

逆位相補償を用いた星形成領域IRAS05358+3543の年周視差による距離決定

水窪耕兵, 半田利弘, 今井裕, 面高俊宏, 中川亜紀治(鹿児島大学), Ross Burns(JIVE), 永山匠(国立天文台), VERAプロジェクトチーム

Abstract

IRAS05358+3543は、大質量星の周囲に様々な分子雲とアウトフローがあり、ジェットやディスクの存在も示唆されている。この領域は運動学的距離1.8kpcが得られているが、(l,b)=(173.4845,+02.4337)に位置しているため信頼性が非常に低い。そこで、年周視差による距離決定をするために、2013年から2015年にかけてVERAで行われた水メーザーの観測を解析した。解析方法は、参照電波源が弱いため逆位相補償を用いた。位相補償では参照電波源を見つけることができなかったが、逆位相補償では参照電波源を見つけることができた。その結果、 $1.150 \pm 0.068 \text{ mas}$ の年周視差を測定し、固有運動を得ることができた。従来、この領域では距離 $D=1.8 \text{ kpc}$ を用いて議論が交わされ多数の論文が出ているが、距離の見積もりが変わることにより本領域のイメージは大きく変わる可能性がある。

1.Introduction

- 天体名:IRAS05358+3543 (別名:G173.48+2.44,S233)
- 赤経:05h39m13.10156s
- 赤緯:+35d45'52.085"
- 大質量星形成領域
- 距離は運動学的距離より1.8kpc
- 分子ガス付随
- メタノールメーザーの速度勾配よりディスクが存在
- 以下の輝線を検出 (CO1-0,SiO,H13CO+,CO2-1,CO6-5,CH3OH)

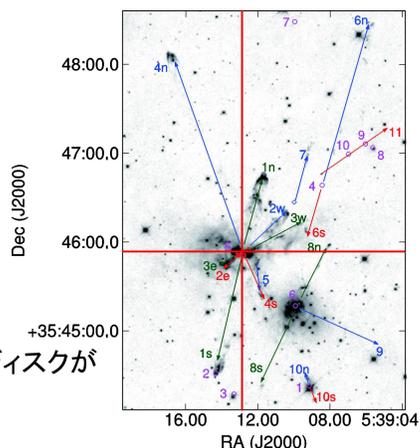


図.1 H2画像に矢印でアウトフローを重ねている。色はドップラーシフトを示し、緑はどちらにも判断できないものである。赤い丸はSpitzer 24μm sources. 青い菱形はYSO. 赤い十字の線の交点にIRAS05358+3543が位置している。

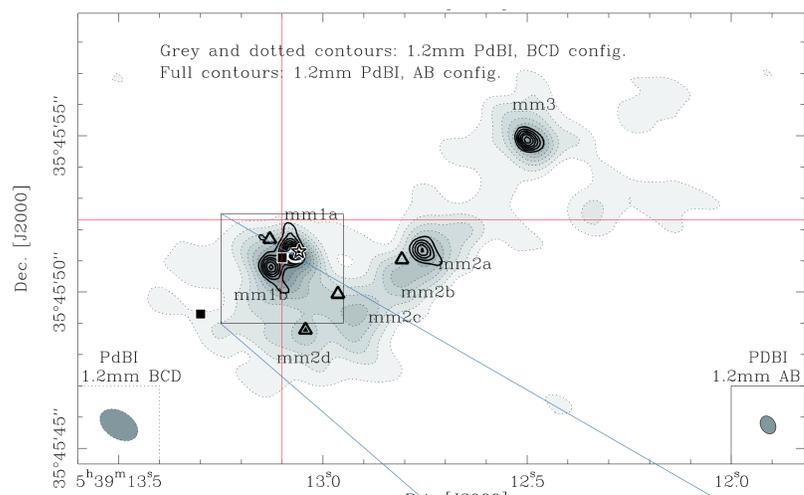


図.2 点線はBCDによる1.2mm, 実線は875μmの観測データを表している。図中の星形と三角形, 四角形はそれぞれクラス2のメタノールメーザー, 水メーザー, 中間赤外天体を表している。赤十字の交点に今回観測された水メーザーが位置している。

IRAS05358の距離見積もりについて

Georgelin et al.(1973, 1975, 1978)

S235という天体の距離が1.6-2.1kpcであると主張

Evans et al.(1981)

Georgelinの値からS235の距離を1.8kpcに決定

Snell et al.(1990)

IRAS05358(S233)の距離を1.8kpcとする理由はS235と天球面上で近いから

Heyer et al. (1996)

Ginsburg et al.(2009)

D=1.8kpcを採用

Beuther et al.(2002) Sridharan et al.(2002)

Xing et al.(2014) Zahorecz et al.(2017) D=1.8kpcを採用

距離の出典を遡ると、信頼性の低い距離を使い議論している可能性があることが判明。年周視差を求めることでより正確な議論ができるのでは？

2.Observations & Data Reduction

- 観測望遠鏡:VERA4局(水窪、入来、小笠原、石垣島)
- 観測期間:2013/1~2015/4
- VLBI観測数:13回(9観測解析終了, 4観測は解析できず)
- 観測周波数:22.235GHz(水メーザー)
- 観測天体:IRAS05358+3543
- 位置参照電波源:J0533+34
- キャリアプレータ:DA193,3C84
- 速度分解能:0.42km/s
- ピークの視線速度は-15.48km/sとした
- 参照電波源(10mJy前後)が弱いため逆位相補償を用いて解析

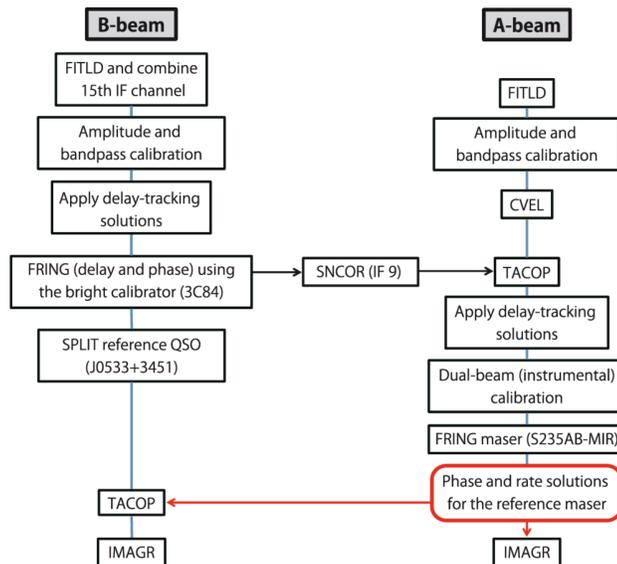


図.3 逆位相補償の解析法フローチャート

- 位相補償に使うQSO(10mJy前後)の強度が弱いので逆位相補償を使用
- Delay Calibratorからdelayの補正解を求める
 - Maserは線幅が小さいのでdelayの補正解を精度よく決められない
- Maserからphaseの補正解とrate残差を求める
- 求めたphase, rate, delayの補正解から較正テーブルを作りQSOに適用
- 全観測を通してみえるMaser源に対するQSOの相対位置の変化から年周視差を求める

3.Results & Discussion

3.1 年周視差と距離

- 2個のclusterに5個のfeature、総計30個のspotが見つかった。
- Parallax fittingには6epoch以上で観測された8spotを使用。
- Spotの同定は速度を固定し行った。

spot No.	epoch数	Parallax	Distance	error (%)	V_{lsr} (km/s)
1	9	$1.007 \pm 0.105 \text{ mas}$	$0.993 \pm 0.103 \text{ kpc}$	10.38	-15.4
9	9	$1.004 \pm 0.095 \text{ mas}$	$0.996 \pm 0.094 \text{ kpc}$	9.44	-15
10	9	$0.949 \pm 0.104 \text{ mas}$	$1.053 \pm 0.116 \text{ kpc}$	10.97	-15.9
13	6	$1.111 \pm 0.169 \text{ mas}$	$0.900 \pm 0.137 \text{ kpc}$	15.21	-14.6
15	6	$1.296 \pm 0.263 \text{ mas}$	$0.771 \pm 0.157 \text{ kpc}$	20.33	-16.3
17	7	$1.518 \pm 0.292 \text{ mas}$	$0.659 \pm 0.127 \text{ kpc}$	19.26	-18.4
18	7	$1.428 \pm 0.249 \text{ mas}$	$0.700 \pm 0.122 \text{ kpc}$	17.46	-18.8
19	6	$1.128 \pm 0.226 \text{ mas}$	$0.887 \pm 0.177 \text{ kpc}$	20.01	-18

Spot17,18,19はcluster2に付随

年周視差 $\pi = 1.155 \pm 0.068 \text{ mas}$ **距離** $D = 0.865 \pm 0.050 \text{ kpc}$

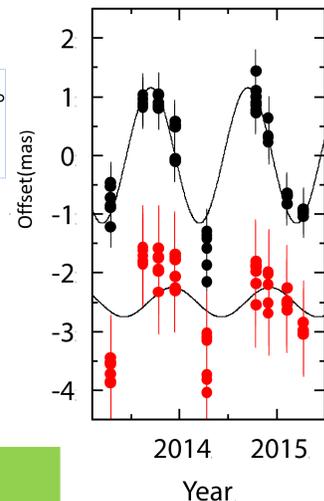


図.4 8spotを使ったparallax fitting

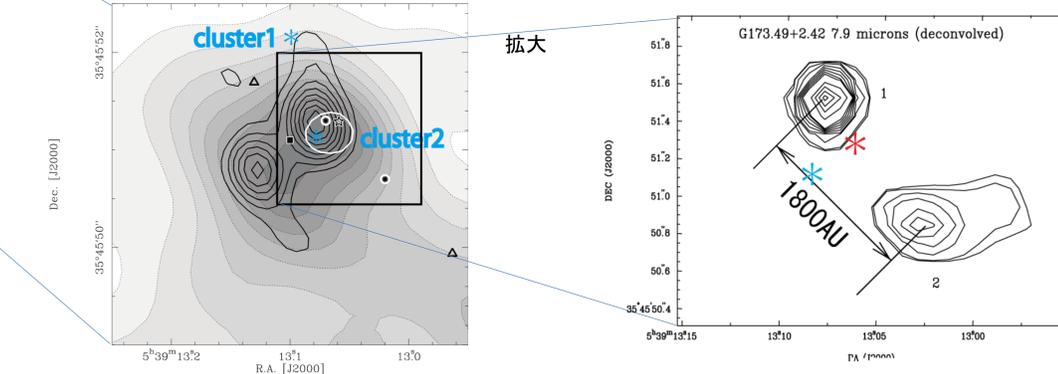


図.5 IRAS05358のcluster1,2の位置を青いアスタリスクで表している。黒点と三角形, 星形は、それぞれ中間赤外の天体, 水メーザー, メタノールメーザーの位置を示している。

図.6 青いアスタリスクはcluster2、赤いアスタリスクはVLBAで観測されたメタノールメーザーの位置を示している。

本領域はPerseus Armに付随していると考えられていたが、従来とは異なる距離 $D = 0.865 \pm 0.050 \text{ kpc}$ が得られたことからLocal Armに付随している可能性がある。また、距離が近くなることから本領域は大質量星形成領域ではなく、よりコンパクトな星形成が進んでいると考えられる。距離 $D=0.86$ を採用した場合、IRAS05358の星の質量は約1/2に、光度とガスの質量は約1/4になる。

3.2 内部運動

各featureの平均速度を系の運動速度とした場合の内部運動。

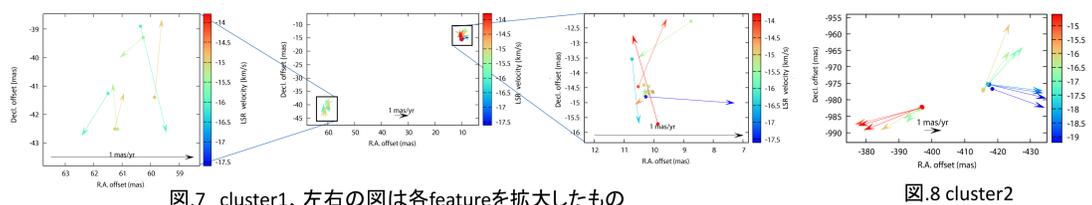


図.7 cluster1、左右の図は各featureを拡大したもの

図.8 cluster2

固有運動の平均は、R.A.方向は 1.083 mas/year 、Dec方向は 1.260 mas/year 。内部運動の解析にはいくつかの系の平均速度を試してみたが、対称性や双極流といった内部運動にはならなかった。