

LF 帯標準電波観測における電離圏高度と電気伝導度との相関

町 康二郎 [1]; 中田 裕之 [2]; 大矢 浩代 [3]; 鷹野 敏明 [4]
[1] 千葉大・融合理工; [2] 千葉大・工・電気; [3] 千葉大・工・電気; [4] 千葉大・工

Correlation between ionospheric altitude and the disturbance of the Pedersen conductivity in observation of LF radio waves

Kojiro Machi[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Hiroyo Ohya[3]; Toshiaki Takano[4]

[1] Grad. School of Sci. and Eng., Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Engineering, Chiba Univ.; [4] Chiba Univ.

Low Frequency (LF) radio waves are reflected in the lower ionosphere. The phases of received LF radio waves vary with the lengths of ray paths when the reflection height moves vertically. Therefore, the height variation of the ionosphere is observed by the phase of received LF radio waves. The method for the observation of the lower ionosphere is very rare. Since the LF observation is one of the useful method for the observation of the lower ionosphere, it is expected that it supplies important data for examining the lower ionosphere. This study examines the characteristics of the phase change of the LF Standard-time and Frequency Signal Emission. The observation target is the standard radio waves of 60 kHz, which are transmitted from Hagane-yama station. The radio waves are observed by crossed loop antenna at Numata, Gunma Prefecture and Sugadaira, Nagano Prefecture.

In sunrise and sunset time, it is expected that the phase of the sky waves vary extremely as the height of ionosphere varies. However, the variation is small because the signals of both sky and direct waves are mixed. Therefore, the sky wave was separated using the polar coordinate representation of the received radio wave. The variation of the ionospheric height was calculated from the phase of sky waves, and this was compared with the variation of conductivity. For example, daily variation, on Apr. 4, 2016, show that the height variation in ionosphere(12 km) is nearly twice that in pedersen conductivity of ionosphere (7.8 km). On the other hand, the variation pattern of reflection height is similar to seasonal and daily variation pattern of the conductivity. Therefore, it is considered that the reflection height is influenced by the conductivity. The difference of the height variation may be caused by the following two reasons; 1) the absolute height of the ionosphere is assumed in calculating the height variation of the ionosphere, and 2) the spatial resolution of the conductivity derived by IRI model is not enough to express that of real ionosphere.

LF 帯電波は下部電離圏で反射する。電離圏擾乱によって電離圏高度が変化すると電波の反射高度が変動し、電波の伝搬経路長が変化する。この時、受信される電波の位相も変化するため、LF 帯電波の位相変動を観測することで電離圏高度の変動を観測することができる。下部電離圏を観測する方法は極めて少なく、LF 帯電波観測は有用な観測法の1つであり、下部電離圏を研究する上で重要なデータを提供することが期待される。そこで本研究ではLF 帯電波の位相変化から電離圏における電離圏擾乱の特性の解析について研究を行った。観測対象は60 kHzの標準電波で、送信点は佐賀県と福岡県の県境のはがね山である。本研究では群馬県沼田市と、長野県上田市菅平高原に受信点を設置し Crossed Loop Antenna による観測を行った。

観測では、送信点から地表付近を伝搬し、直接アンテナに到達する地表波と、電離圏で反射して到来する空間波の両方が受信される。そのため、これらを分離する必要がある。日の出、日の入付近では電離圏高度が大きく変化することから、空間波の位相も大きく変化すると考えられる。そこで、地表波と空間波の両方を含む受信波の日の出、日の入のデータを極座標表示することで空間波を分離した。分離した空間波の位相変化から、電離圏の高度変化を算出し、その変化と伝導度の変化を比較した。地表波と空間波の分離については、空間波の強度が地表波に比べ小さいため、ノイズの影響を受けやすく、約1/3程度の日数で分離が出来ている。日変化の例として、2016年4月4日の電離圏の高度変化は12 kmで、伝導度の高度変化は7.8 kmで、2倍近くあったが、時間的な変動には相関が見られた。季節変化においては、同様に相関が見られたことから、LF 帯標準電波の反射は伝導度により影響を受けていることがわかる。LF 帯観測により導出した高度変化と伝導度分布の高度変化については、2倍近い違いが見られた。これは、LF 帯の高度変化の推定の際、絶対高度を仮定する必要があること、モデルの低高度での分布の分解能がそれほどよくないことが考えられる。