

# JVN/EAVNによる メタノール活動について

杉山 孝一郎

(茨城大学 宇宙科学教育研究センター)

JVN/EAVNによるメタノール活動について

# 1. メタノール観測のこれまで

# 6.7 GHz におけるVLBIターゲット

□ やはりメタノールレーザー！

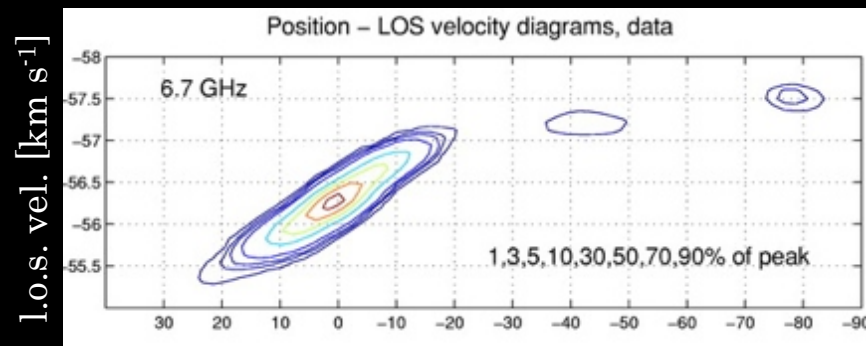
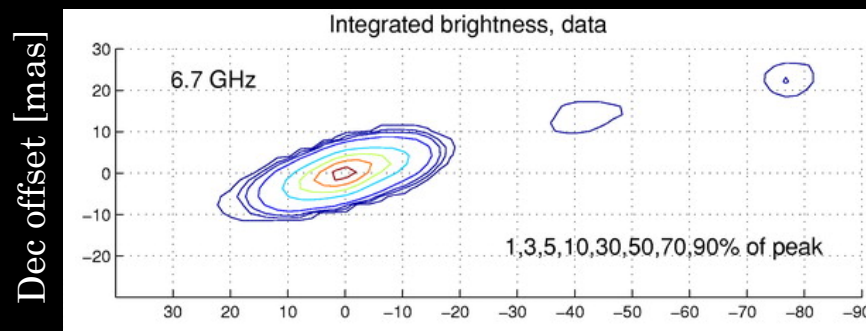
- 明るい、安定、コンパクト、大質量星形成領域のみに付随

□ 最大の強み：

**回転円盤をトレース** ！？

- 直線的な空間分布
- 直線的な速度勾配

☞ 大質量星の形成過程における回転円盤の存在を**固有運動計測から証明**出来るのでは！？



NGC7538における6.7GHzメタノールレーザーの直線空間構造/直線速度勾配 with EVN (Minier+ 98, 00; Pestalozzi+ 04)

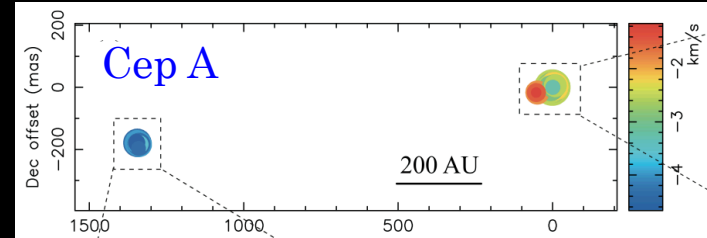
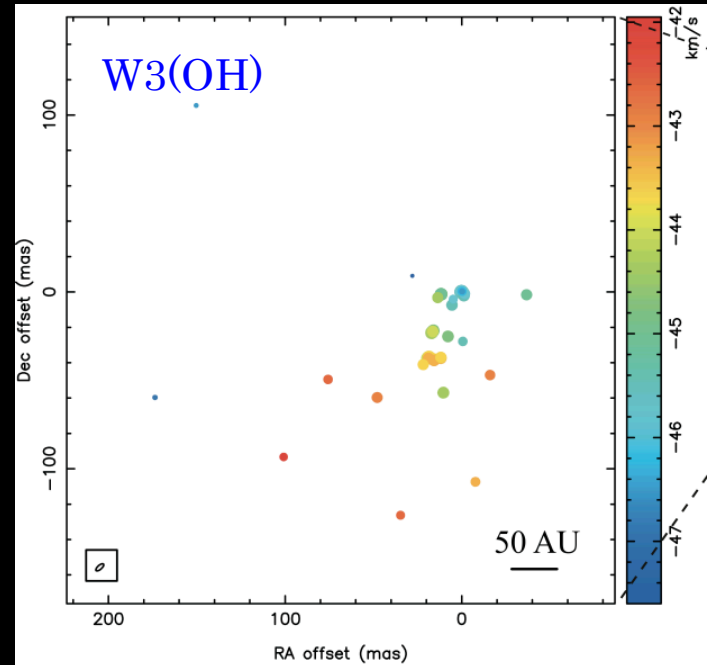
# JVN @6.7 GHz での初VLBI

□ 日本初の 6.7 GHz帯におけるVLBI観測

- 山口32-m
- VERA-水沢, 石垣20-m

□ 13天体のメタノールメーザ—VLBIイメージを取得

- 内、7天体は世界初
- 最長基線 ~2300kmにおける分解率~20% を導出

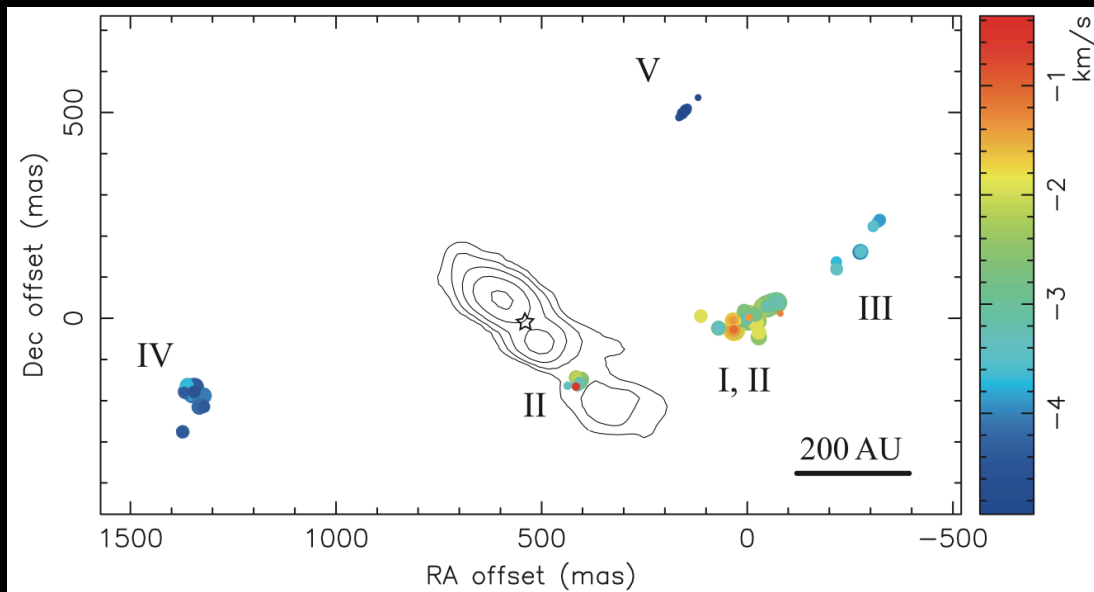


6.7GHzメーザ—の空間分布 with JVN in 2005 (Sugiyama+ 08a)

# イメージング性能の向上

## □ 臼田64-m、VERA-入来 20-m の参入

- 5局10基線での観測が可能に！
- 高感度な臼田局、短基線生成の入来局が効果を発揮
- 空間形状や速度分布の議論、位相補償の実施が可能に！

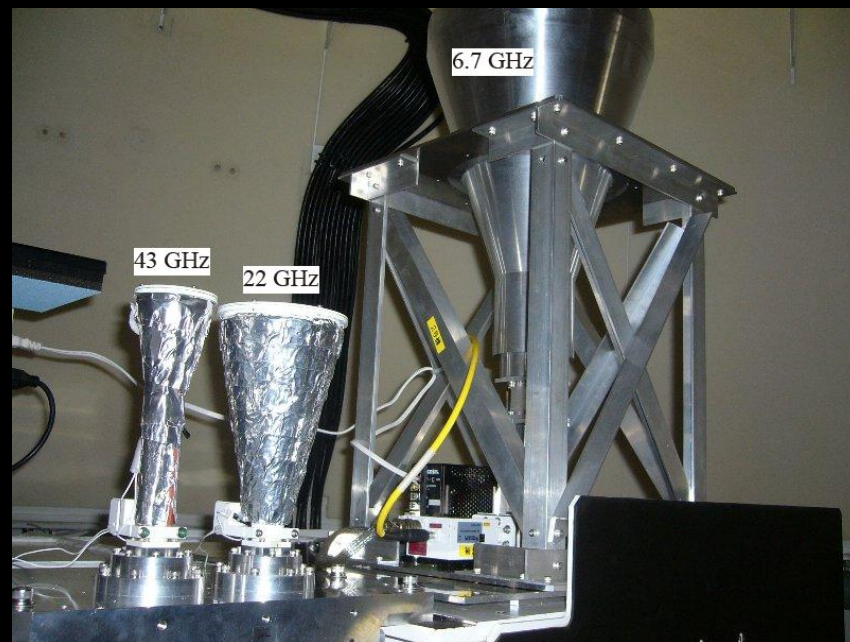


Cep A のメタノールメーザーの  
空間分布 with JVN 4局  
(Sugiyama+ 08b)

等高線: 22 GHz 連続波ジェット  
星印: 43 GHz 連続波 励起星

# 6.7 GHz 受信機の向上・増産

- 小川さん率いる  
大阪府立大の登場！
  - JVN各局の6.7G受信機を次々に製造・改善
  - VERA全局, 茨城2局, 山口, 臼田
    - だけでなく、CVN & KVNにも設置！
- 観測性能や効率の向上
  - 偏波の統一 (LHCP)
  - 冷却による感度向上
  - (一部) 6/8GHz同時受信による観測の効率化

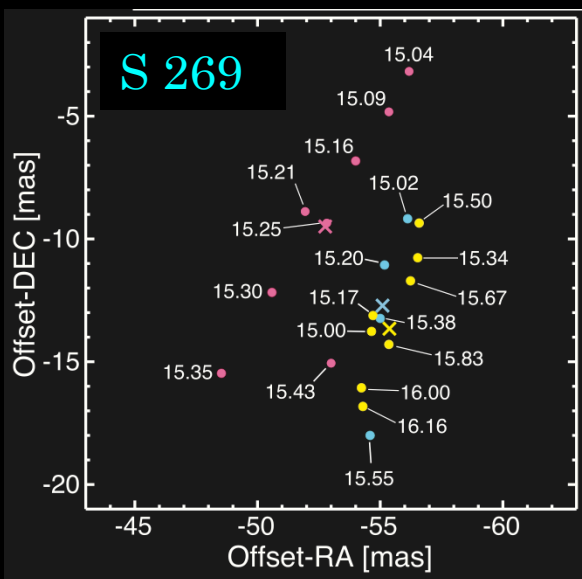


大阪府立大学作成 6.7 GHz 両円偏波受信機 on VERA 2ビームプラットフォーム (2008/04/24, 水沢局にて設置・撮影)

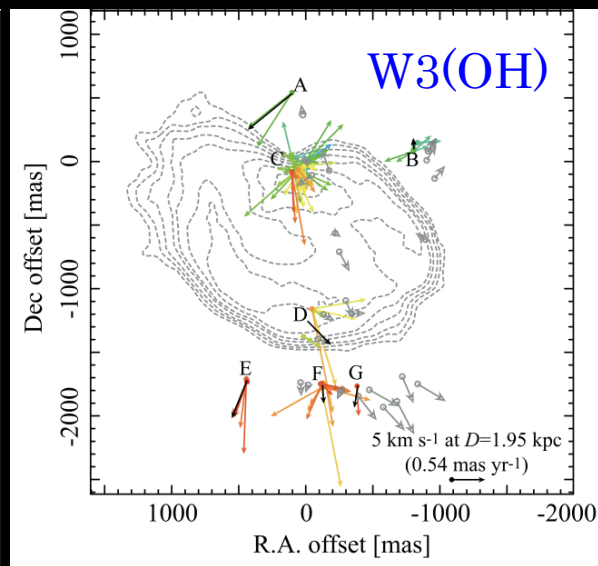
# 内部固有運動の計測を開始

□いよいよ内部固有運動の計測開始

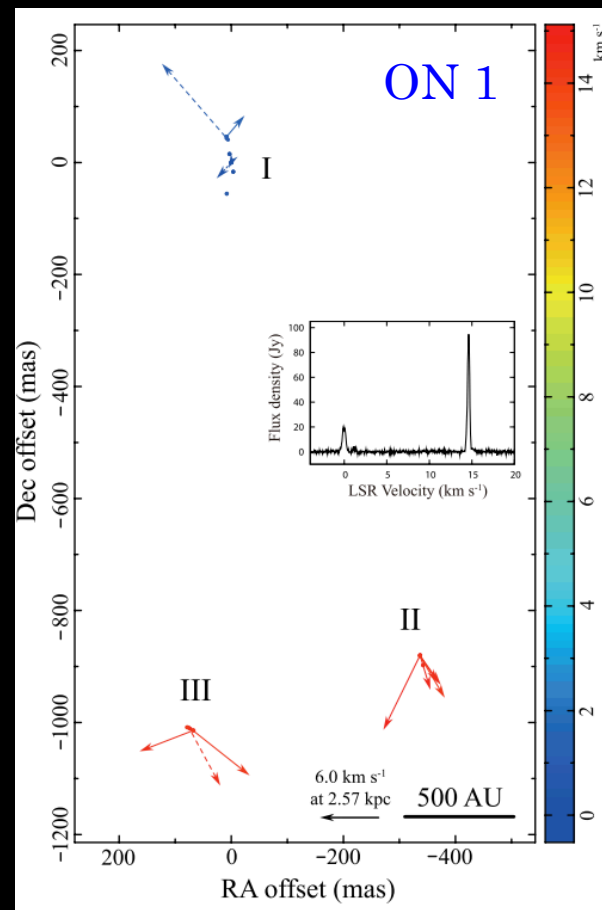
—メインは膨張運動



Sawada-Satoh+ (13)



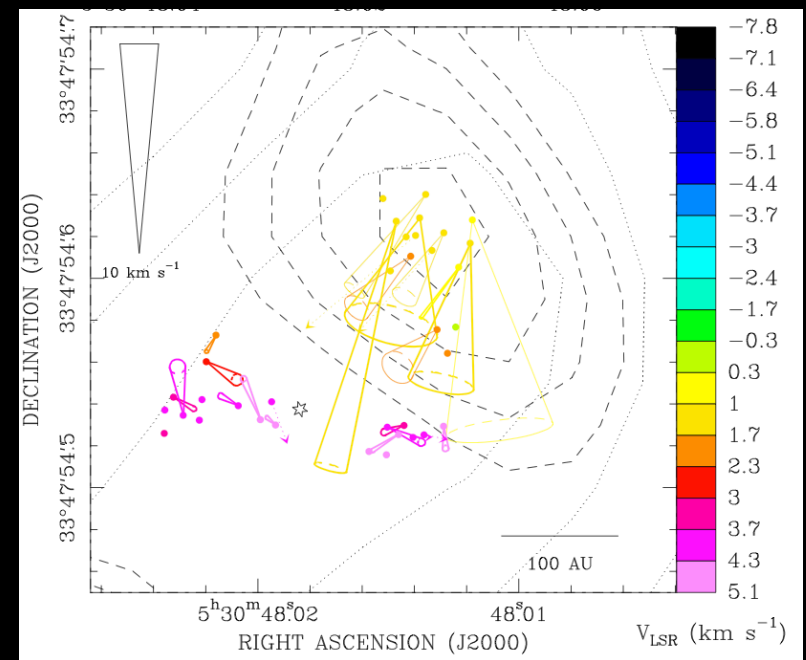
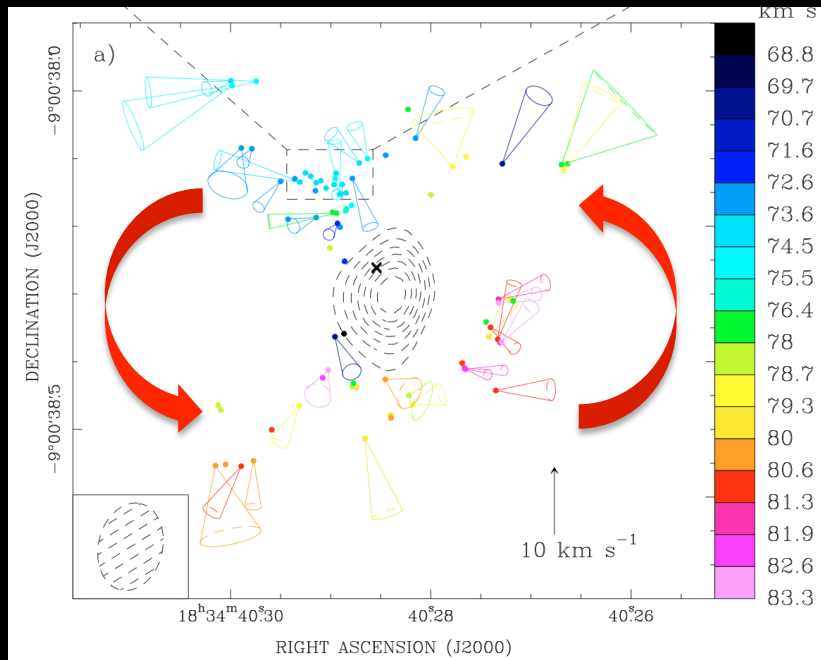
Matsumoto+ (11)



Sugiyama+ (11)

# 世界の動向 in 固有運動計測

- 回転円盤を想起させる 固有運動の探査・検出
  - 回転(+膨張)運動、エンベロープからの降着運動
  - 主に European VLBI Network で計測実施



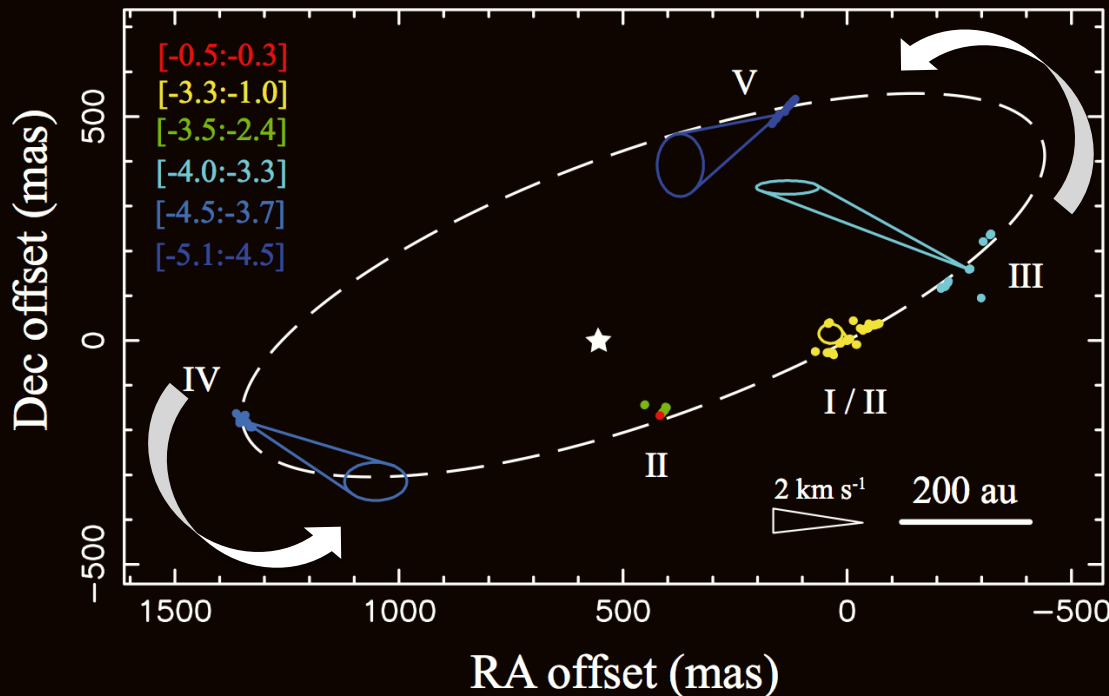
G 23.01-0.41 における回転運動 (Sanna+ 10)

AFGL 5142 における降着運動 (Goddi+ 11)



# 回転＋降着運動 with JVN @6.7 GHz !

- JVNにて回転＋降着な固有運動を世界初検出！
  - 円盤上からのガス降着の3次元速度構造による初検証
  - 原始星の進化に関わるガス降着率を精度良く導出



Cep A のメタノールメーザーで  
検出された回転＋降着運動  
with JVN 6局  
(Sugiyama+ 14)

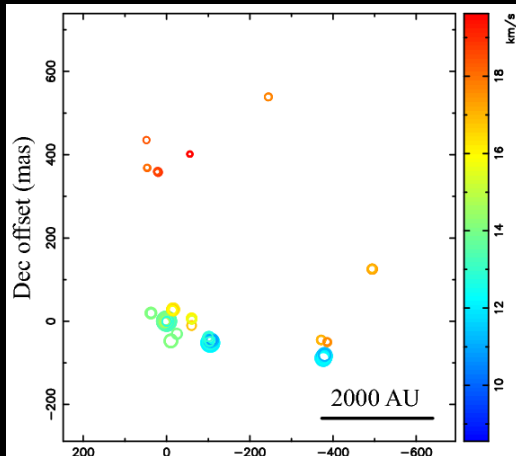
楕円: メタノール楕円 円盤想起  
星印: 43 GHz 連続波 励起星

# JVN から EAVNへ

## 大規模な固有運動計測 (Fujisawa+ 14)

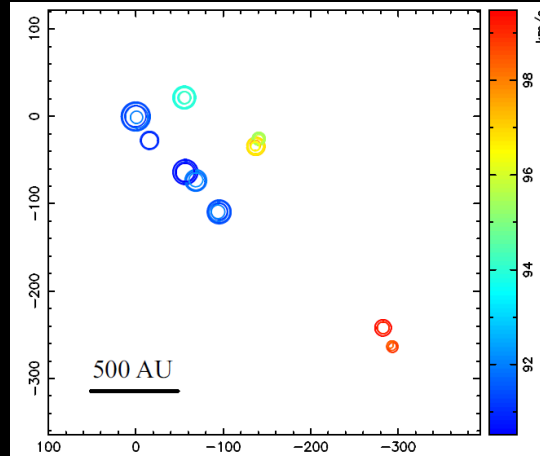
- 上海25-mを加え、EAVNへ拡張 @6.7 GHz
- 多数の天体を対象に、系統的な内部固有運動計測を展開
  - i) Dec > -40 deg, ii) Fp > 65 Jy, iii) 過去にVLBIナシ
- 35 天体のイメージングに成功
  - 5 種類の空間形状に分類: 楕円, 円弧, 直線, ペア, 複雑

楕円状



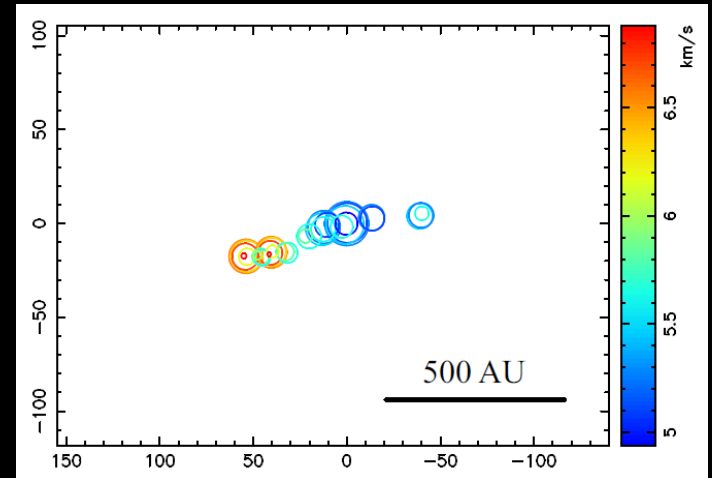
G 000.54-00.85

楕円状



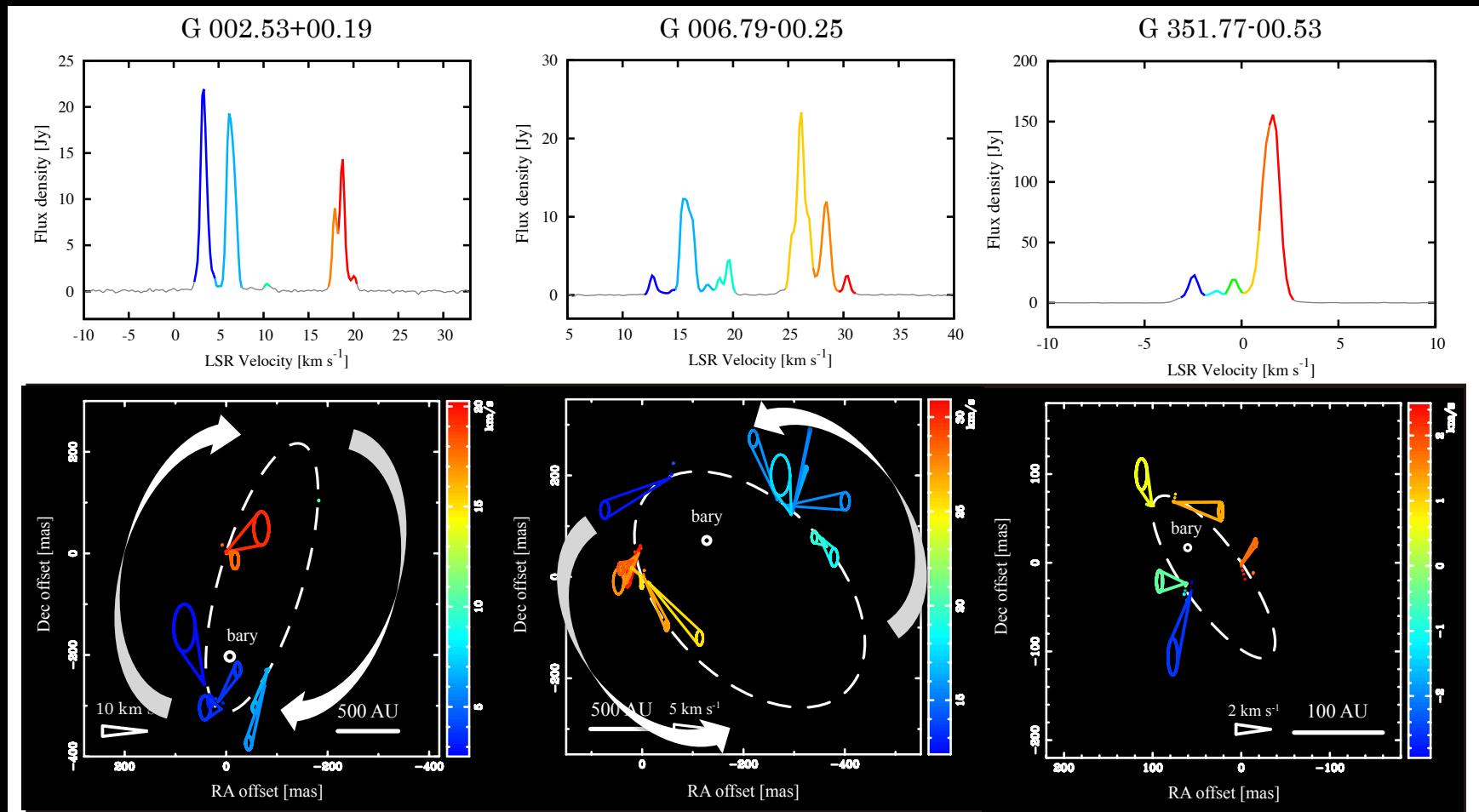
G 025.82-00.17

直線状



G 009.61+00.19

# 内部(相対)固有運動 in 楕円天体



楕円形状に沿った視線速度の勾配 & EAVNモニタープロジェクトで楕円形状の天体に対して検出された内部(相対)固有運動 (Sugiyama+ submitted; Hirano+ in prep.)

JVN/EAVNによるメタノール活動について

## 2. メタノール観測のこれから

# EAVN の局, 基線長の拡大 @6.7G

## □ 基本方針は同一

- 感度／サイエンス面の向上から、ターゲット数／選出方法に工夫をこらす

## □ 感度／サイエンス面の向上へ向けて

### - JVN:

- 鹿島34-m (武藤氏トーク)
- 山口34-m (藤沢氏トーク)

### - CVN:

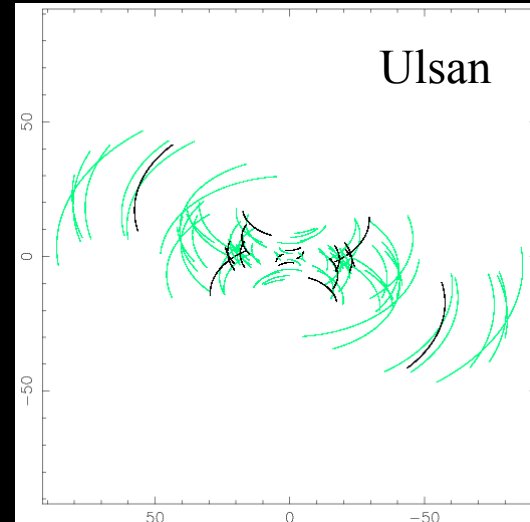
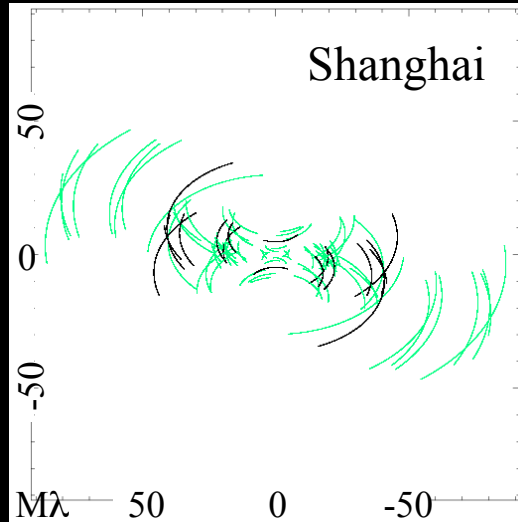
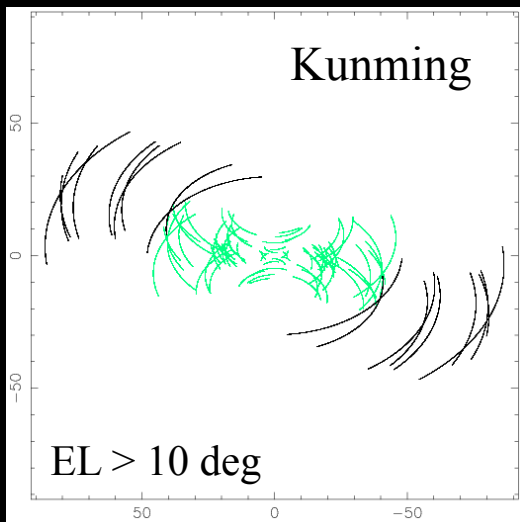
- Tian Ma 65-m
- クンミン 40-m
- ウルムチ 26-m

### - KVN:

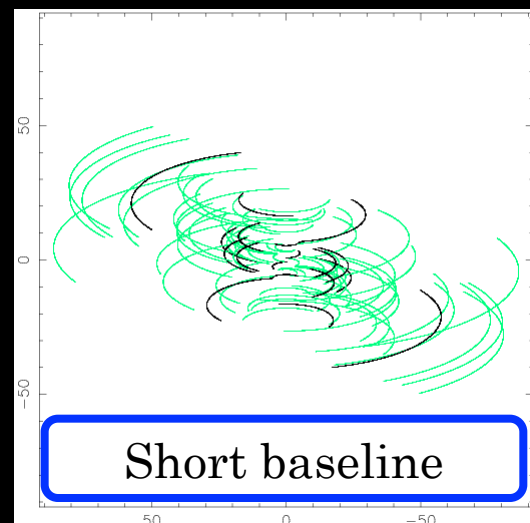
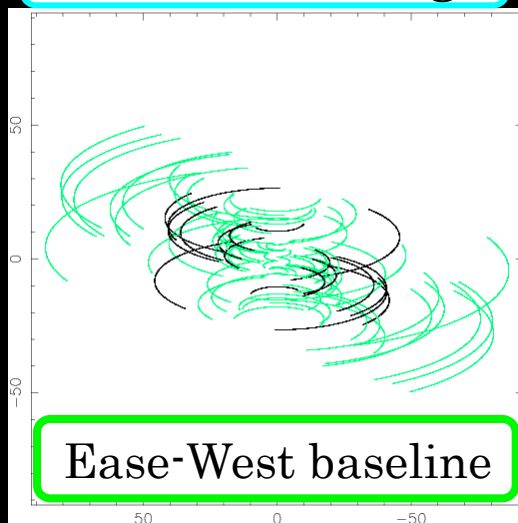
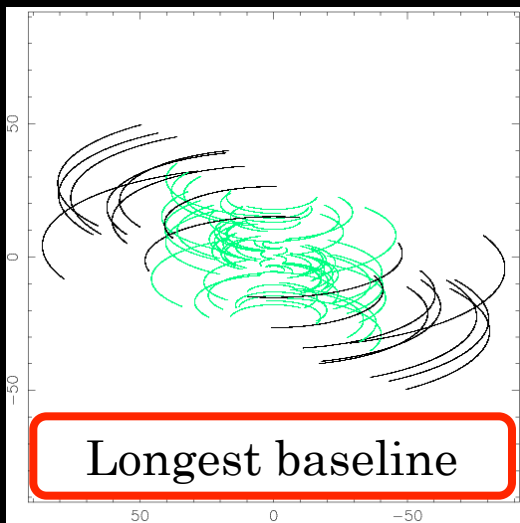
- ウルサン 21-m
- 試験的な観測: u13302a/u13303a へ参入

# UV-coverage シミュレーション

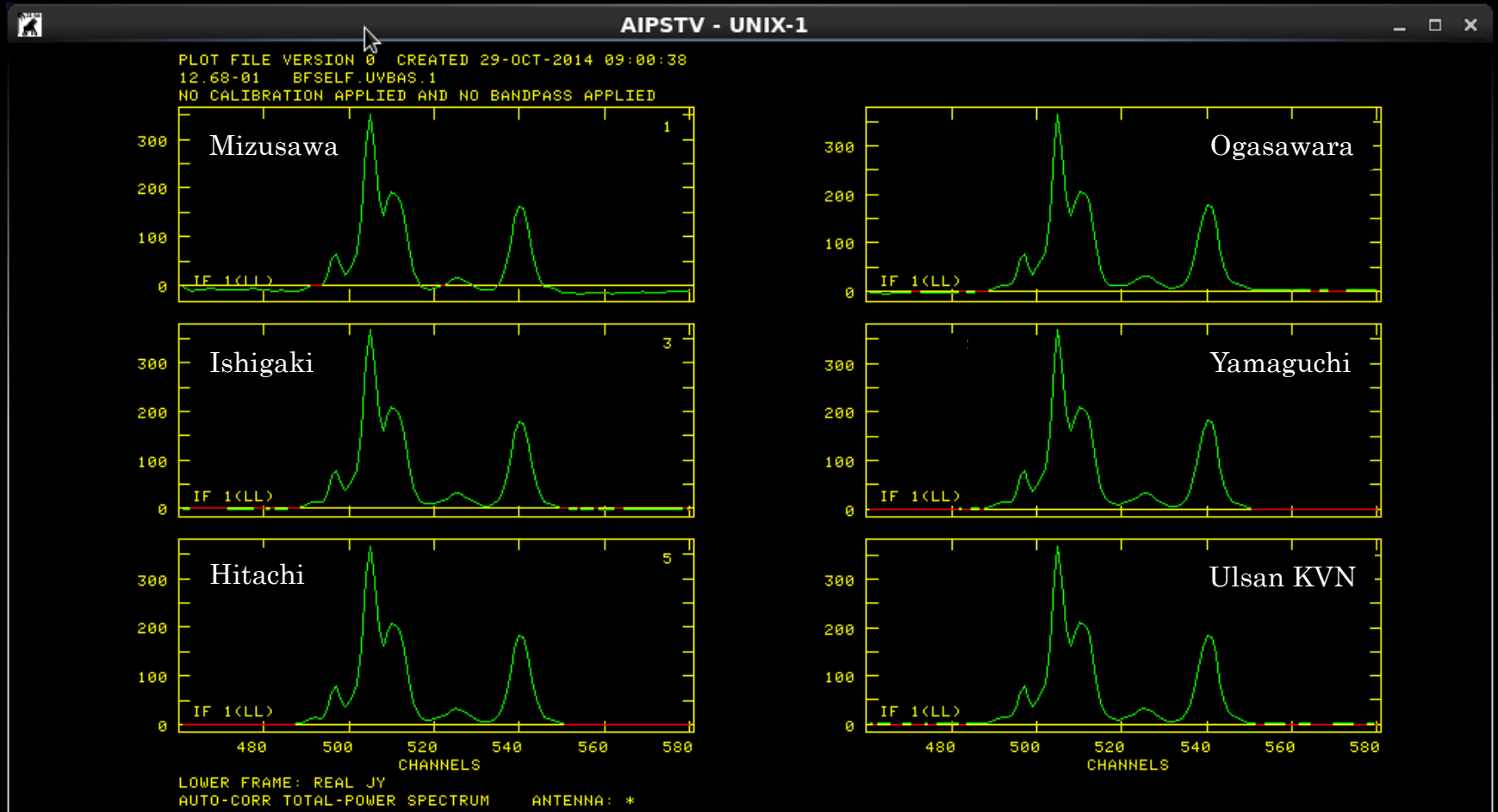
Dec = -40 deg



Dec = -20 deg



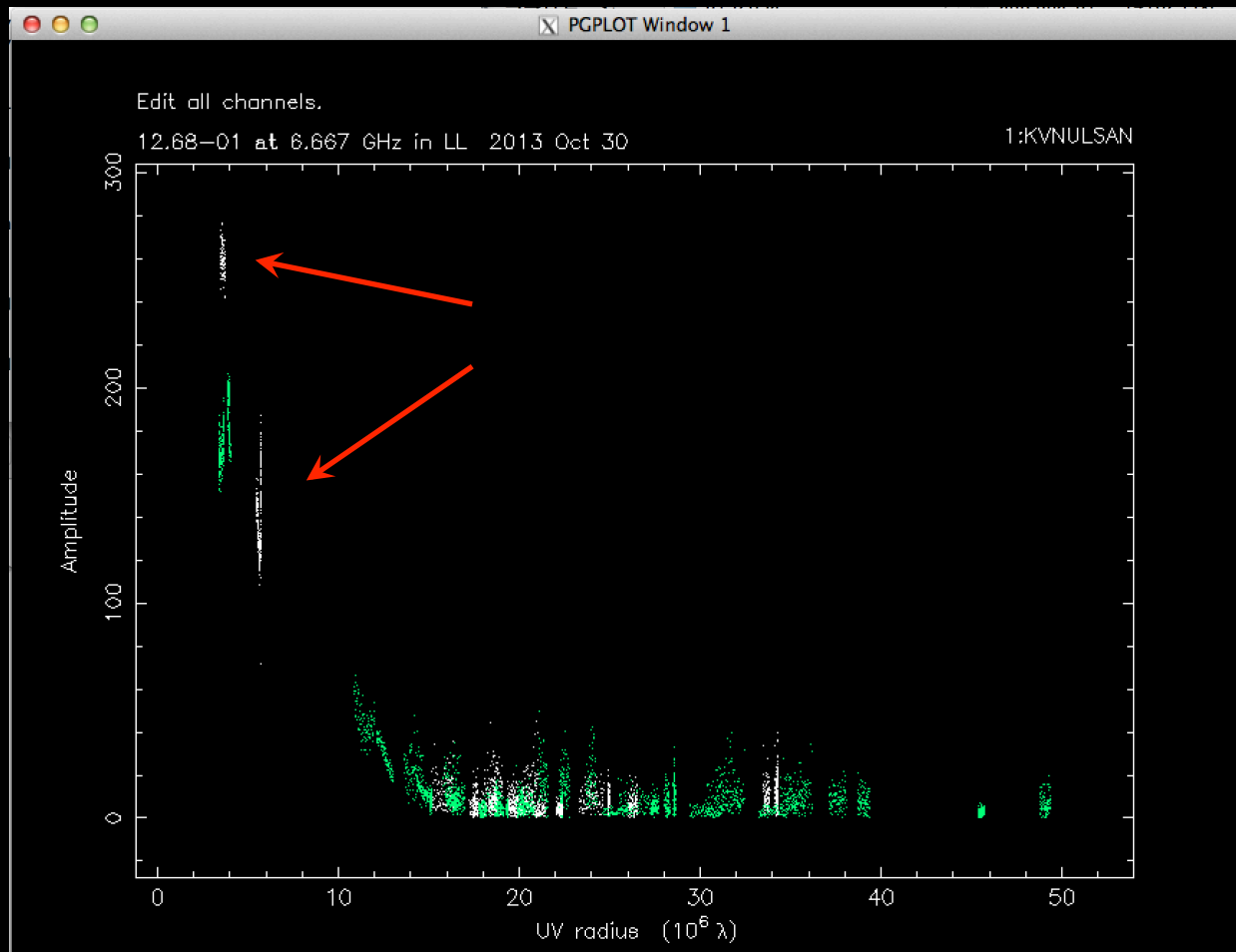
# トータルパワー in KVN\_Ulsan



~ 350 Jy

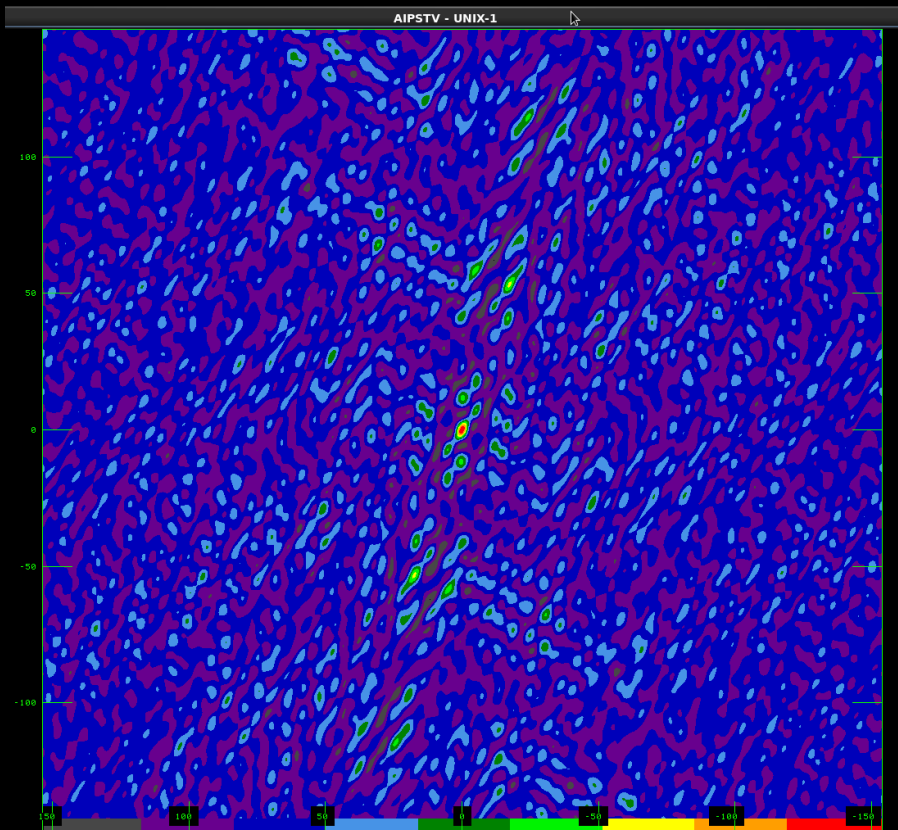
杉山 @VLBI懇談会2014

# KVN\_Ulsan局の効果 その1

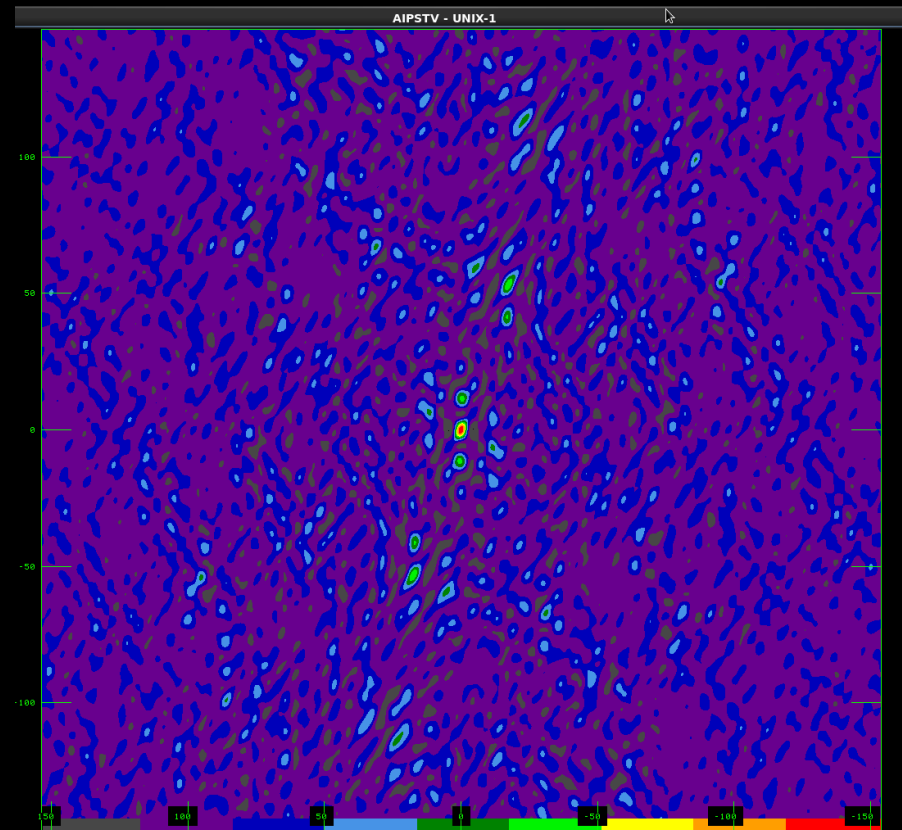




# KVN\_Ulsan局の効果 その2



Without Ulsan KVN



Full array

# 好敵手観測網との比較

観測網	局数	基線長	$\sigma_{\text{image}}$
		[km]	[mJy]
VLBA	10	236 – 8611	7.3
EVN	10	98 – 10160	4.7
LBA	6	113 – 9853	13.4
EAVN	15	82 – 5078	4.9

※ 4MHz帯域, 2048点分光 (resol.: 0.088 km s<sup>-1</sup>), 3時間積分

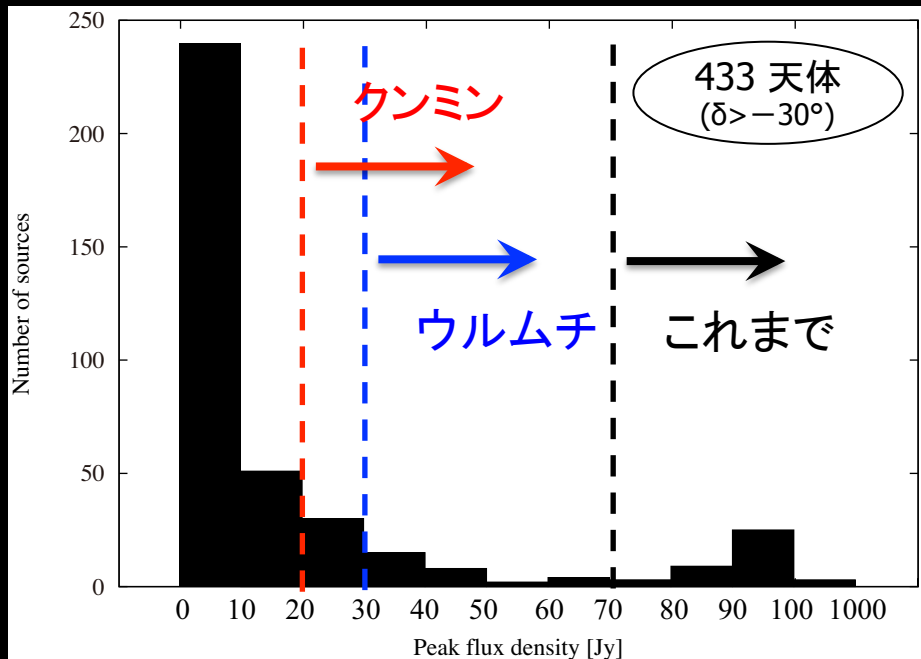
# 観測天体数 & 固有運動計測精度の改善

□ 観測可能な天体数を拡大 (Dec > -30° で)

※ これまで (石垣基線 ~2300 km) : 46 天体

– ウルムチ基線 ~5100 km : 69 天体

– クンミン基線 ~3600 km : 99 天体



※ >1000 km での分解率80%でFRINGE検出感度 (5σ, 5分積分) を計算

- 固有運動計測精度の面でも...
  - 最大空間分解能: 1.8-2.6 mas
  - イメージ感度: 4.9 mJy
  - 期待されるS/N: > 1000

☞ 相対位置精度 < 0.002 mas  
☞ 5km/s @5kpc も余裕で検出!

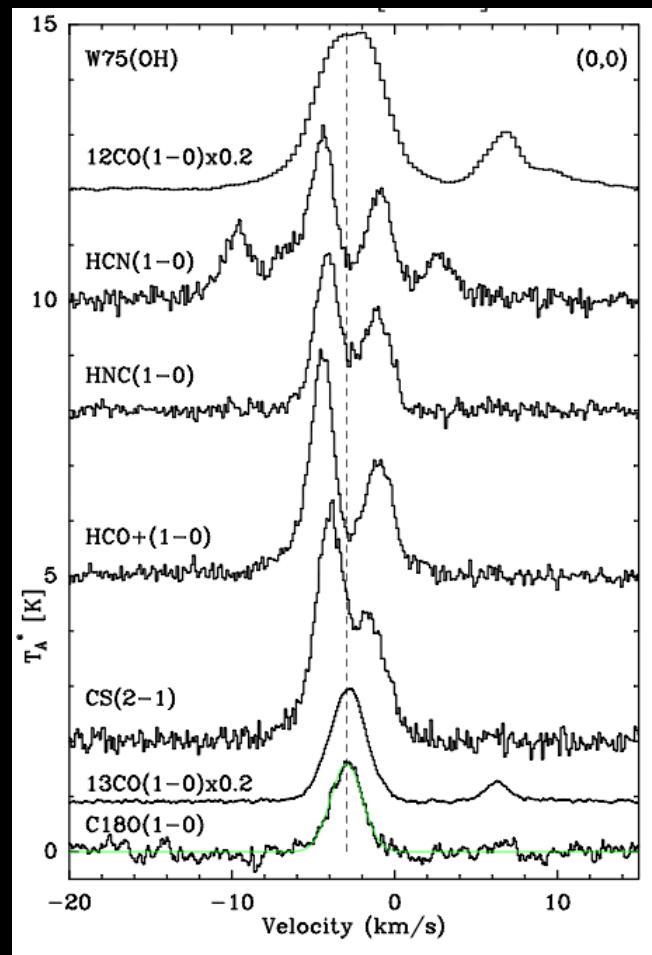
# サイエンスケース

## □ 単一鏡でインフォールの兆候を示す天体を選出

- inverse-PCygni プロファイル (e.g., Sun & Gao 09)
  - 光学的に厚いラインで、“青”色偏移成分の方が明るい

## □ 3次元的な速度構造を明らかに

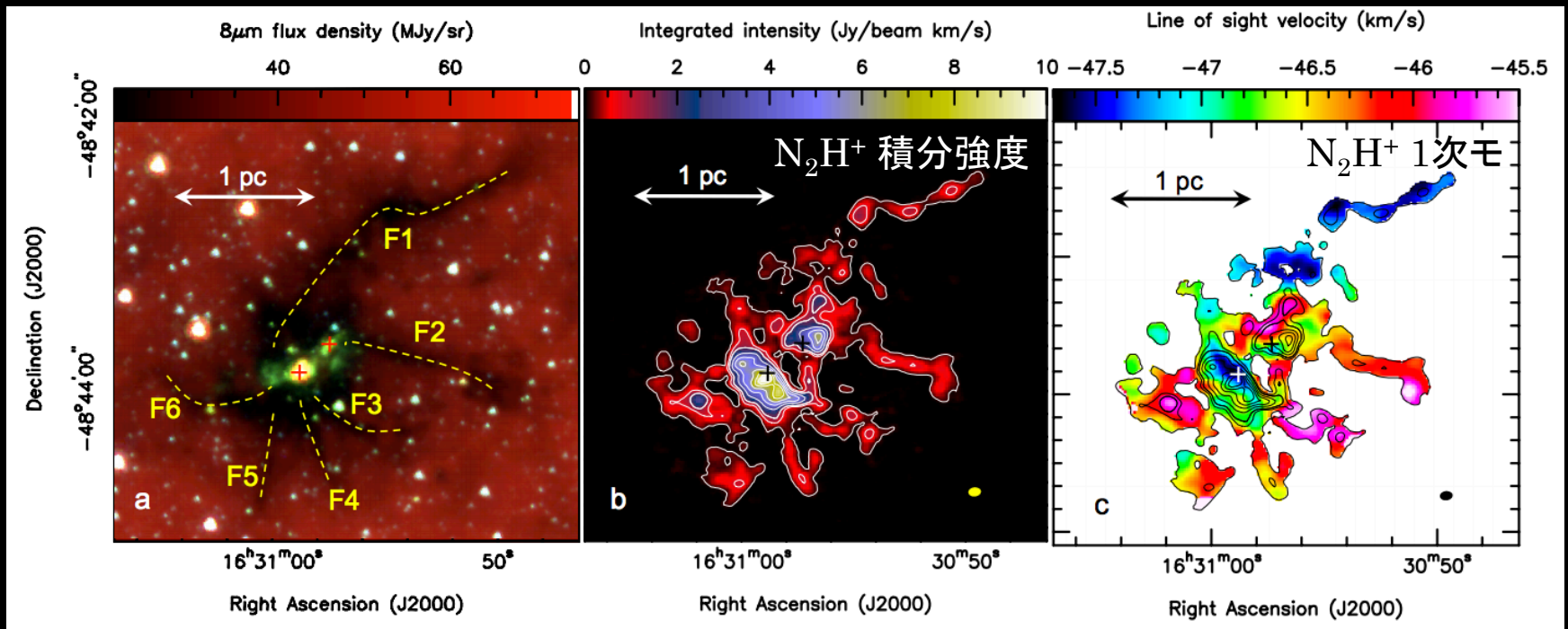
- 本当にインフォール？
- 単一鏡/VLBIスケールにおける降着速度と降着率との接続関係を明らかに



W75(OH) における分子輝線 & inverse-PCygniプロファイル with PMO14-m/FCRAO14-m (Sun & Gao 09)

# サイエンスケース

- ALMAで 0.001-0.1 pc スケールの速度構造 (インフォールなど) が明らかになってきた
  - VLBIスケール 0.01 pc との接続関係を明らかに



JVN/EAVNによるメタノール活動について

## 3. まとめ

# まとめ

## □ JVN/EAVN @6G のこれまで

- 6.7GHzメタノールレーザーを精力的にモニター
  - 個別に 膨張、回転+降着、などの固有運動を検出
  - 大規模にVLBIモニタープロジェクトを開始・推進中

## □ JVN/EAVN @6G のこれから

- 基本方針は同一
- 感度／サイエンス面の向上へ向けて
  - JVN, CVN, KVN への6G搭載を拡張
- 単一鏡／ALMAスケールと、VLBIスケールにおける降着速度と降着率との接続関係を明らかに