

VERA による 6.7GHz メタノールメーザー源のアストロメトリ観測

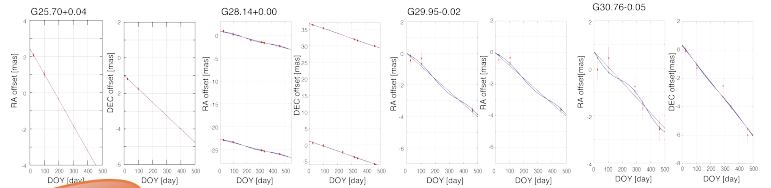
○松本尚子 (国立天文台, JSPS PD)、本間希樹 (国立天文台水沢 VLBI 観測所/総合研究大学院大学)、
他 VERA プロジェクトチーム

Abstract

銀河系の棒状構造周辺領域に着目した 6.7 GHz 帯メタノールメーザー源の絶対固有運動計測を 2009 年末から継続しておこなってきた。今回はその最新結果を報告する。観測対象天体は 6.7 GHz 帯メタノールメーザー源カタログ Pestalozzi et al. (2005) のうち、銀経 $|l| < 40^\circ$ かつカタログに記載されている銀河系中心からの距離 5kpc 未満の天体の中から、VERA で位相補償観測可能な 10 天体を抽出した。観測は 2009 年 11 月より VERA で約 1 年半弱の間に数ヶ月に 1 回の頻度で行った。この観測から得られた、銀経・銀経方向の絶対固有運動 $\mu_{\cos b}$ ・視線速度 V_{lsr} の 3 つの情報について、過去の文献データも合わせて銀河系の運動学的検証を行った。その結果、回転速度 220 km/s を仮定した Flat Rotation と比較すると、視線速度に対する銀経方向の固有運動が 1 mas/yr 程度遅い傾向が捉えられた。そして、このような固有運動の傾向を他のモデルで再現できるかを考察を行った。そして、得られた遅い固有運動傾向と HI の PV 図上の分布の両方を、弱いバーポテンシャルをもつ Flat な回転曲線を仮定した非円運動モデルによって再現可能であることが示唆された。また、HI や CO の観測から得られた回転曲線を用いた円運動モデルも同様に再現可能であることがわかった。さらに本研究を進めて行くにはさらなるサンプルが必要である。

Results

6 天体について銀経方向の固有運動を 3σ 以上で有意に検出した。



Discussion

採用した 3 次元の VLBI データ ($l-v-\mu$) を用いて、同じ次元で各種モデルとの比較を行った。結果、Flat Rotation は他のモデルに比べ VLBI データを再現するのに適していないことが分かった。一方、CO/HI の Terminal Velocity を用いた円運動モデルと、摂動項をもつ非円運動モデルとの比較において、カイニ乗値から、やや非円運動モデルの方が有利であるが、明白な差は見られなかった。ただし、非運動モデルから、やや大きめではあるが、他の研究と矛盾しないバーの傾き -50° が示唆された。

採用	天体名	V_{lsr} [km/s]	$\mu_{\cos b}$ [mas/yr]	μ_l [mas/yr]
	G9.98-0.02	42.0(8)	-7.99 (2点fit)	-5.76 (2点fit)
	G23.01-0.41	75.0(15)	-4.33 (0.42)	-0.30 (0.18)
○	G24.78+0.08	113.5(9)	-6.13 (0.45)	-0.42 (0.08)
○	G25.65+1.04	41.9(6)	-2.10 (0.54)	-2.18 (0.05)
○	G25.70+0.04	95.3(12)	-4.81 (2点fit)	3.32 (2点fit)
○	G28.14+0.00	101.0(13)	-6.04 (0.25)	-0.12 (0.05)
○	G29.95-0.02	95.5(37)	-5.76 (0.59)	-0.11 (0.11)
○	G30.76-0.05	91.0(7)	-5.17 (0.79)	0.01 (0.22)

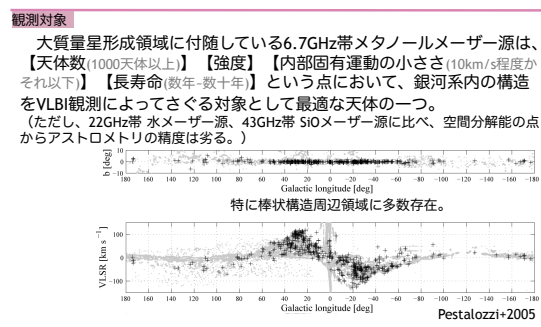
以下の 3 天体については他の文献の値を使用。
 ○ G23.01-0.41 81.5(15) -4.45 (0.28) Brunthaler+09
 ○ G23.44-0.18 97.6(6) -4.54 (0.11) Brunthaler+09
 ○ G23.65-0.127 83.0(10) -3.24 (0.04) Bartkiewicz+08

Introduction

1960 年以降、数多くの観測事実と理論的解釈から銀河系にはバー構造があると支持されてきた。

- 近赤外線の高高度分布の非対称性 (Binney+1997)
- CO/HI ガスの $l-v$ 図上の複雑な構造 (Fux 99, Bissantz+03, Baba+10)
- レッドクランプ星の直線状の並び (Stanek+97, Nishiyama+05)
- SIO メーザー源の $l-v$ 図中のバーの回転運動傾向 (Izumiura, Deguchi +95)

→ 3 次元 & 複数サンプルで、分子ガスの運動からバーの影響を考察した例はない。
 → VLBI 観測によってガスに付随するメーザー源の絶対固有運動計測が有効なアプローチ



アストロメトリ観測の実績
 G9.62+0.19 に次いで最も明るいメタノールメーザー源 W3(OH) の年周視差及び絶対固有運動の計測に大学 VLBI 連携観測 + VERA 観測で成功している。

$D = 1.67 (+0.21/-0.17)$ kpc,
 $\mu_{\cos \delta} = -1.16 \pm 0.24$ mas/yr, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.30$ mas/yr

参考文献・2008 年度 橋野氏修士学位论文 (山口大学), 2010 年度 松本 博士学位论文 (総研大), Matsumoto et al. 2011 (PASJ, Vol. 63, No. 6, 12 月 25 日発行予定)

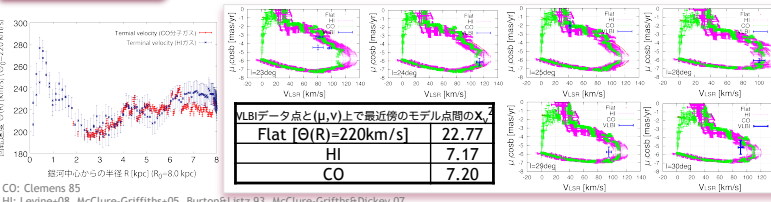
Selection & Observation

- Pestalozzi +2005 から下記の条件を満たすものを選出。
 - 銀経 $|l| < 40^\circ$
 - 銀河系中心距離 R_{GC} が 5 kpc 程度以内
 - VERA で位相補償観測可能な強度

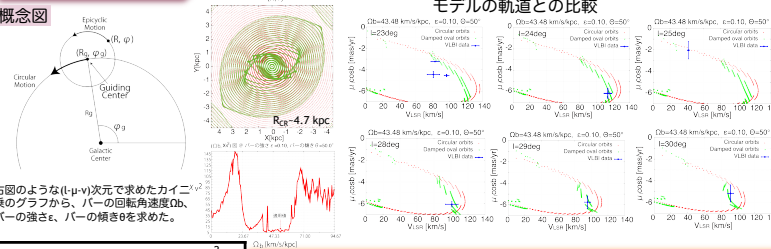
2009 年 11 月から今年 5 月まで、各天体それぞれ数ヶ月毎に位相補償観測を行った。

観測詳細:
 ・6.7GHz 帯メタノールメーザー源 (CH₃OH 5₁₋₆0A', 6.668518 GHz)
 ・メーザー源と参照電波源を 4 分サイクルでスイッチング
 ・DIR2000 記録 (8MHz 512 分光点 + 16MHz 32 分光点 x14F)
 ↑ 6.7GHz 帯受信機 (大阪府立大学作成)

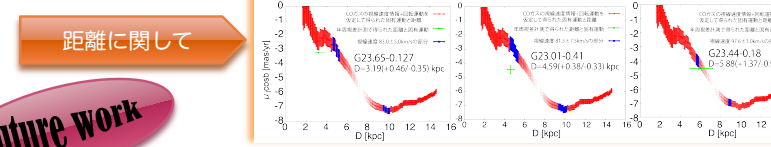
円運動の場合 CO/HI ガスの Terminal Velocity から得られた回転速度 $\Theta(R)$ の円運動。(銀河定数 $R_0=8$ kpc, $\Theta_0=220$ km/s を仮定。)



非円運動の場合 バーポテンシャルを入れた Flat な回転曲線を用いた線形摂動軌道モデル。(Wada 1994; Sakamoto, Wada et al. 1999)



今回、距離情報までは得られていないが、特異運動を捉えるのに距離の情報も重要。



Future work

今回、ガスの固有運動を含む 3 次元情報から銀河系棒状構造の証拠をつかひを試み初めて行ったが、ガスもフラグメントな運動も考慮すると、VLBI データ 1 点 1 点と各種モデルとの比較では明確な差がなかった。したがって、個々のデータ点の精度をあげるよりも、データ点を増やして本研究を進めて行くことが有効である。現状は天体の銀経上の分布が局所的であり、銀河系棒状構造周辺全体にわたるデータを得ることを目標とし、天体数を増やしていく。また、Baba +2009 を始めとする N 体シミュレーション結果が示唆する、密度波理論によらない構造形成も視野に入れ、従来の円運動を仮定して行われてきた研究の妥当性に関する考察も、現在唯一、VLBI 観測によって得られるガスの固有運動の情報からアプローチして行きたい。