

波面状 Es による HF ドップラに重畳した周期的変動の原因

福田 淳 [1]; 富澤 一郎 [2]
[1] 電通大・宇宙電磁環境; [2] 電通大・宇宙電磁環境

Cause of the periodic variations superimposed on the HF Doppler traces of frontal Es.

Jun Fukuda[1]; Ichiro Tomizawa[2]
[1] SSRE, Univ.Electro-Comm; [2] SSRE, Univ. Electro-Comm.

In the University of Electro-Communications, the HF Doppler (HFD) observations using Chofu JG2XA and the Nagara JOZ transmitting stations have been carried out. To detect linearly Doppler traces as frontal sporadic E (Es) moving horizontally. Looking in detail actual Doppler traces, it has been found that small periodic variations are superimposed on the Doppler linear trace. However, they causes were not clearly explained. In this paper we have developed the reflecting point with the multiple wave-front structures of Es traveling along the moving direction through the mid-point, integrated was assumed to reduce the linear traces based on the coincidence of a cycle, traveling Cornelius and Essex model, then residual wave-like popular variations are used. In this report the observational data of August 16, 2012 20:40~22:40 JST, since the Es event has long and slender structures traveling at the low speed, carrying continuous traces with clear sinusoidal variations, the event which can observe a periodic change spatially by a long time was made into the analysis object.

As the reflecting point move model of Cornelius and Essex could be applied to the HFD time variation of a frontal Es, linear change was removed using the speed and the direction which were drawn from actual observational data, and the periodic change was extracted. All the wave fronts show the same narrow spectrum of 170 s, therefore this periodic variation can be interpreted as an acoustic wave. Many extracted Doppler variations of each Es fronts were analyzed correlation with respect to the waveform at Kashima by the as the reference. The obtained delays of each base line are applied to deduce the plane wave having the constant speed and direction. It is shown that the plane wave moves northwestward with the horizontal speed of 54 m/s.

The small changes superimposed on the frontal Es of wave front is interpreted as the acoustic wave propagation. The thermosphere ground waveguide because the narrow spectrum survives for a long time. As those variations Es are placed close to the top reflection surface of the bottom thermosphere, the acoustic wave at the Es-height node of standing wave is close. Then the up-down direction becomes small, so the direction of speed variation becomes almost in horizontal. In that case, the Es horizontal traveling speed of the Es-fronts fluctuates periodically, so the periodic change is overlapped on the linear Doppler shift.

In the presentation, the analysis method of periodic variations and the propagation model of atmospheric acoustic in the waveguide will be described in details.

Reference

- [1] D.W. Cornelius and E.A. Essex: Observations of mid-latitude sporadic E using the HF Doppler technique, J. Atmos. Terr. Phys., vol.41, pp.481-499, 1979.
- [2] Jun Fukuda and Ichiro Tomizawa: Development of acoustic wave analysis method using the HF Doppler small variation of sporadic E (Es) SGEPPS R005-025, 2013.
- [3] Ichiro Tomizawa and Koutarou Fujii: HF radio wave propagation model by the frontal Es, JGU 2013, PEM29-01, 2013.

電気通信大学では調布 JG2XA および長柄 JOZ の二つの短波送信局を利用した HF ドップラ (HFD) 連続観測を実施している。この HFD 観測において波面状スプラディック E (Es) からの反射波ドップラは直線的に変化する [1]。実際のドップラデータを詳細に見ると、直線的なドップラ軌跡に周期的変動が重畳していることが分かってきた。しかし、従来の解析ではその詳細、特徴および、その原因が明確となっていなかった [2]。今回の解析では、多重波面構造を持つ Es 反射点はその移動方向に沿って移動すると考え、周期的変動を統合解析し、周期の一致、移動速度および方向を調べた。本報告では 2012 年 8 月 16 日 20:40~22:40 JST の観測データより、低速度で移動する細長い構造を持つ Es が短時間間隔で連続発生したので、長時間で広い範囲に周期的変動を観測できるイベントとして解析を行った。

波面状 Es の HFD 時間変化には Cornelius and Essex の反射点移動モデルが適用可能と分かっている [3]、実際の観測データから導出した速度および方向を用いて直線の変化を除去し、周期的変動を抽出した。すべての波面において同じ周期 170s の狭いスペクトルを持っていることから、同一の波動であることが分かり、また、この周期から大気音波であることが分かった。抽出した大気音波を関東各観測点間で最初に観測された鹿島を基準波形として相関関数を取り、得られた遅延時間から鹿島と送信局の中間点から各観測点と送信局の中間点への速度ベクトルを計算することにより、この大気音波が北西方向に水平速度 54m/s で伝搬していることを示した。

以上の結果から、波面状 Es 波面に重畳した微小変動、すなわち大気音波は波源から上方に広がって伝搬し、熱圏下部で下方に反射し、次に地上で上方へ反射する。導波管の中を反射しながら伝搬していくことにより狭いスペクトルが生き残る。Es 高度では上部反射面に近いことから定在波の節が近くにあり、上下方向変動が小さくなるので変動方向はほぼ水平方向となる。その場合、Es 水平移動速度が周期的に増減するので、反射波ドップラに周期的変動が重畳することから、これが観測された変動の原因と考えられる。

講演では周期的変動の解析方法と大気音波の伝搬モデルについて詳しく報告する。

参考文献

- [1] D.W. Cornelius and E.A. Essex: Observations of mid-latitude sporadic E using the HF Doppler technique, J. Atmos. Terr. Phys., vol.41, pp.481-499, 1979.
- [2] 福田淳 富澤一郎: スポラディック E (Es) の HF ドップラ微小変動を用いた大気音波解析方法の開発, SGEPPS, R005-025, 2013.
- [3] 富澤一郎 藤井厚太郎: 波面状 Es による HF 波伝搬モデル, JPGU 2013, PEM29-01, 2013.