

S-310-40 号機による電離圏中の電波伝搬特性観測 一速報一

深澤達也, 石坂圭吾, 岡田敏美(富山県立大学)

八木谷聡(金沢大学), 小嶋浩嗣(京都大学生存圏研究所)

1. 概要・目的

通常, 夜間に中波帯ラジオ放送を受信すると, 昼間は受信不可能な遠方のラジオ放送を受信することが出来る. これは, 中波帯電波を吸収する電離圏 D 層が消滅するため, 電波の反射高度が上昇し, 昼間よりも遠方に中波帯電波が伝搬可能になるためである. しかし, 内之浦において, 夜間に突然放送波が受信できなくなる場合がある. これは夜間にスプラディック的に D 層もしくは E 層が発生し, 放送波が昼間と同じような高度で反射もしくは吸収されたと考えられる. 放送が受信できない時, 山川に設置されているイオノグラム観測によると, 電離圏下部にはスプラディック D 層もしくは E 層は確認されていない. この事から, 夜間に電離圏中に局所的な電子密度増加領域が発生し, 中波帯ラジオ電波の伝搬に影響を与えていると推測される. このような中波帯電波が異常伝搬している際の, 電離圏環境は調査されておらず, 夜間電離圏下部領域の電子密度プロファイルは得られていない. また, 夜間におけるスプラディック D 層もしくは E 層の発生原理については未解明である. そこで, 本計画では中波帯電波の異常伝搬する原因の特定を目的として, 電離圏下部領域内においてロケットに搭載された長波・中波帯電波受信機を用いて, 直接電波伝搬観測を行い, 電離圏環境と電波障害の関係について調査する.

2. 内之浦における受信実験

2009 年 11 月 26~28 日にかけて, 鹿児島県内之浦宇宙空間観測所(USC)において, 中波帯電波の受信実験を行った. なお, 受信に使用したのは周波数 873kHz の NHK 熊本第 2 放送である. 図 1 に 3 日間の実験結果を示す. 縦軸に受信強度[V], 横軸に時間[s]を示している. また, 深夜 1 時前後で受信強度が減少しているのは, 放送波が停波したためである.

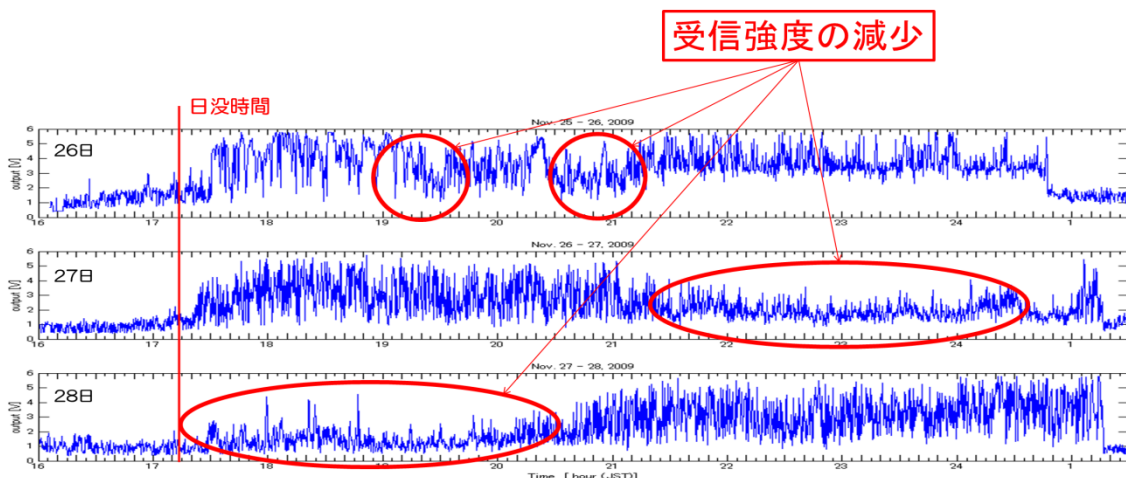


図 1 2009 年 11 月 26~28 日の観測結果

図 1 の結果を見ると、日没後の約 90～420 分の間において受信強度が減少している事が確認できる。しかし、減少している時間帯は定まっておらず、期間が短い時や長い時など、様々な状況がある。以上の事から電離圏下部領域中において、中波帯電波の伝搬に影響を与える現象

3. S-310-40 号機観測ロケット概要

2011 年 12 月 19 日 23 時 48 分(JST)に内之浦宇宙空間観測所より、S-310-40 号機観測ロケットが打ち上げられた。ロケットには複数の観測機器を搭載し、電離圏下部領域の観測を行う。中波・長波帯電波受信機を用いて、地上から 4 つの周波数帯の電波を受信し、その変化から電子密度構造の推定を行う。ロケットに搭載した受信機の外観を図 2 に示す。ロケット観測する電波の周波数を表 1 に、発信位置関係を図 3 に示す。なお、表 1 と図 3 の番号は対応している。異なる方向からの発信電波を同時に受信することで、中波帯電波の異常伝搬の原因とされる高電子密度領域の位置と大きさの推定が可能である。



図 2 受信機 (左:ループアンテナ, 中央:メインエレクトロニクス, 右:プリアンプ)

表 1 LMR の受信周波数

番号	周波数[kHz]	名称	送信場所	出力[W]
1	60	標準電波	佐賀県はがね山	50k
2	873	NHK 熊本第 2 放送	熊本県大津町	500k
3	405	無線航行用ビーコン	沖縄県南大東島	1k
4	666	NHK 大阪第 1 放送	大阪府大阪市	100k



図 3 ロケット発射方向と発信位置

4. 観測結果

観測ロケットは 210 秒後に最高高度 180km に達し、393 秒後に観測を終え東南の海に落下した。873kHz 電波の観測結果を図 4 に示す。縦軸が受信強度[V]，横軸が打ち上げからの時間[sec]を示しており，上から X 軸，Y 軸，Z 軸となっている。打ち上げ後 60 秒後にノーゾーンが開頭し，受信強度が上昇していることから，受信機が正常に動作していることが確認できる。

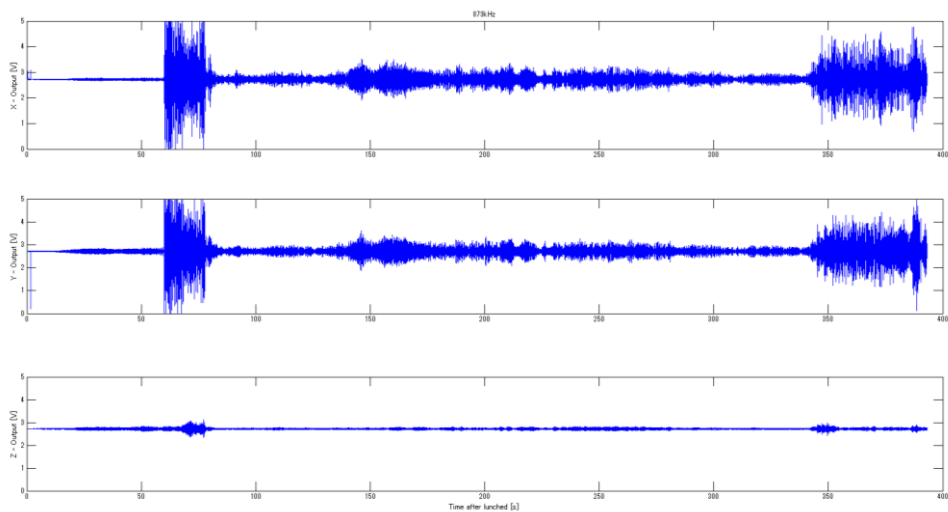


図 4 873kHz の出力波形

図 4 より，約 78 秒後に受信強度の減少が確認できる．これはロケットが電離圏に突入した事による減衰だと考えられる．そして，約 140 秒後に電波強度が増加している．その後 340 秒後に電離圏外を飛行している事により，電波強度が増加している．

5. 上昇時の磁界強度の高度変化

図 5 はロケット上昇時に観測された 873kHz の電波の磁界強度の高度変化である．縦軸は高度，横軸は磁界強度である．これまでのロケット観測では電波は急激に減衰している様子が見られたが，図 5 を見ると電波強度はゆっくりと減衰している．また高度 175km 付近にも電波強度が増加していることがわかる．

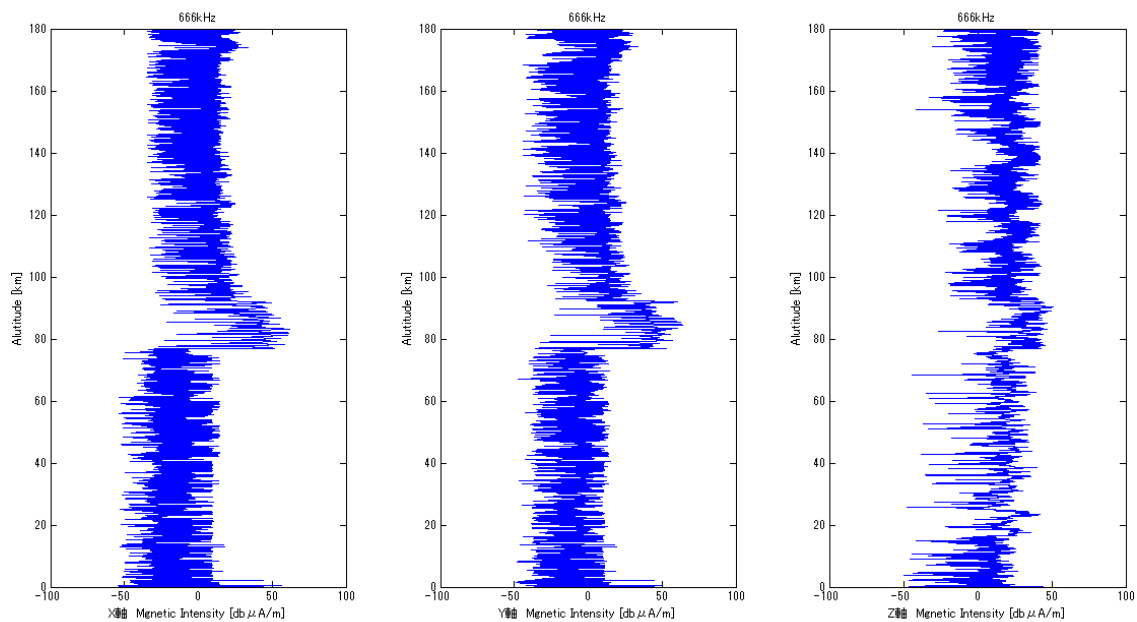


図 5 873kHz の磁界強度の高度変化

6. まとめ

冬期夜間においてラジオ電波の異常伝搬が発生する現象がある。その時の電離圏の様子を観測するために観測ロケットを用いて観測を行った。搭載した長・中波帯電波受信機は正常動作し、約 393 秒で観測を終了した。受信機の実出力電圧から、電離圏内と圏外の飛行時を確認することができ、140 秒後に電波強度の増加が見られた。また、上昇時の磁界強度の高度変化をみると、強度はゆるやかな減少をしている。これはこれまでのロケット実験とは異なった結果となった。

異常伝搬時の電子密度分布を推定する手法として、Full Wave 計算を用いた電波吸収法を用いる予定である。これは IRI モデルと、磁界強度の高度変化を用いた Full Wave 計算の結果とを比較することで電子密度構造を推定する手法である。また、周波数解析とドップラーシフトを利用する事で、右旋波と左旋波、上昇波と下降波に分離することが可能である。分離を行うことで電離圏中の電波伝搬の様子をより詳細に求めることができると予想される。以上の解析手法を利用することで、電子密度構造を求め、電波伝搬特性が得られると期待される。