

S-520-27 号機搭載固定バイアスプローブにより観測された 電離圏プラズマ擾乱の特徴について

阿部琢美（宇宙科学研究所）

1. 概要

電離圏下部に発生するプラズマ擾乱現象を引き起こす電磁氣的相互作用と電離・中性大気相互作用の全容解明を目的とし、S-520-27 号機と S-310-42 号機の 2 機の観測ロケットを用いた実験が平成 25 年 7 月に行なわれた。このロケットにはプラズマによる電流を高時間分解能で測定する事で微小スケールの電離圏プラズマ密度擾乱に関する情報を得るために固定バイアスプローブ (Fixed Bias Probe) が搭載された。

本測定器では直径 3 c m の球プローブに直流電圧を印加し、プローブに流入する電流をモニターすることでロケット位置でのプラズマ密度変動を推定する。測定器は 2 機のうちの S-520-27 号機に搭載されたが、電流測定用電極として 2 個の導体球をロケット先端部に取り付け、一方には正、他方には負の電圧を印加することで、それぞれ電子飽和電流とイオン飽和電流を測定する計画であった。本稿では、この測定器によって得られた電離圏中のプラズマ密度擾乱の特徴について報告する。

2. 測定器

測定用電極は中空で表面に金メッキを施した直径 3 c m の球型プローブとして、図 1 に示すように電子およびイオン測定用の 2 個をロケット頭胴部先端の計器板上に搭載した。ロケットに搭載したプローブによるイオン・電子電流の測定は飛翔する物体の運動により生じるウエークの存在により大きな影響を受けるが、F B P プローブはロケット頭胴部の最先端に搭載し、ロケットの上昇時にウエークの影響を受け難い配置をとった。

固定バイアスプローブはプローブの他、プリアンプ部、電子回路部より構成される。電流利得の較正のために 60 秒に 1 回、プローブ入力を抵抗につなぎ替えて、既知の出力データの取得を行う。この際の出力レベルは低利得、高利得ともにフルスケールの半分になるように調整されている。プローブ電流の利得は電離圏下部での電子密度を考慮し、次のように決定された。

F B P - 1（電子電流測定用）

低利得チャンネル フルスケール: $20 \mu A$ (電子電流)

高利得チャンネル フルスケール: $1 \mu A$ (電子電流)

F B P - 2（イオン電流測定用）

低利得チャンネル フルスケール: $0.2 \mu A$ (イオン電流)

高利得チャンネル フルスケール: $0.01 \mu A$ (イオン電流)

3. 観測データ

測定器が取得した生データを図 2 に示す。図において赤、青の線はそれぞれ電子電流とイオン電流の低利得チャンネルの電流値を表している。なお、電流値はそれぞれの利得を乗じたテレメータへの出力値を表示しているため、両者の比較は出来ない。

図において電流の周期的な変化はロケットのスピンのによるもの

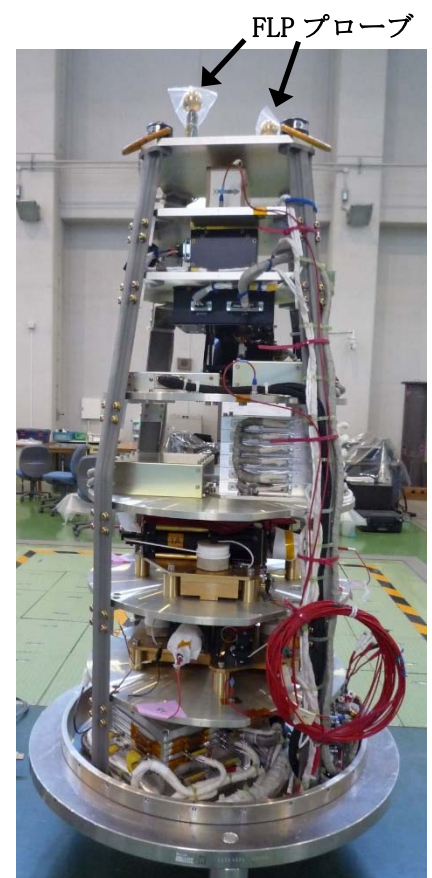


図 1. ロケット頭胴部先端に配置された F B P プローブ

である。その振幅はイオン電流が電子電流よりも大きくこれはイオンの熱速度が電子よりも遅いことを反映していると考えられる。

電子電流とイオン電流の変化が逆位相になっているのは、それぞれのプローブがロケット上で180度位相の異なる方向に搭載されたためであるが、電流変化の位相は180度異ならずに、この原因については今後の検討課題である。図2の下方には電子電流とイオン電流の比の値が示されている。この比はそれぞれの温度やイオン組成等に依存する値であり単調な変化が予想されるが、実際の値では局所的な変化が見られるため、今後更に検討を加える予定である。

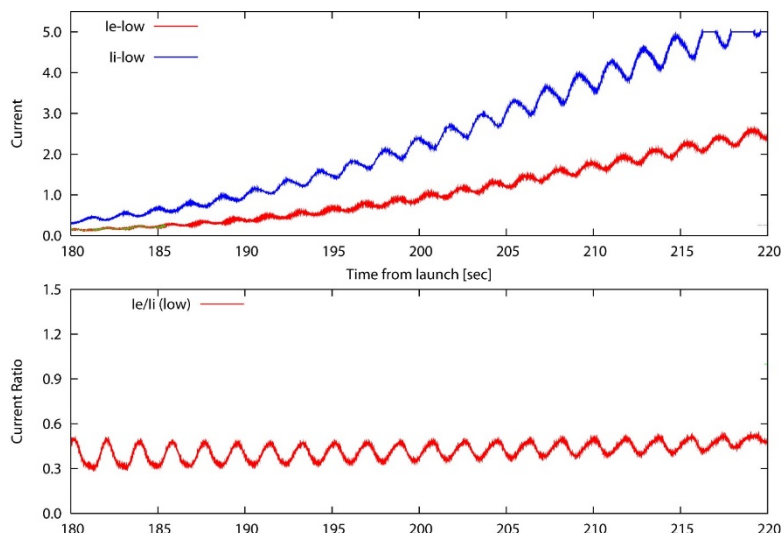


図2．電子電流とイオン電流の時間変化（上）および電流の比（下）。打上げから180秒～220秒の値を示している。

4. プローブ電流の高度プロファイルとダイナミックスペクトル

右の図3にロケット上昇時にプローブによって測定された電子電流値（緑色）とイオン電流値（ピンク色）を高度に対して示す。周期的な変化はロケットのスピンのによるものである。電子密度の局所的なピークが高度94 kmと101 kmに観測され、これは電離圏E領域にスポラディックE層が存在していたことを示すものだと考えられる。

図4左には電子電流をスペクトル解析した際の周波数4 Hz～1500 Hzにおけるパワースペクトル密度分布を、高度210～300 kmの範囲で約10 km毎に示している。イオン電流について高度90～230 kmのデータに対して同様なスペクトル解析を行うことによって得た結果を図4右に示す。いずれの図においても、各スペクトルが重なって見難くならないよう、ベースラインをずらして表示している。一般には高度とともにプラズマの密度が上昇するため、背景プラズマ密度に対し一定の割合で擾乱が存在すると、パワースペクトル密度が増加することに注意する必要がある。

パワースペクトルの傾きについて注目すると、高度260 kmまではほぼ似たような傾き（スペクトラルインデックス）を示しているが、この高度以上では約200 Hz以上のスペクトル密度が増加するため、傾きはゆるやかになる。この傾向は少なくとも高度300 kmまで同様である。イオン電流の場合は、このよう

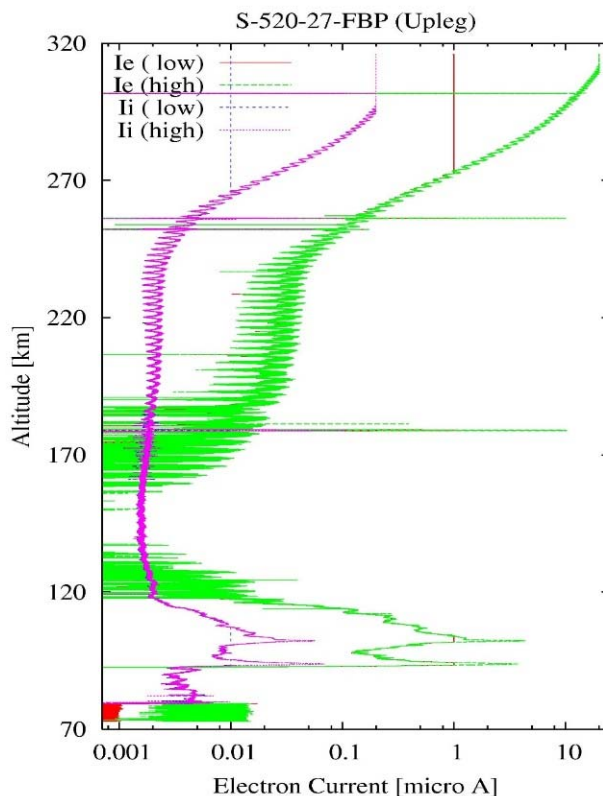


図3．FBPプローブ電流の高度プロファイル

な傾向はもっと低い高度から現れ、高度 120 km 以上において周波数 200Hz 以上のスペクトル密度が上昇し、むしろ周波数とともにスペクトル密度が上昇するような分布が得られている。これらのスペクトル密度の増大は、プローブ電流に含まれるノイズよりも明らかに大きく有意なものである。

今後、取得したデータに関する詳細な解析と議論を行なうとともに、他の測定器で得られたデータとの比較を通して、電離圏下部に存在していた微小スケールのプラズマ密度擾乱の特性解明を行う予定である。

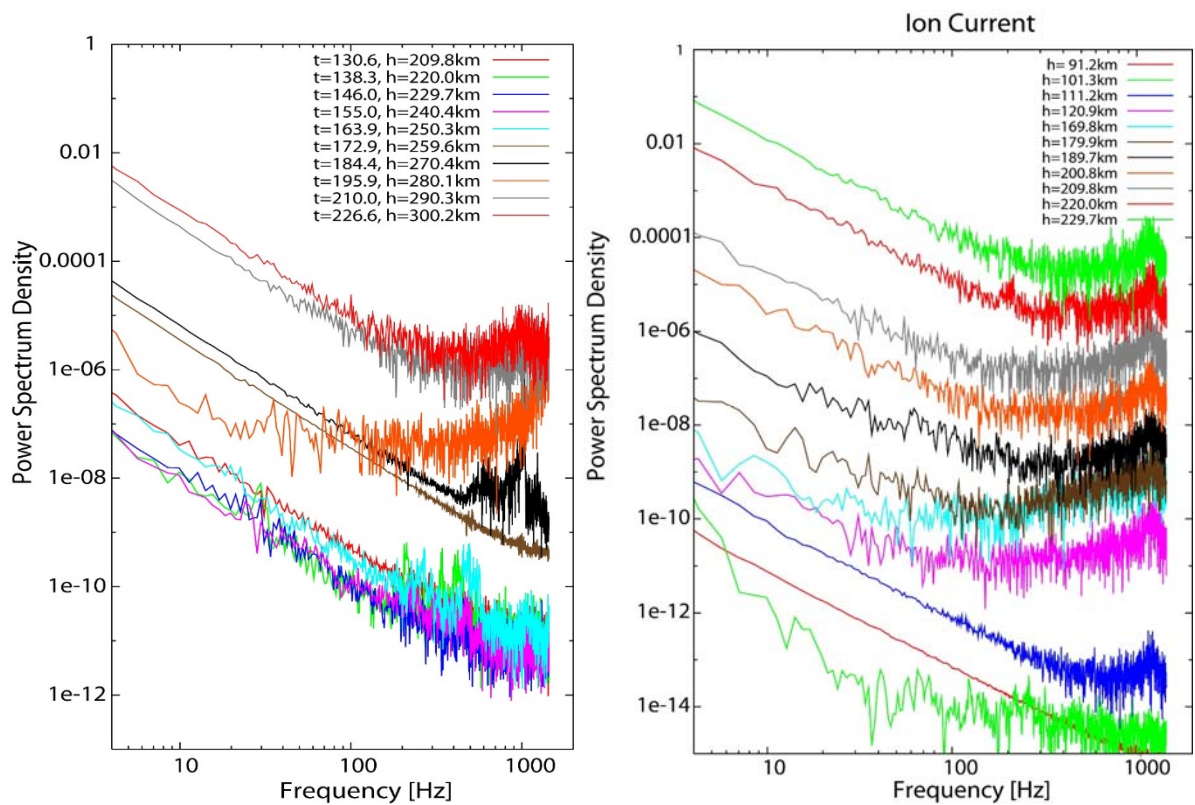


図4．電子電流（左）とイオン電流（右）のパワースペクトル密度