

S-310-40号機及びS-520-26号機ロケットで観測された電子密度擾乱及びプラズマ波動

Electron density disturbances and plasma waves observed with S-310-40 and S-520-26 rockets

遠藤 研^{1*}, 小野 高幸¹, 熊本 篤志¹, 佐藤 由佳¹, 寺田 直樹¹, 加藤 雄人¹

ENDO, Ken^{1*}, ONO, Takayuki¹, KUMAMOTO, Atsushi¹, SATO, Yuka¹, TERADA, Naoki¹, KATOH, Yuto¹

¹ 東北大学大学院理学研究科

¹Tohoku University

2011年末から2012年初めにかけて、内之浦から2機の観測ロケットが打ち上げられた。

1機目は、内之浦で冬季夜間に起こる電波の異常伝搬の原因を解明するために、2011年12月19日23時48分に打ち上げられたS-310-40号機である。東北大学のグループは電子密度のその場観測を行うため、ロケットにインピーダンスプローブを搭載した。インピーダンスプローブは高度93kmからロケットの最高到達高度180kmにわたり、時間分解能125msecでプラズマのUHR周波数を検出した。また、本号機では、インピーダンスプローブの位相を計測する試みも並行して行われ、実際にその計測に成功した。観測当初は電離圏D領域もしくはE領域に高い電子密度の層が存在することを予想していたが、観測の結果は予想より低く、最も高いものでも高度100~105kmで電子密度~5500/ccというものであった。ロケット下降時は、測定電子密度にWakeの影響が強く表れた。

2機目のロケット観測は熱圏中性大気と電離圏プラズマの結合過程の解明を目的とした、WIND-II (Wind measurement for Ionized and Neutral atmospheric Dynamics study -II) キャンペーンである。飛翔したロケットはS-520-26号機で、日の出の時間に合わせ、2012年1月12日5時51分に打ち上げられた。この実験では、観測ロケットからリチウムを放出しその共鳴散乱光の地上観測からF領域の中性風速などを計測するとともに、高度90~298kmでロケットによるその場観測を行った。東北大学のグループは、ロケットにインピーダンスプローブとプラズマ波動受信機を搭載し、リチウム放出前は背景の電離圏電子密度プロファイル、リチウム放出後は放出によって引き起こされる電離圏擾乱時の電子密度とプラズマ波動を時間分解能250msecで測定した。インピーダンスプローブの測定結果から、高度約90km、160km、260kmで電子密度が極大となる領域が存在していたこと、その高度はロケット上昇時と下降時で数km程度異なることが明らかになった。一方、プラズマ波動受信機は高度約240km以上でupper hybrid waveを観測した。上空でのリチウム放出は3回予定されていたが、放出の影響と見られる電子密度増加、及びプラズマ波動強度の減少は、3回目の放出予定時刻の約10秒後と約30秒後にのみ見られた。そのうち、約10秒後の電子密度増加はインピーダンスプローブの測定可能範囲を超えていたものと考えられ、UHR周波数を検出することができなかった。Wakeの影響と見られる電子密度の擾乱は、ロケット下降時だけでなく上昇時にも観測された。

さらに特徴的であった結果は、2つのロケット実験とともに、インピーダンスプローブがUHR周波数以外のプラズマ特性周波数でも共鳴現象を起こしていた点である。一つは、プラズマ周波数付近でプローブのインピーダンスが極大となるもので、低電子密度領域で明瞭であった。もう一つは、電子のサイクロトロン周波数のおよそ2倍でインピーダンスが極小となる現象で、比較的高い電子密度の領域で散見された。

今回は、これら2機のロケット観測で得られた電子密度高度分布及びプラズマ波動の観測結果をインピーダンスプローブの出力波形とともに紹介し、電子密度擾乱、Wakeの効果、リチウム放出の影響などについて議論する。

キーワード: 中緯度電離圏, インピーダンスプローブ, ロケット観測, 電子密度, プラズマ波動, 化学物質放出

Keywords: mid-latitude ionosphere, impedance probe, rocket experiment, electron density, plasma wave, chemical release