

小特集

微小重力下の微粒子プラズマ研究 —国際宇宙ステーション (ISS) における実験—

Investigation of Fine Particle Plasma under Microgravity — Experiments on International Space Station (ISS) —

1. はじめに：微粒子プラズマの特性と微小重力環境の重要性

1. Why the Microgravity Environment Is Important in Fine-Particle Plasma Science?

東辻浩夫

岡山大学

(原稿受付：2015年4月27日)

微粒子 (ダスト) プラズマの研究は、微粒子が結晶のように配列した状態 (いわゆる「クーロン結晶」) を画像として捉えたという複数の報告が1994年にあるから急速に盛んに行われるようになった[1-4]。その一つの理由は、レーザー光の散乱により一つひとつの直接観測が可能な微粒子が、電荷により相互作用する系であるので、プラズマのさまざまな特性を検証するのに適した重要な物理系として認識されたためである。さらに、微粒子がプラズマ中で帯びる電荷は (絶対値が) 巨大であり、微粒子集団は強結合クーロン (類似) 系になり得るので、強結合系の研究にも適しているからである。

一方、微粒子は電子やイオンに比べて、やはり巨大な質量をもつために、通常の重力が働く環境では電場の小さなプラズマ中に浮遊させるのは難しい。そのため、地上では、微粒子はプラズマ周辺のシース領域の電場で支えられて水平な層状になることが多い。水平面に平行な2次元に近い微粒子系も興味深い物理系ではあるが、3次元系の観測には微小重力環境が望ましい。また、シース領域では電場によるイオンの流速がイオン音波の速度程度であり、イオン流の影響も大きい。

微小重力環境があれば、3次元的な広がりをもつ系で微粒子プラズマ本来の性質が観測できると期待される。短時間の微小重力環境であれば落下塔やロケット、あるいは航空機の放物飛行を用いれば得られるが、国際宇宙ステーション (International Space Station: ISS) 上で実験すれば非常に長時間にわたって微小重力環境を利用できる。

ISSでは、ロシア・ドイツのプロジェクトとしてPKE-Nefedov[5]、PK-3 Plus[6]という装置を用いた実験が行われ、現在それらの後継であるPK-4[7]による実験が開

始されている。我々はPK-3 Plusにおける実験として、微粒子プラズマの臨界点を探求することを提案し、実験機会を得た。この小特集では、以下のように、これまでの経緯、実験装置の特徴、観測の予想と実験結果などを述べる。

2章では、微粒子プラズマについて、基本的事項を説明する。3章では、PKE-Nefedov、PK-3 Plusによって得られた結果のうち、微粒子プラズマの基礎的な性質に関するものを簡単に紹介する。4章ではPK-3 PlusおよびPK-4について、実験装置としての特性を述べる。微粒子の振る舞いについては、非常に多数の実験データが得られているが、これらの装置における微粒子プラズマの温度・密度などの基本的特性については、ISSにおける計測は十分であるとはいえない。ここでは地上で行われた日本の計測についても述べる。5章ではPK-3 Plusで実験機会を得るに至った経緯と、今後、微小重力実験をめざす際の方策について、現時点の情報を基に示す。6章では、PK-3 Plusにおいて、臨界点の観測をめざした実験について、背景と結果を説明し、PK-4での微粒子の振る舞いの予測について述べる。

参考文献

- [1] H. Thomas *et al.*, Phys. Rev. Lett. **73**, 652 (1994).
- [2] J. Chu and L. I. Phys. Rev. Lett. **72**, 4009 (1994).
- [3] Y. Hayashi and K. Tachibana, Jpn. J. Appl. Phys. **33**, L804 (1994).
- [4] A. Meltzer *et al.*, Phys. Lett. A **191**, 3018 (1994).
- [5] A.P. Nefedov *et al.*, New J. Phys. **5**, 33 (2003).
- [6] H. Thomas *et al.*, New J. Phys. **10**, 033036 (2008).
- [7] V.E. Fortov *et al.*, Plasma Phys. Contrl. Fusion **47**, B537 (2005).

TOTSUJI Hiroo, Okayama University, OKAYAMA 700-8530, Japan

author's e-mail: totsuji-09@t.okadai.jp