

## JEM-GLIMS による雷・TLEの天底観測：スプライト，エルブス観測例

# 佐藤 光輝 [1]; 足立 透 [2]; 牛尾 知雄 [3]; 森本 健志 [4]; 鈴木 睦 [5]; 山崎 敦 [6]; 菊池 雅行 [7]; 高橋 幸弘 [8]; Inan Umran[9]; Linscott Ivan[10]; 芳原 容英 [11]

[1] 北大・理; [2] 早大・高等研; [3] 阪大・工; [4] 近畿大学; [5] JAXA・宇宙研; [6] JAXA・宇宙研; [7] 極地研; [8] 北大・理・宇宙; [9] スタンフォード大; [10] スタンフォード; [11] 電通大

## JEM-GLIMS Nadir Observation of Lightning and TLEs: Sprite and Elves Events

# Mitsuteru SATO[1]; Toru Adachi[2]; Tomoo Ushio[3]; Takeshi Morimoto[4]; Makoto Suzuki[5]; Atsushi Yamazaki[6]; Masayuki Kikuchi[7]; Yukihiro Takahashi[8]; Umran Inan[9]; Ivan Linscott[10]; Yasuhide Hobara[11]

[1] Hokkaido Univ.; [2] WIAS, Waseda Univ.; [3] Engineering, Osaka Univ.; [4] Kinki University; [5] ISAS, JAXA; [6] ISAS/JAXA; [7] NIPR; [8] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [9] Stanford Univ.; [10] Stanford Univ; [11] UEC

The main goal of the JEM-GLIMS mission is to carry out continuous nadir observations of lightning discharges and lightning-associated Transient Luminous Events (TLEs) from International Space Station (ISS) and to identify the horizontal structures of lightning discharges and TLEs. For this purpose, JEM-GLIMS equips two kinds of optical instruments (LSI: CMOS camera, and PH: spectrophotometers) and two kinds of electromagnetic wave receivers (VLFR: VLF receiver, and VITF: VHF interferometer). All these instruments were installed at the bottom plate of the bus system (MCE: Multi-mission Consolidated Equipment), which is facing the Earth. Thus, JEM-GLIMS can carry out the nadir observations of lightning and TLEs. JEM-GLIMS was successfully launched by HTV3 on July 21, 2012 and was installed at the exposed facility of the Japanese Experiment Module (JEM) on August 9, 2012. JEM-GLIMS finally started continuous nadir observations on November 20, 2012. In the period from November 20, 2012 to June 30, 2013, totally 1597 transient optical events related lightning flash and/or TLE emissions are detected by JEM-GLIMS optical instruments. In 578 of these events, both LSI and PH detected clear transient optical signals well above the noise level.

In order to derive sprite and elves events from the detected transient optical events, we checked PH data first and estimated peak irradiance related to the transient optical flashes. Then, we compared these intensities with the atmospheric transmittance calculated between 10 km altitude and 400 km ISS altitude. Finally, LSI image data are analyzed to clarify the morphological properties of the optical emission. We analyzed a transient optical event detected at 00:56:29.198 UT on December 15, 2012. The peak intensities of PH channels are estimated to be  $1.4 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$  (150-280 nm),  $2.3 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (316 nm),  $5.9 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (337 nm),  $4.0 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (392 nm),  $4.2 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (762 nm), and  $6.3 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$  (600-900 nm), respectively. It is found that all these intensities are significantly stronger than the lightning emission affected by the atmospheric transmittance, and this fact implies that the light sources exist not only at the lower altitude in the troposphere but also in the upper atmosphere (mesosphere). At the image data obtained by the narrow-band filter camera (LSI-2), a pancake structure with bright spots was confirmed. Thus, we attributed the pancake structure and bright spots to a sprite halo and sprite streamers, respectively. We further analyzed a transient optical event obtained at 09:18:33.469 UT on July 13, 2013. In this event very strong pulse signals are detected only by PH1 (150-280 nm) and PH4 (600-900 nm). Since the field-of-view (FOV) of PH4 is  $86.8^\circ$ , which is larger than that of other PH channels (FOV= $42.7^\circ$ ), a lightning discharge seems to be occurred within PH4 FOV but without FOV of the other PH channels. Nevertheless, strong FUV emission detected by PH1 means the occurrence of elves.

JEM-GLIMS ミッションの目的は、国際宇宙ステーションから雷放電と高高度放電発光現象 (TLEs) を天底観測し、それらの水平空間分布と発生条件を明らかにすることにある。この目的のために、JEM-GLIMS には、CMOS センサを用いたカメラ (LSI) と多波長分光フォトメタ (PH) の 2 式の光学観測機器と、雷放電が励起する VLF 波動と VHF 波動を受信する 2 式の電波計測器を搭載している。JEM-GLIMS の観測器はバス部であるポート共有実験装置 (MCE) の底面に取り付けられており、常に地球を指向していることから、雷放電と TLEs を天底観測することが可能となる。JEM-GLIMS は 2012 年 7 月に HTV3 号機によって打上げられ、8 月には日本実験モジュール曝露部に取付けられた。2012 年 11 月 20 日から定常観測を開始し、6 月 30 日までに 1579 例の過渡発光イベントの検出に成功している。そのうちの 578 例は、LSI と PH の両方で発光現象が計測されている。

JEM-GLIMS で観測された過渡発光イベントから TLEs を検出するため、まず PH ライトカーブデータからピーク強度を導出した。次にそれらの強度と大気透過率とを比較し、光源がどの高度に位置したかを切分けた。さらに、LSI 画像データから発光の形状と空間分布を推定し PH データとの比較を行った。これらによって、TLEs 発生の推定と、スプライトやエルブスなどの形態の分類が可能となる。2012 年 12 月 15 日 00:56:29.198UT に観測されたイベントを解析した結果、PH のピーク強度は  $1.4 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$  (150-280 nm),  $2.3 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (316 nm),  $5.9 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (337 nm),  $4.0 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (392 nm),  $4.2 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$  (762 nm), and  $6.3 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$  (600-900 nm) となった。これらの強度は大気透過率を考慮しても十分に大きく、光源が対流圏のみならずそれより上空にも存在することを強く示唆している。LSI 画像データから、パンケーキ型および明るいスポット的な発光が検出されており、それらが雷の発光とは空間的な位置がシフトしていることが明らかとなった。これらの事実から、このイベントはスプライトヘイローとそこから下方に延びるスプライトストリーマ構造であると結論された。一方、2013 年 7 月 13 日 09:18:33.469UT に観測されたイベントを解析した結果、フォトメタでは PH1 (150-280 nm) と PH4 (600-900 nm) にのみ強いインパルス信号が計測されており、LSI には発光が検出されていなかった。PH4 の視野は  $86.8^\circ$  であり、他の PH チャンネルおよび LSI の視野より広角であることから、雷放電発光は

PH4の視野内で発生したと考えられる。それにも関わらず PH1 によって FUV の信号が検出されたことから、このイベントではエルブスが発生したと結論される。講演では、解析の手法とスプライト、エルブスの観測データをさらに詳細に説明し議論する。