

# PP市場における画像処理技術

— オフセット印刷画質を目指して —

Image Processing Technologies: Targeting Offset Printing Quality

鷲尾 宏 司*	源 田 大 輔*	大 川 三 江 子*
Koji WASHIO	Daisuke GENDA	Mieko OOKAWA
大 木 亮**	吉 澤 将 則*	
Makoto OOKI	Masanori YOSHIZAWA	

## 要旨

PP (Production Print) 市場においては過去数十年に亘り、オフセット印刷が技術の主流であった。そのためPP市場に参入する新たな印刷システムにはオフセット印刷同等の品質が望まれる。我々は、オフセット印刷の画質を目指して以下の5つの画像処理技術を開発し、EP (Electrophotography) デジタル印刷機である bizhub PRESS C8000 に導入し、良好な結果を得たので報告する。

- ・ 解像度を向上させる画像圧縮技術
- ・ 文字品質を向上させる細線化技術
- ・ 面内均一性を向上させる濃度バランス調整技術
- ・ 色の安定性を向上させる出力紙濃度調整技術
- ・ 粒状性を減少させるデジタルハーフトニング技術

## Abstract

In the PP (production printing) market, offset printing systems have been in the mainstream for the past several decades, and any new printing system that enters the PP market must offer at least the same quality as that of current offset printers. We developed the following five image processing technologies targeting offset print quality, and we incorporated them into bizhub PRESS C8000, an EP (electrophotography) digital printer with good results:

- Image compression technology that improves resolution,
- Character slimming technology that improves character quality,
- Density balance adjustment technology that improves density uniformity,
- Output paper density adjustment technology that improves color stability, and
- Digital halftoning technology that reduces graininess

## 1 はじめに

PP市場は、日本、米国、欧州の3市場を合わせると30兆円を超える市場規模を持つ。その大部分は長い間オフセット印刷機によって賄われてきた。しかしながら近年ではクライアントの要望が多様化し、用途に応じて異なる印刷機が用いられるようになってきた。EPデジタル印刷機はバリエーション対応、小ロット印刷対応、短納期などの強みを発揮し、PP市場でのシェアを年々伸ばしている。オフセット印刷機の主たる強みは大量印刷時の低コストと高画質、紙種の対応の広さであるが、もしこれらの強みをEPデジタル印刷機が取り込むことができれば加速的なシェア拡大を期待できる。我々はEPデジタル印刷機の画質をオフセット印刷機のレベルに引き上げることを目標とし、新たに高画質化のための5つの画像処理技術を開発し、それらを自社の製品である bizhub PRESS C8000 に導入した。

## 2 画像圧縮

bizhub PRESS C8000のプリント解像度は、オフセット印刷に迫る高画質・高精細出力を実現するため、従来機である bizhub PRO C6501の600dpiから1200dpiに進化した。1200dpiのプリント解像度を生かすため、プリントコントローラーのリッピング(以降RIPと呼ぶ)解像度も600dpiから1200dpiに向上させた。

bizhub PRESS C8000は画像処理をプリントコントローラーとプリントエンジンで分担している。Fig. 1に画像処理フローを示す。

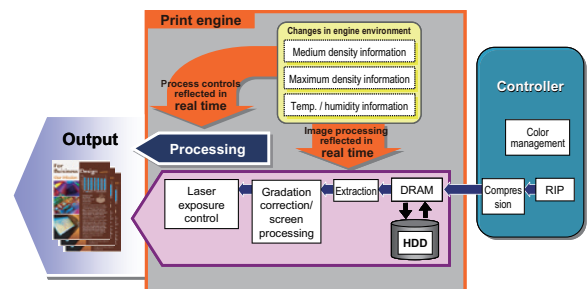


Fig. 1 Dataflow of bizhub PRESS C8000.

\* 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 PP HW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 第1オフィスSW開発部

プリントコントローラーの画像処理は主にRIPとカラーマネジメントであり、プリントエンジンの画像処理

は本稿でも述べるスクリーン処理、階調補正、濃度バランス調整、細線化等があり、これらはプリントエンジン内の作像プロセスと協調した処理である。プリントエンジン側で各種の画像処理を行うため、コントローラーでRIPされた1200dpi/8bitの画像データをプリントエンジンに転送する仕組みが必要であるが、600dpiと比べて4倍ものデータ量を転送する必要がある。そこで、bizhub PRESS C8000では新規に画像圧縮技術を開発し、プリントコントローラー側で画像圧縮、プリントエンジン側で画像伸長という構成とした。

bizhub PRESS C8000における画像圧縮の要件は、①画像データに因らず80枚/分(A4ヨコ)の生産性を実現すること、②エンジン側でのジョブ編集に効率よく対応するため圧縮状態で画像データを編集(面付けや回転)可能なことである。これらの要件に対応するため、画像データの圧縮に固定長圧縮方式(圧縮率が一定)を採用した。開発した圧縮技術は1200dpiの複数画素で構成される矩形領域を1ブロックとしたブロック単位の処理であり、ブロック内における画像の特徴に応じてブロックごとに圧縮方法を変更する。また、ブロックごとに属性情報を参照し、文字や線画等の高解像度を必要とするデータ部分と、写真画等の高解像度を必要としないが階調性を重視する部分の圧縮方法を変更する。これにより1200dpi化によるコントローラーとエンジン間の伝送帯域の増加を抑え、解像度向上による画質向上とコスト増加の抑制を実現した。

Fig. 2に1200dpi処理による画質改善効果を示す。6pt(2mm height)文字をbizhub PRESS C8000及びbizhub PRO C6501において出力した結果を比較すると、bizhub PRESS C8000の1200dpiのRIP出力は600dpiのRIP出力に比べて文字再現性が明らかに改善されたことが確認できる。



(a) 1200dpi (C8000) (b) 600dpi (C6501)

Fig. 2 Character quality with 600dpi and 1200dpi processing.

### 3 細線化

一般に、EPデジタル印刷はオフセット印刷に比べて文字が太いと言われている。Fig. 3にEPデジタル印刷の自社機及び他社機とオフセット印刷機における、K100%の濃度と線幅との関係(自社調査)を示す。コート紙上に1200dpiで8画素幅の線(理論値25.4mm/1200dpi×8画素≒169μm)を描き、それをISO/IEC 24790の測定

方法に準じて測定した。横軸が線幅であり、縦軸には最大濃度を示した。他社EPデジタル印刷機のグループは赤い丸で囲んだ部分であり、中央値は217μmであった。これに対して、緑の丸で囲んだ部分がオフセット印刷のグループであり、その中央値は180μmであった。仮にこれが各機械の印刷の実力であるとした場合に、オフセット印刷とEPデジタル印刷の間には実に40μm近い隔りがあることが分かる。また、青い丸で囲まれた部分は自社のEPデジタル印刷機のグループであり、他のグループに比べて最大濃度が0.2程度高めである。また、これら3つのグループの分布から、濃度が上がるにつれて線幅も太くなる傾向が見られる。自社機は濃度が高めである分、線幅も太めである。

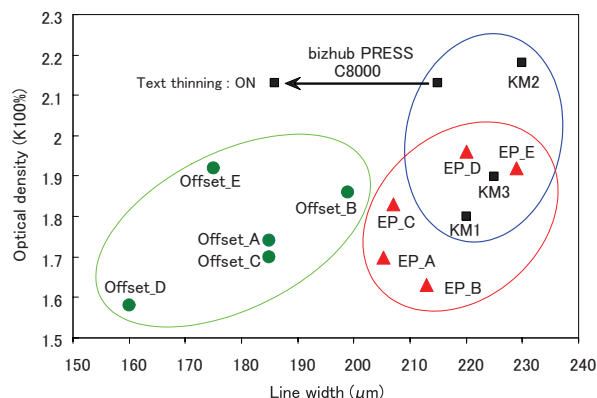


Fig. 3 Relation between line width (1200dpi, 8dot) and density in offset printing and EP digital printing. Green: offset, Red: EP digital, Blue: Konica Minolta EP digital.

文字が太る原因としては、感光体を露光する際のボケ、あるいは転写プロセスによるトナー像のつぶれなどが考えられる。しかしながら、このような現象を改善するために構成部品の性能を向上させると直接的にコストアップになる。また、一般に文字を細くする効果的な方法として印刷濃度を一律に下げることが知られているが、画像全体の濃度を下げると色再現性や安定性など画質の他の要素に悪影響を及ぼしてしまう。そこで文字や線画の輪郭部分の印刷濃度だけを下げることによって、画像全体の濃度を変えずに文字だけを細くする細線化技術を開発した。

以下に細線化の処理ステップを説明する(Fig. 4)。

- ①微分フィルタでエッジを抽出し、エッジを境に高濃度側を前景、低濃度側を背景と区別する。
- ②前景側のエッジを処理対象画素とし、前景画素値と背景画素値を使った比率演算を行って前景画素の画素値を変更する。

前景の画素値を $P_f$ 、背景の画素値を $P_b$ 、細線化の強さを示すパラメータを $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) とすると、細線化後のエッジの画素値 $P_e$ は以下ようになる。

$$P_e = P_f \times (1 - \alpha) + P_b \times \alpha$$

ここで比率 $\alpha$ を最大にすれば、線の両側の画素値が完全に背景の画素値と入れ替わり、 $21\mu\text{m}\times 2$ 画素(両端) =  $42\mu\text{m}$ 細くなることが期待できる。

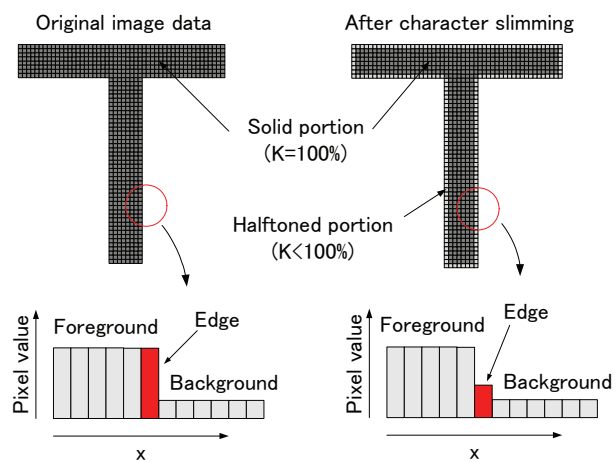


Fig. 4 Illustration of character slimming process.

Fig. 3の矢印線で結ばれた2つの黒いプロットは、bizhub PRESS C8000において細線化をかけた際の線幅の変化を示している。bizhub PRESS C8000では約 $30\mu\text{m}$ 線幅を下げる事ができた。K100%の濃度はそのまま線幅はオフセット印刷機のグループに入れるレベルである。

Fig. 5に bizhub PRESS C8000で出力した6ptの明朝体フォント文字を示す。左側が通常、右側は細線化を施したものである。



Fig. 5 Effect of character slimming process on bizhub PRESS C8000.

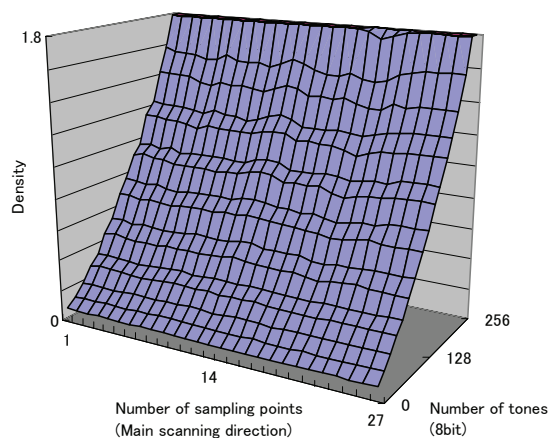
以上、K100%の文字に対しての細線化について説明したが、細線化はK100%の文字だけでなく、YMCKそれぞれの色において100%以下の文字や線画に対しても適用できる。さらに、細線化は文字のかすれを防止するために細線を検出して細線化の強さを加減する機能も搭載している。

#### 4 濃度バランス調整

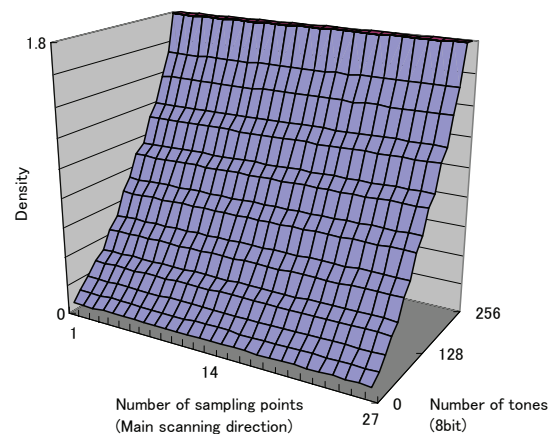
EPデジタル印刷機で印刷された原稿面内には、濃度の微妙な変化(濃度ムラ)が発生することがある。要因として、ビームスポットの変動や、レーザー光学装置のレンズ性能、レーザーの温度特性などが挙げられる。濃度

ムラは主走査と副走査に両方発生するが、主にレーザーのスキャン方向である主走査(水平)方向に強く濃度ムラが発生する。我々は原稿面内の主走査(水平)方向の濃度ムラを補正するために濃度バランス調整技術を開発した。この技術により、bizhub PRESS C8000では、主走査方向において階調毎に異なる濃度ムラにおいて高速かつ高精度に補正が可能になった。

濃度ムラはスクリーンや紙種によってその傾向が大きく変わる。そのため bizhub PRESS C8000では、スクリーン、紙種情報と共に補正值を記録し、スクリーン、紙種情報に応じた最適な補正が行えるように対応している。



(a) Before density balance adjustment



(b) After density balance adjustment

Fig. 6 Colorimetric data.

以下に濃度バランス調整の処理ステップを説明する。

- ①測定用チャートを印刷する。測定用チャートには主走査方向に伸びた帯状パターンが色別(YMCK)、階調別に配置されている。
- ②測定用チャートを測色計で測色し、測色データをUSBメモリを介してプリントエンジンに転送する。
- ③測色データに基づいて主走査方向に複数点×複数階調分の補正值を得る。これを出力条件とともに保持する。

④プリント時には画像位置と階調レベルに応じて補間演算によって画素毎に補正值を求め、元の画素値に加算する。

尚、主走査方向複数点×複数階調の補正值は手動で入力、修正することもできる。

Fig. 6 (a)に補正前に測定用チャートを測定して得られた測色データを示す。横軸は主走査方向における27点のサンプリングポイント（間隔は約1cm）、縦軸は階調を8bitで示した値、高さ軸はそれらに該当するパッチの測定濃度である。グラフ中の青の曲面の横線が水平な状態から離れるほど濃度ムラが大きいことを示している。Fig. 6 (b)に補正後に出力した測定用チャートを測定して得られた測色データを示す。横線がほぼ水平になったことから主走査方向の濃度ムラが補正できていることが分かる。

さらに、Fig. 7にK単色の階調毎における補正前後の最大色差を示す。

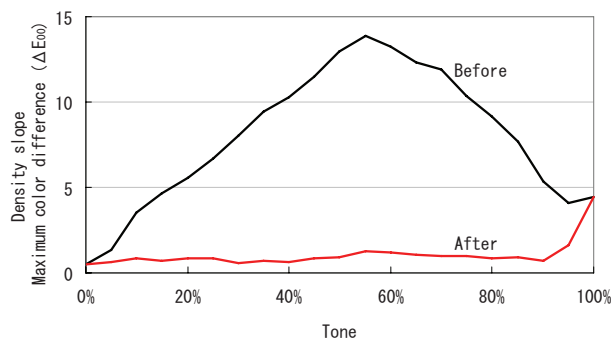


Fig. 7 Adjusting precision of density balancing.

横軸は階調（網点%）、縦軸は補正前後の最大色差である。黒線が補正前、赤線が補正後を示す。効果を確認するために条件として意図的に大きく濃度ムラを発生させた機械を使用した。濃度バランス調整により主走査方向の濃度ムラが大きく改善していることが分かる。

## 5 出力紙濃度調整

従来機のプリント階調補正は、Fig. 8に示すように中間転写ベルト上に生成されたパッチパターンを光センサにて読み取り、補正を行うものであった（以降IDCセンサと呼ぶ）。この場合、補正は転写・定着部の変動には追従できず、最終的な印刷物が所望の補正結果とならない場合があった。また、紙種が変更された場合もその転写・定着特性は変化するが、これにも対応できていなかった。

この問題に対してbizhub PRESS C8000では、出力用紙上に印刷したパッチパターンを光センサ（以降出力紙センサと呼ぶ）にて読み取ることにより、転写・定着部の変動や紙種の違いが反映された、より精度の高い階調補正を行うことが可能なシステムとなっている。

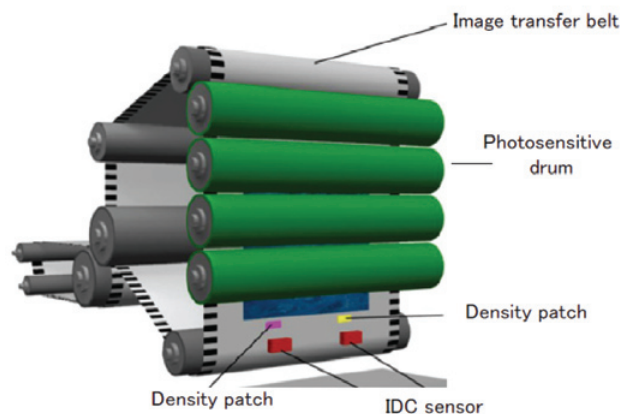


Fig. 8 IDC sensor system.

出力紙センサの構成をFig. 9左に示す。センサはLED単色光源を用いており、紙面からの散乱光をフォトダイオードにて受光し、パッチ濃度を検出する。このセンサがYMCK色毎に4つ搭載されて、全体のセンサが構成されている。

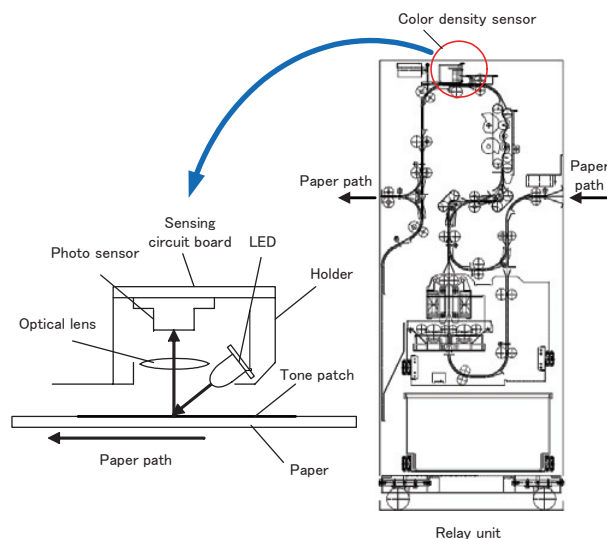


Fig. 9 Color density sensor and relay unit.

出力紙センサはFig. 9右に示すように、bizhub PRESS C8000プリントエンジンの出口に取り付けられる搬送ユニットの上部に装着されている。予め設定された補正タイミングになると、規定のパッチパターンが印刷されたチャートが出力され、出力紙センサはこのチャートのパッチパターンを読み取り、プリントエンジンに測定データを送信する。

プリントエンジンは測定データに基づいて、階調補正カーブを作成する。一般にIDCセンサで作成した階調補正カーブは、スクリーンの種類によってその特性が異なるため、スクリーン毎に補正カーブを持つ。一方、出力紙センサで作成した階調補正カーブは紙面上のパッチを読み取っていることから、スクリーンと紙種の組み合わせ毎に保持する。

bizhub PRESS C8000では、ユーザーが任意のタイミングで補正を行う手動調整と、一定の出力枚数間隔で自動的に補正を行う自動調整モードの2種類があり、ユーザーが選択可能となっている。

Fig. 10-1 に IDC センサ補正と、出力紙センサ補正のプリンタ階調補正の精度比較結果を示す。縦軸は印刷開始時の出力に対する色差、横軸は出力の経過時間である。この実験では、ノイズとして使用環境の湿度・温度の変動を加えているが、黒線の IDC センサ補正に比較して赤線の出力紙センサ補正の方が色差の変動が少なく、より安定性が高いことが分かる。

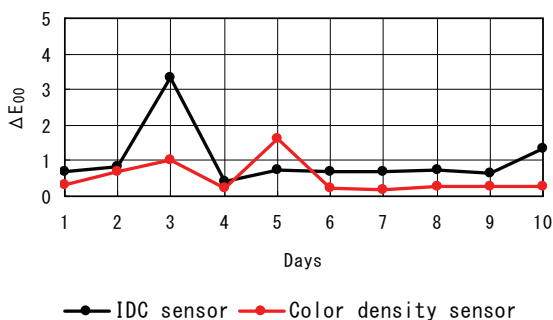


Fig. 10-1 Comparison of color stability of IDC sensor and color density sensor over various paper types.

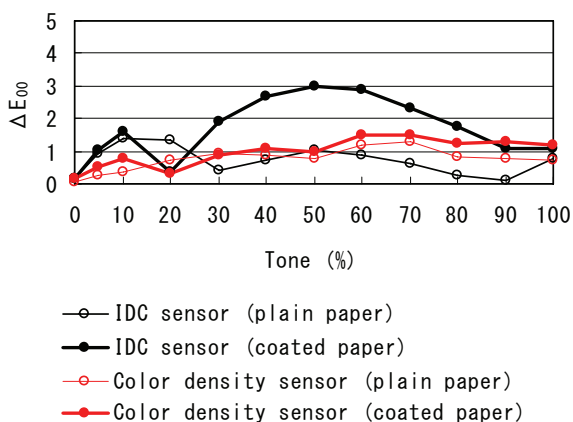


Fig. 10-2 Comparison of color stability of IDC sensor and color density sensor over time.

続いて Fig. 10-2 にプリンタ階調補正の実験結果を示す。縦軸は理想とするプリンタ階調補正值に対する色差  $\Delta E_{00}$ 、横軸は入力階調であり、コート紙と普通紙の2種類の紙種での階調精度を確認した。IDC センサでの補正では、コート紙の色差 (太い黒線) と普通紙の色差 (細い黒線) が大きく異なっているため、紙種に依存していることが分かる。これに対して出力紙センサ補正では紙種が違っていてもほぼ同様の色差 (太い赤線と細い赤線) になっており、紙種に依存していないことが分かる。

以上、このシステムにより、環境の変動や紙種の違いなどに左右されない、安定した階調再現を実現できた。

## 6 デジタルハーフトニング

bizhub PRESS C8000 は階調性・粒状性 (ノイズ感) に関してもオフセット印刷の品質に迫る必要があり、これを目的として、bizhub PRESS C8000 エンジン の性能を最大限に引き出すハーフトンスクリーンの開発を行った。

### 6.1 階調性向上技術

bizhub PRESS C8000 ではスクリーンドットを構成する画素が 1200dpi 多値データを出力するマルチレベルスクリーンを採用しており、これらの画素群をコントロールすることでスクリーンドット 1 個における階調表現能力を広げている。さらに、スクリーンを構成する各ドットに優先順位を設けて異なるタイミングでドットを成長させるクラスタリング処理を採用している (Fig. 11)。

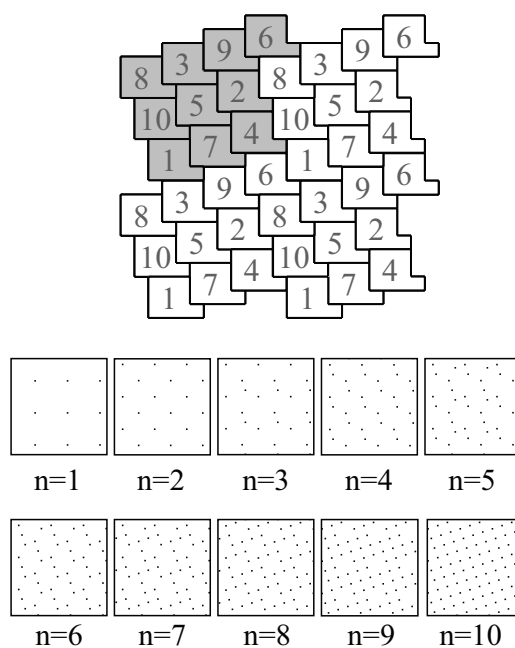


Fig. 11 An example of clustering.

これによって各ドットで不足する階調を他のドットで補うことができる。スクリーンの成長方法以外にも、スクリーン処理を行う際の入力階調は 10bit データを採用し、プリントコントローラーから入力される画像データの階調を十分再現可能な有効階調数を実現している。

### 6.2 粒状性向上技術

好ましい粒状性を得るためには、スクリーンドットが円形に近く、大きさが揃っていることが好ましい。bizhub PRESS C8000 は bizhub PRO C6501 の 600dpi に対し 1200dpi の高解像度出力が可能になったため、より真円に近い形状のスクリーンを設計できるようになった。

また、クラスタリング処理を利用することはスクリーンドットの大きさの不揃いを招き、粒状性を犠牲にす

ることになる。さらに、クラスタリング処理は低周波で繰り返される処理であるため、本来のスクリーン線数よりも低周波のパターンが発生し、粒状感の悪化を招く。bizhub PRESS C8000では1200dpi多値で構成される画素をフルに活用して、クラスタリングによって発生するドットの大きさのばらつきを最小限に抑制し、粒状性とのトレードオフの関係を克服する技術を開発した。EPプロセスの特性に最適なスクリーンを設計することで、Fig. 12に示すようなオフセット印刷の品質に迫る網点を実現することができた。

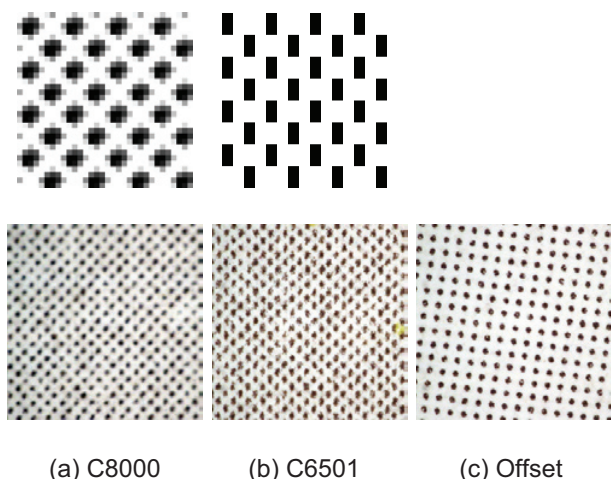


Fig. 12 Halftone image data and reproduction.

### 6.3 画質向上の確認実験

階調性と粒状性を改善したスクリーンを用いて画質評価実験を実施した。階調性と粒状性の「好ましき」という心理尺度の評価を行うために、オフセット印刷出力を含む複数のハイエンド向け出力装置より採取した画像サンプルを主観評価にてランク付けして平均順位を5点満点のスコアとして評価した。評価は各国の販売およびサービス関係者、開発関係者の協力を得て実施した。

本実験の評価結果をFig. 13, Fig. 14に示す。階調性、粒状性ともにbizhub PRESS C8000は従来機であるbizhub PRO C6501や競合他社の平均レベル（社内設定）を上まわる結果となり、EPプロセス機として最高レベルの画質を実現できたことを確認した。

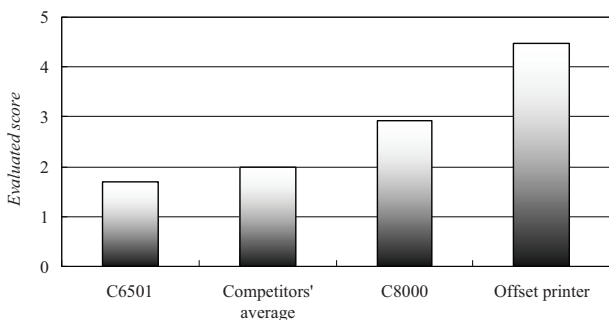


Fig. 13 Image quality comparison: tone reproduction.

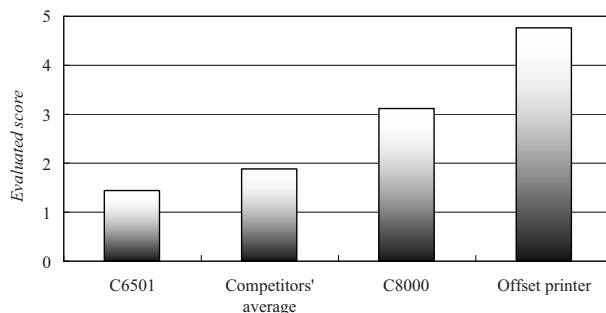


Fig. 14 Image quality comparison: graininess.

### 6.4 網点パターンの多様化

bizhub PRESS C8000では網点に対するニーズの多様化に対応すべく、多彩なスクリーンを実装した。ユーザーはFig. 15に示すようなスクリーンを選択することで、出力する画像コンテンツに応じた画質設計の最適化を図ることが可能となった。

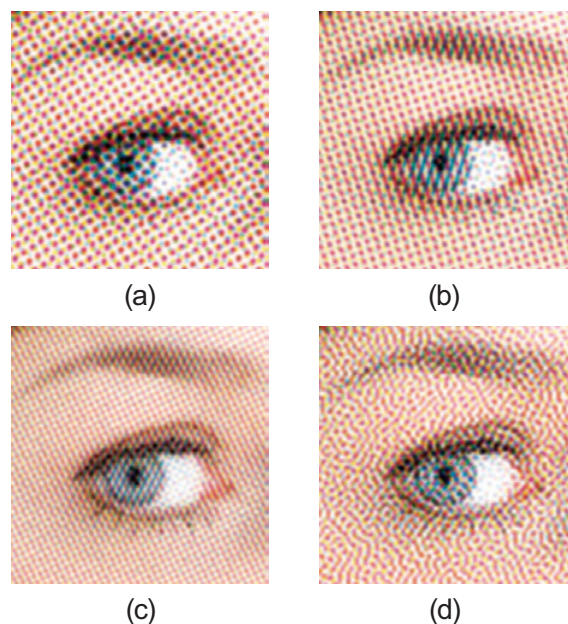


Fig. 15 Example of halftone screen variation of bizhub PRESS C8000.

(a) AM screen (high stability type), (b) AM screen (balance type), (c) AM screen (high resolution type), (d) FM screen (avoiding moire).

## 7 まとめ

以上、オフセット印刷を目指しての取り組みとして5つの技術を製品へ搭載したことについて解説した。結論として、bizhub PRESS C8000は従来機に比べ画質を大幅に向上させることができ、オフセット印刷機に迫る画質を獲得することができた。近い将来EPデジタル印刷機がPP市場の主流となり、さらにはPP市場を拡大する原動力となるよう今後も高画質化の取り組みを継続していきたい。