

VLF/LF 帯標準電波観測ネットワークによる下部電離圏擾乱の研究

代表者 大矢 浩代 千葉大学・大学院工学研究院 (ohya@faculty.chiba-u.jp)
共同研究者 土屋 史紀 東北大学・大学院理学研究科 PPARC (tsuchiya.f@tohoku.ac.jp)

1. 目的

本課題の研究目的は、「VLF/LF 帯標準電波観測ネットワーク」データを用いて、高エネルギー粒子降下、太陽フレア、地震、火山噴火、および火球に関連した D 領域・下部 E 領域変動を調べることを目的とする。本研究で用いる「VLF/LF 帯標準電波観測ネットワーク」は東北大学惑星プラズマ・大気研究センター (PPARC) の土屋准教授が国内、東南アジア、北米、ヨーロッパおよびロシアに構築した標準電波の観測ネットワークで、下部電離圏で反射された電波を複数地点で受信することにより下部電離圏の鉛直方向の運動を観測するシステムである。現在、標準電波の受信点は国内 2 地点、海外 7 地点にあり、問題なく稼働している。標準電波観測は伝搬路に沿った下部電離圏電子密度変動の積分値として観測され、高感度・高時間分解能でモニタリングできるという利点がある。

2. 計画、方法

当初 2020 年度から本共同研究を開始する予定であったが、2020 年度は新型コロナのため実施できず、2021 年度に継続となった。2021 年度は、2022 年 3 月に東北大学大学院理学研究科の H-26 物理系研究棟屋上に、グローバルサーキットの電流推定のため、大気電場計を新規に設置した。2022 年度は、PPARC 飯館観測所に、大気電場計を新規設置する予定である。2021 年度は、2015 年ネパール地震、2016 年阿蘇山噴火、2018 年北海道火球および北米における ULF 変動による高エネルギー電子降下に関連する下部電離圏変動を、PPARC の VLF/LF 帯標準電波データを解析することにより明らかにした。

3. 結果および考察

2021 年度は、2015 年ネパール地震、2016 年阿蘇山噴火、2018 年北海道火球および北米における ULF 変動による高エネルギー電子降下に関連する下部電離圏変動について報告したが、一例としてここでは、2015 年 4 月 25 日 06:11 UT にネパールで発生した地震 (Mw: 7.8) に関連する下部電離圏変動について報告する。図 1 に、ネパール地震時の BPC (送信周波数: 68.5 kHz, 中国) 送信、滝根 (福島県、TKN) 受信の LF 帯標準電波の振幅、位相、それらのウェーブレットスペクトルを表す。震央と BPC-TKN パスとの間の最短距離は、3025 km である (図 2)。振幅と位相の両方に、音波が伝搬パスの midpoint に到達する時刻 (青線) 直後に 100-300 s の周期成分がある。振幅および位相の変動量はそれぞれ ± 0.1 dB および $\pm 1^\circ$ だった。仁川 (韓国、INCN) は BPC-TKN パスの 1-hop 地点 (midpoint) に近い位置にあり、地震波の上下動速度成分は標準電波と似たような 100-200 s の周期成分を持っていた。標準電波と地震波のコヒーレンスについて、地震波と振幅データで 0.90 (周期: 146 s)、位相データで 0.72 - 0.77 (周期: 128 - 256 s) と高い相関を示した。図 3 は 1-hop 地点の反射高度が 77 km から周期 140 s で ± 40 m 変動しているとしたときの Wave hop 法による計算結果を実測値と比較したものであり、実測値と計算値がよく一致していることが分かる。以上から、1-hop 地点でレイリー波に励起された音波が高度 77 km まで鉛直伝搬して電離圏変動を引き起こしたと結論付けた。

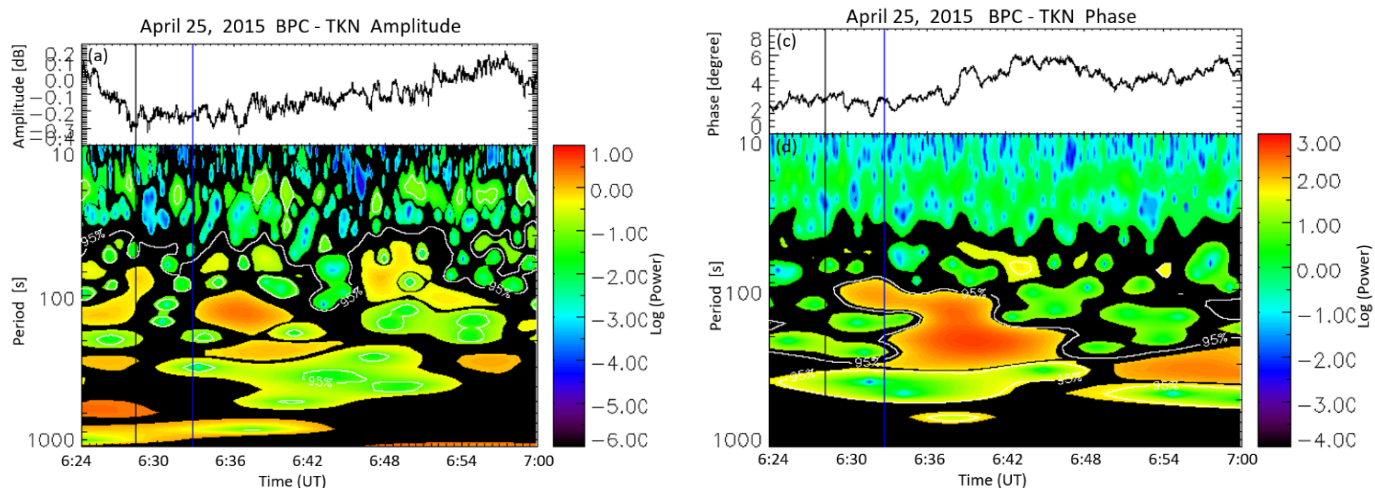


図 1 2015 年 4 月 25 日 06:24-07:00 UT の BPC-TKN 伝搬パスの(a)振幅、(b)(a)のウェーブレットスペクトル、(c)位相および(d)(c)のウェーブレットスペクトル。黒および青の縦線は、音波が伝搬パスに最早で到達した時刻とパスの中間点に到達した時刻をそれぞれ表す。

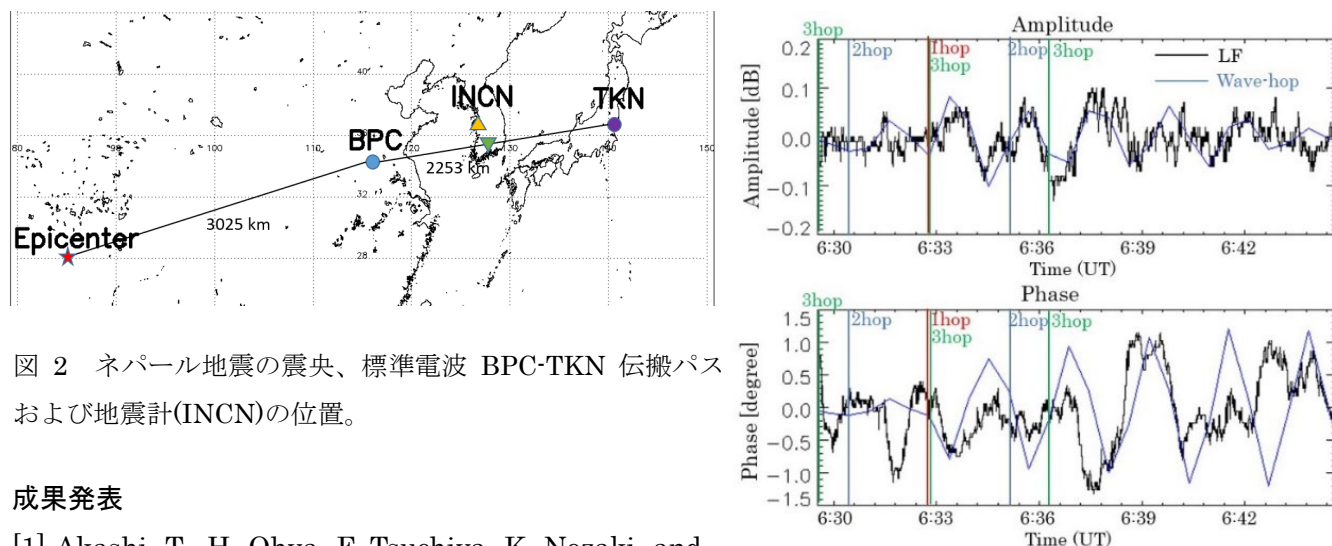


図 2 ネパール地震の震央、標準電波 BPC-TKN 伝搬パスおよび地震計(INCN)の位置。

成果発表

[1] Akashi, T., H. Ohya, F. Tsuchiya, K. Nozaki, and

H. Nakata, Variation in the D-region ionosphere after the 2015 Nepal earthquake using LF transmitter signals, *Journal of Atmospheric Electricity*, 40(1) pp.1-9, 2021.

[2] Ohya, H., Y. Orito, F. Tsuchiya, M-Y. Yamamoto, H. Nakata, and A. Yoshikawa, D-region ionospheric effects for 2016 eruptions of Mt.

Aso using LF transmitter signals, PEM11-14, JpGU2021, Online, 30 May-6 June, 2021.

[3] Ohya, H., Y. Orito, F. Tsuchiya, M. Yamamoto, H. Nakata, and A. Yoshikawa, RESPONSE OF THE D-REGION IONOSPHERE TO 2016 VOLCANIC ERUPTIONS OF MT. ASO USING LF TRANSMITTER SIGNALS, AOGS2021, Online, 1-6 August, 2021.

[4] Ohya, H., Y. Orito, F. Tsuchiya, M. Yamamoto, H. Nakata, and A. Yoshikawa, Ionospheric effects of the 2016 Mt. Aso volcanic eruption based on subionospheric LF observations, IAGA-IASPEI2021, Online, 21-27 August, 2021.

図 3 2015 年 4 月 25 日 06:29:41~06:44:41 UT の LF 波の実測値とウェーブホップ法の計算値の比較:(上) 振幅および(下) 位相。黒の波形が LF 波の実測値で青の波形がウェーブホップの計算値を示す。赤、青、緑の縦線はそれぞれ 1-hop 地点、2-hop 地点、3-hop 地点への音波の到達時刻を示す。

他、国内外発表 9 件。