

HF ドップラ観測システムの400Hz モールスID 信号位相を利用した電離層反射高度の連続測定

渡口 暢人 [1]; 富澤 一郎 [1]
[1] 電通大・宇宙電磁環境

Continuous measurement of ionospheric reflection height using 400Hz-ID phase of the HFD system

Nobuto Toguchi[1]; Ichiro Tomizawa[1]
[1] SSRE, Univ. Electro-Comm.

We have been observing ionosphere disturbances by the HF Doppler(HFD) method. In this report we will describe the development of the novel measuring method of ionospheric reflection height by using HFD facilities of UEC and its initial result.

The UEC HFD observation system continuously transmits two stable carriers at 5006 and 8006kHz, in 200W from Chofu, Tokyo. The HFD observation can only detect ionospheric disturbances of reflection, but the actual path-height is not given through this method.

In this study, we have newly developed the distance measurement capability using this Morse-ID signal separated 400Hz from the main carrier frequency. This ID signal can be used as the distance measurement. Processing the ID signal correlating with the main carrier to reduce Doppler spreading, we can get the coherent sub-carrier with the narrow equivalent receiving bandwidth. Moreover, using the rubidium atomic oscillator in this system, the phase of the main carrier and sub-carrier is stable over a long period of time. As the S/N is much improved, it is possible to detect small phase fluctuations due to propagation. Since the equivalent wavelength of the 400Hz subcarrier is 750 km, it can be obtained the distance accuracy of 2.1 km by measuring the phase in 1-degree accuracy. As the phase variation is twice by the correlation processing, we get the total distance accuracy of 1.1 km which is comparable that of the conventional NICT pulse-type ionosonde. The most important improvement in system is the direct measuring the reflection height of the HFD observation every 90 seconds.

With this advanced measuring method, the resolution of 1 km at both HFD frequencies is given. We can investigate small disturbances in E and F layers, due to atmospheric gravity waves. However, in the present observation system, the distance calibration is not accurate because of the delay of the instruments and the sub-carrier transmitting timing error is still unknown. We have used the NICT ionosonde signal for temporal reference. By including the GPS timing both at TX and RX, it will be possible to detect the accurate arrival time in 1 us, which corresponds the total accuracy of ionospheric reflection height in 0.3km.

我々は、短波ドップラ (HFD) を利用してドップラ観測を全国で行っている。本報告では、ドップラ観測システムを改良して新たな電離層反射高度測定方法の開発、およびその解析結果について述べる。

HFD 観測システムでは、5006 および 8006kHz において 24 時間連続で 200W の搬送波送信を行っている。通常の電離層変動観測には、この搬送波のドップラシフトを用いているが実際の反射高を求めることができないため、反射高度は他の方法に頼らざるを得ない問題がある。

本研究では、システム改良し、ドップラシフトと同時に距離を求めることが可能なシステムの開発を目指した。それぞれの送信波には、コールサインと使用目的を広報するため、一定時間毎に搬送波から 400Hz 離れた副搬送波の ON/OFF によるモールスIDが付加されている。この副搬送波と搬送波は近接しており、同じ電離層の影響を受けたものとみなすことができる。二つを相関処理することで、ドップラスプレッドを抑えコヒーレント性を高くすることが可能であることを初めて示すことができた。この性質を利用することにより、等価受信帯域幅を狭くして S/N を改善し、高精度で位相情報を読み取ることが可能とした。また、この観測システムにはルビジウム原子発振器を利用しているため、長期にわたって位相が安定である。本研究では、副搬送波および送信モールス符号位相についても同じ原子発振器を使用することにより、搬送波とのコヒーレント性を高めた。400Hz 副搬送波の等価波長は 750km となるので、この位相を 1 度精度で測定することにより 2.1km の距離精度を得ることができる。搬送波と副搬送波の相関処理により位相変化が 2 倍となるため、距離精度は 1.1km とすることができ、NICT パルス型イオゾンデの観測精度とほぼ等しくなる。本測定では 90 秒毎に連続測定が可能であるので、イオゾンデより時間分解能を高くすることができる。

この高度測定法により、それぞれの周波数において、電離層の反射高度が 1km の分解能でわかるため、E 層、F 層からの到来波であることの特定や、大気重力波による高度変化等も得ることができる。受信信号強度が高く、かつ電離層が安定な場合は位相測定精度をさらに高くできることが分かってきた。ただ、現観測システムでは送受信機内遅延、副搬送波送信タイミング誤差により距離精度が得られない。このため便宜的に NICT イオゾンデデータを参照して校正している。今後 GPS 受信機を観測システムに導入して送受信タイミングを制御することで、信号の到達時間を 1us まで特定可能とし、反射高度測定の精度を向上させたい。椠