

Molecular Gas Properties in M83 from CO PDFs

Fumi Egusa, Akihiko Hirota, Junichi Baba, and Kazuyuki Muraoka

Published 2018 February 15

M1 Taku Sugiuchi

Abstract

銀河の構造がガスの性質にどう作用するか



CO積分強度 I_{CO} , ピーク温度, 速度分散, の確率分布関数を作成

1. 棒構造の I_{CO} 確率分布関数は bright-end tail が見えるが, 渦巻腕では見えない



棒構造で星形成効率が下がるときの確率分布関数の形の変化は, 天の川銀河の研究 (bright-end tail は星形成する分子雲で見つかった) で得られた傾向とは異なる

2. ピーク温度確率分布関数が棒構造と渦巻腕で似ているが, 棒構造の速度分散は渦巻腕よりも広い



広がった速度分散は bright-end tail と星形成抑制の主要因の可能性が高い

3. 確率分布関数プロファイルへの星のフィードバック効果の影響を調べた



棒構造と渦巻腕の違った I_{CO} 確率分布関数はフィードバック効果によって, 少なくとも今の空間規模では説明できないことがわかった

この研究について

- 銀河円盤のISMの進化は星形成や銀河進化に関連していて、系外銀河はISMを観測するうえで天の川銀河よりも有利
- 銀河構造によってISMの状況は依存する
- 最近の研究で分子雲は別々に存在するのではなく、連続した流体であることがわかってきた
- 分子雲の同定法はたくさんあるうち、ISM特性を測る補足的な方法として確率分布関数(後述)を用いる
- Hirota 論文の補足的研究で、今後提出されるものと同じデータを使っている

キーワード

- 確率分布関数(a probability distribution function ; PDF)

- ・ ・ ・ 物理パラメータや観測量のヒストグラムを規格化したもの。切れた部分を補う範囲では、使うフィッティングに大きく依存する。この研究ではLNプロファイルを目で見る指針としての目的で使っているので、他の研究のプロファイルの形と比較しない。

- Tail

- ・ ・ ・ 星形成する分子雲がべき乗則(power-law ; PL)にしたがうときの形。

それに対して、不活発な分子雲は対数規格化された(log-normal ; LN)プロファイルを示す(Kainulainen et al. 2009)

- 星のフィードバック効果

- ・ ・ ・ 若い星の周りの濃いガスを破壊する仕組み。bright endでの密度確率分布関数を断ち切る結果になる。放射圧、イオン化、超新星爆発など

観測諸元

- 望遠鏡：ALMAと野辺山 45 m鏡
- 観測天体：渦巻銀河 M 83 (距離4.5 Mpc; 1"=22 pc)
- 輝線： $^{12}\text{CO}(1-0)$ ・ 感度：0.33 K (チャンネル幅：2.6 km/s)
- 合成ビームサイズ：2."0 × 1."1 ・ ピクセルサイズ：0."25
- 視野：2.'6 × 2.'6 ・ 対象：銀河中心、棒構造、渦巻腕

定義と I_{CO} 確率分布関数

天の川銀河ではbright end tailでの柱密度の確率分布関数は星形成の証拠(Kainulainen et al. 2009)
 M83渦巻腕より棒構造の方がSFFが低い(Hirota et al. 2014)

空間規模の違い？

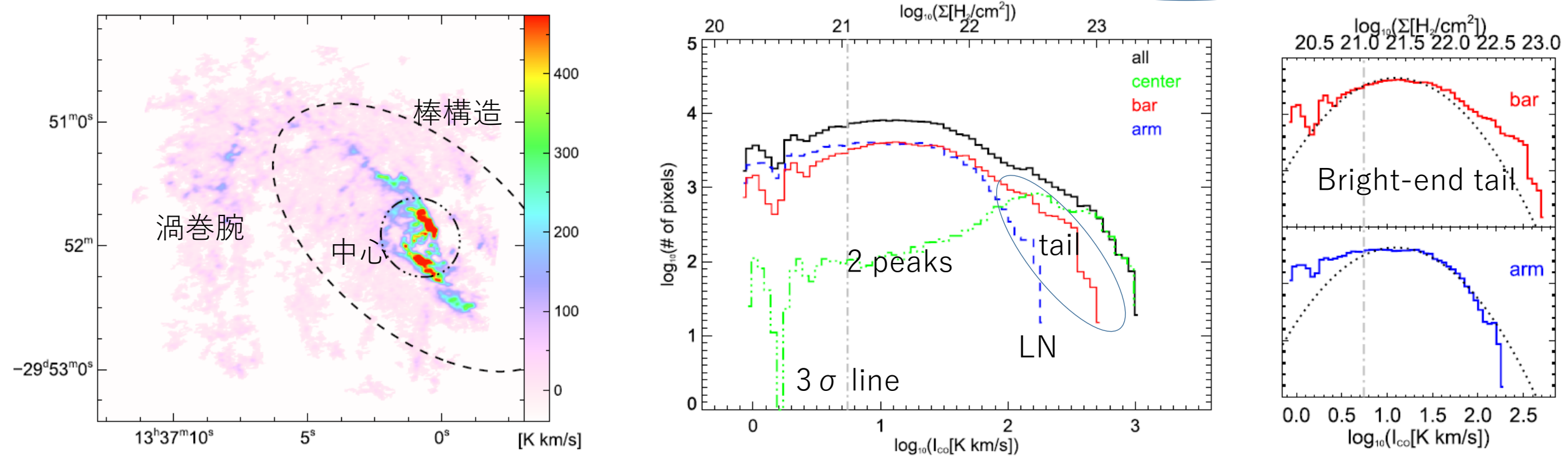
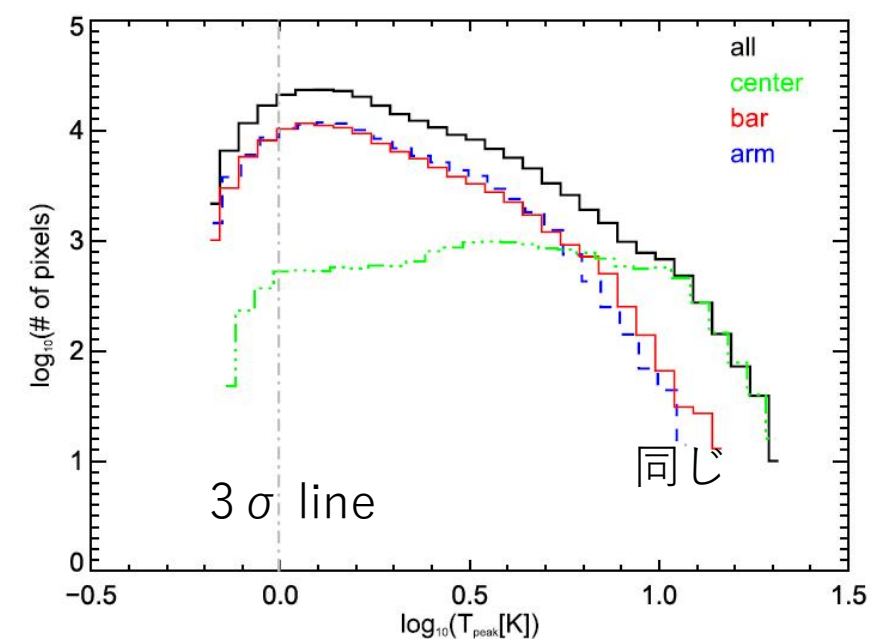
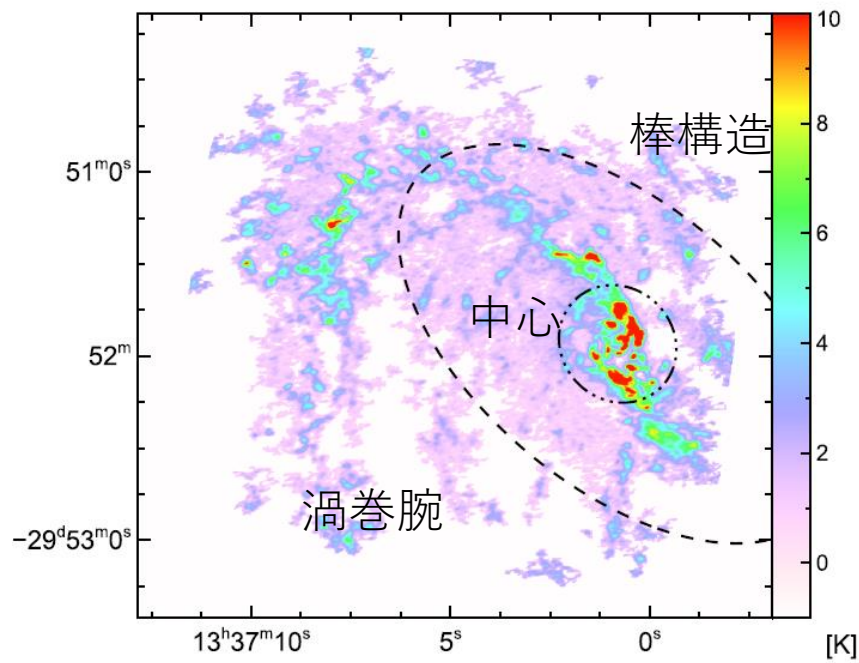


Figure 1. Left panel: the I_{CO} map of M83 from ALMA+NRO45m observations. The coordinates are R.A. and decl. in ICRS. The outer boundary of center and bar regions are indicated by dashed-dotted and dashed lines, respectively. Middle panel: the I_{CO} PDFs for the center (green dashed-dotted), bar (red solid), and arm (blue dashed) regions. The black solid line is the PDF for the entire FoV. The vertical gray dashed-dotted line indicates the 3σ of I_{CO} . The horizontal axis on top is the molecular gas surface density in $\text{H}_2 \text{ cm}^{-2}$, calculated assuming the Galactic conversion factor. Right panel: the same I_{CO} PDFs for the bar and arm with an LN function (black dotted line).

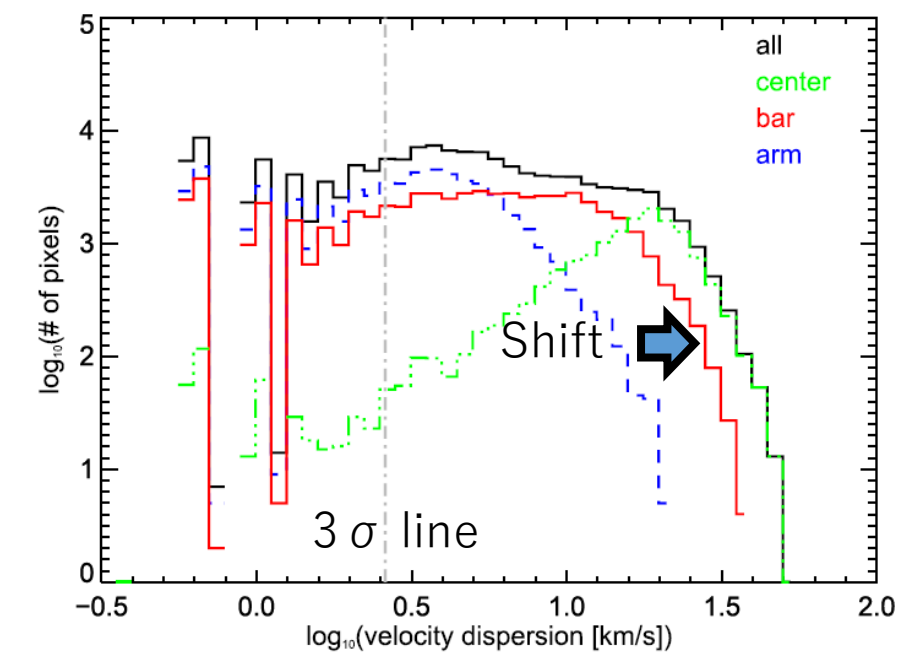
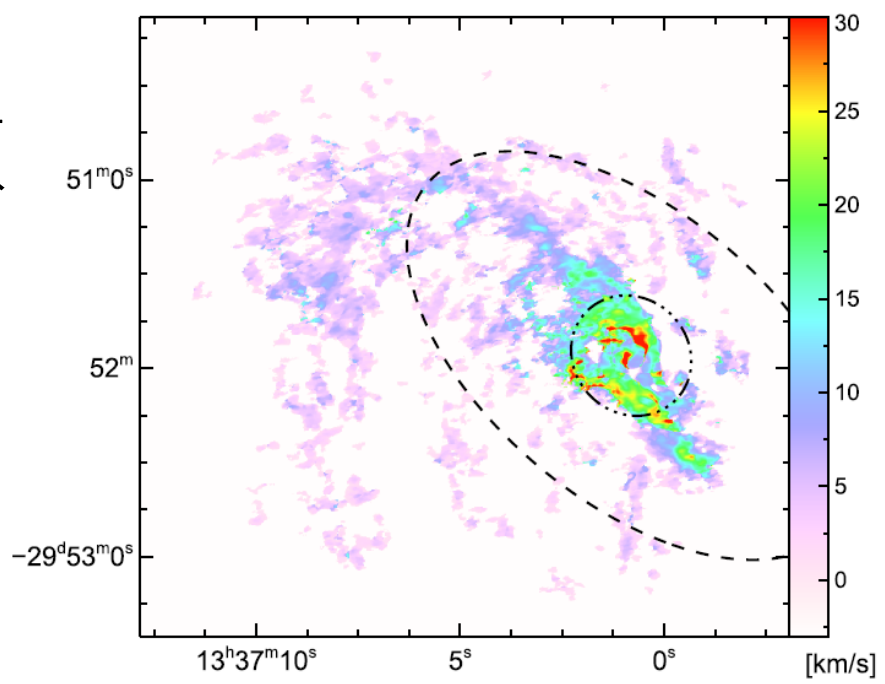
Tピーク 確率分布関数

$$I_{\text{CO}} \sim T_{\text{peak}} \times \sigma_V$$

↑
棒構造、渦巻腕：一定



速度分散 確率分布関数



フィードバックの有無と I_{CO} 確率分布関数

$\Sigma > 10^3 M_{\odot} \text{ pc}^{-2} = 6 \times 10^{22} \text{ H}_2 \text{ cm}^{-2}$

赤丸：若い星集団(Whitmore et al. 2011)、 H_{II} 領域(Hirota et al. 2014)
紫丸：SNR(Dopita et al. 2010, Blair et al. (2012, 2014))
2"半径

ガス密度限界を超えるデータ点の数は少ないが、線形近似は誤差範囲で傾きはよく
あっている。
この空間規模でフィードバックは支配的
ではない

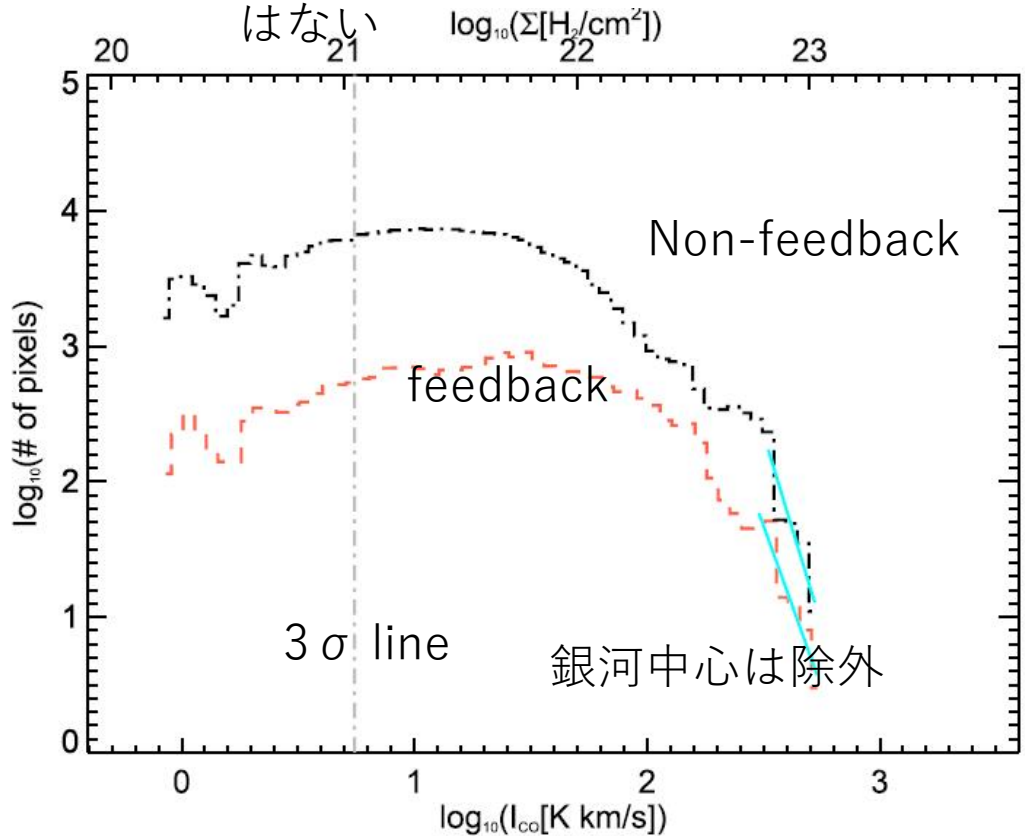
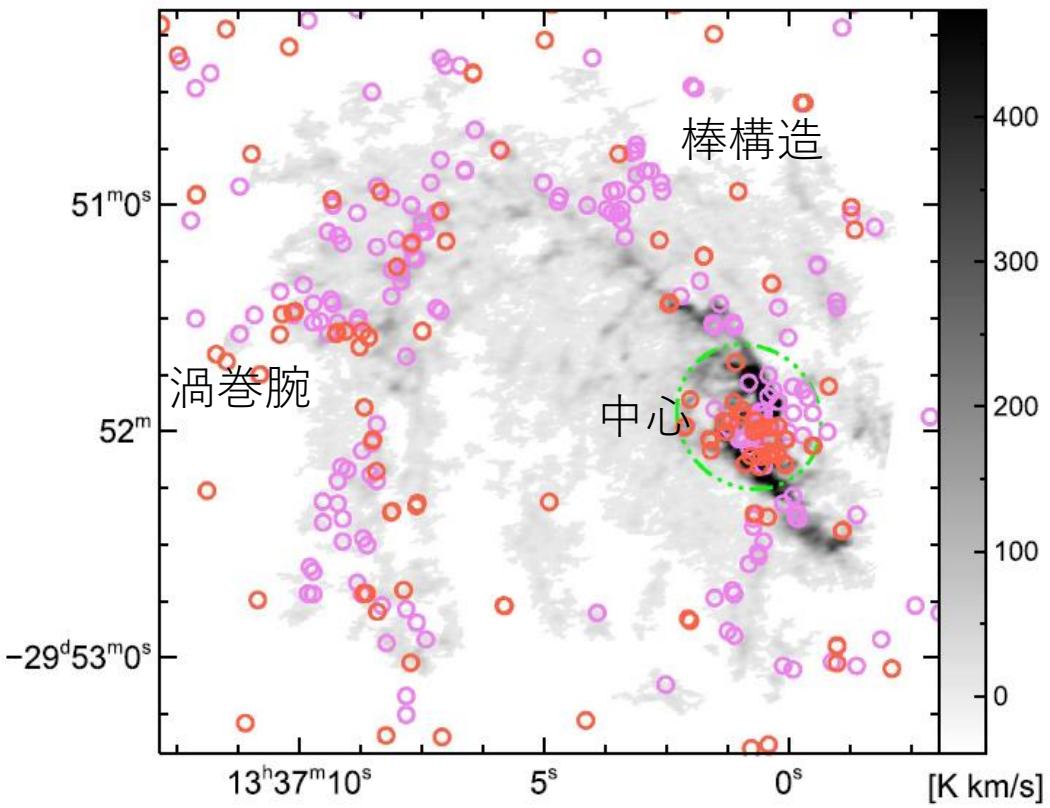
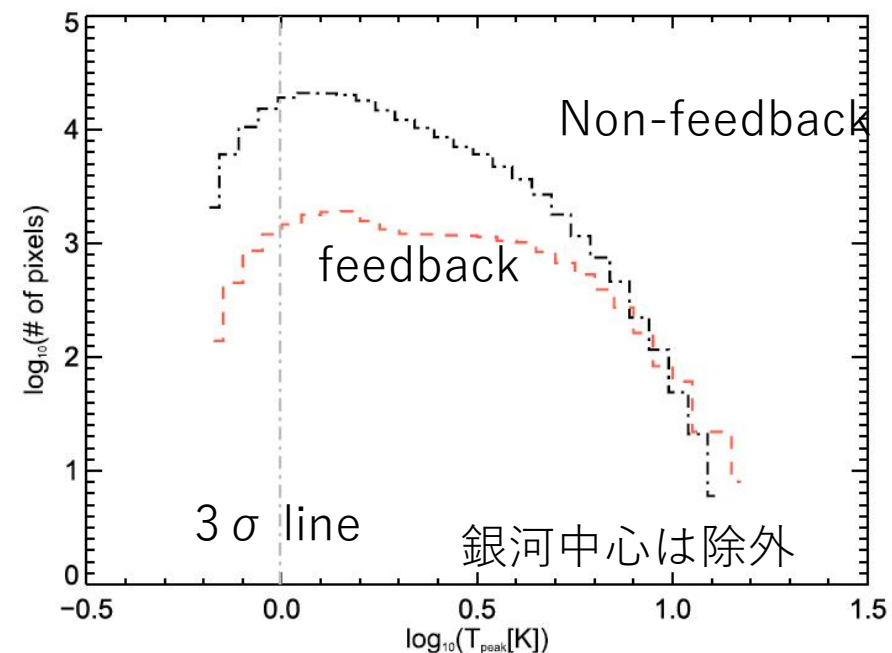
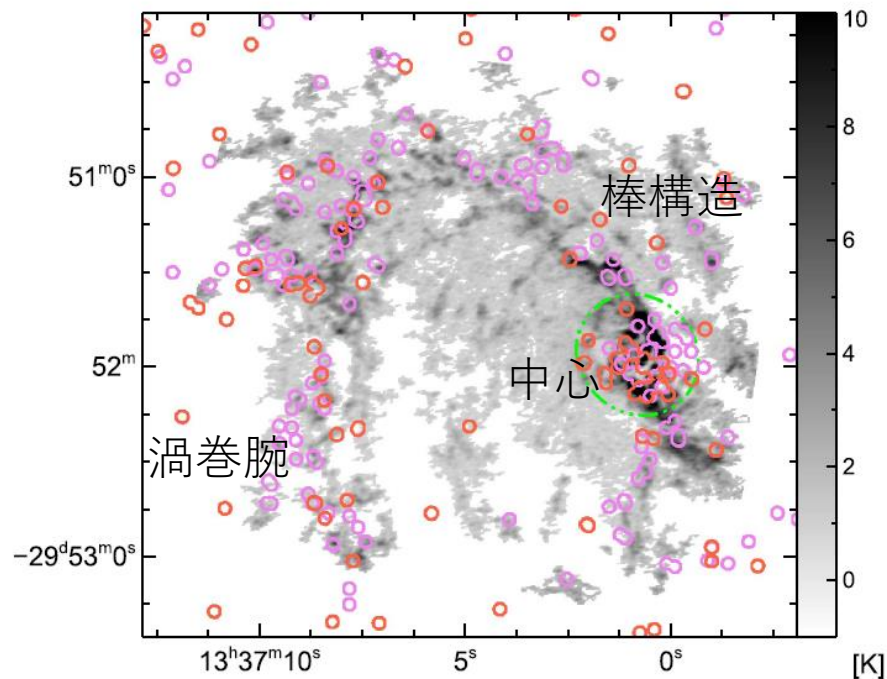


Figure 4. Left panel: circles indicate the positions of young stellar clusters or H II regions (purple) and SNRs (red) with a radius of $2''$. The background image is the I_{CO} map (same as Figure 1, but in a different color). Right panel: PDFs for feedback (red dashed line) and non-feedback (black dashed–dotted line) area. The center region is excluded. Cyan solid lines indicate the linear fit results at the bright end.

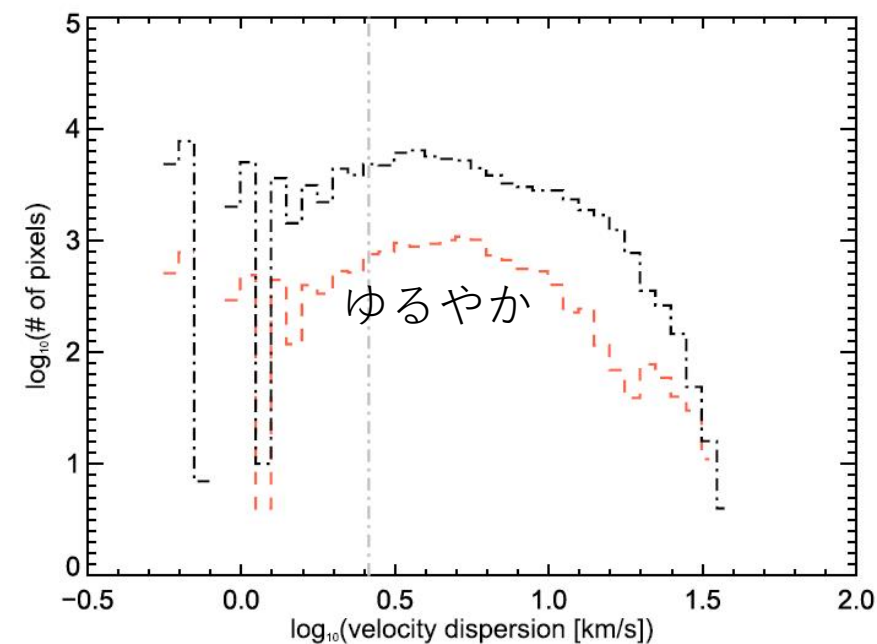
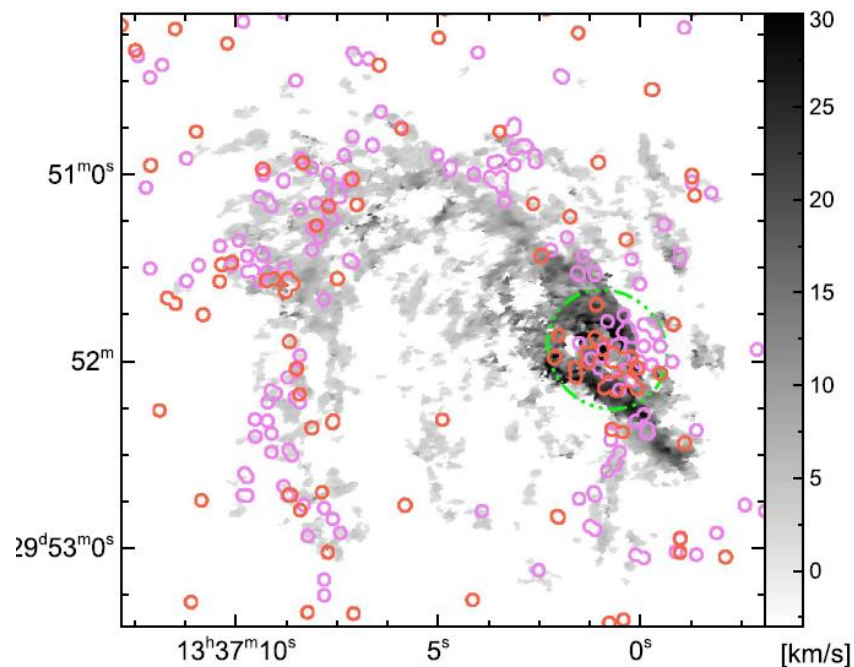
フィードバック とTピーク 確率分布関数

違いを知るにはガス温度
と密度を測定しなければならない



フィードバック と速度分散 確率分布関数

今の定義の2"ではfeedbackで
速度分散が増加したとまでは
言えない。もっと暖かくなる
べき



Summary

ALMAとNRO45 m望遠鏡で40 PC規模でCO (1-0) 輝線を観測し、 I_{CO} , T_{peak} , σ_v の確率密度関数を作成した。銀河構造は**銀河中心、棒構造、渦巻腕**に分けて確率密度関数のプロファイル調べた。

棒構造の I_{CO} 確率密度関数は、渦巻腕と比較して大きく、bright-end ($I_{\text{CO}} \doteq 100 \text{ K km s}^{-1}$) を示す。天の川銀河の分子雲の確率密度関数の研究から、bright-end tailは自己重力や星形成の兆候として解釈される。しかし、M83棒構造のSFEは、渦巻腕よりも低い。棒構造の σ_v 確率密度関数は $\sigma_v > 10 \text{ km s}^{-1}$ で増加し、棒構造におけるこの大きな速度分散が I_{CO} tailおよび低SFEの主な原因を示唆している。この結果は、**少なくとも40 PCで、 I_{CO} tailが活発な星形成の兆候であるとは限らないこと**を示している。

また、星のフィードバックが確率密度関数プロファイルに影響を与えるかどうかを調べた。フィードバック領域の有無は、H II領域、若い星団、およびSNRのカatalogに従って定義した。フィードバック領域の半径は2" (~40 pc) に設定した。 T_{peak} 確率密度関数はフィードバック領域の方が傾きが緩いが、 σ_v と I_{CO} 確率密度関数は2つの領域で大きくは変わらない。**少なくとも40 pcスケールでは、フィードバック効果は、棒構造領域と渦巻腕領域との間の異なる確率密度関数を説明できないと結論づける。**

これらの結果は、**大規模な円盤構造が σ_v の確率密度関数 I_{CO} に影響し、小規模のフィードバックは T_{peak} 確率密度関数に影響を与えること**を示唆している。