

平成 19 年 10 月 23 日

報道機関各位

東北大学多元物質科学研究所

**最新電場計測法によりトナー粒子の帯電量の評価に成功
(帯電現象の新たな観測技術を確立)**

<概要>

我々が毎日のように活用しているプリンターのさらなる高性能化を目指し、現在最先端の研究が進められています。特に数多くのプリンターに利用されているトナーについては、その粒子の構造・形態についてかなり詳細に解析されてきていますが、実用的に極めて重要な摩擦帯電効果については、十分に解明されていないのが現状であります。このような状況の中、今回、東北大学多元物質科学研究所先端計測開発センターの進藤大輔教授の研究グループと(株)リコーの研究グループとが共同研究を行い、最新の電子線ホログラフィーを用いた電場解析技術を駆使することにより、僅かにミクロンサイズの、1個のトナー粒子の帯電量の評価に初めて成功しましたのでお知らせいたします。この成果は、今後種々の静電現象を利用した先端デバイスの研究開発に広く利用されるものと大きな期待が寄せられています。

1. 進藤教授のグループでは、これまで電子線ホログラフィー技術を用いた電磁場の解析を行い、特に磁性体の磁区構造研究で成果を収めてきた。今回は、電子線ホログラフィー技術に、独自に開発した、ピエゾ駆動可能な2探針を装着した試料ホルダーを用いて電場の詳細な解析を行った。
2. 従来大きな問題となっていたのは、プリンターで使用される際のトナー粒子が摩擦効果でマイナスに帯電する傾向にあるのに対し、電子顕微鏡内では、電子線照射により試料表面から2次電子が放出され、絶縁体であるトナー粒子はプラスに帯電してしまうことであった。この後者の帯電効果を避けるため、研究グループでは、図1(左側の模式図)のようにトナー粒子の上部に探針の先端に装着した遮蔽板を挿入し、入射電子の試料への照射を抑えた上で試料周りの電場を解析した(図1(a))。
3. 「2」の操作後、遮蔽板を少しずつ移動させ、粒子の形態を観察した後、電子線照射により帯電したトナー粒子一個を他の探針を用いて除去した。この後、遮蔽板を元の位置にもどし、再度電場の解析を行った(図1(b))。こうして得られた二つの電場分布の差を求めることにより、一個のトナー粒子の微小な帯電量($-0.24\text{fC} : \text{fC}$ は1クーロンの 10^{15} 分の1)を正確に求めることに成功した。
4. 本紙で紹介した電場解析技術は、トナー粒子のような絶縁体結晶の評価に留まらず、電子線照射による損傷を受けやすい半導体、液晶、高分子、生態系材料など、種々の物質系の解析に幅広く適用できるものである。本技術により、ナノ物質の電磁場解析を通じた基礎科学の進展や、微細化・複合化が進む電子デバイスへの応用研究など、様々な科学技術への波及が期待される。
5. 本研究成果は、米国の応用物理学専門誌 *Journal of Applied Physics* の電子版に、2007年9月に発表された。

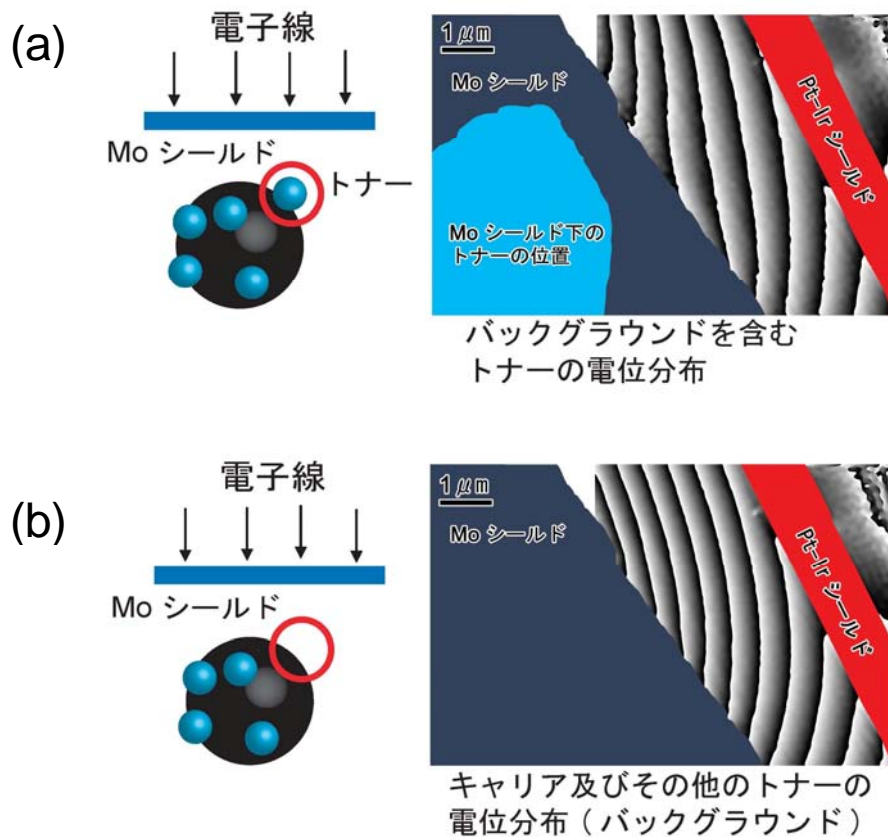


図 1 解析対象のトナー粒子（赤丸で示す位置にある粒子）を(a)除去する前、(b)除去した後に行った電子線ホログラフィーの実験。それぞれ、トナー粒子への電子線照射を防ぐ遮蔽板 (Mo シールド)の効果を示す模式図 (左側)と、電子線ホログラフィーで観察された電位分布 (右側)を示す。位相再生像と呼ばれる右側の実験データでは、等高線状のパターンが等電位線の分布に対応する。Pt-Ir シールドと記した箇所は、試料近傍の電位分布を正確に求めるために設置した実験上の工夫。

(お問い合わせ先)

東北大学多元物質科学研究所

担当：広報委員長 教授 村松淳司

mura@tagen.tohoku.ac.jp

Tel. (022)217-5163

教授 進藤大輔

shindo@tagen.tohoku.ac.jp

Tel. (022)217-5170

用語説明

摩擦帯電

固体同士を機械的に擦りつける結果、それらの固体が電気を帯びる現象のこと。よく知られた例としては、琥珀石を絹で擦ると、琥珀はプラスの電気（電荷）を帯び、絹はマイナスに帯電する。日常的に使っているコピー機でも、摩擦耐電させた絶縁体のトナー粒子を利用している。

電子線ホログラフィー

透過電子顕微鏡法では、薄膜や微粒子を透過した電子を利用して、像の観察をはじめとする様々なタイプの実験を行う。この際、試料の電場や磁場の影響で、波としての性質を持つ電子の位相（波の伝わり方を記述する因子）は、入射前の状態と比べて変化する。この位相の変化に関わる情報を、電子波の干渉実験により求める手段が電子線ホログラフィーである。

実験・解析プロセスの概念図を資料1に示す。実験では、上述した物体波（試料、もしくはその周囲の電磁場が存在する空間を通過した電子波）と、位相の変化を受けていない参照波を、バイプリズムという機器を使って干渉させる。その結果、ホログラムという干渉パターンが得られる。デジタルデータ化したホログラムを、コンピュータで画像解析することで、最終的には電場や磁場の分布の様子をイメージングすることができる。

磁区構造

一般に磁性材料は、そのエネルギーを最小にするために、磁石の「N-Sの向き」に相当する「磁化の方向」が異なる小さな区域に分割されている。その区域のことを磁区と称する。

ピエゾ駆動

ある種の物質に力を加えると、その力に応じた電気分極の発生（或いは電圧の発生）が起こる。これを圧電（＝ピエゾ）効果という。逆に、同物質に電圧を加えると、物質を伸縮させることができる。この逆電圧効果を利用するものがピエゾ素子であり、この素子を使ってパーツを動かすことをピエゾ駆動と呼んでいる。

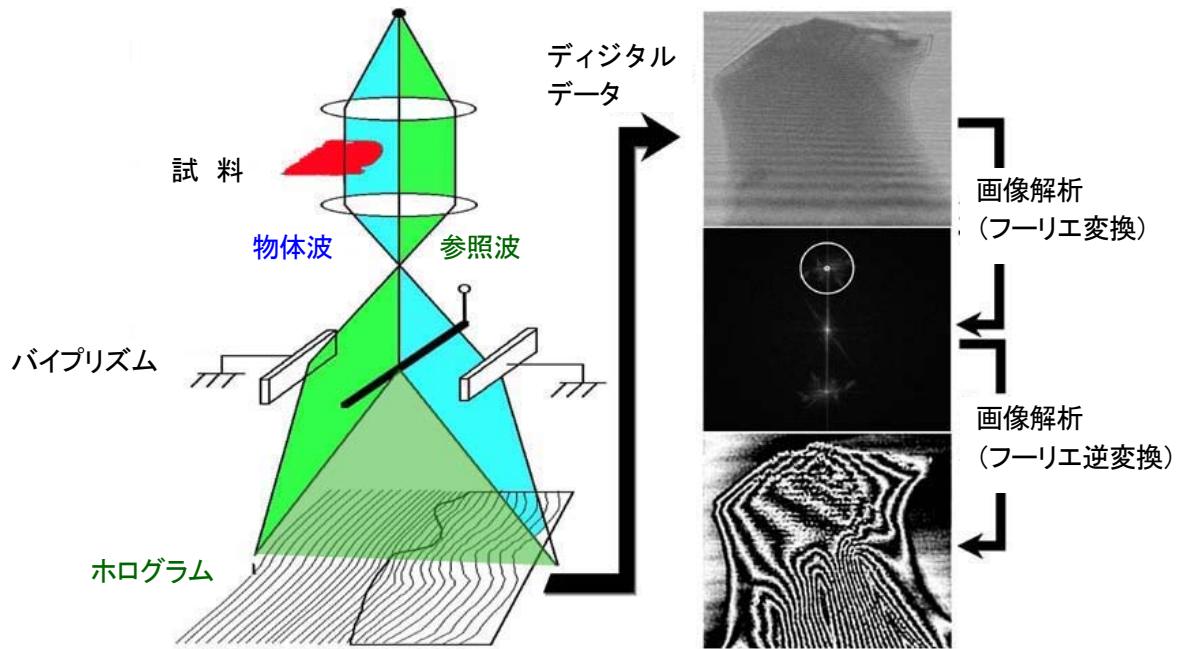
本研究では、資料2に示す「2探針ピエゾ駆動ホルダー」という装置を使って実験を行った。この装置は、電子顕微鏡の中で二本の探針を自由に動かすために独自開発されたもので、探針の駆動はピエゾ素子の変位等を利用して行う。今回の実験では、一本の探針の代わりに、金属製の遮蔽板を搭載して、トナー粒子への電子線照射を防ぐという使い方をした。

2次電子

電子が固体に衝突した際に、固体から放出される電子のこと。電子はマイナスの電荷を持つため、2次電子を放出した固体はそれが抜けた分だけプラスに帯電する。

(関連資料)

資料1 電子線ホログラフィーの実験・解析プロセス



資料2 2探針ピエゾ駆動ホルダーの概観

