

鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡における観測データの自動解析パイプライン構築と脈動変光星の周期解析

山下 智志 (鹿児島大学大学院 理工学研究科)

Abstract

ミラ型変光星には、変光周期と絶対光度が比例するという周期光度関係がある。この関係を用いることで、天体までの距離推定が出来ることから、ミラ型変光星の天の川銀河系内立体分布の解明を目指している。鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡では近赤外線カメラを用いて、現在 350 天体以上の脈動変光星のモニター観測をしている。とくにミラ型変光星は、国立天文台 VERA プロジェクトの年周視差による距離測定が行われている。近赤外線観測では、天体の明るさと変光周期が求まることから、VERA と協力し周期光度関係の高精度化を目標としている。

私達は、J,H,K' バンドの視野 5.5 分角を有する近赤外線カメラで観測を行い、画素数 512 × 512 の HAWAII アレイを用いて撮像されるデータが得られる。今までの解析手順として、各個人が画像処理から測光までを手動で行っていたため、膨大なデータ解析に多大な時間が掛かり、結果にばらつきが生じていた。私はこの問題点を解決するために、自動解析パイプラインを構築した。解析パイプラインは観測終了後の毎朝 8 時 00 分に、自動的にデータ転送・画像処理・天体検出・測光を行っている。さらに、視野に写り込んでいる天体を 2MASS カタログ (Two Micron All-sky Survey) と比較・同定することによって、等級較正やアストロメトリの解析を自動で行うことが出来る。これらの解析パイプラインは 8 スレッドの並列処理をさせることで、解析に要する時間は約 10 分程度で行われるようになり、変光星の予想周期を求め、周期を決定するために必要な観測を判断することが出来る。また、従来の解析やパイプラインによる解析の結果として、約 600 天体についての変光周期や光度曲線が得られており、VERA で得られている暫定的な周期光度関係を用いて、ミラ型変光星の天の川銀河系内立体分布を調査している。今後の開発として、検出天体のデータベース化を進めており、新規変光天体の発見に応用していく予定である。

1 Introduction

鹿児島大学では、国立天文台と協力し VERA プロジェクト (VLBI Exploration of Radio Astrometry) でミラ型変光星や星形成領域までの距離を三角測量の原理で測定している。特に、ミラ型変光星を精密に距離測定することで、その天体の真の明るさ (絶対光度) を求めることが出来る。ミラ型変光星には変光周期と絶対光度が比例するという関係があり、周期が長い天体ほど絶対光度が明るい。これをミラ型変光星における周期光度関係という。VERA では、宇宙の距離指標となる周期光度関係の構築を目指している。また、鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡では、脈動型変光星の明るさと変光周期を測定している。VERA で構築している周期光度関係を用いることで、多数

の天体についての距離を求めることが出来る。この 2 つの研究プロジェクトは、互いに補完的であり、天の川銀河系の構造を解明し、立体精密地図を作成することを目標としている。

2 Instruments and Observations

2.1 1m 光赤外線望遠

- 光学系：リッチークレチアン
- 有効主鏡径：1m
- 架台：経緯台
- 焦点：カセグレン焦点 (F12)

2.2 近赤外線カメラについて

- 検出器：HAWAII アレイ 512 × 512 ピクセル
- 視野：5.5 × 5.5 分角
- フィルター：J(1.25 μ m)、H(1.65 μ m)、K'(2.15 μ m)
- シーイングサイズ：1.3 秒角

2.3 観測天体

赤外線天文衛星 IRAS のカタログより選出し、現在約 400 天体のモニター観測を継続している。

3 Methods

3.1 自動解析パイプライン概要

- 1 次処理
 - IRAF(CL Script) & Perl
- 天体検出・測光
 - SExtractor
- 座標系変換・天体同定
 - リファレンスカatalog：2MASS catalog
 - OPM(Optimistic Pattern Matching)
 - WCS(World Coordinate System)X,Y 座標から赤道座標に変換する WCS パラメーターの決定。

3.2 1 次処理フローチャート

図 1 参照。

3.3 測光解析フローチャート

図 2 参照。

4 Results

4.1 自動解析パイプラインの結果

- 解析時間
「データ転送 1 次処理 測光解析」を含めた解析時間は、約 10 分程度で行える。解析自動化前の解析では、解析に要する時間は約 3 時間ほど掛かっていたため、大幅な時間短縮が実現されている。
- 天体検出
SExtractor による検出 (S/N=3) で視野内に写り込む天体を、高い精度で検出が出来る。
- 天体同定
OPM で 2MASS catalog と検出天体 catalog との比較・同定は、約 98 % の確率で成功している。同定に失敗するときの主な理由としては、検出天体が 6 個以下の時や誤検出が多い時である。WCS の決定精度は、約 0.1 秒角から 0.15 秒角で決定しており、高い精度での座標変換・WCS の決定が出来る。
- 等級較正
2MASS 等級と器械等級の差の最頻値を求めることで、等級の原点 (基準) である「等級ゼロ点」を決定する。検出した器械等級に等級ゼロ点を加える事で、明るさの較正を行うことが出来る。

4.2 IRAS 天体の周期解析結果

フーリエ級数展開を用いた周期解析と sin 関数によるフィッティングを行った。フィッティングの RMS が最も小さくなる日にちを IRAS 天体の周期として採用している。ライトカーブは図 3 を参照。

4.3 新規変光星候補天体の発見

IRAS 天体のモニター観測と同時に、天体の自動検出・自動解析により赤外線で見えない変光星の探査を行うことが出来る。大きい振幅を持つ変光星は、SExtractor の aperture 測光で十分に見つけることが出来る。図 4 の新規変光星候補天体は、SIMBAD

や VizieR 等で変光星として報告されていない天体である。

5 Future Works

- 自動解析パイプラインを天文関係のライブラリが豊富な Python + Pyraf ベースにする。
- 等級ゼロ点決定を fitting や clipping を使って高精度化する。
- 検出天体の座標と測光結果をまとめたデータベースを構築する。

6 Summary

- 1 次処理・測光解析を行う自動解析パイプラインを運用しており、解析時間の大幅な短縮化や解析結果を可視化する仕組みを構築している。
- IRAS 天体の測光結果から周期を解析し、変光周期を決定している。
- 天体検出・天体同定によって、新規変光星候補天体を発見できるようになっている。

7 Appendix

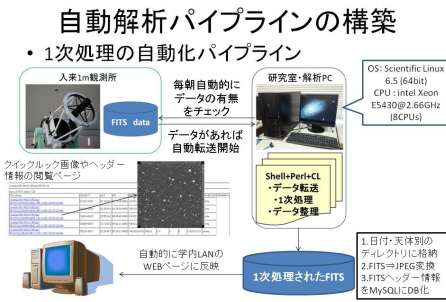


図 1: 1 次処理の自動化パイプラインのフローチャート

• 測光解析の自動化パイプライン

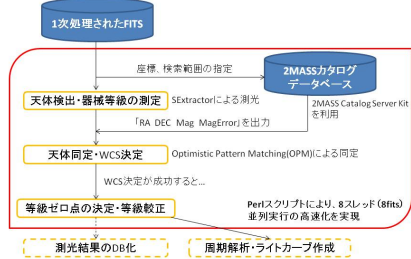


図 2: 測光解析の自動化パイプラインのフローチャート

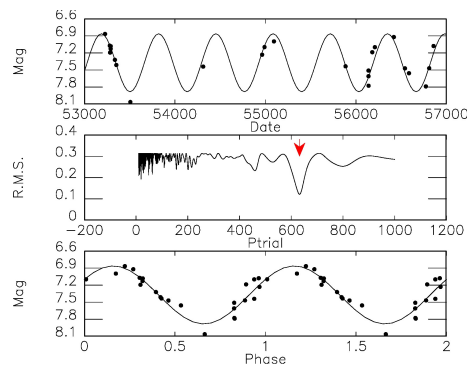


図 3: IRAS 19303+1553 の周期解析結果

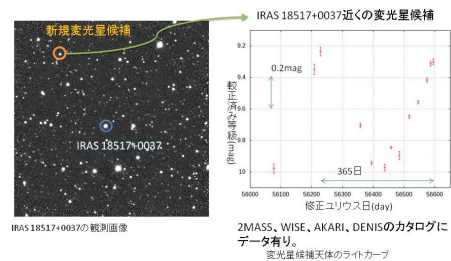


図 4: IRAS 18517+0037 の観測画像と新規変光星候補天体のライトカーブ