

衛星光学観測に基づく雷放電特性の導出

*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）、Umrn 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）、M. B. Cohen（スタンフォード大）、G. Lu（デューク大）、S. A. Cummer（デューク大）、R. R. Hsu（成功大）、A. B. Chen（成功大）、H. U. Frey（カリフォルニア大）

1995 年以降に本格運用が開始された雷放電の衛星光学観測は、当該現象の全球的な発生分布を明らかにし、その海陸コントラストや地域・季節依存性を詳細に捕えてきた。しかしながら、それらは単一波長のイメージングに基づくため、現象の発生を全球規模でシームレスに捉えるものの、個々の詳細な放電特性の抽出は不可能であった。

その一方で近年、地上観測・数値シミュレーションにより雷放電の性質（例えば雲放電・対地放電の識別）がそれ自身の発生予測を立てる上で重要であるばかりか、極端気象を伴う積乱雲の盛衰を理解する新しい指標として注目されている。そのため、例えば衛星光学観測によって雷放電特性を捉える技術が確立すれば、静止軌道からの監視によって気象予測の精度向上につながるなど、気象業務への応用が高く期待される。

そこで本研究は、雷放電の性質を導出する新しい技術として、衛星光学観測の持つ可能性を検討する。特に最新の衛星搭載機器による多波長・高時間分解能観測に着目し、雷放電特性を捉える新しい手法の開発を目指す。

本研究で解析に使用する観測器は、太陽同期極軌道衛星に搭載された FORMOSAT-2/ISUAL と国際宇宙ステーションに搭載された JEM-GLIMS である。ISUAL は雷放電の発光をリム・ジオメトリで捉える観測器であり、多チャンネル・フォトメータによって 150-290, 228-410, 337, 392, 609-753, 777 nm の各波長域の発光を 10kHz のサンプリング周波数で高速に計測する。その一方で JEM-GLIMS は、雷放電をナディア観測によって捉える衛星搭載機器であり、150-280, 316, 337, 392, 762, 600-900 nm の波長域を 20 kHz のサンプリング周波数で観測する。ISUAL は 2004 年から現在に至るまで長期観測を継続しており、GLIMS は 2012 年から運用が開始されている。

本研究ではまず、ISUAL によって得られた衛星観測データを解析し、地上観測で得られたデータとの比較によって、放電特性の導出を試みた。同時刻に得られた衛星光学データと地上磁場波形

データを比較解析したところ、雷放電の発光強度と電流モーメント変化量に極めて高い相関が確認された。この結果は、衛星光学観測による雷放電特性の定量的な推定が可能であることを示唆する。次に、地上観測によって対地放電と分類されたイベントについて解析を進めたところ、放電路が地上にまで達する帰還雷撃プロセスの時刻に、宇宙で観測された雷光の色が赤色へと変化する特徴が見出された。これに対して、地上電波観測で雲内放電と分類されたイベントについては、個々の放電に対応する発光パルスが数多く検出されたものの、その色に優位な変化は見られなかった。この主要因を探るため MODTRAN-4 によって大気透過率を計算したところ、短い波長域の光を減衰するレーリー散乱の効果によって、本研究で得られた色の変化が説明可能であることが確認された。これらの解析結果は、衛星多波長光学観測によって対地放電と雲放電の識別が可能であることを示すものである。

次に、GLIMS で観測された雷データの解析を行った。815 例の放電発光のうち、サチュレーションの発生しなかった良質なイベントに注目してケーススタディを実施したところ、1-2 ms の時定数を有する極めて明るいパルス発光と、それに先行して 20 ms ほど継続する微弱な発光が捕えられた。これらは典型的な先行放電・帰還雷撃の放電プロセスと酷似した時系列変化であるため、青色/赤色の発光強度比を導出したところ、明るいパルス発光は先行発光に比べて赤みがかかった色を有することが明らかになった。この結果は ISUAL のデータ解析結果と同様に、対地放電の発光が雲放電に比べて青色成分が弱いことを示しており、観測ジオメトリに関わらず、衛星多波長光学観測が雷の放電特性を導出する新しい手立てであることを指し示すものである。

本講演では雲放電・対地放電の識別に加えて、帰還雷撃や連続電流の強度や時間スケールといった諸物理量についても統計解析し、衛星光学観測に基づく雷放電特性の推定手法について、その有用性と制限を総括的に明らかにする予定である。