

専門分野	機械工学	氏名	安田 悠	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	針対平板電極系放電場の力学特性				

1. まえがき

針対平板電極系放電場の放電場の新しい応用として、レーザープリンタのオゾンレスを実現するブラシ帯電器などが注目されている。これは気体放電によって生じる電荷を利用して感光体を帯電するものであるが、ブラシ帯電器は電極が極端に低剛性であり、放電にともな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。このような気体放電と力学が連成した現象の解明には、電気・プラズマ物理にとどまらず、力学の観点からの研究が不可欠である。このため本研究では、図1に示すような一対の針対平板電極系放電場において、暗流域からコロナ放電域までを静力学特性、火花放電域を動力学特性と分類し、それぞれの放電域における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た研究を行った。

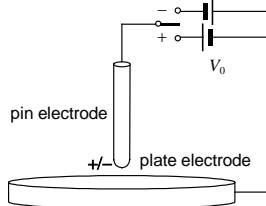


Fig. 1 Pin-to-plate electrode system

2. 針対平板電極系放電場における力

図2は針電極に働く力を測定した結果である。暗流域 (0~4 kV) では針電極は吸引方向にクーロン力を受ける。しかしコロナ放電開始後、吸引力は徐々に弱くなり、やがて反発方向に 100 μN オーダの力が働く。

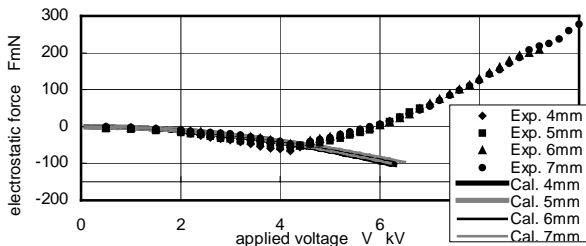


Fig. 2 Electrostatic force applied to pin electrode at corona discharge. (positive, pin diameter; ϕ 0.5 mm)

3. 結果

コロナ放電時に生じる反発力の原因はイオン風の反力であると考えられるため、電荷の移動に伴う体積力 F (= 電荷密度 \times 電界強度) によって生じる粘性流体流れ場をナビエ・ストークス方程式と連続の式 (1) によって解析した。ただし、放電場における電荷密度と電界強度は、有限要素法によって計算した。NS 方程式は 2 次元の同軸円筒座標を用い、渦度・流れ関数法を使用して解いた。

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = \frac{1}{\rho_{air}} \vec{F} - \frac{1}{\rho_{air}} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{v} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0$$

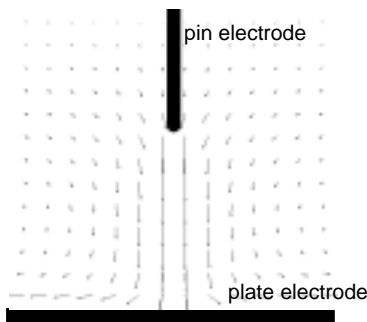


Fig. 3 Distribution of velocity (positive, pin diameter; ϕ 0.5 mm, air gap; 7mm, applied voltage: 7 kV)

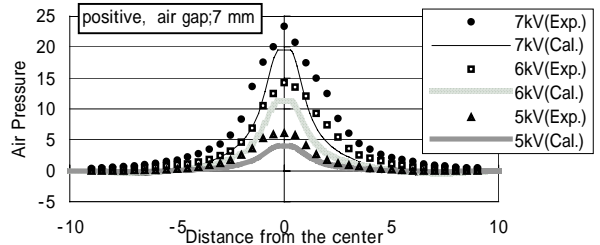


Fig. 4 Pressure distribution on the plate electrode.

図3に針電極周辺のイオン風の流れを、図4に平板電極上の圧力分布の計算値と実測値を示す。計算結果は実験とよく一致した。また図5は圧力の空間分布の計算結果である。針電極の先端付近に圧力差が生じており、これによって、針電極に上向きの力が作用することが分かる。

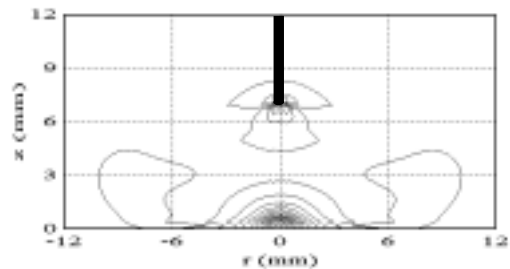


Fig. 5 Distribution of Pressure (2 Pa for 1 contour line)

発表論文

1. 川本, 高崎, 安田, 針対平板電極系放電場における針電極の動力学, 機論 C (印刷中).
2. 川本, 梅津, 小泉, 白石, 安田, 針対平板電極系放電場における静電静水力学効果について, 電気学会放電研究会 (2003).
3. 川本, 村田, 安田, 高崎, 針対平板電極系放電場における動力学, *ibid.* (2002).
4. 安田, 梅津, 白石, 小泉, 川本, 針対平板電極系放電場におけるイオン風について, 機械学会 D & D2002 (2002).
5. H. Kawamoto, K. Takasaki and H. Yasuda, Dynamics of Pin Electrode in Pin-to-Plate Discharge System, Int. Conf. on Digital Printing Tech. (2001).
6. H. Kawamoto, K. Takasaki, H. Yasuda, S. Umezu and K. Arai, Static and Dynamic Phenomena of Pin Electrode in Pin-to-Plate Discharge System, The 3rd. IFToMM Int. Micromechanism Symp. (2001).
7. H. Kawamoto, K. Takasaki, H. Yasuda and N. Kumagai, Dynamics of Pin Electrode in Pin-to-Plate Gas Discharge System Used for Ozone-less Charger in Laser Printer, 10th ICPE: 10th The Int. Conf. on Precision Engineering, (2001).
8. 川本, 高崎, 安田, 村田, 針対平板電極系放電場における針電極の動力学, 電気学会放電研究会資料, ED-01-275 (2001).
9. 川本, 高崎, 安田, 針対平板電極系放電場における特異な力学現象, 第13回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (2001).
10. 川本, 安田, 高崎, 熊谷, 針対電極板放電場における動力学特性, 機械学会東海支部 第50期総会 (2001).
11. 川本, 高崎, 熊谷, 安田, 針対平板電極系放電場における力学, 電気学会放電研究会資料, ED-00-171 (2000).
12. H. Kawamoto, K. Takasaki, H. Yasuda and N. Kumagai, Statics of Pin Corona Charger in Electrophotography, Int. Conf. on Digital Printing Tech. (2000).
13. 川本, 高崎, 熊谷, 安田, 針対平板電極系負コロナ放電場における針電極の静力学特性, 機械学会 D & D2000 (2000).
14. 川本, 安田, 熊谷, 針対平板電極系放電場における針電極の静力学特性, 第12回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (2000).
15. 川本, 安田, 須山, 栗岡, 熊谷, J. Wiphut, レーザスキャナーモータの低速域における接触振動, 2000年度精密工学会春季大会 (2000).
16. 川本, J. Wiphut, 熊谷, 栗岡, 須山, 安田, レーザプリンタに生じる電磁力関連振動, 第11回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (1999).