

VERAによる年周視差計測に基づく 銀河系外縁部HII領域IRAS 21306+5540の研究

手塚大介¹, 中西裕之¹, 坂井伸行², 倉山智春³, 松尾光洋¹, 小出凖人¹
(¹鹿児島大学, ²国立天文台, ³帝京科学大学)

概要

本研究ではVERAを用いてHII領域IRAS 21306+5540の水メーザー源を観測し、AIPSによるデータリダクションを行った。その結果、年周視差が $\pi=0.154\pm 0.025$ mas、距離に換算して $D=6.52_{-0.91}^{+1.27}$ kpcと求められ、固有運動が $(\mu_{\alpha}\cos\delta, \mu_{\delta})=(-2.68\pm 0.05, -2.46\pm 0.08)$ mas/yrと求められた。得られた距離から銀河系回転速度を導出し、回転曲線を描いた。さらに内部運動と中心YSOの物理量を求め、CO(J=2-1)の観測結果と比較することで、星形成の要因として分子雲衝突の可能性が示唆された。

1. 研究の目的

VERAでは、メーザー源の年周視差計測によって、未だ不定性の大きい銀河系外縁部の回転曲線を詳細に求め、銀河系の動力学を明らかにすることを目標として、Outer Rotation Curve (ORC)プロジェクトを進めている。

今回は、ORCターゲットの1つであるIRAS21306+5540について調査した。

2. IRAS 21306+5540

IRAS21306+5540は大質量星形成領域の1つで、アウトターームに付随すると考えられている。北方のコンパクトHII領域であるS128N(図2ではIRS2付近)から水メーザーが検出されている。

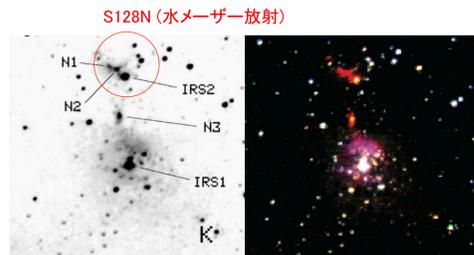


図2(左):近赤外線Ksバンドで得られたIRAS 21306+5540のイメージ。(右):J,H,Ksバンドの3色合成イメージ。中心が $(\alpha, \delta) = (21^{\text{h}}32^{\text{m}}10.4^{\text{s}}, +55^{\circ}52'57'')$ 、 $144'' \times 144''$ のイメージである。Bohigas & Tapia 2001

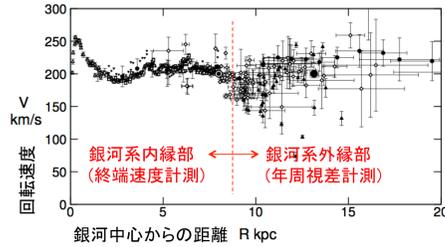


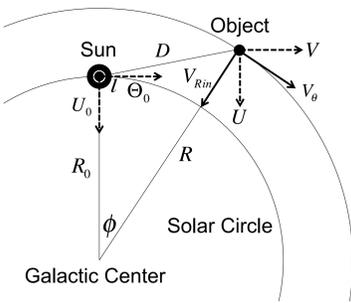
図1:これまでの観測結果で描いた回転曲線。Sofue+2009

	IRAS21306+5540	J2123+5500
別名	S2-128 (S128) G097.53+3.18 A77	B2121+5447
赤経 α	$21^{\text{h}}32^{\text{m}}12.44^{\text{s}}$	$21^{\text{h}}23^{\text{m}}05.31^{\text{s}}$
赤緯 δ	$+55^{\circ}53'49.6''$	$+55^{\circ}00'27.33''$
銀経 l	$97^{\circ}.53$	$95^{\circ}.98$
銀緯 b	$+3^{\circ}.18$	$+3^{\circ}.44$
天体の分類	大質量星形成領域	クエーサー?
離角	-	1.61°

表1:観測天体IRAS21306+5540と位相参照電波源J2123+55のプロファイル

4. 結果と考察

年周視差フィッティングにより、年周視差と固有運動が以下のように求まった。



- 銀河定数 $(R_0, V_0)=(8.05, 238)$ km/s
- 視線速度 $V_{\text{LSR}}=-72.5$ km/s
- 太陽運動 $(U_{\odot}, V_{\odot}, W_{\odot})=(10.0, 12.0, 7.2)$ km/s (Honma+2012, ^{12}CO , Haschik & Ho 1985)

図6:今回用いた座標系 (U, V, W) 、 (V_r, V_{θ}, V_z) の定義。Wおよび V_z は北銀極方向を正にとる。R:銀河中心からの距離、z:銀河面からの距離を示す。

Annual parallax $\pi=0.154\pm 0.025$ mas
Distance $D=6.52_{-0.91}^{+1.27}$ kpc
Proper motion $(\mu_{\alpha}\cos\delta, \mu_{\delta})=(-2.68\pm 0.05, -2.46\pm 0.08)$ mas/yr

$(V_r, V_{\theta}, V_z)=(5.07\pm 25.03, 219.73\pm 22.22, 2.80\pm 0.77)$ km/s
 $(R, z)=(11.00\pm 0.41, 0.36\pm 0.06)$ kpc

VLBAによる年周視差計測では $\pi=0.133\pm 0.017$ mas、 $(\mu_{\alpha}\cos\delta, \mu_{\delta})=(-2.94\pm 0.06, -2.48\pm 0.14)$ mas/yrと算出(Hachisuka+2014)。

考察(1) 内部運動とYSOの物理量

$(\Delta\alpha, \Delta\delta)=(0, 150)$ 付近を中心に放射状に広がるアウトフローがあることがわかった。

さらに、求めた距離DからYSOのbolometric luminosity L_{bol} を計算した(Wang+09)。

$L_{\text{bol}}=(7.78\pm 0.21)\times 10^4 L_{\odot}$
→ spectral type of YSO: O7.5-8

Ho+1981で言及された、「B0.5より若い」という結果と一致した。

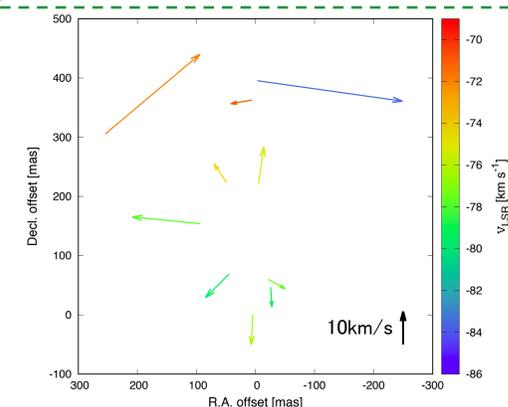


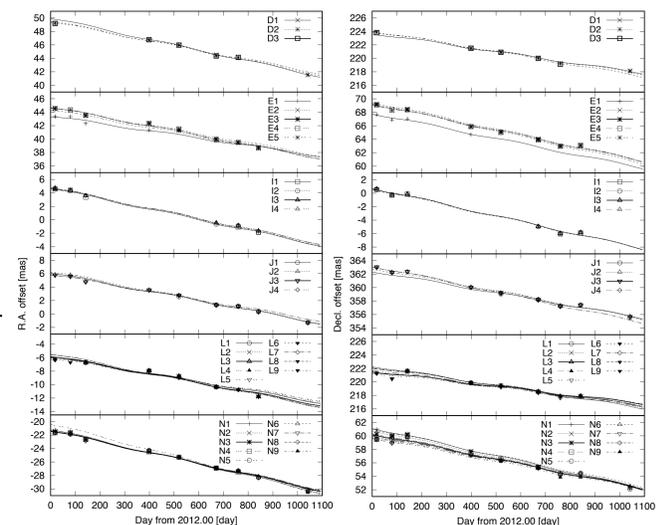
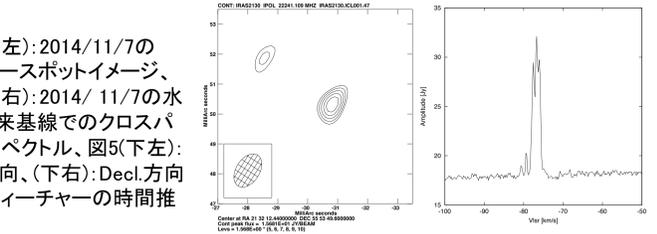
図7:各フィーチャーの内部運動をベクトルで示した図。

3. 観測とデータ解析

観測はVERA(VLBI Exploration of Radio Astrometry)4局を用いて3年間に渡り13観測行われた。観測周波数は22.235GHzで、参照電波源は離角 1.61° に位置するJ2123+55である。データ解析には、電波干渉計イメージングソフトAstronomical Image Processing System (AIPS)を用いてメーザースポットの相対位置と強度を求めた。

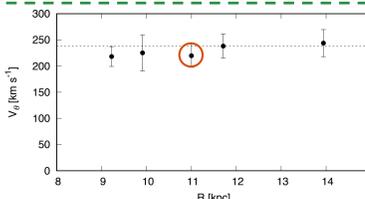
NO.	DOY ⁹⁹ [day]	観測日 [yyyy/mm/dd]
1	18	2012/01/18
2	80	2012/03/20
3	142	2012/05/21
4	233	2012/08/20
5	399	2013/02/02
6	461	2013/04/05
7	520	2013/06/03
8	663	2013/10/24
9	671	2013/11/01
10	760	2014/01/29
11	842	2014/04/21
12	978	2014/09/04
13	1042	2014/11/07

表2:観測概要
図3(左上):2014/11/7の水メーザースポットイメージ、図4(左上):2014/11/7の水沢-入来基線でのクロスパワースペクトル、図5(左下):R.A.方向、(右下):Decl.方向の各フィーチャーの時間推移。



また、各エポックごとに得られたメーザースポットに対して同定作業を行った。利用可能な6フィーチャーに対して年周視差フィッティングを施した。

考察(2) 銀河系外縁部回転曲線



得られた回転速度とORCデータを総合して、外縁部回転曲線を作成した。その結果、 $R=14$ kpc程度まではフラットな形状であることが示された。

図8(左上):回転曲線(点線は $V_0=238$ km/s)、表3(上):使用したORCデータの一覧。

IRAS name	R.A. (hh mm ss)	Decl. (dd mm ss)	π (mas)	R (kpc)	V_{θ} (km s ⁻¹)	Arm	Reference
21379+5106	21 39 40.55	+51 20 34.00	0.262 ± 0.031	9.22 ± 0.43	218.17 ± 19.00	Per	Nakanishi et al. 2015
05168+3634	05 20 22.07	+36 37 56.63	0.532 ± 0.053	9.91 ± 0.94	225.22 ± 34.28	Per	Sakai et al. 2012
21306+5540	21 32 12.44	+55 53 49.60	0.154 ± 0.025	11.00 ± 0.41	219.73 ± 22.22	Out	This work
07427-2400	07 44 51.92	-24 07 41.46	0.185 ± 0.027	11.71 ± 0.58	238.08 ± 22.95	Per	Sakai et al. 2015
01123+6430	01 15 40.80	+64 46 40.80	0.131 ± 0.015	13.94 ± 0.41	243.80 ± 25.90	Out	Koide et al. (in prep.)

考察(3) 分子雲衝突

Kim+15のCO(J=2-1)観測結果と比較すると、Takahira+14の分子雲衝突のシミュレーション結果の円弧状/直線状の構造と似ていることがわかった。

これは同様のORC天体であるKoide+in prep.の結果とも同様であり、銀河系外縁部における星形成の要因として相対速度5km/s程度の分子雲衝突が示唆された。

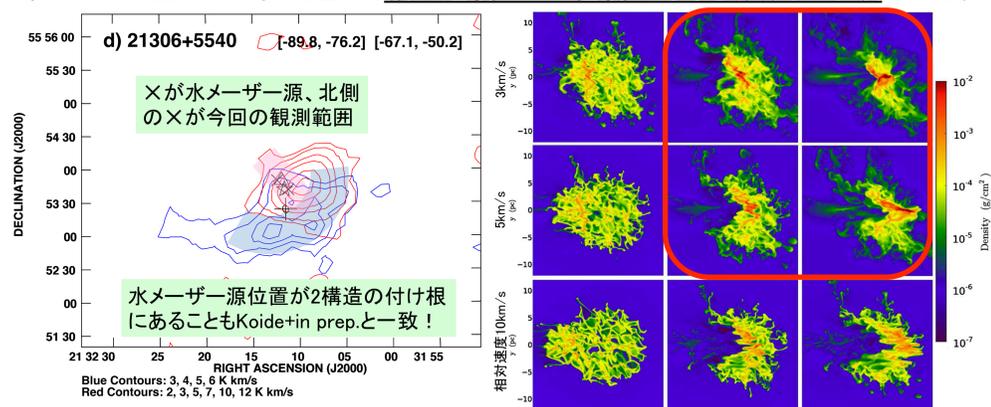


図10(左):Kim+15のCO(J=2-1)コントア。図11(右):Takahira+14の分子雲衝突シミュレーション結果。

参考文献

Bohigas & Tapia 2001, Hachisuka et al. 2014, Haschik & Ho 1985, Ho et al. 1981, Honma et al. 2012, Kim et al. 2015, Panagia 1973, Sofue et al. 2009, Takahira et al. 2014, Wang et al. 2009