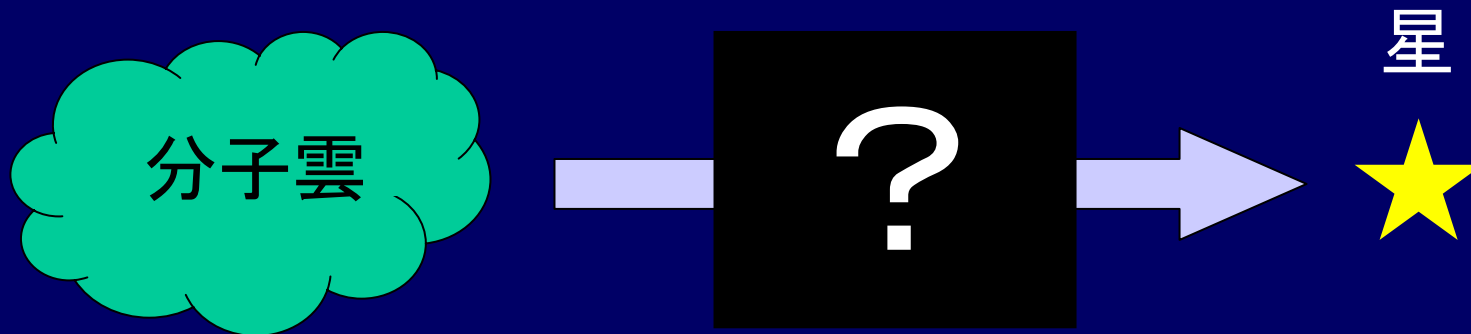


# 近傍星形成領域の統計的研究 ～高密度分子雲から星形成へ～

山本宏昭(名大理)



”分子雲 → 星”のTimescaleは非常に長い

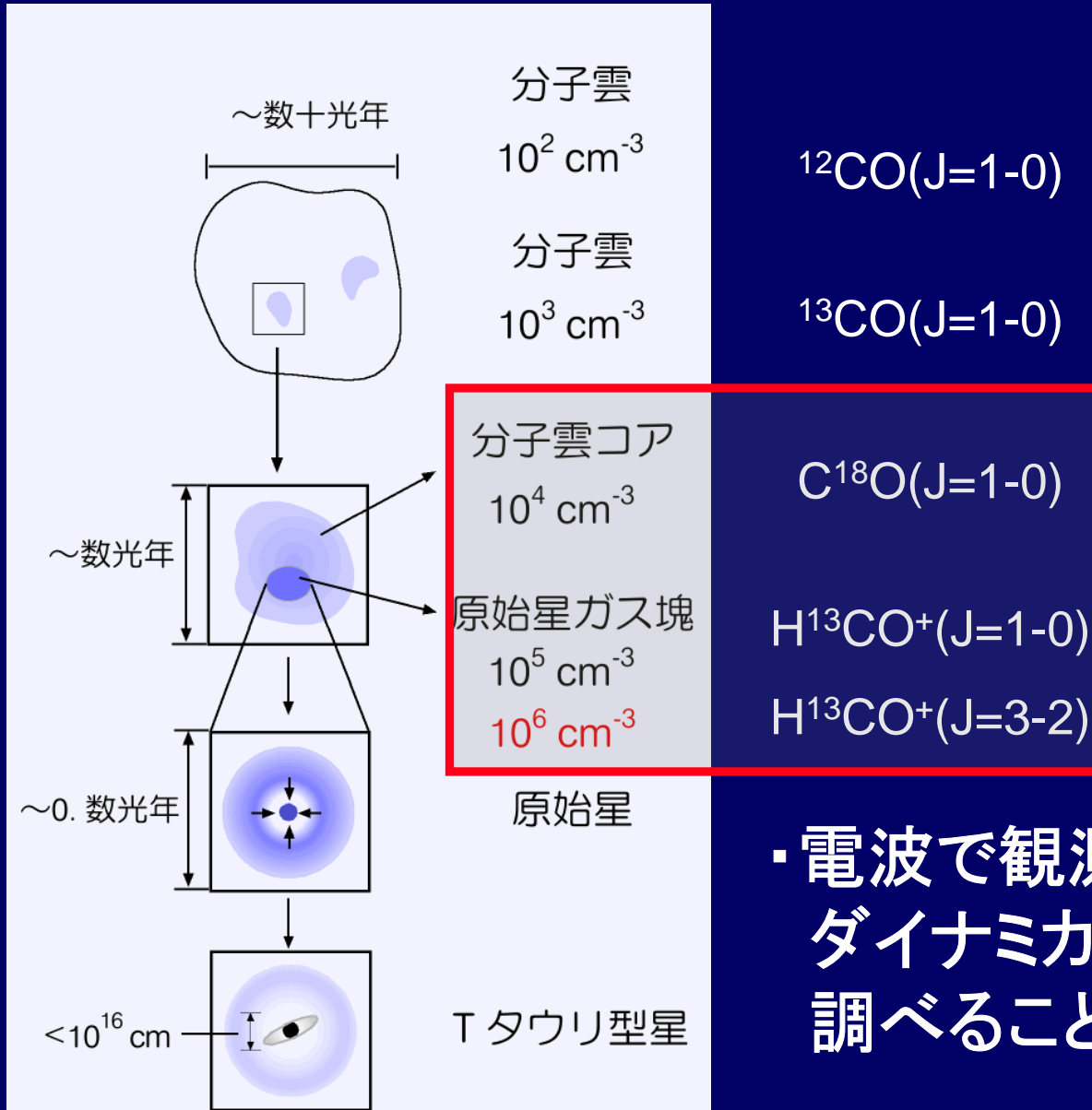


1つの分子雲に対して、星が形成されるまで観測することは不可能



偏りのない多くのサンプルを得ることで、分子雲の進化、Timescaleを統計的に議論できる

# 小質量星の形成

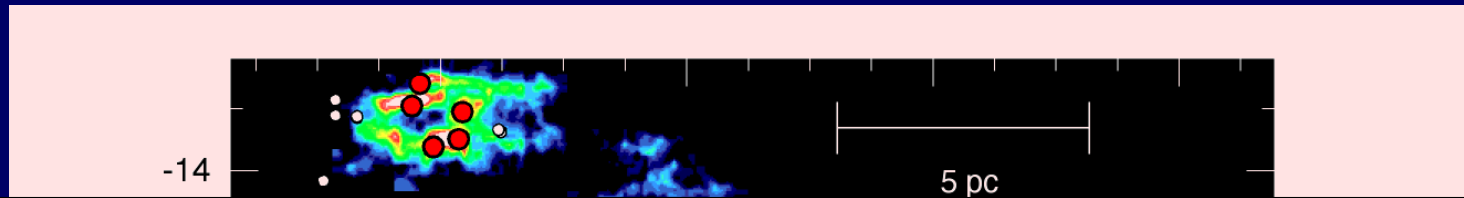


・電波で観測  
ダイナミカルな運動を  
調べることができる

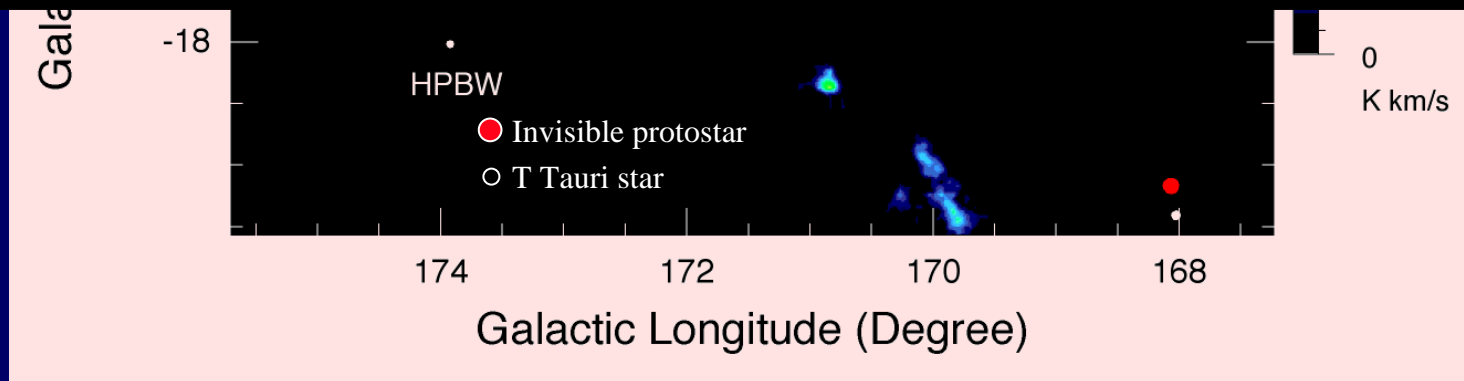
# 近傍の星形成領域のC<sup>18</sup>Oコアサーベイ

- Taurus (Onishi et al. 1996, 1998)
- Oph North and  $\rho$  Oph (Tachihara et al. 2000)
- Lupus (Hara et al. 1999)
- L1333 (Obayashi et al. 1998)
- Chamaeleon (Mizuno et al. 1999)
- CrA (Yonekura et al. 1999)
- Pipe Nebula (Onishi et al. 1999)
- Southern Coalsack (Kato et al. 1999)

# Taurus C<sup>18</sup>O(J=1-0)の分布



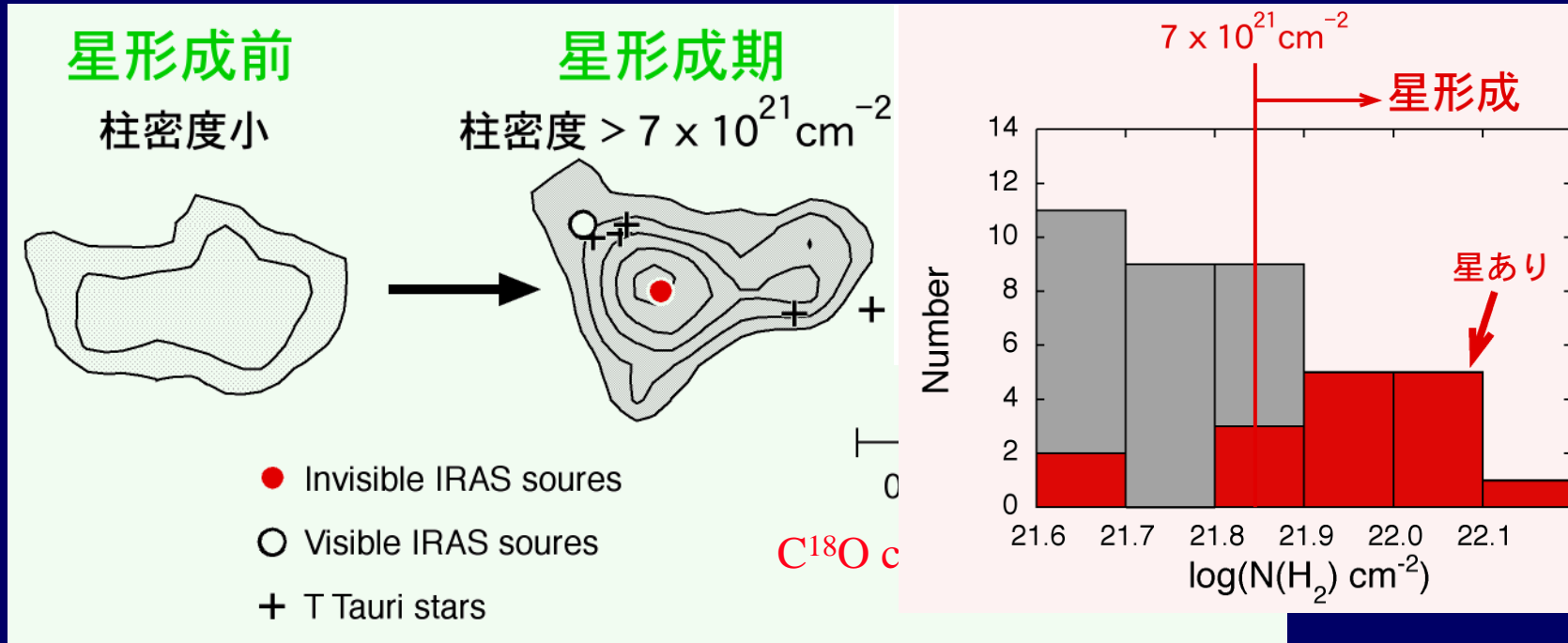
- 「無バイアス」探査
- 40個のC<sup>18</sup>Oコアを検出 (密度 $\sim 10^4$ 個/cc)
- 半径: 0.23pc、質量: 23M<sub>☉</sub>



名古屋大学4m電波望遠鏡(分解能2.7分角)  
約 7200観測点、2900太陽質量

Onishi et al. (1996)

# C<sup>18</sup>O coreと星形成



星形成活動と非常に良い相関

invisible protostarとの位置相関が良い

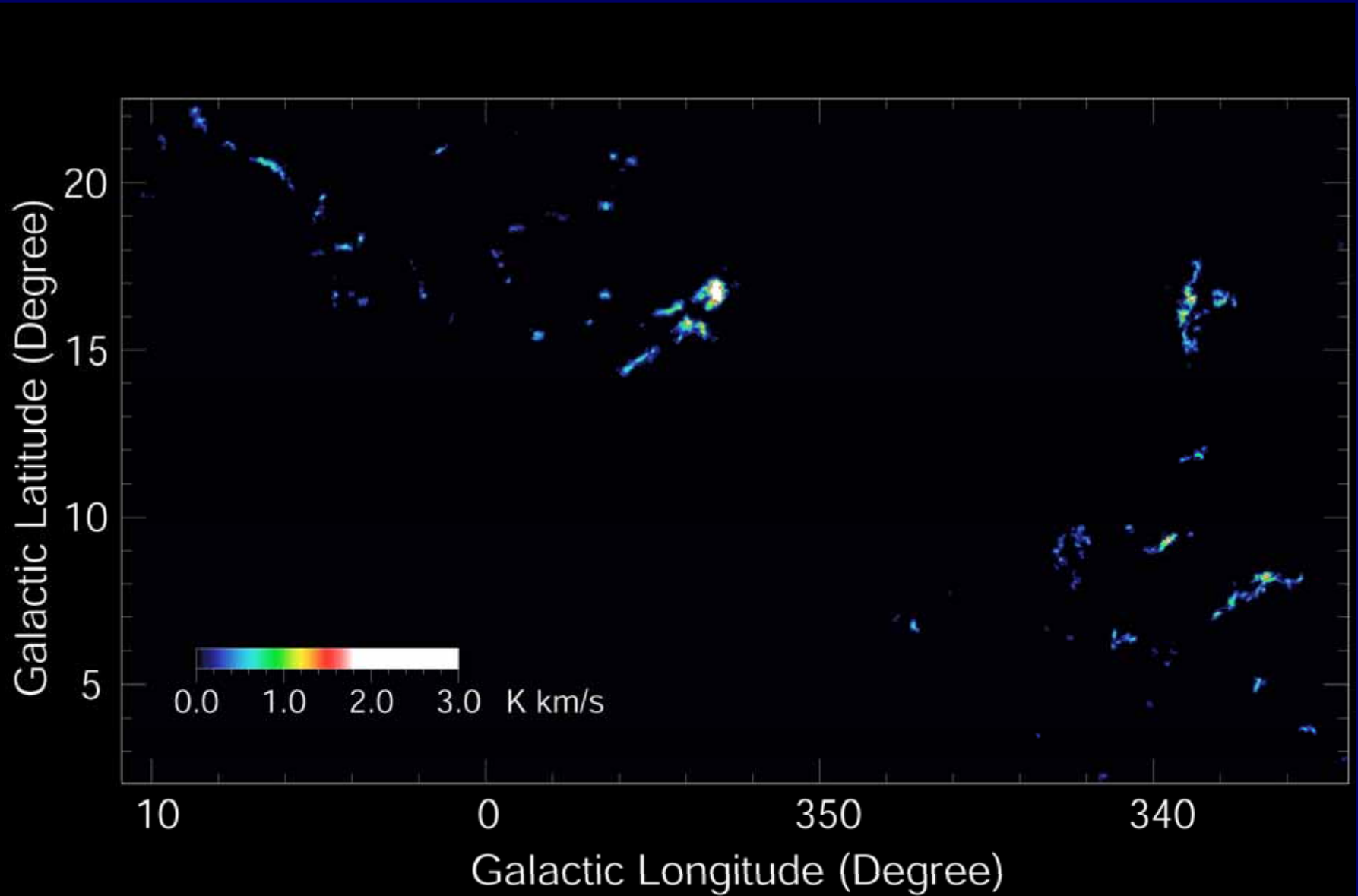
柱密度 > 7 × 10<sup>21</sup> cm<sup>-2</sup> ⇨ 星形成

Onishi et al. (1998)

# 近傍の星形成領域のC<sup>18</sup>Oコアサーベイ

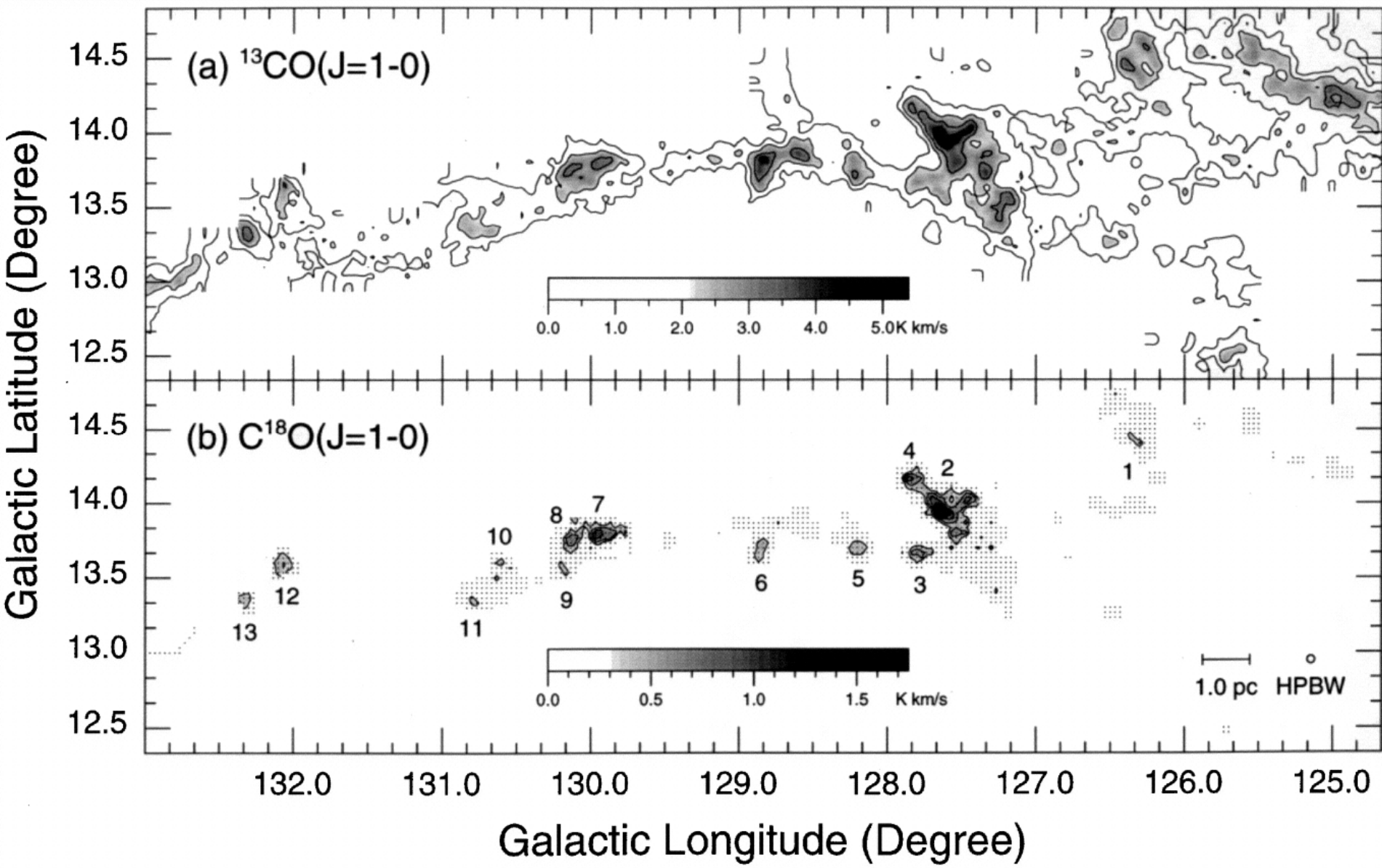
- Taurus (Onishi et al. 1996, 1998)
- Oph North and  $\rho$  Oph (Tachihara et al. 2000)
- Lupus (Hara et al. 1999)
- L1333 (Obayashi et al. 1998)
- Chamaeleon (Mizuno et al. 1999)
- CrA (Yonekura et al. 1999)
- Pipe Nebula (Onishi et al. 1999)
- Southern Coalsack (Kato et al. 1999)

# Lupus, Oph north and $\rho$ oph $\text{C}^{18}\text{O}$

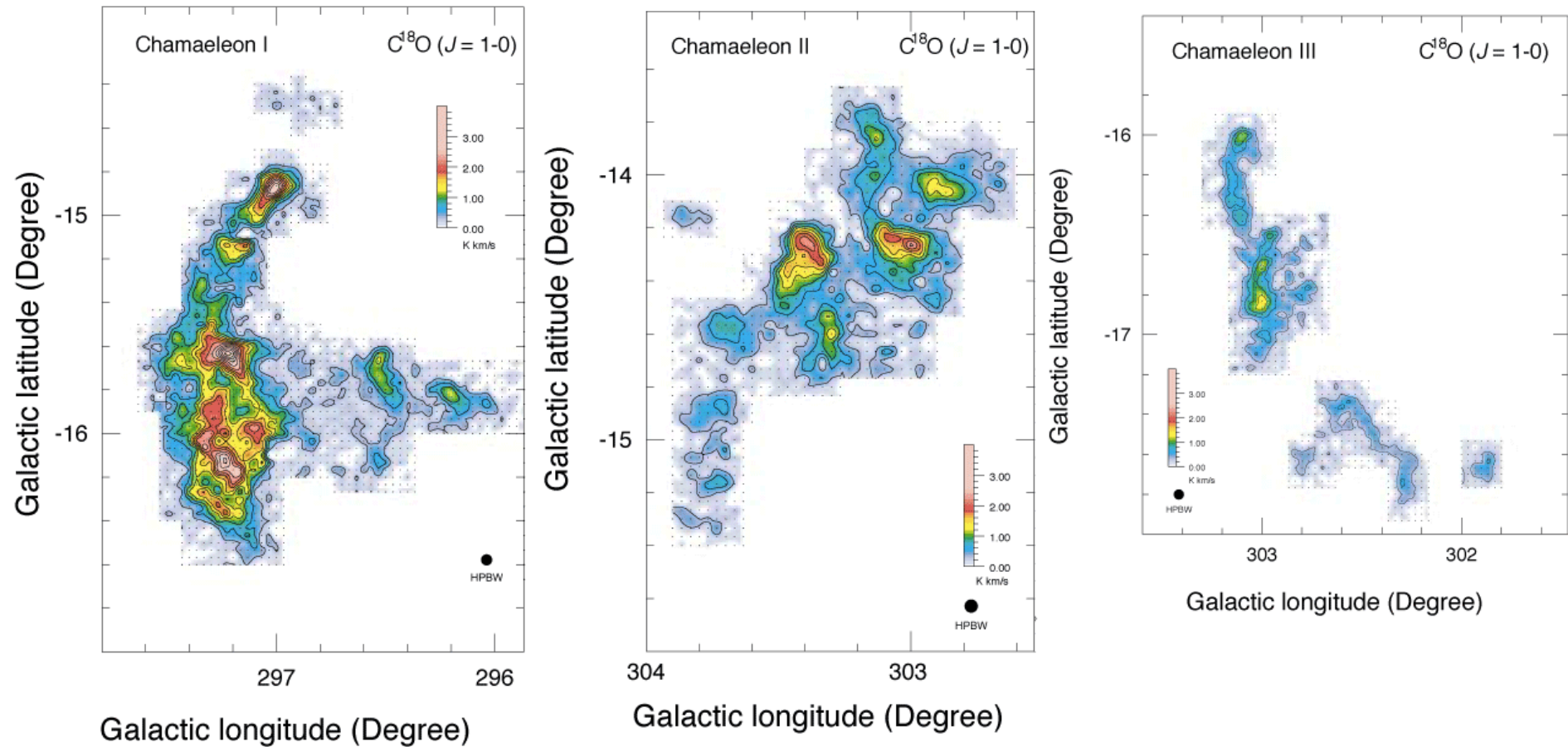




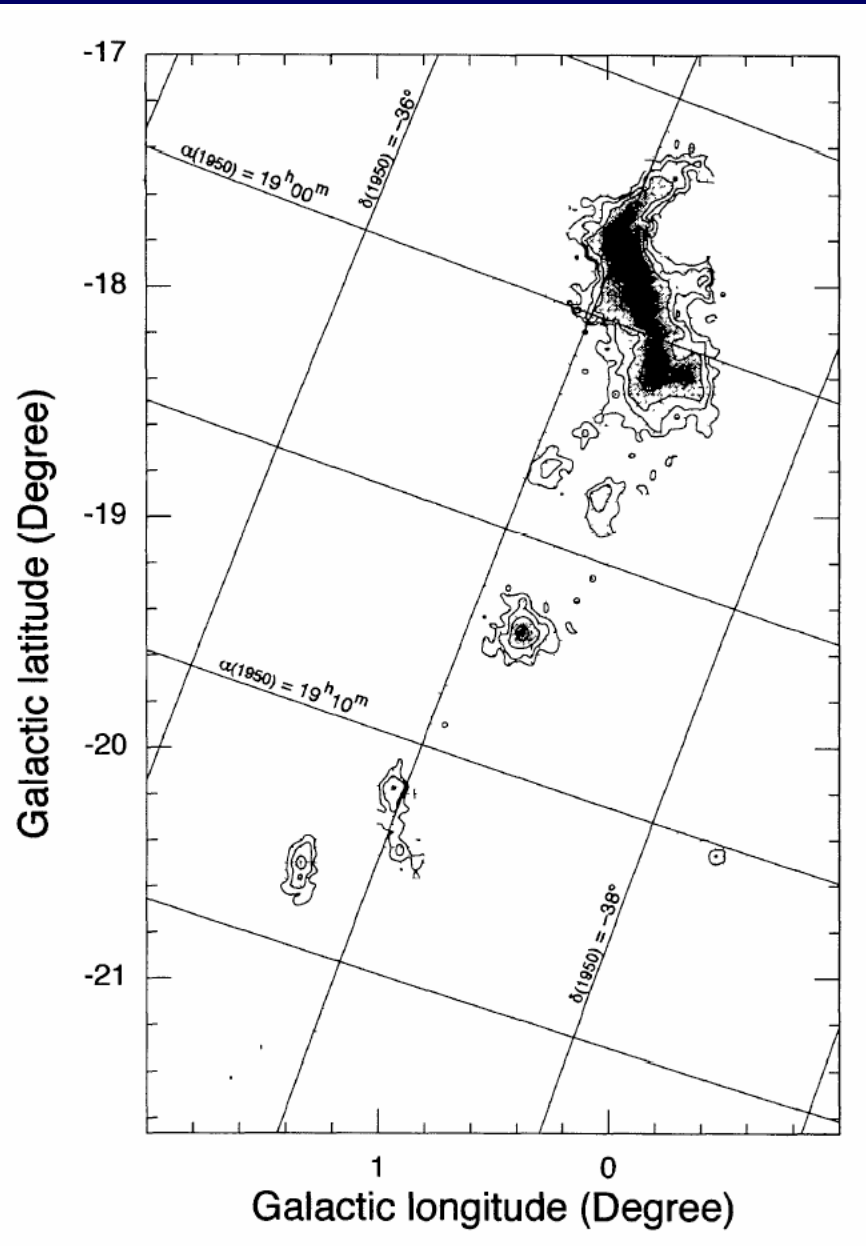
# L1333の $^{13}\text{CO}$ , $\text{C}^{18}\text{O}$



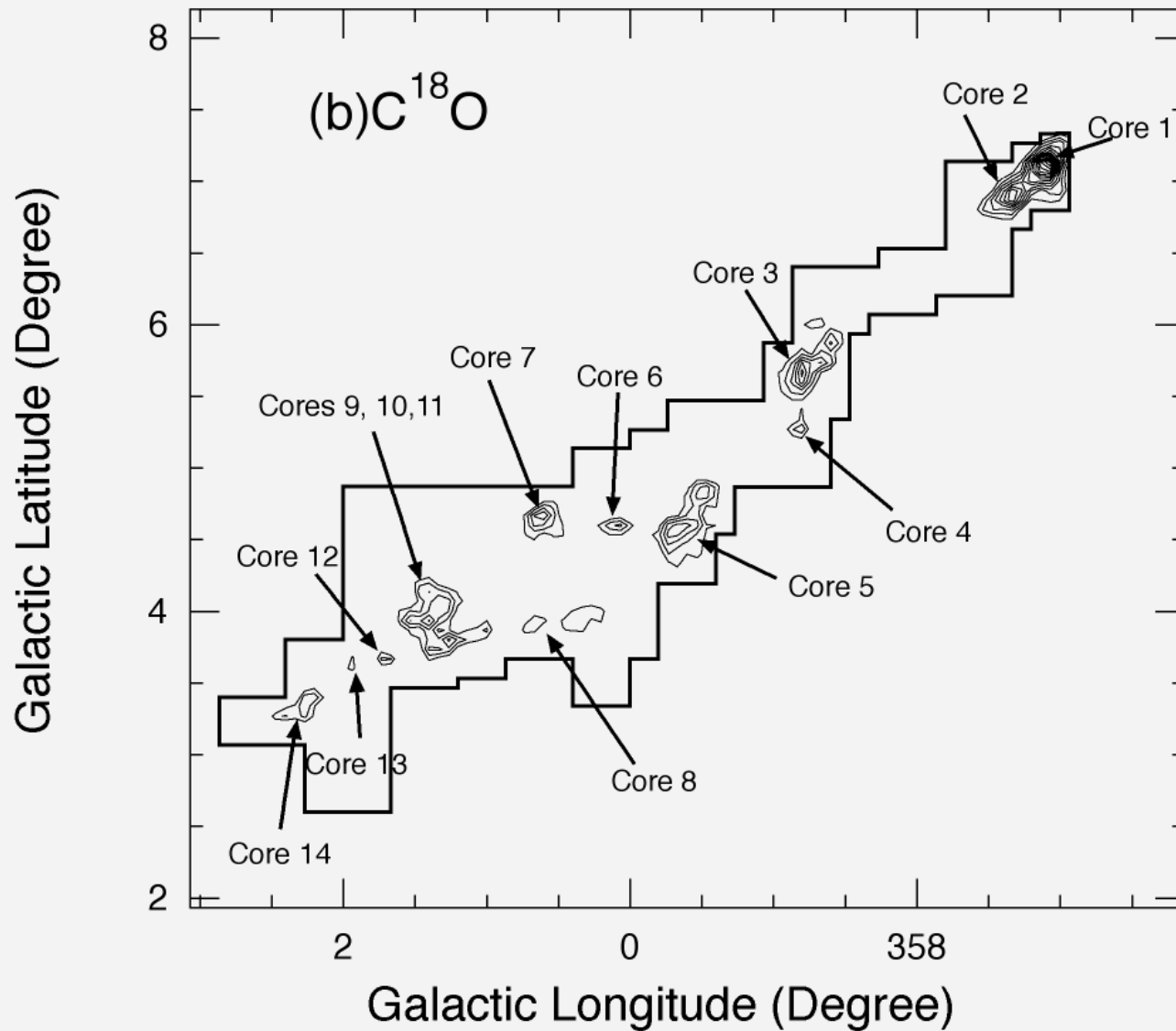
# Chamaeleonの $C^{18}O$



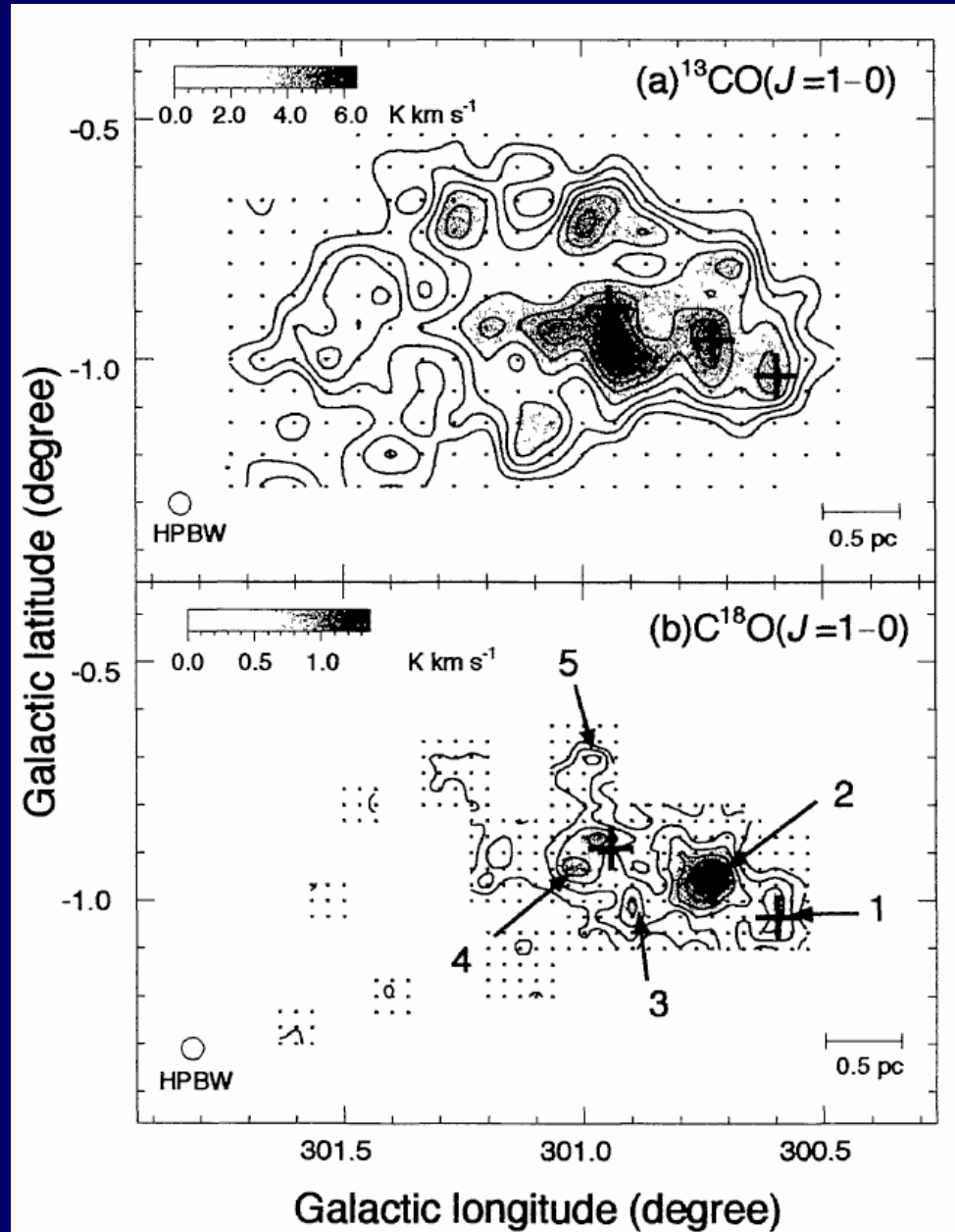
# Cr-Aの $C^{18}O$



# Pipe $\text{C}^{18}\text{O}$

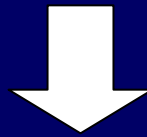


# Southern Coalsack の $^{13}\text{CO}$ , $\text{C}^{18}\text{O}$



# 近傍の星形成領域のC<sup>18</sup>Oコアサーベイ

- Taurus (Onishi et al. 1996, 1998)
- Oph North and  $\rho$  Oph (Tachihara et al. 2000)
- Lupus (Hara et al. 1999)
- L1333 (Obayashi et al. 1998)
- Chamaeleon (Mizuno et al. 1999)
- CrA (Yonekura et al. 1999)
- Pipe Nebula (Onishi et al. 1999)
- Southern Coalsack (Kato et al. 1999)

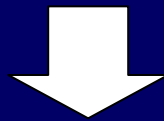


179個のC<sup>18</sup>Oコア (Tachihara et al. 2002)

# 近傍の星形成領域のC<sup>18</sup>Oコアサーベイ

C<sup>18</sup>Oコアを3つのカテゴリに分類

- ・Cluster forming core → YSOが10個以上付随
- ・Star forming core → YSOが10個以下付随
- ・Starless core → YSOが付随していない



Cluster forming core : 7個

Star forming core : 36個

Starless core : 136個

# C<sup>18</sup>Oコアの物理量

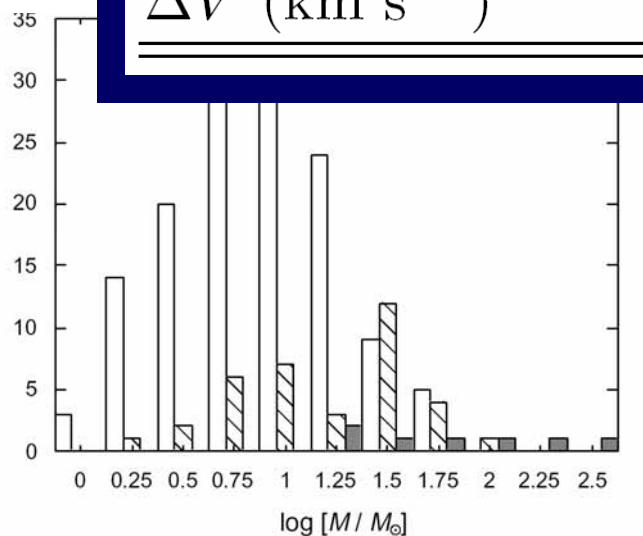
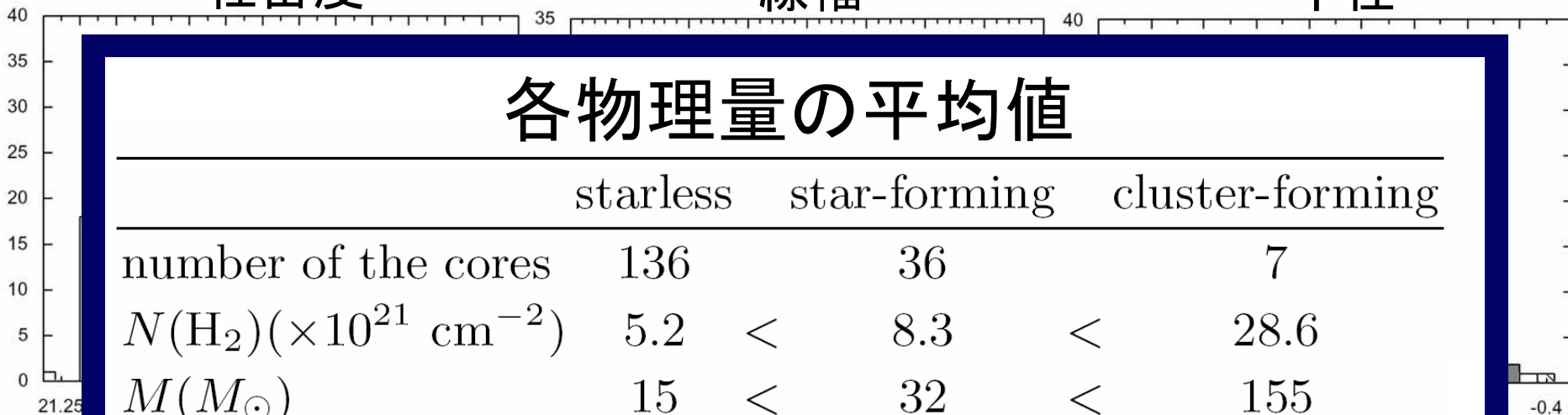
柱密度

線幅

半径

## 各物理量の平均値

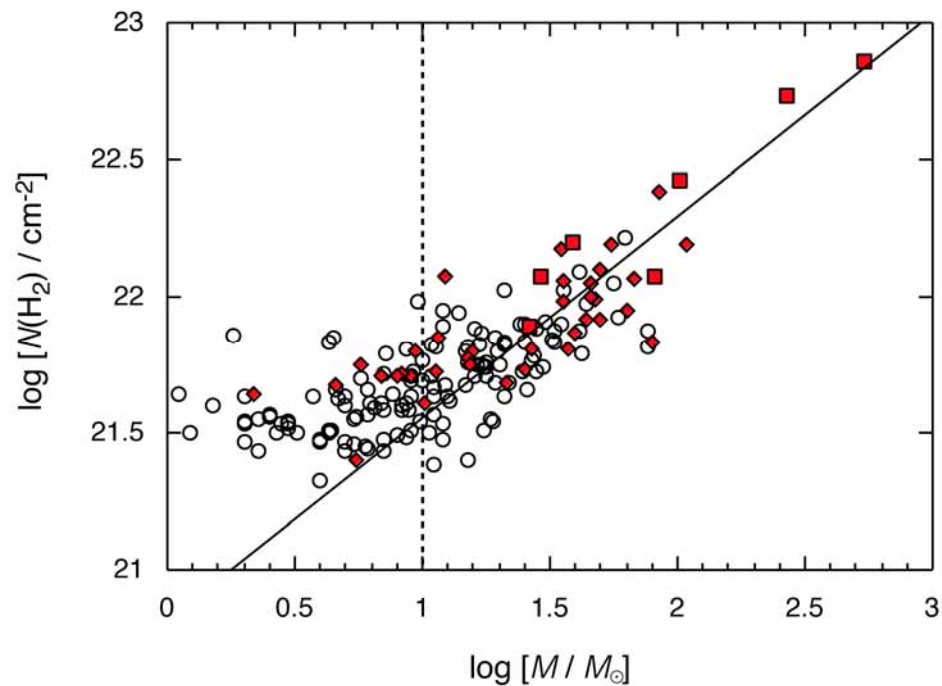
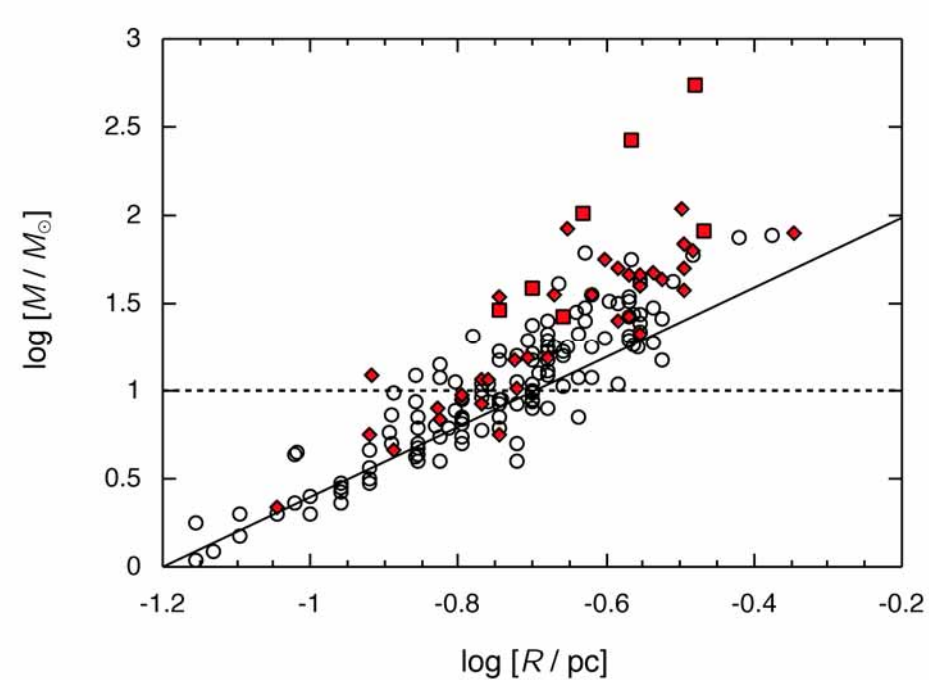
	starless	star-forming	cluster-forming
number of the cores	136	36	7
$N(\text{H}_2) (\times 10^{21} \text{ cm}^{-2})$	5.2	8.3	28.6
$M (M_\odot)$	15	32	155
$R$ (pc)	0.19	0.23	0.25
$\Delta V$ (km s <sup>-1</sup> )	0.76	0.72	1.31



- Cluster forming core
- Star forming core
- Starless core

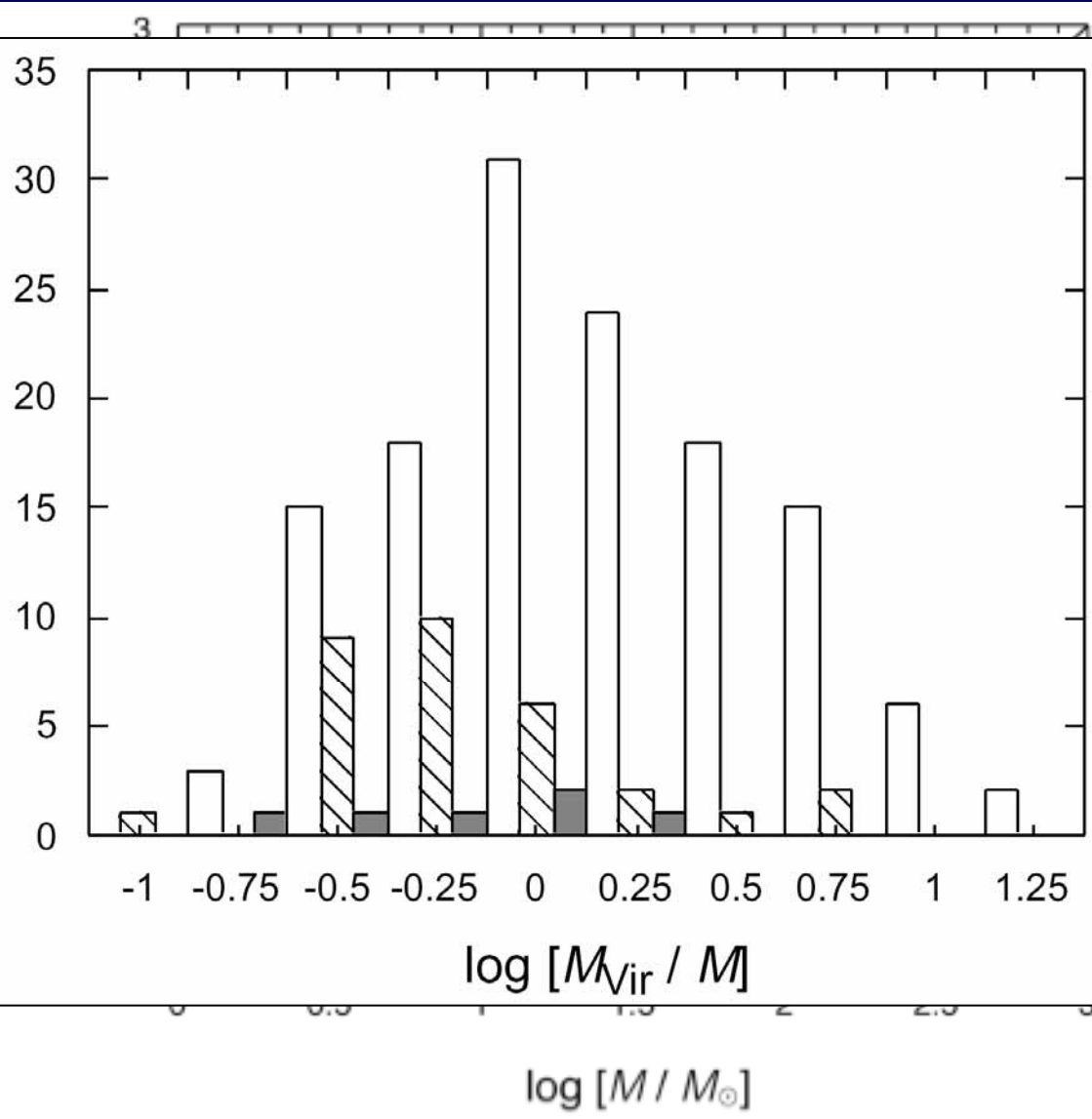


# 柱密度－質量－サイズ 関係



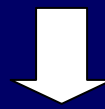
- Cluster forming core
- ◆ Star forming core
- Starless core

$$M_{\text{vir}} - M_{\text{LTE}}$$



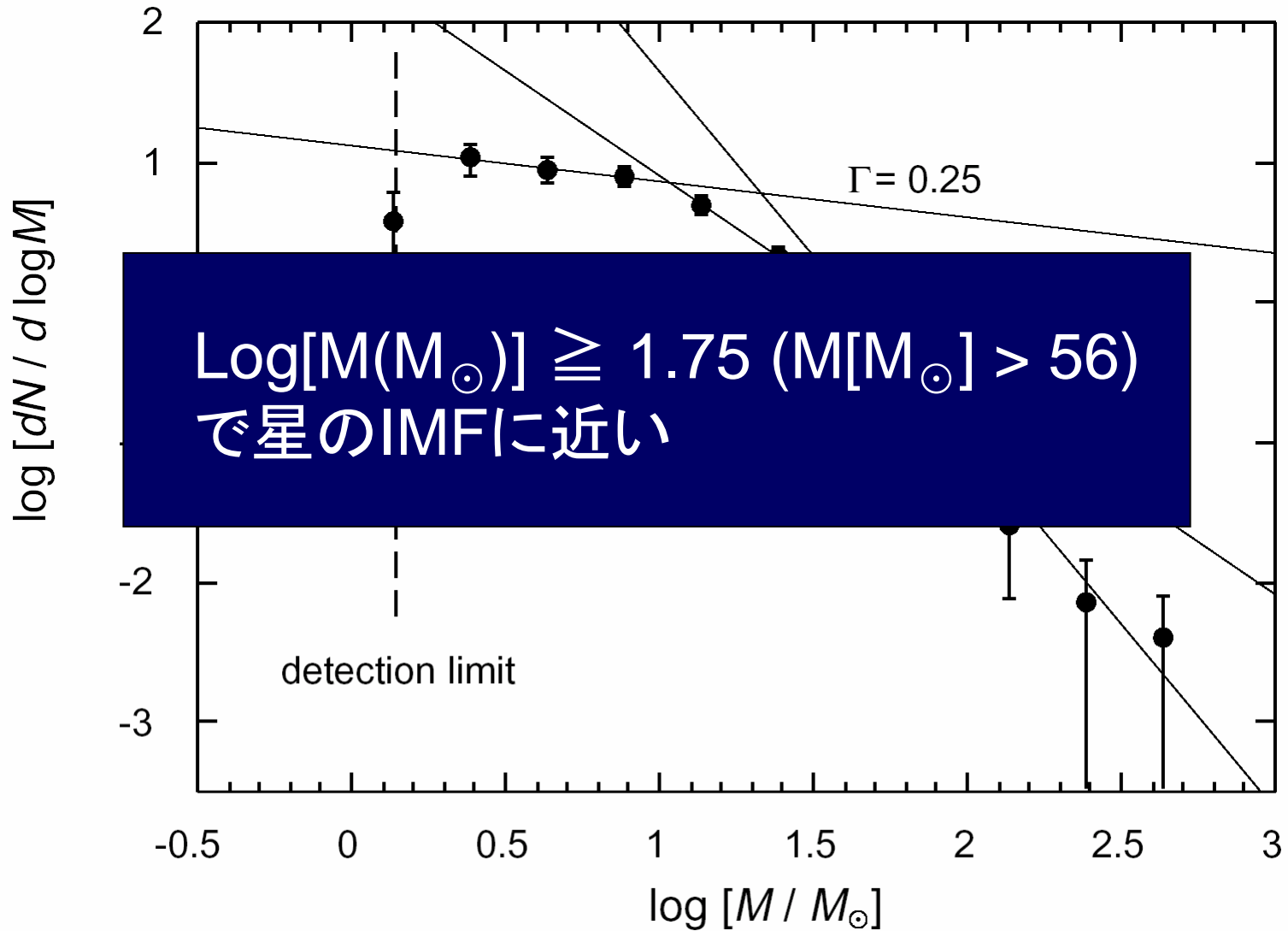
- Cluster forming core
- ▨ Star forming core
- Starless core

Cluster forming core: 50%  
 Star forming core : 65%  
 Starless core : 30%



$$M_{\text{vir}} < M_{\text{LTE}}$$

# C<sup>18</sup>O コアの質量関数

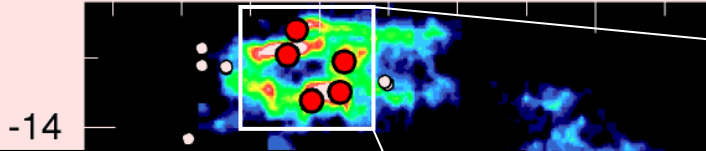


# 近傍の星形成領域の $\text{H}^{13}\text{CO}^+(\text{J}=1-0)$ サーベイ

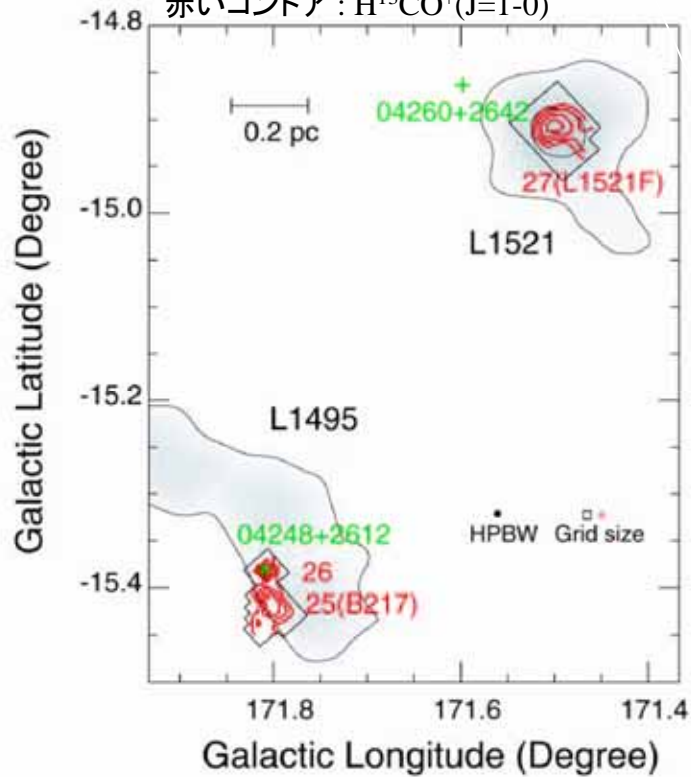
- $\text{H}^{13}\text{CO}^+(\text{J}=1-0)$ 輝線
  - $n(\text{H}_2) \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$  をトレース
- 野辺山45m鏡、SEST15m鏡を使用
- 観測領域
  - Taurus (Onishi et al. 2002)
  - Oph north
  - Lupus
  - Chamaeleon

# Taurus $\text{H}^{13}\text{CO}^+(J=1-0)$

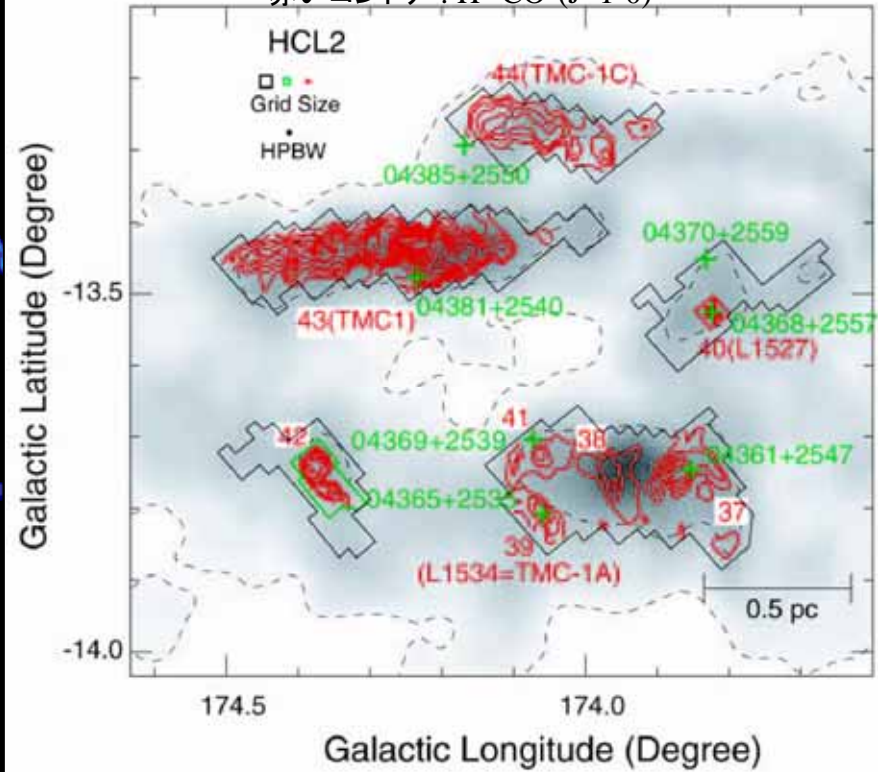
## Taurusの $\text{C}^{18}\text{O}$ の分布



黒コントア&グレースケール: $\text{C}^{18}\text{O}(J=1-0)$   
赤いコントア: $\text{H}^{13}\text{CO}^+(J=1-0)$



黒コントア&グレースケール: $\text{C}^{18}\text{O}(J=1-0)$   
赤いコントア: $\text{H}^{13}\text{CO}^+(J=1-0)$



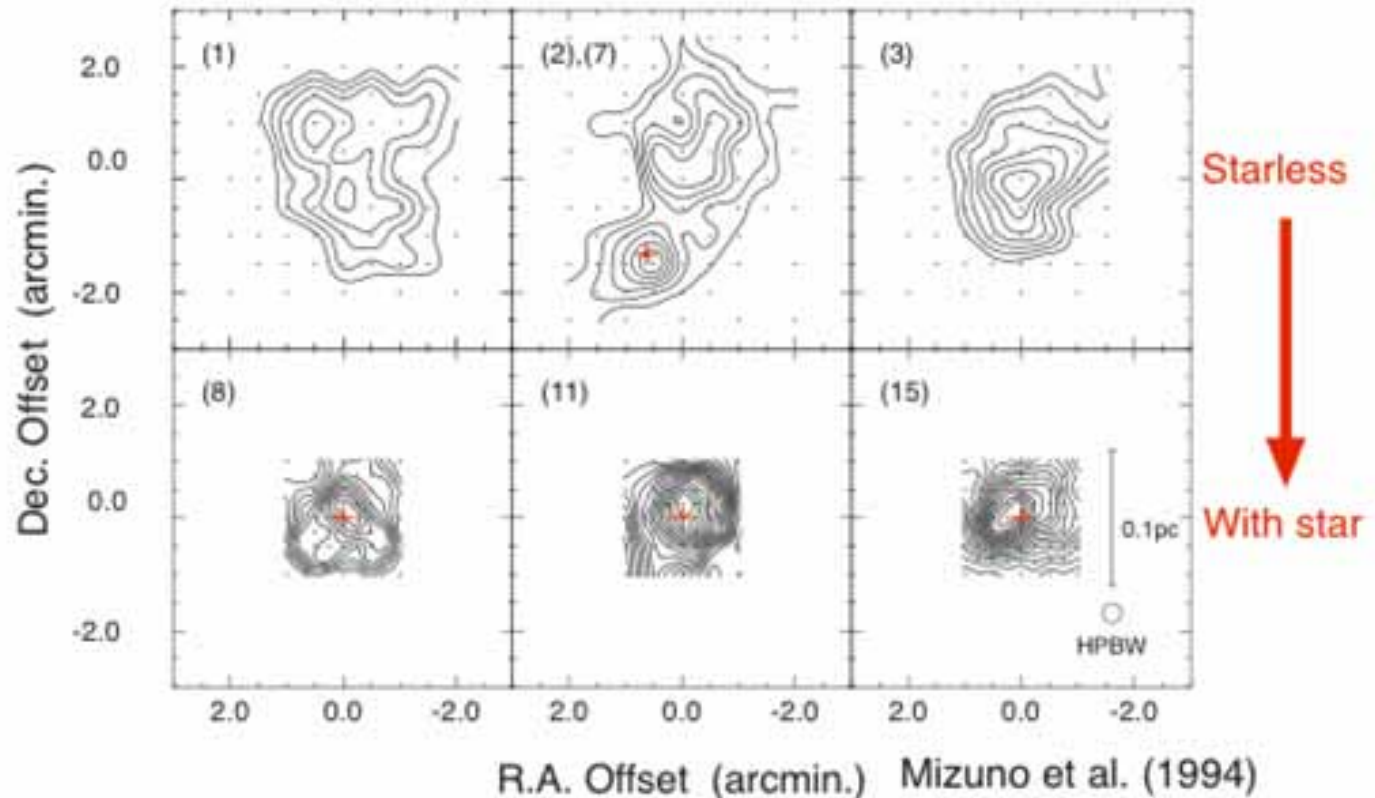
172  
170  
168  
Galactic Longitude (Degree)

# H<sup>13</sup>CO<sup>+</sup>コアの探査

- 55 H<sup>13</sup>CO<sup>+</sup> コアを検出 → 44個はStarless

半径 0.05pc 質量 5M<sub>J</sub> ρ(H<sub>2</sub>) 2.0 × 10<sup>5</sup>cm<sup>-3</sup>

「星  
なし」  
“P”

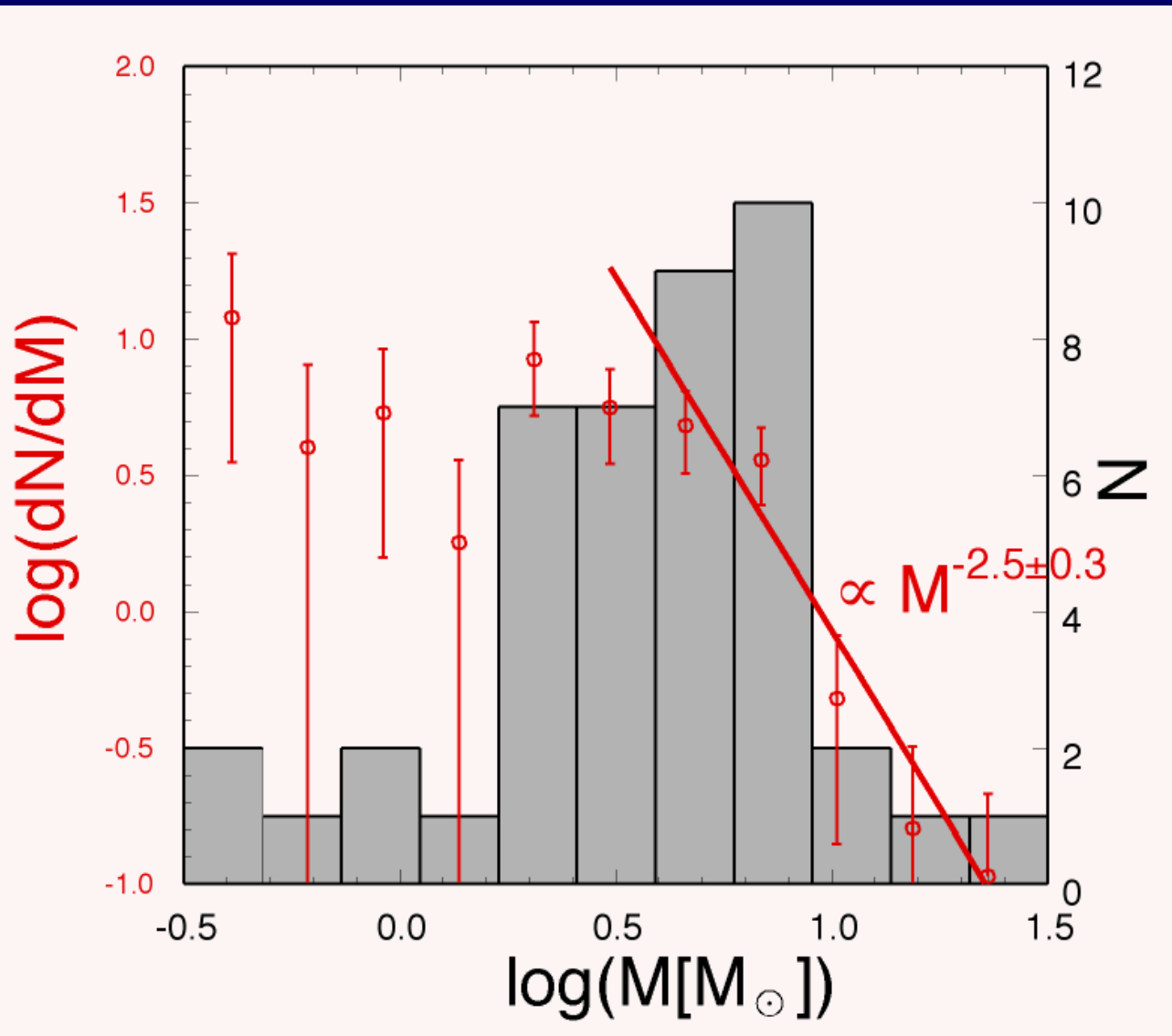


# H<sup>13</sup>CO<sup>+</sup>コアの性質

● 質

● H<sup>13</sup>

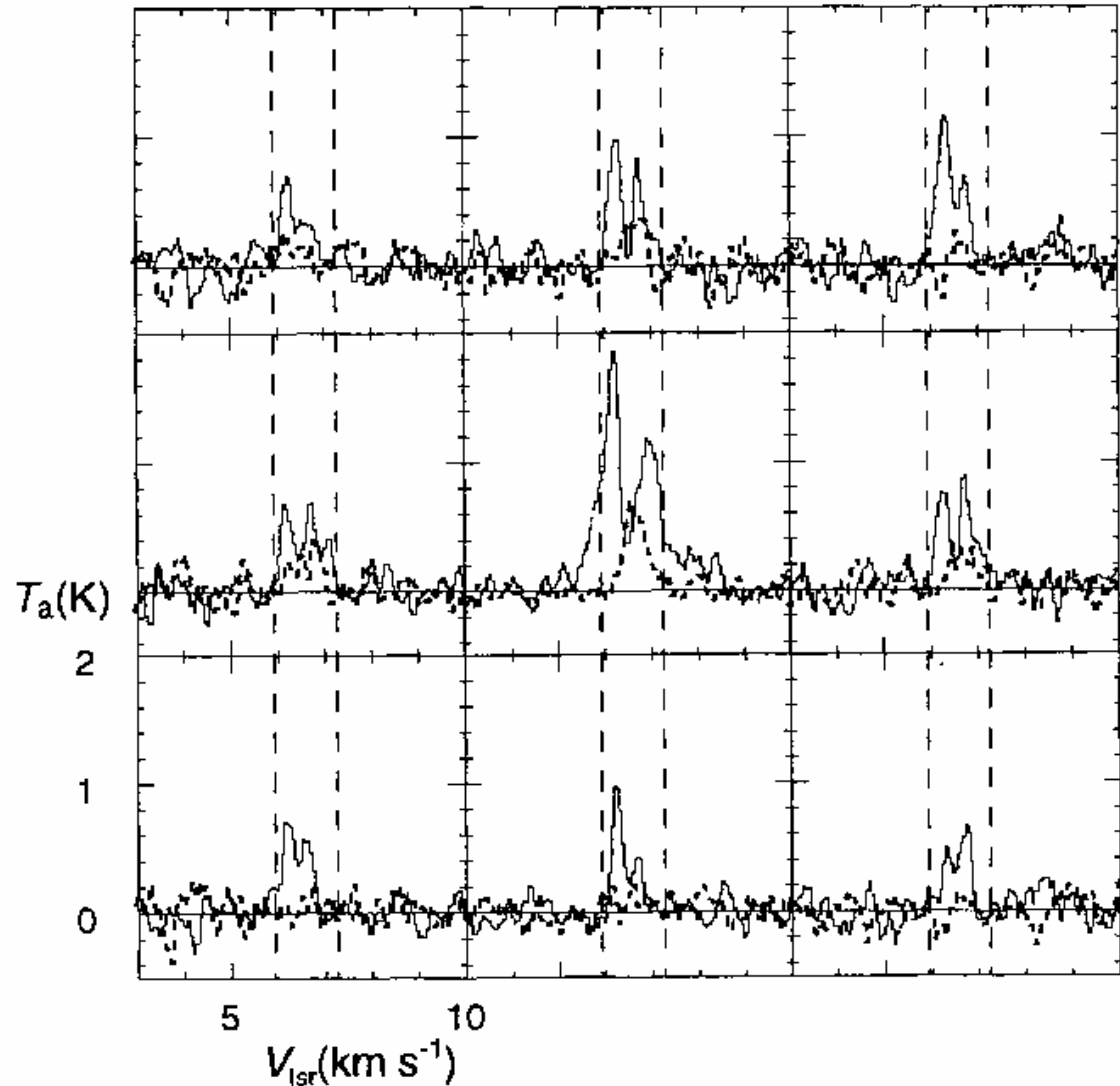
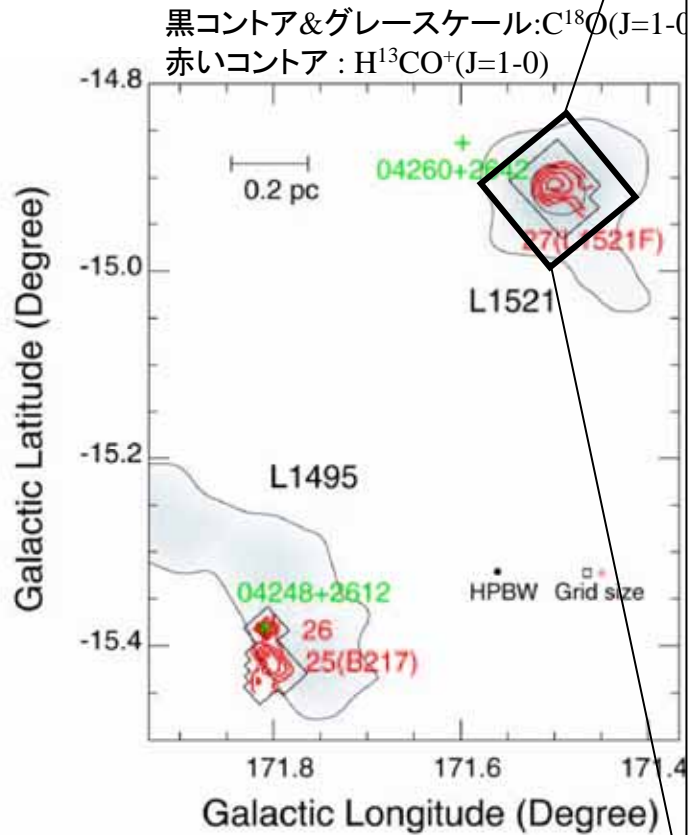
● H<sup>13</sup>



8)

# MC27

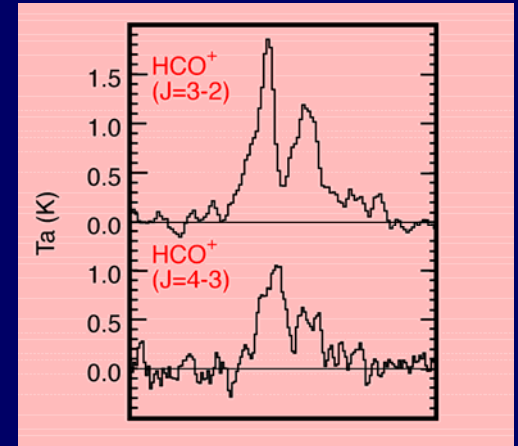
—  $\text{HCO}^+$  (J=3-2)  
---  $\text{H}^{13}\text{CO}^+$  (J=3-2)





# MC27の性質

- 「星のないコア」で最も密度が高い  $\sim 10^6 \text{cm}^{-3}$ 
  - $\text{H}^{13}\text{CO}^+(\text{J}=3-2, 1-0)$  → 最も進化
- ブルー側の強いダブルピーク
  - $\text{HCO}^+(\text{J}=3-2, 4-3)$  → infall
- 中心のみで線幅が広い
  - $\text{HCO}^+(\text{J}=3-2, 4-3)$  → outflow?
- タイムスケール  $\sim 10^4$ 年
  - $\tau_{\text{ff}}(10^6 \text{cm}^{-3}) = \text{a few} \times 10^4$ 年
  - 動的な進化の始まり
  - 原始星コア形成直前・直後  $\sim 1$ 万年以内



# まとめ

- 近傍星形成領域のC<sup>18</sup>Oコアサーベイを行い、その物理量を明らかにしてきた。
- 一部の近傍星形成領域に対してH<sup>13</sup>CO<sup>+</sup>コアサーベイを行った。
- 原始星候補天体が付随していない分子雲でinfallの兆候を示す天体を発見した。