

# 銀河系最外縁における 星生成領域探査

泉奈都子（東京大学）

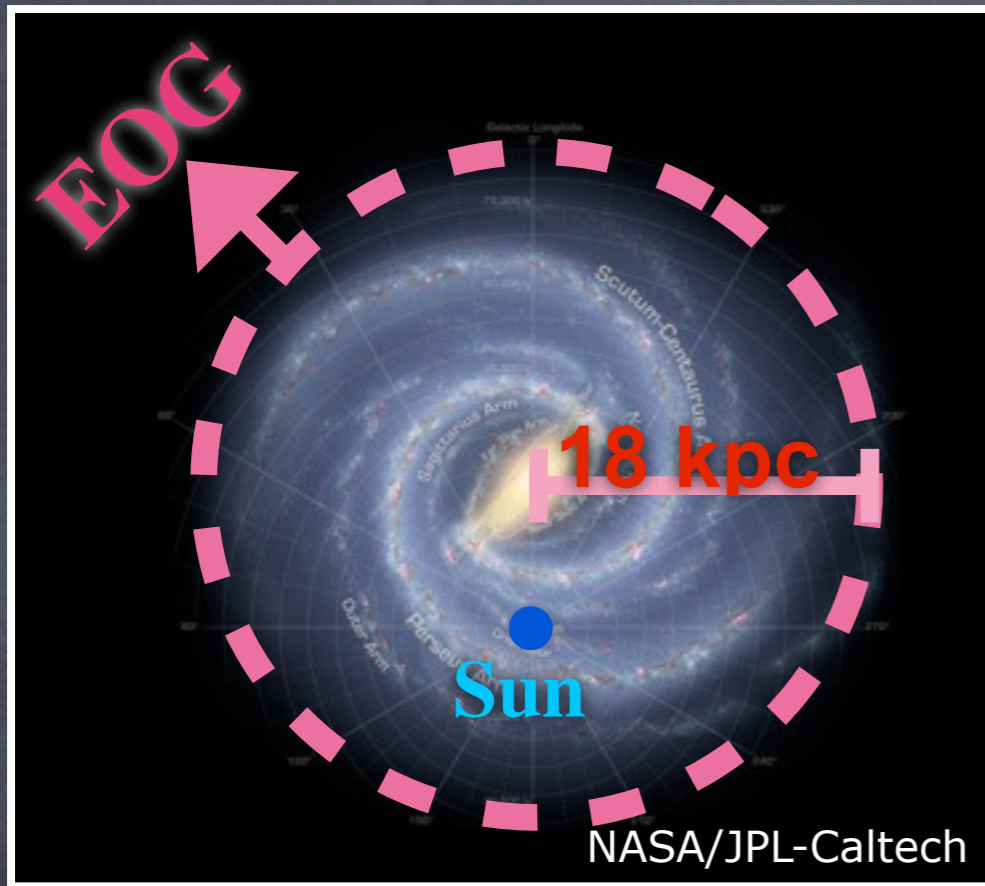
共同研究者：

小林尚人、安井千香子（東京大学）、

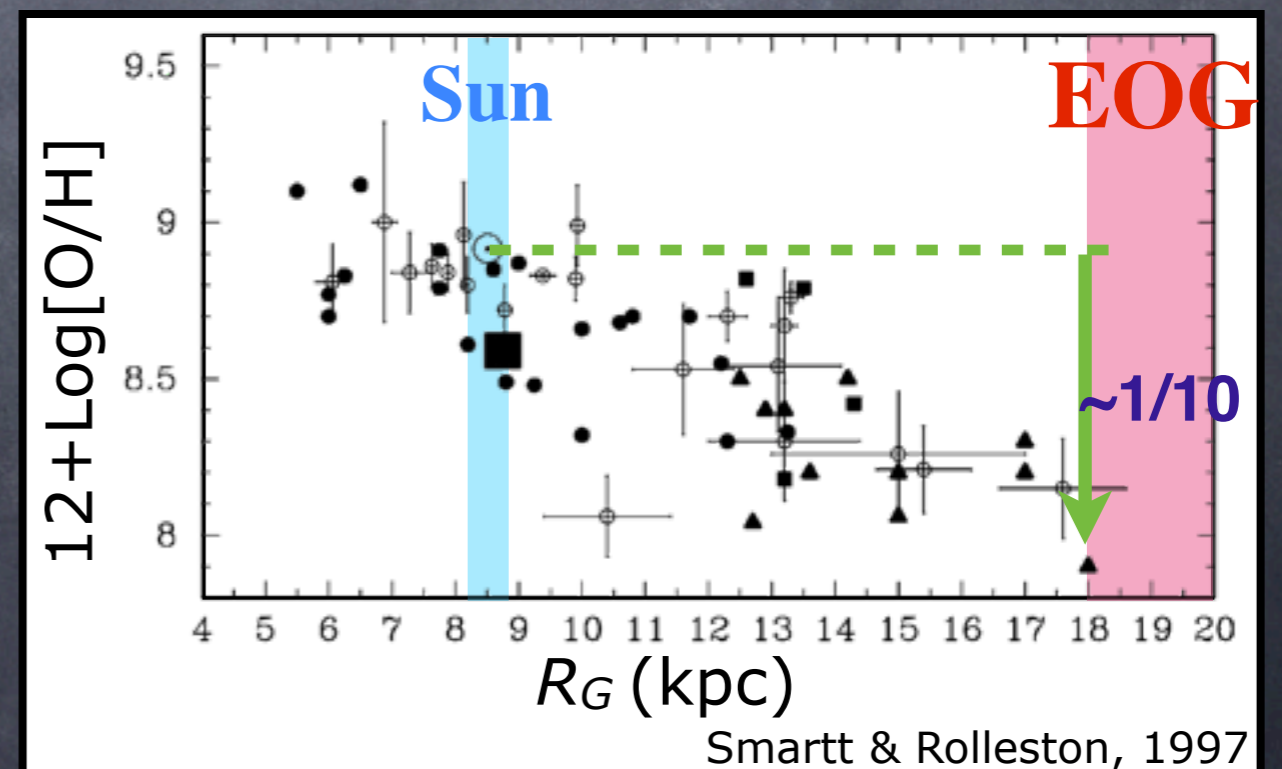
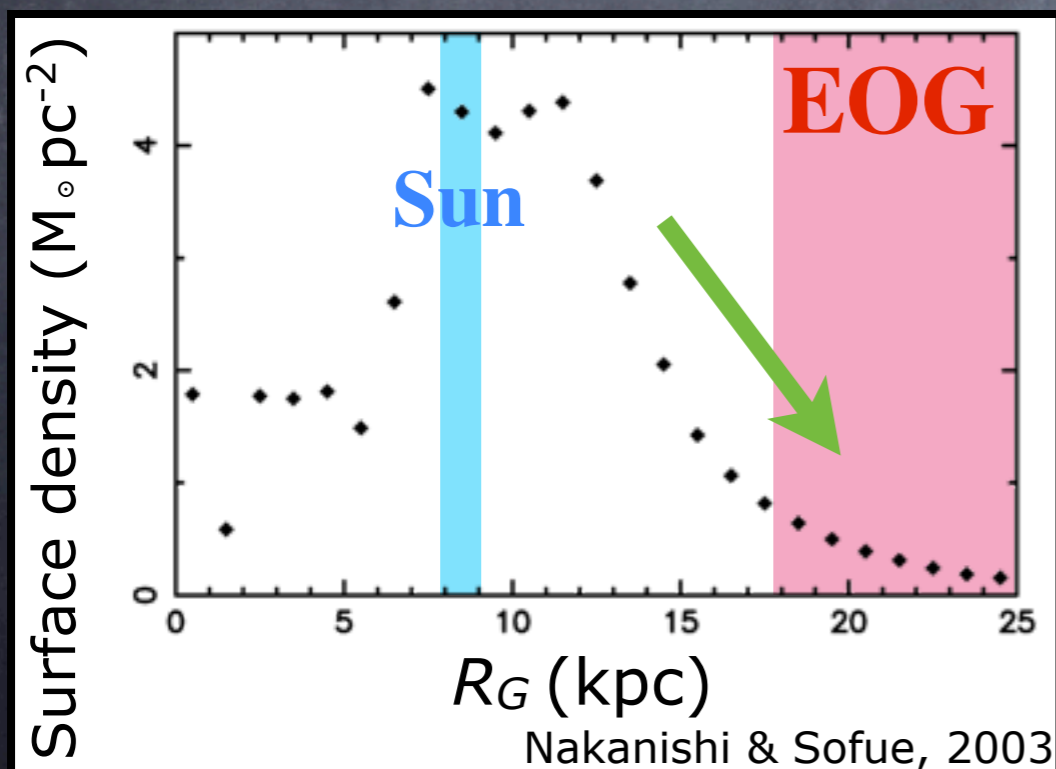
齋藤正雄（国立天文台）、Alan T. Tokunaga（ハワイ大学）



# 銀河系最外縁領域 (Extreme Outer Galaxy ; EOG)



- 系内で  $R_G \geq 18$  kpc の領域
- 太陽近傍と非常に異なる環境
  - 渦状腕が殆ど存在しない
  - 低ガス密度
  - 低金属量





# EOG領域の研究意義

- 銀河系内と系外を繋ぐ未開の領域
- 低密度(sub-critical density)環境下における星生成  
( $< 3M_{\odot}\text{pc}^{-3}$ )
- 矮小銀河、**銀河系形成初期**の環境と非常に似通っている  
Ferguson et al. 1998, Kobayashi et al. 2008

近傍 ( $D < 20$  kpc) において銀河形成過程を直接観測

星を完全に分解した観測が可能

できる唯一の環境



# EOG領域の研究意義

- 銀河系内と系外を繋ぐ未開の領域

- 低密度(sub-critical density)環境下における星生成  
( $< 3M_{\odot}\text{pc}^{-3}$ )
- 矮小銀河、**銀河系形成初期**の環境と非常に似通っている  
Ferguson et al. 1998, Kobayashi et al. 2008

近傍 ( $D < 20$  kpc) において銀河形成過程を直接観測

できる唯一の環境

星を完全に分解した観測が可能



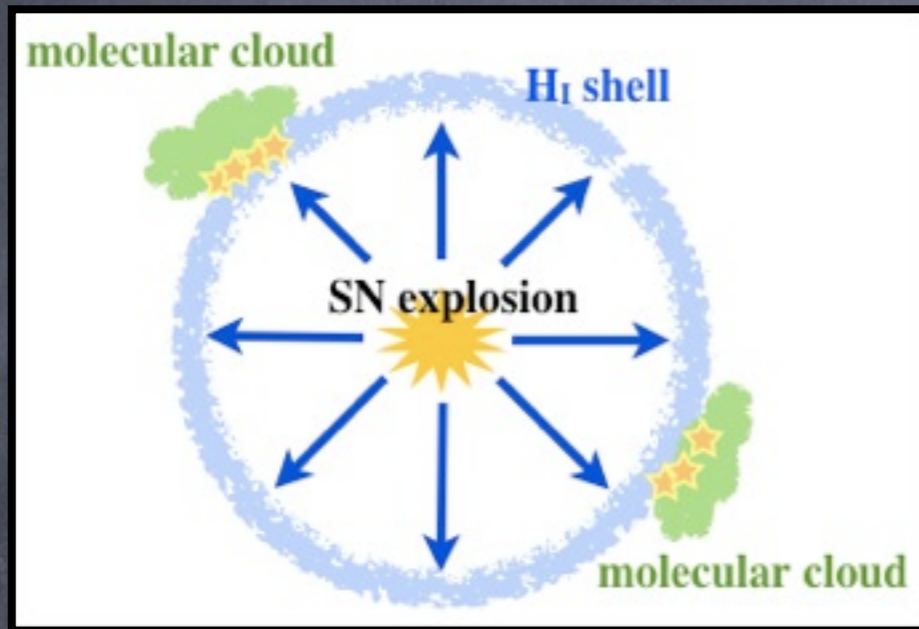
希薄な環境下では何が星生成(分子雲形成)  
のトリガーと成りうるのか?

Elmegreen, 2012

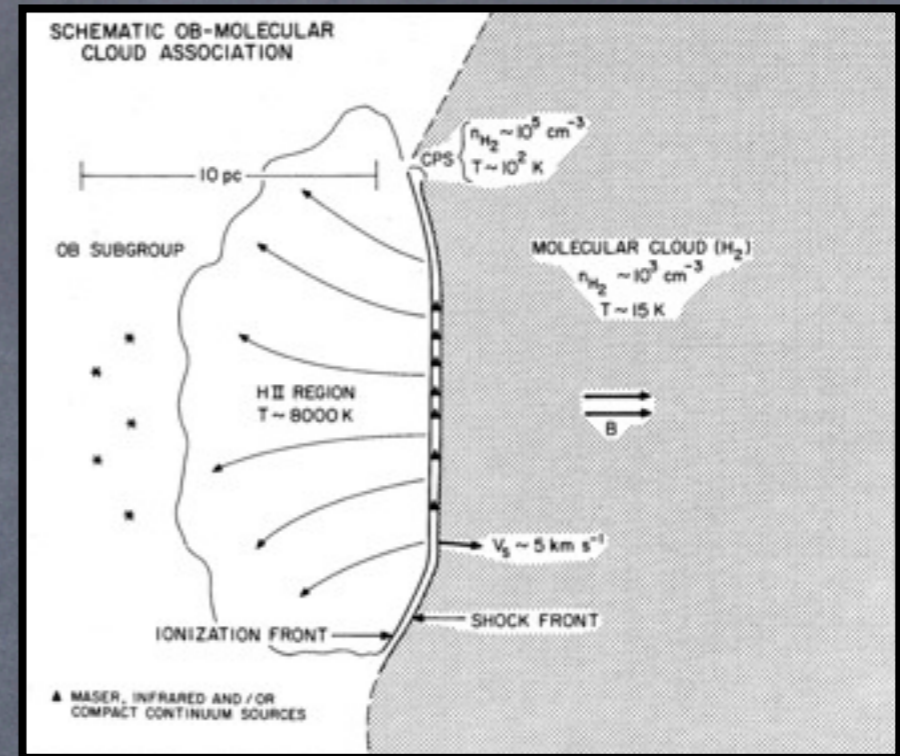


# 代表的な星生成トリガー

## 1) 超新星残骸(SNR)によるH<sub>I</sub>シエルの膨張

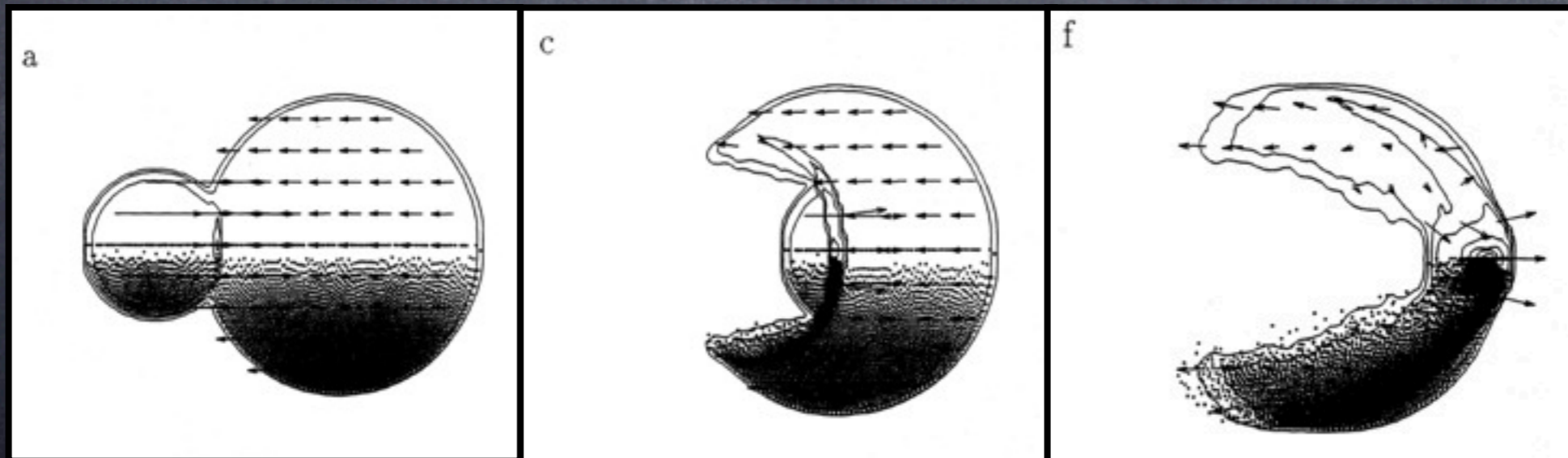


## 2) H<sub>II</sub>領域の膨張



Elmegreen & Lada 1977

## 3) 雲同士の衝突



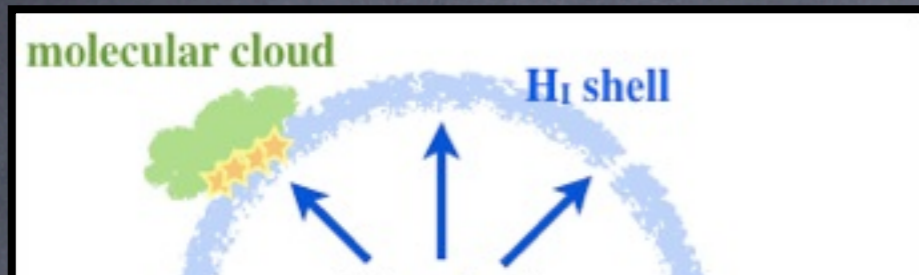
Habe & Ohta, 1992

Elmegreen, 1998

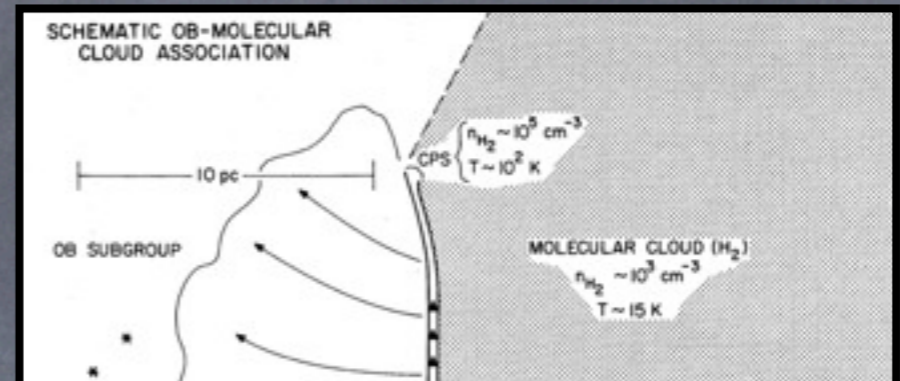


# 代表的な星生成トリガー

## 1) 超新星残骸(SNR)によるH<sub>I</sub>シエルの膨張

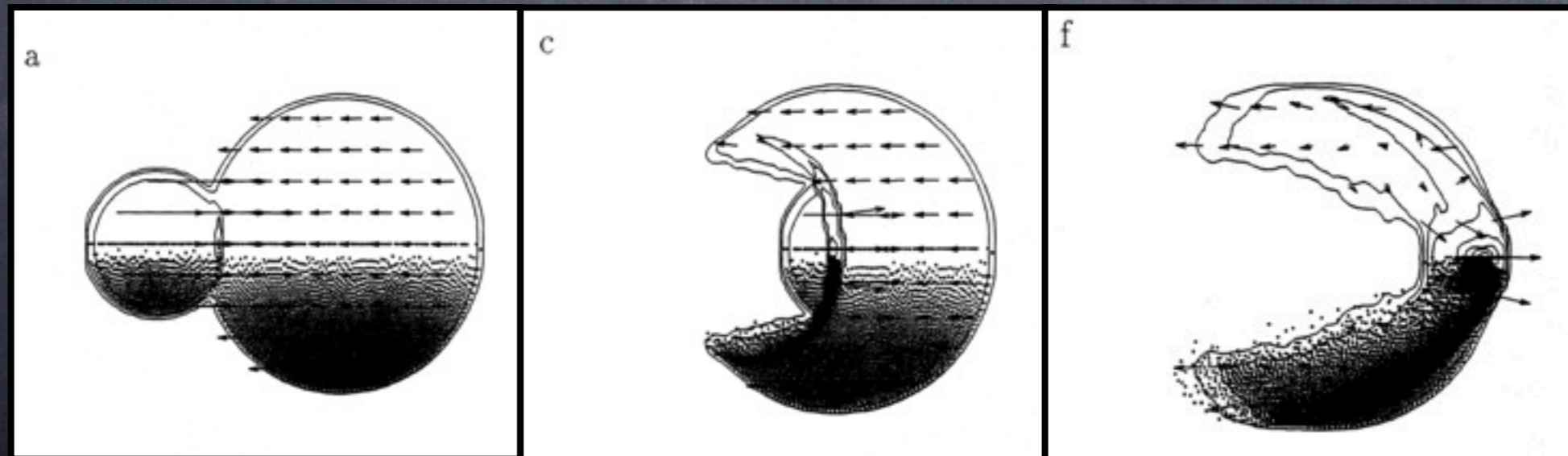


## 2) H<sub>II</sub>領域の膨張



最終目標：EOG領域(銀河系形成初期)において  
支配的な星生成(分子雲形成)トリガーの解明

## 3) 雲同士の衝突

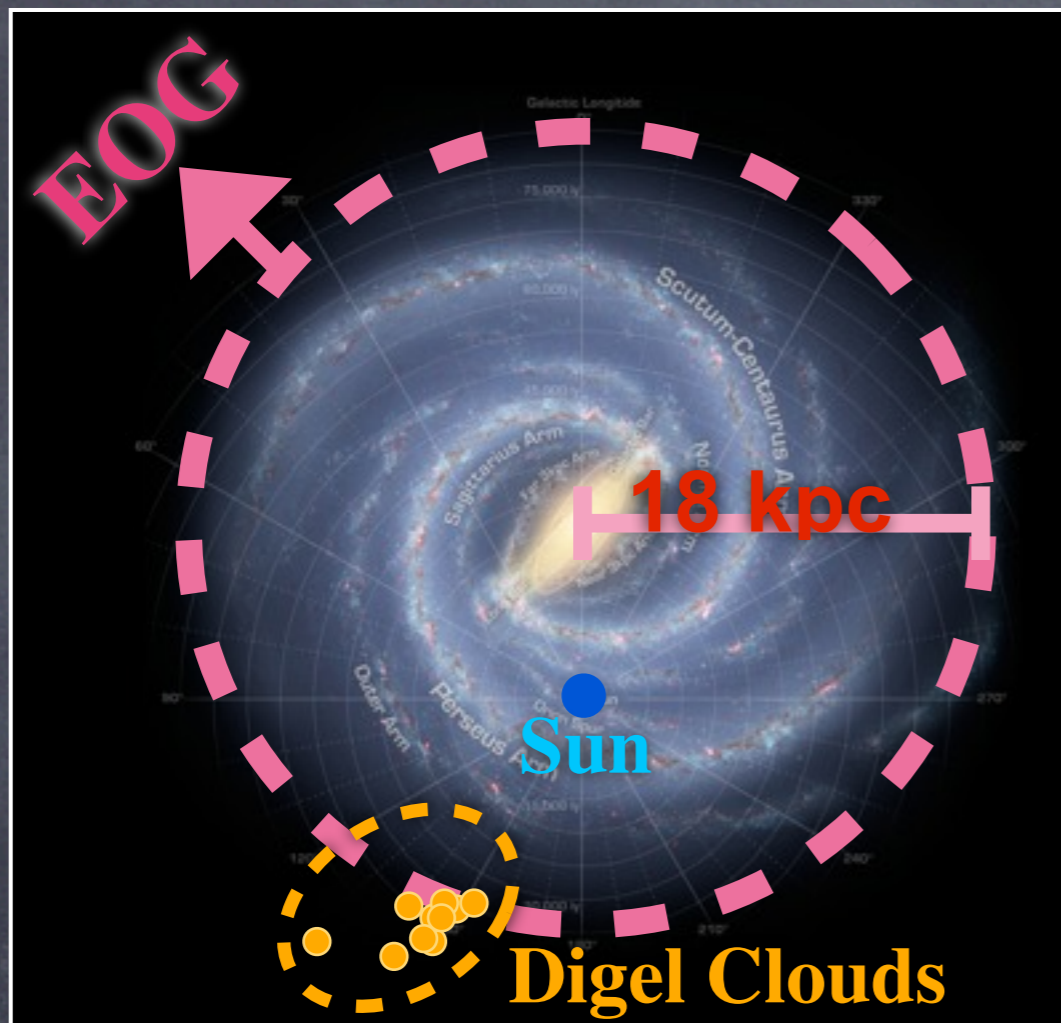


Elmegreen & Lada 1977

Habe & Ohta, 1992



# Target : Digel Clouds



NASA/JPL-Caltech

- EOG領域の初の分子雲探査
- Cloud1~8からなる8つの分子雲

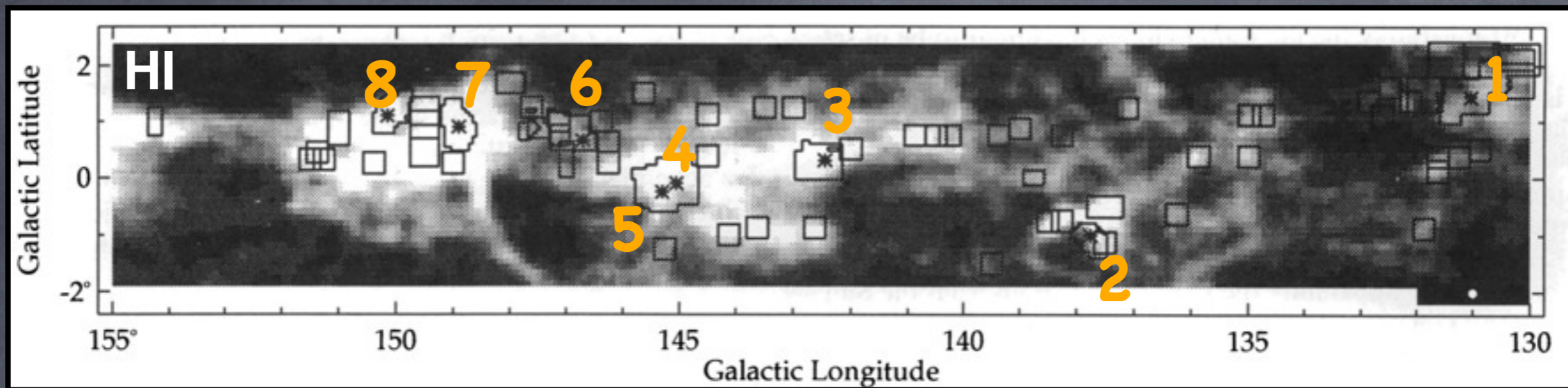
kinematic distance が

$R_G \geq 20$  kpcの分子雲が複数存在

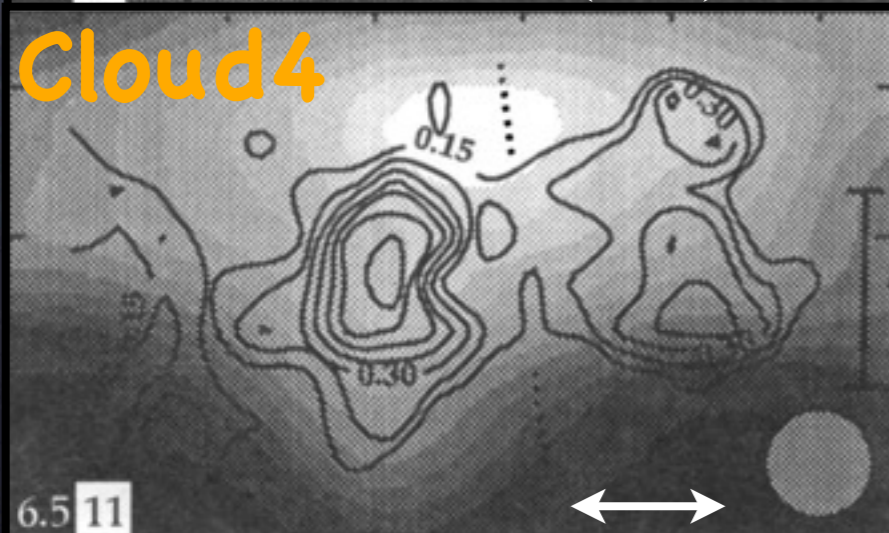
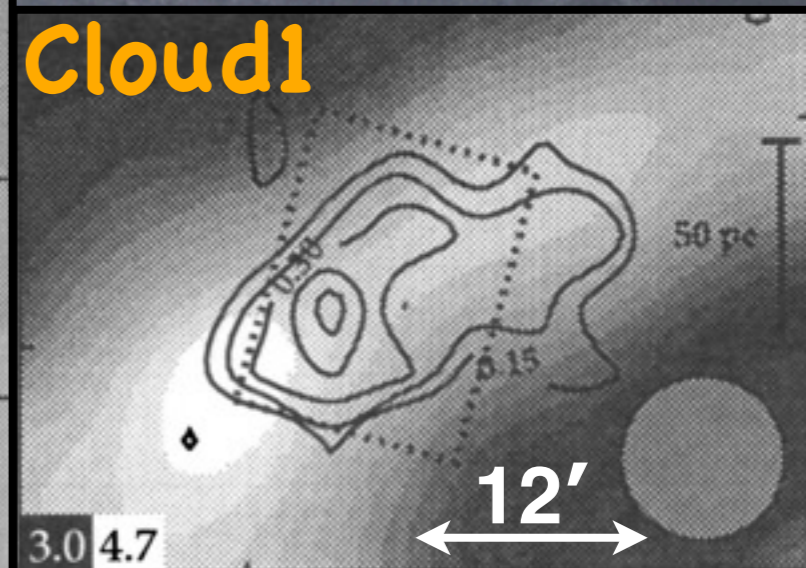
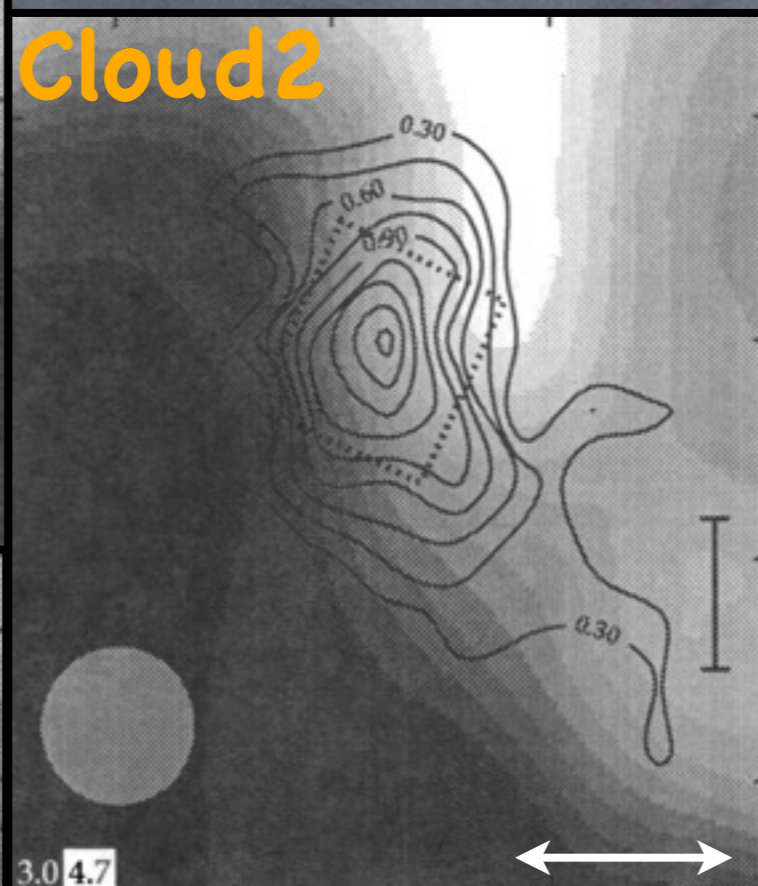
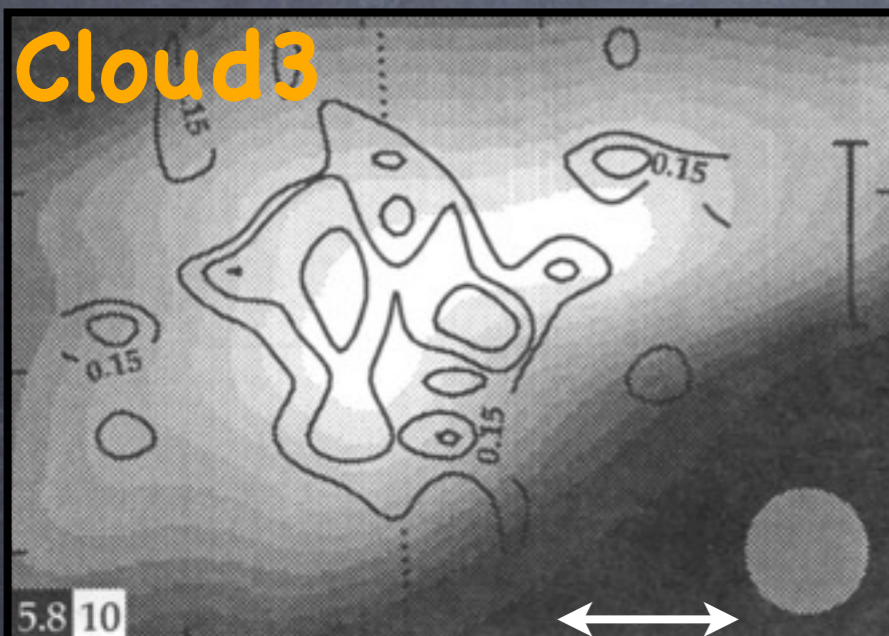
Digel et al. 1994



# Target : Digel Clouds

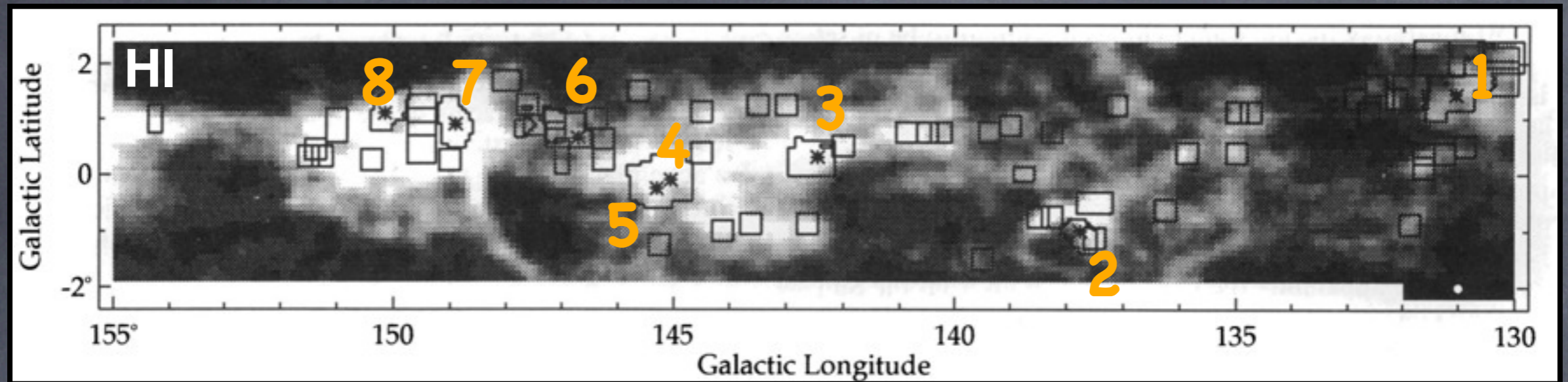


kinematic distance :  $18 \leq R_G \leq 30$  kpc

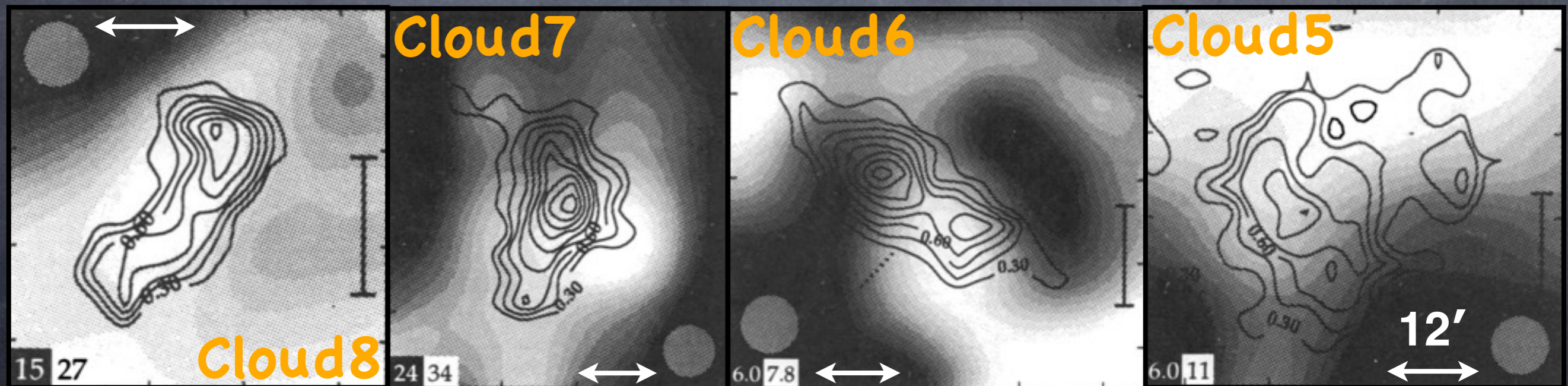




# Target : Digel Clouds

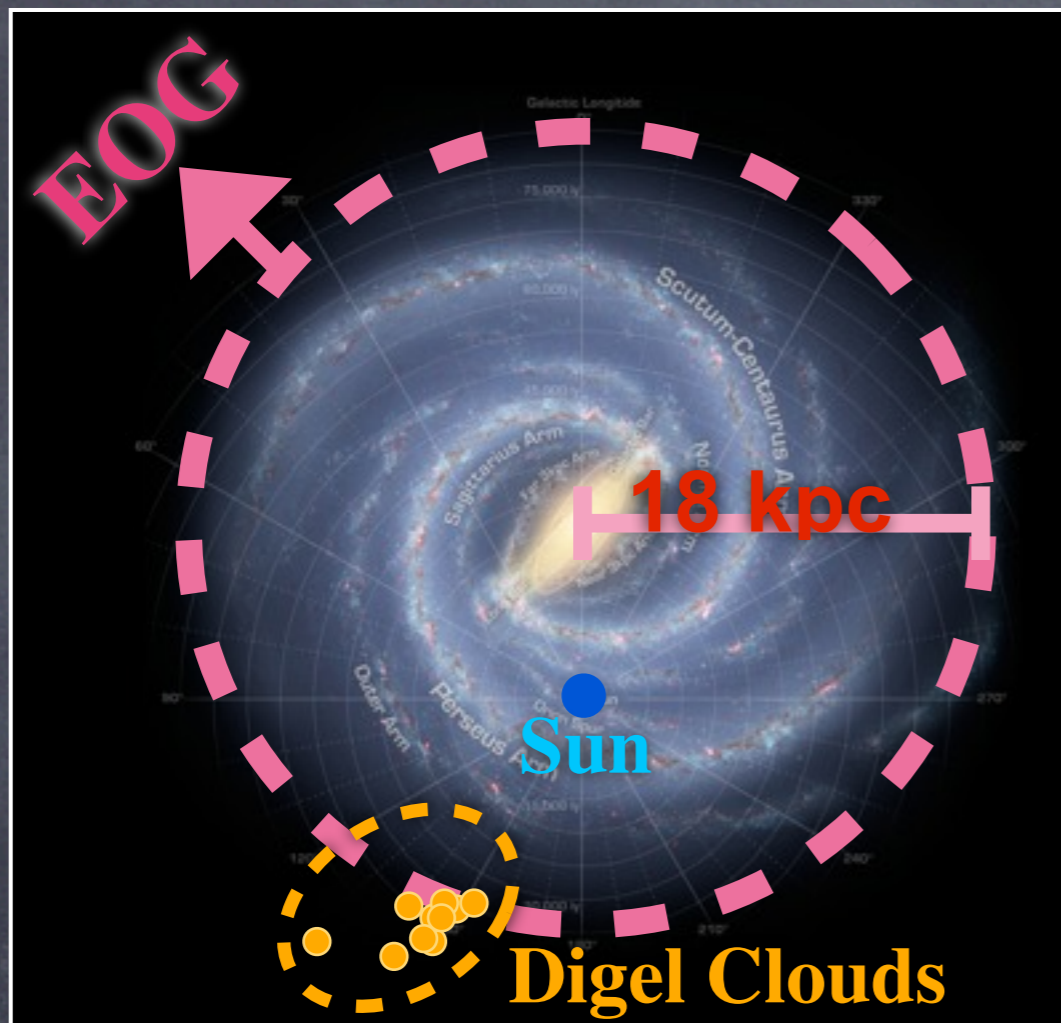


kinematic distance :  $18 \leq R_G \leq 30$  kpc





# Target : Digel Clouds



NASA/JPL-Caltech

- EOG領域の初の分子雲探査
- Cloud1~8からなる8つの分子雲

kinematic distance が

$R_G \geq 20$  kpcの分子雲が複数存在

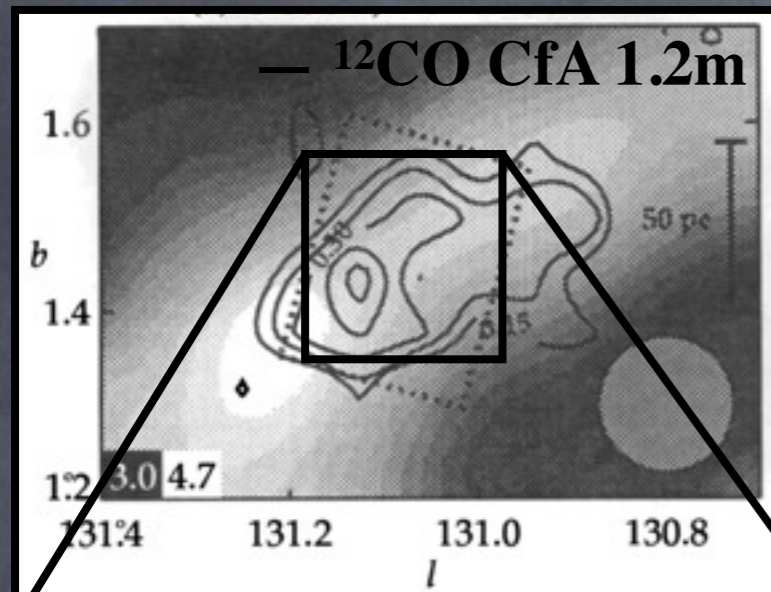
Digel et al. 1994

- 低ガス密度環境下 → 分子雲の数少ない
  - 遠方の領域 → 高感度・高解像度の探査必要
- 非常に貴重なサンプル



# Observation

## ■ Strategy



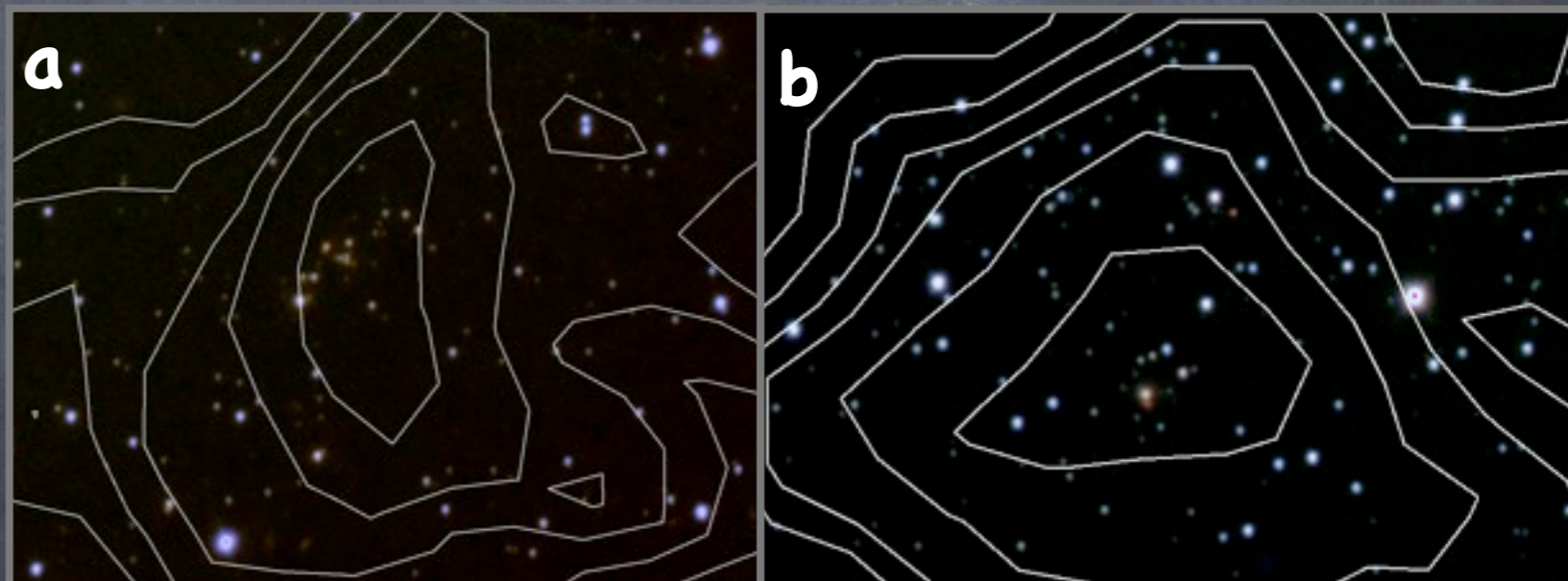
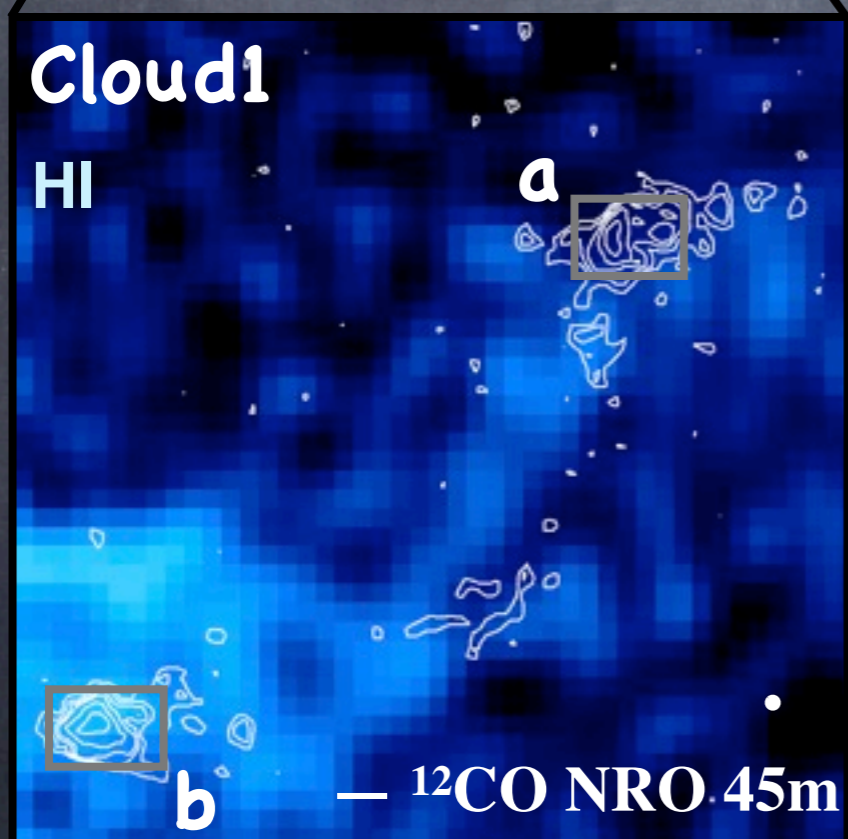
1) 野辺山45m電波望遠鏡

-  $^{12}\text{CO}$  (1 $\rightarrow$ 0)の詳細なマッピング観測



2) すばる8.2m望遠鏡

- 近赤外撮像観測

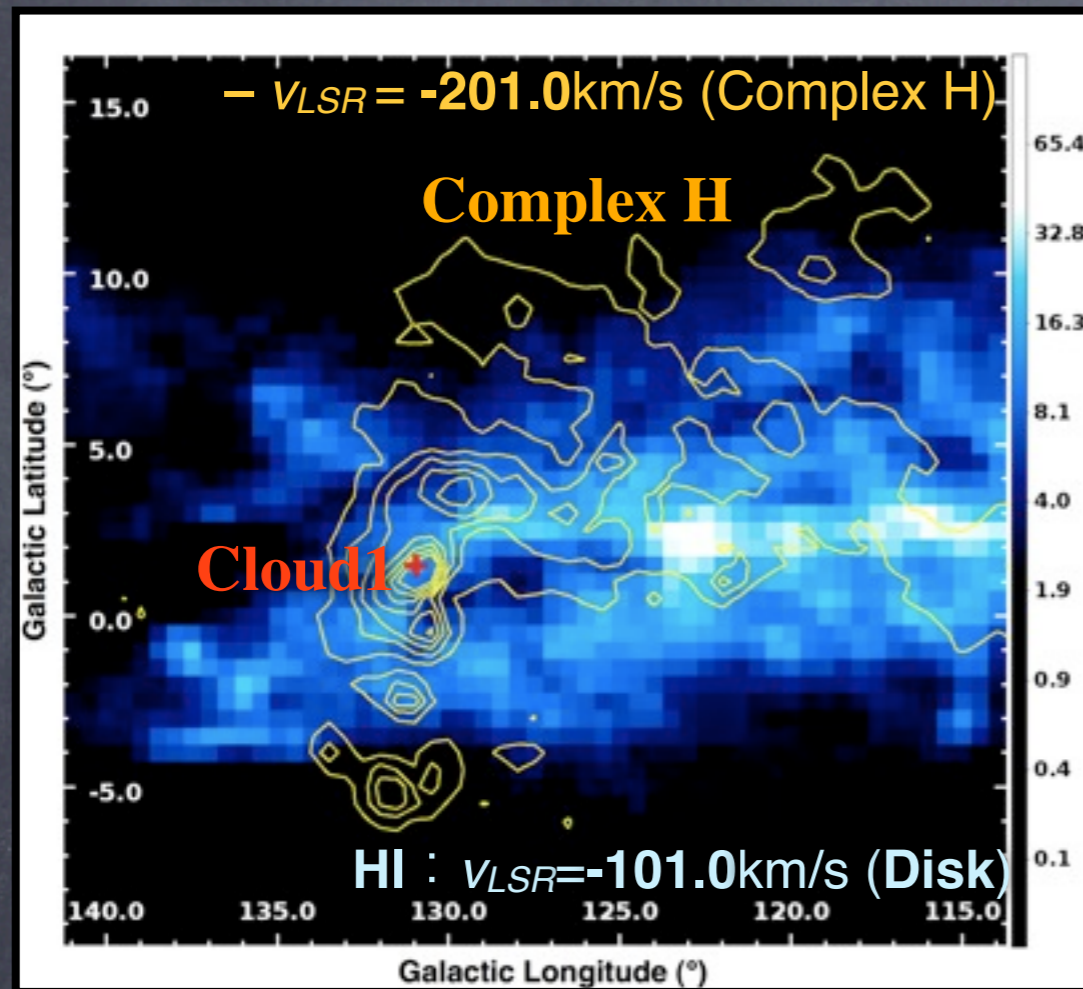


Cloud1,Cloud2に付随する星生成領域を検出



# Result (1) : Cloud1

## ■ トリガー：雲同士の衝突？



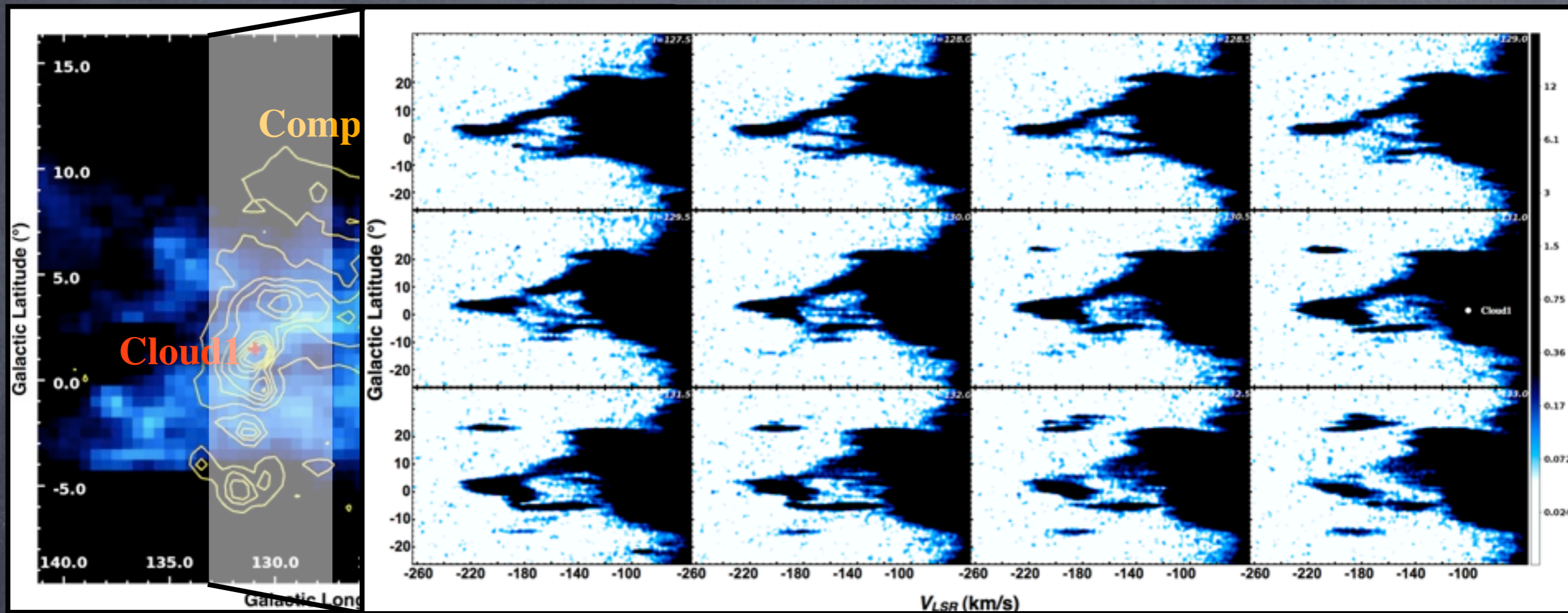
- High - Velocity Cloudsの複合体  
Complex H の $\text{H}_I$ ピークが存在
- シェル構造の存在

Morris et al. 1998



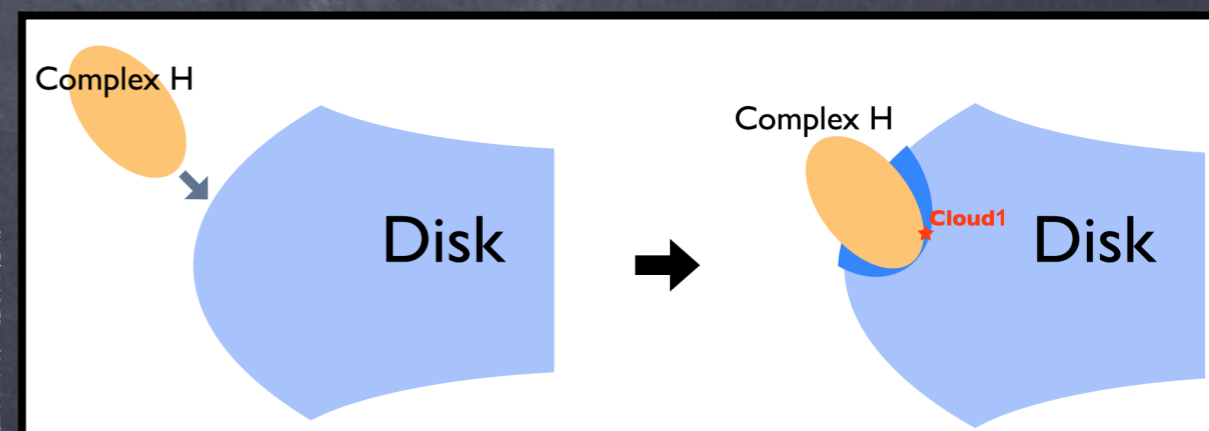
# Result (1) : Cloud1

- トリガー：雲同士の衝突？



Complex Hと銀河ディスクの衝突？

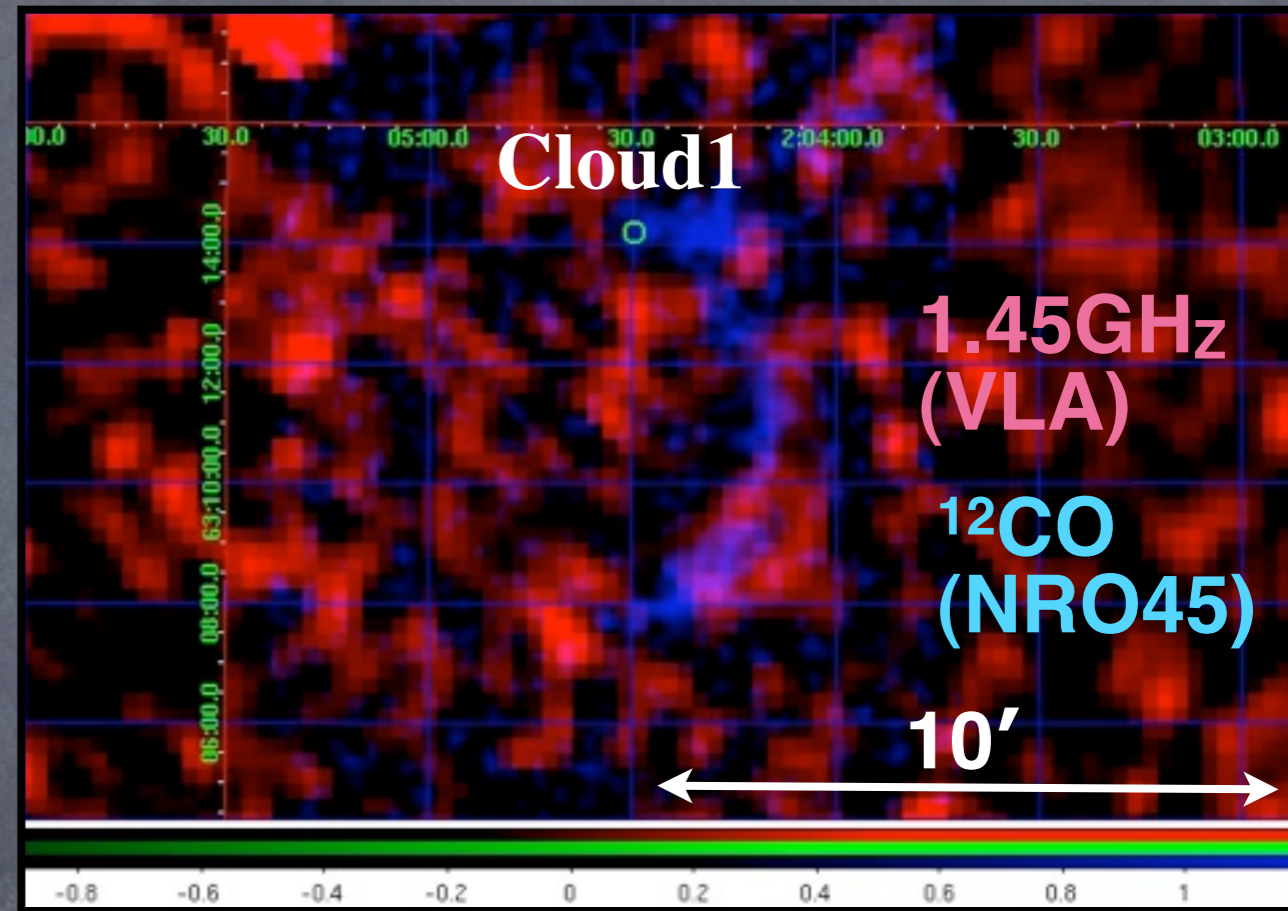
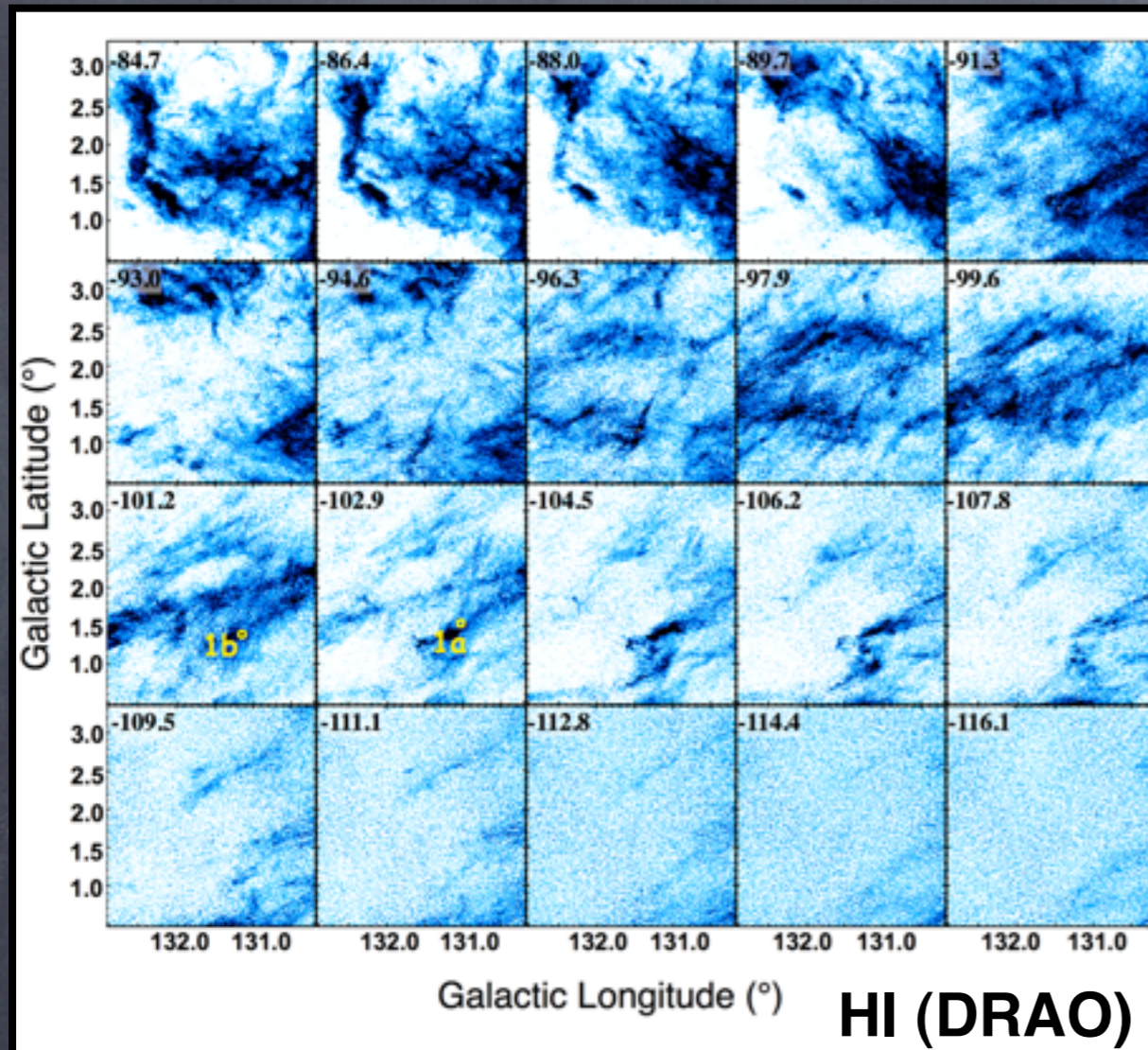
Cloud1における星生成  
(分子雲形成)のトリガーの可能性





# Result (1) : Cloud1

## ■ 他の可能性について検討



- SNRによるシェル構造は見られない
- OB associationやH<sub>II</sub>領域を示す輝線は検出されていない

Morris et al. 1998

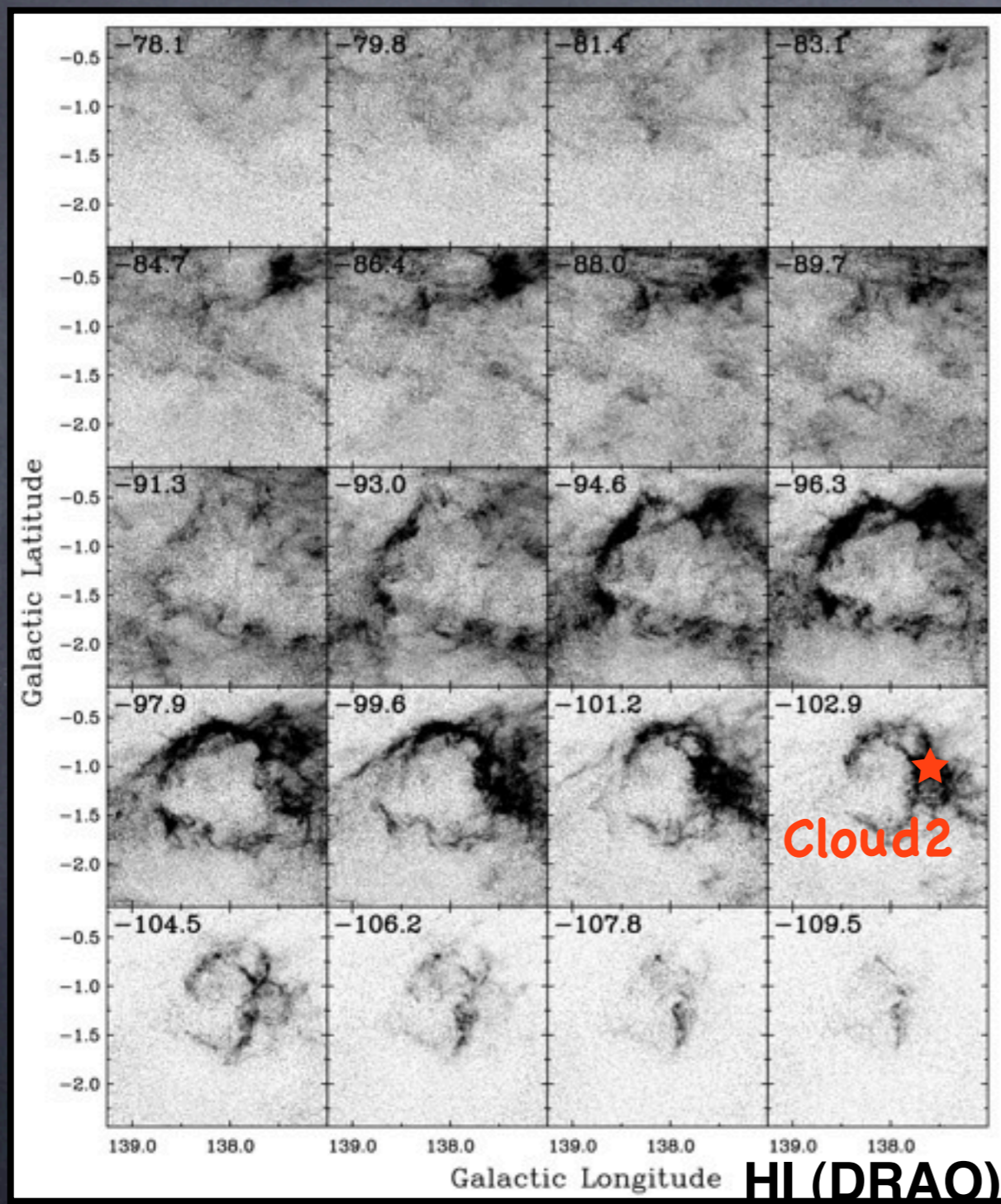
→ ~~SNRによるH<sub>II</sub>シェルの膨張、H<sub>II</sub>領域の膨張~~



# Result (2) : Cloud2

## ■ トリガー : SNRによるH<sub>I</sub>シェルへの膨張

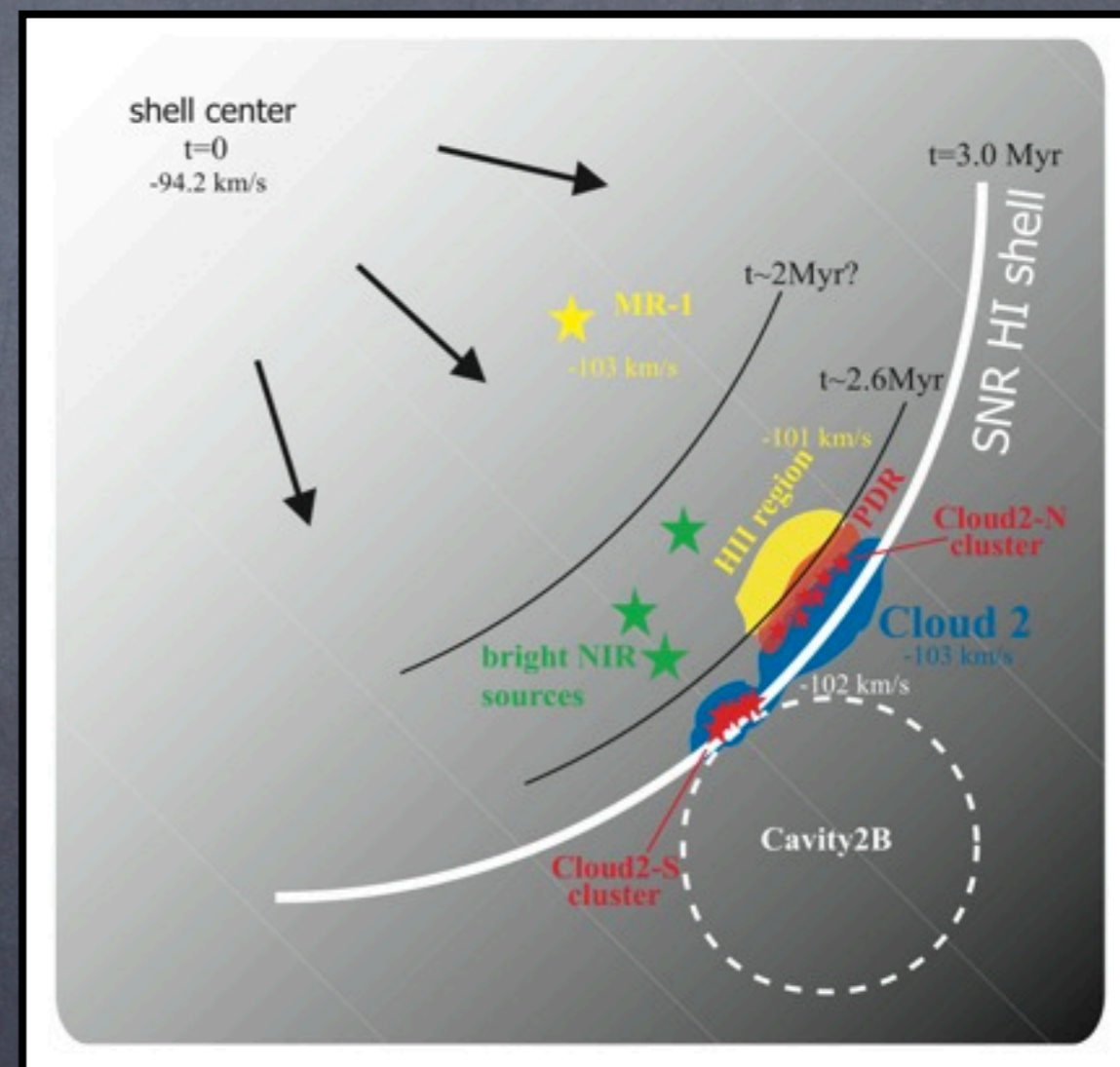
Kobayashi et al. 2008



Stil & Irwin, 2001

## - SNRによるH<sub>I</sub>シェルが存在

Stil & Irwin, 2001 Ruffle, 2007



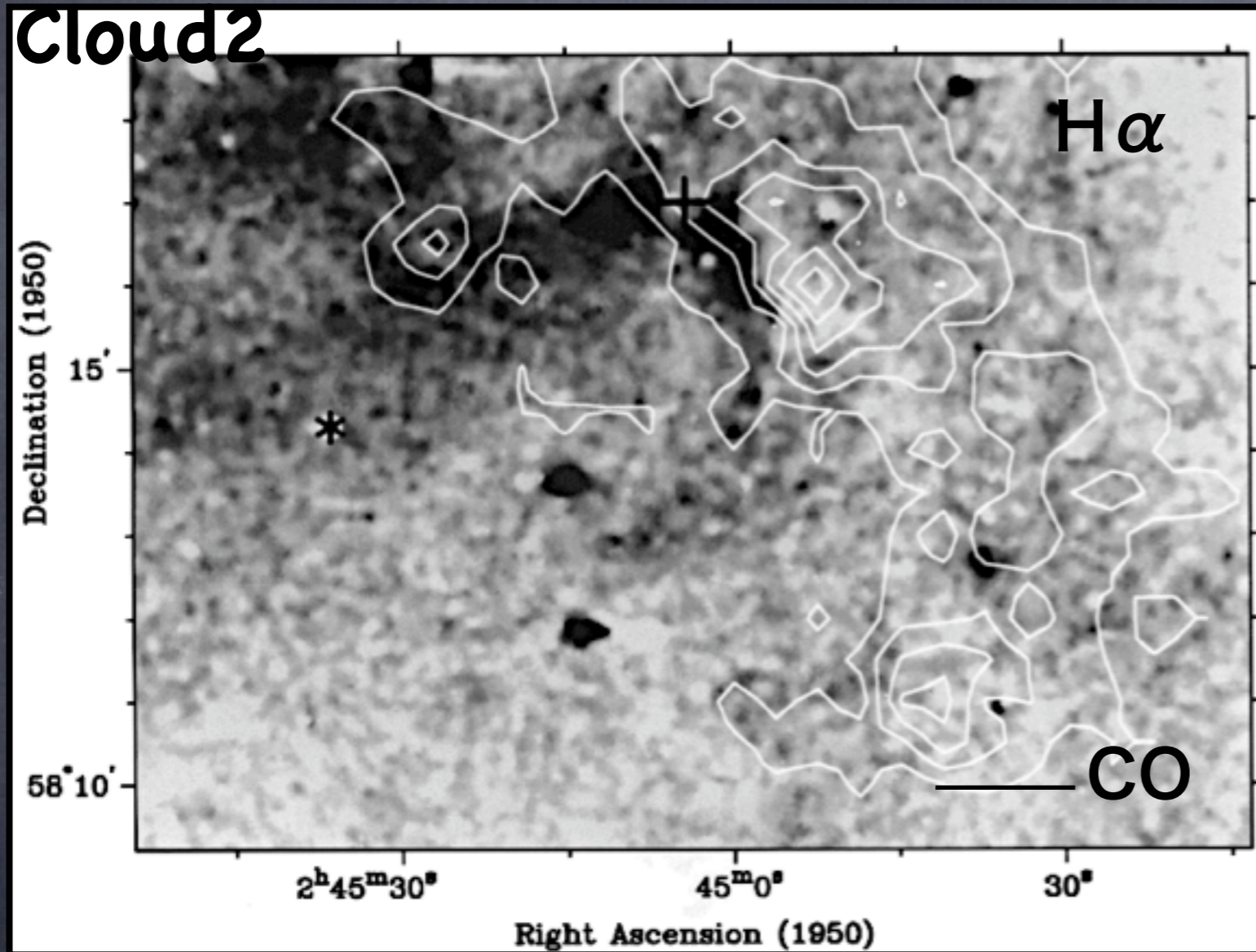
Kobayashi et al. 2008



# Future Work : H $\alpha$

## ■ KWFCを用いたH $\alpha$ サーベイ観測

- H $\alpha$



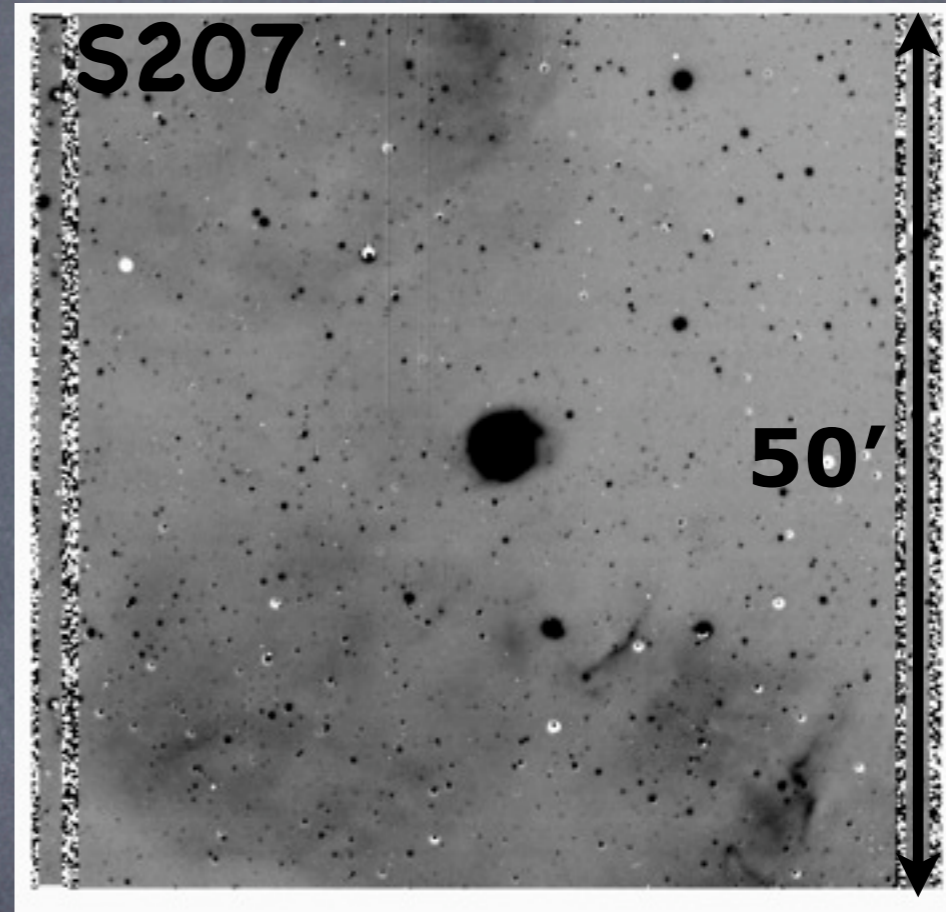
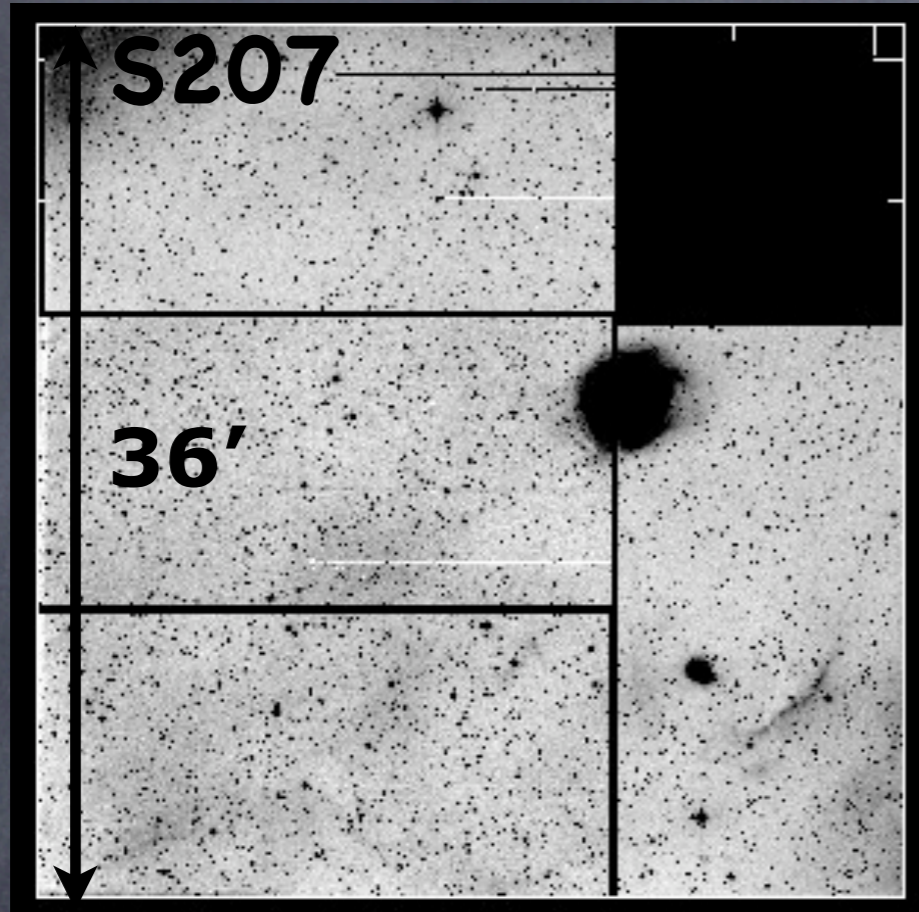
- ・ MIRと同様、星生成領域の  
良い指標となる

Cloud2に付随する  
星生成領域を確認



# Future Work : Ha

## - 望遠鏡の比較



Isaac Newton Telescope (2.5m)

木曾シュミット望遠鏡 (1.05m)

Wide Field Camera (WFC)

2kCCD

2 min

15 min

0.333 arcsec / pixel

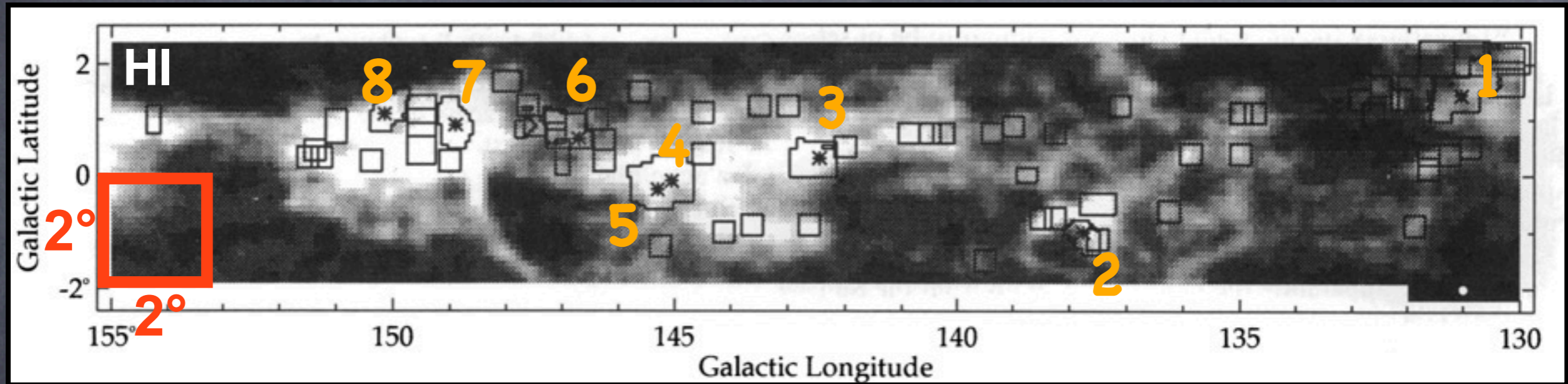
1 arcsec / pixel

- ・ 広がったfaintな天体の場合、木曾の方が適している？



# Future Work : H $\alpha$

- 広視野観測 ( $2^{\circ}.2 \times 2^{\circ}.2$ )

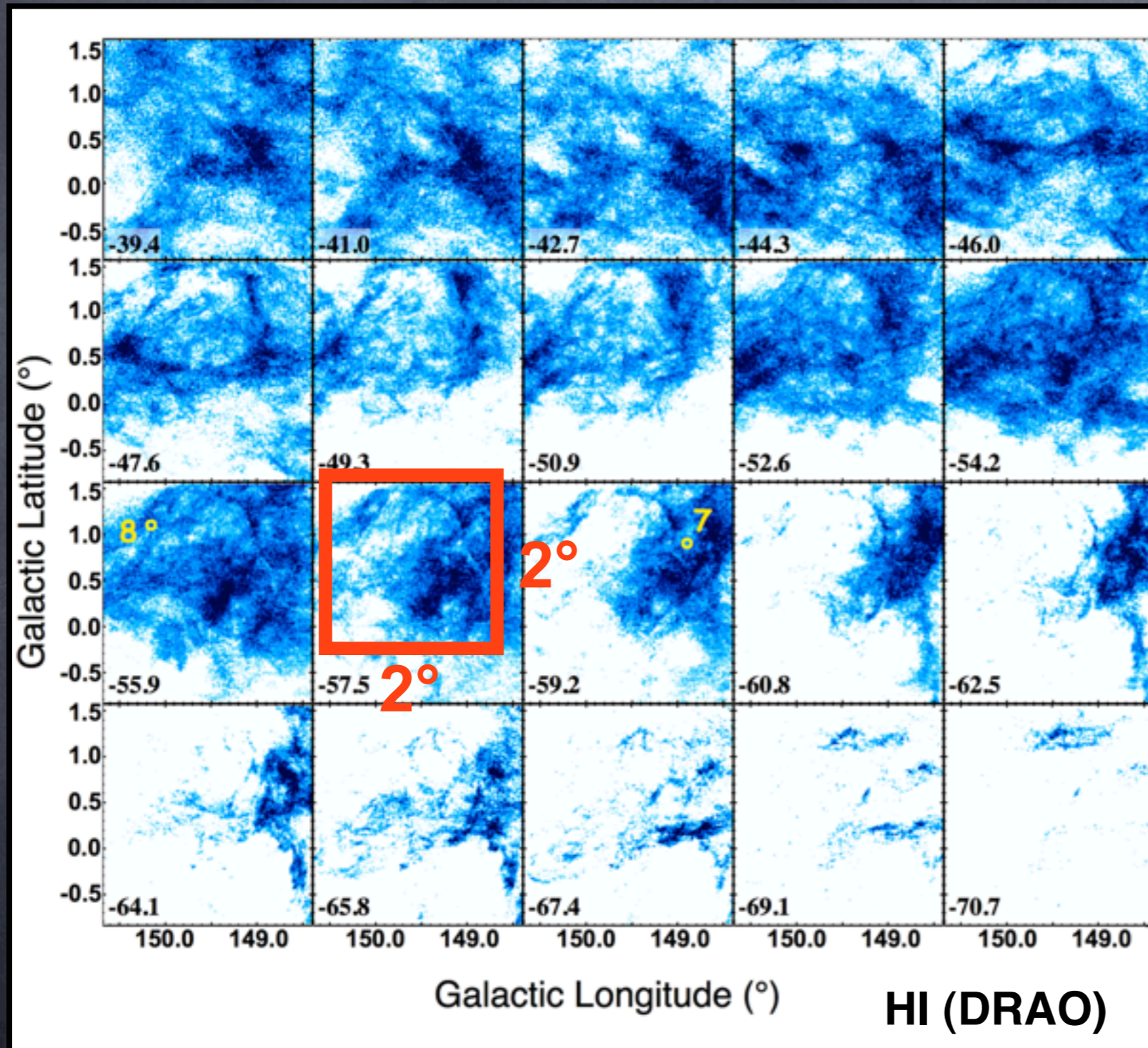


- ・ 一視野で分子雲全体を十分に覆うことが可能



# Future Work : H $\alpha$

- 広視野観測 ( $2^{\circ}.2 \times 2^{\circ}.2$ )



- Cloud7, Cloud8の  
周辺にSNRシェル  
候補が存在

SNRシェル候補と  
Cloud7, Cloud8全ても  
完全に覆うことが可能



# Summary

- EOG領域(銀河系形成初期)に支配的な星生成トリガーを探る

- Target : Digel Clouds
  - Cloud1 : 雲同士の衝突?
  - Cloud2 : SNRによるH<sub>I</sub>領域の膨張



- ・ シミュレーション
- ・ 分子雲探査

- 他のDigel Cloudsにおける星生成領域探査
- EOG領域における分子雲、星生成領域探査

- KWFCによるH $\alpha$ サーベイ観測