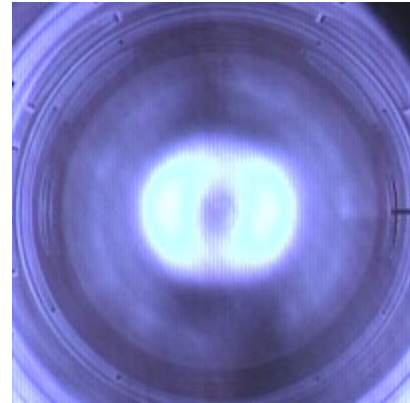


中性粒子と共存するプラズマ中に形成された反 $E \times B$ 三極渦

岡本敦、原一久、永岡賢一*、吉村信次*、J. Vranješ**、河野光雄***、田中雅慶*
名古屋大学大学院理学研究科、*核融合科学研究所、
物理学研究所（ユーゴスラビア） *中央大総合政策学部

渦は多次元連続体における非線形基本構造として、流体力学をはじめとする様々な分野で注目を集めてきた。特にプラズマ中では、普遍的に存在するドリフト波の渦形成が明らかになり、また一方ではプラズマの渦と異常輸送現象が密接に関連しているために、精力的に研究が行われてきた。しかし、これまでの研究では、 $E \times B$ ドリフトが渦の回転を駆動し、ポテンシャルまたは密度揺動の局所構造が渦構造そのものであるという認識に立っていた。本研究では、流速ベクトルを直接測定することによって、プラズマ中に形成される渦を実験的に調べた。その結果、反 $E \times B$ ドリフト方向へ回転する渦がプラズマ中に形成される場合があることが明らかになった。



HYPER-I 装置で観測された三極渦構造の CCD 画像。

実験は核融合科学研究所の直線型高密度プラズマ生成装置 HYPER-I で行った。本研究では、方向性プローブを用いた磁場に垂直な平面における流れ場（速度ベクトル場）の構成法を採用した。アルゴンプラズマ中に形成された渦構造の CCD 画像を図に示す。明るく光る領域（高密度領域）は時計回転する渦であり、中心部は反時計回転する渦であることが、流速ベクトル場から実験的に決定した渦度により明らかになった。交互に極性が異なる三つの渦から成る構造は三極渦と呼ばれる。通常流体や海洋においては三極渦の報告例はあるが、プラズマ中で三極渦を観測したのは本研究が初めてである。

この三極渦は、これまで知られていたプラズマ中の渦とは異なり、反 $E \times B$ ドリフト方向へ回転していることが、ポテンシャル測定により明らかになった。この結果は、三極渦が電場とは異なる、しかも電場に勝る実効的な力で駆動されていることを示している。一方、分光測定により三極渦は常に中性粒子の深い凹構造を伴っていることが明らかになった。急峻な密度勾配により中性粒子に内向きの流れが生じ、荷電交換反応によってイオンに対する正味の運動量入力、即ち、内向きの力を及ぼすと考えられる。反 $E \times B$ ドリフト方向に回転する三極渦の回転機構は中性粒子密度分布による実効的な圧力であるといえる。

これまで、中性粒子の存在はプラズマの運動に対し散逸項を付加するのみであると考えられてきた。しかし、本研究の結果は、中程度に電離したプラズマ（電離度 $\sim 10\%$ ）では、中性粒子の運動は原子衝突過程を介してプラズマの運動を質的に変え得ることを示している。その意味で、本研究で観測されたプラズマ中の渦構造は中性粒子と共存していると言える。