観測ロケット SS-520-3 号機搭載 FLPの飛翔前機能確認試験

阿部 琢美 (JAXA 宇宙科学研究所)

Function confirmation test of Fast Langmuir Probe (FLP)

for SS-520-3 sounding rocket using space chamber

Takumi Abe (Institute of Space & Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency)

1. はじめに

我々のグループでは観測ロケット搭載用ラングミュアプローブ(Langmuir Probe)の開発を行って いる。近年では、平成 29 年 12 月に打上げ予定の観測ロケット SS-520-3 号機搭載用として高速ラ ングミュアプローブを開発した。この測定器ではプローブの電流電圧特性を得るための三角波電 圧掃引を 10 Hz とし、1 秒間に 20 セットという従来よりも優れたレートでの電子温度・密度の取 得を可能にしている。平成 29 年度には大型スペースチェンバーを用いて、本測定器の動作確認試 験を行ったが、残念ながら事情により本観測ロケットは予定通り打ち上げることは叶わなかった。 本稿ではこのロケット実験の目的と方法、大型スペースチェンバーを用いて行った動作確認試験 の概要を述べる。

2. 観測ロケット SS-520-3 号機実験

観測ロケットSS-520-3 号機実験の目 的は極域電離圏カスプ領域に発生する イオン上昇流の発生メカニズムの解明 にある。この現象については米国や日 本が観測ロケット実験のターゲットと して研究を行ってきたものであるが、 イオン加速の本質が解明されていな い。特に本実験ではロケットに波動だ 子相関器を搭載し、プラズマ波動がイ オン加速に果たす役割を定量的に解明 しようとすることに特徴がある。図1 は電離圏カスプ領域からのイオン上昇 流とロケットの軌道を表すイメージ図 である。本実験の概要は以下の通りで ある。



図1. SS-520-3 号機実験のイメージ図

実験の方法

- ・イオン上昇流の存在する高緯度電離圏のカスプと呼ばれる領域をロケットが通過できるよう、 カスプ領域に近いノルウェーのニーオルスン実験基地から打上げを行う。
- ・イオン上昇流が存在する高度約 500km 以上に到達が可能な SS-520 型ロケットを使用
- ・地上からの光学・レーダ観測によりロケット軌道上にイオン上昇流を伴うカスプ領域が存在 することを確認した上で打上げを行う。
- ・本現象は小さな空間構造をもつため、10ミリ秒オーダーの超高速観測がキーポイント。

観測機器

超高速計測が可能な電子・イオン・電磁場観測装置、および地上に設置されているレーダや オーロラ撮像用カメラ等による観測を組み合わせて、カスプ領域に存在するイオン上昇流現 象の解明を行なう。

ロケットによる観測項目

電子・イオンエネルギー分布、イオン質量分析、磁場、プラズマ波動、電子密度、電子温度

搭載観測機器のひとつである高速ラングミュアプローブ(Fast Langmuir Probe)はロケット飛翔 中に軌道上での局所的な電子温度・密度の観測を行うという役割を担う。本測定器によって取得 されるデータは極域カスプ領域に降下する電子による電離圏電子の加熱の指標となり、ロケット がカスプ領域を通過したことの証しとして用いられる。また、得られた電子温度・密度からはあ る仮定のもと、鉛直方向の圧力勾配の推定が可能で、本実験の主ターゲットであるイオンの運動 を考える上で必要な情報の一部を提供する。カスプ領域ではないが、同じくイオン上昇流が発生 する夜側オーロラ帯ではイオン加熱に伴ってプラズマの低密度領域が存在する場合のあることが 報告されており、FLP 観測データを基にこのような現象の存否も議論されるであろう。

さらに、本ラングミュアプローブの観測データはロケ ット搭載の他の観測機器により同時に取得される電離圏 中の様々なパラメータとの比較を通じて、極域電離圏に 存在する様々な現象の解明に用いられる予定である。図 2はロケットの頭胴部に取り付けられたFLPプローブ の様子を示す。

3. FLPの主な諸元

SS-520-3 号機に搭載する高速ラングミュアプローブ FLP 観測に期待する機能は主に次の2つにまとめられ る。

- 1 秒間に 20 セットのプローブ電流電圧特性を取得 し、局所的な電子温度および電子密度を提供する
- 2) 1秒間に 6400 点というプローブ電流のサンプリン グレートを活用して、微小スケールの電子密度擾 乱に関する情報を提供する

FLPの主な諸元は次の通りである。

電圧掃引: 三角波,4 V_{p-p}(衛星電位基準で-1~+3V) 図2. ロケット頭胴部に搭載された 10 Hz



FLΡ

テレメータ出力: 低利得と高利得の2チャンネル サンプリングは6400Hz(320点/sweep)

電流利得 : 低利得チャンネル(10 µ A full scale)

高利得チャンネル(0.5 µA full scale)

- 重量: 0.5 kg (センサー部)
 - 1.0 kg (エレキ部)
 - 0.2 kg (プリアンプ部)
- 消費電力: 60 mA (+28 V)
- タイムシーケンス: プローブガラス割り X+91.0 sec プローブ展開 X+92.0 sec (Xはロケット打上げ時刻)

SS-520-3 号機に搭載する FLP では、プローブに印加する三角波電圧の周期を 100 ミリ秒とし、 1 秒間に 20 セットの電流-電圧特性を取得することにしている。このデータを評価することによ って、電離圏プラズマ中の熱的電子の電子温度および電子密度が算出される。プローブ電流のサ ンプリング周波数は 6400 Hz であり、これを用いて微小スケールの電子密度擾乱に関する情報を 得ることも可能である。電離圏中の電子密度が約 10³~10⁵ cm⁻³の場合に電子温度・電子密度の算 出が可能となるようプローブの電流利得の調整を行っている。プローブは直径 3 mm、長さ約 200 mm のステンレス製円筒形状である。このプローブはガラスで覆った状態で真空チェンバーに接 続し、排気しながらランプで長時間熱することによりプローブ表面の水分や油分等による汚染を 除去した後、このガラス管を真空封じしたものである。円筒プローブをこの状態でロケットに搭 載し、ロケット飛翔中のノーズコーン開頭後にタイマー信号によりワイヤーカッターを起動して ガラス管を破壊し、同じくタイマー信号を使ってばね力により機軸と直角方向にプローブを展開 すると、スピンによる遠心力でプローブをつつむガラス管は外側に放出される仕組みになってい る。こうして、プローブは汚染されていない状態で測定を開始することができる。

4. 大型サイエンスチェンバーでの機能確認試験

観測ロケット搭載用のFL Pが目的に適う動作を行うこ とを確認するために、大型ス ペースチェンバーを用いて事 前に確認試験を行った。図3 はその確認試験の際のチェン バー内外の機器配置を示して いる。測定データの比較用に これまでチェンバー内での測 定に用いられてきた円筒型プ ローブを設置し、FLPと同 様な電気回路部に接続した。 2つの円筒型プローブ間の距 離は約12cmである。

後方拡散型プラズマ源を用



図3. 大型スペースチェンバー内の機器配置

いて大型チェンバー内にプラズマを生成し、内部のガス圧を変化させることでプラズマ密度を変化させながら観測ロケット搭載用FLPプローブ、比較用プローブにより測定データを取得した。 その結果として、搭載用のFLPは所定の動作を行い、期待通りのデータを取得することが確認 された。

5. まとめ

観測ロケット SS-520-3 号機に搭載する高速ラングミュアプローブ(FLP)の飛翔前機能確認 試験が大型スペースチェンバーを用いて行われ、所定通りのデータが取得されたことから、その 機能に問題はないことが確認できた。このロケットは平成 29 年 12 月にノルウェーで打ち上げられ る予定であったが、事情により打ち上げは行われず延期となった。平成 30 年度以降に行われる実 験において、FLPが極域電離圏カスプ領域で取得するデータに期待したい。