

## 流星の自動観測装置の製作と流星群の分析～火球とクラスターについて～

天文気象部：

水澤 資人、西 梨杏、大谷 勇人、奥出 理人、村田 圭総（高3）、大浪 弘貴（高2）【東京都立立川高等学校】

### 要 旨

流星を常時観測するため、2023年にビデオと電波を用いた流星の自動観測装置と検知プログラムを独自に開発した。2年余り、様々な流星群の分析を行った中、本研究では2025年に観測した火球と流星クラスターについて報告する。

#### 1. 研究背景

流星の分析は高層大気や、宇宙空間の彗星・小惑星を観測することにつながる。本部は約70年前からペルセウス座流星群、13年前からふたご座流星群を眼視で観測してきた。アマチュアの観測ネットワーク「SonotaCoNetwork<sup>[1]</sup>」や平塚博物館の藤井大地氏は、複数台のビデオによる流星群の観測も行い、同時流星と判別できた流星の対地軌道や日心軌道を計算してその結果を公開している。

#### 2. 研究目的

我々は、毎日流星観測を実施したいとの思いから、2023年に安価な防犯ビデオ5台で全天を網羅し、観測データを蓄積する独自の装置を考案した。更に膨大なデータから機械学習により流星を自動検出するプログラムを開発し、2年をかけてリアルタイムでモニタリングできるシステムを構築した。また、電波観測データも機械学習で検知できるようにし、流星の観測領域<sup>[2]</sup>を3D化する研究により流星の道程と詳細な分析を目指した<sup>[3]</sup>。

#### 3. 研究方法

開発したビデオ観測装置と2局の電波を受信する電波観測装置を用いて様々な流星群を観測し、データの比較、軌道特定などの分析を行う。

#### 4. 結果と考察

##### (1) 観測装置の製作と自動観測システムの開発、Webによるモニタリング

2025年には、日射によるカメラの劣化を防ぐため、タイマー制御とスマホによる遠隔操作で自動開閉する日除けを製作した(図1)。また、本部の先輩が2024年に本校の気象データや黒点及び視程の撮影データを一元化するために開発したWebUIを改良し、流星の検出結果も搭載してDiscordによる観測結果のリアルタイム通知と外部への公開を可能にした(図2)。



図1 日除け装置の製作

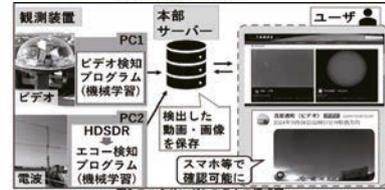


図2 モニタリングシステムの概観図



図3 流星クラスターの対地軌道

##### (2) ペルセウス座流星群の流星クラスター現象の分析

8月14日、青森上空で1秒未満に約20個の流星が流れ、北海道と青森で撮影された映像を比較明合成し、分析した。北海道では本校と同じカメラを使用していたため、本研究と同じ手法で歪み補正を行い、天球での位置座標を示すWCS情報を各画像に書き込んだ。ペルセウス座流星群初の大規模クラスターと考えられるため、軌道決定、群判定を行った結果、本流星群由来だとわかった(図3)。

##### (3) 鹿児島で観測された大火球の分析

8月19日、種子島沖で大火球が発生した。衝撃波が鹿児島周辺で観測されHi-net<sup>[4]</sup>の連続波形データに記録されていた。衝撃波の到達時刻から衝撃波の発生源を逆算し、長沢・三浦(1987)<sup>[5]</sup>の方程式を用い軌道決定を行った。この推定軌道と、藤井大地氏が計算したビデオ観測による軌道を比較したところ、両者の結果はおおむね一致した(図4)。

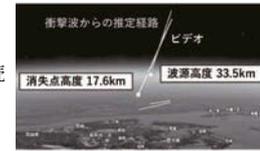


図4 衝撃波からの推定経路とビデオからの対地経路

大火球観測の数時間後に長野県南部で別の流星が観測され、これは長野県の合宿先と本校屋上で観測された。二地点からの軌道決定の結果、Dsh値<sup>[6]</sup>は0.14を示したため、これらは同一の母天体から分裂した可能性があると考えた。

##### (4) 2025ふたご座流星群について

12月15日、ふたご座流星群極大に合わせて眼視観測を行い、ビデオ、電波観測と比較した(図5)。眼視とビデオは25時に最多となり、ビデオは1時間に120個を捉えた。同時間に電波は減少しており、天頂効果が影響したと考えられる。また、電波の観測数の少なさは感度や指向性の調整に課題があると考えられる。

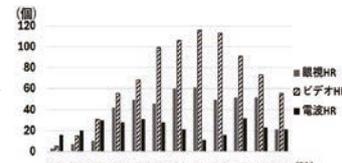


図5 2025年12月14日から15日の流星数

#### 5. まとめと課題

独自の装置やシステムを改良し、観測データの一元管理システムを構築した。世界に10例ほどしか報告されていない流星クラスターについて、独自のプログラムで軌道を算出し、ペルセウス座流星群由来であることをいち早く判定した。また、鹿児島で観測された大火球の軌道を衝撃波から特定し、関連する流星の発見に成功した。今後は検知プログラムの精度を高め、このシステムを他校にも紹介し、広域で空を見張る流星観測ネットワークを作りたい。

#### 参考文献

[1] sonotaco.jp [2]内海洋輔(2002).『HRO流星レーダーの観測領域の計算』 [3]立川高校天文気象部(2024).『流星の自動観測システム「TenGu」ver2.0の開発』第12回高校・高専気象観測機器コンテスト [4]防災科学技術研究所.『Hi-net 高感度地震観測網』 [5]長沢工,三浦勝美(1987).『地震計記録から決定した1987年9月11日の大火球の経路』.『東京大学地震研究所彙報第62巻第4号』 [6]Southworth, R. B., & Hawkins, G. S. (1963), Statistics of Meteor Streams. Smithson. Contrib. Astrophys.