

VERAを用いた星形成領域W48の研究

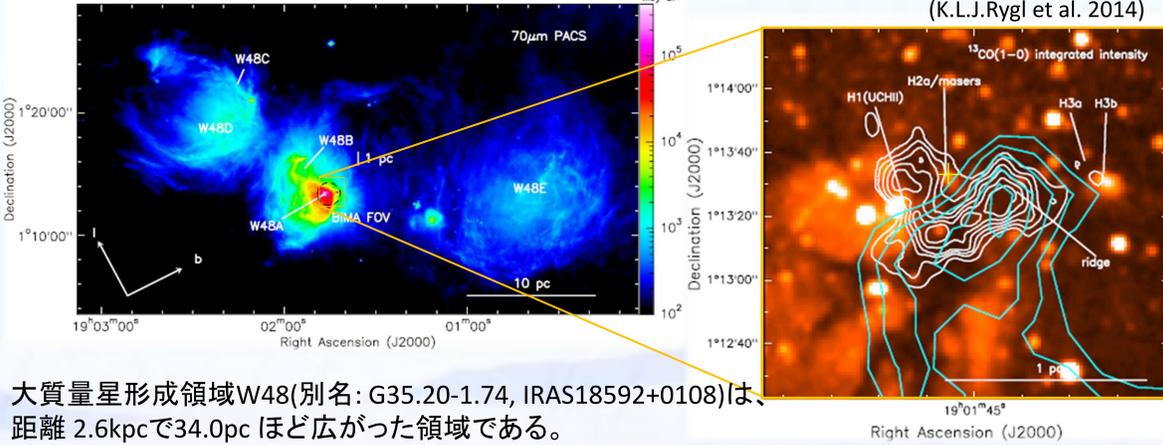
鹿児島大学 理工学研究科 物理・宇宙専攻 宇宙物理学研究室 M2 永野 将之

Abstract

天の川銀河内の大質量星形成領域W48(別名: G35.20-1.74, IRAS18592+0108)にあるW48A領域は、赤外線観測によって3つのclumpが存在することが知られている。我々は、この中のclump-H2に付随する水メーザー源をVERAを用いて観測し、その結果から年周視差(距離)を $0.394 \pm 0.029 \text{ mas}$ ($2.54_{-0.17}^{+0.20} \text{ kpc}$)、固有運動を $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (-0.50 \pm 0.71, -4.11 \pm 0.42) \text{ mas/yr}$ と求めることに成功した。求めた結果を用いて、銀河系内での位置を調べると、Sagittarius Armに付随しており、特異運動(U_s, V_s, W_s) = $(5 \pm 3, -5 \pm 5, -10 \pm 8)$ をもつことが分かった。また、銀経 $l=20 \sim 45$ の範囲で Radio Recombination line の強度図を用いてW48の動きを調べると、約 40.3 km/s の速度で銀河面から離れるように運動していることが明らかになった。

Introduction

Left: Herschel 70 μm map of the W 48 HII regions.
Right: • 2MASS Ks-band (2.16 μm) image (background)
• ^{13}CO integrated intensity contours (white)
• the blue C^{18}O velocity component (38–41 km s^{-1} , cyan).
(K.L.J.Rygl et al. 2014)



大質量星形成領域W48(別名: G35.20-1.74, IRAS18592+0108)は、距離 2.6kpcで34.0pcほど広がった領域である。この領域の中でもW48A領域は、赤外線観測によって3つのclumpが存在することが知られている。(K.L.J.Rygl et al.2014)

今回観測を行ったのは、W48A領域のcore-H2a(右図 黄色の十字)に付随したwater maser源である。この付近からは、water maser 以外に methanol maser やOH maser(Caswell 2001)も検出している。

ここから距離 2.6kpcで0.23pcほど離れた位置にあるclump-H1にはウルトラコンパクトHII領域があり、活発に星形成が行われている。そのため、Clump-H1との相互作用によってclump-H2ではガスが圧縮され、星形成が進んでると考えられる。

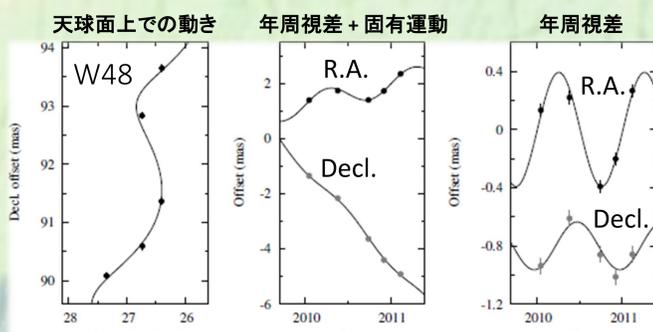
目的: W48A領域の clump-H2 に付随する水メーザー源を観測し、このclumpの内部運動、また天の川銀河内における位置関係や運動を調べる。

この天体は、すでにVLBA(methanol maser)で年周視差測定によって距離が求められており、その値は、 $\pi = 0.306 \pm 0.045 \text{ mas}$ ($D = 3.27_{-0.42}^{+0.56} \text{ kpc}$) である。

Results

永山さんによる AIPSでの解析結果

天体名	W48
年周視差 π (mas)	0.394 ± 0.029
距離 D (kpc)	$2.54_{-0.17}^{+0.20}$
視線速度成分 v_{LSR} (km/s)	41.1 ± 1.2
固有運動 $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)$ (mas/yr)	$(-0.50 \pm 0.71, -4.11 \pm 0.42)$
標準偏差 (σ_x, σ_y) (mas)	$(0.040, 0.054)$

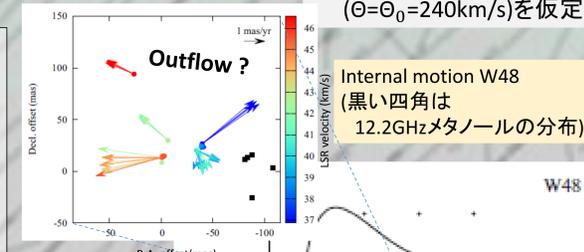


年周視差と固有運動の測定に成功。振幅約0.4(R.A.)masと約0.2mas(Decl.)、1年周期の年周視差による位置変化を捉えた。

得られた結果は、運動学的距離の近い側と誤差の範囲で一致した。VLBAの12.2GHz methanol maser の観測結果と比較すると、22%ほど異なる。ただし、B.Zhang et al.(2009)で測定された2spotsのうち、41.5km/s のspotの値と誤差の範囲で一致する。

銀河 $R_0=8.34 \text{ kpc}$
定数 $\Theta_0=240 \text{ km/s}$
(Reid et al. 2014)
フラットローテーション
($\Theta=\Theta_0=240 \text{ km/s}$)を仮定

運動学的距離
 $D_{k(+)} = 11.1 \text{ kpc}$, $D_{k(-)} = 2.55 \text{ kpc}$
(Water Masers: $v_{LSR} = 41.1 \pm 1.2 \text{ km/s}$)
 $D_{k(+)} = 11.0 \text{ kpc}$, $D_{k(-)} = 2.63 \text{ kpc}$
(CH_3CN : $v_{LSR} = 42.7 \pm 0.2 \text{ km/s}$)
(H-2a: K.L.J.Rygl et al. 2014)



視線速度 V_r から、運動学的距離 D を求めることができる。

$$V_r = \left(\frac{\Theta}{R} - \frac{\Theta_0}{R_0} \right) R_0 \sin l, \quad D = R_0 \cos l \pm \sqrt{R^2 - R_0^2 \sin^2 l}$$

しかし、運動学的距離は、使用する仮定(円運動、銀河定数、銀河回転曲線)による不定性が大きい。

銀河定数
 R_0 : 太陽系の銀河中心距離, Θ_0 : 太陽系の銀河回転速度
 R : 天体の銀河中心距離, Θ : 天体の銀河回転速度

CS(2-1) line
• asterisks: IRAS sources
• triangles: methanol masers (G.M.Larionov et al. 2001)

Observations

目的天体	W48
座標 (R.A. Decl.) [J2000.0]	19h01m45.5423s +01d13'32.573"
参照電波源	J1907+0127
座標 (R.A. Decl.) [J2000.0]	19h07m11.996251s +01d27'08.96234"
離角	1.38度
観測装置	VERA
観測期間	2010年1月18日 ~ 2012年8月31日
観測回数	13 epochs
周波数	22.235 GHz (H_2O メーザー)
速度分解能	0.21 km/s

Discussion

VERAで求めた結果を用いて銀河面上にplotすると、W48 は、Sagittarius Armに付随することが明らかになった。

銀河面に投影した距離は、 $D_p = D \cos b$

余弦定理より、

$$R = \sqrt{D_p^2 + R_0^2 - 2D_p R_0 \cos l}$$

銀河中心からの距離は、 $R = 6.43_{-0.13}^{+0.11} \text{ kpc}$

観測結果を用いて、W48 の銀河回転速度は、 $(V_R, V_\Theta, V_z) = (-5 \pm 3, 235 \pm 5, -10 \pm 8) \text{ km/s}$

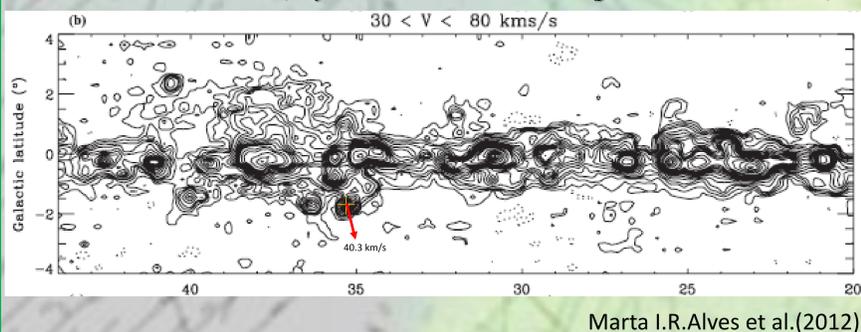
(固有運動の誤差は、水メーザーの内部運動による不定性 $10 \text{ km/s} = \delta\mu \times 4.74 \times D$ に相当)

太陽運動

$(U_{sun}, V_{sun}, W_{sun}) = (10.3, 15.3, 7.7) \text{ km/s}$ (Kerr & Lynden-Bell 1986)を仮定。

また、求めた結果から

$(U_s, V_s, W_s) = (5 \pm 3, -5 \pm 5, -10 \pm 8)$ となり、W48は、約 12.2 km/s の特異運動をもつことが分かった。
($v_l = -39.3 \pm 5.8 \text{ km/s}$, $v_b = -9.0 \pm 8.0 \text{ km/s}$)



視線速度 $30 < V < 80 \text{ km/s}$ において、銀経 $l=20 \sim 45$ の範囲で Radio Recombination line の強度図上での運動は、約 40.3 km/s の速度で、銀河面から離れるような動きをしている。

Future Works

今回は、W48 の天の川銀河内での位置関係や運動を中心に研究を進めたので、今後は、W48A の clump1,2,3 の関係性に注目し、この領域の観測データ集め、その他の論文を読み進めることで明らかにしていきたい。

References

- K.L.J.Rygl et al.(2014)
- B.Zhang et al.(2009)
- Reid et al.(2014)
- G.M.Larionov et al.(2001)
- Marta I.R.Alves et al.(2012)
- Kerr & Lynden-Bell (1986)