

GPS-TECによる中緯度スボラディック E の空間構造の観測

前田 隼 [1]; 日置 幸介 [1]
[1] 北大・院理・自然史

Spatial structure of midlatitude sporadic-E with GPS total electron content observations

Jun Maeda[1]; Kosuke Heki[1]
[1] Hokkaido Univ.

Spatial structures of mid-latitude sporadic E are studied by GPS total electron content (TEC) observations, using a dense network of GPS receivers in Japan. With this GPS-TEC observation, sporadic E with foEs higher than 16 MHz can be detected as a positive TEC anomaly [Maeda and Heki, 2014]. A dense array of GPS receiving stations in Japan enables to image horizontal shapes of sporadic E by plotting vertical TEC anomalies on a map. Such TEC maps revealed that sporadic E over Japan has a common shape which is elongated in the east-west direction with typical length and width of ~200 km and ~20 km, respectively, regardless of occurrence latitudes. Directions of elongation and those of propagation show clear perpendicularity, e.g., an east-west aligned structure prefers to propagate southward or northward. Propagation speeds are distributed in the range of ~40-80 m/s, which are consistent with the speed of neutral winds at an altitude of a sporadic E layer.

We also observed smaller-scale structures by analyzing raw slant TEC time series with typical spatial resolution of ~2 km. The results show that plasma patches are quasi-periodically located in a horizontal plane in the east-west direction, as well as in the north-south direction regarding propagating sporadic E. Gradient-drift instability is one of the possible mechanisms that would create quasi-periodic (QP) structure in trailing edges of propagating sporadic E. On the other hand, QP structure in the east-west direction is assumed to be generated by a different mechanism such as shear instability in the neutral atmosphere, e.g., Kelvin-Helmholtz instability, or other plasma instabilities. In conclusion, at least two different mechanisms are involved in the formation of QP structures in the east-west and north-south sections.

GPS/GNSS が用いている 2 つのキャリア波の位相データを解析することで、電離圏の全電子数 (Total electron content: TEC) を観測することができる。この GPS-TEC 観測では foEs が 16 MHz を超えるようなスボラディック E を観測することが可能である (Maeda and Heki, 2014)。日本のように稠密な GPS 受信網をもつところでは、TEC の異常マップを作成することでスボラディック E の水平面構造を描写することが可能である。本研究ではこの GPS-TEC 観測を用いて日本上空に出現するスボラディック E の水平面構造を観測し、分析した。その結果、スボラディック E は東西方向に延びる帯状をしており、典型的な例では東西長 200 km、南北幅 20 km となった。この特徴は観測緯度に関係なく、稚内・国分寺・山川の各点で共通のものであった。また、伸長方位と伝搬方向が直交する規則性がみられ、東西に延びる帯構造のうち伝搬性を見せるもののほとんどは南北方向へと伝搬した。伝搬速度は ~40-80 m/s で、スボラディック E の高度における中性風速度と調和的であった。

TEC 異常マップの空間分解能は ~25 km 程度であるが、TEC の時系列データを分析することにより数 km スケールのプラズマ構造の観測も行った。その結果、東西に延びる帯構造の中にさらに小さな構造が含まれており、それらは準周期的な間隔で東西に並んでいることが明らかになった。同様の手法を用いて伝搬性のスボラディック E についても観測を行ったところ、その前縁はスムーズな構造をしていたが、後縁にはプラズマ・パッチが準周期的に並んでいる構造をしていた。伝搬方向は南北方向であったため、この準周期的な構造は南北に配置されていた。スボラディック E の水平面構造の中に電子密度の勾配があると仮定すると、gradient-drift 不安定によって伝搬方向とは逆側の帯構造後縁で不規則なプラズマ構造が形成されたと推察される。しかし、東西方向の準周期的なプラズマ構造は gradient-drift 不安定では説明できず、Kelvin-Helmholtz 不安定のような中性大気による不安定、あるいは他のプラズマ不安定によって形成されたとと思われる。いずれにせよ伝搬中のスボラディック E の水平面構造の形成には東西・南北の両方向で異なったメカニズムが働いていることが示唆された。