

航空航法用 VHF 帯電波の異常伝搬と GPS-ROTI を組み合わせたスプラディック E 層 2 次元空間構造の広域可視化

木村 康択 [1]; 細川 敬祐 [1]; 坂井 純 [1]; 斎藤 亨 [2]; 津川 卓也 [3]; 西岡 未知 [3]; 石井 守 [3]; 富澤 一郎 [4]
[1] 電通大; [2] 電子航法研; [3] 情報通信研究機構; [4] 電通大・宇宙電磁環境

Visualization of two-dimensional structure of Sporadic-E in a wide area by using air-band VHF radio observations and GPS-ROTI

Kotaku Kimura[1]; Keisuke Hosokawa[1]; Jun Sakai[1]; Susumu Saito[2]; Takuya Tsugawa[3]; Michi Nishioka[3]; Mamoru Ishii[3]; Ichiro Tomizawa[4]
[1] UEC; [2] ENRI, MPAT; [3] NICT; [4] SSRE, Univ. Electro-Comm.

Sporadic-E (Es) is one of the outstanding phenomena in the mid-latitude ionosphere, during which the electron density in the bottom of E region extremely increases often greater than that in the F region. It is generally known that Es reflects the VHF radio waves for the Analog TV broadcasting and FM radio broadcasting. Recently, it was suggested that VHF radio waves assigned for the aircraft navigation system (108-118 MHz) can also be reflected by Es and propagate in a long distance (anomalous propagation).

Since the beginning of May, 2019, we have been observing VHF radio waves in the air-band frequency range (VOR and ILS) at Chofu, Kure, Oarai, Sugadaira, Onna, and Sarobetsu in Japan. By using these data, we aim at estimating the occurrence of Es in a wide area. In addition, we also attempted to detect electron density irregularities within Es using ROTI (Rate of TEC index) routinely derived from GPS-TEC observations. We combined these two datasets in the same geographic coordinate system and tried to visualize the two-dimensional structure of Es in a wide area.

During the summer months in 2019, we detected an event of intense Es on July 4th, 2019 in the ROTI map. The Es first appeared in the south of the mainland of Japan, and then moved northward. ROTI visualized that the Es maintained its spatial structure elongating in the east-west direction for about 3 hours. In addition, the reflection points of air-band VHF radio waves well matched the structure visualized by ROTI. This result shows that the monitoring of air-band VHF anomalous propagation is an effective way to visualize the spatial structure of Es. In the presentation, we will introduce the strong point of the combination of ROTI and air-band VHF radar observations for visualizing the two-dimensional spatial structure of Es. We also discuss how the increase of the observation points affects the coverage of the Es visualization.

電離圏 E 領域の下部において、電子密度が F 領域を超えるほど増大する現象をスプラディック E 層 (Es) と呼ぶ。日本上空では夏季の昼間に集中して発生するという季節的特徴がある。Es が発生した際には、アナログ放送や FM 放送に割り当てられた VHF 帯の電波が反射され異常伝搬することがよく知られていたが、近年の研究によって、航空航法用通信に割り当てられた VHF 帯の電波 (108-118 MHz) も Es によって反射されていることが統計的に示された。

我々は、2019 年 5 月から、調布、呉、大洗、菅平、恩納、サロベツの 6 地点において、Es 反射によって異常伝搬した航空航法用 VHF 帯電波 (VOR) の広域観測を開始した。受信信号から受信局、日付、時刻 (時間分解能 10 秒)、受信周波数、受信信号強度を抽出し、観測データを準リアルタイムで公開している。本研究では 6 地点の受信局で取得された航空航法用 VHF 帯電波の異常伝搬データと、GPS 衛星の電離圏全電子数 (TEC: Total Electron Content) の 5 分間での変動値の標準偏差を取った電子密度擾乱指数 ROTI (Rate of TEC Index) を組み合わせることによって、広域での Es の 2 次元空間構造の可視化を試みた。

2019 年の夏季の観測において、2019 年 7 月 4 日に特に大規模な Es の発生が確認できたため、この事例について ROTI と異常伝搬データを組み合わせた解析を行った。ROTI のデータでは、本州南部で発生した Es が約 3 時間にわたって東西に伸びた構造を保ったまま、南から北へと移動する様子が検出された。また同時刻の異常伝搬データに基づいて算出された航空航法用 VHF 帯電波の Es による反射点が ROTI によって可視化された Es の空間構造と一致することが分かった。この結果から、航空航法用 VHF 帯電波の異常伝搬データから反射点のマッピングを行うことが、Es の 2 次元空間構造を可視化する上で有効な手段となりうることを示された。発表では、他の観測手法と比較して、ROTI と航空航法用 VHF 帯電波の異常伝搬データを組み合わせることがどのようなメリットを持つのかを示し、異常伝搬データを取得するための受信局の数を増やすことによって Es 空間構造可視化の精度がどのように変化するかについて議論する。