

あらせ衛星と GNSS-TEC 観測データに見られる 2022 年トンガ火山噴火後の赤道プラズマバブルの発生について

Generation of equatorial plasma bubble after the 2022 Tonga volcanic eruption as seen in Arase satellite and GNSS-TEC observation data

新堀淳樹¹ 惣宇利卓弥¹ 大塚雄一¹ 西岡未知² Septi Perwitasari² 津田卓雄³ 熊本篤志⁴
Atsuki Shinbori¹ Takuya Sori¹ Yuichi Otsuka¹ Michi Nishioka² Perwitasari Septi² Takuo Tsuda³ Atsushi Kumamoto⁴
土屋史紀⁴ 松田昇也⁵ 笠原禎也⁵ 松岡彩子⁶ 三好由純¹ 篠原育⁷
Fuminori Tsuchiya⁴ Shoya Matsuda⁵ Yoshiya Kasahara⁵ Ayako Matsuoka⁶ Yoshizumi Miyoshi¹ Iku Shinohara⁷

¹名古屋大学

¹Nagoya University

³電気通信大学

³The University of Electro-Communications

⁵金沢大学

⁵Kanazawa University

⁶京都大学

⁶Kyoto University

²情報通信研究機構

²National Institute of Information and Communications Technology

東北大学

Tohoku University

⁷宇宙科学研究所

⁷Institute of Space and Astronautical Science

1. はじめに

赤道プラズマバブルは、赤道電離圏で発生する電子密度の不規則構造を指し、周辺に比べて電子密度が 2 桁ほど低下した構造を持つ。そのような電子密度の不規則構造は、衛星の測位や通信に深刻な影響を与えるため、EPB がいつ、どこで発生するかを予測・予報することは、宇宙天気研究の重要な課題の一つである。2022 年 1 月 15 日、1000 年に一度といわれるトンガ沖の海底火山の爆発的噴火は、世界中に強力な衝撃波と圧力波をもたらし、圧力波によって高速伝搬する津波を発生させた。この噴火の影響は大気圏上部の電離圏に到達していたことが超高層大気と電離圏観測で確認されている。さらに、この噴火は赤道から低緯度電離圏においてプラズマバブルを発生させた。本研究では、トンガ火山噴火に伴う気圧波が EPB を発生させることを観測的に実証するために、あらせ衛星とひまわり 8 号機衛星、イオノゾンデ、GNSS-TEC の観測データを解析した。

2. 解析結果

解析の結果、トンガ火山噴火に伴って発生した気圧波(図 1a のグレースケール表示)の到来のタイミングで、磁気赤道を挟んで 5 分間の TEC の時間変化の分散値(図 1a のカラースケール表示)が増加している領域が現れていることがわかった。その分散値の増加は、電離圏電子密度の不規則構造の形成を示しており、この結果は、トンガ火山噴火によって発生した対流圏を伝搬する気圧波から生成された大気変動が上方へと伝搬し、電離圏電子擾乱を引き起こしたことを意味する。そのような中、あらせ衛星は、気圧波と正面衝突する形で夕方過ぎの近地点付近(高度 400 km)を通過し、その後、宇宙空間へと飛翔していた。同衛星で観測された自然プラズマ波動から導出した電子密度の時系列プロット(図 1b)に着目すると、大気圏を伝搬する気圧波の到来の数分前に電子密度の急増が起こり、その後、電子密度が周囲と比べて 1~2 桁も電子密度が急減する多数のプラズマバブルが形成されていた。さらに、あらせ衛星によって捉えられた電子密度擾乱の出現領域は、5 分間の TEC の時間変化の分散値の増加領域にも対応していることも分かった(図 1c)。このプラズマバブルは、少なくとも高度 2,000 km の宇宙空間まで伸びていたことを世界で初めてあ

らせ衛星による直接観測から明らかにした。高さ 2,000km まで到達するプラズマバブルは、過去の研究をふまえても極めて稀な現象である。

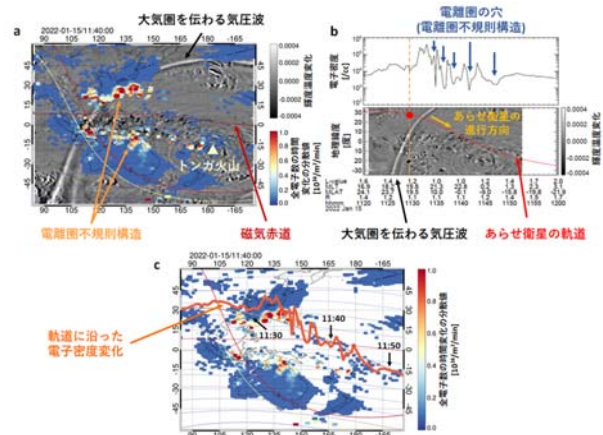


図 1：トンガ火山噴火後に観測された気圧波と電離圏不規則構造。

3. 結果の意義

今回の研究結果は、トンガ火山噴火による気圧波に伴ってプラズマバブルがアジア域の低緯度電離圏に発生したこと、そのプラズマバブルは通常よりも高高度まで達していたこと、プラズマバブルの発生要因となる電離圏の高度上昇は気圧波の到来よりも早く開始していたことを世界で初めて示した。この結果は、火山噴火等を通じて対流圏で生じた大気変動が、数分から数十分かけて電離圏へ伝搬し、電離圏電子密度変動を引き起こすという、従来の地圏—大気圏—電離圏結合の考え方を見直すことを示唆する。

本研究結果は、宇宙天気・防災面においても意義がある。トンガ火山噴火のような大規模イベントの場合、通常では起こりにくい条件下(季節、場所)でも、プラズマバブルが形成されうることを観測から示した。このような事例は、宇宙天気予報モデルには取り入れられておらず、今後、似たような事例を解析し、そこで得られた知見を取り込むことが期待される。これにより、今後、地震や火山噴火等の自然災害に起因した電離圏擾乱が起こった場合に、衛星放送や通信の障害の軽減に貢献できると考えられる。