

FMCW レーダードップラーモードによる磁気嵐中の極域侵入電場の観測

有金 聡 [1]; 北村 健太郎 [2]; 長妻 努 [3]; 近藤 巧 [3]; 吉川 顕正 [4]; 湯元 清文 [5]
[1] 徳山高専; [2] 徳山高専; [3] NICT; [4] なし; [5] 九大・ICSWSE

Observation of Penetrating Electric Field During a Magnetic Storm Using Doppler Mode Operation of FMCW Radar

Satoshi Arigane[1]; Kentarou Kitamura[2]; Tsutomu Nagatsuma[3]; Takumi Kondo[3]; Akimasa Yoshikawa[4]; Kiyohumi Yumoto[5]
[1] Tokuyama CT; [2] Tokuyama CT.; [3] NICT; [4] ICSWSE/Kyushu-u; [5] ICSWSE, Kyushu Univ.

In order to investigate the penetration process of the ionospheric electric field which is imposed on the polar ionosphere and propagate to the equatorial ionosphere, we have conducted the correlation analysis between the ionospheric vertical velocity data obtained by FMCW doppler observation at Inubo station (Mag. Lat. = 27.01deg., Mag. Long. = 209.9deg.) and the geomagnetic variations observed at Ancon, Peru (0.77, 354.33), Eusebio, Brazil (-3.64, 34.21), Muntinlupa, Philippine (6.79, 192.25), and Davao, Philippine (-1.02, 196.54) stations.

In this study we focus on the equatorial enhancements of magnetic field variations due to the cowling conductivity at the dip equator corresponding to the southward turning of the IMF.

The coronal mass ejection (CME) event associated with the solar flare of B7.8 was occurred at 0300 UT on 5 October, 2012. The intensive southward magnetic field related the CME reached at Earth at 1835UT on 8 October.

The IMF magnitude increased from 1835UT, whereas the SW speed, the proton density, the plasma beta and the dynamic pressure decreased. During this period the plasma temperature did not show the obvious variations. Moreover the variation of Dst shows the minimum of -100 nT which indicates the moderate storm. The AE index gradually increased from 150 nT to 1300 nT in the interval from 1835UT to 2030UT. On the other hand, the FMCW radar installed at Inubo station was operated in doppler mode with base frequency of 4 MHz during this period. The upward doppler velocity (Vd) suddenly decreases from 25 m/s to -40 m/sec from 1835UT to 2030UT. The eastward ionospheric electric fields can be estimated 0.387 mV/m using the amplitude of Vd variations and IGRF model field as a local magnetic field strength. A comparative correlation analysis between the geomagnetic field data and the electric field data shows weak correlation during the present period.

In particular, the observation of the night time sector where the ionospheric conductivity is relatively small, could not obtained the enough information about the ionospheric electric field, In this case, the FMCW Doppler observation we proposed in this study can be a potential technic measuring the ionospheric electric field even in the night time sectors.

本研究では情報通信研究機構が千葉県銚子市犬吠 (Mag. Lat. = 27.01deg., Mag. Long. = 209.9deg.) に設置した FMCW レーダーを用い、電離層の侵入電場の観測を行った。FMCW レーダーにはイオノゾンデモードとドップラーモードの 2 つのモードがあるが、本研究ではドップラーモード運用により、ドップラー周波数の変化から電離層の鉛直方向移動速度 (ドップラー速度) を観測することで、電離層電場の大きさを推定した。本研究では犬吠 FMCW レーダーを用いたドップラー速度と地上磁場の比較解析を行ったケース・スタディにより電離層電場の伝搬特性を明らかにすることを目的とした。

2012 年 10 月 5 日 3 UT においてコロナ質量放出 (CME) が発生し、10 月 8 日の 1835UT に地球へ到達した。このとき IMF の Bz が南転し、磁場強度は 8 日 1835UT に 12[nT] から同 19UT には 16.5 [nT] まで急増した。さらに太陽速度は 1835UT から 0836UT にかけて 440 [km/sec] から 370 [km/sec] に減少し、同期間においてプロトン密度、Plasma Beta、Flow Pressure も同様に減少したが、プラズマ温度に変化はみられなかった。また Dst 指数は 8 日 1200UT と 9 日 1000UT にそれぞれ -100 [nT] のダブルピークを持ち、中規模磁気嵐の発生を示した。AE 指数は 1835UT から 2030UT にかけて 150 [nT] から 1000 [nT] に増加した。この間犬吠 FMCW レーダーでは 25 [m/sec] から -40 [m/sec] のドップラー速度の段階的な減少が観測された。これら AE 指数の変動とドップラー速度の変動には負の相関が見受けられ、相互相関は -0.81 であった。このとき東西方向電場の大きさは $E = -v \times B$ より変動前 (1835UT) -0.643 [mV/m] から変動後 (2018UT) 1.03 [mV/m] と変化した。すなわち侵入電場の大きさは東向き 0.387 [mV/m] と見積られた。

続いて犬吠 FMCW レーダーの電場データと地上磁場データの比較解析を行った。地上磁場データは九大 MAGDAS Data Archive より提供を受けた。ステーションは Ancon, Peru (Mag. Lat. = 0.77deg., Mag. Long. = 354.33deg.)、Eusebio, Brazil (-3.64, 34.21)、Muntinlupa, Philippine (6.79, 192.25)、Davao, Philippine (-1.02, 196.54) である。データの処理方法に関しては、犬吠 FMCW レーダーのドップラー速度はノイズを除去した後、フーリエ級数展開を行い、地上磁場データはノイズを除去した後、ローパスフィルター (600 [sec]) をかけた。1830UT から 2000UT 間の電場データと磁場データの間には弱い相関が認められた。

上記の結果は、極域侵入電場の変動に対応した電離層の鉛直方向移動速度変化が FMCW レーダーによるドップラー観測で検出されていることを示している。特に侵入電場に対する磁場変動の小さい夜側における観測において、FMCW レーダーが重要な観測手段として有用であることを示唆している。