

22 GHz VLBIと大質量星形成

北海道大学D2

JSPS Research Fellow DC

元木業人

協賛: 徂徠和夫 (北大)

目次

1. イントロ:大質量星形成
2. 22 GHz VLBIと大質量星形成:
 - 2.1 背景:アウトフローの話
 - 2.2 元木的な攻め口の例: G353.2+0.6

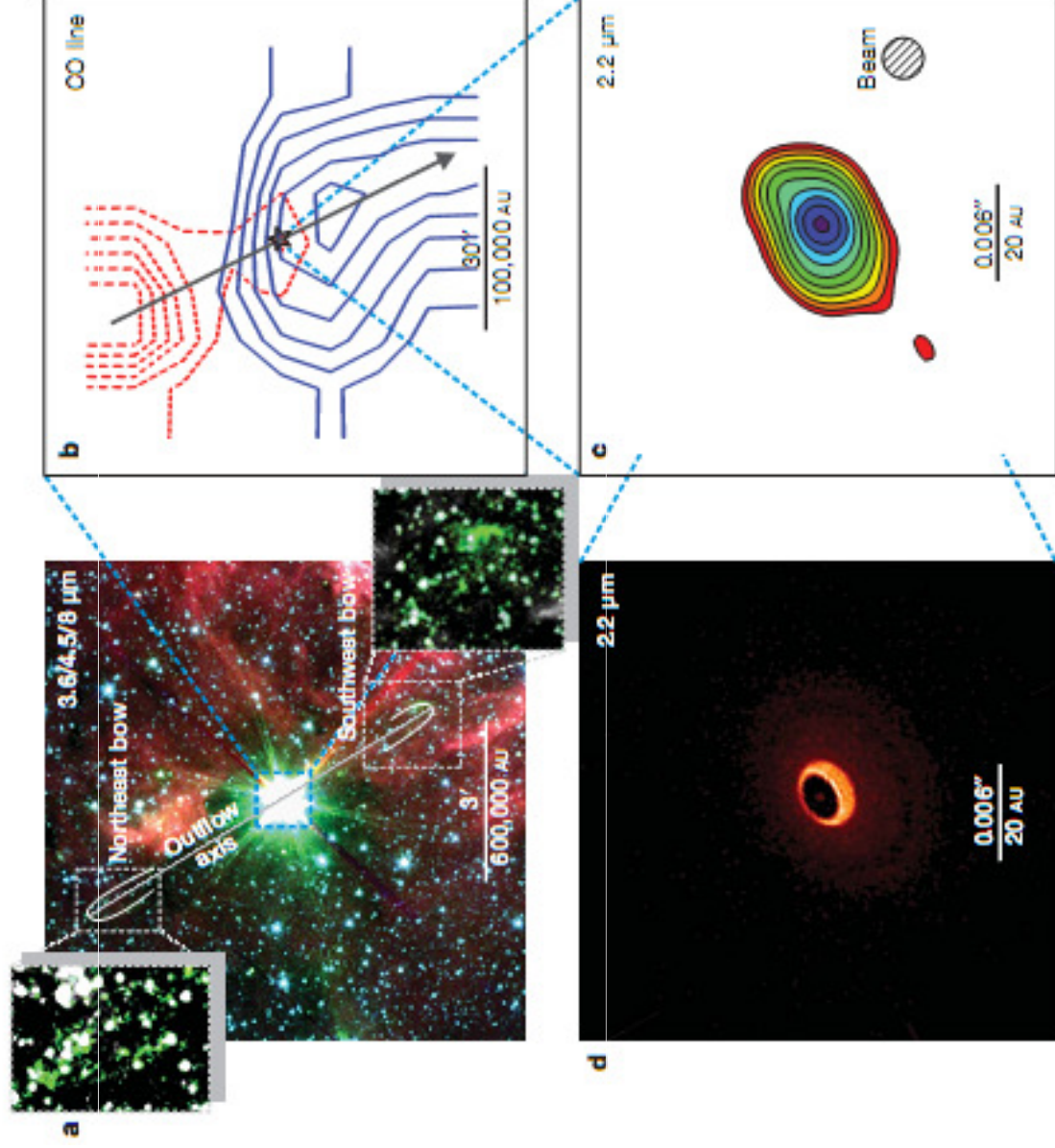
***一部過激な主張発想が含まれています。**

大質量星形成

大質量星形成

- 質量降着による形成はほぼ確定

Kraus et al.2010, nature, 446, 339



- VLT/IR:合成ビーム

2~3 mas !!

- 20au**スケールの

星周円盤構造

$R \sim 10 - 130 \text{ au}$, $20 M_{\text{sun}}$
flared disk

- 中心星

$20 M_{\text{sun}}$, $\sim 10^4 \text{ K}$, 10^4 yr ?

(Grave et al.2009)

コリメートアウトフロー

UCHIIなし?

円盤蒸発開始直前?

母体コア

$10^{-3} - 10^{-2} M_{\text{sun}} \text{ yr}^{-1}$
(e.g., Chen+ 2010)

予想される構造図

$10^3 - 10^4 \text{ au}$: 電波干渉計

10 - 100 au: 赤外干渉計

$\sim 0.3 \text{ au}$



原始星

星周円盤

(Kraus+2010)

$\sim 10^{-4} M_{\text{sun}} \text{ yr}^{-1}$?

??

周星団エンベロープ
(円盤?, トロイド?)

(e.g., Beuther+ 2009)

$\sim 10^{-3} M_{\text{sun}} \text{ yr}^{-1}$

ココの接続は不明

- 興味はより詳細な質量降着メカニズムへ

「高降着率での円盤降着」?

理論的な予言 (e.g., Hosokawa+ 2009, 2010)

原始星半径の膨張 $\sim 100 R_{\text{sun}}$

水素燃焼時期の遅延 $\sim 20 M_{\text{sun}}$ @ $10^{-4} M_{\text{sun}} \text{ yr}^{-1}$

定常降着の上限 $\sim \text{a few} \times 10^{-3} M_{\text{sun}} \text{ yr}^{-1}$

⇒ 実際に非定常降着があるかは不明

観測的には

低温($\sim 5000 \text{ K}$)高輝度($10^5 L_{\text{sun}}$)

のMYSOの存在と合致? (e.g., Testi+ 2010)

⇒ 一部の「HCHII region候補」はこれで説明可

22GHz VLBIと大質量星形成

22 GHz VLBI で何をやる?

- Low massのような連続波観測は厳しい...
⇒水メーザーが唯一のツール
 - 水メーザーと大質量星形成
- ①VERAで距離測定: 詳細な議論には不可欠
例: W28A2 (Motogi+ 2010, submitted)
 - ②JVNなら「アウトロー」

背景:アウトフローの話

所謂双極フローの駆動機構候補 for low mass (e.g., Machida+ 2008)

- エネルギー源: 重力
- 駆動機構: MHD的
- 駆動場所: 降着円盤
- 回転 > 磁場の領域
⇒ 高速、磁場ガイド = ジェット
- 磁場 > 回転の領域
⇒ 低速、外圧でガイド = アウトフロー
の2重構造?
- さらに外側に Entrainment flow

所謂双極フローの駆動機構候補 for low mass

2008)

jet (high velocity)

outflow (low velocity)

• 工ネ

• 駆動

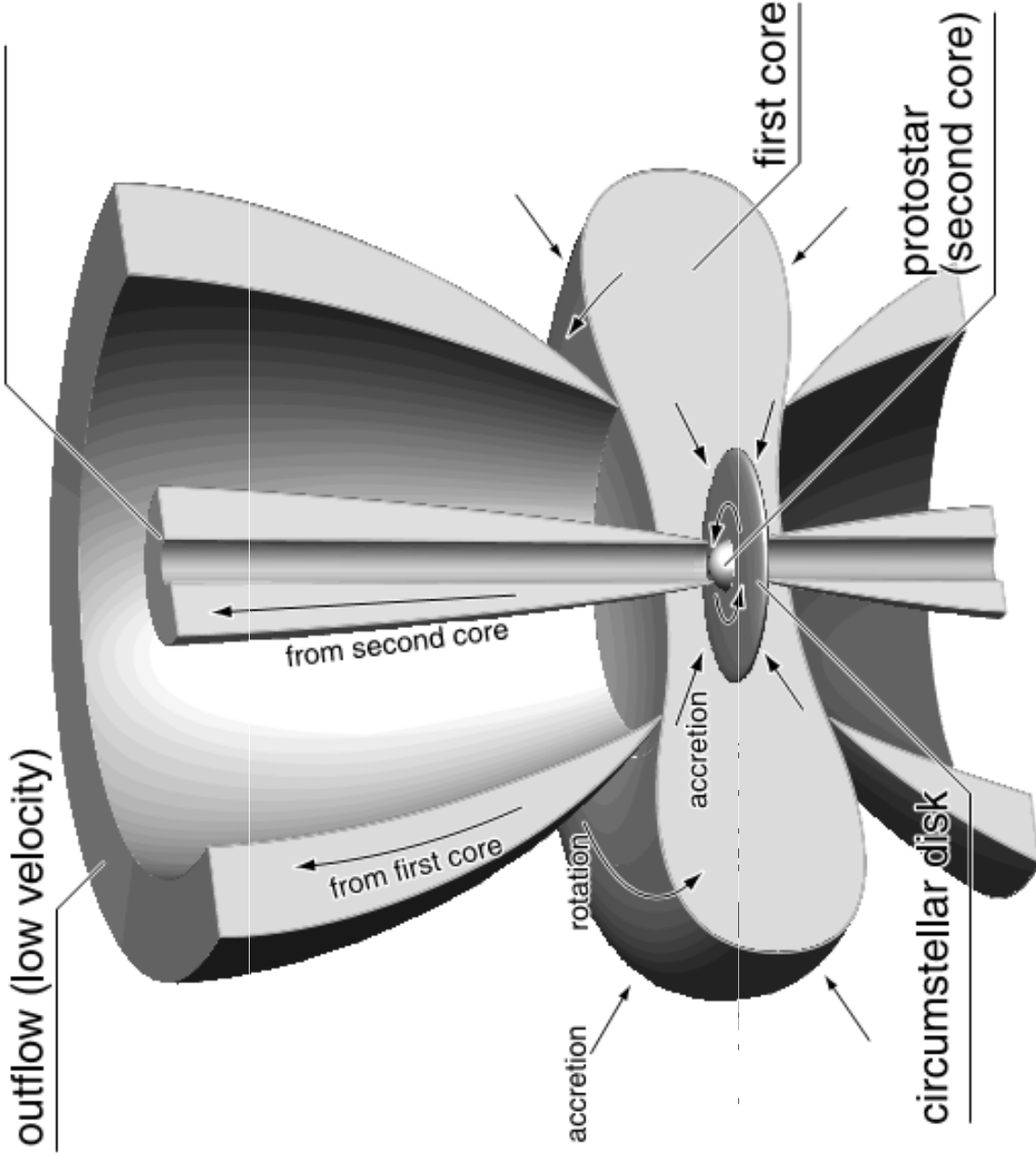
• 駆動

• 回転

⇒

磁場

⇒



造?

• さらに外側にEntrainment flow

所謂双極フローの駆動機構候補 for low mass

2008)

- 工ネ

- 駆動

- 駆動

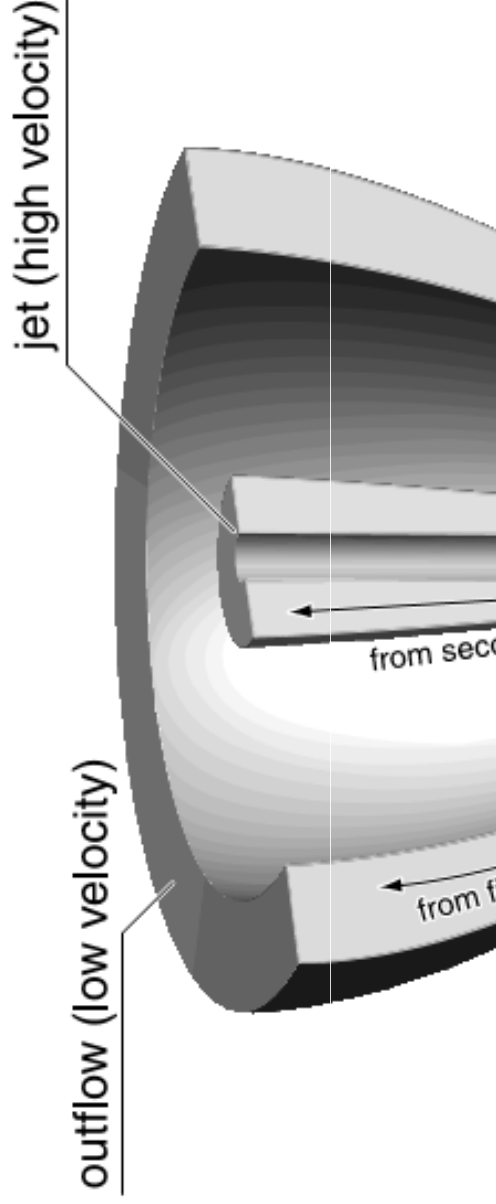
- 回転

⇒

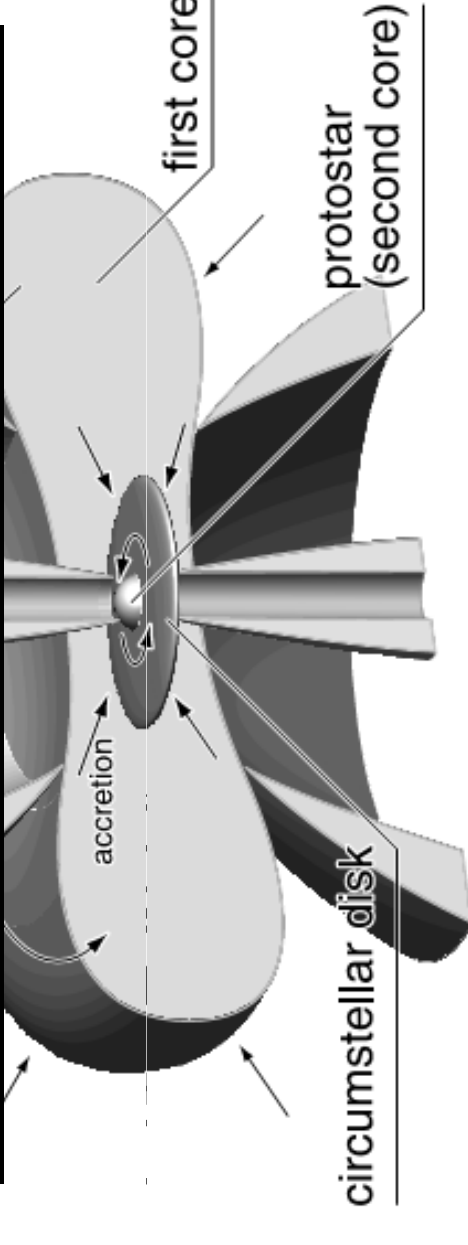
磁場

⇒

- さらに外側にEntrainment flow



本質的にはHigh Mass
でも同じではないはず



造?

水メーザーはアウトフロー?

- 双極アウトフロー型

例: 多数(そう解釈してるだけ?)

- (Proto-) Stellar wind , or 赤道流:

例: W75N?

その他

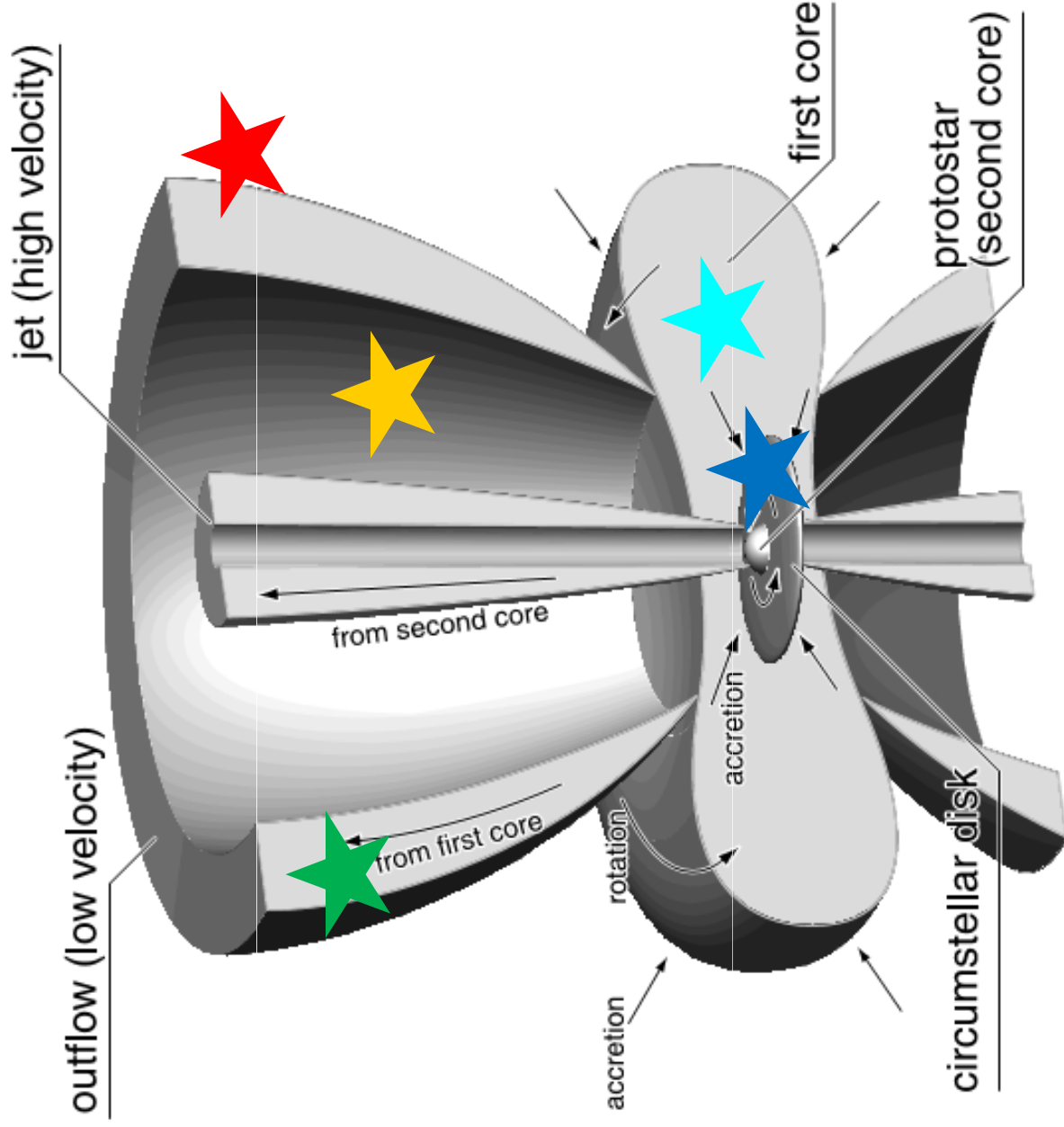
脈動、連星相互作用でも衝撃波は起こる

⇒天体側の状況に応じて

見てるものが変わっている?

メーザーの出そうな

高密度ガス+衝撃波の場所候補



1:Cavity 外壁

フローと母体コア

2:Cavity 内壁

ジェットとフロー

3:アウトフロー内

内部衝撃波

4:円盤表面

5:エンベロープ内壁

星風, 降着流, etc

攻め口の例

: 最近のおもしろそうな天体(私見)

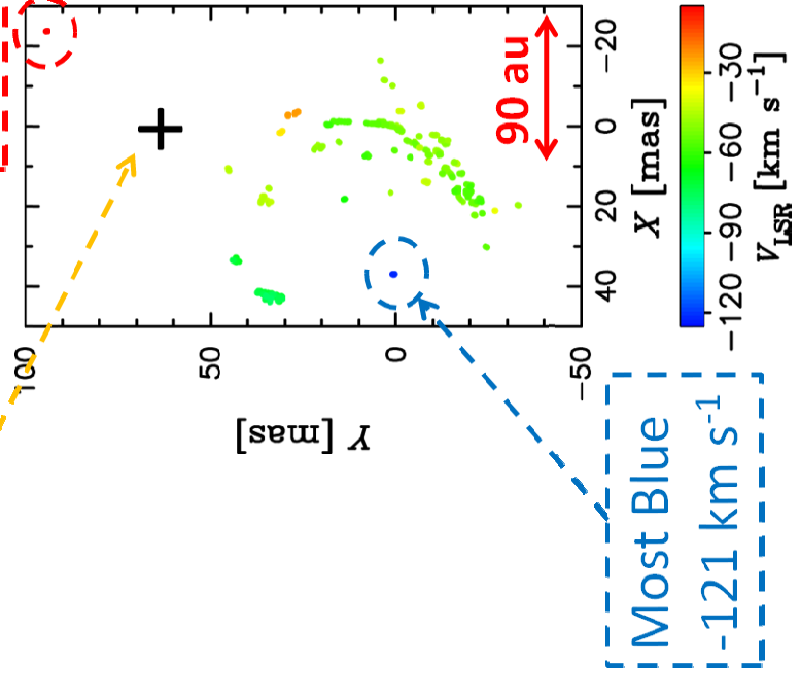
OG353.2+0.6

- 間欠的強度変動
と同時に構造も変動

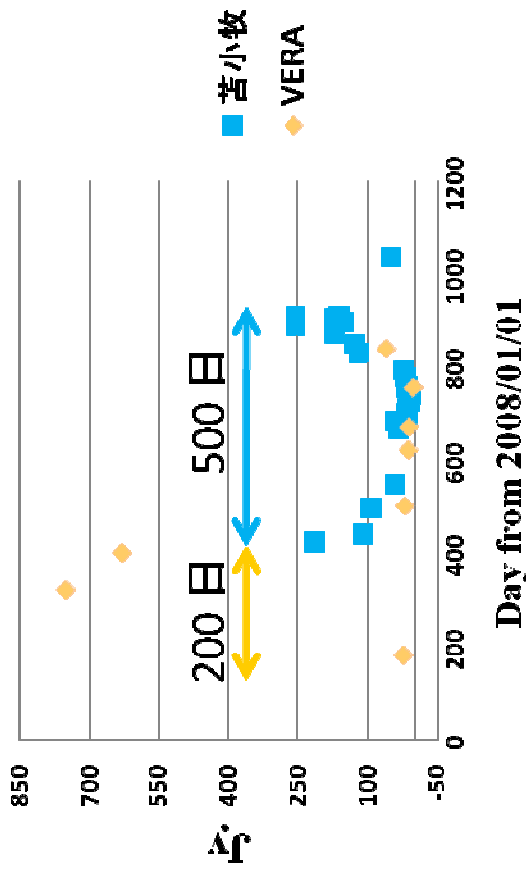
(Motogi+ 2010 in prep)

Center of CH₃OH
Maser @ 6.7 GHz

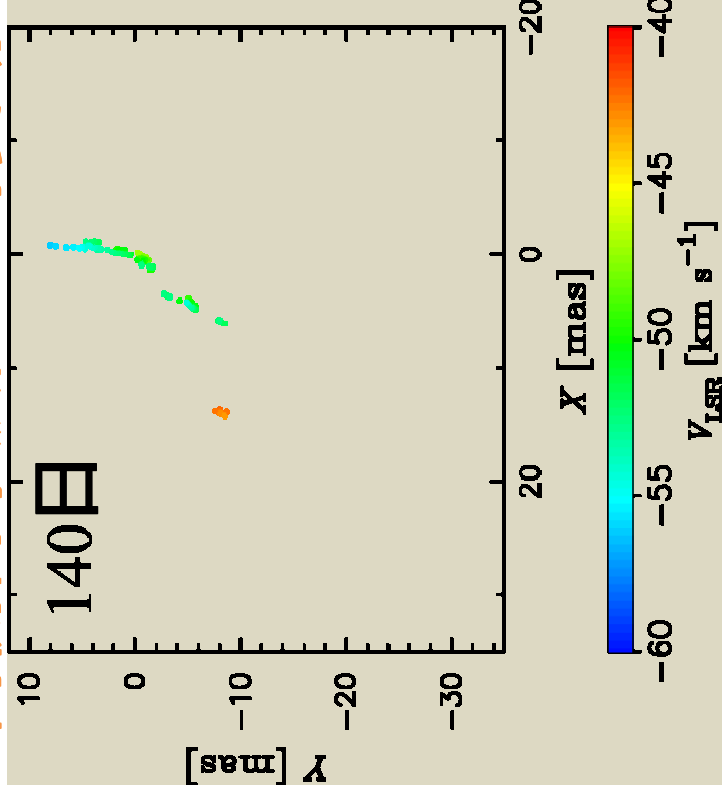
Most Red
-5 km s⁻¹



○-50 km s⁻¹ 成分の光度曲線



○南側衝撃波面の時変動



OG353.2+0.6

- 間欠的強度変動

と同時に構造も変動

予想される解釈:

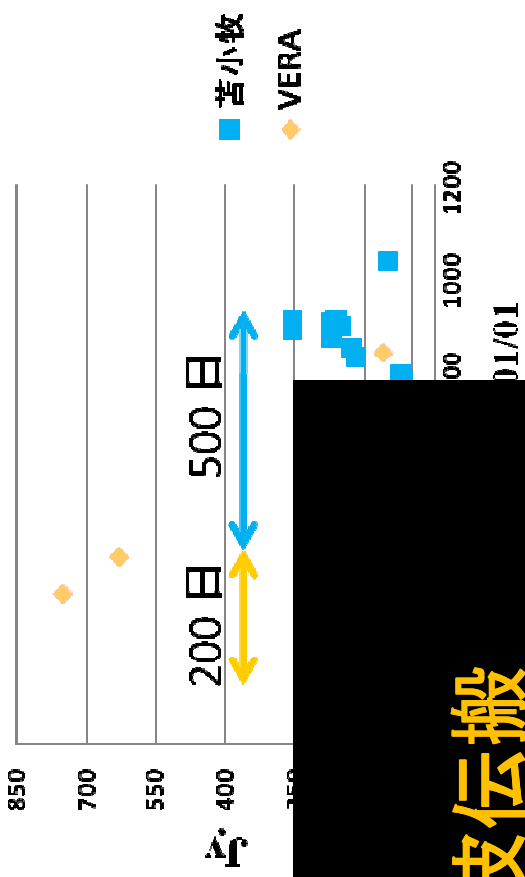
- 間欠的な衝撃波伝搬

+

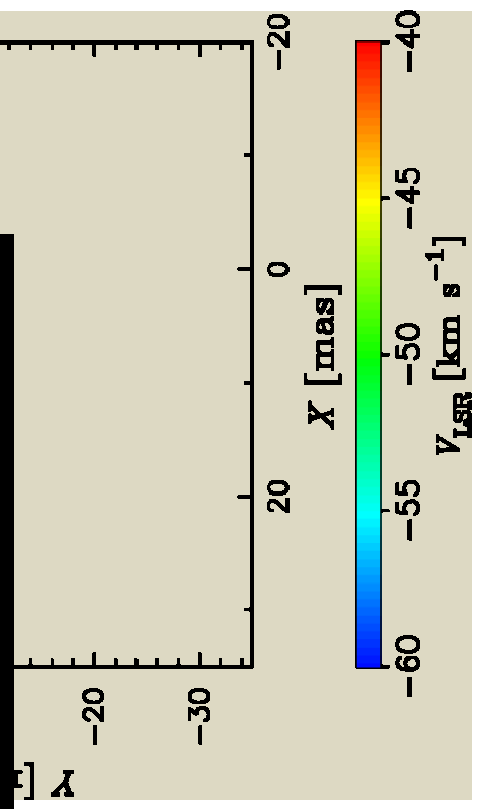
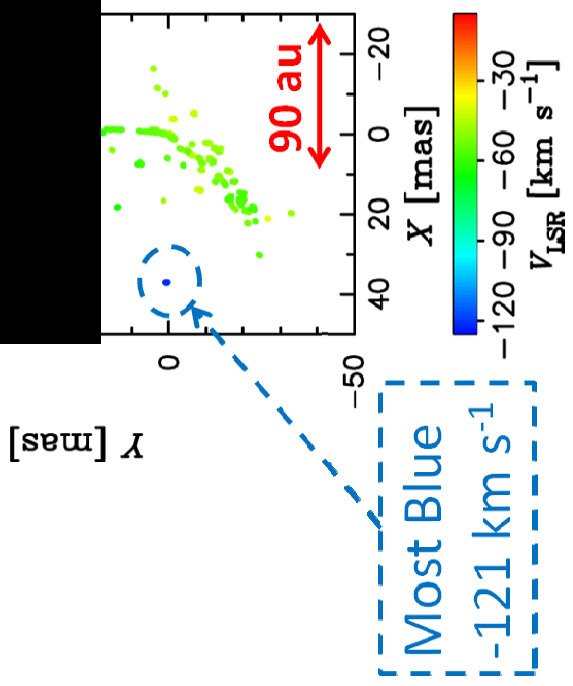
- メーザー源の自壊時間と伝搬間隔がコンパラ

(MOT)
Center of CH₃
Maser @ 6.7

O-50 km s⁻¹ 成分の光度曲線



時変動



仮定: G353の水メーザーが

双極アウトフローに付随

解釈: 間欠的なアウトフロー駆動を反映?

- 光学ジェットの間欠性はLow massで指摘あり
(e.g., Parker+ 1991)
- Machida+2008の駆動領域 $\sim 0.1 - 1au$
 \Rightarrow 人間の時間スケールで変動可

この場合に期待されること

- MHD的なフローの駆動は
質量降着とカップル
- 円盤から原始星への質量降着は恐らく
MRI(磁気回転不安定)が作用

この場合:

降着時間 ～ 回転時間

アウトフローの時間変動

**⇒ 質量降着の詳細な挙動
を得られたら素敵...**

なぜ素敵か？

○アウトフロー駆動領域の直接観測は可能か？

⇒おそらく相当困難

理由1: 分解能不足

ALMAでは1ケタ厳しい

若すぎ: K-bandで見えない

⇒近赤外干渉計は無理

理由2: 通常分子, ダストでは光学的に厚すぎ

or レア分子では感度不足

(e.g., Yamada+ 2009)

なぜ素敵か？

○アウトフロー駆動領域の直接観測は可能か？

⇒おそらく相当困難

理由1: 分解能不足

**しぼらくは
他の攻め手が無い!**

理由2: 通常分子, ダストでは光学的に厚すぎ
or レア分子では感度不足

(e.g., Yamada+ 2009)

2 兎目を探すなら

- 変動タイムスケールの短いメーザー
- 強度と同時に空間的にも変動するメーザー
(内部構造による変動を除外)
- 星の近くで駆動: 高速成分のあるメーザー

欲を言えば...

- 他波長のデータがある(G353はほぼ皆無...)
- なるべく南側の天体
当然ALMAやVLTIで追観測可能な方がいい。

必要な要素

- 単一鏡モニター：とりあえず苦小牧11 m(感度が...)
- メーザー感度: 大口径鏡の参入に期待
⇒低DEC天体なら山口の22GHzはかなり重要
- キャリブレーション感度: 光結合局が重要
「片ローブ」しか見えない場合は絶対位置が必須
⇒イメージングと絶対位置測定を別に行う?
- 一種の「突発天体」なので
単一鏡と連携したVLBIモニター
に即した高機動の体制

大質量星形成しません？