

ミラ型変光星OZ-Gemの近赤外線観測とVERAによる年周視差測定についての考察

山口凌平, 永山貴宏, 中川亜紀治, 面高俊宏 (鹿児島大学)

Mail : k7350810@kadai.jp

Abstract

今回、鹿児島大学1m望遠鏡でJ, H, Kバンドでの観測が十分にできている、且つVERAで観測が終了している天体OZ-Gemについて解析を行った。鹿児島大学1m望遠鏡によるJ, H, Kバンドでのモニタリング観測は2004年8月~2016年3月の期間行った。測光および周期解析を行った結果、J, H, Kバンドの平均等級はそれぞれ5.75等、4.00等、2.65等、Kバンドでの変光周期は592.73日と決まった。また、VERAによる観測は2013年2月~2015年5月の期間で計21回行った。OZ-Gemに付随する水メーザーの年周視差を計測した結果、年周視差 $\pi = 0.83 \pm 0.059$ mas (距離 $D = 1.21 \pm 0.086$ kpc) と決まった。観測によって得られたKバンドの平均等級と距離を用いて絶対等級を算出した結果、絶対等級 $M_K = -7.76 \pm 0.16 - 0.15$ 等となった。これは、Nakagawa et al. 2016の周期光度関係で予想される絶対等級よりも1等ほど暗い結果となった。また、OZ-Gemが大マゼラン銀河の位置にあるときの(J-H) vs (H-K), K vs (J-K)の二色図によるとOZ-Gemはダストシエルを持つAGB星であると分類される。Nakagawa et al. 2016と比較して暗い等級値を示すのは星周減光が原因であることを示唆する。

1. Introduction

1.1 周期-光度関係と本研究の目的

長周期変光星(LPV)はKバンドでの絶対等級(M_K)と変光周期($\log P$)との間に、周期-光度関係(PLR)と呼ばれる比例関係をもっている。この関係を用いることで、Kバンドでの見かけの等級(m_K)と変光周期を測定することにより、年周視差で距離を測定することが難しい恒星までの距離を導くことができる。

また、大マゼラン銀河(LMC)と小マゼラン銀河(SMC)のミラ型変光星には m_K と $\log P$ との間にPLRがあることが良く知られている。(図.1)(Ita et al. 2004)しかし、LMCのミラ型変光星のPLRには長周期側になると化学組成の違いによって、短周期側のPLRを長周期側へ外挿したPLRよりも上や下に位置することが知られており、これは星周減光が原因ではないかと言われている。(図.2)(Ita et al. 2011)

我々の目的は天の川銀河のPLRに高精度に決定することである。天の川銀河のミラ型変光星の距離はVERAにより年周視差を求めることにより決定し、見かけの等級と変光周期は鹿児島大学1m望遠鏡での観測により決定する。

1.2 OZ Gem

鹿児島大学1m望遠鏡によるモニタリング観測によりVERAで観測終了した天体の中では変光周期が長い天体である。そのため、天の川銀河のPLRを高精度にする上では重要な天体だと言える。

IRAS NAME	IRAS 07308+3037
赤道座標(ep=J2000)	RA: 07h 33m 57.55s Dec: +30° 30' 37.8"
銀河座標	l: 188.7981° b: +21.8981°

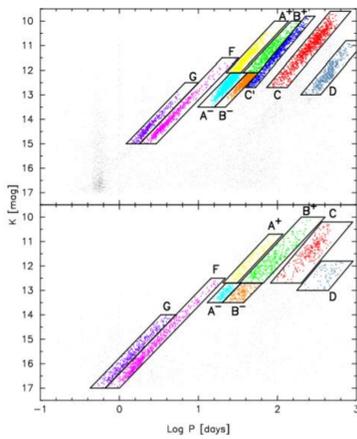


図.1 LMC(上図)とSMC(下図)のPLR ミラ型変光星はC, C'に分類される。

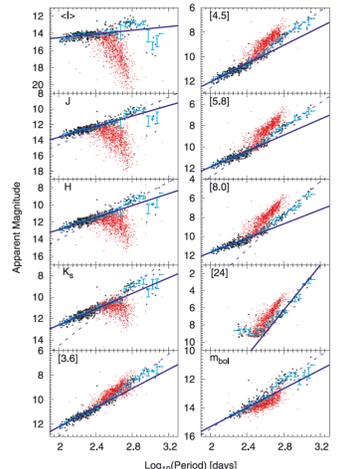


図.2 LMCのミラ型変光星の周期光度関係 黒い点: O-rich star, 赤い点: C-rich star

3.2 年周視差・固有運動

21epochのうち16epochの視線速度12.07km/s成分、-0.82km/sのメーザースポットを用いて年周視差と固有運動を求めた。年周視差・固有運動を求めるにあたってSN=7以上で検出された合計14のメーザースポットを用いた。また、参照電波源 J0741+31はDec方向に2つの構造(2013年と2015年の観測ではマイナス方向(図.6a), 2014年の観測ではプラス方向(図.6b))が見えた。年周視差フィッティングの際はそれぞれ別のIDを与えフィッティングを行った。

2013年2月3日に観測が行われたR13034Aは12.07 km/sの成分と-0.82 km/s成分がおよそ47mas離れていることが分かった。(図.8)

今回の解析により得られた年周視差は

$$\pi = 0.83 \pm 0.059 \text{ [mas]}$$

距離に変換すると

$$D = 1.21 \pm 0.086 \text{ [kpc]}$$

固有運動は

$$\mu_x = -2.78 \pm 0.05 \text{ [mas/yr]}$$

$$\mu_y = -9.43 \pm 0.03 \text{ [mas/yr]}$$

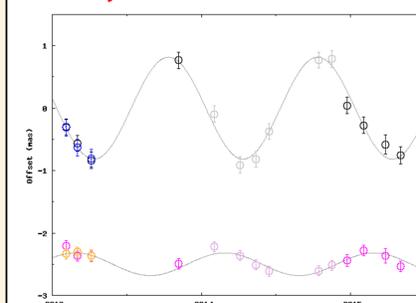


図.7 RA方向(上)とDec方向(下)の運動。RA方向 黒点:12.07km/s, 青点:-0.82km/s Dec方向 マゼンタ:12.07km/s, オレンジ:-0.82km/s

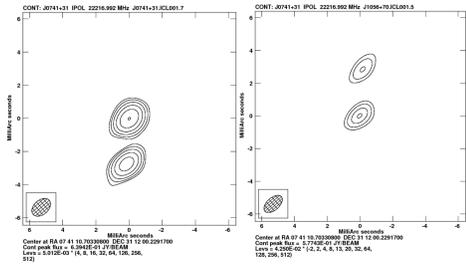


図.6a R13061AのJ0741+31のmap (右) 図.6b R14094AのJ0741+31のmap (左)

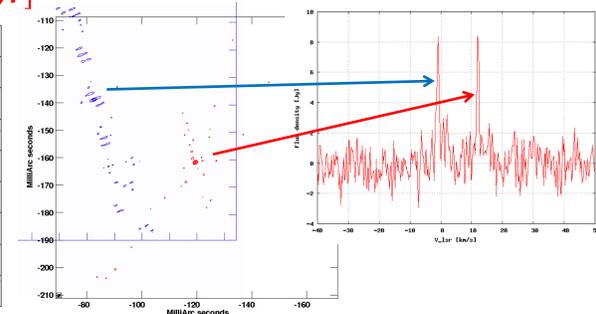


図.8 R13061AのOZ-Gemのmap(左), 2013年2月9日の単一観測の結果(右) 赤: 12.07 km/s成分 青:-0.82 km/s成分

2. Observation & Data Reduction

2.1 赤外線観測

望遠鏡	鹿児島大学1m望遠鏡 (図.3)
観測天体	OZ Gem
観測期間	2004年8月~2016年3月
観測波長	J, H, Kバンド (1.25 μ m, 1.65 μ m, 2.15 μ m)
観測方法	・デフォーカス観測 ・1/5000部分減光フィルター観測
解析方法	IRAFを用いた測光, 周期解析



図.3 鹿児島大学1m望遠鏡

2.2 電波観測

望遠鏡	VEAR4局(水沢, 入来, 石垣, 小笠原) (図.4)
観測天体	OZ Gem, J0741+31(参照電波源)
観測期間	2013年2月~2015年5月(計21回)
観測周波数	22GHz帯
解析方法	AIPSを用いた位相補償解析

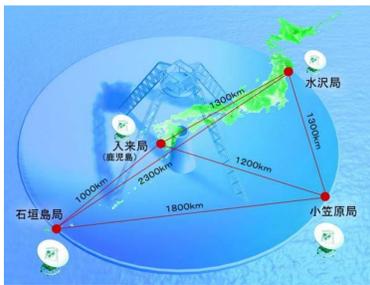
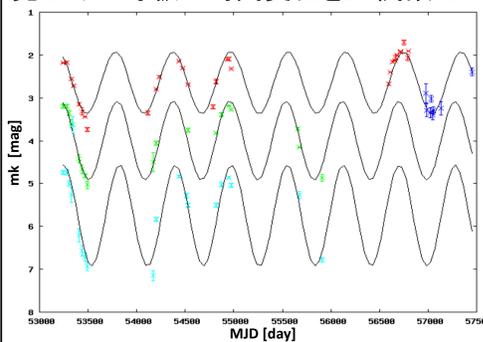


図.4 VERA 電波望遠鏡

3. Result

3.1 変光周期・平均等級

見かけの等級の時間変化をsin関数でフィッティングし、変光周期と平均等級を求めた。



変光周期

$$P_K = 592.73 \text{ [day]}$$

平均等級

$$m_J = 5.75 \pm 0.47 \text{ [mag]}$$

$$m_H = 4.00 \pm 0.16 \text{ [mag]}$$

$$m_K = 2.65 \pm 0.16 \text{ [mag]}$$

図.5 OZ Gemのライトカーブ 赤い点: Kバンド(デフォーカス), 青い点: Kバンド(ND) 緑点: Hバンド, 水色点: Jバンド

4. Discussion

鹿児島大学1m望遠鏡の観測で得た変光周期, 平均等級とVERAの観測で得た距離を用いて絶対等級を求めた。

$$M_K = -7.76^{+0.16}_{-0.15} \text{ [mag]}$$

4.1 Nakagawa et al. 2016のPLRと比較

Nakagawa et al. 2016のPLR上にOZ-Gemの観測結果をプロットしてみると予想される絶対等級よりも1等ほど暗い。OZ Gemは銀河中心方向ではなく、銀河面からも離れているため星周減光は考慮していない。

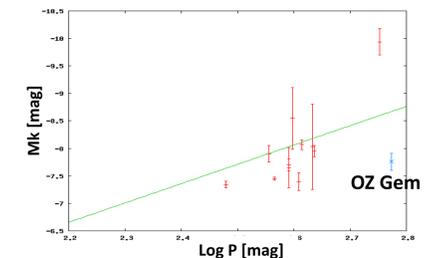


図9. Nakagawa et al. 2016のPLRとOZ Gem 青い点: OZ Gem, 赤い点: VERA, VLBAで距離が決まった天体, 緑の点: 周期光度関係 (Nakagawa et al. 2016)

⇒ 星周減光が関係しているのでは...?

4.2 LMCの変光星の分類と比較

OZ GemがLMCの距離にある時のKバンドでの見かけの等級は

$$m_{K(LMC)} = 10.74 \pm 0.16 \text{ [mag]}$$

これを基にLMCの色-等級図, 2色図と比較してみた。

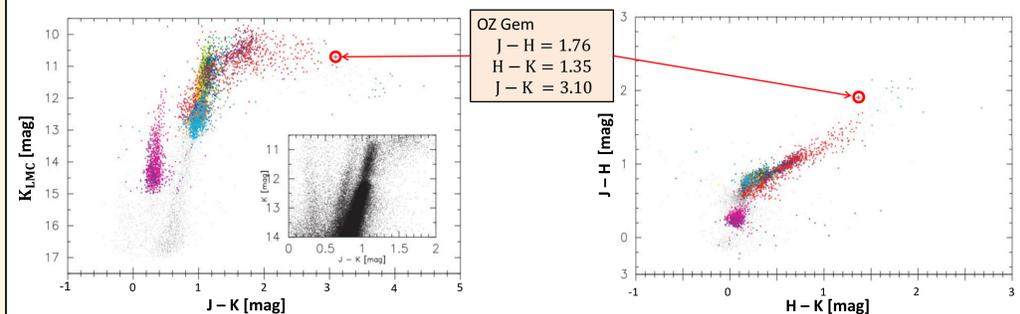


図10. Ita et al. 2004の色-等級図(左図), 2色図(右図)とOZ-Gem

⇒ OZ Gem はダストシエルを持つ、とても赤いAGB星に分類。

OZ Gemは水メーザーを出していることからO-richである可能性は高い。しかし、LMCでは図8のOZ-Gem付近の位置にくる星の殆どはC-richであると報告されている。(Ita et al. 2004) O-richであればLMCの色-等級図や2色図ではあまり赤くないAGB星に位置するはずである。

・天の川銀河のミラ型変光星はLMCのミラ型変光星とは違う性質があるのでは。
・天の川銀河のPLRでも星周減光の影響があることを示唆する。

[Reference]

Ita, Y. et al., 2004, MNRAS, 347, 720

Nakagawa et al. 2016, PASJ, 78, 91

Ita, Y., Matsunaga, N. 2011, MNRAS, 2345, 2352