

夏季・冬季スプライト柱の高度・形態の比較

静岡県立磐田南高等学校
地学部 2年 金丸颯汰 他8名

1 動機

本校では、これまで高高度発光現象に焦点を当てて研究を行ってきた。先行研究では冬季スプライト柱の面積が本数・長さそれぞれ比例することが確認されている。また Peak current intensity (kA) は先行研究より電磁パルスと比例関係にあり、スプライトの発生面積は電磁パルスに比例することから Peak current intensity (kA) は面積と比例関係にあると確認できた。(図1, 2004, 足立透) またそれらの結果より、高度とも比例することが確認できた。そこで、夏季スプライトにおける比例関係についても研究したいと思い、本校で撮影されたスプライト柱の発光高度や形態に着目して研究を行った。

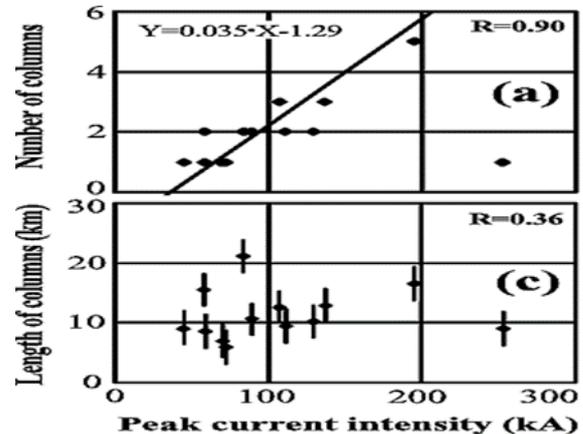


図1 冬季スプライト柱の面積と本数(上)・長さ(下)

2 スプライトとは

スプライトは高高度発光現象の一種であり、雷雲地上間放電にともなって発生する。下端は高度約70km, 上端は約80kmの発光現象である。スプライトには様々な形状があることが知られており、本研究では、図2のように①Column(柱状), ②Angel(天使の羽のような部分を持つ), ③Carrot(人参の髭のような部分を持つ), ④Wishbone Tree(枝分かれ部分を持つ)の4種類に形状を分類した(Bor, 2013)。以降スプライト柱を Column と呼ぶ。

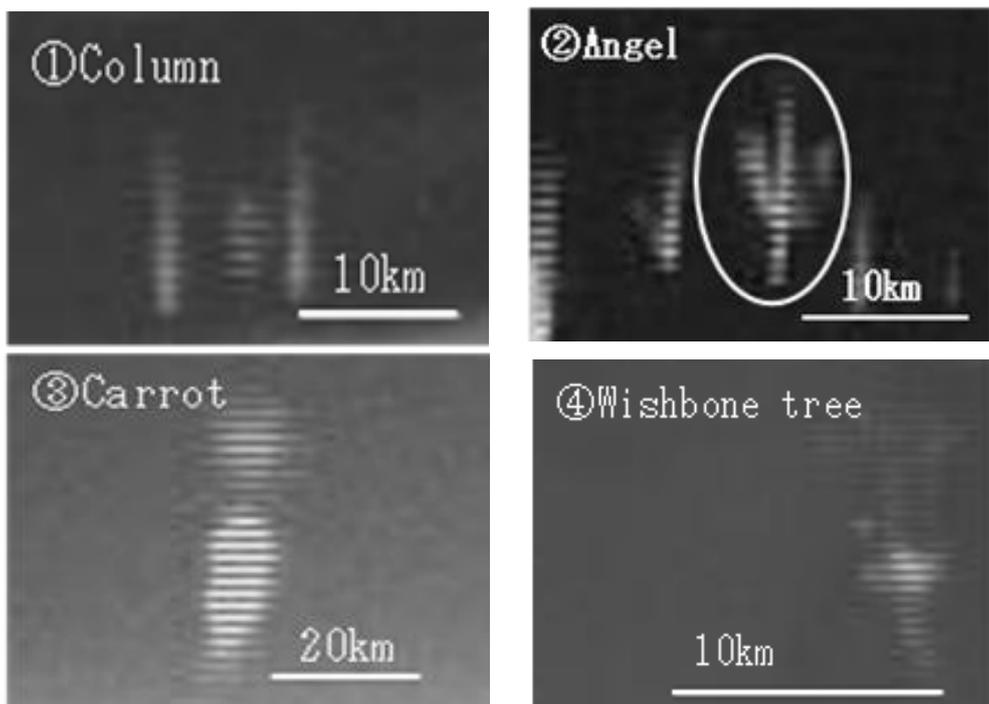


図2 スプライトの形状一覧

3 方法

(1) 研究方法

図3-1は本校のTLE観測システムの模式図である。3台の高感度 CCD カメラでそれぞれ撮影された映像を動体検知ソフトで常時監視することにより、自動観測を行っている。PCがカメラの映像を自動で監視し、スプライトなどの動体を検知した場合、その前後3秒を含めた動画を記録する。また、カメラの視野範囲(図3-2)を基に、スプライトの発生地点を特定する。さらに、スプライトを形状により分類し、面積測定ソフト(1enaraf220b)を用いることでスプライトの面積を求め、本数、長さ、高度、との相関関係を調べる。そのため、今回、複数の種類が同時発生したイベントは除外し、Columnのみで構成されたイベントを対象とした。

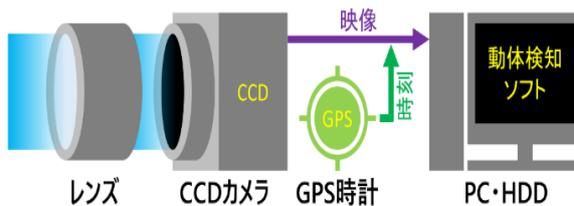
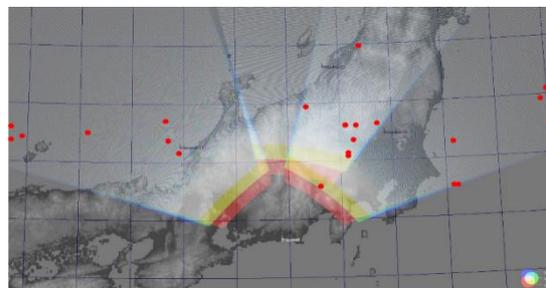


図3-1 TLE観測システムの模式図



● スプライト発生地点

図3-2 カメラの視野範囲

(2) 測定方法

本研究では本数・長さ・高度を図4のように定義した。<本数>は視認可能なスプライト柱の数、<長さ>は最も鮮明に写されたスプライト柱の上端と下端の高度の差、<高度>は最も鮮明に写されたスプライト柱の上端と下端の高度の平均値、<面積>は最も鮮明に写されたスプライト柱の発光面積とした。

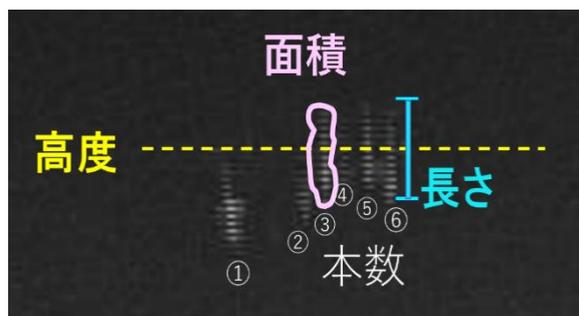


図4 測定基準

4 結果

(1) 形状別本数

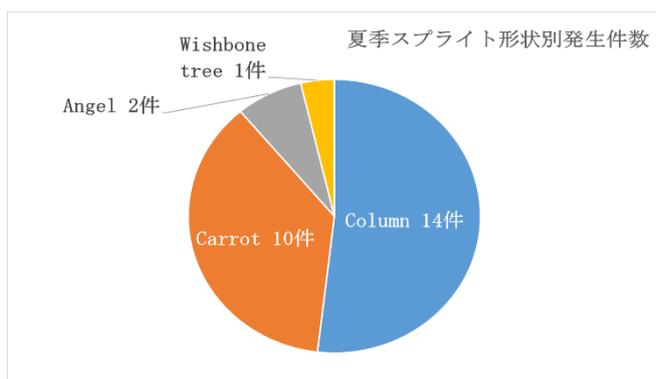


図5 観測されたスプライトの本数

(2) 形状別面積 (Column)

スプライトの本数と面積の関係を調べたところ、相関係数が 0.48 になり、正の相関関係が見られた。また、長さとの関係を調べたところ、相関係数が 0.53 となり、正の相関関係が見られた。さらに、高度との関係を調べたところ、相関係数が 0.60 となり、正の相関関係が見られた。

我々は6月から9月を夏季とし、2010年から2023年の夏季に本校で観測されたスプライトを研究対象とした。形状別に分類した結果、図5のようになった。Column 14件、Carrot 10件、Angel 2件、Wishbone tree 1件であった。

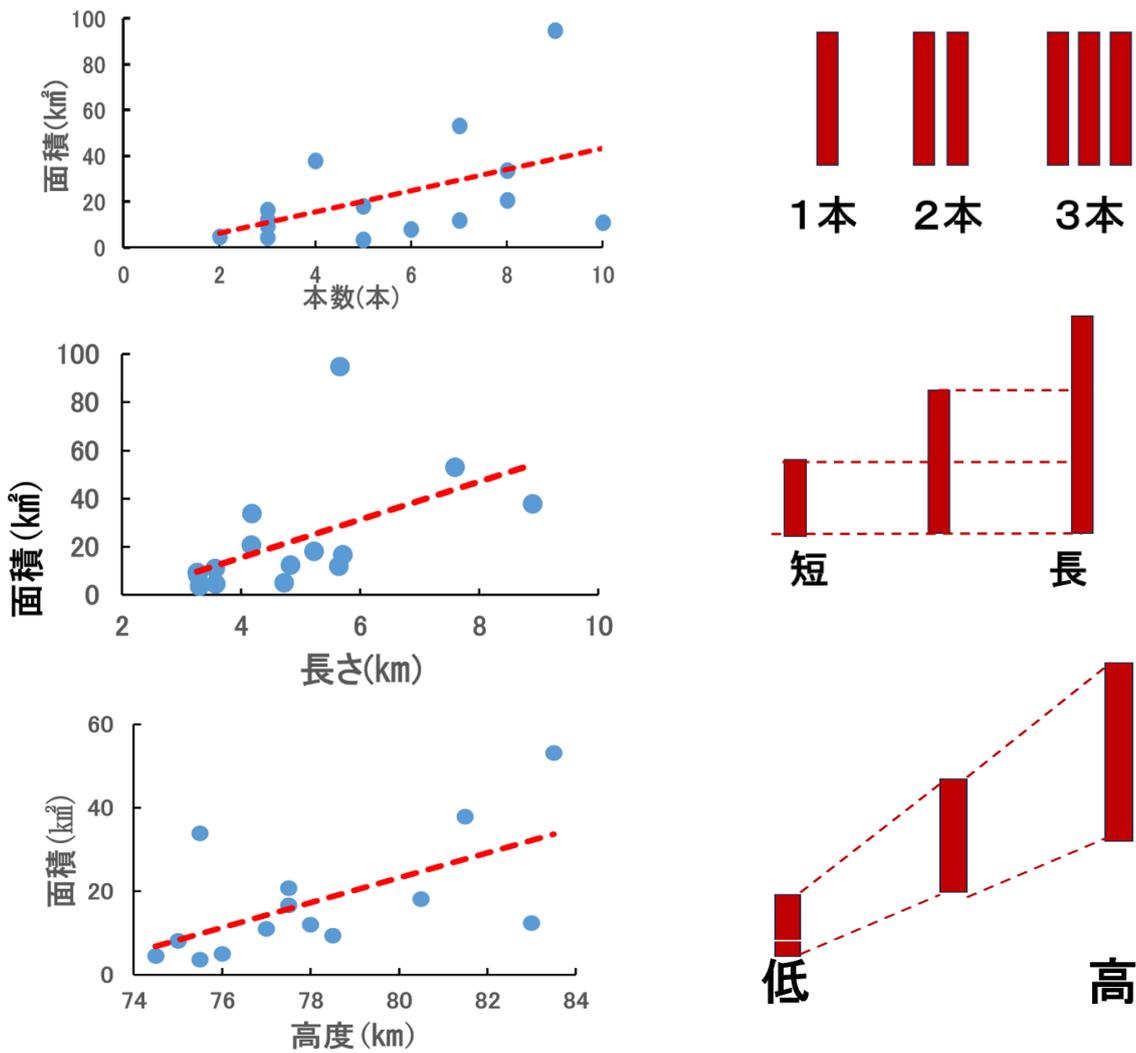
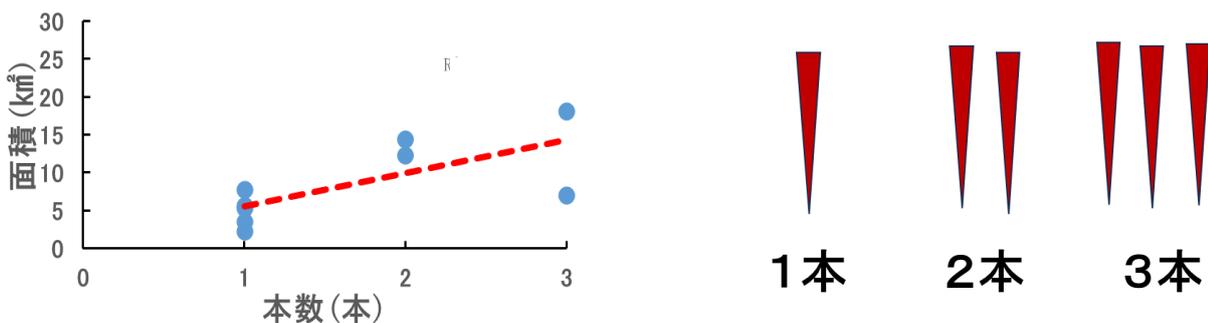


図6 夏季 Column における本数・長さ・高度と面積の関係

(3) 形状別面積 (Carrot)

当初は Column のみの研究を行う予定であったが、我々は Carrot も Column の形状に近いと、同様の結果が得られるのではないかと考え、Carrot についても Column と同様の測定を行った。

スプライトの本数と面積の関係を調べたところ、相関係数が 0.70 となり、正の相関が見られた。また、長さや面積の関係を調べたところ、相関係数が 0.30 となり、弱い正の相関が見られた。さらに、高度と面積の関係を調べたところ、相関係数が 0.21 となり、非常に弱い正の相関が見られた。



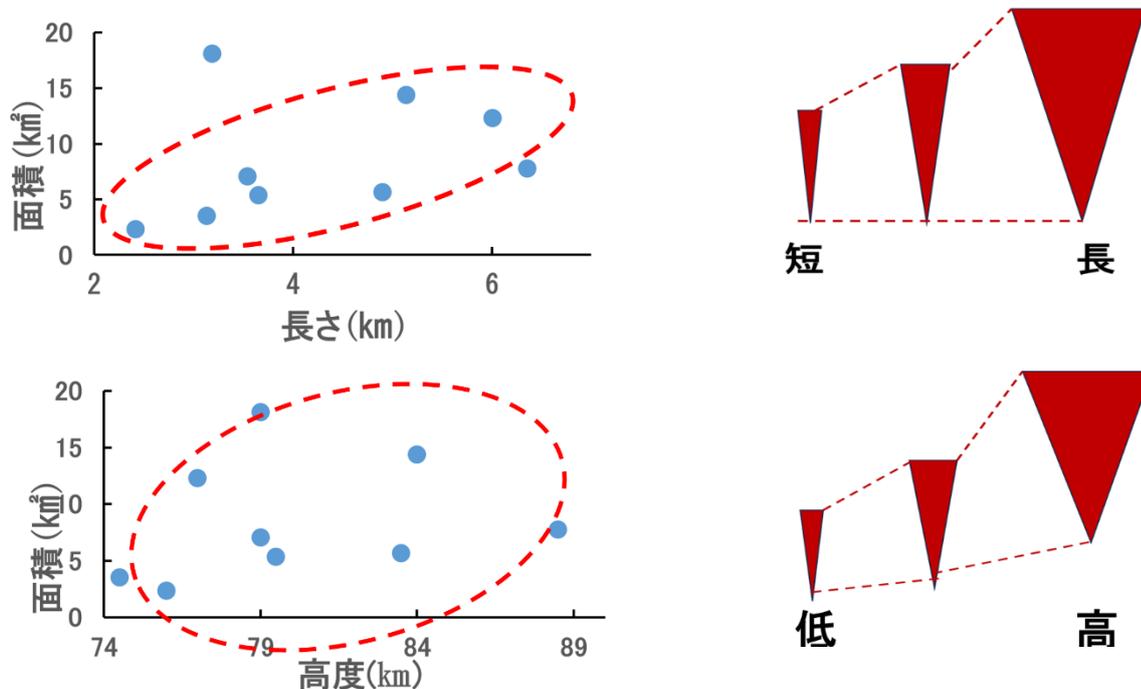


図7 夏季 Carrot における本数・長さ・高度と面積の関係

5 考察

先行研究では、冬季 Column において柱の本数・長さ・高度と面積がそれぞれ比例することが確認されており、夏季 Column においても冬季 Column と同様の関係が見られたことから、Column は夏季と冬季において発生形態に大きな違いはないと考えられる。

夏季 Carrot において、本数と面積に相関関係が見られたことから、Carrot 一本当たりの面積は一定であると考えられる。また、長さ・高度と面積には弱い相関関係があったことから、Carrot の横幅が一定ではない可能性があり、高度に対して面積にばらつきがあると考えられる。

Carrot は Column と比べて長さ・高度に規則性が見られない可能性が高いため、夏季 Column と夏季 Carrot の発生の仕方に違いがあると考えられる。

6 結論

夏季 Column と冬季 Column は、本数・長さ・高度と面積とは相関関係が見られることから、発生の仕組みは同じである。夏季 Carrot は、本数と面積に相関関係が見られるが、長さ・高度と面積では、相関が弱いため、夏季 Column と夏季 Carrot の発生の仕方に違いが見られる。

7 今後の展望

柱状以外のスプライトではどのような関係があるのかを調べ、柱状スプライトとの比較を行いたい。

また、スプライトの解析の母数を増やしてより正確な測定を行うとともに、スプライトの形態と発生時の環境の関係についても調べていきたい。

8 参考文献

József Bór, 2013, Optically perceptible characteristics of sprites observed in Central Europe in 2007-2009

Adachi, T., et al. (2004), Geophys. Res. Lett., doi:10.1029/2003GL019081.

宇都宮權・上川敬人, 2022, 冬季スプライトの形状と気象条件の関係

9 謝辞

研究に協力していただいたふじのくに環境史ミュージアム客員研究員の青島晃，顧問の樽松宏征，地学部の皆さんに改めて感謝申し上げます。

