

R005-34

B会場：9/25 PM2 (15:45-18:15)

16:15~16:30

2022年1月15日のトンガ火山噴火に伴う大気圏・電離圏変動のシミュレーション研究

#品川 裕之¹⁾, 三好 勉信²⁾

¹⁾九州大学国際宇宙惑星環境研究センター,²⁾九大・理・地球惑星

Simulation study of atmosphere-ionosphere variations associated with the eruption of Tonga volcano

#Hiroyuki Shinagawa¹⁾, Yasunobu Miyoshi²⁾

¹⁾International Research Center for Space and Planetary Environmental Science, Kyushu University,²⁾Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

On 15 January 2022 significant variations in the ionosphere and the atmosphere were observed worldwide, which is clearly associated with the eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'apai in Tonga. In this event, various kinds of phenomena have been reported: (1) generation and propagation of atmospheric waves such as acoustic-gravity waves, Lamb waves, and Pekeris waves, (2) TIDs (traveling ionospheric disturbances) concentrically propagating from the eruption site, (3) significant depletion of TEC (total electron content) near the eruption site, (4) oscillations in TEC and the geomagnetic field with a period of several minutes corresponding to acoustic resonance mode in the atmosphere, (5) variations in TEC/geomagnetic field in the magnetic conjugates, (6) global neutral wind variations, and (7) occurrence of equatorial plasma bubbles.

To reproduce and understand the atmospheric-ionospheric disturbances driven by the eruption of the volcano, various simulation studies have been recently made. At the present time, some of the studies have successfully reproduced Lamb waves and some gravity waves, producing traveling ionospheric disturbances (TIDs), and global thermospheric wind variations. However, most of the present studies use a hydrostatic atmospheric model, which is unable to include vertical compressibility of the atmosphere. Therefore, those models cannot reproduce acoustic shock waves, upward propagation of acoustic waves, and atmospheric oscillation with a period of a few minutes generated by the vertical acoustic resonance. Although there are a few simulation studies using a nonhydrostatic atmospheric model, various approximations and assumptions are made to express the atmospheric disturbances driven by the volcanic eruption. At the moment, existing atmosphere-ionosphere models related to the volcanic eruption are not very realistic.

To better reproduce the atmosphere-ionosphere variations driven by the volcanic eruption, we employed an axisymmetric 3-D nonhydrostatic atmospheric model and the whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA. In this simulation, a sudden temperature change in the eruption point is given to the nonhydrostatic atmospheric model, and then the calculated neutral wind variations are incorporated into GAIA to simulate ionospheric variations driven by the eruption.

We found that the simulation can produce various kinds of atmospheric waves generated by the eruption, such as acoustic waves, gravity waves, Lamb waves, Pekeris waves, and TIDs concentrically propagating from the eruption site, and atmospheric oscillations with a period of a few minutes. In addition, the results indicate that the eruption generates supersonic shock waves in the volcanic region, leading the extremely large vertical oscillations in the thermosphere and ionosphere. However, there are still quantitative disagreements between observations and simulations about TEC variations in the magnetic conjugate region of the eruption site, and significant TEC decrease near the Tonga region after the eruption.

We will present the results of the simulation and discuss similarities and differences between simulations and observations.

2022年1月15日のトンガのフンガ・トンガ=フンガ・ハアパイ火山噴火では顕著な大気圏・電離圏変動が観測され、それに伴うさまざまな現象が報告されている。主なものとしては、(1) 音波、重力波、Lamb波、Pekeris波などの大気波動の生成と伝搬、(2) 噴火地点を中心として同心円状に広がって伝搬するTID(伝搬性電離圏擾乱)、(3) 噴火後の震源付近でのTEC(total electron content)減少、(4) 数分周期の大気音波共鳴モードに対応するTEC/地磁気振動、(5) 磁気共役点でのTEC/地磁気変動、(6) グローバルな中性風変動、(7) プラズマバブルの発生、などがある。

これらの現象の再現と解明のために、最近、さまざまな大気圏・電離圏シミュレーションによる研究が行われている。現時点で、Lamb波とそれに伴う重力波、同心円状に伝搬するTIDや、グローバルな熱圏風系の変動などは概ね再現できている。しかし、これまでの研究は主に静力学平衡の大気モデルを用いたものであり、鉛直方向の大気の圧縮性による影響が入っていないため、噴火直後の衝撃波や音波の上方伝搬、音波共鳴による数分周期の大気の振動などは再現できていない。また、非静力学モデルを用いた研究もあるが、噴火の入力方法などでさまざまな近似や仮定を用いており、まだ十分に現実的なモデルにはなっていない。

我々は、軸対称全球3次元非静力学平衡大気圏モデルと全領域大気圏-電離圏結合モデル GAIA を組み合わせることにより、トンガの噴火に伴う大気圏・電離圏変動の数値シミュレーションを行った。このシミュレーションでは、非静力学大気圏モデルに火山噴火の地点で急激な温度変化を与え、その後の中性風速度変動を求め、その結果を GAIA の背景風に加えることによって、火山噴火に起因する大気圏・電離圏変動を求めた。

このシミュレーションの結果、火山噴火に伴う衝撃波、音波、重力波、Lamb 波、Pekeris 波などの大気波動やそれらに起因する TID、数分周期の音波共鳴振動などが概ね再現された。また、噴火地点の直上では、超音速の衝撃波の上方伝搬や、鉛直方向の非常に激しい熱圏・電離圏振動が起きていたことが示唆された。しかし、電場を介した磁気共役点での TEC 変動や、噴火直後の震源付近の TEC 減少など、定量的には観測と一致しない点もあることがわかった。

本発表では、シミュレーション結果と観測の比較を行い、その類似点と相違点について議論を行う予定である。