

専門分野	機械工学	氏名	手島 雅智	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	電子写真の磁性一成分現像システムにおけるトナー粒子の挙動解析				

### 1. まえがき

白黒レーザープリンタに用いられている磁性一成分現像システム(図1)において高画質化を図るためには、トナーを感光体に供給する現像部におけるトナーの挙動を把握することが重要である。しかしながら現像部は、電場・磁場・付着といった多くの物理現象が複合した系であることから現象の把握が難しく、最適設計が難しい。このため、現像器内の物理現象を理解し、設計に役立てるために簡易モデルを用いることは古くから行われているが、単純な静電界解析に基礎を置くものや、単独の粒子の追跡による現像効率の解析が主であり、詳細な現象に対処できるものではなかった。また最近になって、高速度カメラによる現像の直接観測や数値解析の試みが多くなされるようになってきているが、実用的な観測・解析事例の報告は少ない。

そこで本研究では、多くのトナー粒子の運動を模擬することが可能な剛体球モデルの個別要素法によるシミュレーションとそれを裏付ける高性能高速度カメラを用いた直接観測を行った。

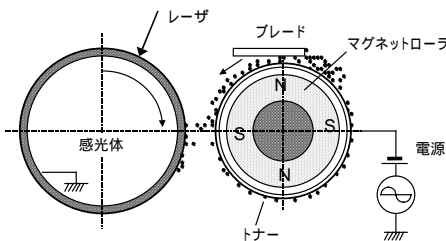


図1 磁性一成分現像システム

### 2. 現像実験装置・方法

ライン状のトナーパイルを形成する際のトナー挙動と現像されたトナーパイルを観察するために、実機を模擬した装置を作成し、実験に用いた。模擬機を上から撮影した写真を図2に示す。

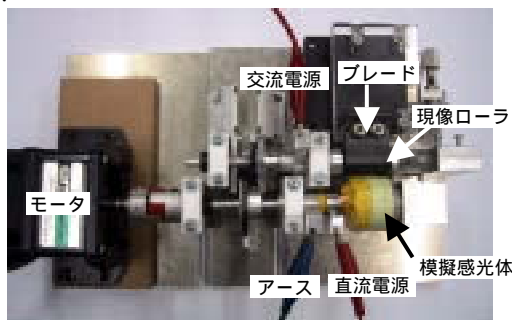


図2 現像部模擬装置

### 3. 数値計算

本計算には剛体球モデルによる個別要素法を用いた。運動方程式の解法は2次 Runge-Kutta 法を用いた。運動方程式を式(1)に示す。また、粒子の衝突処理は式(2)に示す衝撃方程式を解くことにより求めた。ここで、 $m$ : 粒子質量,  $F_v$ : Van der Waals 力,  $F_i$ : 鏡像力,  $F_l$ : 液架橋力,  $F_E$ : 静電力,  $F_q$ : 粒子間のクーロン力,  $F_m$ : 磁気力,  $F_g$ : 重力,  $F_a$ : 空気抵抗力,  $J$ : 粒子の慣性モーメント,  $\omega$ : 角速度,  $M_m$ : 磁気モーメント,  $r$ : 粒子半径,  $n$ : 法線方向単位ベクトル,  $J$ : 粒子  $i$  に働く衝撃力である。なお、衝突後の状態については\*を添えている。

$$m \frac{d\dot{x}}{dt} = F_v + F_i + F_l + F_E + F_q + F_m + F_g + F_a, \quad I \frac{d\dot{\theta}}{dt} = M_m \quad (1)$$

$$\dot{x}^* = \dot{x} + J/m, \quad \dot{\theta}^* = \dot{\theta} + m \times J/I \quad (2)$$

### 4. 現像部のトナー挙動

現像部におけるトナー挙動の観測例として、AC 電圧 1.0 kV<sub>p-p</sub>, 現像電圧 1.0 kV におけるトナー挙動を図3に示す。図から、トナーが粒子単体だけでなくチェーンを形成して飛翔する様子や、現像ローラを離れたチェーンが (b), (c) のように模擬潜像部に飛翔・衝突した後、チェーンの一部が (d) のように粉碎する様子が確認できる。

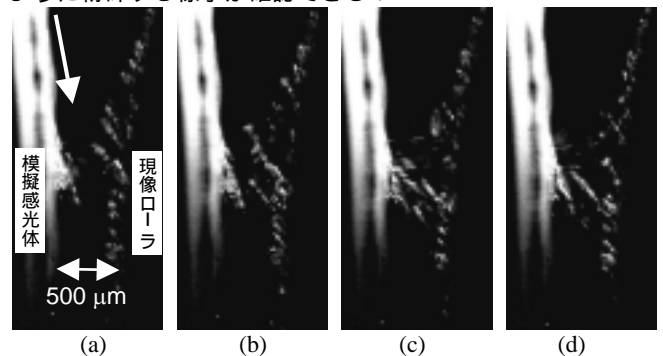


図3 トナー挙動撮影画像

### 5. トナー挙動計算結果

シミュレーション結果の一例として、AC 電圧 0.8 kV<sub>p-p</sub>, 現像電圧 0.5 kV におけるトナー挙動の計算結果を図4に示す。計算の際に潜像は想定していない。図4から、シミュレーションにおいても、トナーが粒子単体だけでなくチェーンを形成して飛翔する様子や、現像ローラを離れたチェーンが (a), (b) のように感光体に飛翔・衝突した後、その一部が (c) のように粉碎の様子が再現できた。

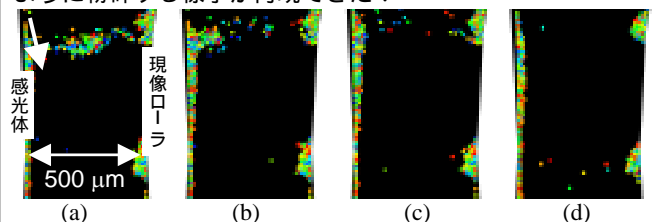


図3 トナー挙動計算結果

### 発表論文

1. 手島, 中山, 川本, 廣田, 超高磁界中における磁性粒子のチェーン形成, SEAD18 (2006) pp.147-152.
2. 川本, 手島, 高橋, 中山, 廣田, 超高磁界中における磁性粒子のチェーン形成, 機論 C, Vol. 73, No. 725 (2007) pp.305-311.
3. 杉山, 川本, 梅津, 川本, 榎本, 手島, 摩擦帯電型電子ペーパー製造工程における粒子注入技術の開発, SEAD19 (2007) pp.171-173.
4. 手島, 杉山, 落合, 三輪, 川本, 電子写真の磁性一成分現像システムにおけるトナー粒子の挙動解析, ICI2007F (2007) pp.9-12.
5. H. Kawamoto, M. Teshima and H. Takahashi, Formation of magnetic particle chains in ultra high magnetic field, *J. Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, Vol. 1, No. 5 (2007) pp.669-680.
6. T. Miwa, M. Teshima, T. Sugiyama, Y. Ochiai and H. Kawamoto, Dynamics of Toner Particles in Magnetic Single-Component Development System of Electrophotography, PPIIC'08 (2008).