

平成 20 年度ワーキンググループ活動報告

— 次期実験装置 PK-4 を利用した微小重力実験計画検討 —

足立 聡¹、高柳昌弘¹、林 康明²、高橋和生²、東辻浩夫³、石原 修⁴、安藤 晃⁵、
佐藤杉弥⁶、服部邦彦⁶

¹ 宇宙航空研究開発機構、² 京都工芸繊維大学大学院、³ 岡山大学大学院、⁴ 横浜国立大学大学院、
⁵ 東北大学大学院、⁶ 日本工業大学

Report on Science Working Group Activity in Fiscal 2008 — Conceptual Planning on Future Microgravity Experiment by Using the Next-generation Apparatus PK-4 —

Satoshi Adachi¹, Masahiro Takayanagi¹, Yasuaki Hayashi², Kazuo Takahashi², Hiroo Totsuji³,
Osamu Ishihara⁴, Akira Ando⁵, Sugiyu Sato⁶ and Kunihiko Hattori⁶

¹ Japan Aerospace Exploration Agency, ² Kyoto Institute of Technology, ³ Okayama University,
⁴ Yokohama National University, ⁵ Tohoku University and ⁶ Nippon Institute of Technology

¹ 2-1-1 Sengen, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305-8505 Japan

E-Mail: adachi.satoshi@jaxa.jp

Abstract: The main aim of this science working group this year is to revise candidates of future microgravity experiments in the region of complex plasmas. For the main aim, members of this working group reported their interests and discussed them. After selection of the candidates, we discussed the action plan.

Key words: Complex Plasmas, PK-4, Coulomb Crystal

1. はじめに

ドイツ・マックスプランク圏外物理研究所 (MPE) が開発したダストプラズマ実験装置 PK-3 Plus が国際宇宙ステーションに搭載され、現在稼動中である。日本は現在、この PK-3 Plus に関する国際協力を行っている。PK-3 Plus は、現在の見通しでは 2011 年末までの運用が予想され、その後は PK-4, Plasma Lab の搭載が計画されている。本ワーキンググループ (WG) は、次世代装置として MPE が開発を進めている PK-4 を利用した将来の微小重力実験計画を立案・実施することを目標として、平成 19 年度から活動を開始した。2 年目となる平成 20 年度では、微小重力実験候補について議論を行うこと、および次年度以降の活動計画を議論することを目的とした。ここでは、それらの結果について報告する。

2. WG 会合開催実績

平成 20 年 12 月 20 日 (土) 第 1 回会合開催
(開催場所: JAXA 東京事務所)

3. PK-4

Figure 1 に航空機実験用の PK-4 の写真を示す。PK-4 は、これまでの PKE や PK-3 Plus のような対向した円盤状高周波電極ではなく、コの字形の石英管 (内径 3 cm) に直流放電用の電極を設置した装置である。この電極は、直流だけでなく交流動作も可能である。また、RF コイルも 2 個装備している。プ

ラズマ生成には直流放電が必要であるが、生成されたプラズマの維持は RF コイルだけで可能である。また、プラズマの最長部分の長さは 35 cm となっている。微粒子投入装置は全部で 4 個取り付けられている。観察には CCD カメラとシートレーザー光を用いる。

PK-4 を用いて、これまでにいくつかの実験が実施されている。例を挙げると、Lane Formation と命名された粒子が直線状に配列する実験 (Fig. 2 参照) や、クーロン結晶形成実験である。

4. 将来の微小重力実験の検討

長い円筒状プラズマといった PK-4 の特徴を踏まえて、将来の微小重力実験について議論を行い、候補テーマの見直しを行った。

(1) クーロン結晶の構造遷移の観測

Fig. 2 に示す Lane Formation から分かるように、ある条件下では、粒子は直線状に配列する。WG メンバーは、条件が変化すると直線状構造から他の構造 (同心円状その他) へ遷移するはずであるとの理論的予測を示した。このような予測はこれまでに無く、新しいダストプラズマ物理を切り拓くものと考えられる上、定量性があることから、当 WG としては、当面この現象に着目していくことにした。今後、構造遷移現象が観測できそうかを実験的に調べていく必要がある

ることで WG メンバーの見解は一致した。

(2) 運動量の輸送現象の観測

粒子径の異なる 2 種類の粒子を投入すると、表面電荷の大きい粒子径の大きな粒子が外側に、粒子径の小さな粒子が内側となる、同心円状の分布を形成する。この時、外側の粒子はクーロン結晶化しているとする。内側の粒子は結晶状態あるいは液体状態の両方が考えられるが、どちらの場合も運動量の輸送現象が生じるはずであるとの提案がなされた。このような提案はこれまで無く、新しいダストプラズマ物理として注目される。今後、更なる検討を加え、PK-4 のテーマとして適切と判断されれば、前述の (1) との優先順位を決めることになる。

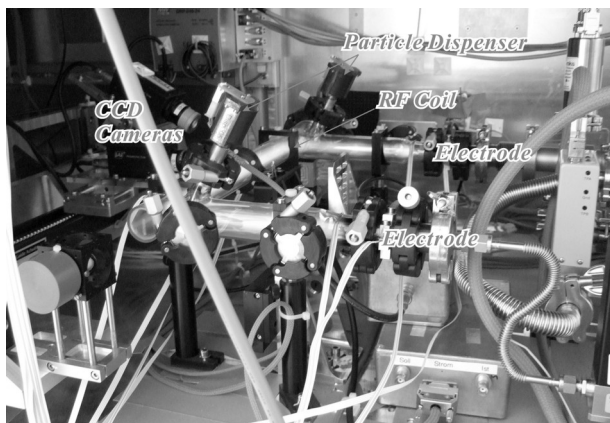


Fig. 1 PK-4 apparatus developed for parabolic flight experiment



Fig. 2 Typical result of lane formation experiment

5. 活動計画

今年度の残期間及び次年度以降の活動計画について議論した。その結果、今後は実験条件を詰めていく必要があり、そのためには PK-4 と同等品の装置を用いた地上実験が必要との結論に達した。このため、平成 20 年度 WG 研究費の一部を PK-4 と同等品装置の整備に充てることとした。また、平成 20

年度 WG 研究費では準備が困難な石英製プラズマチャンパー本体については、資金的に可能になり次第製作を開始できるよう、図面を作成した (Fig. 3 参照)。次年度以降、WG 研究費その他を活用し、PK-4 と同等品装置の整備を進めていきたい。

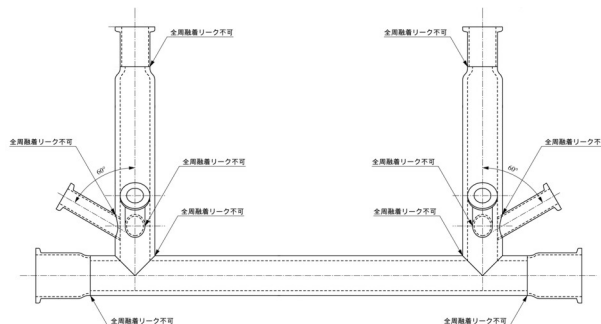


Fig. 3 PK-4-like chamber drawn by this WG

6. まとめ

今年度の WG 活動では、当初の活動目標どおり、微小重力実験候補について議論を行うと共に、次年度以降の活動計画を議論した。微小重力実験候補の議論の結果、より PK-4 の特徴を活かしたテーマが提案されたため、本 WG としては当面これに着目していくことにした。また、次年度以降の活動計画を議論した際、次年度以降の地上実験による実験条件探索が不可欠であることから、その準備を進めていくことにした。そのため、PK-4 と同等装置の核となるチャンパーの設計を行った。

また、当初の目標を達成できただけでなく、MPE の PK-3 Plus のプロジェクト・サイエンティストである Dr. Thomas の参加を得て、最新情報を入手できた。これにより、これまで 2010 年から運用開始と想定されていた PK-4 は 2011 年頃より運用開始に計画が変更されていることが分かった。今後も MPE とは継続的なコンタクトを維持し、情報のアップデートを行っていく。