

星形成セミナー

2019/02/05

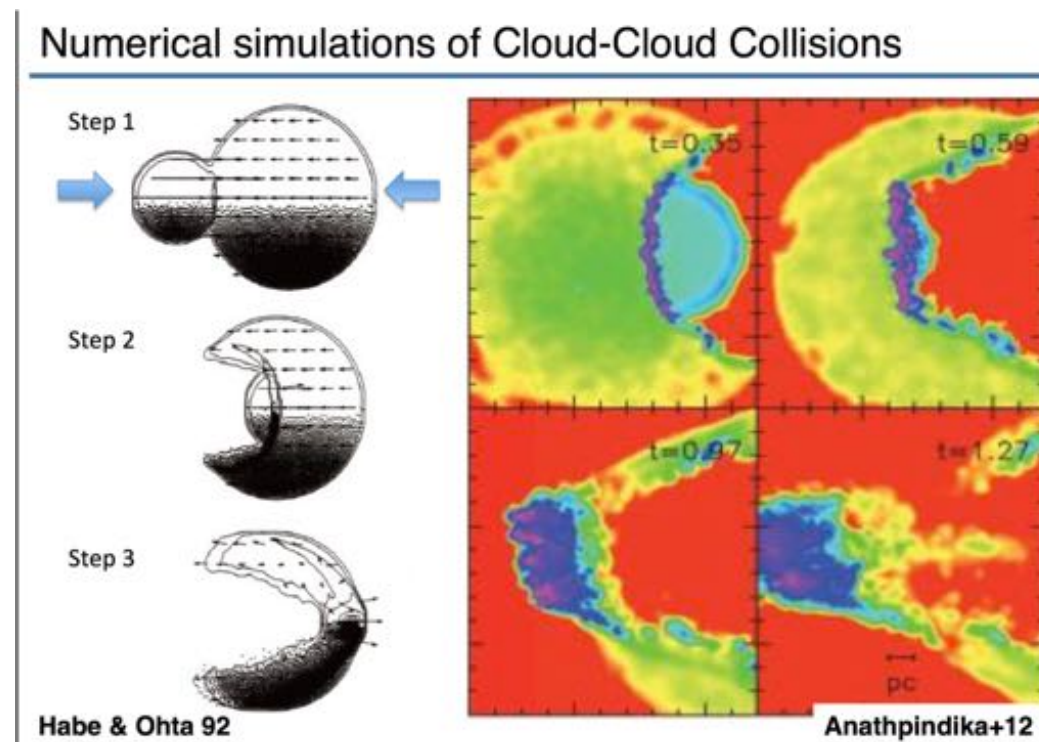
Fujita

# 分子雲衝突による大質量星の形成のトリガー

Introduction省略。一言で言うと、

二つの分子雲が超音速で衝突 → 圧縮層で質量降着率が増大

もうじき分子雲衝突のレビュー (Fukui et al.) が出るので、世界中で研究が加速するはず。それまでに一足先のステップを考えておく必要がある。



# 分子雲衝突 次の一手は？

## 分子雲衝突

- massiveなclump/coreを作るに足るメカニズム

- 観測的立証の手法が近年確立されてきた

- これまでに~50の観測例

# 分子雲衝突 次の一手は？

## 分子雲衝突

### ■ massiveなclump/coreを作るに足るメカニズム

- 他にメカニズムはない？
- cloudからclump/coreへはどう進化？その効率は？質量降着率は？
- filament？
- 衝突, cloud, clump/coreのそれぞれのパラメータの関係は？
- 衝突をdriveするものは？

### ■ 観測的立証の手法が近年確立されてきた

- 相補的分布, ブリッジ成分以外には？
- HII regionとcloudの構造はどうなっている？
- 既存の検出手法にかかる観測バイアスは？

### ■ これまでに~50の観測例

- これからはどのようなサンプルを増やすと良いか？or 効率の良い増やし方は？
- 系外銀河では (渦巻以外など)？潮汐相互作用？
- 原子ガス雲同士の衝突は？
- 逆に、衝突していないcloudはどの程度ある？衝突頻度の計算との整合性は？

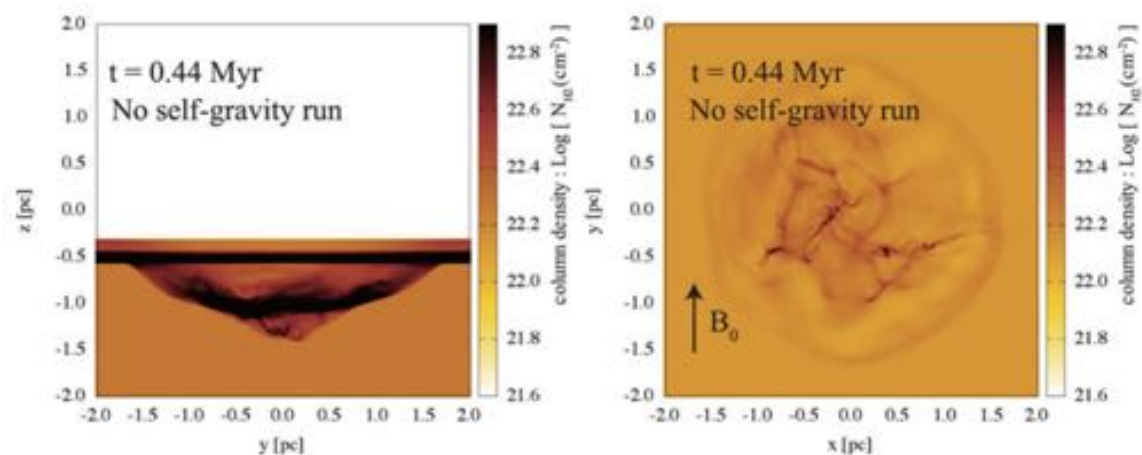
# 分子雲衝突 次の一手は？ (ALMA)

- cloudからclump/coreへはどう進化？ filament？

Inoue+2018

圧縮層でのfilamentの形成  
がシミュレーションで  
示唆されている

観測的にも示唆  
(N159W, S116, M8 など)



Tokuda+2018 (N159W)

幅は0.1 pc程度？ CCC  
初期段階の領域で見れば  
もっとわかるかも？

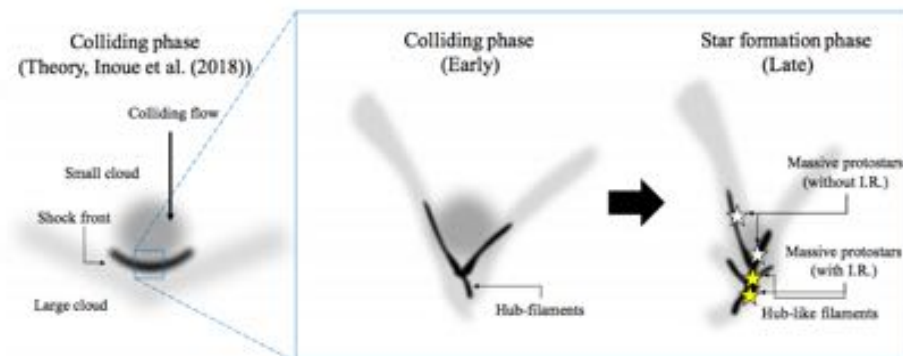
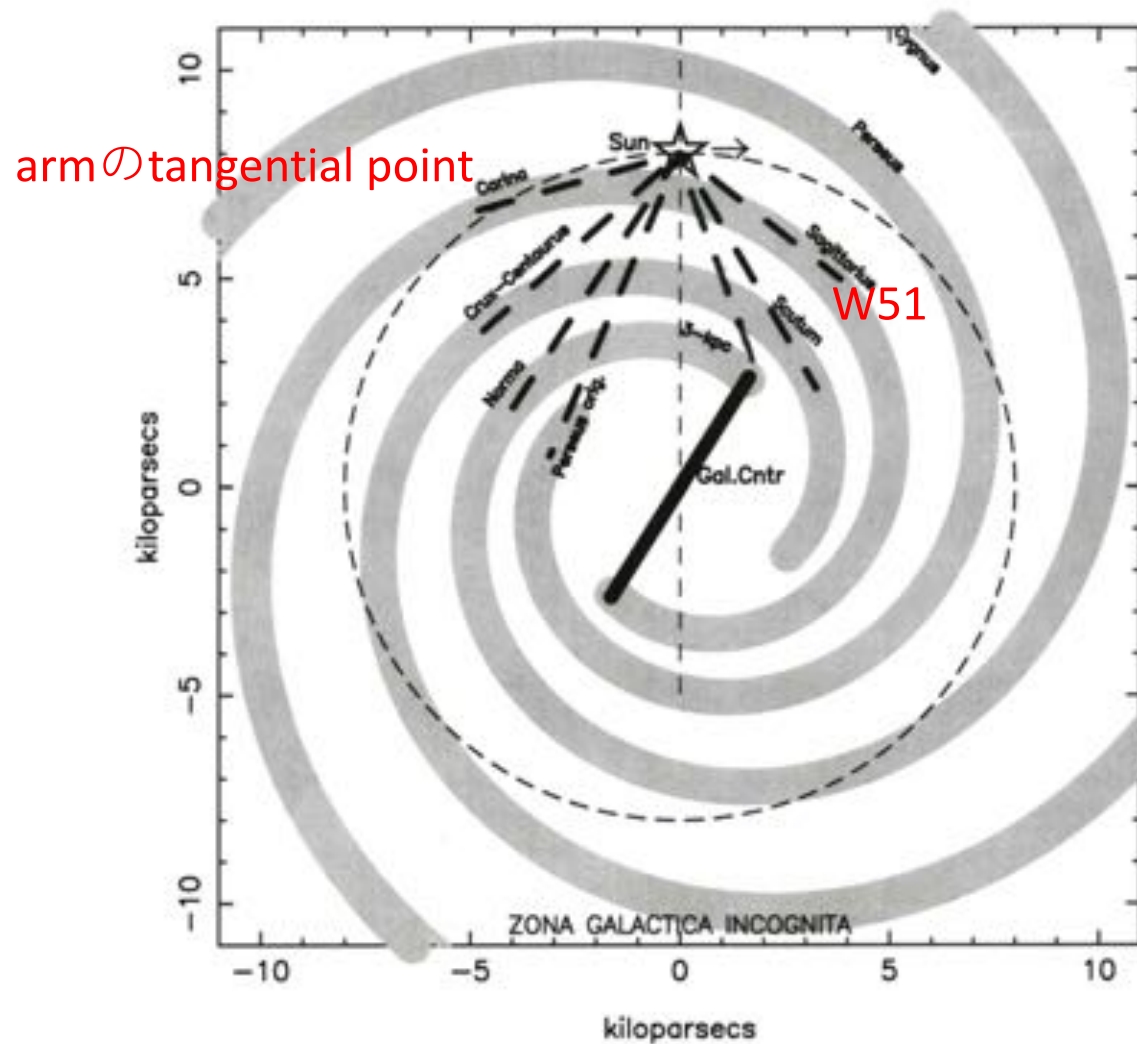


Figure 4. Schematic views of the star formation triggered by a cloud-cloud collision in the N159W-South. A similar figure is presented by FTS18.

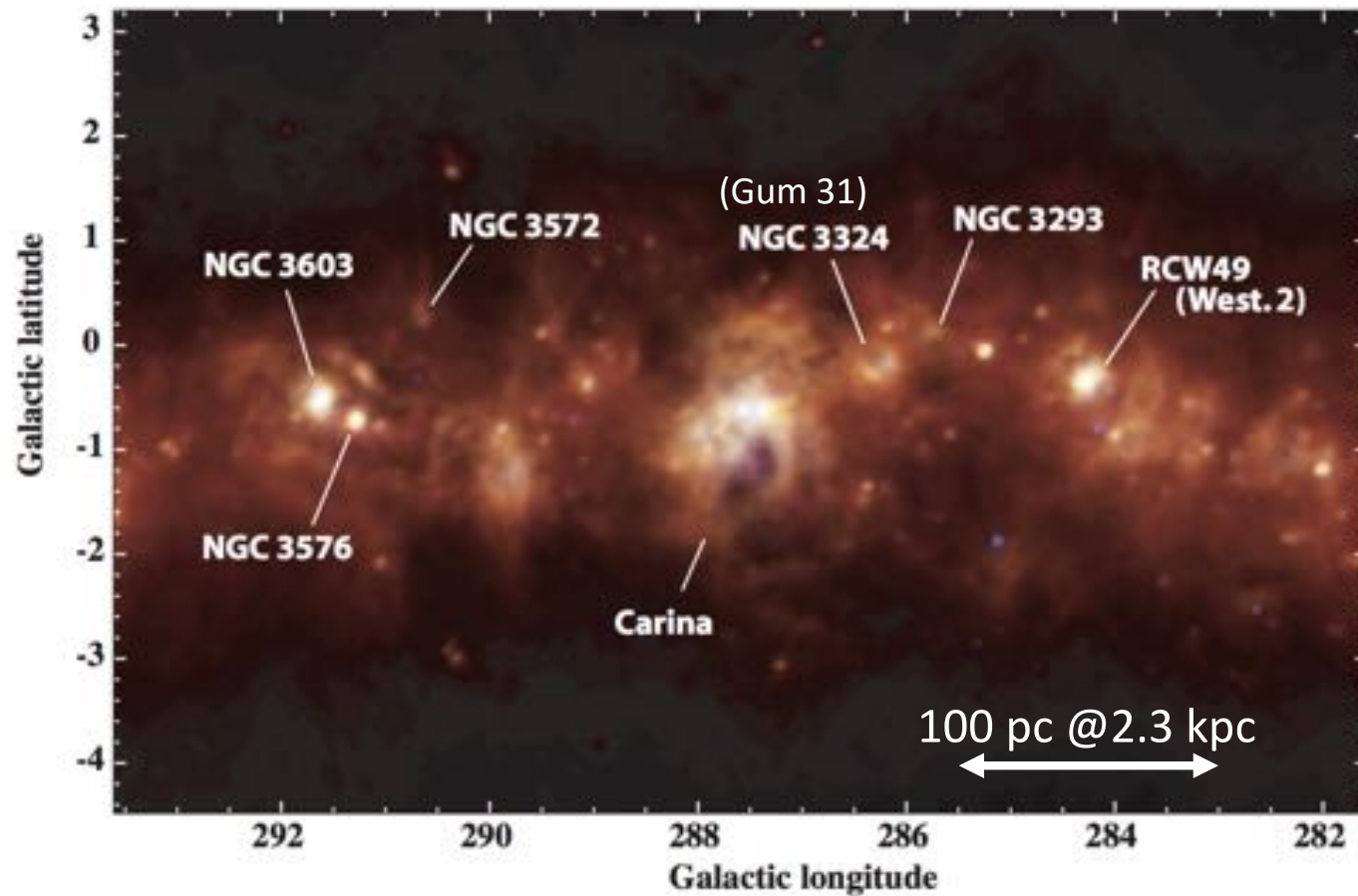
## Carinaとその周辺領域

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES, 215:1 (9pp), 2014 November

VALLÉE



## Carinaとその周辺領域



→ Vela 領域

Figure 5. The Milky Way in Carina observed by IRAS at 25  $\mu\text{m}$  (blue), 60  $\mu\text{m}$  (green), and 100  $\mu\text{m}$  (red). Several other well-known regions are labeled.



## Carina 領域

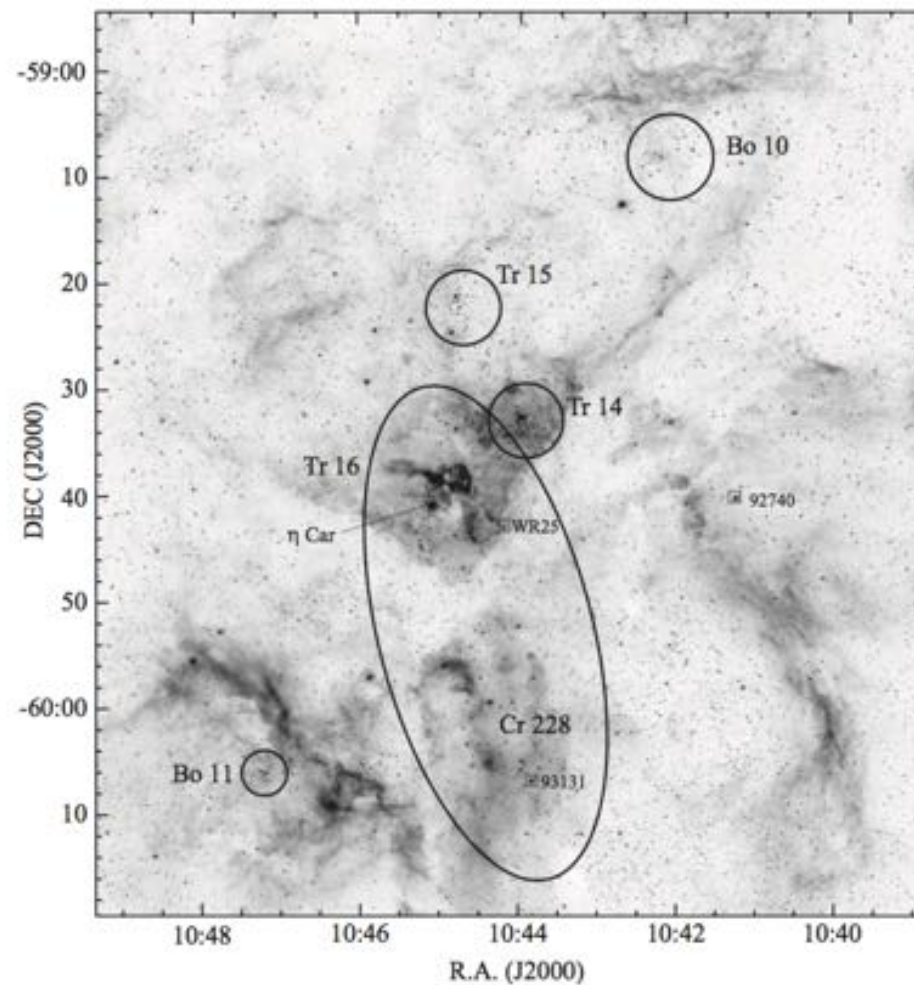
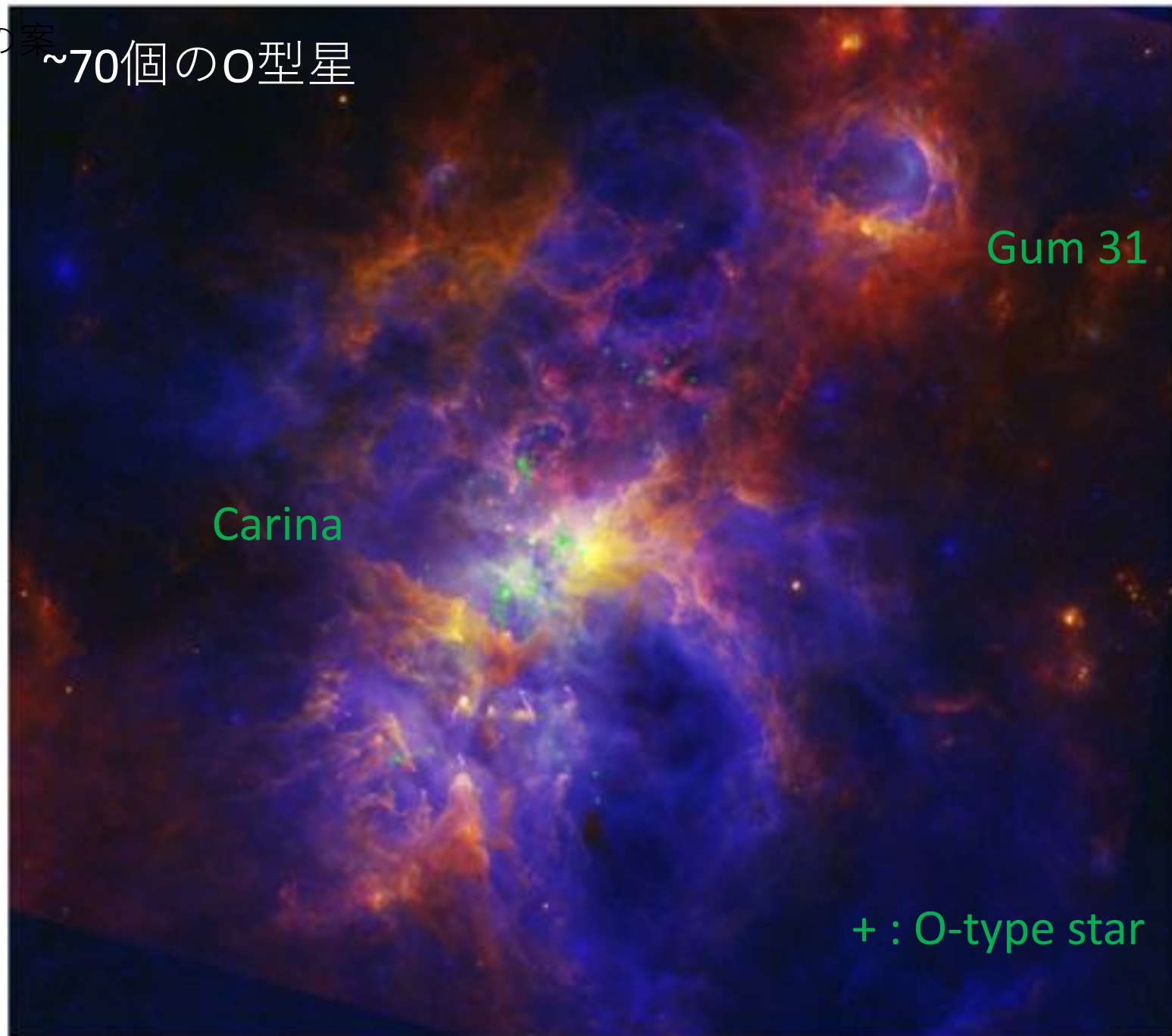


Figure 6. A [S II] image of the Carina Nebula identifying the approximate locations of the star clusters in Table 1: Trumpler 14, 15, and 16, and Bochum 10 and 11. Note that Collinder 228 is generally considered to be part of Tr 16, but these appear as two clusters on the sky because they are divided by an obscuring dust lane. The location of  $\eta$  Carinae is given, and the three WNH stars are identified with small squares: WR25 (HD 93162), HD 93131, and HD 92740. The CTIO Schmidt image is from Smith et al. (2004a).

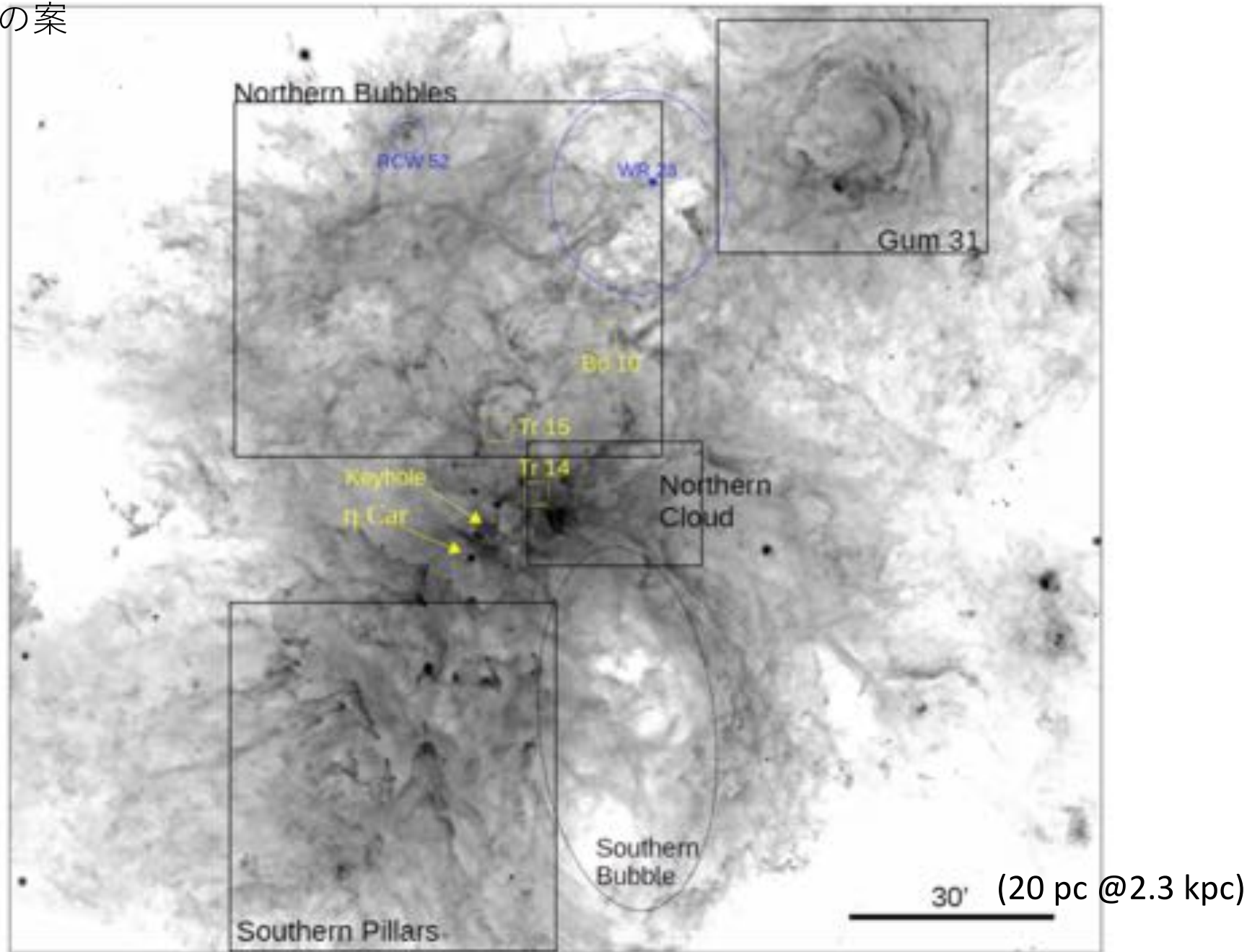


観測提案の案 ~70個のO型星



**Fig. 2.** RGB composite of the red optical (DSS) image in blue, the *Herschel* 70  $\mu\text{m}$  image in green, and the *Herschel* 160  $\mu\text{m}$  image in red. The image shows a  $2.9^\circ \times 2.6^\circ$  field of view. North is up and east to the left. The green plus signs mark the positions of the high-mass stellar members of the CNC as listed in [Smith \(2006\)](#). 9

## 観測提案の案

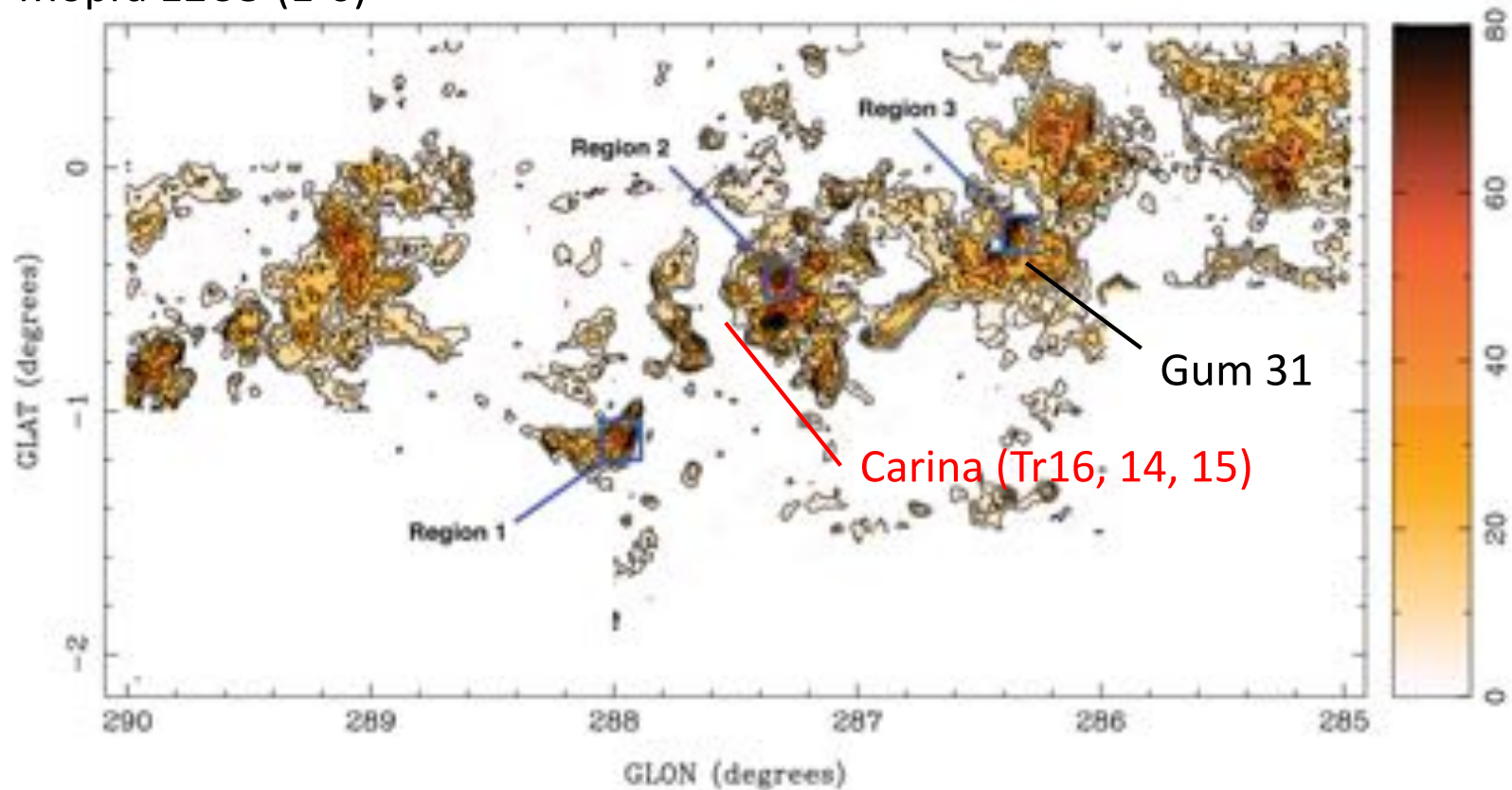


**Fig. 3.** Unsharp-masked version of the *Herschel* 70  $\mu\text{m}$  image with a logarithmic intensity scale image. The different regions mentioned in Sect. 3 are marked by the black boxes. The positions of  $\eta$  Car, the clusters Tr 14, Tr 14, and Bo 10, as well as the HII regions around WR 23 and RCW 52 are marked. North is up and east to the left.

観測提案の案

## Carinaとその周辺でのCloud-cloud collision

Mopra 12CO (1-0)



**Figure 2.**  $^{12}\text{CO}$  integrated intensity map of the region covered by our Mopra observations over the velocity range  $V_{\text{LSR}} = -50$  to  $50 \text{ km s}^{-1}$ . Colour bar is in units of  $\text{K km s}^{-1}$ . Contours are spaced by  $\pi^2 \text{ K km s}^{-1}$ , with  $\pi = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ . The line profiles shown in Fig. 4 correspond to the regions inside the blue squares.

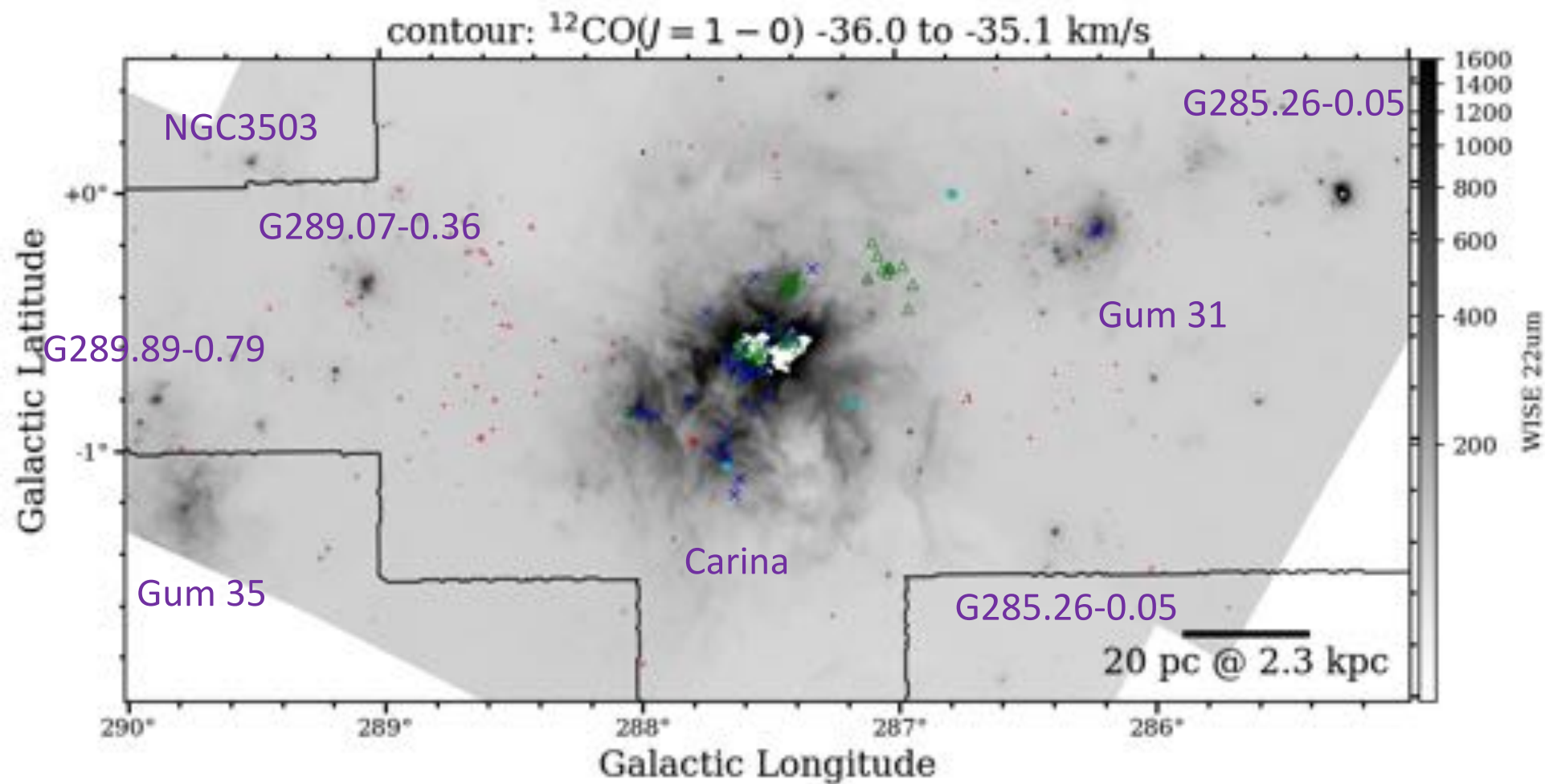
Rebolledo et al. 2016



# 観測提案の案

image: WISE 22um (~HII region)

- ★: WR星
- ×: O型星
- △: B型星

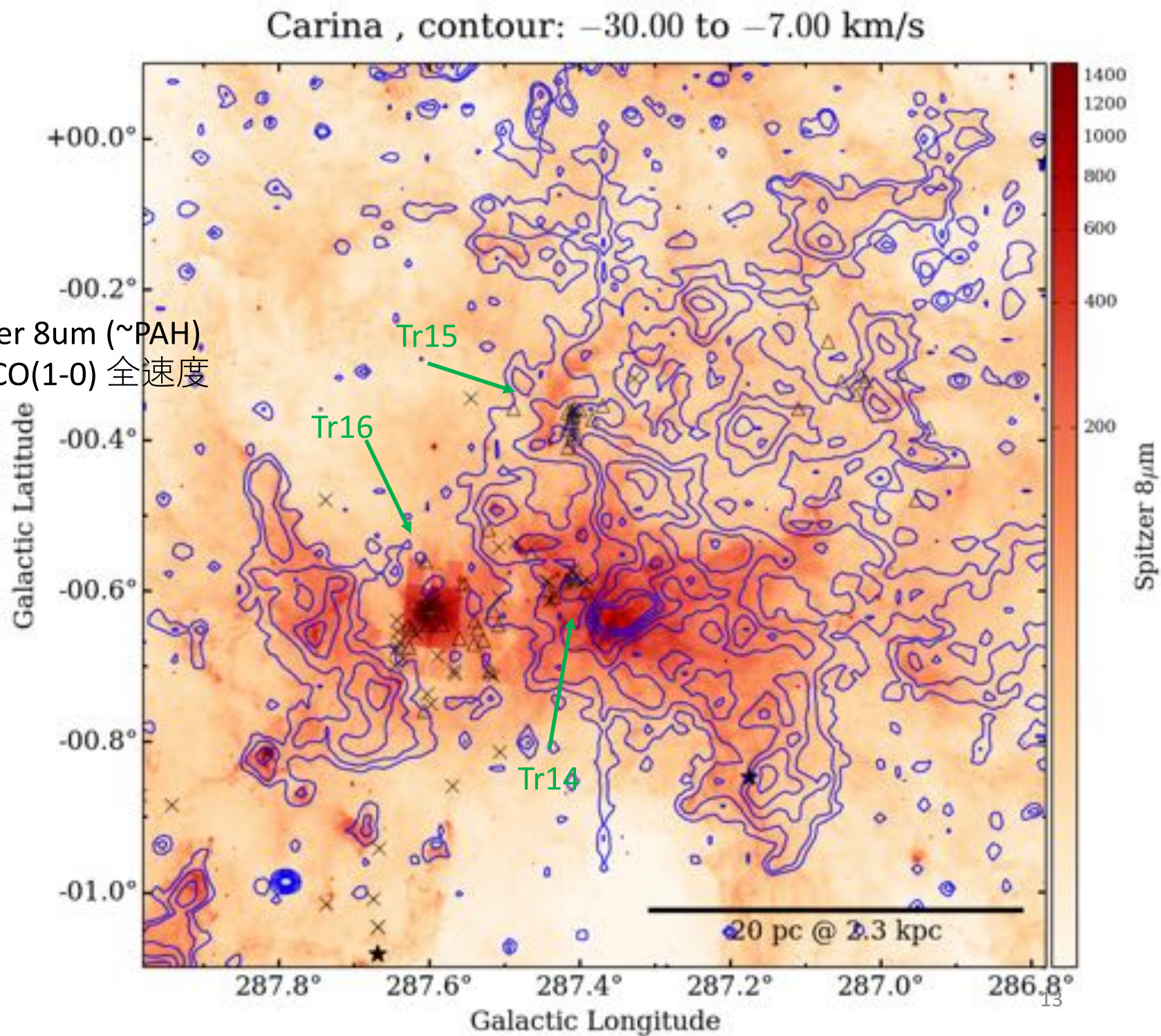


※GIF画像

観測提案の案  
Carina

image: Spitzer 8 $\mu$ m (~PAH)  
contour: 12CO(1-0) 全速度

★: WR星  
×: O型星  
△: B型星

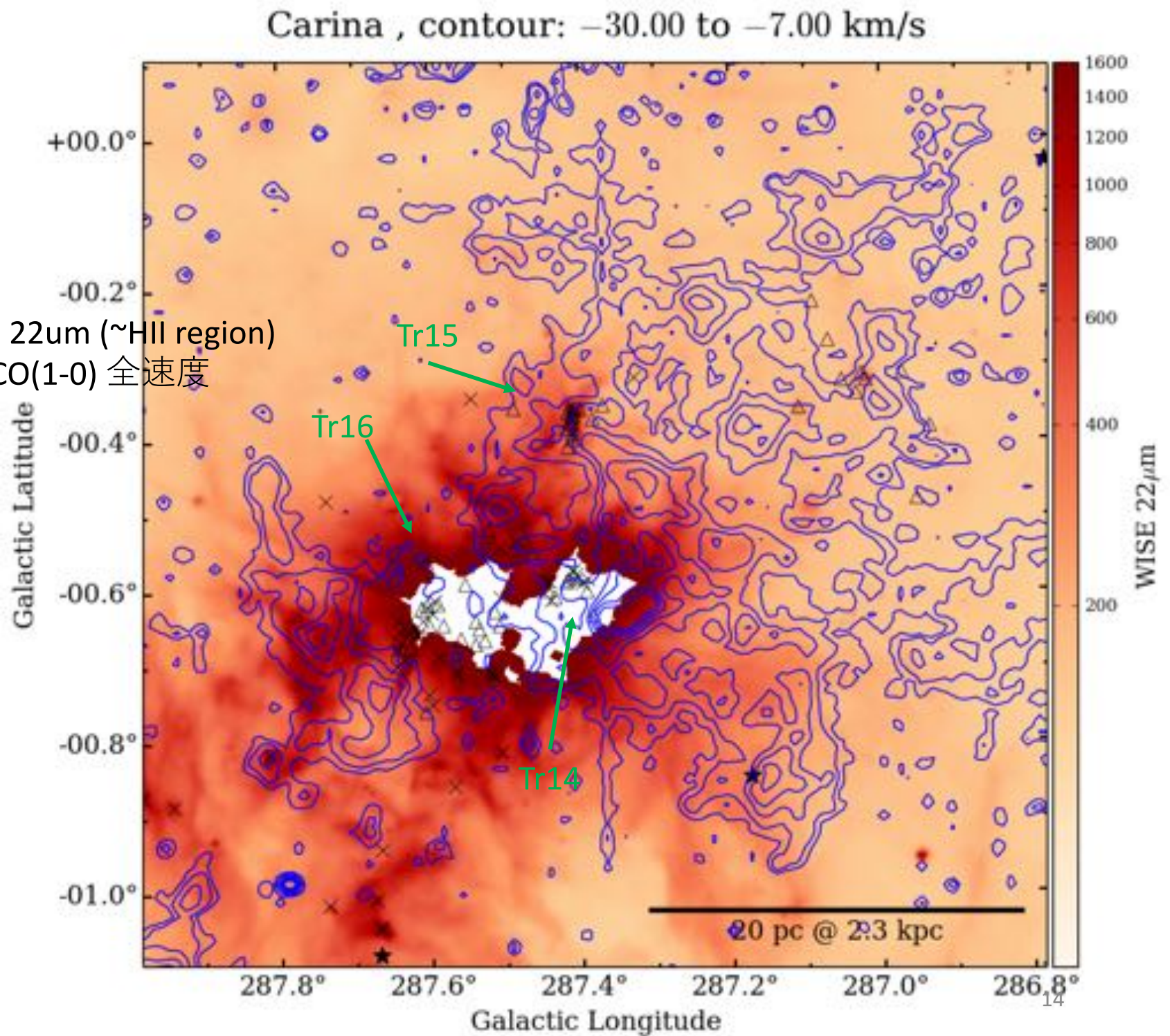




観測提案の案  
Carina

image: WISE 22 $\mu$ m (~HII region)  
contour: 12CO(1-0) 全速度

★: WR星  
×: O型星  
△: B型星

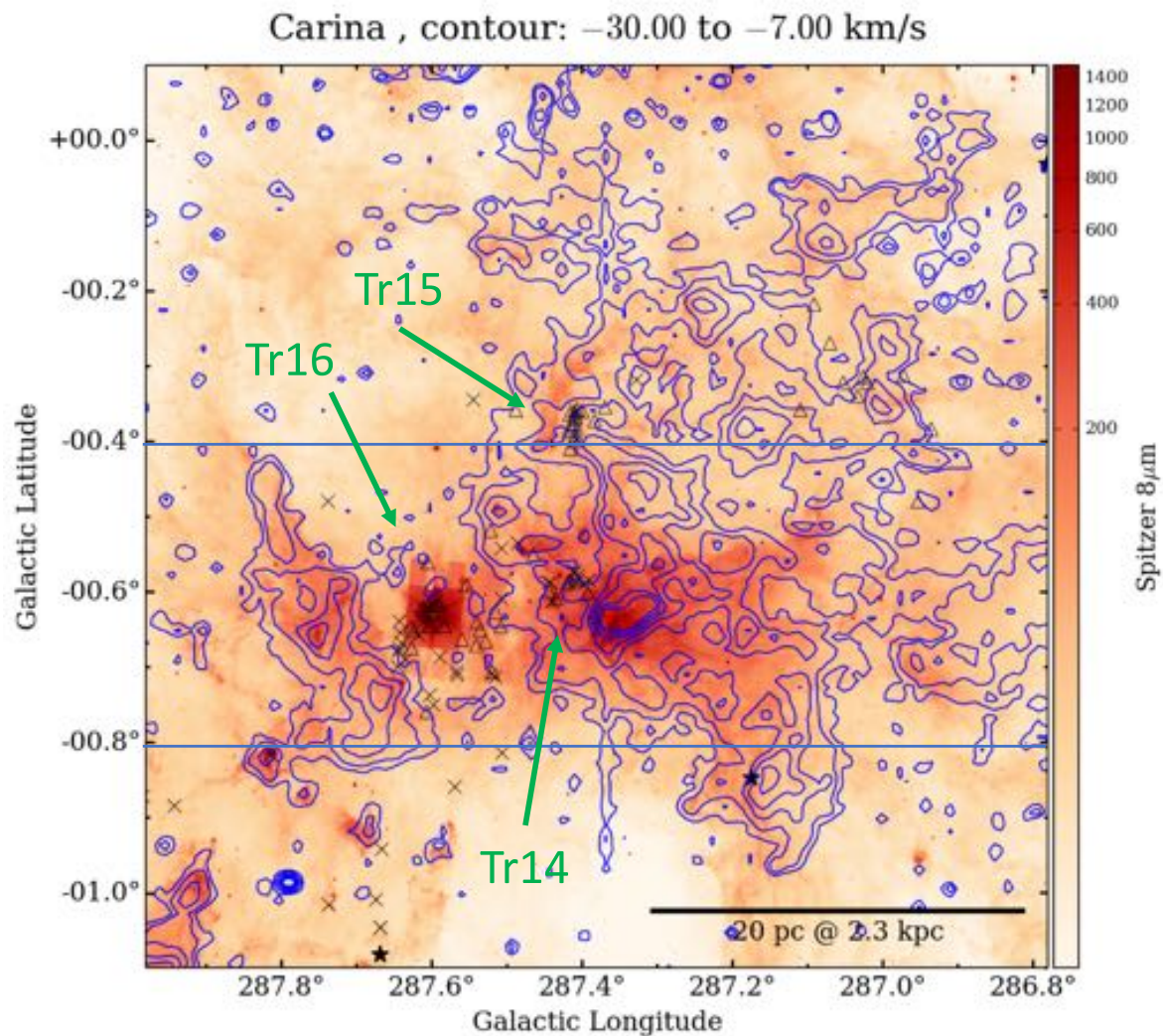




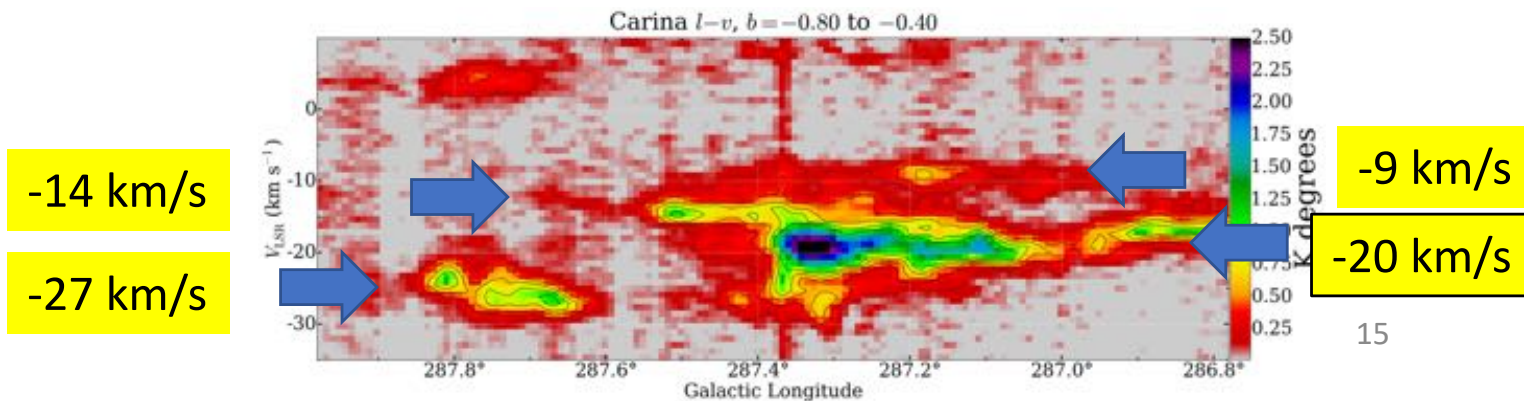
# 観測提案の案 Carina

image: Spitzer 8 $\mu$ m  
contour: 12CO(1-0) 全速度

★: WR星  
×: O型星  
△: B型星

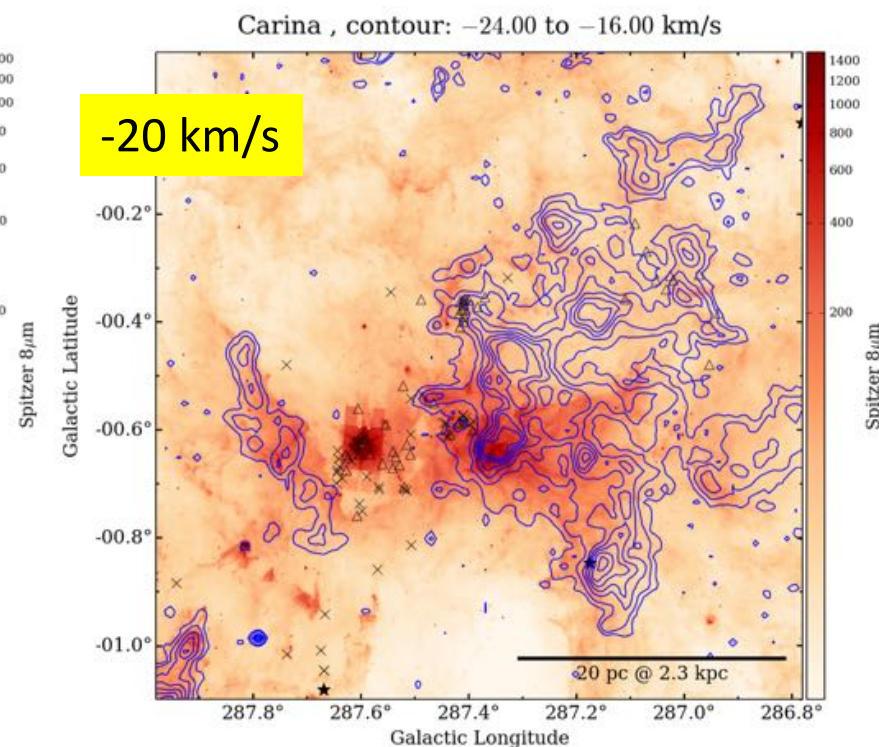
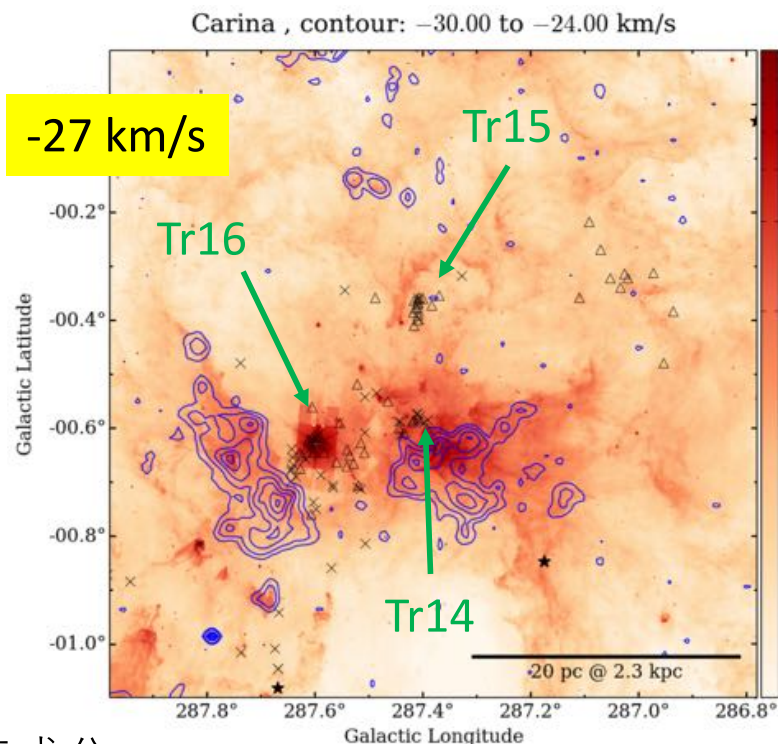


l-v図からおおよそ4つの速度成分





# 観測提案の案 Carina



4つの速度成分

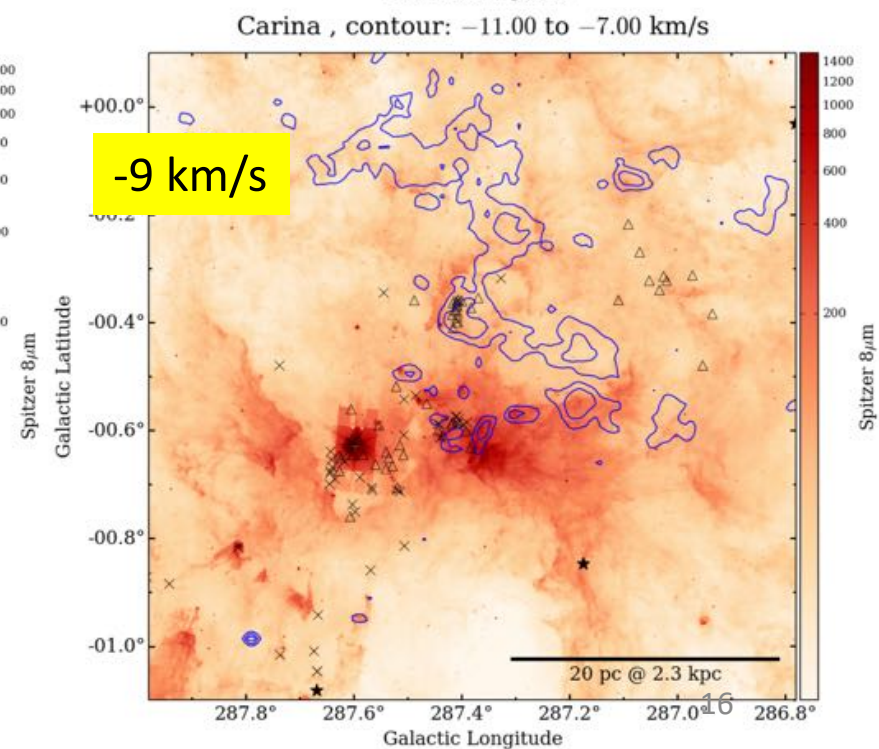
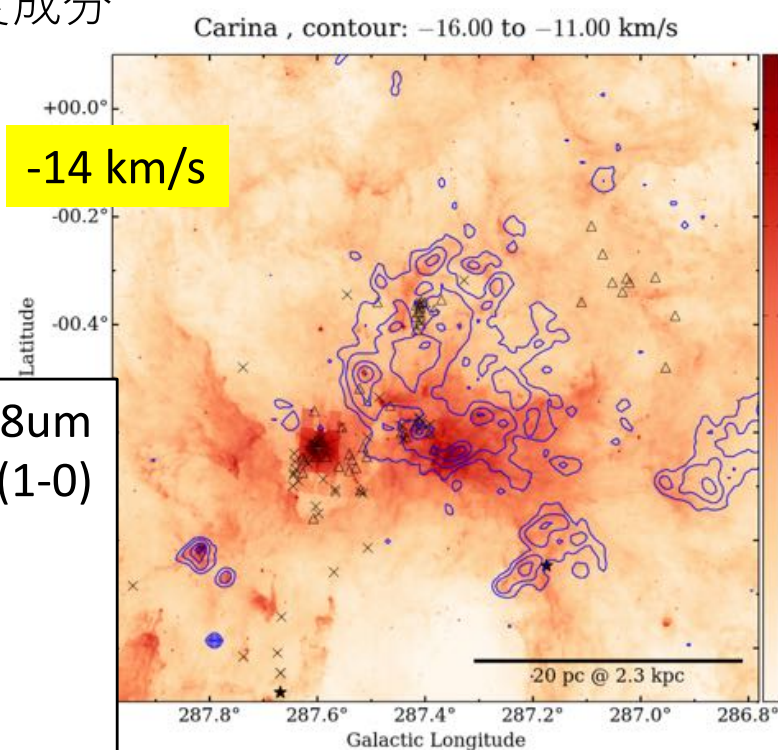


image: Spitzer 8μm  
contour: 12CO(1-0)

★: WR星  
×: O型星  
△: B型星



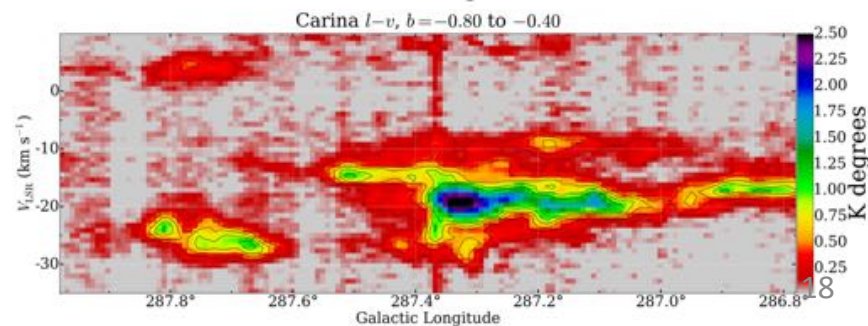
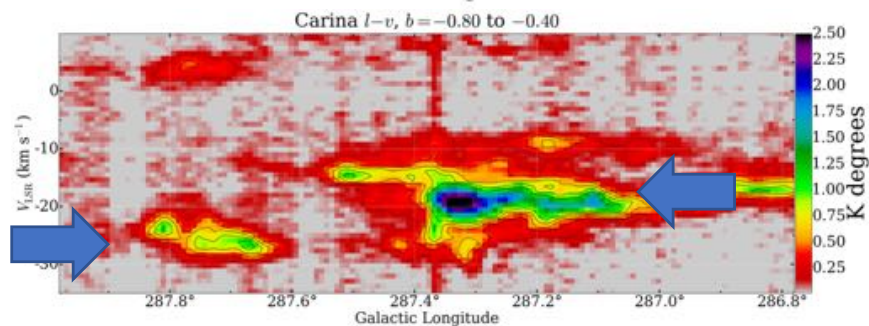
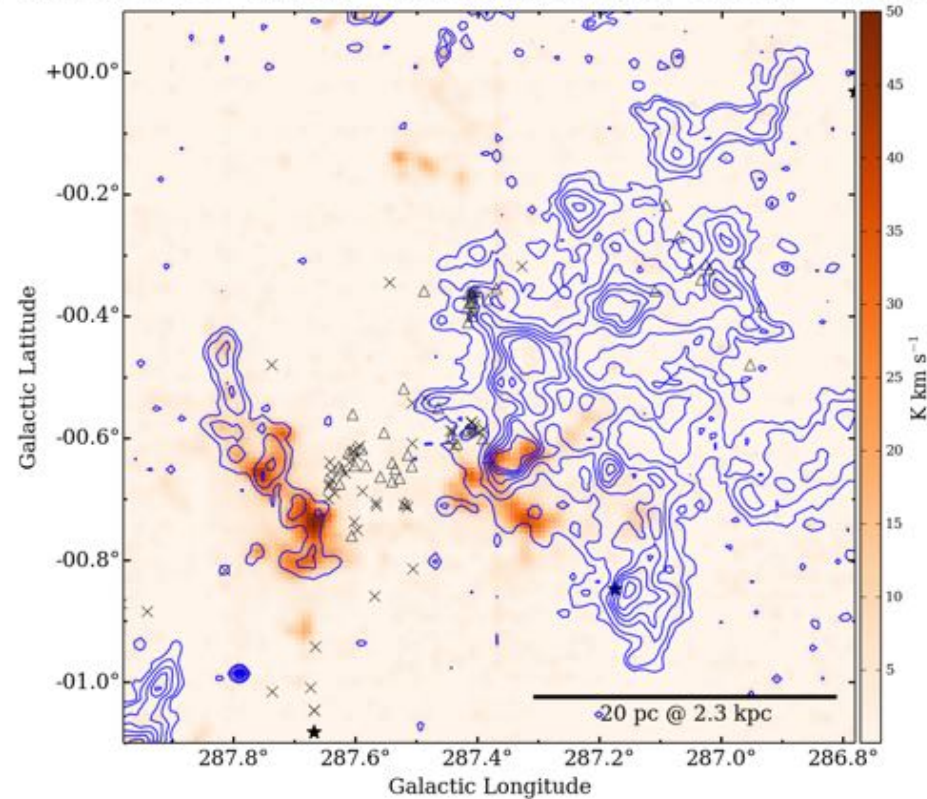
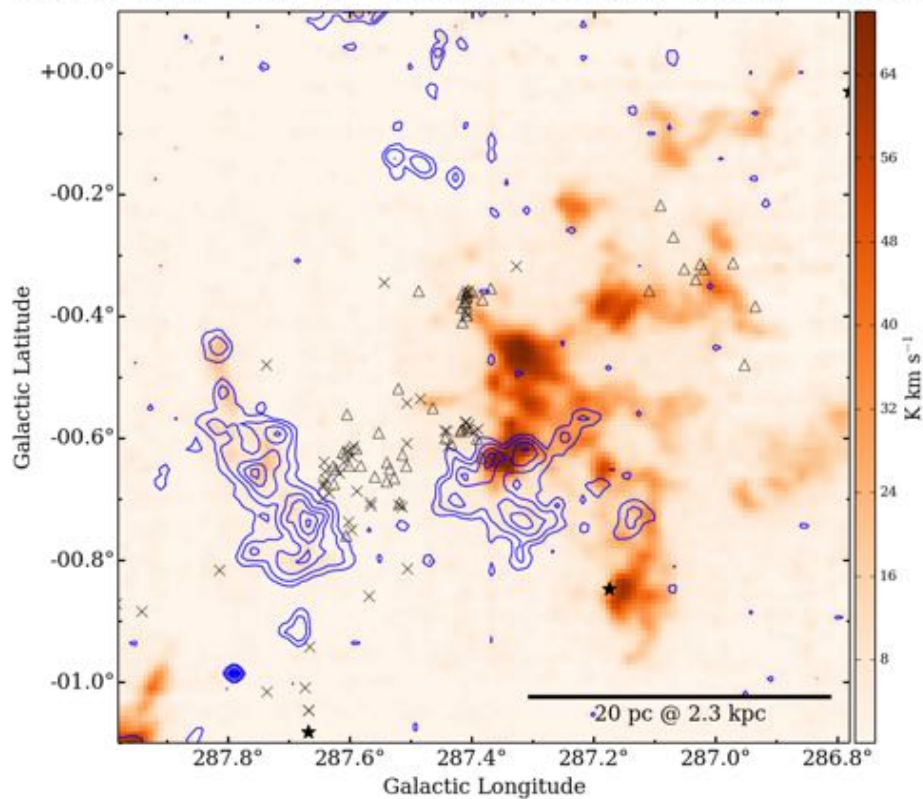
観測提案の案

# Carina: 4つの分子雲の空間分布比較

-20 km vs -27 km/s cloud

メインの領域は  
電離が進んでもう消えている

Carina, color:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s, contour:  $-30.00$  to  $-24.00$  km/s Carina, color:  $-30.00$  to  $-24.00$  km/s, contour:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s





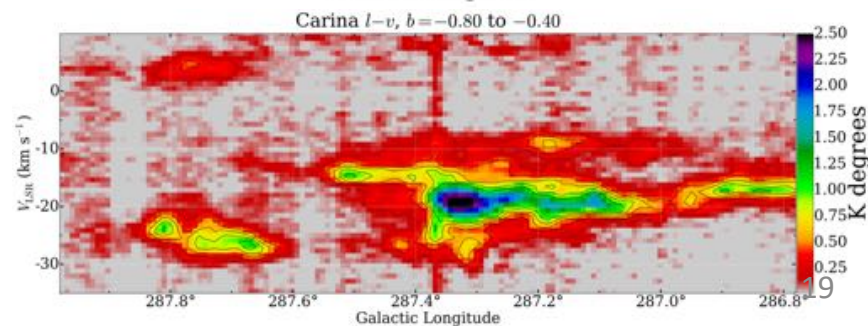
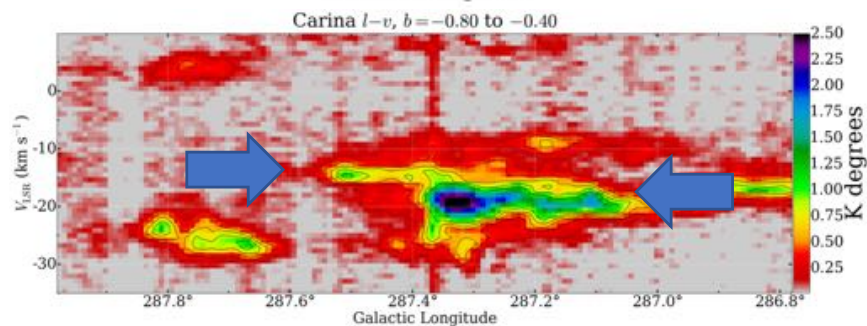
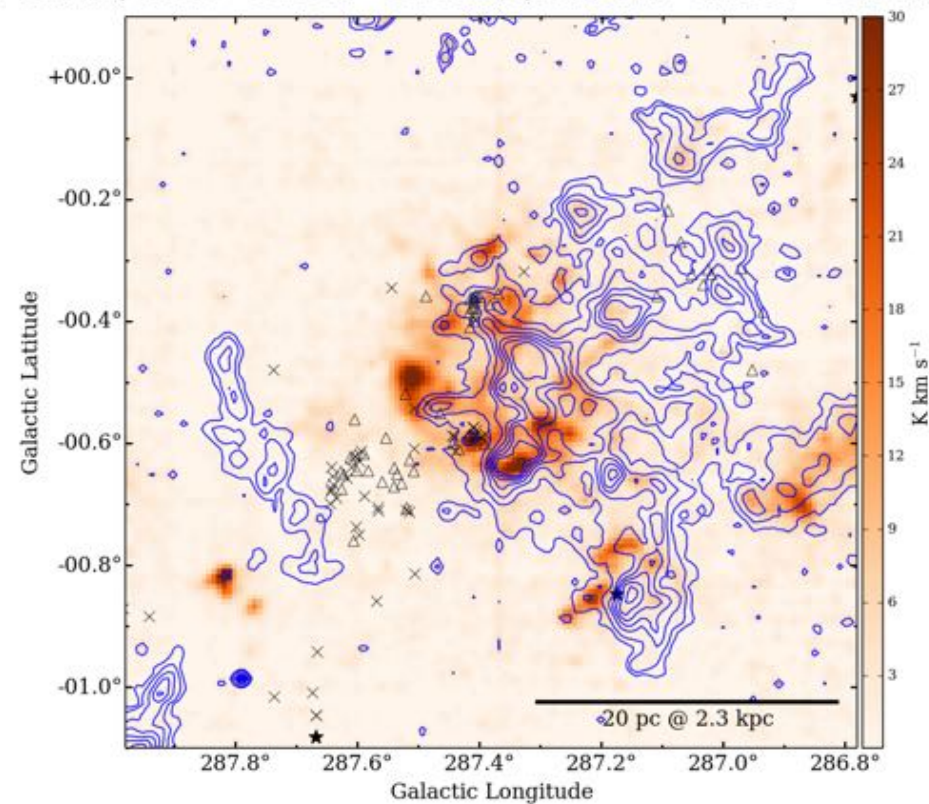
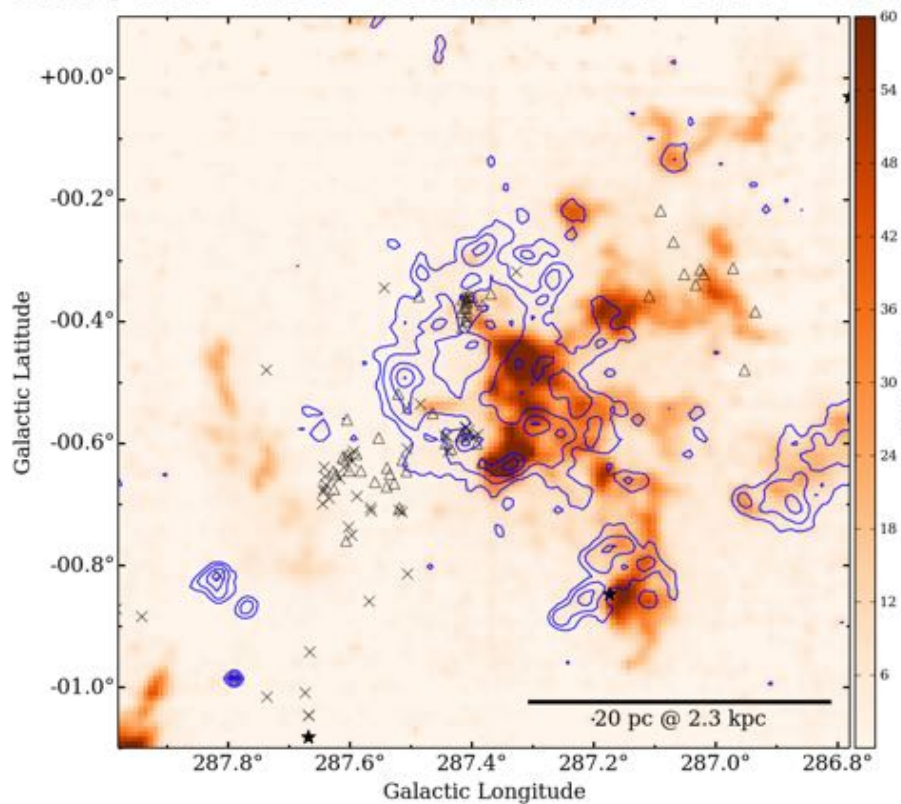
観測提案の案

# Carina: 4つの分子雲の空間分布比較

(少し) 相補的な空間分布

-20 km vs -14 km/s cloud

Carina, color:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s, contour:  $-16.00$  to  $-11.00$  km/s Carina, color:  $-16.00$  to  $-11.00$  km/s, contour:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s



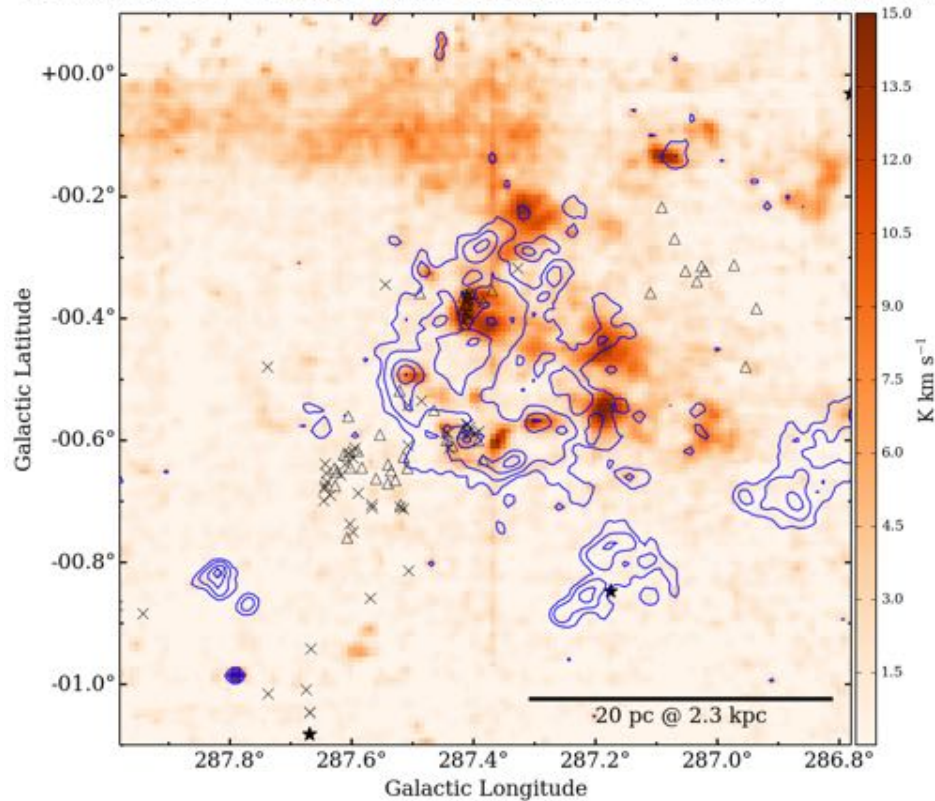


観測提案の案

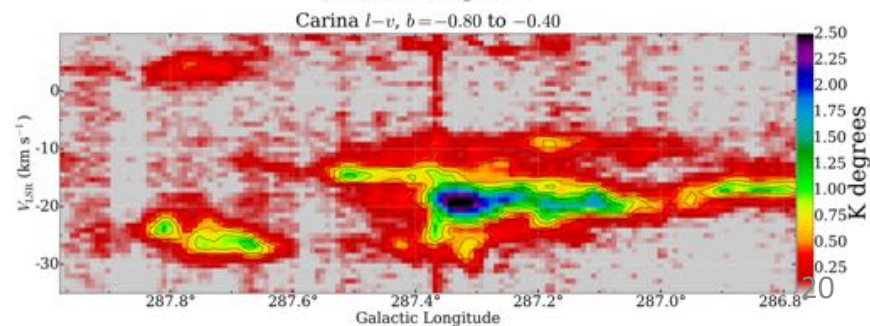
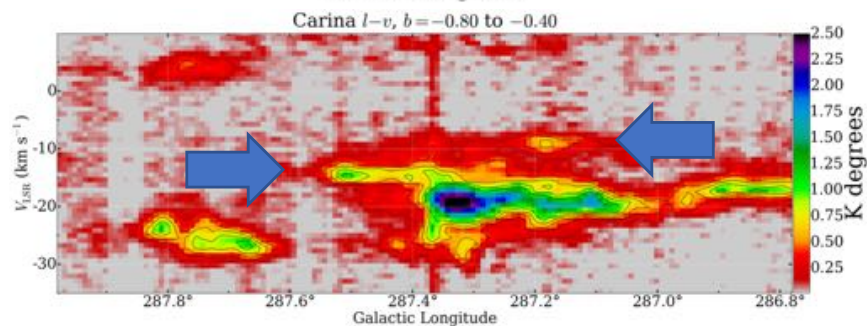
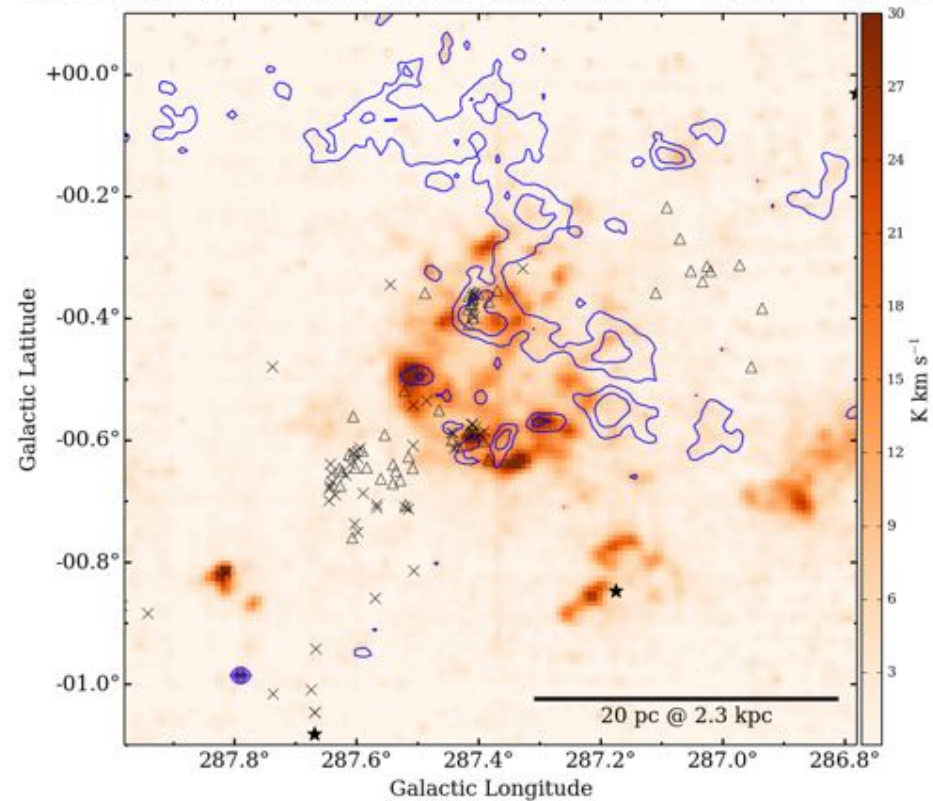
# Carina: 4つの分子雲の空間分布比較

-9 km vs -14 km/s cloud

Carina, color:  $-11.00$  to  $-7.00$  km/s, contour:  $-16.00$  to  $-11.00$  km/s



Carina, color:  $-16.00$  to  $-11.00$  km/s, contour:  $-11.00$  to  $-7.00$  km/s





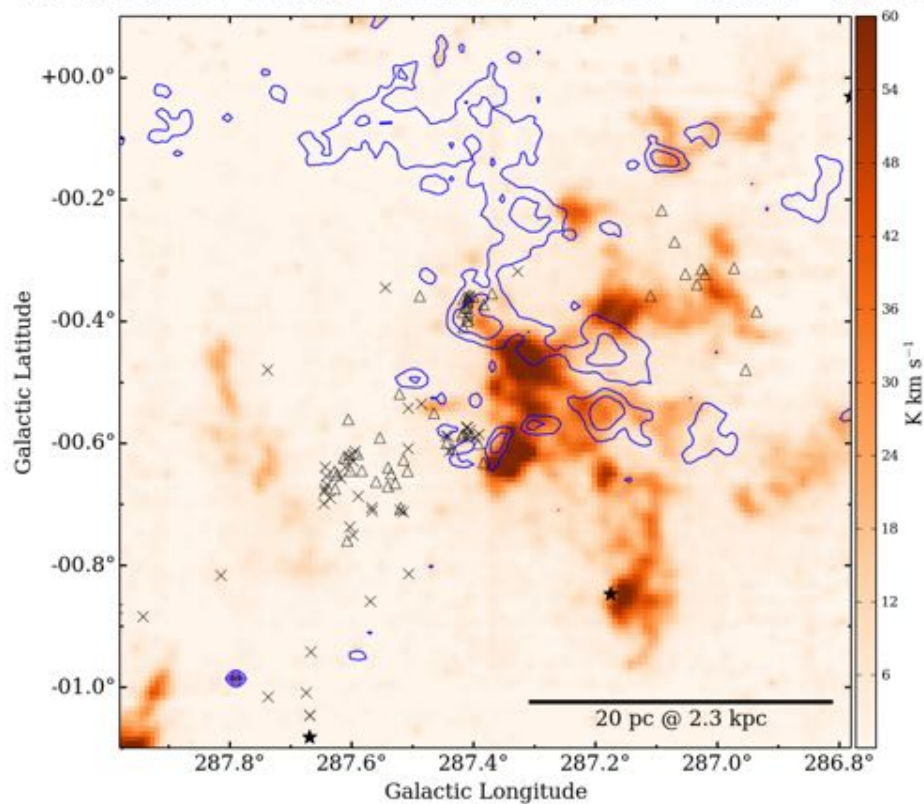
観測提案の案

# Carina: 4つの分子雲の空間分布比較

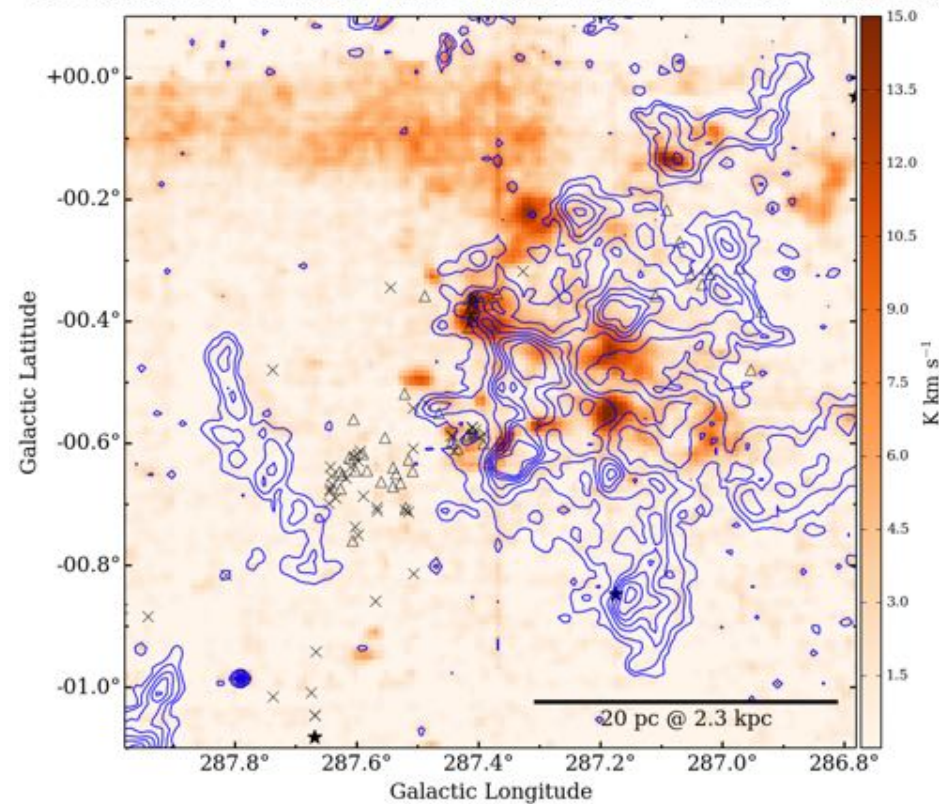
相補的な空間分布？  
(要追検証)

-9 km vs -24 km/s cloud

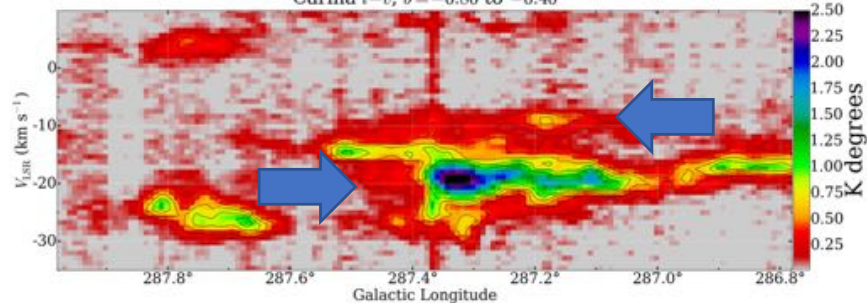
Carina, color:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s, contour:  $-11.00$  to  $-7.00$  km/s



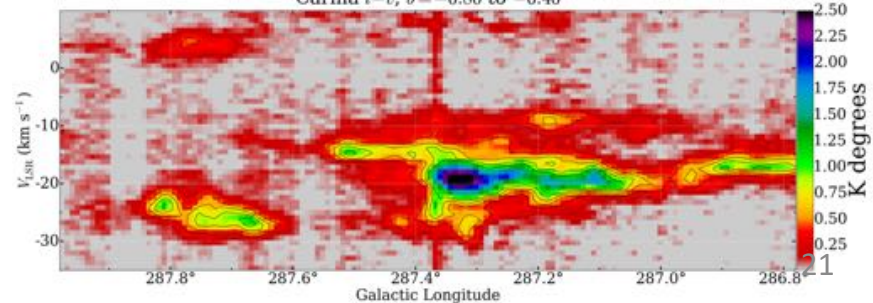
Carina, color:  $-11.00$  to  $-7.00$  km/s, contour:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s



Carina  $l-v$ ,  $b = -0.80$  to  $-0.40$



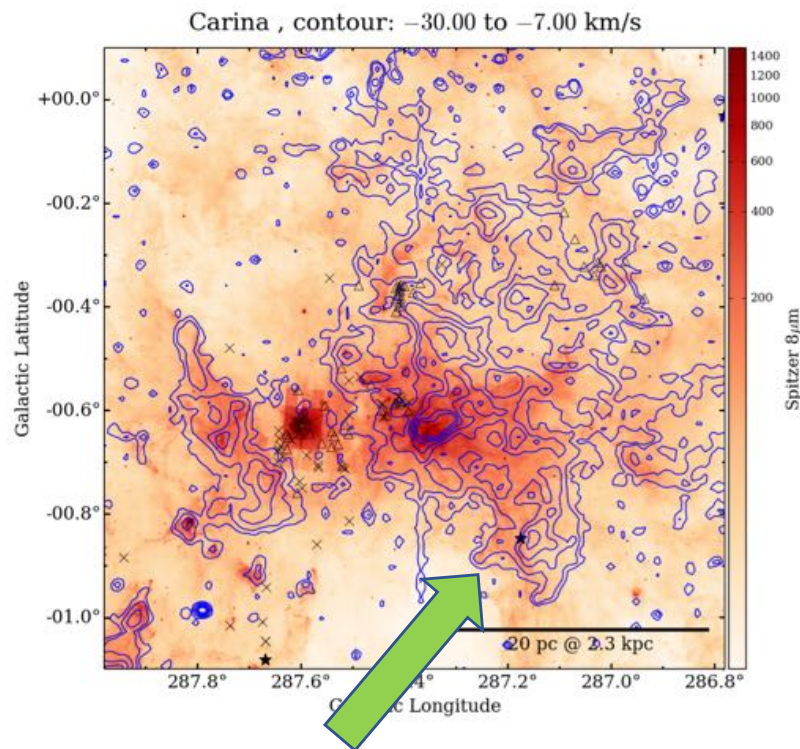
Carina  $l-v$ ,  $b = -0.80$  to  $-0.40$





## 観測提案の案

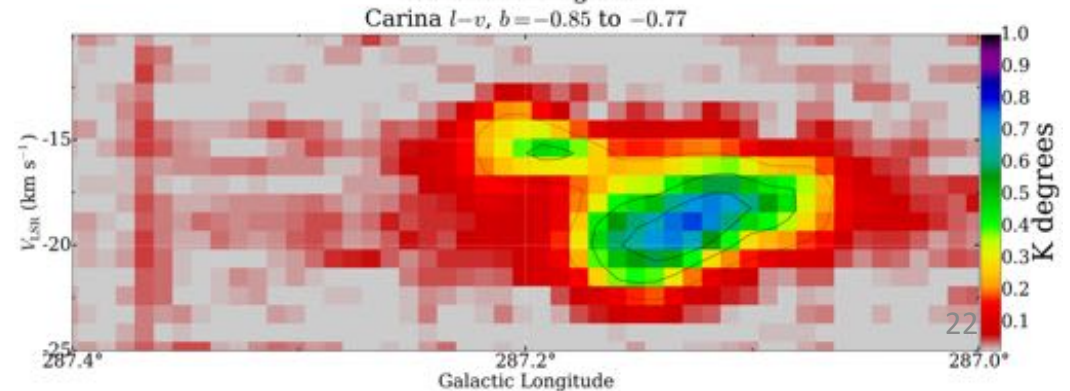
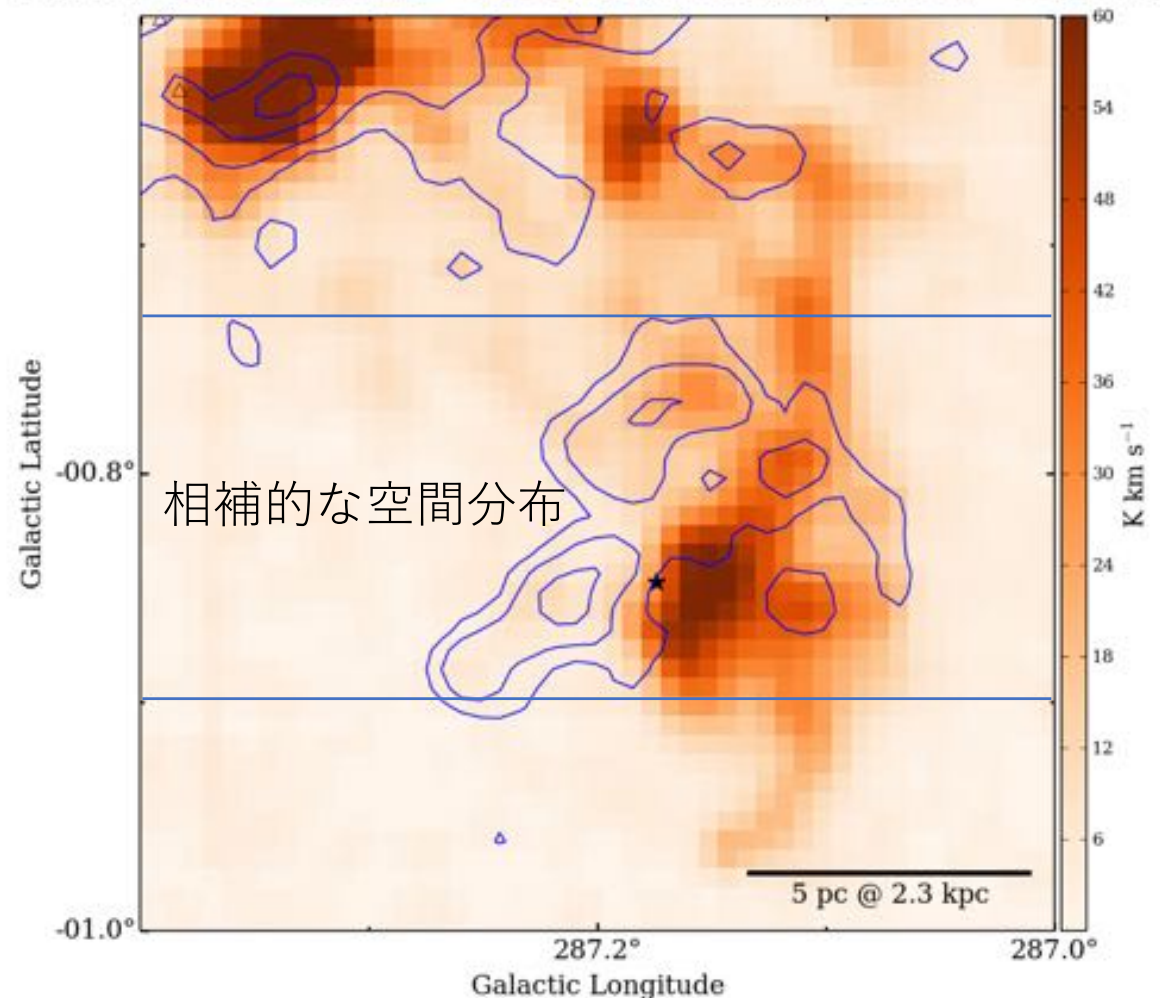
Tr16の右下の  
孤立したWR星 HD 92740



このようなシンプルな場所は  
(比較的) わかりやすい

-20 km vs -14 km/s cloud

Carina , color:  $-24.00$  to  $-16.00$  km/s, contour:  $-16.00$  to  $-11.00$  km/s



## 観測提案の案

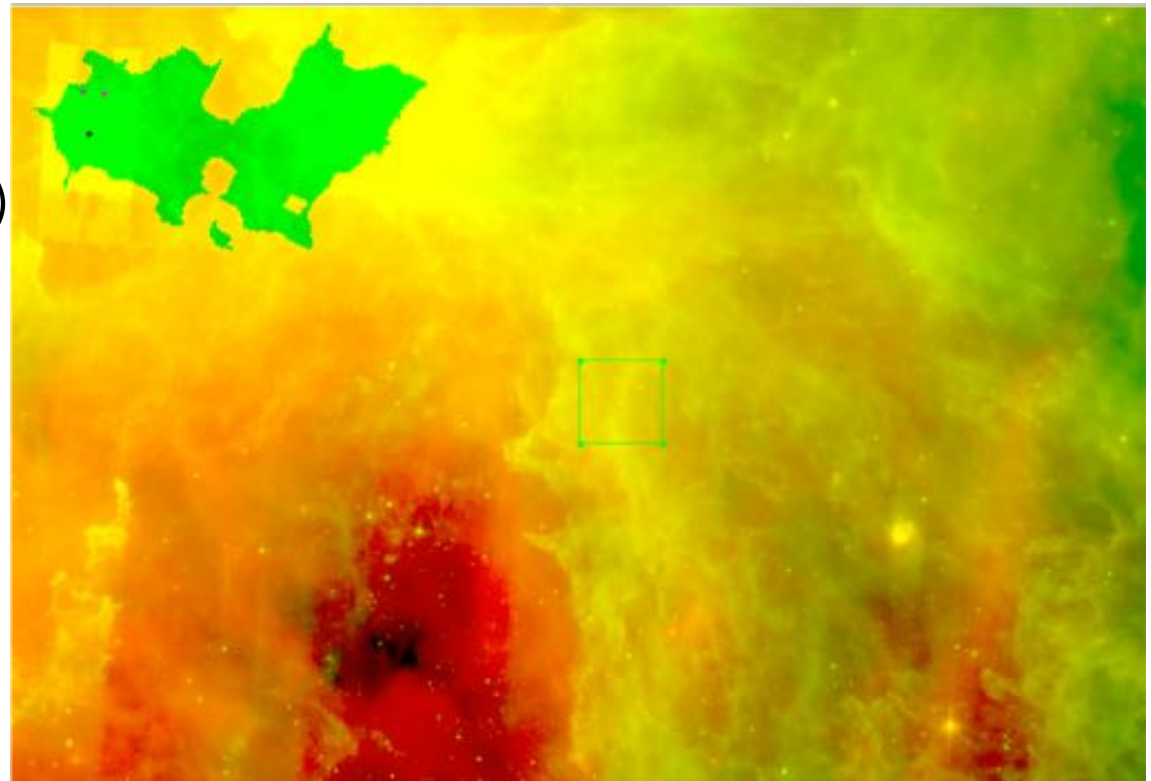
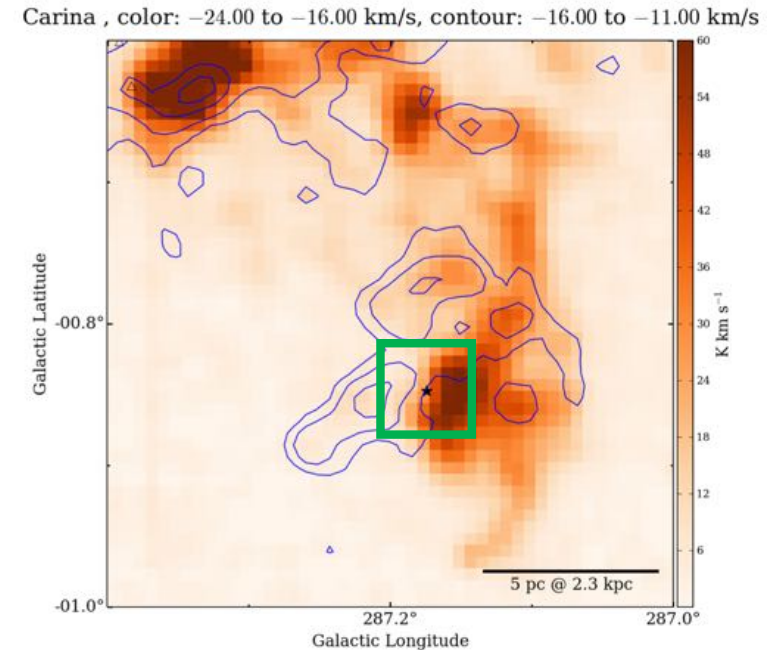
# HD 92740

### 特徴

- 中心 (Tr16) から10-20 pcは離れている
- WR (+O9 ?) だけで大質量星のclusterではない
- Yonekura+2005でC18O core
- Mopraの12CO(1-0)だけでも、CCCの十分な証拠
- 速度差があるので少なくとも斜めの衝突
- たぶん衝突からあまり時間経っていない？ (XX Myr?)

### ALMAでの観測

- 0.1 pc幅のfilamentを検出
- line massなどを計測し、シミュレーションと比較
- 衝突によるfilament形成の実証へ





## 観測提案の案

# HD 92740

ALMAでの観測提案に向けて

- C180 (1-0) で 3'' 分解能 ( $\sim 0.033$  pc) を目指すと、3' x 3' & 右のパラメータで 17 h 程度。
- CCC が確かめる、ではなく、CCC の後 cloud がどうなっていくのかを調べる観測
- 「シミュレーションと比較する」だけでは弱い。もっと具体的な目的・議論内容が欲しい。
- $\eta$  Carinae (及び Tr16) からの feedback は大丈夫？
- 本当に衝突初期段階？ WR からの影響は？
- もっとわかりやすい領域はない？
- (磁場は？)

