

## 5ch 電波干渉計と多地点電波観測による流星軌跡情報の算出実験

# 山崎 倫誉 [1]; 山本 真行 [1]  
[1] 高知工科大

### Calculation experiment of meteor trajectory by 5-channel radio interferometer and multiple site observation.

# Tomotaka Yamasaki[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]  
[1] Kochi Univ. of Tech.

#### 1. Introduction

Ham-band Radio meteor Observation (HRO) has an advantage of 24-hour continuous data-detection. In Kochi University of Technology (KUT), a 5ch\_HRO\_IF was developed in 2009 and has been observing the meteor appearance position of every meteor echo, with operating an automatic meteor observation system that automatically publishes observational results on web in quasi-realtime (Noguchi, 2009). Meteor parameters acquired by the observation system are: time of detection, elevation and azimuth of the echo, and the relative signal strength. In order to develop the next-generation meteor observation system, determination of meteor trajectory is requested. In this study, we will try to calculate meteor trajectory data by a combination of the 5ch\_HRO\_IF and simultaneous multi-site observations.

#### 2. Multi-site HRO for meteor trajectory

Just after illuminating of a meteor in mesosphere and thermosphere, dense meteor plasma can reflect VHF electromagnetic waves for a while. The reflecting wave is considered as a circular cone from each reflection point by the Huygen's principle. As a result, a hyperbola is made as a curve of intersection between the circular cone and the ground plane. When the hyperbola reached to any observation sites, a meteor echo is observed there. The hyperbola is moving with the motion of the mother meteor. Therefore, a meteor echo reflected from the same meteor plasma is observed at multiple sites with a certain time difference. Putting two observation sites on ground, the observed time difference between the two sites is proportional to that of two independent of reflection points along the meteor trajectory. If 6 observation sites are used within a few tens km range, the meteor trajectory information can be calculated by the precise analysis of the time difference among the 6 sites (Terasawa et al., 2006).

In this study, we suggest a new method of meteor trajectory determination by a forward-scattering radar with triangle-configuration of 3 sites with a 5ch\_HRO\_IF as 1 of 3 sites, where precise coordinate of reflection point can be determined by monitoring by the 5ch\_HRO\_IF. Therefore, applying of the 5ch\_HRO\_IF at a base site, azimuth and distance of meteor plasma can be calculated. From the observed time difference between the base site and the other 2 observation sites, azimuth and zenith angle of the meteor trajectory can be derived. Finally, the velocity of meteor in 3-D space can be analyzed by least square method applying for the trajectory data.

#### 3. Automatic meteor observation system

In a 5ch\_HRO\_IF, the appearance position of meteor is monitored using interference technique. Time reference is calibrated by 1 PPS signal of a GPS receiver. In calculation of meteor trajectory, we have to identify receiving signals at all sites as the same meteor echo. Therefore, we should refer 3 HROFFT (a typical HRO software) spectrograms simultaneously with observation dataset from the interferometer and identify the same echo at 3 sites with a temporal resolution of 1 ms. Collecting the all dataset into a PC, the meteor trajectory data will be analyzed by a software. We will develop an automatic observation program using IDL and webcast the meteor trajectory data with the present data of the 5ch\_HRO\_IF.

#### 4. Summary

We verified the method of meteor trajectory calculation from existing dataset with an assumption that 2 separate observation sites 30 km to 50 km apart from the interferometer. Now we are checking temporal calibration by GPS receivers and comparing the experimental data of the 5ch\_HRO\_IF and a 1-channel test antenna. We will verify the threshold of time-difference parameters to identify as the same meteor echo and confirm the effectiveness of the system. Observational consequence is compared with optical observation by high-sensitivity video camera. In this paper, preliminary result of the test observation and meteor trajectory analysis will be shown.

#### 1. はじめに

流星電波観測 (HRO) は、天候や昼夜を問わず 24 時間流星の観測が可能である。高知工科大学では、2009 年に 5ch 流星電波干渉計を開発し、流星電波の到来角から流星出現位置を観測してきた。また、準リアルタイムで観測結果を Web に公開する流星自動観測システムの運用を行っている (埜口, 2009)。その観測システムで得られる流星のパラメータは、アンテナから流星までの仰角、方位角 (または高度を 90 km と仮定した出現位置座標)、観測時刻および相対受信強度である。今後の流星電波干渉計システムの発展のため、流星の軌跡情報 (流星の飛翔方向、速度の解析) の算出が求められる。

本研究では、5ch 電波干渉計及び GPS 時刻較正付受信機を用いた多地点観測により流星軌跡情報の算出を行う。さらに 2009 年より Web に公開している流星エコーの情報に加え、流星軌跡情報を準リアルタイムで公開可能な自動流星観測システムの構築を目的とする。

## 2. 多地点流星電波観測

流星の発光時には、プラズマ柱が形成され電波を反射する。高知工科大学の流星電波観測は、前方散乱方式を用いており、反射波を受信することで観測を行う。反射波は、ホイヘンスの原理により反射点から円錐状に散乱される。この円錐と地上をなす交線は双曲線(フットプリント)を形成し、双曲線が観測点に重なったときエコーが観測される。流星の移動とともに双曲線も移動するため、同じ流星に起因するエコーが時間差を持って観測される。観測点を複数設置した場合、各観測点での観測時間差は、観測に起因する反射波が、流星軌跡上で反射した点の時間差に等しくなる。観測点を 6 点設置し、その時間差を解析することで軌跡情報の算出が可能となる(寺沢 他,2006)。

本研究では、観測点の 1 つに 5ch 干渉計を用いて 1 点の反射点座標を求めることで、3 地点での軌跡情報の算出を提案する。5ch 干渉計を基準点とし、基準点から他の 2 観測点までの距離と時間差から飛跡進行方向の方位角を求める。また求めた方位角から天頂角の算出を行う。それら飛跡情報を元に、最小二乗法を用いることで 3 D 空間上の流星速度の解析を行う。

## 3. 流星自動観測システム

5ch 干渉計は、流星電波の干渉原理を利用し流星の出現位置を測定している。干渉計は周波数変換時に位相差を保持する必要があるため、各受信機に対する局部発振を共通とし同位相の信号を入れる構成である。また GPS の 1PPS 信号を A/D ボードに同時入力し正確な時刻較正を実現している。

軌跡情報の算出には、同じ流星に起因する反射波の判別が必要となるため、3 地点でほぼ同時刻に観測されたデータを参照する必要がある。そのため、流星エコーの判別を HRO 専用ソフト HROFFT の出力画像及び干渉計データをもとに行い、ほぼ同時刻の観測データを参照する。さらに飛跡算出には、1 ms の時刻分解能が必要と考えておりソフト側で時刻分解を行う。それぞれのデータをサーバー用の PC にまとめ流星の軌跡情報を算出する。

プログラムの開発は、画像処理に特化した IDL 言語を用いて自動観測プログラムを開発し、5ch 電波干渉計で求めた観測データとともに観測結果を Web に公開する計画である。

## 4. まとめ

既存の軌跡パラメータ情報を元に軌跡算出方法の検証を行った結果、各観測点の距離は 30 ~ 50 km 離れた地点が好ましいと考える。また 1ch のアンテナを動作させ、5ch 干渉計とのデータ比較及び GPS の較正実験を実施している。今後、データ収集を行い同じ流星に起因する流星電波と判断するための観測時間差の閾値選定及びシステム全体の有効性の検証を行う。観測結果は、高感度カメラを用いた光学観測との比較を行う。本発表では、発表までに収集した観測データと解析結果について発表する予定である。