

HF ドップラーにより観測された地震発生に伴う電離圏変動

中田 裕之 [1]; 高星 和人 [2]; 鷹野 敏明 [3]; 富澤 一郎 [4]
[1] 千葉大・工; [2] 千葉大・工・電気電子; [3] 千葉大・工; [4] 電通大・宇宙電磁環境

Ionospheric variations associated with earthquakes observed by HF Doppler

Hiroyuki Nakata[1]; Kazuto Takaboshi[2]; Toshiaki Takano[3]; Ichiro Tomizawa[4]
[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Faculty of Eng., Chiba Univ.; [3] Chiba Univ.; [4] SSRE, Univ. Electro-Comm.

It is well-known that the ionospheric perturbations are excited by earthquakes. Using spectral analysis, the authors have also shown that the variations of total electron contents (TEC) determined by GPS are varied in association with earthquakes whose magnitudes are larger than 6.8. This is because the atmospheric waves, e.g., acoustic wave and atmospheric gravity wave, excited by the ground displacements propagate upward and perturb the ionospheric electron density. Therefore, it is expected that the ionospheric perturbations associated with earthquakes can be detected by the other instruments which is able to observe the ionospheric variations. In this study, HF Doppler data is utilized since HF Doppler observation can detect the vertical motion of the reflection point by observing the frequency variation of the transmitted radio waves.

Examining the HF Doppler data associated with 31 earthquakes (> M6) which occur around Japan in 2011, the pulse-like frequency variations were observed in 4 earthquakes whose magnitudes of these earthquakes are larger than M7. In all 4 events, the frequencies decrease, implying that the reflection points move upward. The variations of the frequencies are about several hertz, which correspond to 100-200 m/s for the upward velocity of the reflection point assuming that the altitude of the reflection points is 300 km. In addition, the variations were observed about 10 minutes after the earthquakes. Considering the distances between the epicenters and the reflection points, the variations are caused by the atmospheric wave below the reflection points due to the ground perturbations.

地震発生に伴い、電離圏変動が観測されることは広く知られており、東北沖太平洋地震などでも、GPSにより導出された TEC 変動が同心円状に広がることが示されている [e.g., Tsugawa et al., 2011]。また、発表者らが行った GPS-TEC の時間変動のスペクトル解析でも、M6.8 以上の地震において、震央周辺で TEC 変動が検出されることが明らかになってきた。これらの GPS-TEC 変動は、地震により発生した音波・大気重力波が上空に伝搬し、電離圏電子密度を変化させることで発生すると考えられる。従って、GPS-TEC 以外にも、電離圏変動を検出することが出来る観測において同様の地震に伴う変動をとらえられることが期待される。そこで本研究では、HF ドップラーに着目した。HF ドップラーは、送信電波の周波数変動を観測することで、送信点と受信点の中間点(電離圏での反射点)における上下動を検出することが可能である。

今回、2011年に日本周辺で発生したマグニチュード6以上の地震(31事例)を対象に解析を行ったところ、パルス状の周波数変動が4例において観測された。いずれもM7以上の地震である。周波数の変動はいずれも減少方向であり、電波の反射高度が高くなったことを示している。変動量は数Hz程度であり、反射高度300kmと仮定すると、反射高度の変動速度は100~200m/s程度に相当する。また、観測された時刻は、地震発生後10分弱ほど経過した時である。震源と反射点との距離を考慮すると、これらの変動は地震によるレイリー波が地面を伝わり、その変動により発生した大気波動が電離圏を変動させたと考えられる。