

S-310-40号機観測ロケットにより観測された中波帯電波の伝搬特性解析

岡 大貴 [1]; 石坂 圭吾 [2]; 阿部 琢美 [3]; 熊本 篤志 [4]
[1] 富山県大・工・情報; [2] 富山県大・工; [3] J A X A 宇宙科学研究所; [4] 東北大・理・地球物理

Analysis of propagation characteristic of MF band radio waves observed by S-310-40 sounding rocket

Daiki Oka[1]; Keigo Ishisaka[2]; Takumi Abe[3]; Atsushi Kumamoto[4]
[1] Toyama Pref. Univ.; [2] Toyama Pref. Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

It is possible to receive a distant AM radio broadcast at night that cannot receive it in the daytime. This is because D layer disappears at night. MF band radio waves which have been absorbed by D layer are reflected by E layer. Therefore, MF band radio waves propagate in the distance.

We observed radio wave of NHK Kumamoto 2nd broadcasting (873 kHz) which cannot be received in the daytime at Uchinoura Space Center during the period from November 24 to November 28. As a result, we found time that radio wave intensity has been decreased sharply from 2 to 4 hour of after sunset. As one of the reason, we guessed that a region of high electron density occurred on lower ionosphere at night. Therefore, we launched S-310-40 sounding rocket at Uchinoura Space Center on 19 December 23:48 (JST) in order to investigate an abnormal radio wave propagation at night. The rocket was equipped with LF/MF band radio receiver (LMR). The LMR received 4 radio waves of 873 kHz (NHK Kumamoto 2nd broadcasting), 666 kHz (NHK Osaka 1st broadcasting), 405 kHz (Minami Daitou radio navigation beacons), and 60 kHz (JJY). Moreover, this rocket carried the fast Langmuir probe (FLP), the impedance probe (NEI) too. In this study, we investigate the propagation characteristics of radio waves and estimate the electron density profile by the intensities of 873 kHz and 60 kHz radio waves. In addition, we compare the electron density estimated from the LMR and the electron density observed by FLP and NEI. In the propagation characteristics of radio wave, we calculate the propagation vector of radio waves by using a Doppler shift frequency calculated from the characteristic wave components obtained by the frequency analysis. Radio waves received by the sounding rocket are influenced by the polarization, the magnetic field of the Earth and Doppler effect. Therefore, it is possible to obtain characteristic wave components by the frequency analysis, and then we can calculate the Doppler shift frequency. Then, we solve Booker's equation by using the propagation vector, and estimate an electron density profile. Consequently, we can obtain the propagation characteristic of radio wave when radio waves propagated unusually, and we can estimate electron density in the ionosphere. As a result of estimation of electron density profile in ionosphere, electron density in lower ionosphere was $2.3 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ at an altitude of about 106 km, and it was one order lower than the normal electron density. we think that 873 kHz radio wave propagated to the space without being completely reflected at reflection altitude. If it had such the propagation, we estimate that the radio wave cannot be received in the place where the radio wave can be received normally at night.

地上において AM ラジオ放送を受信していると、昼間は受信することができない遠方からの放送を夜間に受信することがある。これは夜間において電離圏の D 層が消滅し、D 層で吸収されていた中波帯電波が E 層によって反射され、遠方へと伝搬するからである。

鹿児島県・内之浦宇宙空間観測所 (USC) において、昼間は受信できないが夜間は受信可能な NHK 熊本第 2 放送電波 (873kHz) を用いて、2011 年 11 月 24 日から 28 日にかけて、日没前から冬期夜間の電波受信実験を行った。その結果、日没後において約 2-4 時間の間受信電波強度が急激に減少するときがあり、その時には 873kHz 電波が受信されないことが確認された。この原因の 1 つとして、夜間の電離圏下部領域において高電子密度領域が突発的に発生したと推測される。そこで、夜間における電波の異常伝搬を調査することを目的し、2011 年 12 月 19 日 23 時 48 分 (JST) に鹿児島県内之浦宇宙空間観測所から S-310-40 号機観測ロケットが打ち上げられた。本観測ロケットには長・中波帯電波受信機 (LMR) が搭載されており、873kHz(NHK 熊本第 2 放送)、666kHz(NHK 大阪第 1 放送)、405kHz(南大東無線航行用ビーコン)、60kHz(標準電波) 電波が受信された。また、観測ロケットには、高速ラングミュアプローブ (FLP)、インピーダンスプローブ (NEI) が搭載された。本研究では、873kHz と 60kHz 電波の受信強度を用いて、電波伝搬特性の解析および電子密度高度分布の推定を行う。電波伝搬特性の解析では、周波数解析により受信電波を特性波に分離し、分離したデータからドップラーシフトを計算することによって電波の伝搬ベクトルを求める。観測ロケットが受信する電波は、地球磁場と電波の偏波の向き、ロケットの飛行速度と方向により生じるドップラー効果により周波数が変化する。そのため、周波数解析により受信した電波から特性波成分を求めることが可能となり、ドップラーシフトを計算することができる。電子密度分布の推定では、得られた電波の伝搬ベクトルから Booker の方程式を解き、電子密度分布を推定する。以上に示した方法を用いることで、異常伝搬時の地上-電離圏間の電波伝搬特性が得られ、電離圏中の電子密度分布を推定することができる。そして、電離圏中の電子密度分布を推定した結果、電離圏下部領域における電子密度の値は $2.3 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ となり、通常の電子密度よりも 1 桁程度低い値となった。このことから、中波帯電波は電子密度が低いために完全反射されず、そのまま上空へ伝播したと考えられる。そして、このような伝播をしていたとすると、通常夜間に電波を受信できる場所において、電波が受信できなくなったと予想される。