

高高度発光現象スプライト観測の取組(6)

前田 祐作 (奈良県立奈良高等学校)

あらまし

奈良高校では平成24年度から、高知小津高校のスプライト共同研究の呼びかけに応じ、本校地学部の研究活動の1テーマとして、スプライトとエルブスの撮影と研究に取り組んでいる。

キーワード

スプライト、エルブス、UFOキャプチャーHD2、UFOアナライザー、AviUtl、さとくん(Satk)、

1 はじめに

スプライトは雷雲とともに現れることが多い。日本は季節によって気圧配置が変化するので、夏と冬では積乱雲が発生する地域も変化する。

スプライトがよく観測されるのは、夏は小笠原諸島の上空、冬は北陸地方の上空であるといわれている。

2 目的

スプライトの画像・動画撮影を行い、得られた画像を解析する。発生位置を特定し、落雷や雷放電の位置との関係を見いだす。

3 方法

2016-2017年シーズンから、Windows7デスクトップ型パソコン(DELL社Vostro460)を観測専用機とし、動体監視ビデオキャプチャソフトUFOキャプチャーHD2(SonotaCo)と、自動時刻合わせソフト(PIN 0, iネット時計)をインストールした。

撮影は、USBビデオキャプチャー(BUFFALO社PC-S DVD/U2G2)を介した、超高感度CCDビデオカメラ(W atec社Neptune-100)で、画像・動画を取得した。

得られた画像・動画の処理・解析には、UFOアナライザー(SonotaCo)と、AviUtl ver1.0(KEN)を用いた。

2017-2018年シーズンから、Garmin社のGPS時刻スーパーインポーターGHS-OSDでGPSの時刻を取得し、さとくん(Satk)でパソコンの内部時計を自動校正した。

4 結果

以下の(表1)のように、40回のイベントの撮影に成功した。表中の数字は、前から撮影されたイベントの、西暦年月日_時分秒を表している。落雷データ①~⑭は雷データの提供をうけたものである。内訳は、スプライトのみが写っているものが39イベント、エルブスのみが写っているものが1イベントあった。両方写っているものはなかった。

エルブスの発光は極めて弱いので、発光しているのにカメラで捉えられなかったイベントもあると考えられる。

表1 2017年11月~2018年1月の観測記録

月	発生年月日_時間	備考
11	20171115_200544	落雷データ① 多発光
	20171115_225917	
	20171115_234925	
	20171115_235603	
	20171116_000500	
	20171116_023310	落雷データ②
	20171124_211720	
	20171124_212200	落雷データ③
	20171126_002930	低い
	20171126_004821	低い
	20171126_010015	低い
20171126_014342	エルブスのみ	
20171126_031133	落雷データ④ 低い	
20171126_040033	落雷データ⑤ 低い	
20171126_040602	落雷データ⑥ 低い	
20171126_041138	低い	
20171126_041720	落雷データ⑦ 低い	
20171126_045609	低い	
20171126_045903	低い	
20171126_050545	低い	
20171126_051955	落雷データ⑧ 低い	
20171126_052547	落雷データ⑨ 低い	
12	20171204_214335	落雷データ⑩
	20171205_204953	
	20171205_234814	
	20171206_043644	落雷データ⑪
	20171207_035431	
	20171207_035853	
	20171207_041349	
	20171207_055423	
	20171209_002135	
	20171211_003302	
	20171211_060235	
	20171212_001002	落雷データ⑫
	20171217_035900	
	20171217_045657	
20171217_051901		
20171219_022700		
20171222_195826		
1	20180110_025926	

5 考察

得られたスプライトイベント画像の中から、数多くの棒状発光と雷雲の発光が記録された2017年11月16日午前0時5分0秒のスプライトイベントについて、時間経過による発生の様子を解析してみた。元の画像は(図1.1)である。



(図1.1) 20171116_000500のスプライト

スプライトの動画はAVI形式で記録されており、この動画をAviUtl(ver1.0)を用いてインターレース解除することにより、奇数・偶数の2つのコマ送りの画像に分割した。

UFOキャプチャーHD2は、30,000fpsの早さでコマ送りされている動画を記録している。このレート of the 動画を取出した場合、インターレース解除前は、0.033秒に1枚の割合で画像を切り替えてコマ送りし、なめらかな動画を表示している。

そこで、この動画をインターレース解除し、奇数と偶数に分割することで、さらに元のレートの半分に相当する、0.016秒～0.017秒に1枚の割合で奇数・偶数のコマ送り画像を取り出し経過観察することができた。それらを時間経過の順に並べたものが下の画像(図1.2)～(図1.4)である。

インターレース解除後のコマ送り順序	差
000500.920 奇数) 0.016秒
000500.920 偶数	
000500.952 奇数) 0.016秒
000500.952 偶数	

雷雲の発光が0.920偶数～0.925偶数の3枚にわたって記録されているが、スプライトの発光は0.920偶数と0.952奇数の2枚にしか記録されていない。しかも、雷雲の発光の最大は0.920偶数に迎えているのに、スプライトの発光の最大は0.952奇数に迎えている。

このことから雷雲の発光が先に始まり、その後0.016秒ほど遅れてスプライトの発光が始まり、さらに0.016秒後にスプライトの発光が最大となり、スプライトが消失した後、雷雲の発光も消失するという順序をたどっていると考えられる。



(図1.2) 20171116_000500.920偶数



(図1.3) 20171116_000500.952奇数



(図1.4) 20171116_000500.952偶数

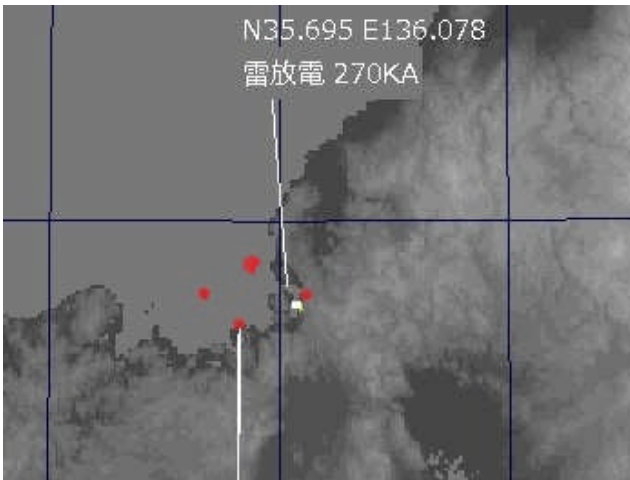
さらに、得られた画像の中から数枚を選び、スプライトの発生位置を特定し、落雷や雷放電のあった位置との因果関係を見いだしてみた。

スプライトの発生位置は、UFOアナライザー(SonotaCo)を用いて地図上に赤丸印で示す。

落雷や雷放電の位置は株式会社フランクリン・ジャパンから提供されたデータを同じ地図上に白丸印で表す。このとき、スプライトの発生した時刻(時分秒)の30秒前から発生30秒後までの直近1分間中におこった落雷や雷放電のデータを、スプライトをもたらした発生源として扱った。

①20171116_000500の sprites と発生源

2017年11月16日00時05分00秒、北緯35.695° 東経136.078° に+270kA(キロアンペア)の雷放電があり(図2.1)、この上空の赤点で囲まれた位置に sprites が発生した。(図1.1)



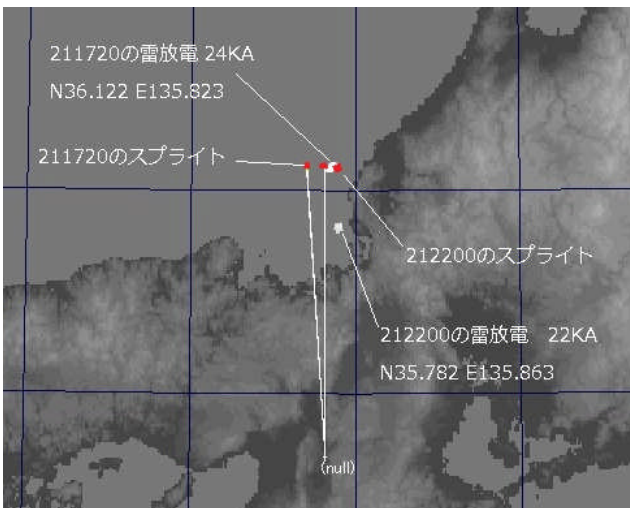
(図2.1) 20171116_000500の雷放電(白丸) と sprites (赤丸)の位置

②20171124_211720の sprites と発生源

③20171124_212200の sprites と発生源



(図3.1) 20171124_212200の sprites



(図3.2) 20171124_211720と_212200の雷放電

2017年11月24日21時17分20秒、北緯36.122° 東経135.823° に+24kAの雷放電があり、この上空真上の赤点の位置に sprites が発生した。(図3.2)

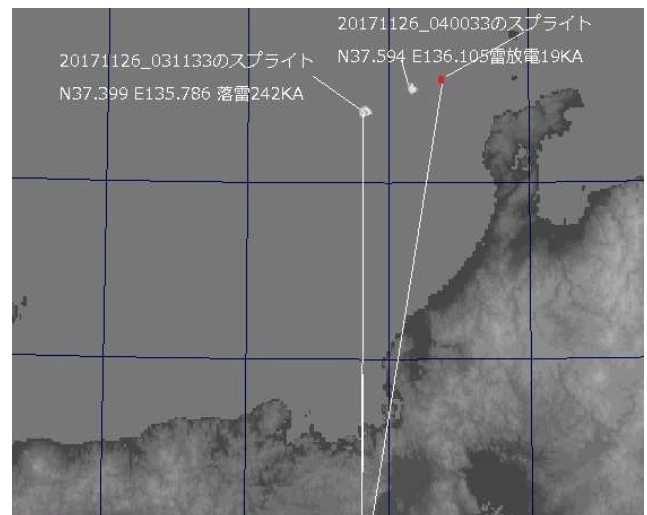
同日21時22分00秒、北緯35.782° 東経135.863° に+22kAの雷放電があり、32km北に離れた赤点の位置に sprites が発生した。(図3.1)(図3.2)

④20171126_031133の sprites と発生源

⑤20171126_040033の sprites と発生源



(図4.1) 20171126_031133の sprites



(図4.2) 20171126_031133の落雷と040033雷放電

2017年11月26日03時11分33秒、北緯37.399° 東経135.786° に+242kAの落雷があり、同時刻その真上に sprites が発生した。(図4.1)(図4.2)

同日04時00分33秒、北緯37.594° 東経136.105° に+19kAの雷放電があり、19km東北東に離れた赤点の位置に sprites が発生した。(図4.2)

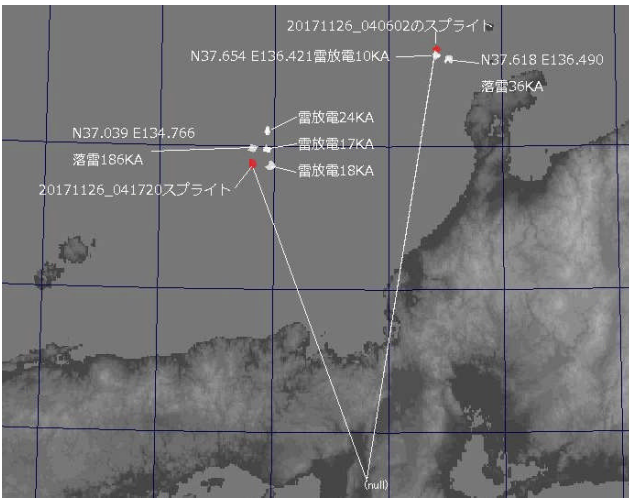
⑥20171126_040602の sprites と発生源

⑦20171126_041720の sprites と発生源

2017年11月26日04時06分01秒、北緯37.654° 東経136.421° に+10kAの雷放電があった。さらに1秒後の、04時06分02秒、北緯37.618° 東経136.490° に+36kAの落雷があった。落雷位置から8km西北西の上空に04時06分02秒 sprites が発生した。(図5.1)(図5.2)



(図5.1) 20171126_040602のスプライト



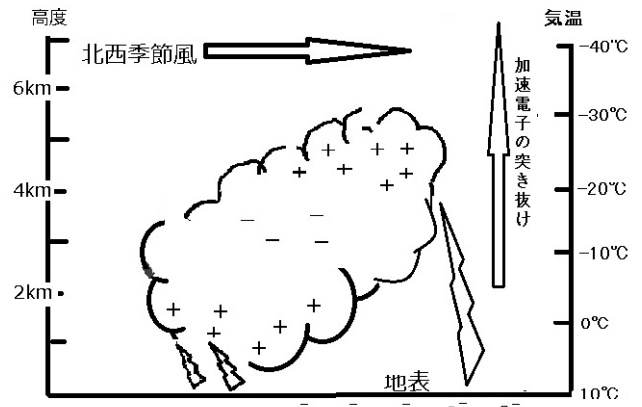
(図5.2) 20171126_040602の落雷と041720の落雷

2017年11月26日04時17分20秒に、+24kA、+17kA、+18kAの3回の雷放電と、北緯37.039° 東経134.766° に1回の+186kAの落雷があり、落雷地点の7km南の上空にスプライトが発生した。(図5.2)

(図1.1)～(図1.4) (図2.1) (図3.1)を見ると、スプライトの直下に落雷または雷放電と見られる発光が写っており、雷雲上部から漏れた雷光の散乱光であると考えられる。しかし、(図3.2)や(図4.2)で得られた落雷や雷放電が発生した地上の位置は、スプライトが発生した位置と、水平距離で19kmや32kmというかなり離れた位置であったことがわかった。この原因について考察してみたい。

日本では、日射によって生じた積乱雲の直下で落雷が起こることが多い夏季雷と、「ブリおこし」呼ばれ北陸～東北地方の日本海側で発生する低く横に伸びた雷雲から起こることが多い冬季雷の2種類の雷がある。

スプライトに関わる冬季雷をもたらす雷雲は、対馬海流の海水温が10℃前後とあまり高くないため、上昇気流も強くなく対流圏界面(高度約11km)まで成長するような積乱雲にはなりにくい。加えて、大陸からの強い北西季節風に流された結果、斜めの方向に成長した雲頂も雲底も低い積乱雲になる。(図6.1)



(図6.1) 北陸における冬季雷の断面図

雷雲の中では高高度から順に＋＋＋に帯電した電荷粒子が並んだ三極構造が形成される。

このとき地表にたまった電子 e^- は、雷雲中の＋電荷めがけて上向きに流れる上向き正極性落雷になる。地表から雷雲へ加速された電子が流れ、雷雲を突き抜けた電子は、上空で空気分子と衝突しスプライトとして発光する。

冬季雷は、(図6.1)のように斜めに長くたなびいたり雷雲中で放電するため、スプライトの発生位置が、地上で観測された落雷位置や雷放電位置の直上でなくずれた位置で発光することもあると推測される。

また、落雷または雷放電の発生した時刻と1秒刻みで同時刻内にスプライトが発生していたことが分かった。(図4.1)や(図5.1)のように雷光の散乱光が撮影されないほど仰角の低い遠方でのスプライトでも、地上付近で落雷や雷放電が起こりその上空でスプライトが発生していることがわかった。

6 参考文献・サイト

- 「UFO キャプチャー」「UFO アナライザー」
<http://sonotaco.com/>
- 「スプライトの発生位置と落雷位置の関係」
鴨川 仁 東海大学海洋研究所報告
- 「東北大学 サイエンスカフェ リベラルアーツサロン」
<http://cafe.tohoku.ac.jp/cafe/environment/>
- 「冬季雷活動時に観測される空間線量率上昇の特徴」
山崎興樹・大高敏裕・新潟放射線監視センター年報
- 「NHKそなえる防災 夏の雷、冬の雷」
<http://www.nhk.or.jp/sonae/column/>
- 「大気圏電離圏における雷放電現象の構造と過程」
河崎 善一郎 阪大Science&NuclearFusionResearch

7 データ提供

- 「株式会社 フランクリン・ジャパン」