

水中ストリーマ放電の3次元観測とトラブル事例の報告

赤峰 修一*¹, 市来龍大*², 金澤 誠司*²

*¹ 大分大学工学部技術部, *² 大分大学工学部電気電子工学科

1. はじめに

近年、水中で発生するストリーマ放電は、世界規模で水処理、殺菌、ナノ粒子生成などの応用研究が盛んである。本来、ストリーマ放電は3次元的な現象であるため、放電の基礎特性の調査は3次元的に行うことが重要である。そこで我々は2方向から被写体を撮影する通常の立体撮影法を発展させ、ストリーマ放電の立体撮影に特化した3次元観測手法を開発した。今回、その手法を図1に示すような水中ストリーマ放電の観測に適用し、放電路の3次元観測を行った。また、実験に用いた2枚のアルミ平面ミラーを溶解させ使用不能としたのでその報告を行う。

2. 3次元観測法

本3次元観測法では、被写体を前方(0°)、横方向(90°)、斜め方向(225°)の3方向から同時撮影を行う。今回は図2に示すようにノズル対平板電極系の周辺に2枚のミラーを配置し、正極性ストリーマ放電を3方向から見た像を1台のICCDカメラで撮影した。0°の画像より各ストリーマの(x, z)座標、90°の画像より(y, z)座標が求まる。このように本手法ではx, y, zの座標がそれぞれ

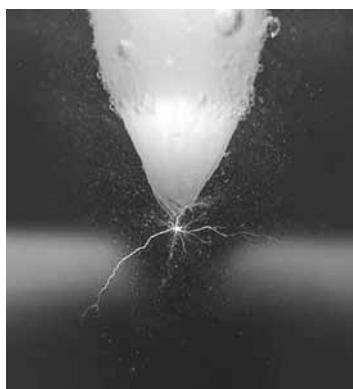


図1 水中ストリーマ放電

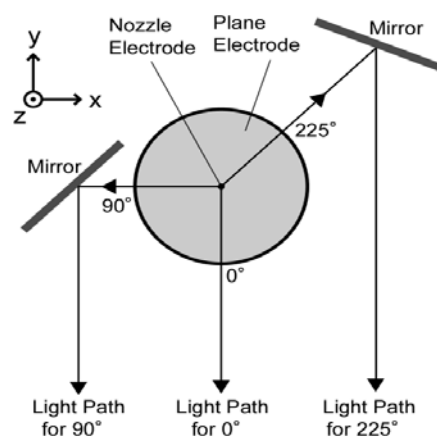


図2 放電観測系の上面図

独立に計測されるため、小角度での立体撮影法よりも座標の誤差が小さい。しかし観測角度差が90°と大きいと、2つの画像に写った各ストリーマが同一であるかの対応付けが極めて困難である。この対応付けが225°の画像により可能となり3次元化することができる。

3. 実験装置と放電回路

図3(a)および(b)に実験装置と実験装置の概略図を示す。アクリル容器(100mm×120mm×100mm)の水槽に石英ガラス(80mm×80mm)を取り付け観測窓としている。ノズル放電極(内径0.14mm, 外径0.32mm)とアルミ平面ミラー(25mm×25mm)はY軸ステージで上下に可動できる構造になっている。ミラーの角度調整は、平板電極の代わりに上面に45°

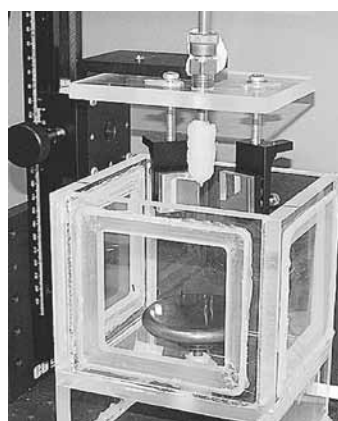


図3(a)実験装置

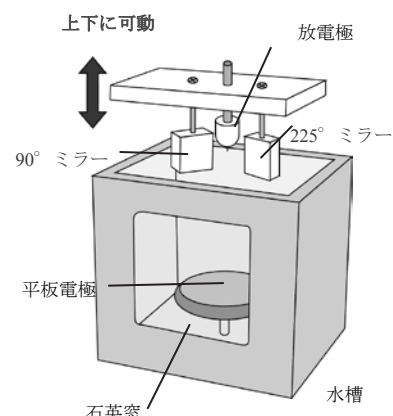


図3(b)実験装置の概略図

間隔で溝を切った円柱形の台を取り付けて、方眼紙を貼ったアクリル板を溝に差し込むことで行った。ミラーに写った方眼紙により90°と225°の角度を決め、前傾角度も調整した。今回は、蒸留水(電気導電率: 6μS/cm)で満たした実験装置内に、ミラ

一と放電極を沈めて、電極間隔を 40mm とした。

図 4 に放電回路の概略図を示す。MOSFET をスイッチとしたパルス電圧発生回路により正極性高電圧 (23kV,パルス幅 1 μ s,100Hz) を放電極に印加し、水中ストリーマ放電を発生させた。ストリーマ放電の画像は、ICCD カメラを用いて撮影した。

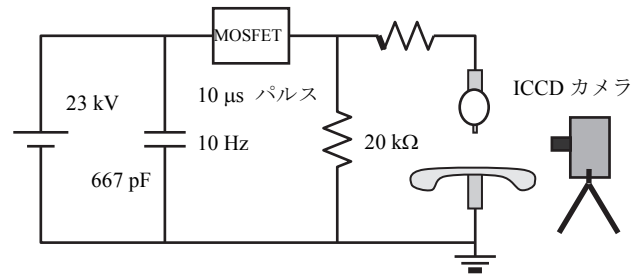


図 4 放電回路の概略図

4.3 次元観測と 3 次元化

図 5 は水中ストリーマ放電を ICCD カメラの露光時間を 10 μ s として同時に撮影した画像である。90° , 0° , 225° から見た放電の画像より 3 次元微細構造の再構成を行う。再構成のためには 3 方向からの画像で同一ストリーマの特定を 3 次元観測法で述べているように座標を一つ一つ精査して行った。図 6 (a) および図 6 (b) はそれぞれ、撮影した 2 次元画像 (0°) を 3 次元観測法で 3 次元化したものを示す。3 次元構造からは、2 次元観測では欠落してしまう奥行き方向の情報も得られるので、2 次元観測に比べより正確にストリーマ放電の物理量が計測できる。

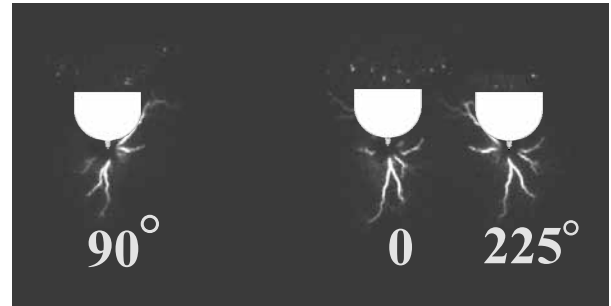
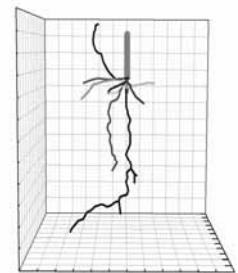


図 5 ICCD カメラで撮影した水中ストリーマ放電



図 6 (a) 2 次元画像



(b) 再構築した 3 次元画像

5.溶解したアルミニウム平面ミラー

次にこの実験中で発生したトラブルについて報告する。水中の導電率の変化によるストリーマ放電の様子を観測するために、蒸留水に水酸化ナトリウムを添加し実験を行った。2 枚のミラーを水酸化ナトリウム溶液中に設置したまま放置した際、ミラー表面の蒸着アルミニウムが剥がれてしまった。その時の写真が図 7 である。また新品のミラーと比較した写真が図 8 である。蒸着アルミニウムが剥がれたミラーは基材の光学ガラスだけとなった。蒸着アルミニウムがアルミン酸ナトリウムとなり、溶液中に溶け出したと考えられる。導電率変化の実験は、塩化ナトリウム溶液を替わりに使って行うことができた。

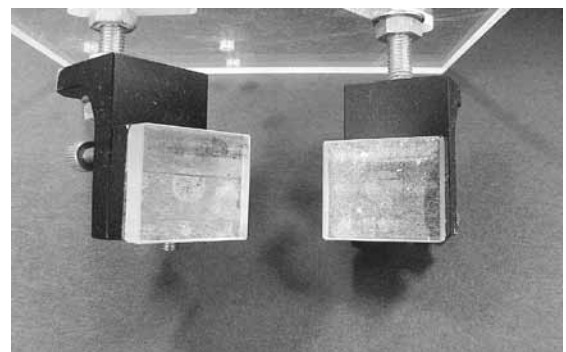


図 7 アルミニウムが剥がれたミラー

6.まとめ

(1) 0° , 90° , 225° の 3 方向からの同時観測により、水中ストリーマ放電の 3 次元構造を再構成することができた。

(2) 光学系の蒸着アルミニウムが溶け出すなど全く想定してなかったのが今後の教訓となった。

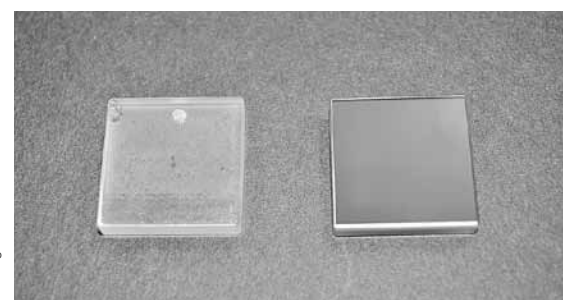


図 8 新品のミラー (右) との比較