

高速現象の簡易な可視化方法の開発

背景

大気中における過渡的な放電はマイクロ秒（百万分の一秒）程度で起こるが、この密度変化を可視化することにより大気中放電現象の機構解明などが期待できる。密度変化を画像の明暗として簡易に可視化する方法として放電領域を透過したレーザー光の強度分布を捉えるシャドウグラフ法^{*1}があるが、レーザー光をマイクロ秒程度の時間内のみ露光するための短い露光時間は汎用のカメラでは得られない。一方、高速度撮影に従来用いられている超高速カメラはレーザー光のような高輝度光の入射に適していない。レーザー光を短時間内のみ露光するにはその伝播方向を一時的に変化させ、カメラに投射すればよい。これには機械的動作を伴わず、電子的にレーザー光の伝播方向を変化できる音響光学効果^{*2}の利用が有効である。

目的

レーザーと音響光学効果を用いた高速現象の可視化方法を開発し、過渡的な放電などに伴う密度変化の可視化へ適用する。

主な成果

1. 大気中放電に伴う密度変化の可視化

反射型天体望遠鏡を用いてレーザー光を拡大し、直径約30cmの領域における密度変化を可視化できる装置を製作した（図1）。本装置を用いて大気中放電に伴う密度変化を可視化した（図2）。放電は非常に強い発光を伴うため、ストロボなどの閃光光源を用いた従来の撮影方法では放電に伴う密度変化を可視化することが出来なかったが、ここでは光源にレーザーを用いることにより、その単色性と指向性を利用して放電発光の影響を除去することに成功した。

2. 放電前駆現象に伴う密度変化の可視化

大気中放電の発生（絶縁破壊）前にはリーダ（主放電に至る低電離度の折れ線状の領域）が主に高压側から接地側へと進展する。ここではリーダに伴う密度変化を可視化した（図3）。また、放電に至らない場合でも高压電極付近にストリーマ（リーダよりも更に電離度の低い折れ線状の領域）が高压側から複数の経路で進展するが、本研究ではストリーマ進展に伴う密度変化の可視化にも成功した。これまでのリーダ、ストリーマなどの放電前駆現象の観察は発光を撮影するものが主であったが、発光と密度変化のパターンは必ずしも一致しない。本手法の開発によって基礎的な物理量である密度変化を直接観察できるようになり、放電機構解明に活用できるものと思われる。

今後の展開

本手法の放電以外の分野への適用についても検討する。

主担当者 電力技術研究所 高エネルギー領域 主任研究員 福地 哲生

関連論文 福地、他：「音響光学レーザー偏向器を用いた高速現象の可視化」、電気学会論文誌A、125巻2号、pp. 113-118（2005年2月）

*1：シャドウグラフ法：密度変化によって光が屈折する現象を利用し、光が伝播した空間の密度変化の分布を画像の明暗として可視化する方法。密度変化が大きいほど暗く映る。

*2：音響光学効果：音響波の作用によって光の性質が変わる現象。ここでは結晶に高周波を印加し、結晶中に励起される音響波によって結晶に入射されたレーザー光の伝播方向が変わる音響光学偏向器を利用した。

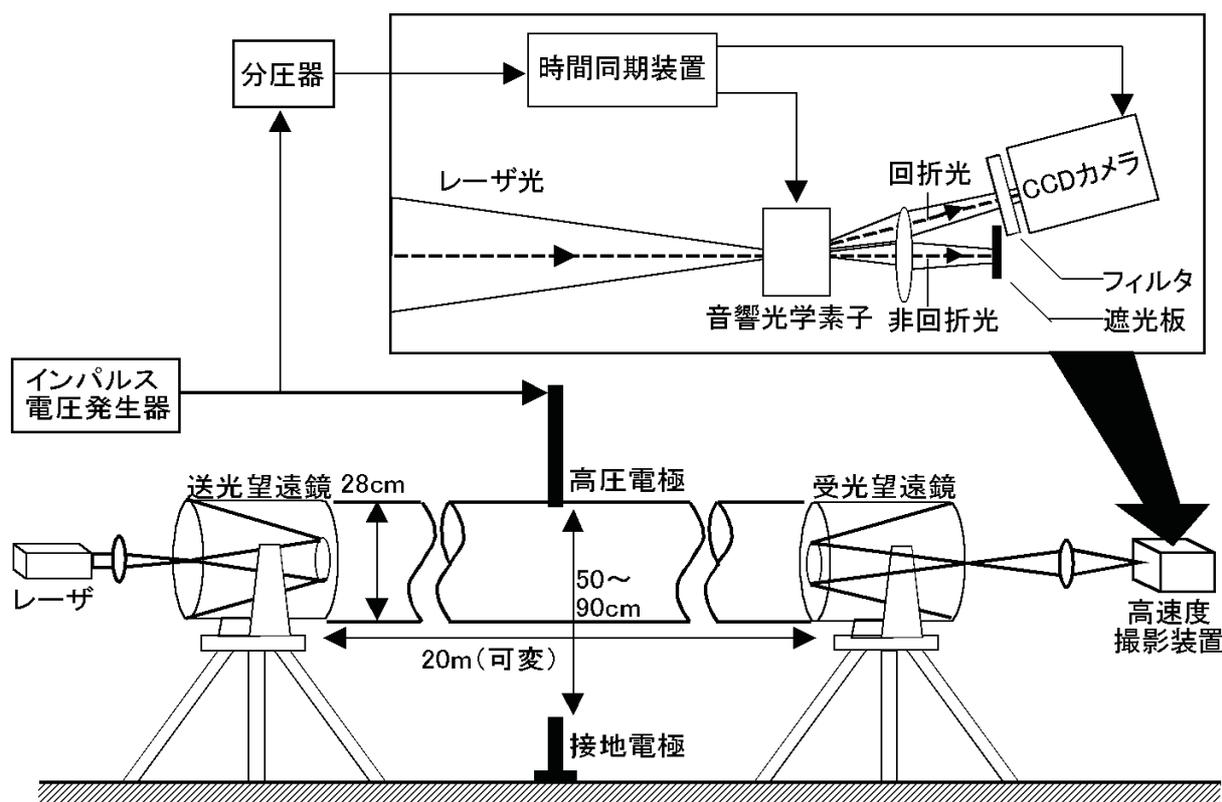


図1 大気中の密度変化の可視化装置の構成図および高速撮影の原理図

レーザー光は送光望遠鏡によって拡大され、放電領域を透過した後、受光望遠鏡によって縮小され音響光学素子に入射される。回折光は放電と同期したマイクロ秒程度の時間内のみ発生させる。この配置により密度変化を表すレーザー光の強度分布をマイクロ秒程度の露光時間で得ることができる。

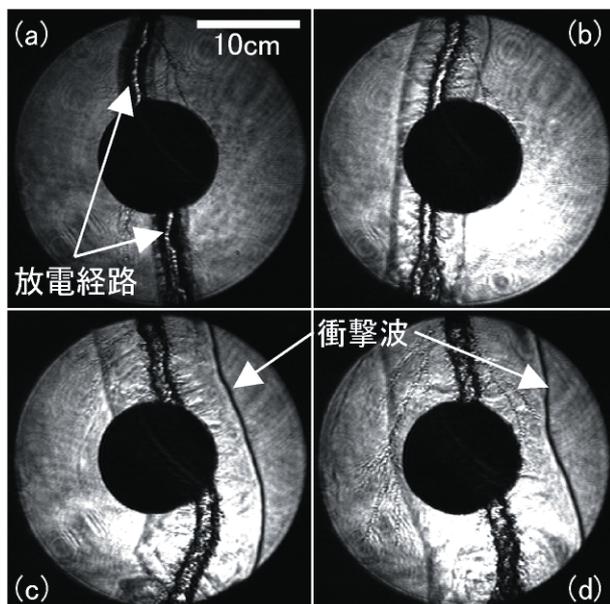


図2 大気中インパルス放電に伴う密度変化の可視化画像の暗い部分は密度変化の大きい領域を示す。中央の暗い円はレーザー光の拡大に使用した望遠鏡副鏡の影である。(a)～(d)は放電発生に対し露光時間を8、58、108、158マイクロ秒遅らせた場合の画像である。

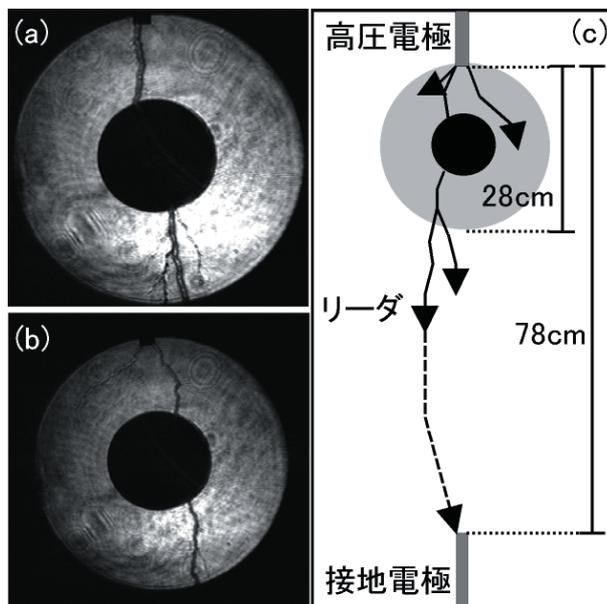


図3 リーダ進展に伴う密度変化の可視化画像の暗い部分はリーダ進展に伴い密度が大きく変化した領域を示す。(a)、(b)は放電発生前に露光した画像、(c)はギャップ、計測領域、およびリーダ進展を示す模式図である。