

R005-29

Zoom meeting C : 11/2 AM1 (9:00-10:30)
10:00-10:15

赤道大気レーダーによる 2019 年 12 月の金環日食時の電離圏観測

#高木 理絵子¹⁾, 横山 竜宏¹⁾, 山本 衛¹⁾, Hozumi Kornyanat²⁾

¹⁾京大・生存圏研, ²⁾NICT

Ionospheric observations by Equatorial Atmosphere Radar during annular eclipse in December 2019

#Rieko Takagi¹⁾, Tatsuhiro Yokoyama¹⁾, Mamoru Yamamoto¹⁾, Kornyanat Hozumi²⁾

¹⁾RISH, Kyoto Univ., ²⁾NICT

The area of the Earth's atmosphere above an altitude of about 80 km is called the ionosphere, where molecules and atoms are partially ionized. Since the electron density varies depending on altitude, time, and location, radio waves passing through the ionosphere are delayed or refracted, which cause satellite communication failures and degrade GPS positioning accuracy. It is required to monitor and predict ionospheric conditions accurately. A phenomenon called 150-km echoes is VHF radar backscatter echoes observed in the daytime near 150 km of the equatorial ionosphere. Although the generation mechanism of 150-km echoes is not yet clear, two types of echoes are known to exist: one from a naturally enhanced incoherent scattering (NEIS) process, which has a low SNR and SNR-dependent Doppler spectral width, and the other from the unstable growth of field-aligned irregularities (FAIs), which has a high SNR and SNR-independent Doppler spectral width. We study the equatorial ionospheric variations during the annular solar eclipse on December 26, 2019. It is known that a solar eclipse reduces the amount of sunlight when the moon passes in front of the sun in the daytime and affects the electron density distribution. We observed ionospheric irregularities in the E region with the Equatorial Atmosphere Radar (EAR) in West Sumatra, Indonesia, and the background ionospheric conditions with the ionosonde network in Southeast Asia. The annular solar eclipse occurred above the EAR between 10:18 and 14:08 local time, with the maximum obscuration at 12:11.

We conducted a special ionospheric observation by the EAR from December 25 to 27, 2019 with high time resolution by focusing on the ionospheric E region. 150-km echoes were observed on the 25th and 27th, but not on the 26th, the day of the eclipse. The eclipse might suppress the occurrence of 150km echoes. The E-region echoes were observed on all three days at around 100 km altitude. Echoes were seen over a wide range of times around 90 km, and sometimes echoes were observed around 110 km. The Doppler velocity of the E-region echoes fluctuated about thirty minutes before the beginning of the eclipse. Doppler velocities became lower from about 9:30 to 11:30, increased from about 11:30 to 13:30, and then decreased again after about 13:30. Scatterplots of SNR and spectral widths for 150-km echoes show a population with a high SNR and SNR-independent Doppler spectral width on the 25th and 27th when 150-km echoes occurred. This suggests that the 150-km echoes observed by the EAR are produced by FAIs. Echoes from the NEIS could not be detected due to the lack of sensitivity of the EAR. The results of ionosonde observations show that the critical frequency of the F layer fluctuated with about an hour delay from the variation of the obscuration at all sites. Taking advantage of what we observed with two beams during the eclipse, we will synthesize the beams and analyze the east-west and north-south components of Doppler velocities. In addition, we will comprehensively analyze the results of previous EAR observations.

地球の大気の高さ約 80km 以上の領域は電離圏と呼ばれ、分子や原子が一部電離した状態で存在している。電子密度は高度や時間、場所によって異なり、電離圏を通過する電波の遅延や屈折が発生し、衛星通信障害や GPS 測位精度低下の原因となるため、電子密度分布を正確に把握し予測することが求められている。150km エコーとは、日中に赤道電離圏の 150km 付近で観測される VHF レーダー後方散乱エコーである。150km エコーの発生原理はまだ明らかになっていないが、SNR が低く SNR に依存したドップラースペクトル幅を持つ NEIS (naturally enhanced incoherent scattering) 過程によるものと、SNR が高く SNR に依存しないドップラースペクトル幅を持つ沿磁力線不規則構造 (FAI: field-aligned irregularities) の不安定な成長によるものの 2 種類が存在することが知られている [Chau and Kudeki, 2013]。本研究では、2019 年 12 月 26 日の東南アジア付近における金環日食時の赤道域の電離圏の変動を解析した。日食期間中は、日中に太陽の前を月が通過することで日照量が低下し、電子密度分布に影響を与えることが知られている。インドネシア共和国西スマトラ州の赤道上にある赤道大気レーダー (EAR: Equatorial Atmosphere Radar) で E 地域の電離圏不規則構造を観測し、東南アジアのイオノゾンデネットワークで背景電離圏の状態を観測した。金環日食は、EAR 上空では現地時刻の 10:18 から 14:08 にかけて発生し、12:11 に最大食を迎えた。

EAR では、2019 年 12 月 25 日から 27 日にかけて電離圏 E 領域に焦点を当てた高時間分解能の電離圏特別観測を実施した。150km エコーは 25 日と 27 日には観測されたが、日食当日の 26 日には観測されなかった。日食が 150km エコーの発生を妨げた可能性がある。また、E 領域のエコーは 3 日とも高度 100km 付近で観測された。E 領域のエコーは 90km 付近で広範囲に観測され、110km 付近でエコーが観測されることもあった。また、26 日のドップラー速度と日照量の時間変化を比較したところ、ドップラー速度は日照量よりも 30 分程度早く変動していることがわかった。朝は 0 付近の値を取っていたドップラー速度は 9:30 から 11:30 にかけて減少し、11:30 から 13:30 にかけて

増加し、13:30 頃から再び減少して 0 付近の値を取った。最大食を迎えた 12 時過ぎのドップラー速度は 0 付近の値を取っていた。さらに、150km エコーについて SNR とスペクトル幅を比較したところ、150km エコーが発生した 25 日と 27 日に、SNR が高く SNR に依存しないドップラー幅を持つ集団が現れたため、EAR で観測された 150km エコーは FAI によるものであると思われる。NEIS からのエコーは、EAR の感度が低いため検出できなかった。イオノゾンの観測結果からは、どの地点でも F 層の臨界周波数が日照量の変化から約 1 時間遅れて変動していたことがわかった。今後は、金環日食中に 2 ビームで観測したことを活かして、ビームの合成を行いドップラー速度の東西・南北成分を解析する。また、過去の EAR の観測結果を総合的に解析する。