

5.1.1	針対平板電極系放電場の静力学
353 山村 雄一	
<p>針対平板電極系放電場は、避雷や高電圧機器の絶縁対策などで工学的に重要な場であり、レーザプリンタのオゾンレス化に有効なブラシ帯電器など様々な応用分野がある。しかし、ブラシ帯電器などのように電極が極端に低剛性の場合には、放電に伴う静電力によって、電極の変形や特異な振動を生じる恐れがある。このため本研究では、一対の針対平板電極系放電場における直径 10 <math>\mu\text{m}</math> 程度の低剛性針電極の電磁力学特性を明らかにすることを目的として、静力学に関する実験を行い、以下の知見を得た。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 放電のない静電場ではクーロン力による数 <math>\mu\text{N}</math> オーダの力が吸引方向に働き、コロナ放電時にはイオン風の反力による数 10 <math>\mu\text{N}</math> オーダの力が反発方向に働く。</li> <li>(2) 針電極径を 0.5 mm から 10 <math>\mu\text{m}</math> に小さくすることによってコロナ放電開始電圧は大きく低下するが、コロナ放電開始以降の電流・静電力の定性的傾向は変わらない。</li> <li>(3) 電極間ギャップを 1 mm 以下にするとコロナ放電後に火花放電ではなくアーク放電が発生する。また、ギャップが小さいほど正コロナ電流に対して負コロナ電流が大きくなる。これは、負コロナでは、移動度の大きい電子が電導に寄与する割合が、小ギャップほど大きくなるためであると考えられる。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.2	針対平板電極系放電場における動力学
173 曾我部 広	
<p>針対平板電極系放電場は工学的に重要な場であり、レーザプリンタのオゾンレスを実現するためのブラシ帯電器や磁気ブラシ帯電器などへの応用が注目されている。しかし、これらの帯電器では電極が極端に低剛性であり、放電に伴う静電力によって電極の変形や特異な振動を生じる恐れがある。そのため本研究では、一対の針対平板電極系放電場における低剛性支持針電極の電磁動力学特性を明らかにすることを目的とし、とくに、火花放電時に生じる火花放電と連成した針電極の上下方向の振動の発生メカニズムを解明した。本研究の結果、以下の知見が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 振動の発生メカニズム: この振動は、火花放電によって印加電圧が変化することによってイオン風の反力が変化することによる強制振動であると考えられる。</li> <li>(2) 火花放電時に生じる力: 火花放電時間が 1 ms 以下と短いため、直接的な力の測定が困難であった。そこで本研究では 3 つの間接的な方法によって、火花放電時に針電極に作用する力を評価した。その結果、火花放電には外力はほとんど作用しないことが明らかになった。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.3	針対平板電極系放電場における静電モーゼ効果
254 林 怜史	
<p>針対平板電極系放電場はレーザプリンタのブラシ帯電器などへの応用が考えられている工学的に重要な場であり、放電時の力学特性を知ることが重要である。この系の放電状態は印加電圧の上昇に伴い、コロナ放電域、火花放電域となりそれぞれ生じる力学的作用は異なる。コロナ放電域においては、イオン風によって数 100 <math>\mu\text{N}</math> オーダの反発力が平板電極に作用する。したがって、金属平板電極の代わりに液体面電極を用いると、コロナ放電時にイオン風の反力によって液面に静的なへこみが生じる。我々はこの現象を「静電モーゼ効果」と命名した。本報告ではコロナ放電時と火花放電時の力学特性を得るために、この静電モーゼ効果を利用した実験を行った。本研究により以下の知見が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) コロナ放電域において、印加電圧が大きいほど、また電極間ギャップが小さいほどイオン風による液面のへこみは大きくなる。これは、これらの条件でイオン風による圧力が高くなることに対応している。</li> <li>(2) 火花放電域において、電極間ギャップが大きいとき、コロナ放電発生後に火花放電が生じる。このとき液面には振動（波）が生じる。これは火花放電による電圧降下によってイオン風の反力が変化するためであると考えられる。電極間ギャップが小さくなるにつれ火花放電開始電圧は小さくなり、コロナ放電を伴わずに火花放電が生じるようになる。このとき液面はクーロン力によってわずかに盛り上がった状態となり、イオン風を伴うときのような振動は生じない。このことから火花放電による力学的な力は発生していないと考えられる。</li> </ol> <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インクジェット現象
170 関 和徳	
<p>針対平板電極系放電場において、針電極に液体を充填した絶縁性チューブを用いると、印加電圧に応じてチューブの先端から微量な液滴が吐出されるインクジェット現象が観測される。本研究ではこの現象を新しいインクジェットプリンタや静電塗装などへ応用するために、基礎的な研究を行った。とくに、微小な液滴が滴下するコロナ放電域での力学特性を明らかにすることを目的として実験を行った。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"> <li>(1) コロナ放電開始時には、液体が噴霧される。この現象は静電反発力によると思われる、マイクロ静電塗装への応用が考えられる。</li> <li>(2) さらに印加電圧を上げると液滴が周期的に滴下する。滴下周波数は 1 ~ 数 10 Hz のオーダであり、印加電圧が高いほど周波数は低くなる。</li> <li>(3) 液滴が吐出される瞬間には、電荷移動によると思われるスパイク状の電流が流れる。</li> <li>(4) コロナ放電域での滴下液滴の大きさは、チューブの内外径に依存し、内径 100 <math>\mu\text{m}</math> 外径 170 <math>\mu\text{m}</math> のチューブで 2000 ~ 8000 pl 程度である。インクジェットプリンタに応用するためには、さらなる微細化が必要である。</li> <li>(5) パルス電圧のパルス幅を調整することにより、液滴の吐出を制御することが可能で、インクジェット印字に応用できることを実証した。</li> </ol> <p style="text-align: right;">（指導教員：川本 広行）</p>	

5.1.5	針対平板電極系放電場におけるコロナジェット現象
166 鈴木 穂高	
<p>針対平板電極系において、低剛性針電極を用いてコロナ放電させると、コロナ風の作用により、針電極が不安定になり、ついには旋回振動を開始するという現象がみられる。われわれはこの現象を「コロナジェット」と呼んでいる。本研究では、この旋回振動が生じる条件を、針電極の長さや直径、電極間ギャップ、印加電圧等をパラメータとして計測した。また、力学的な解析によって、振動の発生原因を解明し、さらに振動周波数を定量的に評価した。</p> <p>(1) 針電極の振動開始時の印加電圧は、針電極の長さや直径にはほとんど依存しない。したがって、旋回振動の原因として、針の座屈は考えられない。</p> <p>(2) 旋回振動開始時の印加電圧は、針電極先端に作用する静電力が上向きにかかり始める印加電圧よりわずかに大きい。そこで、上向きの従動力が作用する針電極に、初期たわみが存在すると仮定して針電極の解析を行った。この場合、針電極は静的に不安定であり、動的には安定である。</p> <p>(3) 針電極の先端に作用する静電力が大きくなると、旋回振動の周波数が高くなることが、計算と実測の両方から確認された。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.6	静電力を用いたリニア駆動機構
116 黒宮 直幸	
<p>近年、マイクロマシンの駆動源として静電力が注目されている。この理由として、静電モータは寸法が小さくなるにつれて体積あたりの推力が増大することや、3次元的な構造を持つコイルを必要としないので、小さくても加工し易いことが挙げられる。そこで本研究では、これらの特徴を有する静電力をマイクロマシンの駆動源として利用した水上リニア駆動機構と静電斜毛リニア駆動機構を試作し、その運動特性を評価した。</p> <p>(1) 水上リニア駆動機構: 固定子電極 (平行平板電極) の下部に設置した水槽に可動子電極を浮かべ、静電力によって直線駆動する機構である。固定子電極に3相方形波を印加し、可動子電極には水を介して直流電圧を印加して、固定子電極と可動子電極間に進行波電界を作ることによって、可動子が進行波に同期して直線的に運動するものである。可動子の運動は周波数に依存し、進行波に同期して運動する。あるしきい周波数以下では運動は直線的でなくステップ状に運動するが、しきい周波数を超えると脱調し、前後に振動するだけで一方向に運動しなくなる。可動子の速度は最大で約 30 mm/s であった。</p> <p>(2) 静電斜毛リニア駆動機構: 固定子電極 (平板電極) 上に可動子 (針状の繊維を斜めに敷き詰めた斜毛シートに平板電極を乗せたもの) を設置し、静電力によって直線駆動する機構である。固定子電極に方形波を印加し、可動子電極には直流電圧を印加すると、静電力による吸引力と繊維の持つ機械的復元力が繰り返し働くために可動子が上下に振動し、摩擦力の異方性により可動子が一方向に運動するものである。可動子の運動は周波数に依存し、速度が最大となる周波数が存在した。可動子の速度は最大で約 25 mm/s であった。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.7	静電力を利用する駆動機構
235 西村 秀明	
<p>OA 機器等に広く用いられている紙送り機構へ応用することを目的として、静電力を利用した紙の分離機構を試作し、その特性に関する実験と計算を行った。またマイクロマシンの駆動源に応用することを目的として静電モータを試作し、その特性を実験によって検証した。その結果、以下のことが明らかとなった。</p> <p>(1) 紙の分離機構: 対向する平板電極間に生じる静電場を利用して、電極間に設置したプリンタ用紙の試験片の紙束から 1 枚だけが分離できることを確認した。分離時の電圧を検証するため、紙に作用する静電力を数値解析した。解析は、二次元 <math>x-y</math> 座標系における三角形一次要素の有限要素法をもとに行った。紙の誘電性と導電性を考慮するため、ポアソン方程式と電荷保存則を連成させ、紙に作用する静電力を算出した。この計算結果と紙の自重を比較することで分離時の電圧を評価した結果、計算値は実験値とよく一致した。</p> <p>(2) 静電モータ: 対向する針電極と平板電極間に生じる不平等電界によるコロナ放電場におけるイオン風を利用したモータを試作した。モータのロータ部に針電極、ステータ部に平板電極を設置し、印加電圧、空隙長、および針電極の傾斜角度と回転数の関係を実験で検証した。その結果、回転数は電界強度に依存し、平板電極に対する針電極の傾斜角度は 45 度が最適であることを確認した。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.8	電界による粒子搬送の基礎特性
252 早川 大輔	
<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、微量の定量搬送が可能であるなどの利点がある。本報告では、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、レーザープリンタの現像粒子の搬送実験を行った。とくに本研究では基礎特性として、マクロな視点から、粒子搬送量、粒子搬送方向、および粒子働く力を調査するための帯電量を、ミクロな視点から、個別の粒子の運動を調査した。本研究により以下の知見が得られた。</p> <p>(1) 質量搬送速度は印加電圧にほぼ比例し、搬送されるしきい値が存在する。このしきい電圧は、粒子の付着力によると思われる。</p> <p>(2) 進行波の周波数が低い場合には粒子は順方向に搬送され、周波数が高くなると逆方向にも搬送され始める。さらに高周波域になると粒子が電極上に滞留し搬送されない。</p> <p>(3) 粒子の帯電は外部環境、とくに湿度に依存する。</p> <p>(4) 粒子の移動には、電極上を飛翔するものと、すべりながら移動するものが存在する。</p> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.9	進行波電界による粒子の粒度分別
289 前嶋 慶太, 119 小出 隆史	
<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、微小量の定量搬送が可能であるなどの利点がある。本研究では静電気を利用した粉体搬送デバイスとして、平行電極パネル型粉体搬送コンベアを試作した。進行波電界を利用する粉体搬送デバイスの搬送方向は、進行波の速度と搬送される粒子の粒径に依存し、順方向・逆方向・滞留の3種類があることが判明した。そこで、この特徴を利用して、レーザプリンタで使用されているキャリア粒子の粒度分別、およびトナー粒子とキャリア粒子の分離に応用する実験を行った。本研究によって得られた知見を以下に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 本機構を用いて、キャリア粒子の粒度分別効果があることが確認された。この効果は周波数に依存し、平均値が80 <math>\mu\text{m}</math>の粒子において周波数の最適値は140 Hzである。</li> <li>(2) トナーとキャリアの混合粒子を搬送すると、初期質量比より小さい質量比の混合粒子が搬送されてくることより、トナーとキャリアが分離できることが確認され、分離効果は周波数が高いほど(200~400 Hz)高いことが確認された。さらにトナーとキャリアの分離効果は複数回おこなうことにより上昇することが明らかになった。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.10	電磁界中における電磁粒子の力学
180 高橋 寛之	
<p>本研究は、高速の白黒レーザプリンタやカラー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粒子キャリア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。チェーン剛性測定実験では、チェーン先端に直接微小なカンチレバーを接触させ、荷重-変位関係を測定し、その結果から剛性を評価して、磁束密度と粒子径および粒子重量の影響を検討した。また、チェーン傾斜特性の測定結果から、単列チェーン、円錐型チェーンの双方を想定してチェーン剛性を見積り、荷重-変位特性からの評価結果と比較検討した。さらに、超高磁界中におけるチェーン形成実験を行い、その結果とポテンシャルエネルギー最小化原理に基づいて、チェーン長さ、チェーン間隔決定メカニズムの理論解析を行い、両者を比較した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 粒子径が大きいくほどチェーン剛性は増加する。今回の測定範囲(粒子径35, 88, 107 <math>\mu\text{m}</math>)では<math>10^{-4} \sim 10^{-2}</math> N/mのオーダーである。</li> <li>(2) 傾斜実験結果からの剛性算定において、円錐型チェーンモデルを用いると、カンチレバーを用いて荷重-変位関係から算定した剛性により近づく。</li> <li>(3) 磁束密度を1 T程度まで増加させると、チェーン長さおよびチェーン間隔は一旦増加したのち減少傾向を示す。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であり、弾性エネルギーを考慮した理論解析により定性的に説明できる。</li> </ol> <p style="text-align: right;">(指導教員：川本 広行)</p>	

5.1.11	電磁界中における電磁粒子の電界効果
216 中津原 誠也	
<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キャリア粒子（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ソレノイドコイルを用い、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。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"> <li>(1) 観察の結果、剥離の形態にはいくつかのパターンがあるが、チェーンの先端の1個または数個が剥離するモードが電界剥離現象全体の8割をしめる。</li> <li>(2) 電界剥離がおきる際の電界強度は200～1000 kV/m、推定される静電気力は<math>10^{-7} \sim 10^{-6}</math>であり、粒子径が大きい程、またコイル通電電流が大きい程、剥離する際の電界強度と静電気力は大きい。</li> <li>(3) 電界剥離が生じた際にチェーン粒子に作用する静電気力と磁気相互力の値は同程度であった。したがって、静電気力と磁気力の静的なバランスによって剥離が生じると考えられる。</li> </ol> <p style="text-align: right;">（指導教員：川本 広行）</p>	

5.1.12	空気軸受と受動型磁気軸受によって支持された回転体に生じる過渡振動
185 橋 友基	
<p>高速レーザープリンタの露光系には、平板形DCモータによって駆動されるレーザーキャナモータが用いられている。このモータは、空気軸受によって半径方向に、受動型磁気軸受によって軸方向に支持され、起動直後や定格突入時に、軸方向の過渡振動を生じる。そのため、回転体がケーシングに衝突することや定常運転状態までの時間が長くなるなどの不具合を生じる。本研究は、このような軸方向の振動に対し、抑制策として考案した2つのダンパについての性能評価を行った。それにより、以下の成果が得られた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 振動の抑制策：うず電流式ダンパと空気ダンパの2種類のダンパを考案し、正弦加振試験と打撃試験によって性能評価を行った。その結果、うず電流式ダンパではほとんど減衰効果は得られなかったが、空気ダンパによって、ダンパ無の場合の約2倍の減衰が得られ、正弦加振試験において、共振点での軸方向振幅が低減された。</li> <li>(2) 空気ダンパ内部の温度測定：空気ダンパは構造上の問題で熱がこもりやすくなると考えられるので、温度測定を行った。その結果、外気温に比べて約5℃、ダンパ無に比べて約3℃程度高くなった。しかし、これは実際に運転するには支障のない程度の温度上昇であった。</li> <li>(3) 騒音実験：モータの運転中の騒音を測定した。その結果、モータの回転数と同じ340 Hzにピーク値がみられた。また、うず電流式ダンパではスペクトルの傾向はほとんど変わらなかったが、空気ダンパではピーク値が減少した。</li> </ol> <p style="text-align: right;">（指導教員：川本 広行）</p>	