

	針対平板電極系放電場における針電極の放電連成振動
	1G00A170 田伏 隆元
	<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、本電極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、暗流域ではごく微小な数 <math>10 \mu\text{N}</math> 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 <math>100 \mu\text{N}</math> 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大きな電流が流れ、かつ実験装置の電源容量に限りがあるため電極間の印加電圧が急激に低下する。この電極間印加電圧の低下は過渡的であり、電圧は時間とともに徐々に次の火花放電発生電圧まで回復する。このように、電極間にかかる電圧値は一定でなく、電圧の変化に伴って針電極にかかる電氣的な力も交番的に変化するため、針電極を低剛性の片持ち梁で支持した場合、梁は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について実験をかさね、火花放電発生条件は梁の振動による電極間ギャップの変化に大きく依存しており、火花放電は梁の固有振動数に非常に近い周波数、又はその倍数で発生することが確認できた。また、一般に電源の印加電圧が高いほど電極間の印加電圧差は大きくなるが、梁電極に働く力の非線形性により梁の振幅は飽和することが確認できた。また、シミュレーションにより梁の振動が定性的に再現できることを確認した。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	放電場を利用したマイクロ送風機構
	1g00a231 福山 明
	<p>大気中におけるコロナ放電では、イオン風と呼ばれる空気流が発生することが知られており、可動部を必要とせずに空気流を発生させることができるため、より小型で効率的な送風冷却機構としての応用が期待されている。特に針対平板電極系放電場に発生するイオン風は空気流の集約性に優れ、微細な管路への送風や微小物の冷却に適している。そこで今回われわれは、一対のステンレス針電極と穴を開けたアルミ平板電極で構成される針対平板電極系放電場に発生するイオン風の特性を従来のファン・プロワと同等の方法で評価し、各パラメータの最適化を図った。また、電熱器を冷却対象としてイオン風を送風した際の冷却効果を評価した。</p> <p>(1) 最大風量は印加電圧とコロナ開始電圧の差に比例し、最大静圧はその二乗に比例する。効率も印加電圧が大きいほど高く、ほとんどの場合で最大風量時に最高となる。</p> <p>(2) 同じ厚さの平板では、穴径を大きくすると風量が増加するが静圧が減少する。穴径を小さくするとその逆になる。</p> <p>(3) 穴径を 1 としたとき、電極間ギャップが 0.87~1.1 程度で風量、静圧、熱伝達係数比が極大となる。このとき、穴径 4.6 mm、板厚 4.0 mm で最大風量 <math>3.41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}</math>、最大静圧 1.79 mmAq、最大熱伝達係数比約 1.7 が得られ、エネルギー効率は約 0.35 %であった。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	静電力を利用したマイクロ駆動機構
	281 増成 幸数
<p>医療や情報機器などへの利用を目的としたマイクロマシン技術が大きな注目を浴びている。なかでもわれわれはマイクロ駆動機構の開発が重要であると考え、静電斜板駆動機構の開発を行っている。この駆動機構は、可動子金属平板の下部にポリエステルフィルムを斜めに取り付け、可動子に垂直方向の交番的な静電力を作用させることにより、摩擦係数の異方性によって並進方向に駆動するものである。本研究では特に可動子に給電ケーブルを接続することなしに静電力を作用させるため、可動子の下方に固定子平板電極を 2 枚設置する方法について検討した。固定子電極の一方に方形波電圧を印加し、もう一方を接地することにより、可動子電極と下方の 2 枚の固定子電極間がコンデンサとなり、可動子に交番的な静電力が作用する。この駆動機構の特性の把握するための実験・計算を行い、以下のことを明らかにした。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 印加電圧の周波数の増加に伴って駆動速度は速くなるが、ある値を境に遅くなる。このことは数値計算でも確認できた。</li> <li>(2) 駆動方向が摩擦係数や印加電圧の周波数などのパラメータに依存して変化する。このことも数値計算でも確認できた。</li> <li>(3) 可動子の一端のみに静電力を加えることによって、回転運動させることができる。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>	

	静電力を利用した用紙搬送
	056 宇治川 悠吾
<p>OA 機器において、紙の搬送機構はローラと紙との間の摩擦力を利用するのが一般的である。しかし、この摩擦搬送機構では、ローラの劣化による、用紙の重送や破損、紙の初期変形や初期帯電による紙詰まりが問題とされている。そこで我々は静電力による新しい紙の分離搬送機構を提案している。本報告では、これまでの研究で明らかになった紙一枚だけを正確に分離可能なことや、様々な種類の紙における分離電圧などの基礎特性をふまえ、湿度や搬送ローラの影響等を検証し、以下のことを明らかにした。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 静電力を利用した分離搬送機構には適正な湿度環境が存在する。これは、湿度が変化すると紙の導電率を変化させるからである。湿度が低い環境では、紙束の中で紙同士が静電吸着し、1 枚だけの搬送ができない。また、紙の含水率が上がると、表面の水分によって紙同士が吸着し、摩擦係数が大きくなるため、湿度が高すぎる環境でも搬送が困難になる。</li> <li>(2) 紙を搬送するときにローラへの印加電圧を大きくするとローラと紙の間で放電する。比較的低い電圧では、搬送前後でローラの表面電位に差はあまりみられないが、ある電圧以上では、搬送後の表面電位は上がりにくくなる。これは気体放電に関するパッシェンの法則から導かれる放電しきい値と一致したことから放電が原因であるといえる。また、接地電流もこの電圧を境に大きく変化する。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>	

	静電インクジェット現象の基礎
	272 堀川 孝史
	<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と平板電極間に電圧を印加すると、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。この現象はピエゾ素子や熱を用いたものにはない次のような利点がある。(1) 印加する電圧の大きさによって、ノズルから吐出されるインクを液滴状や、霧状に変化させることが可能である。(2) 吐出される液滴が帯電しているため、電界を用いて液滴の滴下位置を制御することができる。</p> <p>この現象を工学的に利用するためには基礎特性の把握、および微小な液滴の精密な制御が不可欠である。そこで、直流電圧およびパルス電圧を印加した際の、それぞれ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、それらの実験結果を用い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> <p>(1) 液滴の滴下形態は、針電極先端の電界強度の強さにより、mode1 (液滴状吐出)、mode2 (テーラーコーン形成による霧状液滴吐出)、mode3 (微小液滴状吐出) の領域に大きく分かれる。さらに mode2 はテーラーコーン先端からの液滴吐出の違いによって、mode2-1, mode2-2, mode2-3 の領域に分けることができる。</p> <p>(2) パルス電圧を印加することによって液滴の滴下制御が可能であることがわかった。これにより、静電インクジェット現象の工学的な応用が可能であることを実証した。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	静電インクジェット現象の応用
	120 倉石 剛, 152 柴田 章広
	<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。この現象を利用したパターンニング技術である静電インクジェット方式は、従来のインクジェット方式に比べ、高粘度のインクが使用できるため、電子回路やディスプレイ部材などの高精細パターンニングに応用することが検討されている。しかしこれまでの研究で、液滴が滴下される位置が散らばるといことが問題となっている。本研究では液滴の滴下経路に電界を形成することでこの問題を解決することを検討した。まずこの現象の基礎特性の一つである液滴の帯電量を把握し、次にこれをふまえて実際に制御用の電界を針先周辺に形成して液滴を制御する実験を行った。本研究で以下の知見が得られた。</p> <p>(1) 液滴帯電量の測定結果を、液滴が有する最大の帯電量を示すレイリーおよびボネットの式と比較した結果、式から導かれる限界帯電量に近い値になることが確認された。</p> <p>(2) 液滴の滴下経路に制御電極で電界をかけることによって、液滴の着弾位置の分布範囲を抑えることができ、パターンニング精度を改良できる可能性を示した。</p> <p>(3) 制御電極の印加電圧を上げると液体針電極先端部の上下方向の電界強度が弱まるため、液体針電極により高い電圧を印加しなければ液滴を滴下できなくなるという弊害が確認された。</p> <p>(4) これらの知見より、本現象を工学的に応用するためには、制御電極の形状を最適化するなどの改良を行い、液滴着弾位置の更なる高精度化が必要である。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	電磁界中における電磁粒子チェーンの力学
	068 榎本 高志
	<p>本研究はレーザ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キャリア粒子チェーンの電界剥離現象のメカニズムを解明し、またチェーンの長さ・間隔を制御し均一化することでプリンタの高画質化に資することを目的とする。電界剥離現象は、帯電したチェーンが静電力を受け分断してしまう障害であり、この現象を模擬するため、磁界によって形成したチェーンに電界を作用させる実験を行った。剥離したキャリアの運動から帯電量を計測するとともに、Hertz の接触理論を考慮した帯電メカニズムによる理論帯電量を計算し、実験値と比較・検討した。またチェーンの高さや間隔の均一化を図るため、チェーン形成の際に規制板を用いることで長さを制御し、周期的に強弱を持つ空間変調された磁界中でチェーンを形成する実験を行った。これらは 3 次元個別要素法によるシミュレーションも行い、実験値と対比した。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"> <li>(1) 粒子の運動から剥離したキャリア粒子の帯電量を算出した。粒子の持つ体積固有抵抗が剥離したキャリアの帯電量に大きく作用していることがわかった。</li> <li>(2) 規制板を用いることによって、均一なチェーン長さでチェーンを形成させることに成功した。標準偏差の推移から最適な制限高さが存在することを示した。</li> <li>(3) 周期的に変調された磁界形成によって、均一なチェーン間隔でチェーンを形成させることに成功した。最も簡略でありコスト面で有利な有孔シートを利用する方法で均一なチェーン間隔が得られることを示した。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	電磁界中における電磁粒子の挙動
	025 石井 愛和
	<p>本研究は、レーザプリンタの 2 成分磁気ブラシ現象系における磁性粒子チェーンに関して、電界剥離現象(トナーを感光体に供給する際にキャリアも供給される現象)のメカニズムとチェーンの特性を明らかにし、プリンタの高画質化に資することを目的とする。まず画像劣化原因の一つである電界剥離現象のメカニズムを明らかにするために、チェーン長さと剥離電界強度を測定し、非磁性絶縁性粒子であるトナーの影響を検討した。また実際のプリンタで用いられているマグネットローラは、これまでの研究で使用したコイル(最大 0.05 T 程度)より 1 桁大きい磁界であるため、実際に則した高磁界中でのチェーン特性を把握し、さらにより強い磁界中での特徴的な変化を検討するため、超高磁場発生装置(最大 10 T 程度)を用いた実験を行った。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"> <li>(1) 非磁性絶縁性であるトナーはチェーン長さには影響しないが、剥離電界強度はトナー含有率が増加すると増加する。</li> <li>(2) トナー含有率 6 wt% から 8 wt% で剥離電界強度の急激な増加が生じる。これはキャリア表面のトナー被覆率の増加によってキャリア同士が離間し、チェーンの実効的な抵抗値が急激に上昇するためと考えられる。</li> <li>(3) チェーン長さは 0.1 T 付近で最大値をとり、0.1~1 T では減少する傾向にあることが確認されているが、今回の実験でさらに 1~10 T までの高磁界中でも引き続き減少傾向を示すことが確認された。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	進行波電界による粒子搬送基礎特性
	139 笹岡 修
	<p>粉体搬送機構にはさまざまな種類があるが、静電気を利用する搬送装置は従来の搬送装置と比べ、機器に振動が発生しない、可動部がないため潤滑油などの不純物が混入しない、非接触搬送であるなどの利点がある。そこで本研究室では、この静電力を利用した搬送装置として平行電極パネル型粉体搬送コンベアを試作し、レーザプリンタに使用されているキャリア粒子の搬送を行っている。本年度は、この静電コンベアのより詳しい搬送原理の解明を目的とし、粒子の搬送形態の観察や帯電量測定、および放電を防止するために基板を覆う絶縁フィルムの検討を行った。本研究の結果、以下の知見が得られた。</p> <p>(1) 粒子が搬送される際、基板上を滑りながら搬送されるものや飛翔しながら搬送されるものなど様々な挙動を示す。また、進行波周波数によって特徴的な挙動が見受けられ、同じ順方向搬送でも、進行波周波数 20 Hz 付近では粒子は進行波に同期し搬送されるが、10 Hz 付近では進行波を追い越し、50 Hz 付近では進行波から遅延して搬送される。</p> <p>(2) 搬送距離が長くなるほど粒子は基板に多く衝突するため、摩擦帯電により粒子の帯電量は大きくなる。</p> <p>(3) 基板を覆う絶縁フィルムによって、粒子の搬送形態は大きく変化する。使用する絶縁フィルムの種類によっては、従来の絶縁フィルムで搬送可能であった条件においても搬送が行われなくなる。</p> <p>(4) 粒子は帯電量が大きすぎると、鏡像力によって粒子は基板に付着し搬送されない。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員 川本 広行)</p>

	進行波電界を用いた搬送デバイス
	102 上村 浩三
	<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、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、微量の定量搬送が可能である等多くの利点があり、従来からさまざまな研究が行われてきた。本研究では平行電極パネル型粉体搬送コンベアを試作し、レーザ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。また、この搬送システムを微小反応装置等へ応用すべく、搬送対象としての液滴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> <p>(1) 油中液滴搬送では液滴の大きさが電極幅未満の時は帯電によって、液滴が電極を 2, 3 つまたぐ時は前後に分極して搬送される。また、4 相搬送では 4 つ以上、3 相搬送では 3 つ以上電極をまたいでしまうと分極力が打ち消しあうため搬送されなくなる。</p> <p>(2) 油中液滴搬送での液滴の帯電量は搬送前でゼロであるが、搬送距離が長くなるほど大きくなる。</p> <p>(3) 油中液滴搬送において渦状搬送デバイスを用いて複数の液滴を中心部に集めた後、それらを混合することが可能であることを示した。</p> <p>(4) 渦状搬送デバイスを用いてのキャリア粒子の収集と分散が可能であることを示した。</p> <p>(5) 分離ローラ、ドーナツ状搬送デバイスを用いて共にキャリア粒子の粒度分別が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>

	電子写真の現像系におけるトナーの帯電と画像
255	平塚 崇, 206 登美 直樹
<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、画像を可視化する行程は現像プロセスと呼ばれ、均一帯電した感光体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。このプロセスを詳細に解析することで画質の向上を図ることができる。そこで我々は、トナーの帯電量とトナーが形成する像形状に着目し、現像プロセスの解析を行ってきた。トナー帯電量はトナーの運動を解析する上で重要なパラメータであり、また、我々の研究対象である磁性成分現像システムのトナー像は、複雑な形状を有していることが知られている。今年度は計測データの信頼性や解像度を上げるため測定装置の改良を行い、直線、ソリッド、ドットの各種トナー像の帯電量、形状を測定した。その結果、以下の知見を得た。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 感光体上のトナー像形状を測定した結果、現像プロセスに対して平行に山脈状構造が形成されることが確認された。この構造により、感光体周方向と軸方向それぞれに形成させたトナー直線像に関して輪郭部に相違が見られることが明らかになった。</li><li>(2) ソリッド状のトナー像に対して、比帯電量計測、面積密度計測、形状測定を行った結果、比帯電量、面積密度に関してはエッジ部分で大きくなり、形状に関してはエッジ部から中心部に向かって山脈構造が成長していく様子が明らかになった。</li><li>(3) ドット状のトナー像に対して、比帯電量計測、面積密度計測、形状測定を行った結果、ドット間隔が狭い方が帯電したトナー粒子が積もりやすく、また、トナーの堆積量は少なくなることが明らかになった。</li></ol> <p>(指導教員 川本 広行)</p>	