

パーソナルコンピュータにおける色管理システム

内田 康彦

日本コダック (株) 事業開発部

〒140 東京都品川区北品川4-7-35

1. はじめに

近年、パソコン自身および周辺機器の高性能化/低価格化により、多くの分野でパソコンベースのカラー画像処理システムが手軽に組めるようになったが、その反面、機器間の色再現の不一致に関する問題が浮上しはじめている。現状ではこのような機器間(入力/表示/出力)の色の不一致はユーザーが自らの経験と知識に基づいて補正作業を行っているが、システムのネットワーク化が進み、様々な機器やユーザーが一つのシステムに関与している場合、根本的な解決にはなっていない。

一例として最近ではグラフィックデザイナーがパソコンベースのカラーDTPシステムを使用し、その中で印刷デザインを作成するケースが増えている。この場合、カラーカンブ(最終印刷物の仕上がりを具体的に示したイメージデザイン)の出力をカラープリンタで行い、印刷工程に受け渡す場合が多い。ここでデザイナーが使用しているディスプレイとカラープリンタの色再現が異なっているとデザイン作業の大きなネックとなるし、デザインと最終印刷物との色再現の隔たりも大きな問題点として指摘されている。

このような問題を解決しうる一つの可能性として、最近デバイス・インディペンデント・カラーの研究および、その概念に基づいた色管理システムの製品化がさかんである。ただし、この色の不一致の問題や色管理システムに関する研究は特に新しいものではなく、印刷分野ではこの概念に基づいたシステムもかなり以前に製品化されている。最近のカラーDTPシステムの

普及がこの問題を急激に浮上させたということになる。逆に、カラーマネジメントシステムの発達及び普及は、カラーDTPシステムの普及を後押しするものとして期待されている。今回は色管理システムの基本原理、Eastman Kodak社における色管理ソフトウェアの技術的な紹介、および色管理システムの今後の課題等を報告する。

2. 色管理システムの基本原理

2.1 デバイス・インディペンデント・カラーと色管理システム

前述したように最近ではユーザーが様々な入出力カラーデバイスをパソコンと組み合わせ、手軽に画像処理システムを組めるようになったが、同時に選ぶデバイスによって色再現結果が異なるという問題が浮上している。なぜなら一般にこの種のデバイスでは色彩信号はRGBまたはCMY(K)データでデバイス間のやりとりが行われるが、デバイスごとに色再現の基準に違いがあり、同じデータがさまざまな入出力デバイスにおいて同じ色を表現するとは限らないからである。これをデバイスディペンデントな(デバイスに依存した)色再現という。そこでデバイスに依存しない表色系(CIE XYZ, $L^*a^*b^*$ 等)を用いてデバイス間の正確な色再現の一致を目指すのがデバイス・インディペンデント・カラーの基本的な考え方である。これは、Hunt¹⁾が分類した色再現における六種の目標の中に含まれる、「測色的色再現」を応用したものである。そして、この考え方を元にカラー画像処理システムにおいて様々なデバイス

間の正確な色再現の一致を実現できる環境を提供するのが色管理システムである。

2.2 色管理システムの基本機能

色管理システムはすでに数社より発表、製品化がされているが、どのシステムも基本機能に大きな違いはなく、整理するとおおよそ次のようになる。

2.2.1 色変換 (図1)

入力装置によってスキャンされた画像信号 (RGB) はその装置に対応しているプロファイルを通じて CIE 表色系の信号に変換される。プロファイルは機器の特性情報をパッケージ化したデータファイルで、機器固有の画像信号を CIE 標準のデータに変換する際の変換テーブルと考えてよい。パラメータは機器の色表現範囲やブラックポイント、ホワイトポイント、各原色の色度値等である。

画像出力の際は、CIE 表色系で表されている画像信号を出力用プロファイルを通じて再びデバイスが扱うことのできる一般的な画像信号に再変換される。ただし一般的にカラープリンタ等の出力装置の色表現範囲はモニタのそれと比較して狭いため、色変換された画像信号をそのまま出力しても実際には色の不一致がおこる場合が多い。その様な場合は次に示す Gamut Mapping/Compression が行われる。

2.2.2 Gamut Mapping/Compression

ディスプレイやオリジナル入力画像の色をできるだけ忠実に出力デバイスの色再現範囲で再

現できるように色調整を行うこと。たとえば、Apple 社の ColorSync²⁾ の場合、以下の三種類がある。

(a) Perceptual Match

- ・入力画像の最も明るい色を出力デバイスのホワイトポイントに対応させる。
- ・他の全ての色をホワイトポイントとの相対関係が保たれるように、出力デバイスの色表現範囲内にマッピングする。

(長所)

- ・色どうしの相対関係が保たれる。
- ・人間の知覚特性にマッチしやすい。

(短所)

- ・三刺激値の一致が崩れる。(全ての色が測色的に違う色に変換される)
- (適用分野) 色数の多い写真画像等。

(b) Colorimetric Match

- ・出力デバイスで表現できる色は調整しない。
- ・表現できない色は、可能なかぎり明度を保存しながら (明度軸に垂直方向) 出力側の色表現範囲内の最も外側の色に置き換える。

(長所)

- ・出力側で表現できる色は忠実に表現される。

(短所)

- ・色どうしの相対関係は崩れる。
- ・色数が減少する。

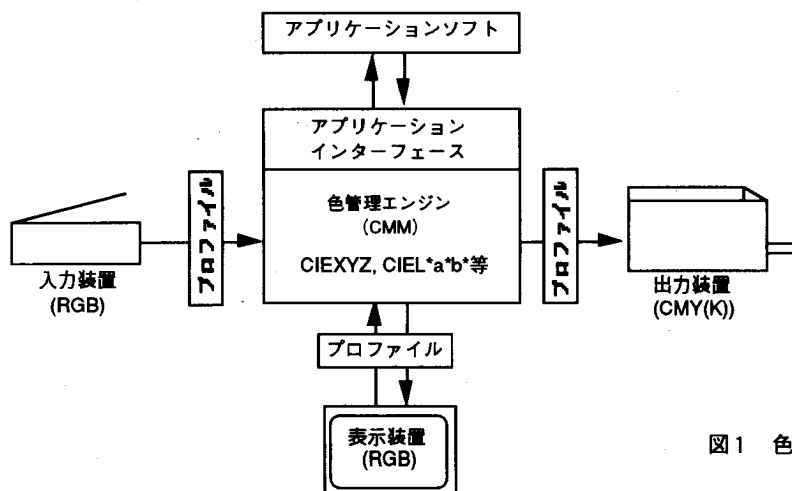


図1 色管理システムの構成

- ・画像の彩度が低下する。
(適用分野) イラスト等単色の多い画像

(c) Saturation Match

- ・出力デバイスで表現できる色は調整しない。
- ・表現できない色は、出来るだけ彩度を保存しながら (明度軸に平行方向) 出力側の色表現範囲内の最も外側の色に置き換える。
(長所)
- ・出力側で表現できる色は忠実に表現される。
(短所)
- ・色どうしの相対関係は崩れる。
- ・色数が減少する。
- ・画像のコントラストが低下する。
(適用分野) CG 等

3. 色管理システムのアーキテクチャー

図2は Eastman Kodak 社が開発した色管理システムのアーキテクチャー³⁾を示している。他の色管理システムもほぼこれに近い。

1) Device Color Profile

あるカラーデバイスの特性値をパラメータ化し、集約したデータファイル。パラメータには以下のようなデバイス情報が含まれる。

a. 属性データ

- ・ Profile の種類, 機器名, メーカー名
- ・ Profile 作成日, 更新日
- ・ CMM の種類, 等

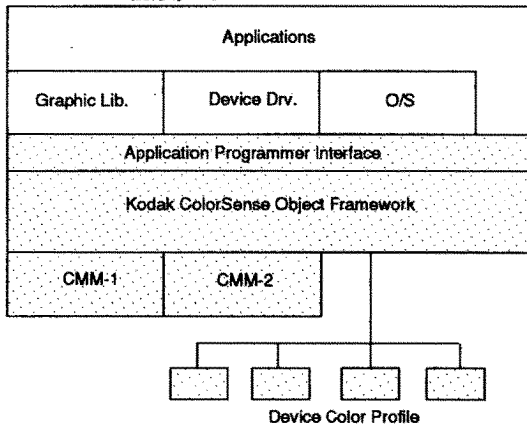


図2 Kodak ColorSense のプログラム・アーキテクチャー

- b. 特性データ (ある観測条件における)
- ・ ブラックポイント, ホワイトポイント
- ・ 各原色の色度
- ・ 各原色のガンマ
- ・ 三刺激値における色表現範囲, 等

2) CMM

Device Color Profileのパラメータ情報に基づいて色変換を行うモジュール。CMM ごとに Gamut Mapping/Compression の方式に違いがある。

3) Kodak ColorSense Object Framework

DCPの呼び出し/保存, CMMの選択等を行うモジュール。

4) Application Programmer Interface (API)

各アプリケーションと Color Sense Object Framework とのコミュニケーションを行うモジュール。アプリケーションソフトが API コマンドをサポートすることによりアプリケーションから直接 Color Sense のカラーマネジメント機能をコントロールすることが可能となる。

5) Graphic Library (Apple QuickDraw)

画面描画を受け持つ標準グラフィック描画プログラム。Apple Macintosh の場合, Apple QuickDraw がこれにあたる。

6) Device Driver

デバイスドライバ自身は色管理システムのコンポーネントではない。API とのインターフェース機能をデバイスドライバ付加させることにより, デバイスドライバから直接色管理システムを操作することが可能となる。

なお, この色管理システムによる色変換のフローを図3に簡単に示す。

4. 現状技術の問題点

前述したように色管理システムは原稿と再現画像の測色的な一致を目指すものである。大きな理由としてはこの方式は数値的取り扱いが容易であり, 様々な画像処理システムに応用が可能であるからであるが, 主に以下のような問題点を抱えている。

4.1 異種メディア間における色の見え

プリンタからの出力や印刷物は人間は通常は

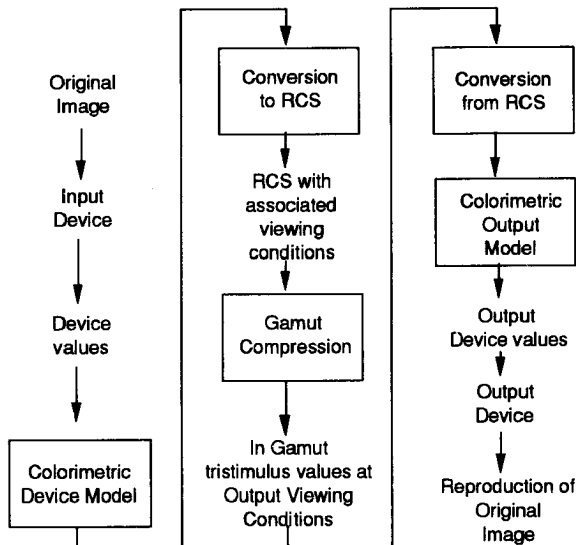


図3 色変換のフロー。四角で囲まれた部分は数値演算をおこなっている箇所である。

RCS: Reference Color Space (CIEXYZ)

物体色モードで見ている。しかしモニタは通常光源色モードで見ていると言ってよい。このような場合、たとえ両者が測色的に一致をしても、人間の目には違って見える場合がある⁹⁾。実際、現状の色管理システムを使用しても、モニタとハードコピーで色の一致が認められないケースが実際にはしばしば発生している。

4.2 観察条件

通常モニタの色温度は 9000 K 以上のかなり高い色温度の設定されているが、印刷物を観察する際の標準的な照明光は 5000 K と両者には大きな隔たりがある。したがって両者を観察する際の人間の色順応状態は異なっており、この場合も測色的に一致しているにもかかわらず人間の目には一致が認められない場合がある。

4.3 Gamut Mapping/Compression による人間の記憶色とのずれ

特に写真画像の場合、色管理システムではモニタに表示されている画像の色どうしの相対的な関係を保ちながら画像全体の色の分布を出力装置で全て表現可能な範囲に全体圧縮を行う。現状のシステムではその際人間の記憶色や好ましい色といった重要な要素を考えに入れて設計がなされていないため、Gamut Mapping/Compression を行ったためにかえって不自然な色になってしまうケースがある。たとえばまっ青な空の色が色管理システムを使用したところ

青紫になったり、あざやかな黄色の花が黄緑になることがある。

これらの問題点は現状技術の改良を続けても根本的な解決は難しいと予想される。異種メディア間の色の見えの違いや観察条件の違いから生じる色の不一致等を客観的、定量的に理論化することが不可欠であると考えられる。

5. おわりに

このように現在製品化されている色管理システムでは色の完全な一致はまず望めない。しかし、従来熟練した作業者がその経験を生かしても時間のかかった、あるいは不可能であったレベルまで原稿と再現画像の色の一致を実現しているのも事実である。現状技術の改良を図りながら、前述した問題点を根本的に解決しうる理論および技術の出現を期待したい。

文献

- 1) R. W. G. Hunt: The Reproduction of Colour. Fountain Press, England, 1975.
- 2) Apple Computer, Inc.: The ColorSync Utilities. 1992.
- 3) Eastman Kodak Company: Color Management Framework Application Programming Interface Specification. 1992.
- 4) 岡嶋克典: 物体色・光源色モード認識と色の見え. 第8回色彩工学コンファレンス論文集, 113-120, 1991.