

VERA による星形成領域 G135.28+02.80 , G137.07+03.00 の年周視差測定

永野 将之 (鹿児島大学大学院 理工学研究科)

Abstract

我々は VERA を用いて、銀河系内の星形成領域 G135.28+02.80 , G137.07+03.00 の観測を行った。その結果から、それぞれ年周視差 (距離) が 0.160 ± 0.048 mas ($6.25_{-1.44}^{+2.68}$ kpc) , 0.171 ± 0.071 mas ($5.85_{-1.72}^{+4.15}$ kpc) で、固有運動が $(\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}) = (-1.23 \pm 0.09, -0.05 \pm 0.08)$, $(\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}) = (-0.55 \pm 0.19, 0.29 \pm 0.17)$ と求めることができた。この結果は、視線速度から求めた運動学的距離と一致し、2 天体の銀河系内の位置を調べると、外縁部の Outer Arm に付随していることが分かった。

また、同方向の大質量星形成領域 W3(OH) との位置関係を調べると天球面上で 4 度以内にあるのに対し、奥行きは 4kpc ほど距離に差があり、異なった Arm に付随していると分かった。

さらに、測定した距離と固有運動を用いて、2 天体の銀河回転速度を求めると、太陽系の回転速度と 10km/s 以内で一致した。これは銀河系の回転曲線が銀河中心距離 R=13kpc までフラットであることを示唆する。

1 Introduction

今回、年周視差測定を行った星形成領域 G135.28+02.80, G137.07+03.00 の 2 天体は、大質量星形成領域 W3(OH) と天球面上で 4 度以内の近い位置関係にある。これまでの研究で、W3(OH) は、Perseus Arm に付随することが明らかにされている。

W3(OH) と 2 天体の位置関係は、G135.28+02.80 は天球面上で 2.2 度離れており、距離 2kpc で計算すると 80pc、6kpc で 230pc となる。G137.07+03.00 は天球面上で 3.7 度離れ、距離 2kpc で 130pc、6kpc で 390pc となる。近年の VLBI 視差測定により、このような天球面では近いが奥行き距離が異なる天体の報告がされている。(Cep A , NGC7538 , IRAS22555+6213 : Chibueze et al. 2014)

したがって、年周視差による直接距離測定が重要となる。

年周視差測定を行った 2 天体の視線速度は、G135.28+02.80 が -72km/s , G137.07+03.00 が -51km/s で W3(OH) が -46km/s なので、それぞれ 26km/s , 5km/s の視線速度差がある。

こうしたことを踏まえて、今回は距離を測定することによって、この方向の奥行き構造を知り、不定

性が大きい外縁部の銀河回転曲線を調べることを目的とした。

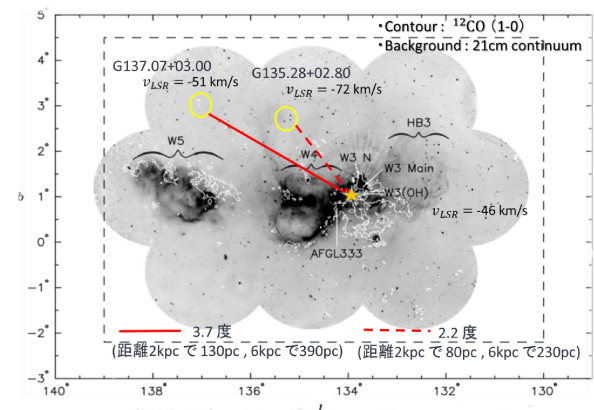


図 1: G135+02.80 , G137.07+03.00 と W3(OH) の位置関係

図 1 は、背景は 21cm の continuum で、等高線は $^{12}\text{CO}(1-0)$ となっている。

2 Observations

VERA とは、VLBI Exploration of Radio Astrometry の略称で、天体の年周視差と固有運動を求め、天の川銀河の精密な 3 次元立体地図を作ること为目标として研究が進められている。VERA では、目的天体と参照電波源を同時に観測する 2 ビーム相対 VLBI を行っている。

この VERA を用いて、目的天体と参照電波源の組み合わせを、G135.28+02.80 は J0244+6228 と、G137.07+03.00 は J0306+6243 として、2007 年 10 月 24 日から 2009 年 9 月 8 日までに計 14 回の観測を行った。データ解析は、NRAO(the National Radio Astronomy Observatory) が開発した AIPS(The Astronomical Image Processing System) を用いて行った。

3 Results

AIPS による 1spot のみの解析を行った。

全 14 観測中、G135.28+02.80 は視線速度 $v_{LSR} = -71.9\text{km/s}$ 成分で 9epochs、G137.07+03.00 は視線速度 $v_{LSR} = -49.8\text{km/s}$ 成分で 7epochs でメーザーを検出した。これより、年周視差や固有運動については、次のような結果が得られた。

天体名	G135.28+02.80	G137.07+03.00
年周視差 $\pi(\text{mas})$	0.160 ± 0.048	0.171 ± 0.071
距離 $D(\text{kpc})$	$6.25^{+2.68}_{-1.44}$	$5.85^{+4.15}_{-1.72}$
固有運動 $(\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta})$ (mas/yr)	-1.23 ± 0.09 -0.05 ± 0.08	-0.55 ± 0.19 0.29 ± 0.17

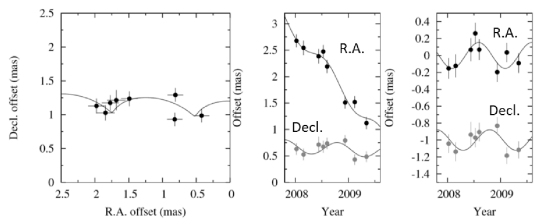


図 2: G135.28+02.80

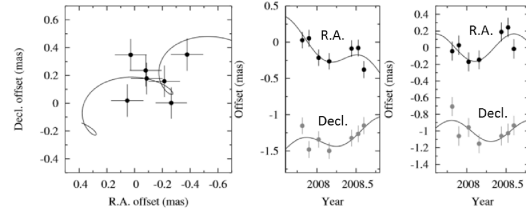


図 3: G137.07+03.00

図 2,3 は左から順に、天球面上での動き、年周視差+固有運動、年周視差のみの fitting 結果を示している。fitting 点は、濃い点が R.A. で、薄い点が Decl. の変化となっており、それぞれ参照電波源からの offset によって表されている。

また、CO や CS の観測から得られた視線速度を用いて、運動学的距離を求めた。ここでは、銀河定数 $R_0=8.34\text{kpc}$, $\Theta_0=240\text{km/s}$ (Reid et al. 2014) とし、フラットローテーション ($\Theta=\Theta_0=240\text{km/s}$) を仮定した。解析で得られた結果と比較すると、運動学的距離は誤差の範囲で一致した。

天体名	G135.28+02.80	G137.07+03.00
視線速度	$-72\text{km/s} \pm 2\text{km/s}$	$-51\text{km/s} \pm 2\text{km/s}$
$\pi(\text{mas})$	(CO, CS)	($^{12}\text{CO}(1-0)$)
運動学的距離 $D_k(\text{kpc})$	7.4kpc	4.6kpc

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

4 Discussion

得られた結果から、W3(OH) と奥行き構造が 4kpc ほど離れていることが分かった。これより、両天体とも、Outer Arm か、もしくはさらに遠方にある。銀河面に投影した距離は、

$$D_p = D \cos b$$

余弦定理より、

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

ここで、今回解析を行って得られた 2 天体の距離を代入すると、

$$D = 6.25^{+2.68}_{-1.44} \text{ kpc} \cdots \text{G135.28+02.80}$$

$$D = 5.85^{+4.15}_{-1.72} \text{ kpc} \cdots \text{G137.07+03.00}$$

↓

$$R = 13.5^{+2.5}_{-1.3} \text{ kpc} \cdots \text{G135.28+02.80}$$

$$R = 13.2^{+3.8}_{-1.5} \text{ kpc} \cdots \text{G137.07+03.00}$$

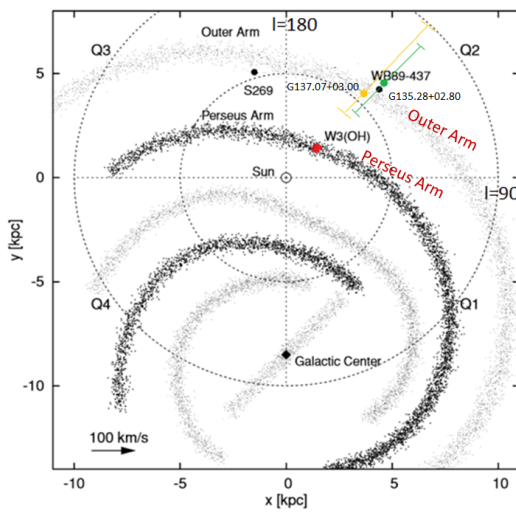


図 4: 観測した 2 天体と W3(OH) の銀河面上での位置関係

観測結果を用いて、2 天体の銀河回転速度は、

G135.28+02.80 :

$$(V_R, V_\theta, V_Z) = (-8 \pm 7, 241 \pm 7, -13 \pm 10) \text{ km/s}$$

G137.07+03.00 :

$$(V_R, V_\theta, V_Z) = (+12 \pm 7, 239 \pm 8, 5 \pm 10) \text{ km/s}$$

ここでは、太陽運動

$$(U_{sun}, V_{sun}, W_{sun}) = (10.3, 15.3, 7.7) \text{ km/s}$$

(Kerr & Lynden-Bell 1986) を仮定した。

<銀河回転曲線>

銀河回転曲線は、銀河回転の速度を銀河中心距離の関数として表したものである。

解析結果を用いて得られた銀河回転速度と銀河中心距離の値を、Reid et al. 2014 の銀河回転曲線に plot した。

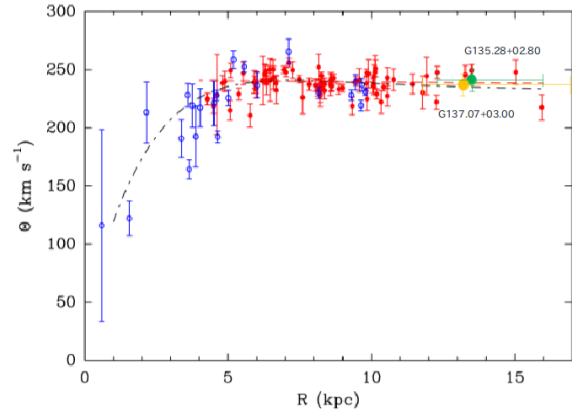


図 5: 銀河回転曲線

図 5 において、2 天体の銀河回転速度は、太陽系や他の天体の回転速度と 10km/s 以内で一致する。

これは、銀河回転曲線が R=13kpc までフラットであることを示唆している。

図 5 に plot している緑の点が G135.28+02.80、橙の点が G137.07+03.00 を示している。

5 Future Works

データの解析や方法の見直しを行い、より精度の良い結果が得られるように進めていく。

また、CO 観測のデータを集めるなどして、2 天体の特徴について議論していきたい。

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

James O. Chibueze et al. (2014) arXiv 1406.2771

John M. Carpenter et al. (2000) ApJS 130 381

Y.Xu et al. (2006) Science 311 5757 54-57

JK. Hachisuka et al. (2009) ApJ 696 2 1981-1986

M. J. Reid et al. (2014) ApJ 783 2 130 14