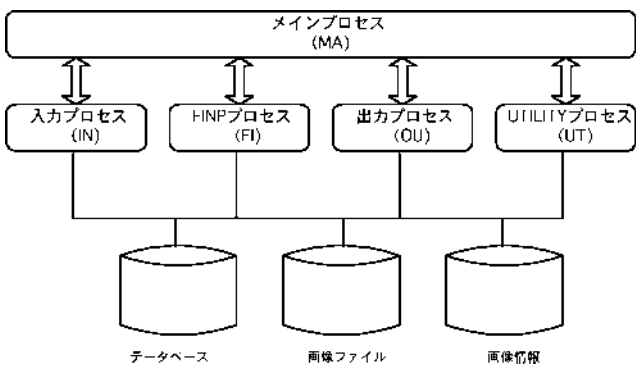


Fig. 2 Software structure of XG-1 CL.

データベースにはMicrosoft社のMSDE (SQL Server 互換のデータベースエンジン)を用いている。このデータベースエンジンは扱いがやや難しいものの、信頼性が高く、複数のプロセスからの同時並行アクセスにも耐えられる構造となっている。トランザクションベースのロールバック機能も強力であり、データベースが破綻するような事故は起きていない。とはいえ、複数プロセス

からの同時アクセスで発生しうるデッドロック状態をデータベースエンジンが自動的に回避してくれるわけではなく、アプリケーション作成上はデータベースのロック/アンロックに細心の注意を払って設計している。

4.3 ソフトウェアの設計・製造技術

開発期間の短縮・品質の向上を目指して、ソフトウェアの設計・製造については徹底したコンポーネント化を行っている。コンポーネントはC++でコーディングし、Microsoft社のコンポーネント化技術であるATLによるCOM化を用いている。これにより、それぞれのコンポーネントの持つ機能やデータを抽象化することができた。コンポーネントの結合ならびにユーザI/Fの構築には生産性を重視してMicrosoft社のVisual Basicを用いた。

また、市販のソフトウェア部品が活用できる部分は積極的に活用した。高速な画像表示ライブラリ、ボタン操作のアニメーション、リスト表示などに市販のソフトウェア部品を用いている。

4.4 パイプライン処理

本制御装置では、ユーザ操作のレスポンスを上げるために、画像読み取り時に主として画素密度を変換してさまざまな目的の画像を生成している。



Fig. 3 Pipeline of image processing.

画像読み取り時にこれらの画像を生成するのは、画像読み取りが読取装置のスピードに依存しており、ソフトウェア的に見ると比較的時間余裕があるためである。とはいえ、上図の画像をシーケンシャルに生成しては間に合わないため、読取装置が読み取る画像を順次受け取りながら、複数のスレッドから構成されるパイプライン処理を組んで処理している。

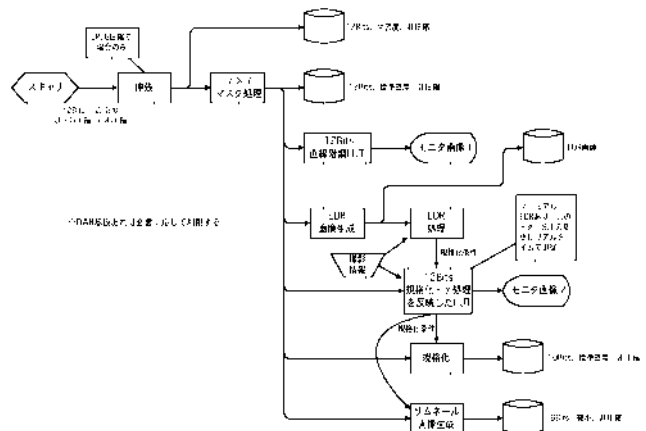


Fig. 4 Block diagram of image processing.

4.5 ソフトウェアによる画像処理

従来、FCRの画像処理は、ビットスライスプロセッサやDSPを用いて行っていた。本制御装置では、市販PCのハードウェアパワー（IntelのPentium III）を高度に活用し、専用のハードを用いることなく、ソフトウェアによってすべての画像処理を行っている。ソフトウェアで処理しても専用ハードと遜色ない処理性能を出すために、次のような点で高度な最適化を行っている。

- ・ キャッシュメモリの使い方
- ・ 端点処理方法
- ・ SSE命令による最適化
- ・ CPU内のパイプライン処理を考慮した分岐制御

最適化を行わない場合と比較して4～5倍の高速化を実現している。

4.6 患者情報の設定

FCRで画像を処理する場合、患者情報を入力する必要がある。従来はIDカードを作成したり、または、キーボードからそのつど入力する必要があった。CLでは従来の方法のほかに、一度でも入力された患者情報を自動的に内部の患者情報データベース（50,000人分）に記憶するようにし、次からは患者ID番号を入力するだけですべての患者情報を引き出せるようにした。これにより、患者情報の入力は大幅に効率化された。

4.7 検査単位での一括登録・処理

従来の装置では撮影メニューをひとつずつ登録する必要があった。たとえば、Fig. 5のように6つの撮影があると、6回の登録作業が必要であった。本制御装置では、撮影オーダを効率的に扱うために、複数の撮影メニューをセットにした「検査メニュー」という概念を導入して作業を効率的に行えるようにした。Fig. 5の場合、「腰椎6方向」という検査メニューを選択すれば、自動的に6方向の撮影メニューに展開される。あとは、画面の指示に従って順番に撮影して読取機の挿入口にカセットを入れるだけで作業が進む。

本制御装置が、従来のIDターミナル/読取機/HI-C655QAの機能の多くを包含したことのメリットのひとつは、撮影オーダ単位での首尾一貫した操作性の提供ができたことである。

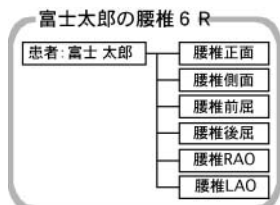


Fig. 5 Example of the menu set.

4.8 画像の確認と調整(画像QA = 画像品質保証)

撮影後の画像確認や調整も検査単位でまとめて行える。FCRは種々の画像処理を行っており、多数の画像処理パラメータを持っているが、開業医層を対象にした

PICO Systemでは、19年の歳月の積み重ねによって最適化されてきた、画像処理パラメータで処理することを基本とし、ユーザーが調整できるのは濃度・コントラスト・回転という基本的な範囲にあえて絞った。FCRはきわめて安定した画像を生成するので、濃度・コントラストの調整も補助的なものである。また、濃度・コントラストの調整は、マウスの動きに合わせてリアルタイムに画面で確認しながら行うことができる。

5. ドライ画像記録装置 (DRYPIX 1000)

XG-1と組合わせて、わずかなスペースに設置が可能な、卓上タイプのサーマルヘッド方式のドライプリンタを開発した。大幅な装置サイズの小型化にもかかわらず、処理能力は従来タイプ(CR-DP T)に比べて約20%向上させている。

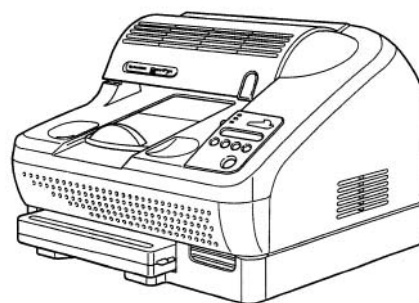


Fig. 6 Dry image printer DRYPIX 1000.

Table 2 Specification of DRYPIX 1000.

	DRYPIX 1000	当社従来機：CR-DP T
方式	サーマルヘッド方式ドライプリンタ	
使用フィルム	CR-AT / DI-AT	
フィルムサイズ	B4 / 六切	B4
記録画素サイズ	300 dpi	
記録分解能	12bit	11bit
外形寸法	W487 × D492 × H365	W540 × D660 × H900
フットプリント(m ²)	0.24	0.36
容積(m ³)	0.09	0.35
重量	37kg	80kg

5.1 小型化技術

マガジンセット部にセットされたドライフィルムをフィルム取出機構により1枚ずつ取り出し、搬送ローラで搬送中にフィルムの位置を決め、粘着性のあるローラでフィルム上のほこりを除去しながら、上部のサーマルヘッドで画像を記録・排出する構造である。記録後の現像処理はない。サーマルヘッドの直後に濃度計を配置し、全自動で濃度補正を行うため、簡便な操作で安定した濃度を得ることができる。処理の流れはCR-DP Tと基本的に同じであり、感光しないフィルムを用いているため、明室下で容易に取り扱うことができる。

5.1.1 マガジン

ドライフィルムは100枚単位で包装されており、袋から取り出してマガジンにセットする。感光しないため、明室での作業が可能であり、取り扱いが容易である。

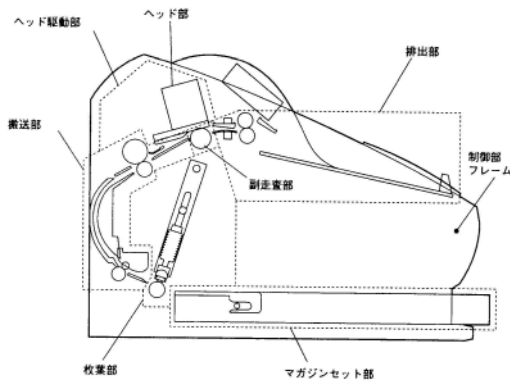


Fig. 7 Film pass in the DRYPIX 1000.

5.1.2 フィルム取出機構

電動ポンプを用いないベローズを用いたシンプルな吸着機構を開発し、大幅な小型化と静音化を実現した。

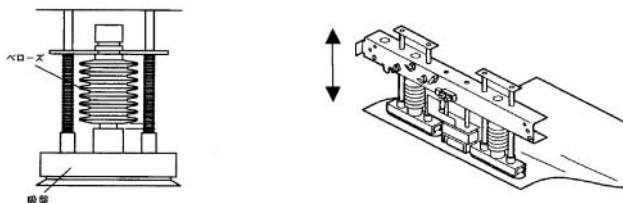


Fig. 8 Structure of the film suction cup.

5.1.3 記録機構

サーマルヘッドを用いた感熱記録では、プラテンローラでサーマルヘッドにフィルムを押し付けながら熱を印加して記録する。搬送トルクが大きく変動するため、高トルクで、かつ負荷変動に強い駆動モータが必要である。この条件を満たし、かつ静音化を実現するために、特殊な減速機とブラシレスDCモータを組み合わせた小型の駆動源を開発した。

また、超小型のサーマルヘッド上下動機構を開発し、装置の小型化を実現するとともにサーマルヘッドユニットごと開閉できる機構とした。万が一、装置内でフィルムが詰まっても、ユーザーはフィルムを簡単に除去することができる。

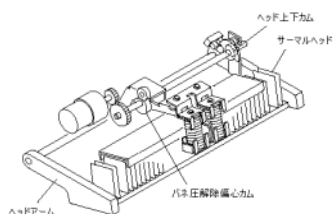


Fig. 9 Thermal head elevation mechanism.

5.1.4 内蔵濃度計

光源に高輝度LEDを用いた小型の濃度計を開発し、サーマルヘッドの直後に配置した。フィルムの先端部分に濃度パターンを記録しながら、同時に濃度を自動測定できるため、濃度補正作業を完全自動化でき、作業時

間短縮を実現した。

5.1.5 フィルム搬送パスの小型化

前記の小型化技術に加え、3次元CAD(Computer Aided Design: コンピュータ支援設計)を採用し、3次元モデル上でフィルム搬送パスの最適化を図った。同時に、独自のフィルム搬送シミュレーション技術により、フィルムを最も安定に搬送できる条件を見出した。

3次元CAD上にて安定なフィルム搬送パスを徹底的に検討し、大幅なコンパクト化を実現した。

5.2 サーマルヘッド記録技術

サーマルヘッドを用いた感熱記録方式は、原理は単純であるが、一般的には医用画像診断に使用可能な高画質の画像を得ることはむずかしい。

DRYPIX 1000では、下記の技術を開発し、高画質記録を可能にした。

5.2.1 画像補正技術

- ・抵抗補正
サーマルヘッドの各素子の抵抗値を測定し、抵抗値のばらつきを補正することで濃度ムラを低減した。
- ・ユニフォーミティ補正
濃度ムラをあらかじめ光学的に高精度に読み取り、ムラのデータで補正することにより濃度ムラを低減した。
- ・黒比率補正
サーマルヘッド素子のONの数が多い時と少ない時で、配線抵抗による電圧降下量が変化し、濃度ムラが発生する。そこで、入力画像から電圧降下量を予測して補正した。
- ・負荷変動補正
サーマルヘッドを用いた感熱記録方式では、画像のパターンによって搬送トルクが微妙に変化し、濃度ムラが発生する場合がある。そこで、入力画像から搬送トルクの変化を予測し、記録する画素の前後の画像データを補正することで濃度ムラを低減した。
- ・鮮鋭度補正
主走査方向と副走査方向で強調度を変えたデジタルフィルタ処理を行い、医用画像として最適な鮮鋭度を実現した。

5.2.2 濃度安定化技術

- ・温度補正
記録直前のサーマルヘッド温度と入力画像のパターンから、記録中のサーマルヘッド温度変化に対する濃度変化の割合を予測して補正し、画像濃度を安定化させた。
- ・濃度補正
内蔵濃度計で測定した濃度データをもとに、入力画像データを発熱データへ変換する非線形の濃度補正テーブルを求めて補正し、入力画像と記録濃度を対応させた。

5.2.3 分散記録技術

CR-DP Tでは1画素(84.7 μ m)を256階調のパルス8個

で記録し(8分散記録),11ビット(256×8=2048)の記録分解能を実現していた。

DRYPIX 1000では,1画素(84.7μm)を16階調のパルス約260個で記録するように制御方法を改良した(多分散記録)。パルス数を増やして記録分解能を12ビットへ高めるとともに,発熱/冷却の周期を短くし,フィルムに印加する熱エネルギーを平準化することで,記録音を大幅に低減させた。

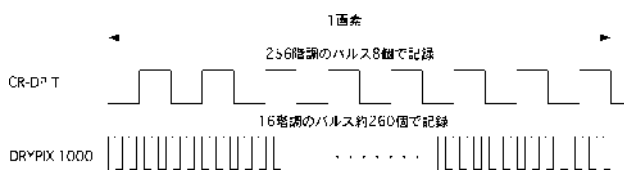


Fig. 10 Pulse chart of the thermal head.

5.3 耐久性向上技術

サーマルヘッドを用いた感熱記録は,サーマルヘッドにフィルムを押し付けながら熱を印加する接触記録方式のため,フィルムとの摩擦によりサーマルヘッドの表面が徐々に摩耗していく。サーマルヘッドの摩耗は直接画質性能に影響する。

DRYPIX 1000では,下記の技術を開発し,サーマルヘッドの耐摩耗性を大幅に向上させた。

5.3.1 フィルムの改良

フィルムの表面に新しく開発した表面すべり剤を配合し,サーマルヘッドとの摩擦を低減した。これにより,高画質を維持しながら搬送トルクを抑制し,サーマルヘッドへのダメージを緩和した。

5.3.2 高耐久サーマルヘッドの開発

従来のサーマルヘッドの保護膜表面を超微粒子フィルムで研磨して整形し,その上に高硬度・高耐熱の薄層保護膜を積層した。この保護膜により,熱伝達効率を損なうことなく耐摩耗性を向上させた。

6. システムの展開

今回開発したFCRシステムを核に,システムとして,あるいは各機種単体でさまざまな展開を行っており,その状況を紹介する。

6.1 システムとして

6.1.1 車載仕様

PICO Systemは,そのコンパクトさ,および設置時作業の簡便さから,バスに搭載して各種検診に用いたいとの要望が寄せられている。この要望に応えるため,輸送振動や結露防止の対策を施した車載仕様機を追加開発している。

6.1.2 動物病院向け仕様

ペットや畜産動物の病気,ケガの診断時もX線撮影は

広く用いられている。問診ができないため,X線撮影による症状の確認は人よりかえって重要である。また,X線量の最適化が難しいため,FCRの特性である濃度安定性が効果を発揮する分野でもある。専門医の協力のもと,PICO Systemを動物向けに画像処理条件を最適化し,さらに,制御装置の機能も動物病院向けに合わせたPICO V Systemを開発し販売を開始した。

6.1.3 非破壊検査向け仕様

従来から用いられているが,PICO Systemの取り扱いの容易さはX線非破壊検査用途にとっても最適なものである。大線量X線に合わせてスキャナユニットの特性を変更した画像読取装置,および工業検査向けに機能を変更した制御装置により,非破壊検査用のFCRシステムを追加開発している。

6.2 制御装置として

制御装置の持っている,患者情報登録~撮影~画像確認~フィルム/ネットワーク出力という一連の機能は,開業医層だけではなく,病院層においても有効なものである。病院層に対しては,本制御装置を下記のように発展させた同様の装置をCR Consoleという商品名にて提供している。

・各種CRとの接続

病院層向けに用意されているFCR-5000シリーズ(カセット機,ビルトイン機,エネルギーサブトラクション処理対応機,マンモ機など)の読取機(しかも,同時に複数台)との接続を可能とした。FCR-5000シリーズには,画像読取機(XG-1 RU)の3倍の180枚/時の処理能力を持つものもあり,種々のソフトウェア的なチューニングによって,読取機の処理能力を落とさないように仕上げている。

・画像処理の拡張

病院向けについては,照射野外の黒化処理/長尺撮影のための画像合成処理/鉛文字を置き換えるための電子的なフィルムマーク処理/エネルギーサブトラクション処理など,さまざまな画像処理を追加している。すべてをソフトウェア処理しているために,機能の拡張は比較的容易である。また,コンポーネント化を推進した結果として,CR Consoleで使用している画像処理コンポーネントを,画像参照端末など他の商品に転用することも可能となっている。

・クラスタリング機能

病院には複数台の読取装置やCR Consoleが導入されるのが普通である。撮影技師も複数名であり,それぞれに責任を持って業務に当たっている。一般的に,CR Consoleは撮影室ごとに置かれ,その撮影室で撮影した画像を扱うようになってきている。ところが次のような場合には,複数のCR Consoleをまたいで画像データを扱う必要が生じてくる。

- ① 撮影手技の都合により,撮影途中で撮影室を替わる。
- ② いくつかの撮影室で撮影した画像を,最終的に上級技師(技師長など)が一括して確認する。

③ フィルム出力やネットワーク出力を集中して行いたい。

これらの要望に応えるために、複数のCR Consoleで画像データを共有する仕組み=“クラスタリング”を搭載した。複数の装置でデータを共有する場合には、“クライアント-サーバ型”の構成を用いることが多い。この構成の場合、サーバに事故が起きるとすべてのクライアントが機能しなくなる。これを避けるためには、サーバに高価なハードウェアを用いたり、サーバ自体を二重化する必要が生じる。CR Consoleでは、コストアップを避けつつ必要な機能を実現するためにPeer to Peerの構成を採用した。すなわち、それぞれのCR Consoleは単独で機能するが、お互いにデータベースを参照しあうことが可能である。Peer to Peerは、複数のPCに対するブロード Queryの発行/マージ処理に複雑さがあるが、Microsoft社が提供する“リンクサーバ”技術をうまく応用することで必要な機能を実装した。加えて、ソフトウェア画像処理が故に実現できた“解像度非依存”処理を用いて、CRTに表示する程度の画素数の画像を用いることで、ネットワーク経由で別PCの画像データをアクセスしてもレスポンス低下が起きないようにしている。

6.3 ドライ画像記録装置として

DRYPIX 1000はFCR用にとどまらず、CT/MRなど各種診断機器の出力用プリンタとしてDICOMをはじめ各種アナログ・デジタルI/Fを選択することも可能なため、幅広い用途で使用可能である。

7. まとめ

小規模の診療所へFCRのさらなる普及をねらってFCR PICO Systemを開発した。設計のポイントは省スペース、簡単操作、高画質、そして安定した稼働である。

設置面積は同クラスのシステムでは最小を実現し、操作性も誰でも使えるような簡単操作を実現した。今後、さらなる操作性の向上を目指し開発を進めていく。

参考文献

- 1) 山田貞美ほか. 富士フィルム メディカル レビュー. No.10, 43-47 (2001)

(本報告中にある“FUJI”、“FCR”、“FCR PICOSYSTEM”、“DRYPIX”は富士写真フィルム(株)の商標です。)

大サイズ高生産性DDCPシステム 「Luxel SPEEDPROOF-9000」の開発

岡崎 賢太郎* , 横川 拓哉* , 柴山 繁* , 米山 博之* ,
野村 秀昭* , 清水 治** , 珠川 清巳**

Development of New DDCP System “Luxel SPEEDPROOF-9000”

Kentarou OKAZAKI* , Takuya YOKOKAWA* , Shigeru SHIBAYAMA* ,
Hiroyuki YONEYAMA* , Hideaki NOMURA* ,
Osamu SHIMIZU** , and Kiyomi TAMAGAWA**

Abstract

We have developed “Luxel SPEEDPROOF-9000 system”, a new type of DDCP (Direct Digital Color Proof) systems designed for a wide range of colorproofing processes on today’s workflow in the digital era.

Luxel SPEEDPROOF-9000 system provides near-final print quality, higher reliability, high-speed printing, clean operation and large size printing up to B1 size. These prominent features are achieved by advancing and applying the photosensitive silver halide emulsion technologies, dye-forming coupler technologies and photofinishing processing technologies developed for the latest type of Fujicolor paper.

Furthermore, Luxel SPEEDPROOF-9000 system is equipped with advanced color-matching software that adjusts for the deviations in dot gain.

1. はじめに

近年、印刷ワークフローは着実にフルデジタルに向かっている。刷版のCTP化、検版のDDCP(Direct Digital Color Proof)化など、出力のデジタル化の流れを受けてこの傾向に拍車がかかっている。当社はこのデジタル化の流れに対し、銀塩方式DDCPであるLuxel SPEEDPROOF-8000システムを投入し、シームレスな作業環境に寄与してきた。DDCPの色、調子、網点再現、モアレなどの印刷近似性が向上することによって、ワークフローにおけるDDCPの役目も検版から校正、校正といっても、印刷会社内の確認用である内校からクライアントへ印刷見本として提示するいわゆる外校へと拡大してきた。今回報告するLuxel SPEEDPROOF-9000システム(以降SP-9000システム)では、外校用高品位カラープルーフを含む幅広い用途に高い信頼性で対応できるDDCPをコンセプトに、さらに高い印刷近似性、安定性、生産性、補充液簡易装填およびB1対応の大サイズ化を



Photo 1 Luxel SPEEDPROOF F-9000.

行った。これらを達成するために、高画質で安定性に実績のある銀塩カラーペーパーで培われた高塩化銀乳剤技術、色材技術および処理技術をベースに新たな高品位化技術を感光材料と処理液に応用し、大サイズでも均一

本誌投稿論文(受理2003年1月24日)

*富士写真フイルム(株)足柄研究所
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

*Ashigara Research Laboratories, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara, Kanagawa 250-0193, Japan

**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

な出力を可能とする新露光・現像システムを開発した。さらに、ワークフローにおいて普遍的なカラーマネジメントを達成するカラーマッチング技術を導入した。

2. システムの概要

SP-9000システムでは、新感光材料の開発と同時に、その特性にマッチし性能を最大に引き出す新露光装置および新現像処理システムを開発した。システム構成および主な諸元を以下に示す。

感光材料 SP-NP	SP9000システム専用高塩化銀カラー感光材料
処理剤 SP-N	SP9000システム専用ケミカル
露光装置 SP-9000	露光方式： アウトドラム回転走査露光方式 解像度： 2438/2400/2540dpi (自動切換え)
現像装置 SP-9000PRO	搬送方式： ローラートランスポート 処理サイズ： A3/A2/A1/B2/B1

3. 専用感光材料SP-NPの開発

より高い生産性と安定性の両立のために、安定性に実績があり、特に、最近のデジタル化ミニラボシステムにて、超高画質でありながら高いレベルで安定性と生産性を両立した、銀塩カラーペーパーで培われたハロゲン化銀乳剤技術、および処理技術をベースにして面積変調の特性に適合させるために新たに技術開発を行った。以下に、SP-9000システム専用感光材料SP-NPに搭載した主な技術について解説する。

3.1 カラーペーパー乳剤技術を応用した高塩化銀乳剤技術

専用感光材料SP-NPに搭載したハロゲン化銀乳剤の技術内容について解説する。

まず、迅速処理性であるが、これについては従来より、ハロゲン化銀乳剤の組成として臭化銀よりも塩化銀が優れていることが知られている。カラー印画紙においては、1980年代後半から乳剤の高塩化銀化が進み、現在では塩化銀含有率として95%以上の高塩化銀乳剤を用いることが通常である。これにより、カラー印画紙の処理時間は大幅に短縮されるに至った。SP-NP用乳剤開発にあたり、この高塩化銀乳剤技術を適用した。

次に、安定性であるが、DDCPシステムにおける安定性とは、ベタ濃度、調子、網点などが日内差および日間差無く印刷目標を再現することと考える。これらの安定化のためには、感光材料の感度・階調、露光光源および処理条件においてそれぞれの安定化が必要なことはもちろん、各条件の変動に対して互いに影響の少ない特性を選択することが重要である。網点のような面積変調では白およびベタ濃度が安定する必要があるが、感材、露光、処理が互いの変動の影響を受けにくくするには、階調領域を狭くとり、ネガタイプでは十分ベタ濃度 (= 感光材料のDmax) となる露光量を設定光量とするのが好ましい。階調領域を狭くとるとは、すなわち、階調を硬くすること、特に、SP-9000システムでは高速短時間露光での硬階調を意味する。さらに、高速短時間露光といっても、大面積の走査露光では露光の最初の部分と最後の部分で、露光

されてから現像処理が開始するまでの時間に数分オーダーの時間差が生じる。この時間を潜像保存時間といい、潜像保存時間に対する感度などの写真性の安定性を潜像安定性と呼んでいるが、プルーフ面内の濃度ムラを安定化するためには潜像安定性の向上が必要である。SP-NP開発に当たり、これらの改良を感光機構に即して行ったが、まず、乳剤の感光機構を簡単に解説する。

ハロゲン化銀乳剤に露光を与えると、光吸収により粒子内に光電子が発生する。この光電子が感光核に捕えられ、次いで粒子中の格子間銀イオンとの反応により銀原子ができる。この過程を幾度か繰り返すことにより、潜像と呼ばれる銀クラスター(微小な金属銀の粒)が形成される。この潜像の存在により、現像処理液中においてハロゲン化銀が金属銀に還元される反応、すなわち現像が起こる。

この露光に関して、当社「フロンティア」シリーズに代表されるデジタルミニラボの台頭により、画像情報をデジタル処理してカラー印画紙に露光するシステムが普及してきた。これらにおける露光は、たとえば、レーザーなどの光源を用いて印画紙上を高速走査する方式であり、プリンターを通して印画紙上に画像を結像させ、一定時間の露光を与えるという従来の露光方式とはまったく異なるものである。

このような走査露光の場合の1画素あたりの露光時間は、システムにより異なるが、およそ1マイクロ秒(百万分の1秒)程度の短いものである。一般に、ハロゲン化銀乳剤には高照度相反則不軌という現象があり、1マイクロ秒露光と1秒露光とを比べた場合、同じ露光量であっても1マイクロ秒露光の方が感度の低下や階調の軟調化など、性能の低下を招くことが多い。これは、前述の潜像形成において、短時間のうちに多量の光電子が粒子内に発生することにより、光電子の利用効率が低下するため生じるものである(Fig.1)。

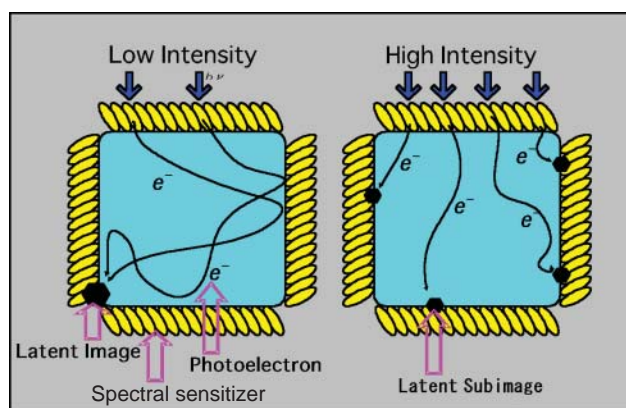


Fig. 1 Scheme of latent image formation.

一方、露光後から像処理までの時間は使用形態により、数秒～数時間の範囲でさまざまである。この時間領域において潜像が不安定であると、減感や増感などの好ましくない写真性能変化として顕在化してしまう。

当社カラー印画紙においては、露光で生じた光電子を感光核に効率よく集中化する従来の Photoelectron Controlling Technology に加えて、短時間露光での潜像形成効率をさらに高めた最新技術である Advanced Photoelectron Controlling Technology を開発した。これらの技術を搭載した製品として、「EVER-BEAUTY PAPER」シリーズを提供し、フロンティアシステムなどにおいて高性能でありながら高い信頼性が評価されている。これは、高照度相反則不軌の改良技術と潜像安定性の向上技術を実証するものである。

3.2 印刷色再現のための色材技術

SP-9000 システムの印刷色再現のために、SP-NP には、

- ・カプラーの構造設計とその分散方法の最適化
- ・支持体の白色度設計

を行い印刷物近似性を追及した。

3.2.1 カプラーの構造設計と分散方法の最適化

ハロゲン化銀カラー写真感光材料は、発色現象によりカプラーと発色現象主薬が反応し色素を形成する。

印刷色の再現のために求められる色素の吸収は、いわゆる汎用のカラー写真と異なるため、新規にカプラーの開発が必要となった。後述の処理液の優れた安定性を達成するために、空気酸化耐性の強い構造の発色現象主薬を選択し、その現象主薬に適した母核のカプラーを選択した。

イエロー：ピバロイルアセトアニリド母核

マゼンタ：ピラゾロトリアゾール母核

シアン：ピロロトリアゾール母核

特に、シアンで採用したピロロトリアゾール母核は当社が独自に開発した新規な母核であり、従来のフェノール母核に対して、イエローの副吸収が少ない優れた吸収を与える。イエロー、マゼンタ、シアンそれぞれのカプラー母核で、置換基の電子吸引性、立体障害性などの最適化を行い分子構造を設計した。

また、色相は、色素そのものの構造だけでは決まらず、色素が分散されている状態に大きく左右される。一般に、色素の吸収スペクトルは、色素が分散されている媒体の影響を受けて変化し、いわゆるソルバトクロミズムを示す。分散媒体の誘電率(屈折率)・電子ドナー性などの物性に着目して媒体の選択を行った。SP-NP で採用した色素は、単量体と会合体で異なる吸収を示す性質があり、会合の状態は媒体によって制御できる。会合制御による色相のコントロール幅は非常に大きく、同一の色素を用いても max で約 60nm にもわたる変化を与えることができる。SP-NP ではこれらの現象を積極的に利用し、媒体の物性と量を調節することにより、会合体/単量体の生成比をコントロールして色相の制御を行った。

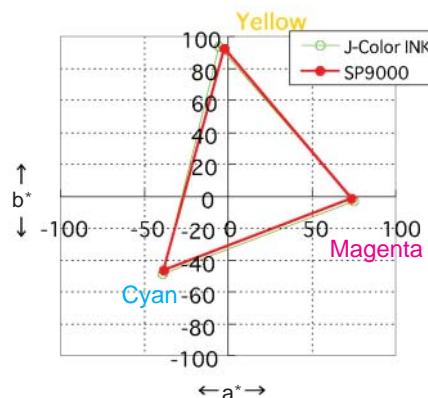


Fig. 2 Primary color characteristics expressed on a* b* plane.

3.2.2 印刷色近似の白地設計

カラープルーフにとって白地が印刷本紙に近いことが重要である。明るさを高く保ちながら、色度が好ましい白になるように、感光材料のハロゲン化銀乳剤層、支持体、処理液を設計した。下記の技術によりアート紙に近い白色度の白地を実現している。

- ハロゲン化銀乳剤層：低残色増感色素，洗い出し性の優れたイラジエーション防止染料，低かぶり乳剤，色度調節油溶性染料
- 支持体：白色顔料密度，塗設置，蛍光増白剤
- 処理液：増感色素洗い出し促進剤，蛍光増白剤

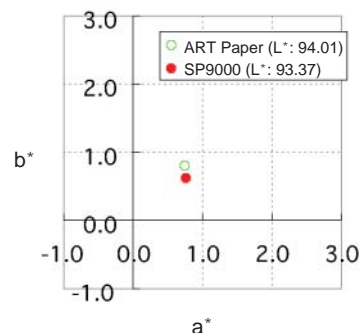


Fig. 3 a* and b* values of white.

3.3 高鮮鋭化技術

SP-NP において細線・小網点再現のための高鮮鋭化は、

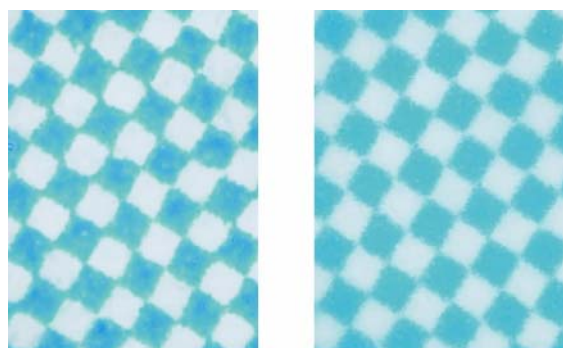
- ・光散乱光低減技術
- ・高コントラスト設計による境界領域散乱光の影響低減によって達成した。

2540dpi の描画では、10 μm 単位で露光ビームサイズおよび照射位置の制御が必要である。露光ビームが十分に制御されていても、感光材料に照射されたビームスポットがにじまないようにしなければ必要な解像度は得られない。感光材料に照射されたスポットがにじむ要因は2つあり、1つは支持体と感光材料層界面近傍で生じる乱反射であり、もう1つは感光材料層の内部で生じるハロゲン化銀乳剤などによる光散乱である。SP-NP では光反射防止層を導入し、支持体へ抜ける露光ビームを吸収させ、界面近傍での乱反射を低減した。光反射防止層は、露光ビームの波長をすべてカバーするために黒色

をなしているが、現像処理後にはすべて脱色される必要がある。高生産性のために、短い時間で現像処理を完了しなければならないSP-NPでは、微小銀粒子による光反射防止層を採用した。

一方、感光材料層内で生じるハロゲン化銀乳剤粒子による光散乱は、カラーペーパーで培われたイラジエーション防止技術を応用した。イラジエーション防止染料は乳剤粒子で散乱された光を吸収することによってにじみを低減する。青、緑、赤のビームに対応した染料をバランス良く組み込み、前述の高感度乳剤と組み合わせ、十分な感度を維持しつつ必要な解像度を確保した。イラジエーション防止染料は、光ビームを吸収する比較的高濃度の色素である一方で、現像処理の完了時には完全に脱色される必要があるため、従来よりも水溶性が高く、短時間の現像処理でも残留しない新規な染料を搭載した。

さらに、ビームのにじみを極力低減する一方で、にじんだ光に対する応答性を低減することによってさらなる高解像度を達成している。にじんだ光は、イラジエーション染料などによって輝度が下がっているため、下がった輝度では感光しないように階調を硬調に設計した。これらの技術を搭載した結果、高品位印刷における網点をも再現できる解像度を得た(Photo 2)



印刷物網点拡大 SP9000 網点拡大
Photo 2 Dot quality comparison.

4. 処理システム

SP9000 システムの処理は、処理品質の安定化、シンプル&クリーンオペレーション化、環境にやさしい処理システムの3点をコンセプトに開発した。これらのコンセプトに対し、導入した新技術を以下に記載する。

4.1 新補充システム「フジカラーシンプルイト」の採用

デジタルミラボ「フロンティア」で開発されたフジカラーシンプルイト方式²⁾を、印刷システムで初めて導入した。

4.1.1 補充液の完全自動調合システム

複数の工程の液がワンパッケージになった補充カー

トリッジ「SP-Nケミカル」を開発した。このカートリッジは 処理機後部のボックスに装填しておく(Photo 3)、内蔵補充タンクの残液量がほぼ無くなった時点で自動的に補充液の調液を行う。Fig. 4のように、自動的に開栓、調液、洗浄を行うことによって、オペレータがまったく液に触れずに補充作業ができるようになるとともに、空容器に処理液が残らず、非常に簡単でクリーンな補充システムである。また、調液や装填のミスも発生しない。



Photo 3 Installation of SP-N.

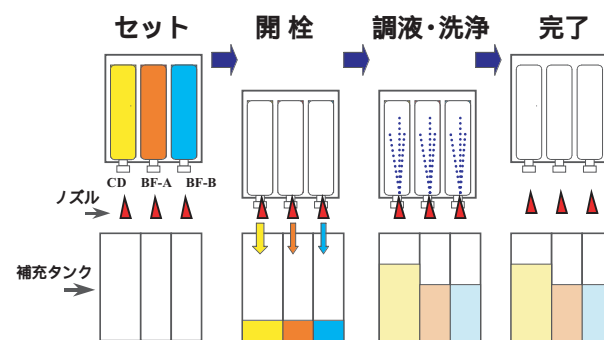


Fig. 4 Scheme of the auto chemical mixing system.

4.1.2 自動補充コントロールシステム

自動補充コントロールシステム(ARCS : Automatic Replenishment Control System)^{2,3)}は、正確な補充量の維持のため、一つの補充カートリッジを感材処理量 37m² で使い終わるよう制御している。すなわち、一つの補充カートリッジには、感材 37m² が処理されるのに必要な量の現像補充濃縮液と漂白定着補充濃縮液が製造時に正確に計量されて詰められている。また、感材使用量の情報と、補充タンクの液面レベルセンサーからの補充液使用量の情報とを判断し、それぞれの補充量が感材 37m² を処理した時に無くなるように補充ポンプをコントロールしている。

4.1.3 補充カートリッジのケミカル技術

「SP-Nケミカル」を開発するにあたり、二つのポイントがあった。一つは補充量の低減、もう一つは補充液の濃縮である。

低補充化は、Wet処理の最大の弱点である廃液量を低減できる。効果的な保恒剤の導入^{4,5)}による低補充技術により、SP8000に対し、補充量の約1/2化を達成した。

現像液濃縮化の主要技術は二つあり、一つは高溶解性の蛍光増白剤の開発である。高い溶解性と処理後の感材の白地を良化することを両立する新しい蛍光増白剤を導入した。また、この蛍光増白剤は、従来の蛍光増白剤と比較して蛍光能が少ないため、観察光源に左右されず、安定した白地が得られるという特徴を有している。もう一つは、濃縮液の高pH化による現像主薬CD-3の溶解性向上である。pH12以上において、CD-3はpHの上昇とともに溶解性が増加する。これらの主要技術の導入により、補充液に対し約4倍の濃縮度を持つ現像濃縮液を開発することができた。

4.1.4 環境に配慮した包材の採用

SP-Nケミカル容器は、上記低補充化により包材の使用量を低減している。さらに、リサイクルが容易なHDPE (High Density Polyethylene) を原料として選択しており²⁾、環境に配慮した設計となっている。

4.2 閑散処理対応技術

今回の開発にあたって、SP8000の市場調査を行い、処理量の分布が非常に幅広いこと(およそ40~1,500m²/月)、処理量が少ない処理状態(以下、閑散処理と称す)では「感材汚れ」が生じやすいこと、の2点があった。

以下、これらの観点を基に開発した新機能について詳細に述べる。

4.2.1 閑散処理モードの採用

「閑散処理モード」とは、感材処理量の情報と処理機稼動状態の情報を基に処理液状態を判断し、対策を実施する仕様のことである。

単位時間当りの処理量が少ない閑散処理では、各処理液の劣化が時間の経過に従って進行して析出物が生じ、この析出物が感材に付着することで感材汚れが発生する。また、各処理液の劣化は、リンス、漂白定着、発色現像の順に進行が早い。これらの事実を基に、Fig. 5のように、1ヶ月経過した時点での処理量から4つのコースを選定し、各処理液の劣化を防止する対策を順次実施する仕様とした。これによって、大量処理ユーザーではオーバースペックとならず、閑散処理ユーザーでも安定な処理品質が提供できる。

4.2.2 プロセッサの空気酸化防止技術

処理液は、空気酸化によって劣化する。これを防ぐため、処理機の開口面積の低減化を実施した。現像タンクは、SP8000と比較し、最大処理サイズA1 B1と変更した。それにもかかわらず、開口面積を約50%低減している。この低減化は、処理時間短縮(約1/2)による2タンク1タンク構成とする効果と、処理ラックと処理ガイドの新構造導入の効果であり、それぞれ同程度の寄与がある。

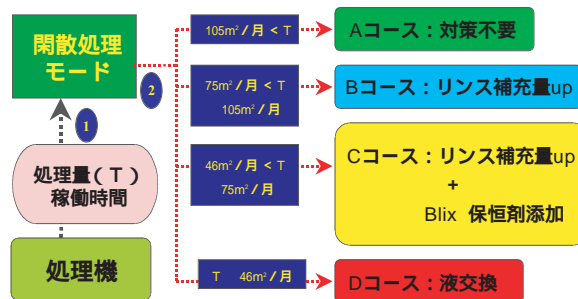


Fig. 5 Basic idea of the small volume processing mode.

4.2.3 新搬送方式の採用

SP8000では、感材の搬送は画像面が上向きであり、この画像面がクロスオーバーのガイドと接触する時に感材汚れが生じている。そこで、SP9000では画像面下向き搬送として感材汚れの抜本対策を図った。また、感材汚れが発生しやすいクロスオーバー部位を、Photo 4のように簡単に着脱し洗浄できるような新構造を採用し、日常のメンテナンスを容易にした。これらの新搬送方式の導入により、最小A3から最大B1サイズまで安定した搬送性を得るとともに、感材汚れの抑止が図られている。



Photo 4 Cross-over part of the processor.

4.2.4 スクイズローラの自動洗浄機能

クロスオーバー部のローラ洗浄作業の頻度を減少させるため、スクイズローラに自動洗浄機能を導入した。この新機能は、始業時、終業時に蒸発補正分の水を利用してローラ洗浄を行う、使用する感材サイズの変更に伴って洗浄タイミングを変更する、以上の2つを付加した。これらによって、日1回程度必要であった洗浄作業を2週に1回と減らせただけでなく、マルチサイズユーザーで問題となるローラ汚れについても解消することができた。

4.2.5 感材汚れ抑止のケミカル技術

発色現像液での感材汚れは、空気酸化で劣化した現像主薬がタール成分を生成し、このタール成分が感材に付着することで発生する。この汚れを防ぐため、抜本的な対策である現像主薬の変更(従来の現像主薬に対し、安定な構造であるCD-3の採用)、タルの発生を抑制する化合物の導入、劇物・硫酸ヒドロキシルアミンに代わる保恒剤の導入、以上の3つのケミカル技術を導入した。

漂白定着，リンス液での感材汚れは，空気酸化で劣化した定着剤が硫化し，これが原因で発生する。この汚れを防ぐため，すでに開発済みの保恒剤と硫化防止剤の使用量の最適化を図っている。

5. カラーマッチング技術

5.1 カラーマッチングの原理

カラーマッチングは，異なるプリント装置間の色を合わせる技術である。SPEEDPROOF-9000は，印刷物の色を再現するためにこの技術を用いている。

一般に，CMYK画像データをプリントした色はプリント装置ごとで異なる。そのため，異なるプリント装置で色を合わせるためには，プリント装置に入力するCMYK信号と色との対応関係を知る必要がある。このCMYK信号と色との対応関係を表したものが，ICCプロファイルなどに代表されるデバイスプロファイル(あるいは単にプロファイルとも呼ばれる)である。

このデバイスプロファイルをプリント装置でそれぞれ作成し，一方のプリンタのデバイスプロファイルからCMYK信号に対応する色度値を求め，もう一方のこのデバイスプロファイルからその色度値に対応するCMYKを求めると色変換を行うことで，両者のプリンタの色を合わせる事ができる (Fig. 6)。

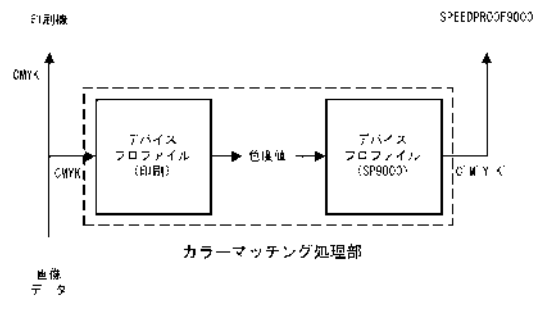


Fig. 6 Color matching flowchart.

5.2 網点ブルーフでのカラーマッチング

SPEEDPROOF-9000のような網点ブルーファァーの場合は，印刷物と色が合うことと同様に，網点再現も印刷物と同じように再現することが重要である。そのためには，網点の再現も考慮したカラーマッチング技術が必要になる。SPEEDPROOF-9000では，以下のような処理を行い，網点再現と色再現の両立をはかっている。

- (1) カラーマッチング処理をしても墨版がシアン，マゼンタ，イエローの重ね合わせに置き換わらない墨版保存処理
- (2) 1次色，2次色はそれ以外の版の混色を除く1次色 / 2次色保存処理
- (3) 網なしは網なしにする地色保存処理
- (4) ベタはベタで保存するベタ保存処理

5.3 階調調整機能

SPEEDPROOF-9000では，高精度なカラーマッチングプリントを作成できるように，ドットゲイン調整機能，

単色階調やグレー階調を再現するキャリブレーション機能などさまざまな調整機能を備えている。これらの機能を使うことで細かな色再現の調整を行うことができる。これらの機能の一例として，ドットゲイン機能がある。このドットゲイン機能はターゲットの色再現に用いるもののほかに，カラーマッチング処理部の後段にも備えており，ハイライト側の網点のつき方の微妙な調整をすることができる。この機能を使うことで，フィルム焼きした刷版とCTPで作成した刷版とのハイライトの網点の微妙なつきの違いを調整でき，細かな網点再現まで表現したプルーフを作成することができる。

5.4 カラーマッチング精度

SPEEDPROOF-9000は，インキ色相に合わせた材料を使ったカラーマッチングによって印刷物に近いプルーフを作成することができる。下図は，アート紙印刷物に対してカラーマッチングしたときの，SPEEDPROOF-9000の色再現域である。1・2次色の色相が印刷物とほぼ一致しており，色再現域も印刷物と同じである。また，約750色を含むカラーチャートでカラーチャートのプリントを比較したところ，全パッチの平均色差は2.6，グレー・肌色の平均色差は2.3であった。このように，印刷物の色相に近い材料でカラーマッチングすることで高精度な色再現性を実現している (Fig. 7)。

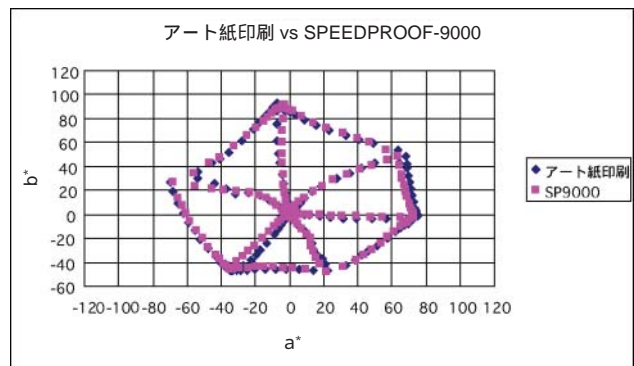


Fig. 7 Accuracy of color matching.

参考文献

- 1) 山下 清司ほか. 富士フィルム研究報告. No. 47, 1 (2002).
- 2) 関 裕之ほか. 富士フィルム研究報告. No. 46, 19 (2001).
- 3) 小澤 良夫ほか. 富士フィルム研究報告. No. 45, 35 (2000).
- 4) K.Morimoto et al. Chemistry of Preservatives in Color Developer. IS&T 43rd Annual Conference (Rochester, May 1990).
- 5) Y.Fujita et al. Stabilization of Fixer and Bleach-Fix-The Key for Further Reduction of Replenishment. IS&T 10th Symposium on Photofinishing Technology (Las Vegas, Feb. 1996).

(本報告中にある“Luxel”、“SPEEDPROOF”、“EVER BEAUTY”、“Fujicolor”、“シンプルイト”，は富士写真フィルム(株)の商標です。)

フォトポリマータイプ新聞用CTPシステムの開発

立川 博道*

Development of High-Speed Photopolymer CTP System for Newspaper

Hiromichi TACHIKAWA*

Abstract

Fuji Photo Film Co., Ltd. has developed a new CTP system "Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS". This is the first high-speed photopolymer CTP system for newspaper printing in Japan. This system has enabled fully automatic changing of 2L1W/2L2W plates, high speed processing (about 50 plates/hr.), and handling under daylight. The photopolymer plate "Brillia LP-NN" and the developer "DV-2/2RS" have a long run length (300,000) and as good printability as the PS plate "Fuji VNN". The developing system is fully automated and very stable. The high quality and precision of LP-NN has reduced the starting time of printing.

Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS has been installed in the Nagano Printing Center of the Shinano Mainichi Shimbun in Oct. 2001.

This system received Nihon Shinbun Kyokai Award in 2001.

1. はじめに

国内新聞分野においては、多頁化、カラー化、印刷品質向上が求められると同時に、コスト削減が非常に強い要請となっている。富士写真フイルム(株)は、これらの要請に応えるべく、有機光導電体(OPC)を用いた新聞用CTPシステムLASER FNR¹⁾を開発し、平成8年、日経新聞社京都新工場に導入した。

LASER FNRは、OPCの特性を生かした明室取り扱い可能な高速製版システムであるが、縦2頁サイズ(2L1W:約400mm×1100mm)専用であり、カラー化にともない、導入著しいタワー型輸転機で多用される4頁サイズ(2L2W:約800mm×1100mm)に対応するためには新たな製版機の開発が必要であった。しかしながら、OPC方式は処理システムが複雑であり、2L2Wに対応するためにはコスト的な問題があった。

新聞印刷に必要な性能と各製版方式の特質をTable 1に示す。フォトポリマー版は明室取り扱いができないものの、版の取り扱いをカセット化することにより明室での作業が可能になる。また、商印用の汎用セッターを改造することで、廉価なシステムを構築できる。したがっ

Table 1 Comparison of CTP System for Newspaper.

方式	感度	生産性	印刷性 露性	セッター コスト	取り扱い	環境対応
OPC	5 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$	○	○	△	白灯	○
フォトポリマー	100 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$	○	○	○	赤灯	○
サンプル	100 mJ/cm^2	△	○	×	白灯	○
銀塩DTR	2 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$	○	×	○	赤灯	×

て、2L2W対応可能な製版システムとして、フォトポリマー方式が最適と考え、本システムを開発した。なお、本システムは平成13年、信濃毎日新聞社「長野製作センター」に導入され、本格稼動中である。

2. システムの概要と特長

システム設計に当たっては、高感度フォトポリマー版材(Brillia LP-NN)との整合性を考慮し、高速全自動製版システム(Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS (Photo 1))を設計した。



Photo 1 Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS.

本誌投稿論文(受理2002年10月21日)

*富士写真フイルム(株)吉田南工場研究部
〒421-0396 静岡県榛原郡吉田町川尻4000

*Research Dept., Yoshida-Minami Factory
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Haibara-gun, Shizuoka 421-0396, Japan

近年の新聞印刷では、高速化とカラー化(4頁版,高画質化)の進展が著しい。これに対応するために、ハイパワーS.H.G.個体レーザー(532nm)とマルチビーム露光方式を独自開発し、約50版/時の高速製版を実現した。また、全工程を完全自動化したシステムによる高精度な製版は、4版見当合わせが容易となり、刷り出しまでの時間を短縮することを可能とした。

Brillia LP-NNとLuxel PLATESETTER P-9600 NEWSにより、新聞印刷で要求される安定処理および印刷適性(耐刷性、水/インキバランス)で、PS版と同等の性能を実現した。

Table 2 Specification of Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS.

項目	仕様
露光方式	内面ドラム方式2ビームマルチ露光
記録光源	ハイパワーS.H.G.個体レーザー
使用プレート	富士フォトポリマープレートLP-NN
版サイズ	2L1W・2L2W(自動切換え)
線密度	909dpi/1200dpi
記録精度	繰り返し精度±0.03mm
プレート搬送	自動給排版(自動合紙除去機能付)
露光速度	28mm/sec(909dpi時)
処理工程	プレヒート→プレ水洗→リンス→フィニッシング→乾燥 →パンチ・版曲げ(トンボ位置検出)
外形寸法	2050x8780x1810mm(ストッカー含む)

3. 材料開発

LP-NNの構成と製版工程をFig. 1に示す。LP-NNは、当社独自の表面処理(マルチグレイン)をしたアルミニウム支持体上に光接着層、光重合層、オーバーコート層を設けてなる。Fig. 1のように、532nmのレーザーによる高速走査露光によりラジカルを発生させ、重合を開始する。次に、プレヒート工程により重合を促進し、新聞印刷で最も重要な耐刷性を向上させる。重合阻害となる酸素を遮断するオーバーコート層を除去した後、感光層をアルカリ水溶液で除去し、フィニッシャー処理して、乾燥し、製版完了する。実際のシステムでは、この後、パンチ、版曲げを行い、輪転機に取り付け、印刷する。



Fig. 1 Cross-section of LP-NN and its imaging process.

LP-NN²⁾では、高耐刷性を得るため、新規な高強度ウレタンポリマーを開発した。ソフトセグメントとハードセグメントを配合したウレタンポリマーは、印刷工程で発生するゴムブランケットとの摩擦衝撃に強い耐性を有する。また、現像液(LP-DWE)の浸透性を低減させることにより、従来のフォトポリマー版にない高耐刷性を実現した。フォトポリマー版材は露光量が不足すると、重合進行が不十分となり、耐刷性が低下することが

知られている。250mW S.H.G.固体レーザーの出力を用いても、目標の製版速度を実現するためには、低露光量にならざるをえない。国内新聞社の要求する製版速度を実現するためには、低露光量領域での耐刷性を改良することが必要であった。

LP-NNで新規に導入したウレタンポリマーは機械的強度を向上させたばかりでなく、現像液(LP-DWE)の画像部への浸透を抑制することにより、耐刷性を向上させている²⁾。われわれは、LP-NN/LP-DWE技術を推し進め、現像液浸透性をさらに低下させることにより、低露光領域での耐刷性を向上させた新現像システム(現像液DV-2 現像補充液DV-2RS)を開発した。現像液成分として、新規な界面活性剤を開発し、露光領域での現像液浸透性を押さえたまま、非露光領域の除去速度を向上できる界面活性剤を新たに開発した。これにより、現像液pHをLP-DWEの12.9から12.1(25℃)へ低下させ、画像部のダメージをさらに低減することができた。Fig. 2に現像液浸透の露光量依存性を示す。液浸透は露光後のLP-NN層を現像液に浸漬し、静電容量の変化により測定した。0.4mJ/cm²露光でのLP-DWEの浸透性は、いずれの現像液でも浸透速度は遅いことがわかる。露光量を0.2mJ/cm²に低下させると、LP-DRWでは長時間浸漬すると液浸透が観察されるが、DV-2系では浸透が大幅に押さえられている。

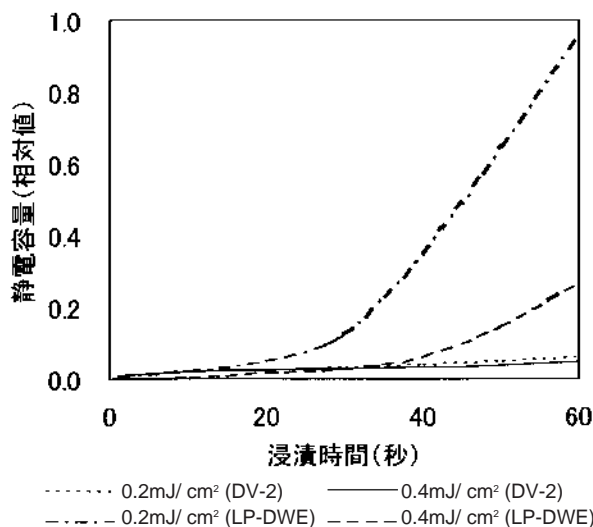


Fig. 2 Static electric capacity of LP-NN for LP-DWE and DV-2.

この低浸透型現像液の開発によりLP-NNは、低露光条件においても十分な耐刷性を発揮できるようになった。Fig. 3から、LP-NNの露光量の増加により重合が進行し、耐刷性が向上することがわかる。また、現像液浸透性を抑制したDV-2/DV-2RS現像液を使用することにより、低露光領域から高露光領域まで優れた耐刷性を示している。本システムでは、さらに、前記界面活性剤の効果により現像液中の沈澱物の生成を従来に比較し、徹底的に押さえることに成功した。また、補充液量を従来の1/2以下に低減させ、メンテナンス性を大幅に改良することができた。

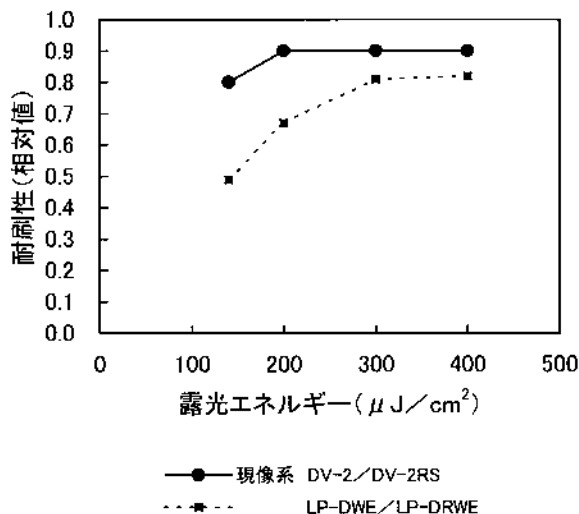


Fig. 3 Run length of LP-NN developed by LP-DWE and DV-2.

4. 描画・製版システム開発

Luxel PLATESETTER P-9600 NEWSの基本構成をFig. 4に示す。システムはCTP給版露光装置、自動現像機、パンチ版曲げ装置、ストッカー部から構成される。Fig. 5は、各工程の処理動作である。CTP給版露光装置は5個のカセットを収納しており、明室で操作することができる。また、2L1W / 2L2W版を自動切換で給版することにより、煩雑な版材の入れ替え作業をなくした。カセット内の合紙を自動的に除去した後、版材(LP-NN)をインナードラムに搬送し、位置決めピンで固定する。ここで、レーザ描画した後、自動現像機に搬出する。

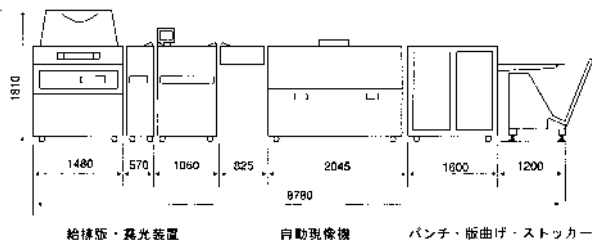


Fig. 4 Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS.

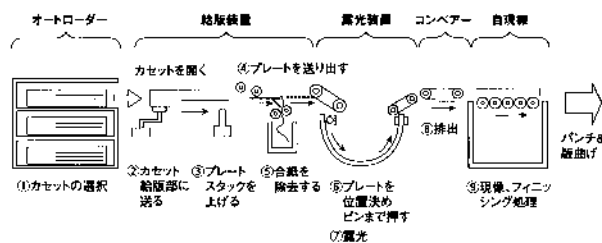


Fig. 5 Plate handling of P-9600 NEWS.

自動現像機では、プレートにより重合を促進させ、オーバーコート層を水洗除去した後、アルカリ現像液(DV-2 / DV-2RS)により感光層未露光部を除去し、画像を形成する。通常のPS版と同様にフィニッシング処理の後、ビューベンダーによりパンチ、版曲げし、ス

トッカー部に排出される。

本システムの中核となるプレートセッターP-9600 NEWSは、独自に開発したS.H.G.固体レーザを搭載する。本レーザは532nmで250mWと世界最高水準の出力であると同時に、5000時間(2L2W描画で45万時間相当)という長寿命であり、メンテナンス性を大幅に向上させた。本システムでは、この高出力レーザと3次元L.M.C.(3D-Laser Motion Control)技術(Fig. 6)により世界で唯一の内面ドラム走査とマルチビーム露光を実装した。これにより、新聞用製版で最も重要な高速製版と高品質を実現している。L.M.C.技術は、2本に分割されたビームを内面ミラーで走査する時に、2本のビームが直列すること(Fig. 6のB)を防止するために、高速回転するスピナーミラーの角度を正確に検知し、反射ビームが常に一定間隔で平行に並ぶように、3次元空間で2本のビーム角度をミラー角度に同調させる。これにより、高速製版と高精度走査の両立を可能とした。

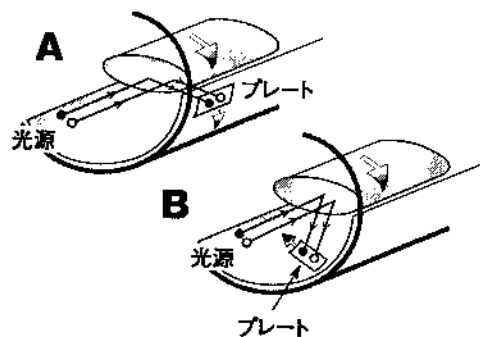


Fig. 6 Schematics of 3D-laser motion control.

自動現像機は、処理版量、稼働時間および待機時間の炭酸ガスによる疲労を考慮した自動集中補充システムを装備した。これにより、新聞の大量製版においても、長期間、面倒な補充操作なく、安定な製版を維持する。

ビューベンダーは、あらかじめ版に書き込んだトンボの位置を自動的に検知、見当合わせし、パンチ版曲げする。パンチ版曲げの位置精度は、± 0.03mmの繰り返し精度を有し、カラー印刷時の4版見当合わせ時間および損紙の大幅な低減に効果を発揮する。

5. 製版品質と製版安定性

前記フォトポリマー材料とシステム機の開発により、国内新聞社の厳しい刷版品質と製版安定性を実現することができた。

Fig. 7は、本システムで製版したLP-NNの版上網点再現性である。キャリブレーションを行わずデフォルト出力を行っているが、ハイライトからシャドウ部まで良好な再現性を示している。また、Fig. 8の版上の拡大写真から網点がシャープに再現されていることが観察できる。

自動現像機は、版材の処理量、稼働時および待機時の炭酸ガスによる現像液疲労を補正することにより、長期間使用しても現像液物性の変動が少なくなるようにした。

これにより、網点などの画像品質、印刷品質を一定に維持している。Fig. 9は、2L1W/2L2W版を混合処理したときの網点再現性の変動である。1ヶ月にわたって2000m²処理しても網点の変動はほとんど無く、安定な画像再現性を示している。

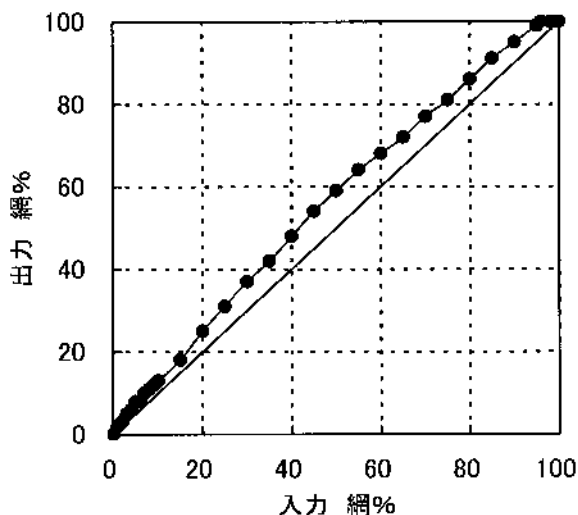


Fig. 7 Halftone reproduction curve (100lpi) of LP-NN with Luxel PLATESETTER P-9600 NEWS.

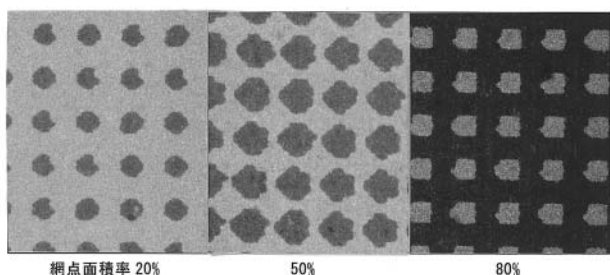


Fig. 8 Halftone dots (20%, 50%, and 80% at 100lpi) on LP-NN Plate x 50.

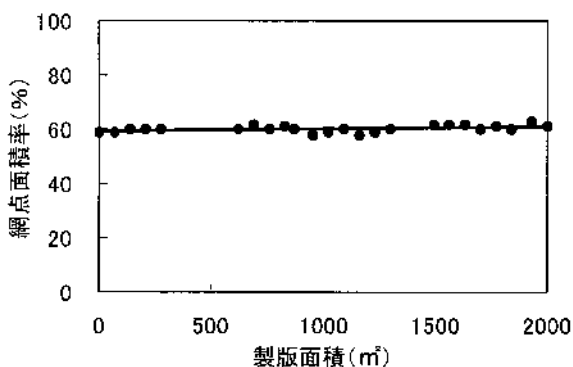


Fig. 9 Degree of reproducibility in halftone dot area.

また、LP-NN/DV-2は、従来のPS版VNNと同様の印刷適性を有しており、VNNとまったく同じインキ/湿し水条件にて印刷可能である。また、0.2mJ/cm²以下の低出力でも、十分な耐刷性を有している。その耐刷力は、信濃毎日新聞社において全40頁カラー、約30万部の実印刷によって実証された³⁾。

6. まとめ

国内で最初のフォトポリマー刷版(Brillia LP-NN)を用いたCTPシステムLuxel PLATESETTER P-9600 NEWSを開発した。本システムは、2L1W/2L2W頁版自動切換え、高速製版、全自動の安定な製版と明室操作を可能とした。刷版は、国内新聞社の要求する高耐刷と刷り易さを実現した。

信濃毎日新聞社では本システムを中核とし、紙面受信からインキプリセットまでを完全自動化した新聞製版システムを構築し、平成13年10月新工場「長野製作センター」に導入した。同時に、全頁カラーの世界最高速輪転機を設置した「長野製作センター」は、日本で最も先進的な新聞印刷工場として稼動中である。

本システムは、平成13年度(社)日本新聞協会「技術開発奨励賞」を受賞した。

謝 辞

本システムの開発にあたり、終始、貴重なご助言とご指導を下さった信濃毎日新聞社 取締役工務局長・長野製作センター長 草野善郎様をはじめとする信濃毎日新聞社の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 立川. FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT. No.42, 28 (1997)
- 2) 近藤. FUJIFILM RESEARCH & DEVELOPMENT. No.43, 27 (1998)
- 3) 草野, 峰村. 新聞技術. 2002-1 (179), 19 (2002).

(本報告中にある“Brillia”、“Luxel”、“FUJI”、“VNN”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

低解像度高線数網点(Co-Re SCREENING)の開発

井上 義章*

Development of Co-Re SCREENING That Enables the Output of High Screen Rulings at Low Output Resolutions

Yoshiaki INOUE*

Abstract

Nowadays most of printed matter consists of halftone dots made by digital process. Until now we have used higher screen rulings to get high image quality at the expense of recording time. In order to solve this trade-off, we developed a technology named "Co-Re SCREENING". This screening technology enables the output of high screen rulings at low output resolutions. We investigated the possibility of excellent quality realization on printed matters. Further, we developed a new method of detecting single color moiré by simulating the recording process and the human vision characteristics.

1. はじめに

近年、印刷物作成工程はデジタル化が進み、高出力のレーザーで画像データを直接刷版に描画するCTP (Computer-To-Plate) システムが普及してきている。CTPシステムを用いることにより、さらなる高画質化と生産性向上が求められている。

高品質な画像を得ようとする場合、解像度の高いプリンターを使用することが一般的に行われる。しかし、画像の解像度を高めることは、一般に出力速度の低下とデータ処理量の増加を伴い、生産性を大きく低下させる。つまり、高品質を得ようとするとう生産性が低下するというトレードオフの関係が存在する。印刷分野の網点出力装置におけるこのトレードオフの解消を目的として、低解像度高線数網点、“Co-Re SCREENING (Common-Resolution SCREENING)” (コアスクリーニング) の開発を行った。この網点は、CelebraNT RIPなどの当社網点化処理ソフトウェアにオプション網点として搭載され、Luxel T-9000CTP HS、Luxel T-6000CTP II、Luxel P-9600CTPの当社プレートセッターから出力可能である。本稿では、Co-Re SCREENING 開発の背景および技術内容について説明を行う。



Fig. 1 Co-Re SCREENING 300LPI at 2438.4dpi.



Fig. 2 Normal SCREENING 175LPI at 2438.4dpi.

2. 低解像度高線数網点のねらい

国内の商業印刷では、出力機の解像度 2400dpi (dot per inch) 付近で網点線数 175LPI (Line Per Inch) を出力することが標準的に行われている。印刷物を高品質化するには、画像の精細度をあげること、つまり網点の線数を上げることが容易に考えられる。網点線数として 300LPI 程度を出力するには、一般に出力解像度 4000dpi 程度が必要と言われている。プリンターの出力解像度の増加は、画像データ量の増加につながり、2値化処理

本誌投稿論文 (受理 2002 年 10 月 29 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

時間、データ転送時間、画像出力時間のすべてに時間を要し、生産性が低下する。画像品質（線数）を高くすると生産性が低下する（高い出力解像度が必要となる）というトレードオフ関係と、従来技術と比較したCo-Re SCREENINGの技術レベルをFig. 3に示す。

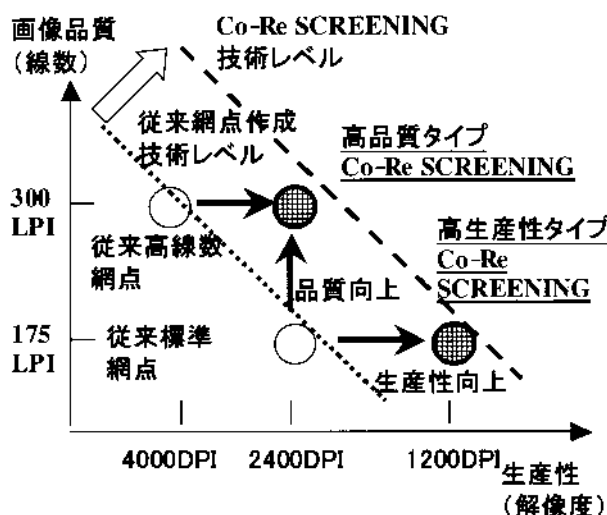


Fig.3 Relationship between screen ruling and output resolution.

このトレードオフを解消するために、Co-Re SCREENINGでは以下の2つの特長を持った網点の実現を目指した。

- 1) 高品質タイプ
通常出力解像度(生産性は同等)で高線数(高画質)の網点
(例：出力解像度2400dpiで300LPIの網点)
- 2) 高生産性タイプ
低出力解像度(生産性向上)で通常線数(品質同等)の網点
(例：出力解像度1200dpiで175LPIの網点)

高品質タイプのCo-Re SCREENINGは、2400dpiの300LPIを推奨しているが、高精細印刷の網点線数は従来、400～500LPI以上が一般的であった。以下、Co-Re SCREENINGが300LPIを推奨する理由を説明する。

高線数を用いることによる画質向上の効果はさまざまなものがあげられるが、主なものは以下の2点と思われる。

- (a1) 解像度、ディテール再現の向上
 - (a2) 網点ノイズ(ロゼット、網点構造)の低減
- 網点画像の構成要素である網点ドットはある程度小さくなると、人間の目の空間周波数分解能以下になり視認されなくなる。そのため、2値画像を連続調画像と同様に感じることで上記効果が生ずると考えられる。したがって、肉眼で画像を観察する用途では、人間の視認限界以上の高線数になれば(a1)解像度の向上効果も(a2)網点ノイズの低減効果も飽和してくる。

一方、高線数化の問題点を考えてみる。フィルム出力工程、アナログ刷版焼付け工程を含む従来印刷物作成工程で高線数化の妨げとなった主な問題点を以下に示す。

- (b1) 生産性の低下
RIP処理時間、データ転送時間、出力時間の低下
- (b2) 刷版工程の難しさ
ゴミなどの焼きボケ、小ドット再現の難しさ、見当精度、調子の安定性
- (b3) 印刷の難しさ(色、調子の安定性)

(b1)の生産性の低下は、前述の品質と生産性のトレードオフで説明した内容であり、Co-Re SCREENINGの使用で解決される項目である。(b2)の刷版工程の難しさは、従来工程では大きな問題であった。しかし、CTPシステムを用いる場合にはこの問題も解決される。中間工程を省略し、直接刷版に描画するCTPシステムでは、見当精度、小点再現性、調子の安定性といった刷版品質は従来工程と比べて格段によくなったと言われている。(b3)の高線数印刷の難しさについては、網点ドットが小さくなることで生じる印刷工程の不安定さであり、CTPシステムを用いる場合にも、従来工程と同様に残る問題である。

以上の高線数化の効果と問題点(印刷の難しさ)の関係を模式的に示したものをFig. 4に示す。

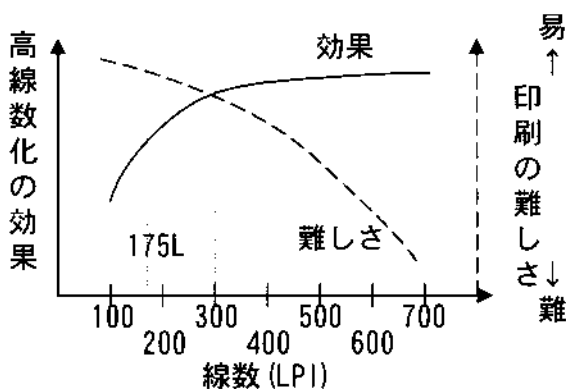


Fig. 4 Relationship between the effect of high screen rulings and the difficulty in printing process.

高線数の効果がある程度得られ、かつ印刷の難しさがなるべく抑えられる線数としてCo-Re SCREENINGでは300LPIを推奨している。実際に300LPIの印刷物を見ると、網点ロゼット構造は肉眼では視認できず、高線数化の効果は得られている。印刷工程の安定性が大幅に改善されないかぎり、400、500、600LPI...とより高い線数を目指すことは、高線数化の効果は飽和しているのに対して、印刷工程の不安定さ(困難さ)が増加していくと考えられる。

高生産性タイプのCo-Re SCREENING、1200dpiの出力解像度で175LPIを実現する網点は、フォトポリマー方式CTPシステムのみでサポートしている。感材感度と露光光源の制限から、多くのサーマル方式のCTPシステムでは、2400dpiと1200dpiの生産性が同一であり、高生産性タイプのCo-Re SCREENINGは効果がない。しかし、Fig. 3に示すように出力解像度2400dpiの300LPI出力も、4000dpiの300LPI出力からすれば、高生産性タイプの網

点ということが出来る。このように、Co-Re SCREENINGでは出力機と感材の特性にあわせてその効果を十分発揮できる網点を選択できる。

3. 低解像度高線数網点開発上の課題

Co-Re SCREENINGの実現にあたって、ハードウェア、ソフトウェアに特別な変更を加えることなくその機能を実現することを目指した。したがって、網点の2値化処理には一般的な2値化アルゴリズムを用いた。具体的には、PostScript Level IIでサポートされる網点閾値データ(threshold array data)の形式を用いており、この網点閾値データの作成方法に種々の工夫を盛り込んだ。

網点閾値データの工夫によって、低解像度でより高線数を作成する場合の問題点を考えてみる。Fig. 5にラウンド形状の角度付きの網点ドットを高低2種類の解像度で作成した網点像を示す。

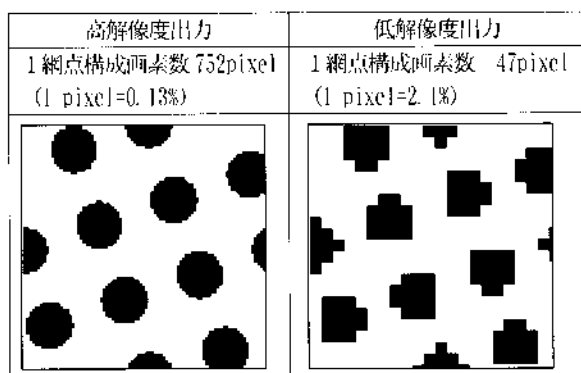


Fig. 5 Halftone dots images outputted in high and low resolutions.

低解像度出力で網点を作成すると、1つの網点ドットを少ない画素(pixel)数で構成することになる。“均一の形、大きさのドットが等間隔に並ぶ”という従来の網点設計方針とは異なり、網点ドットは不揃いとなってしまふ。少ない構成画素数で、網点閾値データを従来技術を使って作成した場合に問題になる主な画像品質項目は以下、の2点である。

- 1) 階調再現性(網点構成画素数の不足)
- 2) 単版モアレ(網点の位置、形状の量子化誤差により生じる単色版上のモアレ縞)

以下、この2項目についてCo-Re SCREENINGで使用している技術を説明する。

3.1 階調再現性の検討

網点を用いた面積変調による階調再現方式では、再現可能な階調数は、1網点の構成画素数を計算する下記(1)式より求めることができると言われている。

$$\text{階調数} = (\text{出力解像度} / \text{網線数}) + 1 \dots \dots (1)$$

この式に従って階調数を考えると、低解像度で従来基準より高い線数を出力する場合、必要な階調数がとれなくなることになる。

この階調数不足の問題に対して、Fig. 6に示すマルチ

テンプレート方式を採用した。マルチテンプレート方式とは、2値化に使用する網点閾値データ(テンプレート)を複数の網点ドットで構成し、網%の異なる網点ドットを混在させ、階調数を増加させる方式である。Fig. 6は、16pixel、17pixelのドットを混合させて16pixelで構成されるN階調目と17pixelで構成されるN+1階調目の間の階調を再現し、階調数を増やしている様子を示している。

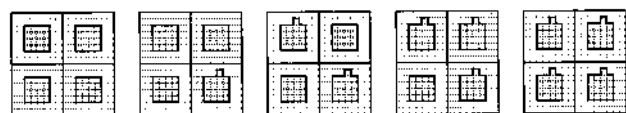


Fig. 6 Concept of the multi-template method.

人間は濃淡を知覚する際、高周波成分については視認性が低下する。したがって、微小領域の変化である網点1つ1つの面積率の違いは、高周波成分にあたり、人間は鈍感である。一方、広い領域の濃淡は、ある程度の範囲の面積率情報を積分して知覚していると考えられる。マルチテンプレート方式はこのことを利用した階調再現方式である。

マルチテンプレート方式によって階調再現性が向上する簡単な例をFig. 7-1, Fig. 7-2に示す。従来方式で2400dpiの出力解像度で300LPIを出力する場合、(1)式に従うと65階調しかとれないことになる。この時、0-100%の網%を再現しようとするると1階調あたり約1.5%の階調となる。この網点を用いて256階調のグラデーション画像を出力したときの階調特性がFig. 7-1である。Fig. 7-1は1.5%の段差(階調跳躍)をもつ階調特性を示している。一方、Fig. 7-2は、同条件でマルチテンプレート方式の網点を使用した場合の階調特性を示す。Fig. 7-2では1.5%の階調跳躍は目立たなくなっていることがわかる。なお、Fig. 7-1, Fig. 7-2はグラデーション画像データを2値化処理し、その画像データをグラデーションと垂直方向に積分し、人間の視覚特性と網点周期で平滑化して得た図である。

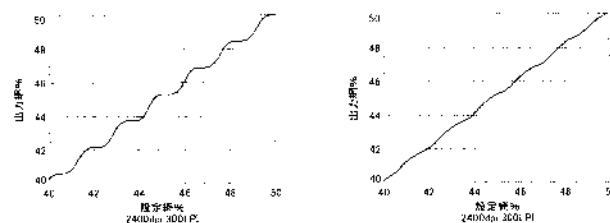


Fig. 7-1 Normal method

Fig. 7-2 Multi-template method

Fig. 7 Tone reproduction curve (Effect of multi-template).

3.2 単版モアレ解消技術

単版モアレは、出力解像度の周期成分と網点周期成分との干渉として計算することができる。低解像度で網点を作成した場合、出力解像度ピッチと網点ピッチが近づくことから干渉が生じやすくなることが考えられる。

また、網点ドットに占める1画素の割合が大きくなり、ドット形状、位置に偏りが生じることで、干渉モアレの強度も大きくなり視認されやすくなる。

単版モアレを解消するため、まずデジタル網点データから計算的手法で単版モアレ成分を抽出することを試みた。

Fig. 8に、単版モアレ成分抽出方法の概要を示す。図は、デジタル網点画像データ $I(x, y)$ から人間が知覚する画像 $Oh(x, y)$ を求める手順を示している。

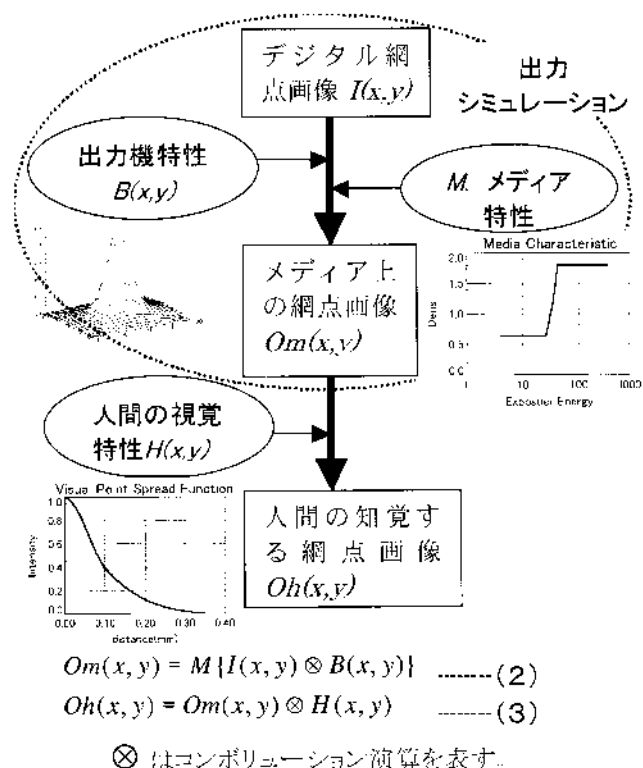


Fig. 8 Flowchart of detecting a single color moiré.

前半は、出力シミュレーションを実施している部分で、デジタル網点画像データ $I(x, y)$ からメディア上の網点画像 $Om(x, y)$ を求めている。デジタル画像データ I と出力機の露光ビームの特性 B (露光ビームプロファイル情報など) とのコンボリューション演算でメディア上の露光量分布を求め、その露光量分布をメディアの特性曲線 M を用いて露光量から濃度 (透過率) に変換することで Om が求まる ((2)式参照)。

単版モアレは、出力機の特性に依存する 경우가多く、デジタルデータ上で検討していたのでは、品質改善が困難な場合が多い。特に、デジタル網点画像 $I(x, y)$ とメディア上の網点画像 $Om(x, y)$ の差が大きいものについて、単版モアレを精度良く予想するには、出力シミュレーションを用いることが必要である。Fig. 8に示した出力シミュレーションは簡単な計算であるが、出力機の特性や傾向をある程度知ることができる。一例として、P-9600CTPでのシミュレーションの例を紹介する。Fig. 8の手順で、デジタル網点画像データに出力機のビーム特性、感材の特性曲線を用い、Fig. 9-1の網点画像を得た。

実際の網点ドットの顕微鏡拡大写真 (Fig. 9-2) と、シミュレーション適用前のデジタル網点画像 $I(x, y)$ 、シミュレーション画像 $Om(x, y)$ とを比較すると、シミュレーション画像の方が、顕微鏡画像にずっと近いことがわかる。また、このシミュレーションでは、版上の網%も予測することが可能である。計算によって求めた網%と測定結果とが良好に一致していることを Fig. 10に示す。

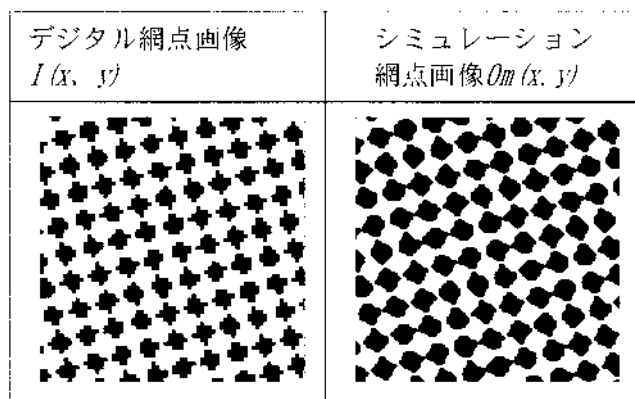


Fig. 9-1 Halftone images formed by the output simulation.

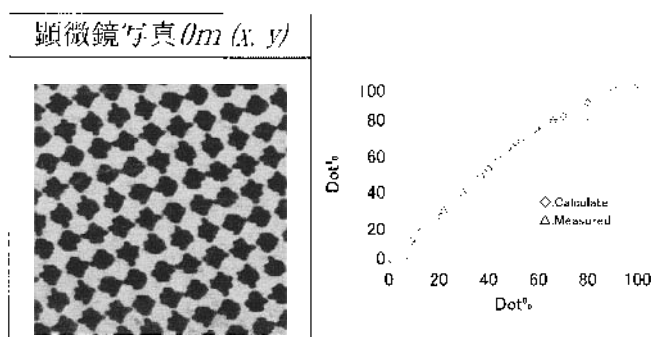


Fig. 9-2 Actual halftone image. Fig. 10 Tone reproduction estimated by the output simulation.

Fig. 8の後半では、メディア上の濃淡分布 Om を、人間の視覚周波数特性に基づいた重みで平均化することで、人間が実際に知覚する網点画像 $Oh(x, y)$ を求める。これは、 Om と視覚の点拡がり関数 (Visual Spread Function) H とのコンボリューション演算によって求めることができる ((3)式参照)。

従来網点作成方式で作成した出力解像度 2400dpi の 175L と 1200dpi の 175LPI について、刷版上のシミュレーション網点画像 Om 、人間が知覚する網点画像 Oh (濃淡は強調している)、 Oh を周波数解析した結果を Fig. 11-1、Fig. 11-2に示す。

Fig. 11-1、Fig. 11-2より通常のアプローチで作成した網点の場合、2400dpi出力には存在しない低周波成分 (単版モアレ) が 1200dpi出力では発生しており、 Oh 画像で確認することができる。Fig. 11-2の Oh 画像の周波数解析結果からも、2c/mm付近にピーク周波数が存在し、低周波モアレを算出できていることを示している。

以上のように、もとのデジタル網点画像 I から予測

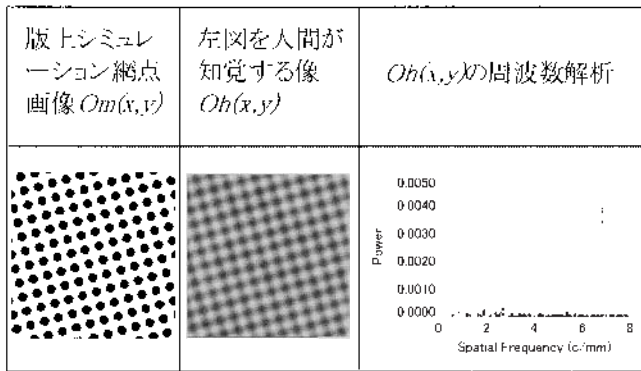


Fig. 11-1 Images of 175LPI normal screening at 2400 dpi.

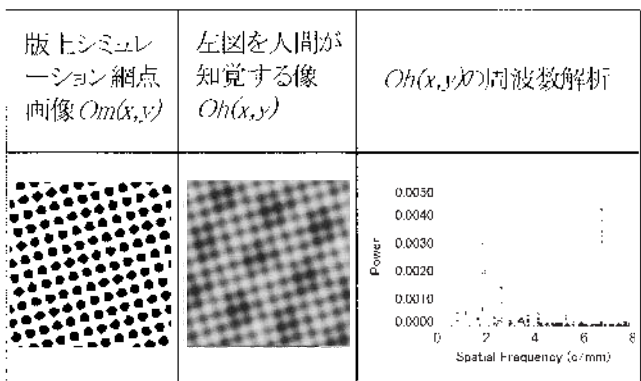


Fig. 11-2 Images of 175LPI normal screening at 1200 dpi.

することが困難な、人間が知覚する単版モアレ成分の濃淡像 Oh を Fig. 8 の方式によって計算可能であることがわかる。

Fig. 8 の方式で、実際に出力される際の単版モアレを計算により検知できれば、その単版モアレ情報をもとに、単版モアレが発生しないような網点配置をもつ網点閾値データを作成することができる。その手順を Fig. 12 に示す。この手順に従えば、各階調において単版モアレが発生しない最適なドット配置を見通しよく順次決定し、網点閾値データを作成することができる。

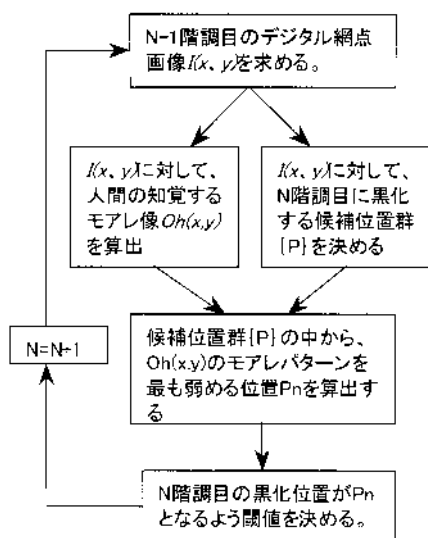


Fig. 12 Flowchart of the algorithm for single color moiré elimination.

Fig.12 の手順で作成した、Fig. 11-2 と同条件 1200dpi 出力の 175LPI の Co-Re SCREENING 網点データを Fig. 13 に示す。Fig. 13 の Om 自体は、Fig. 11-2 と同様の不揃いの網点ドットの集まりであるが、 Oh では低周波成分は目立たないことがわかる。また、周波数解析結果においても、 $2c/mm$ 付近の低周波のモアレ成分が低減していることがわかる。

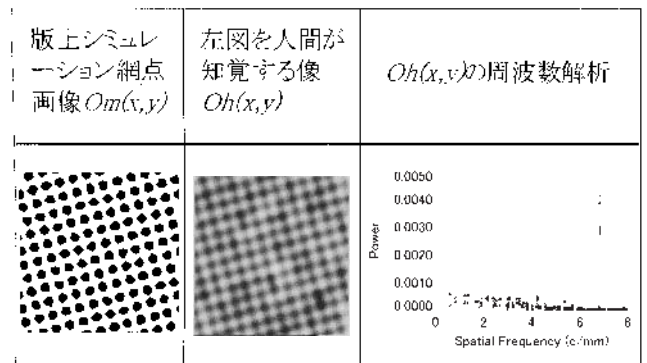


Fig. 13 Images of 175LPI Co-Re SCREENING at 1200 dpi.

4. 印刷物作成による実技サンプル評価

以上に説明した方法で網点閾値データを作成し、各出力機を用いて刷版を作成し、オフセット印刷による印刷物の評価を行った。その結果を Table 1 に示す。

印刷物の評価において、ハイライトのとびやシャドウのつぶれ、トーンジャンプ、単版モアレなどの不具合は発見されなかった。また、従来出力解像度による同じ網点線数の印刷物との比較において、同等の画像品質が得られていることが確認できた。また、それぞれリファレンスに対して、刷版出力の生産性 (RIP 展開時間 + 刷版描画時間) も向上していることが確認できた。

Table 1 Evaluation of the Printed Matters.

評価対象 Co-Re SCREENING	出力機	比較した リファレンス 網点	実技画像 評価結果	生産性 向上効果
2438.4dpi 300LPI	Luxe1 T9000 CTP	4000dpi 300LPI	リファレンス同等	約2倍
1219.2dpi 175LPI	Luxe1 P9600 CTP	2438.4dpi 175LPI	リファレンス同等	約1.4倍

5. まとめ

- 従来約半分の出力解像度で、従来同等の印刷物品質 (網点線数) を実現する下記2種類の Co-Re SCREENING を開発した。
 - 出力解像度 1200dpi 付近の 175LPI (高生産性タイプ)
 - 出力解像度 2400dpi 付近の 300LPI (高品質タイプ)
- この網点開発に必要な技術として、以下の技術確立した。

- ・「マルチプレート方式による階調再現性の向上」
- ・「出力シミュレーションと人間の視覚特性を考慮した単版モアレ成分の抽出方法」

これらの網点データは、当社各種CTPシステムの商品に搭載されている。高級腕時計や高級雑貨カタログ等に使用されるなど、使用ユーザーからきわめて高い評価を得ている。CTP時代の新しい品質基準として、Co-Re SCREENING がさらに広く使用されることを期待したい。

また、今回用いた「シミュレーションで出力画像を予測し、人間の視覚特性を考慮して出力ドット配置の最適化を行う」という手法は、印刷、製版分野に限らず、さまざまなプリンター、階調記録方式に適用可能であると

考えられる。今後、この手法を各種記録方式の性能向上に適用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 井上. 新しいデジタルスクリーニング技術の画像品質. 印刷学会誌. 38 (6), 30-34 (2001).
- 2) 井上ほか. Co-Re SCREENING 技術の開発. 平成 13 年度日本印刷学会 第 107 回秋期研究発表会講演予稿集. 110-113.

(本報告中にある“Co-Re SCREENING”、“CelebraNT”、“Luxel”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

記録密度 Gbit/in²クラスの塗布型磁気媒体 - NANOCUBIC 技術 -

斉藤 真二*, 野口 仁*, 遠藤 靖*,
江尻 清美*, 萬代 俊博**, 杉崎 力*

Particulate Magnetic Media with Gbit/in²-Class Recording Density - NANOCUBIC Technology -

Shinji SAITO*, Hitoshi NOGUCHI*, Yasushi ENDO*,
Kiyomi EJIRI*, Toshihiro MANDAI**, and Tsutomu SUGIZAKI*

Abstract

Particulate magnetic media capable of Gbit/in²-class recording densities have been developed owing to the following technologies;

- 1) Coating technology for magnetic layers with uniform thickness of several tens of nanometer (NANO COATING).
- 2) Preparation technology for extremely fine magnetic particles with several tens of nanometer (NANO PARTICLE), and
- 3) Finely dispersing technology for uniformly close-packed magnetic layers (NANO DISPERSION)

These technologies, integrally named NANOCUBIC, achieved a ten-fold increase of recording density, realizing 3GB capacity for 3.5 inch diameter flexible disk media and 1TB capacity for half inch width tape media.

1. はじめに

磁気記録は音声、画像、デジタルデータなどさまざまな情報の記録再生に広範囲に使われてきた。近年では、コンピューターの高性能化やブロードバンドネットワークで代表される通信技術の発達にともない、大量のデータが記録されるようになってきている。また、不慮の事件や災害などでデータを失い、多大な経済的損失が発生した例もあるために、データを複数の場所に分散して保管するニーズも高まっている。これら大量のデータを記録、保管する装置は磁気記録システムが主流を占めている。これは、磁気記録が光記録などの他の記録方法と比べて高密度化と大容量化のポテンシャルがあり、かつ高速での記録再生に適しているためである。

磁気記録システムには、ハードディスクドライブ (HDD) のように記録媒体とドライブが一体になった固定型と、磁気テープ装置、フロッピーディスク装置のような可換型がある。HDD は、記録密度が高く記録再生

が速いが、信頼性とビットコストの点で課題がある。一方、可換型はドライブと切り離してデータを保存できるので、データ損失のリスクが少ない。磁気テープはアクセス速度が遅いが、低ビットコストで大容量の記録ができることがメリットである。これらの特徴から HDD と可換型媒体は相互補完の形で組み合わせて用いられることが多い。

磁気記録媒体には大きく分けて、磁性体を結合剤中に分散した液を支持体上に塗布した塗布型媒体と、真空中での蒸着やスパッタリングで金属薄膜を形成した薄膜型媒体がある。塗布型媒体は、真空プロセスを用いないので大量生産に向いていること、磁性体が高分子で保護されているので保存安定性に優れていることが利点である。したがって、大容量と高い信頼性が要求される放送用ビデオテープやコンピューター用メモリーテープに用いられており、今後の大容量、高速化に対応した高密度化の要求が高まっている。

本誌投稿論文 (受理 2002 年 10 月 16 日)

* 富士写真フイルム(株)記録メディア研究開発センター
〒250-0001 神奈川県小田原市扇町2-12-1

* Research & Development Center
Recording Media Products Division
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Ohgi-cho, Odawara, Kanagawa 250-0001, Japan

** 富士写真フイルム(株)生産技術部
〒250-0001 神奈川県小田原市扇町2-12-1

** Production Engineering & Development Division
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Ohgi-cho, Odawara, Kanagawa 250-0001, Japan

2. 高密度化の動向と課題

磁気記録システムの面積記録密度の変遷を Fig. 1 に示した。HDD はクローズドシステムであり、媒体、ヘッド、信号処理を最適化することができるので、最も高密度化が進んでいる。1990 年代初頭から記録密度の向上が加速したのは、この時期に磁気抵抗型 (MR) ヘッドと高効率信号処理方式 PRML (Partial Response Maximum Likelihood) が導入されたことが大きな要因になっている。

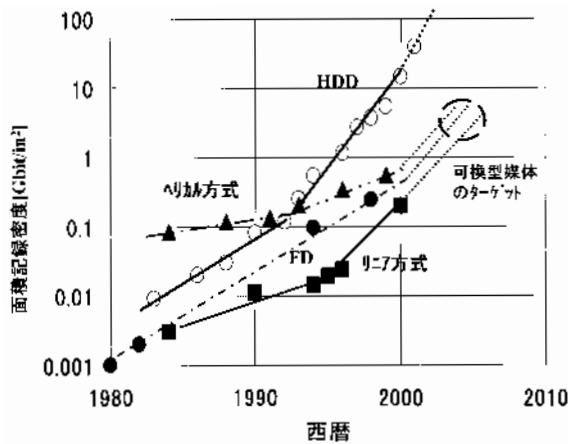


Fig. 1 Areal recording density progress.

VTR などヘリカルスキャン記録方式、コンピューターテープに使われているリニア記録方式などのシステムでは、可換性のために記録密度の向上が緩やかであったが、MR ヘッドや PRML の導入により、近年になって HDD と同様に高密度化の加速が始まっており、可換型媒体でも 2005 年には 3 ~ 5Gbit/in² に達すると予測される。この記録密度は現在実用化されている可換型媒体の約 10 倍であり、記録される最小ビット長は 100nm、トラック幅は 1.2 μm 程度となる。

高密度化は線記録密度とトラック密度の向上による。Fig. 2 に媒体設計要素をまとめた。高密度化の基本となるのは、磁化単位を小さく、かつ均一にすることであり、このために塗布型媒体においては、磁性層の薄層化、磁性体の微細化、磁性層の均一化・平滑化が特に重要な課題になっている。

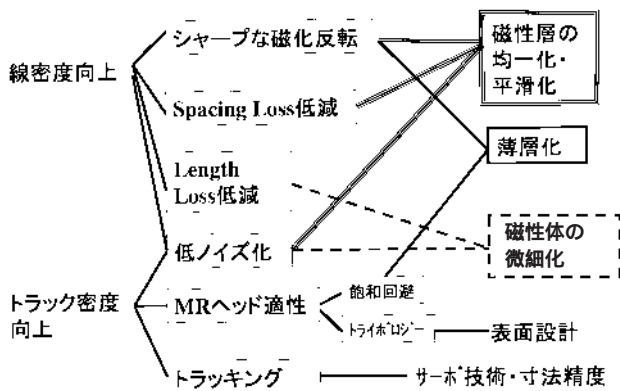


Fig. 2 Design strategy for high density recording media.

磁性層を薄くすることで磁化反転がシャープになり、波形干渉が減少するので¹⁾、磁化反転を短い間隔で行うことが可能になる。PRML の方式によるが、長さ 100nm のビットを記録するには 100nm 以下の厚みの磁性層が必要である。また、磁性層を薄くすることでオーバーライト特性も向上する。前述のように、再生ヘッドとして MR ヘッドを使用するが、MR ヘッドの飽和現象を避けるための磁化量の最適化²⁾にも磁性層を薄くすることが有効である。

ビット長とトラック幅が小さくなると、ビットあたりの磁性体数が減少して SN 比は低下する。単純に磁性層を薄くすると、さらに磁性体数が減少するので、粒子を微細化し高充填して粒子数を増やさなければならない。また、磁性体の長さ起因する出力損失³⁾が大きくなるので、磁化容易軸方向の粒子長をビット長に対して充分短くすることも必要である。

磁性体は凝集で磁氣的に結合すると、見掛け上大きな磁性体として振る舞う。その結果、磁性体の分布状態が不均一になり、ノイズが増加するのみならず、凝集粒子に基づく表面の凹凸がスペーシングロスの原因ともなる。磁性体をいかに磁氣的に孤立させるかは、塗布型媒体の高密度化に必須な技術である。

その他、ヘッド磨耗や静電破壊の防止など、ヘッド・媒体インターフェイスの問題⁴⁾、狭トラックに追従するためのサーボ技術や媒体の寸度安定性などが塗布型、薄膜型媒体共通の課題である。

3. 高密度化のための媒体技術

前述のように、塗布型媒体の記録密度向上のため、磁性層厚み、磁性体サイズ、分散状態をそれぞれ数十 nm オーダーに制御する技術 (NANOCUBIC 技術) を検討した。各論を述べてゆく。

3.1 超薄層精密塗布技術 (NANO COATING)

塗布型媒体では塗布欠陥が発生しやすいため、蒸着媒体、スパッタ媒体に比べて磁性層を薄くすることが困難であると言われてきた。これに対して、非磁性層上に磁性層を同時重層塗布 (上下層塗布液が湿潤状態で二層を塗布) し、実質的に厚く塗布することでサブミクロンの磁性層を実現したのが ATOMM 技術である^{5)・7)}。

これまで、サブミクロンの磁性層厚では磁性層の表面近傍を使って記録してきたが、磁性層厚みが数十 nm になると、磁性層全体を使いたいわゆる飽和記録状態になる。このとき、厚み方向には数個の磁性体しか存在しない。これら粒子数や充填密度の変動が再生信号振幅の変動 (変調ノイズ) になるので、塗布精度の向上が重要な技術になる。具体的には、磁性層の厚み変動抑制、非磁性層と磁性層の界面の均一化、上下層に含まれる粒子混合抑制が必要になってくる。

磁性層厚みは、塗布液の送液精度やウェブハンドリングの精度向上により厚み誤差 5% 以内に制御した。界面の乱れと塗布液の混合は、塗布液のレオロジカルな物性

と塗布ヘッドから突出する塗布液のせん断力の最適化によって低減させた。Fig. 3に従来のATOMM媒体とNANOCUBIC媒体の塗布層の断面写真(TEM像)を示した。非磁性下層には針状ヘマタイト粒子,磁性上層にはバリウムフェライト磁性体を塗布してある。従来媒体は磁性層厚250nmで上下層の界面揺らぎが40nmであるのに対して,超薄層精密塗布技術により磁性層厚50nmの均一塗布が可能になり,界面揺らぎは数nmに低減している。

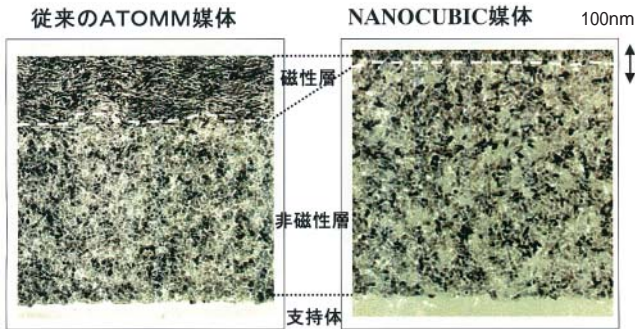


Fig. 3 Cross sectional electron micrographs of NANO COATINGS.

Fig. 4に磁性層厚と孤立反転信号の再生波形の半値幅であるPW₅₀との関係を示した。磁性層を薄くすることで波形がシャープになり,より高密度の記録が可能になる。

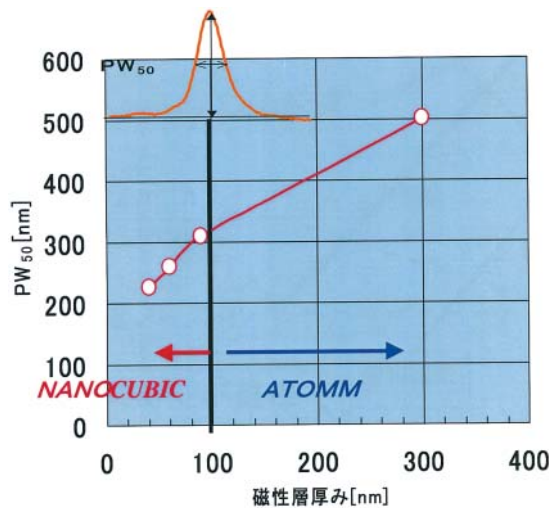


Fig. 4 Magnetic layer thickness versus PW₅₀.

3.2 超微粒子磁性体(NANO PARTICLE)

現在実用化されている最も小さな磁性体は,Feを主体とした針状の合金磁性粉末(メタル磁性体)で,長さは約100nmである。この大きさでは100nm以下のピットを記録することは困難である。磁性体は単磁区粒子なので,ピット長より大きな粒子は磁化反転が行われなためである。高密度化に適したピット長の約半分以下の粒子長の磁性体として,メタル磁性体の微粒子化と六方晶バリウムフェライト(BaFe)磁性体を検討した。

磁性体の超微粒子化における課題は,抗磁力Hcの確保と磁化の熱的な安定性にある。Hcは,針状のメタル磁性体のように形状磁気異方性を有する材料で問題と

なる。Fig. 5は磁性体の長軸長とHcの関係を示している。メタル磁性体の場合,短くなると針状比が低下し形状異方性が損なわれるのでHcが低下する。Co合金化と粒度分布改善(低Hc成分減少)により,微粒子でも高いHcを得ることが可能となった。結晶磁気異方性のBaFe磁性体はさらに微粒子で高Hc化が可能である。Fig. 6に磁性体のTEM像を示した。超微粒子メタル磁性体は長さが60nmで体積は従来比1/4,BaFe粒子は板径30nmで体積は従来比1/6である。

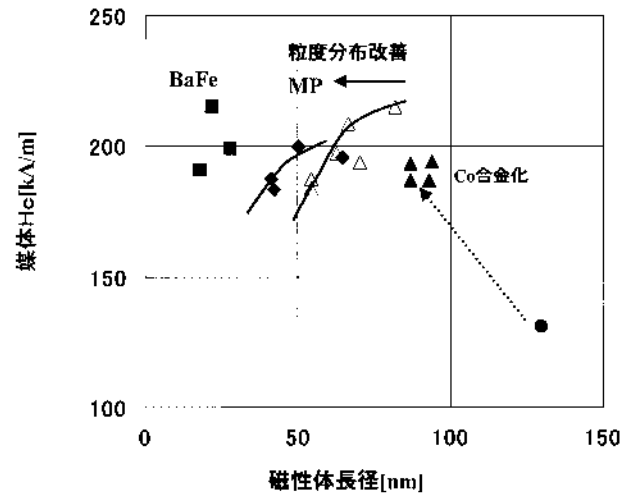


Fig. 5 Particle long-axis length versus coercivity.

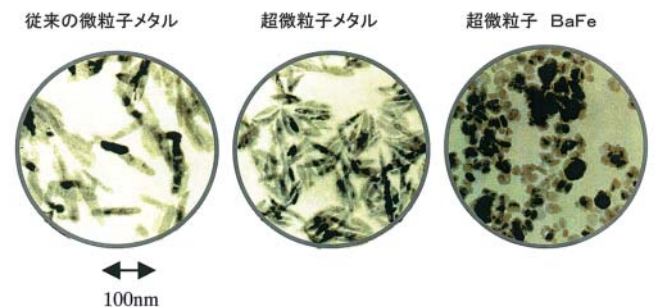


Fig. 6 TEM photos of NANO PARTICLES.

磁化の熱安定性は,体積が小さくなるとスピンの熱揺らぎによって磁化が減衰する現象⁸⁾と,熱酸化による磁化の減衰⁹⁾がある。熱揺らぎは磁性体の飽和磁化 s と異方性磁界 H_k が大きいほど安定である。メタル磁性体の場合,Coとの合金化により大きな s が得られており,BaFeは H_k が大きいために30nmの大きさでも安定である。熱酸化による減磁は,金属であるメタル磁性体の課題で,粒子表面に酸化膜を形成することで安定化してきた。しかし,超微粒子になると酸化膜の比率が高くなるので s 低下をもたらす。

これに対しては,Coを添加し,かつ緻密で薄い酸化膜を形成することで, s を確保しながら¹⁰⁾酸化安定性を向上させた。初期のメタル磁性体に比べて1/10以下の体積でも酸化安定は数倍改善されている。BaFeは酸化物なので酸化による減磁がない。

3.3 精密分散技術(NANO DISPERSION)

磁性体は粒子同士が凝集して磁氣的に結合してしまうと、一次粒子を小さくしても実質的に大きな粒子としてふるまう。また、凝集塊が発生すると配向の乱れ、充填度のばらつき、表面粗さの増加によるノイズ増加を招く。塗布型媒体では、低ノイズ化のためにこの凝集を防止することが重要である。超微粒子磁性体を安定に均一分散するために、立体障害安定化理論¹¹⁾に基づいたポリマー吸着層の設計を行った。磁性体同士の凝集は分子間力や磁氣的引力が原因になるので、凝集力を十分に弱めるため塗布液中での吸着層の厚みを厚くした。Fig. 7に概念図を示した。

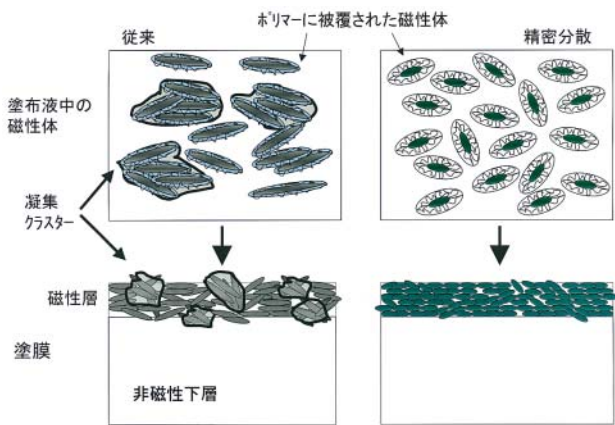


Fig. 7 Schematic images of NANO DISPERSION.

磁性体の分散には、粒子表面への吸着を促進するために親水性極性基を持つポリマーを使うことが知られている¹²⁾。微粒子になると表面積が増大し、吸着膜厚が減少するので、分散を安定化するにはポリマーの分子量を大きくし、使用量を増加させればよいが、この場合、粒子充填密度が低下する。この問題を解決するため、ポリマーの分子鎖が、塗布液中で十分に広がり、厚い吸着層が得られるように分子構造を設計した。吸着したポリマー層は、塗布液中では分子鎖を広げて磁性体同士の凝集を防止し、塗布後の乾燥とカレンダー処理によって収縮するので粒子充填密度は低下しない。

これらの精密分散技術を適用した NANOCUBIC 媒体は、Fig. 8に示すように従来の ATOMM 媒体に比べ磁性層表面が大幅に平滑化するため、スペーシングロスが低減し、高密度記録が可能になる。

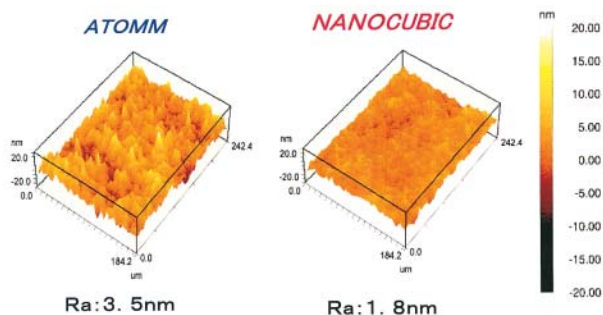


Fig. 8 Surface configuration of NANOCUBIC media.

4. 記録再生特性

以上の技術内容を盛り込んだ NANOCUBIC 媒体の記録再生特性を報告する。Table 1に媒体の諸元を示した。磁性層厚みは現在実用化されている ATOMM 媒体の 1/3 ~ 1/5、磁性体体積は 1/4 ~ 1/6 と小さい。Fig. 9は、MIG (Metal in Gap)ヘッドを搭載したドラムテスターで、ビット長 100nm (線記録密度 253kfc)の信号を記録したテープ媒体の磁化パターンを磁気力顕微鏡 (MFM)で観察したものである。色の濃淡が磁極の反転に対応しており、縞状模様が1ビットに相当する。従来の ATOMM 媒体ではビット間にまたがる磁化反転が多くみられ、SN比が劣るが、これは前述したように磁性層が厚く磁化反転が急峻でないこと、磁性体サイズが大きく凝集しているため大きな磁区を形成していることが原因である。これに対して、NANOCUBIC 媒体では磁化の不整が少なく、分解能が高くなっていることがわかる。

Table 1 NANOCUBIC Media Specifications.

項目	NANO CUBIC 媒体		ATOMM 媒体
	メタル	BaFe	
磁性層厚 δ [nm]	60	90	300
磁性粒子長 [nm]	60	30	100
Hc [kA/m]	192	207	190
Mr $\cdot \delta$ [mA]	14.6	10.0	71.7
表面粗さ Ra [nm]	2.3	1.8	3.5

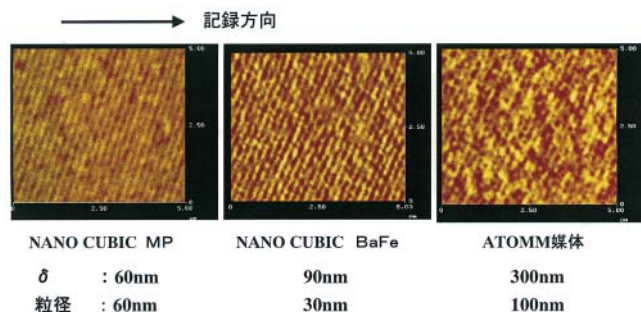


Fig. 9 MFM images of recorded signals with 0.1 μ m bit length.

メタル磁性体を使用した NANOCUBIC 媒体を MR ヘッドを用いて再生し、従来の6倍の記録密度が確認されたことが報告されている¹³⁾。さらに、1/2インチ幅のテープにして、従来 100GBであった記録容量を10倍の 1TBにできる可能性が確認されている¹⁴⁾。

Fig. 10に、BaFe磁性体を用いた NANOCUBIC 媒体を、3.5インチ径のディスクに加工し、スピンスタンドを用いて 3600rpmで回転させ、マージ型 MRヘッドを用いて記録再生したときの記録密度特性を示した。ヘッドのトラック幅は 1.9 μ mで、記録信号の線記録密度は 180kfc (面積記録密度 2.5Gbit/in²)である。再生出力が孤立反転の再生出力の 50%になる記録密度である D₅₀は、ATOMM 技術による従来の大容量フロッピーディスクの 120kfc に対し、NANOCUBIC 技術によるフロッピーディスクは 180kfc と高く、高密度記録が可能であることがわかる。

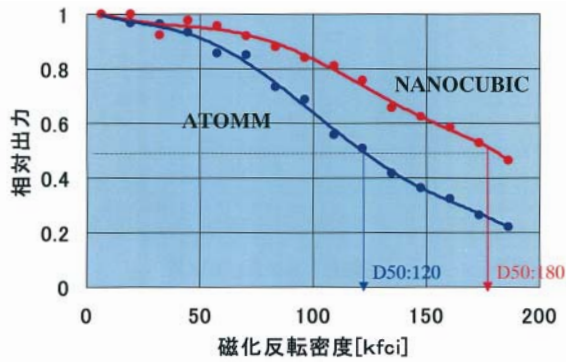


Fig. 10 Linear density responses of normalized reproduced output.

Fig.11には同様にして記録再生したときの変調スペクトルを示した。再生出力は、従来のATOMM媒体に対して+4dB,全帯域においてノイズが低く,CN比(搬送波出力とノイズの比)では約10dB向上している。約45dBのCNが得られており,適切なPRMLを組み合わせたことで3Gbit/in²程度の記録密度が可能と推定される。

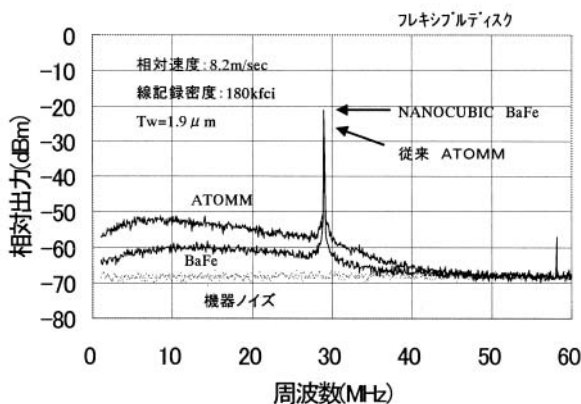


Fig. 11 Modulation noise spectra of NANOCUBIC media.

磁気記録は光記録に対し,より高速の書き込みができることが特長である。たとえば,外径が約90mmのディスク媒体の場合,回転速度3600rpm,磁束反転密度180kfciで10MB/s以上の転送速度が可能となる。これは,Zipなどの従来の高容量フロッピーディスクの4倍以上であり,また,開発が進められている青紫色レーザーを使用する光ディスク対しても2倍以上の高速書き込みを実現するもので,HDTVの録画に必要な転送速度も十分に満たしている。

一方,テープ媒体で相対速度10m/sで記録した場合は,1チャンネルあたりの転送速度は9MB/sになる。リニアトラックで8~16chで記録すると,転送速度は70~140MB/sとHDD同等以上になる。

5. 今後の展望

NANOCUBIC技術により,塗布型媒体の記録密度を飛躍的に向上させることができた。ビットコストが低い記録デバイスとしてHDDとともに今後も発展していく

と考えられる。高品位の映像記録の普及が進み,映像の資産価値が高まっている中,大容量で保存安定性に優れた塗布型媒体はますます重要な役割を担うと考えられる。塗布型媒体の高密度化はこれらのニーズに応えるだけでなく,省資源,省スペースにも有効である。たとえば,10倍の記録密度になれば,支持体に用いるポリエステルフィルムの使用面積や,テープカートリッジ・ディスクの保管体積を1/10にすることができる。

今後は,本報で解説した三つの高密度化の技術のレベルをさらに高めることを進めていく。具体的には,面積記録密度10Gbit/in²を目標として,20~30nmの磁性層厚みの実現,磁性体体積の半減,単粒子分散技術の開発である。

上記の高密度化は磁性層の性能向上のみでは達成し得ない。磁気ヘッドはAMRからGMRへとさらなる高感度化が進み,狭トラックを正確にトレースするための高精度サーボ技術が重要になってくる。今後は,記録媒体,記録再生装置,信号処理技術の歩調を合わせた開発の重要性がますます高まると考えられる。

参考文献

- 1)阿部直人,江尻清美,荒木宏明. 電子通信学会技術報告. MR92-83, 9-15 (1993).
- 2)真島恵吾,田口亮,武藤一利,上原年博,奥田治雄,近藤守央,新庄康彦,長谷川典夫. 映像情報学会誌. 23 (78), 21-27 (1999).
- 3)M.P.Sharrock. IEEE Trans. mag. 26, 193-197 (1990).
- 4)尾末匡,川名隆宏. 日経エレクトロニクス. 2001年6月4日号, No.797, 147-154 (2001).
- 5)H.Inaba; K.Ejiri; N.Abe; K.Masaki; H.Araki. IEEE. trans. mag. 29, 3607-3612 (1993).
- 6)斎藤真二,稲波博男,山崎信夫,野口仁,柏木朗. 日本応用磁気学会誌. 19, Supplement, No.S2, 1-5 (1995).
- 7)H.Inaba; K.Ejiri; K.Masaki; T.Kitahara. IEEE.trans. mag. 34 (4), 1666-1668 (1998).
- 8)M.P.Sharrock. IEEE trans. mag. 35 (6), No.6, 4414-4422 (1999).
- 9)Y.Okazaki; K.hara; T.Kawashima; A.Sato; T.Hirano. IEEE trans. mag. 28 (5), 2365-2367 (1992).
- 10)正木幸一,三浦俊彦. 粉体及び粉末冶金. 43, 961-965 (1996).
- 11)高橋彰. 色材. 67 (8), 496-504 (1994).
- 12)中前勝彦,中野秀作,谷川聡. 高分子論文集. 46 (6), 341-345 (1989).
- 13)K.Ejiri; T.Sugizaki; R.Taguchi; K.Majima; K.Muto; T.Uehara; H.Okuda. IEEE trans.mag. 37 (4), 1605-1608 (2001).
- 14)日本IBM社. www-6.ibm.com/jp/domino05/ewm/NewsDB.Nsf/2002/05152. (2002).

(本報告中にある“NANOCUBIC”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

極薄層塗布型デジタル磁気記録メディアの 生産技術開発

柴田 徳夫* , 高橋 伸輔** , 都丸 美喜男* ,
鈴木 章弘** , 佐藤 恒彦***

Production Technology Development for Digital Magnetic Recording Media with Ultra Thin Coated Layers

Norio SHIBATA* , Shinsuke TAKAHASHI** , Mikio TOMARU* ,
Akihiro SUZUKI** , and Tsunehiko SATO***

Abstract

Advantages of magnetic recording are high reliability, high volumetric density, high transfer rate, and cost efficiency. Based on these advantages, magnetic recording media are widely used for public, broadcasting, and business uses. Recently the market of digital data recording media including those for high capacity digital data storage and digital video system is growing rapidly. Under such a trend, recording device manufacturers pressed the demands of not only higher media performance but also improved productivity to media manufacturers. For this reason, high volumetric density digital magnetic recording media of coating type, which are advantageous to the aforementioned requests, had to be developed.

To satisfy those requests, production technology development for digital magnetic recording media with ultra thin coated layers and thin base film became essential. As the key to achieve this, a technology of making an ultra thin magnetic layer, using advantages of double-layer structure, has been developed and stepped up to mass production.

The magnetic properties of the media prepared through this technology are almost the same as those of metal evaporated media. Excellent runnability and durability were obtained by lubricant preservation and an equilibrium within the two coated layers.

Since this technology is coating type suitable for high speed, large width, and continuous production, desirable levels of productibility and cost required to high volumetric density digital magnetic media have been achieved.

The products of digital recording media released to the market through this technology include data storage tape (DLT, LTO, DDS), high capacity floppy disk (ZIP), and broadcasting video tape (DVC-PRO). These products are in use worldwide.

1. 概要

磁気記録の特長は、高信頼性、高体積記録密度、高転送速度、高コスト効率、である。この特長により、民生用・放送用・業務用として広く使われ、近年、デジタルデータ記録メディアとして急速に市場が拡大してきている。特に、大容量デジタルデータストレージ



Photo 1

本誌投稿論文（受理2002年10月4日）

* 富士写真フイルム(株)生産技術部

〒250-0001 神奈川県小田原市扇町2-12-1

** Production Engineering & Development Division

Fuji Photo Film Co., Ltd.

Ohgi-cho, Odawara, Kanagawa 250-0001, Japan

** 富士写真フイルム(株)小田原工場 記録メディア生産部

〒250-0001 神奈川県小田原市扇町2-12-1

** Recording Media Products Manufacturing Department
Fuji Photo Film Co., Ltd.

Ohgi-cho, Odawara, Kanagawa 250-0001, Japan

*** 蘇州富士フイルム映像機器有限公司

中国江蘇省蘇州市新区長江路138号

*** Fujifilm Imaging Systems (Suzhou) Co., Ltd.

Chang Jiang Road, New District, Suzhou, Jiangsu, China

システム、デジタルビデオシステムなどの需要が拡大し、ハードメーカーからはメディアの高性能化とともに、経済性・量産性面の対応が要求され、これらに有利である塗布型による高体積密度デジタル磁気記録メディアの開発・量産が必至となった。

これらの要求に対しては、薄手ベース・薄層化・高記録密度化が条件の極薄層塗布型デジタル磁気記録メディアの生産技術開発が必須となる。この目的達成のキー技術として、塗布型2層構造の特長を活かした高精度磁性層極薄層化技術を開発し、製品化を達成した。本技術による磁気記録メディアの磁気特性は、蒸着型レベルであり、2層構造による潤滑剤の保有・平衡効果により、優れた走行性・高耐久性を実現することができた。さらに本技術は、高速・広幅・連続生産に適した塗布型であり、高体積密度デジタル磁気記録メディアに要求される生産性・コスト・量産を実現することができた。本技術により市場導入されたデジタル記録商品としては、データストレージテープのDLT、LTO、DDS、高容量フロッピーディスクのZIP、放送用デジタルビデオテープのDVC-PROなどが挙げられ、国内外で幅広く使用されている。

2. ATOMM型メディアの特長

磁気テープ、フロッピーディスクは、その製法によって塗布型と蒸着型に大別される。塗布型メディアは、磁性粒子を含む各種素材を有機溶剤に分散混合した塗布液をプラスチック製のベースフィルムに塗布し、乾燥・硬化させることによって製品となる。Fig. 1には最も一般的な塗布型磁性層単層テープの層構成を示す。磁性層は一般に、磁性粒子、結合剤(バインダー)、潤滑剤・研磨剤などの添加剤から成り、密着の機能を有する下塗り層を介してベースフィルムの上に形成される。ベースフィルムの反磁性層側には、一般的にバック層が形成されている場合が多く、この層は主として磁気テープが記録再生装置内を走行する際の走行安定性を確保するために必要とされる。

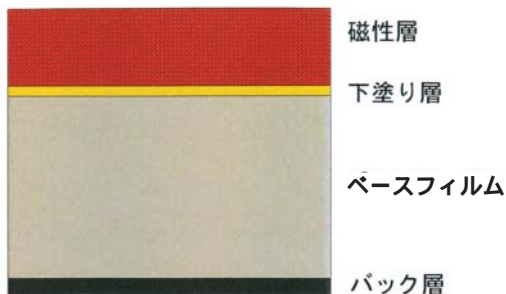


Fig. 1 Structure of a conventional mono-layered, coating type magnetic tape.

Fig. 2には蒸着型テープの層構成を示す。蒸着型テープの磁性層としてはコバルト系がよく用いられており、磁性層は磁性素材を真空中で加熱蒸発させることによってベースフィルム上に直接形成される。結合剤を

含まないこと、磁性層が磁性素材の蒸着による堆積成長によって微細な斜めの柱状構造をもつことが塗布型テープと異なる特徴である。近年の蒸着型テープには、磁気ヘッドとの摺動特性を改善するために、保護層としてダイヤモンドライクカーボン層が採用されてきている。塗布型テープと同様に、反磁性層側にはバック層が形成されている。

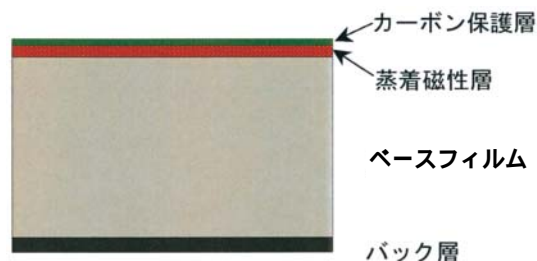


Fig. 2 Structure of a typical metal evaporated type magnetic tape.

Fig. 3には本研究により実用化した極薄層塗布型デジタル磁気記録メディア(通称、ATOMM型メディア)の層構成を示す。ATOMM型メディアは、上層が極薄層磁性層、下層が非磁性層からなる2層型であり、上層を極薄層化することで高密度デジタル記録適性を向上させた。

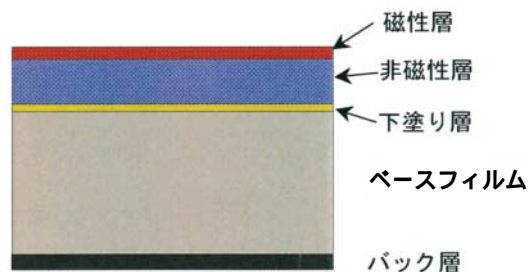


Fig. 3 Structure of the ATOMM type magnetic tape.

磁性層厚みを極薄層化することで自己減磁損失*が低減され、短波長領域での出力が向上し、オーバーライト適性が確保されることが立証されている。近年のATOMM型メディアにおいて、磁性層は0.1~0.2 μm程度まで薄層化されており、高度に厚みが均一化、無欠陥化されている。また、ベースフィルムの厚みも、テープの薄手化に伴って数μm以下のレベルに到達してきているとともに、磁性層表面を平滑にするためにベースフィルム自体の表面も平滑化が必要となってきた。ベースフィルムの薄手化に伴って、機械的な強度確保が必須となっているため、フィルム素材としては従来一般的に用いられていたPETに代わって、剛性の高いPEN、アラミドが採用されつつある。

1988年に、8mmビデオテープの高画質タイプであるHi8テープにおいて蒸着型テープが登場して以来、高密度磁気テープは蒸着型に移行していくと予想されたが、このATOMM型テープの製品化によって、塗布型テープによる高密度化の可能性が大きいことが立証された。

注) * 自己減磁損失

デジタル高密度記録には、高域特性(短波長領域)

が優れていることが必要である。磁性体の磁極は、その外部だけでなく内部にも磁界を作る。内部磁界は、相互に打ち消し合って互いの磁力を弱める。これが自己減磁損失である。この現象は、高域特性領域で強く、磁性層厚が厚いほど強くなり、層厚が薄いほど影響は弱くなって高域特性は良化する。従来の塗布型は層厚が厚いため、影響は大であり、優れた高域特性を得るには磁性層極薄層化が必須となる。

3. ATOMM 型メディアの生産技術

3.1 要素技術

(1) 配向技術

塗布型磁気記録メディアにおいては、磁性層を塗布した後、乾燥・硬化させる前に外部磁場を印加することで磁性粒子の配列を制御する、いわゆる配向処理が必要である。当初は、先行技術として、極薄層単層塗布での配向を試みたが、極薄層化による塗布量減のため、きわめて短時間に塗布層が乾燥・硬化し、粘度上昇を生ずるため、配向不良となり、必要とする配向度が得られなかった。ATOMM型メディアにおいて、下層非磁性層と極薄層磁性層を同時塗布・延伸することによって、塗布量増による乾燥遅延を行い、必要とする磁性粒子の高度配向を実現することができた。

(2) 塗布・延伸技術

単層のみの塗布では、必要とする均一で平滑な極薄層塗布を実現することは困難であった。このため、配向技術で下層として非磁性層を必要とすることから、独自に開発したDWTダイ(Double-Layered Web Tensioned Die)塗布方式による同時重層塗布技術に着目し、上層をできるだけ薄い磁性層、下層を塗付け状態を保持するための非磁性層とし、同時に2層を重ねて延伸することによって、明確な層状態を保持した、均一で平滑な極薄層磁性層が得られる可能性を確認した。DWTダイ塗布方式の基本装置図をFig. 4に示した。Fig. 4の通り、上層液、下層液の供給用スリット出口部を分離し、お互いの干渉をなるべく少なくする構成を基本とした。

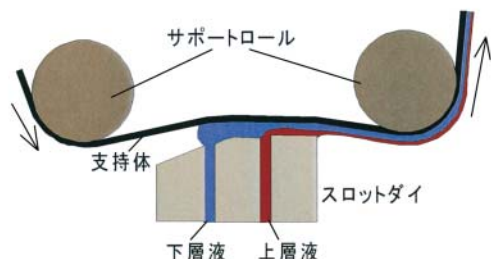


Fig. 4 Configuration and arrangement of the DWT Die.

DWTダイ塗布方式には、ベースフィルムをサポートするバックアップロールが存在せず、ベースフィルムはそれ自体のテンション、剛性とダイ先端への曲げによって安定に保持される。DWTダイ塗布方式はベースフィ

ルムの弾性を活用した塗布方式であり、その基本メカニズムは次のようになる。

粘性流体の流れが流体力学的な圧力を発生させる。

流体力学的な圧力が弾性体(ベースフィルム)を変形させる。

弾性体の変形によって流体力学的な圧力に抗する反力が発生する。

弾性体の変形による弾性力と流体力学的な圧力のバランスによって流れの場が決まる。

このメカニズムはELAST-HYDRO DYNAMICSと呼ばれており、このメカニズムをさまざまな塗布に応用することができる。DWTダイ塗布方式においては、ダイ先端部における液膜の厚みが塗布量の増減に伴うベースフィルムの位置変化によってフレキシブルに増減する。このため、DWTダイ塗布方式はコンベンショナルなバックアップロール付きダイ塗布方式と比べ、塗布量についての安定域が広い、上下層ともに薄層性と薄層塗布時の厚み均一性に優れる、塗布点への異物侵入による塗布層へのダメージが少ない、などの基本的な特長を有することを確認した。

DWTダイ塗布においては、主に3種類の塗布限界を規定する現象が存在する。これらをFig. 5に示す。空気同伴は、下層側にベースフィルムが同伴する空気が侵入する現象であり、一定条件で塗布量を少なくしていくとこの現象が発生する。

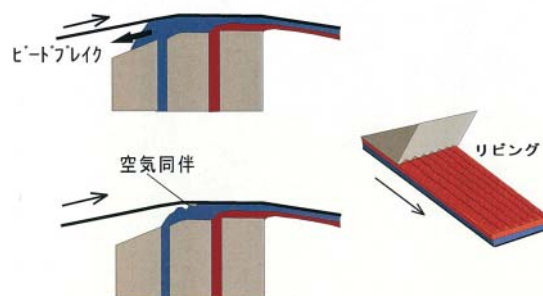


Fig. 5 Coating window in DWT Die.

ビードブレイクは、塗布液の上流側自由表面が上流側ダイ先端部で安定に保持されなくなる現象であり、空気同伴とは逆に一定条件で塗布量を増加させていくとこの現象が発生する。すなわち、空気同伴は塗布量下限、ビードブレイクは塗布量上限である。したがって、生産適性などの観点から規定される塗布条件において、商品性能から要求される塗布厚みを安定に確保するためには、要求塗布厚みを適正なマージンをもって塗布量上下限の間で塗布する必要がある。下層はベースフィルムが同伴する空気の影響を受けるが、上層液は下層によってその塗布点で同伴空気が完全に排除されているため、

上層は下層に比べて薄層化しやすいことがこのDWTダイ塗布方式の特長である。しかしながら、上層塗布液がダイ先端を離れるダイ下流端の気/液/固界面における不安定現象として、リビングと称する等ピッチのズジが発生することがある。上層の塗布量下限を規定する現象のひとつはこのリビングであり、一般的には上層の薄層化に伴ってこの現象が発生しやすくなる。

これらの塗布量限界を支配する要因としては、塗布液の物性(レオロジカルな特性, 表面張力), ベースフィルム条件(テンション, 走行速度, 曲げ剛性), ダイ形態, の三つがある。所望の条件下で, 商品性能から要求される極薄層同時塗布・延伸を実現するためには, 塗布・延伸のメカニズム解明と多様な操作要因の最適化が必要である。これまでに実験的に確認した, 主な操作要因の下層, 上層の塗布量限界に対する影響を定性的にTable 1 ~ 3に示した。

Table 1 Influence of Primary Operating Factors on the Lower Coating Limit of the Lower Layer.

主な操作要因	下層下限塗布量への影響
塗布液粘度	増加
ベースフィルムテンション	減少
ベースフィルム走行速度	増加
ベースフィルム曲げ剛性	減少
ダイ形態	コントロール可能

Table 2 Influence of Primary Operating Factors on the Upper Coating Limit of the Lower Layer.

主な操作要因	下層上限塗布量への影響
塗布液粘度	増加
ベースフィルムテンション	減少
ベースフィルム走行速度	増加
ベースフィルム曲げ剛性	減少
ダイ形態	コントロール可能

Table 3 Influence of Primary Operating Factors on the Lower Coating Limit of the Upper Layer.

主な操作要因	上層下限塗布量への影響
塗布液粘度	コントロール可能
ベースフィルムテンション	減少
ベースフィルム走行速度	増加
ベースフィルム曲げ剛性	減少
ダイ形態	コントロール可能

このうち, ダイ形態は最も重要な塗布量限界のコントロール要因であるが, 一方で, ダイ形態には多様な選択肢があるため, ミネソタ大学と共同で独自に開発したコンピューターシミュレーション手法を, 実験と併用してダイ形態最適化の効率化を図った。第1ステップとして, ニュートン流体のナビエーストークス理論, 弾性体(ベースフィルム)のシェル理論を組み合わせる単層塗布の系をモデル化し, ガラーキン有限要素法によるダイ

先端部流れの数値解析手法を確立した。第2ステップとして, この手法を2層同時塗布・延伸のシミュレーションに発展させるとともに, 非ニュートン流体理論も導入し, より現実の系に近い数値解析を可能とした。その後さらに, このシミュレーション手法を安定性解析にも発展させた。

シミュレーションによるダイ先端部流れの計算例をFig. 6 ~ 8に示す。シミュレーションの妥当性については, さまざまな観点から検証を行い, ほぼ現実の現象に合致していることを確認した。

Fig. 6にはベースフィルムの剛性が流れの場に及ぼす影響を示した。ベースフィルムの剛性の違いによって, 流線に沿っての圧力勾配が顕著に変化し, 結果として上流側自由表面の位置, 形態が変わることがわかる。したがって, テープに比べて厚いベースフィルムを用いるフロッピーディスクにDWTダイ塗布方式を適用する場合には, ダイ形態などの最適塗布条件がテープと大きく異なることが数値解析結果からも想定される。

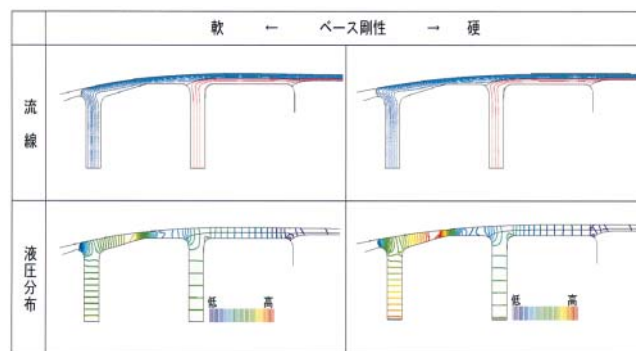


Fig. 6 Result of computational simulation: influence of base film flexural rigidity on the flow field.

Fig. 7にはエッジ部をもつ中間ダイにおいて, エッジ部角度が流れの場に及ぼす影響を示した。Fig. 7からは, 中間ダイ先端部角度の違いによって, 流線に沿っての圧力分布と上流側自由表面の形状が変化することがわかる。すなわち, 中間ダイ先端形状も塗布量の上下限を左右する重要な操作要因のひとつであることが確認される。

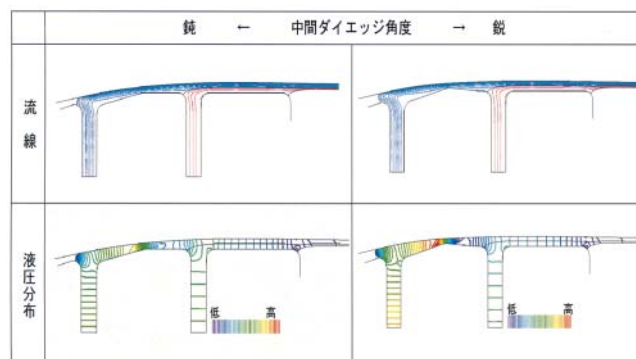


Fig. 7 Result of computational simulation: influence of intermediate die edge angle on the flow field.

Fig. 8には上層液供給量の流れの場への影響を示した。Fig. 8に示すように、上層液供給量の変化に応じて下流側自由表面の形態や、ダイ表面で保持される位置が変化しており、この解析結果によって上層のリビング発生に対する考察が可能となった。また、Fig. 8からは、上層液供給量が下層側の流れの場にも微妙な影響を及ぼすことがわかった。

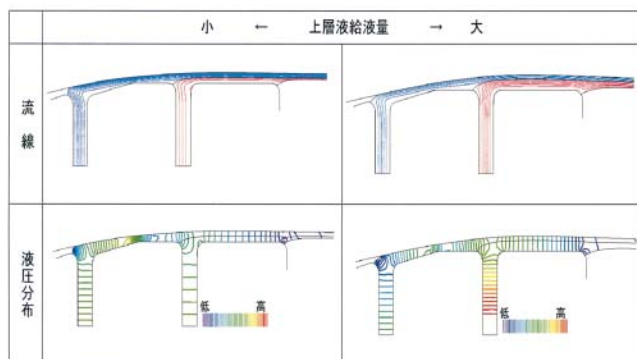


Fig. 8 Result of computational simulation: influence of the upper layer liquid supply amount on the flow field.

このように、コンピューターシミュレーションを最大限に活用し、塗布・延伸のメカニズムを検証しつつ実験計画にも反映させることで、下層サポートによる上層延伸技術の高度化を図り、安定極薄層化条件を確立した。

極薄層磁性層を安定に塗布・延伸するためには、上層の極薄層磁性層と非磁性下層の粘度を低下させる必要がある。一方、ATOMM型メディアの記録再生特性向上のためには、極薄層磁性層と非磁性下層がお互いに混合することなく層状態を維持することが必須であり、このためには、塗布・延伸完了後、乾燥・硬化するまでの2層塗布層の粘度をなるべく高くすることが好ましい。すなわち、上下層塗布液は、高せん断速度域で低粘度、低せん断速度域で高粘度となる擬塑性粘度特性を有することが望まれる。磁性層塗布液は磁性粒子の磁気的な引力に起因してこの粘度特性を満足するが、非磁性下層液にも類似の粘度特性をもたせる必要があった。このために、非磁性下層液にはカーボン粒子を含有させることで磁性層に近い擬塑性を発現させ、2層の界面を平滑化した。また、極薄層磁性層を安定に形成するためには、上下層塗布液の粘度を適正な値とする必要があり、各塗布液の組成によって粘度調整を行った。

ATOMM型メディアにおける磁性粒子としてはメタル磁性粒子を用いてきたが、高記録密度化に伴って磁性粒子の微粒子化、高磁気エネルギー化が著しく進展した。これらと磁性層極薄層化に伴う磁性層塗布液供給量減によって、磁性粒子の凝集が顕著となったが、磁性層組成や磁性体分散法の改良に加えて、ダイ内部の磁性層塗布液の循環流量を増量することによる送液システム内高せん断速度化と、ダイ先端部における高せん断速度付与によってこの問題を解決した。

これらの極薄層塗布・延伸技術、塗布液物性の調整技術、超微粒メタル磁性粒子の凝集対策技術によって、2層界面と表面が平滑な0.1～0.5 μm の極薄層磁性層を実現した。なお、従来塗布法による単層磁気記録層の層厚は1～5 μm 程度である。本技術によるATOMM型メディアの電子顕微鏡断面写真例をFig. 9に示す。

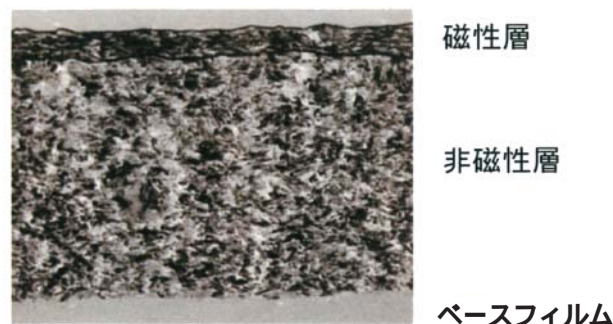


Fig. 9 TEM cross sectional view of an ATOMM type medium.

(3) 塗布装置技術

高記録密度化に伴って塗膜表面の平滑化が必須となったが、DWTダイの材料として超硬質金属を採用し、ダイ表面の超平滑加工技術とダイエッジシャープネス向上技術を確立して、この課題を解決した。また、ベースフィルムの幅方向、長手方向の極薄層磁性層厚み分布の均一化に対しては、ダイブロックの真直度・設定精度の向上、ダイ内部流動条件・構造の最適化による幅方向塗布液吐出量分布の均一化、および塗布液送液システムの高精度化を行い、要求される厚み精度を達成した。

(4) 潤滑技術

生産技術上、必要な2層構造に着目し、下層の非磁性体と添加物の選択により、充分な量の潤滑剤量を保有するとともに、適切な平衡量関係を保持することができ、優れた走行性・高耐久性を実現することができた。これにより、特に高耐久性を必要とする大容量フロッピーディスクの製品化も可能とした。

3.2 製品化技術

磁性層を極薄層化すると磁力が低下するが、この対策としては磁性体の超微粒子化および非磁性体との最適化を図った。本技術による極薄層磁気記録メディアの磁気特性は、蒸着型レベルであり、3.1の(4)潤滑技術により、優れた走行性・高耐久性を実現することができた。また、量産移行段階では、ベースフィルムのクリーン化や塗布液の異物除去による塗布層欠陥の低減技術と、極薄層磁性層の高効率厚み測定技術を実用化した。

4. 競合技術に対する優位性

磁気記録メディアの生産型式は、塗布型と真空蒸着型に大別される。塗布型によるデジタル高密度記録メディア生産の大部分は、現状、本技術によるものである。薄層化による乾燥課題をEB法(エレクトロンビームによる

樹脂硬化)により対策し、逐次重層による生産を行っているメーカーもあるが、EB硬化樹脂を使用すること、生産性・コストなどの点から製品の種類・生産量は限定されている。

真空蒸着型によるメディアは極薄層であり、低域特性は劣るが高域特性に優れる。蒸着型メディアとしてソニー(株)が初めて製品化した民生用Hi8ビデオテープの技術内容は蒸着型の基本形であり、磁気特性は斜方蒸着、走行性・耐久性は酸素ガス導入・ベース表面処理・潤滑剤の実用化により確保された。高負荷を要するメディアとしての蒸着型の課題は、走行性・耐久性であり、松下電器(株)が実用化したダイヤモンド状炭素保護膜によってこの特性が向上し、民生用デジタルビデオテープとして十分な生産実績結果を有している。しかしながら、生産においては、蒸着型は蒸着速度・バッチプロセス(ロールごとの真空ブレークが必要)・処理工程などの制約があり、また、磁性材料の利用効率が15%程度と低いため、広幅・高速・連続生産が可能で磁性記録材料をほぼすべて利用できる塗布型は、コスト・生産性・資源有効利用の面で有利である。したがって、蒸着型の今後のさらなる展開分野は、小型・小面積製品と推定する。さらに、今後の高密度化に対しては、ヘッド/記録メディア表面間のスペーシングロス低減が必須であり、保護膜が不要な塗布型は蒸着型に比べてこの点で有利となる。

さらに、塗布型テープは磁氣的に孤立した磁性粒子から成り、蒸着テープで問題となる交換相互作用を持たない。結合剤を含むので適度な可撓性を有し、また、テープのヘッドにおける摺動特性を維持するための潤滑剤を層内に含むことができるので、トライボロジー上の利点もある。今後も、磁気特性や磁性層表面の平滑性の向上などによってさらなる高密度記録の実現が期待できる。

5. 環境面への寄与

本技術による面記録密度の向上と磁性層の極薄層化・ベースフィルム薄手化・非磁性下層薄層化によって、従来テープの2倍以上の体積記録密度を達成し、テープカセットの小型化を実現するとともに、磁性粒子使用量を大幅に低減することができた。これらにより、製品および生産工程の省資源・省エネに大きく寄与している。さらに、本技術は、従来の塗布型製造設備を大幅に活用するものであり、新設を必要とする真空蒸着型に比べて資源活用の点からもきわめて効果的である。

6. 経済的および技術的波及効果

コンピューター分野の拡大やネットワーク化の進展、映像の高画質デジタル化により、データストレージシステムやデジタルビデオ記録システムの需要は増加し、高体積記録密度・有利な価格のデジタル記録メディアが要求されたが、本技術による極薄層塗布型デジタル磁気記録メディアは、最も適切にこれらの要求に応えるものとして量産され、コンピューターデータ管理・保管の合

理化やデジタル画像の高画質記録に大きく寄与している。さらに、従来の塗布型製造設備を大幅に活用できるATOMM型メディアは、新設を必要とする真空蒸着型に比べ、経済性の点からもきわめて有利である。

本技術の中で開発したダイ塗布技術は、多層化が可能な高速薄層化技術として汎用性があり、機能性材料をベースフィルムに形成する多くの製品、半製品に適用することができる。また、本技術の実用化を通じて独自に開発した、弾性体としてのベースフィルム存在下での2層塗布液流動コンピューターシミュレーション手法は、非ニュートン流体や安定性解析にも発展させており、さまざまな塗布方式の解析に応用できるとともに、学術的にも大きな意味があるものと考えている。

7. 商品化の実績

平成4年までにATOMM型メディアの基本生産技術を確立し、その後、磁性層薄層均一化、高記録密度化を進展させてきた。平成7年からは本格的な量産・多品種展開に移行し、本技術によって市場導入された商品としては、データストレージテープのDLT、LTO、DDS、高容量フロッピーディスクのZIP、放送用デジタルビデオテープのDVC-PROなどが挙げられ、国内外で幅広く使われている。

8. おわりに

本技術により、塗布型磁気記録メディアによるさらなる高密度化・低ビットコスト化の可能性が実証され、当社はこの技術を大きく発展させた‘ナノキュービック技術’により、ブロードバンド時代にふさわしい次世代メディアの実用化を目指している。

なお、本技術はH13年4月に財団法人新技術開発事業団(市村財団)より第33回市村産業賞、H14年3月に社団法人化学工学会よりH13年度化学工学会技術賞を授与された。

参考文献

- 1) Shibata, N.; Takahashi, S.; Sato, T.; Chikamasa, H.; Komatsu, K. Simultaneous Video Tape Dual-Layer Coating Technology. AICHE International Symposium, 1994.
- 2) Tomaru, M.; Scriven, L. E. A Theoretical Study of Two-Layer Web-Tensioned Slot Coating. AICHE International Symposium, 1998.
- 3) 柴田徳夫. 磁気テープ塗布技術. 化学工学会関東支部「最近のコーティング技術」, 1998.
- 4) 都丸美喜男. 支持体加圧型2層スロットコーティング理論解析. 化学工学会秋季大会, 1999.
- 5) 柴田徳夫, 都丸美喜男, 柏木朗, 稲波博男. 超薄層塗布型メタル磁気記録メディア(通称ATOMM型メディア)とその量産技術の開発. NEDO産業技術歴史・継承調査. 化学工学会編, 2000.

オペラ実験に使用する ニュートリノ検出用原子核感材の開発

桑原 謙一* , 西山 伸吾*

Development of New Nuclear Emulsion Film for the OPERA Experiments

Ken-ichi KUWABARA* and Shingo NISHIYAMA*

Abstract

A new nuclear emulsion film was designed and developed for the Emulsion Cloud Chamber (ECC) detector in the OPERA experiments.

Fuji Photo Film Co., Ltd. established the process for automatic machine coating of the nuclear emulsion film. The new film for the OPERA experiments could be produced with the production line for commercial photographic films. The introduction of 5-methylbenzotriazole(5-MBT) into the emulsion layer made it possible to establish a reset treatment technology. By this technology, it is possible to destroy the fog centers formed and accumulated by incident cosmic rays and to erase unwanted background tracks.

1. 序

オペラ計画(OPERA : Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus)は、素粒子の標準理論を越えるニュートリノ質量の検証を目的とした国際共同プロジェクトによる研究計画である¹⁾。原子核乳剤を用いた検出器でニュートリノ振動 μ で出現するニュートリノの荷電カレント反応(粒子の飛跡を含む)を直接検出することを目指している。

従来から素粒子物理の研究において、宇宙線や原子核反応の飛跡を記録し、その特性を解析研究するための手段のひとつとして、原子核感材が利用されてきた²⁾。原子核感材の持つ特徴は、サブミクロンレベルの高い空間分解能をもつ3次元の飛跡検出器であるということである。

感材中のハロゲン化銀乳剤は、荷電粒子が乳剤中のハロゲン化銀結晶内を通過するときエネルギーを受け、電離作用によって発生した電子によりその結晶内に潜像が形成される。電子線や α 線などの荷電粒子は、その飛跡に沿ってハロゲン化銀粒子に潜像が形成される。一方、 γ 線やX線は、その飛跡上に直接潜像が形成されるのではなく、光電効果やコンプトン効果などにより生じた電子の飛跡に沿って潜像が形成される。

潜像の形成された原子核感材中のハロゲン化銀結晶は、現像処理をすることによって黒化銀として可視化される。可視化された黒化銀粒子は光学顕微鏡で観察することによって、その飛跡をとらえ、荷電粒子などの種類や性質を識別することが可能となる。

特に、粒子のような寿命の短い(3.5×10^{-13} 秒)荷電粒子の飛跡を識別するためには、空間分解能の高い原子核感材は必須の検出手段であり、他の手段では代替できない不可欠なものとなっている。

しかし、他のいかなる検出器より優れたこの特徴は、逆に画像の分析に膨大な手間がかかるという決定的な弱点にもなっていた。原子核感材上に記録された無数の飛跡の中から、目的とする飛跡を顕微鏡を使って探し出し、データ解析するのは膨大な時間と労力を要する作業であった。この欠点を克服し、コンピュータ制御による自動飛跡計測・解析技術と、原子核感材・カウンターを組み合わせた検出システムの開発により、最新の素粒子検出技術としてよみがえらせたのが、名古屋大学の丹羽研究室³⁾である。かくして、原子核感材からのデータの読み出しと解析がコンピュータにより自動化され、処理速度を大幅に高めることが可能となった。

原子核感材用のハロゲン化銀乳剤は、飛跡の単位長さあたり形成される現像銀粒子数(通常、最小電離粒子に対する値を基準として求められ、 $100 \mu\text{m}$ あたりの個数 $\text{Grain Density}=\text{GD}$ であらわされる)が高く、かぶり($1000 \mu\text{m}^2$ あたりのかぶり粒子数 $\text{Fog Density}=\text{FD}$)が著しく少ない性能を有するものが要求され、通常、粒子サイズの揃った微粒子の臭化銀または沃臭化銀結晶を高

本誌投稿論文(受理2002年9月25日)

*富士写真フイルム(株)足柄研究所

〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

*Ashigara Research Laboratories, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Minamiashigara-shi, Kanagawa 250-0193, Japan

密度でゼラチンバインダー中に分散した乳剤が供給されてきた。塩化銀乳剤はかぶりが高くなりやすく、結晶内の電子密度が低いので好ましくない。沃臭化銀の場合、好ましい沃化銀の含有率は5モル%以下であり、好ましい粒子サイズは0.2 μ前後である。

当社の高感度原子核乳剤、たとえばET-7C、7D乳剤は、超高エネルギー宇宙線の研究やハイパー核の研究、あるいはニュートリノ反応の研究などに使用され、ニュートリノの存在の確認、ダブルハイパー核の検出など、高エネルギー素粒子物理学分野の最先端で重要な役割を果たしてきた。

2. オペラ実験用原子核感材に求められる性能

今回、その独自の原子核乳剤の技術を生かし、国際プロジェクト・OPERA実験の検出器としての要求を満たす新たな原子核感材の開発を、名古屋大学からの依頼を受けて進めてきた。

原子核感材はハロゲン化銀乳剤が支持体上に塗布されてから実験に使用するまでの間に、自然界に存在するラドンなどによる放射線や地球に降り注ぐ宇宙線などの被爆を受けて、かぶりの形成が蓄積され、本来目的とする荷電粒子の飛跡解析にとって、邪魔なノイズとなる飛跡が形成される。そのためこれらの影響を極力少なくするために、従来は実験をスタートする直前に研究者が実験現場でハロゲン化銀乳剤を塗布して使用するといったやり方がとられてきた。

オペラ計画での飛跡検出器として使用する原子核感材は、乳剤として100トンを超える量を必要としているため、実験の直前に塗布して使用することは不可能である。そこで、原子核感材を製造スケールで前もって大量生産し、塗布後使用するまでの間に、蓄積された宇宙線によるかぶりは、実験をスタートする前に消去（Background-Trackの消去）するための処理（リセット処理）をおこなって、実験の解析に邪魔となる飛跡を消去する方法を採用することになった。

しかしながら、従来の原子核感材用に供給されてきたハロゲン化銀乳剤では、リセット処理によって十分に飛跡かぶりが消去できないこと、化学増感かぶりが上昇してしまうこと、あるいは、飛跡かぶりが消去できたとしても、リセット処理後の感度（GD）が低下してしまうなどの欠点があり、リセット処理適性の良好な原子核乳剤の開発が必要となった。

3. オペラ用原子核感材の開発目標

1. 高エネルギー素粒子物理学分野の最先端で重要な役割を果たしてきた当社の高感度原子核乳剤ET-7Dの乳剤技術を生かし、大量生産適性を付与し、均一な厚さで塗布されたフィルムを供給すること。

機械塗布された原子核感材を大量製造し供給するのは、世界初の試みである。

2. 塗布されてから実験に使用するまでの間に、フィルムに蓄積された宇宙線被爆による飛跡かぶりを消去することが可能な（Background-Trackの消去可能な）フィルムの開発とその処理条件を見出すこと。

高湿度の特定条件下で上記のかぶりの退行が著しく、通常条件の常温常湿度～低温では潜像が安定である感材設計が必要になった。感材に求められる主な性能は以下の～である。

荷電粒子に対する飛跡感度が高い（GD=33以上）こと

高い角度精度を確保するため、厚みが一定で透明かつ複屈折の小さい支持体の両面に、均一な厚さでハロゲン化銀乳剤層を有すること

常温常湿度～低温では感度が安定であること

高温あるいは高湿度下で飛跡かぶりが消去できる（潜像退行が著しい）こと

の処理後も感度変化がないこと

表面に保護層を設け、取り扱い時の摩擦などによるかぶりの発生を防止し、ノイズが低減できること

4. 感材の構成

4.1 乳剤

乳剤設計の基本である粒子形成はET-7Dで開発した技術を採用し改良を加えた。

1. コア・シェル構造で、シェル部にFe()錯イオンを均一にドーピングした粒子形成。
2. 過剰のハロゲンイオンが少ない状態で安定に粒子を形成するために、CDJ(Controlled Double-Jet)法⁴⁾を採用した。還元増感核の生成を抑えて、低かぶり高感度を実現した。
3. サイズ0.2 μmの単分散AgBr粒子(変動係数10%以下)を高密度に充填した乳剤。

上記手段で粒子形成した乳剤に、金および硫黄による最適な化学増感をほどこし、製造時のかぶりが少なく、荷電粒子に対する飛跡感度の高い乳剤を大量に、かつ安定に製造できるようになった。Fig. 1に乳剤粒子のカーボンレプリカの透過型電子顕微鏡写真と粒子サイズ分布を示す。

かぶり粒子数の比率は全粒子に対して2万分の1のレベルであり、FD値 2の非常にかぶりの少ない乳剤を開発できた。

4.2 層構成

測定時の複屈折を避けるためにTACベース(厚さ約200 μm)を使用し、乳剤層の厚さが片面あたり44 μmとなるように塗布量を設定して、ベースの両面に交互に4回塗布することにより、上記の原子核乳剤を均一に塗布したフィルムを大量に製造した。

1 μmの厚さのゼラチン保護層を設けることで、取り扱い時の摩擦などによるかぶりの発生を防止でき、ノイズを減らすことができた。また、従来の原子核乾板では

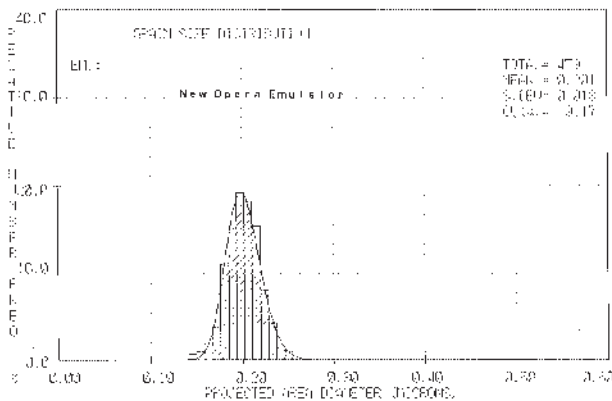
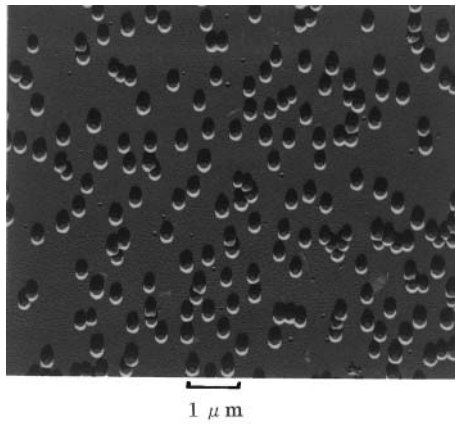


Fig. 1 Electron micrograph of carbon replicas of the silver halide grains in the emulsion developed in this study and their size distribution. The length of the bar above is 1 μ m.

行なわれていなかった乳剤層を硬膜する方法を導入した。これによって、現像処理時の膨潤が抑えられ、乳剤層膜厚の均一性とあわせて飛跡の歪みやズレ(ディストーション)を大幅に改善することができた。

Fig. 2および3にはそれぞれ塗布した乳剤層の構成を示す断面の走査型電子顕微鏡写真とその拡大写真を示す。乳剤層中のハロゲン化銀重量比率は69%であり、1000 μ m³あたり約4万個のハロゲン化銀粒子を含有している。

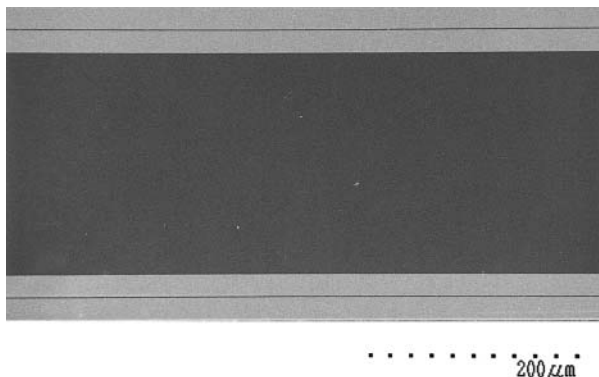


Fig. 2 Scanning electron micrograph of a cross section of a machine-coated layer of the emulsion.

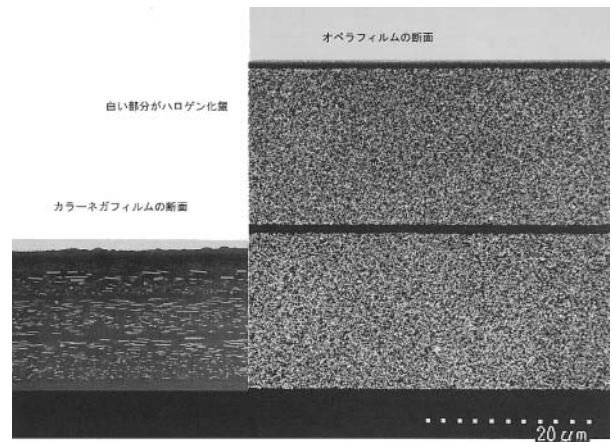


Fig. 3 Micrograph showing the silver halide grains distributed in the emulsion layer.

5. Background-Trackの消去(リセット処理)技術

ベンゾトリアゾール化合物類の導入により、高い湿度の下で潜像やかぶりの破壊(退行あるいはfadingと呼ばれる)技術を確立した。銀1モルあたり10⁻³モルオーダーのベンゾトリアゾール化合物類を乳剤層に含有させることにより、高い湿度の条件下(たとえば、25~30で湿度100%)で数日間保存することで、荷電粒子により形成された飛跡かぶりを消去することができた。名古屋大学での評価では消去率98%という結果が得られている。

常温常湿度~低温の条件下では感度および化学増感かぶり安定であり、かつリセット処理を行った後は、荷電粒子により形成された飛跡かぶりが消去され、感度とかぶりは初期の状態に維持されている。

従来の原子核乳剤に導入したかぶり抑制・安定化の技術では、乳剤層の保存中に進行する化学増感かぶりを抑えることと、感度をそこなわずに飛跡かぶりを破壊することを両立させる条件が見出せず、飛跡かぶりを十分に消去することができなかった。

ベンゾトリアゾールの導入により、高湿度の条件下で小さい銀のクラスターからなるかぶり中心は効率よく酸化されるが、高い写真感度を支える化学増感中心(硫化金銀のクラスターからなる)は酸化されず安定で、銀クラスターからなるかぶり中心と化学増感中心の識別が大幅に向上したものと考えている。

Fig.4-1およびFig. 4-2に5-メチルベンゾトリアゾール(5-MBT)の効果を示し、Xeランプに対して10⁻⁴秒間露光して生成した潜像の退行挙動を示した。5-MBTを添加すると、高湿度の条件下で潜像の退行が著しくなったが、写真感度とかぶり濃度(化学増感かぶりの変化に相当する)にはほとんど影響がなかった。

Fig. 5は、最適に設計したオペラ用原子核乳剤層中で、数十MeVの電子線により形成された飛跡と、リセット処理によりその飛跡が消去されていることを示した顕微鏡写真である。

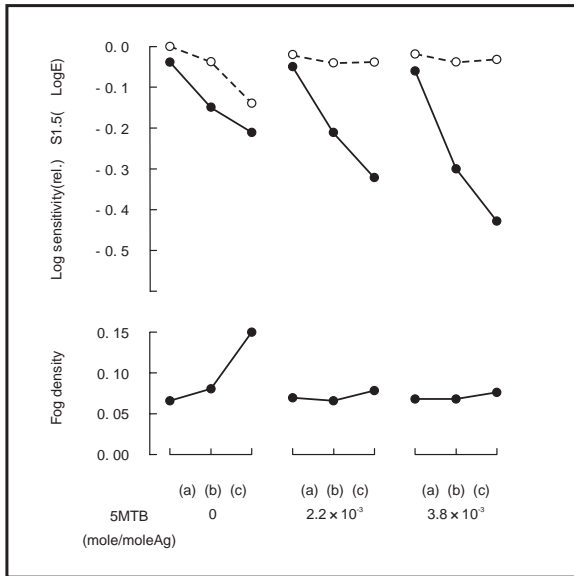


Fig. 4-1 Sensitivities and fog densities of the developed emulsion layers without and with 5-MBT(mole/mole AgX), as affected by the reset treatment (kept for 3 days at 25-30°C and 100% RH) before () and after exposure (). The emulsion layers were exposed to a Xe lamp for 10⁻⁴ sec, and developed by an ascorbic acid type developer(PD-T) at 20°C for 25 min. (a) : 25°C 60% (b) : 25°C 100% (c) : 30°C 100%.

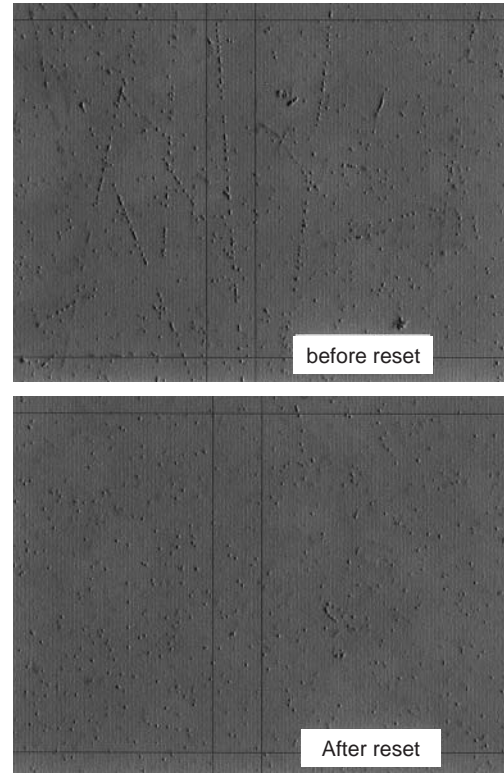


Fig. 5 Micrographs showing the effect of the reset treatment (kept for 3 days at 25°C and 100% RH) on the erasure of M.I.P (minimum ionizing particles) tracks recorded in the emulsion layer.

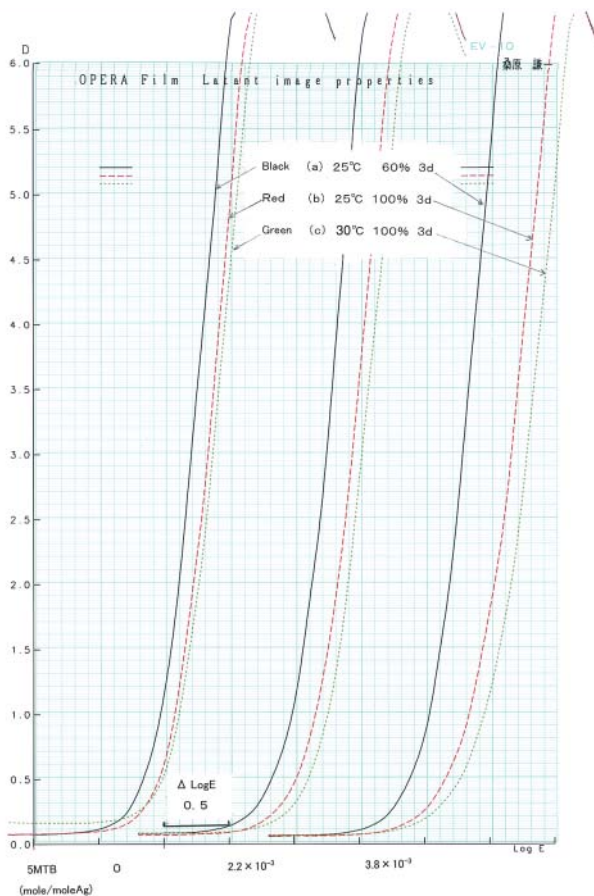


Fig. 4-2 Characteristic curves of the developed emulsion layers without and with 5-MBT(mole/mole AgX), as affected by the reset treatment (kept for 3 days at 25-30°C and 100% RH) after exposure. The emulsion layers were exposed to a Xe lamp for 10⁻⁴ sec, and developed by an ascorbic acid type developer(PD-T) at 20°C for 25 min. (a) : 25°C 60% (b) : 25°C 100% (c) : 30°C 100%.

6. 処理液の開発

オペラ感材の処理は、従来の原子核感材にくらべて処理量が多いので、保恒性の良好な現像処理液が望ましい。従来から用いられてきたアミドールを現像主薬とする処理液は安定性が著しく悪いため、使用直前に処理液を調製する必要があった。空気酸化により処理液活性がすぐに劣化してしまうため、処理性能を一定に保つことが難しかった。

当社が蓄積したハロゲン化銀の処理技術を原子核乳剤の処理に適用し、アスコルビン酸を現像主薬とする保恒性のよい処理液を開発し、その使用条件を提供することができた。

7. まとめ

オペラ実験に使用する原子核感材の処方と塗布条件を確立した。要求された感度と乳剤層膜厚を達成するため、両面交互4回塗りの塗布技術を確立し、大量生産適性が付与され、均一な厚さで塗布されたフィルムの提供を可能にした。

5-メチルベンゾトリアゾールの導入により、塗布されてから実験に使用するまでの間にフィルムに蓄積された宇宙線被爆による飛跡かぶりを消去することが可能な(Background-Trackの消去可能な)フィルムを開発することができた。

8. おわりに

オペラ実験は2005年に最初のビーム照射を開始する計画で、進行している。これに先立ち、本原子核感材の製造は2003年より始まり、名古屋大学の東濃鉱山地下研究施設でリセット処理が行なわれ、イタリアのGran Sasso地下研究所に運ばれて、検出器の組み立てが行なわれる。

新たに開発したニュートリノ検出用原子核感材の性能が最大限に発揮され、オペラ計画の目的が達成される成果が出ることを願っている。

原子核感材の開発にあたり、指針と助言をいただいた、名古屋大学F研究室の丹羽公雄教授、星野香助教授、中村光廣助教授に感謝申し上げます。

参考文献ほか

- 1) OPERA 実験の概要は“An appearance experiment to search for μ oscillations in the CNGS beam” Experiment Proposal. July 10, 2000 を参照.
- 2) 科学写真便覧 下巻 4.1 節 荷電粒子写真. 丸善(株), 昭和39年3月25日発行.
- 3) 名古屋大理学部素粒子物理学研究室F研のホームページ (<http://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/new>).
- 4) (a) C. R. Berry; D. C. Skillman. Photogr. Sci. Eng. 6, 159 (1962).
(b) E. Klein; E. Moiser. Photogr. Wiss. 11, 3(1962).

ドライケミストリーによる 小麦 α -アミラーゼ活性測定法の開発

川崎 和也*, 寺島 薫*

Development of FUJI DRI-CHEM α -AMY Slide for the Determination of α -Amylase Activity in Wheat Grains

Kazuya KAWASAKI* and Kaoru TERASHIMA*

Abstract

The α -amylase activity in wheat grains, one of the important quality indices of wheat, can be determined with an automatic analyzer that is based on wet chemistry and that has been introduced in the field of wheat grains assessment. However, this analyzer requires time-consuming sample preparation prior to the analysis.

To provide an easier and rapider analyzing method, Fuji Photo Film has developed FUJI DRI-CHEM (FDC) α -AMY Slide for the determination of the α -amylase activity in wheat grains. Common to all the FUJI FDC Slides, this Slide incorporates all the reagents required for the analysis based on dry chemistry.

In the α -amylase activity determination, it is desirable to conduct reaction at the optimum pH for α -amylase where its activity is the maximum. But p-nitrophenol (PNP) as the detector dye exhibits a small molar extinction coefficient at that pH. To raise the sensitivity, the following two techniques have been introduced to the α -AMY recipes.

(1) Reduction of the apparent pKa of PNP by using a mordant, and

(2) Optimization of the NaCl and CaCl₂ concentrations for the stabilization of α -amylase in the extract.

The α -amylase activity determination system comprising α -AMY Slide described above, the FDC analyzer and related instruments were applied to some wheat samples in Hokkaido. The correlation between the data obtained with this dry chemistry system and those with the conventional Ceralpha method based on wet chemistry proved fairly good. Our dry chemistry system has various advantages including little need for complicated pre- and post-analysis operations and no waste water formation.

1. 開発の背景

小麦の品質指標として、でんぷん粘度測定器であるアミログラフの最高粘度(以下、アミロ値と称する)がある¹⁾。このアミロ値が300B.U.(Brabender Unit)以下まで低下した、いわゆる低アミロ小麦は、その後の加工適性が著しく悪化するため大きな問題となる。また、正常な小麦に低アミロ小麦が混入すると、全体のアミロ値が大きく低下するため、受け入れ段階で正常な小麦と低アミロ小麦を仕分けして、乾燥、流通させる必要がある。

この仕分け流通のためには、アミログラフによる粘度測定が最も基本であるが、測定に30分以上もかかる。

アミログラフに比べて、少量サンプルで短時間に測定可能なフォーリングナンバーの導入が進み、これをもとにした小麦の仕分けが行われている。しかし、これらの方法では前処理として小麦の乾燥と粉砕が必要であることから、決して迅速な測定法とは言えない。

小麦の低アミロ化は、収穫期における小麦中の発芽関連酵素の活性が上昇することにより起こり、その酵素のひとつである α -アミラーゼによるでんぷんの分解が主要因である。 α -アミラーゼ活性とアミロ値およびフォーリングナンバー値の間には高い相関関係が認められることから、 α -アミラーゼ活性をもとにアミロ値を推定して、小麦を乾燥前の生麦の段階で仕分ける試みがなされている。

北海道農協では、検査現場に α -アミラーゼ活性自動測定装置の導入が進められているが、多数の試料を集中して取り扱うため、複雑な操作のない、より簡便で迅速なシステムの開発が強く望まれている²⁾。

本誌投稿論文(受理2002年10月18日)

*富士写真フイルム(株)朝霞研究所

〒351-8585 埼玉県朝霞市泉水3-11-46

*Asaka Research Laboratories

Fuji Photo Film Co., Ltd.

Senzui, Asaka, Saitama 351-8585, Japan

一方、われわれは、臨床検査分野において、高信頼性のもと、簡便で迅速に検査結果を提示できるシステムとして、富士ドライケム(以下、FDCと略す)を開発し、広く用いられてきている。この方法は、ドライケムストーリー法と呼ばれ、特定の化学反応に必要な試薬が乾燥状態で用意され、それに検体が添加されると検体中の水分を溶媒として、試薬が含まれるマトリックス中で反応が進行する分析法である³⁾。したがって、1)試薬、反応容器および反応セルが不要 2)試薬調製が不要 3)操作としては、検体を試薬が含まれるスライドに点着することだけであり、まさに、簡便・迅速検査システムといえる。

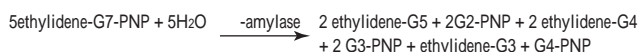
そこで、今まで臨床検査分野に適用してきたFDCを、臨床検査と同様に簡便、迅速が求められる農業分野へ適用して、ドライケムストーリー法による小麦 -アミラーゼ活性測定法の開発を行ったので紹介する。

2. 開発のポイント

2.1 測定原理の選定

-アミラーゼ活性測定法には種々の方法があるが、FDCアナライザーに適用可能な可視光を利用した比色法としては、主に色素でんぷんを利用する方法、還元末端に色素を修飾した合成オリゴ糖を用いる方法がある。小麦中には、-アミラーゼに加え、-アミラーゼが含まれるので、-アミラーゼの影響を回避するために、非還元末端をブロックした色素修飾合成オリゴ糖を用いる方法⁴⁾を選択した。

これは、従来、小麦 -アミラーゼ活性測定に使用されている方法(Ceralpha法)と同じ測定原理であり、以下に示すとおりである。



ethylidene-G7-PNP	: 4,6-Ethylidene-4-nitrophenyl-	-D-maltoheptaoside
ethylidene-G5	: 4,6-Ethylidene-	-D-maltopentaoside
ethylidene-G4	: 4,6-Ethylidene-	-D-maltotetraoside
ethylidene-G3	: 4,6-Ethylidene-	-D-maltotrioside
G2-PNP	: 4-Nitrophenyl-	-D-maltoside
G3-PNP	: 4-Nitrophenyl-	-D-maltotrioside
G4-PNP	: 4-Nitrophenyl-	-D-maltotetraoside
PNP	: 4-Nitrophenol	

2.2 感度アップの検討

小麦の -アミラーゼは、至適pH(活性が最大となるpH)が5.4付近にある(Fig. 1)⁵⁾。一方、検出色素であるPNPは、イオン化型(ニトロフェノキシド)がFDCで検出可能な400nmに吸収極大を有するが、非イオン型(ニトロフェノール)は320nmに吸収極大を有し、400nmにはほとんど吸収をもたない。PNPのpKaは、約7.0であるため、中性付近では検出に寄与できるイオン化型は50%存在することになるが、-アミラーゼの至適pH5.4では、イオン化型はわずかに2%しかない(Fig. 2)⁶⁾。つまり、pH = 5.4での測定では、生成した色素のうち2%しか感度に寄与しないことになる。

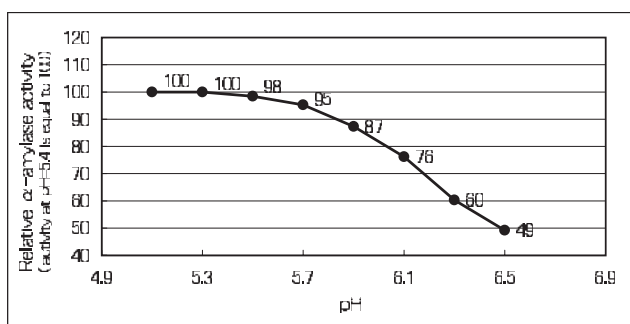


Fig. 1 pH activity curve for malted wheat.

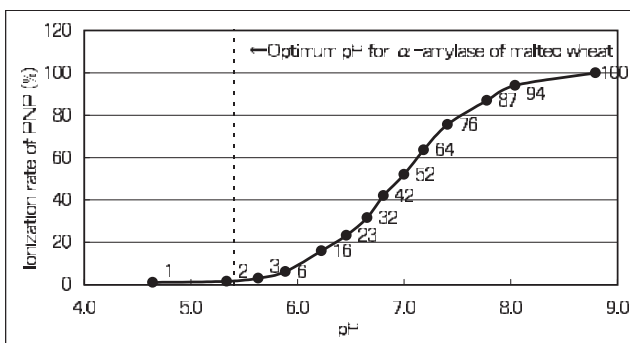


Fig. 2 Effect of pH on the ionization of PNP.

したがって、感度の観点からは、-アミラーゼの反応は、pH=5.4付近で行わせ、アルカリ側で検出することが望まれる。実際、上記のCeralpha法では、反応はpH=5.4付近で行わせ、一定時間後、アルカリ添加して反応を停止させるとともに検出を行っている。

しかしながら、検体点着の1回の操作で、結果を提供するFDCにおいては、別の手段が必要となる。そこで、感度アップの手段として、次の2点の施策を盛り込んだ。

2.2.1 媒染剤の適用

検出色素であるPNPは、-アミラーゼの至適pH5.4付近では、感度に関与するイオン化型がわずか2%であるため、パラニトロフェノール/パラニトロフェノキシドの平衡を右側に寄せる(見かけのpKaを下げる)手段として、媒染剤の添加の検討を行った。Fig. 3に示すように、媒染剤の添加により、現実に見かけのpKaを1.0低下させることができた。

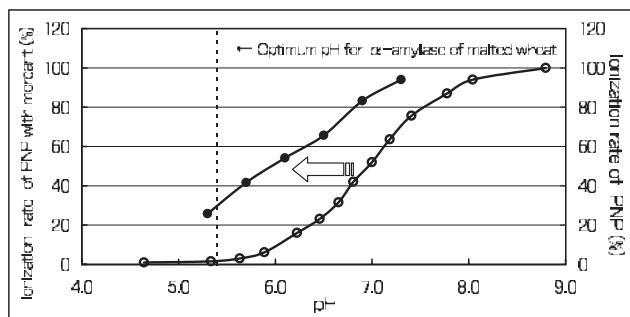


Fig. 3 Effect of the mordant on the ionization of PNP. Ionization rate of PNP with mordant Ionization rate of PNP without mordant

さらに媒染剤を含むpHの異なるスライドにて、 α -アミラーゼ活性のpH依存性の確認を行った(Fig. 4)。その結果、感度上はpH=6.1が最適であることが判明した。pH=6.1よりもpHが低い領域では、PNPのイオン化率の低下が影響し、また、pH=6.1よりもpHが高い領域では、 α -アミラーゼ活性の低下が影響し、感度が低下すると考えられる。

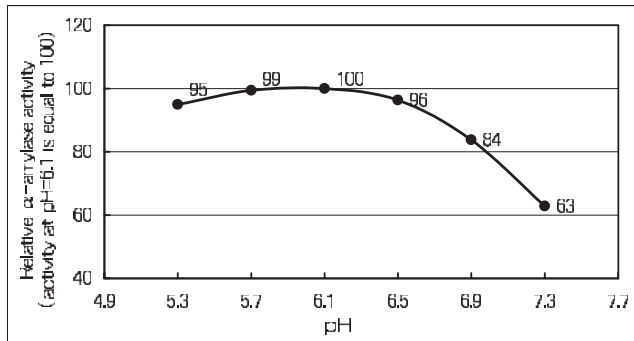


Fig. 4 pH dependence of α -amylase in α -AMY Slide.

一方、共役酵素である α -グルコシダーゼの等電点は、pH=6.0付近にあるため、塗布液の保存安定性を考慮して、2番目に感度の高いpH=6.5に系のpHの設定を行った。

2.2.2 塩濃度 (NaCl, CaCl₂)

小麦中の α -アミラーゼ活性を測定するためには、小麦を粉碎し、溶液中に α -アミラーゼを抽出することが必要となる。 α -アミラーゼには、安定化および活性化因子として、CaCl₂およびNaClが知られている。通常、人由来のアミラーゼ活性測定においては、それぞれ、1.0 ~ 10mM, 2.0 ~ 50mM程度添加されている。ところが、小麦アミラーゼの場合、活性化因子としての寄与はほとんどなく(Fig. 5)、安定化因子として寄与していることが判明した(Fig. 6)。そこで、安定化に必要な最低量として、0.003mM \cdot CaCl₂, 0.13mM \cdot NaClを添加することに決定した。

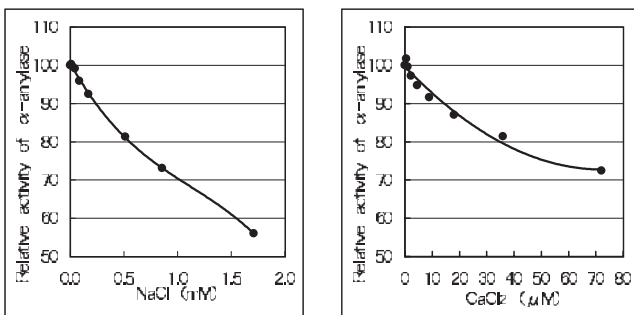


Fig. 5 Effect of NaCl and CaCl₂ concentrations in the extract on α -amylase activity.

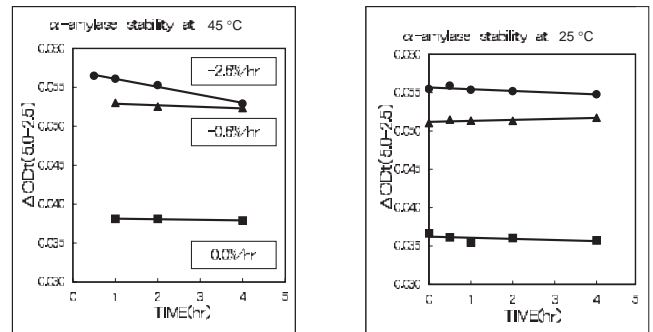


Fig. 6 Effect of NaCl and CaCl₂ in the extract on α -amylase stability.

Temporal change of α -amylase activity without NaCl and CaCl₂

Temporal change of α -amylase activity with 0.86mM \cdot NaCl and 18 μ M \cdot CaCl₂

Temporal change of α -amylase activity with 0.09mM \cdot NaCl and 2 μ M \cdot CaCl₂

2.3 スライド層構成

α -AMY スライドの層構成を Fig. 7 に示す。

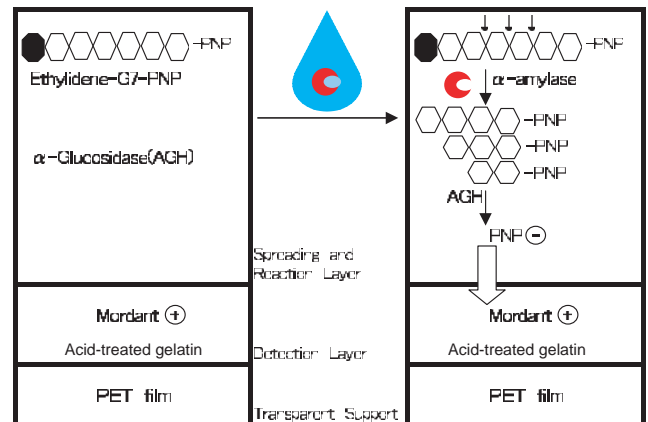


Fig. 7 Structure and reaction scheme of FUJI DRI-CHEM α -AMY Slide.

ポリエチレンテレフタレート的光透過性支持体上に、媒染剤を含む吸水層、基質、共役酵素およびバッファーを含む展開反応層の2層から構成されている。展開反応層に試料である麦抽出液が点着されると、試料は、展開層で均一に展開され、基質である ethylidene-G7-PNP と、共役酵素である α -グルコシダーゼが溶解され、反応が進行する。

すなわち、基質である ethylidene-G7-PNP に α -アミラーゼが作用すると、基質中央付近の α -1,4-グルコシド結合が切断され、主にG2-PNPとG3-PNPが生成する。さらにこれらは、 α -グルコシダーゼの作用を受け、PNPを生成する。生成したPNPは媒染剤の作用を受けて、吸水層へと拡散する。この吸水層に拡散したPNPの生成速度を、400nmにおける2.5分から5.0分の反射ODの変化よりもとめ、アナライザーに内蔵された検量線より α -アミラーゼ活性に変換される。

3. システムの概要

小麦 α -アミラーゼ活性測定システムは、 α -AMY スライド、FDC アナライザー (FDC3500A)、および関連機器よりなる。

関連機器には、小麦から α -アミラーゼを抽出するための前処理機 (小麦懸濁液をホモジナイズする装置) およびホモジナイズされた小麦懸濁液より上澄みをとるための遠心分離装置がある。小麦 α -アミラーゼ活性測定手順は、以下のとおりである。

- 1) 抽出液 (0.003mM・CaCl₂, 0.13mM・NaCl を含む) 600ml を計量する (25秒)
- 2) あらかじめ計量しておいた小麦試料 100g を上記抽出液に添加する (5秒)
- 3) 小麦試料を添加した抽出液を前処理機にて 9000rpm でホモジナイズする (1分)
- 4) ホモジナイズした抽出液の一部をサンプルチューブに移し、13000rpm で遠心分離する (1分)
- 5) 遠心分離したサンプルチューブを FDC アナライザーにセットする (10秒)
- 6) アナライザーに α -AMY スライドと富士クリーンチップをセットし、スタートキーを押す (20秒)
- 7) アナライザー内で約 10秒ごとに 400nm における反射 OD を測定し、内蔵検量線より α -アミラーゼ活性を算出する (初期動作・約 1分、測定時間・5分)

以上のように、1測定あたり約 9分で結果が得られるシステムを完成させた。実際には、アナライザーに測定セルが 6つあるため、並行作業により、1時間あたり約 40測定が可能である。

4. システムの有効性の確認

4.1 従来法 (Ceralpha 法) との相関

今回開発したシステムの有効性を確認するために、現場試料にて従来法との相関を確認した。現場試料としては、システムの概要で示した方法により、北海道産小麦・2品種 (ホクシン、ハルユタカ) 90 試料を調製した。従来法としては、メガザイム社製キットを用いて、試薬及び試料濃度がキットと一致するように調製し、日立 7170 自動分析装置にて測定した。

相関テストの結果を Fig. 8 に示す。

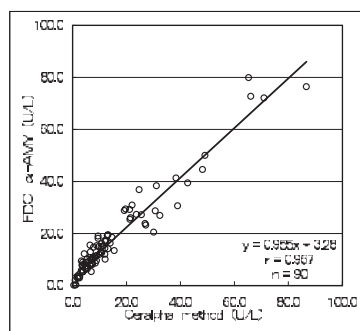


Fig. 8 Correlation of the data with FDC α -AMY Slide and those with Ceralpha method.

従来法と本法である α -AMY スライドとの間には、相関係数 (r) = 0.967 の良好な相関が認められた。ここで、約 50U/L 以下を正常な小麦、それ以上を低アミロ小麦のおそれがあると判定している。

4.2 同時再現性の確認

繰り返し測定した場合のバラツキの程度が許容レベルかどうかの確認を行った。4.1 と同様に調製された 3 試料を用いて、10 回繰り返し測定した結果を Table 1 に示す。どの濃度レベルにおいてもバラツキの尺度である CV 値は 2.5% 以下であり、正常小麦と低アミロ小麦の判別に対しては、十分許容できるレベルにあることが確認できた。

Table 1 Reproducibility in the Measurement with FDC α -AMY Slide for Wheat Grains Samples.

	sample 1	sample 2	sample 3
1	25.8	42.9	106.4
2	25.2	42.7	108.3
3	25.4	42.1	104.2
4	25.0	42.1	107.7
5	25.2	40.6	107.6
6	25.2	41.9	110.6
7	25.1	43.1	105.3
8	25.8	42.7	110.7
9	25.8	42.8	111.8
10	26.0	42.2	110.3
average (U/L)	25.5	42.3	108.3
SD (U/L)	0.36	0.71	2.53
CV (%)	1.43	1.68	2.34

5. まとめ

臨床検査分野で簡便・迅速を特長として活用されてきた FDC システムの、小麦 α -アミラーゼ活性測定への適用可能性を検討した。

小麦 α -アミラーゼ活性の測定は、その至適 pH 付近で行うのが好ましいが、その pH のもとでは、検出色素である PNP の (モル吸光係数) が小さいため、十分な感度がとれない。

検討の結果、1) 媒染剤の使用による PNP の見かけの pKa の低減 2) α -アミラーゼの活性化と安定化の機能をもつ塩 (NaCl, CaCl₂) 量の最適化により感度アップを図った。

上記の施策を導入した α -アミラーゼ活性測定システムは、従来の溶液法との相関が良好で、バラツキも許容レベルにあり、分析前後の操作が不要、廃液を出さないなどの特長を有しており、現場のニーズに適合したシステムであることが確認できた。

6. 謝辞

小麦 α -アミラーゼ活性測定システムの開発においては、開発提案にはじまり、前処理装置の開発、現場への導入と、精力的に進められてきた富士フィルムメディカル 升田喜士氏に帰るところが大きく、この場をお借

りして深謝の意を表します。また、**相関テストに用いた現場試料(抽出処理液)の収集にご協力いただきました、静岡製機(株)電子事業部 増田英昭氏、深澤克彦氏に感謝致します。**

参考文献

- 1) 長尾精一．小麦の科学．朝倉書店, 1995, 127.
- 2) 一之瀬靖則, 桑原達雄, 高田兼則, 西尾善太, 堀金彰．多層フィルム式ドライケミストリーの低アミロ小麦選別への適応性．日本作物学会紀事．70(4), 588-594 (2001).

- 3) 亀井幸子．ドライケミストリーとその展望．化学と生物．25, 379-387 (1987).
- 4) Krusen-Jarres, J.D.; Kaiser C. Evaluation of a new α -amylase assay using 4,6- ethy lidene -4-nitrophenyl- α -D-maltoheptaoside as a substrate. J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 27, 103-113 (1989).
- 5) ALPHA-AMYLASE ASSAY PROCEDURE Megazyme 17.
- 6) 臨床化学会夏季セミナー技術資料 1994 .

(本報告中にある“FUJI”、“DRI-CHEM”は富士写真フイルム(株)の商標です。)

印刷発表リスト

「本リストは、2001年12月から2002年11月までに科学技術振興事業団作成のJOIS JICST ファイルに収録された当社研究者の論文を転載したものである（許可 第文-1408号）。*印は当社以外の共同研究者」

題 目	著 者	報 告 誌
2001年の写真の進歩 1 写真産業界の展望	青 木 孝 夫	日本写真学会誌, 65 (3), 154-158 (2002)
Effects of Iridium Doping in Cubic and Octahedral AgBr Grains on the Latent Image Formation Process.	Slagt M Iwasa Y Owaki T Hirano A	J Imaging Sci Technol, 45 (4), 340-348 (2001)
A Study on the Growth Mechanisms and the Structures of the Tabular Grains.	Urabe S	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 5-6 (2002)
The role of silver halides in photothermographic materials with a water dispersible binder.	Yamane K Yamashita S	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 29-30 (2002)
Chemical Roles of Gelatin in Photographic Emulsions-Silver Cluster Formation and Stabilization.	Tani T	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 41-42 (2002)
A Dielectric Loss Study of Silver Halide Emulsions.	Yamashita S Ohshima N Takada S	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 70-71 (2002)
Characterization of Ag Clusters Formed on AgBr Grains on the Basis of Kubo Theory.	Tani T Tsukada T Furusawa M	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 72-73 (2002)
Observation and Characterization of Sulfur Sensitization Centers Formed on Silver Halide Grains.	Mizuno M Mifune H Toyama Y Shiozawa T Okuda J	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 74-75 (2002)
Image Capturing Ability and Image Quality of AgX and CCD Camera Systems.	Uchida M Takada S	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 120-121 (2002)
Development of a Radiowave Photoconductivity Apparatus with Improved Sensitivity and Stability for Studies of Photocarriers in Silver Halide Grains.	Hosoi K Hirano A Tani T	J Imaging Sci Technol, 46 (1), 67-74 (2002)
Enhancement of Silver Nuclei Formation by Sulfur Sensitization Centers on Silver Bromide Grains.	Mifune H	J Imaging Sci Technol, 46 (2), 117-122 (2002)
Examination of even-odd distinction in magnetic susceptibility of silver nanoclusters on silver bromide in light of the Kubo effect.	Tani T	J Appl Phys, 91 (7), 4595-4601 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
写真の感光過程に対する空間電荷層モデル 分光増感への展開	谷 忠 昭 鈴 本 毅 吉 原 経太郎*	日本写真学会秋季大会研究発表会講演要旨, 2001, 16-17 (2001)
八面体 AgBr 粒子上のシアニン色素 J 会合体のエネルギーおよび電子移動のフェムト秒動力学	鈴 本 毅 谷 忠 昭 Oh J W* 他	日本写真学会秋季大会研究発表会講演要旨, 2001, 18-19 (2001)
時間分解光伝導法による臭化銀上の色素正孔の検出と寿命の測定	細 井 一 邦 平 野 昭 裕 谷 忠 昭	日本写真学会秋季大会研究発表会講演要旨, 2001, 24-25 (2001)
シアニン色素が吸着した臭化銀微結晶における光正孔の動力学的解析 ESR および時間分解光伝導による	細 井 一 邦 平 野 昭 裕 谷 忠 昭	光化学討論会講演要旨集, 2001, 177 (2001)
Dynamics of photocreated positive holes in silver bromide microcrystals with adsorbed cyanine dyes.	Hosoi K Hirano A Tani T	J Appl Phys, 90 (12), 6197-6204 (2001)
MTS法によるデジタルプリント画像評価法	居 渦 俊 明 白 井 則 歳	品質工学研究発表大会論文集, 9, 214-217 (2001)
Spectral Sensitization and Supersensitization of AgBr Nanocrystals Studied by Ultrafast Fluorescence Spectroscopy.	Suzumoto T Tani T Rubtsov I V* 他	J Phys Chem A, 106 (12), 2795-2802 (2002)
Primary Energy and Electron Transfer in Spectral Sensitization: A Femtosecond Dynamics Study.	Suzumoto T Tani T Yoshihara K* 他	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 87-88 (2002)
Improvement in Measurements of Absorption and Adsorption of Sensitizing Dyes on Silver Halide Grains.	Yamashita K Takei H Ikeda T Tani T	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 93-94 (2002)
A study on the Ultrafast Processes of the Spectral Sensitization in Photography: Energy Transfer in J-aggregates on AgBr Grains and Its Dependence on Aggregates Size.	Suzumoto T Tani T Oh J W* 他	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 206-207 (2002)
Ultrafast energy transfer in J-aggregate on AgBr microcrystals: its dependence on dye coverage.	Suzumoto T Tani T Oh J W* 他	Chem Phys Lett, 352 (5/6), 357-362 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
生活の中の化学 最近の話題 光信号を化学信号へデジタル時代の増感色素	稲 垣 由 夫	化学と教育, 50 (2), 137-139 (2002)
ヒドラジン造核伝染現象におけるジアソニウム塩の作用	加 藤 和 信 河 戸 孝 二	日本写真学会誌, 64 (4), 246-254 (2001)
Design of Silver Halide Photographic Materials and Processing System. Development of New Photo-thermographic Materials with Improved Light Stability of the Image.	Kosugi T Uehara K Irita K Yokokawa T Seto S Kamio T	日本写真学会誌, 64 (5), 292-297 (2001)
Design of Silver Halide Photographic Materials and Processing System. Development of High Speed Color Negative Film.	Yokota K Tamaoki H Suga Y Nozawa Y Kume Y	日本写真学会誌, 64 (5), 298-302 (2001)
Design of Silver Halide Photographic Materials and Processing System. Image Processing of Digital Minilab System.	Sonoda F Matama T Nakamura H	日本写真学会誌, 64 (5), 316-321 (2001)
Design of Silver Halide Photographic Materials and Processing System. New Simplified Chemical System in Minilabs.	Seki H Uchiyama K Tanaka K Fujita Y	日本写真学会誌, 64 (5), 322-326 (2001)
水系塗布型ドライ感材技術解説 「FUJI MEDICAL Dry Imaging Film DI-AT」の開発	高 橋 保 夫 竹 内 公	富士フィルムメディカルレビュー, No.11, 3-7 (2002)
水系塗布型乾式熱現象感光材料 「FUJI MEDICAL Dry Imaging Film DI-AL」の開発	都 築 博 彦 畠 山 晶 中 島 賢 二	富士フィルムメディカルレビュー, No.11, 8-15 (2002)
Application of the Latest Technologies to a New Negative Film.	Kawai K Makino K Murakami H Yamaryo S	SMPTE J (Soc Motion Pict Telev Eng), 111 (4), 144-147 (2002)
The aqueous-coated photothermographic material.	Tsuzuki H Hatakeyama A Nakajima K	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 27-28 (2002)
A New Thermal-Dye-Bleach Antihalation System for Photothermographic Materials.	Noro M Sakurada M Fujiwara I Okamura H Yabuki Y	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 31-32 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
The development of biodegradable chelating agents for the photoprocessing.	Inaba T Miyazaki H	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 66-67 (2002)
The Development and Applications of NCC-couplers.	Itou T Shimada Y Takaku K Ikeda A Kobayashi H Ichijima S	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 108-109 (2002)
Comparison of the features between motion picture film and digital camera, and the development of the new high-speed film.	Makino K Yamaryo S Mimaki Y Kawai K	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 124-125 (2002)
Effect of the Fourth Color-Sensitive Layer in the Color Negative Film.	Suga Y Sasaki N	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 126-127 (2002)
Advanced Technology of New Color Paper.	Yamashita S Ohshima N Ohtani S Soejima S Mihayashi K	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 132-133 (2002)
Technological Development for Instant Color Photography.	Mihayashi K Takeuchi K	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 136-137 (2002)
Technology of full color photo-thermographic printing system and future potential.	Kamosaki T Irita K Kosugi T Yokokawa T	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 138-139 (2002)
水溶媒で塗布する熱現象感光フィルムの開発	都 築 博 彦	ファインケミカル, 31 (17), 15-21 (2002)
2001年の写真の進歩 10 映画	山 領 貞 行	日本写真学会誌, 65 (3), 170-171 (2002)
カラーインスタント写真の画像品質と画像保存性	竹 内 和 彦	画像保存セミナー, 2001, 1-4 (2001)
MTS-望小SN比を用いたカラーバランス評価法の構築	内 野 暢 彦 梅 本 浩 史	品質工学研究発表大会論文集, 9, 206-209 (2001)
富士カラーイメージマネジメントシステムの開発 映画のデジタル化対応のための色再現変換プログラム	山 領 貞 行	映画テレビ技術, No.593, 59-60 (2002)
MTS-望小SN比を用いたカラーバランス評価法の構築	内 野 暢 彦 梅 本 浩 史	品質工学, 10 (4), 571-576 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
Image Simulation System Using Multi-spectral Image for Image Designing of Color Photographic Films.	Ishibashi H Yamada M Machida M Miyauchi R	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 130-131 (2002)
Study on the preferred image sharpness.	Ashida T Tamaru M Takemura K	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 324-325 (2002)
Improving color constancy by optimizing spectral sensitivity functions.	Noguchi T	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 328-329 (2002)
Developing a new psychophysical experimental method to estimate image quality.	Miyazaki K Takemura K Kanafusa K Urabe H Toyoda N* 他	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 334-335 (2002)
Auto White Balance Algorithm Based Upon Estimating Color Temperature Of Scene Illuminant.	Takahashi K Miyazaki K Takemoto F Terashita T	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 377-378 (2002)
Damage to High Speed Color Negative Films from Natural Background Radiation.	Nozawa Y Ikoma H Okano M*	J Imaging Sci Technol, 46 (3), 270-276 (2002)
2001年の写真の進歩 8 画像評価	宮 崎 桂 一	日本写真学会誌, 65 (3), 166 (2002)
28年前撮影済みカラーネガフィルムからの画像取り出し	関 裕 之 内 田 充 洋 瀬 岡 良 雄 魚 島 純 一*	マテリアルライフ学会研究発表会, 12, 87-88 (2001)
写真のアナログ保存とデジタル技術の活用	瀬 岡 良 雄	画像保存セミナー, 2001, 13-18 (2001)
2001年の写真の進歩 9 画像保存	瀬 岡 良 雄	日本写真学会誌, 65 (3), 167-170 (2002)
レンズ付フィルムの技術と歴史	市 野 修 一	日本写真学会誌, 64 (6), 367-371 (2001)
一般画像からの顔抽出のための局所的な顔らしさの選択的な統合法	加 来 俊 彦 栗 田 多喜夫*	電子情報通信学会技術研究報告, 101 (421 (PRMU2001 113-137)), 33-38 (2001)
標準化 3 写真業界の新標準開発	池 上 真 平 日 置 達 男	JCII News, 15 (6), 10-12 (2001)
モノクロ表現の魅力 レンブラントVの技術	佐 藤 康 男	写真技術セミナー, 18, 31-36 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
2台のカメラを用いた歩行者追跡	吉 川 健 一 太 田 直 哉*	情報処理学会シンポジウム論文集, 2002 (11), Pt.1 I.273-I.278 (2002)
カラープルーフと印刷の標準化	井 上 裕 夫	印刷インキアドバンス講座, 2001, 11- 16 (2001)
CTPシステムの技術動向 CTP 版材の技術動向	立 川 博 道	日本印刷学会誌, 38 (6), 397-401 (2001)
CTPシステムの技術動向 新しいデジタルスク リーニング技術の画像品質	井 上 義 章	日本印刷学会誌, 38 (6), 408-412 (2001)
Negative-Working Photoresist of Methacrylate Polymers Based on the Transesterification of the 2-Hydroxyethyl Group in the Presence of an Acid.	Aoai T Kondo S Lee J* 他	J Polym Sci Part A, 40 (11), 1858-1867 (2002)
ナノ光リソグラフィとその応用	納 谷 昌 之 鶴 間 功 谷 武 晴 向 井 厚 史	応用物理学関係連合講演会講演予稿 集, 49 (0), 22 (2002)
光酸発生剤のレジストへの応用	児 玉 邦 彦	日本化学会講演予稿集, 81 (1), 222 (2002)
高機能材料を用いたカラーハードコピー	柴 田 剛	科学と工業, 75 (7), 310-316 (2001)
カラー電子写真用フォトペーパーの品質工学(QE)に よる最適設計	立 石 朋 美 岡 本 潤	品質工学研究発表大会論文集, 9, 178- 181 (2001)
フルカラー直接感熱記録材料における機能性素材	柳 原 直 人 高 島 正 伸 松 下 哲 規 佐 藤 弘 司 山 田 尚 郎	有機合成化学協会誌, 59 (8), 800-808 (2001)
インドリル基含有ポリマーとアルデヒド類との光誘 起酸縮合反応を用いた発色硬化システム	嶋 田 和 人 国 田 一 人 青 島 桂太郎	日本化学会講演予稿集, 79 (1), 314 (2001)
メディカルドライイメージャー DRYPIX3000の開発	名 波 昌 治 岡 田 宏 一 小 島 徹 也 後 藤 康 彦 伊 藤 智 彦	富士フィルムメディカルレビュー, No.11, 16-21 (2002)
A latent diazonium compound: 3-Arylsulfonylbenzo[d]- 1, 2, 3-triazin-4-one.	Takeuchi Y Jimbo Y	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 218-219 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
New Cyan Color Forming Process With Photosensitive Diazonium Salts.	Yanagihara N Nigorikawa K Sato H Sato K	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 220-221 (2002)
Color Image Processing on TA Print System.	Yamaguchi Y Matama T Ohkubo A	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 359-360 (2002)
Camera lens correction and structure of Digital Minilab service.	Enomoto J	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 367-368 (2002)
Image Stability of TA Paper.	Sakai E Tabata F Sano S	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 549-550 (2002)
薄膜熱転写記録方式における画像形成機構の解析	後 藤 靖 友 下 村 彰 宏 山 本 充	日本接着学会年次大会講演要旨集, 40, 81-82 (2002)
医用画像用ドライイメージャ(2)	富 田 武 憲	日本放射線技術学会雑誌, 58 (4), 467-469 (2002)
新しい経時サブトラクション技術を搭載した胸部CR診断支援プロトタイプシステムの開発	大 沢 哲 志 村 一 男	富士フィルムメディカルレビュー, No.11, 41-48 (2002)
医用画像情報システム「SYNAPSE」	菱 沼 和 弘 清 水 邦 政 浜 口 晃 浅 井 英 一* 他	富士フィルムメディカルレビュー, No.11, 49-59 (2002)
新タイプFCR AC-5システム	福 岡 孝 義	検査技術, 7 (10), 42-46 (2002)
2W reliable operation in 50 μ m-wide InGaAsP/InGaP/AlGaAs (λ =810nm) SQW diode lasers with tensile-strained InGaP barriers.	Yamanaka F Wada M Kuniyasu T Ohgoh T Fukunaga T Hayakawa T	Electron Lett, 37 (21), 1289-1290 (2001)
Temperature Characteristics of 1.5- μ m-Band MgO Doped LiNbO ₃ Quasi-Phase Matched Wavelength Converters.	Nihei Y Harada A Chen B* 他	Jpn J Appl Phys Part 2, 40 (6B), L612-L618 (2001)

題 目	著 者	報 告 誌
Efficient 1.5- μ m-Band MgO-Doped LiNbO ₃ Quasi-Phase-Matched Wavelength Converters.	Nihei Y Harada A Zhou B* 他	Jpn J Appl Phys Part 2, 40 (8A), L796-L798 (2001)
All-Optical Variable-In Variable-Out Wavelength Conversions by Using MgO:LiNbO ₃ Quasiphase Matched Wavelength Converters.	Nihei Y Harada A Chen B* 他	Jpn J Appl Phys Part 2, 40 (12B), L1370-L1372 (2001)
Al フリー半導体レーザーの高信頼性とその応用	早 川 利 郎	電気学会光・量子デバイス研究会資料, OQD-01 (47-52), 13-18 (2001)
1050nm 帯 InGaAs/GaAsP 歪み補償単一量子井戸高信頼性・高出力半導体レーザー	秋 永 富士夫 国 安 利 明 山 中 英 生 松 本 研 司 福 永 敏 明 早 川 利 郎	電子情報通信学会技術研究報告, 102 (188 (OPE2002 36-45)), 31-34 (2002)
TDFA 用高信頼性・高出力 1050nm 帯 InGaAs/GaAsP 歪み補償単一量子井戸半導体レーザー	秋 永 富士夫 国 安 利 明 山 中 英 生 松 本 研 司 福 永 敏 明 早 川 利 郎	電子情報通信学会大会講演論文集, 2002 (エレクトロニクス 1), 346 (2002)
IP (イメージングプレート)	高 橋 健 治	富士フィルムメディカルレビュー, No.11, 22-40 (2002)
The Imaging Plate and Its Applications.	Mori N Oikawa T *	Adv Imaging & Electron Phys, 121, 281-332 (2002)
医療陽子線用低感度イメージングプレートの検討	綱 島 義 一 練 石 恵 子 納 富 昭 弘* 他	日本原子力学会秋の大会予稿集, 2001, 第1分冊, 224 (2001)
アイソトープ研究と利用 4 イメージングプレート	幸 田 勝 博 宮 原 淳 二*	Radioisotopes, 50 周年記念号, 40S-49S (2001)
両面集光技術と高密度読み取り技術による CR マンモグラフィーの高画質化	荒 川 哲	医用画像情報学会雑誌, 19 (1), 37-42 (2002)
乳房 X 線像における粗大石灰化像の抽出法と偽微小石灰化クラスタ削減への応用	武 尾 英 哉 水 沢 信 忠* 他	Med Imaging Technol, 20 (3), 203-211 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
Optimization of neutron imaging plate.	Neriishi K Takahashi K Haga Y K*	Nucl Instrum Methods Phys Res Sect A, 487 (3), 504-510 (2002)
定量的オートラジオグラフィにおける定量結果表の数値を用いた相互検算の精度の検討 BAS2000 スキャナー / BAStation ソフトの場合	森 啓 司	Radioisotopes, 51 (9), 364-368 (2002)
話題の商品が見える!! 第9回 デジタルカメラ 『Fine Pix』	斎 藤 謙 二 西 村 亨 岩 部 和 記	エレクトロニクス実装技術, 17 (12), 76-81 (2001)
高画質デジカメの最近の動向	乾 谷 正 史	画像電子学会研究会講演予稿, 187, 23-27 (2001)
富士写真フイルム(株)に於けるデジタルカメラ開発	乾 谷 正 史	生産と技術, 53 (3), 33-39 (2001)
デジタルカメラ画像の身近なプリント環境の動向について	中 台 加津男 深 田 重 一	映像情報メディア学会誌, 55 (10), 1243-1248 (2001)
Technology Trends of High-Definition Digital Still Camera Systems.	Tamayama H Ito K Nishimura T	Dig Tech Pap Symp VLSI Circuits, 2002, 100-105 (2002)
3.35M Pixel Interleaved Array (PIA) CCD image sensor with the horizontal charge mixture function.	Misawa T Kubo N Inuiya M Ikeda K* 他	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 349-350 (2002)
Color standard for graphic technology. ISO/Japan Color.	Kase M Mishina H* 他	日本写真学会年次大会講演要旨, 2002, 610-611 (2002)
高精細標準電子画像 SHIPP の開発経緯と特徴・利用法	ト 部 仁	画像電子学会誌, 31 (1), 110-115 (2002)
デジタルカメラ	三 沢 岳 志	光学, 31 (4), 323-325 (2002)
固体撮像素子 (CCD/CMOS) の行方 第三世代スーパー CCD ハニカム開発	永 島 靖 夫	映像情報 Industrial, 34 (6), 43-46(2002)
新世代の電子画像 人の視覚に迫る電子の目 『第三世代スーパー CCD ハニカム』	小 田 和 也 三 沢 岳 志 乾 谷 正 史	光技術コンタクト, 40 (5), 269-273 (2002)
知らないわけではないけれど 第49回 デジタルカメラでメカシャッタの必要な理由	岩 部 和 記	映像情報メディア学会誌, 56 (3), 387-388 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
映像情報メディア年報 1. 画像エレクトロニクス 1-4 コンシューマエレクトロニクス	三 沢 岳 志 桜 井 優 * 他	映像情報メディア学会誌, 56 (9), 1409-1413 (2002)
2001年の写真の進歩 15 電子画像	次 田 誠	日本写真学会誌, 65 (3), 176-177 (2002)
広がるデジタルカメラ入稿 デジタル画像規格の標準化	渡 辺 幹 夫	印刷雑誌, 85 (9), 23-26 (2002)
Investigation of Particulate Media With an Ultra-Thin Magnetic Layer Suitable for MR Heads on a Rotating Drum.	Ejiri K Sugizaki T Taguchi R* 他	IEEE Trans Magn, 37 (4), Pt.1 1605-1608 (2001)
パターニングされたマスター媒体により転写されたスレーブ媒体の磁化状態	西 川 正 一 杉 田 龍 二 * 他	電子情報通信学会技術研究報告, 102 (113 (MR2002 9-13)), 7-112 (2002)
パターニングされたマスター媒体により転写されたスレーブ媒体の磁化状態	西 川 正 一 長 尾 信 杉 田 龍 二 * 他	日本応用磁気学会誌, 26 (4), 289-292 (2002)
Magnetization patterns of slave media duplicated by using patterned master media.	Nishikawa M Nagao M Sugita R* 他	J Appl Phys, 91 (10), Pt.3 8694-8696 (2002)
多層血液分析フィルムにおける糖を用いた酵素の安定化	村 谷 浩 二 石 崎 慶 一	日本食品工学会誌, 1 (2), 59-64 (2000)
富士ドライケムスライドCRPにおけるマルトース輸液の影響改善	中 村 健太郎 寺 島 薫	医療と検査機器・試薬, 25 (2), 141-146 (2002)
フィールドアナライザーを用いた温室メロンの栄養生理診断	升 田 喜 士 大 場 聖 司 * 他	園芸学会雑誌 別冊, 70 (1), 265 (2001)
フルオロイメージアナライザー FLA-8000 による5μm 蛍光イメージング	三 浦 研 二	細胞, 34 (9), 369-371 (2002)
Rhodacyanine Dyes as Antimalarials. 1. Preliminary Evaluation of Their Activity and Toxicity.	Suzuki M Shishido T Takasu K* 他	J Med Chem, 45 (5), 995-998 (2002)
In situ zymography 法によるマトリックスメタロプロテアーゼの活性測定	根 守 良 一	和光純薬時報, 70 (2), 6-8 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
アレイ解析手法のツール	洞 尚 文	日本農芸化学会誌, 76 (2), 134-137 (2002)
A Quantitative Evaluation of Active Gelatinolytic Sites in Uterine Endometrioid Adenocarcinoma Using Film in situ Zymography: Association of Stronger Gelatinolysis with Myometrial Invasion.	Nemori R Zheng K* 他	Jpn J Cancer Res, 93 (5), 516-522 (2002)
Photoinduced Generation of Sulfonic Acid from N-Sulfonyl-Arylsulfonamide.	Kawamura K Sasaki F	J Photopolym Sci Technol, 14 (2), 265-271 (2001)
化学合成を指向したマイクロリアクター技術	佐 藤 忠 久	日本化学会講演予稿集, 79 (1), A.10 (2001)
デオキシコール酸(メタ)アクリレートモノマーおよびポリマーの合成	佐 藤 健一郎 青 合 利 明	日本化学会講演予稿集, 79 (2), 1122 (2001)
化学合成を指向したマイクロリアクター研究の現状と展望 総論 化学合成を指向したマイクロリアクター研究の現状と展望	佐 藤 忠 久	ファインケミカル, 31 (1), 5-14 (2002)
近未来テクノロジー“マイクロ化学プラント”の可能性 マイクロ化学プラントとは何か その構想と期待	佐 藤 忠 久	計装, 45 (1), 14-16 (2002)
GSC グリーンプロセス マイクロ化学プロセス技術に対する期待	佐 藤 忠 久	化学と工業, 55 (9), 1007-1010 (2002)
マイクロ化学プラントの創造 マイクロ化学プラントの可能性	佐 藤 忠 久	化学工学, 66 (2), 75-77 (2002)
Pt化学修飾剤添加/黒鉛炉原子吸光によるシリコンの定量	大 西 弘 哲 妹 尾 博 之 加 藤 久仁政	日本分析化学会年会講演要旨集, 49, 252 (2000)
Vibrational Analysis of trans-Stilbene in the Ground and Excited Singlet Electronic States Revisited.	Watanabe H Okamoto Y Furuya K Sakamoto A 他	J Phys Chem A, 106 (14), 3318-3324 (2002)
Density Functional Theory Study on the Raman Spectra of Negative Polarons and Negative Bipolarons in Na-Doped Poly(p-phenylene).	Furuya K Honda K*	J Phys Chem A, 106 (14), 3587-3592 (2002)
ナノ空間で機能する化学 3 感光性タンパク質 生体膜の分子装置	小 山 行 一	化学と教育, 50 (1), 44-47 (2002)
動的赤外分光法による変性ポリビニルアルコールの緩和現象の研究	吉 田 昌 平	高分子論文集, 59 (1), 35-43 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
Electrochemistry in Middle Phase Microemulsion Composed of Saline and Toluene with Sodium Dodecylsulfate and n-Butanol.	Nishimi T Yoshitake S* 他	Chem Lett, No.3, 360-361 (2002)
Coupling of Chemical Cross-linking, Swelling, and Phase Separation in Microencapsulation.	Ichikawa K Dobashi T* 他	Langmuir, 18 (16), 6031-6034 (2002)
Solubility of Carbon Dioxide in Polyethylene/Titanium Dioxide Composite Under High Pressure and Temperature.	Katsumoto R Kegasawa T Egami H Areerat S* 他	J Appl Polym Sci, 86 (2), 282-288 (2002)
バクテリオロドプシン電着膜を修飾した白金電極の光カソード電流特性	宮 坂 力 小 山 行 一	電気化学会大会講演要旨集, 68, 51 (2001)
ハイブリッド配向した Wide View Film の光学的効果	網 中 英一郎 伊 藤 洋 士 森 裕 行 品 川 幸 雄	電子情報通信学会技術研究報告, 101 (405 (EID2001 49-54)), 19-24 (2001)
ディスコチック液晶垂直配向制御要因の解析	市 橋 光 芳 竹 内 寛 河 田 憲	日本液晶学会討論会講演予稿集, 2001, 463-464 (2001)
ディスコティック液晶の垂直配向制御技術の開発	根 来 雅 之 竹 内 寛 西 川 秀 幸 松 岡 光 進 横 山 茂 樹 河 田 憲 岡 崎 正 樹	日本液晶学会討論会講演予稿集, 2001, 467-468 (2001)
Orientation of Cellulose Triacetate Films Cast from Solution in High Magnetic Field.	Sata H Kawasaki H Shinagawa Y Kimura T* 他	J Polym Sci Part B, 39 (16), 1942-1947 (2001)
重合性ディスコティック液晶の配向制御	岡 崎 正 樹	高分子学会予稿集, 50 (12), 2929-2930 (2001)
トリアセチルセルロースの磁場配向	佐 多 博 暁 川 崎 博 史 品 川 幸 雄 木 村 恒 久* 他	セルロース学会年次大会講演要旨集, 8, 94-95 (2001)

題 目	著 者	報 告 誌
液晶ディスプレイの視野角拡大技術	網 中 英一郎	日本画像学会誌, 41 (1), 79-87 (2002)
高分子科学最近の進歩 ディスコチック液晶による 液晶ディスプレイの視野角改良 TFT-LCD用視野角改 良フィルムの開発	中 村 卓 岡 崎 正 樹	高分子, 51 (2), 94-98 (2002)
ノルボルネン系樹脂ブレンドを用いた位相差フィル ムの特性制御	荒 川 公 平 黒 田 敬 之*	高分子学会予稿集, 51 (4), 727 (2002)
相溶性ノルボルネン系ポリマーブレンドを用いた位 相差フィルムの作成とその光学特性	荒 川 公 平 黒 田 敬 之* 他	繊維学会予稿集, 57 (1), 47-48 (2002)
液晶ディスプレイ入門講座 第11回 ディスコチック 光学補償膜による TFT-LCD の視野角拡大技術	森 裕 行	液晶, 6 (1), 84-92 (2002)
最近のFPD材料 最新の「WVフィルムワイドビュー」 技術	森 裕 行 伊 藤 洋 士 品 川 幸 雄	月刊ディスプレイ, 8 (8), 20-24 (2002)
重合性ディスコチック液晶の配向制御	根 来 雅 之	日本化学会講演予稿集, 81 (1), 213 (2002)
ポリペプチドLB膜が示す構造色の化学物質応答性	鷲 巢 信太郎 宮 城 友 洋* 他	高分子学会予稿集, 51 (3), 591 (2002)
Effective Second-Order Nonlinear Optical Coefficient of a Novel Transparent Material: N, N-Diphenyl-8-[2-(4- pyridyl) ethenyl]dibenzofuran-2-ylamine.	Akiba M Inagaki Y Kawamata J*	Chem Lett, No.10, 1026-1027 (2001)
Dye-Sensitized Solid-State Solar Cells: Use of Crystal Growth Inhibitors for Deposition of the Hole Collector.	Shiratsuchi K Tsukahara J Kumara G R A* 他	Chem Mater, 14 (3), 954-955(2002)
ファジィモデル自動車の再構成データを与える実測 データ規範シミュレーションの提案と検討	千 葉 信 二 板 倉 直 明* 他	シミュレーション, 20 (2), 171-179 (2001)
物体を視野中心に捉える視覚モデルの基礎検討	小 野 修 司	画像センシングシンポジウム講演論 文集, 7, 145-150 (2001)
分散協調型設計支援システムのためのプロセスモデ ルと操作モデル 第1報 プロセス構造についてのモデ ル	菊 池 慎 市 藤 田 喜久雄*	日本機械学会論文集 C, 68 (666), 657- 665 (2002)
分散協調型設計支援システムのためのプロセスモデ ルと操作モデル 第2報 設計操作のためのモデルと プロセス管理	菊 池 慎 市 藤 田 喜久雄*	日本機械学会論文集 C, 68 (666), 666- 674 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
分散協調型設計支援システムのためのプロセスモデルと操作モデル 第3報 エージェント方式による実装と航空機の基本設計への展開	菊 池 慎 市 藤 田 喜久雄* 他	日本機械学会論文集 C, 68 (670), 1910-1918 (2002)
次段羽根車入口流れに及ぼす戻り案内羽根出口子午面形状の影響	山 田 仁 金 元 敏 明* 他	ターボ機械, 29 (10), 626-631 (2001)
圧電フィルムを用いた薄肉円筒殻の制振とその評価	工 藤 篤 博 磯 部 大吾郎	計算工学講演会論文集, 6 (2), 707-710 (2001)
Water Lubrication Mechanism in Sliding of SiC on Itself.	Endo H Umehara N* 他	日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集, NO.Proceedings of the International Tribology Conference, 2, 863-868 (2000)
フィルム製造プロセスにおける表面欠陥検出技術	高 橋 一 平	計測・制御・システム工学部会シンポジウム, 鉄鋼プロセス応用のために学ぶ他業種における計測・検, 33-40 (2000)
酸化チタン含有低密度ポリエチレンへのCO ₂ の溶解と拡散現象	勝 本 隆 一 気賀沢 忠 宏 江 上 秀 男 早 田 祐 介* 他	成形加工, 12, 127-128 (2001)
Determination of the Swelling Ratio of Poly(Urea-urethane) Microcapsules by Single-Particle Light Scattering.	Ichikawa K Dobashi T* 他	Langmuir, 17 (15), 4525-4528 (2001)
押出ラミネートにおけるニップ部溶融樹脂の流動・凝固挙動解析	勝 本 隆 一 気賀沢 忠 宏 高 瀬 雅 典* 他	成形加工シンポジア, 2001, 117-118(2001)
相変化を伴う固体中の熱波動伝搬	中 田 肇 山 田 雅 彦* 他	日本機械学会熱工学部門講演会講演論文集, 2001, 501-502 (2001)
二成分混合燃料における着火特性の実験的解析 The Study of Ignition Characteristics of Binary Mixed Fuels.	川 上 和 也 島 田 敦 史* 他	日本機械学会年次大会講演論文集, 2001 (2), 545-546 (2001)
拡散を利用した「自発的乳化システム」の設計	西 見 大 成	NewsI Chem Soc Jpn, 26 (4), 6- 9(2001)
機能性材料とコンバーティング 紫外線カットスリーブ/フィルム	三 河 正 憲	コンバーテック, 29 (8), 34-38 (2001)

題 目	著 者	報 告 誌
ポリマー溶液のビード振動現象解析	片 井 幸 祐 辻 本 忠 宏 石 川 豊	化学工学会秋季大会研究発表講演要 旨集, 34, 112 (2001)
スライドビード塗布の安定性と静電気力について	浜 本 伸 夫	化学工学会秋季大会研究発表講演要 旨集, 34, 113 (2001)
多層カーテン塗布の安定性解析	沖 和 宏 Scriven L E*	化学工学会秋季大会研究発表講演要 旨集, 34, 116 (2001)
マイクロ塑性流体潤滑下の材料 - 工具界面の直接蛍 光観察法によるその場計測	井出上 敏 之 小 豆 島 明*	塑性と加工, 42 (491), 1218-1222 (2001)
レベル計を使いこなす! 現場エンジニアに聞く レ ベル計選定の視点 化学品製造プロセスでのレベル 計の選定	岩 崎 尚 之	計装, 44 (8), 28-29 (2001)
マハラノビス距離を用いた乳化分散物処方の健康診断	石 井 善 雄 岡 本 潤 出 口 泰 章 池 田 顕	品質工学研究発表大会論文集, 9, 82- 85 (2001)
光造形における造形モデルの精度向上	小 林 忠 造 下 田 昇	品質工学, 10 (3), 90-95 (2002)
マハラノビス距離を用いた乳化分散物処方の健康診断	石 井 善 雄 岡 本 潤 出 口 泰 章 池 田 顕	品質工学, 10 (4), 544-549 (2002)
テンター製膜における温度分布のフィルム厚みへの 影響	吉 田 哲 也 山 田 敏 郎* 他	成形加工, 13, 139-142(2002)
繊維強化PLAの熱特性	鈴 木 文 行 望 月 正	成形加工, 13, 213-214 (2002)
不完全特徴量の統合による顔の向きの実時間推定	伊 藤 大 介 田 野 俊 一*	日本ファジィ学会誌, 14 (3), 287-298 (2002)
High-Temperature Electrical Conduction of Plasma- Treated FEP Films.	Takanashi T Ikezaki K*	IEEE Trans Ind Appl, 38 (3), 846-851 (2002)
Numerical Analysis of Polymer Melt Flow in the Nipping Region.	Katsumoto R Kegasawa T Takase M* 他	Polym Eng Sci, 42 (4), 836-845 (2002)

題 目	著 者	報 告 誌
[アプリケーション] フィールド機器シリーズ 4 流量計 現場に即応した流量計測, 新アイデアと実践 蒸気流量計測に見る渦流量計導入のメリット	内 海 勇	計装, 45 (12), 37-39 (2002)
d波超伝導接合	小 林 寛 和 井 口 家 成* 他	応用物理, 71 (1), 52-56 (2002)
新世紀の画像ネットワーク VI IT技術・医療への活用	浜 口 晃	日本放射線技術学会雑誌, 57 (10), 1159-1164 (2001)
離散時間セルラーニューラルネットワーク画像処理プロセッサの設計	沼 田 肇 内 本 大 介* 他	電子情報通信学会論文誌 D-2, J84-D-2 (7), 1464-1474 (2001)
1-THz Bandwidth C- and L-Band Optical Sampling With a Bit Rate Agile Timebase.	Harada A Nihei Y Jungerman R L* 他	IEEE Photonic Technol Lett, 14 (8), 1148-1150 (2002)
文字・画像・データ構造等の標準化に関する調査研究成果報告書 画像処理技術標準化調査研究委員会平成13年度(経済産業省S)	ト 部 仁 中 嶋 正 之* 他	文字・画像・データ構造等の標準化に関する調査研究成果報告書 平成13年度(画像処理技術標準化調査研究委員会), 208 (2002)
循環型社会実現のための富士フィルム(株)の活動状況	中 山 安 弘	日本化学会講演予稿集, 81 (1), A.17 (2002)
21世紀・ロジスティクスの展望を拓く 2001年度ロジスティクス全国会議・強調月間 第4部 循環型社会に向けてのロジスティクス レンズ付きフィルムの循環生産と物流システムの構築 「写ルンです」の取り組みから	千代倉 光 弘	ロジスティクスシステム, 10 (8), 72-76 (2001)
近世資料アーカイブズのためのバーチャル図書館	野 中 治 柴 山 守* 他	情報処理学会シンポジウム論文集, 2001 (18), 109-116 (2001)
映像情報企業の技術と経営のスタンドポイント 富士フィルムとセイコーエプソンの事例から	古 舘 信 生	商品研究, 51 (1/2), 12-22 (2001)
経営工学セミナー 何故, 改善活動がうまく進まないのか?	本 郷 但 馬	日本経営工学会春季大会予稿集, 2002, xxxxi-xxxvii (2002)
大学化学教育の改革 その10 化学系企業から化学系教官への要望	佐 藤 幸 蔵	化学と教育, 50 (7), 544-545(2002)
NHK テレビ放映の「プロジェクトX」を巡って 4 「もの造り」に挑戦する情熱	神 山 宏 二	労働の科学, 57 (1), 17-20(2002)
産業側からみた大学化学教育のあるべき姿	佐 藤 幸 蔵	日本化学会講演予稿集, 81 (1), 691 (2002)

編集後記

本誌「富士フィルム研究報告」は、Imaging and Information分野での富士写真フィルム(株)での一年間の技術進歩を紹介する目的で、毎年、原著論文と転載論文から構成し出版しています。2003年の第48号は、原著論文16報と転載論文6報から構成しました。

原著論文は、主要な新製品の開発に関する技術の思想とその詳細を解説し世に問うものであり、内容の充実した高い水準の技術論文になることを目指しています。本報の原著論文には、撮影したその場で高画質の写真が得られる「ピールアパートカラーインスタントフィルムEP100C」の開発、デジタル画像を感熱方式で出力する「プリンピックスーパー」の画像保存性の改良、キュートなフォルムで斬新なデザインを実現した「新概念APSカメラnexia Q1」の開発、デジカメをはじめプリントソースの変化に対応する「小型デジタルミニラボFrontier330」の開発、Frontierなどデジタル走査露光のキーとなる「反転ドメイン波長変換技術」の開発とその応用、デジタル画像フォーマットの標準化を提案する「デジタルカメラ新規格Exif Version2.2」、富士フィルムの画像技術を携帯電話に適用した「ASP “KeitaiPicture”を支えるデジタルイメージング技術」の紹介、医療診断画像のネットワーク時代に対応する「DRYPIX7000 / DI-HLドライイメージングシステム」の開発、小病院開業医層にとって魅力あるシステムを目指した「フジコンピューテッドラジオグラフィー “FCR PICO System”」の開発、印刷フルデジタル化に対応する「大サイズ高生産性Luxel SPEEDPROOF-9000」の開発、国内で最初のフォトポリマー刷版を用いた「新聞用CTPシステムLuxel PLATESETTER P-9600 NEWS」の開発、印刷用網点出力の高品質と生産性を両立させる「低解像度高線数網点Co-Re SCREENING」の開発、磁気記録の記録密度を飛躍的に向上させた「Gbit / in²クラスの塗布型磁気媒体NANOCUBIC技術」の開発、体積密度の高いデジタル記録メディアの製造を支える「超極薄塗布型デジタル磁気記録メディアの生産技術」の開発、素粒子物理の最先端で重要な役割を果たす「オペラ実験に使用するニュートリノ検出用原子核感材」の開発、臨床検査分野で高い信頼性をえてきたドライケミストリー法による「小麦・アマラーゼ活性測定法」の開発、を採用しました。

一方、新製品開発あるいは新技術の基礎となる学術的な研究および探求的な研究も活発に行われており、その成果の一部は学会での講演発表と学術雑誌への論文の掲載を通じて科学と技術の進歩に貢献しています。本報では6報の転載論文を選択し、巻末に掲げた印刷発表リストとともに掲載しました。これらにより、当社の研究活動の経緯と現状及び今後の方向がより良く展望でき、さらにImaging and Informationの分野において貴重な資料となることを期待しています。

(編集委員長 高田 俊二)

Editorial Board

Editor in Chief	Shunji Takada
Editors	Yoshio Inagaki
	Hiroshi Onishi
	Chuzo Kobayashi
	Shinji Sakaguchi
	Makoto Tsugita
	Takashi Naoi
	Makoto Nagao
	Tomizou Namiki
	Hisashi Hamada
	Yoshihiko Makino

編集委員

委員長	高田 俊二
委員	稲垣 由夫
	直井 隆
	大西 弘志
	長尾 信
	小林 忠造
	並木 富蔵
	坂口 新治
	浜田 寿
	次田 誠
	牧野 快彦

富士フィルム研究報告

第48号

平成15年3月20日発行

非売品

編集人 高本邦夫

発行人 平野茂夫

発行所 富士写真フィルム株式会社
足柄研究所
〒250-0193
神奈川県南足柄市中沼210
TEL 0465-73-7170
FAX 0465-73-7927

印刷所 (株)富士グラフィックサービス
神奈川県南足柄市中沼210

禁無断転載

本誌は環境保全・資源確保のため再生紙を使用しています。