

# 流星の自動観測システム

～防犯カメラによる画像観測と電波観測を併用して～

東京都立川高等学校 天文気象部B 1年 大谷勇人 奥出理人 沼邊龍樹 水澤資人

## はじめに

天文気象部では、夏のペルセウス座流星群で3晩、冬のふたご座流星群で1晩の眼視観測を実施している。流星群とは彗星から吹き出した塵の流れ＝ダストトレイルを地球が通過する際に起こる現象で、普段よりも流れ星が多くみられる。観測データはダストトレイルの解明に生かされる。

我々は、流星群が最も多く流れる極大日だけでなく、前後の数日間も測定してその傾向を知りたいが、徹夜観測を増やすのは難しい。そこで、本研究では無人でデータを得るために、感度の高いビデオカメラによる撮影とHRO電波による観測の2つの手法を用いて、自動観測システムを構築することをめざし、研究を開始した。まずは8月のペルセウス座流星群と10月のオリオン座流星群で、製作中の装置を使って試行し、眼視観測と比較を行った。今後は、それぞれリアルタイムで処理した結果を関連付けてリンクさせ、流星群の傾向を分析できるようにしたい。

## 研究方法

ビデオカメラは、約4000円と安価ながら感度の高い赤外線ナイトビジョンを搭載する防犯カメラATOMCam2を、4方位と天頂方向に向けて5台設置し、全天の動画を撮影できるようにした。撮影動画から、フレーム間での白ピクセル数の増加を読み取り、流星を判別することができるプログラムを作成し、システムの開発を行った。

また、天候に左右されずに流星を検知できるHRO電波による観測では、アンテナを設置し、MROFFTに出力された音声データの画像から、機械学習によって流星の判別を行うシステムの開発をめざした。

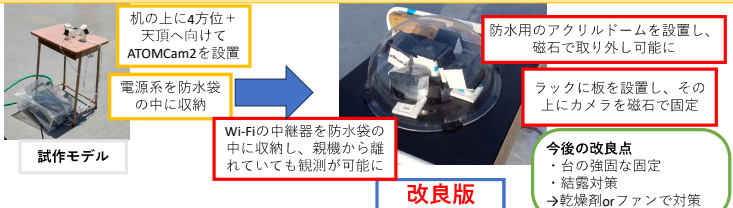
## 目的

- ・無人で流星群を自動観測するために、ビデオカメラによる観測装置と電波観測による装置を開発し、検知プログラムを作成する。
- ・2つの手法を用いた流星の自動観測システムを構築する。
- ・眼視観測によるデータも含めた流星群の分析を行う。



図1 本研究で活用する流星観測の手法

## ビデオ観測装置の製作と検知プログラムの開発



### <検知プログラムの開発> 図2 ビデオ観測装置

- ①Ffmpegで1分間に保存される動画を5秒の動画に12分割し、OpenCVで動画のフレームを保存する。
- ②保存したフレームをnumpyのmaximum関数で比較明合成する。(ThreadPoolExecutorでマルチスレッド処理を行い、高速化した。)
- ③【開発中】比較明合成画像からエッジ検出を行い、**検出した白い面積が決めた値より大きい部分を黒で塗りつぶす。**(自動検知の閾値が大きくなり、流星を検知できなくなるため。)
- ④**流星は白ピクセル数の急激な増加により検知できる。**カメラのノイズが1秒毎に変化し、検知プログラムに影響を与えることから、四分位範囲から求めた外れ値にあたる画像以外の白ピクセルの平均が1に近づくまで閾値を上げることで流星以外のノイズを除去した。
- ⑤**外れ値となった値を流星とし、白ピクセル数が多い状態が連続し、その変化が小さい場合人工衛星として除外する。**

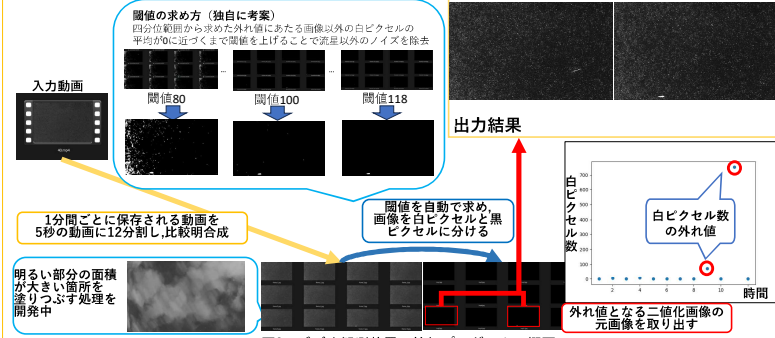


図3 ビデオ観測装置の検知プログラムの概要

## 電波観測装置の製作と検知プログラムの開発

・流星検知までの流れ  
流星発生時に電離柱と呼ばれる一部の周波数の電波を反射する性質を持つ部分が出現し、その電波をノイズとして受け取ることで流星の発生を検知できる。

・実際の観測手法  
反射した電波を受信するために、本校屋上に八木アンテナ(図4)を設置し、研究用パソコンに\*1HSDR、\*2MROFFTをダウンロードした。アンテナとパソコンをケーブルで繋ぎ、福井県立大学アマチュア流星電波観測研究会が運用している電波(53.755MHz)を用いて受信し、その音声データをMROFFTで10分おきに画像化し、保存した。また、\*1ソフトウェアラジオ \*2山本道成氏によるFFTソフトウェアHSDRの諸設定を微調整し、流星の観測に成功した。

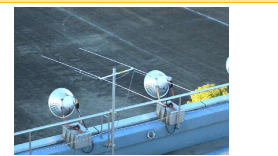


図4 屋上に設置したアンテナ

- ### <検知プログラムの概要>
- ①MROFFTで生成される10分間の画像をOpenCVで1分ごとの画像にする。
  - ②numpyで画像を流星の判断に使えるように変換する。
  - ③TensorFlowで深層学習(ディープラーニング)させたコンピューターに流星があるかの判断をさせる。
  - ④流星があれば、その流星がある画像を保存し、流星をカウントする変数に1追加する。
  - ⑤1時間経過したら、流星数を記録し、変数をリセットする。

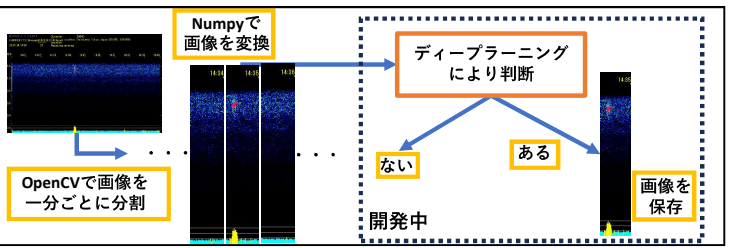


図5 電波観測装置の検知プログラムの概要

## オリオン座流星群観測データの分析

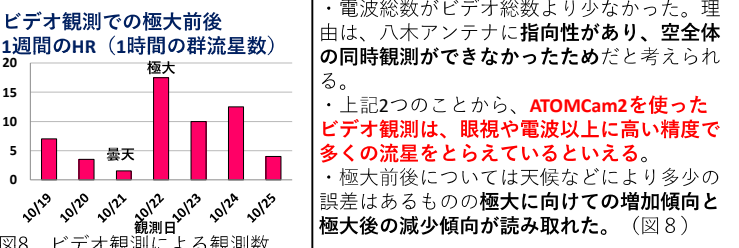
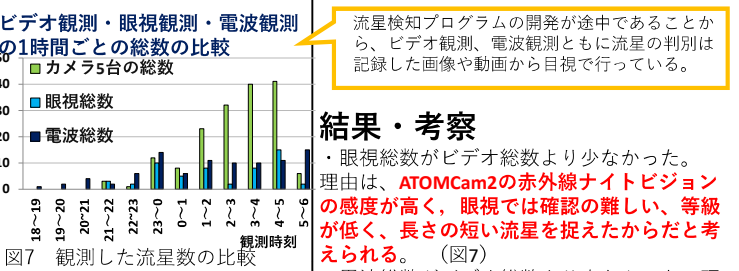


図8 ビデオ観測による観測数

## リアルタイム流星検知システムの構築

### システムの概要

図6のように流星をリアルタイムで検知し、その結果をNASに保存し、コミュニケーションアプリであるDiscordに通知するシステムの開発を行った。これにより、**スマホで通知を受け取り、遠隔で流星出現を確認できる**ようにした。また、ビデオの合成、検知については新たに購入したGPU (RTX3060)を用いた**処理の高速化を開発中**である。

### システムの工夫

- ・ビデオ観測はPythonのwatchdogライブラリを利用し、動画の追加を**自動で検知**し、流星検知プログラムにかけることによって、**リアルタイムでの流星判別を可能にした**。
- ・Discordではファイル保存の期限が現在はないことから、流星通知先としてDiscordを選択し、**流星検知時刻と流星検出動画を遠隔で確認**できるようにした。
- ・それぞれ、ビデオ観測と電波観測での流星検知時刻を記録し、NAS上に保存することで、データの比較において、**同一の流星の特定を容易**にした。

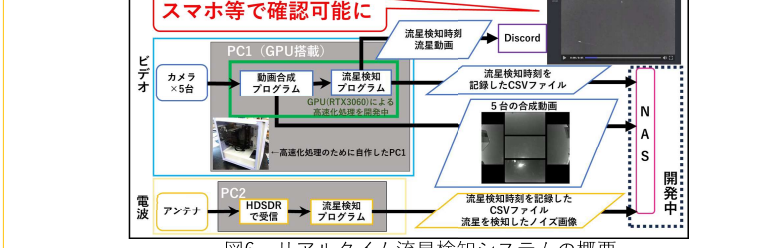


図6 リアルタイム流星検知システムの概要

## 結論・今後の展望

- ・ビデオ観測では**天頂方向1台分のリアルタイム流星判別、5台の動画合成に成功**した。
- ・電波はエコー画像の10分割を行い、学習させるプログラムの開発を手掛けた。
- ・ビデオ観測は**雲等の明るい箇所を塗りつぶすプログラムの開発**を行う。
- ・電波観測は**深層学習による自動判別プログラムの開発**を進める。
- ・12月のふたご座流星群は悪天候、電波アンテナの不調により欠測となった。
- ・このシステムにより、**火球を多く観測**できたことから、今後は火球の経路の分析したい。

## 謝辞

本研究は、高校・高専気象観測機器コンテストの助成金を受けて行いました。本研究は本校1年西梨杏、村田圭と共同で行いました。本研究を行うにあたり、天文気象部顧問の可長清美先生にご指導をいただきました。また、東京都立大学都市環境学部地理環境学科非常勤講師の内記昭彦氏、本校卒業生の浪波翔太氏、浜島悠哉氏に観測機器の制作についてご指導ご協力いただきました。

## 参考文献

- 1) 国立天文台 流星群 <https://www.nao.ac.jp/astro/basic/meteor-shower.html>
- 2) meteor-detect <https://github.com/kin-hasegawa/meteor-detect>
- 3) 岡山大学大学院理工学部 流星群観測 観測データ <https://www.kyushu-u.ac.jp/~astro/obs/>
- 4) <https://www.kyushu-u.ac.jp/~astro/obs/>
- 5) <https://www.kyushu-u.ac.jp/~astro/obs/>
- 6) Python concurrent.futures - 並列タスク実行 <https://docs.python.org/ja/3/library/concurrent.futures.html>
- 7) NumPy maximum <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.maximum.html>
- 8) TensorFlow <https://www.tensorflow.org/2h-tutorial>
- 9) Deep Learning入門 <https://www.youtube.com/playlist?list=PLtLwJHfh23pidFv4p8kOBYvTRvze23>
- 10) 流星電波観測国際プロジェクト 2023年オリオン座流星群電波観測速報 <https://www.amro-net.jp/flash/ori-2023.html>
- 11) 流星の部屋 オリオン座流星群出現状況 <http://s-uchiyama.na.cocacn.jp/meteor/shwr-act/10ori-act.html>
- 12) OpenCVで始めるディープラーニングによる画像認識 技術評論社 著者(吉村康弘・杉浦司・五木和也)
- 13) Pythonで始めるOpenCV4プログラミング カットシステム 著者(北山尚洋)
- 14) 第3回中高生情報科学コンテスト 浜島悠哉、田中隆登、馬場光希、安原拓夫 『カメラとRaspberryPiを用いた流星観測装置の自作』