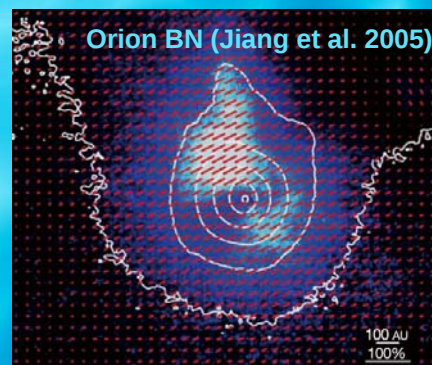


大質量星形成領域G192.16-3.84 水メーザースポット群が付随する ジェットとガストーラス

今井 裕・面高俊宏(鹿児島大)
廣田朋也・梅本智文(国立天文台)、
俎徠和夫(北海道大)
近藤哲朗(NICT)

7太陽質量までの星は単独で形成できるらしい
(e.g. Orion BN object, Jiang et al. 2005)

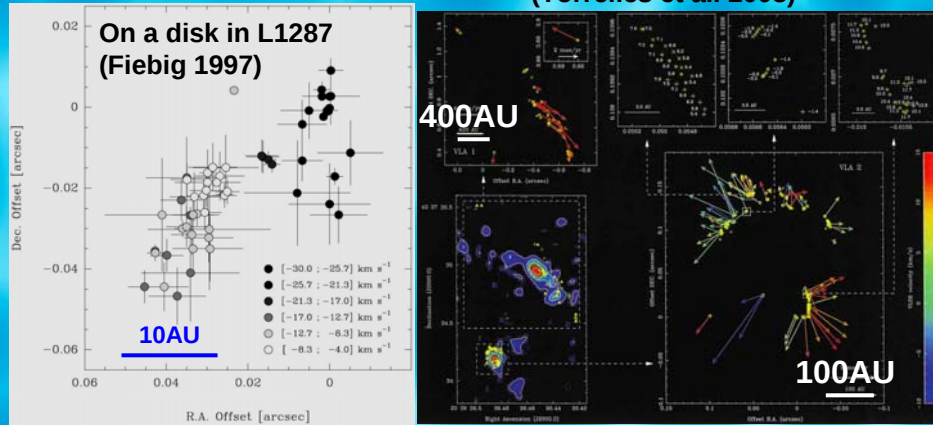
- ◎ 巨大な(分厚い)ガストーラスの存在(>100 AU)
- ◎ 直接YSOへ落ち込むガスを見ている？
- ◎ 水メーザーのVLBI観測ならば、
YSOへのガス降着を直接見えるかもしれない (<100 AU)



多様な水メーザースポット群の分布・運動

- ◎ 殆どは双極分子流に付随(極端に絞られたものもある)
- ◎ 稀にガス円盤に付随するものがある(確証をまだ得ていない)
- ◎ 分布・運動の違いは星形成進行段階の違い?

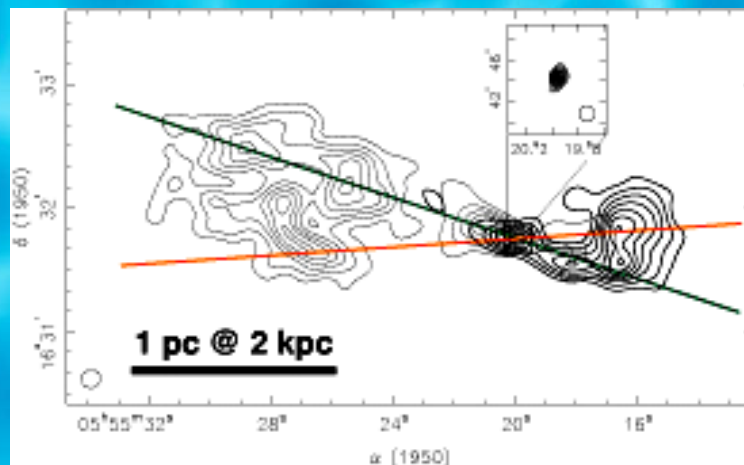
Along a jet and a ring in W75N
(Torrelles et al. 2003)



G192.16-3.84

- ◎ 並行に並ぶ2つの双極分子流(力学的年齢もほぼ同じ)
- ◎ 8太陽質量のMYSOが存在

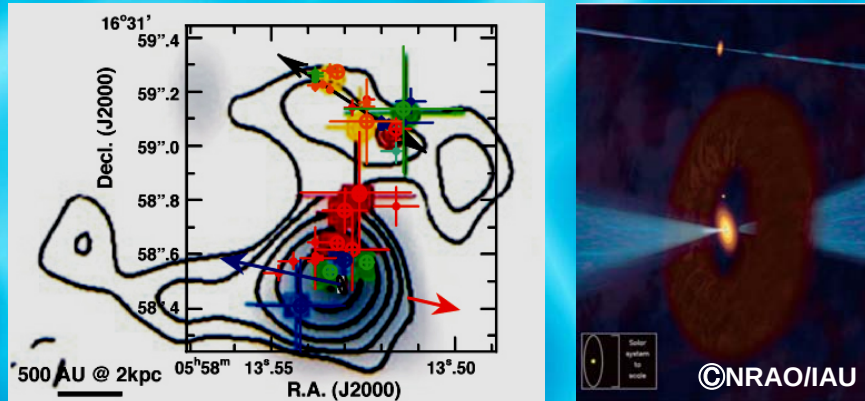
CO分子で見る2つの双極ガス流 (Shepherd et al. 1998)



G192.16-3.84

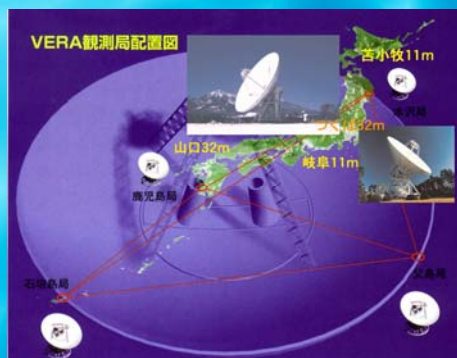
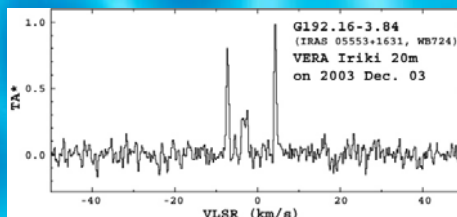
- ◎ 8太陽質量のMYSOが存在
- ◎ 水メーザースポット群の分布が対照的(分子流に平行／垂直)
- ◎ 進化段階の差？星質量の差？星周物質分布の差？

8GHz連続波放射(等高線)+水メーザー(色点) (Shepherd et al.)



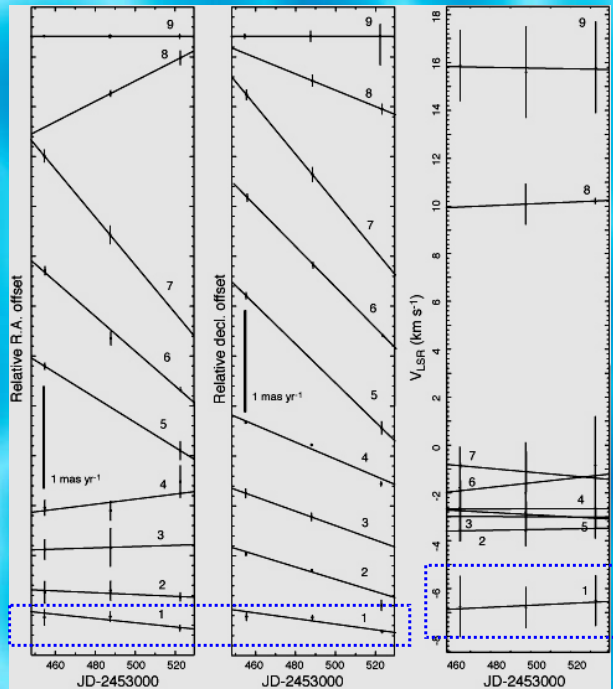
J-Net 観測によるG192.16水メーザー源の観測

- ◎ 4台×VERA 20m鏡
+ NRO 45m 鏡
+ NICT 34m 鏡
- ◎ 2005年 3/25 (10時間),
4/27(10時間), 6/1(8時間)
- ◎ VERA dual-beam観測:
メーザー源の絶対座標を計測
($\sigma \sim 10$ mas)
再遅延追尾補正はしていない
VLA測定座標を再現
- ◎ ちょうどメーザー増光時に
観測できた



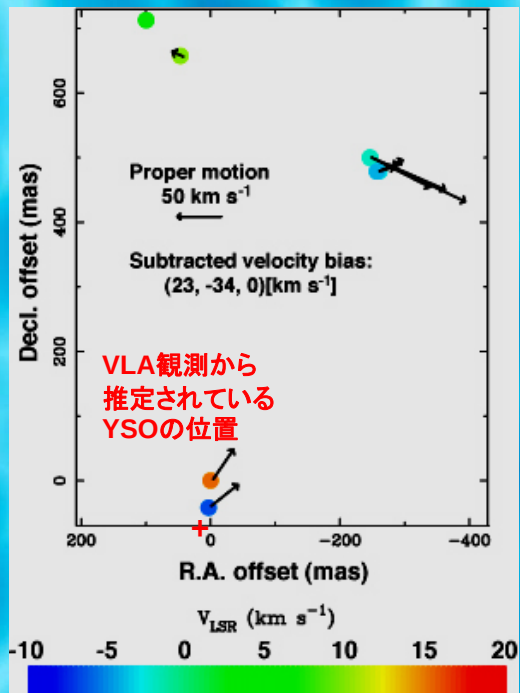
水メーザー スポット 相対固有運動

- ◎ 北部／南部で
それぞれ 8個
／2個の スポット運動を計測



水メーザースポット群 の分布・三次元運動

- ◎ 北部ジェット方向=
速度分散が最大の方
- ◎ 南部にある2つの
メーザースポット:
南北方向にお互いに
遠ざかっている
→ガス円盤存在に対する
新たな傍証
- ◎ 北部--南部スポット群が
お互いに接近しつつ
ある ($\sim 50 \text{ km/s}$)



回転降着 ガス円盤モデル (Cassen & Moosman 1981)

$$v_r = -(GM_*/r_i)^{1/2}$$

$$v_\theta = (GM_*/r_i)^{1/2} \cos \theta_0 = 0 \quad (\text{on a disk})$$

$$v_\phi = (GM_*/r_i)^{1/2} \sin \theta_0$$

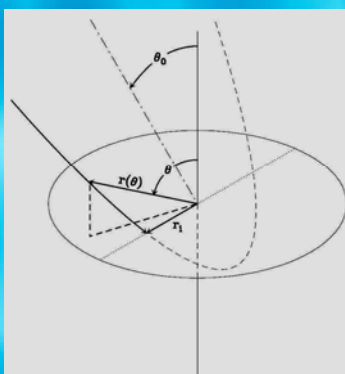
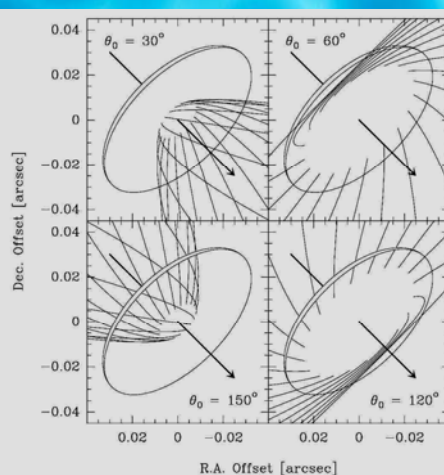


Fig. 3. Trajectory of a clump approaching the accretion disk (according to Cassen & Moosman 1981); θ_0 is the angle between the disk/cloud rotation axis and the trajectory plane.



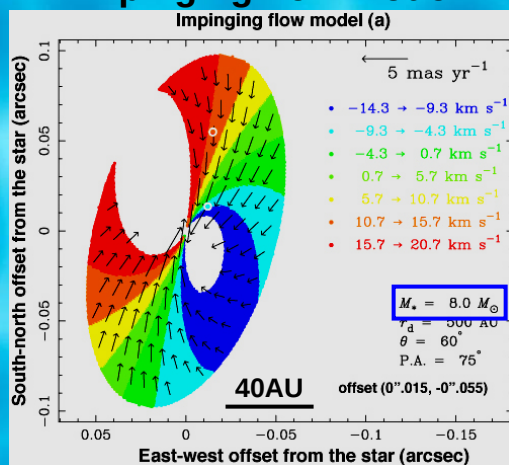
南部領域: 降着ガス円盤の存在

スポット分布 + 視線速度 + 相対固有運動

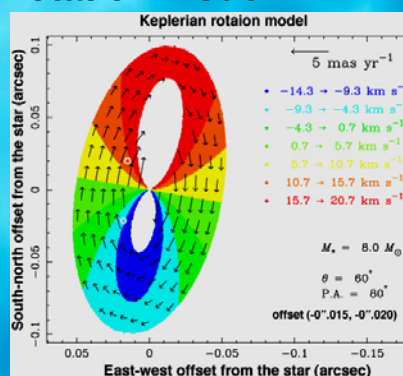
+ 絶対座標 (星との相対位置)

→ impinging flow model を支持

Impinging flow model



Pure Keplerian rotation model

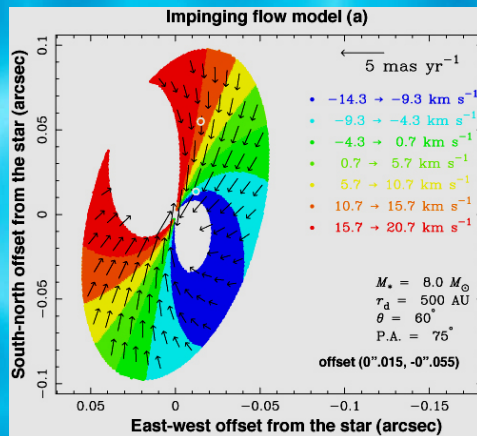


推定質量降着率:

$$\dot{M}_* [M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1}] = \int_0^{r_d} 2\pi r \rho v_{\theta}(r) dr \approx 1.1 \times 10^{-4} [n_{\text{H}_2} / 10^{-6} \text{cm}^{-3}] [M_* / 8 M_{\text{sun}}]$$

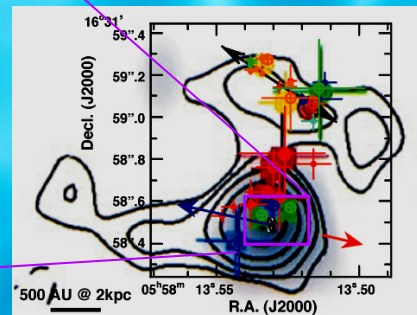
メーザー励起条件を満たす領域がやや広い:

やや高めのクランプ温度が必要



$$V_{\theta} > 4.2 [T_{\text{clump}} / 100 \text{ K}]^{1/2} [\text{km/s}]$$

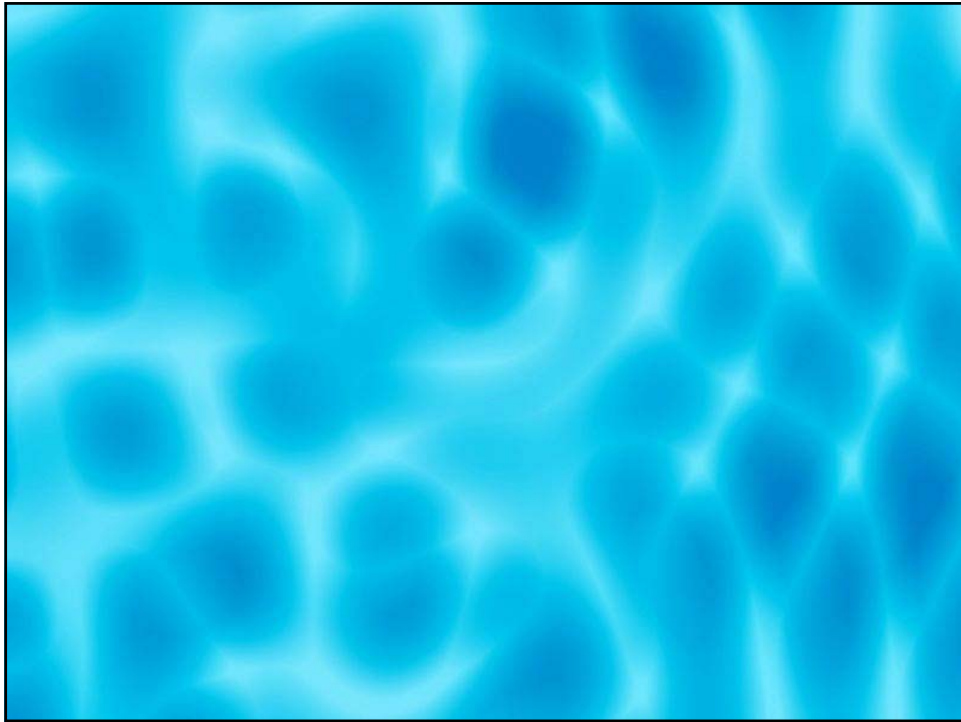
$$\rightarrow r < 400 [T_{\text{clump}} / 100 \text{ K}]^{1/2} \text{ AU}$$



何時・何処で水メーザーでガス円盤が見られる？

c.f L1287, IRAS16293-2422, NGC2071-IRS1, etc.

- ◎ ^{13}CO 分布 + H_2O 固有運動 → 力学的年齢 2.3×10^4 年
星形成のそれほど初期段階 ($t < 10^4$ 年) ではないらしい
時間経過があるため薄いガス円盤ができているかもしれない
モデルフィット結果はそれを支持
- ◎ 南部領域のみダスト放射検出
+ メーザー領域形成には高温領域 ($T > 100 \text{ K}$) 必要:
YSO 至近に高密度分子ガス (hot core) が
吹き飛ばされずに存在することが必要
- ◎ YSO 質量・質量降着率もそこそこの大きさが必要
($> 2 M_{\text{sun}}$, $> 10^{-4} M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1}$)



南部・北部領域は連星系？

- ◎ 公転速度 $> 50 \text{ km/s}$
- ◎ 公転半径 $> 1400 \text{ AU}$
- ◎ Enclosed mass $> 6000 M_{\text{sun}}$!

何時・何処で水メーザーでガス円盤が見られる？

c.f L1287, IRAS16293-2422, NGC2071-IRS1, etc.

◎ 連星系存在から読み取れること

○ ガス降着継続期間 >> 公転周期

> 400年 (2つのメーザースポット群の距離と接近速度から)

ガス円盤が破壊されずにずっと存在している

○ YSO質量($8M_{\text{sun}}$)

> 質量降着率 ($> 10^{-4} M_{\text{sun}} \text{yr}^{-1}$) x ガス降着継続期間 ($2 \times 10^4 \text{yr}$)

◎ YSOは単独で形成されたのだろう

◎ もし中小質量星の合体があったとしたら、
それはかなり初期段階で起こっていたはず