

高階調印刷制御技術

矢治 雅夫

オフィス環境の急速なカラー化や、POD^{*1)}のニーズによって、電子写真プリンタにも写真画質が求められるようになり、これまでのカラー電子写真プリンタの印刷品質ではお客様のニーズに十分応えられなくなってきた。また、デジタル印刷システムの普及に伴い、オフセット印刷工程の一部を担う電子製版システムでは、プリプレス工程などでより高解像度の印刷システムが使用されている。したがって、このような市場からも高い印刷品質が求められる。

VDC^{*2)}方式は、これらのニーズに身近な価格帯で応えることを目指して開発された高階調制御方式で、当社のコアコンピタンスであるデジタルLEDヘッドを光源とする電子写真プリンタで、初めてエンジンレベルでの階調再現を実現したものである。

本稿では、新開発のVDC方式とともに、関連する周辺技術を紹介する。

これらの方式を比較すると、面積階調の方が同じ情報量の画素データを表現するために必要な面積が大きく、面積あたりの情報量が小さい分、表現能力が小さいと言える。

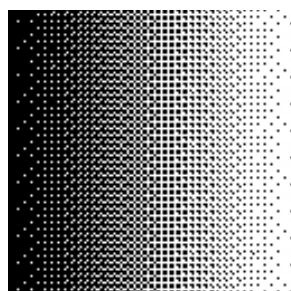


図1 面積階調

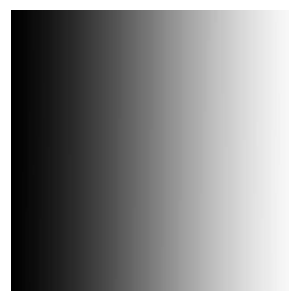


図2 連続階調

バリアブルドットコントロール方式

今回新たに開発したVDC方式について述べる。

階調表現方式

画像再現装置の基本的な再現対象である階調について、その一般的な表現方法について述べる。

(1) 面積階調

2値表現能力しか持たないプリンタエンジンであっても、多値の画素データを持つ原画像データを再現することは可能である。これは図1の例に示すように、ある面積の中のドット数（面積率）を変調して階調を表現するもので、面積階調または擬似階調と呼ばれている。

(2) 連続階調

一方、銀塩写真や昇華型プリンタが代表例として挙げられるものに、図2に示す連続階調と呼ばれるものがある。これは、銀粒子あるいは染料粒子により、連続的に階調を再現する方法であるから、基本的には濃淡の段階が無限に存在するアナログ的な化学反応の応用といえることができる。

(1) 開発背景

昨今の高印刷品質へのニーズに応えるために、画像再現エンジンの制御システムとしての観点からは、より小さな面積に多くの画像情報を再現するという基本的な性能を向上させることが必要であった。しかし、高解像度露光デバイスの適用には、デバイスのみならず、それをサポートする周辺システムのコストが大きく跳ね上がり、電子写真プリンタの低コスト化という、もう一方の基本的なニーズを損なう。

そこで、我々は露光デバイスの高解像度化を行うことなく、デジタルLEDヘッドにおいても、連続階調のように1画素を1ドットの階調表現に対応させることを選択した。これが実現すれば、画像再現装置の基本的な能力が向上し、高品質な印刷結果が得られるであろうことは明らかであった。

開発に先立って掲げられた装置目標性能は、一般にフルカラーのカタログやカレンダーなどの印刷物で用いられ、これらの用途で十分な印刷品質と認められる200線スクリーン256階調であった。これをエンジン性能換算する

*1) Print On Demand *2) Variable Dot Control

と、1200dpiヘッド適用装置で16階調／画素、600dpiヘッド適用装置では32階調／画素となる。

(2) 露光エネルギー制御

600dpiヘッド適用装置で32階調／画素を得るためには、これまでの2値表現能力しか持たなかったプリンタエンジンに対してエネルギーの制御分解能を向上させる必要があった。しかし、いったいどの程度の制御分解能が必要であるのか、根拠となる材料を得ることは当初困難に思われた。そこで、この問題を克服するために、デジタルLEDヘッドによる露光プロセスと現像プロセスを対象とした詳細かつ実用的なプロセスモデルを新たに開発した。図3はデジタルLEDヘッドの光像、図4はこの光像データをモデルに適用して得られた静電潜像、図5はこの静電潜像をモデルが処理して出力したトナー像、図6はこれらのプロセス要素間の論理的な関係を示している。さらに、図7は全階調域の印刷をこのモデルで再現させた現像結果を光学濃度で評価したもので、VDC方式と従来のプリンタエンジンでの面積階調による印刷とを比較している。このように、VDC方式によって高いリニアリティーの階調再現を実現することができたが、これはプロセスモデルの開発と活用によって最適なエネルギー制御分解能を見出し、これを忠実に実装した成果であるということができる。また、VDC方式を使用したテキスト印刷においても、デジタルLEDヘッドの特徴であるクリスプな印刷結果は、図8（次ページ）、図9（次ページ）の細密文字印刷結果の通り健在である。

(3) 画像情報量

先に述べた通り、VDC方式の目指すところは「より小さな面積により多くの画像情報を再現する」という基本性能を向上させることにあった。これは、デバイスの高解像度化によっても達成し得るが、デバイス解像度2400dpiのプリンタエンジンを以ってしても、2値ベース

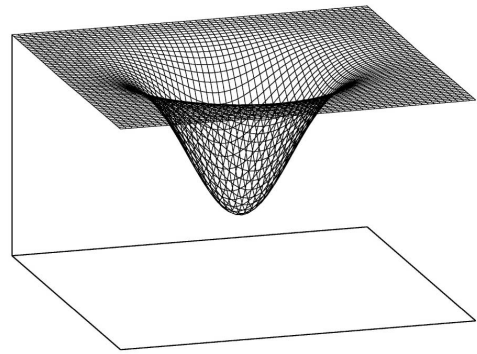


図4 静電潜像

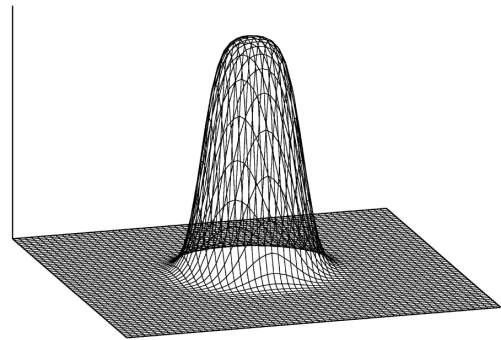


図5 トナー像

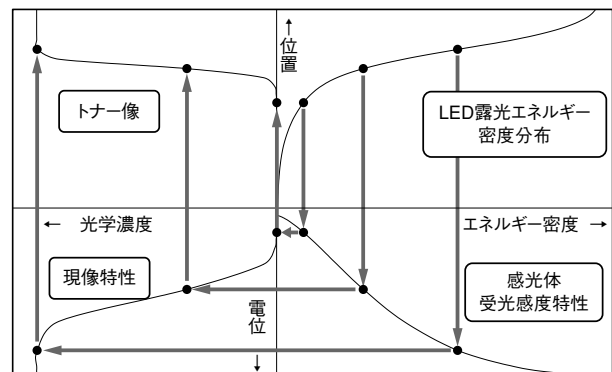


図6 プロセスモデルの論理

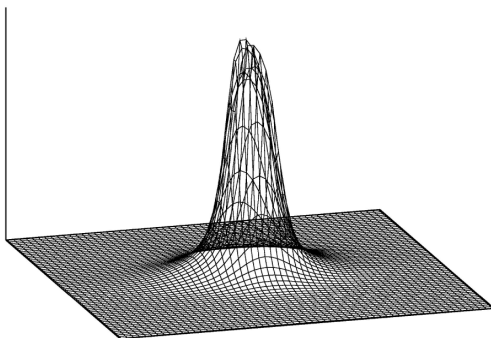


図3 デジタルLEDヘッドの光像

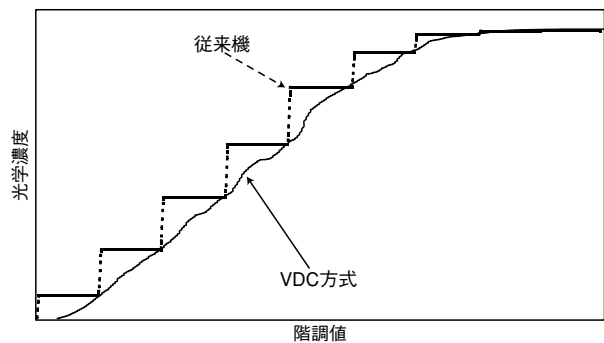


図7 VDC方式による階調表現



図8 細密文字1

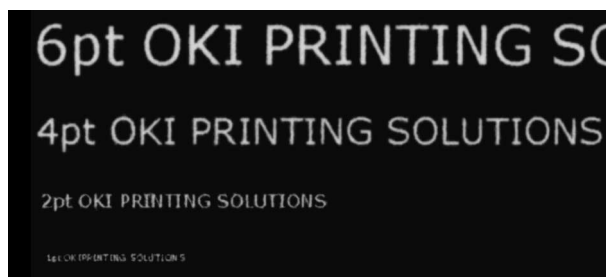


図9 細密文字2

の面積階調では高々200線スクリーンで145階調である。一方MICROLINE 9600PS/MICROLINE Pro 9800PSシリーズのデバイス解像度はそれぞれ600dpi, 1200dpiであるが、VDC方式の適用によって階調再現能力は200線スクリーンで最大256階調である。したがって、画像情報量は2400dpiデバイスの約2倍にも及ぶ。

周辺関連技術

VDC方式を周辺からサポートする技術として、VDC方式と同時に開発され、製品に適用された関連技術を紹介する。

(1) 露光エネルギー最適化制御

露光エネルギー密度の分布により、露光エネルギーが画素を跨いで干渉し合い、印刷結果に大きな影響を及ぼすことが、先のプロセスモデルの活用によって見出された。このため、露光エネルギーの干渉度合を評価して最適化制御する技術を開発し、VDC方式と併せて適用している。従来のプリンタエンジンでは、特に孤立ドットで十分な濃度が得られないため、ハイライト部分の表現をより大きな構成のドットをまばらに配置させることによって表現せざるを得なかった。しかし、この露光エネルギー最適化制御は、十分小さな階調値であっても安定に再現させることを可能にし、印刷品質の向上に寄与している。

(2) 光学特性ばらつき補正

デジタルLEDヘッドの光学系には、ロッドレンズアレイが使用されている。ロッドレンズアレイは、数百本ものマイクロレンズを主走査方向いっぱいに配列させて構成してあるため、各マイクロレンズの特性ばらつきが印刷結果に悪影響を及ぼすことがある。従来のプリンタエンジンでは、オン/オフに対応する2通りの露光エネルギーしか使用する必要がなかったため、静的なエネルギー補正を行ってこの特性ばらつきを十分吸収することができていた¹⁾。しかしVDC方式では、多数のLED光源全てにこの補正を行わなければならないことに加え、さまざまに変化する多値画像データに応じて階調制御される露光エネルギーに対し、動的に最適なエネルギー補正を適用する必要があった。そこで、新開発の高速演算回路によるデータ処理を行うとともに、デジタルLEDヘッドの製造工程で取得される特性データを高密度に実装することでこの問題を克服した。

今後の課題

本稿で解説したVDC方式の中核は、専用に開発したLSIに実装され、当社フラグシップ機であるMICROLINE 9600PS/MICROLINE Pro 9800PSシリーズに搭載されている。今後はさらなるシステムの最適化を図るとともに、ますます進化する半導体技術を取り入れて、中位機～ローエンド機へも展開していくことが課題と考えている。また、将来VDC方式の緻密な制御能力を活用することで、より繊細なカラー再現能力が得られるようになるのではないかと期待している。

まとめ

本稿では、当社が独自に開発した高階調制御技術、VDC方式とその関連技術について紹介し、VDC方式が高解像度化によるコスト高を招くことなく、飛躍的な印刷品質の向上に大きく貢献していることを示した。

あとがき

写真1にMICROLINE 9600PS/MICROLINE Pro 9800PSシリーズによるVDC方式を使用したフルカラー印刷結果のスキャン画像を示す。比較のため、写真2に当社従来機の印刷結果、写真3に相当クラスの競合機レーザープリンタの印刷結果を示す。VDC方式での印刷結果が最も豊かな表現能力を持っていることが分かる。

最後に、MICROLINE 9600PS/MICROLINE Pro 9800PSで達成された印刷品質の飛躍的な向上は、VDC方式の開発のみならず、トナーや現像器を含む各種プロセス要素の開発など、当社開発陣の総合力によって達成された成果であることを強調しておく。◆◆



写真1 VDC方式による印刷結果



写真2 当社従来機による印刷結果



写真3 競合機レーザプリンタによる印刷結果

参考文献

1) 中嶋, 他: デジタルLEDによるシングルバスカラープリンタ, 沖テクニカルレビュー185号, Vol.68 No.1, pp.124-127, 2001年1月

筆者紹介

矢治雅夫: Masao Yaji. 株式会社沖データ プロセス制御開発一部 チームリーダー