

新HRO干渉計システムにおけるリアルタイム解析手法の確立と 流星総合観測の運用試験

1190076 佐藤 匠 (宇宙地球探査システム研究室)
(指導教員 山本 真行 教授)

1. 背景

流星(Meteor)は、宇宙空間に漂う直径約数 mm～数 cm のチリの粒が、地球の大気に飛び込んできて大気と激しく衝突し、空力加熱により断熱圧縮され高温になってチリが気化する一方で、大気や気化したチリの成分が光を放つ自然現象である。このとき、超高層大気において大気分子との衝突(空力加熱)により放出される熱エネルギーにより大気分子が電離し、大量のプラズマが一時的に発生する。このプラズマにより流星軌跡に沿った細長い円柱状の高密度な電離柱が形成される。流星電波観測はこの電離柱における自由電子による散乱電波を用いた観測方法である。本研究では、高知工科大学(以下、本学)において、福井県立大学より安定的に送信されている 53.755 MHz の超短波 VHF(アマチュア無線波)を利用した前方散乱方式での流星電波観測(HRO)を行った。

2. 目的

本研究の目的として、主に 3 点あげられる。まず新たな観測手法や解析手法を 5ch 流星電波干渉計に適用し、既存の 5ch 流星電波干渉計を用いた流星研究[1]を発展させることである。次に、正確な観測手法と観測結果の共有である。システムの運用は専門性を要するため観測点が国内に少ない。また解析には多くのデータを要する。本研究の成果を共有すれば、流星観測の分野の発展に貢献できる。最後に本研究を通じ、著者自身が広く深い専門的知識と現場力を得ることである。

3. 観測手法

本研究では、新 HRO 干渉計システム(以下、HRO 干渉計システム)、光学観測、インフラサウンド観測の 3 手法(以下、流星総合観測[1])の運用を行った。

HRO 干渉計システムでは、5ch 流星電波干渉計を用いた複数のアンテナの干渉処理[1]により、流星出現方向の算出に必要な基線長 0.5λ と 2.5λ (λ は観測周波数の波長) の東西・南北の各位相差を得た。

光学観測では、既存の高感度 CCD カメラに加え、新たに設置したカラー 4K カメラに動体自動検出ソフトウェア UFOCaptureV2 と HD2 をそれぞれ組み合わせて運用することで、録画データから流星の出現方向算出に必要な情報を得た。インフラサウンド観測では、大規模な自然現象により生じる 20 Hz 以下の超低周波音を観測できるセンサ群を用いて、大気球などの特異な流星の観測を行った。

4. 解析手法

HRO 干渉計システムでは、アンテナで受信された信号を受信機で復調した後、AD ボードを介して PC に入力し、観測用 PC にて解析用ソフトウェアによるリアルタイム処理を行った。あらかじめソフトウェア上で設定した閾値を超えた場合のみトリガーをかけ流星エコーとして保存し、内部位相差を考慮した流星出現方向の解析に用いることができた。従来のシステム[1]では、連続的に保存された全データに対して、事後に解析処理を行っていたため、本研究は根本的に処理工程が異なる。なお、本研究では内部位相差を既知とするべく、流星総合観測データについて同一対象の観測可能性(以下、同時観測可能性)を優先的に探った。

光学観測では、UFOCaptureV2 と HD2 を介して保存されたデータに対して UFOAnalyzerV2 を用いた位置、速度、直線性などの解析で得た情報から、同時観測可能性データについて分析した。インフラサウンド観測からは、音波の到達時間や

振幅などから、流星の規模や運動エネルギーの推定が行えるが、本研究では行っていない。

5. 観測結果

本研究では、2018 年 8 月～2019 年 1 月の半年間において、8 つの流星群および散在流星を対象に観測を行い、うち 2 つの流星群に対して流星総合観測データを得た(図 1)。

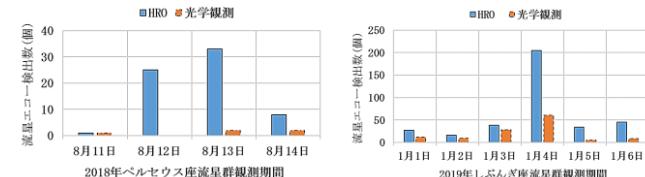


図 1 2018 年ペルセウス座流星群観測数(左)
および 2019 年しぶんぎ座流星群観測数(右)

また、2019 年しぶんぎ座流星群にて総合流星観測データの解析により得られた内部位相差候補の例を示す(表 1)。

表 1 内部位相差候補の一部

各位相差	基線[m]	内部位相差候補値[度]
東西	0.5 λ	75.11
	2.5 λ	-85.21
南北	0.5 λ	-109.39
	2.5 λ	178.78

6. 考察

本研究の成果として、2019 年しぶんぎ座流星群の観測結果から、干渉計処理により流星出現方向の正確な算出に必要な内部位相差の候補値を得た。今後も本システムを運用し、内部位相差を確定し、データの正確性と信頼性を確保しなければならない。

6 つの流星群の流星総合観測データが安定的に取得できなかったことについて、観測条件、観測環境、システム不具合など多種の原因が考えられたが特定はできなかった。また、リアルタイム解析についても閾値の設定値が適切でなかった可能性がある。今後の対策として、観測条件と観測環境を観測データとともに管理し、傾向を見ていくなどを対応予定である。

7. 結論

リアルタイム解析という新たな試みを 5ch 流星電波干渉計に適用し、新受信機システムの妥当性を確認するとともに、今後の研究に必要な内部位相差の候補値を得た。

正確に得られたデータの一部は Web 上やメーリングリストで共有し、微力ながら流星観測の分野の発展に貢献できたとともに、光学カメラや干渉計の安定運用に関わる多くの専門的知識を得た。

参考文献

[1] 水本聰，“多地点電波観測による流星飛跡情報の算出と流星総合観測システムの構築”，平成 28 年度 高知工科大学 特別研究報告, 2017.

謝辞

本システムの共同研究相手である、(株)バスキュール 武田誠也氏に感謝いたします。