

スプライトの構造遷移でみる下部電離圏電子密度

Structure transitions in sprites and their implication of electron density in the lower ionosphere

平木 康隆 [1]; 福西 浩 [2]

Yasutaka Hiraki[1]; Hiroshi Fukunishi[2]

[1] 京大・エネ科; [2] 東北大・理・地球物理

[1] Kyoto Univ.; [2] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.

スプライトは、雷放電に関連する過渡的な放電発光現象であり、雷雲上空の高度40 - 90 kmに発生し、樹木のような大規模な構造をもつことが知られている。また、衛星観測により、中低緯度域の主に陸上で発生する一般的な現象として認識されてきた。これまでの詳細な光学観測により、スプライトの鉛直構造には二つの遷移が見られることがわかっている。第一の遷移は、細い枝状の構造を担うストリーマ形成の遷移である。ストリーマとは、気体放電の基本となる要素の一つであり、高密度のプラズマで構成され、その先端部にパルス状の大きな分極電場を有しつつ発達する。背景に強い電場が印加されたときに、加速電子が中性ガスから次々に二次電子をはぎとる電子なだれが発生し、やがてプラズマの分極電場が背景場を打ち消す程度に強くなると、ストリーマが形成される。ところで、スプライト発生高度ではもともと大気中にわずかな電離があり、高高度ほどその度合いは大きい。したがって、雷放電によって大域的に印加された電場は、局所的な電気伝導度で決まる時間スケールで上空から徐々に遮蔽される。このため、ある高度以上では、ストリーマ形成に必要な密度のプラズマを作る時間がとれず、そこに構造の遷移ができる。この遷移高度はおよそ70 km付近と推定されており、それを特徴づける例は二つ見られる。一つは、この高度より上空で背景場による電子加速が起り、それに伴うディフューズな発光として知られるヘイローであり、もう一つは、下部からこの高度に向かって伝搬するストリーマが構造を保てず消散する場合である。第二の遷移は、ストリーマのブランチ過程の遷移であり、それは高度60 km付近に見られる。スプライトの構造形成は、先の遷移高度付近で形成されたストリーマ群が、水平方向にあまり広がらずに下部に向かって発達するところから始まることが知られるが、ある高度付近から急激にブランチを繰り返し水平方向に広がるのを見てとれる。現在の我々の知見では、この遷移は、背景のプラズマ(電子)密度の急勾配、あるいは、ストリーマの発達にとって重要な光イオン化過程を支配する光学的厚さの急勾配の影響によって作られたものと考えられる。

以上のように、スプライトの魅力は、それを支配する(電子の平均自由行程で決まる)放電の特性スケールがダイナミックに変化する点にあると言える; その変化率は1000倍以上に及ぶ。その帰結として、また、ミクロな電子-原子分子過程とプラズマとしての性質との拮抗によって形成されるマクロな構造の遷移は、プラズマ物理の見地からも大変興味深い。本発表では、このマクロな構造の基礎となるカラム・キャロット型構造のモデル開発の現状を報告する。また、スプライトの上端高度、第一、第二遷移高度はすべて、背景の電子密度が大きく関与すると考えられ、これらの測定はその電子密度の測定に直結する。この理論的評価を行い、それについても報告したい。