

## 地震発生に伴う電離圏全電子数の周波数帯域別変動

## Frequency dependence of the variations of total electron content associated with earthquakes

阿部 圭吾<sup>1</sup>, 中田 裕之<sup>1\*</sup>, 鷹野 敏明<sup>1</sup>, 齊藤 昭則<sup>2</sup>, 津川 卓也<sup>3</sup>Keigo Abe<sup>1</sup>, Hiroyuki Nakata<sup>1\*</sup>, Toshiaki Takano<sup>1</sup>, Akinori Saito<sup>2</sup>, Takuya Tsugawa<sup>3</sup><sup>1</sup> 千葉大学大学院工学研究科, <sup>2</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>3</sup> 情報通信研究機構<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Chiba University, <sup>2</sup>Graduate School of Science, Kyoto University, <sup>3</sup>National Institute of Information and Communications Technology

電離圏全電子数 (Total Electron Content, 以下 TEC) と地震との関係はこれまでも報告されている [e.g. Calias and Minster, 1995; Afraimovich et al., 2001]。それに対し、変動の空間スケールについての報告は必ずしも多くない。空間スケールを調べるためには、国土地理院により整備された GPS 連続観測システム (GEONET) のように密な GPS 観測網が有効である。この GEONET データを用いて、Tsugawa et al. により、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では震央付近から波紋状に広がる TEC の変動が報告された。しかしこれほど明確な TEC 変動が観測されることは少ない。そこで本研究では、地震に伴う TEC 変動の空間スケールを調べるため、TEC の時系列データを周波数分解し、各帯域でのスペクトル強度の時空間変化について解析した。本研究では、GEONET から得られた GPS-TEC データを用い、地震発生時の各帯域における TEC 変動のスペクトル強度を導出した。電離圏は高度 350 km にある薄層と仮定し、この高度で貫通点を求め、32 分間分のデータに対してフーリエ変換を行いスペクトル強度を求めた。解析対象は 2000-2012 年に日本内陸、近海で起きた M6.0 以上の地震である。その結果、M6.8 以上の地震 19 イベント中 15 イベントにおいて震央付近で TEC の変動が確認できた。特に 4.17-5.21mHz で変動がよく検出された。この帯域は大気と固有地球の共鳴周波数と一致しており、地震による地面の変位もしくは津波によって生じた音波が TEC 変動の原因と考えられる。次に、TEC 変動と波動源の変位との関係について調べるため、震央の地面の変位、震央付近での津波の高さと TEC のスペクトル強度との相関について調べた。地面の変位推定には防災科学技術研究所の地震計データを利用した。また、津波の高さ推定には、気象庁の波浪計データを利用した。その結果、波動源の位置と最大 TEC が検出された貫通点との距離及び電離圏での  $h'_{F2}$ 、 $FoF2$  を考慮に入れたところ、津波が発生した地震では、最大 TEC 変動量と津波の高さの相関係数が 0.8559 であった。また、二次元分布図において震央から遠距離まで波紋状に広がる変動が確認できた地震は 2011 年の東北地方太平洋沖地震 (M9.0)、2003 年の十勝沖地震 (M8.0)、2004 年の紀伊半島南東沖地震 (M7.4) の 3 イベントであった。これらは推定された津波の高さが高いもの上位 3 つであり、遠距離まで伝搬したのが大気重力波と考えると、津波の高さと大気重力波の振幅は相関があると推定できる。一方、津波が発生していない海洋地震、内陸部地震両方での相関は低かった。内陸部地震ではレイリー波による地面の変動、津波なし海洋地震ではレイリー波による地面の変動と、津波発生にまでは至らなかった海面変動が波動源であり、津波に比べて大気波動を発生しにくかったと考えられる。しかし全事例を通して、波動源の変位が高いと二次元分布図において TEC 変動が確認できたことから、津波が発生しなかった地震においても波動源の変動量と TEC 変動量には相関があると考えられる。

キーワード: 電離圏, TEC, 地震, 大気重力波, 音波, FFT

Keywords: ionosphere, TEC, earthquake, atmospheric gravity wave, acoustic wave, FFT