

R005-26

B会場：11/5 AM2 (10:45-12:30)

12:00~12:15

スプラディック E 層の自動検出手法の改良とそれを用いた統計的性質の研究

#高陽 直弘¹⁾, 細川 敬祐¹⁾, 斎藤 享²⁾, 坂井 純¹⁾

(¹⁾ 電通大, (²⁾ 電子航法研

Improvement of an automated detection method and study of statistical characteristics of the sporadic E layer using the method

#Masahiro Takahi¹⁾, Keisuke Hosokawa¹⁾, Susumu Saito²⁾, Jun Sakai¹⁾

(¹⁾UEC, (²⁾ENRI, MPAT

The Sporadic E (Es) layer is an ionospheric phenomenon having extremely increased electron density that frequently occurs at altitudes around 100 km in mid-latitude regions during summer. The enhanced electron density increases the critical frequency, causing radio waves in VHF frequency band, that normally penetrates through the ionosphere, to be reflected, resulting in anomalous propagation over long distances. As one of the fundamental features of the Es layers, it has often been reported that many of them have a two-dimensional frontal structure.

Radio waves for aeronautical navigation operative in VHF frequency band are reflected by the Es layer. In order to establish automated detection methods, it is required to evaluate the impact of anomalous long-range propagation on aircraft onboard equipment. In addition, the use of automated detection methods facilitates statistical studies using large amounts of data and is expected to be useful in predicting the occurrence of the Es layer in the future. However, no automated detection method has been established to date.

Therefore, we developed a method that employs the Hough transform and automatically detects frontal structures of the Es layer as a line-segment using a computer by inputting a ROTI map. The detection period was set to 00:00-06:00 UT on 120-240 days of year in 2019-2022. If two line-segments which have similar orientations were detected within 15 minutes, the velocity was also calculated using the displacement in the normal direction.

The results of the detection showed that inputting data within the divided areas led to output more consistent with visual detection than inputting data from the entire region (i.e., all Japan area). However, in some cases where multiple Es layers appeared in the area targeted for detection, the visual judgment and the detection results did not match. In the velocity calculations, north-south propagation was calculated more frequently than east-west propagation.

The detection within the divided areas made it possible to detect each of the two Es layers occurred in the entire Japan at the same time, and thus the detection results were close to visual judgment. On the other hand, since the method proposed in this study detects the Es layers as a single line-segment, it is still difficult to deal with the occurrence of multiple Es layers at one part within the divided areas. To solve this problem, it is necessary to select areas that does not contain multiple Es layers, but since the phenomenon is sporadic, manual selection of areas should have limitations. As for the velocity results, the distribution of ROTI data points in some areas are extended more in the east-west direction, and the line-segments tended to elongate more in the east-west direction, resulting in an increase in the number of calculated velocities in the north-south direction, which is the normal direction of the line-segment. In the area around Okinawa, movements of GPS satellites should have a huge impact on the calculation due to the small number of ROTI data points. In the presentation, we compare the motional characteristics of the Es layer in comparison with similar statistics based on manual estimation of the velocity.

スプラディック E 層 (Es) は、夏季の中緯度地域における高度 100km 付近で頻繁に発生する電子密度が急増する現象である。電子密度の上昇により、臨界周波数が上昇し、通常は電離圏を突き抜ける周波数帯の電波が反射され、長距離にわたって異常伝搬する。また、多くの Es が、前線状の二次元構造を持つことが明らかにされつつある。

Es により反射される電波として航空航法用無線電波があり、航空機搭載機器への影響を評価・監視するために Es の自動検出が求められている。また、自動検出手法を活用することで、大量のデータを扱った統計研究が容易になり、将来の Es の発生予測に役立てることが期待できる。しかし、現在までに自動的な検出手法は確立されていない。

そこで、本研究では Hough 変換を応用した手法を考案し、Es の二次元構造を可視化する手法の 1 つである ROTI マップを入力することで、前線状の Es を線分として計算機で自動的に検出した。検出期間は、2019-2022 年の通し日 120-240 における 00:00-06:00 UT とした。また、15 分以内に傾きの差が 2deg 以下の線分が検出された場合に、法線方向の移動距離と移動時間を用いて速度の算出も行った。

検出の結果、日本全体を対象とした検出に比べ、分割したエリアでの検出の方が目視に近い検出結果となる傾向が強かった。ただし、検出対象とした範囲内で複数の Es が発生したとみられる例では、目視の判断と検出結果の一致が見られない場合があった。速度計算では、南北方向の伝搬が東西方向の伝搬と比較して多数算出された。

検出においては、エリアを分割することで日本全体において同時に 2 つの Es が発生した場合であってもそれぞれを検出することが可能となり、検出結果を目視の判断に近づけることが出来た。一方、本研究で提案した手法は 1 本の線分で検出を行うものであるため、1 つのエリアにおける複数の Es の発生に対処するのは依然として困難であった。これを解決するためには、複数の Es を含まないようにエリアを選択する必要があるが、現象が突発的であるため、手動では限界があることが予想される。速度の結果については、検出対象のエリアにおける ROTI データ点の分布が東西方向に広い

場合が多く、検出される線分が東西方向となり、結果としてその法線方向である南北方向の伝搬の算出数が増加した。また、沖縄付近のエリアでは、ROTI データ点の少なさゆえに、GPS 衛星の移動のみが速度計算に反映されてしまう例が頻りにあり、速度の方位角分布に偏りができたと考えられる。発表では、Es の移動速度の統計結果を、これまでに目視で行われた同様の統計的研究と比較し、夏季の昼間における Es の移動特性を議論する。