

HFDにより観測された地震に伴う異なる高度での電離圏擾乱と地震動の関係

高星 和人 [1]; 中田 裕之 [2]; 鷹野 敏明 [3]; 富澤 一郎 [4]; 長尾 大道 [5]
[1] 千葉大・工・電気電子; [2] 千葉大・工; [3] 千葉大・工; [4] 電通大・宇宙電磁環境; [5] 統数研

The relationship between ionospheric disturbances at different altitude detected by HFD & ground motions associated with EQ

Kazuto Takaboshi[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Toshiaki Takano[3]; Ichiro Tomizawa[4]; Hiromichi Nagao[5]
[1] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Chiba Univ.; [4] SSRE, Univ. Electro-Comm.; [5] ISM

Many studies have reported that ionospheric disturbances occur after giant earthquakes. One of the causes is the infrasound wave excited by surface waves propagated on the ground from the epicenter. In this study, we compared the ionospheric vertical drift speed determined by HF Doppler (HFD) observation and vertical ground motions recorded at seismometer beneath the reflection point of the HF radiowave in order to elucidate relationships between them. The HF Doppler observation is enable to detect ionospheric disturbances since this can observe ionospheric vertical drift from Doppler shift of HF radiowaves transmitted from the Chofu campus of The University of Electro-Communications. In this study, using Doppler shift data at 4 different transmitting frequencies (5, 6, 8, 9 MHz), which are reflected at each different altitudes, ionospheric disturbances associated with earthquakes are detected. To obtain accurate vertical drifts, we determined reflection altitudes of radiowave from ionogram data (Kokubunji) using POLAN (ionospheric density profile calculation software) . For seismometer data, we used Broadband Seismograph Network (F-net) installed by NIED.

We applied band-pass filter (10 min window) to HFD data and seismometer data, every 20 sec period from 14~33 to 179~198 sec. In each bands, we compared vertical ground speed with ionospheric vertical drift speed at different altitudes and calculated amplification rate of the atmospheric wave propagated upward. Target events are March 9th, 2011 11:45 JST (event1) and April 11, 17:16 JST (event2). In these events, HFD reflection altitudes of the radiowaves are 210, 225, 235, 245 km in event1, 212, 224, 250 km in event2, respectively. HFD observatory is Sugadaira and location of seismometer is Onishi.

In both events, amplification rate of ionospheric speed (at 210 and 212 km) compared with ground vertical speed tend to increase with period. In comparison of the ionospheric speed at the ionosphere altitudes (210 vs 245 km and 212 vs 250 km), attenuation is maximum in 14~33 sec period band(shortest period). These tendencies are due to attenuation by air viscosity, relaxation loss, thermal conductivity. Amplification rate of ionospheric vertical speed is maximum at 44~63 sec period band in event1, 89~108 sec period band in event2. This difference of frequency for maximum amplification is owing to the spectrum of the ground motion and/or altitude distribution of the ionospheric density of each event. In the future, more events is needed for statistical analysis.

過去の研究より、巨大地震発生に伴い電離圏擾乱が発生することが知られている。その発生メカニズムの1つとして考えられているのが、地震により発生したレイリー波などの表面波が遠方に伝搬し、その地震動が大気中に励起した音波が電離圏まで到達することで擾乱を起こすというものである。本研究では、短波ドップラー(HFD)観測データより算出した電離圏上下方向擾乱速度と、その電波反射点直下の地震計データにより得られた地震動の様子を比較することで、これらの間の関係性を解明することを目的とする。電気通信大学が行うHFD観測では、電通大調布キャンパスよりHF波が送信され、電離圏で反射された電波を各受信点で受信する。電離圏で擾乱が発生し、反射高度が変化すると、受信周波数がドップラーシフトを受けるため、その周波数変化から反射高度での電離圏の上下動を観測することが出来る。本研究では、それぞれ反射高度の異なる4周波数の観測データを用いて、同一事例での複数の高度における地震に伴う変動の検出を行った。電離圏速度算出においてより正確な値を求めるため、電離圏電子密度算出プログラムPOLANを用いてNICTのイオノグラムデータ(国分寺)より電子密度高度分布を求め、電波反射高度を決定した。地震計データには、防災科学研究所の広帯域地震観測網(F-net)の地震波形データ(速度)を用いた。

周期解析では、HFDデータと地震計データにそれぞれ10分窓のBPFをかけ、14~33sから179~198sまで20s周期間隔で波形を抜き出した。各帯域ごとに地面変動速度と複数の電離圏高度での変動速度を比較し、大気変動が高高度へ伝搬する際の振幅の増幅度を比較した。解析対象は2011年3/9 11:45 JST発生(イベント1)および4/11 17:16 JST発生(イベント2)の2つの地震とし、HFD反射点は菅平、地震計は鬼石のデータを用いた。HFDの反射高度は、イベント1で210、225、235、245 km、イベント2では212、224、250 kmでの変動を観測している。

結果として、両イベントにおいて、地面変動速度と比較した電離圏変動速度(at 210 and 212 km)の増幅率は、長周期帯ほど大きくなる傾向がみられた。また、異なる高度での変動速度比較(210vs245 km and 212vs250 km)においては、高高度における減衰は最も周期の短い14~33s帯において最大であった。これらの傾向は、大気波動が高周波になるほど大気粘性などによる減衰が大きくなることが原因であると考えられる。電離圏高度での比較において、最も増幅率の大きい帯域は、イベント1では44~63s、イベント2では89~108sとそれぞれ異なった。これは、イベント毎の地震動に含まれる周波数特性の違いや、電子密度の高度分布の違いなどの影響が考えられる。今後は、イベント数を増やしての統計的な解析が必要である。