

2800 Inkjet Color Continuous Feed Printing System

-高速インクジェットが新たな市場を切り拓く-

清水 透

富士ゼロックス株式会社 デバイス開発部 イメージングプラットフォーム開発部

1. はじめに

2800 Inkjet Color Continuous Feed Printing System (以下、2800IJCCFPS) は、2011年7月、弊社が発表した、業界最高速レベルのバリエブル印字速度と、写真などをより実物に近く印字できる色調整機能を備えたカラーインクジェット連続紙ページプリンタ (連帳機) システムである。

従来、連続紙ページプリンタの用途は、公共料金やクレジットカードの請求書などの、可変データプリントが一般的であり、モノクロの文字などの高速印字が求められていた。しかし、近年、顧客一人一人に合わせた高付加価値印刷物の需要が急激に増加しており、顧客データベースに基づくパーソナル対応のカタログ、ダイレクトメール、フルカラーの請求明細書など、さまざまな形態のバリエブル印刷への対応が急務となっている。

この要求を満たす為に、2800IJCCFPS は開発された。本稿では、この 2800IJCCFPS を支える技術と、新たな市場の可能性について解説する。

2. 製品概要

2800IJCCFPS は、フルカラー両面で毎分 200m、A4 用紙換算なら毎分 2624 ページの印刷速度を有する。新開発のコントローラーにより、ページごとにデータが変わるバリエブルデータにおけるデータ変換処理スピードを高め、プリンタ本体の出力スピードを最大限に発揮できる。また、本体に色調整機能 (カラーマネージメントツール) を実装し、色調整の時間が大幅に節減でき、多種の用紙において、実物に近い写真や、読みやすく鮮明な文字や数字の出力が可能である。

図 1 に外観、表 1 に主な仕様を示す。



図 1: 2800 Inkjet Color Continuous Feed Printing System

表 1: 2800 Inkjet Color Continuous Feed Printing System の主な仕様

項目	内容
カラー対応	フルカラー
搭載フォント (PostScript*)	欧文170書体 日本語12書体 (リュウミン-L™、中ゴシックBBB™、太ミンA101™、太ゴB101™、じゅん101™、見出ゴMB31™、見出ミンMA31™、新ゴL™、新ゴM™、新ゴB™、平成明朝体™W3、平成角ゴシック体™W5)
ページ記述言語	Adobe® PostScript® 3™、 Adobe® PDF Version 1.7
インターフェイス	Ethernet:1000BASE-T
ネットワークプロトコル	TCP/IP (FTP, lpr)
CPU	インテル® Xeon® プロセッサー X5670 (2.93GHz, 6コア)
メモリー容量	254GB
記憶装置	ハードディスク装置:438GB+1,168GB×8 DVD Multiドライブ DVD-ROM: DVD-ROM/CD-ROM再生
プリント方式	ピエゾ式ドロップオンデマンド・インクジェット方式
解像度	600×600dpi
給紙容量	ロール紙1本*1
出力トレイ容量	ロール紙1本*2
連続プリント速度	2624ページ/分 *3 (A4カット紙換算、18インチ幅用紙に12インチ長でA4・2UP両面)
用紙サイズ	[非定形サイズ]幅152.4×520.7mm
用紙種類	特殊用紙: 上質紙 (64~157g/m ²) (連量55~135kg)、 再生紙 (64~157g/m ²) (連量55~135kg)、 インクジェットフォーム紙 (64~157g/m ²) (連量55~135kg)
大きさ	コントローラー:幅605×奥行1,000×高さ2,000mm 標準構成時: 幅7,500×奥行2,684×高さ2,650mm
設置スペース	幅9,500×奥行5,328mm
質量	11,017kg
電源*4	50Hz/60Hz共用: 3相3線 AC200V -5%/+10% 300A (定格) 3相3線 AC400V -5%/+5% 250A (定格)
消費電力	電流値 200V入力時:104kVA (印刷時) 電流値 400V入力時:140kVA (印刷時)
動作音*5	稼働時:82dB (A)以下

*1 最大給紙用紙径:1,270mm。

*2 最大巻取用紙径:1,285mm。

*3 プリントジョブにより若干の変動があります。

*4 200Vと400V入力は同時に必要。

*5 ドイツBG (Berufsgenossenschaften) 規格に基づいた測定。

3. 画質評価項目

2800IJCCFPS の大きな使用用途に、トランスプロモ (Transaction and Promotional →TransPromo) と呼ばれる、月次の請求書や利用明細書のドキュメン

トに取引情報とプロモーション広告を組み合わせる印刷し郵送する手法がある。この分野では、通常のオフィスプリンタ以上の高画質・高信頼性が望まれている。この要求を満たすため、2800IJCCF では、主に以下に示す画質評価項目を設け、画質設計、品質管理を実施している。表2に、主な画質評価項目を示す。

基本的にマーケティングエンジンに寄らず、共通の評価項目であるが、「裏抜け」や「滲み(Inter Color Bleed)」は、インクジェット特有の項目である。

表2：画質評価項目

大項目	中項目
基本特性	濃度・色再現域・裏抜け
	粒状性
	線品質
	色間にじみ(Inter Color Bleed)
画質欠陥	面内ムラ
	白スジ・黒スジ
システム品質	文字品質
	バーコード品質

3.1. 濃度・色再現域・裏抜け

濃度・色再現域・裏抜けの評価は、インク組成設計・滴量設計、システムとしてのインク総量設計に反映される。特に「裏抜け」については、両面印刷を基本とするトランスプロモ市場では、重要な要素となる。

図2に、印刷表面と印刷裏面の濃度及び判読性の関係を示す。印刷表面の濃度と裏抜けによる判読性を考慮した設計が必要である。Inkjet の場合、用紙種・用紙の坪量(連量)の違いで異なってくるので、用紙毎に特性を押えておく必要がある。

3.2. 粒状性

2800IJCCFPS では、大滴・中滴・小滴の3水準のインク滴量を用いており、粒状性評価は、主に小滴のインク滴量設計やスクリーン設計、インク滴着弾精度仕様決定の重要な指標の一つである。また、インクジェットでは、粒状感が画質に与える影響は大きく、総合的なプリント画質品質を決める大きな要素となる。

図3は、インク滴量毎の粒状性^{[1][2][3]}の違いを示した図である。このようにインク滴量やスクリーンの設

計時の指標の一つとして使用される。

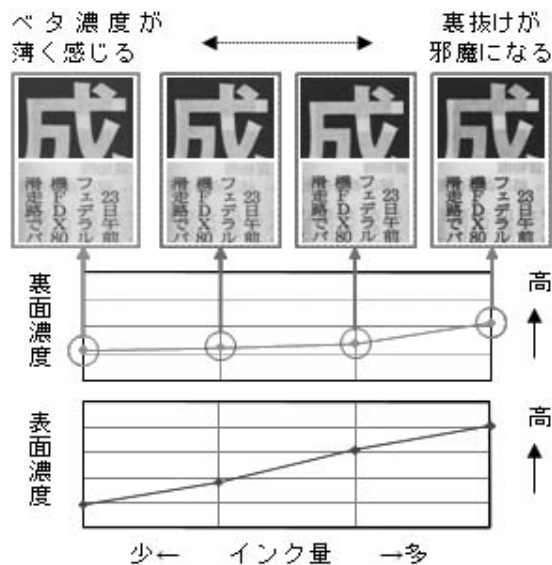


図2：表裏濃度と判読性の関係

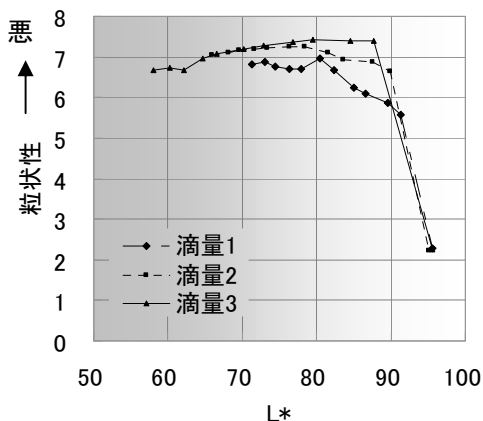


図3：インク滴量と粒状性の関係

3.3. 線品質

線品質の評価項目詳細としては、線濃度・線幅^[4]・縦横比・ラジッドネス^[5]が上げられる。特にラジッドネスは、線のエッジ品質(ギザギザ具合)の評価で、インク特性差が現れやすく、インク組成設計の指標の一つとなる。また、この線品質は、後述する文字品質・バーコード品質を左右する評価項目である。

3.4. 色間にじみ(Inter Color Bleed)

色間にじみとは、インクの乾燥（浸透）する前に異なる色のインクを隣接して印字することにより、インクが混色する現象である（図 4）。浸透性が遅いインクや浸透性に差があるインク同士では、現象が顕著になる。

高速のインクジェットプリンタでは、浸透性の速いインクと乾燥システムが併用されるので大きな問題となることは少ない。

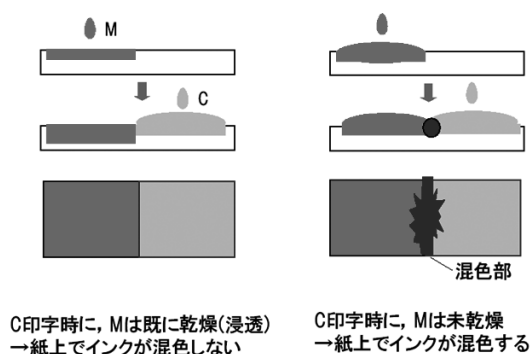


図 4： 色間にじみ (Inter Color Bleed)

3.5. 面内ムラ

用紙幅方向に複数ヘッドの組み合わせで印刷を行うシステムでは、ヘッド毎のインク吐出量バラつきにより、面内ムラが目立ちやすい。この場合、ヘッド間で急激に切り替わるため、かなり小さな濃度差でも目に付きやすくなる。

3.6. 白スジ・黒スジ

白スジ・黒スジは、ノズルからの吐出方向性悪化や不吐出により発生する。通常、吐出方向性悪化・不吐出を回復させるヘッドメンテナンス機能を備えており、白スジ・黒スジ発生時には回復動作を行うことになる。しかし、2800IJCCFPSのような連続紙ページプリンタでは、1JOBの間隔が長い場合が多く、1ロール分の方向性悪化・不吐出を発生させない信頼性を確保するのが望ましい。

スジ・ムラの評価に関しては、6章で新たに述べる。

3.7. 文字品質

文字品質について求められる項目として、可読性、各種フォントの再現性（識別）、縦構成・横構成文字の同一性があげられる。可読性については、狙いとする最小サイズの文字が認識可能であることが求められ、その為には（特に）潰れなき再現が必要となる。フォントの再現性（識別）、縦構成・横構成文字の同一性については、明朝・ゴシック文字再現が代表的な例としてあげられる。明朝文字はゴシック文字に比べて縦線と横線の太さの差が大きい事、とめ・はねを持つことを特徴としており、これらを忠実に再現する必要がある。また、文字の方向を変えてもこれらの特徴が同一に再現されることが求められる。

これらの項目を左右する要素として、前述した線品質項目である線濃度・線幅・縦横比・ラジッドネス^[6]・解像度があげられる。これらは、マーキングエンジンに関わらず求められる品質であるが、特に高速の Inkjet システムにおいては最適化設計が必要な性能である。

図 5 は、線幅縦横比の違いによる明朝文字の再現を示したものである。縦横比の悪いものは、明朝フォントの特徴である縦線と横線の太さの差が小さくなっており、また、横構成と縦構成とで印象が異なる再現となっている。

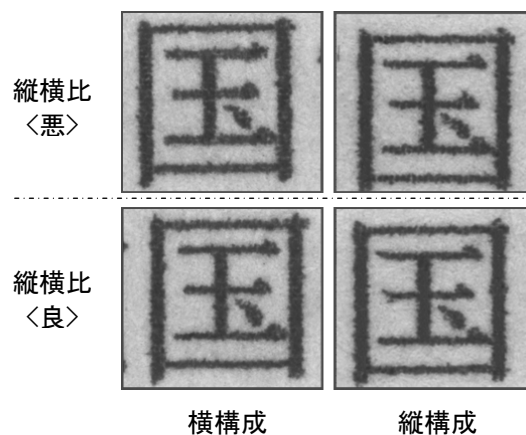


図 5： 縦横比の違いによる文字再現

3.8. バーコード品質

バーコードの品質は、2800IJCCFPS のターゲットとしているトランスプロモ市場では、重要な品質項目となる。また、バーコード以外にも、QR コード*やSP コード等の2次元コードも一般に広く使用されており、品質確認が必要となる。

バーコードには様々な種類があり、それぞれで黒バー/白スペースの規格が異なる。特にコンビニエンスストアの代理収納システムで使用されている「GS1-128 (UCC/EAN128)」^[7]

は、高密度な配置となっており、マーキングエンジンを問わず、再現が厳しいコードの一つである。

GS1-128 の場合、1 キャラクタは3 セットの黒バー/白スペースで構成されており、読み取り品質で重要な要素となるのは、黒バー3 本の線幅の合計及びエッジ間距離、黒バー/白バーのコントラストである。特にインクジェットの場合、潰れ気味の傾向があり、白バー部分のコントラストを確保する設計が重要となってくる。

*QR コードは(株)デンソーウェーブの登録商標です。

4. カラーマネジメント

2800IJCCFPS で印刷されるドキュメントは、各種請求書、利用明細書、広告に含まれる、文字、写真、グラデーションやCG 画像等、多種多様である。これらを多種の用紙に、好ましく、美しく印刷するために、弊社独自のカラーマネジメント技術を導入している。

4.1. 色変換フロー

2800IJCCFPS における色変換フローを図6 に示す。入稿データ(色空間: RGB, CMYK, Gray)は、クライアント PC から2800IJCCFPS コントローラーに送られ、その中の色変換モジュールで色変換が実施され、Printer である2800 Inkjet Color Continuous Feed へと送られる。色変換モジュールはカラーリソース管理部を参照し、入力データに添付されている印刷ターゲット(ICC Profile^[8])または色変換モジュール上で設定さ

れたカラーモードに対応する色変換テーブルを読み込み、入力データの色変換を実施する。カラーリソースは、後述する弊社で独自開発したカラーリソース作成機能を用いて作成することもできる。

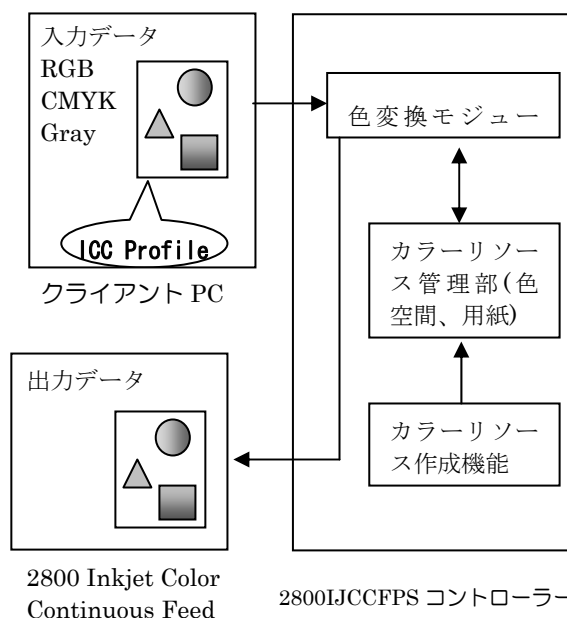


図6：色変換フロー

4.2. カラーモード

カラーモードは、以下に示す3種類のCMYKのインクシミュレーションモードを用意している。

1. T O 1 (デフォルト)、
2. E U
3. U S

T O 1 モードは一般的な印刷再現を想定した色再現を提供し、E U モードでは欧州印刷向け、U S モードでは米国印刷向けを意識した色再現を提供する。個別の印刷ターゲットに対応するカラーモードの作成は、カラーリソース作成機能で追加作成できる。

R G B は色再現のインテントとして、

1. 標準モード(デフォルト)
2. 写真モード
3. プレゼンモード

の3種類を用意している。標準モードでは、写真やグラフィックスの混在した文書において、いずれの画像も鮮やか、かつ自然な色合いで出力する。写真モードは、標準モードと比較して、写真の再現が好ましく再現されることを重視した色再現で出力し、プレゼンモ

ードではグラフィックス文書の再現がより鮮やかに好ましく再現される。

弊社独自の色変換技術により、プリンタが持つ色再現域を最大限に活用するとともに、好ましい色再現となる色変換技術を追求することで、写真やグラフィックスの混在した文書においても、鮮やか、かつ自然に出力することを可能とした。

表 3: カラーモード

CMYK設定		
シミュレーション	インテント	色空間
インクシミュレーション	知覚、彩度、相対、絶対	T01
	知覚、彩度、相対、絶対	EU
	知覚、彩度、相対、絶対	US
デバイス	-	-

RGB設定		
シミュレーション	インテント	色空間
シミュレーション	標準、写真、プレゼン	sRGB
デバイス	-	-

4.3. カラーリソース作成機能

連続紙ページプリンタの市場では、出力物の用途によってさまざまな用紙が使用される。用紙の種類は国、地域、会社および業種などによりそれぞれ異なるケースが多い。インクジェットの特性として、色再現は用紙による変動が大きく、異なる用紙に対して同一の色変換パラメータでは色再現がまったく変わってくる。そのため、用紙が異なった場合でも安定した色再現を実現するために、カラーリソース生成機能を搭載した。用紙に対応するカラーリソースを作成することにより、用紙間の色再現一貫性を保ちつつ、鮮やかにかつ好ましい色再現を実現することが可能となった。

図 7 にカラーリソース生成の流れを示す。

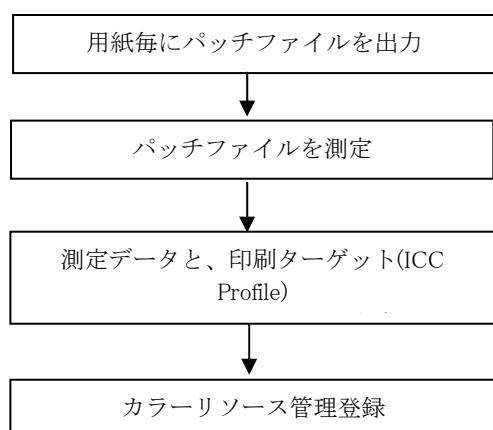


図 7: カラーリソース作成の流れ

また、カラーリソース作成機能は印刷ターゲットとなる ICC Profile の読み込みが可能である。標準で用意されている T01、EU、US 以外の印刷ターゲットと用紙情報の両方を設定し、カラーリソースを作成することにより、印刷ターゲットと用紙の組み合わせに対しても、最適な色再現を実現することが可能である。

5. ハーフトーン技術

2800IJCCFPS では、印字解像度 600dpi で、各画素のインク滴量を滴無/小滴/中滴/大滴の 4 値で制御している。ハーフトーン処理は高速インクジェット機であるため、演算量の多い（周辺画素の量子化誤差の拡散演算）誤差拡散方式ではなく、演算量が少なく（画素毎の比較演算）高速処理が可能なディザ法を用い、独自に開発した分散ドットハーフトーンマスク^[9]をベースに、マーキングエンジンの特性に応じて最適化をはかっている。

前記分散ドットハーフトーンマスクは、空間領域で作用するエネルギー尺度を用いて、ハイライトから順に最小エネルギー状態になるように閾値を割り当てている。エネルギーは各点において数学的に定義された反発力の総和であって、任意の分散密度において、エネルギーが低いほど分散性（均一性）が良く歪みが少ないという性質が保証されている。単純な積み上げ式のマスク生成法で高画質が達成可能であり、また後述するような制約条件を設けても分散性が低下しにくい。マスク生成順概要：

1. W×Hマトリクスを準備
2. エネルギー最小の点から順次通し番号を与える（0～WH-1まで）
3. 得られたマスクの通し番号を最終的な閾値に変換

図 8 に、1 例として、上記行程 2 で、通し番号 23 まで決定した段階で、最小エネルギー点に通し番号 24 を与える概念図を示す。

幾何的に理想的な分散パターン（粒状感が良いパターン）は前記方式で保証されるが、マーキングエンジ

ンの特性により、スジが目立ちやすい方向と目立ちにくい方向がある。スジを目立たなくするために、前記分散ドットハーフトーンマスク生成過程において、スジと直交方向にドットが接触しやすくなるような制御を行う。すなわち、「通し番号を付与済みの画素が所定方向に所定量存在する」という条件を満たす点の中からエネルギー最小点を選択し、次の通し番号を与える。このような方向制御により、粒状感とスジ低減を両立する分散ドットハーフトーンマスクが生成される。

上記方法で生成した分散ドットハーフトーンマスクによるハーフトーンの例を図9、10に示す。図9は方向制御しない場合、図11は左右方向に方向制御した場合の結果を表している。

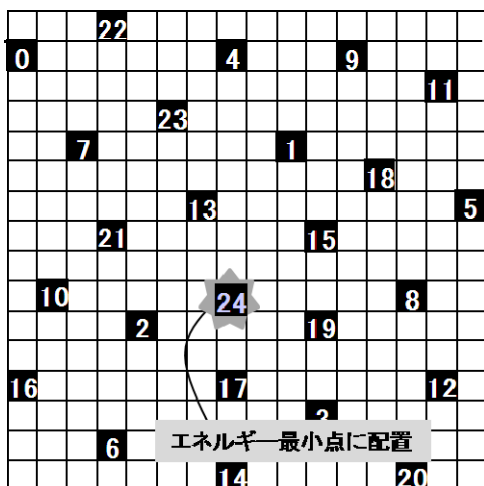


図8: 本分散ドットマスクにおける画素選択例(24番目)

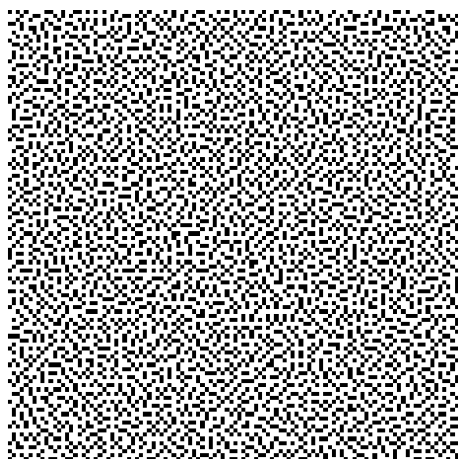


図9: 分散ドットハーフトーン例

基本的な分散ドットハーフトーンマスクが決まったから、これを用いて、256階調データを4値(滴無/小滴/中滴/大滴)に量子化(4値ハーフトーン化)する。

まず、各滴の濃度特性、滴混合による粒状性とスジの視認性を評価し、階調データに対する各滴の出現率のテーブルを設定する。

次に、各階調データにおける各滴の出現率とそのテーブルと合致するように、ハーフトーンマスクの値を変更し割り振る。

最後に、入力階調データに対して、プリント出力の濃度特性が所望のものとなるように、1次元の変換テーブルを作成する。

出力時には、そのテーブルで階調データを変更後、ハーフトーン化することで、所望の濃度特性のプリント出力が得られることになる。

6. スジムラ評価指標

2800IJCCFPSのようなインクジェット連続紙ページプリンタでは、1パス出力を行っており、用紙搬送方向のスジムラが大きな画質劣化として視認されやすい傾向がある。ゆえに、2800IJCCFPSでは、スジムラに関して、厳しく画質管理を行っている。本章ではその解説を行う。

スジムラは、以下の3つに大別できる。

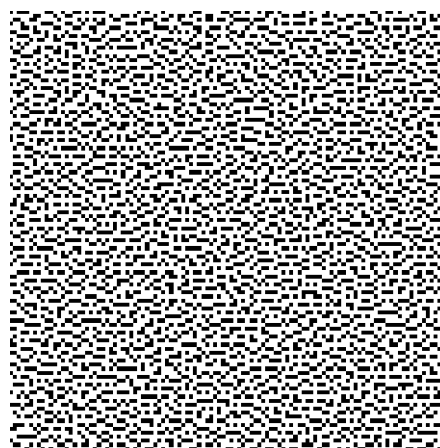


図10: 方向制御した分散ドットハーフトーン例

6.1. 短周期スジ

1 mm 以下の周期のスジで、インク滴量・着弾精度のばらつきから生ずるランダム周期スジや、2次元のノズル配置の構造から生ずる規則的なスジがある。2800IJCCFPS のような高速インクジェットプリンタでは、浸透の速いインクが用いられるため、滲みにより、ばらつきによるランダムなスジの視認性がうすれ、規則的なスジが目立つことが多い。

上記のような、比較的高周波なスジの評価を目視で行うと個人差が大きく、測定器を用いた定量化が望ましい。図 11 に測定構成例を示す。まず、ハーフトーン画像等のスジが視認しやすいサンプルをスキャナ等の測定器にて、例えば L*a*b*値あるいは濃度信号などの変動を測定し (①)、FFT 解析により筋の発生周期ピッチ (②) を算出する。測定結果に③に示すような視覚フィルタを乗算して、目視評価と一致するように Grade 値算出を行う。

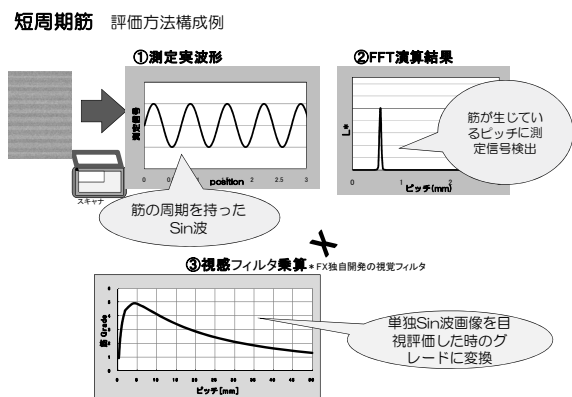


図 11 : 短周期スジ評価構成例

6.2. 長周期スジムラ

一般に、インクジェット連続紙ページプリンタに用いられる長尺ヘッドは、いくつかのヘッドを主操作方向に繋いで製造されており、そのヘッド間での滴量のばらつきや、ヘッド内でのなだらかな滴量の変化により、上記短周期スジよりも長周期のスジムラが視認される。

評価には Grade 見本を用いる。上述したように長周期スジムラは上記ハード構成に依存することが多いた

め、評価 Grade 見本もヘッドのハード構成に則して作成することが望まれる。以下に Grade 見本作成の流れの一例を示す。まずスキャナなどの測定器で長周期スジムラが発生しているサンプルの測定信号 (例えば濃度変動) を取得する。得られた濃度信号の周期に基づき、振幅 (コントラスト) を変動させた画像を Grade 見本として出力する。この際、実サンプルと見た目が一致するように、同じ色空間であることと、背景の粒状の差により筋の見た目が変わらないように、実サンプルと同等のノイズを加える必要がある。

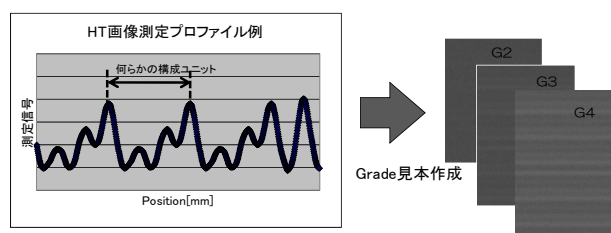


図 12 : 長周期スジムラ Grade 見本作成例

6.3. 白スジ

一般に、インクジェット連続紙ページプリンタは1パス記録方式であり、家庭用インクジェットプリンタのように、複数回の走査による1ラインの多ノズル出力化が出来ないため、出力ノズルの不吐出・吐出不良に起因するドット抜けによる白スジは大きな画質劣化要因となる。

評価には Grade 見本を用いる。Grade 見本は、ハーフトーン画像上にコントラストを変動させた白抜けを作成し、出力する。長周期スジ見本と同様に色身と粒状性を一致させる必要がある。

7. 製品としての特徴・魅力

7.1. セリングポイント

2800IJCCFPS の製品としてのセリングポイントは、以下の7点である。

- ① 200m/分(A4換算2,624ページ/分)の超高速フルカラー出力

- ② 高速・高画質を実現するコントローラー
- ③ 「両面印刷システム」クラス最小の設置スペース 19m² (装置サイズ)
(2011年7月時)
- ④ 色合わせ時間を短縮する色調整機能の提供
- ⑤ 操作性に優れたユーザーインターフェイス (図13)
- ⑥ アップグレード可能なシステム構成
【100mモデルから200mモデルへ】
- ⑦ スペシャリストによる的確で素早い保守サービス (図14)

■操作性に優れたタッチパネルの採用により、プリンターの状態、ジョブの状態、プリンターの管理等が直観的に把握でき、オペレーション効率を最大化

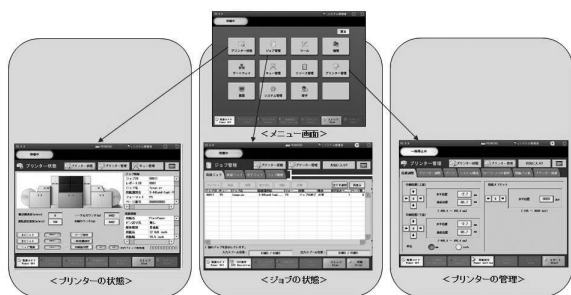


図13：ユーザーインターフェイス例

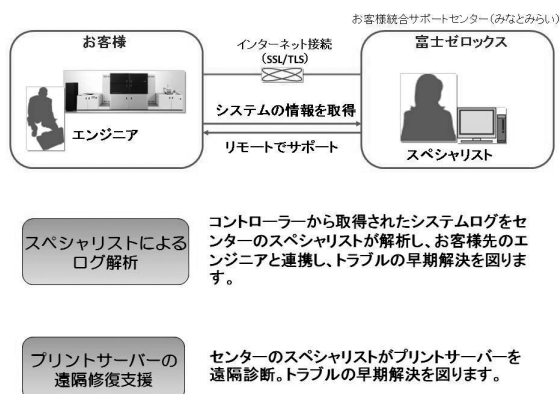


図14：プロダクションリモートサービス

7.2. お客様の声とプロダクション事業の拡大

弊社が、日頃からお付き合いを頂いてるお客様からうかがった開発商品に対する声として、

- ・印刷機の再編
- ・用紙のフルカラー化
- ・生産納期短縮とTCO削減
- ・業務量によってアップグレード可能な柔軟構成

等のご意見・ご要望を頂いている。本稿で説明した2800IJCCFPSは、その声にお応えできるよう開発を進めてきた。

今後、弊社カラープロダクション分野において2800IJCCFPSを投入することで、さらにラインアップの強化を図る。弊社プロダクションプリンタをご利用頂くお客様の事業成長に貢献するとともに、プロダクションプリンティングのパイオニアとして、印刷物をご利用頂くお客様への価値提供も高めていけるよう努めていく。

高速・高画質・低価格の実現による 新たなプロダクションサービス事業領域への参入

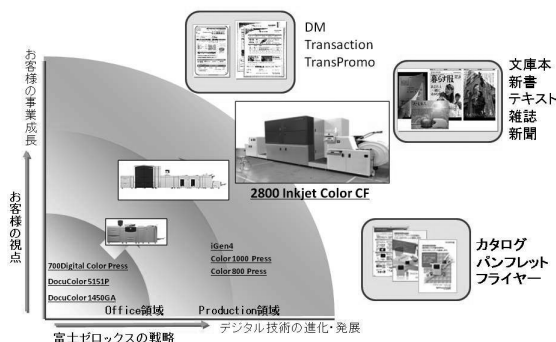


図15：プロダクションサービス事業の拡大

8. おわりに

弊社はプロダクションサービス事業を30年にわたり展開し、デジタルプリンティング市場をリーディングしてきた。デジタルプリンティング商品では、1978年のコンピュータプリンティングシステムや1993年のDocuTech135から始まり、2000年以降は、カラーPOD機、高速モノクロ連帳機、iGen3、高速カラー連帳機、クリアトナー搭載のColor1000 Press、そして、高速カラーインクジェット連続紙ページプリンタの2800IJCCFPSを市場導入した。

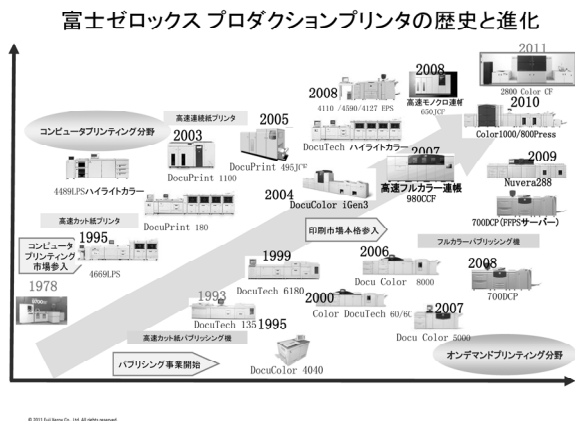


図 16 : プロダクションプリンタの歴史

今後も、2800 Inkjet Color Continuous Feed Printing System に対するお客様の声に真摯に耳を傾け、更なるお客様価値の提供と高い品質を目指して、商品開発を進めていきたい。

尚、本稿は、第 113 回日本画像学会技術研究会(2012 年 2 月)予稿集 に掲載した内容を転記したものであり、この著作権は日本画像学会が有している。

参考文献

[1] 廣瀬 吉嗣: カラーハードコピーにおける画像ノイズ知覚特性, 富士ゼロックステクニカルレポート No. 8, pp. 21-28 (1993)

[2] 安部 純 他: ミクロ測色によるカラー画像ノイズスペクトルに対する心理的重み係数の推定, Japan Hardcopy '99, pp. 295-298 (1999)

[3] 稲垣 敏彦他: カラー画像ノイズ予測モデル, Imaging Conference Japan 2007 論文集, pp. 167-170 (2007)

[4] 電子写真学会技術委員会第一部会(稲垣 敏彦他): ハードコピーにおける線幅測定方法, 電子写真学会誌 31-3, pp. 91-104 (1992)

[5] R. M. Springer, J. R. Hamerly: Raggedness of Edges, J. of Soc. Am. 71-3, pp. 285-288 (1981)

[6] C. A. Dvorak, J. R. Hamerly: Text Sharpness, Its Components and Text Quality, J. Appl. Photogr. Eng., 9-3, pp. 109-111 (1983)

[7] JIS X0504 バーコードシンボルコード 128-基本仕様

[8] ISO136600, Information Technology- Office Equipment-Measurement of Image Quality Attributes for Hardcopy Output- Binary Monochrome Text and Graphic Images (1996)

[9] K. Ishizaka: New spatial measure for dispersed-dot halftoning assuring good point distribution in any density, IEEE Trans. Image. Proc., 18(9), (2009), 2030--2047

禁 無 断 転 載

2011年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」“IV—3”部

発行 2012年4月

一般社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA)

技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋三丁目 25 番 33 号 NP 御成門ビル

電話 03-5472-1101(代表) / FAX 03-5472-2511