

静止衛星振幅シンチレーションを用いた電離圏擾乱の高度の推定 Amplitude of ionospheric disturbance heights estimated by scintillations of geostationary satellite signals

谷山 裕彰^{1*}, 富澤 一郎¹, 工藤 誠実¹
Hiroaki Taniyama^{1*}, Ichiro Tomizawa¹, Satomi Kudo¹

¹ 電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター

¹ Center for Space Science and Radio Engin

電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター(菅平)では、静止衛星 1.5GHz 帯測位電波を用いて電離圏擾乱による振幅シンチレーションを観測している。ETS-VIII 衛星(東経 146°)の信号を 50m~80m 離れた 3 地点で受信し、波形の時間差を求めることで電離圏擾乱の水平移動速度を導出している。この速度を元にして以下の 2 つの方法で電離圏擾乱の高度を推定し、比較することで精度を確認したことを報告する。

(1) 2 衛星法は 2 つの衛星の受信伝搬路を不規則構造が横切るとき、2 衛星の受信波には時間的にずれをもってシンチレーションが観測されることを使う。この時間ずれ dt 、不規則構造の移動速度 v から距離 z を計算し、衛星の仰角 EI により擾乱高度 h を推定できる。ETS-VIII 衛星(東経 146°)とわずかに西にある MTSAT-2 衛星(東経 145°)を使用して観測している。

(2) スペクトル解析による高度推定は、シンチレーションの周波数領域スペクトルの特徴より擾乱のパラメータを得ることで推定する。擾乱構造を指数関数的な電子密度分布からなる単一層と仮定すると、振幅シンチレーションスペクトルは、周波数 f_F を境に高い周波数側で振動的にパワーが低下する。振動部分の n 番目の極小値 f_n と f_F は、観測点から不規則構造までの距離 z と不規則構造の移動速度 v が決まれば一意にきまる。よって v を得ることができれば z は、式から推定することができる。

2010 年 5 月 30 日 0:00 から 3:00 の時間帯にて、大きな振幅シンチレーションが発生した。これは長時間にわたるランダム構造のシンチレーションである。これを 3 点観測によって不規則構造の水平速度および移動方向を 0:00 から 3:00 までの間で計算した結果、擾乱速度は 50[m/s] から 250[m/s] に変化し、移動方向は方位角 310 度で変化は見られなかった。この速度から 2:00 から 2:30 までの 30 分間の高度分布を計算した。2 衛星法では高度分布のピークは 500km であり、スペクトル解析による高度推定では 450km にあることがわかった。これより 2 つの推定法での高度は約 10% で一致している。

さらに、0:00 から 3:00 までで 30 分ごとの高度分布を計算し、それぞれのピークの推移を調べた結果、どちらの推定法でも高度が緩やかに上昇することがわかった。擾乱速度も上昇することも確認されており、対応している可能性がある。

2 衛星法は、擾乱の移動速度がわかれば精度よく高度を求められるが、相互相関がうまくとれないと推定値を多く得ることができない。一方、スペクトル解析法は 2 衛星法に比べ、多くの推定結果を出すことができるが、スペクトルが不安定になると精度が低下する。今回の観測でこの 2 つの推定方法ではほぼ一致した結果を得ることができた。2 つの方法による高度推定値を相互に参照することで、観測値の信頼性の向上を図ることができる。また、MTSAT-1R 衛星、準天頂衛星や GPS 衛星の接近時を使用し、電離圏擾乱構造解析に展開可能である。

スペクトルの不安定さおよび速度精度低下による推定高度の精度への影響の問題の解決と、フレネル周波数の自動抽出方法の検討が今後の課題である。

謝辞

ETS- 観測は JAXA の利用実験プロジェクト「電離圏擾乱観測」によるものである。

参考文献

[1] C.H.Liu and K.C.Yeh: Model computations of power spectra for ionospheric scintillations at GHz frequencies, J.atmos.terr.Phys, Vol.39, pp.149-156, 1976.

キーワード: 電離圏

Keywords: Ionosphere