

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言い、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)。

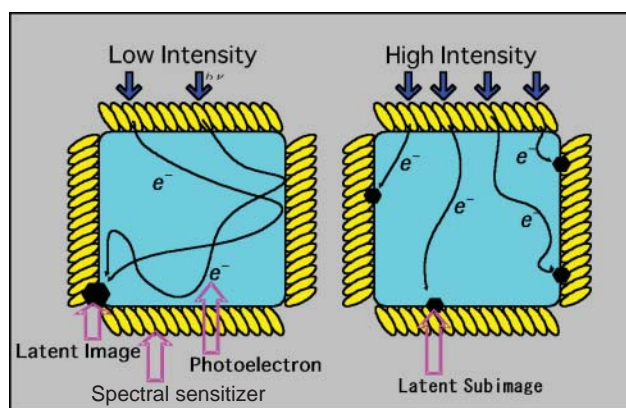


Fig. 1 Scheme of latent image formation.

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。

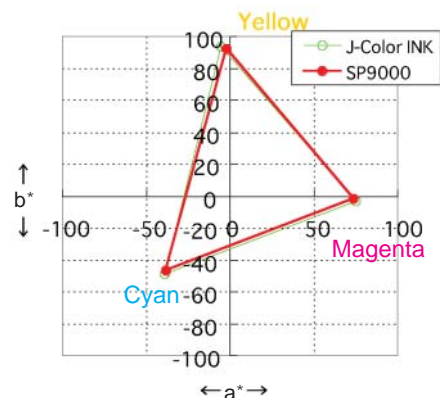


Fig. 2 Primary color characteristics expressed on a* b* plane.

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

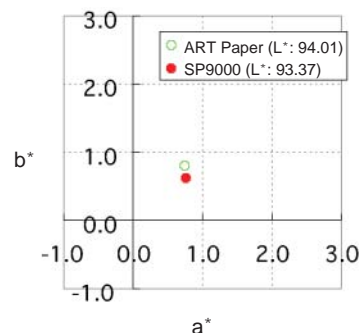


Fig. 3 a* and b* values of white.

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、

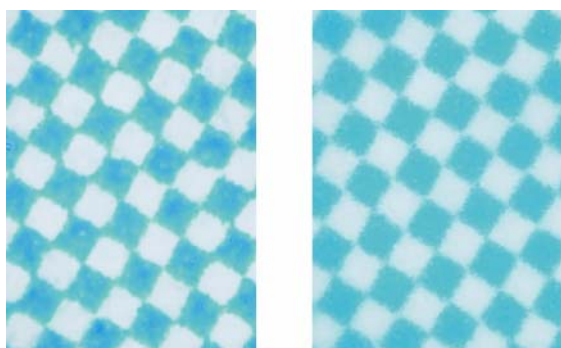
- ・光散乱光低減技術
- ・高コントラスト設計による境界領域散乱光の影響低減によって達成した。

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

デジタルミナラボ「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.

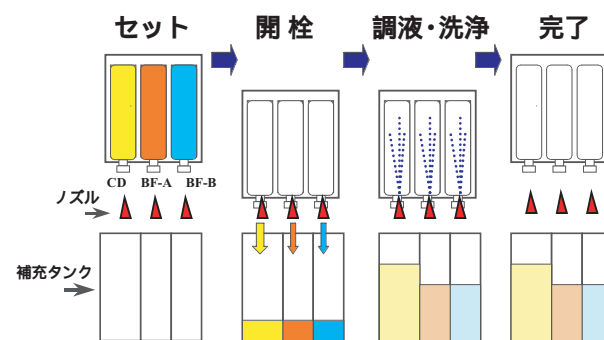


Fig. 4 Scheme of the auto chemical mixing system.

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点がわかった。

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。

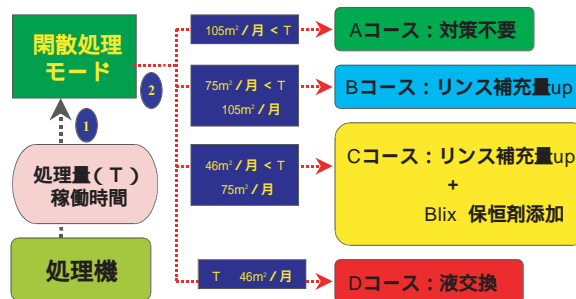


Fig. 5 Basic idea of the small volume processing mode.

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)。

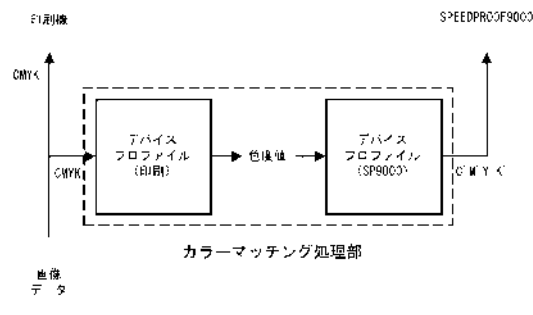


Fig. 6 Color matching flowchart.

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)。

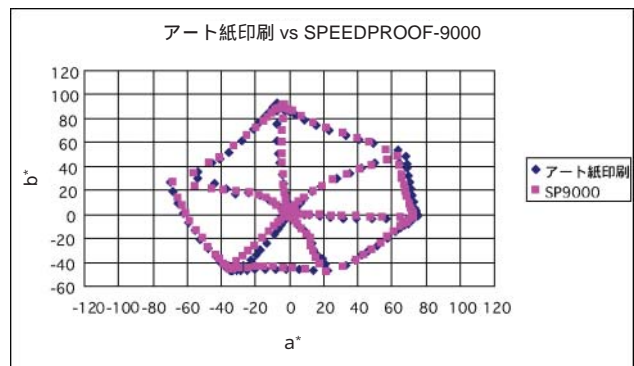


Fig. 7 Accuracy of color matching.

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。)