

MU レーダー干渉計観測に基づく電離圏 E 領域イレギュラリティの時間空間構造に関する研究

Study of time-spatial structure of E-region FAIs based on MU radar interferometry observations

前川 暁紀[1]; 山本 衛[1]; 丸本 雅人[2]; 深尾 昌一郎[1]

Akinori Maegawa[1]; Mamoru Yamamoto[1]; Masato Marumoto[2]; Shoichiro Fukao[1]

[1] 京大・宙空電波; [2] 京大・RASC

[1] RASC, Kyoto Univ.; [2] RASC, Kyoto Univ.

地球大気の高度約 90 ~ 150 km の電離圏 E 領域においては、電子密度が地球の磁力線に沿って不均一になる沿磁力線イレギュラリティ(Field Aligned Irregularities; FAI)というプラズマ不安定現象が発生する。中緯度における FAI のレーダー観測では、数分間隔で強弱を繰り返す準周期(QP)エコーと呼ばれる現象が確認されている。当初、QP エコーはスポラディック E 層(Es 層)の深い高度変調によるものと考えられていたが最近のロケット観測においてはそのような構造は確認されていない。本研究の目的は MU (Middle and Upper Atmosphere)レーダーを用いた干渉計観測によって、電離圏 E 領域からの FAI エコーの時間空間構造を調べることである。

観測は 2000 年 4 月 24 日、4 月 25 日、2001 年 7 月 25 日に MU レーダーの全群を用いて送信し、受信は 4 チャンネル(それぞれアンテナ 3 群)を用いて行った。FAI エコーの観測には送信ビームを地球磁力線に対して直交させる必要があるため、本観測では方位角 -4.30° 、天頂角 50.84° の方向を用いた。干渉計には、基線長間隔を長くすると精度は上がるが位置の曖昧さが大きくなり、基線長を短くすると位置の曖昧さは小さくなるが精度が落ちるといった性質がある。そこで、基線長が短い 3 チャンネルの組合せによりアンテナビームの中心方向から方位角 $\pm 10^\circ$ の範囲で粗くエコーの位置を決定した上で基線長の長い 3 チャンネルを用いて位置決定の精度を高めた。

2000 年 4 月 25 日の観測から、エコー強度が非常に強く、RTI 図上において時間と共にレンジが近づくエコーについて時間空間分布を調べたところ、高度をほぼ一定に保ちながら水平に移動している例が確認された。これらのエコーの鉛直面内での動きは、ビーム中心方向から次第に仰角が高い方向に外れ、その差が 2 度以上になる例があった。FAI エコーの磁力線直交性は非常に強いため、ビーム中心方向から大きくはずれた方向からエコーが返ってくることは考えにくい。そこで、高度方向に正の密度勾配を持つ Es 層を想定し、電子密度勾配によってレーダー電波が屈折する様子を FDTD 法によってシミュレーションした。シミュレーションでは、高度方向に正の密度勾配を持つ Es 層を想定し、その Es 層の傾きを変えた場合、入射電波が直進方向からどの程度ずれるかを計算した。その結果、 2° を越える電波の屈折があり得ることが確認され、屈折によるレーダービームのずれと、干渉計で観測された FAI エコーの磁力線直交方向からのずれには良い一致が見られた。