

高々度発光現象(スプライト)の観測

5年A組 三口 雄大

指導教諭 藤野 智美

1. 要約

私たちサイエンス研究会地学班のテーマの1つに高々度発光現象(スプライト)がある。近年まで記録が難しかったスプライトは、今日の技術向上と高感度カメラの性能が上がったことによって研究が可能になった。そして今年、高知工科大学と全国29校のSSH校が連携してスプライトの同時観測を行うことになり、私たちは本校を代表してこのコンソーシアムに参加することとなった。ここではその活動内容と観測結果を報告する。

キーワード 雷、高々度発光現象、スプライト、同時観測

2. 研究背景

私たちがよく目にする雷という発光現象は、実は落雷のメカニズムの一部ではない。例えば、今回研究するスプライトは、落雷と関係の深い高々度発光現象の仲間である。高々度発光現象というのは、雷雲のできる対流圏よりもさらに高い中間圏で発生する発光現象のことである。スプライトは、この高々度発光現象の1つである。雷よりもさらに高い位置で、ほんのわずかに光る発光現象である。このほかにも、エルブスやブルージェットと呼ばれる数種類の発光現象がこの仲間としてあげられる。

19世紀初頭に存在が予測され、落雷に伴ってできると考えられていたが、発光時間が非常に短く、また、雲より高いところで起きるスプライトは、その存在を確かめることができず、単なる理論として見なされてきた。しかし、最先端の技術によってそれを確認する方法が確立したので、観測がより身近なものとなり、研究が可能になったのである。スプライトについてはまだ詳

しいことがほとんど分かっていないので、今回の同時観測による新しい発見が期待される。

3. 研究目的

先にも述べたように、本研究は高知工科大学と全国のSSH校が連携して行い、これによって世界的な成果を収めている。1つの現象を同時に観測するという活動には、以下のような目的、意義があるといえる。

〈今回の同時観測の目的〉

- ・発光メカニズムの解明

雷とスプライトの特徴の対応関係を詳細に調べることで、スプライトの発光についてだけでなく、雷の発生メカニズムの本質にも迫ることができると期待される。

- ・スプライトの持つスペクトルの確認

分光観測を行い、スプライトがどのような色で構成されているのか確認することによって、発光のメカニズムや直接観測することが困難とされてきた中間圏の様子を予

測することができる。

- ・立体像の解明

多地点から観測することで花火が球状に広がっていることが確認できるように、高々度発光現象の立体像を解明することが同時観測によって可能である。これは、今回の同時観測における最大の目的であり、立体像は観測地点が増えるほど正確に予測することができる。なお、立体像の確認は世界的にも例がほとんどない。

〈同時観測を行うことの意義〉

- ・正確な観測結果を得る

1つの発光現象を様々な位置から確認することによって、より正確にその姿をとらえることができる。さらに、その現象の立体的な像も得ることができる。

- ・発光現象を逃さず捕える

複数の観測者がいることで、発生が予測できない発光現象を確実にとらえることができる。複数の学校が集まることで、それぞれの欠点を補い合うこともできる。

- ・スプライトの多発地域を特定する

日本は数少ない冬季のスプライトが観測できる地域である。まだまだ未解明な部分の多い日本の冬季スプライトの分布についても調べることができる。

- ・情報を共有する

始まったばかりの研究であるため、少しでも多くの情報を得て、それを共有することが大切である。より多くの観測結果と情報が得ることが新しい発見へとつながる。

4. 研究内容

(1) 仮説

現在、スプライトに関して以下のような

仮説が立てられる。どれも今回の同時観測の目的と意義に沿っているので、これらの仮説の真偽が観測によって明らかにされることが期待される。

- ①スプライトの発生メカニズムは地上に落ちてくる雷や雷雲に帯電されている電子と関係があるのではないか。
- ②高々度発光現象のスペクトルに、大気中（それらが発生する中間圏）に存在する粒子による色が見られるのではないか。
- ③本来、夏季に見られるはずのスプライトが、日本では冬季にも観測されるのは、地形や暖流などによるものではないか。

(2) 研究内容

〈高々度発光現象とは〉

高々度発光現象というのは、雷雲のできる対流圏よりもさらに高い中間圏で発生する発光現象のことである。スプライト、ハロー、エルブス、ブルージェットなどが例として挙げられる。スプライトはエンジンの形をしたもの、それを束ねたようなカラム状のものがあり、それぞれキャロット型、カラム状スプライトと呼ばれている。他にも縦に伸びている青い光をブルージェット、さらに高度の高いところで発生する直径300キロメートルほどの光の輪をエルブスと呼んでいる（図1参照）。

巨大な積乱雲でもせいぜい発生するのは高度10キロメートルまでだが、この発光現象は80キロメートルにも達する。気球でさえも到達が困難となるほどの高さなので、観測は地面か宇宙からの観測に限られる。さらに、発光時間が非常に短いため、以前はその存在を確かめることさえも、とても難しかった。

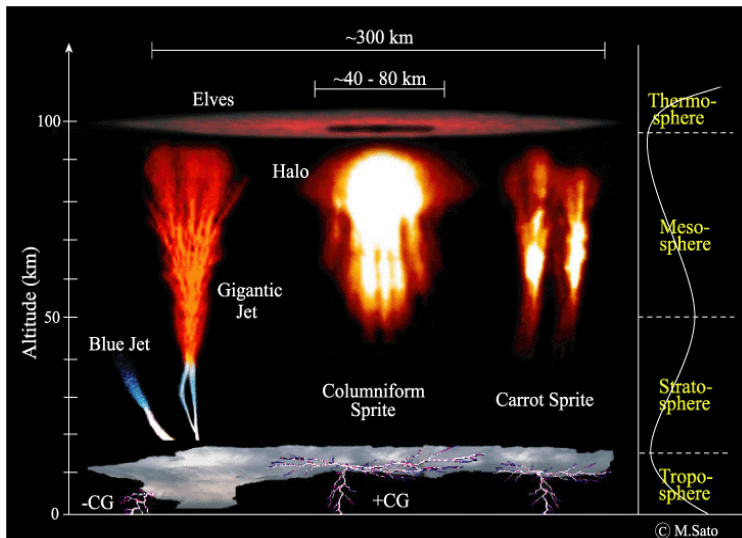


図1 スプライト

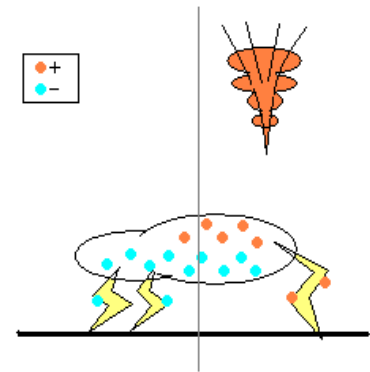


図2 発光のメカニズム

しかし、アマチュアの観測者が偶然観測に成功し、一気に注目度が増すことになる。現在では、UFO キャプチャーという空中の動体を検出できるソフトにより、この非常に稀な現象を確実にとらえることができるようになった。そして、専門の研究者だけでなく、高校生にも撮影が可能になった。

通常、雷は雷雲の中の負電荷を中和するために地面に落ちることが多い（図2の中央より左側）が、稀に正電荷の中和に伴って発生することがある（図2の中央より右側）。正電荷の雷の直後、気圧の低下により、電離している大気の、密度が局所的に高い電離層と雷雲の間に下向きの強い電場がかかる。すると、正や負の電荷を持つ粒子はその方向に移動しようとして大気中の粒子にぶつかり、新しい電子を出すのだが、電離層では連鎖的にこの反応が起こるため大量の電子が生成され、電流が生まれる。これがスプライト放電の主なメカニズムであると考えられている。

〈コンソーシアムでの活動報告〉

2008年11月、SSH コンソーシアム高知研究会（全21校が参加）へ出席した。参加継続校各校の取り組み状況、結果、課題を聞き、今後の観測活動について議論した。ここでは、今回のコンソーシアムでの研究内容について詳しく述べる。

I. 各校の取り組み状況

はじめに、以前からこのコンソーシアムに参加している学校の現在の取り組み状況について発表があった。

・長野県立諏訪清陵高校

（成果） 41事象123本スプライトを観測し、愛知県立一宮高校との同時観測に成功した。

（課題と考察） 観測の結果、日本海側で発生するスプライトには冬季の能登半島に見られるものが多い。また、スプライト観測機器の応用として、流星の動画撮影、電波観測、太陽のプロミネンス観測に役立てる

ことができるのではないかと。

・静岡県立磐田南高校

(成果) 観測中、偶然エルブスを発見した。エルブスの3点同時観測に成功した。

(研究内容) 積分球を利用して、CCDカメラの特性を理解し補正することにより、スプライトの正確な明るさを知ることができた。鳥取県沖で観測したエルブスについて算出した結果、その形状は北に長い楕円形であり、日本海上約90キロメートルであった。

(課題と考察) エルブスの3点同時観測は史上初であり、その高度は予想されている平均高度とほぼ一致した。次は、観測点の高度も計算に入れて、より正確な高度を算出したい。落雷のタイミングがエルブスの発生と同じであることから、低気圧や前線などにより発生する雷雲と関係があるのではないかと考えている。今後は、気象状況との関係についても調べていきたい。

・鹿児島県立錦江湾高校

(成果) 35事象111本スプライトを観測した。

(研究内容) 九州での観測例がなく、カメラを北方向にむけていても、発見することができなかつたので南九州の上空を観測したところ、屋久島付近でスプライトを観測できた。

(課題と考察) 観測されたスプライトは屋久島上空であることから、雷雲の発生と屋久島の地形に関係があるのではないかと。カメラを南に向けていると、直射日光が入りやすくなるために高感度カメラが壊れてしまうのかもしれないので、工夫していきたい

い。

・岡山県立一宮高校

(研究内容) 室内でのスプライト観測がうまくいかないので、カメラの設置場に工夫をした。暗幕を利用して、夜間の室内での反射光がカメラに入らないようにした。ピントを合わせるためにはまず、比較的明るい流星が写るようにして、そこから微調整をしていくようにする。

(課題と考察) スプライトの観測できる時期は少ないので、失敗の原因を追及することや今回のコンソーシアムをととても大切にしている。早くスプライトの存在を確認できるようにになりたい。

以上は、今回までの参加校の発表の一部である。各校、得られた結果は様々なものであるが、彼らはそれぞれしっかりとした考察を持っている。十分な成果が得られなかった高校でも、その失敗を次に活かせるような工夫をしているようだった。発生が多発する地域、季節が特定できている高校もあり、本校のこれからの観測においてもとても役立ちそうな技術や工夫もたくさん見られた。

II. 今後の課題

発表での課題、後の議論で生まれた課題をまとめると、以下ようになる。本校で観測するときにも注意したい。

・カメラの保護

カメラを南に向けると直射日光が入りやすくなってしまふ。ほかにも屋外で観測するとき、雨や風からカメラを保護する方法

について考えたい。

・カメラの微調整

スプライトをしっかりと捉えるには微調整が必要不可欠である。それについては、会議の後半で説明があった。

・スプライトと気象状況との関係

落雷のタイミングが発光現象と同じであることから、低気圧や前線などにより発生する雷雲と関係があるのではないかと。

・同時観測で得られる立体像について

今まではエルプスはきれいな同心円状の輪であると考えられてきたが、観測によって得られた立体像は楕円であった。これからの同時観測の意義として立体像の解明があげられた。

・スプライト観測機器の応用

高感度カメラをこのためだけに使用するのはいらないので、他のことにも使って役立てたい。

Ⅲ. コンソーシアムを終えて

今回のコンソーシアムは、新規参加校がスプライトの同時観測を行うための説明会でもあり、配布された資料だけではわからないことや参加者の活きた経験を参加することによって聞くことができた。それを受けて、以下の点についてまとめる。

〈観測点について〉

北陸地方では、地形により、冬季の雷雲の発生やスプライトの発生することが多いとされている一発雷の数が比較的多いので、前回までの観測点は日本海上に3点（西からO、Z、U）であった。しかし、鹿児島県立錦江湾高校によるの屋久島付近の上空でのスプライトの報告や参加校の増加により、

今回からは観測点を太平洋側にも設けて、全部で6点（O、Z、U、S、K、Y）行うことになった。本校の同時観測点は（Z）である。観測地点の分布図を図3にのせる。

〈電波観測について〉

同時観測の規模が以前のコンソーシアムよりも大きくなって、カメラによる撮影だけでなく雷や高々度発光現象から発生する電波も観測しようという意見が出てきた。

〈カメラの微調整について〉

①角度

スプライトはとても高い高度での現象なので、ある程度離れていても撮影ができる。しかし、離れるほど仰角が小さくなっていくので山や建物に隠れやすい。奈良は盆地ではあるが観測点が近いので、撮影ができるであろうと考えられる。撮影ができないところは、電波観測に移行する。

②しぼり

スプライトはとても明るい発光現象なので、ある程度しぼりをしぼっても撮影ができる。発光現象と同時に起きる雷の光が強いため、観測点に近い観測者は注意しなければならない。しかし、あえてその雷を撮ってみるのも新しい発見につながるかもしれないので、いろいろ試してみたい。

③ピント

ピントが観測点に合っていないと、スプライトははっきり写らない。そこで参加校からのアドバイスがあった。始めは流星がとれるくらいにしておいて、そこから徐々に写っているスプライトにピントを合わせるようにしていくといいそうである。

他にも動体検出ソフト UFO キャプチャ

一の感度のせいで、虫や鳥が写ってしまうことがあるということなど、さまざまな経験談を聞くことができた。なお、図4に今回使用する高感度 CCD カメラの写真をのせる。



図3 観測地点の分布



図4 CCD カメラ

5. 考察

それぞれ工夫をしながら、すでに観測に成功している高校もたくさんあるようだった。このコンソーシアムは海外で発表された世界的な結果や史上初の記録などをたくさん残している。本校は新規参加校として、12月ごろから観測活動を行っていく予定である。今回の説明会でそれについての知識をしっかりと身につけたので、今後の観測活動で活かしていきたい。

6. 今後の課題とまとめ

(1) 今後の予定

コンソーシアムで得た情報を生かし、観

測が始めていく。本校は、同時観測点 (Z) に向けてカメラを設置することになっている。初めは角度、ピントを合わせるために、定期的に画像を確認して UFO キャプチャー (動体検出ソフト) やアナライザー (観測したスプライトを分析するソフト) の使い方に慣れる。

コンソーシアムによると、1月頃からスプライトの観測報告が出始めるらしい。できるだけたくさんの事象を確認できるように工夫を重ねる。

その後、観測したスプライトについて考察して、研究結果をまとめる。その際に他校の結果と考察も参考にして、自分の成果の評価、反省をする。さらに今後の観測について議論する予定である。

(2) まとめ

コンソーシアムではたくさんの学校が集まり高々度発光現象・スプライトの謎を次々に解き明かしている。本校でも、結果が残せるような観測をしたい。

7. 参考文献

- [1] 「スプライト観測ハンドブック 2005」、
<http://www.astro-hs.net/>
- [2] 東北大学スプライト研究グループ
<http://pat.geophys.tohoku.ac.jp/thermo/sprites/whatissprite.htm>

8. 謝辞

今回の研究にあたって、ご指導してくださった藤野先生、他校の研究協力者の方々に深く感謝いたします。