

5.1.1	静電力を利用した紙の分離と搬送
061 岡田 洋司	
<p>プリンタなどのOA機器には、積層された紙束から紙を一枚ずつ分離する機構が広く用いられている。この分離機構として、現状ではローラと紙との間の摩擦力を利用する分離機構がほとんどであるが、紙の性質や環境条件によって、用紙の重送や破損、搬送中の紙詰まりが生じる。このような問題を解決するため、摩擦力によらない静電力による新しい紙の分離機構を提案した。表面を絶縁コーティングした分離電極に電圧を印加すると、絶縁コーティング上に電荷が発生し、静電力によって紙束から紙一枚が分離される。これまでの研究により、普通紙を用いた場合、紙一枚だけを正確に分離可能であることが明らかになっている。本研究では、この本分離機構の有用性を検証するため、特性別に5種類の紙の分離電圧を測定した。また紙一枚を分離後、搬送する機構が必要なため、静電分離搬送機構を提案し評価した。その結果以下のことが明らかになった。</p> <p>(1) 5種類の紙に対する分離電圧について実験と計算を行った結果、実験値と計算値は概ね一致し、分離電圧は約1~2kVであった。</p> <p>(2) 静電分離機構では、発生した電荷が紙の分離毎に打ち消しあい静電力を失うため、次々と紙を分離することができない。そこで常に静電力が作用するように、電荷を供給する電極を分離電極の絶縁コーティング上に接する構成とした。この静電分離搬送機構において、次々と紙束から最上部の紙を一枚分離・搬送できることが確認できた。今回の試作機では、搬送可能速度は印加電圧が1.1kVのとき12cm/s(A4長手方向で約30ppm)であり、新しいプリンタ等の分離搬送機構として十分使用可能であることを示した。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.2	静電力を利用したマイクロ駆動機構
016 安藤 大樹	
<p>プリンタなどの紙送りにおける位置決めには、低コストで単純な構造、かつ小さい変位量の制御が可能な機構が必要である。そこで新しい搬送装置として斜毛シートを利用したマイクロマシンを開発した。この静電力を利用した斜毛駆動機構は、斜毛シートにステンレス平板を乗せた可動子と静止平板電極間に方形波電圧を印加すると、静電力により可動子が上下に振動し、斜毛シートの摩擦力の異方性によって水平方向に運動するものである。また、この応用として斜毛シート2枚を互いに逆方向に並べると、リニア方向の力が相殺されトルクのみが残り、可動子が回転駆動する機構も開発した。この駆動機構の実用化のためには、低周波から高周波までの全駆動周波数域を対象とした領域における駆動特性の把握が必要不可欠である。そこで本研究では、可動子に加える印加電圧と周波数が速度や駆動力に及ぼす影響を測定して、駆動特性を評価した。</p> <p>(1) リニア駆動機構：可動子の運動は印加電圧の周波数に依存し、速度が最大となる周波数域が存在する。その速度は250Hz付近で約17.2mm/sであり、変位量は1ピッチあたり数10μmとなった。紙送りの位置決めにおける微小制御に利用可能である。</p> <p>(2) 回転駆動機構：可動子には回転数が最大となる印加周波数域が存在し、その値は250Hz付近で約7.0rpmであった。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.3	放電場を利用した静電インクジェット現象
190 中澤 良亮	
<p>針対平板電極系放電場において、針電極に液体を満たした絶縁性チューブを用い、電圧を印加すると、チューブの先端から微小な液滴が吐出される静電インクジェット現象が観測される。この現象を新しいインクジェットプリンタの印字ヘッドに応用するために、直流電圧を印加して、その基礎特性と微小液滴が形成されるメカニズムを把握した。また、液滴の滴下を制御するために、パルス電圧を印加して印字実験を行った。本研究で得られた知見は以下の通りである。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) コロナ放電域の初期の状態では、絶縁性チューブの先端と平板の間に働く静電力が強くなり、絶縁性チューブの先端から液体が伸びて円錐状になるテイラーコーンが形成され、この先端が引きちぎられて霧状に滴下されていることがわかった。 (2) コロナ放電域でさらに電圧を上げていくと、イオン風が生じるようになり、その反力によってテイラーコーンが形成されなくなる。このため、霧状ではない微小な液滴が滴下されるようになることがわかった。 (3) 微小液滴が形成されているときの液滴の直径および帯電量を測定することにより、テイラーコーンから微小液滴が形成されるメカニズムが、液滴直径と帯電量の関係式であるレイリーズリミットによって説明できることを示した。 (4) パルス電圧を印加することによって、液滴の滴下を制御することが可能であり、印字ヘッドに応用できることを実証した。 <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.4	針対平板電極系放電場における針電極の放電連成振動
184 鳥飼 建宏	
<p>マイクロマシンの駆動源やインクジェットプリンタの印字ヘッド、分析化学用微小液滴吐出装置などへの応用を目的として、針対平板電極系放電場における力学現象に関する一連の研究を行っている。これまでの研究によって、この系では、印加電圧が低い方から、暗流域、コロナ放電域、火花放電域の3種の放電形態が存在し、暗流域ではごく微少な数 $10 \mu\text{N}$ オーダの吸引方向のクーロン力が針電極に働き、コロナ放電域ではイオン風の反力による $100 \mu\text{N}$ オーダの反発力が働き、火花放電域では有意な力が働かないことが判明している。しかしながら、火花放電時には、印加電圧が火花放電の発生と同時に急激に低下し、その後火花放電電圧に達するまで徐々に回復するので、ギャップにかかる印加電圧は一定ではなく、これに伴って、片持ちはりに作用する静電力も交番的に変化する。したがって、針電極を剛性の小さい片持ちはりで支持した場合、片持ちはりは上下に火花放電と連成した振動をする。本研究では、このような放電連成振動を解析し、実験結果が定性的に再現できることを確認した。またこの振動周波数は、系の固有振動数よりもわずかながら低いことが報告されているが、そのメカニズムに関しては、解明されていない。そこで、本研究では、実験および計算から周波数が降下するメカニズムを検証した。その結果、周波数降下は、強制振動に起因し、振幅が大きい時には振動周波数が下がることがわかった。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.5	進行波電界を用いた粒子搬送デバイスによる搬送基礎特性
075 賀嶋 哲也	
<p>粉体を搬送するにはさまざまな方法があるが、静電気を利用する方法は、機器に大きな振動が発生しない、粒子に大きな熱や力が加わらない、可動部がないため潤滑油などの不純物が混入するおそれがない、微少量の定量搬送が可能であるなどの利点がある。本研究では、この静電気を利用して微粒子の搬送を行うデバイスとして、平行電極パネル型粉体搬送コンベアを試作し、レーザープリンタに使用されているキャリア粒子を進行波電界によって搬送した。本年度は特に帯電量測定装置を作成し、クーロン力に関する知見、すなわち粒子の帯電量の詳細な測定を行うと同時に粒子の帯電メカニズムを考察した。本研究の結果、以下の知見が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) ファラディゲージ法とミリカン法の2通りの帯電量測定装置を作成し、両者による測定結果が定量的に一致することを確認した。 (2) 粒子はデバイス上に置かれただけでおおよそ$-0.01 \sim -0.03 \mu\text{C/g}$帯電する。 (3) 搬送により正負への帯電分布のばらつきが生じるが、その原因は粒子間の分極による帯電であると考えられる。 (4) 搬送時間に比例して帯電量が負側へ増加する。その主な原因はデバイスフィルムとの摩擦によるものと考えられる。 (5) 平均比帯電量は約20秒前後まで時間に比例して上昇しその後飽和する。この飽和値は粒径に比例し、粒径$38 \mu\text{m}$で$-0.03 \mu\text{C/g}$、粒径$58 \mu\text{m}$で$-0.04 \mu\text{C/g}$、粒径$107 \mu\text{m}$で$-0.06 \mu\text{C/g}$であった。 <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.6	進行波電界を用いた粒子搬送デバイスの応用
G97A264 村田 忠樹, 223 兵藤 聡一郎	
<p>進行波電界により粒子を搬送するシステムは他の方法に比べ多くの利点があり、従来から様々な研究が行われてきた。本研究ではこの搬送システムを微小反応装置等へ応用すべく搬送デバイスを新たに試作し、搬送対象としての液滴や固体物質を液中において操作するシステムの研究を行った。その結果、以下の知見が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 誘電率の低い液体である油の中では、液滴や固体粒子の搬送が可能である。 (2) 液滴中のイオン濃度が高いほど搬送は困難となる。 (3) 搬送物質の形状や質量により、最適なデバイス条件(電極幅・電極間距離)が異なる。 (4) 液滴や固体粒子の操作は、それらが持つ電荷に働くクーロン力により制御されるが、その帯電は進行波電界の発生後に始まり、搬送過程で増加する。 (5) 固体粒子は液中における運動によって帯電すると同時に、接触時に生じる分極により電荷が複数の粒子間を移動し、より大きな電荷を得る粒子が現れる。 (6) 固体粒子は進行波の周波数条件により、複数の異なった運動様相を呈する。 <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.7	電磁界中における磁性粒子の電界剥離現象
186 土井 麻理子	
<p>本研究は、高速の白黒レーザープリンタやカラーレーザープリンタに用いられている2成分磁気ブラシ現象系における磁性粒子（粒子径 35 ~ 107 μm）の電界剥離現象を定量的に解明し、プリンタの高画質化に資することを目的とする。実験では磁界発生源として実際のレーザープリンタと近い磁界が発生できるプレーナ型コイルを用いた。形成された磁性粒子チェーンをコイル上に設置した平行平板電極間に高電圧を印加することでチェーンに電界を作用させ、電界剥離が生じた時のキャリア粒子の挙動観測としきい電界の測定を行った。試料は電磁粒子のみの場合と、トナーを混合させた場合の二種類を用い、結果を比較した。この剥離電界強度から剥離時に作用する静電気力を推定し、磁界、粒子径、電極構成の影響を検討した。本研究により、以下の知見が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 従来より高い磁界の範囲でも、チェーン長さや剥離電界強度などはこれまでの実験と定性的に一致し、プレーナ型コイルでの再現性が確認された。 (2) トナーを混合して形成されるチェーンの長さは、電磁粒子のみの場合と定性的にも定量的にもほとんど同じであった。これはエネルギー最小化原理に基づく理論値でも確認された。 (3) いっぽう、トナーを混合することによって剥離電界強度は著しく増大する。その原因は、トナーを混合することによってチェーンが絶縁性になり、導電性の磁性粒子だけの場合に比べてチェーン先端の電位が異なるためであると考えられる。 <p style="text-align: right;">（指導教員：川本 広行）</p>	

5.1.8	電磁界中における磁性粒子の力学
187 友松 純	
<p>本研究は、高速のレーザープリンタに用いられている2成分磁気現象系における磁性キャリア粒子のチェーン形成現象の力学特性を明らかにし、プリンタの高画質化に資することを目的とする。ソレノイドコイル（最大磁束密度 0.06 T）を用いて形成した低磁界中において、磁性粒子のチェーンを形成し、チェーン長さや間隔に対する磁界、粒径、粒子重量の影響を測定した。また、三次元個別要素法によるチェーン形成過程のシミュレーションを行って、実験値と対比した。さらに、摩擦の影響を最小化した粘性流体（オイル）中でのチェーン形成実験、より高磁界中での挙動を確認するための超高磁界発生装置（最大磁束密度 2 T）を用いた実験も行った。本研究で得られた知見は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 最大 0.06 T 程度の低磁界中ではチェーン間隔は粒径・粒子重量にほとんど依存しない。粒子重量の増加にしたがって、チェーンは長かつ太くなるが、チェーンの本数は変化しないためである。 (2) 粘性流体中では、チェーンが短くなり、チェーン形成に要する時間と間隔は増大する。これらは粘性力が働くためであることを理論解析により確認した。さらに、粘性流体中でのチェーン形成の特徴をシミュレーションにより再現した。 (3) 高磁界（数 T 程度）におけるチェーン長さ・間隔は、粒子重量に依存し、粒子重量が増加すると、チェーン長さ・間隔とも増大する。 (4) 磁束密度を 1 T 程度まで増加させると、チェーン長さ・間隔は一旦増加したのちに減少傾向を示した。これは過大な磁気力によるチェーンの圧縮変形によるものと考えられる。 <p style="text-align: right;">（指導教員 川本 広行）</p>	

5.1.9	電子写真の現像システムにおけるトナーの帯電量
015 安藤 崇晴	
<p>レーザープリンタや複写機などの電子写真システムにおいて、画像を可視化する工程は現像プロセスと呼ばれ、均一帯電した感光ドラムにレーザー光を照射することで形成された静電潜像に、帯電粒子であるトナーを電磁気力により運ぶものである。電子写真の高画質化にはこの現像プロセスにおけるトナーの運動を正確に制御することが不可欠である。とくに、トナーの帯電量はトナーの挙動を把握する上で重要である。そこで本研究では、一成分現像を対象とした帯電量測定装置を作製し、それをを用いて現像スリーブ上の帯電量と画像の幅をパラメータとした場合の感光ドラム上の帯電量を測定した。その結果、以下の知見が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 現像スリーブ上のトナーの単位面積あたりの重量はおよそ 1 mg/cm^2 である。 (2) このトナーが感光ドラム上に移動して顕像となった後のトナーの単位面積あたりの重量は $1.0 \sim 1.5 \text{ mg/cm}^2$ であり、かつ画像の幅に対する依存性がある。 (3) 現像スリーブ上のトナーの比帯電量はおよそ $-3.5 \text{ } \mu\text{C/g}$ である。これは、トナーを現像スリーブから引き剥がす際に電荷が失われていることや、測定する際に感光ドラムを分離することによる影響が考えられる。 (4) 感光ドラム上のトナーの比帯電量は $-8 \text{ } \mu\text{C/g} \sim -10 \text{ } \mu\text{C/g}$ である。 <p>以上の結果は、別途実施されているシミュレーション結果とあわせて、レーザープリンタの高画質化に利用されている。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.10	電子写真の感光体上における二次元トナー像
G99A241 延末 陽平	
<p>電子写真システムにおいて、画像を可視化する工程は現像プロセスと呼ばれ、均一帯電した感光ドラムにレーザー光を照射することで形成された静電潜像に、帯電粒子であるトナーを電磁気力により運ぶものである。トナーは粒径約 $5\text{--}10 \text{ } \mu\text{m}$ の帯電した粉体である。このトナーの運動を制御する技術は、電子写真画像の形成上重要なものであり、高画質化に必要な不可欠である。トナーによる画像は、他の画像形成装置で作られた画像に比べ立体的で、高さを有するという特徴がある。そこで現像プロセスにおけるトナー挙動を解明することを目的とし、感光ドラム上に現像されたトナー像の詳細な形状を、レーザーフォーカス変位計と精密電動ステージを用いて測定した。この結果以下の知見を得た。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 現像されたトナー像はいくつかの層構造になっている。 (2) ラインの幅がごく小さいときはトナー像の高さも低く、ラインの幅が大きくなるにつれトナー像の高さは高くなっていく。しかしある程度のラインの幅になると高さはあまり変わらなくなり、平均で $20 \text{ } \mu\text{m}$ 弱、高いところで $30 \text{ } \mu\text{m}$ 程度の高さの層で飽和する。 (3) ライン幅が小さい時は、静電潜像の幅よりも感光ドラム上に形成される像の幅は大きくなっているが、ある程度のライン幅になると静電潜像の幅と感光帯上に形成される像の幅がほぼ等しくなる。 <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	