

ミラ型変光星てんびん座 Y 星の距離・変光周期・平均等級の決定

村上 琴音 (鹿児島大学大学院 理工学研究科)

Abstract

天の川銀河内のミラ型変光星の近赤外線 K バンドでの周期光度関係の高精度化を目的として、ミラ型変光星てんびん座 Y 星 (Y Lib, IRAS15090-0549) の距離、変光周期、平均等級を求めた。Y Lib の観測には 2 種類の観測を行った。1 つ目は VERA による水メーザー (22GHz 帯) の観測で、2008 年 2 月から 2010 年 12 月まで、計 22 回の VLBI 観測を行った。この観測より、Y Lib に付随する水メーザーのスポットを同定し、その固有運動から年周視差を計測した。その結果、年周視差が $\pi = 0.77 \pm 0.09$ ミリ秒角と決まり、これは距離 $D = 1.31^{+0.16}_{-0.13}$ kpc (1pc=3.26 光年) に相当する。2 つ目は鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡による近赤外線 K バンド ($\lambda = 2.2\mu\text{m}$) の測光観測で、2005 年 2 月から 2015 年 1 月まで、計 29 回のモニタリング観測を行った。この観測より Y Lib の変光周期、平均等級を決定することができ、変光周期は $P = 278 \pm 16$ 日、見かけの平均等級は $m_K = 3.22 \pm 0.14$ 等と決まった。以上の結果より、絶対等級は $M_K = -7.36^{+0.27}_{-0.29}$ 等となった。この結果は今まで VERA で求めた周期光度関係とほぼ一致することがわかった。

1 Introduction

脈動変光星は変光周期の常用対数をとった値と絶対等級に比例関係があり、変光周期が長いほど絶対等級が明るい特徴を持つ。これを周期光度関係といい、マゼラン雲のセファイド型変光星で初めて発見され、その後様々な系列の周期光度関係が発見された。図 1 は大小マゼラン雲で求められた様々な系列の周期光度関係を示している (Ita et al. 2004)。

周期光度関係が決まると、年周視差では距離を計測するのが難しい天体も見かけ等級と変光周期から天体までの距離を求めることができる。しかし周期光度関係は天体の種類によって異なり、さらに天の川銀河とマゼラン雲の周期光度関係は異なると知られている。そのため、天の川銀河内で周期光度関係を適用するためには天の川銀河の周期光度関係を新しく求めなければならない。しかし、天の川銀河内の天体は大小マゼラン雲と違い星と星の相対的な距離の違いが大きいため、天体までの距離を年周視差で精度よく決める必要がある。そこで、メーザーを発するミラ型変光星をターゲットとし、VERA と 1m 光赤外線望遠鏡を用いて天の川銀河のミラ型変光星の周期光度関係を精度良く求めることが私たちの目的である。

この目的を達成するためには、1 つ 1 つのミラ型

変光星の距離測定と変光周期・平均等級測定を行う必要がある。本研究ではそのうちのひとつである Y Lib (表 1) について報告する。

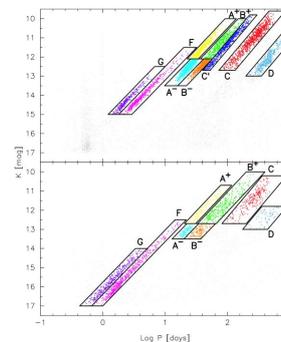


図 1: 大小マゼラン雲で求められた周期光度関係 (Ita et al. 2004)

表 1: Y Lib の座標

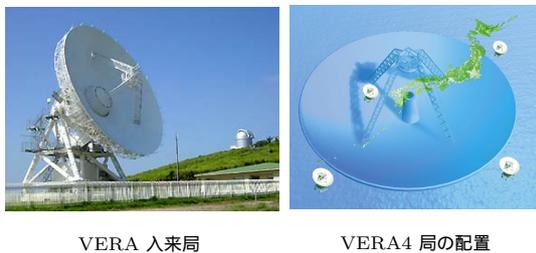
天体名	てんびん座 Y 星 (Y Libra)
IRAS name	IRAS15090-0549
赤径 (R.A.)	15h 11m 41.2996s
赤緯 (DEC)	-6 °00 41.463
銀経 (l)	353.8262 °
銀緯 (b)	42.5876 °

2 Observations

2.1 電波観測

Y Lib の電波観測は年周視差測定を目的として、VERA4 局 (図 2、表 2) を用いた VLBI 観測を行った。観測期間は 2008 年 2 月から 2010 年 12 月までの約 2 年間で全 22 回の観測を行った。この観測で Y Lib に付随する水メーザーのスポットを同定し、その固有運動から年周視差を測定することで天体までの距離を決定することができる。

図 2: 観測装置



VERA 入来局

VERA4 局の配置

表 2: VERA による観測

望遠鏡	VERA4 局 (水沢、入来、石垣、小笠原)
観測天体	Y Lib, J1510-0543(参照電波源)
観測期間	2008 年 2 月 ~ 2010 年 12 月
観測周波数	22GHz 帯

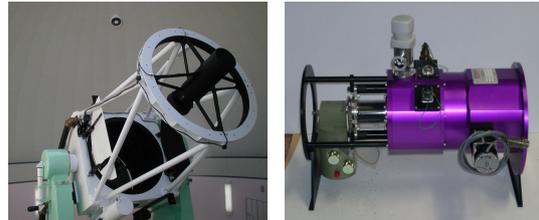
2.2 赤外観測

Y Lib の赤外観測は変光周期・平均等級測定を目的として、鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡 (図 3、表 3) で行った。観測は 2005 年 2 月から 2015 年 1 月までの約 10 年間で全 29 回の観測を行った。

VERA でメーザーを検出し、年周視差を決定できる天体は距離が 2kpc 以内に存在することが多い。しかし、ミラ型星の K バンド絶対等級は $M_K \sim -7$ なので、このような天体を赤外線でも観測しようとすると明るすぎるため検出器がサチュレーションを起

こしてしまうという問題がある。そこで、1m 光赤外線望遠鏡ではデフォーカス観測と部分減光フィルター観測の 2 つの手法を用いて観測を行った。

図 3: 観測装置



鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡

赤外線カメラ

表 3: 1m 光赤外線望遠鏡による観測

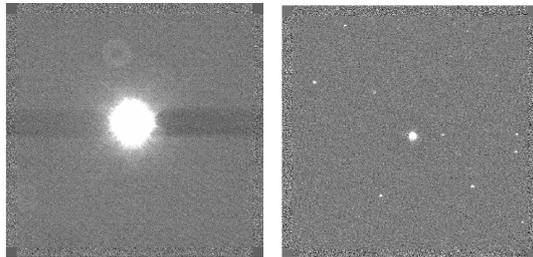
望遠鏡	鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡
観測天体	Y Lib
観測期間	2005 年 2 月 ~ 2015 年 1 月
観測波長	2.2 μ m

デフォーカス観測

検出器がサチュレーションを起こすと入力光子と出力電圧に線形性がなくなり、星の明るさを正しく測ることができない。そのため、観測時にわざとフォーカスをずらして撮像するという観測手法がある。これをデフォーカス観測 (図 4(a)) と呼ぶ。この観測を行うときは等級較正のために、標準星 (図 4(b)) と呼ばれる等級がわかっているかつ変光しないとわかっている星を目的星とは別に撮る必要がある。この標準星を用いて大気補正を行う。

しかしこの観測手法には、天気の影響を大きく受けてしまうという問題点がある。これは等級較正に用いる天体を別で撮ることが大きな原因である。そのため、よく晴れた日にしかこの手法を用いて観測することができず、その結果として観測可能な日が限られてしまう。昨年まで、VERA でメーザーを検出し、年周視差を決定できる天体は主にこの手法を用いて観測を行っていた。Y Lib についても、2005 年から 2014 年の観測データはこの手法を用いて観測したものである。

図 4: デフォーカス観測



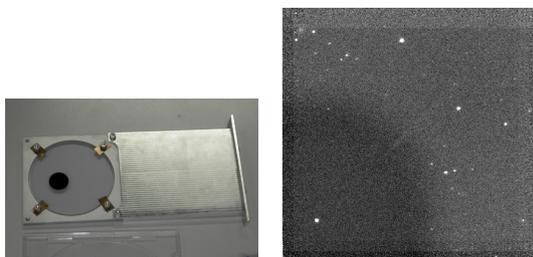
(a) デフォーカスして撮像した Y Lib (b) 標準星

部分減光フィルター観測

デフォーカス観測の問題点を改善するために、昨年度から部分減光フィルター (図 5(a)) を導入した。これは視野の一部のみを減光することができるフィルターである。これを用いると明るすぎる目的星のみを減光させて撮像することができる。(図 5(b)) さらに、同一視野内では大気の状態は一樣とみなすことができる。そのため、まわりの減光していない領域に写っている星の中から変光しない星を見つけることで、その星を用いて等級較正を行うことが可能である。このように部分減光フィルターを用いて観測することで、天気による影響を受けにくい等級較正方法を用いることができるため、検出器がサチュレーションを起こしてしまうような明るい天体の観測頻度を上げることが期待できる。

今回用いた部分減光フィルターの減光量は 9.412 ± 0.014 等である。また、部分減光フィルターを用いた Y Lib の観測は 2015 年 1 月に 2 回行った。

図 5: 部分減光フィルター観測



(a) 部分減光フィルター (b) 部分減光フィルターを用いて観測した Y Lib

3 Results

3.1 電波観測による結果

VERA を用いた VLBI 観測から得たデータを、解析ソフト AIPS を用いて位相補償解析した結果、全 22 観測中 7 観測で視線速度 13.8 km/s 成分のメーザースポットを検出した。年周視差フィッティングの結果、年周視差は $\pi = 0.77 \pm 0.09 \text{ mas}$ (ミリ秒角) と決まった。これより、年周視差と距離の関係式 $D = \frac{1}{\pi}$ より、距離 $D = 1.31^{+0.16}_{-0.13} \text{ kpc}$ と求まった。年周視差フィッティングの結果を図 6 に示す。

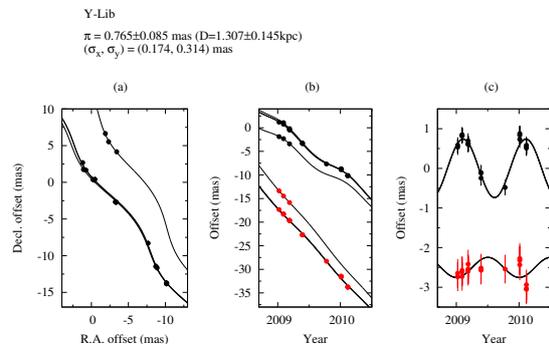


図 6: 年周視差フィッティング結果。右から (a) Y Lib の天球面上での動き、(b) Y Lib の赤径方向 (黒) および赤緯方向 (赤) の位置変化、(c) Y Lib の赤径方向 (黒) および赤緯方向 (赤) の年周視差成分を表す。

3.2 赤外観測による結果

赤外観測で得たデータから、Y Lib の変光周期と見かけの平均等級を求める。IRAF を用いて測光し周期解析をした結果、変光周期は $P = 278 \pm 16$ 日、見かけの平均等級は $m_K = 3.22 \pm 0.14$ 等と決まった。Y Lib のライトカーブを図 7、Y Lib の周期解析結果を図 8 に示す。

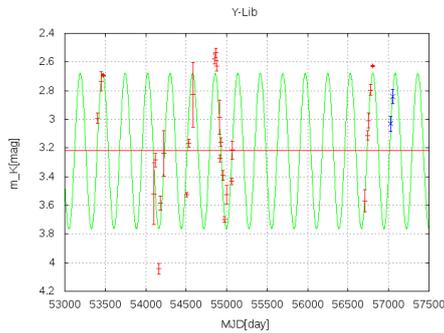


図 7: Y Lib のライトカーブ。赤い点はデフォーカス観測、青い点は部分減光フィルター観測、赤い線は平均等級を示す。

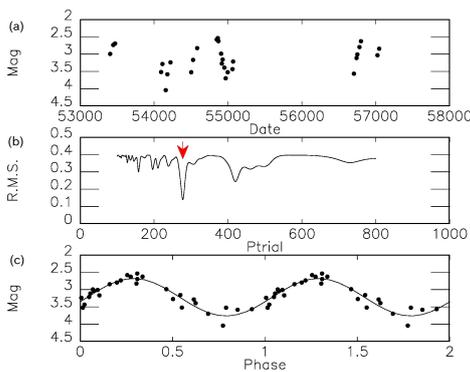


図 8: 周期解析結果。上から (a) 各観測のデータ点、(b) 試行周期に対するフィッティング RMS の変化、(c) 決定した周期で折り返したライトカーブを示す。また、矢印はベストフィッティングの周期を示す。

4 Discussion

VERA で求めた距離 $D = 1.31^{+0.16}_{-0.13}$ kpc と、1m 光赤外線望遠鏡で求めた見かけ等級 $m_K = 3.22 \pm 0.14$ 等を用いて絶対等級を求めると

$$M_K = -7.36^{+0.27}_{-0.29} [mag]$$

となった。ただし、Y Lib は $b=42.5876^\circ$ であり、銀河面から外れていることから星間減光は十分小さいと判断したため、星間減光は無視している。

また、変光周期は常用対数をとる。1m 光赤外線望遠鏡で求めた変光周期 $P = 278 \pm 16$ 日より

$$\log P = 2.44^{+0.02}_{-0.03}$$

となった。

以上のように求めた結果を、これまでに VERA で距離を求めた天体と比較する。図 9 は、これまでに VERA で距離を求めた天体と Y Lib を既知の周期光度関係と共にプロットしたものである。ここで既知の周期光度関係は式 1 (Nakagawa et al. 2014) である。

$$M_K = -3.51 \log P + 1.37 \pm 0.07 \quad (1)$$

図 9 より、今回解析した Y Lib はこれまでに VERA で距離を求めた天体に見られる傾向と一致することがわかった。

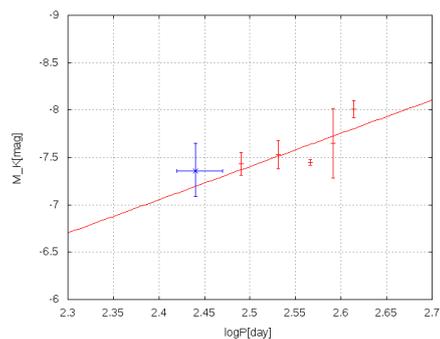


図 9: 既知の周期光度関係と Y Lib の比較。赤い点は今まで VERA で距離を求めた天体、青い点は Y Lib、赤い線は既知の周期光度関係 (Nakagawa et al. 2014) を示す。

Acknowledgement

基礎物理学研究所 (研究会番号: YITP-W-15-04) 及び国立天文台からのご支援に感謝いたします。

Reference

- Ita et al. 2004
- Nakagawa et al. 2014