

# 南極とTHzと銀中

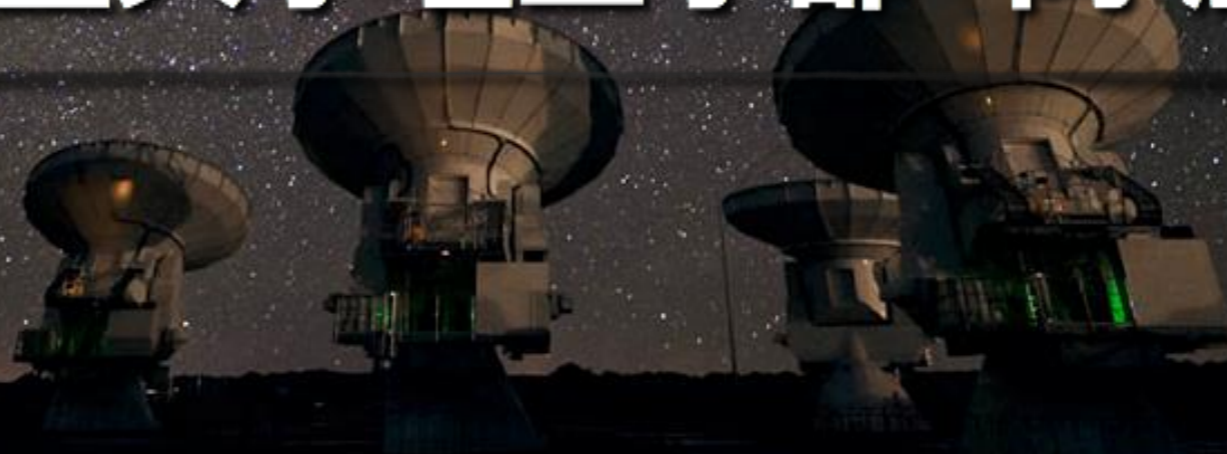


慶應義塾大学 岡 朋治



# 「銀河面サブミリ波輝線サーベイ観測で 探すコンパクト天体」

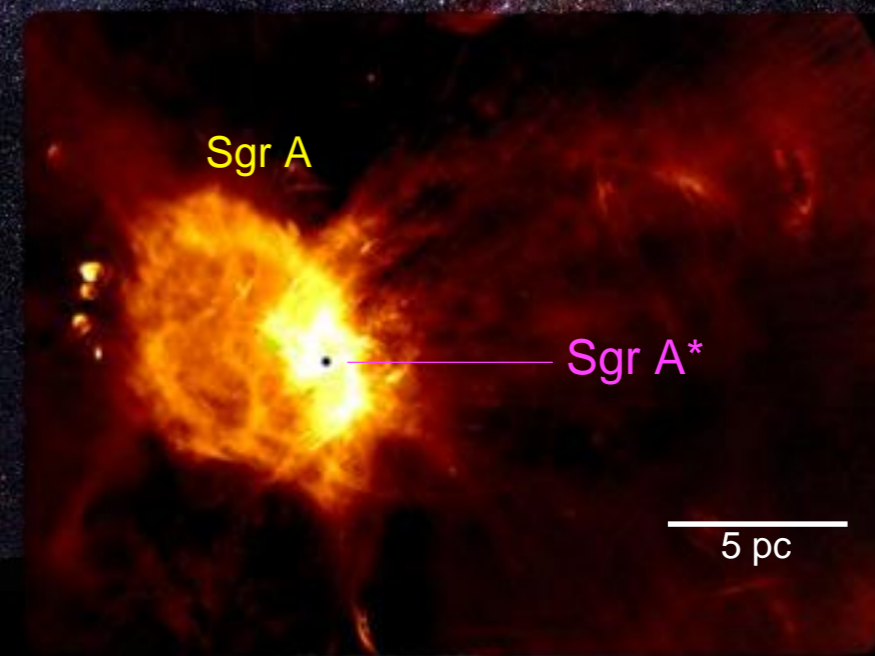
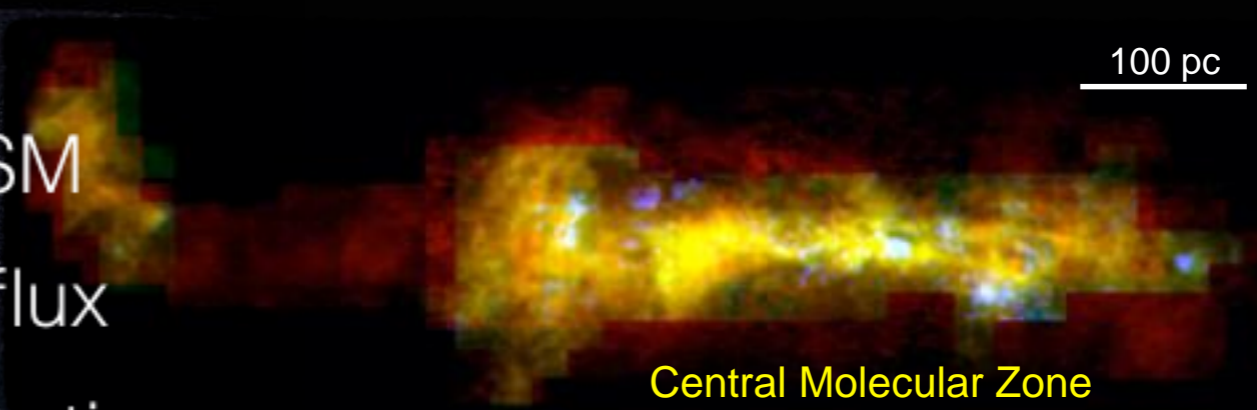
慶應義塾大学理工学部 岡 朋治





# Why Galactic Center?

- Extreme environment
  - Dense, warm, and turbulent ISM
  - High  $\rho_{\text{gas}}$ , magnetic field, CR flux
  - Interstellar Physics / Star Formation
- Nearest galactic nucleus
  - Supermassive black hole
  - Central activity





# ミリ波CO輝線サーベイ Millimeter-wave CO Survey



🦙 NRO 45m望遠鏡 : CO  $J=1-0$

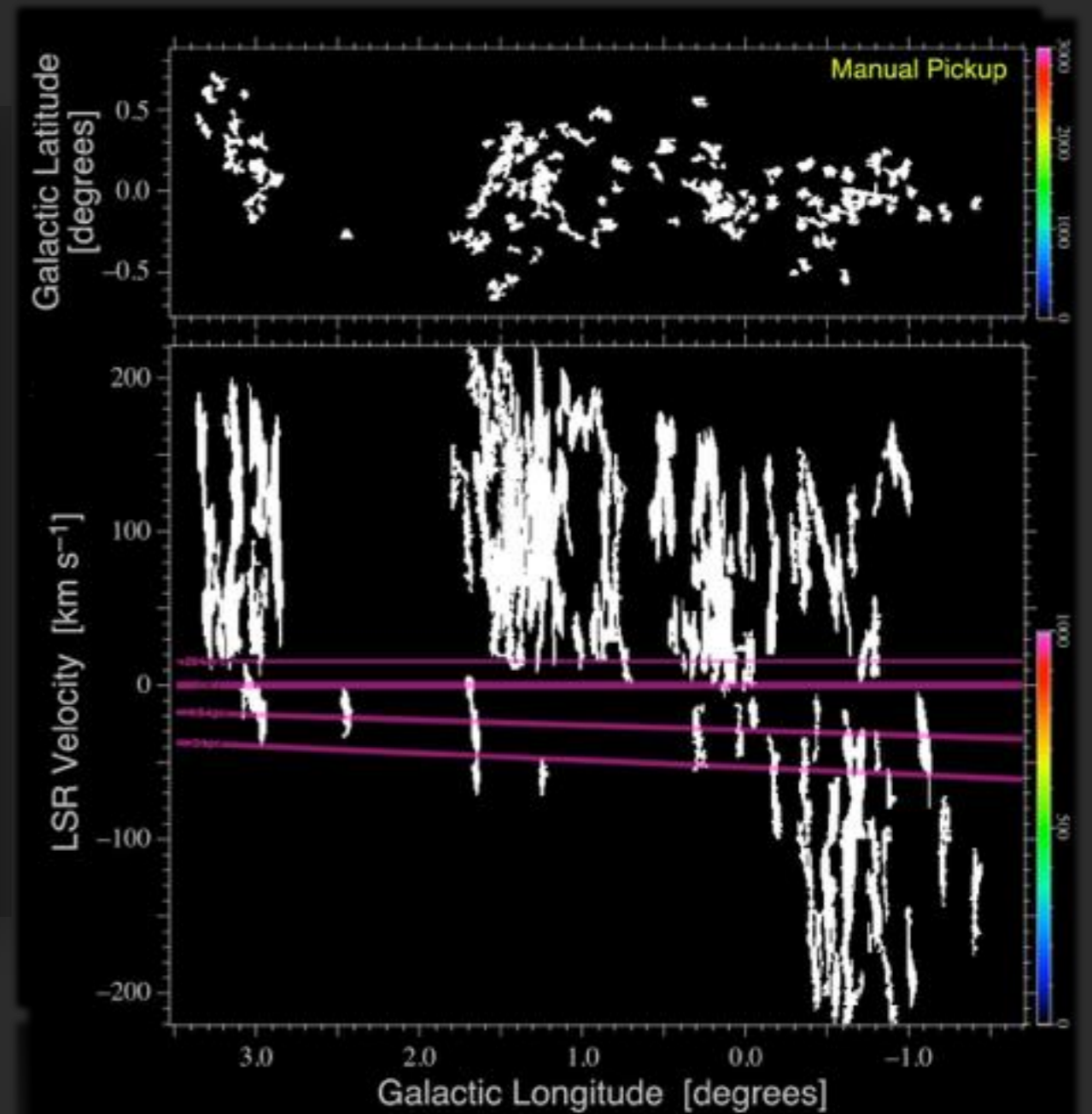
🦙 ASTE 10m望遠鏡 : CO  $J=3-2$



# High-velocity Compact Clouds

*Oka et al. 1998, ApJS, 118, 455*

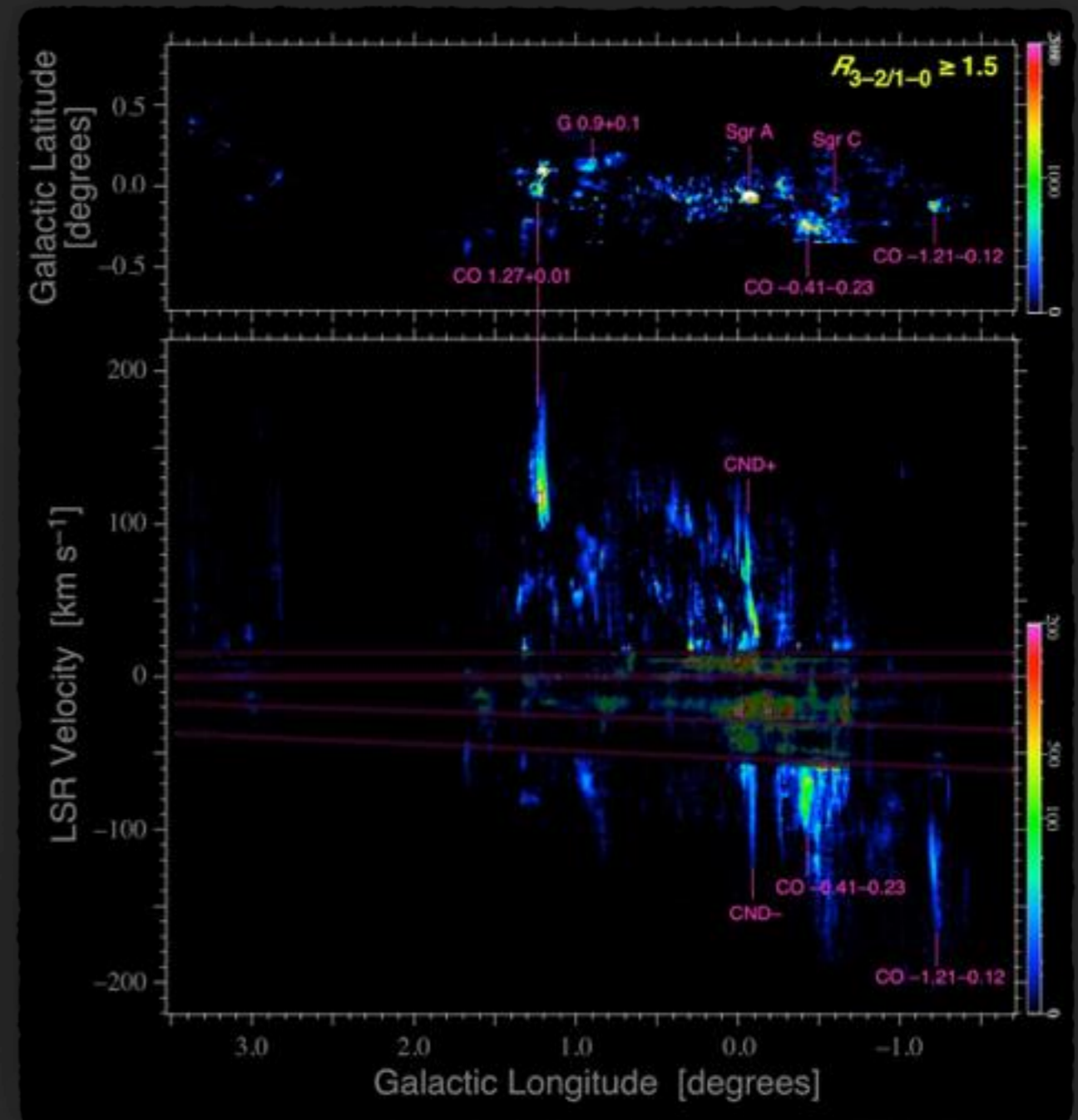
- Spatially Compact:  $\lesssim 5$  pc
- Large velocity width:  $\Delta V \gtrsim 50$  km/s
  - Short expansion time
  - Enormous kinetic energy
- Isolated/ with GMCs
- Origin ?



# High $R_{3-2/1-0}$ Gas

- $R_{3-2/1-0} \geq 1.5$ 
  - $T_k \geq 50$  K,  $n(\text{H}_2) \geq 10^4$  cm $^{-3}$   
[ $N_{\text{CO}}/dV = 10^{17}$  cm $^{-2}$  (km s $^{-1}$ ) $^{-1}$ ]

- High Ratio Clumps
  - Sgr A,  $L=+1.3^\circ$ ,  $L=-0.4^\circ$ ,  
 $L=-1.2^\circ$  regions
  - Very large velocity width
  - Associated with HVCCs



High-velocity features contain high  $R_{3-2/1-0}$  gas

# 巨大星団の検出

## Detection of a Super Star Cluster

🦒 膨張する球殻構造

⌘  $E_{\text{kin}} = 2 \times 10^{52}$  erg

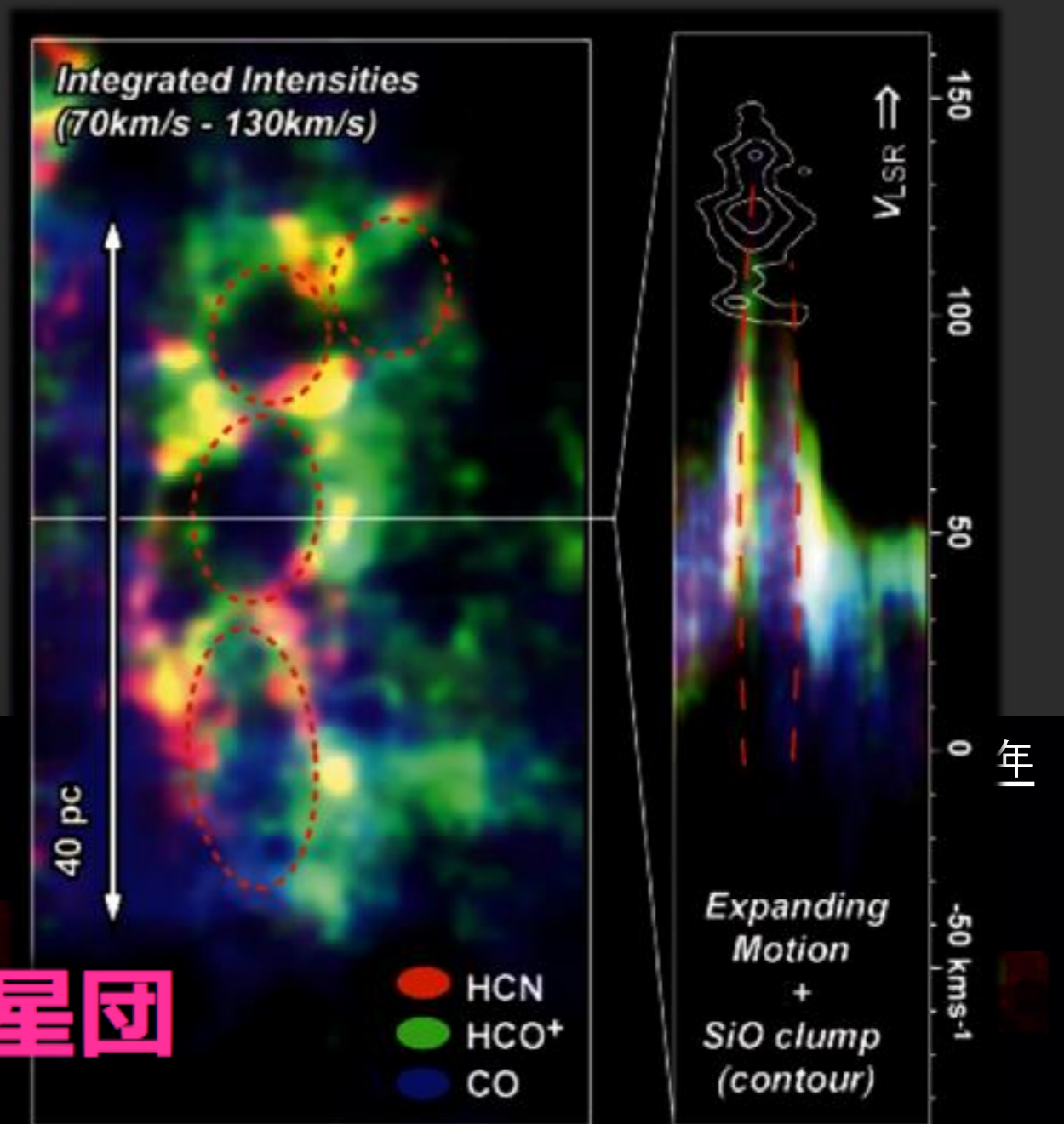
⌘  $t_{\text{exp}} = 6 \times 10^4$  yr

🦒 速度端にSiOクランプ

🦒 他波長対応天体なし

🦒 超新星発生度数  $10^3$  発/千年

銀河系内で最も巨大な星団





# 中心核超大質量BHの形成

## Formation of a SMBHs at GC

- 爆発的星形成
  - 高密度巨大星団の形成
- 星同士の暴走的合体
  - 中質量BHの形成
- 中質量BHの合体
  - 超大質量BHの形成・成長

爆発的星形成



高密度巨大星団



暴走的合体



超大質量BH



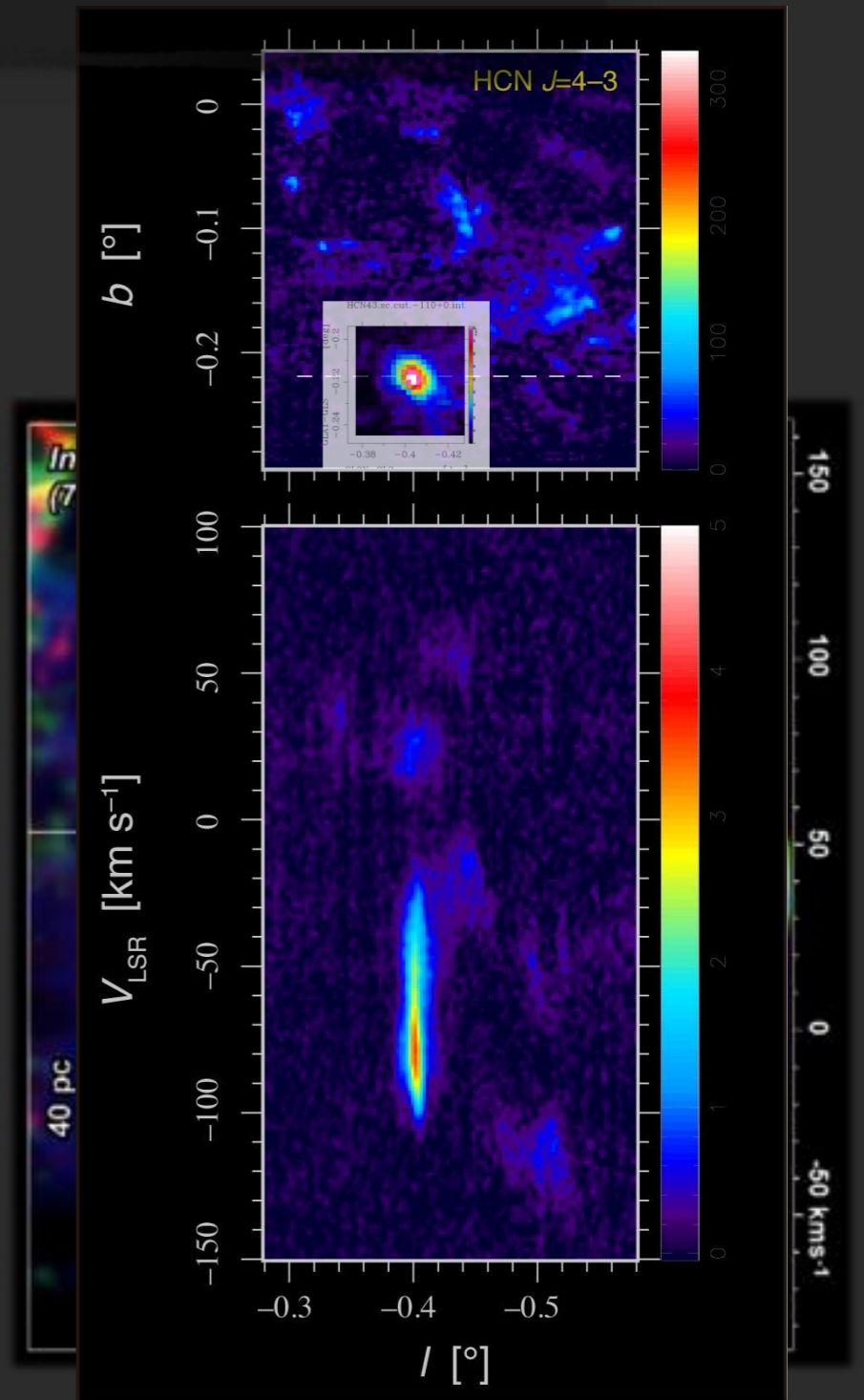
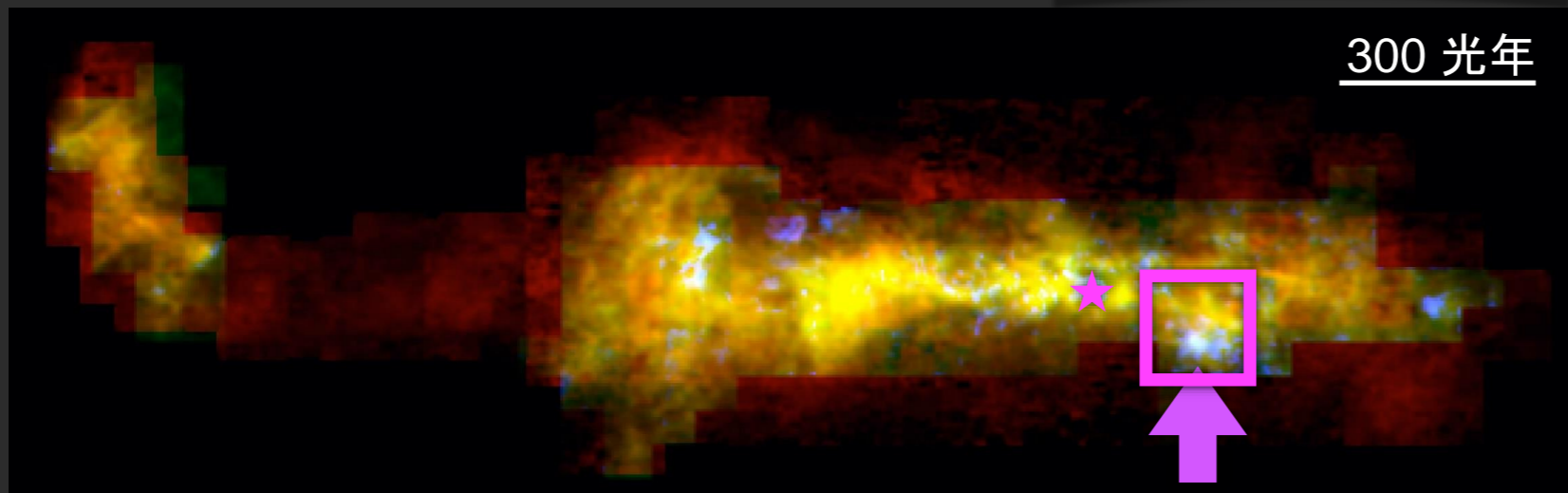


# 中質量BHの検出？

## Detection of an IMBH?

- 🦙 速度幅が著しく広い
- 🦙 空間構造が乏しい
- 🦙 対応天体が無い

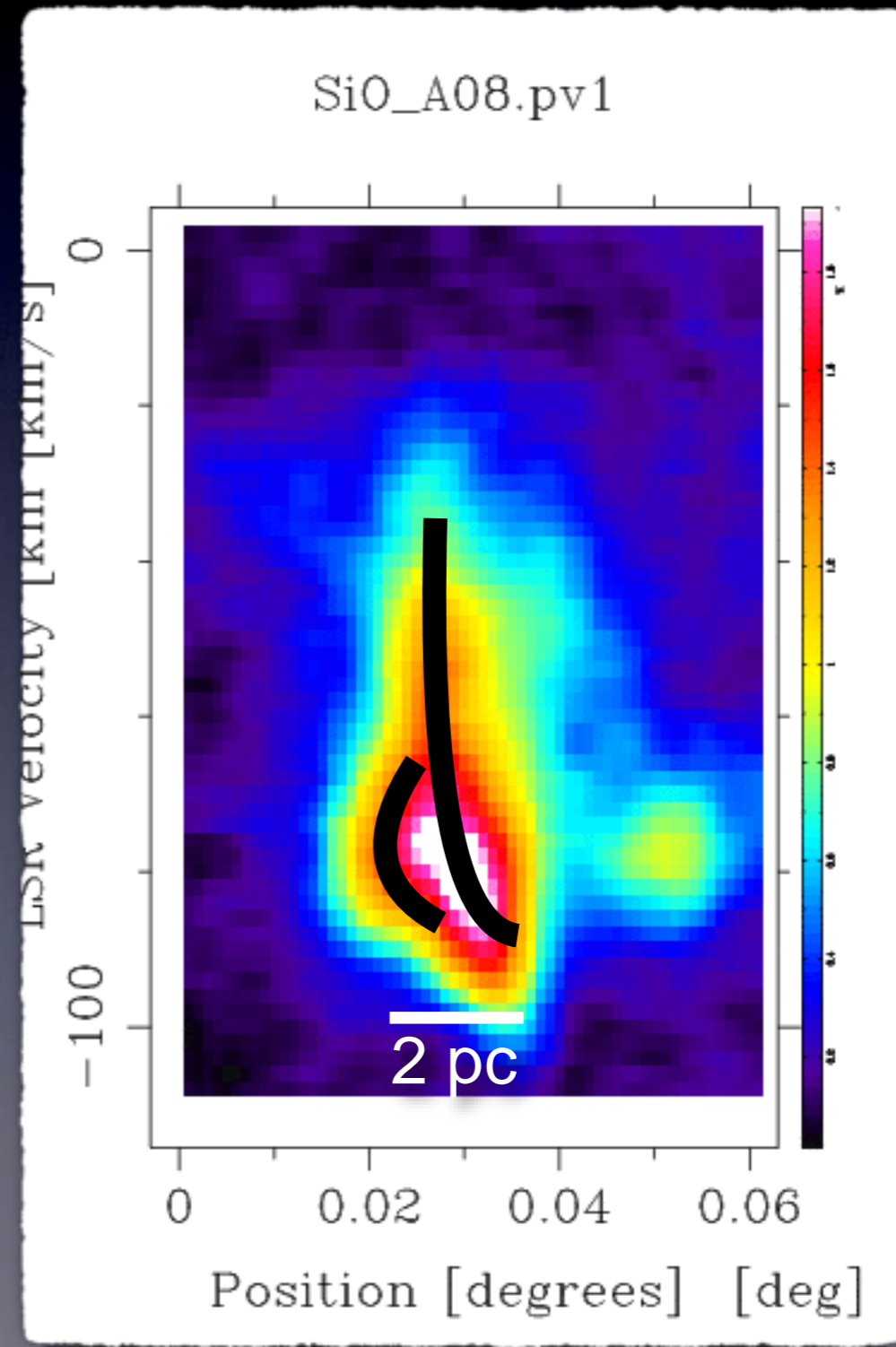
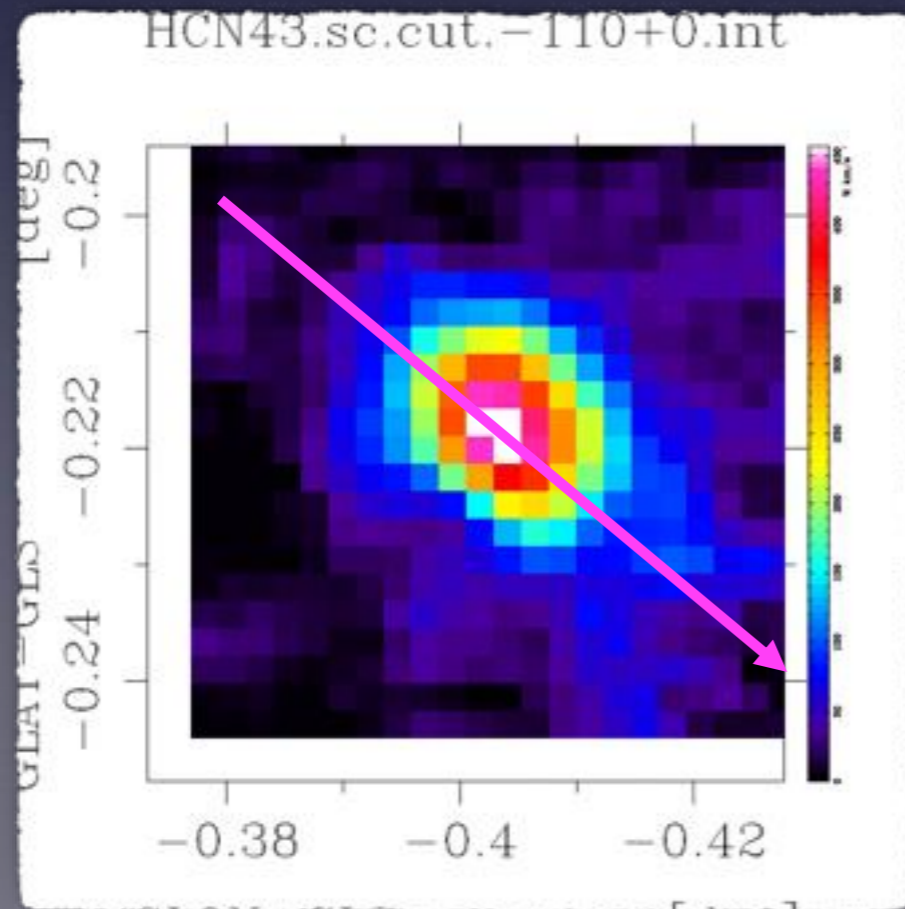
これは一体何なのか??





# Kinematics

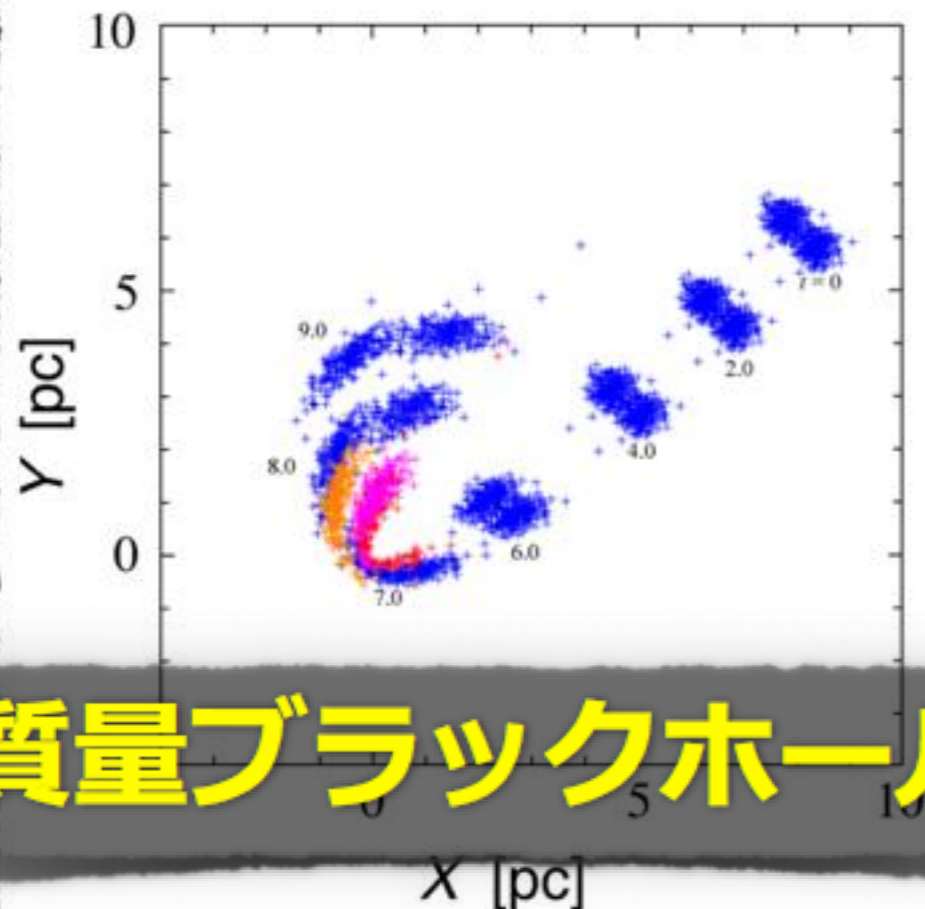
- Size  $\sim 2$  pc
- Velocity gradient shift
- Eastern hump



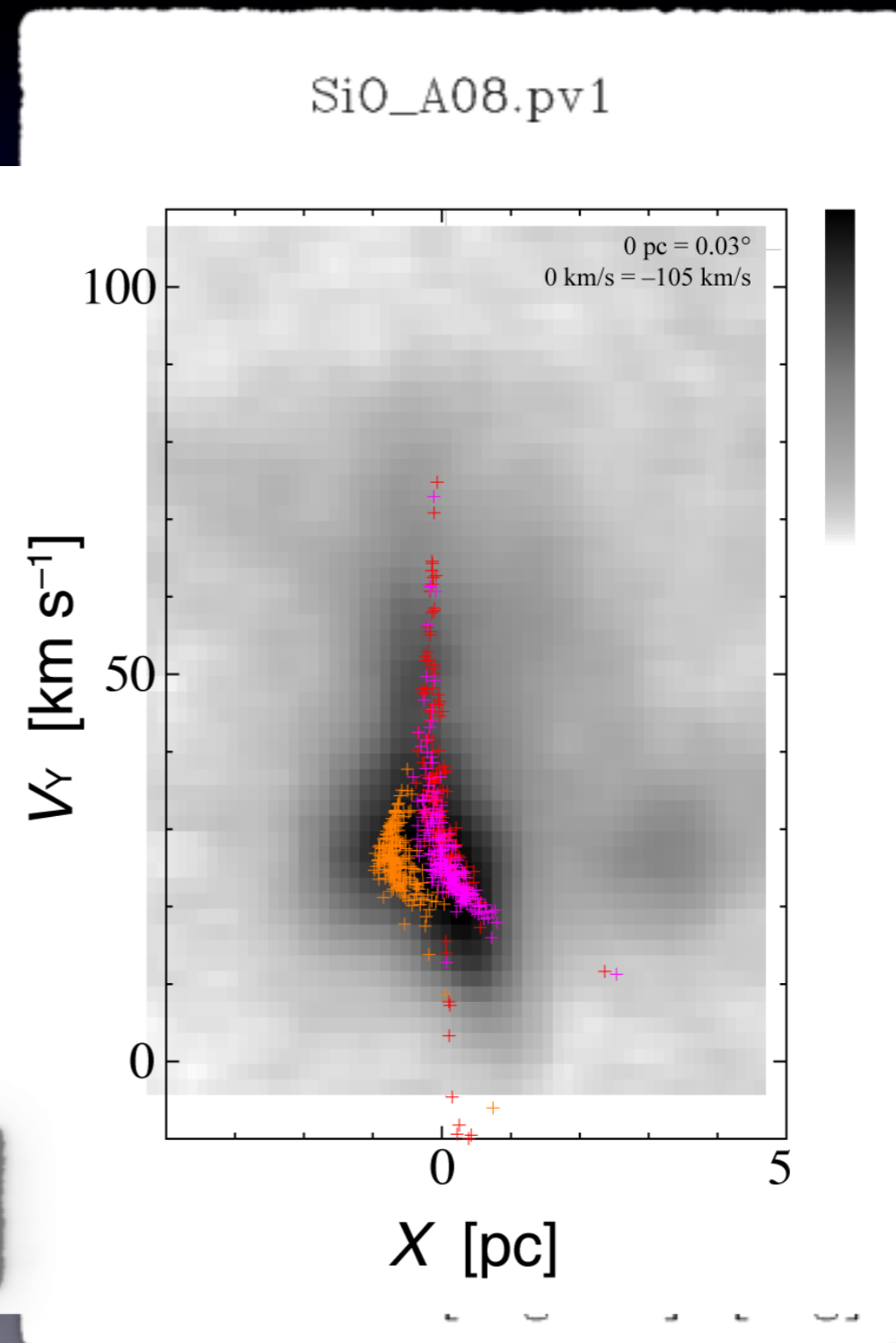


# Gravitational Kick Model

- $M = 10^5 M_{\text{sun}}$  !
- $V_0 = 10 \text{ km s}^{-1}$ ,  $D = 10 \text{ pc}$
- $b = 1.0 \text{ pc}$ ,  $1.8 \text{ pc}$
- $t \sim 7 \times 10^5 \text{ yrs}$

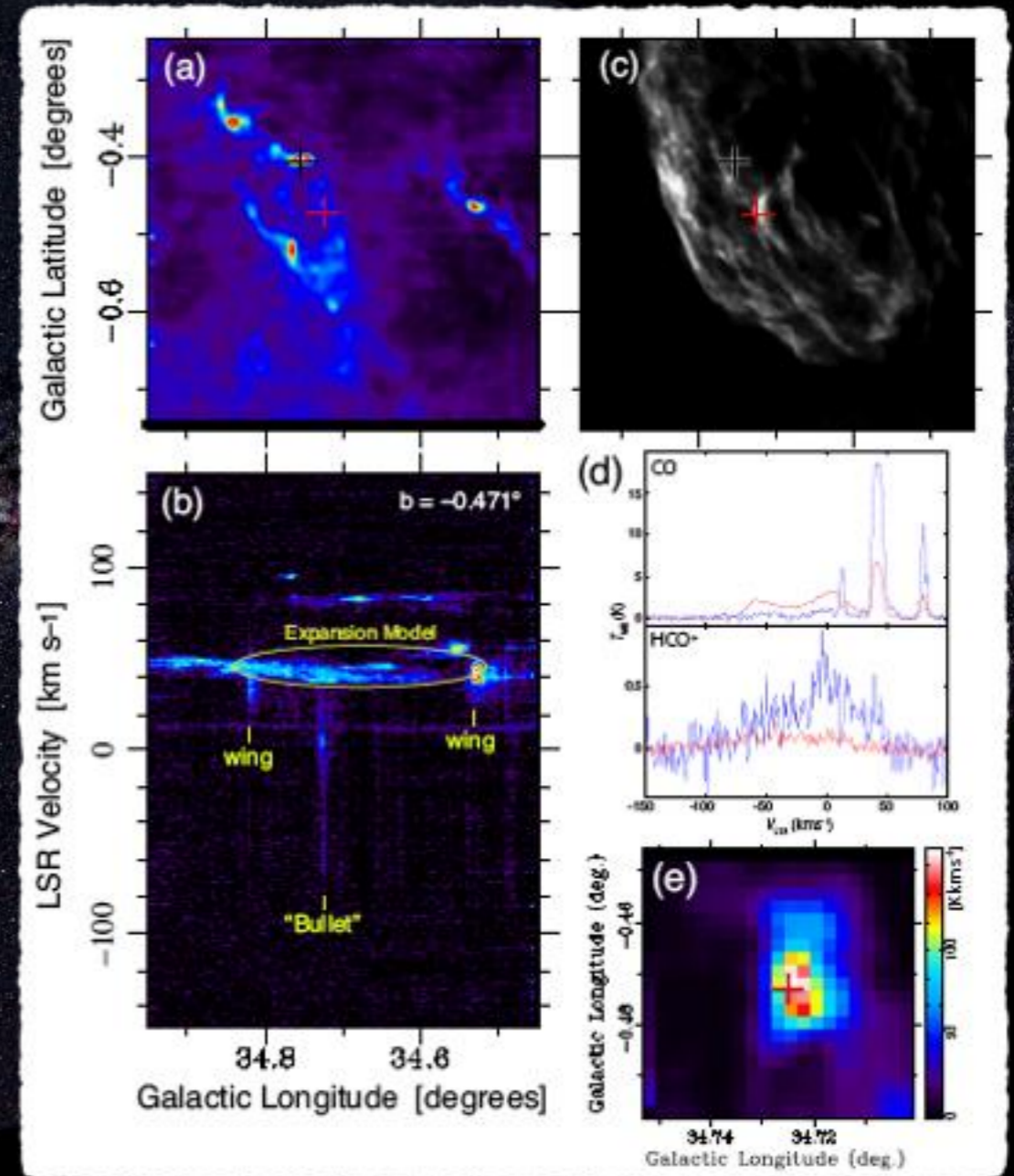
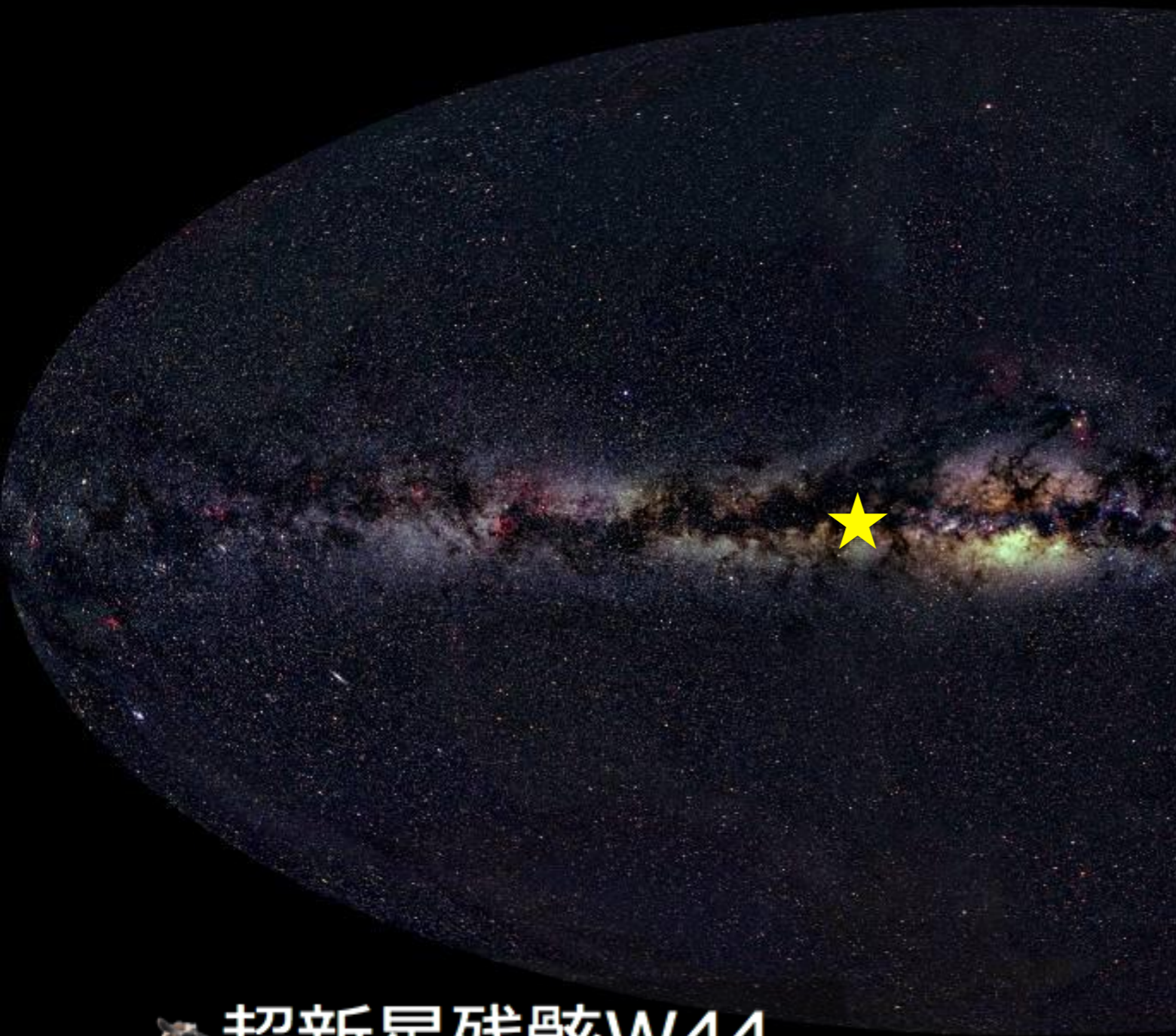



中質量ブラックホール?





# W44超新星残骸中の「弾丸」



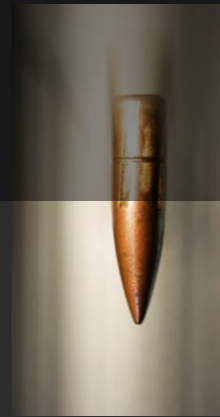
 超新星残骸W44



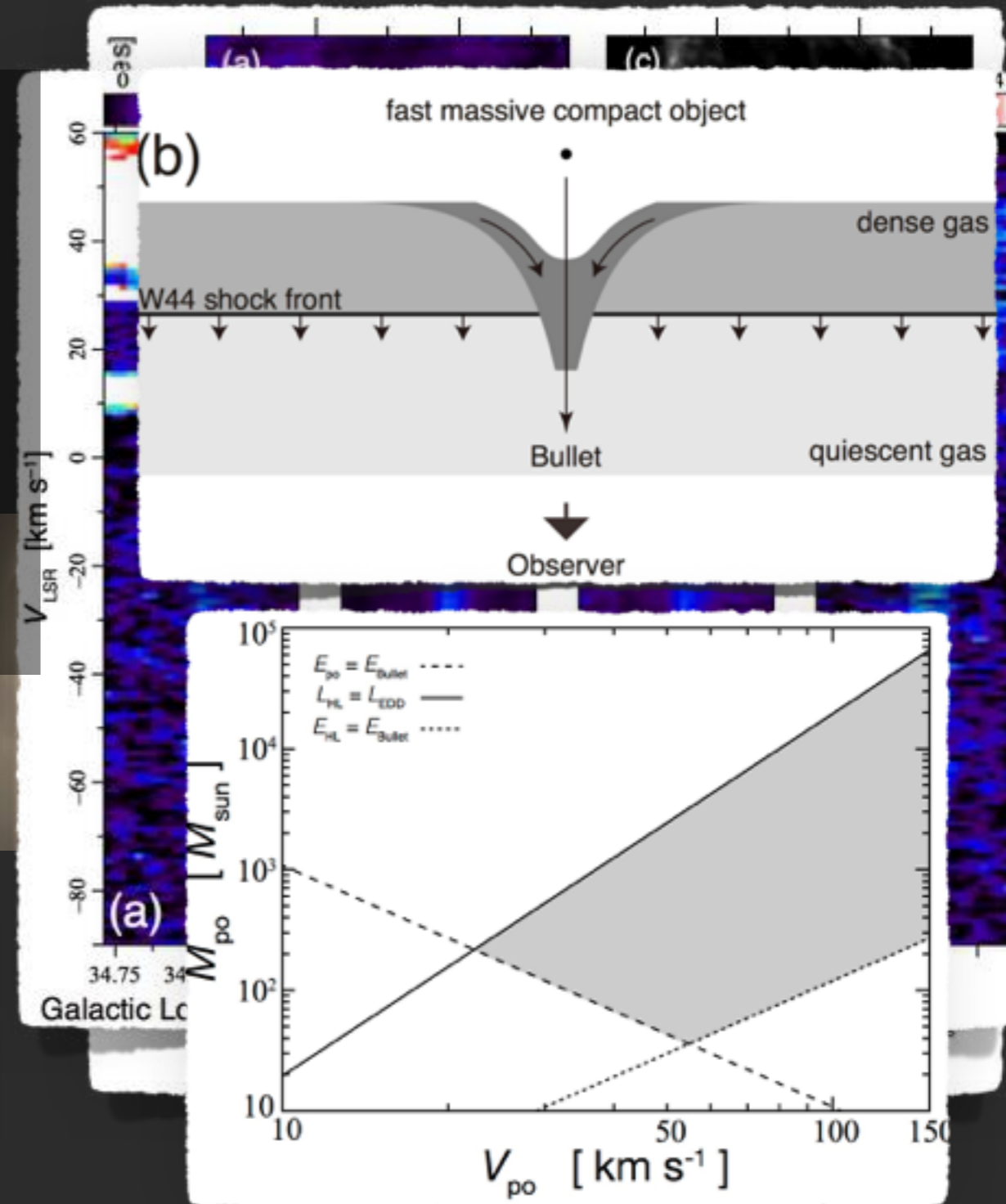
# W44超新星残骸中の「弾丸」

- 極めて高速度な分子ガス
  - SNRの膨張運動に沿わない
- 膨大な運動エネルギー  $\sim 10^{48}$  erg
  - 超新星では賄い切れない

*Sashida et al. 2013, ApJ, 774, 10*  
*Yamada et al. 2017, ApJ, 834, L3*



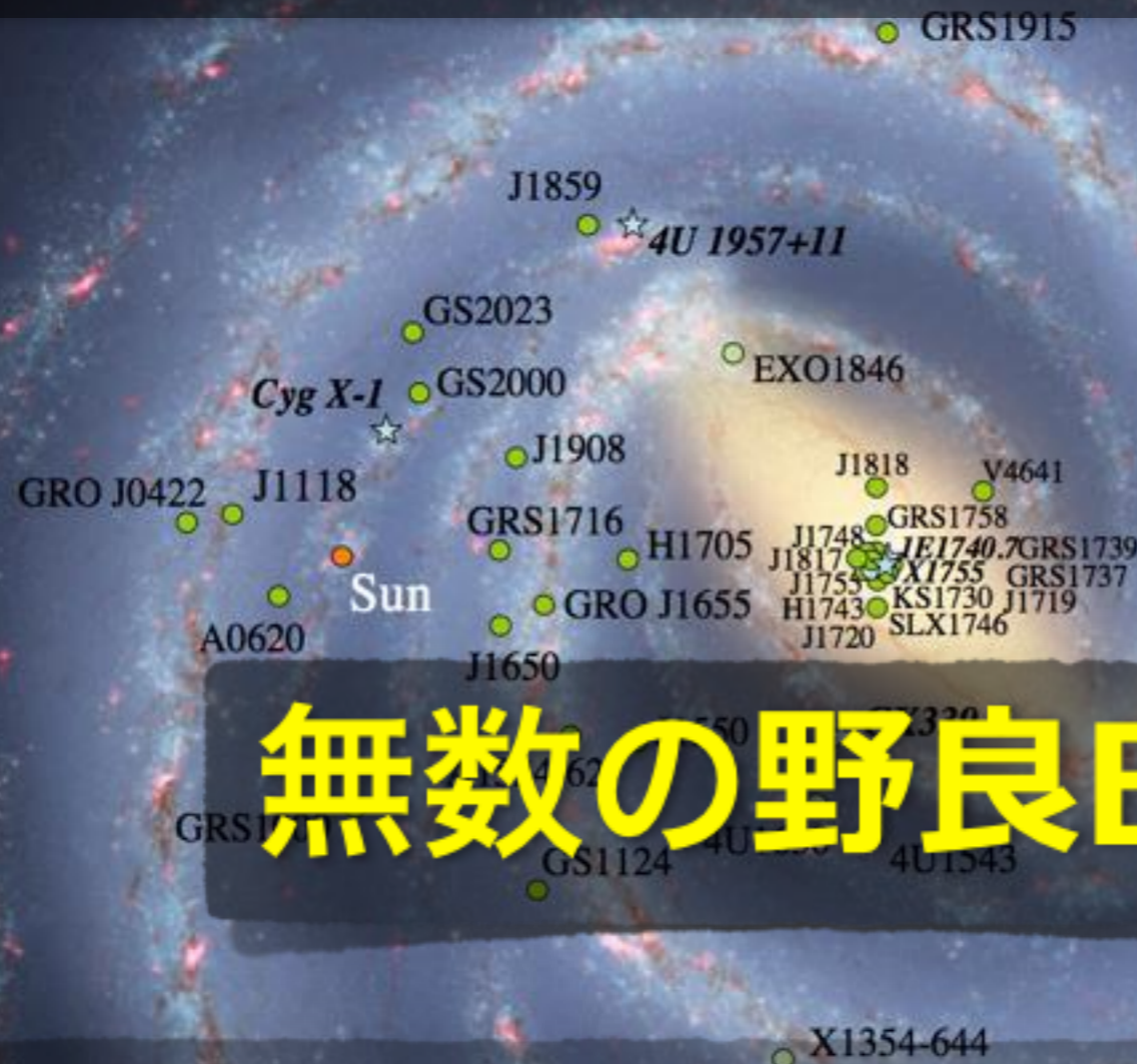
**$M \geq 30 M_{\text{sun}}$  のBHが  
高密度層を高速通過？**





# 銀河系内のBH候補天体

## BH Candidates in the Galaxy



🐪 約60個のBH候補天体

🐪 理論計算 → 総計=1億~10億個

KEN / MAXI

Negoro 2008



# 高速度・高励起ガスの探査

- 銀河系中心 + 銀河面サーベイ

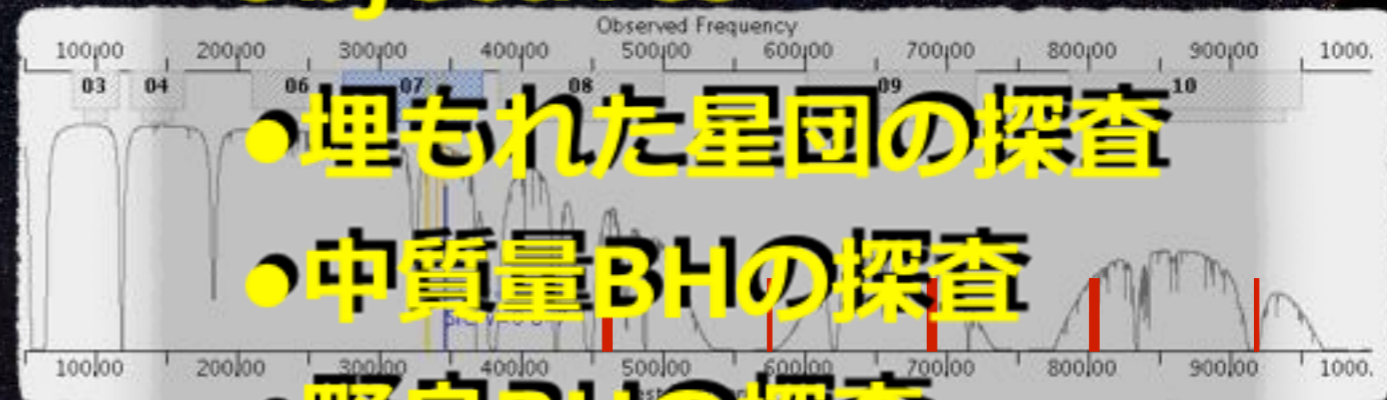
- CO  $J=4-3$  : 461 GHz
- CO  $J=6-5$  : 691 GHz
- CO  $J=7-6$  : 806 GHz

## ●Objectives

●埋もれた星団の探査

●中質量BHの探査

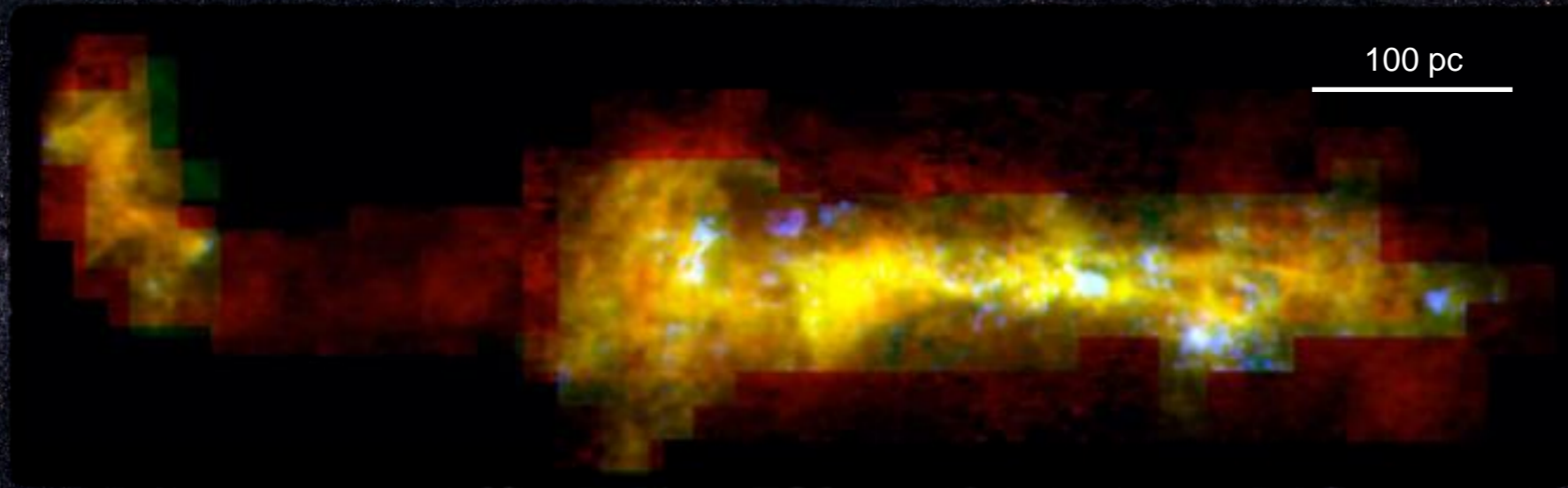
●野良BHの探査





# 高速度・高励起ガスの探査

- 銀河系中心サーベイ with 10m/30m



- サーベイ領域 =  $3 \square^\circ$
- 所要時間 ~ 75h / 700 h (1 beam Rx) @ 460 GHz

**$D=30\text{m}$ でも、 $\geq 4$  beam ならば実現可能**



# 高速度・高励起ガスの探査

- 銀河面サーベイ with 10m/30m

- サーベイ領域:  $l=10^\circ$  to  $42^\circ$ ,  $b=\pm 2^\circ$  ( $128 \square^\circ$ )
- 所要時間  $\sim 10^{3.5} \text{ h} / 10^{4.5} \text{ h}$  (1 beam Rx) @ 460 GHz

**$\geq 10 \text{ beam} / \geq 100 \text{ beam}$  ならば実現可能**



# 南極望遠鏡で探すコンパクト天体

- Mid-J COスペクトル線サーベイ

- 銀河系中心

- 高密度大質量星団

- 中質量ブラックホール

- 銀河系円盤部

- 野良ブラックホール

⇒ 中心核BHの起源

⇒ BH物理学の発展



辻本さん、宜しくお願いします



*"The Thing" (1982)  
by John Carpenter*