

R005-17

B会場：9/25 AM1 (9:00-10:30)

9:30~9:45

## 630-nm 大気光増光の3地点同時観測に基づくサブストームに伴う中緯度への電場侵入の複数例解析

#森田 早紀<sup>1)</sup>, 塩川 和夫<sup>1)</sup>, 大塚 雄一<sup>1)</sup>, 西谷 望<sup>1)</sup>, 新堀 淳樹<sup>1)</sup>, 惣宇利 卓弥<sup>1)</sup>, 藤本 晶子<sup>2)</sup>, 吉川 顕正<sup>3)</sup>, 西岡 未知<sup>4)</sup>, PERWITASARI SEPTI<sup>4)</sup>, 山本 衛<sup>5)</sup>

(<sup>1</sup> 名大宇地研, (<sup>2</sup> 九工大, (<sup>3</sup> 九大/理学研究院, (<sup>4</sup> 情報通信研究機構, (<sup>5</sup> 京大・生存圏研

## Multiple-event study of substorm electric-field penetration based on simultaneous observation of 630-nm airglow enhancements

#Saki Morita<sup>1)</sup>, Kazuo Shiokawa<sup>1)</sup>, Yuichi Otsuka<sup>1)</sup>, Nozomu Nishitani<sup>1)</sup>, Atsuki Shinbori<sup>1)</sup>, Takuya Sori<sup>1)</sup>, Akiko Fujimoto<sup>2)</sup>, Akimasa Yoshikawa<sup>3)</sup>, Michi Nishioka<sup>4)</sup>, SEPTI PERWITASARI<sup>4)</sup>, Mamoru Yamamoto<sup>5)</sup>

(<sup>1</sup>Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (<sup>2</sup>Kyushu Institute of Technology, (<sup>3</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, (<sup>4</sup>National Institute of Information and Communications Technology, (<sup>5</sup>Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

630-nm red airglow emissions at altitudes of 200-300 km are produced by dissociative recombination of  $O_2^+$ . The emission intensity is proportional to the product of  $O^+$  and  $O_2$  densities. The  $O^+$  is also proportional to the ionospheric plasma density because it is a major part of the F-region plasma in the ionosphere. Therefore, the change of the product of  $O^+$  and  $O_2$  densities due to the upward or downward motion of the ionosphere by a zonal electric field or a meridional neutral wind leads to the variation of the 630-nm red airglow intensity. In other words, observation of the 630-nm airglow modulation is equivalent to seeing the upward and downward motion of the ionosphere. One of the causes of moving mid-latitude ionospheric plasma is the penetration of the transient magnetospheric electric field associated with substorms. Region 1 currents dominate due to the development of a current wedge system at substorm onset, and a westward electric field penetrates at mid-low latitudes on the night side. The direction of the associated  $\mathbf{ExB}$  drift is diagonally downward, which causes the ionospheric plasma to move to lower altitudes with higher  $O_2$  density. This process enhances the 630-nm airglow emission. Shiokawa et al. [2000] reported only two events of two-dimensional observations of the 630-nm airglow enhancement using an all-sky camera at mid-latitudes. However, there have been no other reports of the mid-latitude 630-nm airglow modulations associated with substorms. Further, because Shiokawa et al. [2000] did not conduct a multi-observation data analysis for the 630-nm airglow enhancement, the spatial and temporal variations of the 630-nm airglow enhancement remained unknown.

In this study, we will increase the number of 630-nm airglow enhancement events with substorm by observing simultaneously with all-sky cameras installed at Rikubetsu (43.5°N, 143.8°E), Shigaraki (34.9°N, 136.1°E) and Sata (31.0°N, 130.7°E) in Japan. Further, we use various kinds of observation data obtained from the FM-CW radar installed at Sasaguri (33.4°N, 130.3°E) by Kyushu University, SuperMAGs, GNSS receiver networks, Ionosondes, the DMSP F15 satellite, and the SuperDARN Hokkaido East radar to clarify the characteristics of airglow and ionospheric variability due to electric field penetration with substorms over a wide latitudinal range.

From 2002 to 2012, there were 1,800 days of FM-CW radar observations. Among them, we found five events of simultaneous airglow enhancements at two or more stations. Substorm-like AL index decreases were observed with the onset of these airglow enhancements. The occurrence probability of "simultaneous enhancement at two or more stations" in the "time when the weather is clear by confirming the all-sky camera on the day that FM-CW radar at Sasaguri is available" was 5.5 [hour]/6080 [hour]=0.09%, which is very rare. Three events occur during peculiar intervals, such as very large substorms or giant magnetic storms (Halloween events). This suggests that in order to cause electric field penetration and simultaneous airglow enhancement at mid- and low latitudes, there may be some necessary conditions in the substorm-like geomagnetic variations and the background solar-wind, magnetospheric and ionospheric parameters. In this presentation, we investigate possible mechanisms to cause airglow variations associated with substorm electric field penetration into the mid-latitude ionosphere, based on a combined analysis of airglow, geomagnetic field, ionospheric and TEC variations, and solar wind parameters.

630-nm 大気光は、 $O_2^+$  の解離性再結合により生成され、典型的には電離圏 F 領域中の高度 200-300 km で赤く光っている。発光強度は、 $O^+$  と  $O_2$  の密度の積に比例し、この  $O^+$  は電離圏 F 領域のプラズマの大部分を担っているため、電離圏プラズマ密度に比例する。そのため、電離圏が電場や中性風によって上下に動くことにより、 $O^+$  と  $O_2$  の密度の積が変化するため、その変動を 630-nm 大気光で観測することができる。つまり、630-nm 大気光を観測することは、電離圏の高度変動を見ていることと等価である。また、中緯度電離圏のプラズマが動かされる原因の 1 つとして、サブストームに伴う一時的な磁気圏電場の中緯度電離圏への侵入が挙げられる。これは、サブストーム開始に伴ってカレントウェッジ電流系が発達することにより Region 1 電流が卓越し、夜側の中低緯度では時間遅延なく西向き電場が侵入する。これに伴う  $\mathbf{ExB}$  ドリフトが斜め下向きにかかるため、電離圏プラズマがより  $O_2$  の密度が高い低高度に侵入し、630-nm 大気光が増光する。Shiokawa et al. [2000] は、この増光の中緯度の全天カメラを用いて 2 次元的に観測した例を 2 例報告し

た。しかし、同様の報告例はなく、各イベントに対して1か所の観測点のみの観測であり、増光の空間的な広がりや同時性が不明であった。そこで本研究では、サブストームに伴う電場侵入により630-nm大気光が増光する事例を増やし、これを日本の陸別(43.5°N, 143.8°E)、信楽(34.9°N, 136.1°E)、佐多(31.0°N, 130.7°E)に設置された全天カメラで同時に取得された観測データを使用する。さらに、九州大学が篠栗(33.4°N, 130.3°E)に設置しているFM-CWレーダーやSuperMAG、GNSS受信機網、イオノゾンデ、DMSP F15衛星、SuperDARN北海道-陸別第1レーダーの観測データと比較することで、サブストームに伴う電場侵入による大気光強度と電離圏の変動特性を広い緯度範囲に渡って明らかにする。

2002年~2012年の期間で、FM-CWレーダーの観測が行われている1,800日に対して、2観測点以上で同時に大気光が増光している例は現時点で5例見つかかり、増光の開始に伴いサブストームのようなAL指数の減少が見られた。このため、「篠栗のFM-CWレーダーのデータがある日で、全天カメラで確認された天気が2観測点以上で晴れの時間」の中で、「2観測点以上で同時増光する」発生頻度は、 $5.5 \text{ [時間]} / 6080 \text{ [時間]} = 0.09\%$ と非常にまれであることが分かった。この中の3例は、非常に巨大なサブストームや巨大磁気嵐(ハロウィンイベント)など特殊な場合であった。そのため、中低緯度で大気光が同時に増光するほどの電場が侵入するためには、サブストームのような地磁気変動や、背景の磁気圏・電離圏の状態、太陽風の性質に条件がある可能性がある。そこで本発表では、得られた5例に関して、大気光画像に加えて、磁場変動や電離圏高度、TEC、太陽風パラメータなどを総合的に解析し、中緯度電離圏への侵入電場に伴う大気光変動のメカニズムを考察した結果を報告する。