

夕刻時における中緯度スプラディック E 層の水平面構造の時間変化

前田 隼 [1]; 日置 幸介 [1]
[1] 北大・院理・自然史

Temporal variations of horizontal structures of mid-latitude sporadic-E in the evening

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

Introduction

It is reported that a patchy sporadic-E (Es) layer in the mid-latitude region tends to have a NW-SE aligned horizontal structure. However, larger horizontal structures that lie a few hundred kilometers and their time variations have not been reported because of the limited spatial resolution of ground based radars. In this study, we tried to observe the horizontal structures and their time variations of strong mid-latitude Es over Japan with GPS-TEC method. With ~1200 GPS receiving stations operated by GSI, we measured total electron content (TEC) over Japan to detect Es and its horizontal structure. Because of its high spatial density (typical horizontal separations are 15-25 km) and time resolution (regularly sampled every 30 seconds), it is considered to be an ideal tool to image the horizontal structure and temporal evolution of Es in detail.

We have already reported the results of Es observations with GPS-TEC method. First time we showed the usefulness of GPS-TEC method in Es detection with a case study of 21 May, 2010, over Tokyo, Japan. Next time, we showed the typical E-W horizontal structures with four different Es over Japan. In this presentation, we are going to report the temporal variations of large band structures that strong Es show in the local evenings.

Method

We used GPS-TEC method with the GPS data of GEONET provided by GSI (gsi.go.jp). Phase difference (L4) of two microwave carriers, namely L1 (1.5 GHz) and L2 (1.2 GHz), are converted into slant TEC. We assumed that the vertical TEC changes in time as a cubic polynomial of time t . The detail of the model fitting procedure is given in Ozeki and Heki [2010]. The vertical TEC anomalies were derived by multiplying the residual slant TEC by the cosine of the incident angle of LOS with a thin layer at the Es altitudes.

We also used ionosonde data provided by NICT (http://wdc.nict.go.jp/ionog/10c_viewer/o_index.html) to examine the critical frequency and the height of the Es layer.

Results

In the local evenings, Es showed characteristic band structures that elongated in ENE-WSW in multiple cases. The horizontal structure of Es changed with time, it became E-W aligned keeping the band structure and then it was broken into some individual parts that aligned in WNW-ESE.

In the case of Es on 14 May 2010, at 17:10 LT, the Es appears at ~106 km altitude lying over Japan with the large band structure aligned in ENE-WSW whose length and width are ~350 km and ~30 km, respectively. The alignment of the band structure became E-W aligned around 18:00 LT, and then WNW-ESE around 18:10 LT.

In the case of Es on 21 May 2010, similar temporal variations of the horizontal structure of Es are observed. At 17:00 Lt, the Es lay over Japan with the band structure aligned in ENE-WSW whose length and width are ~150 km and ~30 km, respectively. The alignment of the band structure became E-W aligned around 17:10 ~17:20 LT, and then WNW-ESE around 17:30 LT. In addition to the time variation of the alignment, the E-W band was observed to be broken into a few smaller structures aligned in WNW-ESE, propagating southwestward.

Likewise, the snapshot of the horizontal structure captured on 13 May, 2012, shows similar ENE-WSW aligned structure.

These results suggest that strong Es whose foEs exceed 20 MHz, appearing in the local evenings, can develop the large WNW-ESE band structure.

はじめに

パッチ状をしたスプラディック E(Es) 層の水平面形状が北西 - 南東方向の傾斜を持ちやすいことは以前から指摘されているが、地上観測網の限界などもあり、数百 km にもおよぶような大規模な Es 構造についての報告や、その時間変化についての観測報告はみられない。本研究では、国土地理院により日本全国に 1200 点以上設置された電子基準点を利用して電離圏の全電子数 (TEC) を測定する GPS-TEC 法を用い、日本上空を対象に中緯度 Es の水平面形状の観測を行った。GPS 受信網の空間分解能は 15-25 km 程度、時間分解能は 30 秒であり、空間的・時間的に密な観測が可能となるため Es の水平面形状についてより詳細な観測が可能である。

これまで著者らは GPS-TEC 法を用いた Es の水平面形状の観測結果を報告してきた。まず最初に 2010 年 5 月 21 日の単一イベントについて GPS-TEC 法によって Es による電子密度上昇を捉えることができ、またその水平面形状を明らかにできることを示した。次に、日本各地における 4 つの Es イベントを解析し、東西方向に延びる帯状の水平面形状が特徴的であることを示した。今回の発表では、夕刻に発生した強い Es (foEs が 20 MHz を超える) が見せる大規模な帯構

造とその時間変化に着目して観測結果を報告する．

方法

解析は GPS-TEC 法を用いた．データは国土地理院 (gsi.go.jp) により提供されている GEONET 電子基準点での GPS データを用いた．GPS が用いているマイクロ波の L1, L2 の位相差を L4 として Slant TEC に変換した．また，衛星の見かけの運動による TEC の時間変化を多項式近似によってモデル化し，観測値との差分を残差とした (モデルフィッティングの詳細については Ozeki and Heki [2010] に詳しい)．Slant TEC 中に ~ 10 分程度の時間幅を持つ概ね 1.0 TECU 程度のパルス状の TEC 異常が Es によって引き起こされたものと判断し，モデル曲線と観測値の残差を鉛直方向の TEC 値に変換して図中に表わした．

また，本研究では NICT により運用されているイオノゾンデ (http://wdc.nict.go.jp/ionog/10c_viewer/o_index.html) で観測されたデータも併用した．

結果

夕刻に現れる，foEs が 20 MHz を超えるような強い Es を対象に解析を行ったところ，東北東 - 西南西方向に延びる帯状の大規模構造が見られた．また，この構造は時間を追うにしたがって東 - 西方向への傾斜へと変化し，その後，西北西 - 東南東傾斜を持ついくつかの小規模構造へと分化する様子が確認された．

2010 年 5 月 14 日の Es は高度約 106 km に現れ，17:10(LT) 頃には東北東 - 西南西に傾いた大規模な帯状構造を見せている．この帯状構造は長さ ~ 350 km，幅 ~ 30 km 程度と見積もられる．時間変化を追うと，およそ 1 時間後の 18:00(LT) 頃には傾斜が東 - 西になり，さらに 18:10(LT) には西北西 - 東南東の傾斜へと変化するのが観測された．

一週間後の 2010 年 5 月 21 日の事例でも同様の変化が観測された．17:00(LT) 頃に東北東 - 西南西方向に延びる長さ ~ 150 km 程度の帯状構造が顕著に見てとれたが，時間を追うにしたがって東 - 西方向へと傾斜が変化し，その後西北西 - 東南東方向に延びるいくつかのパッチ構造に分化する様子が観測された．またこの事例では，南西方向への伝搬が観測された．

さらに 2012 年 5 月 13 日，18:30(LT) に観測された Es も同様の帯構造を見せていた．この事例では時間変化を追うことができなかったが，foEs が 20 MHz を超えるような強い Es では東北東 - 西南西に傾斜を持つ大規模な帯状構造が発達することを示唆している．

