

26pA11p

プラズマ渦の実験 I — 真空中の離散渦の運動 —

Experiments of Plasma Vortex Dynamics I -- Discrete Vortices in Vacuum --

際本泰士¹, 伊藤清一¹, 三瓶明希夫¹, 毛利明博², 河野光雄³, 湯山哲守¹, 道下敏則¹
京大総人, 京大人環¹, 理研², 中央大総合政策³

流体の渦運動は100年以上に渡り研究の対象となってきた。なかでも非圧縮性で散逸の小さなEuler流体は極めて単純な構造の運動方程式から始めて、二次元においてさえ多様な空間的構造と動的特性を示すため、解析の手法も含めて、今もなお活発に展開中の課題である。この二次元Euler流体と全く同じ方程式に従うものとして、 $E \times B$ ドリフト運動を行うGuiding Centerプラズマの二次元運動がある。

長い円筒状の分布をした電子の集団においては、円筒中心に向う自己電場により $E \times B$ ドリフトが発生し、電子群はほぼ剛体的に自転する。この運動に伴うロレンツ力が静電斥力・遠心力と釣合って、円筒状の電子群は渦糸として維持される。このような渦糸が2本以上ある場合は、それぞれの糸の外部に広がる電場により $E \times B$ ドリフトが誘起され、渦糸は互いのまわりを公転することになる。この事情は電荷を持たない流体の速度場を媒介とした渦間相互作用と数学的に等価である。方程式としては同じ形であるが、流体理論では数学的表現にとどまりがちであった概念の多くを、プラズマ渦においては物理的実体として把握し計測することができる。

非中性プラズマにおいては、渦運動の代表時間に比べて粒子間の衝突時間が長く、かつ閉込め時間が衝突時間より遙かに長い。このため渦運動に限っても、巨視的構造変化の中に組込まれた粒子の無衝突運動過程、弱い散逸による巨視的構造の緩やかな変化と粒子輸送との関係等が未踏の課題として設定される。マクロな構造の展開がミクロな運動に及ぼす影響及びその反作用を詳細に検討することは、プラズマにおける異常輸送を捉え直す糸口にもなり得る。

このような視点から基礎実験を行うために、最大19個までの渦糸を独立に発生する電子源を作成した。これにより真空中に離散した渦糸間の相互作用や、空間を満した背景渦の中の離散渦の運動・相互作用の実験が制御された状態で実行可能となった。IとIIの講演にてその速報をお伝えする。

26pA12p

プラズマ渦の実験 II — 低レベル連続渦中の離散渦の運動 —

Experiments of Plasma Vortex Dynamics II -- Discrete Vortices in Back-ground Plasma --

伊藤清一¹, 際本泰士¹, 三瓶明希夫¹, 毛利明博², 河野光雄³, 湯山哲守¹, 道下敏則¹
京大人環, 京大総人¹, 理研², 中央大総合政策³

真空中に二つの渦糸を配置した場合、渦糸は互いの電場による $E \times B$ ドリフトにより互いの周りを公転しつつ、長時間にわたり安定に存在する。この運動は渦糸の運動方程式からの計算結果と良く一致する。渦糸の数を更に増すと渦糸は相互作用を行いつつ動きまわる。これは運動方程式により記述できるが、対称性を低下させたり渦数を増すごとに不確定性が増大する。しかし長時間にわたり渦糸は分離された状態に在る。

背景に薄い電子プラズマによる低レベルの渦が連続的に存在すると渦糸の運動は真空中におけるそれとは大きく異なる。背景プラズマの渦度(\propto 密度)が十分に大きな場合には、二つの渦糸は急激に互いの距離を狭め、合体する。一方、背景プラズマの渦度が低くなるにつれ、相互間距離の狭まる速度は減少し、渦糸間の距離がある程度まで接近したところで安定化する現象が見られる。この過程は一体化までの時間スケールが衝突等の散逸時間よりもはるかに短いことから、集団運動によるものと考えられる。これらの現象を全て説明できる理論モデルはまだ無く、その機構については検討中である。

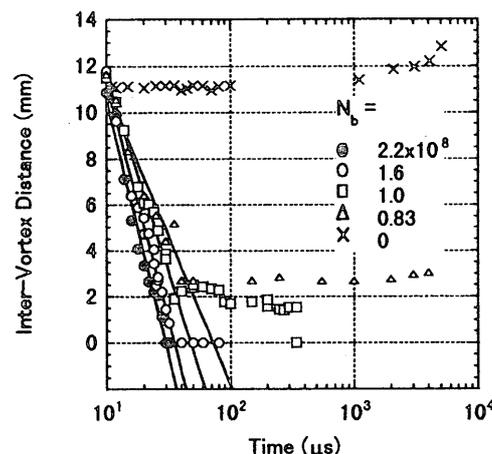


Fig.1 Inter-Vortex Distance