



カラー画像情報処理

松代 信人

カラープリンティングソリューションのコア技術の1つであるカラー画像情報処理に関して、我々が行っているカラーサイエンス研究、カラー画像情報処理研究開発、カラープリンタ製品技術開発について、3つの章立てで述べる。本稿は、詳細な技術説明ではなく、技術概要の紹介を目的としていることを付記しておく。

光と人間の知覚との関係に関する学問分野を、特に色知覚に重点をおいて取り扱う場合に、カラーサイエンスという。カラーサイエンス研究は、カラー画像処理研究開発とカラープリンタ製品技術開発を支えるバックグラウンドである。

カラーサイエンスの基幹分野である光学、視覚、照明、心理といった分野をベースとし、画像入力・出力、蓄積、伝送、およびそれに伴うデジタル情報処理、メディア情報処理への工学的な展開が、カラーエンジニアリングとしてのカラー画像情報処理分野であり、本稿の主たる内容として説明する。カラー画像情報処理研究開発については、いくつかのテーマの概要を述べる。カラープリンタ製品技術開発については、コア処理部としての形態で我々が設計開発を行い既に製品に適用済みの、カラー処理ファームウェア、カラー処理LSI、ドライバ組み込みカラー処理系、およびカラー処理アプリケーションについて、その概要を説明する。

カラープリンタ製品、およびそれらをシステムとして提供するプリンティングソリューションへの貢献ミッションにおいて、その守備範囲をカラー画像情報処理はもとより、広く、マルチメディア処理、知的処理等を含む情報処理一般に設定しており、広い視野からの解説内容となっている。

カラーサイエンス研究

カラーサイエンス研究テーマのうち、本稿では、視覚・脳科学関連テーマについて説明する。本テーマは、視覚現象のモデル化や、好ましいと感じる色再現技術の究極の基礎として取り上げている。21世紀は脳科学の時代と言われており、情報処理のあらゆるフィールドに少な

らず影響を与えることが予想される。

(1) 視覚現象と色空間

色を記述するための色空間は、現在は、環境条件と視覚現象を含めた色の見えモデルという、歴史的な流れの中での第3段階に入っている。ここで、第1段階はXYZ色空間、第2段階はLab均等色空間の段階をさす。

しかし、視覚現象における最も重要で代表的な色順応においてさえ、明らかにされていない項目が存在している。色順応とは、たとえば、白色光源下である物体を見ている状態から、次に赤色光源下で同じ物体を見たとき、しばらくすると、白色光源下で見ているように目が順応する現象であり、我々が日常経験することである。

著者は、これまで色順応の誤りモデルとされていたモデルが、実は特定の条件を満たす場合には、最適なモデルとなることを数学的に証明した¹⁾。このことは、色順応の歴史的な流れの中で、100年経った現在において著者によって初めて明らかとなった。これまでの心理物理評価に基づくモデル構築のアプローチには限界があり、数理モデルと脳科学に基づく構造情報の取得による視覚現象の解明と、これに基づく実用的な色の見えモデルの開発という考え方が、今後の進展において重要であると考えられ、このアプローチによる研究を進めている。

(2) 好ましい色再現と生体エネルギーの最小化

カラー画像を人間が観測する上で消費される生体エネルギーの最小化が、労力が少ないことによるここのよい画像であるという観点を基盤に据えている。すなわち、ある種の順応に生体エネルギーの消費が大きい場合に、不快な画像として観測されるものと考えられる。ごく簡単な古典的な例として、エッジ強調を取り上げることができる。すなわち、人間の視覚が境界を区別しようとする努力に対して、人間には負担をかけずに、処理が先回りして境界を区別しやすいようにしておくことである。視覚の労力には種々のものがあり、生体にかかるもろもろの労力のエネルギーの最小化を行う。

この考え方を取り入れて開発・製品化している、スーパーカラーについて、後章で説明している。

(3) 網膜と脳の役割分担

網膜が主要な働きをすることが、これまでの知見からほぼ保証されている条件設定でのカラーサンプルを用意し、予想される回答結果との照合により、網膜と脳の役割分担を推定する実験を行っている。その結果、たとえばノルウェーでは、網膜が予想通りの役割分担を担っており、スペインでは、好みに関わる脳の強い制御が働いているという推定結果が得られている。

このような検討は、限定された実験数の心理物理実験ベースからフィードバックされた色設計方法論のみではなく、人間情報処理のより原理ベースでの色設計方法論の実現を目指すものである。

既に、心理物理実験と仮説検定に基づく色設計方法論を確立しているが²⁾、この原理ベースの方法論を援用した、実験・原理ベースの色設計方法論の確立を目指している。

カラー情報処理研究開発

先に述べたように、カラーサイエンスの基幹分野である光学、視覚、照明、心理といった分野をベースとし、画像入力・出力、蓄積、伝送、およびそれに伴うデジタル情報処理、メディア情報処理への工学的な展開がカラーエンジニアリングであり、本章と次章で述べる。我々のウエイトの大半を占める範疇であり、要求機能に対する実現系という観点での要素技術研究開発を行っている。そのうちの幾つかのテーマを紹介する。

(1) エモーショナルカラー

これまでの正確な色再現や好ましい色再現といった範疇とは別の範疇として、情動的色再現すなわちエモーショナルカラーが存在する。これは、人間の情動に訴える芸術の範疇に属する創造的な色再現を創出するものであり、創出処理出力例を図1に示す。図1 (a) は、オリジナルのカラー画像であり、図1 (b) (c) が、創出したエモーショナルカラー画像である。開発した処理系には、情動に関わる知識処理機構が組み込まれており、情動に関する学習結果からエモーショナルカラーを創出し出力する。

本技術は、カラープリンタを使用したプレゼンテーションソリューションに応用することができる。

(2) マルチスペクトルカラー

今日、画像の各画素ごとに分光情報（スペクトル情報）を備える画像、すなわちマルチスペクトル画像が利用さ



(a) オリジナル画像



(b) エモーショナル画像 1



(c) エモーショナル画像 2

図1 カラー画像の例

れは始めている。このマルチスペクトル画像は、R, G, Bからなる従来のRGBカラー画像では十分に表現できない色情報を再現することができ、たとえばより正確な色再現が望まれるe-commerce等において有効である。また、分光情報であるがゆえに、環境や観察者の視覚特性に独立のカラーシステムの構築に適している。しかし、分光情報は多大な情報量を持つことが、実用的なカラーシステムの構築において障害となる。

この問題に対しては、R, G, Bから分光情報を推定する有効な方式を開発しており、今後、実用的な応用に適用していく。

カラープリンタ製品技術開発

情報処理技術に関する広い視野からの開発要素技術を、カラー処理ファームウェア、カラー処理LSI、プリンタド

ライバ、カラーアプリケーションという4本の切り口で製品に適用している。

(1) カラー処理ファームウェア

プリンタカラーマネージメントファームウェア部を独自開発している。機能的には、プリンタエンジンの濃度自動補正処理、異なる色域を持つデバイス間でのマッピングを行うガマットマッピングや、異なったデバイス間でのカラーデータの流れを記述するICCワークフローコア機能等を、次項で説明するICCワークフローLSIコア、その他の処理LSIコア（図2）とのインテグレーションにより実現している。

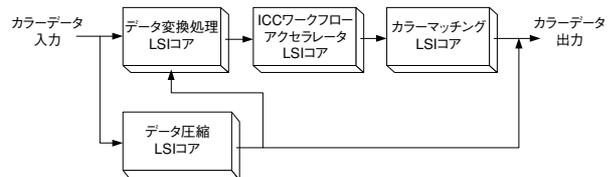


図2 カラー処理LSI全体図

(2) カラー処理LSI：ICCワークフローLSI

カラーマネージメントにおける、異なるカラーデバイス間での色情報の交換標準フォーマットとデータフローを規定しているICCワークフローを高速に処理する、ICCワークフローアクセラレータLSIを開発し、製品に搭載している。

図3に示すICCワークフロー例を簡単に説明しておく、デバイス色空間から共通色空間（PCS：Profile Connection Space）、共通色空間からデバイス色空間へのカラーマッチング処理方法を記述したプロファイルをそれぞれのデバイスが持つ。たとえば、モニタのRGB値をプリンタのCMYK値に変換する場合、モニタ色空間上で表されたRGB値をモニタプロファイルを利用して共通色空間上の座標値に変換し、さらにその変換された座標値をプリンタプロファイルを利用してプリンタ色空間上のCMYK値に変換する。

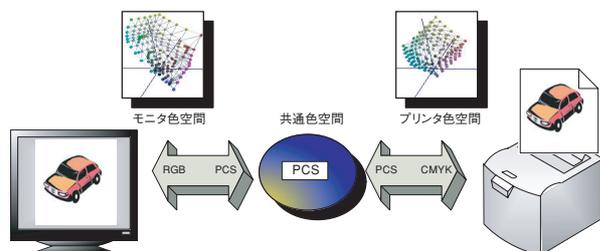


図3 ICCワークフロー

当社の高速カラープリンタにおけるカラー処理のパフォーマンス要求条件を満たすためには、ファームウェア処理とハードウェア処理の両面からのアーキテクチャ設計の最適化が特に重要であり、コスト、速度、演算精度、汎用性の観点から、LSI化部分の機能設計と演算方式設計を行った。

(3) ドライバ組み込み処理系：スーパーカラー

先に説明した、生体エネルギーの最小化原理の考え方を取り入れた、スーパーカラーと称する処理系を製品に搭載している（フォトモード）。

図4にカラー画像例を示す。図4（a）がオリジナルの画



(a) オリジナル画像



(b) スーパーカラー画像

図4 カラー画像の例

像、図4 (b) がスーパーカラー画像である。

図4 (b) は、各物体に対して人間の視覚の労力が少ない画像であり、ここちよく知覚できるものとなっている。

(4) アプリケーション：マルチメディア文書処理

我々の重要研究開発テーマの1つである、マルチメディア処理の1応用テーマとして、文書処理アプリケーションを開発した。本アプリケーションは、“オフィスのかんばんやさん”の名称で製品化されている(図5)。



図5 “オフィスのかんばんやさん”のユーザーインターフェース

オフィスのかんばんやさんの概要を説明する。

グラフィックス、テキスト、イメージ等のオブジェクトを、ドキュメントスペース内に自由に配置してデザインを作成可能である。また、ラベル印刷機能と長尺印刷機能を備え、プライスカードや名刺、ノボリや横断幕など広範囲な用途の印刷物作成をカバーし、レイアウト・アプリケーションとしての基本要件をクリアする。

その他、長尺印刷に強い当社カラープリンタの大きな特徴とともにアピールできる機能として、長尺用紙の貼り合せによる超大サイズの印刷物作成が可能である(図6)。



図6 長尺貼り合せによる超大サイズの印刷物作成

販促活動の効率化になくなくてはならない、データベース連動の差し込み印刷にも対応する。

文書処理は、プリンティングソリューションにおける重要分野の1つであり、本アプリケーションをプラットフォームとして、目的に応じて高度の情報処理機能を持つマルチメディア文書処理アプリケーションを、順次製品化していく予定である。

おわりに

カラープリンティングソリューションのコア技術の1つであるカラー画像情報処理に関して、我々が行っている研究開発の概要について述べた。

基礎、応用、実用の境界を取り払った有機的な体制での製品開発を行っており、今後も、開発技術をタイムリーに製品化していきたいと考えている。◆◆

参考文献

- 1) N.Matsushiro: “Fundamental Considerations Related to Chromatic Adaptation”, European Color Imaging Conference CGIV06, IS&T, Leeds University, UK, Jun. 2006
- 2) 松代：カラー画像情報処理, 沖テクニカルレビュー194号, Vol.70 No.2, pp.64-67, 2003年4月

筆者紹介

松代 信人：Nobuhito Matsushiro. 株式会社沖データ NIP事業本部 画像開発センター 主幹研究員(部長), 学術博士(色彩科学), 工学博士(情報工学)