

Sprite -The Transition of Luminosity, or Energy over Time-

*Ryota Kiriya¹, *Kosuke Toda¹, Takumi Sumida

1. Ichinomiya High School

"Sprite", which is a luminosity phenomenon that occurs in a brief moment, was discovered in America in 1989. It appears in the upper atmosphere 40 - 90km above the ground after the occurrence of lightning. It is said that the brightest part of Sprite is brighter than the Milky Way. The word "Sprite" means "fairy" in English. Sprite is seen as red or orange to the naked eye, so that it is also called "Red Sprite". Among them, there are various kinds of sprite such as "Carrot Sprite", "Column Sprite" and so on.

Since 2004, our research team has observed and researched it using Watec100N, a high sensitivity monochrome video camera, and UFOCapture, a software which always monitors video data on computer memory, and records two seconds, or one second each before and after the occurrence of some changes when it detects them. Moreover, we introduced two lenses with different focal lengths in 2014. One is an 8mm wide angle lens, and the other is a 25mm telephoto lens. This year, we placed an emphasis on the transition of energy over time. Therefore, we are researching luminosity's transition of energy in the time frame of up to 1/12th of a second in one event.

First of all, we thought that we should compare sprite with the magnitude of other heavenly bodies in the same picture in order to measure the energy of sprite. We identified the magnitude of a heavenly body, using a software which can simulate an observation into outer space at any given moment and at any given place on earth. Therefore, we chose ϵ Ursa Minor (4.2mag) which has an unsaturated luminosity value.

In contrast to fixed stars which continuously emit light, sprite can be observed in a very short time. We divided one picture taken from a video clip (30fps) into two pictures, each with a set of frames recorded at different times using GIMP, a free software to process images. This process is called Interlace Withdrawal. It enabled us to view the change in sprite's luminosity in a high resolution of 60fps.

To set the coordinates (1,1) on the top left and (640,480) on the bottom right of all five pictures, we set the horizontal axis as the x-axis and the vertical axis as the y-axis. We also expressed the luminosity as a scale of 256, in other words 0 to 255.

However, lenses have a property which enlarges the luminosity in the images called limb darkening. So, we did a flat plane correction to divide the luminosity value in the images by that of the picture of vignette components which were taken through the same lens. The back ground value is then subtracted from it. Like so, we found the real luminosity value.

We expressed the unit of sprite's luminosity as mag/sq-deg by substituting the real value for Pogson's formula. In consequence, most of the sprite's magnitude is less than that of the Milky Way. Thus proving that sprite is brighter than the Milky Way.

Thanks to the H-R graph which has B-V as its horizontal axis, we found the absolute magnitude of ϵ Ursa Minor. We also compared the energy of ϵ Ursa Minor with the energy of sprite in terms of both of their distance ratios, basing it on the solar constant. In conclusion, we were able to successfully find the total amount of energy in one portion of the sprite.

Keywords: sprite, interlace withdrawal, flat plane correction, Pogson's formula, H-R graph, solar constant

Sprite

時間の推移における
光度 = エネルギーの変化

IESC Team EXON
愛知県立一宮高等学校地学部

1.概要

スプライトとは、1989年にアメリカで発見された『落雷が発生する際にその上空の高度40~90kmの高層大気中で発生する一瞬の発光現象』であり、最も明るい部分は、天の川よりも明るいといわれている。
一宮高校では2004年度から高感度モノクロビデオカメラWater100Nを使用した観測、研究を継続しており、2014年度から焦点距離の異なる8mmの広角レンズと25mmの望遠レンズの2種類のレンズを用いた観測を行ってきた。今年度は、時間の推移におけるエネルギーの変化に重点を置き、インターレース除去を行うことによって、1イベントで最大1/12秒間の光度変化を研究している。

2.これまでの研究

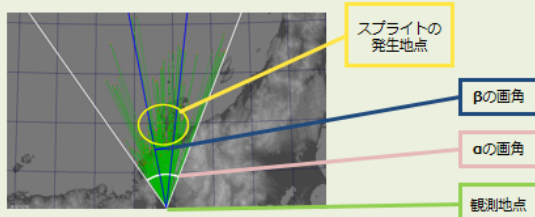
①広角レンズ・望遠レンズ

- 高感度モノクロビデオカメラWater100Nを2台用意し、2種類のレンズの焦点距離の違いから撮影できる範囲は右ようになる。
- 以前は50mmの望遠レンズを用いていたが、捕捉確率が低かったため、2014年度に25mmレンズの望遠レンズに変更した。



α: 8mm F0.8 β: 25mm F1.8

②観測方法



スプライトの発生地点

βの画角

αの画角

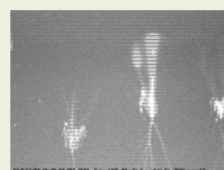
観測地点

③形状

- スプライトには様々な種類があり、発生する高度や発光形態の違いによって分類される。



カラム状スプライト (高度50~90km)



キャロットスプライト (高度55~80km)

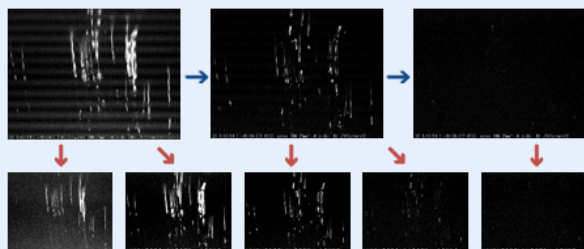
3.研究結果

①エネルギー量の算出

- スプライトのエネルギー量を求めるには、画像内の他の天体の等級と比較すればよいと考え、ステラナビゲーターで特定した天体の等級や太陽のエネルギーが地球に届く量に換算した値と比較することにした。
- 恒星が光り続けるのに対して、スプライトの発光は一瞬であるので、発光が進展する瞬間の様子を静止画にした。

②インターレース除去

- スプライトを観測できる時間は非常に短いためビデオカメラの30(fps)を、さらにGIMPを用いて奇数列(前半)と偶数列(後半)に分けることによって、スプライトの発生とその変化の様子をより詳細に見ることができる。



③光度の数値化

- インターレース除去を行った画像をずばる画像処理ソフト『マカリ』を用いて、水平方向をx軸、鉛直方向をy軸、光度を0~255の256段階で表した。

- レンズの性質上、画像の中心に近づくにつれて光度が大きくなる傾向があるので、x座標のすべての点において正確な値を求めるために同じレンズで周辺減光成分を撮影した画像で割るフラット補正を行った。

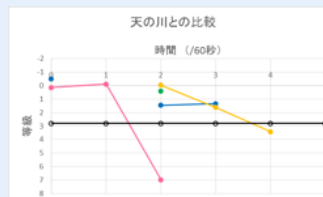


— : 光度変化 — : スプライトを除くx座標の光度の近似直線

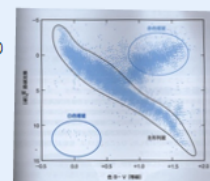
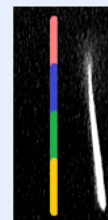
- フラット補正の結果、近似直線の傾きが0.0689から0.0458となり、2.3%向上した。

④エネルギー量の比較

- スプライトを右のように4分割して、それぞれの等級をグラフに表した。グラフよりスプライトは天の川よりも明るいことが証明できた。



- また右のH-R図と太陽定数(1.37[kW/m²/s])よりスプライト(上部1/4)と画像内のごく手前ε星(4.2等級)のエネルギー量を比較したところ、スプライトはこの恒星の約97倍のエネルギーを持つことがわかったので全エネルギー量は 2.1×10^{12} [W]という結果になった。



4.展望

- スプライトが持つエネルギー量を求めることはできたが、これはスプライトの一部であり、それ以外の部分は光度を測定した時に値が振り切れてしまったので、真の値を算出する方法を考えると同時に、これらの研究を様々な形状のスプライトでも行い、比較していきたい。

使用ソフト

- UFOCapture
- ステラナビゲーター
- GIMP
- UFOAnalyzer
- ステライメージ
- ずばる画像処理ソフト『マカリ』

参考文献

- スプライト観測ハンドブック2005
- レッドスプライトは真実なのか - 一宮高校 2006,2010,2011
- 太陽定数 - WMO 世界気象機関
- H-R図 - 基礎からわかる天文学 半田利弘著 (文堂新光社)

謝辞

- SSH 高知コンソーシアム
- 高知工科大学 山本真行先生