

コア・フリンジモデルによる網点印刷物の色再現予測

○東 吉彦、犬井正男
東京工芸大学工学部

Color Prediction of Halftone Prints using Core-Fringe Model
Yoshihiko Azuma and Masao Inui
Tokyo Polytechnic University, Faculty of Engineering

Abstract: In the current study, we used a halftone dot structure model to incorporate the effect of light scattering and then estimated the colorimetric characteristics of single-ink halftone print. Our model assumes that a halftone dot consists of two regions. One region is a central area of the dot that has the same thickness of ink-layer as that of the solid print, and is referred as “core”. The other region is the marginal area of the dot that has thinner ink-layer than that of the solid print, and is referred as “fringe”. Using the model, we calculated the chromaticity coordinate values for single-ink halftone ramps and then compared them with the measured values. Consequently, the model could describe the non-linear behavior of single-ink halftone prints as well as predict the reflectance spectra more precisely than the Murray-Davies model.

1. はじめに

網点印刷物の反射率が網点面積比から予想されるよりも低い値を示す関係は、光学的ドットゲインとしてよく知られており、用紙中に入射した光の散乱が原因と考えられている。この関係を指数関数で表現したものが Yule-Nielsen 式であり、実際の特性を比較的正確に記述できるが、パラメータの指数には用紙や網点線数によって異なる経験値が用いられ、特定の整数値を除き物理現象との直接の対応関係が明確でない。

本報告では、光散乱効果を網点構造に組み入れたコア・フリンジモデル¹⁾を用いて、印刷物の色再現特性の非線形性を精度良く記述できることを示す。

2. 原理

2.1 光の入射と射出の経路

表面反射やインキ層内での散乱、界面での多重反射などを無視すると、網点画像に対する光の入射と射出の経路は、Fig. 1 に示す 4 種類に大別される。ここで、光路①と③はそれぞれ紙とインキでの反射成分、光路②と④はインキ層を 1 回のみ通る成分で、紙中での光の散乱によって生じる成分である。

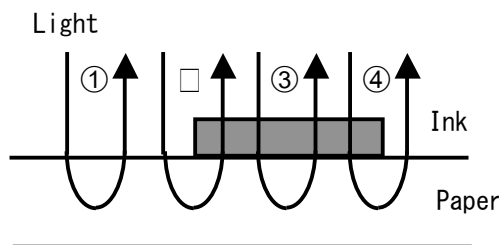


Figure1. Illustration of the four paths that light can take in passing through the halftone system.

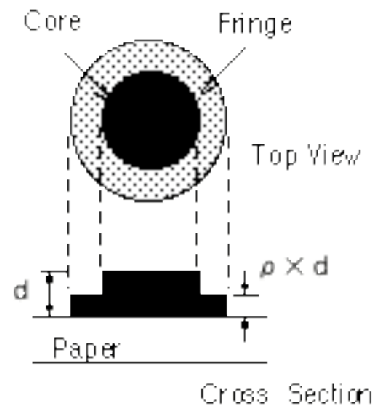


Figure2. Halftone dot structure of core-fringe model.

2.2 コア・フリンジモデル

Fig. 2 にコア・フリンジモデルの概念図を示す。網点は中央のコア部と、薄い周辺部のフリンジ部からなる。光は入射領域内で反射吸収され他の領域から外へ出ることにはないとする。このモデルにおいて、再現色の分光反射率 $\hat{R}(\lambda)$ は次式で表される。

$$\hat{R}(\lambda) = a_c R_c(\lambda) + a_f R_f(\lambda) + (1 - a_c - a_f) R_p(\lambda) \dots (1)$$

ここで、 λ は波長、 $R_c(\lambda), R_f(\lambda), R_p(\lambda)$ はそれぞれコア、フリンジ、用紙の分光反射率、 a_c, a_f はコア、フリンジの網点面積比である。また、フリンジ部インキ層の厚みをコア部の ρ 倍 ($0 < \rho < 1$) とし、インキ層の透過濃度に Lambert-Beer 則を適用し、最終的に以下の式が得られる。

$$\hat{R}(\lambda) = a_c R_c(\lambda) + a_f R_c(\lambda)^{\rho} \cdot R_p(\lambda)^{1-\rho} + (1 - a_c - a_f) R_p(\lambda) \dots (2)$$

Fig. 1 との比較より、(2)式の第 1 項が光路③、第 2 項が光路②と④、第 3 項が光路①に対応する。このように、本モデルは散乱による成分光をフリンジ部として網点構造に組み込んだ点に特徴がある。

3. 方法

網点面積比を0から1.0まで0.1ずつ変えたCyan、Magenta、Yellowの単色試料を、コニカカラーデジジョンIIにより下記条件で作成した。

網点形状：Euclidian、Elliptical

網点線数：87線、175線、350線、525線

用紙：特菱アート紙 127.9 g/m²

分光反射率測定及び測色計算は下記条件で行った。

分光測色機：Spectrolino (GretagMacbeth)

測定範囲：400~700nm、測定間隔：10nm

測定幾何条件：45/0、測定光源：D₅₀

測定視野：2°、裏あて：黒

試料の正確な網点面積比を求めるため、顕微鏡(Nikon製OPTIPHOT)に3CCD方式デジタルカメラ(富士写真フィルム製HC-2500)を装着した画像入力装置により試料画像をコンピュータに取り込み、画像解析ソフト(三谷商事製MacSCOPE)により判別分析法で二値化し、網点面積比を求めた。

コアとフリンジの面積比は、試料の分光反射率の測定値と(2)式による計算値との誤差を最小化する値をExcel(Microsoft社)のソルバーを用いて求めた。フリンジ部を通る光路長がコア部の半分であることからLを0.5として計算した。

4. 結果および考察

Fig. 3に網点形状がEuclidianでのマゼンタ試料の結果を示す。まず、コアの面積は、網点面積に対して緩やかな指数関数状に増加し、網点線数が高いほどその立ち上がりは遅く、傾きは急になる。一方フリンジの面積は、網点面積比0.4~0.5付近で最大となる山形の変化を示す。また、高い線数条件ほど値が大きく、最大点も0.5より下側にずれている。線数の増加に伴いフリンジ面積が大きくなることは、散乱光成分の比率が増すことを意味する。検証のため、紙の散乱特性を点拡がり関数で表した反射画像モデル²⁾を用いて、線数によって網点濃度分布への散乱の影響がどう異なるかを調べた。Fig. 4に結果を示す。線数が高いほどドット部が明るく、紙の部分が暗くなり、コア成分の減少とフリンジ成分の増加による効果と一致した。

Fig. 5にCIE xy色度図上での色度点軌跡をMurray-Daviesモデル(+と)比較して示す。実測値(●)の円弧状軌跡に対してコア・フリンジモデルの予測値(×)が良く一致していることがわかる。また、Table1には色差 ΔE^*_{ab} で比較した結果を示した。

Table1. ΔE^*_{ab} between measurement and prediction.

Screen Ruling (LPI)	87	175	350	525
Core-Fringe model	0.2	0.2	0.3	0.5
Murray-Davies model	5.6	8.7	14.6	17.1

5. 結論

網点画像の色再現特性への光散乱の影響をコア・フリンジモデルで定量的に記述することができた。

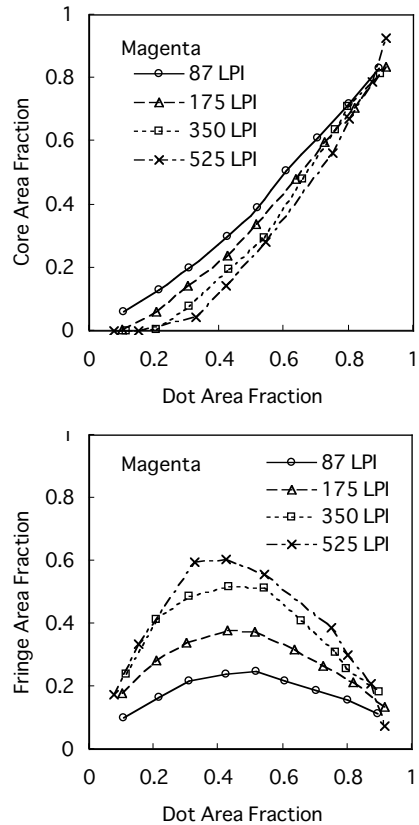


Figure3. Estimated values of core and fringe areas.

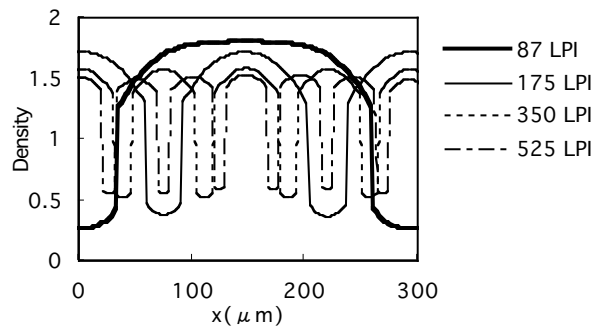


Figure4. Density profile of halftone dots obtained from the reflection image model.

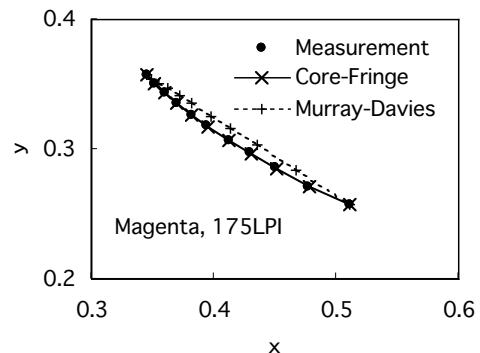


Figure5. CIE xy coordinates obtained from two models.

参考文献

- 1) 東、魚本、犬井、高橋：日本印刷学会第104回春期研究発表会予稿集、100-103 (2000)。
- 2) 井上、津村、三宅：日本印刷学会誌、35、189-196 (1998)。