

AccurioPress C6100シリーズにおける IQ-501 連携によるスキルレスオペレーションの実現

The IQ-501 Intelligent Quality Optimizer: Simple, Quick, and Precise Color Management

川津 憲 治*
Kenji KAWATSU

嶋津 明 彦**
Akihiko SHIMAZU

山口 岳 志***
Takeshi YAMAGUCHI

池田 信****
Makoto IKEDA

要旨

近年、印刷業界では印刷物単価の下落が大きな課題となっている。この課題に対して、印刷ジョブを効率的かつ安定して高い生産性で処理できる機能への要求が一層強くなってきている。このお客様の要求へ対応するために、コニカミノルタはAccurioPress C6100/IQ-501 (Intelligent Quality optimizerの略) システムを開発した。印刷機本体であるAccurioPress C6100と、画質最適化装置であるIQ-501で構成される本システムは、前任機に対し印刷可能なメディアを拡大すること、従来熟練した作業でも時間がかかっていた機器の調整を徹底的に効率化・省人化し、誰にでも簡単に調整ができるスキルレスオペレーションであることに拘って開発した。

本稿では、IQ-501に搭載した分光測色計とスキャナーの連携を可能としたハイブリッド測色技術、印刷用紙の表裏画像を読み取り、印刷画像位置をリアルタイムで補正する制御技術、これらを精度よく実行するための搬送技術について紹介する。

従来は、手動にてフラットベッドスキャナーでの印刷画像位置検出、オフラインの分光測色計での画像色測定により機器の調整を行っていた。調整作業時間を短縮する自動調整を行うには、従来の手動調整と同等の読み取り精度の用紙搬送技術が必要である。そこでコニカミノルタは用紙の挙動を安定させる搬送技術を考案し、それをベースとして、これまで個別に行っていた各種調整をボタン一つで開始する一括自動調整機能や、印刷中の機械状態による画像位置と階調の変動を自動で補正するリアルタイム調整機能、また高度なカラーマネジメントシステムを実現するハイブリッド測色技術、を開発した。

これらの技術のシナジー効果により印刷業界のお客様に、従来と比較し1/4の時間でスキルレスに調整作業が完了する、他社と大きく差別化したシステムを提案することが出来た。

Abstract

There is a strong customer demand today for a system that processes printing jobs efficiently, error-free, and with high productivity. Konica Minolta has met that demand with the IQ-501. Paired with the AccurioPress C6100 printer, the IQ-501 Intelligent Quality Optimizer accommodates a wide range of print media and enables minimally trained operators to easily perform color adjustments.

Among the IQ-501's newly developed technologies are (1) hybrid colorimetry technology in which scanners and an on-board spectrophotometer perform jointly, (2) control technology that allows duplex printing and precise image registration in real time, and (3) the high-precision transport technology necessary to achieve those first two technologies.

We devised a transport technology that stabilizes paper behavior, thus allowing us to provide batch auto-adjustment accomplished with the touch of a button. We introduced real-time, automatic correction of image registration and gradation fluctuations due to changes in the condition of the printer during printing. Further, we employed hybrid colorimetry for advanced color management. These IQ-501 technologies work synergistically in a system design found nowhere else, a system that requires only a minimal skill level to operate, and which presents results in just a quarter of the time taken by conventional systems.

* 情報機器開発本部 第1製品開発センター 第12製品開発部
** 情報機器開発本部 第1製品開発センター 第11製品開発部
*** 情報機器開発本部 システム制御開発センター 第3システム制御開発部
**** 情報機器開発本部 システム制御開発センター 第1システム制御開発部

1 はじめに

近年、コニカミノルタのプロダクションプリント機器の導入先である印刷業界では印刷物単価の下落への対応が大きな課題となっている。この課題に対して、印刷ジョブを効率的かつ安定して高い生産性で処理できる機能への要求が一層強くなってきている。

このお客様の要求に対応することを狙いとして開発が行われたのがAccurioPress C6100/IQ-501システムである。印刷機本体のAccurioPress C6100は、前任機のbizhubPress C1100に対し等速印刷可能なメディア範囲を拡大した。一方、画質最適化装置IQ-501では、熟練した作業でも時間のかかっていた機器の調整を徹底的に効率化・省人化すること、誰にでも簡単に調整ができるスキルレスオペレーションであることに拘って開発を行った。結果として、操作パネル上からの簡単な操作で従来の1/4の時間で調整を完了することを可能にした。これにより従来調整に掛けていた時間を本刷りに充て、稼働率向上に大きく貢献することができるシステムとなった。加えて、印刷中の継続的な画像品質監視・補正システムの導入により更なる品質安定化も実現している。本稿ではお客様の課題解決に向けAccurioPress C6100/IQ-501システムに搭載された機能および、IQ-501の搭載技術の紹介と合わせて、その価値について報告する。

2 製品紹介

コニカミノルタは、2017年度第1四半期に商業印刷市場にむけたデジタル印刷システムのカラー最上位機種AccurioPress C6100を発売開始した。本システムは、前任機より好評である画像品質を維持しつつ、用紙対応力拡大と、印刷生産機として求められる安定性を確保して、マシン実稼働率を向上し、高い品質の印刷物を安定して出力するシステムとなっている。用紙対応力拡大としては、クラストップの400g/m²厚紙対応、最長1300mmの長尺印刷、フラットニップ専用定着による封筒印刷など、お客さまの新たなサービス、ビジネス拡大を支援するための多様な出力ジョブへの対応を実現した。

安定性向上としては、濃度や色管理、表裏見当調整の自動化を可能とするIQ-501を新規開発した。IQ-501は、従来はオペレータの手作業であった印刷前の調整時間を大幅に削減するとともに、階調や表裏見当をリアルタイムで監視し補正する事で、印刷中の色変動や見当ずれを最小限とする高品質な印刷物をスキルレスで提供する。

IQ-501はFig. 1に示すように印刷物の表裏画像を読み取るライン型CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサーを備えた二つのスキャナーと、コニカミノルタが保有する測色技術を用いた分光測色計¹⁾²⁾を搭載している。これらを固定し、その読み取り領域へ印刷物を搬送しながら読み取る「シートスルー方式」を採用して、印刷機本体の生産性を低下させることなく読み取っている。

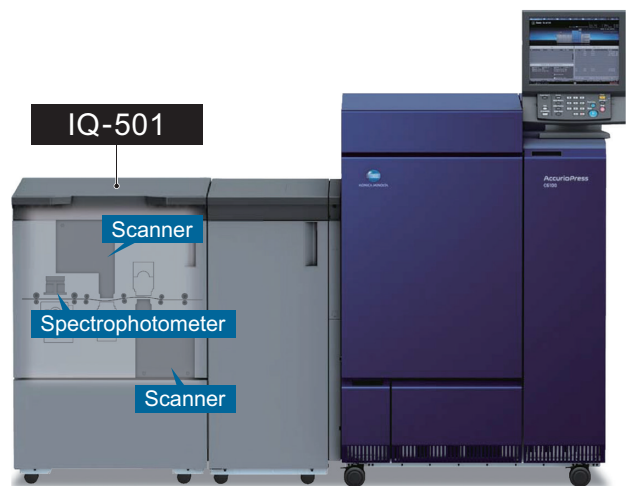


Fig. 1 Layout of the IQ-501's two scanners and its spectrophotometer.

3 IQ-501の紙搬送技術

3.1 スキャナー読み取り領域における搬送技術

IQ-501におけるスキャナーの主な役割は、用紙全面に対して、1.印刷物の色を安定して読み取ること、2.用紙に対する画像の位置を正確に読み取ること、の二つである。

1.の色を安定して読み取るための搬送要件は、読み取り中に用紙とスキャナーとの距離を一定に保つことである。IQ-501のスキャナーは印刷物を照射するデバイスとしてLED (Light Emitting Diode) 照明モジュールを採用しているが、読み取り中に用紙とスキャナーの距離を一定に保つことで、このLEDによる用紙面への照度が安定し、印刷物の色を正確に読み取ることができる。

2.の用紙に対する印刷の位置を正確に読み取るための要件は、読み取り中に用紙を一定速度で搬送し続けることである。AccurioPress C6100ではIQ-501に用紙に対する画像位置を認識させるために、用紙の四隅に基準となるマーク（以下、トンボと呼ぶ）を印刷する。IQ-501は四隅の各エッジと各トンボとの距離を計測することで画像位置を把握する。一定の周期でCCDが一面素ごとの画像を撮影することに対し、用紙の搬送速度を一定に保つことで各トンボまでの距離が伸縮しない読み取り画像となり、実際の印刷物と同一の画像位置として検出することができる。

IQ-501ではこれら二つの要件を満たすために、Fig. 2に示すような搬送構成を採用した。

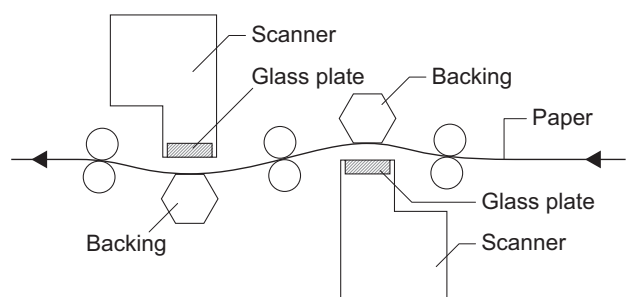


Fig. 2 Paper transport mechanism.

まず1.の用紙とスキャナーの距離を一定に保つという搬送要件を満たすため、搬送経路は各スキャナーから離れる方向に、読み取り中の用紙の背景となる面と読み取りラインの交点を頂点とする屈曲経路とした。この搬送経路により用紙は読み取りライン上で屈曲し、Fig. 2の奥行方向の波うちが解消され、かつ背景面に押し付けられるため距離が保たれる。

また搬送ローラーの製作過程によっては直径が各ローラーにて異なるため、各ローラーに速度差が生じる。上流側のローラーが速くなった場合、読み取り領域にて用紙がたるみ、背景面に押し付けられずスキャナーと用紙の距離が保たれない。よってIQ-501では下流側のローラーが0.3%ずつ速くなるよう各ローラーに速度差を付与して駆動し、たるみの発生を防止している。これらの設計思想により、用紙とスキャナーとの距離の変動を0.5mm以下に保つことが可能となった。

なお屈曲を背景面側に押し付ける方向としている目的は、ガラスと用紙を接触させず、ガラスの透明度を経時的に確保するためである。

一方2.の一定速度で搬送するという要件においては、各スキャナーの上流側、中間、下流側の3本のローラーの形状を長手方向に均一とすることで対応した。速度が変動する要因は、用紙の先端が搬送経路上のローラーや構成部品に衝突する際の衝撃と、後端がローラーを抜けるときに生じる衝撃である。トンボ読み取り中に生じるこれらの衝撃は、用紙の全幅をローラーで挟むことで伝わりにくくなる。これによりトンボの読み取り中の速度変動を1%以下に抑え、結果的に二つのスキャナーで読み取った同一印刷物のトンボ位置の差を0.2mm以下に抑えることができた。

3.2 分光測色計読み取り領域における搬送技術

もう一つの読み取り手段である分光測色計の役割は、印刷機本体のCMYK各色のトナーで印刷される最高濃度を検査することと、分光測色計で得た測色値によってスキャナーのCCDセンサーを補正することの二つである。この測色計により最高濃度を検査することで印刷機本体のトナー付着量を最適化するとともに、スキャナーを補正することで、スキャナーを測色計よりも広範囲かつ高速に印刷物を読み取る色検査装置として使用可能とする。

そのため、分光測色計での読み取りはスキャナーと比べさらに用紙との距離の管理が重要である。そこでIQ-501ではFig. 3に示すような搬送構成を採用した。

分光測色計に設けられた基準面に沿って用紙が搬送されるよう、三つの車輪を設けた読み取り背景を基準面に押し当て、その車輪と基準面の間を用紙が通過する構成とした。三つの車輪の基準面への押し当てにより用紙は平面を形成し、その平面上の色を読み取る。この構成により読み取り中の用紙と分光測色計との距離変動を0.2mm以下に抑えることが可能となった。

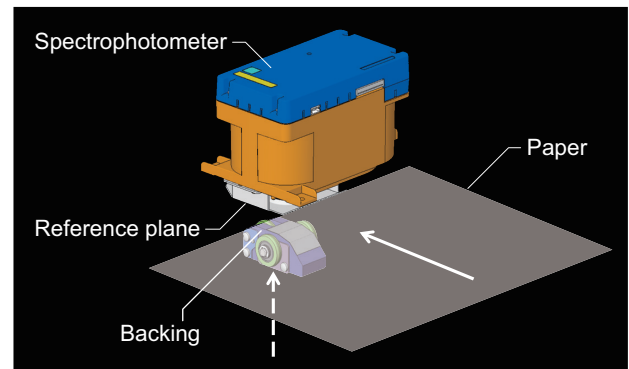


Fig. 3 Spectrophotometer transport mechanism.

3.3 搬送により発生する紙粉の課題

読み取りと搬送とを行う機器において考慮すべき課題に紙粉の影響が挙げられる。用紙は読み取り領域へ案内される際、ガイド、ローラー等との接触、摩擦により用紙表面が削られ紙粉を発生する。特にIQ-501では用紙の両面をスキャンするため、用紙の下から読み取るスキャナーのガラス上は用紙と共に運ばれてきた紙粉が重力により落下し付着しやすくなる。この紙粉が読み取りライン上に付着していた場合、読み取った画像に筋状のノイズ (Fig. 4) が発生し、読み取った色情報、画像位置情報を誤って検知してしまう恐れがある。IQ-501ではこの影響を排除するために以下の手法を採用した。

スキャナーの対向部には白色面と、黒色面を持つ部材を配置している。まず印刷の開始時にスキャナーは照明の光量むら、CCDの画素ごとの感度むらなどを補正するため、白色面を使用しシェーディングを行う。その後、黒色面をスキャナーの対向位置に配置し、黒色面を移動させながらスキャナーにて一画素分の画像を複数回読み取る。もしガラス上に紙粉が付着していた場合は、読み取ったすべての画像上の同じ場所に紙粉の白色が確認できる。ガラス上に紙粉ありと判断され、紙粉の大きさがある閾値以上であった場合、IQ-501は機械性能に影響があると判断し、紙粉の自動清掃を実施する。前述の黒色面と白色面はFig. 5に示すように同一部材に設けられており、回転する構成である。この部材に紙粉を除去させるブラシを設け、回転によりガラスに接触させることで自動清掃を行う。

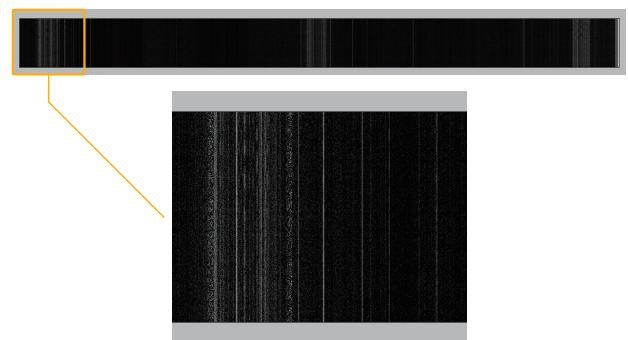


Fig. 4 Scanned image of a black chart obtained with a line sensor contaminated with paper dust.

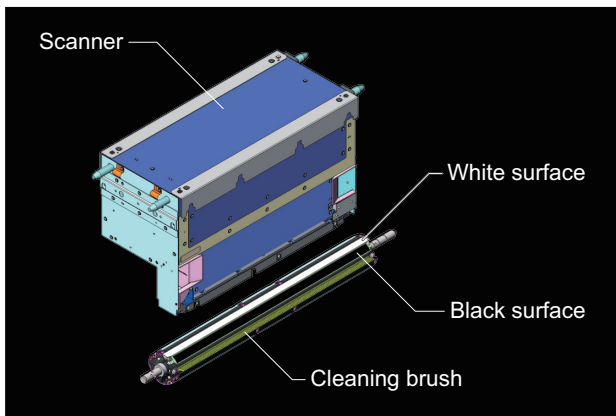


Fig. 5 Part of the scanner uses black and white surfaces to detect paper dust which is then removed by a novel cleaning brush.

4 画像調整システム

4.1 一括自動調整

高品質な印刷を実現するために、印刷機には複数の異なる調整機能が搭載されている。各調整機能には相互作用が生じる物もあるため、調整は適切な順番で実施する必要がある。従来はユーザーの操作により個々の調整機能の画面に遷移し、ユーザーが適切な順番で調整を実施していた。それらの操作はユーザーの負担となっており、全ての調整が完了するまでユーザーを拘束していた。

本システムでは一括自動調整機能を搭載し、IQ-501により自動化された複数の調整機能を、一つの画面からの操作で実施可能とした。ユーザーは一つの画面で実施したい調整項目を選択し、開始ボタンを押すだけで全自動で調整が完了する。一括自動調整機能の画面をFig. 6に示す。

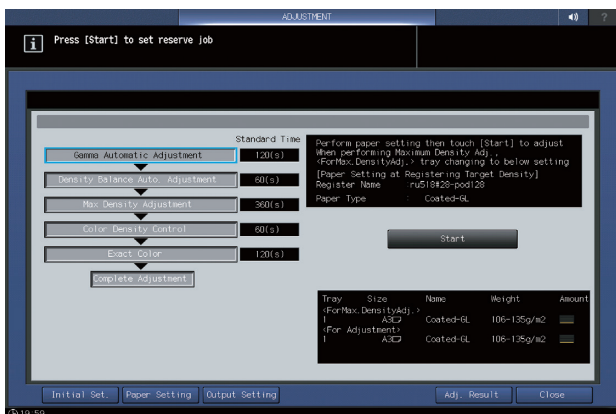


Fig. 6 The IQ-501 operation window, which allows fully automatic color adjustment.

IQ-501による自動化の強みを活かし、ユーザーの操作を最小限に抑える事で、従来ユーザーにかかっていた負担を軽減し、スキルレスな調整作業を実現した。一括自動調整機能を実現することで削減した調整時間を、Fig. 7に示す。本システムにより従来の調整時間を約1/4に短縮した。

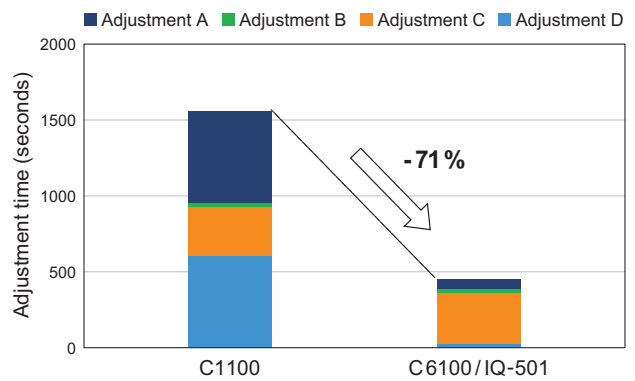


Fig. 7 Faster color adjustment.

4.2 リアルタイム表裏見当調整

商用印刷には高い表裏見当精度が求められるため、印刷中の機械状態の変化による、表裏見当の変動を調整する事が必要となる。従来、表裏見当を調整するには、調整用チャートを定規で測定する手動調整や、調整用チャートを印刷機本体付属のフラットベッドスキャナーで測定する半自動調整をする必要があった。本システムではIQ-501により、印刷中の変動分の調整を可能とするリアルタイムでの表裏見当調整機能を実現した。

印刷中の自動調整を実現することで削減したダウンタイムを、各調整方法の所要時間と比較した図で示す(Fig. 8)。従来の調整方法では測定用チャート印刷のために印刷を中断しなければならず、また、ユーザーが測定及び数値入力するための時間が必要であった。本システムでは、自動調整を実現する事により、それらのダウンタイムを無くし、印刷効率の向上を可能にした。表裏見当の調整は用紙毎に行う必要があるため、用紙を頻繁に入れ替える小ロット多品種の印刷においては特に本機能の効果が期待される。

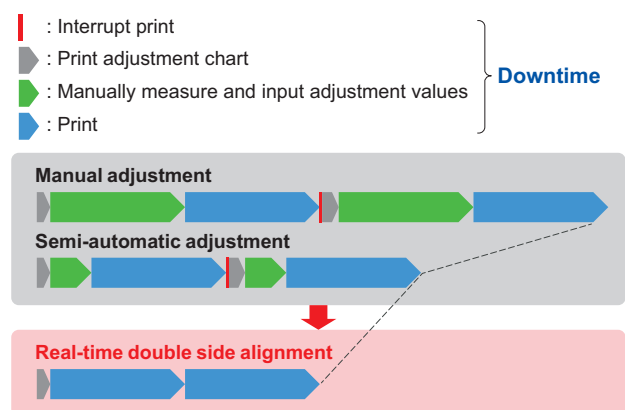


Fig. 8 Reduced downtime.

本システムの調整方法としては、狙いの位置との差分を随時検知し、印刷データにフィードバックする。その際、ノイズの影響を防止するため複数枚の結果を参照して補正量を算出している。

また、本システムでは突発的な位置ずれを検知する機能を備える。印刷物を断裁する場合、通常は複数枚の紙

端部を揃え、まとめて断裁する。その時、印字位置がずれたページが含まれていると、そのページは断裁しろの内側を切ってしまうという問題が生じる。そのため印刷中に突発的に位置がずれた時、直ちに検出できる事が望ましい。本システムでは印刷中の自動調整時の突発的な位置ずれを検知しユーザーに通知する事で、その問題の発生を防止する。検知した場合、即時に印刷を停止又は検知したページが分かる仕切り紙を挿入し、位置ずれしたページから再出力し印刷を継続するという方法で、ずれたページを知る事ができる。加えて、ユーザーは検出したいずれ量を設定する事で、印刷中に自動で印刷物の位置ずれを全数チェックする事ができる。

更に本システムでは、断裁しろに調整用のトンボパターンを付加し、印刷時にIQ-501でトンボパターンを読み取る事で印刷中の自動調整を可能としている。Fig. 9 に調整用のトンボパターンを示す。有効画像領域を広げるためトンボパターンの形状を工夫した。

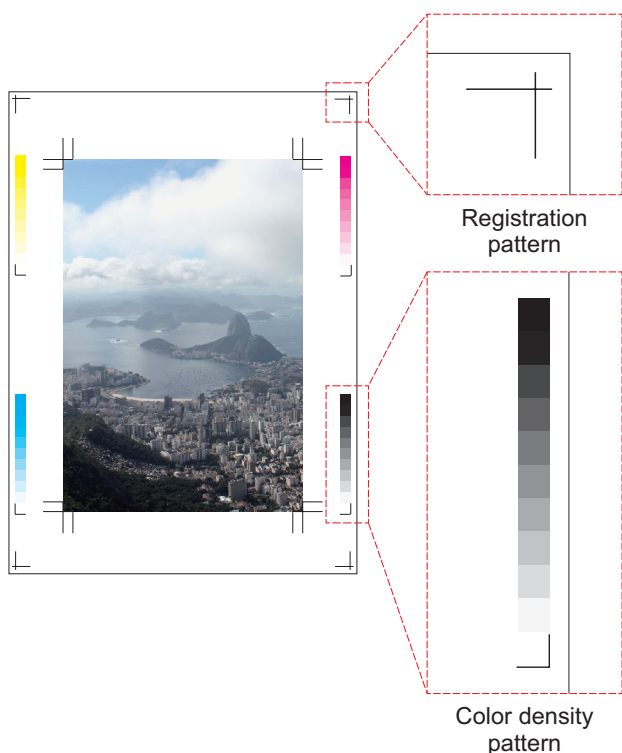


Fig. 9 Real-time adjustment patterns.

4.3 リアルタイム階調調整

印刷中の機械状態の変化は、表裏見当の他に階調にも現れる。従来は調整する際に専用チャートを出力する必要がありダウンタイムが生じていた。そこで本システムでは、IQ-501によるリアルタイムでの階調調整機能を実現し、表裏見当調整機能と同様、ダウンタイムを削減し印刷効率の向上を可能にした。

本機能では、プリンターキャリブレーション時点の階調再現を目標として記憶しておき、印刷中の変動をリアルタイムに監視しながら、自動でフィードバックして調整を行う。目標の階調再現を保持する様に調整を行う事

で、大量印刷後でも出力の最初の状態を維持する事ができる。その際、目標値は用紙種類毎に保持し、多種の用紙を使用するJOBにも対応している。

印刷中の階調測定は表裏見当の調整と同様に、断裁しろに調整用の階調パッチを付加し (Fig. 9) 読み取る事で実現した。

CCDを使ってパッチのRGB値を測定する際に、該当パッチの周りからの散乱光 (フレア) が誤差要因となる。リアルタイム階調調整用の階調パッチでは、断裁しろに付加したパッチ周辺のユーザーの画像によって、RGB値が変わり誤差となってしまう。そこで本システムでは、該当パッチ周辺の画像のRGB値も読み取り、フレアの影響度を推定して補正する事でフレアの影響を抑えた。

本システムでは、CMYK単色に加え、RGB二次色とプロセスブラックの三次色の階調パッチも測定し補正する。高精度な階調調整を専用チャートの出力をする事無く実現するため、bizhubPRESS C1100で定評のある多次色も含めた補正アルゴリズムを本システムに展開した。

Fig. 10 に本機能の有無での色安定性比較結果を示す。連続印刷時の初期状態からの変動を色差 ΔE_{00} で比較した。本機能を有効にする事で、初期状態と比較した時の色差が機能OFFの場合より抑えられており、初期状態の階調再現を維持している事が分かる。

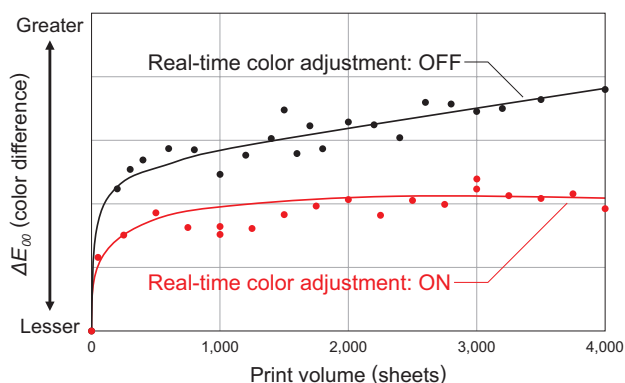


Fig. 10 Change in color difference with print volume, with and without real-time color adjustment.

5 ハイブリッド測色技術

5.1 分光測色計を用いたCCDの補正

プリンターのカラーマネジメントを実施するには紙面上のカラーパッチの測色が必須となる。コニカミノルタはユーザーによる測色作業を不要にするため、IQ-501機内へ測色センサーを搭載した。測色センサーに分光測色計を採用すれば、正確な測色データが測定できる。しかし、分光測色計で大量のパッチを測定するには大量の印刷枚数とそれに伴う印刷・測定時間がかかるというデメリットがある。一方、測色センサーにCCDセンサーを用いると、一度に大量のパッチを測ることができ、センサーの変動や用紙特性の影響を受け、正確な測色データを取得できない。そこで、コニカミノルタは両者

のメリットを活かすために、分光測色計で得た測色値によってCCDセンサーを補正することで、一度に大量のパッチを正確に測色可能にするハイブリッド測色技術を開発した。

ハイブリッド測色を実現するために設計したカラーチャートの例をFig. 11に示す。中央部の19パッチを分光測色計とCCDセンサーの両方で測り、分光測色計から取得した測色値と、CCDセンサー取得値から演算した測色値との差から補正量情報を計算する。この情報を用いることで、常に紙面全体のCCDセンサー測色値を補正することが可能となった。

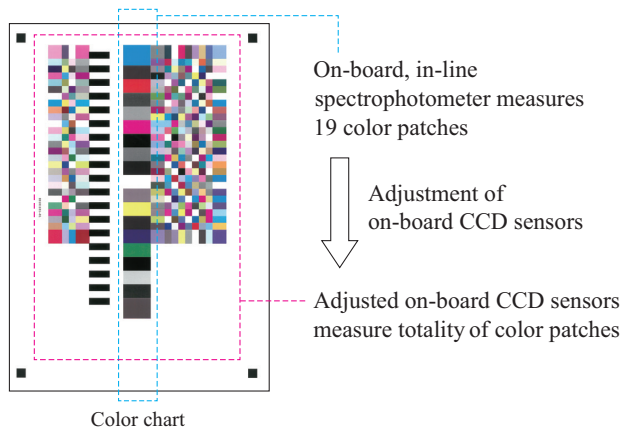


Fig. 11 Color chart for hybrid colorimetry.

5.2 4次元スキャナープロファイル

ハイブリッド測色時に、CCDセンサーの応答値を測色値として扱うには、RGB値からXYZ値への変換を行う必要がある。変換にはルックアップテーブル方式のスキャナープロファイル (ICC Profile形式) を用いるのが一般的であるが、電子写真はCMYKの4色のトナーで色を再現しているため、仮に同じRGB値のパッチが存在したとしても、Kの含有率によって異なるXYZ値を返すことがある。これは、RGBフィルターと、XYZ等色関数の分光特性の違いから発生する (Fig. 12)。

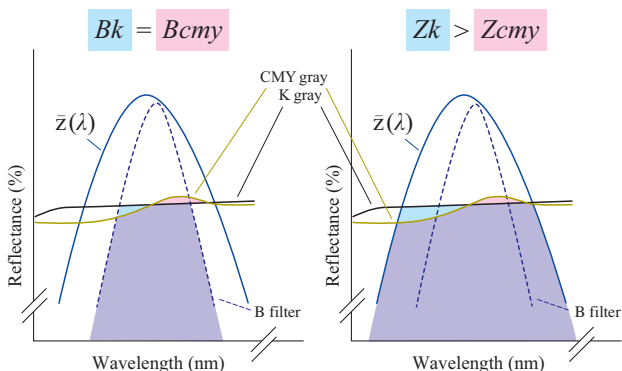


Fig. 12 Correspondence of RGB and XYZ with differing amounts of black.

そこでコニカミノルタは、スキャナープロファイルの入力としてRGB値の他に、RIP (Raster Image Processor) から取得した該当パッチのK値を追加した、4次元の

キャナープロファイルを作成し、RGBKからXYZへの変換をすることで (Fig. 13), ハイブリッド測色時に使用するスキャナープロファイルの性能向上を実現した。

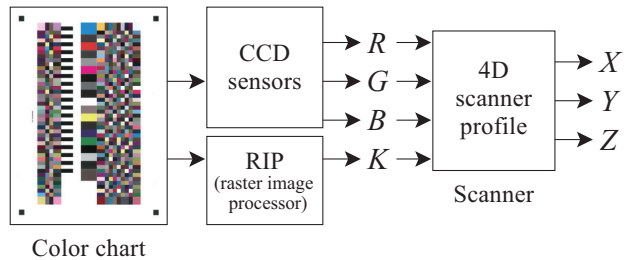


Fig. 13 RGBK to XYZ data conversion.

5.3 チャートのフレア対策

CCDを使ってパッチのRGB値を測定する際に該当パッチの周りのパッチからの散乱光 (フレア) が誤差要因となる。スキャナープロファイル作成用チャートのカラーパッチと、実際のサンプル測色時のカラーパッチに同じXYZ値のパッチがあったとしても、周囲のパッチが異なるとRGB値が変わり、誤差となってしまふからである (Fig. 14)。そこで、コニカミノルタはチャートのどのパッチを測定しても周囲のRGB値の平均値が略同等になるようなパッチを生成するアルゴリズムを開発して、フレアの影響度を最小限に抑えた。

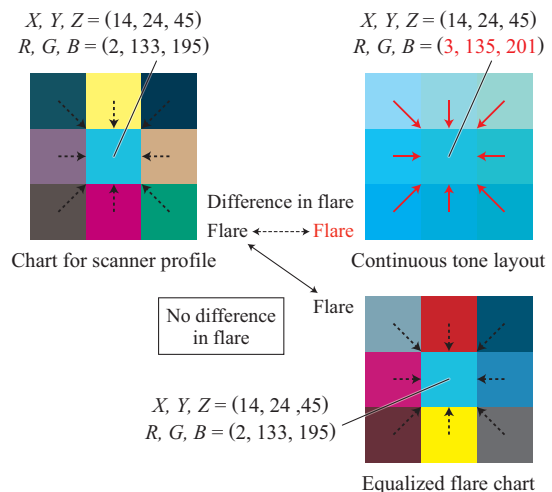


Fig. 14 Color chart designed so that flare from surrounding patches creates no measurement error in the center patch.

5.4 ハイブリッド測色性能

ハイブリッド測色を用いた測色性能を a^*b^* 色度平面にプロットしたものをFig. 15に示す。各プロットの半径はCCDセンサー測色値 (スキャナープロファイルを用いた算出測色値) と実際に分光測色計で測定した結果との色差 ΔE_{00} を表している。他社製の市販のスキャナープロファイル作成ソフトを用いて、CCDセンサーで読み取ったRGB値から算出した測色値 (図左) に比べ、本ハイブリッド測色技術で取得した測色値 (図右) は高い精度で測色できていることが確認できる。

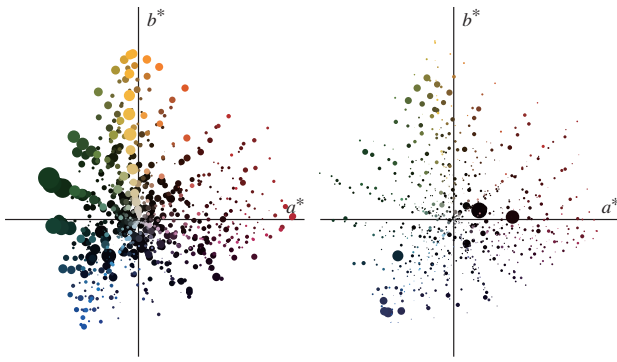


Fig. 15 Color difference in measured color values (represented by diameters of dots) between the spectrophotometer and the CCD sensors.
 Left: CCD sensors unadjusted.
 Right: CCD sensors adjusted via hybrid colorimetry.

上記の技術を搭載したハイブリッド測色技術によって、ユーザーによる測色作業を不要とし、短時間で高精度な測色をすることができるようになった。本システムでは測色値を使用する機能として多次色LUTによるキャリブレーション機能、プリンタープロファイル作成機能、色検証機能を搭載し、従来の測色計での測定を含め手間がかかっていたカラーマネジメント作業を簡便に、短時間で実施できるようになった。

6 まとめ

AccurioPress C6100/IQ-501では、お客様が提供可能な印刷物の範囲を広げ、機器の調整を効率化、省人化しスキルレスにオペレーションできるシステムを達成した。新しい用紙搬送技術の実現により、従来の手動調整と同等の読み取り性能で自動調整が可能となり、従来の調整作業を大幅に短縮した。さらに印刷中に表裏見当及び階調再現を監視しフィードバックすることで、リアルタイムな調整を可能とした。またCCDセンサーと分光測色計のハイブリッド測色技術により、スキルレスなカラーマネジメントを実現した。

今後はIQ-501による機能を発展させ、印刷画像全体の画像解析によるワークフローの改善など、さらなる付加価値を提供できるシステムを構築していく。

●参考文献

- 1) 山本信次, 後藤泰史, 松原範明, “紙の蛍光を反映した測色が可能な分光濃度計FD-7のコア技術”, KONICA MINOLTA Tech. Rep., VOL. 8 138-142 (2011)
- 2) 山本譲, 長嶋義幸, 原田孝仁, 後藤泰史, 山本信次, “自動スキャン分光測色計FD-9の開発”, KONICA MINOLTA Tech. Rep., VOL. 13 118-122 (2016)