

2015 VLBI懇談会シンポジウム

2015/12/24-25

@東洋大学

ALMA/SKA/TMT時代の 星形成研究とVLBI

元木 業人

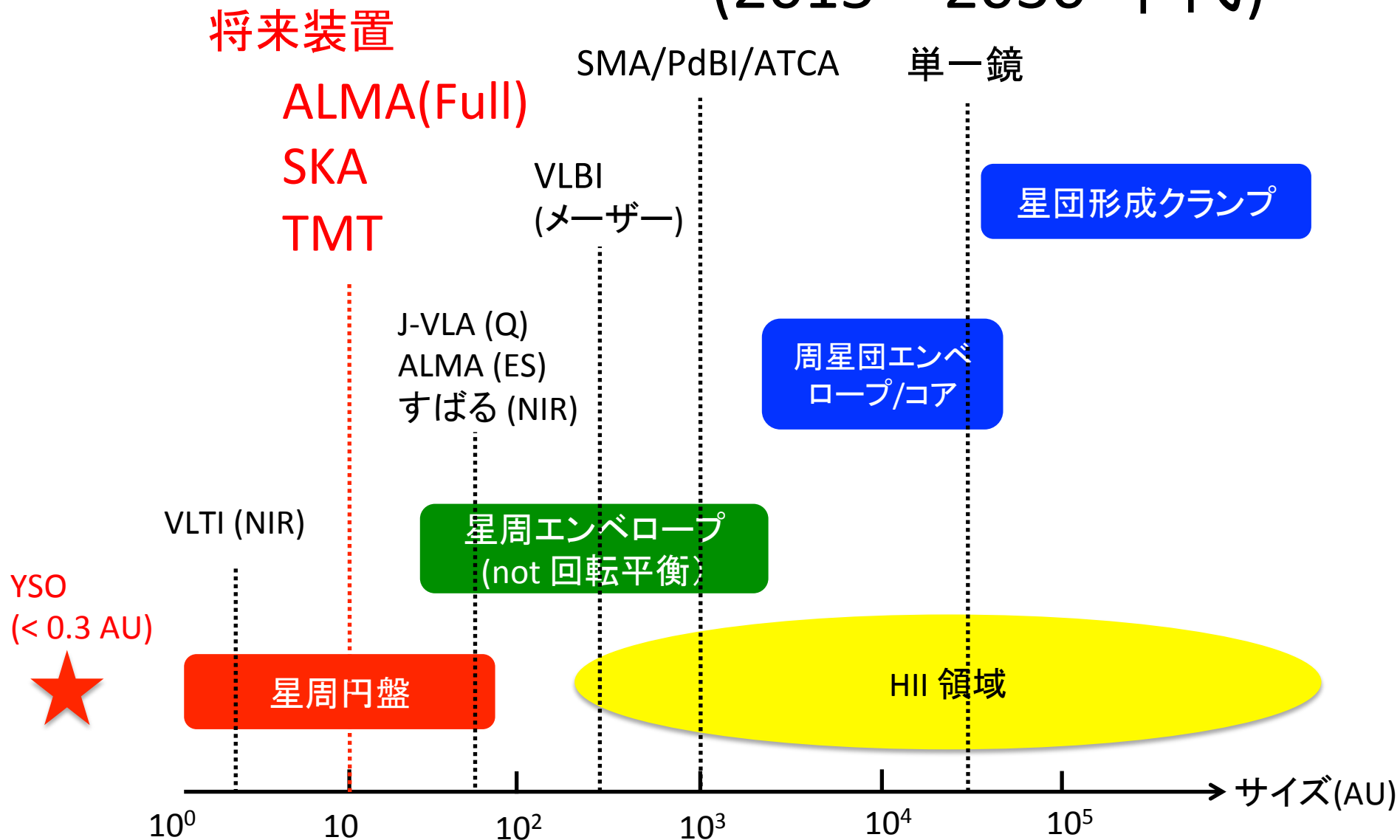
国立天文台 水沢VLBI観測所

“星形成”とはどんな分野か？

- 宇宙における物質進化を理解する基本要素
→ほとんどは大質量星含む星団形成
- 「どんな条件で どの重さの星が いくつ産まれるか？」
を研究する
- 実際にはいくつかのレベルにテーマが別れる
 - 1: 初期条件 (分子雲形成、衝突合体)
 - 2: 分裂降着過程 (星団形成クランプ/コア形成)
 - 3: 原始星進化とフィードバック (星形成効率の決定)
→VLBIの寄与が直接見込まれるのは主に③

ALMA/SKA/TMT時代の状況

構造スケール vs 分解能@1 kpc (2015 – 2030 年代)



ALMA/SKA/TMT時代の撮像

- 最高分解能は謀ったように10mas
 - 1 AU @近傍星形成
 - > 10 AU @大質量星形成
- エンベロープ/円盤外縁部は空間分解可能
 - 力学構造、円盤分裂等の理解は進む
 - 母体星団形成クランプとの関係
- 一方で分解能が足りてるとは言い難い
 - 星本体まではたどり着けない
 - アウトフロー駆動等の起こるスケールも分解不可
(ただしOrion source Iは除く)

10 mas分解能で何を見たい(私見)?

- ALMA

ダスト + 分子ガス

→100 AU以下での円盤面密度分布、分裂と連星形成

- SKA

星周電離ガス

→降着衝撃波が直接みえるか?

→近傍のHII領域や自身の電波ジェット/HII領域はむしろ邪魔

原始星大気のHI

→前景放射が光学的に厚いとアウト、輝線感度に難あり

- TMT

星周高温ダスト、散乱光

→ダスト成長の有無、惑星形成

振動励起分子(CO) or 原子

→円盤内縁10 AUスケールでの分光スペクトル

VLBIの立ち位置は？

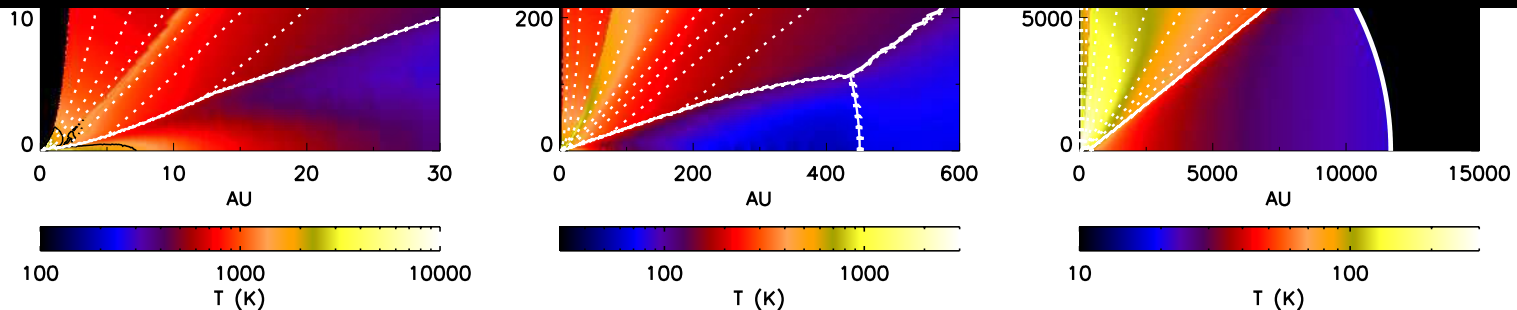
ALMA/VLBI間に 本当にシナジーがあるのか？

- ALMAのライン感度がポイント
- Band 6/7, Cycle 3 (36台), 0.4 km/sの1 σ 輝線感度
空間分解能 0".1 \rightarrow 10K @ 10分
0".01 \rightarrow 300K @ 100分
0".01 \rightarrow 100K @ 12時間
- つまり数千Kの光学的に厚い(分子)ガスが無いと
0".01スケールの速度場は観測不能
 \rightarrow 大抵の分子は解離、ダストは昇華

星周構造の輻射輸送モデル($\sim 10 M_{*}/10^{-4} M_{*}\text{yr}^{-1}$) (Zhang, Tan & McKee 2013)

Density

- 降着期の星周構造はさほど高温にならない
>1000 K \rightarrow 30 AU以下 = ALMAでもほぼ点源
- ALMAが輝線で速度場を研究できるのは
0".1ビームが現実的
- VLBIのメーザー観測で1000 AU以下のbulk motion
がきちんと研究できれば勝負になるレベル



今何が問題か？
まずやるべきことは何か？

この10年で感じたVLBI星形成の問題点(毒)

0. 人がいない(ポスドク、常勤スタッフ)
→元木世代が最後(5年間供給ほぼ0)
1. 星形成特化の研究会に参加しない
2. 分野の最先端事情・背景・全体像に疎い
3. メーザー観測へのフォローアップをしない

結果としておこる弊害

- 理論、数値計算分野との連携が貧弱
- プロポーザルのレベルが向上しない
- データは面白くても議論が貧弱な論文
→欧米に全部持ってかれる

①: 星周ガス運動研究の高精度化

利点: 輝線感度不足のALMAとシナジー

問題点: 山積み

- 運動測定精度は良くても Toy Model には限界
→ 円盤の重力不安定、角運量輸送、MHD乱流等の重要トピックスは単純モデルで議論出来ない
- 個別メーザーフィーチャの固有運動の信頼性
→ ネットはフィーチャの同定作業？
加減速を意図的に排除するのは妥当なのか？

①: 星周ガス運動研究の高精度化

- Bulk motionへの変換精度の検証
 - ベクトルのバラツキは誤差 or 乱流？
 - いくつかの重要天体に対して
ALMA – VLBIでの徹底比較研究が行われるべき
- 本当にVLBI以外が提供できない情報は何か？

②: 時間変動現象に対する詳細検討

利点: 間接的に星近傍を探れる

(光度変動、ジェット駆動、etc)

大学望遠鏡主導で研究可能

問題点: 全ての天体で出来る訳ではない

フォローアップ検証が困難

→最先端装置の時間を獲得できるか？

課題: 科学的な意義付けをきちんと詰める必要がある

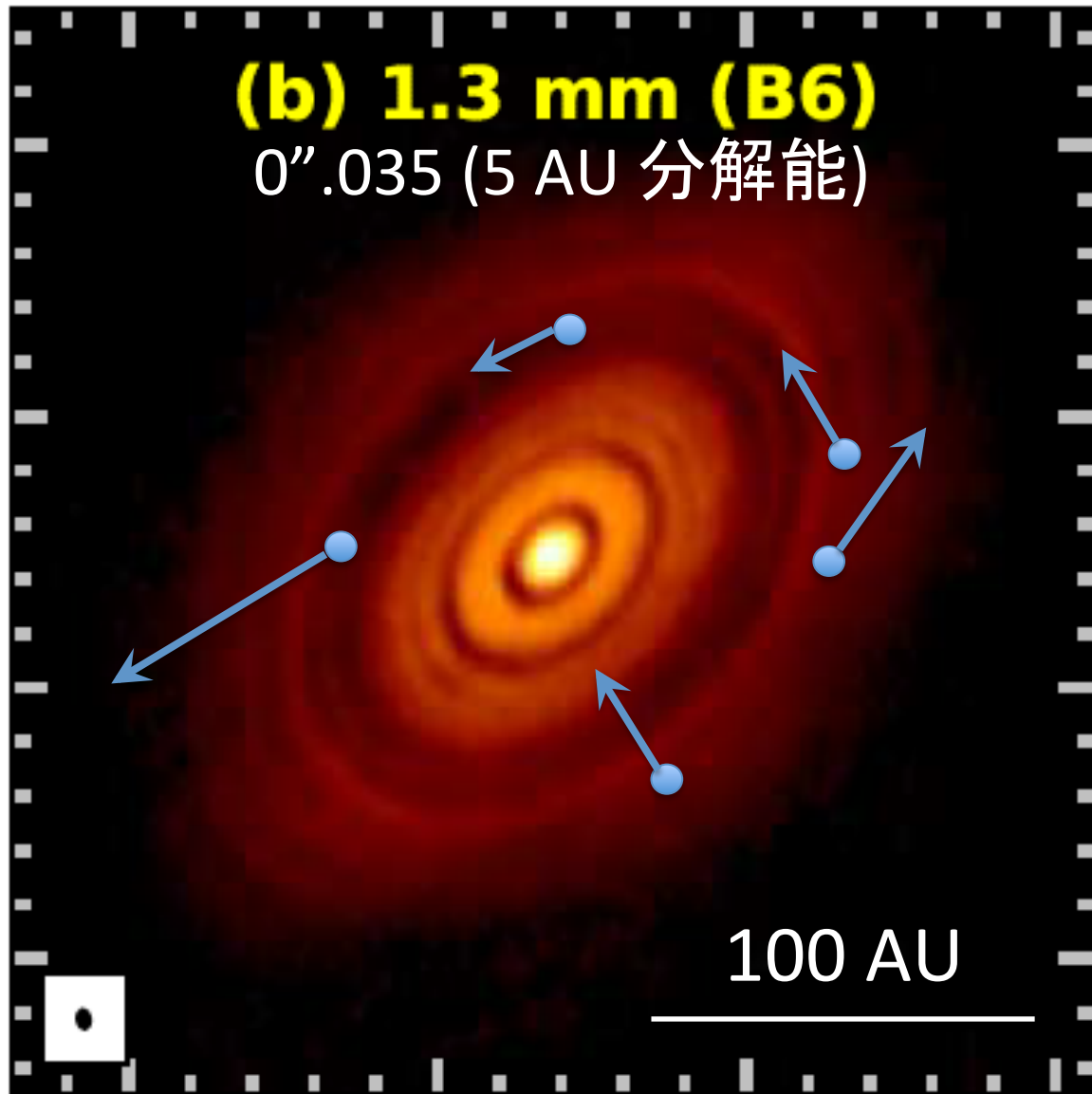
変動現象から何が言えるか/何を言うのか

例: 降着率変動 → 本当に長期の星進化に影響するか？

まとめ

- ALMA/SKA/TMTの最大分解能は10 mas
→星本体までたどり着くのは無理
- ALMAの輝線感度は星周100 AUスケールの観測をするには
実は不十分
- VLBI観測で速度場を補完できる可能性はあるが、高精度化
が必須。そのために取り組むべき課題が山のようにある。
→大雑把な議論を卒業。言いつばなし/やり逃げ禁止
最後まで研究の面倒をみましょう
- 時間変動現象はきちんとした科学検討を詰められるかが今
後の発展性を決める

最後に絵で考える我々の現状



で？

- ここから何を言う？
- どうデータを活かす？
- 分野にどんな寄与？