

VLF/LF 帯標準電波を用いた ULF 波動と関連するサブストーム中の高エネルギー降下電子の観測

宮下 拓也 [1]; 大矢 浩代 [2]; 土屋 史紀 [3]; 中田 裕之 [4]; 鷹野 敏明 [5]; 塩川 和夫 [6]; 三好 由純 [7]

[1] 千葉大・工・電気電子; [2] 千葉大・工・電気; [3] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [4] 千葉大・工・電気; [5] 千葉大・工; [6] 名大宇地研; [7] 名大 ISEE

Energetic electron precipitations observed through VLF/LF standard radio waves during substorms-associated ULF waves

Takuya Miyashita[1]; Hiroyo Ohya[2]; Fuminori Tsuchiya[3]; Hiroyuki Nakata[4]; Toshiaki Takano[5]; Kazuo Shiokawa[6]; Yoshizumi Miyoshi[7]

[1] Electrical and Electronic, Chiba Univ; [2] Engineering, Chiba Univ.; [3] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [4] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [5] Chiba Univ.; [6] ISEE, Nagoya Univ.; [7] ISEE, Nagoya Univ.

During geomagnetic storms, a lot of studies have been reported that energetic electrons precipitate into atmosphere at the high latitudes. It is known that the low latitude limit of the particle precipitations is $L=4.0$ (Berkey et al., 1974). However, several studies reported that the particle precipitations occurred at the mid and low latitudes ($L=1.3-2.8$) (Kikuchi and Evans, 1989; Clilverd et al., 2008). In this study, we investigate the precipitations of energetic electrons into the atmospheres during substorms of 27 April, 2017 and 7-8 September, 2017, using a network of very low frequency (VLF)/low frequency (LF) subionospheric radio propagation from the low and high latitudes. As for the substorm of 27 April, 2017, the transmitters are NAA (USA, 24.0 kHz, $L = 2.88$), NLK (USA, 24.8 kHz, $L = 2.88$), NDK (USA, 25.2 kHz, $L = 2.98$) and WWVB (USA, 60.0 kHz, $L = 2.26$), while the receivers are ATH (Athabasca, $L=4.31$) and PKR (Poker Flat, $L=5.95$). As for the substorm of 7-8 September, 2017, the transmitters are NRK (Iceland, 37.5kHz, $L = 4.05$) and NPM (Hawaii, 21.4kHz, $L = 1.15$), while the receivers are NYA (Ny-Alesund, $L=17.2$) and PKR. The substorm occurred at 05:35 UT, 27 April, 2017. Based on the wavelet analysis, we found that the radio intensities for the NDK-ATH, WWVB-ATH, and NLK-ATH paths show oscillations with a period of 4-6 minutes during the substorm growth phase (05:00-06:00 UT). Magnetic field variations at ATH also show the same period, indicating that the radio intensity variations with the period of 4-6 minutes were caused by Pc5 modulations. We also analyzed the substorm occurred at 19:40 UT on 7 September, 2017. Variations in the radio intensities (3-4 dB) for NRK-NYA, NRK-PKR and NPM-NYA paths due to precipitations were seen during 23:20 UT, 7 September – 01:00 UT, 8 September, 2017. Based on the wavelet analysis, the radio intensities for above 3 paths show oscillations with periods of 30-40 minutes. Magnetic field variations along the subionospheric propagationpaths, the IMF Bz, and AE index also showed the same periods of 30-40 minutes. In the presentation, we will discuss the cause of these radio variations in detail.

磁気嵐の発生に伴い、高緯度帯において下部電離圏に高エネルギー粒子の降り込みがあることについては広く研究されている。そして、高エネルギー粒子の降り込みが発生する低緯度の限界は、 L 値 ~ 4.0 という報告がある (Berkey, 1974)。しかし、いくつかの研究が中低緯度 ($L=1.3\sim 2.8$) においても粒子の降り込みが観測されたことを報告している (Kikuchi and Evans, 1989; Clilverd et al., 2008)。本研究では高緯度から低緯度まで VLF/LF 帯標準電波の伝搬ネットワークを用いて 2017 年 4 月 27 日および 2017 年 9 月 7-8 日に発生したサブストーム中の下部電離圏への高エネルギー電子の降り込みを解析する。2017 年 4 月 27 日の磁気嵐において、VLF/LF 波の送信局は NAA(USA, 24.0kHz, $L = 2.88$)、NLK(USA, 24.8kHz, $L = 2.88$)、NDK(USA, 25.2kHz, $L = 2.98$) および WWVB(USA, 60.0kHz, $L = 2.26$) であり、受信局は ATH(Athabasca, $L=4.31$) および PKR(Poker Flat, $L=5.95$) である。また、2017 年 9 月 7-8 日の磁気嵐において、送信局は NRK(Iceland, 37.5kHz, $L = 4.05$)、NPM(Hawaii, 21.4kHz, $L = 1.15$) であり、受信局は NYA(Ny-Alesund, $L=17.2$) と PKR である。2017 年 4 月 27 日 5:35 UT にサブストームのオンセットがあり、ウェーブレット変換の結果、VLF/LF 波の振幅の NDK-ATH パス、NLK-ATH パスおよび WWVB-ATH パスでサブストームの成長相 (05:00-06:00 UT) の間 4-6 分周期の変動がみられた。ATH の地磁気にもまた同様な 4-6 分周期の変動がみられた。これらは Pc5 modulations によるものである。また、2017 年 9 月 7 日 19:40 UT にオンセットがあったサブストームの解析も行った。NRK-NYA パス、NRK-PKR パスおよび NPM-NYA パスで 9 月 7 日 23:20 UT - 8 日 1:00 UT に VLF/LF 波の振幅高エネルギー電子の降り込みによる 3~4 dB の変動が見られた。ウェーブレット変換より、この 3 つのパスで VLF/LF 波の振幅に 30-40 分の周期性があった。これらの伝搬パス上の地磁気や IMF Bz、AE 指数にも同じ 30-40 分の周期性があった。この発表で我々はこれらの電波の変動の原因を議論する。