

自社製カラープリンターコントローラー IC-601の開発

In-house Development of the Color Printer Controller IC-601

諸橋 烈 勇*
Takeo MOROHASHI

近藤 克 次*
Katsuji KONDOU

栗原 進**
Susumu KURIHARA

要旨

デジタル印刷機の市場が、小ロット・短納期の需要拡大によって、企業内印刷から商用印刷まで幅広い分野で急成長する中、デジタル印刷機に更なる高速・高画質化、生産性の向上が求められている。これら市場からの情報を分析し、今まで蓄積したノウハウと、自社の最新技術を盛り込み、プロダクション市場向け内蔵型カラープリンターコントローラー IC-601 を新規開発した。IC-601 は、ユーザーのワークフローや操作性を考慮して、プリンターコントローラーと本体との役割分担を見直し、システムとして最適化設計したプリンターコントローラーである。本稿では、IC-601 の採用技術について報告する。

Abstract

Today, the digital printing market is rapidly expanding, notably in CRDs (central reprographics departments) to CP (commercial printing), due to an increase in demand for small-lot and short-run production. In the digital printing market, higher printing speed, greater image quality, and increased productivity are in demand. By analyzing information obtained from the digital printer market and by incorporating our own accumulated know-how with the latest technology, we developed the IC-601, a built-in color printer controller aimed at the production printing market.

The IC-601 is a printer controller in which the division of the functions of the printer controller and of the main body was reconsidered. The IC-601 was optimally designed as a system focused on work flow and user operation.

In this report, the performance of the IC-601 and the technologies that make that performance possible will be discussed.

1 はじめに

IC-601の開発目標として、以下3項目を設定した。

- (1) プリント高速化
- (2) 色再現性向上
- (3) 操作性向上

(1) プリント高速化は、特に RIP (Raster Image Processing)、画像転送の高速化を実施し、(2) 色再現性向上は、CMYK/RGB画像の色再現精度向上とエンターユーザー向けの機能追加を実施した。さらに(3) 操作性向上を図るべく、本体との連携により、本体LCDパネル上でジョブチケット編集やページ編集ができるジョブ管理機能を搭載した。

2 システム構成

2.1 ハードウェア構成

Fig.1にIC-601のハードウェアブロック図を示す。

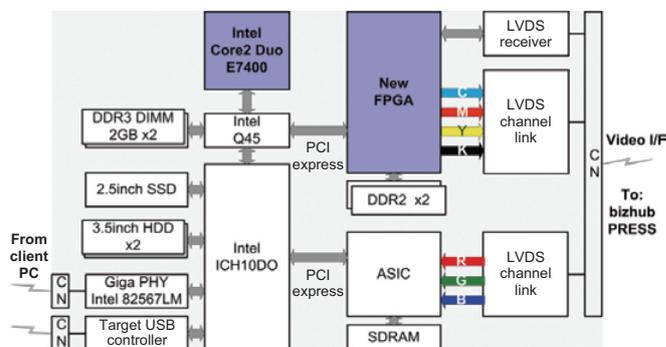


Fig.1 Block diagram of printer controller hardware.

Intel Desktop向けデュアルコアCPUを採用し、RIP性能の確保とコストパフォーマンスの両立を図った。システムメモリは、DDR3 DIMM 4GBを採用。Video I/F部は、PCI Express DMA転送機能と独自の画像圧縮機能を搭載したFPGAを新規開発し、CMYK画像の高速データ転送を実現した。

2.2 ソフトウェア構成

IC-601のソフトウェア(NINJA2.0)は、モノクロPOD機向けプリンターコントローラーNINJA(New Imaging & Networking Job Architecture)の資産をベースに、

* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株) 開発本部 エレクトロニクス開発センター コントローラ開発部
** コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株) 開発本部 エレクトロニクス開発センター PPSW 開発部

自社製カラーマネージメントシステムを搭載し、カラープリンターコントローラーとして最適化した構成である。

Fig. 2 に IC-601 のソフトウェアブロック図を示す。

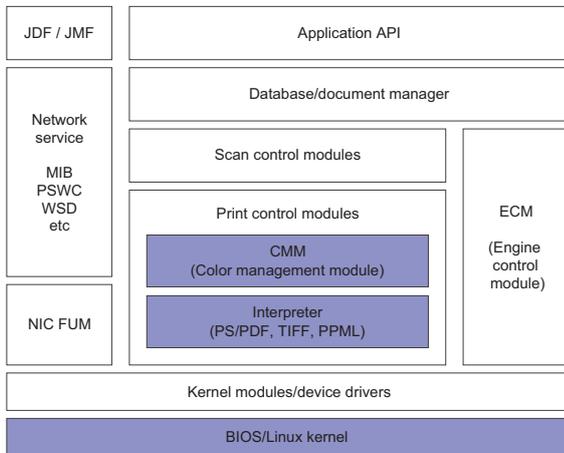


Fig. 2 Block diagram of printer controller software.

NINJA2.0は、OSにLinuxを採用し、Network Serviceモジュールは、NIC FUMを介してLANやUSBからのデータの入出力制御を行う。NIC FUMは、TCP/IP、IPX/SPX、SMB、SNMP等のプロトコルを制御するモジュールである。ECM (Engine Control Module)は、Video I/Fを介して本体とコマンドの送受信を行うことにより、プリント・スキャンを制御するモジュールで、bizhub PRESS用に再設計した。Interpreterは、Adobe純正CPSI (Configurable Post Script Interpreter)を採用し、自社開発のCMM (Color Management Module)を介し、RGB/CMYKの色変換をしながら、RIPを行う。その他TIFF/PPML (Personalized Print Makeup Language)用のInterpreterも搭載している。また、モノクロ機同様、コニカミノルタ標準アプリケーションとのインターフェースであるApplication APIに対応しており、Java実行環境を搭載して、JDF/JMFもサポートしている。

3 開発技術

3.1 プリント高速化

本体のプリント速度は、bizhub PRESS C8000が80PPM、C7000が71PPMであり、画質は、共に解像度1200dpi/256階調である。Fig. 3にPS/PDF印刷時のプリント処理フローを示す。

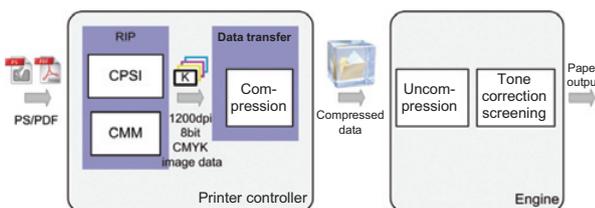


Fig. 3 PS/PDF print process flow.

プリンターコントローラーは、色変換を行いながら1200dpi/8bitのCMYK画像データを生成するRIP処理と本体への画像転送処理を行う。本体は、CMYK画像データを受信し階調補正、スクリーン処理を行い出力する。Video I/Fでは、プリントパフォーマンス確保の為、画像データを圧縮して転送する構成とした。データ圧縮や高速I/Fの採用、写真画像を多く含むビットマップファイルのRIP能力向上などを実施し、ハードウェア・ソフトウェア両面からのアプローチにより、80PPMという高速プリントを実現した。

3.1.1 画像転送の高速化

本体への画像転送高速化を図り80PPMの画像転送能力を確保するため、プリント画像転送用FPGAを新規開発した。Fig. 4に新規FPGAのブロック図を示す。

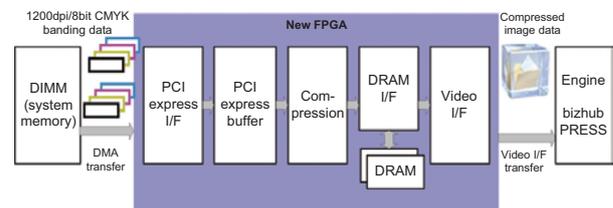


Fig. 4 Block diagram of new FPGA.

新規FPGAは、PCI Express I/F部にて、システムメモリより、画像データをバンド単位でDMA転送により取り込む。実効速度として約1GByte/secの速度を確保した。PCI Express Bufferに取り込まれた画像データは、圧縮部によりデータ圧縮後、DRAMにページ単位で格納され、Video I/F部より本体に転送される。なお、画像圧縮・復元は、自社の画像処理技術をベースに新規開発した独自のアルゴリズムを採用し、高圧縮率ながら、文字や線画の劣化を抑えて1200dpi画質を再現できる。

3.1.2 RIPの高速化

一般的にRIP性能は、原稿ファイルに大きく依存する。TextやGraphics等のベクターデータで構成されたファイルの場合は、本体のプリント速度以上の能力で処理できる為、他社機とのプリント速度比較においてほとんど差は現れない。しかし写真等の画像を多用したビットマップファイルの場合、データ量が多くRIP性能が低下し、プリント速度性能への影響が顕著になる。Fig. 5にCPSI (RIP内部)の処理フローを示す。

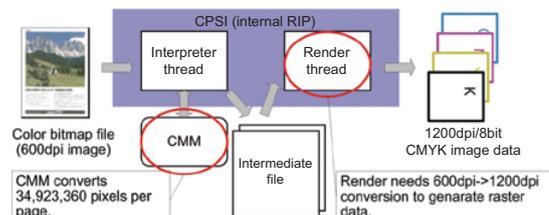


Fig. 5 CPSI (Internal RIP) process flow.

RIP内部は、Interpreter ThreadとRender Threadで構成され、Interpreterで言語解析し、CMMを介して色変換を行い、中間ファイルを生成する。Renderは、中間ファイルを読み出し出力解像度に合わせて描画を行い、CMYK画像データを生成する。ビットマップファイルのRIPを行う場合、色変換処理と描画処理に多く処理時間がかかり、高速化のボトルネックとなっていた。デュアルコアCPUの性能を引出して、それぞれの処理時間を短縮する為に、以下改良を実施した。

- (1)CMMマルチスレッド化（並列処理化）
- (2)CPU拡張命令使用によるRender高速化

Fig. 6 にRIP処理中のCPU使用率を示す。

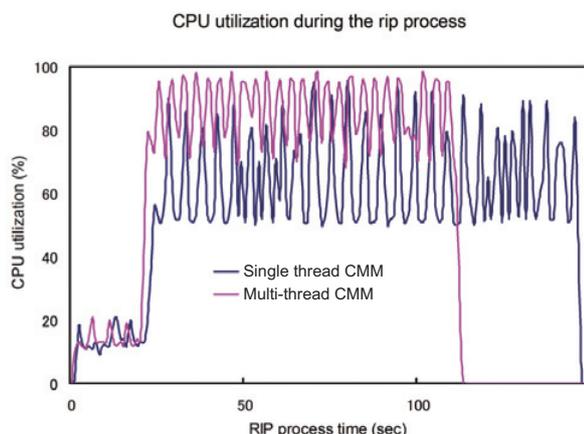


Fig. 6 CPU utilization during the rip process.

(1)のCMMマルチスレッド化により、2つのCPUコアを使って並列に色変換処理を行う為、CPU使用率が向上し、処理時間も短縮した。また(2)のIntel CPU拡張命令SSE (Streaming SIMD Extensions) 使用によって、描画処理のメモリアクセス、演算処理速度が向上し、処理時間の短縮を図ることができた。なお、製品化の過程において、データサイズやバッファサイズ等の見直しを行い、最大スループットが得られるよう最適化も合わせて実施した。

3. 1. 3 プリント速度性能比較結果

IC-601をbizhub PRESS C8000 (80PPM)、C7000 (71PPM) に装着し、各々の競合他社機とプリント速度性能比較を実施した。

性能比は、アプリケーションから印刷を開始し、最終頁紙完了までのトータル時間を測定し、IC-601を100%として算出した。代表的な4種類のチャートと測定に使用した全23チャートの平均結果について、C8000での測定結果をFig. 7に、C7000での測定結果をFig. 8に示す。

IC-601は、ハードウェア・ソフトウェア両面からの高速化により、他社のプリンターコントローラーよりも圧倒的に高速なプリント速度性能を達成した。

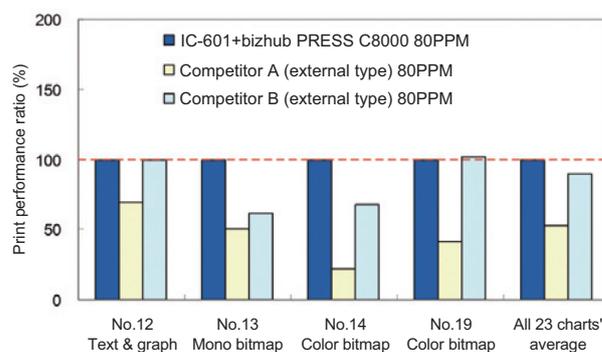


Fig. 7 Print speed ratio of the IC-601 in the bizhub PRESS C8000.

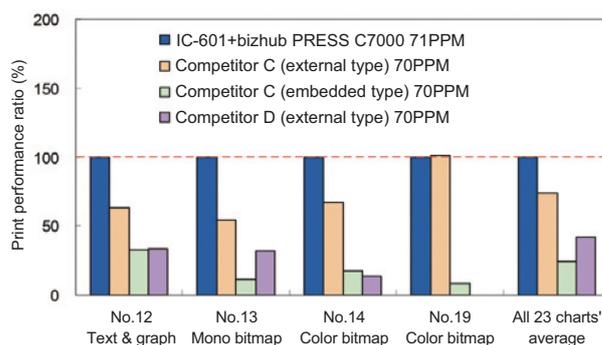


Fig. 8 Print speed ratio of the IC-601 in the bizhub PRESS C7000.

3. 2 カラーマネージメント技術

IC-601の開発においては、業界No.1のカラー品質を提供することを目標に掲げ、カラー設定機構や色変換アルゴリズムを重点的に検討し、先行する他社製コントローラーに対し優位性の有る使い勝手と性能を達成した。以下にその代表的な構成要素である階層型グルーピング色管理機構と、色変換アルゴリズムの改良について紹介する。

3. 2. 1 プロファイル作成ウィザード

IC-601はRGB、CMYKのイメージ、グラフィック、テキストに対して個別に色変換設定をすることができ、プロフェッショナルユーザーの高度な要望にも応えられる。さらに、それら複数のプロファイルを出力紙毎の設定としてまとめたグループ「プロファイルセット」として扱うため、一般的なユーザーにも容易に管理することが可能である。

付属ユーティリティー Color Centro Profilerは、ウィザード形式のGUIによって、各種プロファイルの作成から、オブジェクト毎のカラー設定までの作業を、解説コメントを参照しながら進められる (Fig. 9)。

また、プロファイル作成用チャート印刷時の面倒な設定や、完成したプロファイルセットのプリンターコントローラーへの登録作業を自動的に行うことで、作業を容易にしている。

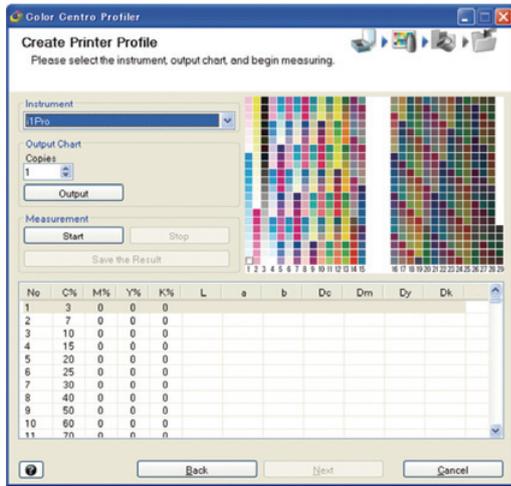


Fig. 9 Easy-to-use GUI guides entire process of color adjustment.

3.2.2 カラーコンフィグレーション

プロダクションプリンティングの現場では印刷物の生産プロセスに複数人が関わることが多く、出力オペレーターが常にカラーマネージメントの熟練者であるとは限らない。そこでカラーマネージメント設定に馴染みのないオペレーターでも正しく簡単に出力カラーを設定できる仕組みとして、新規にカラーコンフィグレーション機能を開発した。

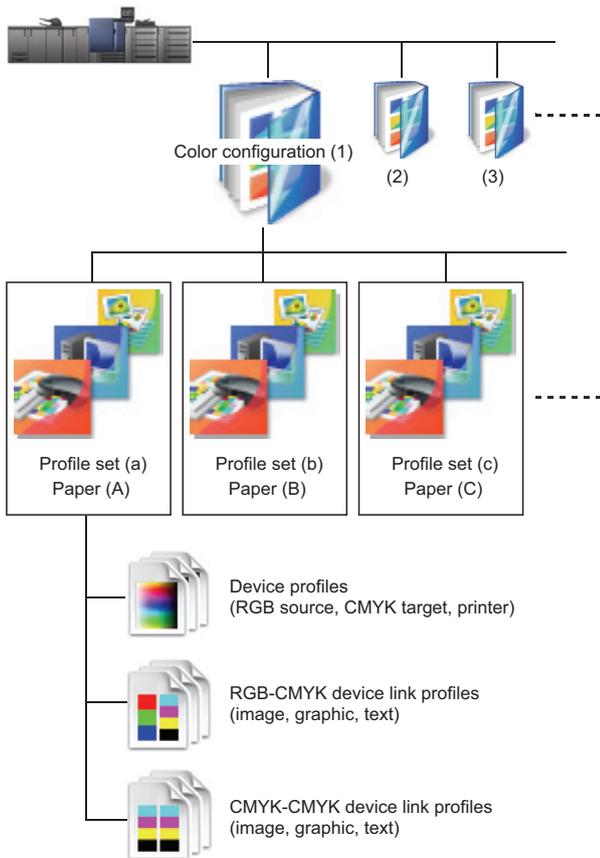


Fig. 10 Hierarchical structured color management system of IC-601 is comprised of a color configuration, a profile set, and each color conversion profile.

カラーコンフィグレーションはターゲット色空間名や顧客名称等により複数の出力紙用プロファイルセットをグルーピング管理する機能であり、カラーコンフィグレーション名と出力用紙を指定することで多岐にわたる色変換設定を一括して行うことができる。Fig. 10は色変換ポリシーを切り替えるカラーコンフィグレーション、出力用紙毎の設定ファイルをまとめるプロファイルセット、個々の色変換プロファイルから構成されるIC-601カラー設定データベースの模式図である。

3.2.3 色再現性能

一般にカラーコントローラーには、標準的な出力用紙を用いた場合に最適な色再現となるような標準プリンタープロファイルがプリセットされているが、これらは各ベンダーがプロファイルを独自にチューニングしたものであり、ユーザー自身では同等のプロファイルを作成するのは難しい。一方でIC-601では、プロファイル作成アルゴリズムを専用にチューニングしているため、ユーザー自身がColor Centro Profilerにより、ベンダーチューニング同等以上に最適化したプロファイルを標準紙以外の用紙に対しても随時作成できる。

プリンタープロファイル作成アルゴリズムは、商業印刷市場を中心に展開しているDigital Konsensus PremiumやPagemaster Pro 6500用のプロファイル作成ソフトをベースとし、近年増加しているRGB入稿画像をより美しく再現するため、知覚および彩度レンダリングを重点的に改良した。

知覚レンダリングでは、ガマットマッピング時の色空間に色の見えモデルCIECAM02を用い、クリッピングベースのアルゴリズムでプリンターの色域を最大限に活用した。また、プリンター色域外の色については色域表面からの距離に応じて色相、明度の写像量を各色相毎に変化させることで色域外の入力色についても階調性を確保し、モニター表示画像と印刷物画像の見た目が近似するようにガマットマッピングを調整した。Fig. 11に知覚

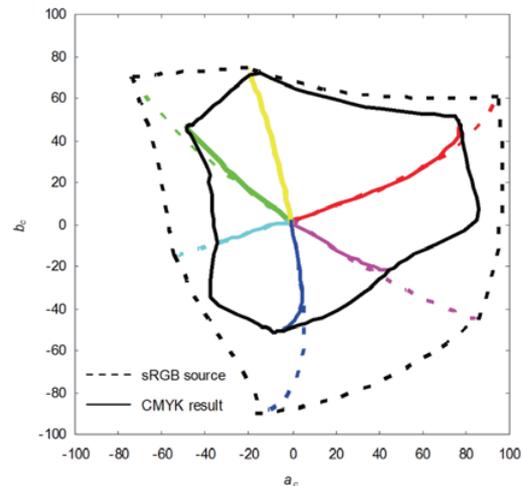


Fig. 11 Example of perceptual gamut mapping in a_c, b_c plane of CIECAM02 (primary and secondary tone reproduction).

レンダリングのガマットマッピングの様子をCIECAM02の $a_c b_c$ 平面への投影図で示す。CIECAM02色空間上でRGB色空間の色相を保持して、CMYKへ色変換されていることが確認できる。これらの調整結果は、複数人のブラインドテストによる主観評価を行い、他社製品同等以上の好ましい再現であることを確認した (Fig. 12)。

彩度レンダリングにおいては、企業内印刷やPFP (Print For Pay: プリントショップ) で有用な好ましい再現として、一般的な写真画像の滑らかな再現と、グラフィック画像やOfficeドキュメントの鮮やかな再現の両立を目指した。まず、CIECAM02空間上で一定の彩度以下の領域を写真画像に頻出する色域と捉え、知覚レンダリング同等の再現とした。次にAdobeRGBおよびsRGBの最高彩度外周について、好ましいプリンター再現を実験的に求め、低彩度部から高彩度部までを滑らかにつなぎ、目的の色再現を達成した。Fig. 13に彩度レンダリングのガマットマッピングの様子をCIECAM02の $a_c b_c$ 平面への投影図で示す。YellowやMagenta, Cyanで特に知覚レンダリングとの再現の様子が違っているのが判る。

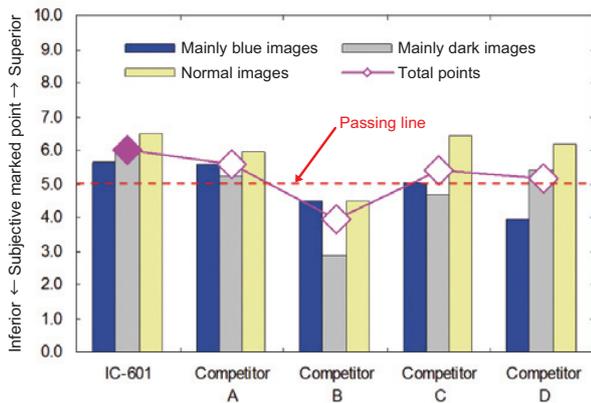


Fig. 12 Results of subjective evaluation for perceptual rendering.

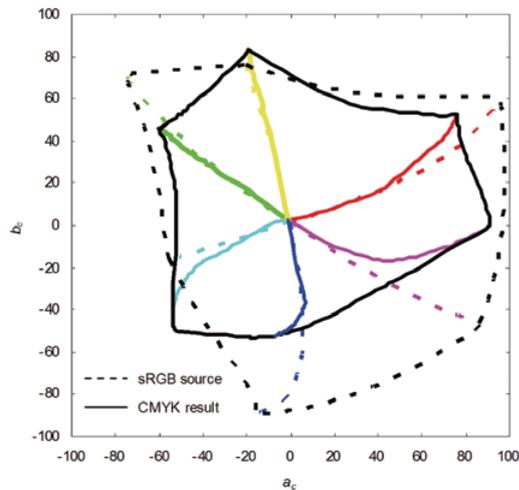


Fig. 13 Example of saturation gamut mapping in a_c, b_c plane of CIECAM02 (primary and secondary tone reproduction).

CMYK入稿画像に対しては、オフセット印刷とオンデマンド印刷を適宜使い分けるハイブリッド印刷への適性を考慮に入れ、CMYK色変換時の1, 2次色のベタ保持や中間調への濁り色混入防止といったブルー用機能を搭載し、カラーマッチングだけでなく製版デザインを考慮した印刷物を作成できるようにした。さらに近年重要性を増しているISO coated v2やJapan Color等の標準印刷色や認証制度への対応を容易にする機能として、測定フィードバック機能を搭載した。これにより、従来は色調整の仕上がり確認に高度なカラーマネージメントの知識を要したが、出力と測定を繰り返すことで精度の向上を定量的に確認しつつ、標準印刷色へのカラーマッチングを実現できる。Fig. 14に測定フィードバック操作によるカラーマッチング精度の向上例を示す。オフセット印刷物ターゲットとの平均色差(青実線)や、プロファイルから計算により得られる理論上の色再現結果との平均色差(赤点線)がフィードバックにより良化しているのが判る。

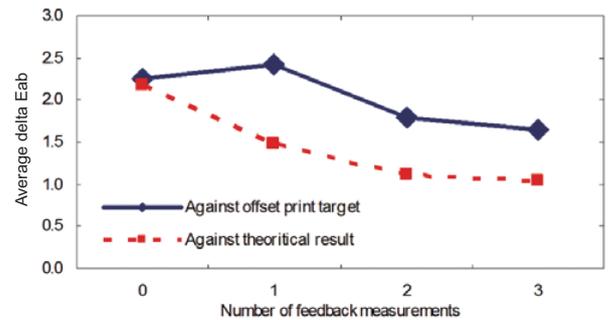


Fig. 14 Accuracy improvement achieved by measurement feedback system.

3.3 本体と連携したジョブ管理機能

プロダクション市場で求められるユーザーワークフローに、より最適化することを目的として、新規に本体へのジョブ管理機能 (ジョブ保存・編集・進捗管理) 搭載を行った。

3.3.1 構成

bizhub PRESS C8000は、3rdベンダー製プリンターコントローラーとIC-601プリンターコントローラーが接続可能で、それぞれの構成で異なるジョブ管理を採用している (Fig. 15)。

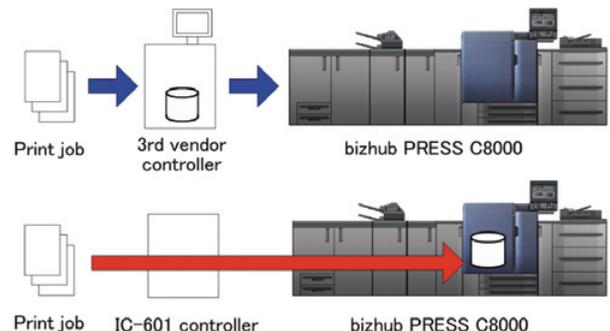


Fig. 15 bizhub PRESS C8000 printer system.

3rdベンダー製プリンターコントローラーは、独自のジョブ管理機能を持ちプリンターコントローラーに接続されたLCDパネルで操作する。この場合、作業の目的毎にプリンターコントローラーと本体のパネルを使い分ける必要があるなど、ワークフロー上の課題があった。IC-601プリンターコントローラーでは本体との連携によって、本体のLCDパネルでジョブ操作を可能とし、作業効率改善や、ジョブ管理機能の差別化を実現した。

3.3.2 プリントジョブフロー

bizhub PRESS C8000はPrint QueueとHold Queueを持ち、プリンタドライバやPSDP (Page Scope Direct Print) から送信先として指定できる。Hold Queueで編集されたジョブの再印刷やHDD保存することができ、再印刷時は、プリンターコントローラーを介さずbizhub PRESSのHDDから出力するため、プリンターコントローラーの稼働状況に依存せずにbizhub PRESS最速のプリント速度で印刷が可能である。

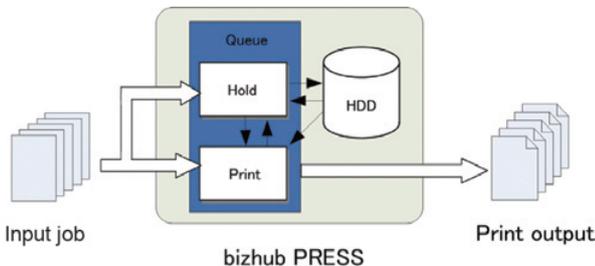


Fig. 16 Block diagram of hold job function.

3.3.2 ジョブ編集

ジョブ編集は、ページ順を編集するページ編集画面と、ジョブ設定を編集するチケット編集画面で構成される、新しいGUIデザインを採用した。

(1) ページ編集

ページ編集画面 (Fig. 17) では、サムネイル画像を使ってページ順の並び替えや削除・複製あるいは白紙挿入を行うことができる。マウス操作やアニメーション表現を採用し、より直感的な操作を可能とした。



Fig. 17 Engine operation panel for editing pages.

1画面で最大30ページのサムネイル表示を可能とするため、表示の高速化を図った。従来、印刷データからサムネイルを作成し表示していたが、bizhub PRESS C8000では画像入力時にサムネイル用画像データをハードウェアで作成しておくことで表示速度を大幅に改善させた (Fig. 18)。

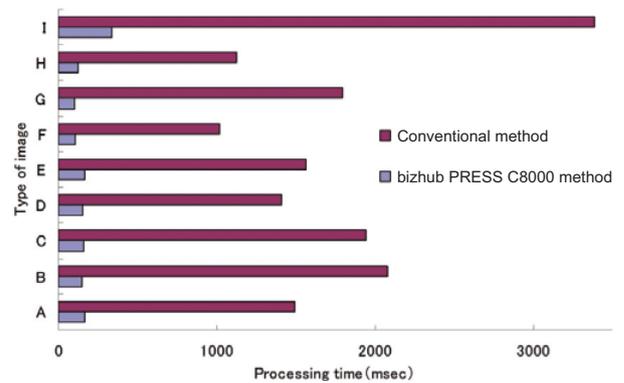


Fig. 18 Comparison of speeds in displaying thumbnails.

(2) チケット編集

チケット編集画面 (Fig. 19) は、ジョブ設定を編集するチケット編集と出力結果を画面で確認できる印刷プレビューで構成されており、編集結果を画面で確認しながら作業を行うことができる。

今回、ページ単位で編集可能な項目を増やすなど、その自由度を大幅に拡張したため、設定の矛盾を自動的に検出するエラーチェック機能を追加し、編集時間の短縮を可能とした。

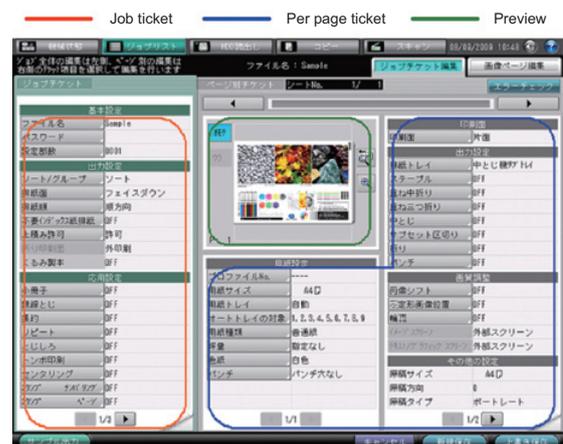


Fig. 19 Engine operation panel for editing job ticket.

また、チケット編集画面ではオペレーターの快適な操作性を確保するために、以下の改良を実施した。

- ・ ページ情報取得の高速化
- ・ 印刷プレビュー表示の忠実な再現

ページ情報の管理にはページ順操作が容易なチェーン構造を採用しているが、所望のページを直接参照するにはページを先頭から順に追う必要があり時間がかかって

いた。そのため、ページ情報の中からチケット編集に必要な項目をインデックス化したテーブルを追加し、所望のページ情報を高速に取得できるようにした (Fig. 20)。

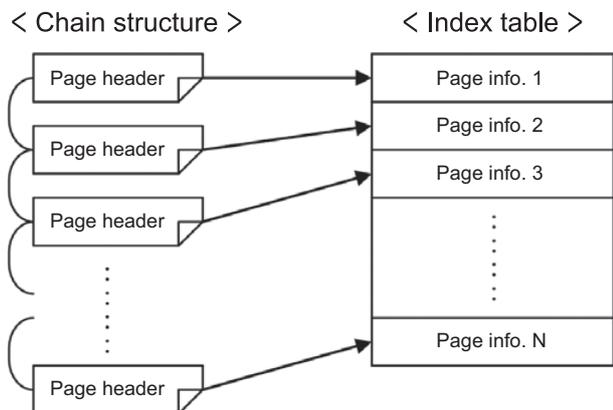


Fig. 20 Data structure of page information.

チェーン構造とインデックステーブルでのジョブ最終ページの情報取得時間を Fig. 21 に示す。これにより 10000 ページのジョブ編集でもストレス無く操作することが可能となった。

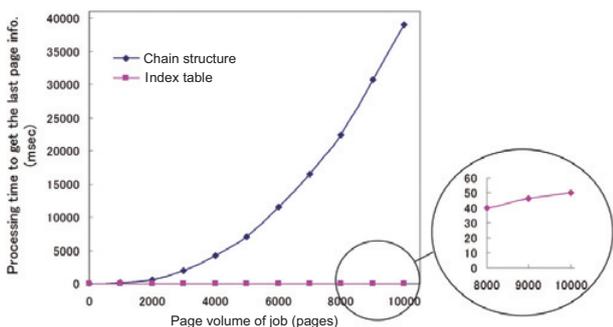


Fig. 21 Comparison of processing speed in accessing last page information.

印刷プレビューの作成には実印刷と同一のプリントプロセス (Fig. 22 Print Process) を実行することにより、機械調整値なども考慮された実印刷に忠実なプレビュー表示ができるアルゴリズムを採用した。さらに、実印刷のパフォーマンスへの影響を抑えるために、印刷プレビュー作成には印刷データを使用せず、サムネイル画像を元サイズに拡張し、プリントプロセス実行後のデータから印刷プレビュー画像を生成する構成とした (Fig. 22)。

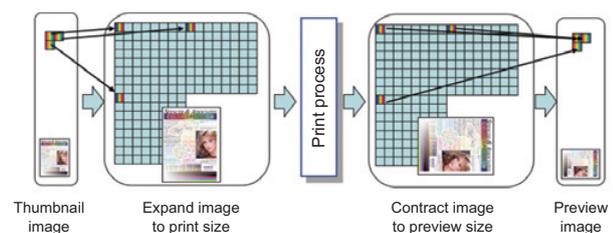


Fig. 22 Print preview process flow.

3.3.3 スケジュール管理

ジョブ進捗管理機能として、スケジュール管理画面を実装した (Fig. 23)。水色のバーはプリント可能、黄色は用紙の残量が少なく、オレンジは該当用紙が無くプリントできない状態を示す。

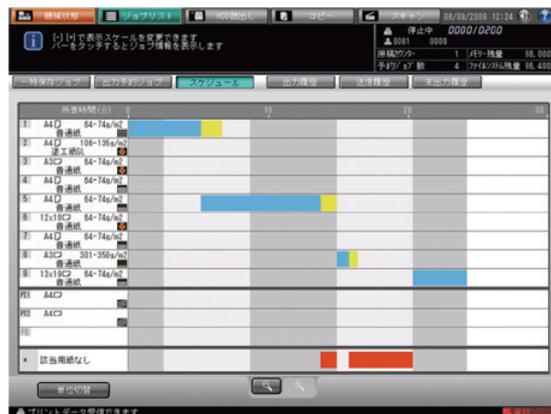


Fig. 23 Engine operation panel for scheduling jobs.

この画面により、ジョブの大小あるいは実行可否が容易に視認でき、快適なジョブのスケジューリングを行うことが出来る。メディアの補給や予約設定を簡単に操作できるため印刷機の稼働率向上が容易となる。

以上、本体と連携したジョブ管理機能により、ジョブ投入から編集や印刷プレビューさらにスケジュール管理まで本体パネルで操作が可能となり、プロダクション市場で求められるユーザーワークフローが実現できた。なお、本体パネルはリモートパネル機能によりネットワーク上の PC でも操作することができる。

4 まとめ

IC-601 は、コニカミノルタ初の自社製プロダクション向けカラープリンターコントローラーである。基本性能であるプリント高速化、色再現性向上を図るとともに、本体と連携し操作性を向上し、生産性の高いシステムを実現した。また、高度な編集機能を持つプロファイラーやプロダクション市場に有効なカラー機能を搭載し、ハードウェア・ソフトウェア内製のメリットを活かした大幅なコスト削減を行い、コストパフォーマンスの高い製品に仕上がっている。今後は、より高いレベルでの機能・性能向上を図るとともに、ユーザー、市場要望を適切に反映させ、自社製プリンターコントローラーのブランドを確立するとともに、次機種への開発に繋げていきたい。