

VERA による IRAS 07024–1102 の年周視差測定

松尾 光洋 (鹿児島大学大学院 理工学研究科)

Abstract

我々は VERA を用いた IRAS 07024–1102 の年周視差測定を行ったので報告する。この天体は Outer Rotation Curve (ORC) プロジェクトの一つであり、銀河系回転曲線をより正確に求め、銀河系の質量分布や力学、構造を明らかにすることを目的としている。この天体は $(l, b) = (224^\circ.3, -2^\circ.1)$ に位置しており、Canis Major 領域に存在する。光度が小さい ($570 L_\odot$) のに対し線幅は大きい (1.99 km s^{-1}) ため pre-ultra compact (UC) H II より早期の大質量天体だと言われている。また $^{13}\text{CO } J = 2-1$ で $V_{\text{lsr}} = 16.9 \text{ km s}^{-1}$ であり、運動学的距離で太陽から 1.64 kpc 離れている。我々は年周視差を測定することで距離をより正確に求めるため VERA を用いて IRAS07024–1102 の水メーザー観測を行った。2010 年 5 月から 2014 年 3 月までの 18 epoch について解析を行った。3 epoch 以上で検出されたスポットを用いて年周視差フィッティングを行った結果、年周視差は $1.28 \pm 0.08 \text{ mas}$ であり、それに相当する距離は $0.78_{-0.04}^{+0.05} \text{ kpc}$ となった。また水メーザーの固有運動は $\mu_\alpha \cos \delta = -0.03 \pm 1.66 \text{ mas year}^{-1}$, $\mu_\delta = 0.67 \pm 1.59 \text{ mas year}^{-1}$ と求まった。銀河定数を $R_0 = 8.27 \text{ kpc}$ と $\Theta_0 = 248 \text{ km s}^{-1}$ とすると、この天体の回転速度は $250.85 \pm 1.77 \text{ km s}^{-1}$ となった。

1 Introduction

VERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry) とは、日本の VLBI (Very Long Baseline Interferometry) 観測装置であり、年周視差を測定することにより 3 次元の銀河系構造を明らかにし、銀河系地図を作成することが目的である。4 つの口径 20m 電波望遠鏡からなり、それぞれ水沢、入来、小笠原、石垣にある。各望遠鏡には 2 ビーム搭載されており、観測天体のメーザー源と位置の基準となるクエーサーを同時に観測する相対 VLBI 技術により、大気の影響をより精度よく取り除くことができる。

我々はこの VERA を用いて Outer Rotation Curve (ORC) プロジェクトを進めている。銀河系回転曲線は銀河系の外側では未だ誤差が大きいので、このプロジェクトではより正確に銀河系回転曲線を求めることで銀河系の質量分布や力学、構造を明らかにすることを目的としている (Sakai et al. 2012)。

この天体は $(l, b) = (224^\circ.3, -2^\circ.1)$ に位置しており、Canis Major 領域に存在する。光度が小さい ($570 L_\odot$) のに対し線幅は大きい (1.99 km s^{-1}) ため pre-ultra compact (UC) H II より早期の大質量天体だと言われている。また $^{13}\text{CO}(J = 2-1)$ で $V_{\text{lsr}} = 16.9 \text{ km s}^{-1}$ であり、運動学的距離で太陽から 1.64 kpc 離れてい

る (Wang et al. 2009)。他には CS($J = 2-1$) で 16.4 km s^{-1} に検出されている (Bronfman et al. 1996)。また 6.7 GHz メタノールメーザーの観測も行われたが検出されなかった (van der Walt et al. 1996)。

2 Observations

IRAS 07024–1102 は 2010 年 5 月 21 日から 2014 年 5 月 14 日までに 19 epoch の観測が行われている。11 epoch までは 1 観測当たり 8 時間の観測を行い、12 epoch からは他のメーザー源と一緒に観測しており、実質 4 時間の観測となっている。また、4 epoch 目と 5 epoch 目の間は 9ヶ月空いており、さらにその間に東北地方太平洋地震が起こっているため、その前後は別の観測と考えることにする。実質前半 4 epoch は使用していない。観測輝線は H_2O メーザーの $6_{16} - 5_{23}$ 遷移であり、この静止周波数は 22.23508 GHz である。2 ビームのうち、A ビームで IRAS 07024–1102 を観測し、その観測中心座標は $(\alpha, \delta) = (07^{\text{h}}02^{\text{m}}44^{\text{s}}39, -11^\circ07'12''.45)$ (J2000) である。B ビームでは位相補償天体である J0702–1015 を観測し、その観測中心座標は $(\alpha, \delta) = (07^{\text{h}}02^{\text{m}}35^{\text{s}}7569, -10^\circ15'06''.417)$ (J2000) である。

それらの離角は $1^{\circ}02'$ である。観測中の典型的なシステム雑音温度は 100–200 K 程度である。またその 2 天体の他に強度較正天体として OJ 287 などを約 80 分毎に観測している。

受信した信号はデジタルフィルターユニット (Iguchi et al. 2005) を通した後、16 の IF (Intermediate frequency) に出力される。それぞれのバンド幅は 16 MHz であり、32 MHz のレートの 2 bit サンプリングで記録される。全記録レートは 1024 Mbps である。三鷹 FX 相関器で相関処理が行われ、1 秒間隔で自己相関と相互相関が出力される。

1 つの IF に A ビームを割り当てており、512 点の分光点で分光している。チャンネル間隔は 31.25 kHz であり、それに相当する速度は 0.4213 km s^{-1} である。他の 15 の IF には B ビームを割り当てており、位相補償天体の連続波放射を観測している。

3 Data Reduction

データリダクションは NRAO (National Radio Astronomy Observatory) が開発した AIPS (Astronomical Image Processing System) を用いて行った。

基本的な流れは以下ようになる。fits ファイルを AIPS にロードする (FITLD)。自己相関データを用いてサンプリングバイアスを補正する (ACCOR)。強度較正を行う (APCAL)。観測所から与えられたキャリブレーションテーブルを使って遅延追尾の補正を行う (TBIN)。B ビームのフリッジを解き (FRING)、その解を A ビームに適用する (TACOP)。B ビームのセルフキャリブレーションを行い (IMAGR, CALIB, CLCAL)、それを A ビームに適用する (TACOP)。装置の誤差を補正するキャリブレーションテーブルを適用する (TBIN)。速度軸を設定する (CVEL)。詳細な流れは Kurayama et al. (2011) に書いてある。

その後、フリッジレートマップ (Walker 1981) を作成し、メーザースポットを探した。メーザースポットを見つめることができたなら、それぞれのメーザースポットに対し CLEAN (Högbom 1974) を行い、AIPS のタスクである JMFIT でメーザースポットのパラメーターを測定する。

4 Results & Discussion

2014 年 3 月 9 日までの 18 epoch をリダクションした結果、合計 172 個のメーザースポットを検出した。スポットの定義としては異なる速度と位置にあるものを 1 個ずつカウントしている。ただし、r12240b ではメーザーを検出できなかった。これは T_{sys} が高かったためだと考えられる。そして epoch にわたって同じメーザースポットと判断したものをまとめた。判断基準は、速度が同じであること、連続した epoch にあること (ただし r12240b は考えない)、前後の位置の違いが 4 mas 以内であることとした。その内 4 epoch 以上で検出された 7 個のメーザースポットで年周視差フィッティング (図 1, 図 2) を行うと、 $1.29 \pm 0.11 \text{ mas}$ となった。それに対応する距離は $0.78^{+0.07}_{-0.07} \text{ kpc}$ となる。また、それらの水メーザーの平均固有運動は $\mu_{\alpha} \cos \delta = -2.05 \pm 0.29 \text{ mas year}^{-1}$, $\mu_{\delta} = 5.04 \pm 0.40 \text{ mas year}^{-1}$ と求まった。

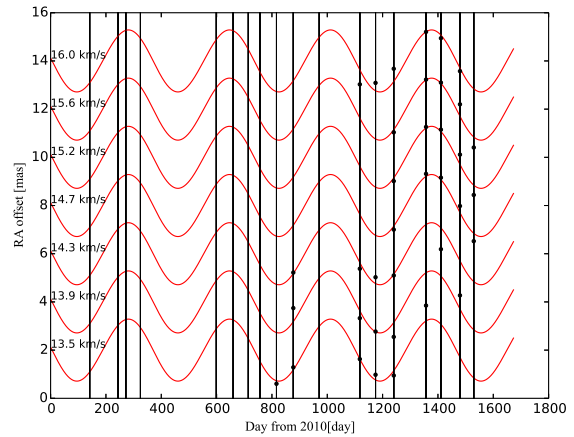


図 1: RA 方向の年周視差フィッティング。横軸は 2010 年 1 月 1 日を 1 とする日数であり、縦軸は RA のオフセット値である。各スポットが重ならないようにオフセット値を入れてある。赤色の曲線が年周視差フィッティングの結果であり、黒点はメーザースポットの位置である。縦線は VLBI 観測を行った日である。これは年周視差の成分だけを表示しており、固有運動を差し引いている。

ここで得られた年周視差と固有運動を用いて銀河系での運動を計算した。この計算には Reid et al. (2009)

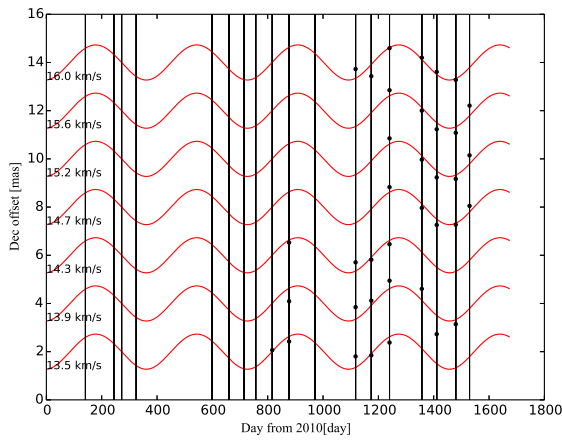


図 2: Dec 方向の年周視差フィッティング。説明は図 1 と同じ。

のプログラムを使用した。IRAS 07024–1102 の視線速度としては $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ の $V_{\text{LSR}} = 16.9 \text{ km s}^{-1}$ を使用し、銀河定数は $R_0 = 8.27 \text{ kpc}$ と $\Theta_0 = 248 \text{ km s}^{-1}$ を使用した (Honma et al. 2012)。また、LSR (local standard of rest) に対する太陽運動は $U_{\odot} = 10.0 \text{ km s}^{-1}$ 、 $V_{\odot} = 12.0 \text{ km s}^{-1}$ 、 $W_{\odot} = 7.2 \text{ km s}^{-1}$ とした (Honma et al. 2012)。これにより IRAS 07024–1102 において、銀河中心方向の速度は $V_R = -13.81 \pm 0.93 \text{ km s}^{-1}$ 、 Θ_0 に対する銀河回転方向の速度は $V_{\theta} = 2.85 \pm 1.77 \text{ km s}^{-1}$ 、鉛直方向の速度は $V_z = 7.64 \pm 1.18 \text{ km s}^{-1}$ となった。したがって IRAS 07024–1102 の銀河座標 $(l, b) = (224^{\circ}3, -2^{\circ}1)$ を考えると、この天体は銀河中心から離れる方向と銀河面方向へ動いていることと、LSR の回転速度よりも速く回転していることがわかった。VLBI で年周視差された天体での回転曲線 (Honma et al. 2012) に我々の結果をプロットしたのが図 3 である。

Reference

Bronfman, L., Nyman, L.-Å., & May, J. 1996, A&A, 115, 81
 Honma, M., et al. 2012, PASJ, 64, 136
 Högbom, J. A. 1974, A&AS, 15, 417
 Iguchi, S., Kurayama, T., Kawaguchi, N., & Kawakami, K. 2005, PASJ, 57, 259

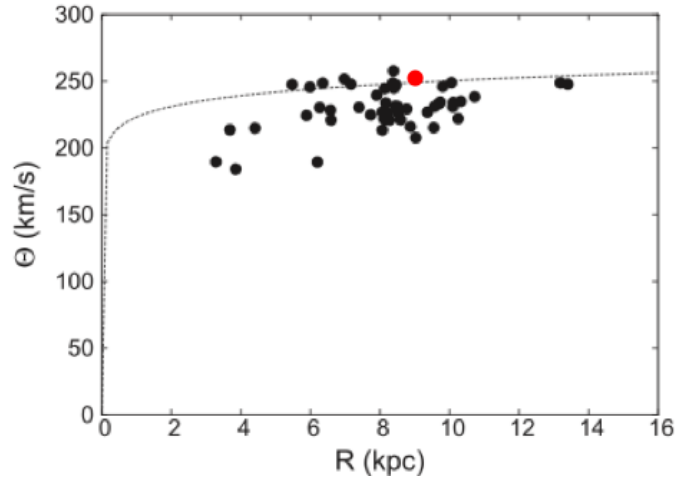


図 3: VLBI で年周視差測定された天体での回転曲線。赤丸が我々の結果である IRAS 07024–1102 である。

Kurayama, T., Nakagawa, A., Sawada-satoh, S., Honma, M., Sunada, K., Hirota, T., & Imai, H. 2011, PASJ, 63, 513
 Reid, M. J., et al. 2009, ApJ, 700, 137
 Sakai, N., Honma, M., Nakanishi, H., Sakanoue, H., Kurayama, T., Shibata, K. M., & Shizugami, M. 2012, PASJ, 64, 108
 van der Walt, D. J., Retief, S. J. P., Gaylard, M. J., & MacLeod, G. C. 1996, MNRAS, 282, 1085
 Walker, R. C. 1981, AJ, 86, 1323
 Wang, K., Wu, Y. F., Ran, L., Yu, W. T., & Miller, M. 2009, A&A, 507, 369