

LF 帯標準電波観測と GPS-TEC により観測された電離圏変動の相関

町 康二郎 [1]; 中田 裕之 [2]; 大矢 浩代 [3]; 鷹野 敏明 [4]; 西岡 未知 [5]; 津川 卓也 [5]
[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; [5] 情報通信研究機構

The relationship between the ionospheric variation observed by Low Frequency Standard-time and GPS-TEC

Kojiro Machi[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Hiroyo Ohya[3]; Toshiaki Takano[4]; Michi Nishioka[5]; Takuya Tsugawa[5]
[1] Grad. School of Sci. and Eng., Chiba Univ.; [2] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [3] Engineering, Chiba Univ.; [4] Chiba Univ.; [5] NICT

Low Frequency (LF) radio waves are reflected in the lower ionosphere. The phases of the received LF radio wave vary with the length of ray path when the reflection height moves vertically. Therefore, the height variation of the ionosphere is observed by the variation of the phase of received LF radio wave. Since the LF observation is one of the useful methods 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. The observation target is the standard radio wave of 60 kHz, which are transmitted from Hagane-yama station. The radio waves are observed by crossed loop antenna at Sugadaira, Nagano Prefecture.

In sunrise and sunset time, it is expected that the phase of the sky wave varies as the height of ionosphere varies. Therefore, the sky wave was separated using the polar coordinate representation of the received radio wave. The variation of the ionospheric height was estimated from the phase variation of the sky wave.

In this study, we analyzed the height variation of the ionosphere observed by LF observation and detected the fluctuation whose frequency is about 0.4 mHz. This frequency corresponds to that of TID. Using the wavehop method by the ITR-U model, the LF wave is considered to propagate from Mt.Hagane to Sugadaira with a single reflection at the ionosphere. We examined the TEC variation in the mid-point between Mt.Hagane and Sugadaira, and found the TEC variation with a same frequency as the fluctuation of LF waves. Therefore, there is a relationship of ionospheric fluctuation between the lower ionosphere and the F-region which affects the variation of GPS-TEC.

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 帯電波の位相変化を用いて LF 帯電波の電離圏における反射高度変化を観測し、低高度電離圏の高度変動の導出を行なった。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、長野県上田市菅平高原に Crossed Loop Antenna を設置し、観測を行った。

送受信点間の距離約 880 km であることから、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。そこで、日の出、日の入付近では電離圏高度分布が大きく変化することから、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。

空間波の位相変化より、2016 年 6 月 23 日の昼間の時間帯では、0.4 mHz ほどの周期の波が観測された。この周期は TID に相当するものである。ITR-U モデルによる波線法の結果より、はがね山 - 菅平での観測は、1 回反射で伝搬していることが考えられる。はがね山 - 菅平の midpoint での TEC 変動においても LF 観測と同様の周期の波が確認できた。LF 帯電波の反射する低高度電離圏と GPS-TEC 変動の影響が大きい F 領域で同様の変動が発生していることがわかる。