

ピクトロブルーフシステムの開発

上原 麗樹*, 横川 拓哉*, 入田 潔*, 神尾 隆義*, 珠川 清巳**,
井上 克視**, 近藤 浩和**, 島崎 治**

Development of Pictro Proof System

Kazuki UEHARA*, Takuya YOKOKAWA*, Kiyoshi IRITA*, Takayoshi KAMIO*,
Kiyomi TAMAGAWA**, Katsushi INOUE**, Hirokazu KONDO** and Osamu SHIMAZAKI**

Abstract

Features of the full-color digital printer system Pictography introduced into the market in 1993 include a high quality image output consistency by effortless operation without using any wet chemical processing. Its new version Pictography 4000, which was commercialized in 1997, can output prints up to A3 size.

Recently we have developed a DDCP (Direct Digital Color Proof) system named Pictro Proof System using new type materials and a color matching technology and Pictography 4000 as a printer. This report details the material technologies and the color matching technology.

1. はじめに

熱現像転写方式の銀塩感光材料とレーザー露光方式のフルカラーデジタルプリンタとを組み合わせさせたピクトログラフィシステムは、1993年のピクトログラフィ3000の発売で市場導入された。このシステムは、銀塩写真と同等の高品位なカラーデジタル画像の出力を可能とし、しかも現像液が不要という画期的な製品として市場に幅広く受け入れられてきている。1997年には、A3までのマルチサイズ出力を可能にしたシリーズ商品であるピクトログラフィ4000が発売され、用途が拡大してきている。

一方、印刷工程におけるデジタル化の進展はめざましく、デジタルデータから直接に印刷物の色校正（印刷物見本）が得られるDDCP (Direct Digital Color Proof) の必要性がますます高まってきている。しかしながら、高精度な印刷物色再現性、高速出力、適切な装置価格、簡便な操作性などをバランス良く備える装置はない状況にあった。

これらの市場ニーズに対し、すでに発売されているピクトログラフィ4000のベースエンジンを基にして、印刷インク色相によく一致した色材を持つ新規ピクトロ感材の開発、および当社独自の高精度カラーマッ

ング技術を盛り込んだソフト開発を行うことにより、高度な印刷物近似性、高速出力を特徴とするピクトロブルーフシステムの商品化を達成した (Fig.1, Fig.2, Table 1)。

高精度カラーマッチング技術という点、とかくソフトウエアの技術だけを想像しがちであるが、実際に高精度のカラーマッチング達成のためには、以下の5項目の技術が必要であると考え、すべての項目にわたる技術開発を進めてきた。

- (1) 適切な、ターゲットとなる印刷条件の定義と、その印刷物の安定な作成
 - (2) 印刷インクの分光特性に合わせたDDCP材料の開発
 - (3) 安定な色再現を持つプリンタエンジンの開発
 - (4) 機差、環境差を補償するキャリブレーション技術
 - (5) ソフトウエアによる高精度カラーマッチング変換技術
- 本稿では、このうち、ピクトロブルーフシステムにおいて新規開発した(2)、(5)の内容を中心に報告する。

2. 材料技術について

2.1 ピクトロカラー材料について

ピクトロカラー材料は、従来のような液体の化学薬品からなる現像液を一切使用せず、熱と少量の水だ

本誌投稿論文 (受理1998年10月7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.
Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa 258-8538,
Japan

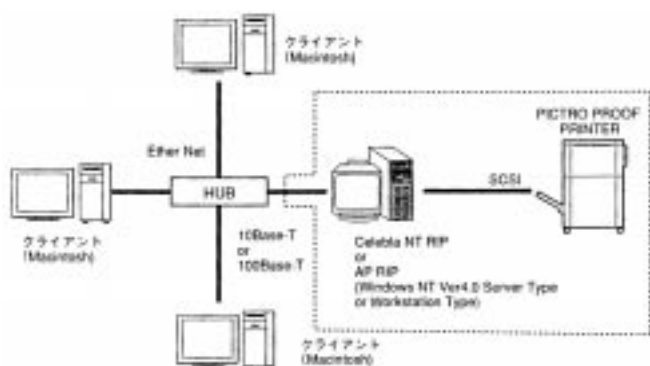


Fig. 1 Pictro Proof System construction (dot line area)

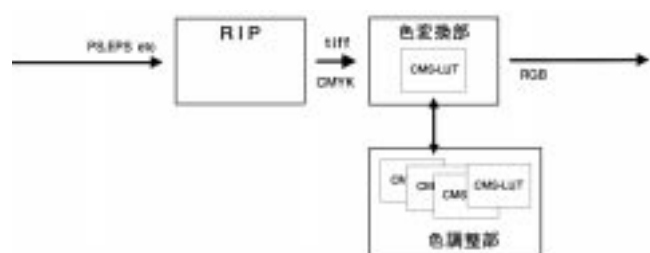


Fig. 2 Pictro Proof data flow

Table 1 Specifications of Pictro Proof

1. プリント方式	レーザー露光熱現像転写方式
2. 記録密度	400dpi
3. 最大出力サイズ	315mm x 462mm
4. プリント時間	A3ワイド1枚目 : 約93秒 A3ワイド2枚目以降 : 約58秒
5. キャリブレーション	オートキャリブレーションによる
6. プロファイル調整機能	ドットゲイン調整, 紙色調整, グレー補正
7. フレームメモリ	120MB
8. 外部インターフェース	SCSI - 2
9. 消費電力	1.2KVA以下
10. 外形寸法	605mm (幅) x 640mm (奥行) x 930mm (高さ)
11. 重量	約100Kg

けを用いて現像処理を行う新しい写真材料である。これはハロゲン化銀を用いた写真の処理の煩わしさを解決し、かつ画質の良さは従来の写真とまったく同じであるという点で優れている。

ピクトロカラー材料は、感光材料と受像紙の二つから構成される。また、このピクトロカラー材料を用いて行う画像形成方法をピクトロカラー方式と言い、Fig. 3に示すようなプロセスにより画像形成が行われる。ピクトロカラー方式の画像形成は、露光、水塗布、張り合わせ、熱現像転写、剥離の工程で行われる。これらの工程に従って、潜像形成、アルカリ発生、色素放出、転写および色素固定が行われる。ここで、色素放出のケミストリー以外は、ピクトロカラー方式の材料は基本的には共通の技術からなっている¹⁾²⁾。

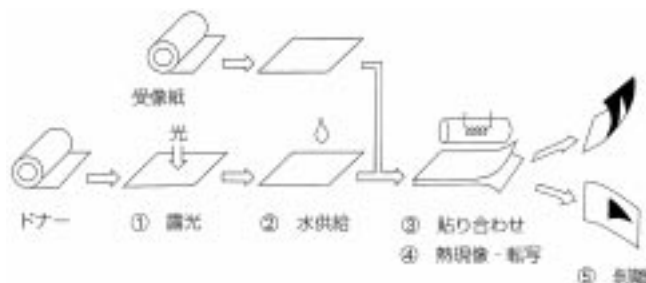


Fig. 3 Pictrocolor system image formation process

ピクトロカラー材料の感光材料(ドナー)は、画像形成のケミストリーの違いにより大きく二つに分けられる。第一のものは、DRR (Dye Releasing Redox Compound) 化合物を用いたネガ型ドナーであり、ピクトロスタット用ネガドナーやデジタルプリンタのピクトログラフィーに使用されているドナー、本報告のピクトロブルーフ用のドナーはこれに属する。つまり、ピクトロスタット用ネガドナーとピクトログラフィー用またはピクトロブルーフ用ドナーは、いずれもDRR化合物を用いていて、同じ色素放出ケミストリー技術が採用されている³⁾。ただし、層構成や分光増感などの乳剤技術は異なる。第二のものは、ROSET (Ring Opening by Single Electron Transfer) 化合物を用いたポジ型ドナーで、ピクトロスタット用ポジドナーにはこの技術を採用している¹⁾²⁾。

Table 2に今までに発売されているピクトロカラー材料の一覧と発売時期を示す。

Table 2 Pictrocolor Materials

発売時期	ピクトロカラー材料
1987年	ピクトログラフィー1000用材料 (DRR色材, デジタル露光)
1991年	ピクトロスタット用ポジ材料 (ROSET色材, アナログ露光)
1993年	ピクトログラフィー用材料 (DRR色材, デジタル露光) (ピクトログラフィー3000と4000は同じ材料を使用)
1994年	ピクトロスタット用ネガ材料 (DRR色材, アナログ露光)
1998年	ピクトロブルーフ用材料 (DRR色材, デジタル露光)

2.2 ピクトロブルーフ用材料に要求される性能

ピクトロブルーフ用材料は、印刷物の色校正として使用される。そのため、ドナーは、色再現域を印刷物に合わせる必要があり、また受像紙は、印刷用紙近似性を付与する必要があった。これらの性能を満たすために、従来技術の応用に加えて新たな技術開発が必要であった。

2.3 新規ドナーの開発

ピクトロプルーフ用ドナーは、従来のピクトログラフィー用材料の応用商品の一つで、ピクトログラフィー用ドナーで開発したネガ型ピクトロカラー感材技術をもとに開発した。新規ドナーには主として新色材技術が組み込まれている。つまり、印刷インクに色相を合わせた新規イエロー、マゼンタ、シアン色材を開発、

導入することにより、従来のピクトログラフィー用ドナーに比較してより印刷物に近い色再現を可能にした。Fig. 4に標準印刷インキ (Japan Color Inks) とピクトログラフィー用ドナーで使用されている色材および今回ピクトロプルーフ用ドナーで使用した新規色材の色素部の吸収の比較を示す。また、これらの色再現域の比較をFig. 5に示す。

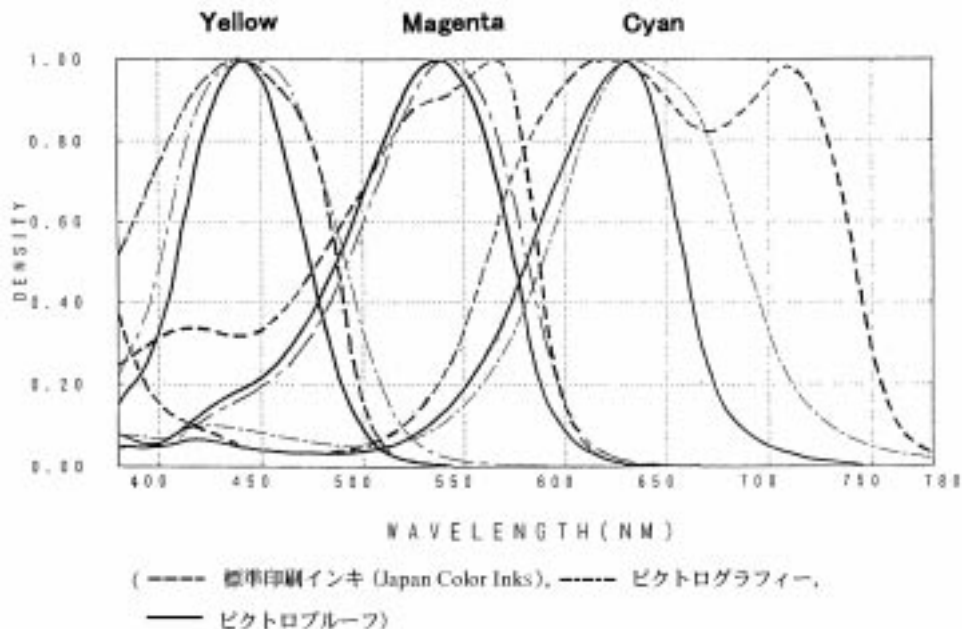


Fig. 4 Dye absorption spectra (proofing ink reference (Japan Color Inks), Pictography and Pictro Proof)

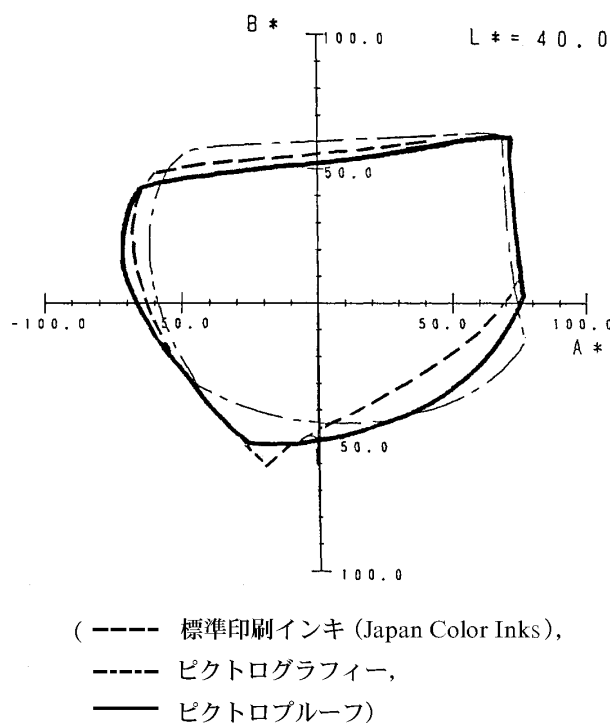


Fig. 5 Chromaticity diagram (proofing ink reference (Japan Color Inks), Pictography and Pictro Proof)

2.4 新規受像紙の開発

ピクトプルーフ用受像紙は、従来のピクトグラフィ用材料の応用商品の一つで、ピクトグラフィ用受像紙の技術をもとに開発した。新規受像紙には主として二つの新技術が組み込まれている。第一は、従来のピクトグラフィ用受像紙の白地バランスを印刷用紙の白地バランスに合わせるため、受像層の蛍光増白剤量を調節した。Fig. 6に標準印刷用紙（アート紙）と、従来のピクトグラフィおよび今回のピクトプルーフの白地バランスの比較を示す。

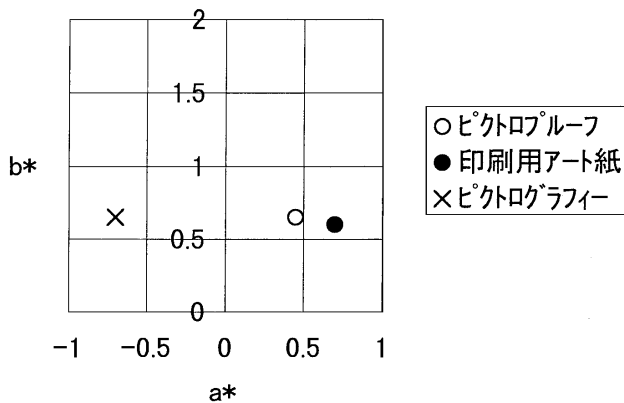


Fig. 6 Chromaticity diagram of whiteness
(Pictro Proof, art paper, x Pictography)

第二は、従来のピクトグラフィ用受像紙の光沢性を印刷用紙の光沢性に合わせるため、受像紙のマット性を調節した。これにより、より印刷物に近い質感を得ることが可能となった。

以上のような技術により、ピクトプルーフ用材料を開発し、簡易迅速なデジタルフルカラープリンタのピクトグラフィシステムに、印刷用途としての新たなラインナップを加えることができた。

3. カラーマッチング技術

ピクトプルーフのカラーマッチング技術として、以下のことをポイントにおいて開発を行った。

- ・新材料に適応した高精度カラーマッチングテーブル
- ・ユーザーニーズにマッチした使いやすい色調整機能
- ・各地域の実情に適した標準的な印刷条件

3.1 カラーマッチングの原理

ここでのカラーマッチングとは、印刷物上での色を表すCMYKデータ（網%値）と同じ色をピクトプルーフプリンタの出力上で再現するRGBデータを求めることである。

CIEXYZあるいはCIELABといった表色系を使えば色を数値として一意に定義できるのに対し、印刷のCMYKやプリンタのRGBはそのデバイスに依存した色

を表現しているに過ぎない。したがって、CMYKからLAB、LABからRGBの変換特性を求めることができれば、印刷のCMYKと同じ色を再現するプリンタのRGBが得られることになる。

デバイスに依存したカラーデータからデバイスに独立な表色系での値への変換特性は、デバイスプロファイル（あるいは単にプロファイル）と呼ばれる。プロファイルは一般には簡単な数式では十分な精度で記述できないので、そのデバイスの色空間を代表する多数の色をチャートとして実際に出力し、この代表色各々の測色値をテーブルとして持つておくことになる。

プリンタの方は、こうして得られたRGBからLABへの関係を数値的に逆変換してLABからRGBへの関係を求めておく。印刷の方は、使われるインキや紙の種類によって再現される色が異なるので、その印刷条件に対応した別々のプロファイルとして求めておく。実際に画像データの色変換を行う際には、指定された印刷条件のプロファイルとプリンタプロファイルとを組み合わせ合わせてCMYKからRGBへの変換関係を一つのテーブルとして作成しておき補間演算を行う（Fig. 7）。

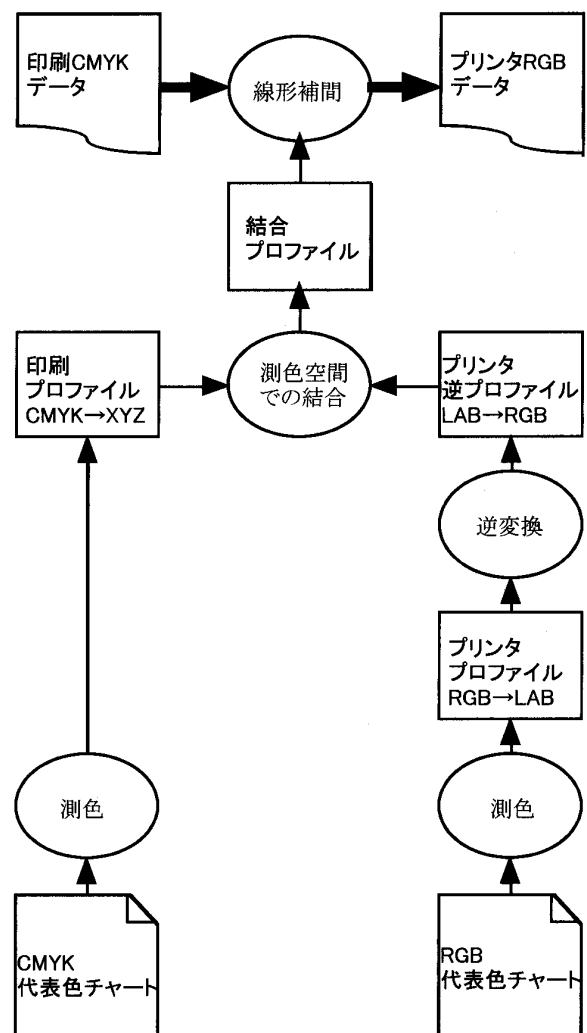


Fig. 7 Data flow diagram

3.2 色調整機能

ピクトロプルーフでは、国内5種・海外4種の印刷条件を搭載しているが、そのどれかがユーザーの印刷条件に完全に一致しているとは限らない。そのような場合には、印刷プロファイルをユーザーの印刷条件に合うように調整する必要があるが、ピクトロプルーフではドットゲイン調整機能と地色調整機能によってそれを可能としている。

ドットゲイン調整機能は、CMYK各色の中間調のバランスを調整するためのもので、そのカーブの形は任意の網%値でのドットゲイン調整量をGUIから設定することで自由に調整できるようになっている。また、ハイライト付近でのカーブの拡大図や実際に測定で得られるドットゲイン量の表示など使いやすさにも配慮している (Fig.8)。

地色調整機能は、印刷本紙との微妙な紙色の違いを調整するためのもので、もともとの紙色を中心としてLABのそれぞれの方向に色を振ったパッチを配列した

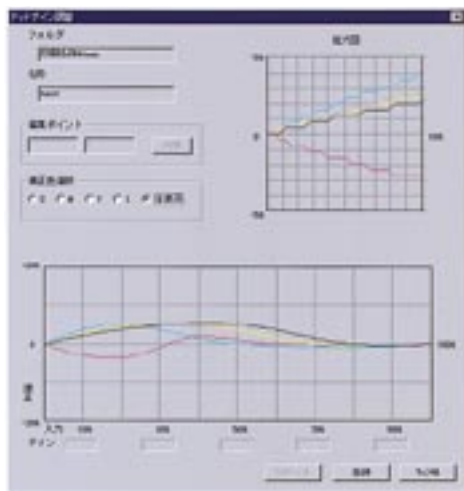


Fig. 8 Dot gain control

チャートをプリントし、ユーザーが本紙に最も近いパッチを選ぶことにより、印刷プロファイルの紙色を調整できるようになっている。ここでは、地色を調整した影響がハイライトから中間調までドットゲインが変わらないように反映される工夫をしている。

プリンタプロファイルは、プリンタをキャリブレーションして一定の状態にしておけば、基本的には調整する必要はない。キャリブレーションではプリンタのCMY単色の階調を合わせているが、印刷の色再現上特に重要視されるグレーの微妙な調整をさらに行うために、ハイライト・ミドル・シャドウの3点でグレーをわずかに振ったパッチを配列したチャートをプリントし、付属のグレーリファレンスと合うように補正できる機能も持っている。

3.3 搭載した印刷条件

プロファイルを使ったカラーマッチングでは、再現したい印刷物を測色して印刷条件プロファイルを作成すれば、任意の印刷物の色をプリンタで再現させることができる。しかし、インキ・紙・印刷機によって印刷で再現する色が異なるため、すべての印刷条件に適した印刷プロファイルを用意することは不可能である。そこで、ピクトロプルーフでは世界の各地域の実情に適した標準的な印刷条件を提供しており、Table 3の通り、日本では5種、北米では3種、欧州では1種、搭載している。

北米ではSWOP規格、欧州ではEURO規格に準ずるカラーアートがあり、これらを印刷条件としている。しかし、日本では多くのユーザーで使われている標準となるような印刷条件が存在しない。そこで、富士写真フィルムのサービスであるISS (印刷物データ測定解析システム) で蓄積されたデータから日本の標準的な印刷の色の上まりを調査し、標準印刷条件として提案している⁴⁾⁻⁶⁾。この条件を搭載することで、日本の標準的な印刷条件で印刷した場合の色の上まりを確認することができる。

Table 3 Printing Conditions Simulated (emulated) in Pictro Proof

対象市場	名称	印刷条件	紙種
日本	アート紙印刷	J-Colorインク色	特菱アート
	マット紙印刷	J-Colorインク色	NKニューエスベル
	微塗工紙印刷	J-Colorインク色	ヘンリーオー
	上質色再現	J-Colorインク色	しらおい
	カラーアート	JAPAN色 Posi Color Art CRT4	特菱アート
北米	FUJI PROOF COMMERCIAL CT-T3	SWOP色 Nega Color Art CRT3	エロケンス
	FUJI PROOF COMMERCIAL CR-T4	SWOP色 Nega Color Art CRT3	エロケンス
	FUJI PROOF SWOP CR-T3	SWOP色 Nega Color Art CRT3	チャンピオンテキストウェブ
欧州	EURO DOT GAIN1	EURO色 Posi Color Art 中ドット	特菱アート

3.4 プロファイルの高精度化

印刷物と高精度なカラーマッチングをするためには、プロフィールに色情報を正確に記述することが重要である。ピクトロブルーフでは、高精度なプロフィールを作るために以下のようなことを行っている。

- (1) プリント色再現ばらつきの平均的な色のカラーチャートの作成
- (2) 印刷色予測アルゴリズムを使った印刷プロフィールの作成と、色空間境界近辺の色再現性を向上させたアルゴリズムを使ったプリントプロフィールの作成⁷⁾
- (3) プロファイルのチューニングによる色再現精度の向上

これらによってプロフィールに記述された色情報は、測定値と比較して平均色差1くらいに精度で実現できた。

3.5 カラーマッチング精度

ピクトロブルーフは、インキ色相に合わせた材料を

使ってカラーマッチングをすることで、高精度な色再現を実現した。

Fig. 9は、アート紙印刷物に対してカラーマッチングした場合の、ピクトロブルーフ材料および従来のピクトログラフィー材料の色再現域である。印刷物、ピクトロブルーフを包含する領域では、カラーマッチングによっていずれも印刷物とほぼ色が一致している。しかし、境界部の彩度の高い領域ではピクトログラフィー材料の色相がインキ色相と一致していないために印刷物の色再現域をカバーできておらず、単色ベタの部分では彩度不足や色相ずれが生じてくる。このように単色ベタで印刷物と色が異なってくると、広告のような単色ベタが多い印刷物ではユーザーが満足する品質が得られない。それに対し、ピクトロブルーフ材料は、各色相がインキ色相とほぼ同じため、イエロー、マゼンタ付近では印刷物と同等な色を再現できており、またシアン付近ではやや彩度が不足するものの色相はほぼ一致しており、印刷物と同等の色再現が実現できた。

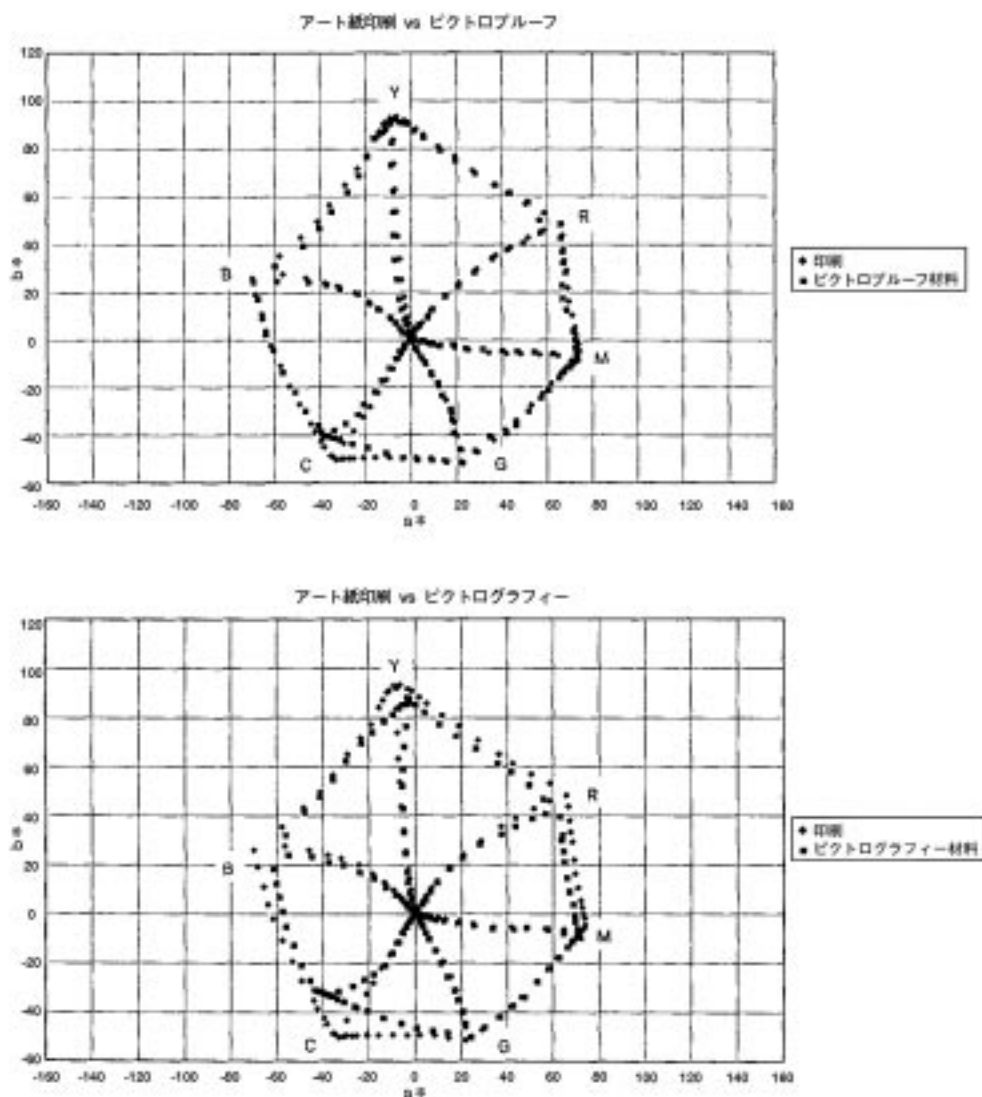


Fig. 9 Chromaticity diagram of art paper printing, Pictro Proof materials and Pictography materials
 (:art paper; figure above :Pictro Proof materials; figure below :Pictography materials)

参考のためにFig. 10に他社のDDCPとの色再現精度の比較を示す。グラフは印刷物とDDCPサンプルの色差に対する累積ヒストグラムであり、特定の色差値以下の精度の色が色空間全体(測定パッチは924色)に占める割合を示している。ピクトロプルーフは、印刷物との色差が5以下の割合が90%以上を占め、他のDDCPと比べても高精度な色再現が実現できていることがわかる(Fig. 11)。

4. おわりに

以上述べたように、ピクトロプルーフシステムは、印刷用の色校正用の高品位なカラーデジタル画像の出力プリントが、迅速、簡易、安定に得られるようにしたシステムである。

当社の有する感光材料、光学メカニクス、エレクトロニクス、ソフトウェア技術を結集して商品化を実現したものである。今後これらの分野での需要が広がっていくことが期待されている。この期待に応えるため、

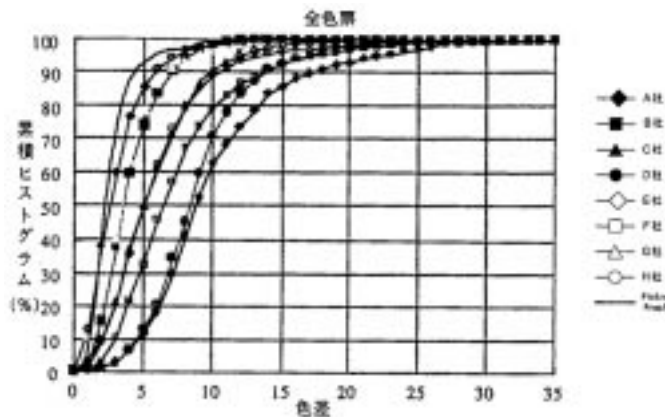


Fig.10 Color reproduction accuracy of Picro Proof and other DDCPs[®]

さらなる迅速化、低コスト化、高機能化を進めていくことが今後の課題である。

最後に、本システムの開発に際し、ご協力いただいた関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 横川拓哉, 中村剛希, 松本伸雄, 富士フィルム研究報告, No. 37, p49 (1992)
- 2) 澤田悟, 柴田剛, 第2回ポリマー材料フォーラム, (1993. 12. 2)
- 3) 高橋恭助, 入江正治監修, 「プリンター材料とケミカルス」, 第10章, 148-159, シーエムシー (1995)
- 4) 白井 秀ほか, 市場印刷物の調査解析と標準印刷物の提案, 日本印刷学会第99回秋期研究発表会講演予稿集, 13-16 (1997)
- 5) 大里 光男ほか, 高精度の印刷安定再現を目指す3色グレーによる管理法, 日本印刷学会第99回秋期研究発表会講演予稿集, 17-20 (1997)
- 6) 宇佐美 良徳ほか, グレー階調再現レンジから見た良い印刷条件の指標の提案, 日本印刷学会第99回秋期研究発表会講演予稿集, 21-24 (1997)
- 7) 宇佐美 良徳ほか, 印刷物を基準としたカラーマネジメントシステム, 富士フィルム研究報告, No.43, 81-86 (1998)
- 8) 日本機械工業連合会, 日本印刷産業連合会編, 平成8年度 ダイレクト・デジタル・カラー・プルーフによるカラー校正に関する調査研究報告書, 日本機械工業連合会, 日本印刷産業連合会 (1997)

(本報告中にある“ピクトログラフィー”、“Picrography”, “ピクトロスタット”, “FUJI”は富士写真フィルム(株)の商標です。)



Fig.11 Art paper printing and Picro Proof samples