

JEM-GLIMS による宇宙からの雷・超高層放電の多波長観測

*足立 透 (早稲田大)、佐藤光輝 (北海道大)、牛尾知雄 (大阪大)、山崎敦 (JAXA)、鈴木睦 (JAXA)、菊池雅行 (極地研)、高橋幸弘 (北海道大)、Umran Inan (スタンフォード大)、Ivan Linscott (スタンフォード大)、芳原容英 (電通大)

2012 年に運用が開始された国際宇宙ステーション搭載 JEM-GLIMS は、雷放電とその上空に発生する超高層放電 (TLE) をグローバルに捕える観測装置である。GLIMS は天底を指向しながら光学・電波観測を行うため、これまで明らかにされていなかった雷と TLE の水平空間構造や、両者の水平位置関係を捕えることを初めて可能とする。しかしながら天底観測のジオメトリでは、雷と TLE の発光が視線上に重なるため、両者の分別には、複数の波長帯における撮像・測光データの詳細解析が必要となる。

そこで本研究では、GLIMS によって観測された多波長光学データを解析し、現象の同定を目指す。解析に用いるデータは、2 波長を同時観測するイメージャ (LSI) と 6 波長のフォトメータ (PH) である。LSI の観測波長は狭帯域の 762-nm と広帯域の 740-830 nm であり、雷や TLE の構造を水平 300-400 m の空間分解能で詳細に捕える。一方で、PH の観測波長は 150-280, 337, 762, 600-900, 316, 392 nm であり、各発光の時間変動を 20 kHz のサンプリング周波数で高速に捕える。これらの時空間・波長において分解された光学データの解析によって、雷放電と TLE を同定し、その性質を明らかにする。

2012 年 11 月から 2013 年 6 月の期間に 815 例の放電発光が観測され、そのうち 494 例で LSI 及び PH ともに明瞭なシグナルが確認された。本研究では初めに、サチュレーションの発生しなかった 2013 年 1 月 29 日 09:50:47 (UT) の良質なイベントに注目してケーススタディを実施した。

まず発光強度ピークの絶対値を推定したところ、600-900 nm の波長域における放射照度が $1.38 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ と見積られた。この推定値は、過去の FORTE 衛星で観測された雷イベント群と比べて上位 10% 以内に入る高い値であり、GLIMS がとりわけ明るい雷を選択的に検出していることが明らかになった。

次に、発光強度のピーク値を波長間で比較解析した。波長 392 nm のシグナルを基準として各波

長の相対強度を導出したところ、遠紫外線 (150-280 nm) を除いた可視のシグナルについては、対流圏から国際宇宙ステーションに至る経路での大気透過率曲線に従った強度となることが明らかになり、検出された発光の主要因が雷放電であると結論付けられた。その一方で、対流圏からの透過率が著しく低い遠紫外線についても、十分な強度の発光が検出されていることから、雷に加えて大気圏上部における TLE も併せて発生したことが示唆された。

可視光シグナルの主要因である雷放電の性質をさらに詳細に探るため、時間変動に注目した解析を行った。その結果、各チャンネルに共通して半値全幅が 1-2ms の極めて明るいパルス発光と、それに先立って 20 ms ほど継続する微弱な発光がみとめられた。そこで、この原因を探るために青色発光 (337, 316, 392 nm) と赤色発光 (762, 600-900 nm) の強度比を取り、それらの時間変化を導出したところ、明るいパルス発光は、先行する発光に比べて青/赤比が低いことが明らかになった。

過去の FORMOSAT-2 衛星による光学観測では、雷放電の帰還電流が雲の多重散乱を通して 1-2ms の発光時定数を有すること、そして地球大気の高層で発生するために、大気分子によるレーリー散乱が強く効いて青色の発光成分が弱くなることが知られている。一方で、それに先行して雲内で 10-30 ms ほど継続する先行放電がしばしば観測され、この発光は高高度で発生するために、青色の発光も十分に検出されることが明らかになっている。これらの特徴との一致から、GLIMS で捕えられたイベントは、先行放電と帰還電流によるものと考えられる。

これまでの初期解析によって、GLIMS が雷と超高層放電を分別して観測することが可能であること、そしてその時空間および波長の情報から、現象の性質を詳細に理解することが可能であることが示された。講演では、解析手法を精密化するとともに、多くのイベントに適用することによって、検出手法の妥当性と限界について議論する。