

# カラー写真の色再現シミュレーションシステム

## Computer Simulation Systems for Color Reproduction of Photographic Image

服部 毅  
犬井正男  
感材生産本部  
第一開発センター

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

### Abstract:

For several years, Konica has used a computer simulation system of its own design to simulate color photographic images for the purpose of designing and evaluating color photographic materials.

The most recent products that have benefitted from this simulation system are Konica IMPRESA 50 Professional and Konica Color QA Paper Type A5. Together, this film and paper provide unsurpassed color images. Konica's SSF (Simulated Spectral Foundation) technology, which is at the root of their design, is based on the computer simulation system described here.

The essential demand made on this computer simulation systems is to produce color images whose image quality rivals that of conventional photography.

The system meets this demand in two major ways. First, at the stages of image input and image processing, the system manipulates an immense amount of image data: 36Mbytes per E size print. Second, at the stage of image output, the system's color laser printer produces extremely high-quality hardcopy: 12.5 $\mu$ m resolution.

As illustrated in this report, the system is capable of astonishing realism in simulating such photographic characteristics as the spectral sensitivities, interimage effects, spectral dye densities, and characteristic curves of color photographic materials. In fact, this computer simulation system is applicable to the design and evaluation of any photographic material.

Hattori, Tsuyoshi  
Inui, Masao  
Development Center Section No.1  
Photographic Products  
Manufacturing Headquarters

# 1

## はじめに

近年、商品の多様化、商品サイクルの短期化が著しく、これらを達成するため、新製品の研究開発の手法も多様化してきている。この背景には、コンピューターの目覚ましい発展があり、各業界において新製品の研究開発におけるコンピューターの高度な利用が行なわれている。

写真業界においても、この様な多様化、短期化の流れがあり、それにともない、研究開発の手法も変わってきている。一昔前までは、多くのマンパワーと期間、更に莫大な費用を必要とする試作を繰り返し、その過程で熟練者の経験に依存する部分が多かった。現在は、コンピューターを利用した手法が用いられており、大きな初期投資を必要とするが、効率的に研究開発を行うことができる。

本報告では、カラー写真用感光材料の研究開発におけるコンピューターシミュレーションシステムの概要とその利用の一例を紹介する。

# 2

## カラー写真の画質

カラー写真の画質は、

- (1) 階調再現性
- (2) 色再現性
- (3) 粒状性
- (4) 鮮鋭性

の4つの特性でほぼ表すことができる。(3)、(4)はいわゆる像構造に関するもので、粒状性が小さく鮮鋭性が高いほど画質が良いと言われてるように、高画質の方向はほぼ決まっている。

これに対し、(1)、(2)は広い意味での色再現性(以下、色再現性)に関するものであり、必ずしも忠実な再現が良いとは言えず、主観的要因にかかわる部分が大きいため、良い画質の方向には大きな幅がある。

我々は上記(1)~(4)に関する画像シミュレーションシステムを構築し、カラー感光材料の設計に用いている。<sup>1-14)</sup>ここでは、(1)、(2)の色再現性に関するシミュレーションシステムについて述べる。

# 3

## カラー写真の色再現

カラー写真の色再現のプロセスにおいて重要なカラー感光材料の特性は

- (1) 分光感度分布
- (2) 発色色素の分光特性
- (3) 特性曲線
- (4) インターイメージ効果

の4つである。カラー写真のなかでも最も一般的なネガポジ系、すなわちカラーネガフィルムとカラーペーパーを用いた系の色再現プロセスをFig.1に示す。ネガフィルム、ペーパー共に上記(1)~(3)の特性がある。(4)のインターイメージ効果(以下IIEと略す)は簡単に表現すれば、「現像抑制物質が他層の発色を自層の発色量に応じて抑制する効果」であり、ネガフィルムにおいて顕著な特性である。感光材料の特性だけでなく、ネガからペーパーへ画像を焼き付けるプリンターの特性や、撮影時と観察時の光源の特性も色再現に影響する。

これらの特性は互いに影響を及ぼしあっているため、色再現性を経験的に予測することは困難である。従って、これらの特性値をもとに計算を行うシミュレーションシステムが必要となる。

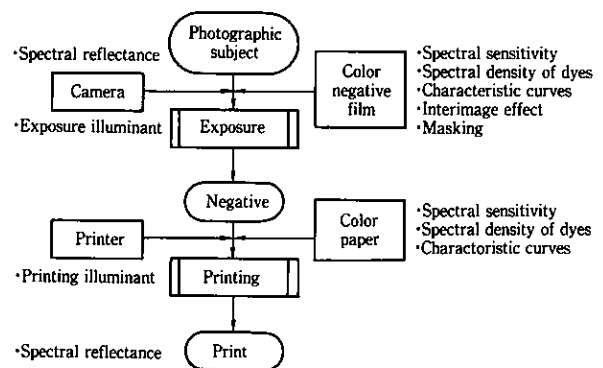


Fig. 1 Stages and factors of negative-positive color reproduction

# 4 色再現シミュレーションシステム

我々は、色再現シミュレーションシステムを構築し、カラー感光材料の設計に用いている。このシステムは

- (1) 画像データの入力システム
- (2) 色再現のシミュレーション計算システム
- (3) 画像データの出力システム

より構成されている。システムの構成をFig.2に示す。

画像入力システムは、写真の高画質を損なわない解像度が特徴であり、サービスサイズのプリントあたり36Mバイトのデータ量となる。シミュレーション計算システムは、Fig.1に示したような写真系の色再現プロセスをモデル化した種々の計算プログラムの集まりであり、特有の系であるためほとんどが自社開発である。画像出力システムは、写真用カラーペーパーに写真画像と同等の高画質画像を出力することが可能なカラーレーザープリンターを用いている事が特徴であり、画素サイズは最小で12.5 μmである。

前述のように色再現性の評価には主観的要因が大きいかかわるため、シミュレーションの結果として得られる

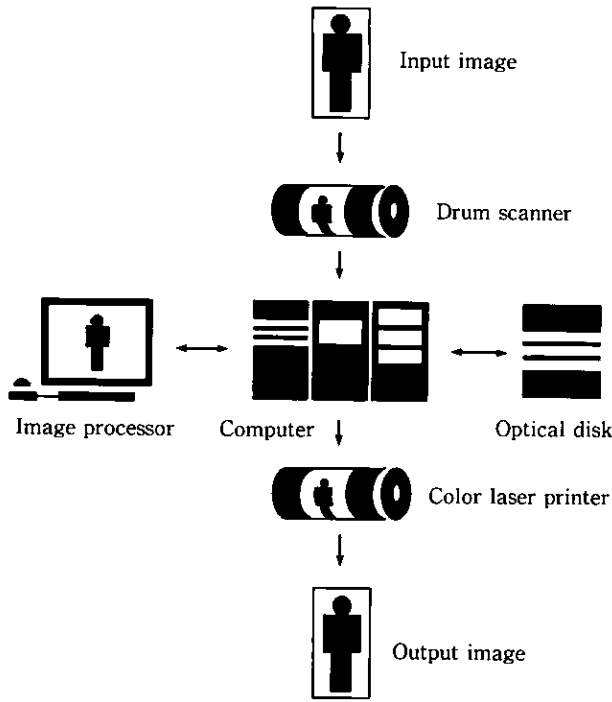


Fig.2 Hardware configuration of simulation system

種々の特性に関する数値だけでなく、再現されるべき画像を写真画像として実際に観察し、主観評価する必要がある。

シミュレーションの流れを以下に示す。(1)まず、用いる画像データを画像入力装置によってデジタル画像として取り込む。(2)この画像データから、新しい感光材料の特性値を用いて、その感光材料を使用したときにできる写真画像の色素量をシミュレーションによって計算

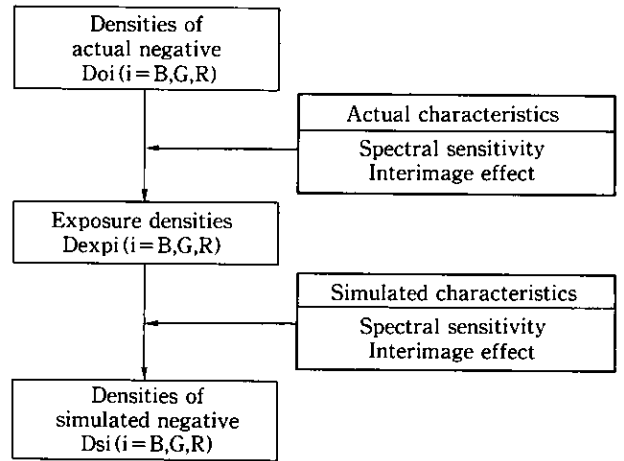


Fig.3 Simulating spectral sensitivity and IIE of color negative film

する。(3)このようにして得られた画像の各画素における色素量から色度を求める。(4)この色度をレーザープリンターによってハードコピーとして出力する。

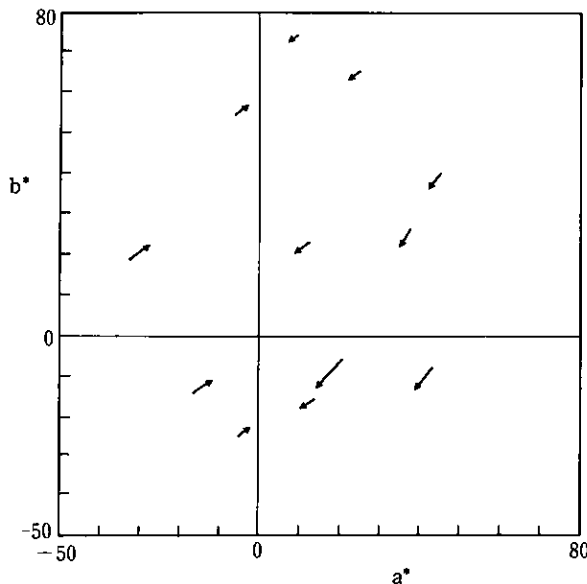
つぎに、具体的なシミュレーションの例を示す。

## 5

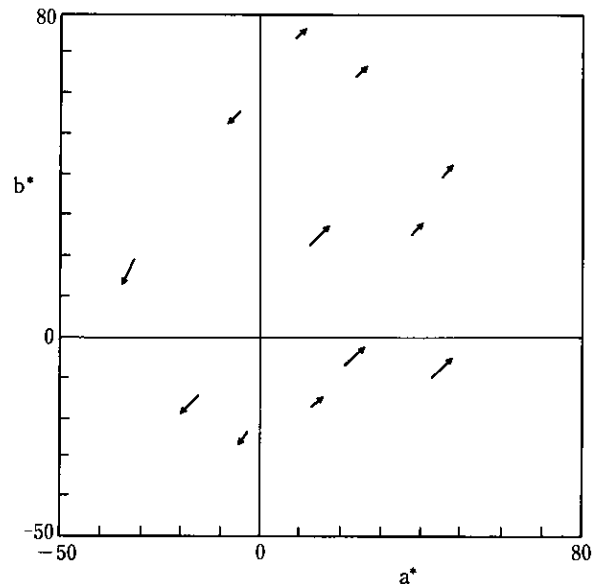
### カラーネガフィルムの色再現シミュレーション

カラーネガフィルムの分光感度分布とインターイメージ効果に関するシミュレーションの概要を示す。Fig.3がシミュレーションのブロック図である。

基準とするネガフィルムを設定し、これを用いて被写体を撮影し、現像後の基準ネガ ( $D_{OB}$ ,  $D_{OG}$ ,  $D_{OR}$ ) を用意する。このネガの色素量を求め、さらに、分光感度分布、IIEなどの測定値から、3層の露光濃度 ( $D_{expB}$ ,  $D_{expG}$ ,



a) Shifting spectral sensitivity of red sensitive layer to slightly lower wavelength



b) Increasing interimage effect of green sensitive layer on red sensitive layer

Fig.4 Color shift simulations in negative film

$D_{\text{EXPR}}$  を求める。これらの露光濃度から、シミュレートしたい分光感度分布、IIEの値を用いて計算を行い、ネガにおける色素量を求め、それらからシミュレーションネガの濃度 ( $D_{\text{SB}}$ ,  $D_{\text{SG}}$ ,  $D_{\text{SR}}$ ) を求める。その後、焼き付けのシミュレーションを行い、プリントにおける分光反射率を得る。

プリント上におけるマクベスカラーチェッカーの再現色の変化をFig.4に示す。Fig.4(a)は、赤感光層の分光感度分布を全体に短波長側に移動した時の結果である。マゼンタと紫の色は青方向にシフトし、緑と黄緑は黄色方向にシフトし、赤、シアンは彩度が低くなっている。Fig.4(b)は、緑感光層から赤感光層へのIIEを強くした時の結果である。マゼンタと紫の色は赤方向にシフトし、緑と黄緑

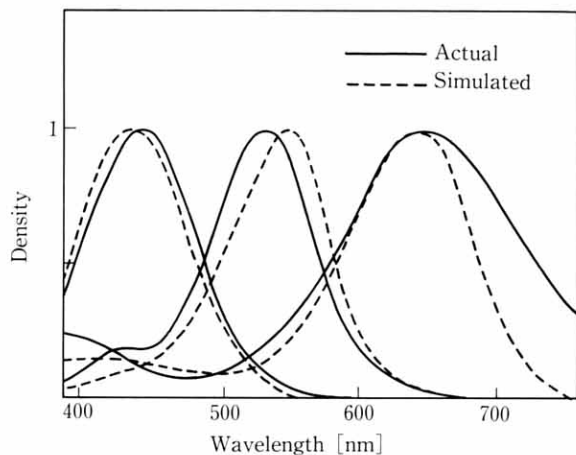
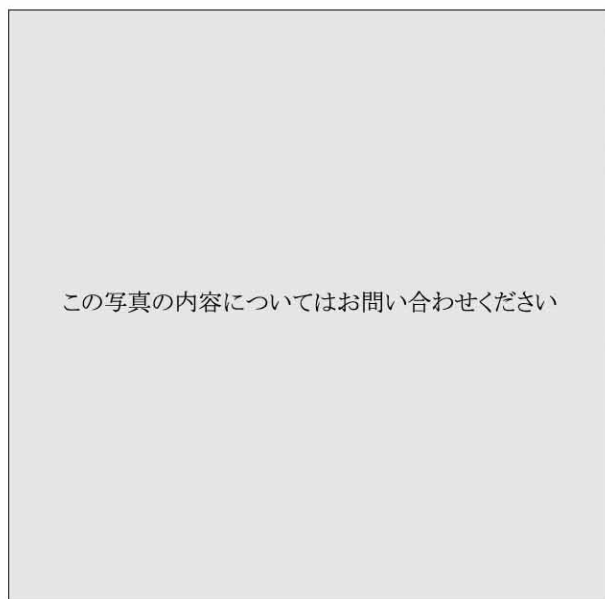
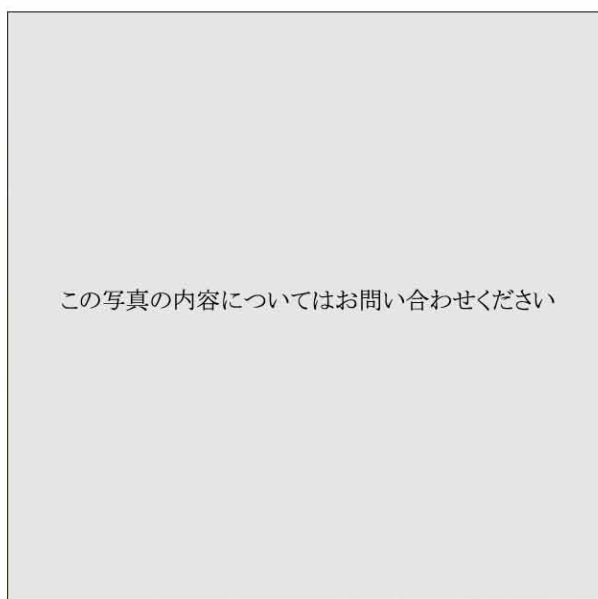


Fig.5 Spectral densities of color paper dyes



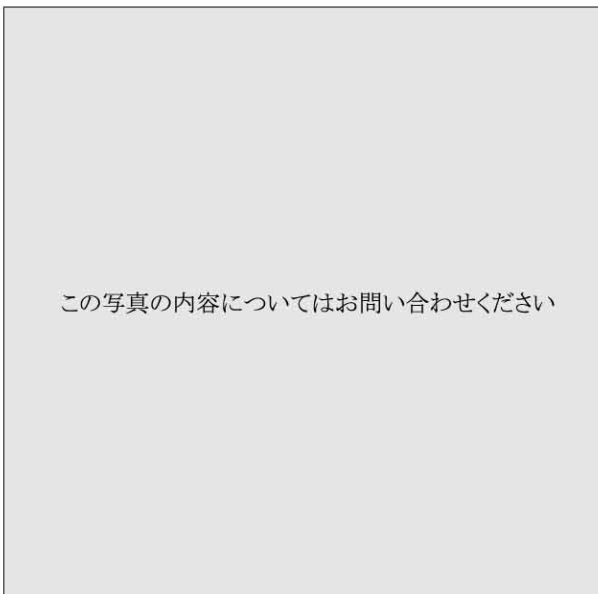
Dyes : Actual Tone : Actual



Dyes : Simulated Tone : Actual



Dyes : Actual Tone : Simulated



Dyes : Simulated Tone : Simulated

Fig.6 Simulations of color paper

はシアン方向にシフトし、赤、シアンは彩度が高くなっている。

近似的に各特性のシミュレーションの結果はベクトルの加算が成り立つので、個々の特性についてシミュレーションを行い、目的に合うように組み合わせて最適な特性に絞り込んで行く事ができる。Fig.4には明度指数L\*の変化が示されていないが、色相、彩度の再現に注目する場合や、明度も考慮した再現を考える場合など、色再現の目的に応じた表し方を行っている。

このシミュレーションは当社のカラーネガフィルムの設計に用いられているSSF (Simulated Spectral Foundation) 技術<sup>6)8)10)14)</sup>の基盤をなすものである。

## 6

### カラーペーパーの色再現シミュレーション

カラーペーパーの発色色素の分光分布、特性曲線のシミュレーションの概要を示す。シミュレーションはFig.3と同様の流れになっている。

上記のネガフィルムのシミュレーションの場合と同様に、基準プリントを用意する。このペーパーの発色色素の分光分布、特性曲線の測定値と、シミュレートしたい発色色素の分光分布、特性曲線の値を用いて計算を行う。

発色色素をFig.5のように変え、特性曲線の傾きを軟調化させた結果を、レーザープリンターでカラーペーパーに出力した画像をFig.6に示す。発色色素の分光分布をシャープにした画像は色の彩度が上がりあざやかに見え、コントラストが高くなったような印象を受ける。一方、基準の発色色素で特性曲線を軟調にした画像はコントラストが低くなる。シャープな色素で適度に軟調な画像は、色はあざやかに見え、階調は基準の画像の印象に近い。

このように、数値では評価しにくいものを視覚化し主観評価する事により、特性を絞り込んで行く事ができる。

## 7

### まとめ

カラー写真の色再現シミュレーションシステムを構築し、カラー写真感光材料の設計に用いている。これによって、新製品開発の目標設定や試作段階での評価、解析などが、迅速化されている。

今回紹介したシミュレーションシステムに関して言えば、新製品の超高画質カラーネガフィルムコニカIMPRESA 50の開発にはSSF技術の一環として分光感度分布とIIEのシミュレーションが、また、新製品コニカカラーQAペーパータイプA5の開発には、発色色素、特性曲線のシミュレーションが大きく寄与した。<sup>13)14)</sup>

#### ●参考文献

- 1) M. Kajiwara, et al. : 5th International Symposium on Photofinishing Technology and Marketing, 20 (1988)
- 2) 犬井正男 : 日本写真学会昭和63年度年次大会講演要旨, 58 (1988)
- 3) 宮本昭彦 : 日本写真学会誌, 51 (3), 243 (1988)
- 4) M. Okumura, et al. : 3rd International Symposium on Photofinishing and Minilab Technology (1988)
- 5) 梶原 真 他 : Konica Tech. Rep., 2, 138 (1989)
- 6) 島崎 博 : 平成2年度カラーラボセミナー講演要旨, 34 (1990)
- 7) M. Miyoshi, et al. : 6th International Symposium on Photofinishing Technology, 57 (1990)
- 8) A. Ezaki, et al. : 4th International Symposium on Photofinishing and Minilab Technology, 22 (1990)
- 9) Y. Ohya, et al. : 4th International Symposium on Photofinishing and Minilab Technology, 26 (1990)
- 10) 島崎 博 他 : Konica Tech. Rep., 4, 28 (1991)
- 11) M. Tanaka, et al. : IS&T's 44th Annual Conference, 524 (1991)
- 12) 服部 毅 他 : 日本写真学会平成3年度年次大会講演要旨, 193 (1991)
- 13) 梶原 真 他 : Konica Tech. Rep., 5, (1992)
- 14) 島崎 博 他 : Konica Tech. Rep., 5, (1992)