

直流放電コンプレックス・プラズマにおける対向微粒子流

宇都宮大学
齋藤和史

はじめに

2016年2月、Einsteinが唱えてから100年目にして重力波が初検出されたことが伝えられた¹⁾。重力波天文学は勿論のこと、宇宙物理学は新たな局面を迎えているのではないだろうか。そのような状況の中、宇宙空間に散在する微惑星の素となる微粒子(塵, ダスト)が、どのような過程を経て微惑星に成長するのかというシナリオの詳細は未だ解明されていない。宇宙空間において微粒子は負に帯電している。奥住は微粒子の帯電が成長過程にどのように寄与するのかをシミュレーションによって調べている^{2,3)}。そこでは、乱流の存在によって帯電微粒子同士の衝突が促進され得ることなどが明らかにされている。

プラズマ中に直径数 μm の微粒子を多数加えることで、プラズマ中で負に帯電した微粒子を含む微粒子プラズマとよばれるコンプレックス・プラズマを生成することができる。なかでも、微粒子が結晶構造を作ることが見出された1990年代半ば以降、精力的な研究が続いている^{4,5,6)}。

本研究では、地上実験において微粒子に対向流を生成し、乱流状態にして微粒子間の相互作用を調べることを目的とする。ただし、今年度は諸般の事情によって実験装置の作製と改善のみを行う。究極的には、微粒子プラズマの地上実験を通じて微粒子から微惑星の形成に向けたシナリオの解明に寄与したい。

実験装置

実験には、宇宙研の小型スペースチェンバーに丁字型のガラス管を増設したものを用いる。酸化熱陰極直流放電によってアルゴン・プラズマを生成する。微粒子は実験領域に2次元的に分布する。微粒子は直径 $9.6\mu\text{m}$ のガラス球である。

当初、Fig. 1に示した短冊形多電極を用いて微粒子流の生成を試み、印加電圧に比例した初速度で、Fig. 1の右方向微粒子が移動することを確認した。同時に、次のような問題点の存在が明らかとなった。即ち、各短冊に沿った方向(Fig. 1の奥行き方向)の微粒子の分布の一様性が低いこと、及び、電圧を印加して流れた微粒子が、程なく元の位置に戻ってくることである。接地されている陽極グリッドの平面性と、陰極と陽極の平行性が、相当程度、実験領域に生成されたプラズマの分布と装置内の電位分布に影響しているようであること、また、短冊状に多数の電極を設置した場合、電極間の絶縁のために空隙を設けざるを得ないため、電圧を印加した場合の流れ方向の電位分布が予想以上に複雑化していることなどが原因として考えられる。

そこで、これらの結果を基にしてFig. 2のように装置を改良した。まず、微粒子の流れに対して垂直な方向(Fig. 2(a)の上下方向)への拡がりを抑えて一様性を保ち易くするため、流れに対して垂直な方向に閉じ込め電極を設置した。閉じ込め電位は可変であり、微粒子の分布の状態に応じて適切な状態を選択できると考えられる。流れ方向(Fig. 2の左

右方向) には, パルスの電圧を印加することで流れを励起するための電極を一对, 設置する. この励起用電極対に電圧を印加して対向微粒子流を生成できると考えられる. パルスの電圧や形状を変えることで, 微粒子流の速度等が制御可能であることが期待される.

まとめ

これまでに得られている知見を基に, 対向微粒子流の生成装置を作製した. この装置を用いて対向微粒子流の実験を行う予定である.

参考文献

- 1) B. P. Abbott *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 061102 (2016).
- 2) S. Okuzumi, Astrophys. J. **698**, 1122 (2009).
- 3) 奥住聡, 日本惑星科学会誌 **23**, 371 (2014).
- 4) Yoshifumi Saitou, Phys. Plasmas **23**, 013709 (2016).
- 5) Yoshifumi Saitou and Osamu Ishihara, Phys. Rev. Lett. **111**, 185003 (2013).
- 6) Yoshifumi Saitou, Yoshiharu Nakamura, Tetsuo Kamimura, and Osamu Ishihara, Phys. Rev. Lett. **108**, 065004 (2012).

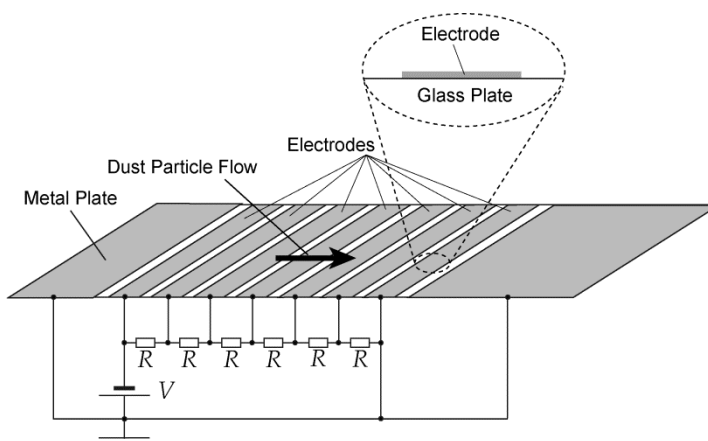


Fig. 1 短冊状多電極を用いた微粒子流生成装置の概念図.

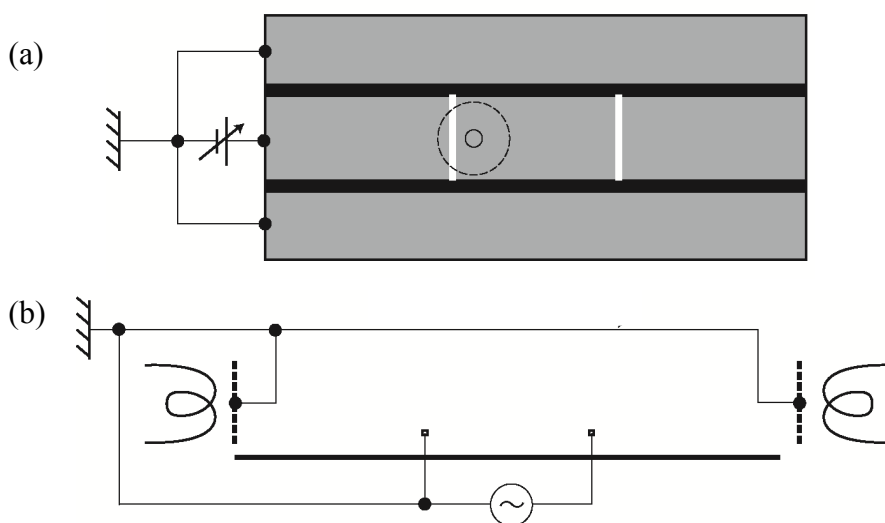


Fig. 2 改良版微粒子流生成装置の概念図. 上面図(a)と側面図(b). (a)に点線で描いた円は実験板の裏側に取り付けた微粒子源である.