



印刷用紙全面計測による印刷色調管理システムの開発

Development of Color Control System by Measurement of Whole Print Image for Offset Printing Press

永井 秀明*1
Hideaki Nagai

山本 昇志*2
Shouji Yamamoto

竹本 衆一*3
Shuichi Takemoto

中村 先男*3
Sakio Nakamura

印刷機の運転において、印刷物の色合わせ作業は最もオペレータの経験とスキルが必要とされる。カラースケール式色調管理装置の開発により、従来、感覚の世界で行われてきた色品質評価が数値化され、スキルレス化と生産性向上に大きく貢献している。今回、印刷用紙全面の計測を行い、印刷色調をコントロールできる新しいコンセプトの次世代色調管理装置を開発した。本装置は、商品となる絵柄そのものの品質保証が可能となると同時に、印刷標準化やカラーマネジメントといった急速に進展している印刷ワークフローのデジタル化に対して、新しいソリューションを提供できる。

1. はじめに

印刷会社では、印刷物生産の小ロット化・短納期化に対応するため、印刷機の稼働率を上げ、品質の安定化をはかることが益々重要になっている。そのため、印刷機の運転オペレータには、周囲温度、湿度、印刷機内のローラ温度、湿し水の状態、インキ種、紙種などによって、刻々と変化する印刷条件を加味し、機械の状態を適宜変更させ、適切な印刷物を生産するといった非常に高度な技術レベルが要求される。特に印刷物の色合わせ作業に関しては、熟練オペレータの勘に頼るところが大きく、不慣れた運転オペレータの場合、色品質がばらつき、印刷準備時間や不良紙の枚数が増加することになる。

運転オペレータの技量にかかわらず、生産性向上をはかり、スキルレスで印刷物の色合わせを行う目的で1995年に開発されたのがカラースケール式色調管理装置(MCCSⅡ: Mitsubishi Color Control SystemⅡ)である。この装置は、用紙余白に印刷されたカラースケールを分光測色計により高速に計測し、目標の色に対する適切なインキ供給量を自動で調整する装置である。従来、運転オペレータの感覚に頼っていた印刷物の色品質を客観的に評価し、数値管理できるシステムとして、多数の印刷会社において導入されている。

今回これを更に進めた新しいコンセプトの色調管理装置として、絵柄色調管理装置を開発し、現在フィールドにて検証中である。本報では、絵柄色調管理装置

に投入された技術内容を中心に枚葉印刷機における印刷品質管理の展望に関して報告する。

2. 絵柄色調管理装置のコンセプト

カラースケールを用いた色調管理装置は、色合わせ作業の自動化を飛躍的に進めたが、幾つかの課題もあった。通常、印刷機の運転オペレータは、色見本に印刷物の色を合わせることを要求される。カラースケール式色調管理装置の場合、カラースケール上の色を基準値にコントロールしても印刷物と色見本との色が異なる場合には、運転オペレータの判断により、更に微調整を行う必要がある。また、カラースケールを印刷するために必要な用紙余白が確保できない場合や自社で製版データを作成しない場合などには、必ずしもカラースケールが印刷されていないジョブも発生する可能性がある。このような場合には、色調管理装置を使用することができず、運転オペレータの感覚に頼った運用が余儀無くされている。これらが、色合わせ作業を完全に自動化できない主要因となっていた。

印刷物の品質管理は、ISO9000をはじめ、今後益々高いレベルでの要求が求められるようになる。加えて、印刷ワークフローのデジタル化が進展し、印刷標準化への取り組みが不可欠となってきている。これらに対応していくためには、商品となる絵柄そのものに対する色品質の数値管理が必要になると考えられる。

上記のような背景を踏まえ、絵柄色調管理装置は、次のようなコンセプトのもとで開発された。

*1 技術本部広島研究所印刷機械研究室

*2 技術本部先進技術研究センター先進情報・電子グループ

*3 紙・印刷機械事業部印刷機械技術部印刷機械制御設計課

- (1) 印刷用紙全面の計測により、印刷物全体の品質が確認可能なシステム
- (2) 印刷紙の全面計測データを用いて、絵柄そのものの色調をコントロール可能なシステム
- (3) フルデジタルによる印刷標準化に対応できるシステム

3. 絵柄色調管理装置の構成

絵柄色調管理装置の概観を図1に、主な仕様を表1に示す。その構成要素は、用紙を配置する吸着ボード、センサヘッド及び走査装置、処理基板、ユーザーインターフェイスとなるタッチモニタ、全体システムを統括するコンピュータなどを設置したデスクユニットである。

運転オペレータの操作はタッチモニタにより行われ、必要情報はIPC II^(注1)における印刷ジョブ設定により自動的にセットされる。印刷サンプルの計測により、予め設定された目標色に対する印刷機の最適制御量が表示され、必要に応じて印刷機にフィードバック制御できる。

注1：Intelligent press control IIの略、印刷機の運転操作を統括して行うコンピュータシステム

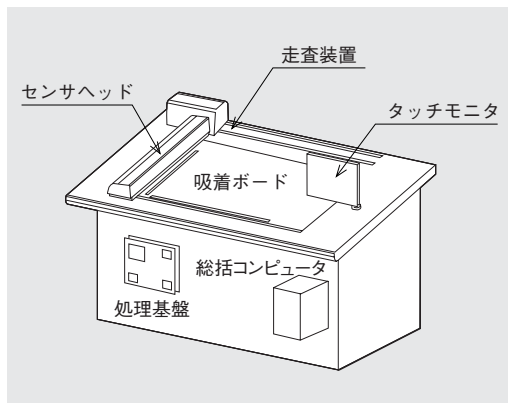


図1 絵柄色調管理装置の概観

表1 絵柄色調管理装置の主な仕様

項目	仕様	
センサヘッド	計測方式	ライン走査型
	最大計測エリア (mm)	1020 (W) × 720 (H)
	解像度 (mm)	0.5 (W) × 0.4 (H)
紙厚条件	0.04 ~ 1.0 mm 以下	
計測時間	25秒前後 (計測条件: 菊全紙, 計測開始~結果画面表示)	
制御対象色	CMYK プロセス4色 / 特色 (単色)	
対応色数	片面印刷時: 最大 12色 両面印刷時: 最大 表6色 / 裏6色	
IPC II 接続台数	片面機: 最大 4台 (推奨 2台) 又は、両面機: 最大 2台 (推奨 1台)	

4. 絵柄色調管理装置の技術特徴

4.1 センシング技術

絵柄色調管理装置の最大の特徴は、印刷用紙全面を計測できる点にある。センサの分解能は、PPFデータ^(注2)に収められている絵柄画像データとほぼ等しい0.5 × 0.4 mmである。これにより、例えば菊全サイズの印刷用紙 (939 × 636 mm) を計測する場合、約240万ポイントもの計測データを得ることができる。また、印刷機の制御においては、混色網点部の計測データからプロセス4色 (シアン、マゼンタ、イエロー、ブラック) の色分解を行うため、可視光域に加え近赤外域の光スペクトルも検出することができる。

これらを実用的な計測時間内で実現するため、スイッチング光源とフォトダイオードアレイによる独自のセンサヘッドを開発した。図2にカラースケール式色調管理装置との計測方式の違いを示す。

センサヘッドには、合計2000個以上のフォトダイオードがアレイ状に設置されており、1回のスキャニングで印刷用紙全面を計測することができる。

また、複数のDSP (Digital Signal Processor) を用いた独自の並列処理回路により、印刷用紙全面の膨大な計測データを高速に処理することを可能としている。

注2：Print Production Formatの略、作業指示書に相当する情報をデータ化するための標準フォーマット

また、エア・サクシオン方式による紙吸着機構により、計測における外乱となる用紙浮きを防止している。加えて、レーザ変位計による紙厚の測定とセンサヘッドのリフト機構により、センサ光学焦点位置の自動調整を行っている。これにより、紙厚0.04 ~ 1.00 mmまでの用紙を安定して計測することを可能としている。

4.2 色制御技術

プロセス4色インキを用いたカラー印刷において、絵柄部における色見本との色ずれを補正するためのインキの供給量を自動制御するには、用紙全面の計測データから必要計測データを抽出し、各インキの過不

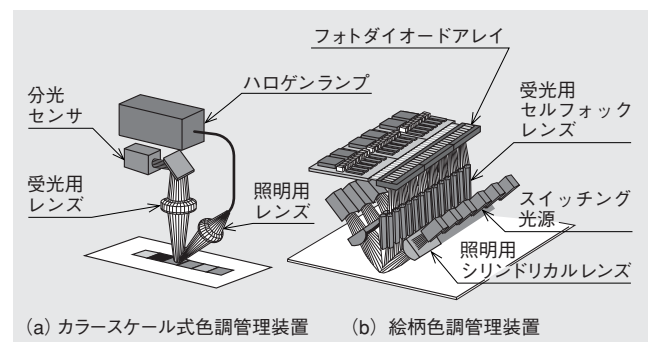


図2 センサ計測方式の比較

足量をインキ単位で演算する必要がある。

このためには、色見本と印刷サンプルの計測データの位置合わせを正確に行い、印刷機のインキ位置との対応付けを行う必要がある。しかし、計測時には湿度変化による紙の伸縮や、運転オペレータの用紙セット時における位置ずれなど、種々の外乱が発生する。

本装置では、これらの外乱に影響されないシステムとするため、絵柄画像データ位置を基準とした計測データの自動位置追従機能を実現させ、オペレータの作業性向上と計測精度の安定化をはかっている。

位置座標データと絵柄画像データから、制御に適したポイントのみをインキ単位で選択的に積分平均化処理することより、僅かな領域にしか印刷されていないインキにおいても精度を落とすことなく色ずれ量を検出することができる。この時、絵柄模様の急峻に変化した部分（エッジ部）では、計測位置の僅かな差により大きく色が異なる。計測において、エッジ部は外乱となり易く、また、人間の視覚評価は、エッジ部よりも平滑な領域の色ずれをシビアに感じる傾向にあることから、絵柄平滑度に応じた重み付け処理を行っている。

インキ単位、インキ毎に最適な領域を積分平均化処理した計測データを用いて、ターゲットカラーに対するインキ過不足量の演算を行う。積分平均化処理した計測データは次式のように表すことができる。

$$\begin{pmatrix} D(380\text{nm}) \\ D(390\text{nm}) \\ \vdots \\ D(860\text{nm}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Dc(380\text{nm}) & Dm(380\text{nm}) & Dy(380\text{nm}) & Dk(380\text{nm}) \\ Dc(390\text{nm}) & Dm(390\text{nm}) & Dy(390\text{nm}) & Dk(390\text{nm}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Dc(860\text{nm}) & Dm(860\text{nm}) & Dy(860\text{nm}) & Dk(860\text{nm}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} tc \\ tm \\ ty \\ tk \end{pmatrix}$$

ここで、 $D(\lambda)$ は積分平均化処理により抽出した計測データの濃度スペクトル値、 $Dc(\lambda)$ 、 $Dm(\lambda)$ 、 $Dy(\lambda)$ 、 $Dk(\lambda)$ は、シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックの基準濃度スペクトルである。 tc 、 tm 、 ty 、 tk は各インキの紙への転写量を表すインキ成分量である。重回帰計算により、色見本と印刷サンプルのインキ成分量をそれぞれ演算することにより、ターゲットカラーに対する各インキの過不足量が把握できる。これを印刷機におけるインキ供給の制御量に変換することにより、色調制御が可能となる。

5. 実機検証結果

絵柄色調管理装置を用いてターゲットカラーとなる色見本に対して、故意に色をずらした状態から印刷機の色調制御をした結果を図3に示す。

プロセスカラー、特色においても、色見本に対する

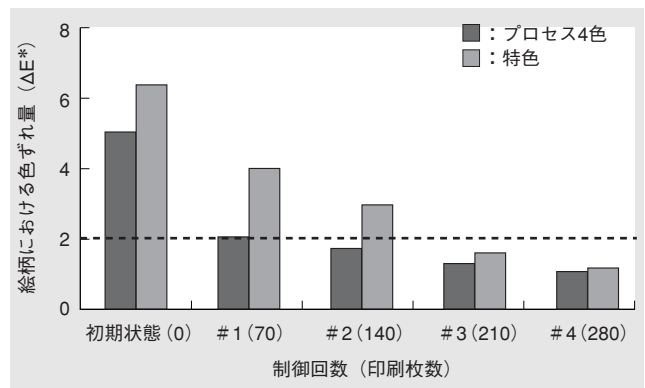


図3 色調制御性能検証結果 ターゲットカラーとなる色見本との色ずれ量を色差 ΔE^* で表す。

色ずれ量は平均で色差 $\Delta E^* < 2$ ^(註3)に収束制御可能であり、十分な色調制御性能が得られていることがわかる。

また、従来のカラースケールを用いたベタ濃度制御では、印刷機内の温度変化やインキ、水バランスの変動により、印刷特性（ドットゲイン値^(註4)やトラッピング効率^(註5)）の変化が発生するとベタ濃度を基準値に制御しても、絵柄の中間調部を中心に色ずれが発生する。絵柄色調管理装置の場合、絵柄の色を合わせるための最適なインキ供給量をコントロールするので、カラースケール式の色調制御に比べ、上記に対するロバスト性が向上する。図4は、基準の印刷特性に対して、ドットゲイン値を3%変動させた印刷条件にて色調制御テストを実施した結果を示す。本テストでは、絵柄色調管理装置により、従来のカラースケール式色調管理装置に比べ、絵柄の中間調部の色ずれが約45%改善された。

本アルゴリズムはインキ単位で各色毎に平均化されるため、仮にベタ部が多い絵柄であればベタ中心の色合わせとなり、中間調部が多ければ中間調中心の色合わせとなる。また、ベタ部も中間調部も同程度に

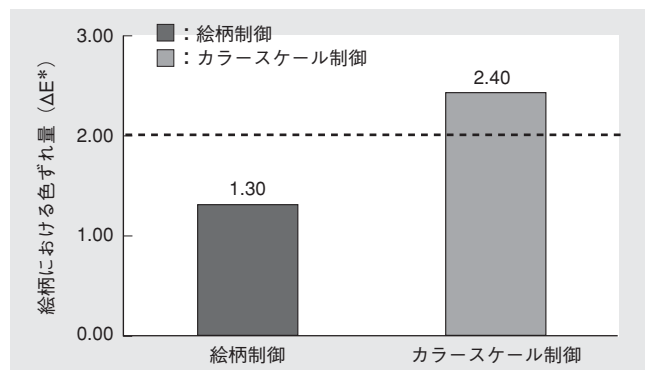


図4 制御方式の違いによる色調制御性能の比較 絵柄内の中間調部（網点面積率75%以下）における色見本との色ずれ量を評価した。

含まれる場合、その中庸な色合わせ結果となり、色見本に対して全体的に違和感の無い色調結果が得られる。

- 注3：CIELAB色空間における2点間の距離を示す。一般的に色差 ΔE^* = 2は、離間比較で色の違いを認識できない。
 注4：印刷刷版に対して印刷の網点が大きくなる現象。刷版面積率50%における印刷網点の太り量にて評価する。
 注5：重ね刷りを行う際のインキ転写効率。

6. 印刷標準化への対応

印刷ワークフローにおけるデジタル化の進展により、製版のCTP(注6)化と色見本のDDCP^(注7)化が進み、印刷の標準化への取り組みが必要不可欠となっている。

このため、印刷業界では、ジャパンカラーを始め、印刷色再現の基準色作りに注力してきた。また、カラーマネジメント実現のため、自社の基準色を設定する印刷会社も多い。

絵柄色調管理装置では、印刷の標準化に対応するため、当社独自の625色のカラーチャートを印刷し、専用ソフトウェアを用いて発色テーブルを生成する機能を有する。これには、網点面積率と反射スペクトルの関係が記述されており、PPFデータから本発色テーブルを用いて目標色をプリセットすることが可能となっている。発色テーブルを標準印刷条件において作成することにより、印刷現場において校正刷りの必要性を無くし、設定された標準化データを用いたフルデジタルによる印刷色調管理を実現することができる。

本機能により、従来、プリプレスの段階までであった色再現のデジタル数値管理をプレス工程まで広げた新しい印刷標準化システムが実現できる。

また、印刷機におけるICC^(注8)プロファイルを作成する機能も絵柄色調管理装置に搭載している。

- 注6：Computer to Plateの略、ダイレクト製版を指す。
 注7：Direct Digital Color Proofの略、色見本を出力可能なデジタル出力機を指す。
 注8：International Color Consortiumが定義した各機器の特性を記述したデバイスプロファイルを指す。

7. む す び

印刷用紙全面を計測し、商品となる絵柄部の色調を直接コントロールする新しいコンセプトの色調管理装置を開発した。

これにより商品そのものの品質保証が可能となると同時に、印刷標準化やカラーマネジメントといった急速に進展している印刷ワークフローのデジタル化に対して新しいソリューションを提供できる装置となっている。

印刷業界におけるデジタル化は、工程間、工場間、企業間を問わず、今後更に進むことは間違いない。色調整作業に止まらず、印刷物生産に関わる作業の流れを更に解析し、スキルレスと生産性向上につながるシステムを開発していく必要がある。

参 考 文 献

- (1) 服部幸治ほか、オフセット印刷機用色調管理システムの開発、三菱重工技報 Vol.33 No.5 (1996) p.370
- (2) 総合化粧葉印刷システムの開発、三菱重工技報 Vol.37 No.4 (2000) p.188
- (3) 印刷機を支える先進技術、三菱重工技報 Vol.40 No.6 (2003) p.370



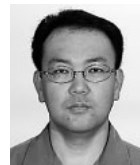
永井秀明



山本昇志



竹本衆一



中村先男