

スプラディック E 層発生の変動メカニズムと予測

品川 裕之 [1]; 陣 英克 [1]; 三好 勉信 [2]; 藤原 均 [3]; 埜 千尋 [1]
[1] 情報通信研究機構; [2] 九大・理・地球惑星; [3] 成蹊大・理工

Mechanism and prediction of variations in the sporadic E layer occurrence

Hiroyuki Shinagawa[1]; Hidekatsu Jin[1]; Yasunobu Miyoshi[2]; Hitoshi Fujiwara[3]; Chihiro Tao[1]
[1] NICT; [2] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.; [3] Faculty of Science and Technology, Seikei University

Sporadic E (Es) layer is a narrow layer with high electron density, which occasionally appears in an altitude region between about 90 km and 120 km. Since Es layer has significant influences on radio communications and broadcast, the prediction of occurrence of Es layer is one of the most important phenomena in space weather forecast. It is now widely accepted that Es is formed by combination of neutral wind shear and metallic ions originated from meteor ionization in the lower thermosphere. The neutral wind shear is generated by atmospheric tides propagating from the lower atmosphere.

Some studies have suggested that the variations in the Es layer occurrence are caused by the variations in the influx rate of meteors. For some periods, however, the patterns of the meteor influx variations do not agree with the seasonal variations of Es layer, and therefore, it is suggested that the variation in the Es layer are due to the variations in atmospheric tides. Although seasonal variations in atmospheric tides generally agree with the variation in Es layer occurrence, there are still problems: (1) previous observations indicate that in the altitude region between 100 km-110 km there is no clear seasonal or variations in neutral wind shear, and (2) scales of the neutral wind shears in the region are typically small and are not be able to gather enough metallic ions to produce Es layers. Those problems imply that mechanism of Es layer variations is not so simple. The mechanism of the day-to-day variations in Es layer is even less understood.

In order to understand the mechanism of Es layer variations, we analyzed the simulation data of the atmosphere-ionosphere coupled model, GAIA. We calculated the vertical ion drift velocity driven by neutral wind and the vertical ion convergence rate, and compared them with foEs obtained by the ionosonde observations. We found that (1) correlations between the downward ion drift or the vertical ion convergence and foEs are low in 100 km-110 km altitudes, and (2) variations in the downward ion drift or in the vertical ion convergence agree fairly well with variations in foEs in 120 km-130 km altitudes.

The results suggest that downward drift of the metallic ions in the region above 110 km is generated through horizontal neutral winds and the magnetic field. As the ions are transported downward, the electron density increases through the vertical ion convergence, reaching the 100 km-110 km altitude region, where small-scale neutral wind shear could generate a narrow Es layer.

We will also report the analysis of prediction of the daily variations of Es layer, and discuss the possibility of occurrence prediction of Es layer.

高度約 90 km から 120 km の間の領域に現れる厚さが薄く電子密度の高い層であるスプラディック E (Es) 層は、短波通信や放送にさまざまな影響を及ぼすことが知られており、その予測は宇宙天気予報における重要課題の一つである。Es 層の発生には明確な季節依存性があり、夏季には頻繁に発生するが、冬季にはあまり発生しない。また、顕著な日々変動も見られ、その予測は困難であると考えられてきた。

Es 層の基本的な生成メカニズムとしては、流星起源の金属イオンが下部熱圏の中性風シアによって集められて形成されるという考え方でほぼ一致しており、中性風シアについては、主に下層大気から伝搬してくる潮汐波によるものであるとされている。

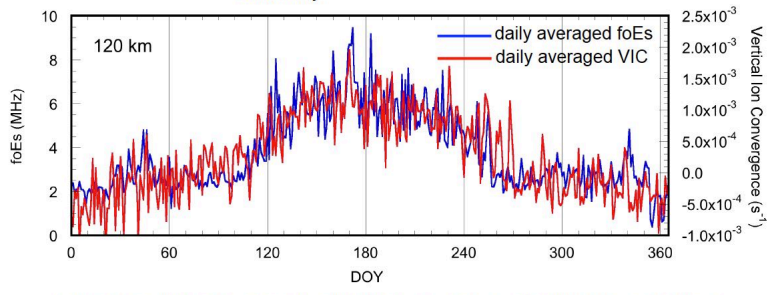
Es 層発生の季節変動は、以前は流星の入射量で説明しようとする研究があったが、変動のパターンが合わない時期があることなどから、最近では潮汐波などの大気波動のシアの変動が主な要因であるという考え方が主流となりつつある。潮汐波の季節変動は大まかには Es 層発生の季節変動に似ているが、まだいくつか問題がある。特に、(1) これまでの観測では、Es 層が最もよく現れる高度 100 km - 110 km の領域では中性風シアは不規則であり、季節変動はほとんど見られない、また、(2) この領域のシアのスケールでは周囲の金属イオンを集めても観測されているような高密度の Es 層を形成することができない、などの指摘があり、「中性風のシアで金属イオンを集める」という単純なメカニズムではないことがわかってきた。日々変動については具体的なメカニズムはさらにわかっていない。

本研究では、この Es 層変動のメカニズムを解明するため、全大気圏-電離圏結合モデル GAIA のシミュレーションデータとイオノゾンドの観測データを用いて、電離圏 E 層の中性風によるイオンの鉛直ドリフト速度や鉛直イオン収束率と、Es 層の大きさを表す foEs との関係を調べた。その結果、高度 100 km - 110 km での下向きイオンドリフトと鉛直イオン収束率はどれも、foEs との相関が低いのに対し、高度 120 km - 130 km 付近の下向きイオンドリフトと鉛直イオン収束率はどちらも、foEs の変動とかなり良く一致することがわかった。

この結果は、高度 110 km より高い E 層上部領域にある金属イオンが、熱圏下部の中性風と磁場による下向きドリフトによって密度を増大しつつ下向きに運ばれ、最終的に高度 100 km - 110 km の領域のスケールの小さいシアによって Es 層の形成に至ることを示唆している。

本発表では、この結果をもとに、日々変動の予測に関する解析を行った結果も報告し、GAIA を用いた Es 層の予測可能性について議論する。

Kokubunji 2009



国分寺の高度120kmにおける日平均したイオンの鉛直収束率 ($-\partial W/\partial z$) と日平均したfoEsの比較 (2009年)