

1 成分非接触現像における現像ギャップ部のトナー挙動解析

A Method of Measuring Toner Motion in the Development Gap of a Mono-Component Development System

前山 健志* 平山 順哉* 夏原 敏哉*
Maeyama, Takeshi Hirayama, Junya Natsuhara, Toshiya

要旨

1 成分非接触方式の現像ギャップ部のトナー挙動を定量的に評価することは、現像装置を開発する上で非常に有益である。我々は、振動電圧を印加した電極間のトナー挙動を誘導電流で観測する手法を考案し、トナーの往復挙動を詳細に調査した。その結果、トナーの往復量が徐々に増加していく過程を定量的に捉え、増加の原因はトナーの衝突であることを確認した。更に、十分な現像量確保のためには、往復量の増加が重要であり、これにはトナーの付着力が関係していることを示した。

Abstract

Toner movement in the air gap between electrodes where an alternating electric field is applied was investigated.

The toner motion was measured via induced current flowing into an electrode. In order to detect only the induced current, circuit for a bridge composition was designed, made and added.

When an alternating field of fixed amplitude was applied, the quantity of flying toner increased as back-and-forth motion of toner went on. It was proved that this increase of toner motion was caused by the returning toner particles colliding with toner particles on the electrode, causing random motion.

In addition, it turned out that the adhesion force between the electrode and toner particles influences the quantity of toner flipped by these collisions.

1 はじめに

1 成分トナーを用いた非接触現像方法では、振動電界下でトナーを往復させ潜像を現像していく。

往復運動は画像品質に深く係わっており、過去に多くの研究がなされ、振動電界が品質に及ぼす影響についてモデルによる説明¹⁾⁴⁾が行われている。また、往復中のトナーを直接観測する動きも出てきた。高速カメラを使い、往復時のトナーの軌跡、位置などの観測がなされ、画像品質との関連が解析されている。²⁾

しかし、より基本的な往復運動の始まる過程について、定量的に調査・解析された例は無い。そこで我々は、トナーの飛翔挙動について定量的に観測できる手法を考案し解析した。本報告では、装置の測定原理を説明するとともに往復運動が始まる過程について観測し、知見が得られたので報告する。

2 実験

2.1 測定原理

基本原理は、半導体中のキャリアの移動を見るT. O. F法³⁾と同じであって、ギャップを設け対向させた電極間に電圧を印加した時に、ギャップ内でのトナーの飛翔を誘導電流から把握する。(以下、トナー飛翔電流と呼ぶ。)しかし、トナーの飛翔を電圧の印加で開始させるため、ギャップの静電容量に起因する充放電電流が発生し、トナー飛翔電流との区別が困難となる。そこで、ブリッジ回路を構成することで、充放電電流をキャンセルする構成とした。Fig. 1 で本装置の概略構成を説明する。

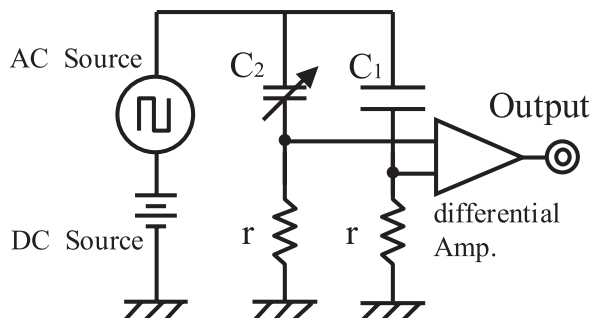


Fig.1 Measurement circuitry of toner current

* コニカミノルタテクノロジーセンター(株)
システム技術研究所 プリント技術開発室

本論文は日本画像学会 2004 Fall Meeting にて既報告

C₁は測定対象となるトナーが介在するギャップで、片側の電極に試料となるトナーを付着させる。C₂は可変容量コンデンサ、rは電流検出抵抗である。電源にはDCオフセットの設定が可能な矩形波電源を使用した。操作方法としては、予めトナーをC₁の電極に付着した状態で、トナーが飛翔しない程度の弱い電圧を電源から供給し、充放電電流をキャンセルするようにC₂容量を調整する。結果、トナー飛翔電流のみが作動増幅器の出力端子から得られるようになる。

2. 2 実験方法

今回の実験では、トナーを介在させるギャップを上下の平板電極で構成。一定振幅の振動電圧を印加してトナーの挙動を調査した。

試料としては、ポリエステル系レジン、顔料、ワックスからなる粉砕法でつくられたトナーを使用した。外添材には、1次粒径13nmの疎水性シリカを使用。母材に対し0.8%加えヘンシェルミキサーで外添処理を行った。

平板電極には上下ともアルミ材を使用した。また、下電極へトナーを付着させるために、フェライトキャリアと混合した2成分現像剤を作成し、2成分現像装置でトナー層を形成した。トナー層とギャップの条件を以下に示す。

トナー付着量：0.38~0.45mg/cm² (1.2mg~1.43mg)

トナー帯電量：18~20 μC/g

電極形状：φ28mmの円板

ギャップ間隔：150 μm

AC電圧：1400Vpp(矩形波)

周波数：2kHz Duty：50%

印加時間：5msec DC電圧：+150V

3 結果と考察

3. 1 一定振幅の振動電界下でのトナー挙動

Fig. 2に振動電界下でのトナー飛翔電流の波形を示す。

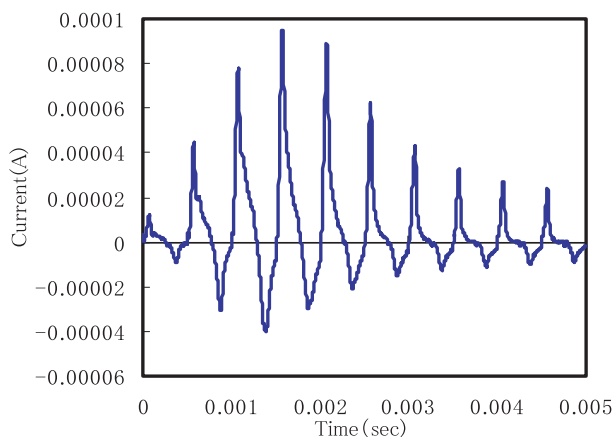


Fig.2 Current produced by flying toner particles

正電流は上電極へトナーが移動、負電流は上電極からトナーが戻ってくる事を示している。振幅が一定の振動電圧であるが、1往復目の飛翔トナー電荷量は少ないが、往復するにつれ増加し、4往復目でピークに達していることが確認できる。

実際にどれくらいの重量のトナーが移動しているかを知る為に、以下のタイミングで電界を停止する実験を行い、下電極のトナー重量を確認した。

①振動電界1周期目の飛翔電界終了時点。

②振動電界3周期終了時点。

③振動電界4周期目の飛翔電界終了時点。

測定結果をTable 1に示す。

Table 1 The mass of toner particles adhering on the lower electrode

Timing	Initial mass of toner (g)	Mass of the remaining toner (g)	Mass of the flying toner (g)
①	0.00130	0.00121	0.00009
②	0.00137	0.00093	-
③	0.00134	0.00043	0.00050

タイミング①では、総量の約7%に相当する0.09mgのトナーが移動、タイミング③には総量の約40%の0.50mgのトナーが飛翔していた。往復するにつれ、飛翔するトナー重量が増加することを確認した。

この原因として、トナーが飛翔する前に対向電極から戻るトナーの影響が考えられ、以下の実験で確認を行った。

④上電極と下電極にトナー層を形成し、上電極のトナーを飛翔させる矩形電圧を印加した後、下電極のトナーを飛翔させる矩形電圧を印加した。

⑤下電極のみトナー層を形成し、実験④と同じ矩形電圧を印加した。

⑥下電極のみトナー層を形成し、下電極のトナーを飛翔させる矩形電圧を印加した。

印加電圧の波形をFig. 3に、測定結果をFig. 4に示す。また、飛翔したトナー重量の測定結果をTable 2に示した。

④、⑤の結果から、上電極にトナーが有る場合、下電極から飛翔するトナー量は多い。上電極にトナーが無い場合の3倍近くであった。また、⑤、⑥の結果から、下電極のトナーの飛翔量に飛翔前の電界の影響は無いことがわかる。以上の結果から、飛翔の前に対向電極から戻るトナーが次の飛翔を促進すると考えられ、一定振幅の振動電圧を印加した時に往復トナー量が増加していくのは、トナーの衝突による効果といえる。衝突によるトナーの飛翔については、Collision Cascade Model⁴⁾として柳田らが提唱しており、本報では、これらを直接的に確認した。

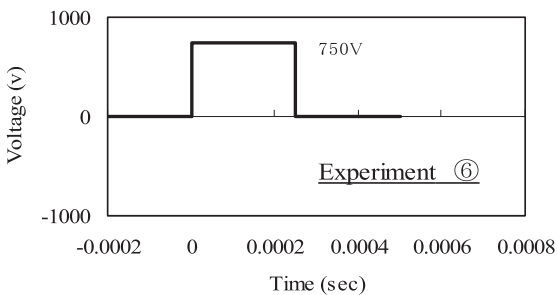
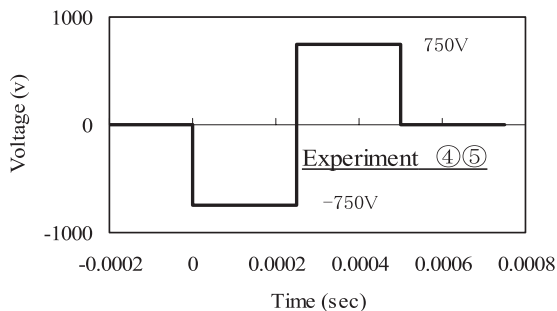


Fig. 3 A wave pattern of input voltage

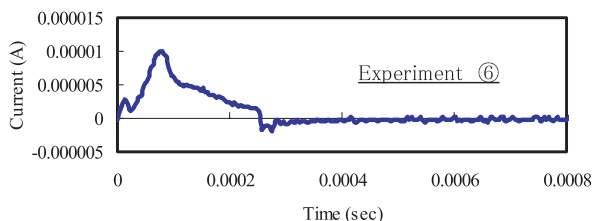
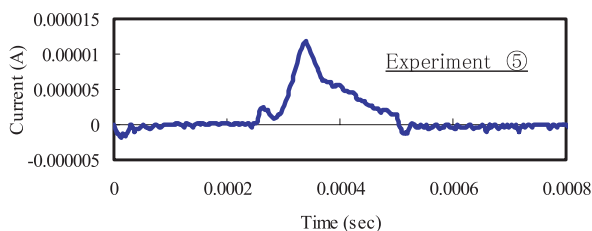
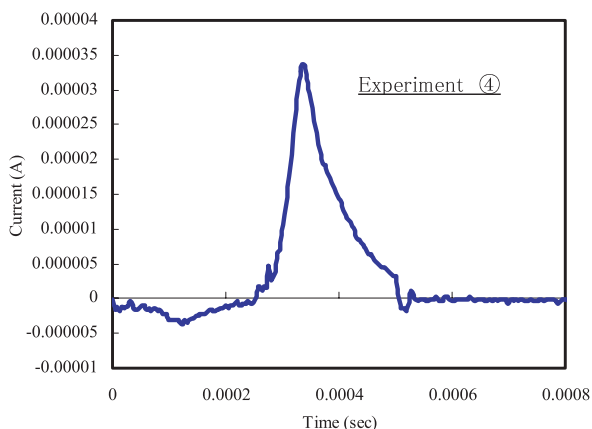


Fig.4 Current produced by flying toner particles

Table 2 The mass of flying toner particles

	Initial mass of toner	Mass of the flying toner (g)
Experiment④	0.00143	0.00022
Experiment⑤	0.00134	0.00007
Experiment⑥	0.00131	0.00005

3. 2 往復挙動に対する外添処理条件の影響

非接触1成分現像装置ではトナーの外添処理を変えると画像濃度等に影響が出ることが知られている。そこで、トナーの往復挙動に対するトナーの外添条件の影響を調査した。サンプルの条件をTable 3に示す。尚、外添材は疎水化処理をしたシリカである。

Table 3 Varying conditions

	Additive content (%)	Initial mass of toner(g)	Q/M ($\mu C/g$)
Sample.1	0.7	0.00128	18.2
Sample.2	0.3	0.00120	18.0

往復挙動の測定結果をFig. 5に示す。外添処理量の少ないSample. 2は、往復量の増加が非常に遅い。電極との付着力が大きいため初期飛翔量が少なく、また衝突による飛翔も少ないと考えられる。そこで、各トナーサンプルの電極との付着力を振動離脱法⁵⁾で測定した結果をTable 4に示した。Sample. 2の電極との付着力は大きく、往復トナー量の増加にトナーの付着力が影響することを示唆する結果が得られた。

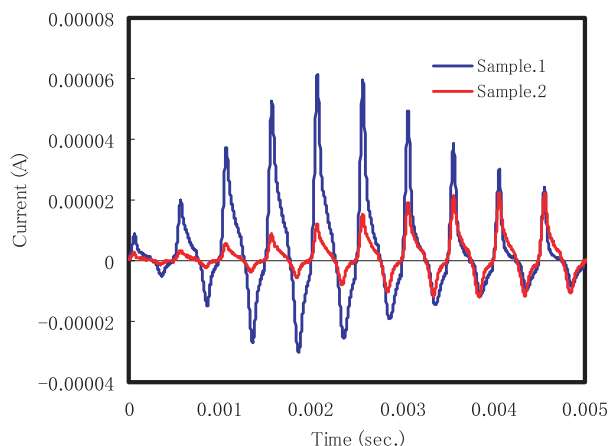


Fig.5 Current produced by flying toner particles

Table 4 The adhesive force of toner samples

	Additive content (%)	Adhesive force (N)	Q/M ($\mu\text{C/g}$)
Sample.1	0.7	1.06×10^{-7}	18.0
Sample.2	0.3	1.57×10^{-7}	18.0

ここで、対向電極への付着の進行具合も比較しておく。電圧印加直後から何往復したかを k 回とすると、 k 回時点での対抗電極へのトナーの付着電荷量 Q_k は概ね以下の式から計算できる。

$$Q_k = \int_0^{kT} i(t) dt$$

$i(t)$: 観測された電流
 T : 振動電圧の周期

10往復までの Q_k のグラフを Fig. 6 に示した。外添処理量の少ないサンプルは、上電極への付着の進行が遅い。即ち十分に現像が進行しないことを示している。以上の結果から、十分に現像させるには、往復トナー量が速く増加する必要があり、それには、トナーの付着力が小さいほど有利であると考えられる。

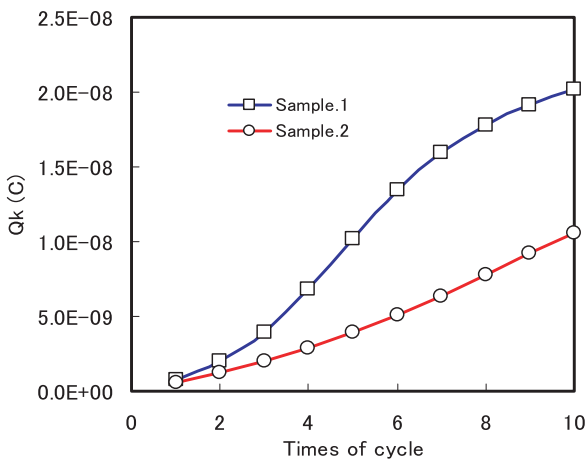


Fig.6 The change of total charge of the developed toner

4 まとめ

トナー挙動を定量的に観測する方法を考案した。これを使用して、振動電圧印加時のトナー挙動を調べ、以下の知見を得た。

- (1)一定振幅の振動電圧下でトナーの往復量は徐々に増加していく。

- (2)トナーの往復量の増加は、トナーの衝突が原因である。
- (3)十分な現像量確保のためには、往復量の増加が速い事が望ましい。それにはトナーの付着力が関係している。

●参考文献

- 1) 高橋通, 細野長穂, 神辺純一郎, 豊野勉 ジャンピング現像方式の現像機構, 電子写真学会誌 第20巻 第1号 (1981) p 8~17
- 2) 平林純, 高橋憲生 現像プロセスにおける挙動測定 II, Japan Hardcopy 2001 p289~292
- 3) 清水勇 Time of Flight 法による光導電性の評価, 電子写真学会誌 第22巻 第1号 (1983) p69~76
- 4) Kazuhiko Yanagida, kozo Oka, Takashi Imai The flying mechanism of single_component non magnetic development, Japan Hardcopy '88 p31~34
- 5) 平山順哉, 長尾大典, 蛭子修 トナー付着力と電界飛翔性の粒径依存性, Japan Hardcopy 2001 Fall Meeting p100~103