

## 微小重力環境下での微粒子プラズマの実験

### Experiments of Fine Particle Plasmas under Microgravity

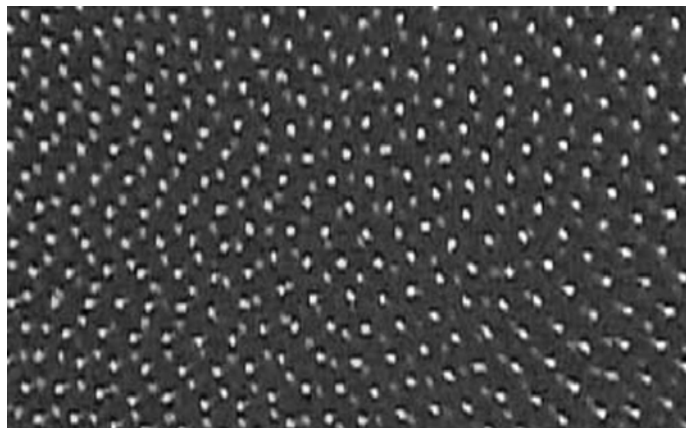
林 康明<sup>1\*</sup>

Yasuaki Hayashi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>京都工芸繊維大学

<sup>1</sup>Kyoto Institute of Technology

一般に、グロー放電プラズマ中のミクロンサイズの微粒子は数千~数万個にも帯電し、巨大な質量と電荷を持つ負イオンのように振舞う。したがって、微粒子を大量に含むプラズマは、電子、イオンと大きな負荷電粒子の三者が混在する複合（コンプレックス）プラズマとなって、特異な性質を示す。ミクロンサイズの微粒子の挙動や配列は、微粒子プラズマと共通する様々な物理現象を容易に可視化できるという特徴がある。このため微粒子プラズマは、相転移や臨界現象を構成粒子個々の挙動から観測する方法として最近注目されている。その他様々な物理を解析する手段として、さらには新しい物理を切り開く研究対象としても大きな可能性を有している。



微粒子プラズマの研究は、古くは宇宙塵の理論・観測を中心とした研究から始まっている。1980年代には、宇宙探査機が地球に送る惑星映像の中で宇宙塵の役割に注目が集まるようになった。1980年代後半に入って、半導体集積回路製造工程内薄膜作製・加工プラズマプロセスでの微粒子発生による生産歩留り低下の問題が大きくなり、応用分野から研究者が多数参入し、プラズマ中で微粒子に働く力の解析が進んだ。さらに、1994年に負帯電した微粒子がプラズマ中で結晶状に配列する“クーロン結晶”（図）が世界の3ヵ所で独立して同時に発見されてから、固体物理とも関連した基礎科学の分野における関心が急速に高まった。微粒子プラズマによるクーロン結晶は、“一成分プラズマ”の強結合状態として1986年に理論的に予測されていた。白色矮星内部や金属結晶も強結合一成分プラズマの例であるが、微粒子プラズマでは粒子の挙動を直接観測できるところに研究上の魅力がある。強結合一成分プラズマの系を普遍的に捉えることにより、白色矮星内部や金属結晶中のイオンの挙動についての理解も進む。

一方で、地上重力下では微粒子がプラズマ下部のシース部分に沈んで特殊な構造の結晶となるため、最近では国際宇宙ステーション（ISS）などを利用した微小重力実験が欧州で行われるようになった。私達も、欧州の研究グループと協力して微小重力実験を進めてきた。しかし、微小重力下では微粒子はプラズマ内部に捕捉されるものの、中央に微粒子群の空洞（ボイド）ができることがわかってきた。これはプラズマ中のイオンの流れによる粘性力あるいは電位分布が原因と考えられており、その解明と制御技術開発が課題ともなっている。また、結晶化や相転移・臨界現象を構成粒子個々の挙動から観測する微粒子プラズマ実験を真に目指した三次元等方的な微粒子の場を構成する新規装置の開発も必要となっている。

講演では、微粒子プラズマによるクーロン結晶の構造、プラズマ中で微粒子に働く力、微粒子

群によるボイドの形成について実験を中心とした結果、微小重力下実験の必要性について述べ、落下塔、航空機放物線飛行、国際宇宙ステーションを利用した微小重力実験の結果などについて述べる。

キーワード: 微粒子, プラズマ, ダストプラズマ, 微小重力, 国際宇宙ステーション, 相転移

Keywords: fine particle, plasma, dusty plasma, microgravity, international space station, phase transition