

観測ロケットによる極域カスププラズマイレギュラリティの観測 — ICI-3 キャンペーン —

阿部琢美¹、齋藤義文¹、小川泰信²、Joran Moen³

¹ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

² 国立極地研究所

³ オスロ大学 (ノルウェー)

Observations of the cusp plasma irregularity with the sounding rocket - ICI-3 Campaign -

Takumi Abe¹, Yoshifumi Saito¹, Yasunobu Ogawa² and Joran Moen³

¹*Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency*

²*National Institute of Polar Research*

³*University of Oslo, Norway*

In December 2011, we have conducted the ICI-3 (Investigation of Cusp Irregularities-3) campaign, whose objective is to obtain a better physical description of instabilities and wave phenomena driven by the newly discovered Reversed Flow Events (RFEs) in the winter cusp ionosphere. In particular, we would like to elucidate the following problems: 1) whether the RFEs are associated with a tangential discontinuity or a rotational discontinuity, 2) if the RFE-Birkeland current sheets are related to inverted-Vs, and 3) Identification of wave phenomena and non-linear saturation. In-situ measurements with the sounding rocket are needed to reveal inherent cause of such phenomena.

ICI-3 sounding rocket was launched at 07:21:31 UT at Ny-Ålesund in Svalbard on December 3, 2011, and it successfully intercepted the dayside cusp aurora region. All the onboard instruments functioned without problems. Measurements of the electron density and its perturbation, low energy electron flux, AC and DC electric fields, and field-aligned currents were made to achieve a comprehensive study with the aim to exploit the potential role of the gradient drift instability versus the other suggested mechanisms for the cusp plasma irregularity. During the flight of ICI-3 rocket, the Fixed Bias Probe, which was installed to measure decameter-scale plasma irregularity, intermittently identified existence of the small-scale electron density perturbation. An auroral emission with 630 nm was successively observed to exist near the rocket trajectory at the time of the rocket launch by all sky imager on the ground. EISCAT radar data suggest that the rocket traversed a region where RFEs was existing. An independent attitude determination system on the rocket functioned well so that we can define the orientation of the payload in order to derive vector field measurements.

We present a result obtained from onboard instruments as well as information on the background plasma condition derived from the ground-based observations.

観測ロケット、EISCAT レーダ、光学観測機器を中核とする ICI-2 (Investigation of Cusp Irregularity-2) キャンペーンが 2008 年 12 月にノルウェー・スバルバル島にて実施された。この実験の目的は電離圏カスプ領域に顕著な電子密度イレギュラリティの発生メカニズム解明することであり、その結果として密度擾乱域と降下電子領域の空間的対応や Reversed Flow Event (RFE) との関連性についての貴重なデータが得られた。このデータはプラズマ不安定の発展に必要なエネルギー供給源に関する可能性を提示したが、因果関係についてのより本質的な理解を得るために ICI-3 キャンペーンが 3 年後 (2011 年 12 月) に行われた。ICI-3 の目的は、1) カスプ領域電子密度擾乱の発生メカニズム解明、2) 密度擾乱発生に対する RFE や polar cap patch が果たす役割、3) RFE の成因、を解明することにある。

ICI-3 キャンペーンは ICI-2 と同様に観測ロケット、EISCAT レーダ、全天カメラを中核的観測手段として行われた。プラズマイレギュラリティに係わる現象の本質的な解明のためにはロケットによるその場での直接観測が必要であり、科学観測機器を搭載したロケットに電離圏カスプ領域を通過させ、電離圏電子、降下電子、電磁場の変動等の現象の解明に本質的なデータが得ることで、我々の理解が進展すると期待される。特に本実験でキーとなる物理パラメータはカスプ領域における電子密度イレギュラリティ、降下電子スペクトル、沿磁力線電流、電磁場変動である。これらの測定のためにロケットには、1) 球形固定バイアスプローブ、2) 円筒型固定バイアスラングミュアプローブ、3) 電界波動測定器、4) AC/DC 磁力計、5) 低エネルギー電子計測器、6) 姿勢決定システム、の 6 つの機器が搭載された。

搭載測定器の中で固定バイアスプローブは電子密度およびその擾乱の測定を目的としている。プローブは直径2cmの球で、スピンの影響を避けるようにロケット機軸上の頭胴部先端部に搭載された。最悪ケースとしてロケットが負に2~3V帯電した場合でも飽和電子電流を測定できるようロケット電位に対し+4Vの電圧を印加して測定を行うことになっている。また、測定器が広範囲の電子密度変動に対応できるよう2段階のDC電流利得を用意し、低利得チャンネルでは 10^6 cm^{-3} 、高利得チャンネルでは $5 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$ がフルスケールになるよう利得の設定を行った。さらに高い周波数の電子密度擾乱をピックアップ出来るようにバンドパスフィルターをもつAC電流チャンネルを設けている。

初期解析からは次のような結果が得られている。

- 1) ロケットは期待通り電子密度擾乱の存在する領域を通過した。
- 2) ロケット搭載の固定バイアスプローブはフライト中に断続的に電子密度擾乱を観測。
- 3) ロケットが通過した領域にはRFEが存在していた (EISCAT レーダ観測)
- 4) ロケットの軌道上に継続的に630nmの発光が観測された (All Sky Imager 観測)
- 5) 擾乱の激しい領域では10mスケールの変動が増大し、HFレーダの後方散乱波を作り出す要因になり得る。

本講演では固定バイアスプローブが取得した電子密度擾乱データを中心に、全天カメラやEISCATレーダ等の地上観測設備により得られたオーロラ発光分布、プラズマ対流パターン等のデータをもとに、ICI-3キャンペーン観測で新たにわかった事柄について報告を行なう。