

自由浮遊惑星の起源に 関する観測的示唆

秋山 永治(国立天文台), Eduard Vorobyov (U. of Vienna), Hauyu B. Liu (ESO/ASIAX), Ruobing Dong (U. of Arizona), Sheng-Yuan, Liu (ASIAX), Jerome de Leon (The U. of Tokyo), & 田村 元秀 (ABC/The U. of Tokyo)

2017.7.10-12 基研研究会「原始惑星系円盤」
於: 京都大学 基礎物理学研究所

Outline

1. イントロダクション
 - ・観測天体 SU Aur 詳細
 - ・これまでの観測 (可視光、赤外線)
2. ALMAによる観測及びその結果
 - ・CO($J=2-1$)と1.3mm連続波
 - ・円盤とtail構造
3. シミュレーションとの比較
 - ・gas flow, encounter, ejectionの可能性
4. 今後の予定
 - ・広視野観測
4. まとめ

SU Aur

これまでの観測

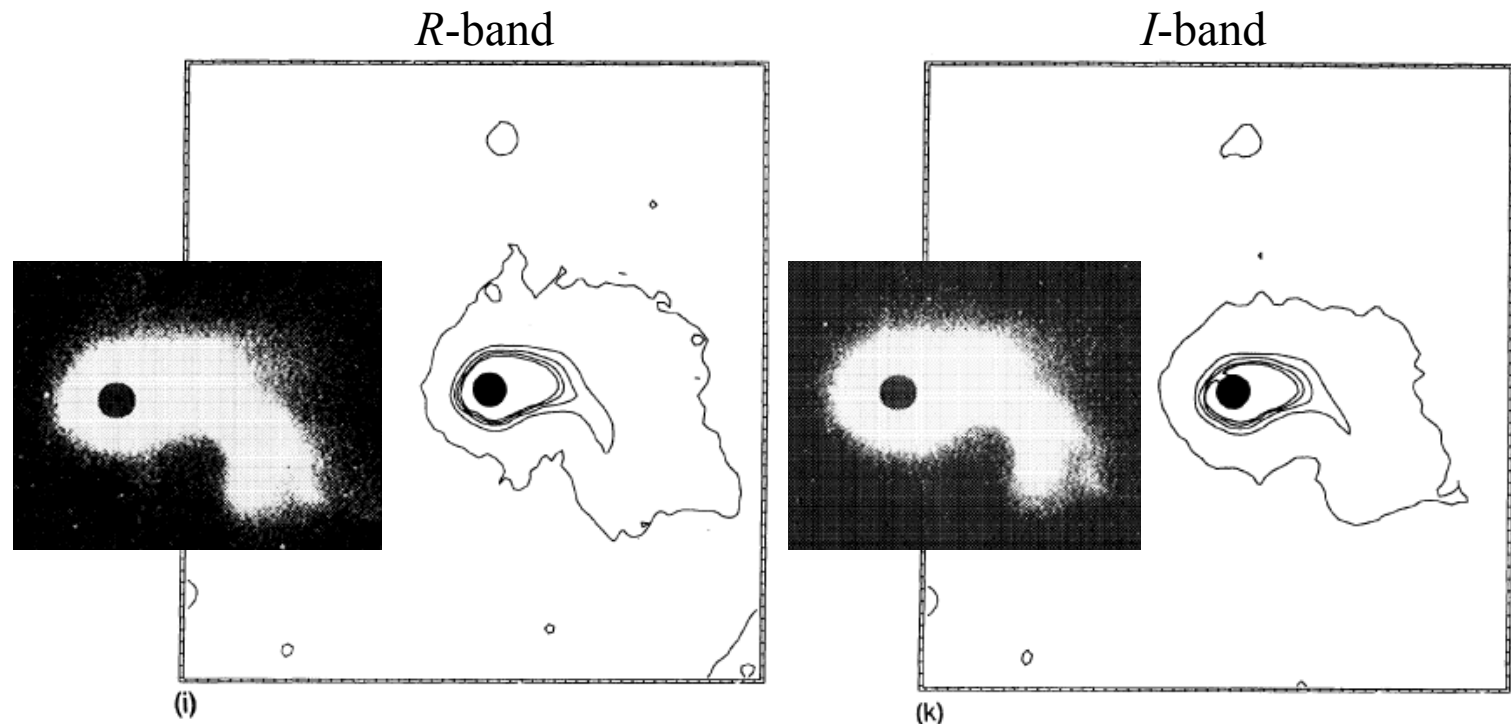
SU Aur 基本物理量

Parameter		Reference
Spectral Type	G2III	Herbig 1952
Stellar mass	$1.9 \pm 0.1 M_{\odot}$	Bertout et al. (2007)
Age	6.3 ± 1.3 Myr	Bertout et al. (2007)
Distance	143^{+17}_{-13} pc	Bertout & Genova (2006)
Mass accretion rate	$0.5\text{--}3 \times 10^{-8} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$	Calvet et al. (2004)
A_v	0.9 mag	Bertout et al. (2007)

SU Aurigae is a classical T Tauri star (Giampapa et al. 1993, Bouvier et al. 1993)

小質量星と中質量星の間

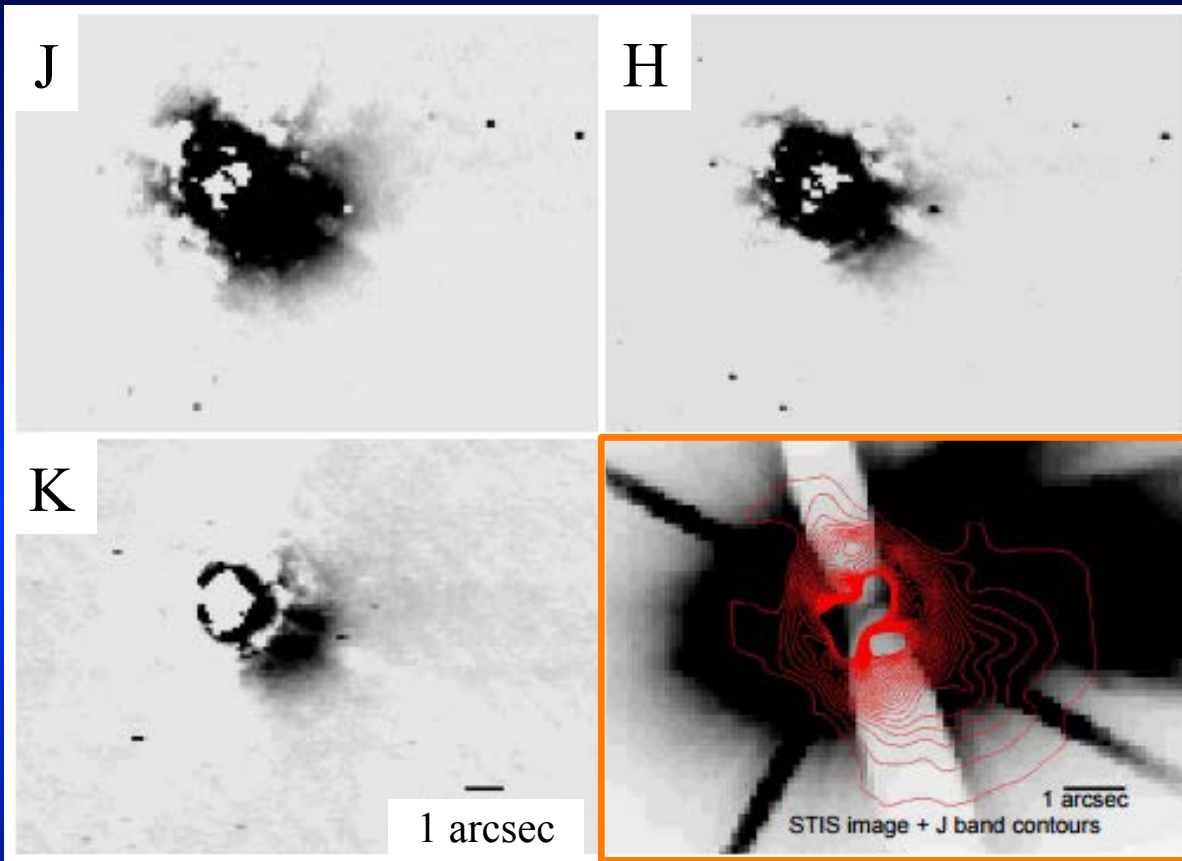
過去の観測 (Palomer)



Palomer 60 in. telescope / Johns Hopkins University Adaptive Optics Coronagraph
Inner most contour ~ 17 mag arcsec $^{-2}$; outermost ~ 22 mag arcsec $^{-2}$
FOV = $1' \times 1'$

Nakajima & Golimowski (1995)

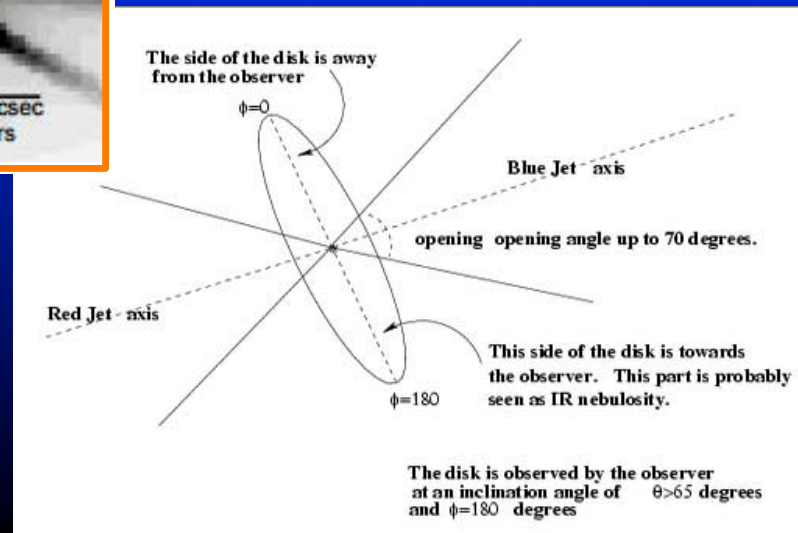
過去の観測 (MW & HST)



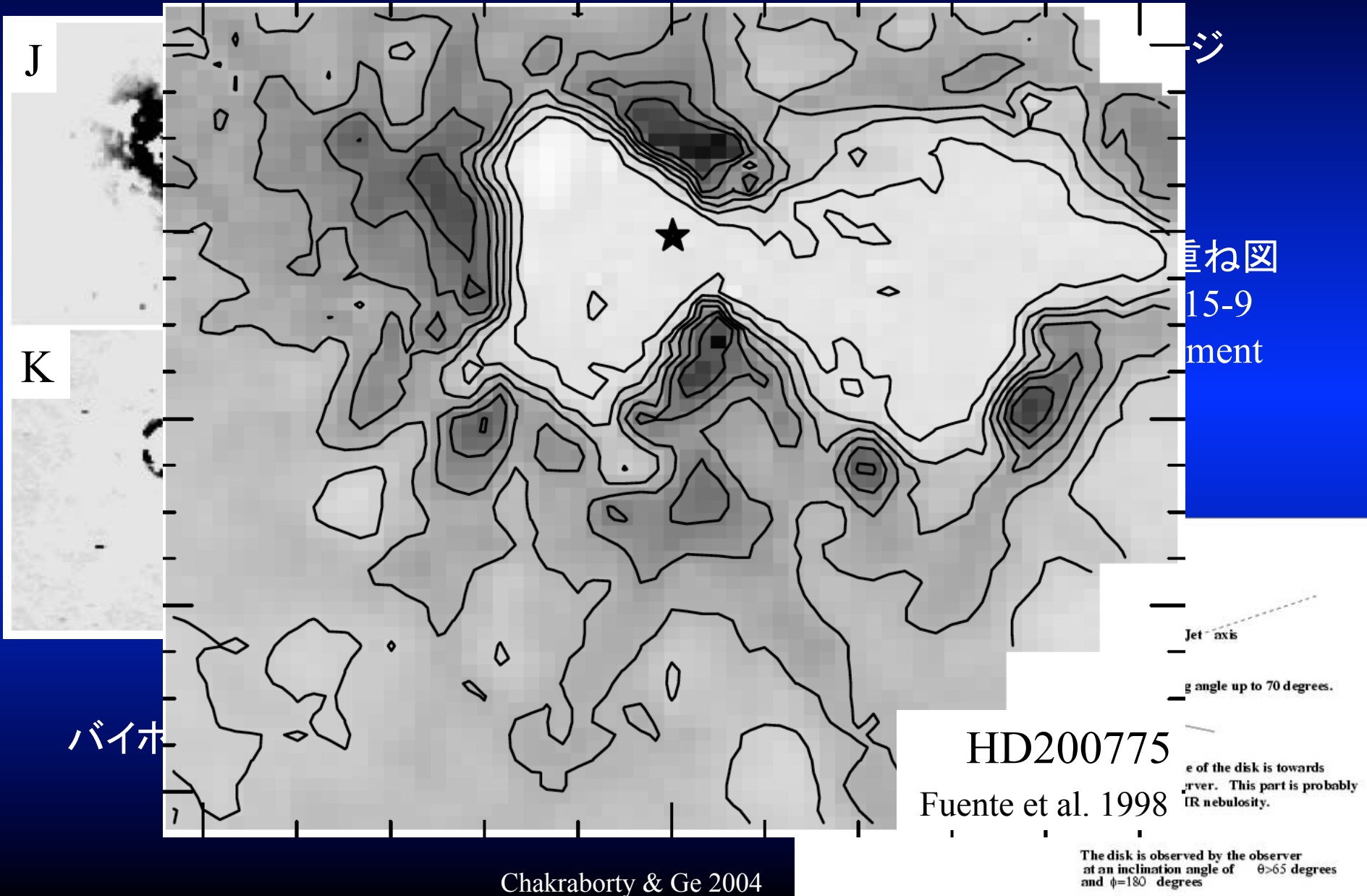
JHKバンドのイメージ

STISとHバンドの重ね図
 コントア: Jバンド、15-9
 mag / resolution element

バイポーラーアウトフローのreflectionである
 円盤の一部のみが見えている

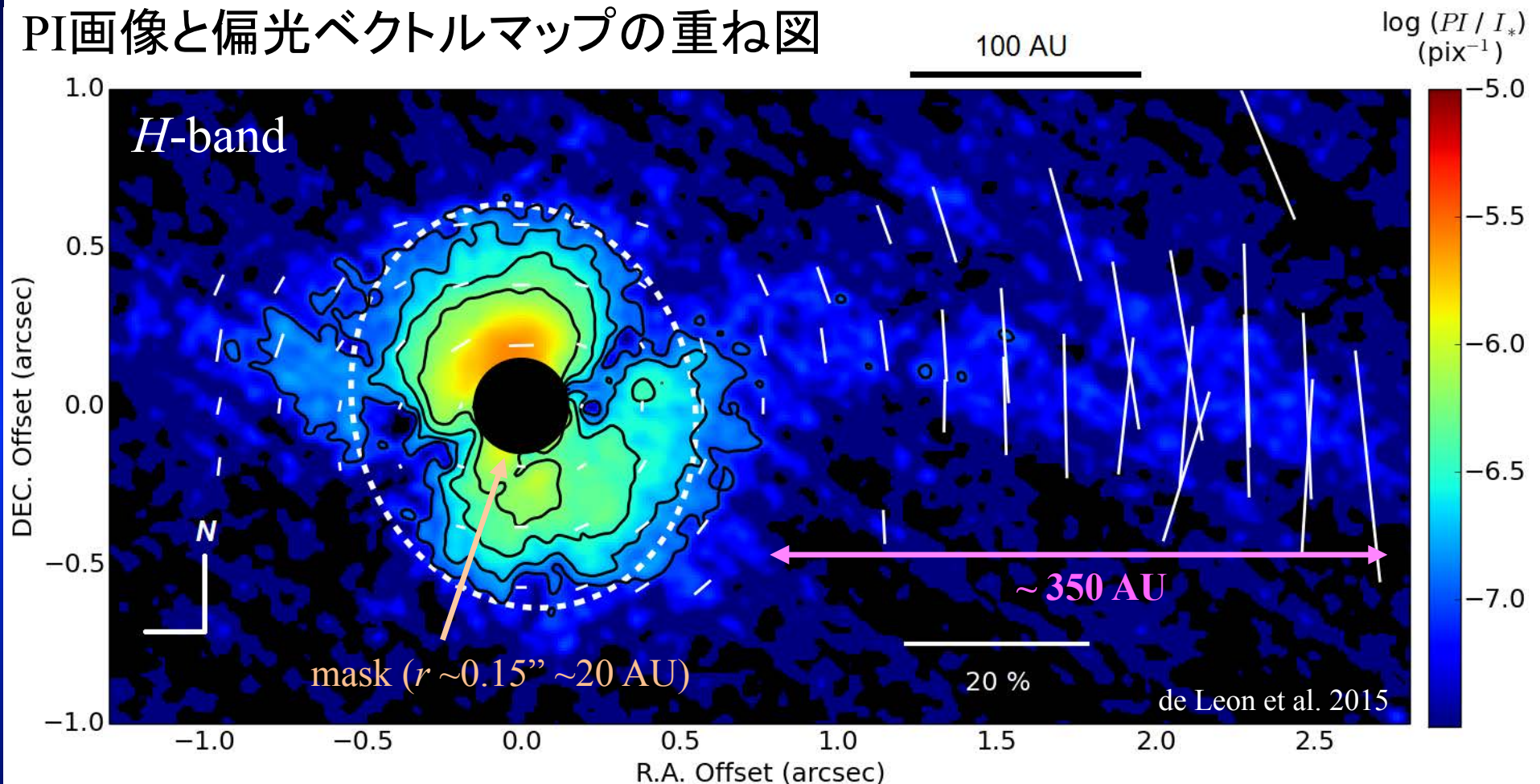


過去の観測 (MW & HST)



過去の観測 (Subaru)

PI画像と偏光ベクトルマップの重ね図



起源についての議論

- 1) reflection nebula
- 2) outflow cavity

- 3) collimated jet
- 4) tidal interaction with BD

ALMA観測

ALMA Observations 1

削除

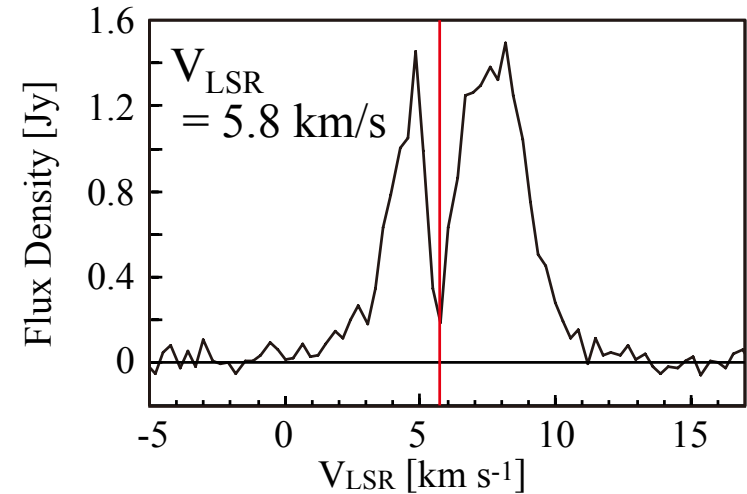
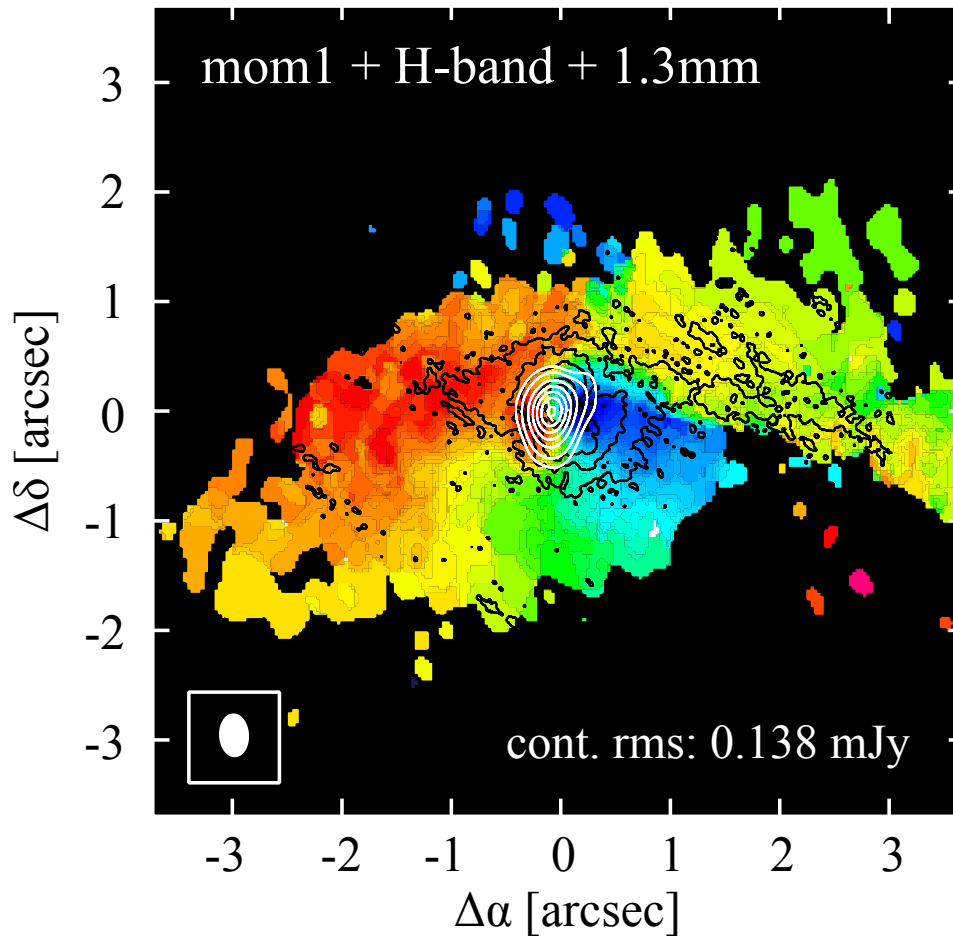
削除

削除

プロジェクト No. : 2013.1.00426.S
アンテナ数 : 37 – 40
観測日 : 19-Jul-2015 & 08-Aug-2015

積分時間(on source): 14m34s
rms: 26.5 mJy/beam·km/s
tail構造: 123.9 mJy/beam·km/s $\sim 4.7\sigma$

ALMA Observations 2



カラー: CO(2-1) moment1 map
黒コントア: *H*-band [2, 5, 10, 30 σ]
白コントア: 連続波 [5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 σ]

シミュレーション再現 その1

Hydrostatic simulation (Vorobyov & Basu 2010)

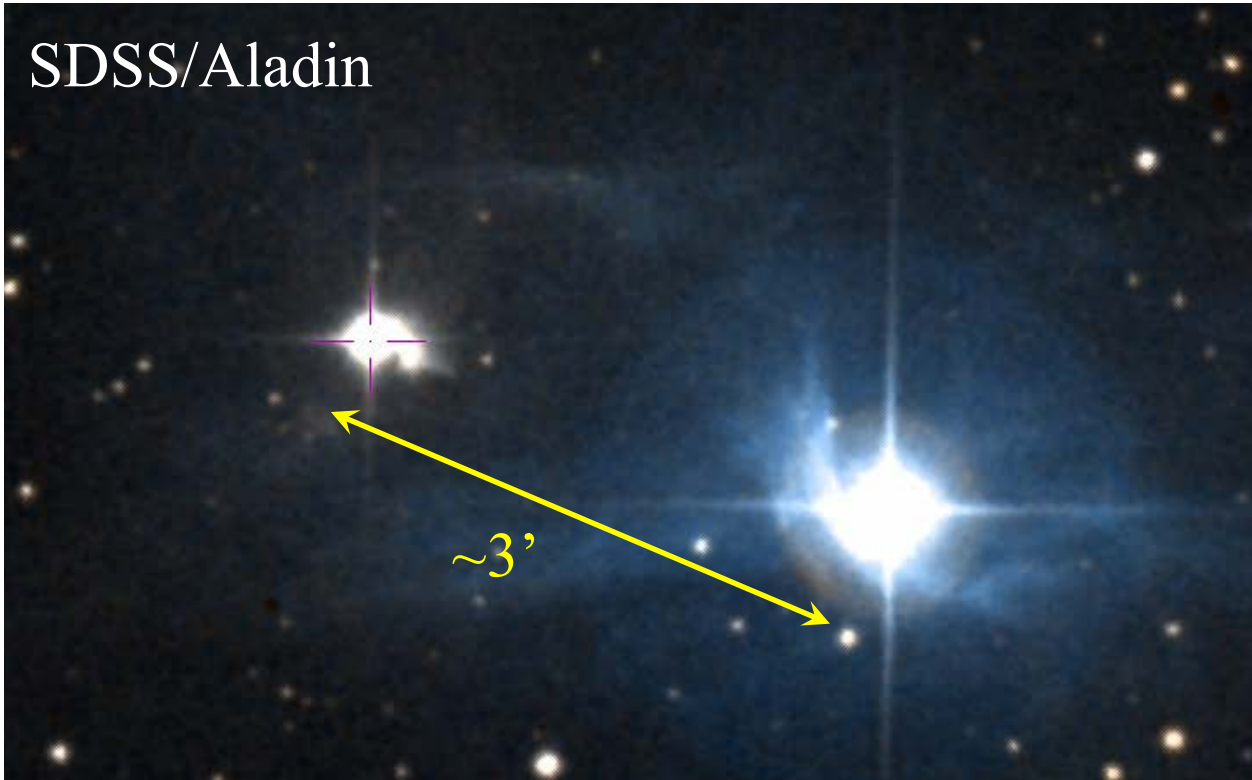
*Vorobyov & Basu 2006も参考

ガスの流れを受けtail構造が形成される可能性

SU Aur周辺は分子雲で囲まれている。

周囲の分子雲からポテンシャルの井戸に向かって流れる。

SDSS/Aladin

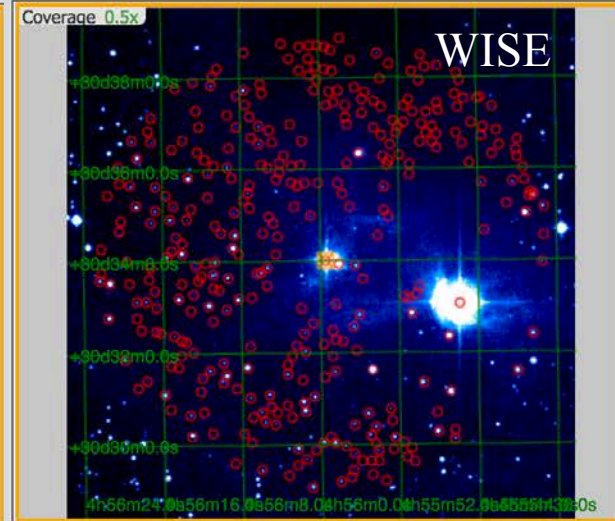
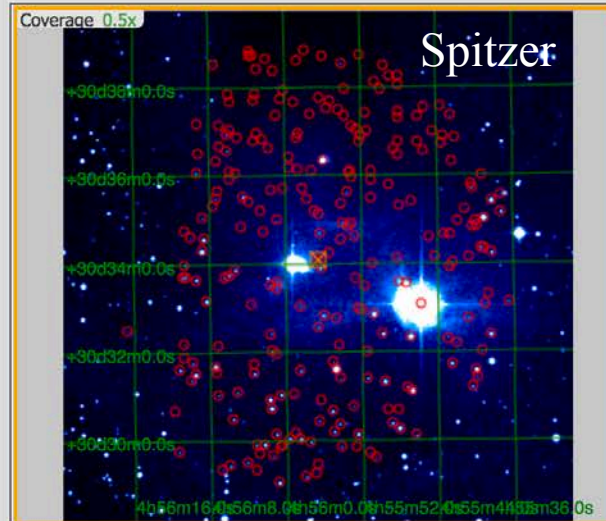
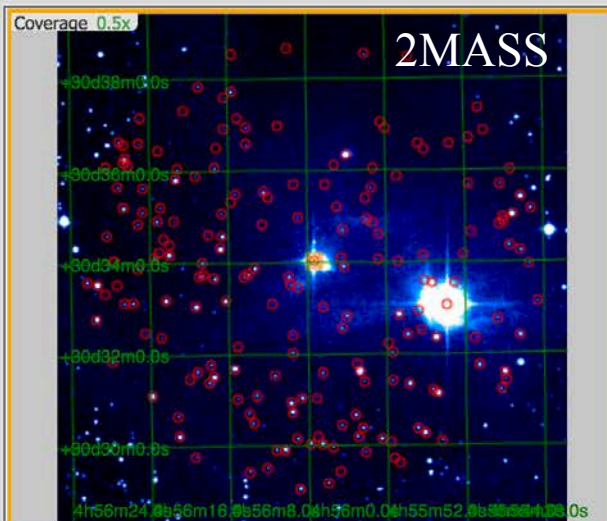


シミュレーション再現 その2

星もしくはblobと衝突し後にtail構造が形成される可能性

Taurus-Auriga領域には分子雲が存在する。
→質量(blob)降着が考えられる。

衝突天体の質量を0.05 Msで計算。0.02 Ms以下ではtail構造の形成は困難。



シミュレーション再現 その3

連星系で重力的に不安定性が生じることで天体が放出される可能性
重力的に束縛されている惑星もしくはbrown dwarfが放出される。



削除

1.3mm連続波による円盤質量

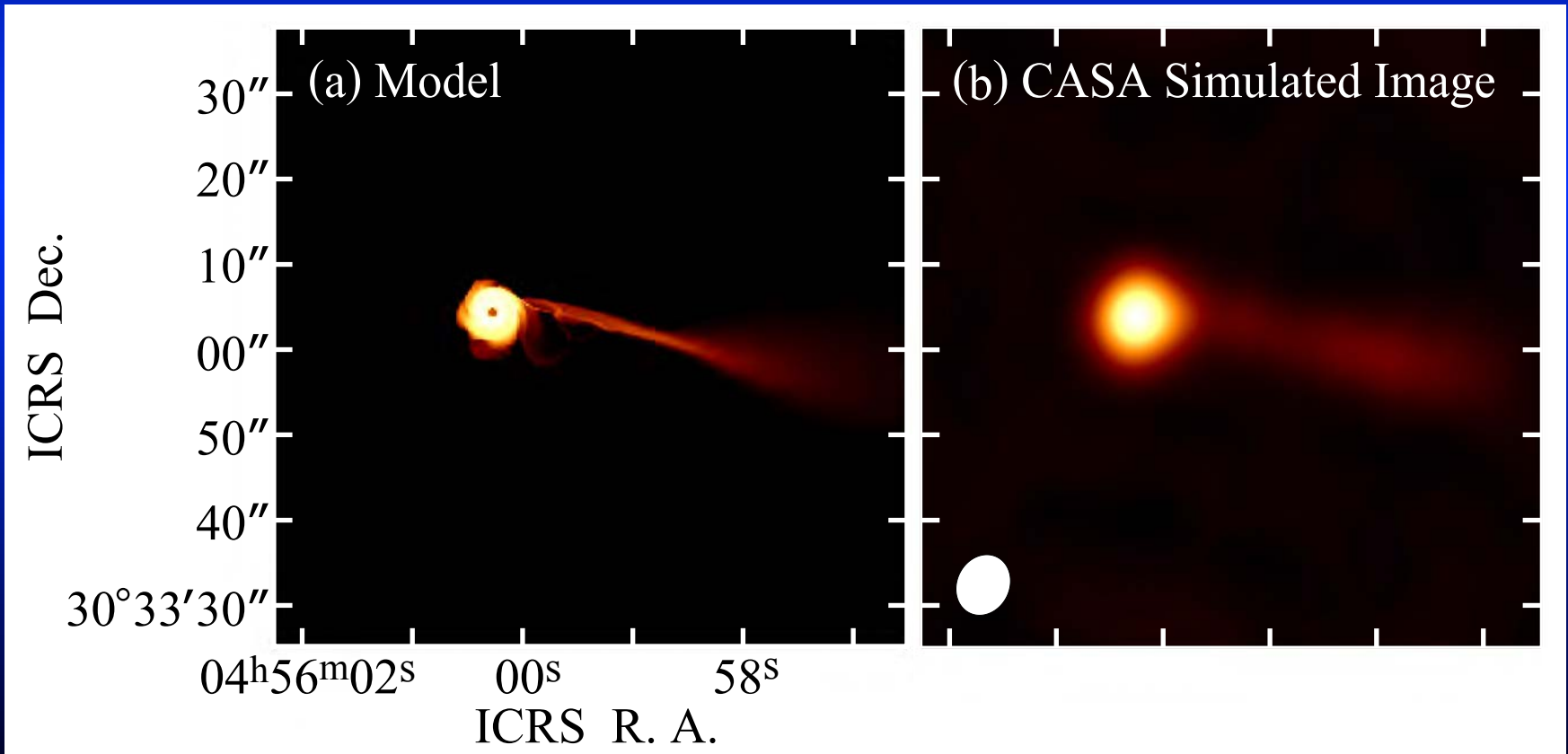
$$M_{\text{disk}} \sim 0.005 M_{\text{sun}}$$

円盤の質量が小さく不安定は起きにくい。

Future Works

ALMA ACA観測

- ・広視野観測 FoV ~ 46 arcsec @band6 これまでの約3倍広い
- ・ショックレーサー SiO観測 アウトフローの存在を確認



まとめ

1. SU Aurに対してALMA CO観測を行った

- ・長さ2000AU以上のtail構造が確認された。
- ・円盤とtail構造の速度はスムーズにつながっている。
- ・顕著なアウトフローやアウトフローキャビティは見られなかった。

→従来のアウトフローやアウトフローキャビティ内の反射光である可能性は低い。

2. tail構造の起源についての検証

- ・gas flow, (stellar) encounter, ejectionの可能性について調査した。
- ・円盤の質量が小さいことからejectionの可能性は低い。
- ・いずれの可能性も円盤から質量が放出されることとなり、惑星やBDが外部へ放たれる可能性が考えられる。

END