

流星の自動観測装置の製作と流星群の分析

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2）【東京都立立川高等学校】

要 旨

本部は流星群の眼視観測を徹夜で行っており、回数を増やしたいが限界がある。そこで徹夜できない日も無人で観測する方法を考え、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自作し、流星群の分析を行った。

1. 研究背景

流星の分析は高層の地球大気や、宇宙空間の彗星・小惑星を観測することにつながる。流星観測は古くは眼視により、その後電波やビデオによっても行われるようになった。アマチュアによる観測ネットワーク

「SonotaCoNetwork」では複数台のビデオで流星群などを観測し、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

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おり、徹夜観測日をもっと増やしたいが限界がある。そこで我々は2023年からビデオと電波の2手法により無人で自動観測する装置を製作し、流星を自動検出するプログラムを開発してきた^[1]。本研究では更に改良を重ね、リアルタイムでモニタリングできるシステムの構築を目指した。また流星を同定して分析し、宇宙空間のどこからやってきてどのように流れたのか特定することを目指した。

3. 研究方法

・安価で高感度な防犯カメラ（Atomcam2）を5台用い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、機械学習による検出プログラムを開発する。またWEBやスマホでリアルタイムモニタリングできるシステムの開発を目指す。

・眼視、ビデオ、電波の3手法で様々な流星群を観測し、データの比較、ビデオから軌道の特定、電波の反射領域（幾何学上の観測領域）の計算を行う。

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

ビデオ・電波ともに2023年から観測装置の改良を重ね、開発した機械学習^[2]による検知プログラムを用いてリアルタイムでの検知に成功した。また結果を部内web上で公開し、スマホ等に通知するシステムの開発を行った（図1）。

(2) 2024年ペルセウス座流星群の分析

合宿先の高原と本校屋上でペルセウス座流星群を観測し、眼視・ビデオ・電波の3手法による結果を比較した。眼視よりもビデオ（赤外線）の観測数が多く、高原では市街地に比べて多数の暗い流星を検知できた。また、本部とSonotaCoNetwork^[3]のデータを用いて、対地軌道・日心軌道を特定し、立体出力に成功した（図2）。

(3) 2024年ほうおう座流星群の分析と日心軌道の解析

2024年11月12日、ほうおう座流星群※と推定される流星を観測した。この流星の日心軌道を特定し、母天体であるブランペイン彗星の軌道と近似したことから（図3）、ほうおう座流星群と判断した。※ほうおう座流星群は1956年南極越冬隊により流星雨として初めて観測されて以降ほとんど出現が見られず、「幻の流星群」と呼ばれている。

(4) みずがめ座流星群における電波の反射領域と実経路の同定

内海(2002)^[4]の方程式について、独自に開発したPythonプログラムでシミュレーションをし、先行研究では平面で表現されていた領域を立体で出力することに成功した（図4）。また、みずがめ座流星群で、ビデオと電波で同時観測した流星経路と反射領域を図5のようにプロットした結果、流星経路が反射領域に接触している豊川HR0ではこの流星を捉えた一方、接触していない福井HR0では流星を捉えなかった。よって、流星が反射領域を通過するか否かによってエコーを捉えるか否かが決まると推測される。

5. まとめ

ビデオ・電波の流星観測装置を製作して改良し、機械学習によるリアルタイム観測システムを完成させ、流星検知に成功した。また、眼視・ビデオ・電波観測の流星数の比較、複数観測からの経路特定、Pythonで電波の立体的な反射領域の計算を行った。今後は、ビデオ装置の自動日よけを完成させ、検知プログラムの精度向上を目指す。

参考文献

[1]. 都立立川高等学校天文気象部(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[2]. WongKinYiu. 'yolov9' [3]. SonotaCo.com [4]. 内海洋輔(2002).『HR0流星レーダーの観測領域の計算』



図1 システム図

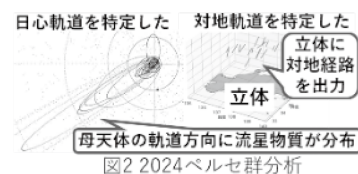


図2 2024ペルセ群分析



図3 母天体と流星体の軌道比較



図4 立体出力した反射領域

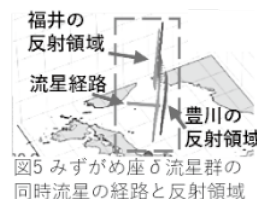


図5 みずがめ座流星群の同時流星の経路と反射領域