

## GPS 全電子数観測により捉えられた地震及び津波に伴う電離圏変動

# 津川 卓也 [1]; 西岡 未知 [2]; 品川 裕之 [1]; 丸山 隆 [1]; 小川 忠彦 [2]; 齊藤 昭則 [3]; 松村 充 [4]; 大塚 雄一 [5]; 長妻 努 [2]; 村田 健史 [1]

[1] 情報通信研究機構; [2] NICT; [3] 京都大・理・地球物理; [4] 電通大; [5] 名大 STE 研

### Earthquake- and tsunami-induced ionospheric disturbances detected by GPS total electron content observation

# Takuya Tsugawa[1]; Michi Nishioka[2]; Hiroyuki Shinagawa[1]; Takashi Maruyama[1]; Tadahiko Ogawa[2]; Akinori Saito[3]; Mitsuru Matsumura[4]; Yuichi Otsuka[5]; Tsutomu Nagatsuma[2]; Ken T. Murata[1]

[1] NICT; [2] NICT; [3] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [4] UEC; [5] STEL, Nagoya Univ.

<http://seg-www.nict.go.jp/2011TohokuEarthquake/>

Ionospheric disturbances induced by the 2011 Tohoku earthquake and tsunami were studied by the high-resolution GPS total electron content (TEC) observation in Japan and in the world. The initial ionospheric disturbance appeared as sudden depletions by about 6 TEC unit (20%) about seven minutes after the earthquake onset, near the epicenter. From 06:00UT to 06:15UT, circular waves with short propagation distance propagated in the radial direction in the propagation velocity of 3,457, 783, 423 m/s for the first, second, third peak, respectively. Following these waves, concentric waves with long propagation distance appeared to propagate at the velocity of 138-288 m/s. In the vicinity of the epicenter, shortperiod oscillations with period of about 4 minutes were observed after 06:00 UT for 3 hours or more. We focus on the the circular and concentric waves in this paper. The circular or concentric structures indicate that these ionospheric disturbances had a point source. The center of these structures, termed as &quot;ionospheric epicenter&quot;, was located around 37.5 deg N of latitude and 144.0 deg E of longitude, 170 km far from the epicenter to the southeast direction, and corresponded to the tsunami source. Comparing to the results of a numerical simulation using non-hydrostatic compressible atmosphere-ionosphere model, the first peak of circular wave would be caused by the acoustic waves generated from the propagating Rayleigh wave. The second and third waves would be caused by atmospheric gravity waves excited in the lower ionosphere due to the acoustic wave propagations from the tsunami source. The fourth and following waves are considered to be caused by the atmospheric gravity waves induced by the wavefronts of traveling tsunami. Long-propagation of these TEC disturbances were studied also using high-resolution GPS-TEC data in North America and Europe. Medium-scale wave structures with wavelengths of several 100 km appeared in the west part of North America at the almost same time as the tsunami arrival. On the other hand, no remarkable wave structure were not observed in Europe. We will introduce these observational results and discuss about the generation and propagation mechanisms of the ionospheric disturbances induced by the earthquake and tsunami.

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後に発生した電離圏擾乱現象について、日本及び全球の高解像度GPS全電子数(TEC)観測を用いて詳細に明らかにした。最初のTEC変動は地震の約7分後から始まり、震央付近で急激なTEC減少(背景に対して20%)が見られた。このTEC減少は30分から1時間程度続き、徐々に定常レベルに戻っていった。このTEC減少領域の中心(以下、「電離圏震央」)はUSGS発表の震央からは170km南東にずれており、海底津波計等で推定された津波波源とほぼ一致していた。日本上空では06:00UT以降3時間以上の間、電離圏震央から同心円状の波が波紋状に広がっていった。この同心円状の波の第一波は約3.5km/sの伝搬速度を持ち、レイリー波の伝搬速度と同程度であった。第二波以降の波は数100m/sで、時間と共に遅い波が観測された。また、これらの波動現象とは別に、震源付近では、06:00UTのTEC減少と共に、約4分周期の短周期変動が見られ、3時間以上続いていた。非静水圧中性大気モデルを用いたシミュレーションとの比較から、電離圏震央付近のTEC減少は音波モードの大気波動による電離圏内のプラズマ輸送が主要因であることが示唆された。また、同心円状の波の第一波はレイリー波が励起した音波によるもの、400-800m/sの伝搬速度を持つ第二、三波は電離圏震央上空に伝播した音波が電離圏下部で励起した大気重力波によるものと考えられる。一方、シミュレーション結果との比較から、観測された300m/s以下の伝搬速度を持つ第四波以降の波は、伝搬する津波の波面が励起した大気重力波起源と考えられることがわかった。北米及び欧州上空の高解像度GPS-TEC観測を用いて、震源から離れた地域における地震・津波に伴う電離圏変動も調べた結果、北米西海岸に津波第一波が到達した地震の約10時間後から、北米上空に津波波面と方位角がほぼ一致する南北方向に伸びた波面を持つ波長数100km、伝搬速度約200m/sで東進する波が数時間観測された。一方、欧州上空では地震・津波に伴うような電離圏変動は観測されないなど、震源近傍と震源から数1,000km離れた場所では電離圏変動に違いが見られた。本発表では、これらの電離圏擾乱の全体像を報告すると共に、その生成機構を議論する。