

# プリンタのカラーノイズ評価方法

An Evaluation Method for Color Noise of Printers

青山 耕三\*  
Aoyama, Kozo

榎本 洋道\*  
Enomoto, Hiromichi

洪 博 哲\*  
Hung, Po-Chieh

In order to evaluate the noise in images, several methods have been proposed. However, most of them are limited to gray images. The purpose of this study is to extend the conventional method and establish an evaluation method for color noise of printers. We use the human perceptual model of an opposite color space and visual MTF characteristics. We performed two sets of perceptual experiments to confirm this evaluation method. As seen from the result, our proposed method depicts a good relationship with the subjective judgment.

## 1 はじめに

今日までさまざまな画像出力機器が開発され、実用化されてきた。それに伴い、これらの画像の品質を定量化し評価する技術が求められてきている。先に我々は、モノクロ画像のノイズ評価について、濃度の標準偏差に代わって明度の標準偏差をノイズと定義し、主観との整合性の良い明度ノイズ評価方法を開発し、提案してきた<sup>1)</sup>。

本研究では、この評価方法を拡張させ、新たに色度ノイズを考慮したカラーノイズ評価方法を検討した。即ち、人間の色知覚モデルを想定し、走査系で得られた濃度の変動を視覚系の色知覚応答の特性でフィルタリングし、均等色空間内での標準偏差をノイズとして定義することを提案する。本手法を用いて、ノイズを再現したサンプルによって視覚実験を行い、総合的なカラー画像のノイズ量を算出した結果、主観評価との間に良い相関を得たのでその内容を報告する。

## 2 カラーノイズの計算方法

### 2.1 ノイズ知覚モデル

我々の想定したノイズ知覚モデルを Fig. 1 に示す。

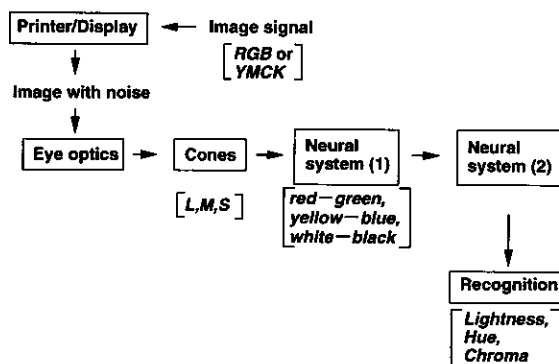


Fig. 1 The noise perceptual model

\* 技術研究所

ノイズが重畳した画像は、光学系を通り、網膜上の3種類の錐体 L, M, S によって受光される。受光された信号は初め、視神経において赤-緑、黄-青、明-暗の反対色に変換される。さらに後段の視神経領域でそれぞれに視覚空間周波数特性によりフィルタリングされる。最終的には、大脳視覚領において、色を明度、色相、彩度として認識する。なお、眼の光学系における空間周波数応答の劣化は相対的に小さく、本モデルでは取り扱わなかった。

### 2.2 ノイズ計算の手順

上のノイズ知覚モデルを計算上で再現するため、以下の手順でノイズの計算を行った。

- 1) 一様なデジタル信号で出力した試料をマイクロドレントメータで走査し、3つのフィルタ Red, Visual, Blue を通して得られた3色の濃度を強度に変換する。測定条件は、サンプリングピッチを  $5\ \mu\text{m}$ 、アパーチャサイズを幅  $5\ \mu\text{m}$ 、高さ  $1\ \text{mm}$ 、測定点数を 2048 点とした。
- 2) これを最小二乗近似による変換マトリクスを用い、三刺激値 XYZ に変換した後、線形変換<sup>2)</sup>により反対色応答、赤-緑、黄-青、明-暗の値を得る。
- 3) 各応答をデジタルフーリエ変換する。
- 4) 明度の応答には、輝度の空間周波数特性<sup>3)</sup>を、色度の応答には色度空間周波数特性<sup>1)</sup>を掛け合わせる。
- 5) 逆デジタルフーリエ変換後、輝度、色度を  $L^*u^*v^*$  均等色空間で表す。
- 6)  $L^*, u^*, v^*$  の標準偏差をカラーノイズとして定義する。
- 7) 視覚実験の結果から、次式で  $L^*u^*v^*$  のノイズ量を重み付けし、総合ノイズ量を計算する。

$$NT = wL \cdot NL + wu \cdot Nu + wv \cdot Nv$$

$NT, NL, Nu, Nv$  はそれぞれ総合ノイズ量、 $L^*, u^*, v^*$  のノイズ量を表し、 $wL, wu, wv$  は重み係数を表す。

なお、本報では眼の解像力を表すための色度空間周波数特性として、赤-緑、黄-青ともに同一の赤-緑方向の特性曲線を用いた。

### 3 カラーノイズ視覚実験

#### 3.1 実験手順

以下に述べる実験手順で評価テストを行なった。被験者は4名で一人につき3回の評価を行なった。観察距離は全体のサンプルが視野に入るよう60cmとし、光源はD50を用いた。サンプル面照度は平均640luxであった。

- 1)  $L^*$ ,  $u^*$ ,  $v^*$ のうち1軸のみ擬似ホワイトノイズが発生する画像データを作成する。
- 2) 測色的に調整されたフルカラーデジタル銀塩プリンタでサンプルを出力する。
- 3) 2.2で述べた手法により、サンプルのカラーノイズを測定する。
- 4) 上記の条件のもとで主観評価を行う。評価方法は、最もノイズ量の少ないサンプルを定規の左端に、最もノイズ量の大きいサンプルを右端に固定し、ノイズを加えた17枚のサンプルを被験者の適当と思われる位置に置き、その位置を主観評価値とした(これを主観評価テストAとする)。
- 5)  $L^*$ ,  $u^*$ ,  $v^*$ のノイズが複合された17枚のサンプルを作成し、ステップ2)および3)と同様に出力、測定を行う。
- 6) 5)で作成したサンプルに、4)で用いた $L^*$ のみのノイズサンプル3枚を加え、複合ノイズサンプルのうち、ノイズ量最大のサンプルを右端に固定し、4)と同様に主観評価を行う(これを主観評価テストBとする)。

#### 3.2 実験結果

主観評価テストAにより得られた主観評価値と、サンプルの $L^*$ ,  $u^*$ ,  $v^*$ ノイズ計算値との関係をFig. 2に示す。

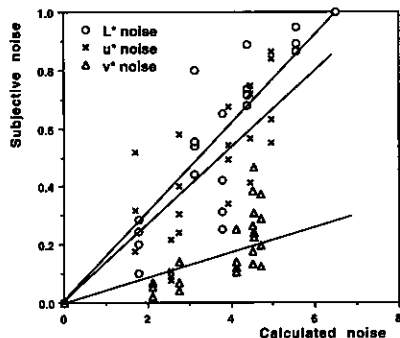


Fig. 2 Relationship between calculated noise and subjective judgment in luminance and chromaticity noise

これより、本手法によるカラーノイズ測定法で用いた色度空間周波数特性は $L^*$ ,  $u^*$ 方向では近いノイズ量だが、 $v^*$ 方向では、そのノイズ量は $L^*$ ,  $u^*$ 方向に比べ約半分の

傾きになっていることが分かる。これは、反対色応答の赤-緑、黄-青ともに赤-緑の色度空間周波数特性を用いたためと考えられる。次に、Fig. 2で得られた $L^*$ ,  $u^*$ ,  $v^*$ の最小二乗近似直線の係数からそれぞれのノイズ量を以下の係数で重み付けし、総合ノイズ量を計算した。

$$wL=0.155, wu=0.132, wv=0.050$$

総合ノイズ量と主観評価テストBとの関係を調べた結果、相関係数は0.867となり、本実験の精度から考えて両者の間では、ほぼ良い一致が得られたと言える。

### 4 総合ノイズの適用例

次に本評価方法を用いた適用例を示す。サンプルには、網点線数175線のオフセット印刷を用いた。YMCとKのみで作成した $L^*$ が約50の2種類のグレイパッチについて、観察距離を変化させ、それぞれの総合ノイズ量を比較した。Fig. 3に示すように、前者は観察距離が近いとノイズが高く、離れるに従って急激に減少し、20cmからは逆に低くなった。このことから、適当な観察距離が保証される場合、Kを多用するより、YMCを利用する方がノイズ感の少ない滑らかな画像再現ができることが分かる。

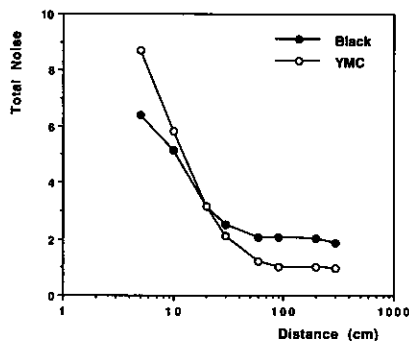


Fig. 3 The total noise of offset printings using Y+M+C and K versus observing distance

### 5 結び

従来、モノクロ画像に限定されていたノイズ評価方法を拡張し、人のノイズ知覚モデルを用いることで、色度方向のノイズを考慮にいたれた総合的なノイズ量を提案した。主観評価の結果からも、概ね良い整合性が得られた。今後は、測定精度を向上させ、信頼性の高い評価方法にしていきたい。

#### ●参考文献

- 1) 榎本洋道、洪博哲、プリンタのノイズ評価方法の研究、Konica Technical Report 7, 90-92(1994)
- 2) 納谷嘉信、"産業色彩学"、朝倉書店、33(1990)
- 3) A. S. Patel, Journal of the Optical Society of America 56 (5), 689(1966)
- 4) 関口修利、第10回色彩工学コンファレンス予稿集、89(1993)