

高速カラープリンタコントローラの ファームウェア技術

中里 博彦 西山 由高
細田 隆明 吉本 齊裕

近年、カラープリンタ市場において、高性能なコントローラを実装したハイエンドカラープリンタが要求される一方で、モノクロプリンタのリプレースをターゲットとした低価格カラープリンタの要求も強くなってきており、コントローラのコストダウンも重要になっている。

当社では、タンデムエンジンを用いた高速シングルパスカラー^{※1)}プリンタを製品化しており、コントローラにおいてもハイエンドカラープリンタとローエンドカラープリンタの双方に対応した拡張性に優れたアーキテクチャを開発している。

また、カラープリンタは、一般オフィスへの導入に伴い、ネットワーク環境下での共有プリンタとして使われており、さまざまな文書ファイルのカラー印刷に用いられている。

本稿では、コントローラファームウェア技術に関して、第1章で、汎用のリアルタイムOS上にオブジェクト指向・言語を用いた基本ファームウェアについて、第2章では、ネットワークプリンタとして、各種通信プロトコルをサポートしたコストパフォーマンスに優れたネットワーク処理技術について、第3章では、ハイエンドカラー機からローエンドカラー機で実現されている各種カラー処理技術について紹介する。

ファームウェアのアーキテクチャ

プリンタ開発の工数と期間の観点からコントローラファームウェアに求められるのは、まず、幅広い製品構成に柔軟に対応できるスケーラビリティを持つことである。

また、複数機種の同時開発、OEM先や大口顧客の仕様変更・追加要求に迅速に対応する際のカスタマイズや新規機能の追加の容易さも、ファームウェアの基本構造を決める上で重要である。

開発対象となるプリンタには、例えば、表1に示すように、ROM/RAMサイズ、ホストインタフェース(IEEE1284, USB, ネットワーク等)の有無、ページ記述言語の種別、内蔵HDDやオプション機器(多段用紙トレイ、両面印刷ユニット、フィニッシュャ等)の有無といった複数の組み合わせがあり、プログラムのサイズと機能

*1) シングルパスカラーは株式会社沖データの登録商標です。 *2) PostScriptはAdobe Systems Inc.の登録商標です。

の両面から、各機種の要件を満足するようにファームウェアを構成する必要がある。

一方、印刷データは、個々のプリンタの装置仕様からの独立性確保やホストコンピュータでの印刷処理負荷の軽減のために、PostScript^{※2)} 言語、PCLなどのページ記述言語(PDL: Page Description Language)を用いて記述されている。ファームウェアでは、これらのPDL

表1 プリンタの機種ごとの装置構成例

機種	ROM	RAM	印刷速度*1)	PDL	両面	HDD	フィニッシュャ
カラーローエンド	4MB	32MB	12PPM	ホストベース (GDI)	有り*3)	無し	無し
カラーミドルエンド	16MB*2)	64MB	20PPM	PCL	有り*3)	有り*3)	無し
カラーハイエンド	32MB*2)	192MB	30PPM	PCL PostScript	有り*3)	有り*3)	有り*3)

*1) カラーA4印刷速度 *2) 内蔵フォントデータを含む *3) オプション

を高速に解釈・実行し、エンジン部の印刷速度を最大限に引き出す必要がある。特に、ハイエンド機では、各社とも熾烈な印刷速度競争を行っており、ホストコンピュータ上のプリンタドライバとプリンタでのPDL処理を含めたトータルな印刷時間の短縮は重要である。

以下では、スケーラブルで、カスタマイズの容易さを実現するためのファームウェアの基本構造と、それを実現している主要なコンポーネントについて説明する。また、PDL処理および印刷速度の高速化を実現するファームウェアのバイブライン処理についても説明する。

(1) コントローラファームウェアの基本構造

コントローラファームウェアの基本機能は、PDLで記述された印刷データをページ単位に翻訳・編集して、ビデオ出力可能なページデータを生成し、そのページデータを印刷制御コマンドとともにエンジン部に送信して、装置全体としての印刷動作を制御することである。

また、ネットワーク接続されたプリンタでは、各種の通信プロトコルのサポート、プリンタ状態のリモート監視、消耗品の使用状況の把握や消耗品の購入時期の通知

といった機能も要求される。

コントローラファームウェアでは、これらの新規機能の追加要求を考慮して、図1に示すような、機能拡張性を重視した階層構造を採用している。

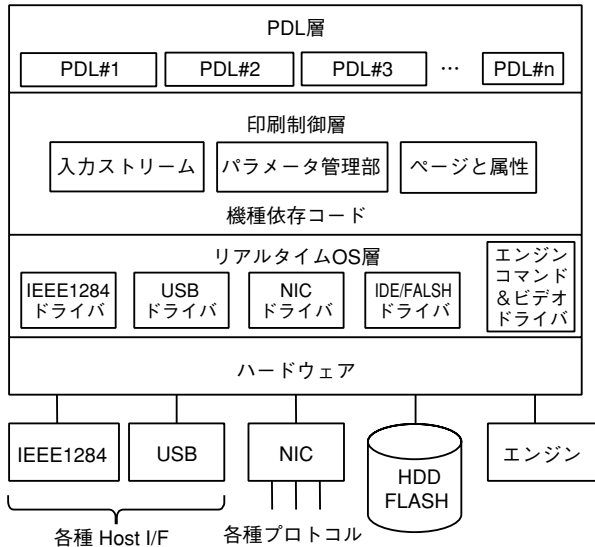


図1 コントローラソフトウェアの階層構造

OS (Operating System) 層は、リアルタイムOSカーネル、デバイスドライバ、ファイルシステム、標準ライブラリ等で構成されており、ハードウェア (コントローラとエンジン) とのインタフェースを抽象化して、機種ごとの違いを吸収している。また、搭載しているホストインタフェースの違いは、デバイスドライバの追加・削除により対応している。

印刷制御層では、PDL層で実装する機能を最小限に抑え、PDLの追加・削除を容易にするために、以下のようなPDL独立の共通的な機能をできる限り多く提供している¹⁾。

- 各種ホストインタフェース (デバイス) からの印刷データ受信
- エンジン部の印刷シーケンス制御と、それに同期したビデオデータ送信
- トナーや画像形成ユニット等の消耗品残量や寿命、用紙ジャム、用紙切れやサイズ不一致等に関する警告やエラーの通知
- オペレータパネルやネットワーク管理ユーティリティへのプリンタ状態表示や、メニュー設定値 (パラメータ) 参照・変更
- HDDを用いたスプール、丁合印刷、認証印刷、確認印刷、ダイレクト印刷等のサービス
- 印刷データ (ジョブ) を記述しているPDLの認識と適切なPDL処理系への振り分け、および印刷データの終

端識別

印刷制御層では、上記のような多種多様な機能を実現するために、オブジェクト指向設計手法・言語を採用して、再利用性、拡張性、機種独立性を重視した構造を実現している。また、機種独立部と依存部を明確に分離し、機種依存部を最小化することにより、多機種同時開発や新規機種への移植を容易にしている。

印刷データの読み出し先 (各種ホストインタフェース、HDD/Flash、ROM等)、PDLごとのページデータの形式や生成手順、メニュー設定値等は、機種 (装置構成) によって大きく異なる部分である。印刷制御層には、これらの違いを吸収するための主要なコンポーネントとして、入力ストリーム、ページオブジェクトとページ属性およびパラメータ管理部がある。これらのコンポーネントは、機種独立部と機種依存部が明確に分離しており、機種依存部の実装を入れ替えることによって、機種ごとの装置構成の違いを吸収している。

(2) 入力ストリーム

印刷データを受信するホストインタフェースや通信プロトコル等の違いは、入力ストリームと呼ばれるインタフェースの標準化により吸収している。この入力ストリームは、HDD内にスプール (格納) された印刷データや、ROM化されている印刷データも、ホストインタフェースから受信した印刷データと同じに扱えるようにしている。

この入力ストリームの導入により、印刷制御層やPDL層の受信データ処理部は、印刷データを受信しているホストインタフェースやプロトコルを意識することなく、印刷データの読み出しが可能となる。また、新規のホストインタフェースデバイスや通信プロトコルの追加が容易になるし、取捨選択による装置構成の変更も容易になる。

(3) ページオブジェクトとページ属性

PDLの違いにより、生成されるページデータの保持形式や生成タイミング、メモリ管理方式が異なる。このようなPDLごとの違いを吸収し、各ページの印刷処理 (印刷制御層) を共通化する目的で、ページオブジェクトとページ属性を用いている。

ページオブジェクトには、そのページの印刷開始や終了やデータ取得のためのインタフェースなどが規定されている。また、各ページの用紙指定や給紙トレイ等の指定は、ページ属性として各ページオブジェクトに付与される。

これにより、印刷制御層は、PDLの違いを意識することなく、生成されたページの印刷を行える。

(4) パラメータ管理部

プリンタは、オペレータパネル操作や、印刷データに付与したコマンドで変更可能な多くのパラメータを有している。これらのパラメータには、印刷動作の指示やホストインタフェースやメカニカルな設定があり、カラープリンタでは数百個のパラメータを有している。

パラメータは、パラメータ管理部で管理されており、印刷制御層やPDL層では、このパラメータ管理部に各種の設定を行い、直接エンジンやPDLの内部にアクセスすることはしない。パラメータ管理部により、機種ごとのパラメータの違いや有無に依存しないようにすることができる。

(5) ジョブオーバーラップによる高速化

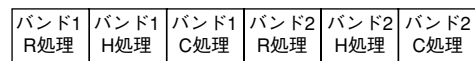
PDL層は、印刷データを翻訳・展開してページ単位のビデオデータを生成し、それを印刷制御層に渡す。印刷制御層は、ページ単位のビデオデータをエンジン部に送信して印刷処理を行わせる。プリンタ全体として高速化のためには、PDL層は、現在の印刷データ（ジョブ）の翻訳・展開処理が終了すると、エンジン部での印刷終了を待たないで、次のジョブの処理を開始すること（ジョブオーバーラッピング）が望ましい。

そのため、印刷制御層では、PDL間でのメモリ管理を工夫し、現在のジョブと次のジョブのPDLが異なる場合であっても、現在のジョブの印刷完了を待つことなく、次のジョブのPDL処理を開始することを可能にしている。これにより、ホストコンピュータから異なるPDLジョブが連続して送信されてきた場合でも、ジョブ境界（PDLの切替）で失速することなく、エンジン性能で連続印刷することを可能にしている。

(6) カラー画像処理のパイプライン化

一般に、データの圧縮・伸長、画像の拡大・縮小、ハーフトーン、カラーマッチング等の画像処理は大量のデータを取り扱うため、PDL処理系ではこのカラー画像処理が処理速度上のボトルネックとなる。そこで、コントローラではこれらのカラー画像処理を専用LSIによってハードウェア化し、高速化を実現している。また、PDL処理系では1ページを複数のバンドに分割し、展開処理をバンド単位でパイプライン的に処理することにより、CPUによるソフトウェア処理と、専用LSIによるハードウェア処理を、最大限に並列化できるように工夫している（図2）。

逐次処理



並列処理

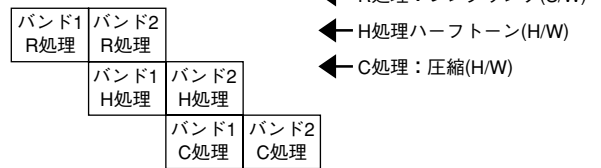


図2 カラー画像処理の並列化

ネットワーク処理技術

近年、プリンタのネットワーク化が進み、オフィスで使用されるプリンタには標準でネットワーク機能をサポートする製品が一般的になってきた。

当社では、ハイエンドカラー機には、機能拡張性を重視し、CPUを搭載したカードタイプのネットワークカード（以降、カードタイプNICと呼ぶ）を従来より開発提供している。一方、低価格カラープリンタ機には、プリンタ本体のCPUで直接ネットワーク機能を制御する方式（以降、エンベデッドNICと呼ぶ）を新たに開発し、低価格でかつ高性能を実現している。

本章では、両方式の特徴などについて比較を交えながら主にエンベデッドNICについて説明する。

(1) ネットワークプロトコル

当社カラープリンタがサポートしている主なネットワークプロトコル（通信を行うための取り決め）を図3に示す。通信層とアプリケーション層を合わせてプロトコルスタックと呼んでいる。

カードタイプNIC、エンベデッドNICは、それぞれ

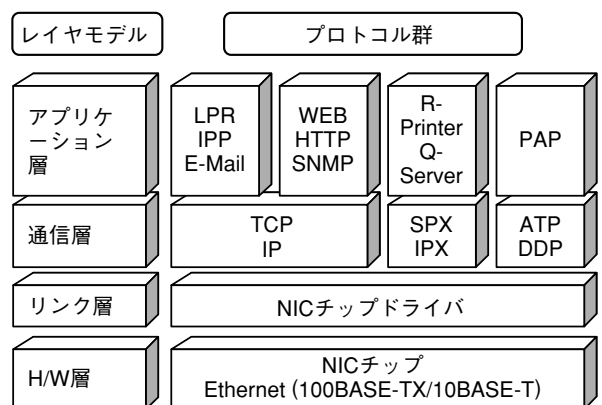


図3 ネットワークプロトコル群の関係

*3) Netwareは米国Novell,Inc.の登録商標です。 *4) AppleTalkは、米国Apple Computer,Inc.の登録商標です。

TCP/IP系、Netware[®]*3)系、AppleTalk[®]*4)系の印刷・設定用各種プロトコルスタックをサポートしている。

(2) ネットワーク処理の構成

カードタイプNICは、図4に示すようにプロトコルスタックを実装した基板でネットワーク機能を実現している。

プリンタ本体部とNIC間の通信はPCIバスを介して行われ、印刷系データと設定系データがそれぞれ独立して処理される構成をとっている。

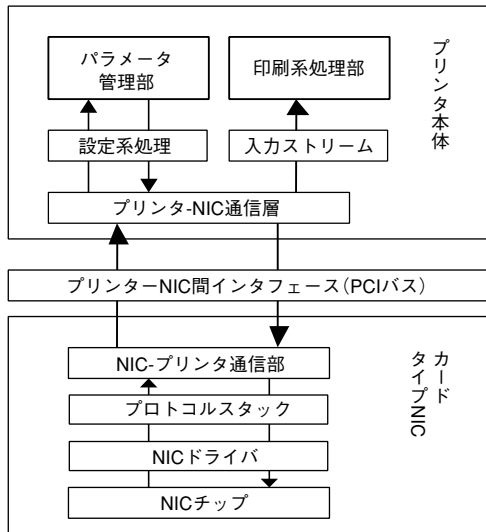


図4 カードタイプNICのブロック図

一方、エンベデッドNICは、図5に示すようにプリンタコントローラのCPUがNICチップを直接制御する方式としプロトコルスタックをプリンタ本体に取り込む構成をとっている。

そのために、プロトコルスタック、NICドライバを新規に開発した。

印刷系の処理は、入力ストリームを直接アクセスする方式を採用している。また、ステータス/設定の参照/

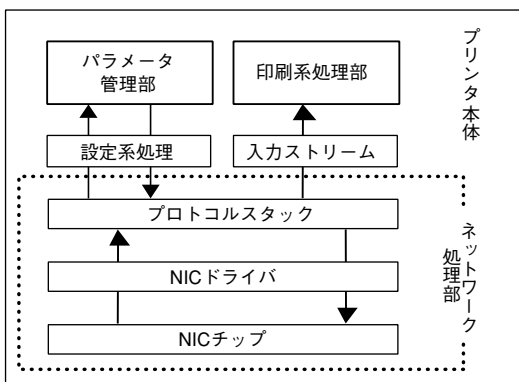


図5 エンベデッドNICのブロック図

変更関連の処理は、カードタイプNIC用設定系処理をライブラリ化して使用し、カードタイプNICで確立している処理資産を最大限に活用している。

(3) パフォーマンス

エンベデッドNICはプリンタ本体のCPUでネットワーク処理を実現するため、印刷処理およびネットワーク処理を効率的に実行する必要がある。

印刷処理とネットワーク処理はマルチタスクで動作しているため、処理タスクが最適に動作できるようにタスク優先順位に工夫を施している。

さらに、マルチキャスト/ブロードキャストパケット処理を低減することで、高速な受信性能を実現している。

(4) ネットワーク処理ファームウェアの更新

最新のプロトコルスタックをサポートするために、プリンタ本体ファームウェアとは別にネットワーク処理ファームウェアの更新を可能とする必要がある。

エンベデッドNICにおいて、プログラムリンク方式を新たに開発し、ネットワーク処理ファームウェアを更新することができるようにしている。

(5) 最近のネットワーク関連動向

ネットワークプリンタの動向に関して、無線LANとセキュリティについて述べる。

①無線LAN

最近では企業においても、無線LANは幅広く普及してきている。その理由は、面倒なネットワークケーブルの配線が不要の上、ノートPCを使えばオフィスでも屋外でも作業の効率化が図れるなどのメリットがある。

無線LANには幾つかのプロトコルがあり、表2に主なプロトコルを示す。

表2 無線LANの主なプロトコルと性能

プロトコル	最大スピード	使用周波数	変調方式
IEEE802.11a	54Mbps	5.15 - 5.25GHz	OFDM
IEEE802.11b	11Mbps	2.4 - 2.497GHz	DSSS
IEEE802.11g	54Mbps	2.4 - 2.497GHz	OFDM
Bluetooth1.0	1Mbps	2.4 - 2.497GHz	FHSS

当社では、現在もっとも普及しているIEEE802.11bの外付け製品を推奨品として紹介している。今後、無線LANに対応した製品を開発する予定である。

②セキュリティ

近年、ネットワーク経由の不正アクセス/侵入などが

数多く、社会的な問題になってきている。また、ウイルスやワームといった被害に遭うケースも増えてきた。さらに、無線LANでは交信が可能なエリア内であれば屋外からでも接続が可能となるので、セキュリティ対策をとっていないければ、第三者による不正アクセスという問題が簡単に発生する。そのため、「セキュリティ」に対する意識が高まっ

てきている。当社では、ネットワークプリンタにおけるセキュリティ強化のため、認証/暗号化の標準プロトコルを使い、プリンタ設定変更のユーザー認証/暗号化および、印刷データの暗号化機能をサポートした製品を開発する予定である。

カラー処理技術

本章では、当社のカラープリンタでサポートしているPDL種別によるカラー処理の見地からカラー処理技術の最適化について論じる。

(1) カラーマッチング処理とスクリーニング処理

カラープリンタではホストコンピュータから送られるRGBやCMYKなどで表現されたカラー画像データを処理してCMYK4色のトナーで印刷を行う。

カラーマッチング処理は入力カラーデータをプリンタのCMYK4色トナーで印刷するために最適な配合比率を計算する処理である。カラーマッチング処理に求められる基本機能はハイエンドプリンタからローエンドプリンタまで変わらないが、当社のハイエンドプリンタではDTP (Desk Top Publishing) や印刷の分野で普及しているページ記述言語であるPostScript®標準のカラー処理をサポートしている。

スクリーニング処理はディザ法などの擬似階調表現手法を利用してプリントエンジンが印刷可能なカラー画像データを生成する処理であり、プリントエンジンの特性に応じて最適な方法を選択する必要がある。近年ではプリンタの高解像度化に伴い生成する画像データの容量も増大しており、高い処理性能が要求されている。

プリンタの標準的なカラー処理の流れを図6に示す。入

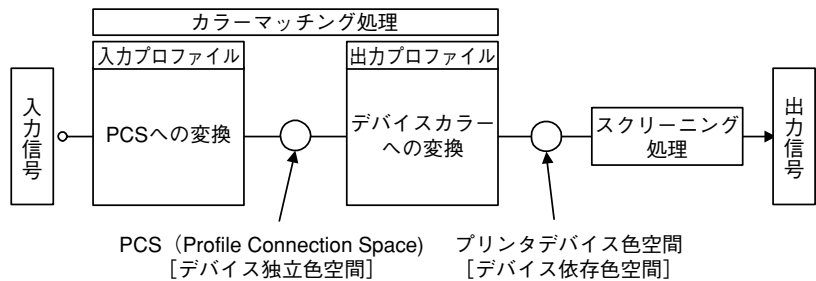


図6 プリンタの標準的なカラー処理構造図

力データはカラーマッチング処理によりそのデータの色空間からデバイス独立色空間へ変換された後、プリンタの特性にあったデバイス色空間へ変換されCMYKの各色データとなる。CMYKの各色データはスクリーニング処理でプリントエンジンが印刷可能な印刷画像データへ変換される。カラーマッチング処理ではプロファイルと呼ばれるデバイス特性を記述したデータに基づきデバイス独立の色空間を仲介して目的のデバイス色空間に変換される。このときの仲介役となる色空間はPCS (Profile Connection Space) と呼ばれる。

文字や図形は一樣な色で塗られることが多いためカラーマッチング処理にかかる負荷は比較的小さいがイメージデータは非常に大量の色データを含んでいるため負荷が大きい。スクリーニング処理ではプリントエンジンの持つ印刷解像度の印刷データを出力するため非常に大きな負荷となる。したがって、このイメージデータのカラーマッチングとスクリーニングの処理をハードウェア化などにより向上することが高速カラープリンタコントローラの性能として重要である。

(2) PDLカラーワークフロー

①PostScript®カラーワークフロー

図7はPostScript®言語のカラーワークフローを示したものである。PostScript®言語は、主にDTP用途の専用アプリケーションで使用され、OSに依存しない色空間の取り扱いが可能である。またこれらのアプリケーションはCMYKデータを扱うことができ、カラーマッチングエンジンを持っており、プリンタプロファイル情報を元にカラーマッチング処理を行ったCMYKデータをプリンタに

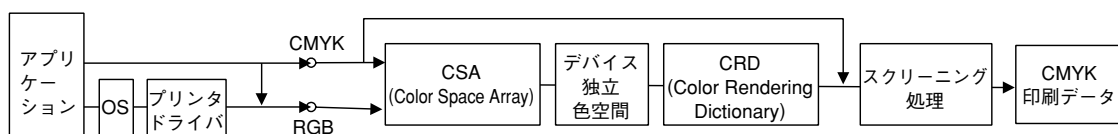


図7 PostScript®カラー処理構造図

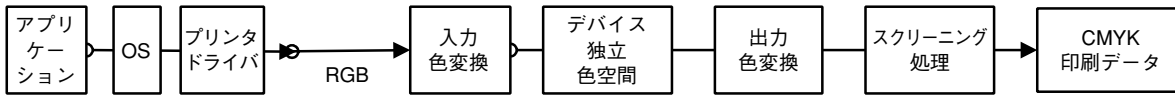


図8 PCLカラー処理構造図

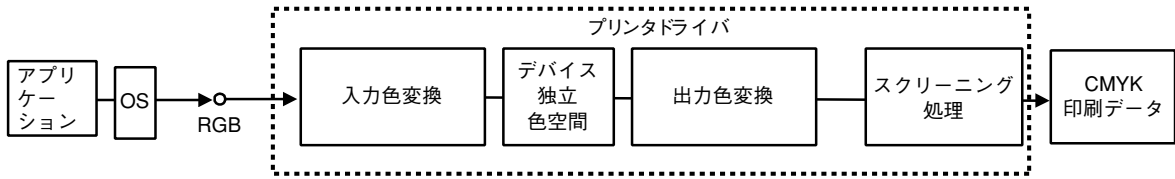


図9 ホストベースカラー処理構造図

送ることができる。

②PCLカラーワークフロー

図8はPCLのカラーワークフローを示したものである。PCLは幾つかの入力色空間をサポートしているが、ホストコンピュータのOSやアプリケーションとの関係から実質的にはRGBが利用される。

③ホストベースカラーワークフロー

図9はホストベースプリンタのカラーワークフローを示したものである。

基本的なワークフローは前述のPCLの場合と同様であるが、カラー処理はホストコンピュータのプリンタドライバで行うことが相違点である。

以上のように高速カラープリンタコントローラのカラー処理はスケーラビリティを有することとPDLの方式やプリントエンジンの違いによらず一貫した色再現を実現することが重要である。

当社のハイエンドカラープリンタではPostScript®カラー処理をサポートし、カラー処理を高速化する画像処理LSIなどのハードウェアと高性能CPUのハードウェア資源を有効に活用するために、ファームウェアの最適化を図っている。

また、ミドルレンジのカラープリンタではCPU性能と画像処理LSIのバランスによりカラー処理を高速に保つように工夫がされている。

ローエンドプリンタでは、高性能化したホストコンピュータの処理能力を利用したホストベースカラー処理技術を開発し、最適なコストパフォーマンスを実現している。

まとめ

以上、高速カラープリンタコントローラ技術についてファームウェアの観点から基本アーキテクチャ、ネットワーク処理技術、カラー処理技術についてそれぞれ説明した。

今後も、カラープリンタの高速化、高機能化、低価格化を目指して、拡張性に優れたファームウェアの開発を行う所存である。

参考文献

- 1) 長田, 他: 沖テクニカルレビュー185号 “シングルパスカラー®プリンタの高速コントローラ技術”, Vol.68 No.1, pp.128-131, 2001年1月

筆者紹介

- 中里博彦: Hirohiko Nakazato. 株式会社沖データ コントローラ開発センタ ソフトウェア開発第二部 部長
- 西山由高: Yoshitaka Nishiyama. 株式会社沖データ コントローラ開発センタ ソフトウェア開発第二部 チームリーダー
- 細田隆明: Takaaki Hosoda. 株式会社沖データ コントローラ開発センタ ソフトウェア開発第二部 チームリーダー
- 吉本斉裕: Masahiro Yoshimoto. 株式会社沖データ コントローラ開発センタ ソフトウェア開発第二部 チームリーダー