カラスキャナー

宇佐見 良 徳*

Color Scanner

Yoshinori USAMI*

Key Words : Color Scanner, Flatbed Scanner, Color Correction, Dot Generation

製版工程において重要な役割を担う、カラスキャナーの全体構成及び画像処理機能を、印刷工程における問題と関連づけながら解説する。また、最近、出現し始めたカラー平面型スキャナーの特徴について説明を加える。

1. カラスキャナー概論

1.1 印刷におけるカラスキャナー位置づけ
製版とは印刷用の版を作製する工程であるが、大別して印刷用の実際の版を作製するプレートメーキングと、その前工程である印刷情報（画像や文字、版下など）を透過フィルム上に形成する写真製版がある。写真製版は複雑な工程であるが、その中でもカラスキャナーによる色分解版作製工程^{*1}は、最終の印刷画像品質に大きな影響があり、品質を設計していると言っても過言ではない。実際に印刷会社では、印刷工程において、製版内容を忠実に印刷物に再現することを重視しており、以前のような、印刷工程による仕上がり品質の操作は極力避ける傾向にある。そして、印刷工程で品質に影響する物理現象を、カラスキャナーによる分解工程で吸収するようにしている。例えば、ドットゲイン^{*2}は分解カーブのコントロールで吸

収し、トラッピング^{*3}不良は、UCRを利用して全体のインキ量をコントロールすることで影響をより少なくしている。即ち、カラスキャナーにより、仕上がり品質をコントロールすることもできるのである。

1.2 最近のカラスキャナーのトレンド

製版・印刷会社で、こうした威力を発揮しているカラスキャナーであるが、印刷市場の短納期化、オペレーターの早期育成と技量向上に迫られ、カラスキャナーに対する期待が更に高まっている。特にイーザーオペレーションと生産性について、高い関心もたれており、それを反映して分解セットアップの簡易化、インテリジェント化、そして運転の自動化が進んでいる。最近では作業性、操作性の面で有利な平面型スキャナーの登場があり、急速な普及が予測される。

* 富士写真フィルム(株)宮台技術開発センター（〒258 神奈川県足柄上郡開成町宮台798）

Fuji Photo Film Co., Ltd. Miyanodai Tech. Dev. Cen. (798, Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa, 258)

*¹ 色分解版作成工程：連続階調を持つカラー原稿を、印刷用の網点に変換しYMCKの4色版を作成する工程。

*² ドットゲイン：製版フィルム上の網点面積率に対し、印刷時の網点面積率が大きくなる現象。大別して、紙面における光の乱反射に起因する光学的ゲインと、印圧により物理的に網点が潰れることで起こる物理的（機械的）ゲインがある。

*³ トラッピング：多色印刷の場合に、先に刷ったインキの上に次のインキが転写する場合の、版上から紙面への転移率を示す。

2. カラースキャナーの原理方式 (ドラム型)

2.1 カラースキャナーの全体構成

カラースキャナーの基本的な全体構成についてドラム型スキャナーを例にとりて説明する。スキャナーは機能で入力走査部、演算部、出力走査部、操作部に大きく分類できる(図1)。

a) 入力走査部：原稿の濃淡と色成分を微小な画素単位で読みとり、電気信号に変換する。原理的には、ハロゲンランプなどの白色光を原稿に微小なスポットで照射し、透過(又は反射)した光を色フィルターでRGB成分に分離し、それぞれの成分を受光素子で電気信号に変換する。

b) 演算部：入力された電気信号を、操作部からの指示に従い適切な画像処理を施し、出力走査部に処理結果を渡す。詳細な処理内容は後述するが階調再現をコントロールする調子補正機能、入力された信号の色成分の補正と、インキの色再現の濁りを補正する色補正機能、Y、M、Cの信号によるグレー成分から墨版を生成する墨版生成機

能、墨版の成分を色成分から加減するUCR(下色除去)機能、画像の鮮鋭度を調整するシャープネス強調機能などがある。

c) 出力走査部：演算部からの信号を、レーザーなどを用いてフィルムに露光する部分で、特に自動運転化が進んでいる。信号は網点のパターンを決めている閾値マトリックスと比較され、2値化されてビームのON/OFFを制御する。

d) 操作部：ユーザがセットアップを行い、スキャナーに適切な分解条件を与える部分であり生産性向上のための機能の独立化、セットアップの簡易化が進んでいる。

2.2 カラースキャナーの画像処理機能

カラースキャナーによりカラー印刷の品質に一大革命が起こったが、これはスキャナーの持つ画像処理機能に負う所が大きい。以下、スキャナーの代表的画像処理機能である色補正、調子補正、UCR及び墨版生成、シャープネス強調、網点発生について紹介する。

2.2.1 色補正

色補正の目的は、大きく二つに分けられる。一つは、原稿であるリバーサルフィルムと印刷物と

図1 カラースキャナーの全体構成と機能ブロック図

の色再現域の差を補正し、原稿に近い色再現を達成させることにある。もう一つは、人間の記憶色や得意先の要望に応じてより好ましい色の印刷物を作るのに用いられる場合である。

実際に用いられている色補正方式には、極く一般的なマトリックス演算によるカラーマスキングや、B, G, R, Y, M, Cの6つの色相に応じた信号を取り出し、各色ごとに補正量を制御する選択的色補正という方式がある。特に、選択的色補正は、他の色相に影響することなく、特定色相の色調を変えることができ、TV、写真などにはないスキャナー独特の補正として、印刷物の高品質化に貢献している。また、最近のスキャナーは、肌色部分の色補正や、補正の対象として任意の色相を設定できる任意色補正を備えており、高品質化のための色再現の自由度が益々広がっている。

2. 2. 2 調子補正

印刷物を適正な調子に仕上げるには、リバーサル原稿から印刷物への濃度圧縮、撮影条件の違いによる原稿濃度レンジの補正、また、得意先の指定や印刷条件の違いに応じた調子設定を行える必要がある。スキャナーの調子補正機能は、このような要求に答えるべく設計されている。通常、原稿の最も明るい部分の濃度（ハイライト濃度）と最も暗い部分の濃度（シャドー濃度）を入力できるようになっており、これを一定の濃さに仕上げるように調子を設定できる（図2）。また、図に示すように、必要に応じて画像のハイライト部、中間部、あるいはシャドー部を強調するカーブが設定できるようになっており、希望する調子再現がたやすく実現できる。たとえば、上質紙に印刷する場合を考慮すると、シャドーの調子を強調することが望ましく、図2におけるカーブ4を設定すれば良い。

2. 2. 3 UCR及び墨版生成

カラー製版では、Y, M, Cの3色の版に対してUCRによりグレー成分を取り除いた上で、その分を補正するために墨版が用いられている（図3）。UCR及び墨版を使用する主な目的は、印刷適性の向上及びグレー部の安定再現である。UCRを用いないと、シャドー部では色版の網点面積率が100%近くになってしまうため、印刷時に先

図2 カラスキャナーの調子補正機能

カーブ1：標準
カーブ2：ハイライト強調
カーブ3：中間強調
カーブ4：シャドー強調

図3 UCR及び墨版生成の原理

刷りインキの上へ次のインキが完全に転移しない現象（トラッピング不良）が発生してしまう。これが起きると、シャドー部のグレーバランスが崩れる。上記目的の他に、UCRはグレー成分だけに作用することを利用して、シャドー部だけのグレーバランスを調整するのに用いられる。また、図3の下段のようにグレー成分のほとんど全部を墨版で置き換える技法をアクロマチック製版と呼ぶが、インキの節約の面から欧米で利用されつつある。

2. 2. 4 シャープネス強調

シャープネス強調は、画像中のエッジ部分や、ディテール部分の見かけ上の鮮鋭度を向上させる効果があり、品質向上の観点からはキーポイント

となる機能である。原理を図4に示す。画像のエッジ部における、主信号④とアンシャープ信号⑤との差により、鮮鋭度強調信号⑥を作成し、これを④に加えて鮮鋭化された信号⑦を作成する。⑦のような波形のエッジを人間が見ると、視覚特性により、点線の波形のようにコントラストが増大したように見え、見かけの鮮鋭度が向上する。

アンシャープ信号の生成は、主信号に対してよ

図4 鮮鋭度強調の原理

④
閾値
マトリックス

33	25	24	17	32	36
26	16	⑫	⑤	⑬	31
23	⑪	④	①	⑥	18
22	⑩	③	②	⑦	⑨
27	⑮	⑧	⑦	⑭	30
34	28	21	⑮	29	35

(○で囲まれた画素が、黒化する。)

⑤
画像信号
データ

14	15
18	20

比較
2値化 $\left(\begin{array}{l} 1 \text{ 網点} \times 6 \times 6 = 36 \\ \text{ドット構成, 画像信号が} \\ 3 \times 3 = 9 \text{ ドットに対応する例} \end{array} \right)$

⑥
2値化された
網点パターン

図5 網点発生原理

り大きなアパーチャーで読みとる方式が主流であったが、最近では、周辺の信号からデジタル演算により生成する方式も利用され始めている。

2. 2. 5 網点発生

印刷では階調を表現するのに網点が用いられている。網点発生にはいくつかの方法があるが、図5に代表的な例を示す。予め、網点形状に対応した閾値マトリックス④を用意し、画像信号データ⑤と比較し、結果として2値化された網点パターン⑥を得る。この信号により、記録光のON/OFFが制御され、出力フィルム上に網点が形成される。網点発生において、品質的に問題となるのは濃度ジャンプと多色重ね合せ時のモアレである。スクエアドットの場合、特に50%付近で4隅が同時に接触を開始し、印刷時に濃度ジャンプを起こしやすい。この対策として、接触部を2カ所に分散したチェンドットやエリプティカルドットが用いられる場合がある(図6)。また、多色重ね合せ時のモアレは、目立たないY版を除いた3版について、30°ずつ回転させて重ね合せると好ましいモアレパターンが得られることが古くから知られている。しかし、カラスキャナーは縦横に有限のピッチで走査して網点を形成するため、正確に30°ずつ回転させた網点を作ることはいできない。そこで通常は、K版またはM版を45°とし、モアレパターンの品質が実用できる範囲でY版以

図6 いろいろな網点形状

LUXSCAN4500

図7 平面型カラスキャナーの例
(富士写真フィルム, LUXSCAN 4500)

外の他の2版を15°, 75°に極めて近い角度に設定している。

3. 平面型カラスキャナー

現在のカラスキャナーの大部分を占めるドラム型スキャナーは、高い画像品質と豊富な機能を実現しており製版工程の中心としての位置を確保している。半面、操作が難しく一定のレベル以上の品質を出すためにはセットアップに数年の経験が必要とされたり、ドラムへの原稿の巻き付けなどの前準備、後処理の工程が複雑で時間がかかるなど、生産性を制限したり若年層や女性の進出を阻む要因を抱えている。近年になって色々な形での自動化、省力化が試みられてきているがドラムの構造上これらのアプローチにも限界が見られる。

このような状況の中で、操作性、生産性の向上の実現を強く指向した平面走査型のカラスキャナーが最近になって市場に現れ始めた。製版分野での実用レベルで使える機種はまだ多くはないが各機種に共通した特徴は以下のとおりである。

a) 読取素子にCCDを採用

受光素子にフォトマルを用いたドラム型と異なり、レンズで結像した原稿の像を線状のCCDセンサーで読み取る方式で平面走査を実現している。フォトマルに比べCCDはS/Nなどで不利と言われてきたが、半導体製造技術の発達と信号処理技術の進歩によってその差は急速に縮まってきた。CCDの走査は電子的に行われるため、機械的な走査であるドラムに対し走査スピードの面で優位にある。また平面走査を実現することによって後述するように原稿の扱いが格段に容易になる。

b) カセットにより原稿の扱いが簡単

原稿カセットは2枚のガラスを合わせた構成になっており、原稿はガラスの間にはさまれて保持される。カセットには大抵の場合、定型原稿を複数枚装着でき、原稿のサイズもスキャナーが自動認識できるなどの機構が備えられる。カセット化によって原稿の装着が簡便になるだけでなく、原稿の整理、管理の面から標準化、規格化の可能性を広げていけるという期待もされる。

c) セットアップが自動化されている。

オペレーター育成のネックになっているセットアップ工程の自動化はカラー製版の底辺を広げるためにも必須の技術である。高速プレスキャンした低密度の画像を計算機が解析して、セットアップ条件を選択する方式が通常使われており、解析手法にAIを用いることも盛んである。

平面スキャナーはこれらの特徴に基づく操作性の良さや、生産性の高さに加えて、座り作業が中心の編集システムとも形状の面からマッチングが良いことなどからドラム型との品質差がさらに減少するにつれて主流となっていくと考えられる。

(1991-3-16 受理)

参考文献

- 1) 日本印刷技術協会編;「スキャナ」のすべて (1988)
- 2) 太田興一郎:印刷雑誌, 写真製版の画像処理, 72, No.2 (1989)