複写機における画像処理*

伊藤 国雄**

Image Processing in Digital Copying Machine / Kunio ITOU

Key words: digital copying machine, image processing, color copying machine, electrophotography, image scanner, laser printer

1. ま え が き

複写機に採用されている画像形成方法は、まず原稿からの反射光を、帯電した感光体上にレンズ系を用いて結像し、静電像を形成する。次に帯電させたトナーを感光体上に静電付着させることにより画像を形成し、これを紙に転写する方法である。上記の画像形成方法は、原稿を複写するという機能しか実現できないことから、拡大画像や縮小画像あるいはトリミングというような単純な画像処理機能しか有していなかった。

しかし、最近のイメージセンサを用いた画像入力技術、高速画像処理技術、各種プリンタ技術の急速な進歩により新たな技術を用いて複写機能を再編成することが可能となった。

デジタル複写機の特徴は、アナログ複写機ではできなかった任意な画像の編集機能にある。デジタル化は、他のOA機器との複合化、システム化時の整合性の良さから、今後急速に発展するものと考えられている。複写機として用いるプリンタ部は、高速出力性能が必要であり、各種プリンタ方式(図1)の中で電子写真方式が多く採用されている。本稿では、以下電子写真方式を用いたデジタル複写機における画像処理技術を中心に説明する。

2. デジタル複写機の基本構成

デジタル複写機の基本構成を図2に示す。構成として、

(1) 原稿を光走査し、イメージセンサ上に光像を

結像することにより、電気信号に変換するイメージスキャナ部

(2) 得られた電気信号を補正後、各種編集処理を行うイメージプロセッシング部

(3) 処理された画像データに基づきレーザ光の変

図1 各種記録方式の解像度-出力速度マップ

図2 デジタル複写機の構成 (モノクロ)

* 原稿受付 昭和63年9月22日

** コニカ(株) (八王子市石川町2970)

図3 デジタル複写機の構成（カラー）

調を行い、ハードコピーにするプリンタ部とから成る。複写動作としては、原稿の読取走査を行い、入力した画像データをリアルタイムで出力することが行われる。次にデジタルカラー複写機についての構成を図3に示す。モノクロ複写機についての構成（図2）と比べ、

- (1) 原稿を3色に色分解し、読み取る機能
- (2) カラー画像信号の画像処理
- (3) 感光体上に形成されたカラートナー像を1色ごとに転写ドラム上の転写紙上に転写するプリンタ部

が新たに必要となる。複写動作としては、原稿走査による画像データ入力とプリンタへの出力を面順次で4回（イエロー、マゼンタ、シアン、黒）繰り返した後、転写紙上に形成されたカラートナー像を定着する方式が一般的である。このほかに、転写体を用いず、感光体上に直接カラートナー像を形成した後、転写する方式もある。

以上のように複写機としての構成は、大面積の画像を高速、高品質で複写するための画像処理が必要となること、コスト等の面から大容量のメモリーを用いず、リアルタイム処理が必要となることが特徴と言える。

3. デジタル複写機の画像処理

画像処理技術には数多くの項目が考えられる（表1）が、その中で代表的な項目について順次説明する。

デジタル複写機のブロック図（図4（a））により以下各ブロックについて行われる画像処理内容を説明

表1 デジタル複写機における各種画像処理

前処理	シェーディング補正 黒レベル補正 濃度変換
	MTF補正（輪郭強調） 平滑化、網点画モアレ除去、ノイズ除去 色分離 カラーゴースト補正 色補正（マスキング） 下色除去、墨添加 色のモアレ除去 地肌除去、コントラスト強調 γ 変換、ヒストグラムイコライゼーション 領域判定（文字、写真、網点画領域分離）、混在処理 中間調再現：組織的ディザ、ランダムディザ、濃度パターン法、多値化
画質向上	
画像編集	部分位置指定、マーカ位置指定、領域検出 変倍、画素密度変換、回転、移動 輪郭、網かけ、輪郭網かけ 反転、鏡像、斜傾化 合成、オーバーレイ 色反転、色変換、色付け

する。

1) シェーディング補正

イメージセンサにおける画素間感度差、光源の照射むら、レンズ系の $\cos 4$ 乗則などに起因する光量分を補正する。通常は、白板を基準として、全画素について見かけ上の感度を同一にしている。

2) 濃度変換

補正後の輝度信号を濃度信号に変換する（使わないこともある）。

3) 階調補正

主にプリンタの記録特性を補正するために、 γ 曲線を変化させて、原稿に合った、あるいは、より見やすい階調を得るための処理を行う。

4) シャープネス補正

光学系を経た信号は、レンズ特性、センサの開口や感度特性による解像度の劣化を受ける。特に、カラー原稿を三色分解する時の光学系においてこの傾向が著しい。画質向上を行うためには、ノイズの強調を抑制しながら、信号のシャープネスを向上させることが行われる。3×3や5×5等のサイズのコンボリューションフィルタを用いてこの処理が実施される。一方、網点画像を読み取る場合には、サンプリング時に、エイリアシング（モアレ等と同等のビート）が発生する。シャープネス補正をこの画像に適用すると、よりビート成分が強調される。これを防止するには、あらかじめ平滑化を行っておく処理が用いられる。

図4 画質向上のための各種デジタル処理

5) 二(多)値化処理

二(多)値化処理方法は、(a) 文字再現に関しては地肌部の除去を行い鮮明な画像を再現し、(b) 写真等に関しては中間調再現を行うという観点から各種の方法が工夫されている。まず二値化の方式について説明する。

文字に対しては、一定しきい値と比較、又は画像内容に応じて変化するしきい値との比較が行われる。又、写真等に対しては、図5に示すようなディザ法を用いて行われる。これは、一定のサイズと配列を持つしきい値群と画像データを比較して、白/黒のドット密度をもとに階調を再現する方法である。多値化においても、これらの方式を拡張した形で用いられる。

上記のように、文字と写真とは、画像特性が異なり、異なった適用方式が用いられることから、混在した画像に対しては対応できない。これを解決する方法として、(a) 領域判別を行う。(b) 画素ごとに判定する方法が考えられている。但し、これらの方式も一長一短があり、今後の開発課題を残している。一方、多値においても、ビット数を6~8 bit程度に向上させた記録方式の検討が行われており、画像の再現性の良さから今後の主流になっていくと思われる。

6) 多機能化処理

イ) 変倍処理：主走査方向に対しては電氣的に、

14	10	6	15
5	1	2	11
9	4	3	7
13	8	12	16

(a) ドット集中型

1	9	3	11
13	5	15	7
4	12	2	10
16	8	14	6

(b) ドット分散型

図5 ディザマトリクスの例

副走査方向に対しては、読取速度を可変にして、縦横独立に処理される。電氣的方法としては、(i) 隣接画素データをそのまま用いる方法、(ii) 隣接画素間データで補間する方法が用いられる。

ロ) マスキング、トリミング：画像の任意領域を指定し、指定した領域の抽出/消去を行う。領域指定の方式としては、(i) エディタとペン、(ii) テンキーによる座標指定、(iii) マーカにより原稿に記入した領域の自動検出がある。

4. デジタルカラー複写機の画像処理

デジタルカラー複写機の種類としては、マルチカラー複写機とフルカラー複写機の2種類が提案されている。各々のブロック図を図4(b), (c)に示す。

1) マルチカラー複写機 (図4(b))

コニカ 8010 を例にとってカラー化技術を紹介する。カラー原稿は、赤、青、黒の3色に色分けして、3色で複写する機能を有する。

○色分離

原稿からの反射光は、ダイクロイックプリズムにより、赤光とシアン光に二色分解される。色分解後のそれぞれの光は、各 CCD イメージセンサで光電変換され、2つの信号 (V_R と V_C) が得られる。この二つの信号によって、赤、青、黒の3色を分離するために、図6の色分離マップを用いる。実際には、ルックアップテーブル (LUT) 方式で色分離が行われる。図中の $V_R = V_C$ の領域は無彩色 (黒又は白)、 $V_R > V_C$ の領域は赤色、 $V_C > V_R$ の領域は青色が割当てられている。

○カラーゴースト補正

以上に述べた色分離方式では、各センサ間の画素位置精度、レンズの色収差等に起因して「カラーゴースト」が出現する。例として、センサ間に1/2画素の位置ずれが生じた時のカラーゴーストの出現例を図7に示す。ここでは、出現したカラーゴーストを電氣的に補正 (除去) する方法を紹介する。カラーゴースト

図6 信号出力と色分離マップとの関係

図7 黒文字の場合のカラーゴースト例

は、黒線端部では赤又は青の色として、青又は赤線端部では黒色として出現する。従って着目画素とその周辺の色の出方（カラーパターン）を調べることで、このカラーパターンの全数についてカラーパターンと補正結果をあらかじめ決定しておき、LUT方式によって補正が行われる。

○マーカ色変換

白黒原稿上でマーカ（蛍光ペンの赤、青）で囲まれた黒文字が、マーカ色と同じ色に変換される。又色の異なるマーカで二重に囲まれた黒文字も、内側のマーカ色が優先されて色変換される。

通常用いられるディジタル化による位置指定方式では領域形状が矩形に限定されること、原稿の置き方による位置精度が不十分である。このマーカ指定方式では矩形に限定されない高い位置精度が保証される。

2) フルカラー複写機の場合（図4(c)）

最も重要な技術は、色再現である。スキャナによる色分解フィルタや電子写真用カラートナーは、理想的な色分解特性や色再現性を有していないことから、各種の工夫がなされている。

$$\begin{pmatrix} V_Y \\ V_M \\ V_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_R \\ V_G \\ V_B \end{pmatrix}$$

図8 R, G, Bの入力信号と色補正されたY, M, C信号との関係

図9 下色除去（UCR）の例

○色補正処理

上記の理想系からのずれを逆補正する処理が色補正処理である。この目的のために、図8のように3×3のマトリクス演算を用いる線形マスキングが通常行われる。補正精度を、より向上させる時には、2次項を考慮した非線形マスキングが用いられる。

○下色除去及び墨添加

イエロー（Y）、マゼンタ（M）、シアン（C）のみの色材で黒色を再現する場合、高濃度部で濃度不足が生じる。これを防止するには、グレー成分として等量のY, M, C成分を取り除き、黒トナーで置き換える下色除去（UCR）処理や、グレー成分に黒トナーを付加する黒添加（UCA）が行われる。UCRの程度は40～70%が一般的であるが、100%の例も報告されている（図9）。

5. 今後の展開

以上、ディジタル複写機における画像処理について概説した。ディジタル複写機の流れとしては、(a) インテリジェント化、(b) カラー化、(c) ネットワーク化が考えられる。この流れは、エレクトロニクスの進歩と共にますます加速されるであろう。

参考文献

- 1) 小林信也，安西正保：隣接ドット結合型パルス幅変調によるレーザープリンタの多値中間調記録，画像電子学会誌，17，1（1988）10。
- 2) 河村尚登：電子写真の高画質化——ディジタル記録技術，電子写真学会誌，26，1（1987）75。
- 3) 小見恭治：ディジタルコピーにおける画像処理，画像電子学会誌，15，2（1986）87。
- 4) 大西 勝，鮫島一博：静電記録に適した多値ディザの閾値配列，画像電子学会予稿，21（1988）。
- 5) 田島譲二：カラーマスキングマトリクスの最適化と評価，画像電子学会予稿（85.7.3）13。
- 6) 江尻公一ほか：実時間MTF補正回路によるボケ画像の修正，RICOH TECHNICAL REPORT, 6（1981.11）37。
- 7) 電子写真学会：電子写真技術の基礎と応用，コロナ社（1988）640。
- 8) 同上，p.565。