

ISUAL および ELF 観測に基づくスプライトの発生確率とその絶対発光強度

Occurrence probability of sprites and their luminosity based on ISUAL and ELF measurements

吉田 暁洋 [1]; # 高橋 幸弘 [1]; 佐藤 光輝 [2]; 足立 透 [3]; 近藤 哲志 [4]; Hsu Rue-Ron[5]; Su Han-Tzong[5]; Chen Alfred Bing-Chih[5]; Frey H.U.[6]; Mende S.B.[6]; Lee Lou-Chuang[7]

Akihiro Yoshida[1]; # Yukihiko Takahashi[1]; Mitsuteru Sato[2]; Toru Adachi[3]; Satoshi Kondo[4]; Rue-Ron Hsu[5]; Han-Tzong Su[5]; Alfred Bing-Chih Chen[5]; H.U. Frey[6]; S.B. Mende[6]; Lou-Chuang Lee[7]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 北大; [3] 京大 RISH; [4] 東北大・理・地球物理; [5] 台湾成功大・物理; [6] U.C.Berkeley; [7] NSPO

[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Hokkaido Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] Geophysics, Tohoku Univ.; [5] Cheng Kung Univ.; [6] U.C.Berkeley; [7] NSPO

スプライトは雷雲地上間の落雷放電に伴って発生する高度 50-90km での放電現象である。1989 年の発見以来、その発光形態やそれを誘起する落雷の特性など様々な研究がなされてきた。主に大規模な正極性落雷によって誘起されることや、微細な構造を持つスプライトストリーマタイプやぼんやりとしたパンケーキ状の構造を持つスプライトヘイローなどのいくつかの形態があることが分かっている。2004 年に FORMOSAT-2 衛星搭載 ISUAL 観測器による宇宙からの光学観測が始まって以来、全球的なスプライトの発生分布が明らかになってきた。しかし、その分布は OTD や LIS など人工衛星搭載機器による雷放電発光雷発生分布から予想されるものとは異なっていた。この結果は落雷の性質が地域依存性を持つこと、また落雷に対するスプライトの発生条件に違いがあることを示唆するものであるが、その詳細はほとんど明らかにされていない。

これまでのスプライト観測のほとんどが地上からの観測であるため、その光は大気による散乱や吸収の影響を大きく受けるものであった。そのためスプライトの絶対的な発光強度に関する議論をすることは不可能であった。スプライトの発生は落雷により生成される準静電場に起因するという説 (QE モデル) が有力である。その場合、電場は落雷の電荷モーメントに比例することから、スプライトの発光強度は落雷の電荷モーメントに相関を持つと推測される。しかし、その定量的な関係は全く調べられていない。

本論文では ISUAL イメージャー及びアレイフォトメータデータと全球の雷活動をモニターすることができる東北大学 ELF 世界ネットワーク観測データを解析し、スプライトの発生確率及びその絶対発光強度について導出した結果を報告する。ISUAL と ELF 世界ネットワークが同時に稼動し良質なデータが取得された 2004 年について詳しい解析を行ったところ、以下の結果を得た。

南極、宮城県、スウェーデンの三地点で取得された 2004 年の ELF データから、およそ 27 万イベントの落雷を検出した。200 C km 以上の落雷は全球で 1 秒間あたり 0.73 回の頻度で起きていることが示された。さらに地域による電荷モーメント分布を確認したところ、アフリカ中部では電荷モーメントの大きな落雷の比率がその他の地域に比べて多いことがわかった。このような地域差を詳細に解析することで、スプライトの全球分布について詳細に議論できるはずである。ISUAL により観測されたスプライトを誘起した落雷の電荷モーメントを導出し、観測時間、観測面積を考慮することで電荷モーメントごとのスプライト発生頻度を導出した。落雷の発生頻度と比較することでスプライトの発生確率は、1200 C km 以上の落雷に対しては 70% 以上、800 C km 以下の落雷に対しては 5% 以下と見積もられた。Hu et al. [2002] によれば 600 C km 以上で 50% 以上の確率でスプライトが発生することが示されている。この差異は ISUAL のスプライト検出率が最も重要であると考え、ISUAL イメージャーのノイズレベルを評価する必要がある。その他にスプライトの性質の地域・季節差、電荷モーメント推定精度による可能性が考えられる。任意の 14 イベントのスプライトストリーマについて、その時空間的に積分された平均的な発光強度エネルギーを見積もった結果、N21PG バンドで 176 kJ、N22PG バンドで 119 kJ であった。発光エネルギーとそれを誘起した落雷の電荷モーメントを比較したところ、正の相関があることが示され、その相関係数は 0.93 であった。これは準静電場 (QE) モデルと定性的には矛盾のない結果と言える。さらにこの関係から 640 C km の落雷に対してスプライトの発生確率が 50% であることが示唆された。こうしたスプライトの絶対発光強度及び、それらの落雷規模との定量的比較は、今回初めて実現された。