

1 成分現像方式におけるトナー補給前後の帯電量分布変化の解析と抑制法の研究

Analysis of Toner Charge Distributions Before and After Toner Replenishment, and the Control of Toner Surface States

村内 淳 二*
Murauchi, Junji

筒井 主 税*
Tsutsui, Chikara

岡田 拓 也*
Okada, Takuya

後藤 浩 浩*
Gotou, Hiroshi

要旨

コストや環境負荷低減の観点から、1成分現像方式においてもトナーの追加補給をして現像器を使い続けることが望まれている。トナーの追加補給を行わない使い切り型の1成分現像方式では、現像器内のトナーが耐久に伴って劣化していくことが知られている。ここに新たなトナーを補給すると、補給前後で帯電量分布が変化した。このことは、トナー補給後に画像濃度変化や、地肌カブリ、トナー飛散が生じる原因となった。

本報告では、耐久によって劣化したトナーと、補給された新しいトナーの表面状態差に着目し、トナー帯電量分布変化について考察した結果と、トナー補給後であっても帯電量分布変化を抑制できる安定したシステムについて述べる。

Abstract

In both ecological protection and print cost reduction, a toner replenishing-type mono-component developing unit is superior to a cartridge-type unit. But with a conventional mono-component cartridge, toner gradually deteriorates with print volume. When fresh toner is added to such deteriorated toner, fog noise increases. By analyzing toner charge distributions, we found that such fog noise is caused by a change in distribution profiles before and after replenishment. In this paper, we focus on changes of toner surface states, and we pursue investigation via a toner-to-toner charge transport model for a mono-component developing system. We further discuss design considerations in controlling changes of toner surface states.

1 はじめに

現在、デスクトップ型ページプリンタには、1成分現像方式を採用した使い切りカートリッジが多く用いられている。しかしながら、コストや環境負荷低減の観点から、1成分現像方式においてもトナーの追加補給をして現像器を使い続けることが望まれている。

トナーの追加補給を行わない使い切り型の1成分現像方式では、現像器内のトナーが耐久に伴って劣化していくこと¹⁾が知られている。ここに新たなトナーを補給すると、補給前後で帯電量分布が変化した。このことは、トナー補給後に画像濃度変化や、地肌カブリ、トナー飛散が生じる原因となった。

本報告では、耐久によって劣化したトナーと、補給された新しいトナーの表面状態差に着目し、トナー帯電量分布変化について考察した結果と、トナー補給後であっても帯電量分布変化を抑制できる安定したシステムについて述べる。

2 トナー追加混合に伴う作用確認

市販の使い切り型のカートリッジを用いて、新トナー、耐久後トナー、耐久後トナーに新トナーを混合さ

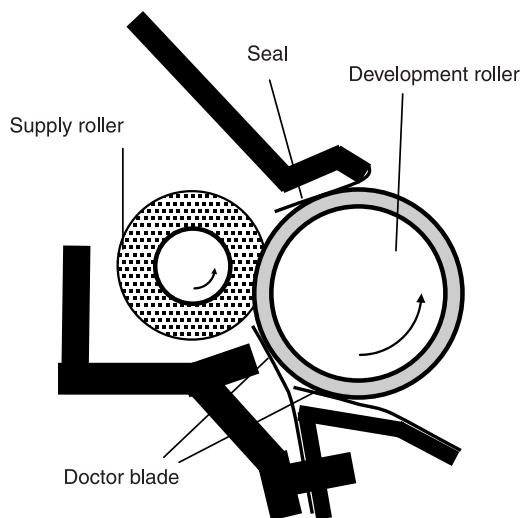


Fig.1 Mono-component developing system

* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)
機器開発本部 画像技術開発部
本論文は日本画像学会研究討論会 ICJ2006Fall にて報告

せた条件において、現像ローラ上に搬送されるトナー層の帯電量分布を評価することで、トナー補給に伴う作用を確認した。Fig. 1 に実験に使用したカートリッジの要部断面図を示す。耐久後の現像器とは印字率0%で50枚/g現像器を駆動させた状態である。ここで [枚/g] は、印字枚数を現像器内のトナー重量で割った単位である。

Fig. 2 に新トナー、耐久後トナー、耐久後トナーに対する新トナーの混合比率を変えたときのトナー帯電量分布を示す。このときの0 fC/μm以上（以下、逆帯電と呼ぶ）トナーの比率をFig. 3 に示す。

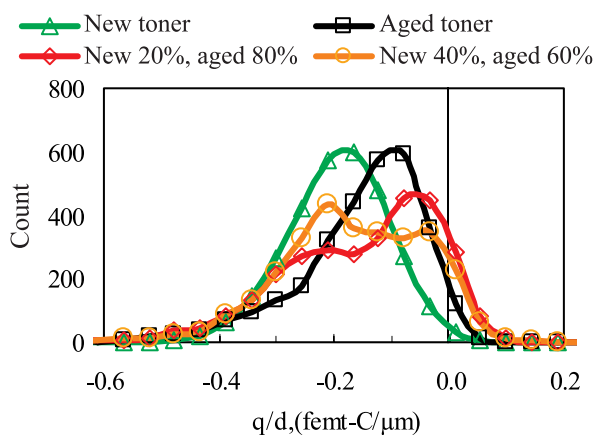


Fig.2 Comparison of toner charge distribution among new toner, aged toner, and the two mixed at two different ratios

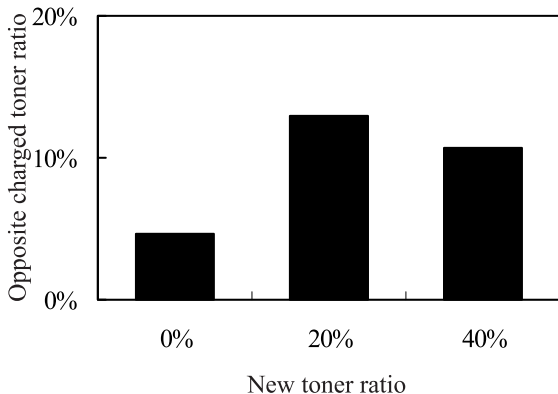


Fig.3 Dependence of opposite charged toner ratio on replenished new toner ratio in Fig.2

これより、①耐久することで帯電量分布は低帯電側にシフトした。②耐久後トナーに新トナーを追加混合することによって、帯電分布が2山化し、逆帯電成分も増加した。③追加補給する新トナーの混合比率によっても帯電分布の形が変化した。

実際の印字画質としては、耐久後トナーのみであれば地肌カブリの問題はないが、新トナーを追加混合したときは地肌カブリが見られた。

3 新トナーと耐久後トナーの比較

電子顕微鏡による観察の結果、新トナーでは外添剤がトナー表面上に付着しているのが確認できた一方、耐久後トナーでは外添剤の付着が判別できなくなった。

また、パーティクルアナライザ²⁾³⁾ PT1000 (横河電機社製)を用いて、使用している2種類の外添剤の付着密度を測定したところ、耐久後トナーの方が外添剤の付着密度が大きくなる結果 (Fig. 4 参照)を得た。この測定法は物質の量をその物質を特定する元素の発光スペクトル強度から定量するものである。新トナーの場合、外添剤のトナーへの付着力が弱いため、付着密度は小さく観測されるが、耐久したトナーでは、外添剤が母体へ埋没し、付着力が強まった結果、付着密度が大きく観測されたと考える。

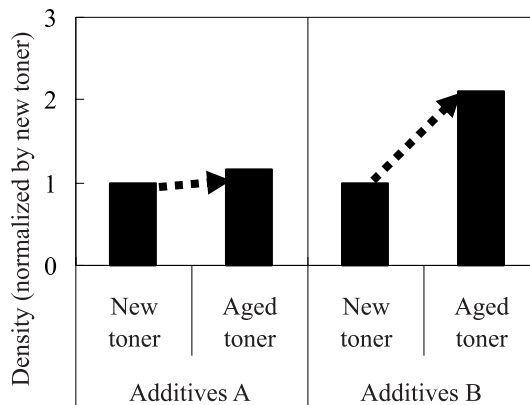


Fig.4 Comparison of densities of additive agents between new toner and aged toner as measured with a PT1000 particle analyzer

以上の観測結果より、新トナーと耐久後トナーとでは外添剤の付着状態が異なることを見出した。この知見に基づき、新トナーと耐久後トナーでは帯電性に影響を及ぼす仕事関数の値が異なるものと推定する。

4 トナー帯電量分布変動モデルと検証

新トナーと耐久後トナーの仕事関数が、それぞれある値を中心とした正規分布を取るものと仮定する。また、トナー荷電部材は一定の仕事関数値を持つこととする。この様子をFig. 5 に図示する。

1成分現像方式ではトナー薄層形成時にトナー荷電部材とトナーとを摩擦させることによって、トナーを帯電させている。近藤のモデル⁴⁾によると、2種の粒子を混合した場合に粒子の得る飽和帯電量は、2粒子間の仕事関数差に比例する。またこの考えを1成分用トナーとトナー荷電部材間に拡張できることは、栗田⁵⁾によって示されている。そこでまず、トナー荷電部材と摩擦されることでトナーが次式で示される電荷を得るものと考えた。

$$q_i = A \times |Wf_0 - Wf_i| \quad (1)$$

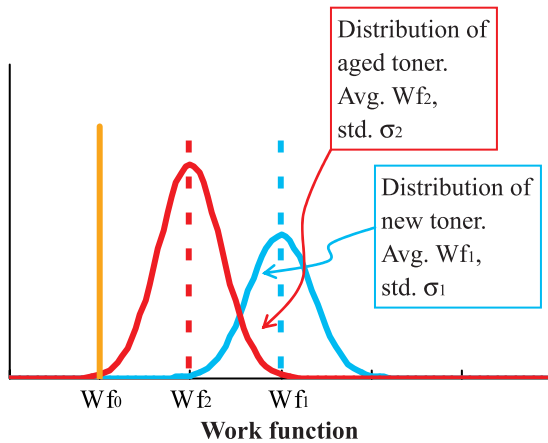


Fig.5 Parameters of the transition model of toner charge distribution

ここで Wf_0 はトナー荷電部材の仕事関数、 Wf_i は各トナー粒子の仕事関数、 A は上述のモデルで示されているようにトナー搬送量や接触電場に係る係数である。この考えに基づき新トナーの混合比率を 0~100%にしたときの帯電量分布結果を Fig. 6 に示す。ここで与えた条件は次の通りである。

トナー荷電部材： $Wf_0 = 3.3$,

新トナー： $Wf_1 = 5.0$, $\sigma_1 = 0.35$

耐久後トナー： $Wf_2 = 4.3$, $\sigma_2 = 0.35$

係数 $A = 0.1$

この結果は Fig 2, 3 で示したデータと対応しておら

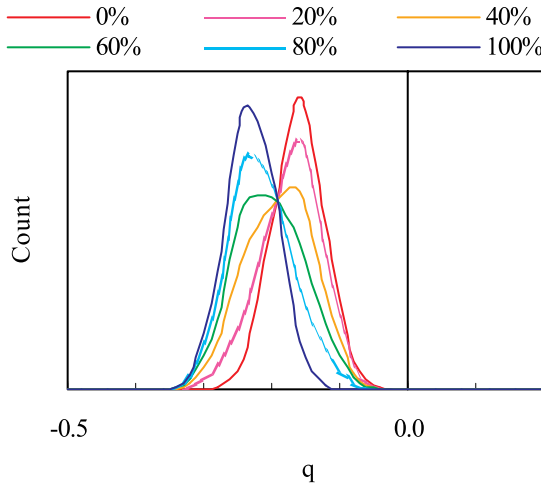


Fig.6 Simulation: toner charge distributions by change in new toner ratio based on Equation 1

ず、1成分薄層形成時のトナー帯電は、トナーとトナー荷電部材との荷電のみでは説明できないと言える。

そこで、本モデルではトナーとトナー荷電部材に加えて近接するトナー間でも摩擦荷電が行われていると仮定し、近接するトナー間でも摩擦荷電する項を導入した。

薄層形成部に供給されたトナーが、トナー荷電部材との間での摩擦および他のトナー粒子の摩擦によって得る電荷量を、各トナーについて以下の式を用いて求める。

$$q(i, j) = A_0 \times |Wf_0 - Wf(i, j)| + A_1 \times \sum_{k=1}^p |Wf(i, k) - Wf(i, j)| \quad (2)$$

ここで $q(i, j)$, $Wf(i, j)$ は各トナーに対する帯電量と仕事関数を示す。近接するトナー粒子数を P とし、 n をトナーの総個数とすると i は $1 \sim n/p$, j は $1 \sim p$ である。また Wf_0 はトナー荷電部材の仕事関数、 A_0 , A_1 はトナー搬送量や接触電場に係る係数である。

この式は、近接するトナーを p 個取り出したとき、その中のトナー (i, j) はトナー ($i, 1$) ~ トナー (i, p) とだけ摩擦荷電し、取り出した p 個のトナーは別のトナーの影響は受けなかった。

このモデルに基づき、 $p = 2$ のケースにおいて、新トナーの混合比率を 0~100%にしたときの帯電量分布を計算した。結果を Fig. 7 に示す。なお、計算条件については $A_1 = A_p = 0.1$ とした以外、上述の数値と同じものを与えた。また、その時の逆帯電比率を Fig. 8 に示す。

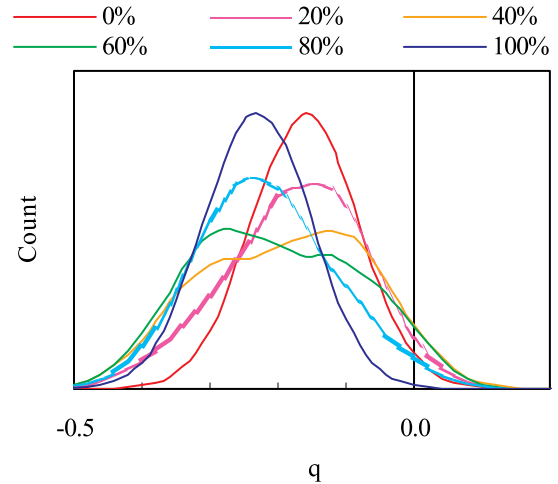


Fig.7 Simulation: toner charge distribution by change in new toner ratio based on Equation 2

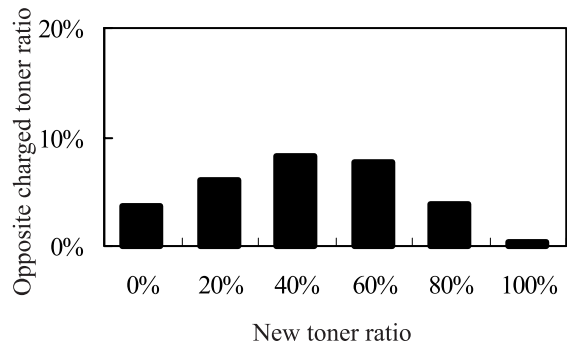


Fig.8 Simulation: dependence of opposite charged toner ratio on replenished new toner ratio in Fig.7

これより、薄層形成時に近接しているトナー間での摩擦荷電の項を導入したことによって、耐久後トナーに新トナーを混合すると帯電量分布は広がり、逆帯電トナー量も混合比率に応じて変化するという、Fig 2, 3の結果を再現できることを見出した。

次に、 Wf_2 に4.3~4.5を与えて、すなわち耐久レベルが異なるトナーに対して新トナーを混合したときの逆帯電トナーの比率を計算した結果をFig. 9に示す。なお、計算条件については Wf_2 以外、上述の数値と同じものを与えた。また、これと対応する実際の検証結果として印字率0%, A4で50枚/g, 35枚/g, 17枚/g, 駆動したトナーに新トナーを混合したときの逆帯電の比率をFig.10に示す。尚、トナーの劣化は、単位重量あたりの印字枚数が大きい方が劣化している。

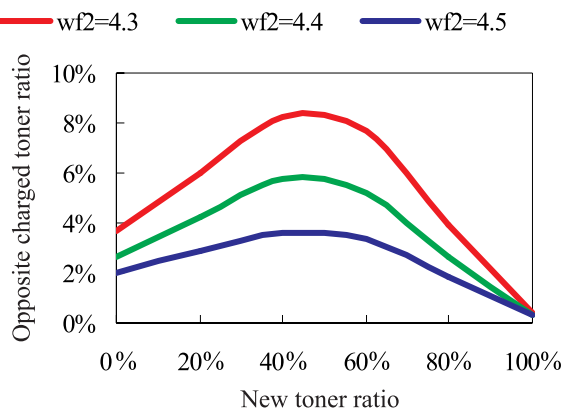


Fig.9 Simulation: opposite charged toner ratio by change in working function of aged toner based on Equation 2

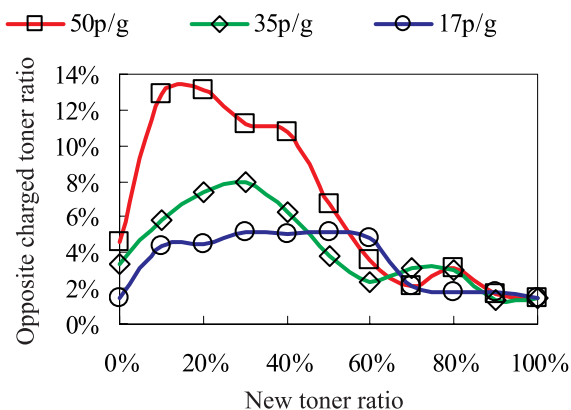


Fig.10 Experimental result of opposite charged toner ratio by changing aging level

逆帯電比率が最も悪化する新トナーの混合比率に差はあるものの、トナーの表面状態の差や新トナーの混合比率による帯電量変動を説明しうるモデルであることが確認できた。

5 考察

以上示してきたように、耐久に伴うトナーの表面状態即ち仕事関数の変化が、追加補給時の帯電量分布変化の要因である。帯電量分布変化を抑制するには、仕事関数の変化を小さくするもしくは、新トナーの混合比率を一定レベル以下にすることが重要である。

1成分現像方式は現像ローラとその周りにある機能部材 (Fig.1参照) との接触部位でトナーを劣化させている。従って、それらの接触部における機能を確保しつつ、接触圧力を下げることがトナーの仕事関数変化 (表面状態変化) を抑制する方策と考える。

また、新トナーの混合比率抑制としては、消費された分のトナーを少量ずつ補給し、新トナーの量の比率を出来るだけ低くすることが効果的であると考えられる。更に部分的な混合比率の上昇を抑えるために、スクリーで攪拌する等の方策も効果的である。

6 まとめ

新トナーと耐久後トナーの混合に伴う帯電量分布変化を、仕事関数の異なるトナー間の摩擦荷電の影響と推定し、1成分薄層形成部において、近接するトナー間での摩擦荷電の項を追加導入したモデルによって妥当性を検証した。

また、このモデルに基づく対応方策として、トナー劣化レベルの抑制と、新トナーの混合比率を一定レベル以下とすることを提案した。この方策は、コニカミノルタビジネステクノロジーズ株式会社製、magicolor5400シリーズ⁶⁾に展開されている。

7 謝辞

本研究に対してサポート頂いた、コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)機器開発本部画像技術開発部の方々に、深くお礼申し上げます。

●参考文献

- 1) 後藤浩, 村内淳二: 1成分現像におけるトナー状態安定化技術, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 3, p40-45(2006)
- 2) 鈴木俊之, 高原寿雄: 新しい外添評価方法, Japan Hardcopy '97 論文集, p65-68(1997)
- 3) 三島美奈子他: パーティクルアナライザによるトナーのマイクロ構造評価, Japan Hardcopy '99 論文集, p69-72(1999)
- 4) 近藤厚実: 粉体トナーでの摩擦帯電の機構, 電子写真学会第43回討論会, p26-30(1979)
- 5) 栗田隆治: 一成分および二成分現像剤の飽和帯電量, 電子写真学会誌, 26, p126-129(1987)
- 6) 森上祐介他: magicolor5400 シリーズエンジンを支える技術, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 3, p15-33(2006)