

JVN/EAVN を用いた 6.7 GHz メタノール・メーザーの VLBI モニタープロジェクト：現状報告

○杉山孝一郎、藤沢健太、元木業人、新沼浩太郎、平野大樹（山口大学）、蜂須賀一也、Zhiqiang Shen（上海天文台）、米倉覚則、百瀬宗武、古川尚子、齋藤悠、齋藤貴史（茨城大学）、澤田・佐藤聡子、松本尚子、本間希樹、廣田朋也（国立天文台）、村田泰宏、土居明広（宇宙研）、Kee-Tae Kim (KASI)、小川英夫（大阪府立大学）、他メタノール・メーザープロジェクト研究グループ

プロジェクト概要

◆背景

- 大質量原始星周囲のガス・ダスト円盤
 - ・観測面：分子輝線・近赤外 干渉計¹⁾⁻³⁾
 - ・理論面：大降着率^{4),5)}、非球対称⁶⁾
- 3次元的な速度情報が不足

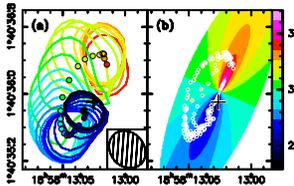


図 1. ALMA で観測された、G35.20-0.74 N の CH₃CN の分子ガス回転円盤³⁾。(a) 各視線速度チャンネルにおけるピーク放射位置をプロット。(b) ケプラー回転円盤モデル。

◆最終ゴール

- 大質量星周囲における 3次元ガス運動の系統的解明
 - ・特にガス・ダスト円盤の運動に注目

◆研究手法

- 6.7 GHz メタノール・メーザーに注目
 - ・これまでの VLBI 観測結果から空間構造・固有運動が円盤付随を示唆⁷⁾⁻¹⁰⁾
- 36 天体の多数天体を対象に VLBI モニター観測を実施、系統的な固有運動計測

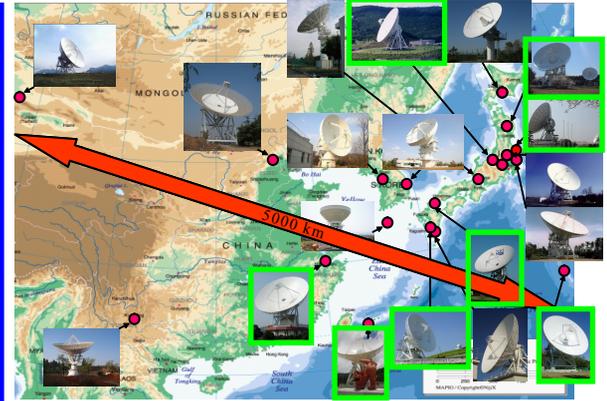


図 2. 東アジア VLBI 観測網。緑枠で囲んだ局は C-band 受信機搭載。

天体選出・観測状況

◇前提条件

- ・固有運動計測が容易な明るい天体
- ・将来 ALMA で観測することを考慮して南半球の天体に注目

☞ 34 天体を選出 + イメージ性能評価のため過去に VLBI 観測アリの 2 天体追加

36 天体 (うち 34 天体は南天)

観測天体の選出条件

◇選出基準

- ① Dec > -40 deg
- ② S_{peak} > 65 Jy
- ③ 過去に VLBI 観測ナシ

モニター観測状況

◆観測進捗

- ・2012/09 で 22 天体 3 epoch 完了
- ・2013/09 で 14 天体 3 epoch 完了
- ・2013/10 に 4 epoch 目実施予定 (すでに JVN から受理済み)

観測年/月	参加局	観測天体数
2010/08	M, R, O, I, H, S	22 (1st)
2011/10-11	M, R, O, I, Y, H, (U, S)	22 (2nd) + 14 (1st)
2012/09	M, R, O, I, Y, H, S, (U)	22 (3rd) + 14 (2nd)
2013/09-10	M, R, O, I, Y, H, S	22 (4th) + 14 (3rd)

※ 参加局コード
M: 水沢, R: 入来, O: 小笠原, I: 石垣, Y: 山口, H: 日立, S: 上海, U: 白田

◆解析

- ・1 epoch 目完了(進捗 1 で紹介)
- ・2, 3 epoch 目は進行中
- ・一部の天体では内部固有運動を検出(進捗 2 で紹介)

進捗 1：空間分布・形状

※ Fujisawa et al. submitted

◆結果

- ・35 天体の VLBI イメージ取得に成功
 - 1 天体は resolved out
 - 平均的に 10 個以上のスポット検出
- ・相対位置精度：~0.1 mas @1σ

◆空間構造 (図 3 参照)

- ・5 種類の形状に分類 (表 1 参照)
 - Ellipse, Arched, Linear: 円盤候補
 - Pair, Complex: 異なる YSO 付随?
- ・空間スケール：10-5000 AU

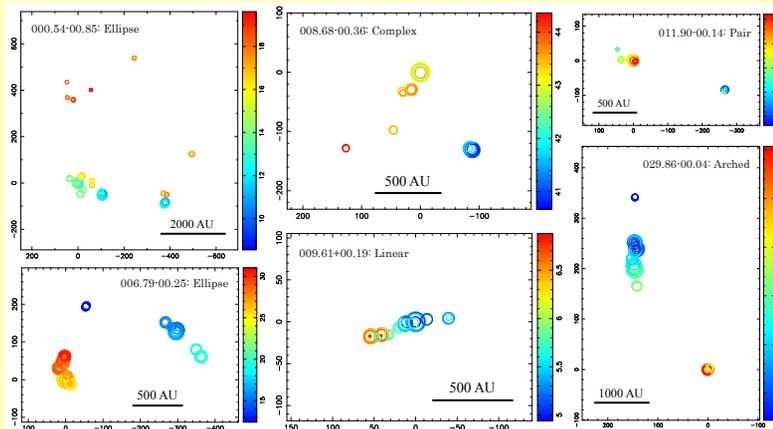


図 3. JVN/EAVN で得られた 6.7 GHz メタノール・メーザー VLBI イメージの一例(天体名:形状)。横軸:RA, 縦軸:Dec でプロット(単位:mas)。丸印は各メーザースポットに相当し、色は視線速度に対応。

◆スケール vs 速度

- ・スケール：10-5000 AU
- ・速度範囲：1-16 km s⁻¹

☞ 正の相関関係? 幅広い速度分散

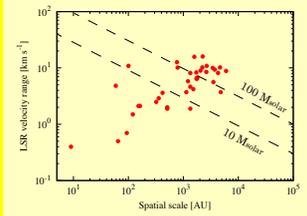


図 4. 空間スケールと視線速度範囲の相関図。破線は、10/100 M_☉ におけるケプラー回転式に相当。

進捗 2：内部固有運動

◆経過

- ・2012 年までに 3 epoch 分の VLBI データを取得出来た天体の内、以下の 4 天体の固有運動検出に成功
 - Ellipse: 006.79-00.25, 351.77-00.53
 - Complex: 008.68-00.36, 354.61+00.37
- ※ 008.68: 齋藤(貴)解析; 351.77: 平野解析
- 接線速度範囲：1-30 km s⁻¹

◆運動傾向 (図 5 参照)

- ・Ellipse 形状天体
 - 楕円に沿った回転運動、ただし単純な回転ではない
 - 2 天体に共通して膨張成分を伴っている
- ・Complex 形状天体
 - (球状)膨張? ただし、形状中心の判断困難...

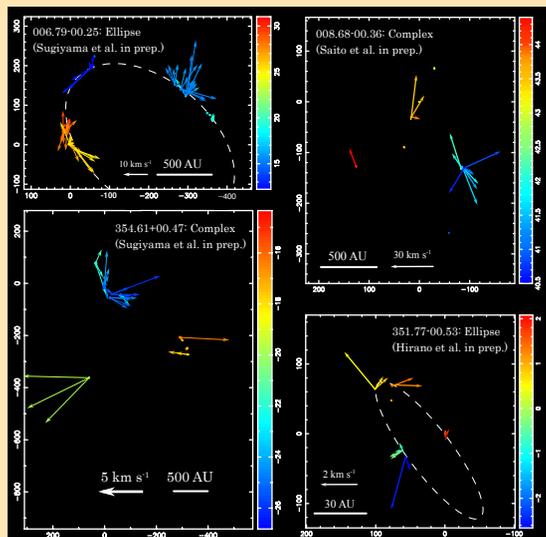


図 5. 3 epoch 間で検出された内部固有運動(天体名:形状 & 解析 PD)。矢印で運動表記。破線の楕円は楕円形状の参考までに。

膨張が支配的 ☞ 幅広い速度分散

今後の展望

- ◇ 残り 31 天体に対する系統的な固有運動計測のまとめ
- ◇ ATCA, JVLA, ALMA を用いた高密度トレーサー、および cm・mm・sub-mm 連続波の高分解能データとの空間位置比較
 - 何%が回転円盤付随?
 - 質量降着率の 100-1000 AU 間でのつながりを調査
- ◇ 近-遠赤外線データを用いた SED データとの比較
 - 原始星進化段階と固有運動傾向との関係調査
 - SED モデル自体の改善