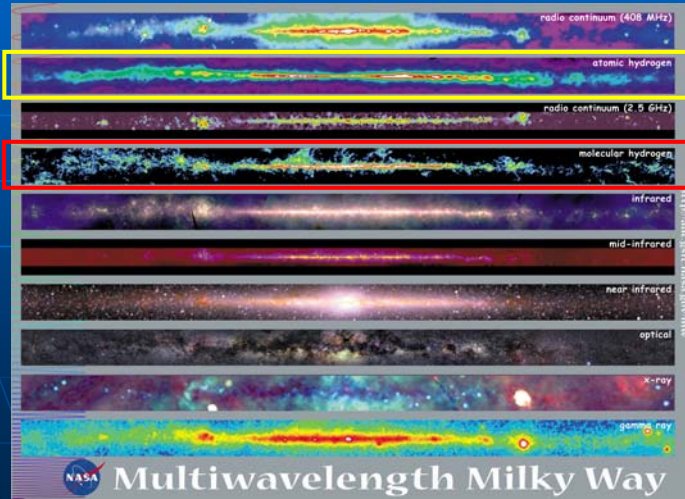


# 銀河系の星形成のサイト

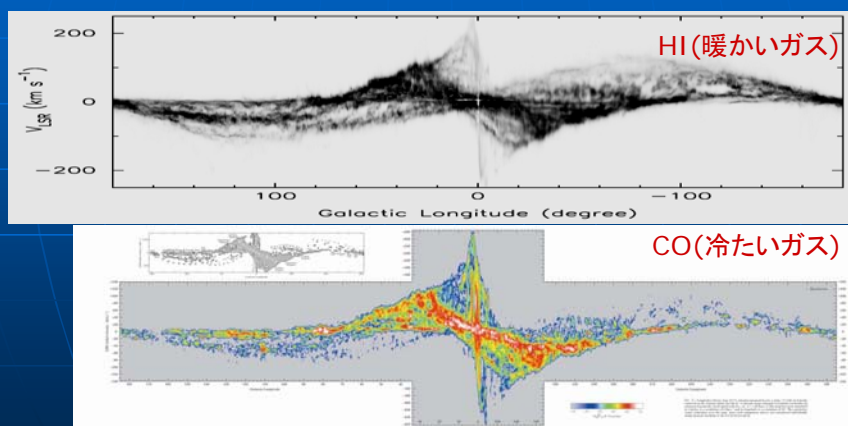
- HI: 温かい中性ガス
- CO: 冷たい分子雲(星形成)



連続波  
HI  
連続波  
CO  
遠赤外  
中間赤外  
近赤外  
可視光  
X線  
γ線

# 銀河系の星形成のサイト

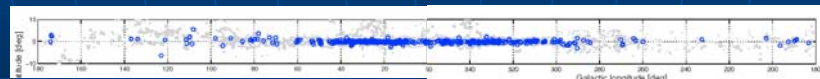
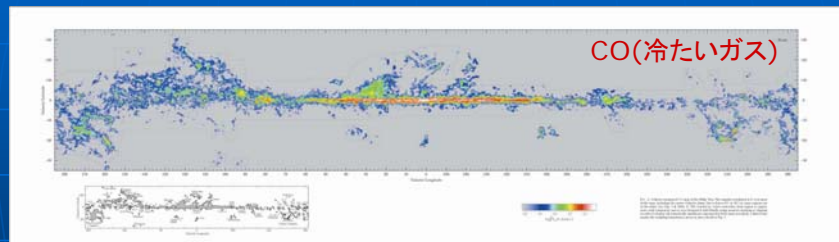
位置速度図上での比較



HI、COの位置一速度図

# 星形成領域とメタノールメーザー

メタノールメーザーは大質量星形成領域をトレース

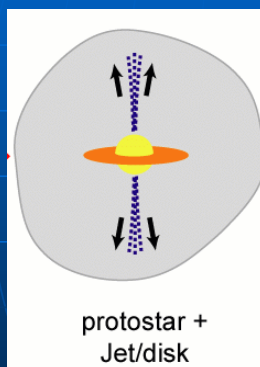


メタノールメーザー源(大質量星形成領域)の分布

H<sub>2</sub>Oメーザーは、中小質量星や晩期型星もトレースする

## 星形成とメーザー

### ■ 原始星周囲でのメーザーの居場所



ジェット・アウトフロー先端のショック領域

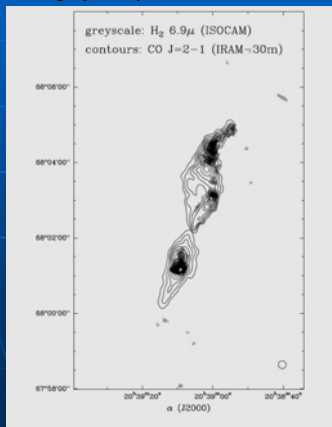
H<sub>2</sub>O, OH,  
CH<sub>3</sub>OH(class-I)

降着円盤

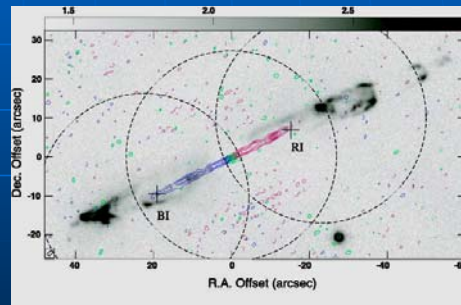
CH<sub>3</sub>OH(class-II, ?),  
H<sub>2</sub>O(?), (SiO?)

# 原始星からのアウトフロー/ジェット

- 原始星から双極流的に放出される  
速度 数10 km/s ~ 数100 km/s



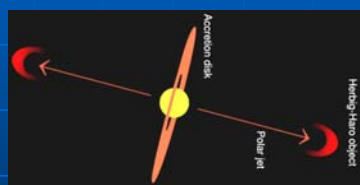
L1157 with CO and IR



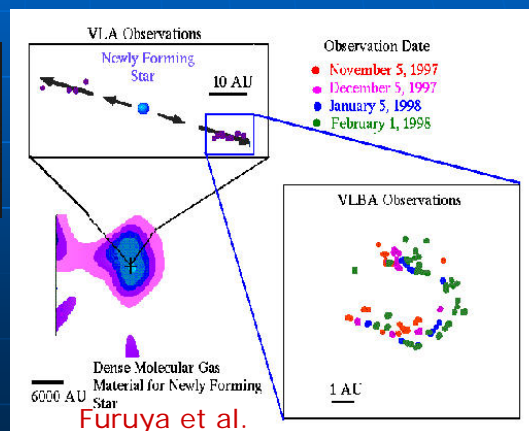
HH211 with SiO (J=5-4) and IR

# 星形成領域のメーザー

- 水メーザーは主に原始星ジェットのショック領域をトレース。運動が容易に検出できる。

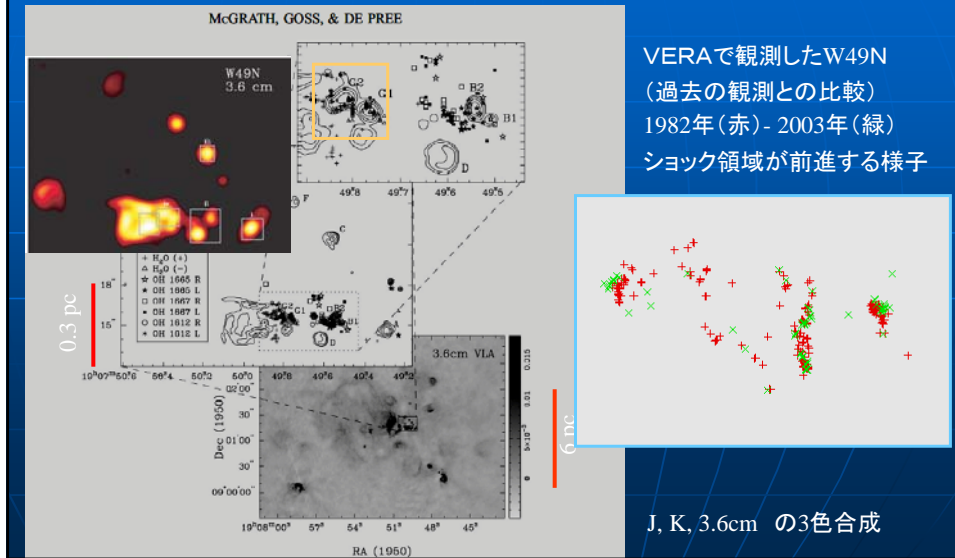


S106 FIR



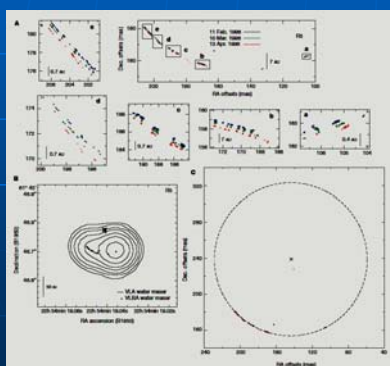
# W49AとW49N水メーザー

## W49Aにおける水メーザー放射領域

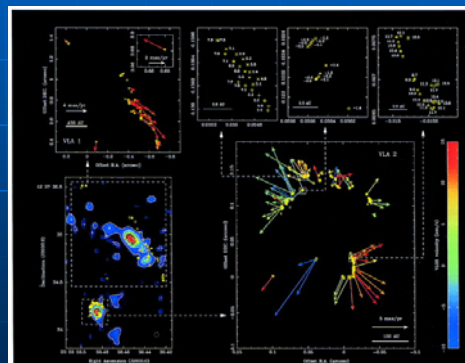


# 水メーザーOutflowの謎

- 球対称シェル  
最近見つかった球対称シェル (まだ 2例)  
双極流と違う種族? 異なる進化段階?



Cep A (Torrelles et al. 2001)



W75N (Torrelles et al. 2003)

## 大質量形成のシナリオ

- 降着説 or 合体説

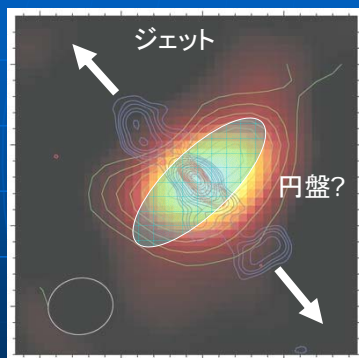
降着説は、中小質量星と基本的に同じプロセス  
しかし、中心星が $10M_{\text{sun}}$ 程度に達する前に輻射  
によって降着がストップするという説もある

合体説は、降着説に変わるシナリオとして、星形成  
領域中心部で中小質量星の合体(3体衝突)によっ  
て大質量が形成されるという説

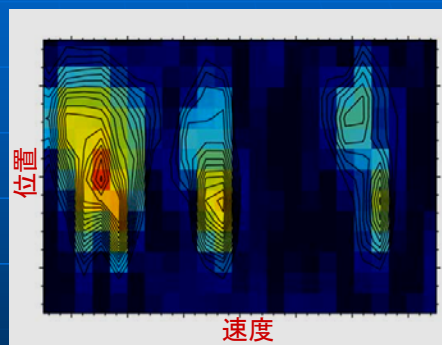
鍵は、大質量星周囲の降着円盤の有無

## Cep-A HW 2の例

- Cep A HW2の周囲に円盤？



Patel et al. 2005

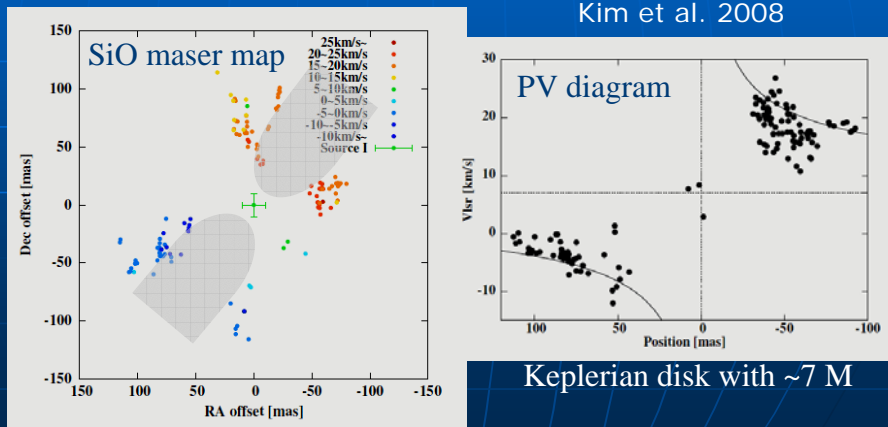


位置-速度図の傾斜が回転を示唆  
 $15M_{\text{sun}}$  (CH<sub>3</sub>CN with SMA)

が、単純なケプラー回転でないという説、複数の星が存在するという説も

# オリオンKL SiO メーザー

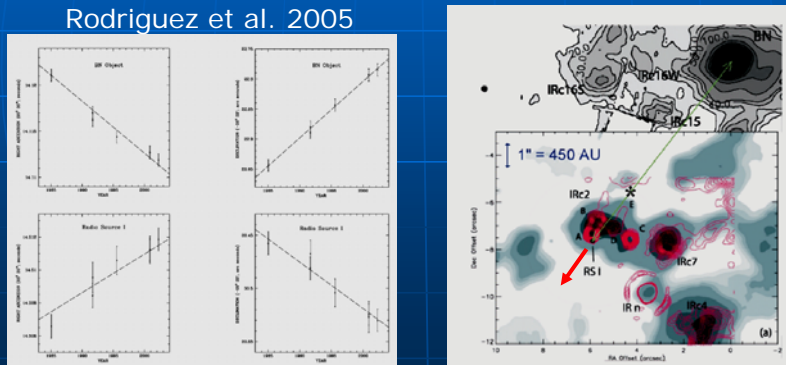
- 年周視差 :  $2.39 \pm 0.06 \text{ mas} = 419 \pm 6 \text{ pc}$
- 速度構造: 回転 + 膨張(?)



# 対立するシナリオ (合体説)

- 合体説の証拠は runaway star の存在 (3体衝突によってはじき飛ばされた星)

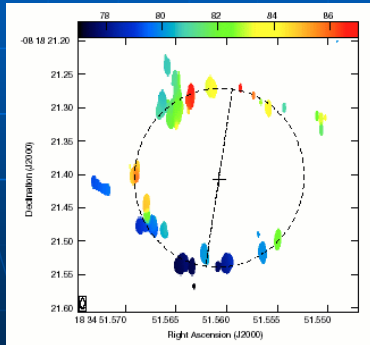
Rodriguez et al. 2005



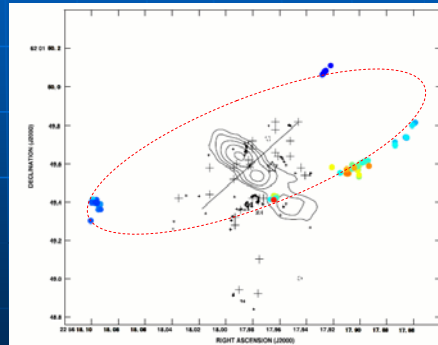
Orion BN & source I が遠ざかる運動 > runaway star ?

# メタノールレーザー

- 大質量星周囲で観測される。
- 正体は不明。原始星円盤に付随する可能性も



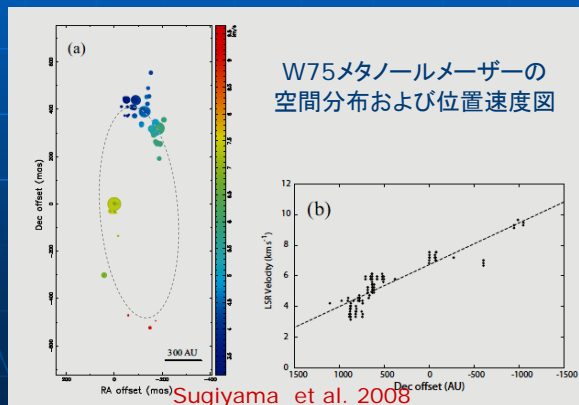
G23.657 (Bartkiewicz et al.)  
ケプラー回転する円盤の可能性も



Cep-A HW2 (Sugiyama et al.)  
中心星の周りにリング状に分布？

# W75のメタノールレーザー円盤

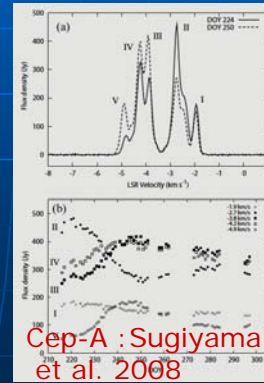
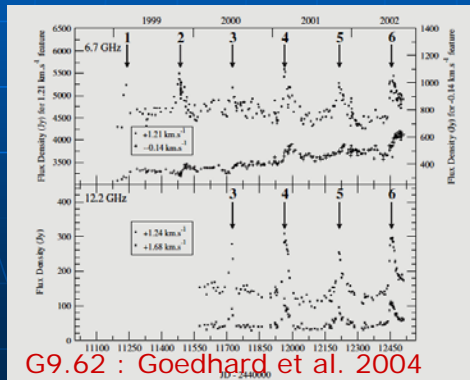
- リング状に分布し、直線的な速度勾配
- ケプラーディスク？（固有運動が鍵、計測中）



Sugiyama et al. 2006

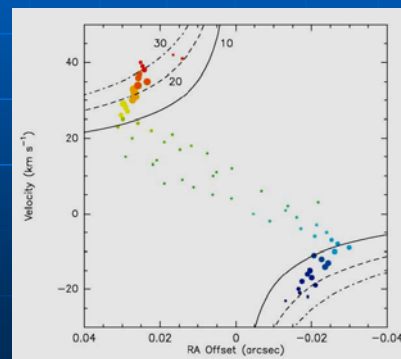
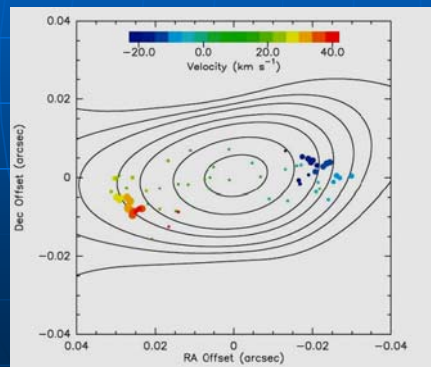
## メタノールメーザーの変動

- 周期的にフレアを起こすメタノールメーザー天体が知られている。円盤など安定な構造上に付随することを示唆(ジェットの先端部のショックでこのような変動を起こすのは難しい?)



## 再結合線メーザー

- HII再結合線のメーザーが極少数の天体で星周辺円盤から観測されている(MWC349 :ただし, peculiar Be Star)



(MWC 349 with SMA, Moran et al. 2008)

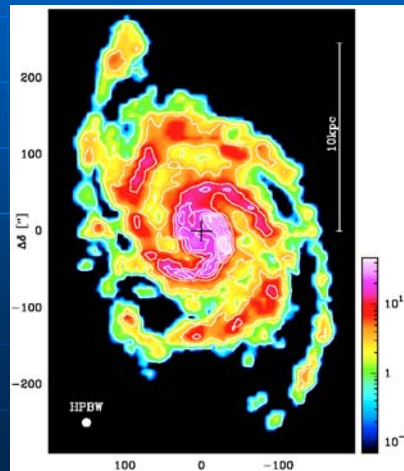


# 分子雲の形成

- 系外銀河の例 (M51) : 分子ガスは渦状腕と良い相関  
渦状腕での分子雲形成 → 星形成

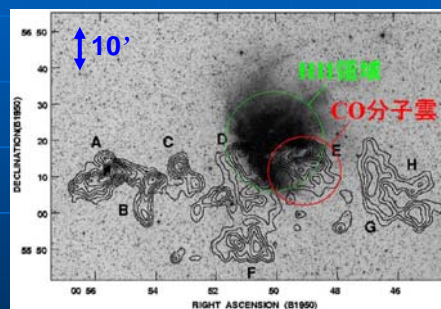
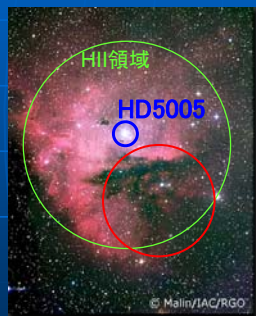


光学写真



# 誘発的星形成

- 星形成領域では、生まれた若い大質量星が周囲のガスを恒星風で圧縮し、次の星形成を誘発する

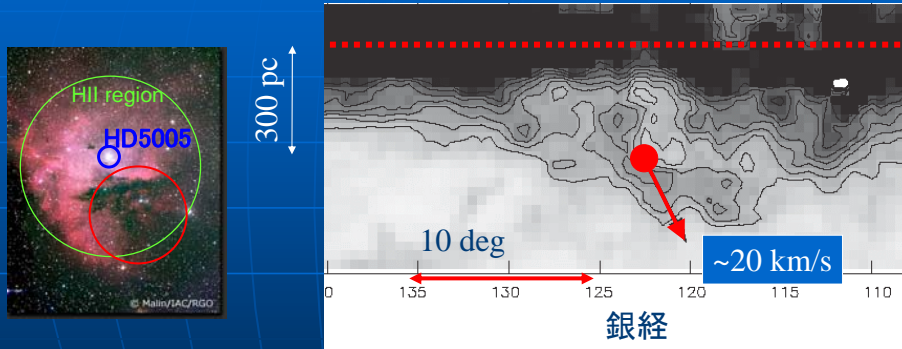


星形成領域NGC281の例 (左: 光学写真、右: 光学+CO分子)

星形成領域では、冷たい分子ガス (~10K) と熱い電離ガス (~10^4K) が同じ領域に観測されることが多い

# 超新星爆発による分子雲圧縮

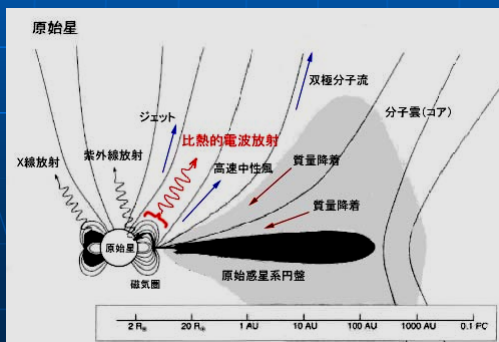
NGC 281: 銀河面から出るスーパーバブル上の星形成領域



VERAによって、銀河面から離れる運動を検出 (Sato et al. 2007)  
 超新星などによって吹き飛ばされたというシナリオをサポート  
 $E \sim 3 \times 10^{52}$  erg (multiple SNe),  $t \sim 10$  Myr

# 原始星のVLBI観測

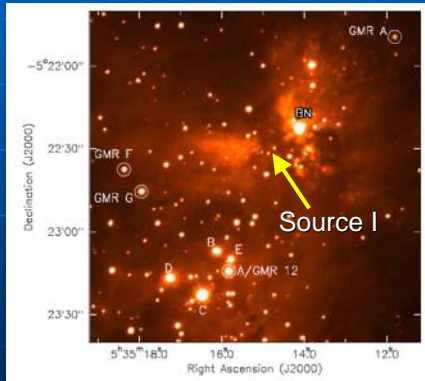
- 原始星磁気圏近傍からのジャイロシンクロトロン放射が観測されている天体がいくつかある(近傍の Weak-line T Tau Starのみ)



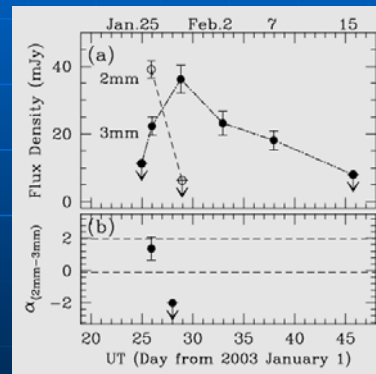
原始星近傍の模式図  
 (VSOP-2 web pageより)

# Orion GMR-Aの例

- オリオン領域にある小質量星
- ジャイロシンクロトン放射、フレアを起こす



Menten et al. (2007)



Furuya et al. (2003)

原始星近傍の活動性として興味深い。ただし、VLBIでも分解は難しい