

ジャンピングシーラスの撮影と平均的な形態

岩崎杉紀¹, 瀬口貴文¹, 山口智子¹, 鴨川仁²

1.防衛大学校, 2 静岡県立大学

1. はじめに

ジャンピングシーラス(JC)は、積乱雲の頂上から雲が上方に 1-2 km 飛び上がる現象である。積乱雲は断熱過程で発達するため、積乱雲自身が直接的に成層圏を加湿することはないと考えられている。しかし、積乱雲から派生する JC がジャンプ後に漂い昇華することによって成層圏を加湿する可能性が Seguchi et al.¹⁾ によって報告された。この論文では、2016 年に旧富士山測候所と防衛大学校(神奈川県横須賀市)に設置したカメラで 15 秒ごとに撮影した JC と恒星の写真より、JC のジャンプ高や幾何学的特徴を報告した。JC の形態が定量的に報告されたのは、この論文が世界初である。

2019 年は、旧富士山測候所、防衛大学校、つくば市に設置したカメラによる JC 撮影を行った。ただし、撮影対象は通常の JC ではなく、スーパーセル型の極度に発達した積乱雲や全体的に風向風速が一定な(鉛直シアがない)条件で発生した積乱雲とした。通常の積乱雲はその内部で上昇気流と下降気流が同じ場所で起き、それらの気流が打ち消しあうため寿命が 30 分程度と短い。ただし、積乱雲が次々と同一地点に発生すると、あたかも寿命が長く感じることもある。一

方、スーパーセル型の積乱雲はその内部で上昇気流と下降気流が分かれているため、強く発達しやすく寿命が数時間と長い。竜巻も発生しやすい。通常の積乱雲と比べ、スーパーセル型の積乱雲では JC は多頻度で出現し大規模になるかもしれない。しかしスーパーセル型の積乱雲は日本で発生することは稀なため、撮影はかなり難しいことが予想される。

また、2017 年と 2018 年の JC 撮影の解析も行った。2019 年度の解析はまだ終わっていないので、これは軽く触れるにとどめ、本予稿では 2016 年から 2018 年の JC 撮影で言えたことを主に述べる。この 3 年間の結果は、Seguchi²⁾ にまとめられている。

2. 2019 年度の観測

2019 年度では、防衛大学校とつくば市に設置した JC 撮影は、15 秒おきに行った。これ以上時間が空くと JC の発達過程を追いつらなくなり、それより短いとデータ量が大きくなり記憶媒体やクラウドサービスへのデータ転送が難しくなるためである。電子シャッター搭載したカメラを用いた。この頻度

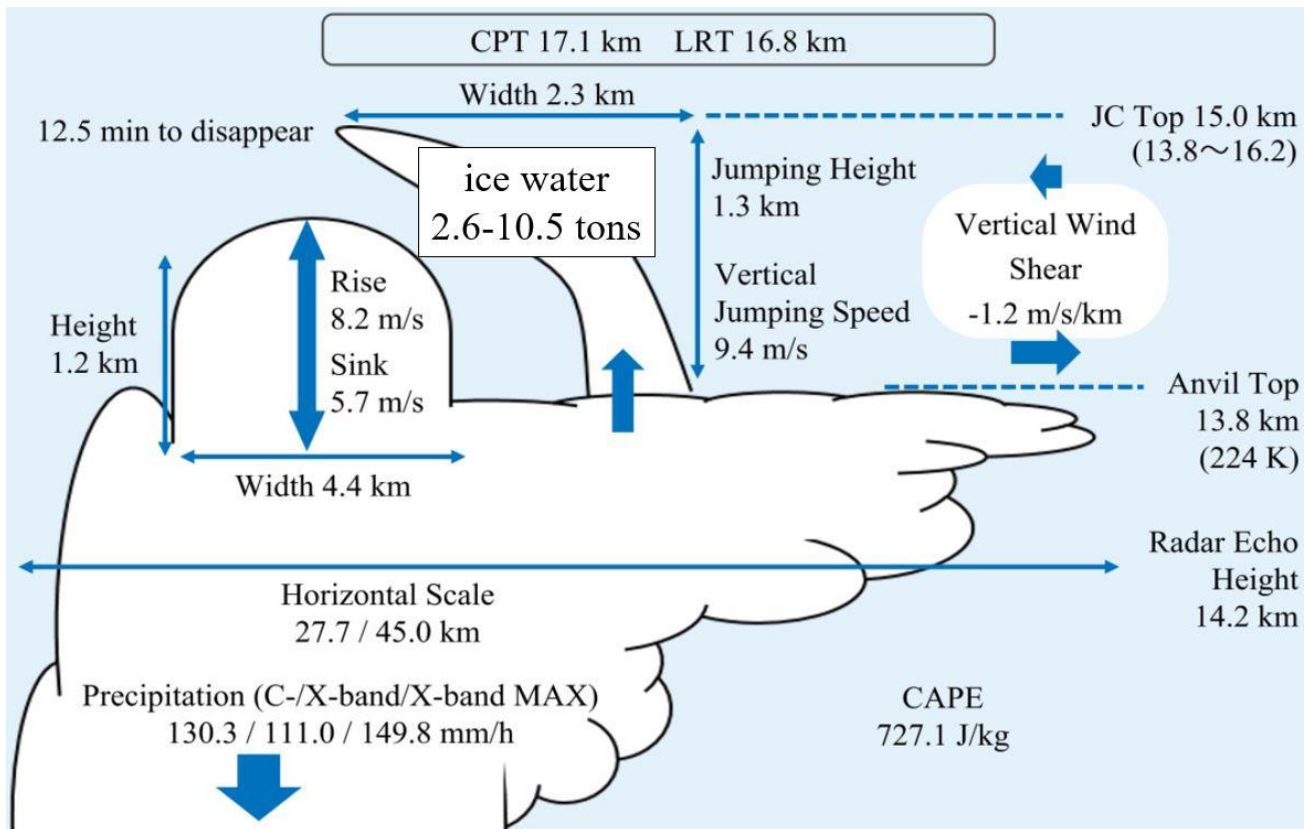


図 28 個の JC の観測事例の各パラメタの平均値。Seguchi²⁾ に加筆。

で撮影すると1か月あたり17万回の撮影となり、機械式シャッターが1か月程度で故障するためである。また、どちらのカメラも感度良くするためモノクロである。ただし、台風19号の暴風によってつくば市に設置したカメラ制御と記録用のノートパソコンとハードディスクが浸水し、すべてのデータが消えてしまった。

旧富士山測候所では、写真ではなく動画撮影を行った。これはカラーであるためモノクロに比べ雲の判別はしやすく、動画であるのでタイムラプス動画に比べ時間変化は分かりやすい。ただし、画素数の粗さや星撮影ができないためJCの規模の把握などには向かない。定性的な現象の把握に向いている。

3. 2016年から2018年のデータ解析

解析方法は、Seguchi et al. (2019)にならい、恒星によって写真の各ピクセルの方角を求める。精度検証は、標高100 mの防衛大学校で撮影した富士山の写真を用いた。富士山山頂と防衛大学校は直線距離で70 km離れている。距離と写真から求めた角度から、富士山の高度は3.77 kmとなった。JC解析には十分な精度である。

2016年から2018年の3年間の夏季観測で、JCは28個観測できた。内訳は2016年が14個、2017年が3個、2018年が11個である。2017年が3個と少ないのは、8月の東京では21日連続した降雨を記録するといった天候不良のため、カメラと積乱雲の間に多くの雲が存在し、視界が遮られJC撮影の機会がほとんどなかったためである。JC撮影は、視界が遮られないよう、カメラ付近は晴天で、カメラから100 km以上離れた地域に積乱雲が出ているといった異なる気象場であることが望ましい。

図は、28個のJCのジャンプ高やジャンプ幅といった各パラメタの平均値である。ただし、注意したいのは、積乱雲のカメラ側の端から10 km以内にJCが発生しないとカメラでとらえることは難しいことである。これは、カメラがJCを見上げているため、積乱雲の雲頂をすべて見渡すことができないためである。したがって、このデータには台風といった大規模な降水システムの積乱雲のJCは含まれていない。

写真からは、単位体積あたりに含まれる雲粒の氷の量(ice water content, IWC)やJCが消滅した後の水蒸気量を求

めることができない。カメラとJCの間の大気に含まれる水蒸気量やエアロゾルの量が推定できないためである。一方、Iwasaki³⁾の衛星搭載ライダーCALIOPと雲レーダCloudSatの同期観測の2つの事例解析により、積乱雲上部の成層圏に広がる雲のIWC (0.2–0.8 mg/m³)が推定されている。このIWCとJCの平均体積の積によって1個当たりのJCに含まれる氷の量を2.6から10.5 tと推定した。

4. おわりに

JCの地上カメラによる連続撮影によって、1個当たりのJCに含まれる氷の量が2.6から10 tと推定できた。いままでJCの平均的な形さえ分からなかったので、JC研究の大きな進展と言える。今後の課題は以下の3つ考えられる。1つ目は積乱雲から平均何個のJCが発生するのか導出し、積乱雲による成層圏の加湿量を推定することである。これは気候研究に重要な量である。2つ目は、スーパーセル型の積乱雲のJCの特徴が本研究で求めたものと異なるのか否かである。最後に、積乱雲上部に広がるabove anvil cirrus plume (AACP)と呼ばれる絹雲の撮影である。これはかなとこ雲の上部に煙のようにたなびいている雲で、衛星で確認できるくらい(100 kmスケール)で存在している。しかし、AACPがどのように発生しているか未解明である。JCの連続発生によって発生するのか、それとは全く異なる機構で発生するのか、分からない。今後は、これらを研究できるようカメラ撮影方法を工夫する必要がある。

参考文献

- 1) Seguchi, T., S. Iwasaki, M. Kamogawa, T. Ushiyama, and H. Okamoto, 2019: Observation of jumping cirrus with ground-based cameras, radiosonde, and Himawari-8. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2019-033>.
- 2) Seguchi, T., 2020: The Analyses of Jumping Cirrus with Ground-based Observations, Diss. National Defense Academy, Japan.
- 3) Iwasaki, S., Z. J. Luo, H. Kubota, T. Shibata, H. Okamoto, and H. Ishimoto, 2015: Characteristics of cirrus clouds in the tropical lower stratosphere, *Atmospheric Research*. 164–165, 358–368, doi:10.1016/j.atmosres.2015.06.009.