一般セッション(口頭講演) | 電子写真

[EPm] 電子写真材料
Electrophotographic Materials

2018年6月19日(火) 13:00 ～ 14:20 コンファレンスルーム (工学系総合研究棟２二階)

[EPm-02] MEMSピンセットによる一粒子帯電量計測技術を用いた地汚れトナー解析
Investigation of Fogging Toner by Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Particle with MEMS-based Actuated Tweezers

*山口 大地[1] （1. 株式会社リコー）
*Daichi Yamaguchi[1] （1. Ricoh Company, Ltd.）

In situ measurements of charge of fogging toner have been carried out using measurement technique with MEMS-based Actuated Tweezers and AFM cantilever. Because this technique enables picking up single particle and measurement of the charge successively, the technique has great potential for application to the analysis of single isolated toner particles, such as those in fogging. The fogging toners on the flat ITO substrate were generated with several voltage conditions, and the amounts of fogging toners were quantified by image analysis. The relationship between the amount and the charge of fogging toner were analyzed. The results demonstrate that the amount of fogging toners decreases as the charge of fogging toners increases positively.

©一般社団法人 日本画像学会

MEMS ピンセットによる一粒子帯電量計測技術を用いた地汚れトナー解析

山口　大地*

*株式会社リコー　研究開発本部

Investigation of Fogging toner by Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Particle with MEMS-based Actuated Tweezers

Daichi Yamaguchi

*Research and Development Division, Ricoh Company, Ltd.

In situ measurements of charge of fogging toner have been carried out using measurement technique with MEMS-based Actuated Tweezers and AFM cantilever. Because this technique enables picking up single particle and measurement of the charge successively, the technique has great potential for application to the analysis of single isolated toner particles, such as those in fogging. The fogging toners on the flat ITO substrate were generated with several voltage conditions, and the amounts of fogging toners were quantified by image analysis. The relationship between the amount and the charge of fogging toner were analyzed. The results demonstrate that the amount of fogging toners decreases as the charge of fogging toners increases positively.

１．はじめに

非画像部にトナーが付着する“地汚れ“現象は，電子写真技術にて頻出する課題である.電子写真は，摩擦帯電させたトナーを電界で移動させることで画像を形成する技術であり，非画像部は，正規帯電したトナーが移動しないように電界設計される．その為，地汚れトナーは帯電不良を起こしていることが予測されるが，その検証は必ずしも容易で無いケースも存在する．ブローオフ法やE-spart 等の，既存の帯電量計測手法では，計測粒子数がマクロスケールであり，現像器内トナーや画像部トナーも含めて評価することが多い[1), 2), 3)]．地汚れ現象と帯電量の計測値との相関が表れにくくなる為である．

上記の地汚れのような，電子写真の少量異常発生トナーの状態を見極めるべく，筆者は，MEMS ピンセットを用いた一粒子トナーの帯電量計測技術を開発した[4)]．MEMS ピンセットで把持した任意の一粒子トナーをカンチレバーに近接させることで発生する，カンチレバーの反りから，把持したトナーの電荷を計測するという技術である．従来の原因解析のアプローチでは，現像装置や感光体上の一定量以上のトナーの平均帯電量，すなわち，狙い通りに機能しているトナーも含めた計測するのに対して，本技術は異常トナーのみの帯電量を直接計測する．部品等に付着した異常トナーについて in situ な電荷量計測を行うことで，異常現象に対して，感度の高い評価手法となり，より明確な因果関係を導き出せることが期待できる.

本研究では，モデル試験機により，地汚れ現象を模擬したトナーを発生させ，MEMS ピンセットによる帯電量計測技術で解析した.以下に結果を報告する.

２．実験方法

感光体を模擬する平板サンプルを用いて，単体試験機により地汚れ現象を再現した．平板サンプルには，ガラス表面に ITO 層を形成した導電性基板を用いた.Fig. 1における現像ローラ,及び,ITO に Table 1 の条件で電圧を印加した．現像剤には，負帯電性トナーを混合した二成分現像剤を用いた．ブローオフ法にて計測した帯電量Q/Mは,-22μC/gであった.

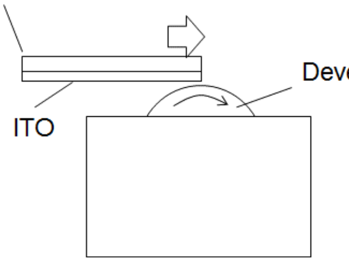


Fig.1 Experimental setup

〒243-0460 神奈川県海老名市泉二丁目７番１号
2-7-1 Izumi, Ebina, Kanagawa 243-0460, Japan
e-mail: daichi.yamaguchi@jp.ricoh.com

© 一般社団法人 日本画像学会

Table 1 Voltage condition

Voltage applied to ITO electrode		-350 V
Voltage applied to developing roller	Offset	-250 V
	Peak to peak	DC (-) AC 750,1000 V
	Frequency	DC - AC 2, 9, 20 kHz
	duty	50 %

単体試験機通過後の平板サンプル表面を光学顕微鏡にて観察して，地汚れトナー量を評価した．より具体的には，光学顕微鏡画像から，画像解析ソフトImage-Pro Plusにより，二値化処理と粒子カウントをおこない，地汚れトナー量を計測した．

地汚れトナー10粒子について，ナノピンセットによる1粒子トナー帯電量計測技術によって，帯電量を評価した．詳細は以下の通りである．

2．1 MEMSピンセットによる一粒子帯電量計測技術

筆者らは，トナー一粒子を把持操作可能なMEMS駆動ピンセットとAFM用カンチレバーを用いた，トナー帯電計測技術性評価技術を開発した[4)]．MEMS駆動のマイクロピンセットには，アオイ電子株式会社製ナノピンセットを用いた[5)]．

本技術は，ナノピンセットでサンプリングした任意の一粒子トナーをカンチレバーに近接させることで発生する，カンチレバーの反りから，把持したトナーの電荷量を計測するという技術である(Fig. 2)．ナノピンセットで把持したトナーの鏡像力-変位曲線から，電荷量を算出する．電荷量算出の際には，トナー粒子表面の不均一な電荷分布を，仮想的な点電荷で置き換え，最小二乗法で計測値にフィッティングを実施する．

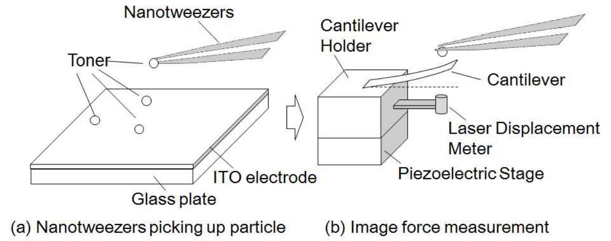


Fig.2 Schematic diagram of image force measurement of single toner particle

本技術は，1粒子トナーの帯電極性を判別することも可能である．鏡像力計測は，カンチレバーは接地した状態で実施するが，Fig. 3に示すように，カンチレバーに電圧を印加した際に，カンチレバーがトナー側に引き寄せられるか，もしくは反発するかでトナーの帯電極性を判別できる．

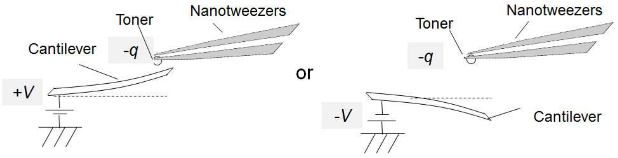


Fig.3 Schematic diagram of image force measurement of single toner particle

本研究においては，ナノピンセットでサンプリングしたトナーについて，帯電極性を評価した後，引き続き鏡像力を計測することで，同一粒子について，帯電極性と帯電量を評価した．

3．結果と考察

平板サンプル上の地汚れトナーの観察結果の一例として，Fig. 3にDC電圧印加時の結果を示す．基板上に，トナーが付着している様子がわかる．

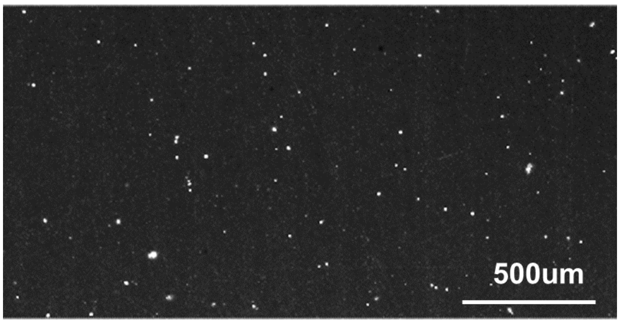


Fig.4 Optical microscope image of fogging toners on ITO substrate at application of DC voltage

Fig. 4と同様の観察を，Table 1の電圧条件で実施し，更に，画像解析により地汚れトナー量を計測した．単位面積あたりの地汚れトナー量として，まとめた結果をFig. 5に示す．電圧条件に依存して，地汚れトナー量が変化すること，特に，AC電圧印加時はピークツーピーク電圧を下げ，周波数を上げることで地汚れトナー量が減少することがわかる．

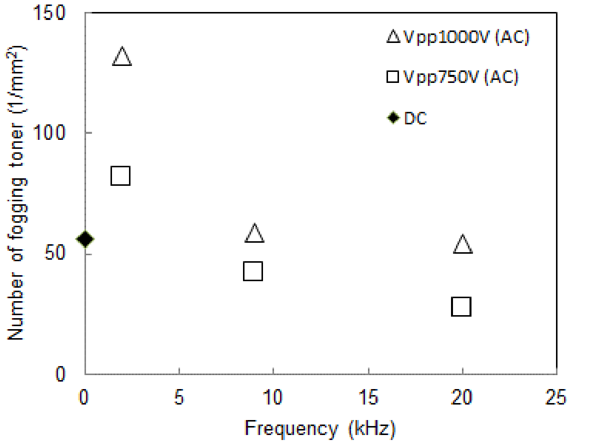


Fig.5 Applied voltage dependence of number of fogging toner

© 一般社団法人 日本画像学会

Fig.6にDC電圧印加の地汚れトナー帯電量計測結果を示す．計測した10粒子において，正負の帯電量のトナーが混在していることがわかる．なお，以下の結果も含めて，帯電量の測定値はソートして表示している．横軸のサンプルナンバーは，測定順とは無関係のことを付記する．

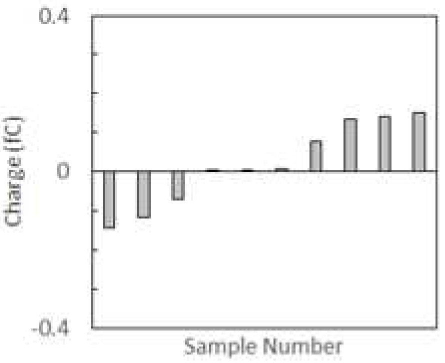


Fig.6 Charge measurement results at application of DC voltage

更に，AC電圧印加時の地汚れトナー帯電量計測結果をFig.7, Fig.8にて示す．Fig. 7がピークツーピーク電圧750Vで周波数を変えた結果，Fig.8がピークツーピーク電圧1000Vで周波数を変えた結果である． Fig.7, Fig.8 ともに周波数を上げると，地汚れトナーの帯電量が全体的にプラス側にシフトすることがわかる．更に，Fig.7とFig.8を比較すると，ピークツーピーク電圧が低い方が，地汚れトナーの帯電量がプラス側にシフトすることがわかる．

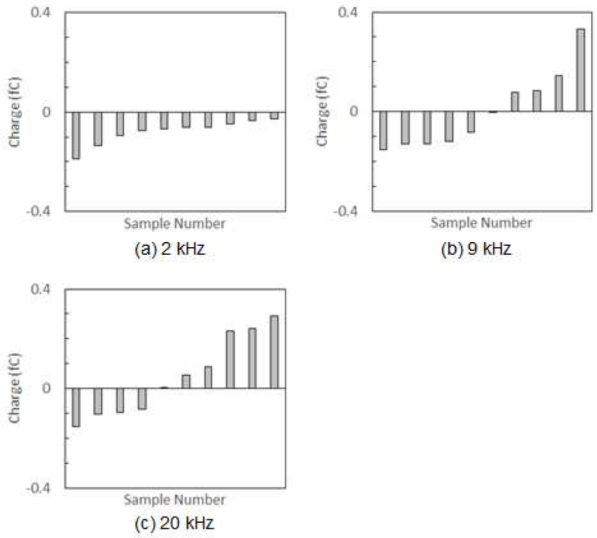


Fig.7 Charge measurement results at application of AC voltage with Vpp of 750 V

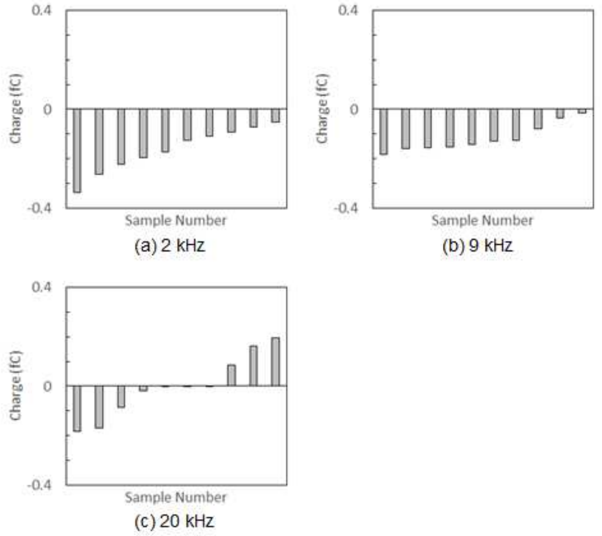


Fig.8 Charge measurement results at application of AC voltage with Vpp of 1000 V

Fig.6からFig.8の帯電量計測結果から，各条件での10粒子の帯電量の平均値と,電圧印加条件との関係をFig. 9に示す．AC電圧印加時で，地汚れトナーの帯電量がDC電圧時よりも,プラス側に大きいのは，ピークツーピーク電圧 1000V，周波数 20kHzの条件のみであることがわかる．また，AC電圧印加時に，周波数を上げる，もしくは，ピークツーピーク電圧を下げることによって，地汚れトナー帯電量がプラス側にシフトすることがわかる．

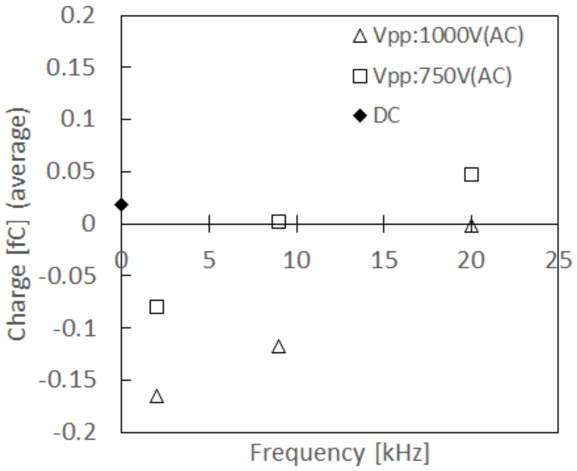


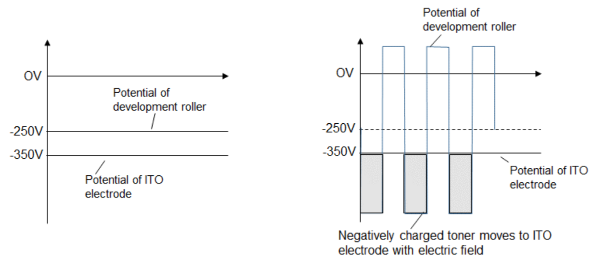
Fig.9 Applied voltage dependence of Charge of fogging toner

Fig.9について電圧波形から考察した結果をFig.10に示す.DC電圧印加時はマイナス帯電トナーがITO電極に移動する電界は作用しない為，DC電圧印加時に比べて，AC電圧印加時の方が地汚れトナー中に占めるマイナス帯電トナーが多くなる傾向を示す，と考えられる．また，AC電圧印加時は，現像剤中の多数を占めるマイナス帯電トナーであっても，

© 一般社団法人 日本画像学会

現像ローラから ITO 電極へ移動する電界が作用する（図中の斜線領域）．周波数を上げることは，マイナス帯電トナーが ITO 電極へ電界移動する時間が短くなることであり，１周期でマイナス帯電トナーが ITO 電極側へ移動する距離が短くなることである．よって，周波数を上げると，マイナス帯電トナーが ITO 電極部に付着しにくくなり，地汚れトナーの帯電量がプラス側にシフトすると考えられる．

一方，ピークツーピーク電圧を下げると，マイナス帯電トナーを地肌部へ移動させる電界強度が小さくなる．よって，１周期でマイナス帯電トナーが地肌側へ移動する距離が短くなり，マイナス帯電トナーが ITO 電極に到達しにくくなると考えられる．したがって，ピークツーピーク電圧を下げると，地汚れトナーの帯電量がプラス側にシフトすると考えられる．



(a) At application of DC voltage (b) At application of AC voltage

Fig.10 Relationship between voltage waveform and movement of negatively charged toner

Fig. 5 と Fig. 9 を基に作成した，地汚れトナーの発生量と帯電量の関係を Fig. 11 に示す．地汚れトナー帯電量がプラス側に大きいと，地汚れトナーの発生量が少ない関係にあることがわかる．トナー中の多数を占めるのはマイナス帯電トナーである．Fig. 11 は，現像電圧条件を変えて地汚れトナーの発生状態を変えていることから，Fig. 11 は，正規の帯電状態であるマイナス帯電トナーが非画像部に付着しないように，現像電圧条件を設計することが，地汚れ低減に重要であることを示していると考えられる．

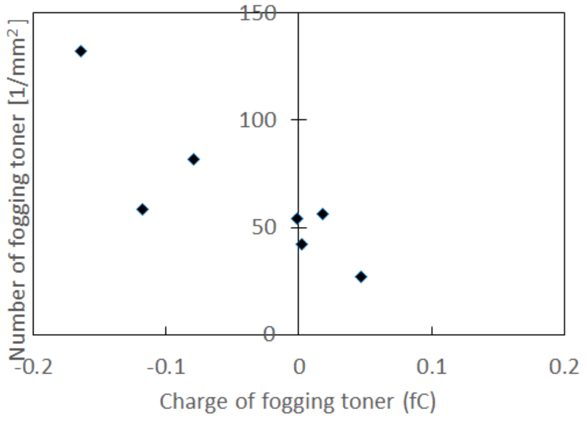


Fig.11 Relationship between amount of fogging toner and charge of fogging toner

４．まとめ

モデル試験機により，地汚れ現象を模擬したトナーを発生させて，MEMS ピンセットにより，地汚れトナーの帯電量を in situ に計測した．地汚れトナー帯電量がプラス側に大きいと，地汚れトナー発生量が少なくなる関係にあることを明らかにした．

参考文献

1) Dan A. Hays, “Toner Adhesion”, The Journal of Adhesion, **51**, pp. 41-48 (1995) .
2) L. B. Shein, “Electrophotography and Development Physics”, Springer, New York, (1988), p. 80.
3) M. K. Mazumder, R. E. Ware, T. Yokoyama, B. J. Rubin, D. Kamp, “Measurement of Particle Size and Electrostatic Charge Distributions on Toners Using E-SPART Analyzer”, IEEE Transactions on Industry Applications. 27, pp. 611-619, (1987).
4) D. Yamaguchi, S. Shuusuke, M. Hamaguchi, “Measurement Technique for Electrostatic Charge on Single Toner Particles with Microelectromechanical-based Actuated Tweezers”, Journal of Imaging Science and Technology, 61, pp. 030501-1-030501-8, (2017) .
5) Takeshi Umemoto, Kenjiro Ayano, Masato Suzuki, Masatoshi Yasutake, Takashi Konno, and Gen Hashiguchi “Nanotweezers with Proximity Sensing and Gripping Force Control System”, Japanese Journal of Applied Physics, **48**, pp. 08JB21-08JB21-4 (2009).

© 一般社団法人 日本画像学会