

ミラ型変光星SY Sculptorのアstrometry観測

鹿児島大学大学院 理工学研究科 M2 丹生 大輔

松井 真, 荒尾 考洋, 嘉村 浩二, 中川 亜紀治, 今井 裕, 面高 俊宏 (鹿児島大学)
倉山 智春 (韓国天文研究院), 柴田 克典 (国立天文台), VERAプロジェクトチーム

概要

SY Sculptor (SY Scl)は、ミラ型変光星に分類される漸近赤色巨星分枝(以下、AGB星)の星である。銀河系内におけるミラ型変光星の周期光度関係の確立を目的に、2006年10月からVERAを用いて水メーザーのモニター観測を行っている。参照電波源J0011-2612に準拠した位相補償解析を行い、年周視差は 0.76 ± 0.03 mas, 距離にして 1.32 ± 0.05 kpcという結果が得られ、これまでVERAを用いて測定された天体の中では銀河面から最も離れている。

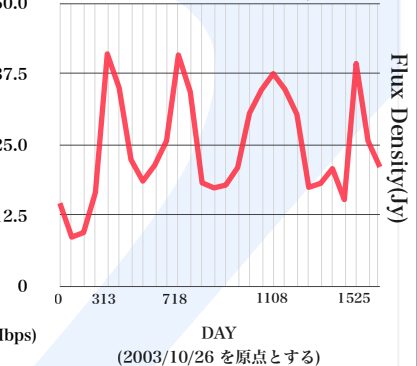
また内部固有運動計測を行った結果、北西(赤方偏移した成分)から南東方向(青方偏移した成分)の約80AUの領域にわたって水メーザースポットが分布している。見積もられた光球サイズの10-15倍の位置に広がっており、典型的なミラ型変光星の分布サイズといえる。

銀河系回転の回転曲線に対して、晩期型変光星(SY Scl, R UMa, T Lep, S CrI)の運動は-30-50km/sシフトしていた。晩期型変光星は年齢が古く(約100億年)、速度分散が大きく、回転運動が小さいことを示している。

観測・解析

観測期間: 2006年10月-継続中 (ほぼ一ヶ月間隔)
対象天体: SY Sculptor 50.0
RA : 00h 07m 36.24756s
DEC : -25d 29' 40.03" (J2000)
変光周期: 411日
スペクトル型: M8 (Hansen et al.1975)
参照電波源: J0011-26
RA : 00h 11m 01.246s
DEC : -26d 12' 33.377" (J2000)
(l, b) : (40°, -80°)
離角 : 1.05[deg]
観測周波数: K-Band
速度分解能: 0.21 km/s
記録: 16MHz帯域, DIR2K(1024Mbps)
解析ソフト: AIPS

図1: 20m単一鏡による水メーザーのFlux Density



観測目的

天体までの距離を測る際に、純粋に幾何学的な三角視差の原理が使えるのは、ヒッパルコス衛星による観測でも、距離100pc程度までのごく近傍の天体に限られる。鹿児島大学ではVERAを用いて銀河系内におけるミラ型変光星をはじめ、晩期型変光星までの距離を高精度で決定し、変光周期と絶対光度における関係を確立することを目的としてプロジェクトを進めている。ミラ型変光星における周期光度関係が確立されることで、銀河系内の銀河面鉛直方向の領域における星の運動・分布、さらに太陽近傍における質量分布を探ることが出来る。

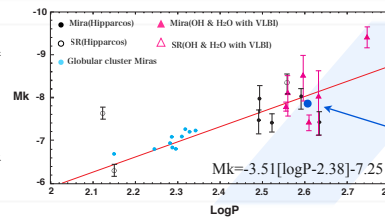


図2: 銀河系内AGB星の周期光度関係
ヒッパルコスによって相対誤差16%以上で決まっているAGB星, VLBI技術を用いて距離が求められた天体, 傾きはLMCのO-richミラから求められている。(Whitelock et al.2008)

SY Scl ($\sigma_{\pi}/\pi=0.03$)
 $m_c=2.75$ [mag]
(鹿児島大学1m光赤外線望遠鏡) $M_k=-7.86 \pm .10$ [mag]

解析結果・考察

図3: SY Sclの水メーザー分布

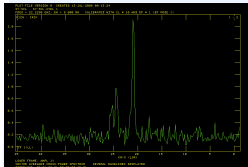
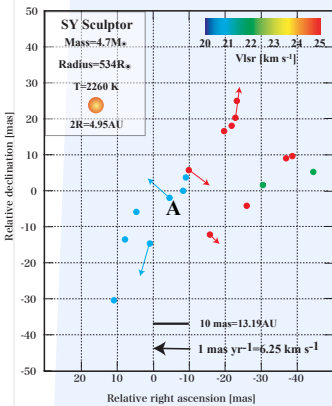


図4: Cross Power Spectrum.
2008/2/24(水沢-入来: 1267km)

18の水メーザースポットが検出され、約80AUの領域に分布しており、北西(南東)方向に赤方(青方)偏移した成分が集中している。検出された水メーザースポットの運動から、約9km/sの膨張速度が検出された。鹿児島大学1m光赤外線望遠鏡によるJ,H,K-Bandの観測結果と、年周視差計測によって得られた距離を用いて、星の質量・半径・温度の推定を行った結果、水メーザースポットは星のサイズの10-15倍の領域に分布しており、典型的なミラ型変光星の分布といえる。

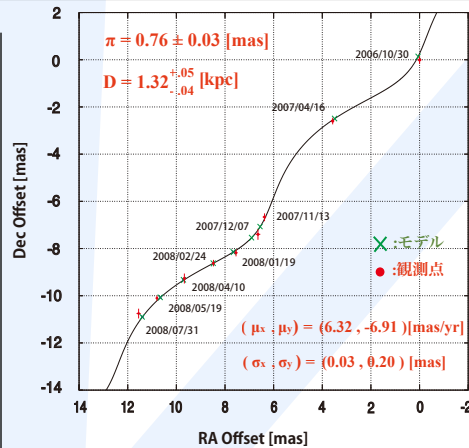


図5: 天球面上における20.9km/s成分の水メーザースポットの動き。
図3のAの水メーザースポットを用いて、年周視差フィッティングを行い、 $\pi=0.76 \pm 0.03$ [mas], 距離にして 1.32 ± 0.05 [kpc]の結果が得られた (RA方向のみでフィッティング)。

位置測定誤差の要因

天体の位置誤差を生む要因として、1.天頂大気遅延残差, 2.位相補償マップの質, 3.基線長誤差などが挙げられる。1についてはオフセット成分を推定し、解析の過程で適用している(図6)。残されたエラー σ_z は2・3によって発生した位置誤差と考え、フィッティングによって生じたエラーと比較した。

1. 大気の影響適用前後のフィッティング結果

適用前 ($\pi_0, \sigma_{\alpha}, \sigma_{\delta}$) = (0.68, 0.12, 0.36) [mas]
 $(\Delta \sigma_x, \Delta \sigma_y) = (0.09, 0.16)$ [mas]
適用後 (π, σ_x, σ_y) = (0.76, 0.03, 0.20) [mas]

2. 位相補償マップの質による位置誤差の発生

$$\sigma_l = \frac{\theta_b(\text{Beam size})}{\text{SNR}(\text{signal-to-noise ratio})}$$

$\sigma_{lx} = 0.06$ [mas]
 $\sigma_{ly} = 0.19$ [mas]

3. 基線長誤差による位置誤差の発生

$$\sigma_D = \frac{3\text{mm}}{\lambda_{\text{H}_2\text{O}}} \times \sin\theta_s(\text{separation angle}) = 4 \mu\text{mas}$$

($\theta_s = 1.05^\circ$)

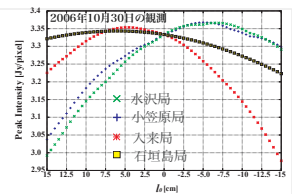


図6: 天頂大気遅延残差の推定。
4局のアンテナを $\theta_0 \pm 15\text{cm}$ の範囲で試行的に振り、Intensityが最も上昇した θ_0 を推定値とみなし、適用した。
2・3によって生じる位置誤差 σ_z は以下の式より、

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_l^2}$$

$(\sigma_x, \sigma_y) = (0.03, 0.20)$ [mas]
 $(\sigma_z, \sigma_{\alpha}) = (0.06, 0.19)$ [mas]

推定した結果, RA方向はやや過大評価しているが, オーダーでは推定した位置誤差と一致している。Dec方向は $26'$ と低いことから、天頂大気遅延残差, そして位相補償マップの質によって発生する位置誤差が大きく影響していると考えられる。

晩期型変光星の銀河系回転に対する運動

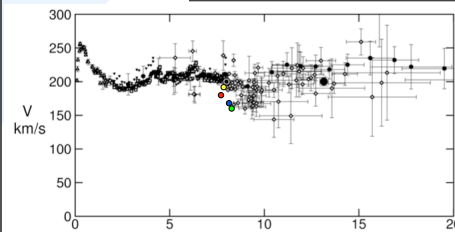


図7: 銀河系回転の回転曲線。R₀ = 8 kpc, V₀ = 200km/s.
(Sofue et al. 2008)

年周視差計測の行われたミラ型変光星3天体SY Scl(丹生), R UMa(松井), T Lep(中川)と半規則型変光星(SRb)1天体S CrI(中川)をプロットした。ミラ型変光星は銀河系回転曲線に対して、-30-50km/sシフトしていることがわかる(図7・表1)。ミラのような晩期型変光星は年齢が古く、速度分散が大きいため回転運動が小さい。

天体名	Type	V[km/s]	R[kpc]	Z[kpc]
● SY Scl	Mira	170	7.91	-1.3
● R UMa	Mira	162	8.30	0.38
● T Lep	Mira	155	8.32	-0.2
● S CrI	SRb	199	7.98	0.34

表1: 晩期型変光星の銀河系内における位置と速度。V: 銀河中心から見た速度, R: 銀河中心からの距離, Z: 銀河面からの高さ。

今後

- 星の脈動に伴う水メーザースポットの運動から、星周の様子を探る。
- 銀河系回転の回転曲線に対する晩期型変光星の運動を調べるために、晩期型星の年周視差計測を行い、銀河系内における運動や分布を求める、またミラ型変光星の周期光度関係確立を目指す。

参照論文

- Feast et al. 1996, MNRS 287, 11
- Hansen et al. 1975, A.J., 80, 12
- Nakagawa et al. 2008, PASJ, Vol. 80
- Sofue et al. 2008 submitted to PASJ.
- van Leeuwen et al. 1997, MNRS 287, 955
- Whitelock et al. 2008, MNRS 386, 313