

スペースチャンバー内の直接計測によるプラズマ波動・粒子相互作用の室内基礎実験 - 電子ビーム粒子分析系の開発 -

平原 聖文 [1]; 下山 学 [1]; 石黒 恵介 [1]; 林 鮎子 [1]; 小木曾 舜 [1]; 小嶋 浩嗣 [2]
[1] 名大・STE 研; [2] 京大・生存圏

Laboratory in-situ experiments for plasma wave-particle interaction in space plasma chamber: Direct measurement of beam electrons

Masafumi Hirahara[1]; Manabu Shimoyama[1]; Keisuke Ishiguro[1]; Ayuko Hayashi[1]; Shun Kogiso[1]; Hirotsugu Kojima[2]
[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.

We have been planning/realizing the direct identification of plasma wave-particle interaction process in a large space plasma chamber. The wave/particle instruments are being newly developed for wave-particle interaction analyses based on the in-situ measurements while the space plasma chamber with capabilities for nitrogen plasma production and ambient magnetic field control is already available in ISAS/JAXA. In this paper, we report the current status of the design/fabrication of the plasma particle measurement system applicable even in a medium vacuum environment.

The particle measurement system consists of a combination of a retarding potential analyzer (RPT) and an electrostatic energy analyzer (EEA) and an MCP (Micro channel plate) assembly. While the ambient neutral pressure is pretty high (10^{-2} Pa) in the space plasma chamber, this system should be installed in the high-vacuum environment for protection of the MCPs from electric discharging, separated by a small vacuum cylinder (sensor chamber) directly pumped by a compact turbo molecular pump (TMP). This TMP has to be kept under an atmospheric pressure in another cylinder (atmospheric-pressurized chamber) piped outside. The detailed design/structure and the initial performance test of the plasma particle analysis system using the special cylinder connection in the space chamber are presented.

我々は2011年度後半より、大型のスペースチャンバーを用いて、地上実験によるプラズマ波動・粒子相互作用の基礎実験を構想し、本年度から本格的に実際の室内実験に着手している。ここでは、圧力が 10^{-2} Pa程度となる窒素雰囲気を満たされたスペースチャンバー内に後方拡散型プラズマ源により生成した窒素分子イオン・電子のプラズマ中に、制御された背景磁場と平行方向に電子ビームを照射し、プラズマ波動と電子ビーム粒子、背景プラズマを直接観測する。プラズマ・磁場環境に関してはJAXA宇宙科学研究所の設備を利用する一方で、特に波動と粒子の高時間分解能観測装置は新規に開発する必要がある。この装置による室内直接観測を元に、プラズマ波動・粒子の波形・フラックスの相関解析を行い、電子ビーム不安定によるプラズマ中での波動励起について、波動・粒子観測両面からの検証を目指している。波動・粒子相互作用全般と波動観測に関しては、小嶋、他の講演を、背景プラズマ生成と背景磁場制御、電子ビーム照射に関しては、下山、他の講演で詳説されるので、本講演では比較的チャンバー圧力が高く高電圧印加式の粒子検出には不利な低真空環境下での電子ビーム粒子の分析手法に関して、これまでの装置設計・製作、初期稼働状況に関して報告を行う。

窒素プラズマ自体の密度は 10^{14} #/cm³程度であるが、上述の通り、中性窒素雰囲気が高電圧印加には適さない圧力であるため、スペースチャンバー内に設置するビーム電子用の粒子分析器の容器を差動排気する方式を考案した。つまり、電子導入のためピンホールが開いた真空容器(センサーチャンバー)に粒子分析器全体を格納し、そのすぐ背後から小型ターボ分子ポンプ(TMP: Turbo molecular pump)でセンサーチャンバーを排気することで、スペースチャンバー内の真空度より1~2桁良い環境、つまり圧力にして 10^{-3} Pa以下の高真空を実現させる。その場合、この小型TMPによるセンサーチャンバーの排気に関しては、大型スペースチャンバー内で、別途大気圧状態となる小型の大気圧封じチャンバーに小型TMPを設置し、センサーチャンバーと直接接続するのが効率的である。現在、この大気圧封じチャンバーを設計・製作している段階であり、今後は、大型スペースチャンバー内に設置する大気圧封じチャンバーとスペースチャンバー外との間を大気圧で結ぶ配管部品の製作、及び、センサーチャンバーとそれに格納する粒子分析器の詳細設計・製作を経て、粒子分析系全体の稼働を開始する予定である。

センサーチャンバー設置用の粒子分析器も新規開発であるが、粒子検出器としてのMCP(Micro channel plate)は既存のものを流用し、それに小型の分析部を適合させる。分析器の視野は電子ビーム方向に限定し粒子フラックスも非常に豊富であるため、超熱的エネルギー粒子用として使われているRPA(Retarding potential analyzer)と、低エネルギー粒子用の静電型分析器(EEA: Electrostatic energy analyzer)の2つの機能を併せ持つ小型分析器を開発する。

今年度中に、上記のビーム電子分析系による粒子の直接計測と、ラングミュアプローブによる背景プラズマ計測、小型3次元ダブルプローブによるプラズマ波動の電界計測を同時に稼働させ、磁力線方向の電子ビーム照射によるプラズマ不安定で生成・生長した波動と、その相互作用により変調されたビーム電子の相関を示すデータを取得することを目指している。