

特色対応網点 DCP 用色管理・出力システムの開発

The Development of a Color Management Output System for a Six-Color Halftone Direct Proofing System

星 野 透*
Hoshino, Toru

木 戸 淳*
Kido, Atsushi

河 村 朋 紀*
Kawamura, Tomonori

中 森 洋*
Nakamori, Hiroshi

要旨

Digital Konsensus Proは、特色出力機能を有する網点DCP (Direct Color Proof) である。本件は、Digital Konsensus Proの特徴を活かすCMYK・特色の色管理技術と、特色出力に対応したワークフロー開発を報告する。色管理技術は、網点画線部の露光量調整によるCMYK・特色の色調整とICC (International Color Consortium) プロファイルによるCMYKデータの色変換との組合せにより、DCPの出力色を印刷物に高精度に合わせ込む。特色ワークフローは、印刷で使用する数千色の特色ライブラリから、特色色版名に対応した特色データを読み込み、特色単色及びCMYKとの刷り重ね等を自動演算出力する。

Abstract

A color management output system has been developed for the Digital Konsensus Pro, a direct color proofing system that outputs halftone images of CMYK and spot colors. Using color management techniques for accurate color reproduction of a press target, exposure intensities of the Digital Konsensus Pro are adjusted to reproduce solid colors, and CMYK data are converted with ICC profiles to reproduce CMYK halftones. With the spot color output workflow, one color library is selected according to each spot color name from among thousands of ink data, and single and overprinted solid colors are printed automatically. This paper describes the color management techniques and spot color output workflow involved.

1 はじめに

印刷インキに近似したCMYK色材による網点DCPは、印刷と同じ網点による色校正の出力を可能にした。^{1) 2)}しかし、印刷ではCMYK以外に、金・銀、高彩度色、コーポレートカラー等に特色インキを使用する場合が多く、また、CMYK自体の濃度や色調も、印刷インキと印刷用紙によって異なる。この場合、特定のCMYK色材を扱うDCPでは再現できず、CMYKデータを色変換し網点面積を変化させて運用している。Digital Konsensus Proは、CMYKと特色2版の6版の網点画像の出力機能を有し、カラー銀塩感光材料への露光量の調整により印刷物と同

じブルーフ作成を可能にした。³⁾ 特色を含む網点画像は、白地及び6つの基本色で構成する1, 2, 3, 4, 5, 6次色の合計64色の面積変調画像であり、各64色はCMY3色を発色させる露光量により色調整する。

網点画像データは、フロントであるOLシステム (Output Device Link System)^{4) 5)}によって作成する。CMYK及び特色分版画像は、各色256階調の画像データとして印刷機とDCPのドットゲインカーブの差異を補正後、網点画像に変換する。CMYK画像をより高精度に再現する場合には、ドットゲイン補正の代わりにCMS (Color Management System)^{6) 7)}を用いる。印刷機とDCPについて、CMYKとL*a*b*との関係を示すICCプロファイルを作成し、さらにCMYKからCMYKへの直接変換テーブルであるDLP (Device Link Profile) を作成する。本CMS技術は、DLPにて、CMYKの単色網点とベタの変化を補正して色再現と網点再現の両立を可能にした。

本件は、Digital Konsensus Pro専用OLシステムとCMSを拡張して、網点画線部 (ベタ部) の色調整機能、特色ワークフロー対応、ベタ部の保持機能を開発し、特色版の自動出力と、多様なCMYK印刷条件での色再現精度と網点再現の両立を可能にした。Fig. 1に構成を示す。ベタ部の色調整は、印刷チャートの測色を基にした

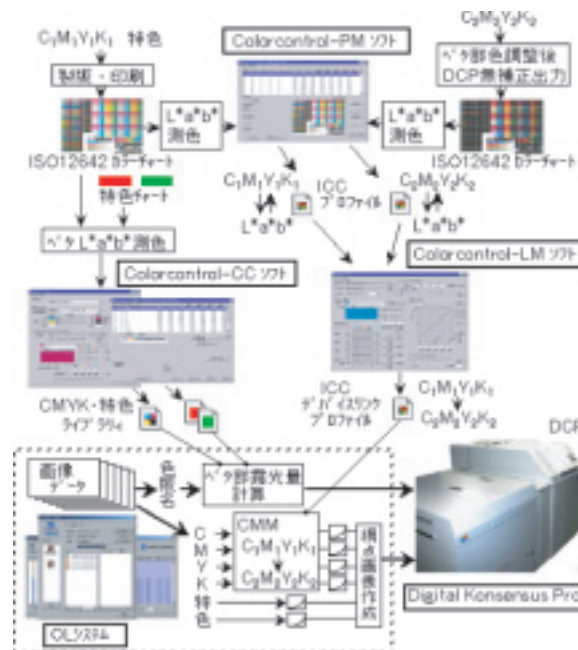


Fig.1 Workflow and software component

* コニカミノルタエムジー(株) 開発センター GIシステムグループ

CMYK・特色の2種類のライブラリにより行なう。印刷物毎に異なる特色は、色版名に対応したライブラリを基に露光量を変調して出力する。

2 網点画線部（ベタ部）の色調整機能

Fig. 2に、CMYK 4色4版、特色1版を含む5色5版、特色2版を含む6色6版の3画像データの場合について、白地を含む基本色の単色再現と刷り重ねから成るベタ部の色数を示す。CMYK 4色の全16色と特色単色は、印刷物を直接測定した測色値を基に色調整する。特色2色の刷り重ね及び特色とCMYKとの刷り重ねは、印刷物ごとに異なる特色に応じてその都度モデル式で測色値を計算し色調整する。



Fig.2 Single and overprinted solid colors in four, five and six plate outputs

2. 1 印刷物の測色値による露光量計算方法

白地及びCMYK 1, 2, 3, 4 次色の全16色と特色の単色刷りは、実印刷ターゲットのカラーパッチのベタ部の測色値から露光量を計算する。Fig. 3に露光量計算と色域マッピングの概念図を示す。例えば、Fig. 3左図のマゼンタのように、Digital Konsensus ProでCMY露光量変化により再現可能な範囲（色域）の内側にある色は、プロファイルで定義したCMY露光量の格子点に対する $L^*a^*b^*$ 値のデータテーブルに従って、マゼンタの $L^*a^*b^*$ 値に一致するCMY露光量の格子位置を補間計算により求める。Fig. 3右図の特色（オレンジ）のように色域の外側にある色の場合には、図に示すように明度（ L^* ）・彩度（ C^*ab ）座標の色域形状に対応する位置関係からアンカーポイントを決定して、色相一定で、色域圧縮目標に移動させ、色域表面に写像する。補間は、色域内と同様に演算する。

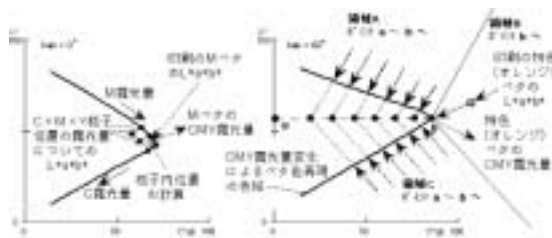


Fig.3 Calculation of CMY exposure intensities from $L^*a^*b^*$

この色域マッピング方法により高彩度色の彩度低下を最小にした。

2. 2 刷り重ねの加算計算モデル式

特色2色間の刷り重ね及び特色とCMYKとの刷り重ねは、白地、CMYK 1, 2, 3, 4 次色、特色の単色刷りについて $L^*a^*b^*$ 値を求めた分光反射率から重畳演算する。刷り重ねられたインキの上下関係にある色について分光反射率を分光透過濃度に変換して重畳加算する方法を用いた。印刷インキの濃度相加性に影響する因子⁸⁾の中で、インキ透明度とインキトラッピング比率に着目し、インキ透明度により下側の色の濃度を、インキトラッピング比率により上側のインキの濃度を調整する以下のモデル式を、刷り重ね色の実測データを基に決定した。

$$D(\lambda) = -0.5 \log_{10}(R(\lambda)) \quad (1)$$

$D(\lambda)$: 分光透過濃度 $R(\lambda)$: 分光反射率

$$\begin{aligned} \text{Dop}(\lambda) = & T(\text{Du}(\lambda) - \text{Duw}(\lambda)) \\ & + \text{Tr}(\text{Do}(\lambda) - \text{Dow}(\lambda)) + \text{Duw}(\lambda) \end{aligned} \quad (2)$$

$\text{Dop}(\lambda)$: 刷り重ね色の分光透過濃度

$\text{Du}(\lambda)$: 下の色の分光透過濃度

$\text{Duw}(\lambda)$: 下の色の紙白の分光透過濃度

$\text{Do}(\lambda)$: 刷り重ねインキ単色刷りの分光透過濃度

$\text{Dow}(\lambda)$: 刷り重ねインキ単色刷りの紙白の分光透過濃度

λ : 分光波長(380nm~780nm)

T : 刷り重ねインキのインキ透明度(0.0~1.0)

Tr : 刷り重ねインキのインキトラッピング比率(0.0~1.0)

式(1)は分光反射率から分光透過濃度を求める変換式である。式(2)は、刷り重ねるインキが金、銀インキなど透明度が低い場合に用いる単純加算によるモデル式である。加算計算結果の分光透過濃度は式(1)の逆変換により分光反射率に戻して $L^*a^*b^*$ 値を計算し、特色単色と同様にCMY露光量に変換する。

$$\begin{aligned} \text{Dop}(\lambda) = & T(\text{Du}(\lambda) - \text{Duw}(\lambda)) \\ & + \text{Tr}(\text{Do}(\lambda) - \text{Dow}(\lambda)) + \text{Duw}(\lambda) \\ & - 0.75 \cdot T(\text{Du}(\lambda) - \text{Duw}(\lambda)) \\ & \cdot \text{Tr}(\text{Do}(\lambda) - \text{Dow}(\lambda)) \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)は、それ以外の高透明度の普通インキの場合に用いる近似式であり、高濃度部における濃度相加性の不軌を補正するために、上下のインキ濃度の積に比例した量を減算する補正項を追加した。

Fig. 4に、マゼンタに赤の特色インキを刷り重ねた場合の式(3)の補正項による効果を実測結果と比較して示す。この方法にて、金・銀など透明度の低いインキ、高透明度のインキ等の、インキの種類によるトラッピング比率の違いに対応した刷り重ね濃度を再現でき、ノセを含めた色再現を実現とした。さらに、刷り重ね色の繰り返し再現予測により、3次色以上の高次の色予測に適用できることを確認した。

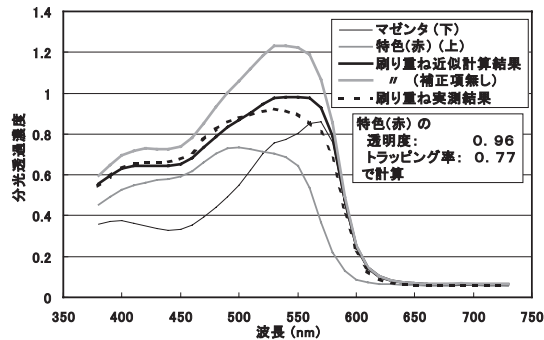


Fig.4 Comparison between measured and predicted spectral transparent densities of overprinted color

3 特色ワークフロー

OLシステムのホットフォルダに入力された画像データに特色版が含まれる場合に、色版名に対応する特色ライブラリの測色データ、インキ透明度、インキトラッピング比率等を自動参照し、CMYKライブラリの測色データと組み合わせて全色の露光量（露光量テーブル）を計算する特色ワークフローを開発した。露光量テーブルは画像データ出力前にDigital Konsensus Proに自動設定する。

3. 1 CMYK・特色ライブラリ

Table 1 に示す構造のライブラリを開発した。日本国内で使用される数千色の特色データをアセット化すると共に、ユーザー条件に合わせてCMYK・特色ライブラリの追加作成を可能にした。特色インキの透明度・トラッピング比率には、実測データから求めたTable 2 の基準値を用い、ユーザー条件に応じて調整可能にした。

Table 1 Library data structure of CMYK and spot color

CMYK ライブラリ	特色ライブラリ
1) 用紙・印刷条件名	1) 特色版名
2) 用紙白地のL*a*b*	2) 用紙白地の分光反射率
3) 用紙白地の分光反射率	3) 特色単色のL*a*b*
4) CMYK1~4次色のL*a*b*	4) 特色単色の分光反射率
5) CMYK1~4次色の分光反射率	5) 特色インキの透明度
	6) 特色インキのトラッピング比率
	7) 特色インキの近似計算式選択

Table 2 Values of transparency and ink trapping for each ink type

インキ種類	透明度	トラッピング率
普通インキ	0.96	0.77
銀インキ	0.08	1.00
金インキ	0.20	1.00

3. 2 特色画像データに応じた露光量の自動計算

Fig. 5 に処理フローを示す。CMYKライブラリはホットフォルダごとに設定する。画像データに特色版が含まれる場合(①)には、色版名が一致する特色データを読み込み、全ての刷り重ね色をモデル式により演算し、露光量テーブルを作成する。画像データにCMYK版が無く特色版のみの場合(②)には、印刷用紙の白地の情報のみをCMYKライブラリから取り込み、使用されている版数

分の特色ライブラリにより予測演算を行なう。



Fig.5 Automatic calculation of solid colors according to input image data in OL system

4 CMYK 色変換の基本技術と機能追加

CMYK 4 色データは、ベタ部の色調整と同時にICCプロファイルによる色変換を行ない、階調画像を高精度に色再現する。CMYKライブラリ毎の露光量テーブルでベタ部を色調整して求めたICCプロファイルからDLPを作成する。Digital Konsensus Proのベタ部は印刷インキと合っているため、ベタのまま再現する機能⁶⁾⁷⁾をCMYK 1, 2, 3, 4 次色全色に拡張した。

4. 1 ICC プロファイル作成の基本技術

色再現の骨子は、L*a*b*値を再現する測色の色再現 (Colorimetric Color Reproduction)⁹⁾を基本として、印刷の色域がDCPよりも内側の場合は圧縮せず、外側にある場合にのみ色相一定で明度と彩度を色域表面に圧縮する色域マッピング処理により、色変化を最小にした。Fig. 6 に示すように明度 (L*)・彩度 (C*ab) 座標の色域形状に対応する位置関係からアンカーポイントを決定して移動させる方式によって、彩度低下を少なくし、かつ印刷物ターゲットにあるグラデーションの連続性の維持を実現し、高品質の網点タイプDCPの性能を活かせるシステムとした。⁷⁾ Fig. 6 右図に印刷物上の黒から緑に変化する連続階調がDCPの色域にマッピングされる様子を示す。明度一定のマッピングで起こる高彩度部の彩度反転が本方法により解消された。この色域マッピング処理をICCプ

ロファイルでの $L^*a^*b^* \rightarrow CMYK$ の変換テーブルにて行なう。

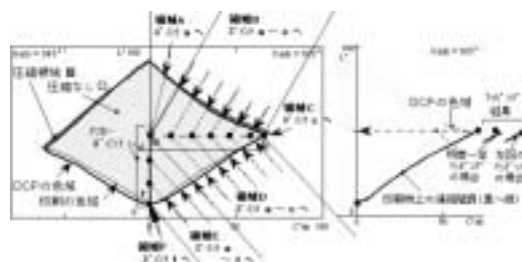


Fig.6 Lightness and chroma mapping and simulated results

4. 2 DLP作成の基本技術

4. 2. 1 K版再現

一般的なICCプロファイルからの直接変換では、4次元のCMYKデータを3次元の $L^*a^*b^*$ 空間に変換し、デバイス間の写像変換の後、CMYK色空間に変換する。その結果、K版がCMYKの4色墨で置き換えられ、墨文字／細線の品質が低下し、ロゼッタパターンやモアレに変化が起こる。^{6) 7)} K版再現の処理フローをFig 7に示す。Kの入力値 K_1 から L^* 値を再現するように出力値 K_2 を求め(②)、ICCプロファイル直接変換によって求める $C_2M_2Y_2K_2$ (①)と $L^*a^*b^*$ が一致するように $C_2M_2Y_2K_2$ を再計算する(③)。さらにK単色部に入るにぎり成分を除去し(④)、DLP(⑤)を完成する。

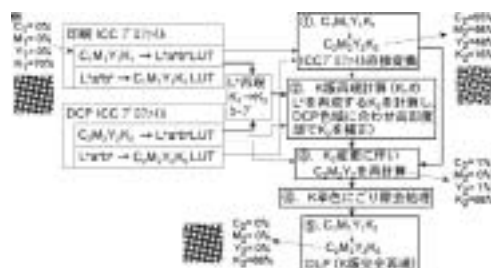


Fig.7 Process flow of black reproduction

4. 2. 2 CMY単色部とCMYK 1, 2, 3, 4 次色ベタの再現

CMYK 1, 2, 3, 4 次色の全てのベタ部を印刷インキに合わせる色調整において色域マッピングの写像による色差が発生する。ICCプロファイルからの直接変換では、印刷とDCPとのベタ部の色差によって、CMY単色に他の色の網点が入り、ベタ部がベタにならない。CMY単色グラデーションの $L^*a^*b^*$ の軌跡の違いを合わせ込む写像によるCMY単色再現処理と、CMY 1, 2, 3 次色ベタ部の $L^*a^*b^*$ の違いを合わせ込む写像によるベタ再現処理を開発した。KベタとCMYの刷り重ねは、CMY色域の狭さによる計算誤差が生じるため、 $K = 0\%$ の場合と同じCMYの変換テーブルを使用した。これによりCMY単色の中間調の網点再現とCMYK 1, 2, 3, 4 次色全てのベタ部の再現を可能にした。

5 印刷物との色差評価結果

5. 1 CMYK・特色のベタ部の色差評価結果

Table 3に、アート紙のCMYK・特色の印刷物に合わせてDigital Konsensus Proのベタ部を色調整した場合の色差評価結果を示す。

Table 3 Results of solid color reproduction accuracy

CMYKベタ	C	M	Y	K	C+M	C+Y	M+Y	C+M+Y
色差 ΔE	4.5	2.6	5.5	2.1	0.6	5.5	2.1	0.8
特色ベタ	赤	緑	橙	青緑	青	金	銀	
色差 ΔE	9.9	15.5	5.1	11.7	22.9	0.8	0.3	

色域マッピングのレンダリング処理による色差が生じるが、色域内の色については色差1.0以内の高精度が得られた。

5. 2 CMYK画像の色差評価結果

Fig. 8に、CMYK印刷物（アート紙）へのDigital Konsensus Proの色合わせ結果を示す。K版再現、CMY単色再現、全色ベタ再現処理の条件で高い色再現精度を得た。

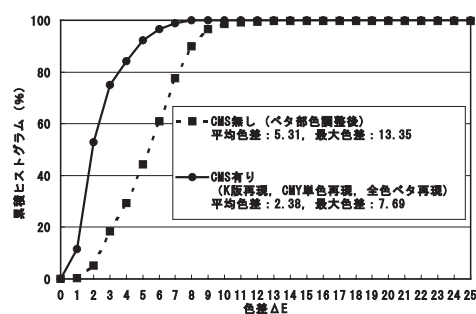


Fig.8 Color reproduction accuracy result of 928 colors in ISO 12642 CMYK color chart

6 まとめ

特色対応網点DCPに必要な処理・機能を有する色管理・出力システムを開発し、実用レベルの色再現精度を得た。

●参考文献

- 1) 前橋達一、前島勝己、奥沢二郎、竹田克之、Konica Tech. Rep., **14**, 21 (2001)
- 2) 米山努、藤田勝司、田中重雄、北澤成之、Konica Tech. Rep., **13**, 33 (2000)
- 3) 土居正人、篠塚伸、伊藤博英、谷口哲哉、Konica Tech. Rep., **16**, 143 (2003)
- 4) 北澤成之、篠塚伸、山室達郎、Konica Tech. Rep., **14**, 27 (2001)
- 5) 山室達郎、中森洋、木戸淳、Konica Tech. Rep., **15**, 45 (2002)
- 6) 星野透、Konica Tech. Rep., **14**, 25 (2001)
- 7) T. Hoshino, Proc. International Congress of Imaging Science 2002, Tokyo, 415 (2002)
- 8) J. A. C. Yule, "Principles of Color Reproduction" by John Wiley and Sons, Inc., New York, London, Sydney, 1967, p.220.
- 9) R. W. G. Hunt, J. Photogr. Sci., **18**, 205 (1970)