解説

色材, 68 [11], 704-709 (1995)

デジタルカラー複写機の画質と色材

仲谷文雄*

1. はじめに

従来からカラー複写機は、デザイン・建築設計・コピーサービス業など色を必要とする業務を中心に、カラー専用機として使われてきた。最近では一般オフィスにおいても、カラードキュメントの持つ“目立つ”“わかりやすい”“忘れにくい”などの特徴を生かし、企画書・提案書といったプレゼンテーション資料にも使われつつある。さらに、マスメディア（新聞・雑誌等）のカラー化が進み、これを活用した報告書などカラーのニーズもますます高まっている。

カラー原稿を複写する場合、白黒原稿よりも数段高画質の出力が必要である。白黒原稿の大部分は文字情報や図・表であり、コピー上で文字が読み取れば情報を伝えることは可能である。これに対し、カラー原稿に存在する情報は、カラー写真のような連続調の画像を有するもの、網版によるカラー印刷物、手書きで色づけされたもの等多様である。グラデーションや原稿上の微妙な色彩の違いも忠実に再現しなければならない¹⁾。

本稿では、まずカラー複写機市場と顧客要求、画像再現プロセスについて触れ、更に色材や画像構造と色再現の関係について述べる。

2. カラー複写機市場と要求性能

カラー複写機の製品例を図-1に、また市場セグメントを図-2に示す。カラー複写機に求められるキーファクターは、①高画質化、②低コスト化、③低ランニングコスト化、④高生産性、⑤コネクティビティ、⑥環境適応性、⑦偽造防止があげられる。本稿ではこのなかで

図-1 フルカラー複写機の製品事例

も特に顧客要求の強い高画質化について4. 重要画質項目で詳しく述べる。

3. 画像再現プロセス²⁾

図-3にカラー複写機の構成図の一例を、又図-4にカ

〔氏名〕 なかや ふみお

〔現職〕 富士ゼロックス株式会社, 技術開発センター第二技術部, 技術主査

〔趣味〕 テニス, ゴルフ, 囲碁, 旅行

〔経歴〕 1976年3月慶応義塾大学工学部機械工学科卒業, 同年4月富士ゼロックス株式会社入社。電子写真プロセスの画質数学モデルにて FX3500 等の複写機設計を担当。1983年より高画質カラー画質特性について研究。1988年より Xerox 5775, A Color635/630 等電子写真デジタルフルカラー複写機の画質設計を担当。1993年より複写機, プリンタの画質設計及びネットワークプリンティングシステムの画質特性分析及技術開発を担当し現在に至る。

平成7.5.1受理

Image Quality and Colorant in Digital Color Copier
Fumio NAKAYA

*富士ゼロックス(株)技術開発センター第2技術部
神奈川県海老名市本郷 2274 (〒243-04)

図-2 市場セグメントとマーキング技術動向
出典：FX 発表資料, 1993, Tokyo Document Management Conference (1993, 9月)

図-3 カラー複写機の構成図の一例

図-4 カラー画像信号処理ブロック図

ラー画像信号処理ブロック図の一例を示す。図-3 および図-4 を用いてカラー複写機の複写プロセスを説明する。

スキャナー部は、ハロゲンランプの照明光源で原稿を照射し、反射光は縮小光学系でカラー CCD イメージセ

ンサ上に結像し光电変換され、CCD の一画素ごとに赤、緑、青の順にアナログ信号として出力される。

次にこのアナログ信号は A/D 変換およびシェーディング補正されデジタル信号に変換されてデジタルカラー画像処理部に入力される。

デジタルカラー画像処理部では、カラー複写機としての基本的な画像処理や画像編集処理の他に、ワークステーションと接続される場合に必要なシステム間の入出力処理等を行う。カラー複写機としての基本的な画像処理は、色信号変換、墨生成 (UCR)、MTF 処理、出力階調補正等があり、これ等を経てプリンタ部の特性に合った YMCK 信号を生成する。色信号変換の後、絵文字分離を行い、絵については墨生成 (UCR)、絵用 MTF 処理、絵用出力階調補正し、文字部については文字用 MTF 処理、文字用出力階調補正している。また文字部については黒文字だけを更に抽出し黒文字は黒一色でそれ以降の処理を行っている。

このようにして得られた画像のデジタル信号はプリンタ部に入る。画像のデジタル信号はあらかじめ帯電コロトロンにより負帯電された感光体ドラム上に、スクリーンジェネレーターを経てレーザ走査光学系により書き込まれる。このようにして作られた静電潜像はロータリー現像機によって現像される。現像像は転写ドラム上のコピー用紙に転写され、感光体ドラム上の残留トナーはクリーナーによりかき取られる。この帯電から転写までの工程は K, Y, M, C の順に 4 回繰り返された後、定着装置を経てコピーとしてトレイに排出される。

4. 重要画質項目³⁾

画質の良し悪し (官能量) に対する画質特性値 (物理量/心理物理量) の寄与率の一例を表-1 に示す。原稿によって画質特性値の寄与率は異なり、自然画では粒状性、ハイライトの飛び、色再現性、ビジネス文書では線のエッジのギザツキ、色の見分けやすさ、解像度がその順に寄与率が高い。

自然画の肌の色の再現について、原稿との色忠実性のカテゴリー Y と CIELAB 表色系の L^* , a^* , b^* との関係を図-5 に示す。また、肌の色の原稿と色の忠実性のカテゴリー Y と許容率 X (%) の関係を図-6 に示す。なおここでのカテゴリーとは、5 段階カテゴリー法での、1:非常に悪い, 2:悪い, 3:どちらでもない, 4:良い, 5:非常に良い、を意味する。

最も好ましい肌の色は原稿の色度と一致しておらず図-7

表-1 画質の良し悪しに対する画質特性値の寄与率⁴⁾

PICTURE		BUSINESS GRAPHICS	
PARAMETER	WEIGHT (%)	PARAMETER	WEIGHT (%)
GRAININESS	43	RAGGEDNESS	48
HIGHLIGHT REPRODUCTION	18	LINE COLOR DISCRIMINATION	26
COLOR BALANCE/ PRIMARY COLOR REPRODUCTION	17	RESOLUTION	13
RESOLUTION	13	GRAININESS	13
SHARPNESS	9

図-5 色の忠実性のカテゴリー Y と CIELAB L*, a*, b* との関係⁴⁾

に示すように Bartleson⁵⁾の最も好ましい肌色の方向にずれている。

MOST PREFERABLE COLOR :

$$x = 0.343 \quad y = 0.327$$

ORIGINAL COLOR :

$$x = 0.347 \quad y = 0.330$$

BARTLESON'S RESULT

$$x = 0.370 \quad y = 0.360$$

これから、コピーにおける最も好ましい肌色は、原稿と原稿が存在しないコピー単独での最も好ましい肌色との中間に位置し、原稿色の影響をより大きく受けると言う事が出来る。肌色では、更に CIELAB 色度図上での R-G 方向と Y-B 方向で、最も好ましい肌色からの色差の許容範囲が異なる。

R-G CIELAB $\Delta E \leq 2$ (75% ACCEPTABLE)

Y-B CIELAB $\Delta E \leq 3$ (75% ACCEPTABLE)

これは、Y 方向：人種や化粧の有無、B 方向：照明

Subjective Color Fidelity
Correlation Coefficient = 0.98 (n = 20)

図-6 色の忠実性のカテゴリー Y と許容率 X (%) との関係⁴⁾

の明暗、R 方向：熱がある／酒を飲んでいる、G 方向：爬虫類を連想させる等、色のずれが社会通念や常識に反する場合、人間は不自然さを感じこれが許容範囲の差異に影響を与えていると考えられる。

これを 3 原色のずれ方と対応づけて見ると面白い事がわかる。すなわち Y の増減は C、M と比べあまり気にならないし、また C、M の増減はその方向が一致していれば気にならないが、C、M の増減の方向が異なると色の差が目立つ。システム設計ではこのような点に着目する事も必要であろう。以上は肌色のみ種々階調を振った場合の結果であるが、肌色を含め絵柄全体の階調を同じように振った場合、全体の色調の変化で肌色の変化が隠れ、肌色の色差許容範囲は前述したものより広がる。

日常色の中でもこの色差許容範囲が一番狭い色は無彩色であり、筆者の過去の検討では無彩色の色差許容範囲

図-7 最も好ましい肌色⁴⁾

はハイライト、ミドル、シャドーで異なり、結果のみ記すとそれぞれC*で3, 4, 5であった。

5. 画像構造と色再現⁶⁾

エレクトロフォトグラフィーを用いたカラー複写機では粉体トナーが多く用いられている。粉体トナーはその粒径が約7~12 μm のものを用いているため、用紙上の画像構造が印刷インキのそれと大きく異なる。この画像構造の違いによって以下に示す色再現上の違いが生ずる。

ベタ画像（網点面積率100%）の色再現に影響する主な要因は画像の表面粗さ（表面反射率の変化）と画像のうまり具合である。図-8にシアンについて画像の表面粗さを变化させた場合の色の变化を示す。また図-9に画像のうまり具合を变化させた場合の色再現範囲の变化を示す。画像表面が粗いほど、画像のうまり具合が悪いほど色再現範囲が狭くなることがわかる。画像の表面粗さ及び画像のうまり具合を改善することにより図-10に示すように粉体トナーを用いたベタ画像は印刷と同等の色再現範囲を示す。

網点画像の色再現に影響する主な要因は画像の断面形状である。図-11にシアン網点画像について、いろいろな断面形状における分光反射率の違いを示す。また図-12に2次色緑の網点画像について、異なる断面形状における分光反射率の違いを示す。

網点画像の断面形状は画像の高さが低くまた偏平に近い形状が最も良い。

図-8 画像の表面粗さを变化させた場合の色の变化(シアン)

図-9 画像のうまり具合と色再現範囲

図-10 印刷と粉体画像の色再現範囲の比較

図-12 画像構造が色特性に及ぼす影響 (緑)

図-11 画像構造が色特性に及ぼす影響 (シアン)

6. 分光特性と色再現範囲

図-13 に実用化されているカラー複写機の色再現範囲を示す。

現在色再現に使われている顔料系色材 (印刷やカラー

複写機) の多くは赤色領域の色再現範囲が大きく青色領域の色再現範囲が狭い。これに対し、染料系色材 (写真やカラー複写機) の多くは青色領域の色再現範囲が大きく赤色領域の色再現範囲が狭い。これは物体の3原色シアン、マゼンタ、イエローのうちマゼンタの分光特性の形状によるところが大きい。すなわち、マゼンタ分光特性の長波長側の傾斜が急峻であり、短波長側の極大値 (反射率の場合極大値。濃度では極小値) が小さい (反射率の場合小さい、濃度では大きい) と赤色領域の色再現範囲が大きくなる。また、短波長側の極大値 (反射率の場合極大値。濃度では極小値) が大きい (反射率の場合大きい、濃度では小さい) と青色領域の色再現範囲が大きくなる。図-14 に示すように、赤青両領域の色再現範囲が大きな色材 (マゼンタ分光特性の長波長側の傾斜が急峻でかつ短波長側の反射率極大値が大きい) が望ましいが、これまでのところ未だ実用化されていない。

7. まとめ

本稿では、粉体を用いた電子写真デジタルカラー複写機について、主に画像の構造と色材の種類が色再現に及ぼす影響を述べた。色再現に影響を与える要因はこれ以外にも用紙や色材の組成等があげられる。カラー複写機における色再現の目的は、顧客の複写するあらゆる原稿を単一の色材で顧客の期待と同じ複製を得ることにあり、今後もこれを目指して各分野での改良が望まれている。

図-13 カラー複写機の色再現範囲

図-14 マゼンタの分光反射率特性模式図

る。

参 考 文 献

- 1) 津田信一, 富士ゼロロックステクニカルレポート, No. 7, pp.23-80 (1992)
- 2) 仲谷文雄, 第 33 回電子写真学会講習会, p.112 (1992)
- 3) 仲谷文雄, 第 8 回色彩工学コンファレンス論文集 '91, p.141-148 (1991)
- 4) Fumio Nakaya, Hitoshi Ogatsu, Michael Davidson, SPSE 42nd Annual Conference, p.469 (1989)
- 5) C. J. Bartleson, C. P. Bray, SPSE Vol. 6, No. 1, p.19-25 (1962)
- 6) 仲谷文雄, 富士ゼロロックステクニカルレポート No. 1, pp.40-47 (1986)