

高高度発光現象スプライト観測の取組(5)

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、UF0キャプチャーHD2、UF0アナライザー、AviUtl

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。

3 方法

2016年5月頃、それまで観測と記録に用いていたパソコンが壊れ、WindowsXPが使用できなくなった。そのため、動体自動検出機能を持つUF0キャプチャーV2も使用できなくなった。

そこで、新たにWindows7のパソコンを用意し、UF0キャプチャーHD2(SonotaCo)と自動時刻合わせソフト(PINO, iネット時計)をインストールした。

また、テレビチューナーボードに替わり、USBビデオキャプチャー(BUFFALO PC-SDVD/U2G2)で画像を取得するようにした。

その他は2016年までと同様に、超高感度CCDビデオカメラ(Watec社Neptune-100)を三脚にマウントしたものを使用した。

得られた画像・動画の処理・解析には、UF0アナライザー(SonotaCo)と、AviUtl ver1.0(KEN)を用いた。

4 結果

以下の表1のように、22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。

内訳は、スプライトのみが写っているものが19イベントで、エルブスとスプライトが写っているものは3イベントであった。

エルブスとは、スプライトの上端高度(80~90km付近)あたりで、ドーナツ状に発光する極めて弱い光なので、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 2016年9月~2017年1月の観測記録

月	発生年月日_時間	備考
11	20161102_233549	スプライトのみ 低い
	20161102_234525	スプライトのみ 低い
	20161102_234821	スプライトのみ 低い
	20161103_004518	スプライトのみ 低い
12	20161206_040100	スプライトのみ
	20161206_040504	スプライトのみ
	20161206_043547	スプライトのみ
	20161206_043834	スプライトとエルブス
	20161206_044137	スプライトのみ
	20161207_220821	スプライトのみ
	20161207_234157	スプライトのみ
	20161208_030511	スプライトとエルブス
	20161208_205824	スプライトのみ 低い
	20161208_210527	スプライトのみ 低い
	20161208_210831	スプライトのみ 低い
	20161209_014601	スプライトのみ 低い
	20161209_014955	スプライトとエルブス
	20161209_030635	スプライトのみ
	20161209_042555	スプライトのみ
	20161209_043419	スプライト時間差発光
	20161209_044139	スプライトのみ
1	20170113_052844	スプライトのみ

5 考察

これまでの報告では、大規模落雷の直後、1ミリ秒以内にエルブスが発生し、その後1ミリ秒から数10ミリ秒遅れてスプライトが発生し、スプライトの発光継続時間は、数ミリ秒から数10ミリ秒程度と報告されているが、この報告どおりなのかを、スプライト及びエルブスの発光継続時間について考察してみたい。

2013年12月1日に撮影されたスプライトのAVI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。分割する前の画像が20131201_053029の画像である。(図1.1)

2013年の観測時は、UF0キャプチャーV2を使用していたので、32.300fpsの早さでコマ送りされていた動画を記録していた。



図1.1 20131201_053029インターレース解除前

このレートの動画を取り出した場合、インターレース解除前では、0.031秒～0.032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現している。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、0.015秒～0.016秒に1枚の割合で奇数・偶数のコマ送り画像を取り出すことができた。それを時間経過の順に並べたものが下の画像である

インターレース前のコマ送り	差	順序
053029.426	) 0.032	奇数 偶数
053029.458	) 0.031	奇数 偶数
053029.489	) 0.031	奇数 偶数
053029.520	) 0.031	奇数 偶数
053029.551	) 0.031	奇数 偶数

この画像を時刻の経過順に並べると、スプライトや雷の発光の過程が0.015～0.016秒おきに経過観察できた。

雷雲の発光が29.489奇数～29.520奇数の3枚にわたって、スプライトの発光が29.489偶数～29.520奇数の2枚にわたって、記録されている。

(図1.2～1.4)



図1.2 20131201_053029.489奇数



図1.3 20131201_053029.489偶数



図1.4 20131201_053029.520奇数

この経過は、最初、雷雲の発光が始まり、0.015秒後にスプライトが発光し、スプライトは0.031秒後に発光が終了し、さらにその0.015秒後に雷の発光が終わるといった経過をたどっていることが分かった。



図2.1 20161208_030511インターレース解除前

さらに今シーズンから導入した、UFOキャプチャーHD2によって記録された動画を、AviUtl(ver1.0)を用いてインターレース解除し奇数・偶数に分割してみた。

対象にした動画は20161208_030511、インターレース解除前の画像が図2.1である。

UF0キャプチャーHD2は、コマ送りフレーム数が30.00fpsで記録されるので、このレート of 動画を 取り出した場合、インターレース解除後には、0.016~0.017秒に1枚の割合で奇数・偶数のコマ送り画像を取り出すことができる。

インターレース前のコマ送り	差	順序
030511.688	) 0.033	奇数 偶数
030511.721	) 0.033	奇数 偶数
030511.754	) 0.033	奇数 偶数
030511.787	) 0.033	奇数 偶数
030511.820	) 0.033	奇数 偶数

この画像を時刻の経過順に並べると、エルブスやスプライトの発光の過程が0.016~0.017秒おきに経過観察できた。

この動画では森林の影に入ったせいか雷雲の発光は記録されていなかった。11.721偶数でエルブスが発光し、11.754奇数でエルブスの発光が終わる。11.754奇数でスプライトが発光し、11.754偶数でそのスプライトがほぼ消えかける画像が記録されていた。11.787秒にはスプライトも完全に消失している。(図2.2~2.4)

この経過は、最初、雷雲の発光の有無はわから

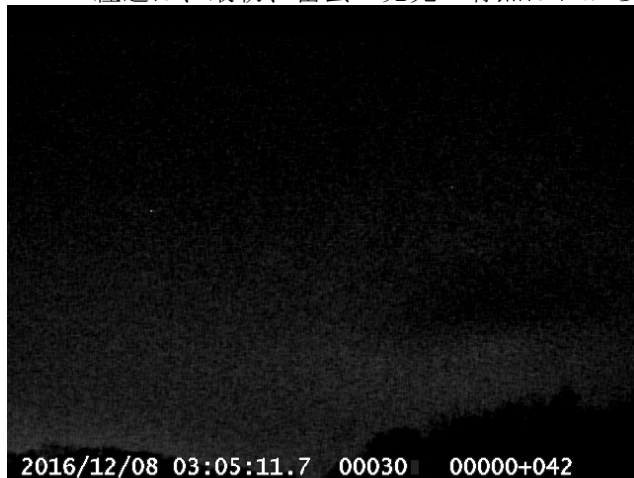


図2.2 20161208_030511.721偶数 エルブス



図2.3 20161208_030511.754奇数

ないが、0.016秒以内の極めて短時間にエルブスの発光が終わり、続いてスプライトが発光し、スプライトは0.033秒後に発光が終了するという経過をたどっていることが分かった。

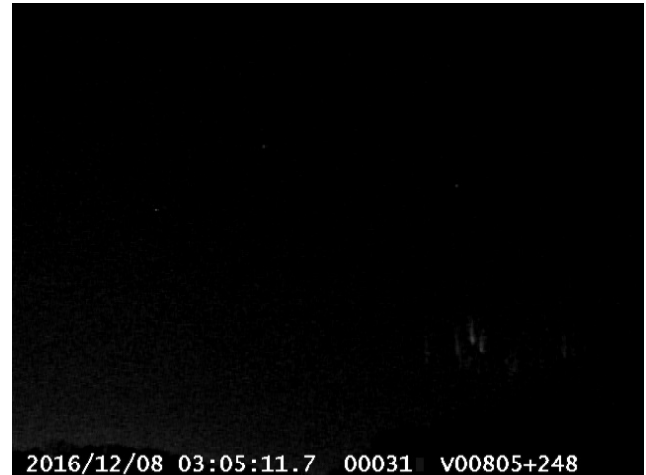


図2.4 20161208_030511.754偶数

また、今シーズン撮影された22イベントの中に、一つだけ明らかにスプライトの発光が遅れて光った動画が発見された。(画像3.1)

通常、スプライトは同心円状や比較的集まった配置で、いくつもの発光がほぼ同時刻に起こる。今回撮影された中で、20161209_043419の発光は、1箇所が発光が全体より遅く始まり遅く終わっている。

インターレース前のコマ送り	差	順序
043419.402	) 0.033	奇数 偶数
043419.435	) 0.033	奇数 偶数
043419.468	) 0.033	奇数 偶数
043419.501	) 0.033	奇数 偶数
043419.534	) 0.033	奇数 偶数



図3.1 20161209_043419インターレース解除前

19.435奇数から、19.468偶数までの4枚の画像にスプライトの発光から消失までが記録されていた。

この画像を見ると、19.435奇数で中央と右の発光が始まっている。19.435偶数の画像では左の発光が遅れて始まったが、中央と右は消失し始めて

いる。19.468奇数では中央は完全に消失しているが、左は発光のピークを迎えている。19.468偶数では右は完全に消失し、左だけがわずかに残り発光を終えようとしている。

このように、中央部は0.033秒発光しているが、左は0.016秒以上遅れて発光が始まり、0.049秒以上発光が続いたことになる。(図3.2～3.5)



図3.2 20161209_043419.435奇数



図3.3 20161209_043419.435偶数

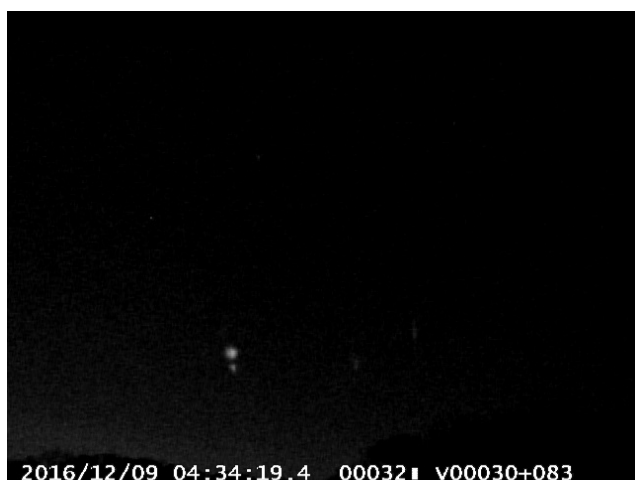


図3.4 20161209_043419.468奇数

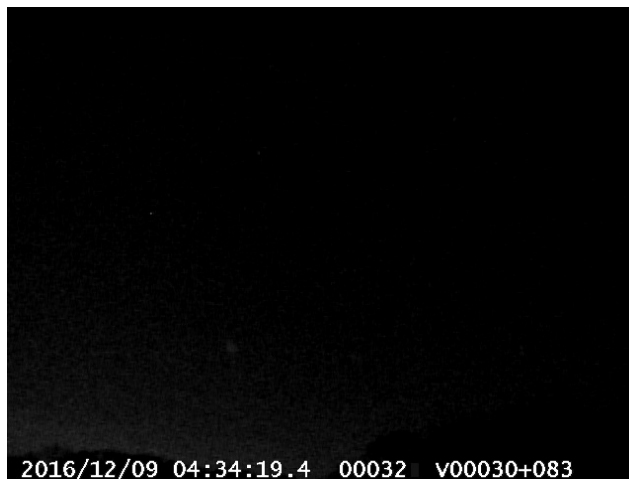


図3.5 20161209_043419.468偶数

図3.1～3.5の発光では中央と周囲に分かれたあまり見ない形状の発光が撮影されている。

スプライトの発光継続時間は、数ミリ秒から数10ミリ秒とある程度の幅をもって報告されているが、放電による発光は、電場によって加速された電子と空気分子の衝突によって起こる現象であり、エルブスを伴わない場合、比較的長い時間をかけて絶縁破壊がおこり、発光継続時間が長く、加えて複雑な形状の発光になりやすいと報告されたことおりのスプライトが観測された。

図2.1～2.4の発光では、たくさんのろうそくを立てて並べたように、直線上のスプライトが同心円状に広がっている。エルブスを伴う場合、短時間に強い電場が加わり、絶縁破壊がおこるので、瞬間的に電流が流れるため、単純な形で発光継続時間が短いスプライトが観測されるという報告とも合っている

6 課題と展望

今シーズンは10月のスプライトの最もよく発生する時期に全く発生が見られず、観測できたイベント数も伸びないままであった。

この原因として、日本海側に大雪が降ったのが1月に入ってからであり、スキー場も慌てるほどの雪不足であったことが原因として考えられる。理想的には舞鶴・敦賀・能登半島方面が雪で、奈良が乾燥して放射冷却で雲がない日が多ければ、観測機会が格段に多くなることが考えられる。

7 参考文献

高校生天体観測ネットワーク編「スプライト観測ハンドブック2005」

<http://sonotaco.com/> 「UFO キャプチャー」

<http://aviutl.info/> 「AviUtlの易しい使い方」

<http://cafe.tohoku.ac.jp/cafe/> 「東北大学宇宙にも雷ー不思議な発光現象の発見ー」