

R005-11

B会場：11/4 PM2 (15:45-18:15)

16:45~17:00

HF ドップラー観測により得られた 2022 年トンガ噴火に伴うドップラーシフトの周期的変動

#中田 裕之¹⁾, 細川 敬祐²⁾, 斎藤 享³⁾, 大塚 雄一⁴⁾, 富澤 一郎⁵⁾

⁽¹⁾ 千葉大・工,⁽²⁾ 電通大,⁽³⁾ 電子航法研,⁽⁴⁾ 名大・宇地研,⁽⁵⁾ 電通大・宇宙電磁環境

Periodic variations of Doppler shift observed with HF Doppler sounding in association with the 2022 Tonga volcanic eruption

#Hiroyuki Nakata¹⁾, Keisuke Hosokawa²⁾, Susumu Saito³⁾, Yuichi Otsuka⁴⁾, Ichiro Tomizawa⁵⁾

⁽¹⁾ Grad. School of Eng., Chiba Univ., ⁽²⁾ UEC, ⁽³⁾ ENRI, MPAT, ⁽⁴⁾ ISEE, Nagoya Univ., ⁽⁵⁾ SSRE, Univ. Electro-Comm.

The Tonga volcanic eruption that occurred on January 15, 2022, at 4:00 (UTC) was an extremely large eruption. It has already been reported that TEC variations associated with the Tonga eruption propagated globally (Lin et al., 2022; Saito 2022; Themens et al., 2022). One of the characteristics of the ionospheric variations associated with the Tonga eruption is that the variations also occurred at conjugate points. In Japan, pressure variations of about 2 hPa, which arrived directly from the eruption, were observed from 11:00 UT to 12:00 UT, about 7 hours after the eruption. TEC variations were also observed earlier than the arrival of the pressure variation. It is thought that the TEC variations were caused by pressure changes propagated to Australia, which is the conjugate point of Japan, and that the variations propagated over Japan through magnetic field lines. In fact, TEC variations were observed in Australia about one and a half hours after the eruption, which is consistent with the TEC variations that occurred over Japan.

With the occurrence of ionospheric variations over Japan, Doppler frequency variations have also been observed in HF Doppler observations. Ionospheric fluctuations were observed at most of the stations. In addition, at Sarobetsu station, a characteristic periodic Doppler frequency variation was observed at 5006 kHz transmitted from Chofu. The period of this variation was about 4 minutes and showed the wavy fluctuation seen like the occurrence of traveling ionospheric disturbances (TIDs), characterized by the simultaneous observation of three frequencies at a certain time. From the TEC observations, the ionospheric disturbance propagated east-west, and the wavefront followed a north-south direction. Chofu-Sarobetsu has a north-south propagation path and is parallel to the wavefront. In this situation, it is possible to satisfy the radio wave reflection condition at three points on the ionosphere in the radio wave propagation between Chofu and Sarobetsu. The propagation paths of Chofu-Okinawa and Chofu-Awaji were also relatively long-distance propagation like Sarobetsu, but such variations were not observed in these propagation paths. This is because the reflection condition was not satisfied as in Chofu-Sarobetsu because the propagation path was perpendicular to the wavefront of the ionospheric disturbances.

In this eruption, it has been reported that Lamb waves propagated far away from the volcano and that atmospheric gravity waves were generated and followed the Lamb wave. In the simulation results, it is found that the atmospheric gravity waves were trapped in the region between the ground and the lower ionosphere and their period was about 4 minutes (Nakajima, 2022). Ionospheric disturbance generated by these gravity waves propagated to the opposite hemisphere, which caused fluctuations around Japan.

2022 年 1 月 15 日 4 時 (世界標準時) に発生したトンガ海底火山噴火は、その規模が VEI6 であることからわかるように極めて大規模な噴火であった。トンガ噴火に伴う TEC 変動が全地球的に伝搬したことが既に報告されている (Lin et al., 2022; Saito 2022; Themens et al., 2022)。今回のトンガ噴火に伴う電離圏変動の特徴として、変動の共役性が挙げられる。日本では、噴火から約 7 時間後の 11:00UT-12:00UT にかけて噴火から直接到達してきた気圧変化が観測された。それと同時に TEC 変動も観測されているが、この空振の到来よりも早い時間にも TEC 変動が観測されている。これは日本の共役点であるオーストラリアに伝搬した気圧変化により TEC 変動が発生し、磁力線を通じて、日本上空で変動が発生したと考えられる。事実、噴火から約 1 時間半後にオーストラリアで TEC 変動が観測されており、日本上空で発生した変動と一致しており、また、磁気共役点に変動を射影すると、その分布が一致することからもわかる。

日本上空での電離圏変動の発生に伴い、HF ドップラー観測においてドップラー周波数変動も観測されている。電離圏変動自体はほとんどの観測点で観測されたが、調布-サロベツ間の 5006 kHz の観測では、特徴的な周期的変動が観測された。周期は約 4 分で、TID 発生時に見られる波状の変動を示しており、ある時刻に同時に 3 つの周波数が観測されていることが特徴である。電離圏電子密度構造が波状になることで、同時に 3 つの反射点が存在するために観測されたものと考えられる。TEC 観測から、今回の電離圏擾乱は、日本上空においてほぼ東西に伝搬しており、波面は南北に沿っている。調布-サロベツはほぼ南北に伝搬経路を持ち、波面に平行となることから、このような受信が可能になったと考えられる。調布-沖縄、調布-淡路もサロベツ同様に比較的長距離の伝搬であるが、このような変動は観測されなかった。伝搬経路が波面に垂直なため、調布-サロベツのような反射条件を満たさなかったと考えられる。

今回の噴火では、ラム波による大気波動が遠方まで伝搬したことが報告されているが、その後に大気重力波も継続して発生しており、伝搬していることが報告されている。大気重力波は、地上と下部電離圏で捕捉された波動で約 4 分周期であり (Nakajima, 2022)、これが反対半球に伝搬することで日本付近にも約 4 分周期の変動が生じたと考えられる。