

# KNC現像法における画像偏りの数値解析

Simulation of the Toner Uneven Distribution in the KNC Process

三保 広晃\*

Miho, Hiroaki

To produce high resolution images, small particle size toner is required in the electrophotographic laser color printer. In the KNC process (toner on toner image forming), an image occurs with an excess of toner at the edge in the process proceeding direction due to a decrease in toner particle size.

To reduce this defect, I have conceived a model and studied the relationship between toner uneven distribution and development conditions. This model is based on supplying fresh toner in the development area. Calculated results using this simulation are consistent with experimental results and I have found a decrease in toner uneven distribution.

## 1 はじめに

KNC (Konica New Color) 現像法は感光体上でYellow、Magenta、Cyan、Blackトナーを重ねあわせる現像方式である。先に現像された感光体上のトナーを次色の磁気ブラシ層で乱さないために、非接触で現像する方法をとっている。粒状性や解像度の改善を図るためトナー粒径を小径化する必要があるが、小径化に伴い画像の副走査方向（潜像進行方向）でべた画像エッジのトナー付着量が増加する現象（画像偏り）が見られた。今回はこの画像偏りについて現像プロセス条件の依存性を数値解析し、実画像との比較を行った結果について報告する。

## 2 画像偏りとトナー粒径

感光体上に一次色（例えばY）を現像しその上に二次色を取り囲む二次色（例えばC）を重ね合わせた場合、画像偏りが目立ちやすい。Fig.1にトナー粒径 $8.5\mu\text{m}$ 、 $11\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ でべた現像したときのGreen画像とトナー表面電位、偏りの関係を示した。トナー表面電位は潜像電位 $600\text{V}$ における現像後のトナー層表面の電位である。偏りの程度は中央部とエッジ部の付着量比で示した。付

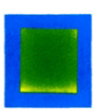
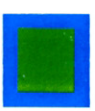
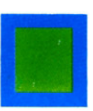
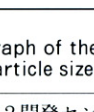
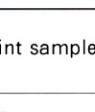
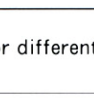
Toner Particle Size	$8.5\mu\text{m}$	$11\mu\text{m}$	$15\mu\text{m}$
Toner Surface Potential	330 V	440 V	510 V
Toner Mass Ratio	1.3	1.1	1.0
Front			
Rear			

Fig.1 Photograph of the print samples for different toner particle size.

着量比が大きくなるほど偏りは起こりやすい。

トナー粒径が大きい場合、トナー表面電位が増加し現像性が飽和してしまうために付着量比が小さくなっていると考えられる。 $8.5\mu\text{m}$ トナーを使用した時のGreen画像の場合、以下の原因が重なって色相の変化が発生している。

- (1) Y現像工程：現像領域（現像スリーブと感光体の間でトナーが現像される領域）内で潜像電位がY付着トナーにより飽和しにくく、エッジ部に必要以上のトナー量が付着する。
- (2) C現像工程：再帯電、露光後のC現像工程ではYエッジ部のトナー表面電位がY中央部のそれと比較して高いために、Yエッジ部におけるC現像電界がY中央部に比べ小さくなりCトナーが現像されにくい。

## 3 画像偏りモデルの考え方

電子写真方式では画像周辺のエッジが強調される現象が認められ、潜像電界の回り込みが原因であることはよく知られている。Fig.1に見られる主走査方向の色相の変化は、この縁端電界により発生している。副走査方向の画像偏りについてもエッジ強調が一因になっていると考えられるが、それ以上のメカニズムについてはこれまで定説はないようである。

ここでは画像偏りの考え方について未消費トナー供給モデルで説明する。

Fig.2は現像スリーブと感光体が同方向に回転し、現像スリーブが感光体の2倍の速度で移動する ( $V_s/V_p=2$ ) 場合のトナー付着をイメージした図である。便宜的に現像領域と感光体潜像を5分割し各分割点における現像効率を $\alpha$ 、現像領域に進入する初期トナー量をTとした。

（潜像先端部の付着量）

- (1) 潜像先端部と現像剤が現像領域の最初の分割点に進入したとき、単位トナー供給量（単位スリーブ速度）あたりの付着量Aは $\alpha T$ で示され、 $V_s/V_p2$ より2Aが付着する。

\* 機器開発統括部 第2開発センター

- (2) 潜像と現像剤が次の分割点に移動すると、単位スリーブ速度あたりの付着量Bは $\alpha(T-A)$ となり、 $V_s/V_p$ より2Bが最初の分割点で付着した2Aの上に付着する。
- (3) 現像後半になるに従い初期トナーは消費され減少することになる。最終的に潜像先端に付着するトナー総量は $2A+2B+2C+2D+2E$ となる。

(潜像後端の付着量)

潜像後端には現像領域内であっても常に未消費の現像剤が進入することから付着トナー総量は増加する。最後尾のトナー総量は $2A+AB+AB+AB+AB$ になる。

従って潜像先端部が現像領域内を通過している間、消費された現像剤が供給されるのに対し、潜像後端部では未消費の現像剤が供給されつづける。この結果、先端と後端の付着量差が生じると考えられる。

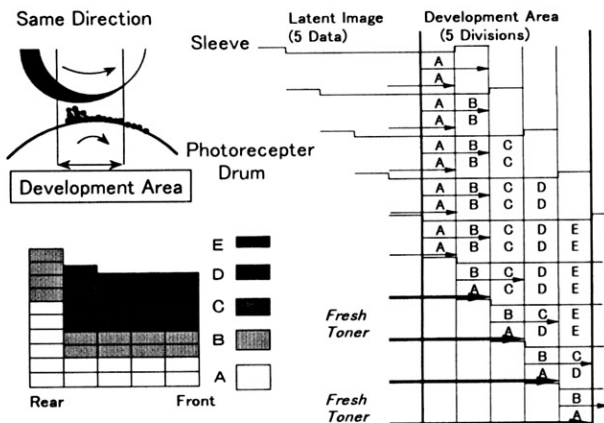


Fig. 2 Toner uneven distribution model when fresh toner is supplied and consumed in the development area

#### 4 画像偏りの数値解析方法

基本的な現像系因子と偏りの関係を定量的に把握するため数値解析を行った。前述では各分割点の現像効率 $\alpha$ を一定とみなしたが、実際は各分割点で現像電界が異なるため現像効率は変化する。本解析では各分割点の現像効率を理論的に算出し付着量を求めた。今回依存性を調べた因子は現像方法、回転方向、 $V_s/V_p$ 、現像効率、トナー供給量、付着トナーによる逆電界である。

##### 4.1 計算式

現像領域を100分割したときの現像領域n番目の付着量 $M(n)$ は次式の通りである。

$$M(n) = \{K(n) - \beta \sum M(n-1) / \sum M(100)\} \cdot T(n) / P \quad (式1)$$

$K(n)$ : 分割点nにおける現像電界係数

$T(n)$ : 分割点nにおける残存トナー量

$\beta$ : 付着トナーによる逆電界係数

$P$ : 現像性係数

分割間隔を0.1mmとし潜像データ150すなわち画像進

行方向のべた潜像が15mmの場合について計算した。前述の現像効率 $\alpha$ が $\{K(n) - \beta \sum M(n-1) / \sum M(100)\}$ に相当する。なお $\beta$ は付着トナーの電荷密度、感光体厚さ、感光体比誘電率から計算で求めた。

##### 4.2 K(n)の算出手順

各分割点の現像剤穂高 $t(n)$ 、現像剤先端とドラムとの空隙 $d(n)$ を算出することにより現像電界 $E(n)$ を求め $K(n)$ を導き出した。

###### (1) 現像剤穂高プロフィールの算出

現像スリーブ上の任意の位置nにおける穂高 $t$ は次式の通りである。 $t$ のみ実測し算出した。

$$t(n) = t \cdot \sin \{ \tan^{-1}(T(B)/P(B)) \} \quad (式2)$$

$t$ : 極上部の穂高

$T(B)$ : スリーブ接線方向磁束密度

$P(B)$ : スリーブ法線方向磁束密度

Fig.3は極上現像用スリーブ(現像スリーブ内の磁極が感光体に対向)と極間現像用スリーブ(磁極と磁極の間が感光体に対向)の穂高プロフィールである。現像方法の違いを調査するため2種類のスリーブを用意した。極上現像用スリーブは感光体との最近接点で現像剤穂の先端と感光体との隙間を維持するために高磁化のマグネットを埋め込んでいる。計算値と実測値はよく一致している。

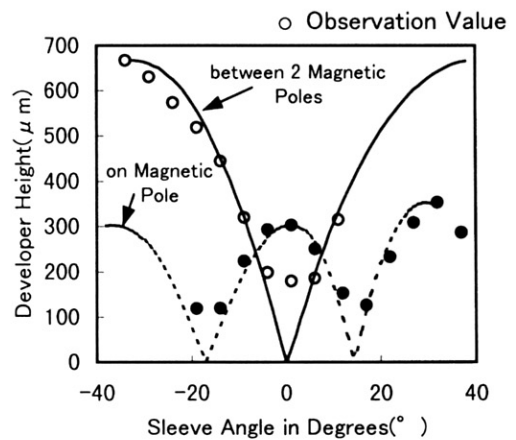


Fig. 3 Developer height vs. Sleeve angle for different sleeves. The solid line is calculated for 'between the 2 magnetic poles' sleeve. The broken line is calculated for 'on the magnetic pole' sleeve.

###### (2) 各分割点におけるスリーブ感光体間の空隙算出

Fig.4に感光体、現像スリーブの位置関係を示す。現像スリーブと感光体の最近接距離を0.55mmとした。極間スリーブ上の現像剤は感光体の両サイドに張り出し、極上-極間の中間付近が最近接している。なお空隙 $d(n)$ はグリーン関数を用い算出した。

###### (3) 現像電界プロフィールの算出

位置nにおける現像電界 $E(n)$ は電位差を $V$ とすると

次式の通りである。

$$E(n) = V / \left[ \frac{d(n) - t(n)}{\epsilon} + t(n) \right] \quad (式3)$$

$\epsilon$  : 現像剤の比誘電率3と仮定

Fig.5は極上・極間スリーブの現像電界プロフィールである。トナーの現像開始電界  $E_s$  (const) は実験から求めた。本解析に用いたスリーブにおいては極間現像の方が極上現像に比べ現像領域が広く、現像電界は小さい。

$K(n)$  は以下の式で規格化した。

$$K(n) = \{E(n) - E_s(\text{const})\} / \{E(50) - E_s(\text{const})\} \quad (式4)$$

$E(50)$  : 極間スリーブ最近接点における現像電界

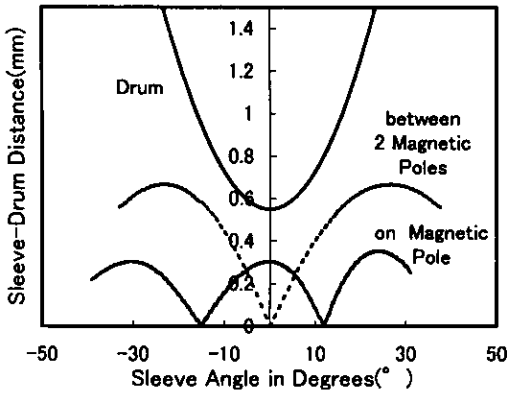


Fig.4 Relation between photoreceptor drum and developer for different types.

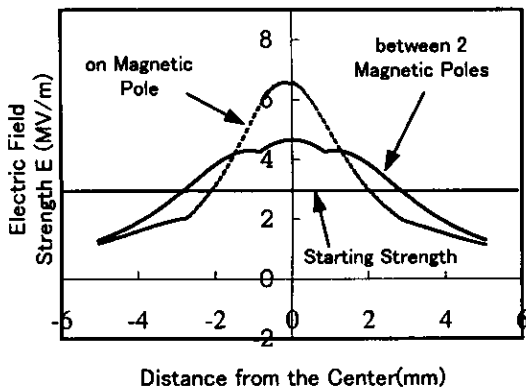


Fig.5 Calculated electric field strength curve. The straight line shows the strength at which toner starts to develop.

## 5 数値解析結果

式1に式4から求めた  $K(n)$  を代入し各分割点の付着量の変化傾向を調べた。

### 5.1 マシンパラメータ依存性

Fig.6に逆方向回転(逆転)と同方向回転(正転)の比較を示す。逆転は画像先頭部に偏りが発生し、正転は画像後端部に偏りが発生する。逆転は正転に比べエッジ部の付着量は少ないが偏り幅は広がっている。逆転の方がエ

ッジ部の付着量が少ない上、偏り幅が広いので色相の変化がなだらかで目立ちにくい傾向がある。なお実測値は出力画像の濃度プロファイルより求めたもので計算値とよく一致している。

Fig.7に極上現像と極間現像の比較を示す。現像領域が広く電界強度の弱い極間現像の方がエッジ部の付着量が少ない上、偏り幅が広いので目立ちにくい。

Fig.8に  $V_s/V_{p2}-4$  の比較を示す。回転速度の早い方がエッジ部の付着量比が少なく偏りは目立ちにくい。

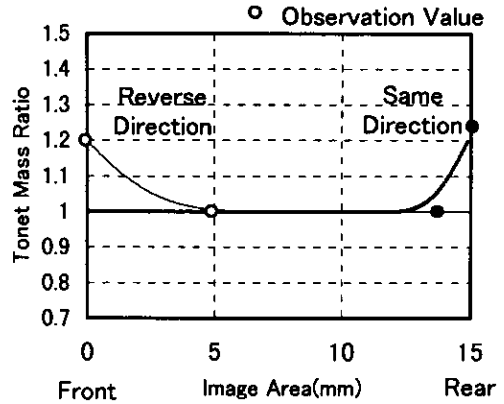


Fig.6 Comparison of simulated uneven distribution between reverse direction and same direction

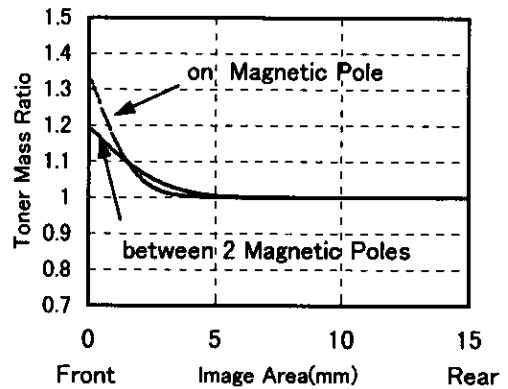


Fig.7 Comparison of simulated uneven distribution between 2 types of sleeve

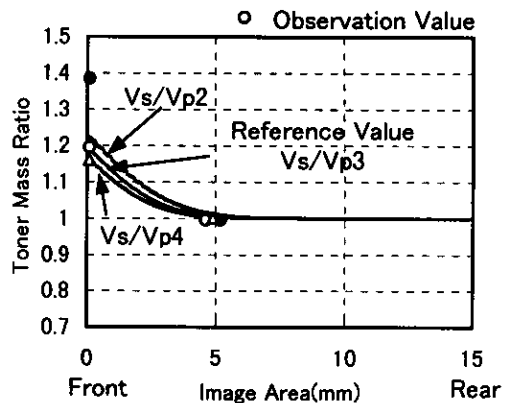


Fig.8 Dependence of simulated uneven distribution on  $V_s/V_p$



## 5.2 現像性パラメータ依存性

Fig.9 に現像効率の比較を示す。現像効率が低い程トナー消費量が少いためエッジ部の付着量比は低下する。

Fig.10 にトナー供給量依存性を示す。トナー供給量増加により現像電界が低下するためエッジ部の付着量比は低下する。

Fig.11 に付着トナー自身がつくる逆電界依存性を示す。逆電界増加により現像電界が低下するためエッジ部の付着量比は低下する。

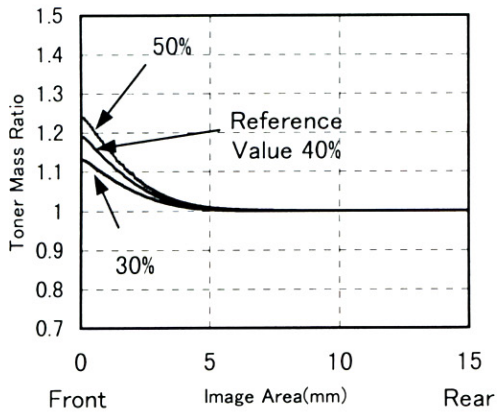


Fig.9 Dependence of simulated uneven distribution on the development efficiency

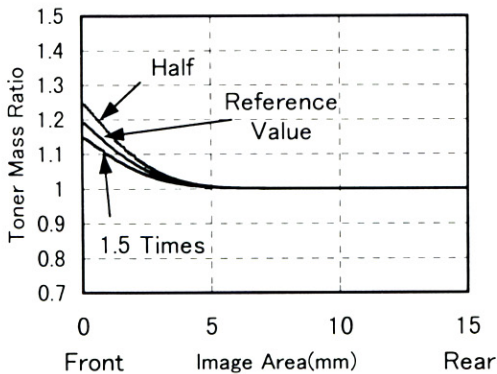


Fig.10 Dependence of simulated uneven distribution on the toner supply mass

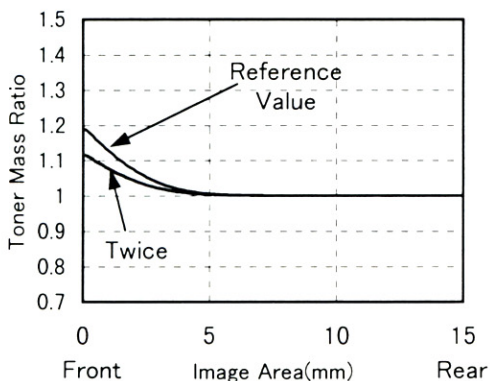


Fig.11 Dependence of simulated uneven distribution on the toner layer potential

## 5.3 出力画像による検証

Fig.12 に出力サンプルの現像条件と出力画像を示す。正転では後端部に Yellow の偏りがあるため Cyan が付きにくく色相の変化が目立ちやすい。これに対し逆転では先端部で色相が変化している。トナー供給量を増加し濃度を18%にした場合、現像効率の低下によりエッジ部の付着量比が低下し色相の変化はほとんど目立たない程度に減少している。

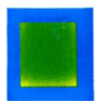

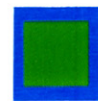
Direction	Same	Reverse	Reverse
Carrier Particle Size	35 $\mu$ m	35 $\mu$ m	20 $\mu$ m
Toner Concentration	9 %	9 %	18 %
Front			
Rear			

Fig.12 Photograph of the print samples for several conditions.  
 Fixed conditions for this experiment  
 Toner particle size :8.5  $\mu$  m  
 Development method :between 2 magnetic poles  
 Sleeve-Drum Distance :550  $\mu$  m  
 Ratio of velocity of sleeve to drum  
 $V_s/V_p$  :3  
 Developer mass per unit area on sleeve  
 $D_{ms}$  :10mg/cm<sup>2</sup>

最後に本報告ではエッジ部の付着量増加について検証してきたが正転でべた画像の上流に低濃度画像がある場合、低濃度側の画像境界部が白く抜ける現象が報告されている1)。この現象についても本モデルを使えば現像スリーブ上の供給トナーがべた画像部で消費された後、低濃度部に到達するという考え方で説明できる。

## 6 まとめ

市場の画質向上に対する要求は高く、小粒径トナーの採用は必須課題になっている。本論文ではトナーの小粒径化に伴う画像偏りについてモデル化・数値解析を行い、偏りの少ない現像条件を見出すことができた。

### ●参考文献

- 1) 服部：電子写真学会誌 Vol36, No4, P324(1997)