

GPS 全電子数観測により捉えられた東北地方太平洋沖地震後の津波に伴う電離圏変動

Tsunami induced ionospheric disturbances detected by GPS-TEC observation after the 2011 Tohoku earthquake

津川 卓也^{1*}, 西岡 未知¹, 品川 裕之¹, 丸山 隆¹, 小川 忠彦¹, 齊藤 昭則², 大塚 雄一³, 松村 充⁴, 長妻 努¹, 村田 健史¹
TSUGAWA, Takuya^{1*}, NISHIOKA, Michi¹, SHINAGAWA, Hiroyuki¹, MARUYAMA, Takashi¹, OGAWA, Tadahiko¹, SAITO, Akinori², OTSUKA, Yuichi³, MATSUMURA, Mitsuru⁴, NAGATSUMA, Tsutomu¹, MURATA, Ken T.¹

¹ 情報通信研究機構, ² 京都大学理学研究科地球物理学教室, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁴ 電気通信大学宇宙・電磁環境センター

¹NICT, ²SPEL, Kyoto Univ., ³STEL, Nagoya Univ., ⁴University of Electro-Communications

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後の津波に伴って発生した電離圏擾乱現象の発生と時間発展について、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。日本上空の最初の TEC 変動は、震央付近、地震から約 7 分後の 05:54UT、0.5-1TECU 程度のインパルス的な TEC 増大後、05:56UT から急激な TEC 減少 (背景に対して 20%) が見られた。この TEC 減少は 30 - 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、06:00 UT の TEC 減少と共に、約 4 分周期の短周期変動が見られた。この短周期振動は 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、第二波以降の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。また、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を調べた。北米上空では地震の約 10 時間後から西海岸上空に南北方向に伸びた波面を持つ波長数 100km、伝搬速度数 100m/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。また、リアルタイム GPS-TEC 観測を利用した津波到達予報の可能性についても触れる。

キーワード: 電離圏, 地震, 津波, 音波, 大気重力波, 波紋

Keywords: ionosphere, earthquake, tsunami, acoustic wave, atmospheric gravity wave, concentric wave