

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310129

研究課題名(和文)GPS-TEC測定による緊急津波速報の開発

研究課題名(英文)Early warning system of tsunami by observing tsunamigenic ionospheric hole

研究代表者

鴨川 仁(KAMOGAWA, Masashi)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号：00329111

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：海溝型巨大地震発生約9分以降に生じる津波電離圏ホールの測位衛星全電子数(測位衛星受信点から衛星までの視線方向に対する電離圏全電子数)測定で、早期津波予測の基幹技術の開発を目指した。津波電離圏ホールとは広域かつ1時間程度発生する電離圏プラズマ密度の減少である。本研究では、文献で報告されている初期津波高と全電子数減少率の関係を日本における津波を伴う複数の大地震で求めた。その結果、単調増加な相関が得られたため、全電子数観測で初期津波高を算出できる見込みが立った。故に本研究により15分前後のタイムラグで実用的な早期津波予測ができるとみられる。

研究成果の概要(英文)：Low frequency acoustic waves, termed infrasonic waves, are excited by the sudden displacement of ground and sea surface at large earthquake (EQ) and tsunami. When the acoustic waves propagate into the ionosphere, they disturb the ionospheric plasma. The plasma disturbance has been detected by the measurement of total electron contents (TEC) between a satellite of Global Positioning Systems (GPS) and its receivers on the ground. In addition to the acoustic waves, a TEC depression lasting for a few minutes to tens of minutes, termed tsunamigenic ionospheric hole (TIH), is formed by the large EQ with tsunami above the tsunami source area. The largest TEC depression appears 10 to 20 minutes after the main shock. In this study, we show the quantitative relation between the initial tsunami height and the TEC depression rate caused by the TIH. Accordingly, the ionospheric TEC measurement is applicable to an early warning system of tsunami.

研究分野：地球電磁気学

キーワード：津波 地震 電離圏 津波電離圏ホール

1. 研究開始当初の背景

大地震・大津波における地表面の変位が大気の音波を励起し、その音波が10分弱で電離圏に伝わり、電離圏プラズマの変動を引き起こすことは、1960年代から知られていた(図1)。このような変動は、GPS受信点データを用いた電離圏の全電子数測定(Total Electron Content: TEC)ができるようになってからは、音波の伝搬が視覚的に捉えられるようになった。

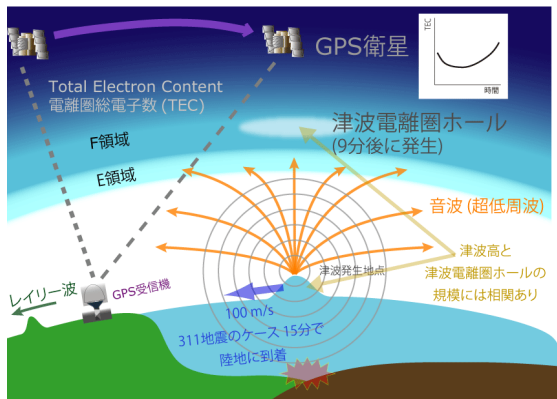


図1 津波電離圏ホール概念図。

2. 研究の目的

2011年の東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、津波発生源のほぼ直上の電離圏において、約1時間定在する非伝搬性の大きな電子数減少が申請者らによって発見され、津波電離圏ホールと名付けられた(Kakinami & Kamogawa et al., GRL, 2012)(図1, 2)。2004年スマトラ沖地震(M9.1)、2010年チリ地震(M8.8)をはじめとした他の地震でも見られている。その後、フランスのグループによって世界中の津波地震においても津波電離圏ホールの発生が報告された(Astafyeva et al., GRL, 2013)。また、情報通信研究開発機構(NICT)のグループによって津波電離圏ホールがシミュレーションで再現された(Shinagawa et al., GRL, 2013)。この津波電離圏ホールは津波発生地点の直上に発生し、その変動は津波規模に関連しているため(図3)、これらの検知で、津波規模の早期予測ができると期待される。

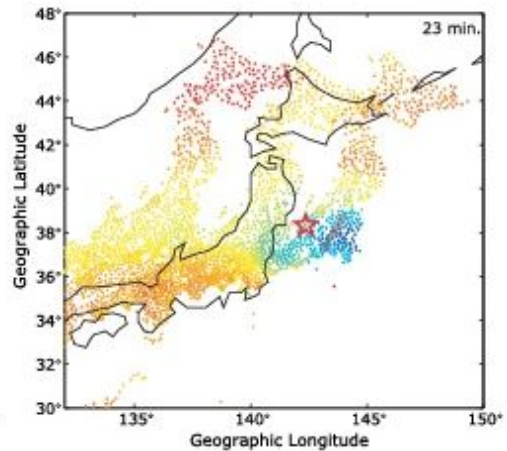


図2 津波電離圏ホールは津波発生領域(斜線部)直上に発生する。図は2011年東北地方太平洋沖地震発生から23分後の様子。

は震央を示す。(Kakinami & Kamogawa et al., GRL, 2012)

3. 研究の方法

過去の津波地震について事例解析を行い、津波発生時の変位とTEC減少量(電離圏プラズマ減少量)の定量的な関係を示す。解析の初期段階では、日本・日本近海の津波地震に注目する。なぜなら、GPS受信点データが空間的に充実していることとプラズマの運動は中性大気とは異なり磁力線に支配されるため、津波によって励起された音波・重力波の運動は電離圏高度においては単純にならない。そのため、少しでも単純化を図るために電離圏における磁力線向きが大きく異なる場所に着目する。

4. 研究成果

波動成分の分離を日本国内および隣国の地磁気データを用いて波動成分が生み出す誘導磁場に着目し、図3に示すような複数存在する波動の物理的理解に成功した。その成果では、1)かねてから存在を指摘されていた地震起源の沿磁力線電流の立証(日本の地磁気共役点になるオーストラリアにおいても変動の検出し、存在を確認)、2)地表を伝搬するレイリー波起因の電離圏内弧状電流の発見、3)津波伝搬が海中に作る電流起因の磁場変動成分の抽出と、地震・津波起源の地球電磁気的変動の包括的理解に

大きく前進した。これらの知見をもとに、電離圏変動の波動成分と津波電離圏ホール成分を分離し、GPS 受信点が稠密にある日本のデータを用いて、津波電離圏ホール規模と初期津波高（複数の文献によるシミュレーションないしは観測による逆算値）の関係を得ることができた(図 4)。現在の結果では概ね正の相関がられ、目標とする結果は得られた。

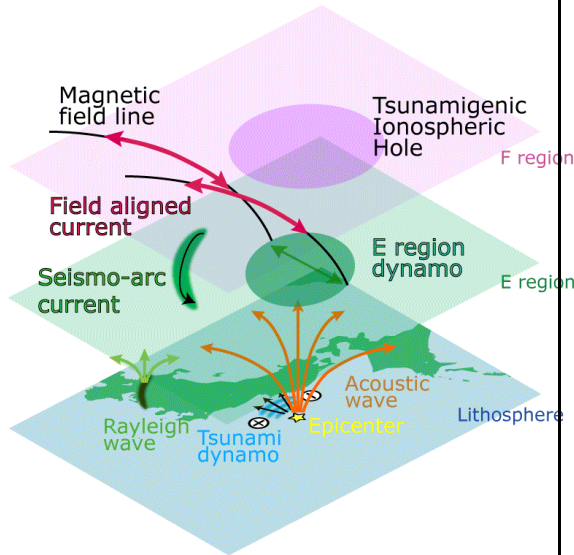


図 3 地震・津波起源の地球電磁気的変動の概略図。津波電離圏ホール、沿磁力線電流、電離圏弧状電流、津波ダイナモによる海中内電流などの電磁気的変動が生じている。

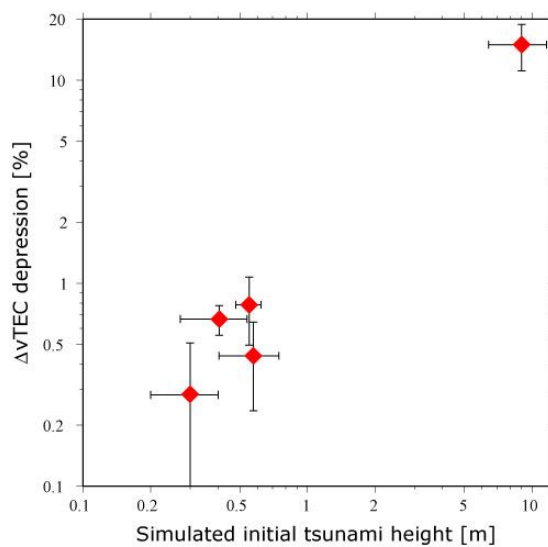


図 4 初期津波高(横軸)と地震・津波発生後の電離圏電子数減少率。大きな減少率から順番に 2011 年東北地方太平洋沖地震, 2003 年十勝沖地震, 2004 年紀伊半島地震(本震、前震)

の結果。いずれの地震も津波を伴った。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

Zhang, F., M. Nakamura, Y. Suzuki, Y. Orihara, C. Tsurudome, D. Ikeda, K. Ohora, J. Y. Liu, M. Kamogawa, Preliminary Analyses of Micro Pressure Data Associated with Volcanic Eruption near Nishinoshima, Tsunami, and Storm at Ogasawara, Japan, Bull. Inst. Oceanic Res. & Develop. Tokai Univ., 35, 43-52 (2014)

<http://www.scc.u-tokai.ac.jp/~289077/bulletin/bulletin35.html>

M. Kamogawa, and Y. Kakinami, Is an ionospheric electron enhancement preceding the 2011 Tohoku-Oki earthquake a precursor?, J. Geophys. Res.. 118, A50118 (2013)

DOI:10.1002/jgra.50118

Y. Kakinami, M. Kamogawa, S. Watanabe, M. Odaka, T. Mogi, J. Y. Liu, Y.-Y Sun, T. Yamada, Ionospheric ripples excited by superimposed wave fronts associated with Rayleigh waves in the thermosphere, J. Geophys. Res.. 118, A50099 (2013)

DOI:10.1002/jgra.50099

Y. Kakinami, M. Kamogawa, Y. Tanioka, S. Watanabe, A. R. Gusman, J.-Y. Liu, Y. Watanabe, and T. Mogi (2012), Tsunami-induced ionospheric hole, Geophys. Res. Lett., 39, L00G27, doi:10.1029/2011GL050159.

[学会発表](計 1 件)

Masashi Kamogawa, Ionosphere Coupling Processes, 40th COSPAR Scientific Assembly, 2 - 10 August 2014, Moscow, Russia (Solicited)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

鴨川 仁 (KAMOGAWA, Masashi)

東京学芸大学・教育学部・准教授

研究者番号 : 00329111

(2)研究分担者

柿並 義宏 (KAKINAMI, Yoshihiro)

高知工科大学・工学部・助教

研究者番号 : 00437758