

航空機からのハイスピードカメラ観測によって明らかとなった高高度放電発光現象の時間・空間発展の特徴

佐藤 光輝 [1]; 高橋 幸弘 [2]; 小林 縫 [3]; 山田 大志 [4]; 工藤 剛史 [2]; 島 侑奈 [2]; 宇宙の渚プロジェクト NHK[5]
[1] 北大・理; [2] 北大・理・宇宙; [3] 北大・理・地球惑星科学; [4] 北大・理・地球惑星科学; [5] -

Characteristics of the Spatial and Time Development of TLEs Derived from Airborne High-Speed Camera Observations

Mitsuteru SATO[1]; Yukihiro Takahashi[2]; Nui Kobayashi[3]; Taishi Yamada[4]; Takeshi Kudo[2]; Yuuna Shima[2]; NHK
"Cosmic Shore" Project[5]
[1] Hokkaido Univ.; [2] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [3] Earthsciences, Hokkaido Univ.; [4] Earth Sciences, Hokkaido Univ.; [5] -

In order to study spatial and time development of lightning-associated Transient Luminous Events (TLEs) in the stratosphere, mesosphere and lower thermosphere with high time resolution, we have carry optical observations using a high-speed Image-Intensified (II) CCD camera and a high-vision CCD camera from an jet-aircraft on November 28 and December 3, 2010 in Japan. Using the high-speed camera, it is possible to capture images with 8,300 fps, which corresponds to the time resolution of 120 μ s. During these two observation flights, we have succeeded to detect 28 sprite events, and 3 elves events totally. It is found that the emission of the sprite head portion starts at about 73 km altitude and expands toward upper and lower altitudes and that it lasts 5 - 10 ms. It is also found that the altitude of the upper edge of sprite head portion reaches 85 - 90 km at maximum and that it can be changed during the emission. On the other hand, the altitude of the lower edge of sprite head portion reaches 65 - 70 km, and it remains constant once it reaches that altitude. It is also found that the sprite streamer tips developed from 66 - 77 km altitude to 52 - 54 km altitude with a propagation speed of 0.1×10^5 km/s, which is about 3% of the light speed. It is also found that sprite streamer tips appears only the initial phase of the sprite occurrence and that the time constant of the development is about 1.8 ms. At the presentation, we will show more detailed results of image data analysis and of ELF/VLF electromagnetic data analysis.

雷雲地上間放電に伴う成層圏・中間圏・下部熱圏で発生する高高度放電発光現象は、その発光の時定数が数ミリ秒程度であることから過渡的な現象であるといえる。この過渡的な高高度放電発光現象を撮像するために、現在まで高感度 CCD カメラを用いた観測が精力的に行われてきた。しかし、いずれも 30 フレーム毎秒 (fps) のビデオフレームレートによる撮像観測が主であり、過渡的な現象の時間・空間進展は、数画像に積分された状態で記録されていた。一方、フォトメタを用いた、より高時間分解能の測光観測も行われてきたが、空間分解能が低く、高高度放電発光現象の詳細な時間・空間発展および微細構造は明らかになっていなかった。ごく近年になって、米国において 20,000 fps を達成するハイスピードカメラを用いた高高度放電発光現象観測が行われているが、これらは地上からの観測であった。より暗いスプライト発光を検出し、大気の透過率の影響を受けないデータから詳細な時間・空間進展を特定するため、航空機からのハイスピードカメラ観測が望まれていた。スプライトやエルプスが、どのような微細構造をもちうるのか、どのような空間分布と時間進展をするのかという情報は、発生条件やメカニズム解明にとって本質的に重要なパラメタである。

これらを明らかにするため、NHK が開発したハイビジョンカメラと、8,300 fps を達成するイメージインテンシファイア付きハイスピードカメラを航空機に設置し、高度 13 km からの高高度放電発光現象観測を実施することとした。2010 年 11 月 28 日と 12 月 3 日の 2 度にわたってフライトオペレーションを実施し、太平洋沖合と日本海側で高高度放電発光現象を観測することに成功した。これらのフライトで、計 28 例のスプライトと、3 例のエルプスを観測した。

ハイスピードカメラで取得したスプライト画像データ解析した結果、スプライトのヘッド上端部分は高度 85 - 90 km に、下端部分は高度 65 - 70 km に位置することが明らかになった。また、ストリーマ部分の上端高度は 66 - 77 km であり、速度が約 0.1×10^5 km/s で高度 52 - 54 km まで伝搬することが明らかとなった。また、発光の継続時間は 1.8 - 2.1 ms であったが、スプライトストリーマは発光開始直後の下方伝搬が終了した後すぐに消光してしまうことも明らかとなった。講演では、より詳細な画像解析結果を紹介するとともに、地上 ELF/VLF 波動観測の結果についても紹介する。