S-520-26 号機による電離圏中の電場観測 –速報－

須田康介、石坂圭吾、岡田敏美

富山県立大学

はじめに

高度約 60km から 300km の中間圏・熱圏は熱圏の力学、温度や組織構造を決める重要な役割である。またその領域は電離圏と呼ばれ中性大気と電離大気（プラズマ）が共存し、相互に運動量の交換が行われている。このような粒子間の衝突や電場を介した運動量の交換（輸送）は理論的には古くから研究がなされているが、観測的な検証は不十分である。また、衛星が長時間その領域に滞在できない、地上観測も地域的に限定されることで観測ロケットによる観測が最も適しているといえる。本観測実験は S-520-26 号機観測ロケットを用いて明け方の F 領域のプラズマ運動・密度・温度とその変動、電場と中性大気風の直接観測を実施し、大気プラズマ相互作用の解明を目的とする。本研究では観測ロケットに電場観測装置を搭載し、電離圏中の DC 電場の観測を行う。

観測装置

本観測実験では DC 電場の計測センサとして機能する 2 対の電場計測アンテナを用いる。これにより、電離圏中のロケットのスピン軸に垂直な面内の電界成分を計測する。また、電場計測用アンテナの先端の電極とロケットとの間の電位差を計測する。

本観測実験で使用する電場観測装置（Electric Field Detector:EFD）アンテナ部、プリアンプ部、メインエレクトロニクス部で構成されている。図 1 に EFD の外観図、図 2 に EFD の構成図を示す。

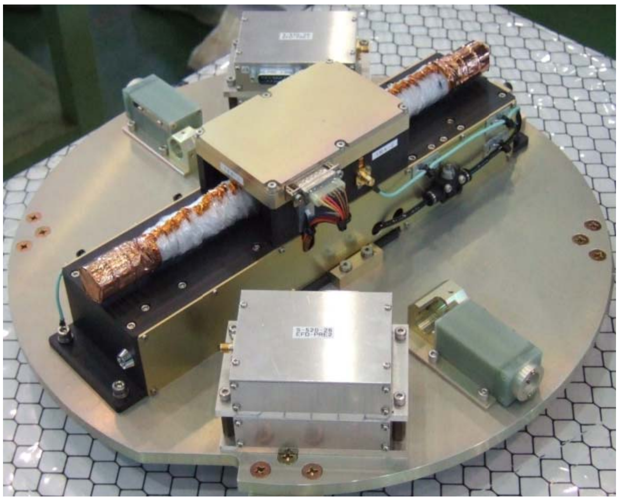


図 1　EFD 外観図

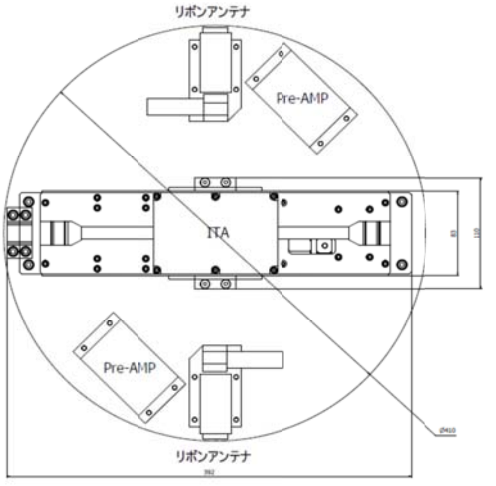
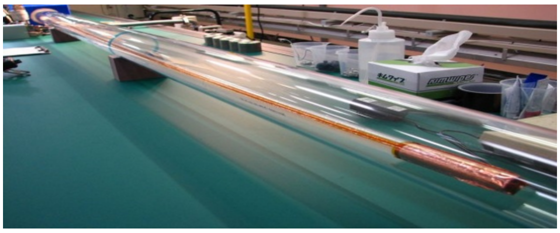


図 2　EFD 構成図

アンテナ部は 2 対のダイポールアンテナを用いるが、1 対は新開発のインフレーターブルチューブアンテナ（ITA）を用いる。ITA はポリエステルフィルムからできており、アンテナブームとなるチューブに窒素ガスを吹き込んで伸展する。先端 10cm には銅箔が貼られており、電場を計測するための電極となる。全長は tip-to-tip 5m である。もう 1 対はリボンアンテナ（RA）を使用する。RA は火工品で蓋を開けることにより伸展する。先端から 10cm は導電性の Be-Cu 製のアンテナ本体が露出しており電極となる。その他は絶縁体で覆われている。RA の全長は tip-to-tip 2m である。図 3 は各アンテナの伸展時の写真である。



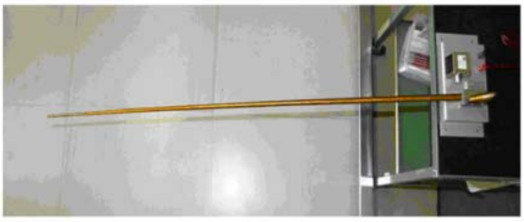


図 3　アンテナの伸展時の写真（左図：ITA、右図：RA）

プリアンプは Floating 電源方式を用いたのとなっており、S-520-23 号機に搭載した Floating 電源方式のプリアンプの改良型である。このプリアンプのダイナミックレンジは 0.1mV/m～200mV/m、プリアンプのゲインは 0dB である。プリアンプ 1 つの大きさは、70mm×110mm×34mm であり、重さは 250g である。

DC 電場用のメインエレクトロニクス部は、電場計測部、CAL 回路、Floating 電源回路から成る。電場計測部ではセンサ間の電位差を計測する Double Probe 計測を用いる。Double Probe 計測では、センサ間の信号は+20dB の差動増幅器を通過し、200Hz の低域通過フィルタを通過し、アナログテレメータに送出される。計測レンジは±1V である。

CAL 回路ではプリアンプ入力に印加する CAL 信号を生成する。CAL 信号はロケットが頂上付近でタイマ制御により印加される。

観測結果

S-520-26 号機観測ロケットは 2012 年 1 月 12 日、午前 5 時 51 分 00 秒に JAXA 内之浦宇宙観測所（鹿児島県肝付町）より打ち上げられた。ITA(Ex)は発射後 66 秒に伸展開始、RA(Ey)は発射後 58 秒に伸展を開始した。観測ロケットは発射後 278 秒に最高高度 298km に達した後、内之浦南東海上に落下した。

図 4 は ITA(Ex)と RA(Ey)のロケットの上昇時の電界強度－高度分布である。こ電界強度の計算の際は、ITA(Ex)の長さを 5.12m、RA(Ey)の長さを 2.25m とした。これはアンテナ長のとしてロケットの胴体部や観測装置の長さを考慮したものである。図 2 を見ると高度 240km 以下で RA(Ey)の電界強度が安定していない。これは RA の伸展に問題があり、伸展に時間がかかったと考えられる。それに比べ、ITA(Ex)の電界強度は安定しており、ITA の伸展には問題がなかったと考えられる。

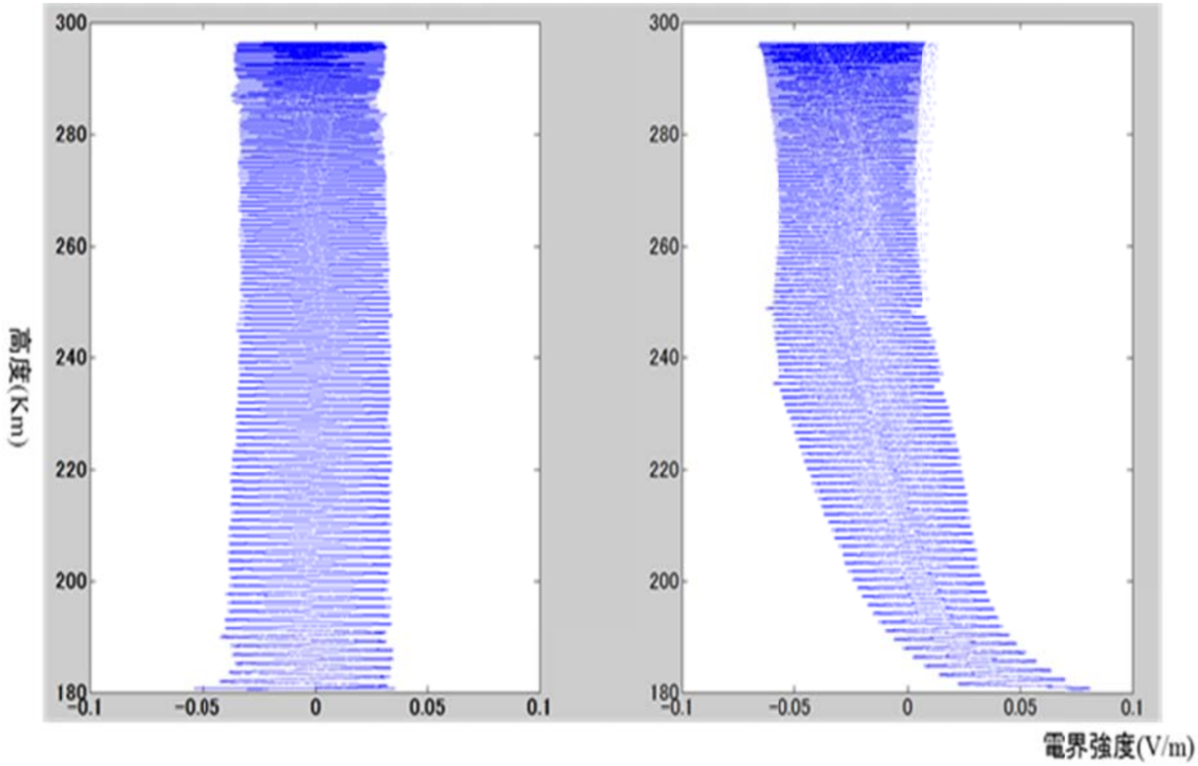


図 4　電界強度分布図（左図：ITA(Ex)、右図：RA(Ey)）

今後の課題

本観測実験で観測した DC 電場は、自然電場とロケットか地球磁場を横切って移動するために生じる誘導電場 ***V***× ***B***の合成電場である。そのため今後の DC 電場の解析において、まず誘導電場の除去を行う必要がある。更に自然電場の絶対値及び方向を特定するには、2 軸のダイポールアンテナによって得られた 2 次元の電界値を 3 次元へ拡張する。具体的なの観測方法と手順を以下に示す。

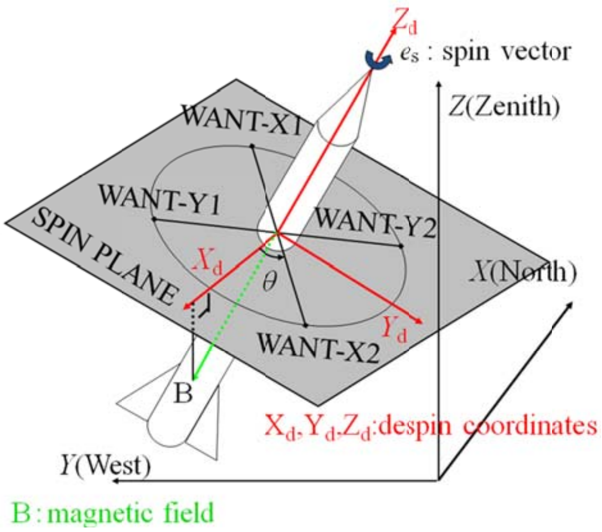


図 5　デスパン座標図

まず、図 5 は本解析で用いるロケットの座標系を示している。ロケットで観測されるデータは全てスピン座標系で観測されることになる。スピン座標系の x,y 軸はそれぞれのアンテナの x,y 成分であり、z 軸はロケットのスピンベクトル ***e*s** に対応している。デスパン座

標系はこの座標系の x-z 軸面内に地球磁場が含まれるように定義したものである。

1. 地理座標、スピン座標で観測されたデータをデスパン座標系にそれぞれ変換する。
2. EFD 観測データから誘導電場を除去し、3 次元成分の自然電場に拡張
3. 地理座標系での自然電場の方向を求める

以上の解析を行い、自然 DC 電場の地理座標系での強度及び、方向を推定し、自然磁場との関係性、$\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{B}$ ドリフト速度を導出する。