

R005-16

A 会場 : 11/24 PM2 (15:30-18:15)

17:30~17:45

## アメリカ経度域における GNSS およびイオノゾンデ観測による中緯度プラズマバブルの統計的研究

#加藤 颯太<sup>1)</sup>, 大塚 雄一<sup>1)</sup>, 野澤 悟徳<sup>1)</sup>, 新堀 淳樹<sup>1)</sup>, 惣宇利 卓弥<sup>2)</sup>, 西岡 未知<sup>3)</sup>, PERWITASARI SEPTI<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup> 名大 ISEE, (<sup>2)</sup> 京大 RISH, (<sup>3)</sup> 情報通信研究機構

## Statistical study of mid-latitude plasma bubbles based on GNSS and ionosonde observation at the American longitudinal sector

#Sota Kato<sup>1)</sup>, Yuichi Otsuka<sup>1)</sup>, Satonori Nozawa<sup>1)</sup>, Atsuki Shinbori<sup>1)</sup>, Takuya Sori<sup>2)</sup>, Michi Nishioka<sup>3)</sup>, SEPTI PERWITASARI<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup>Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (<sup>2</sup>Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, (<sup>3</sup>National Institute of Information and Communications Technology

Radio waves used by Global Navigation Satellite System (GNSS) and satellite broadcasting and communications pass through the Earth's ionosphere. Plasma bubble, which is a localized plasma density depletion in the ionosphere and contains plasma density irregularities, affects radio waves passing through itself. Although the plasma bubbles are initiated at magnetic equator, recent GNSS observations have revealed the existence of a small number of plasma bubbles that reach mid or high latitudes. However, the conditions in which plasma bubbles extend to mid or high latitudes has not been clarified. In this study, we investigate relationship between poleward extension velocity of plasma bubble and ionospheric upward velocity at magnetic equator to clarify in which conditions, plasma bubbles reach mid-latitudes.

In this study, Total Electron Content (TEC) data obtained from GNSS receivers during the 11-year period from 2012 to 2022 in the American longitudinal sector (230° to 330° longitude), where many GNSS receivers are installed widely from the equator to high latitudes were analyzed. Virtual height of the F layer (h'F) from an ionosonde at Jicamarca (12° S, 283.2° E) were also used. From the GNSS-TEC data, two-dimensional map of Rate of TEC index (ROTI) representing ionospheric electron density irregularities are obtained. Mid-latitude plasma bubble is defined as an event in which a region of ROTI exceeding 0.5 TECU/min (1 TECU=10<sup>16</sup> m<sup>-2</sup>) extends from the vicinity of the magnetic equator to more than 30° magnetic latitude. In this study 48 mid-latitude plasma bubbles are found. To derive poleward extension velocity of plasma bubbles, the following procedures are carried out. The maximum ROTI is determined for each latitude in the longitudinal range from 230° to 330°. The poleward extension velocity of plasma bubble is derived from the slope of the enhanced ROTI region in the time-latitude cross-section of the maximum ROTI. The average value was about 500 m/s. Ionospheric upward velocity over the magnetic equator was also derived from the rate of increase in h'F data from an ionosonde at Jicamarca. The average value was about 18 m/s. Comparing the poleward extension velocity in the enhanced ROTI region with the ionospheric upward velocity, we find that the poleward extension velocity in the enhanced ROTI region increases with increasing ionospheric upward velocity. This result indicates poleward extension velocity of plasma bubble increases with the increase in the eastward electric field at the magnetic equator through the Rayleigh-Taylor instability. We also find that relationship between the maximum arrival magnetic latitude of the enhanced ROTI region and the ionospheric upward velocity is not discernible. We speculate that the maximum latitude of mid-latitude plasma bubbles depends on not only the eastward electric field at the magnetic equator but also the condition of the ionosphere where the plasma bubbles extend.

全地球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System ; GNSS) や衛星放送・通信で使われている電波は、電離圏を通過する。赤道域電離圏に発生するプラズマバブルは、電離圏の中で最も激しい擾乱現象のひとつであり、プラズマバブルの中を通る電波に障害をもたらす。プラズマバブルは、磁気赤道で発生するが、近年の GNSS 観測から、中緯度さらには高緯度まで達するプラズマバブルが少なからず存在することが明らかになった。しかし、どのような条件においてプラズマバブルが中・高緯度まで発達するかは明らかにされていない。そこで、本研究では、中緯度まで到達するプラズマバブルが極域方向に拡大する速度及び、赤道における F 層の上昇速度を導出し、中緯度まで到達するプラズマバブルの発生条件を明らかにする。

本研究では、赤道から高緯度まで GNSS 受信機が広く設置されているアメリカ域 (経度 230° から 330° ) において、2012 年から 2022 年の 11 年間に GNSS 受信機データから得られた全電子数 (Total Electron Content; TEC) データ、及び Jicamarca (12° S, 283.2° E) に設置されているイオノゾンデから得られた F 層の見掛け高度 (h'F) のデータを解析した。GNSS-TEC データから、電離圏電子密度擾乱を表す指数である Rate of TEC index (ROTI) を求め、ROTI の増大領域 (0.5 TECU/min 以上 (1 TECU=10<sup>16</sup> m<sup>-2</sup>)) が磁気赤道付近から磁気緯度 30° 以上にのびる事例を中緯度プラズマバブルとした。本研究では、48 例の中緯度プラズマバブルを検出した。これらの中緯度プラズマバブルの各事例について、経度 230° から 330° における ROTI の最大値を緯度ごとに抽出し、ROTI 最大値の時間-緯度断面図を作成した。図中における ROTI 最大値の傾きから、プラズマバブルが極域方向に発達する速度を導出した。平均値は約 500 m/s であった。また、Jicamarca のイオノゾンデで得られた h'F の時間変化から、磁気赤道における F 層の上昇速度を求めた。平均値は約 18 m/s であった。ROTI 増大領域の極方向への拡大速度と磁気赤道付近における F 層の上昇速度を比較すると、F 層

の上昇速度が大きいほど ROTI の増大領域の極域方向速度が大きくなる関係があった。この結果は、磁気赤道における東向き電場が増加すると、プラズマバブルの生成機構である Rayleigh-Taylor 不安定の成長率が大きくなり、プラズマバブルの発達速度が大きくなるためと考えられる。さらに、ROTI 増大領域の最大到達磁気緯度を F 層上昇速度と比較したところ、両者に明瞭な相関は見られなかった。この結果は、プラズマバブルの最大到達磁気緯度は、磁気赤道における東西電場だけでなく、プラズマバブルが発達する過程の電離圏の状態にも依存するためと考えられる。