

## プラズマ中高速ダスト流における不安定性と渦形成

## Instability and vortex formation in high speed dust flow in plasmas

# 飯塚 哲 [1]

# Satoru Iizuka[1]

[1] 東北大院工

[1] Grad School Eng, Tohoku Univ

太陽風などの高速プラズマ流の中に置かれた微小な岩石や氷の集合体である彗星の尾や惑星リングなど、プラズマ流と微粒子の集団的相互作用は惑星間宇宙空間でもよく見られる。月面に衝突した隕石などが巻き上げる地表面の塵や微細な砂などは、宇宙空間で舞い上がり宇宙プラズマと相互作用することにより局所的に帯電したダストプラズマを生成する。プラズマ中の電子付着による負帯電ダストのみならず、紫外線・放射線などにより正に帯電するダストも報告されている。このように、プラズマ流の中に置かれたダスト集団の動的挙動の解明は、宇宙における彗星の尾の複雑な構造解明のみならず、惑星リングや微粒子成長による星の形成メカニズムの解明に大きく寄与するものと考えられる。本研究では、プラズマ中に高速ダスト流を作り出す新たな手法を開拓するとともに、高速ダスト流が作り出す様々な形態の不安定現象や渦形成について実験的に明らかにする。

プラズマ中に導入されたマイクロオーダーの微粒子は通常負に帯電し、静電的な閉じ込めポテンシャルがあると、その中に捕捉され微粒子集団（雲）を形成する。微粒子の帯電量は極めて大きく、数マイクロ程度程度の微粒子の電荷は  $Q/e = 1.0E(3-4)$  に達する。したがって、クーロン結合パラメータ（=クーロンエネルギー/熱エネルギー）は1より十分大きくなって、クーロン力が支配的ないわゆる強結合プラズマを形成する。が大きくなるにつれて、クーロン気体、クーロン流体、クーロン結晶と相転移する。通常微粒子雲はほぼ静止した状態で安定に捕捉されるが、外力を受けると集団的な分布形状を変えたり、集団的な運動を始める。例えば、微粒子雲の周辺に平板電極を垂直に立てて負にバイアスすると、平板の左右に1対の微粒子渦流が発生する、また、浮上電極に垂直に静磁界を印加すると水平面上で微粒子渦流が発生する。これらの原因として電極先端に流入するイオン流や、弱く磁化したイオンのドラッグ力が考えられている。この他にも熱泳動力や重力などによっても鉛直方向の微粒子対流や渦流が発生する。しかしながら、これらの力によるダスト流の高速化には限界があり、広範囲の速度制御が困難であった。

本研究では、新しく中性ガスのドラッグ力によって微粒子集団に高速な流れを発生させることに成功した。細いノズルから流出するアルゴンガスのドラッグ力によって微粒子集団を駆動する。この結果、これまでには得られないような速度まで微粒子流の駆動が可能となった。また、速度なども細かく制御することも可能となり、微粒子流実験の新しい手法として期待できる。

実験ではプラズマ中に直径  $10 \mu m$  の微粒子を多量に注入しダスト集団を形成する。これらのダストはプラズマ中に置かれた水平な平板浮上電極上側のプラズマシース境界付近に浮上し、中性ドラッグ力によって高速な流れが駆動される。たとえば、水平面内に流れる高速ダスト流の中に直径  $0.8 mm$  の微小な円柱を垂直に立てて置き、円柱の周りを流れるダスト流の挙動を観察する。円柱によって上流側で2つに別れたダスト流は、円柱の周りに形成されたプラズマシースの境界に沿うように下流側に流れ、再び合流して1つの流れを形成する。その際、円柱背後の合流地点では微粒子の挙動にクーロン流体固有の大きな特徴的な変化が観察される。すなわち、動的な流れの部分とその間に挟まれた澁みの部分が形成された。澁みの領域でダストはほぼ静止し、ほぼ等間隔で保持されていることから、クーロン結晶を形成していることが分かった。さらに、澁みの部分（結晶）と流れ（流体）の境界では、ダストがカオティックな複雑な挙動を示すことが分かった。講演では、同方向に速度シアを持ち流れるダスト流の不安定性や対向流の境界に見られる不安定性などによる渦形成についても合わせて報告する。