

Star Formation On Sub-kpc Scale Triggered By Non-linear Processes In Nearby Spiral Galaxies

=== Abstract ===

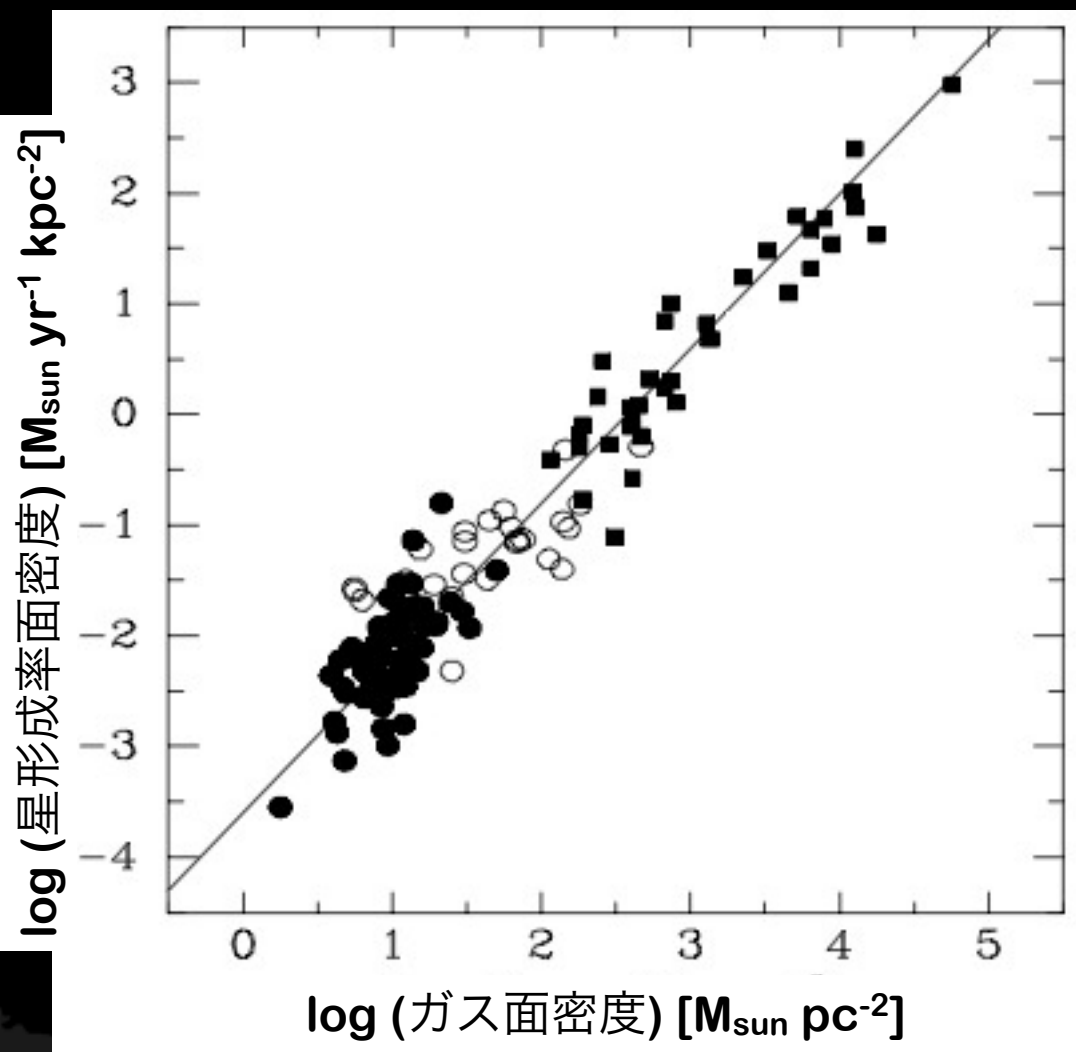
- * 近傍渦巻銀河10天体において500pcの規模でK-S則を検証
- * K-S則のべきが $N > 1$ という結果

Rieko Momose^{1,2,3} (観測的宇宙論グループ/ICRR)

Koda, J⁴, Kennicutt, R. C. Jr⁵, Egusa, F⁶, Calzetti, D⁷, Liu, G^{7,8}, Donovan Meyer, J^{4,9},
Okumura, K. S¹⁰, Scoville, N. Z¹¹, Sawada, T^{3,12}, Kuno, N¹³

1. ICRR, Univ. of Tokyo, 2. Univ. of Tokyo, 3. NAOJ, 4. SUNY, 5. Univ. Cambridge, 6. JAXA,
7. UMASS, 8. JHU, 9. NRAO, 10. Japan Women's Univ., 11. Caltech, 12. JAO, 13. NRO

The Kennicutt-Schmidt Law



- ＊ 銀河間の星形成率面密度とガス面密度の観測的相関 (Schmidt 59; Kennicutt 98 and following)

$$\Sigma_{\text{SFR}} = A \Sigma_g^N,$$

$$- N \sim 1.5 (1 \sim 2)$$

- ＊ 星形成するポテンシャルをもったガス(材料)と星形成活動の間の相関

Physical Predictions From The K-S Law

K-S則から星形成のメカニズムを解明する為には
べきを精度よく決定する必要がある

$$N = 1$$

* ガスから一定の割合
で星が形成

* 星形成の時間はガス
密度によらない

$$\text{SFR} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{t_{\text{SF}}}.$$

$$\Sigma_{\text{SFR}} = \epsilon \Sigma_{\text{gas}},$$

$$N = 1.5$$

* ガスの自己重力で星
が形成

* ガスの落下時間で星
形成率が決まる

$$t_{\text{ff}} = \sqrt{\frac{3\pi}{32G\rho_{\text{gas}}}}.$$

$$\Sigma_{\text{SFR}} = \epsilon_{\text{ff}} \frac{\Sigma_{\text{gas}}}{t_{\text{ff}}} \propto \Sigma_{\text{gas}}^{1.5},$$

$$N > 1$$

$$N = 2$$

* 分子雲同士の衝突で
星形成が生じる

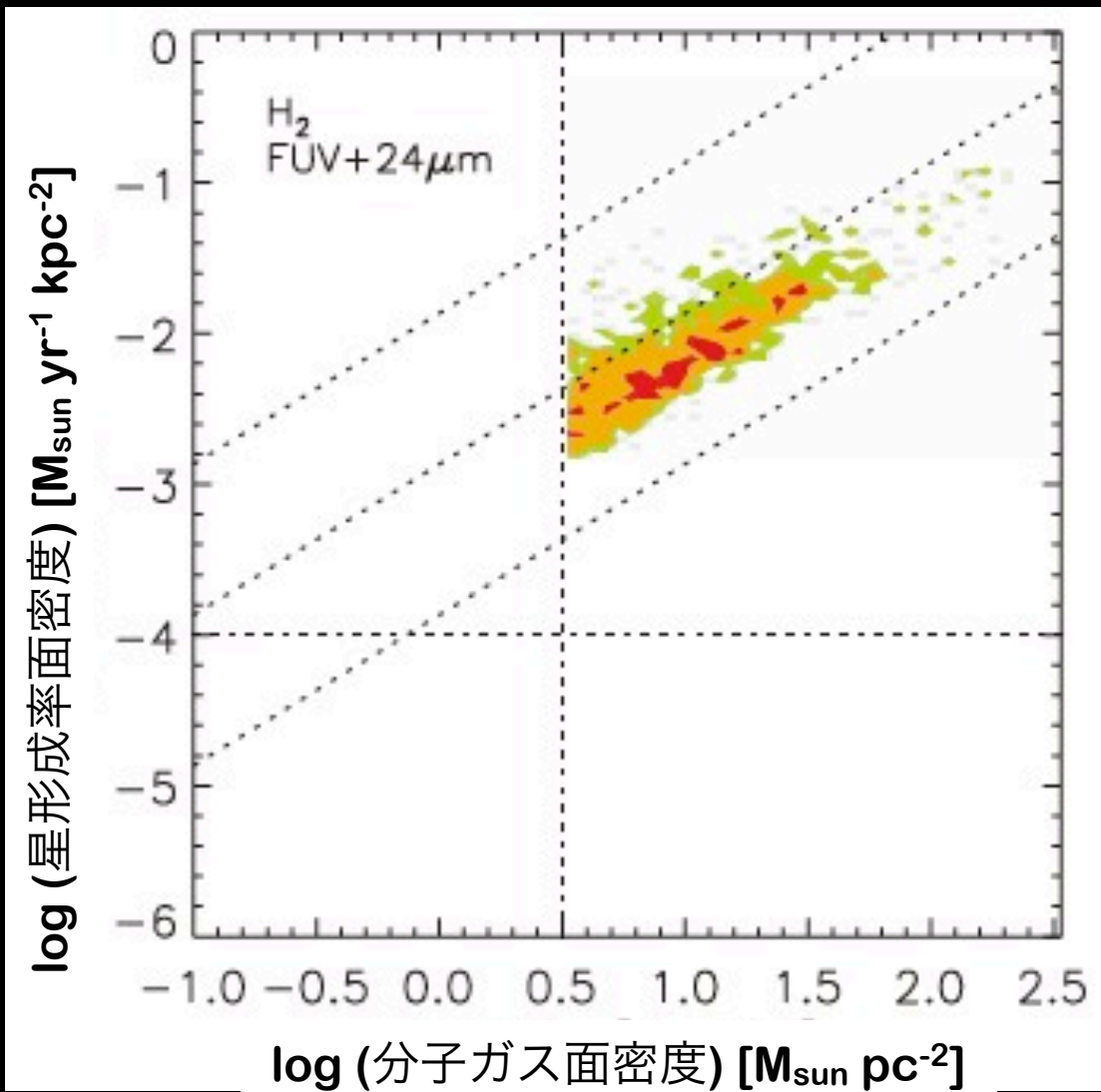
* 衝突時間で星形成率
が決まる

$$t_{\text{cc}} = \frac{\lambda}{v} = \frac{m_{\text{GMC}}}{\sqrt{2} \Sigma_{\text{gas}} a^2 \pi v}.$$

$$\lambda_{\text{mfp}} = \frac{1}{\sqrt{2} N D},$$

$$\Sigma_{\text{SFR}} = \epsilon_{\text{cc}} \frac{\Sigma_{\text{gas}}}{t_{\text{cc}}} \propto \Sigma_{\text{gas}}^2.$$

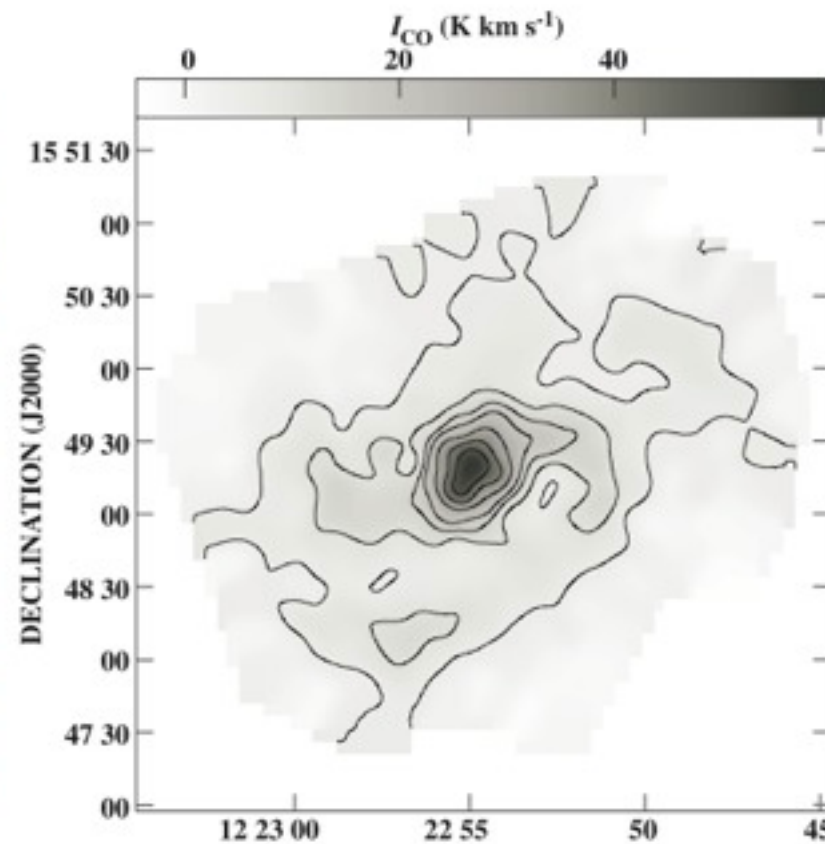
The Remaining Problems & Motivations



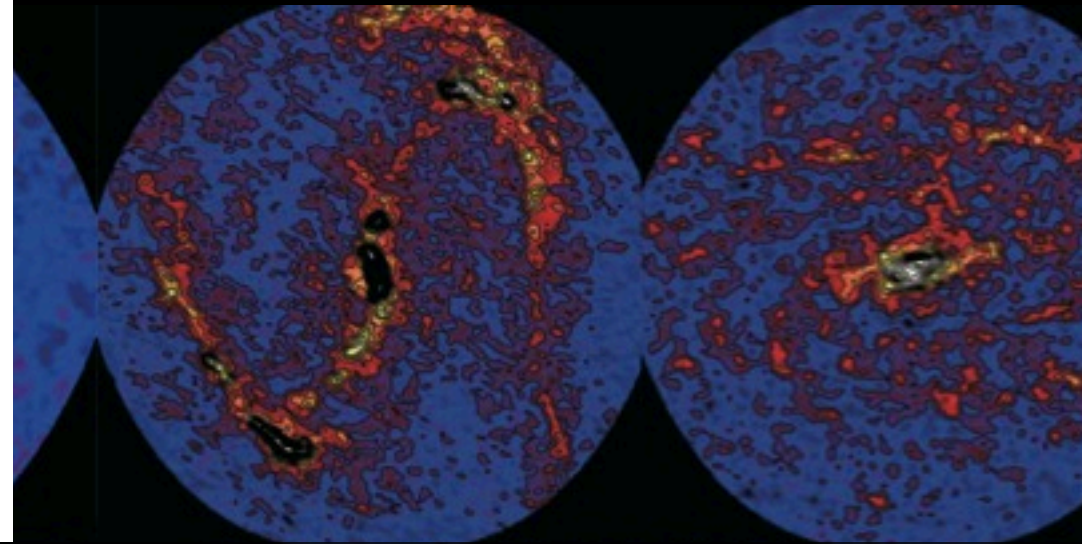
- * 銀河間の相関から銀河内での相関へ...
- * $\sim 500 \text{ pc}$ 規模での K-S則 では $N \sim 1$ (Bigiel +08)
- * SFのtime scaleは密度によらない
 - * $\Leftarrow$ 基準になりつつある
- * Bigiel +08 の問題点
 - * CO(J=2-1) 分子輝線を使用している
 - * conversion factorの理解が不十分
 - * 星形成率の導出の際にdiffuse ionized gasを考慮していない

- * 500 pc 規模でのK-S則を近傍渦巻銀河10天体にわたりより精度よく検証する
 - * CO(J=1-0)輝線を用いて分子ガス面密度を導出
 - * SFRの導出の際にDIGの影響を考慮する

Kuno et al. 2007



Data



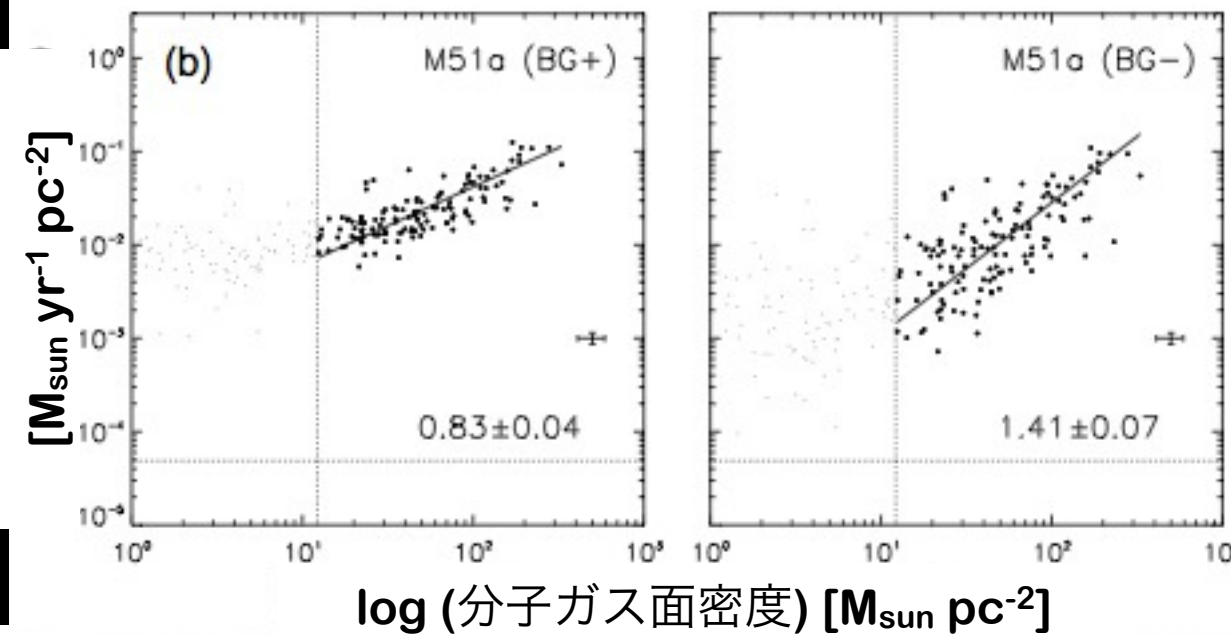
- ✧ **NRO45 と CARMA で観測**
(CANON Survey: CARMA and NOBEYAMA Nearby-galaxies CO survey, PI: Jin Koda)
- ✧ 干渉計データと単一鏡データを結合し、
“高空間分解能” + “フラックス欠損のない”
データに
- ✧ $X_{\text{CO}} = 2.0 \times 10^{20} [\text{cm}^{-2} (\text{K km s}^{-1})^{-1}]$

$$\Sigma_{\text{H}_2} [M_{\odot} \text{ pc}^{-2}] = 4.8 \times \cos(i) \left(\frac{I_{\text{CO}}}{\text{K km s}^{-1}} \right) \left(\frac{X_{\text{CO}}}{\text{cm}^{-2} (\text{K km s}^{-1})^{-1}} \right)$$

Diffuse Ionized Gas

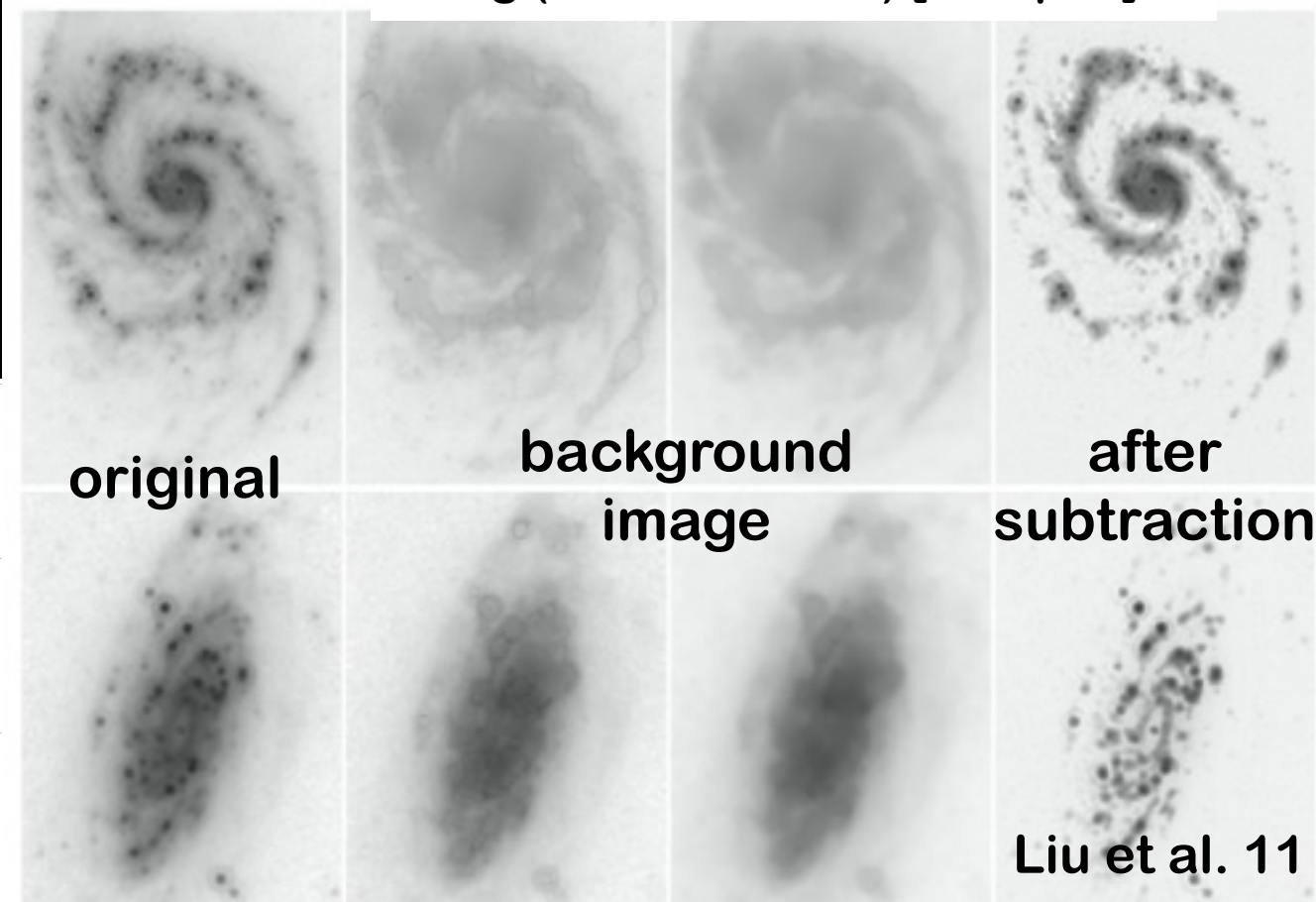
- ✱ SFRはHaと24umから導出
- ✱ Haや24um emissionに含まれる localなyoung star以外からの放射
- ✱ K-S則のべきに与えるDIGの影響は大きい (Liu+ 11)
- ✱ 本研究でもDIGの差し引きをして SFRを導出

log (星形成率面密度)



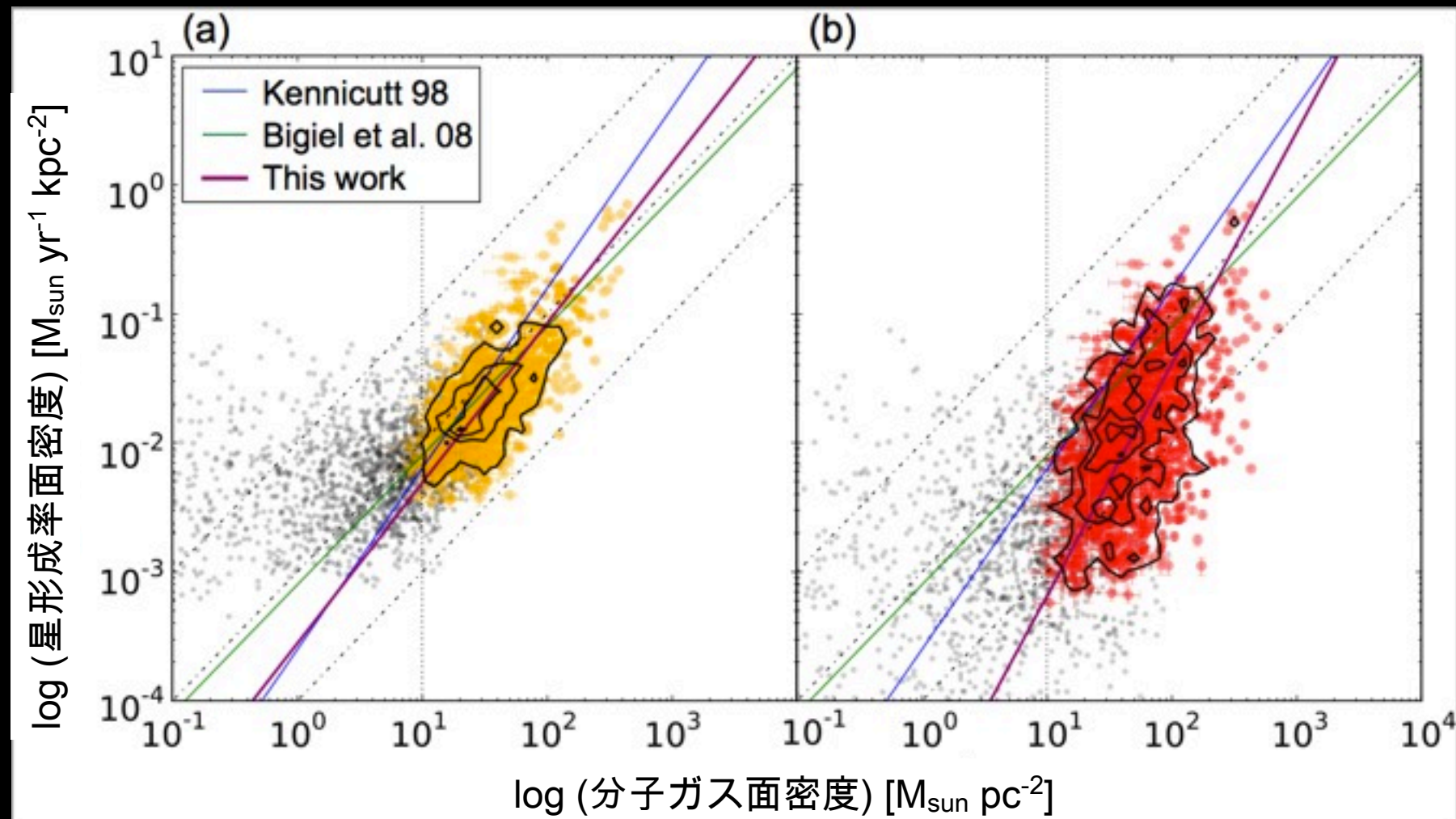
Diffuse Ionized Gas

	local	not young stars	fraction
Ha	leak emission	ionized by hot old stars	30-50 % of total L_{Ha}
24um	---	dust heated by old stars	20-80 % of total $f_{24\text{um}}$



Results

From All 10 Galaxies



* K-S則 のべきは $N > 1$

* $N = 1.8 \pm 0.10$ (-DIG)

* $N = 1.3 \pm 0.06$ (+DIG)

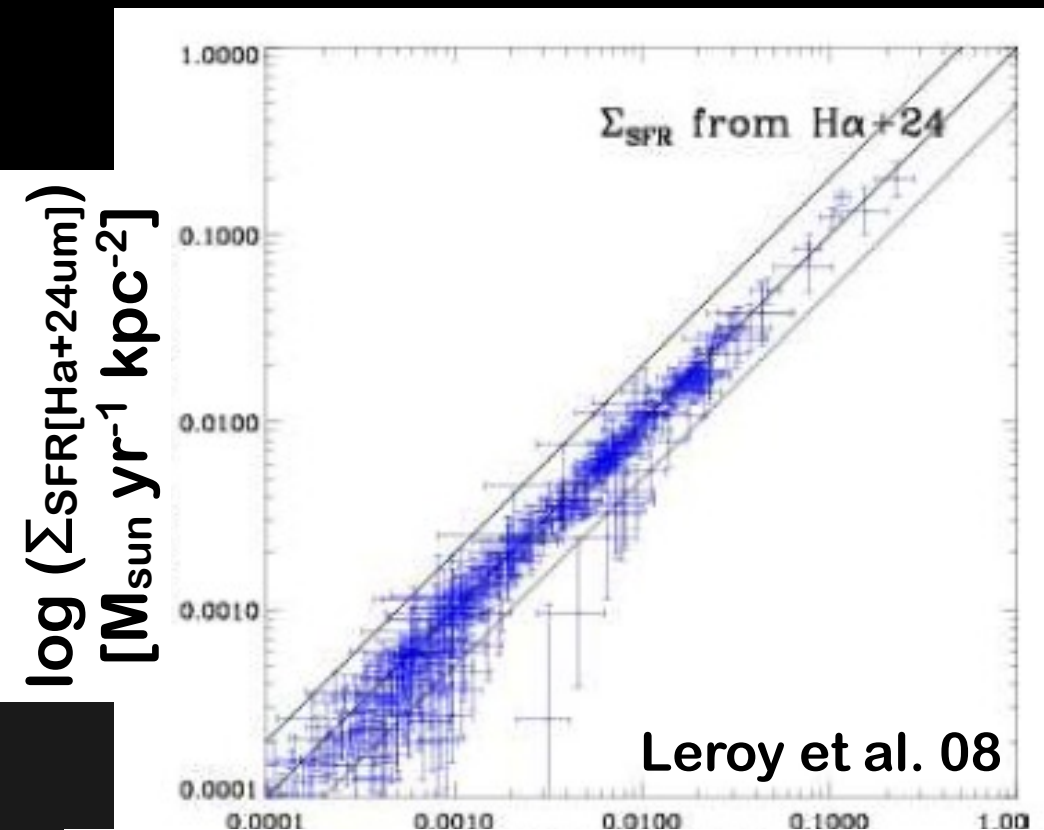
Discrepancy to Previous Studies

* SFRトレーサー

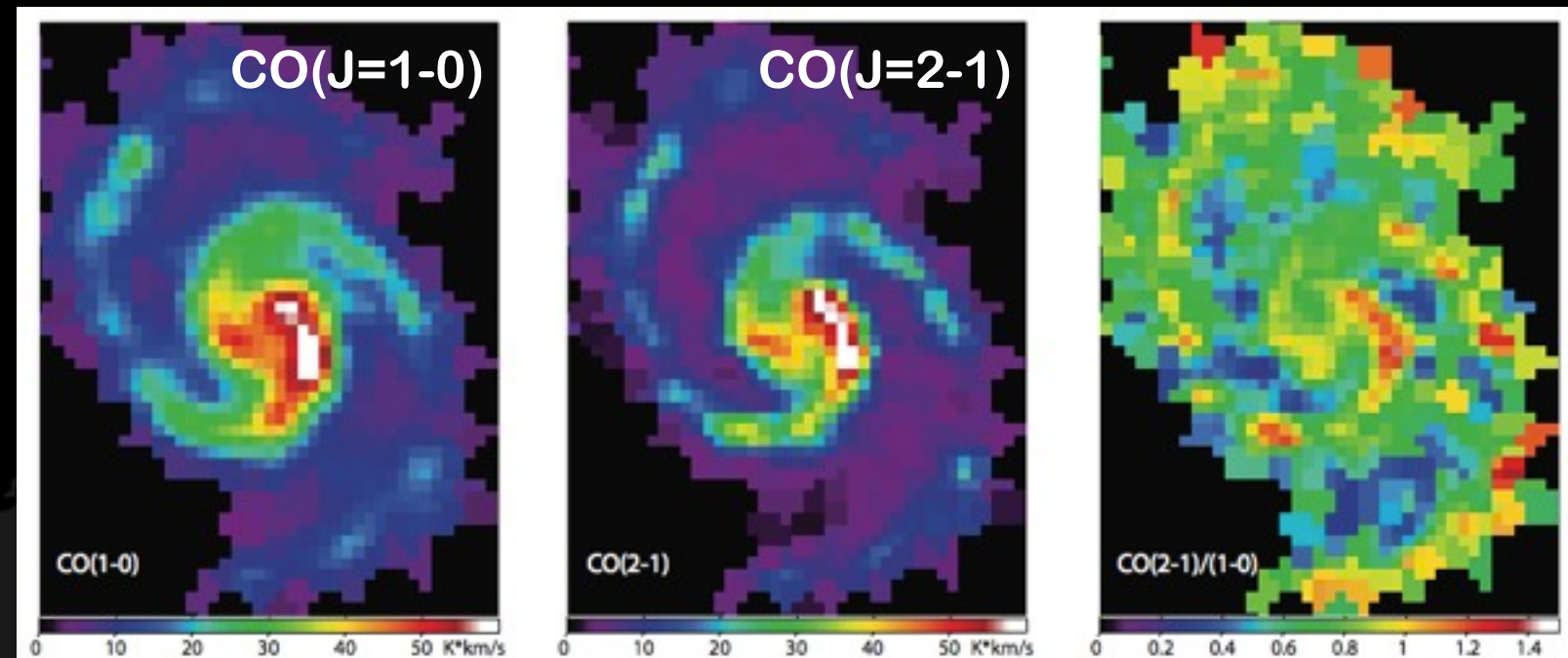
- * FUV+24umとHa+24umは linearな相関 (e.g. Bigiel+ 08, Leroy+ 08, Liu et al. 11)

* 分子ガストレーサー

- * CO(J=2-1)/CO(J=1-0)比が銀河全面で一定と仮定 ($R = I_{J=2-1}/I_{J=1-0} = 0.8$)
- * 銀河全面で比が一定ではない ==> CO(J=2-1)はより密度が高い領域に感度



$\log(\Sigma_{\text{SFR}}[\text{FUV}+24\mu\text{m}]) [\text{M}_{\text{sun}} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}]$



Koda et al. 12

Gas Tracers and The Index Indicated by CO(J=1-0)

- 分子ガス総量とSFRの間の相関
 - $N > 1$ (e.g. Kennicutt 07; Liu et al. 11; **This study**)

- 高密度ガストレーサーとSFRの間の相関

- $N \sim 1$ (e.g. Gao & Solomon 04; Komugi et al. 07; Iono et al. 09)

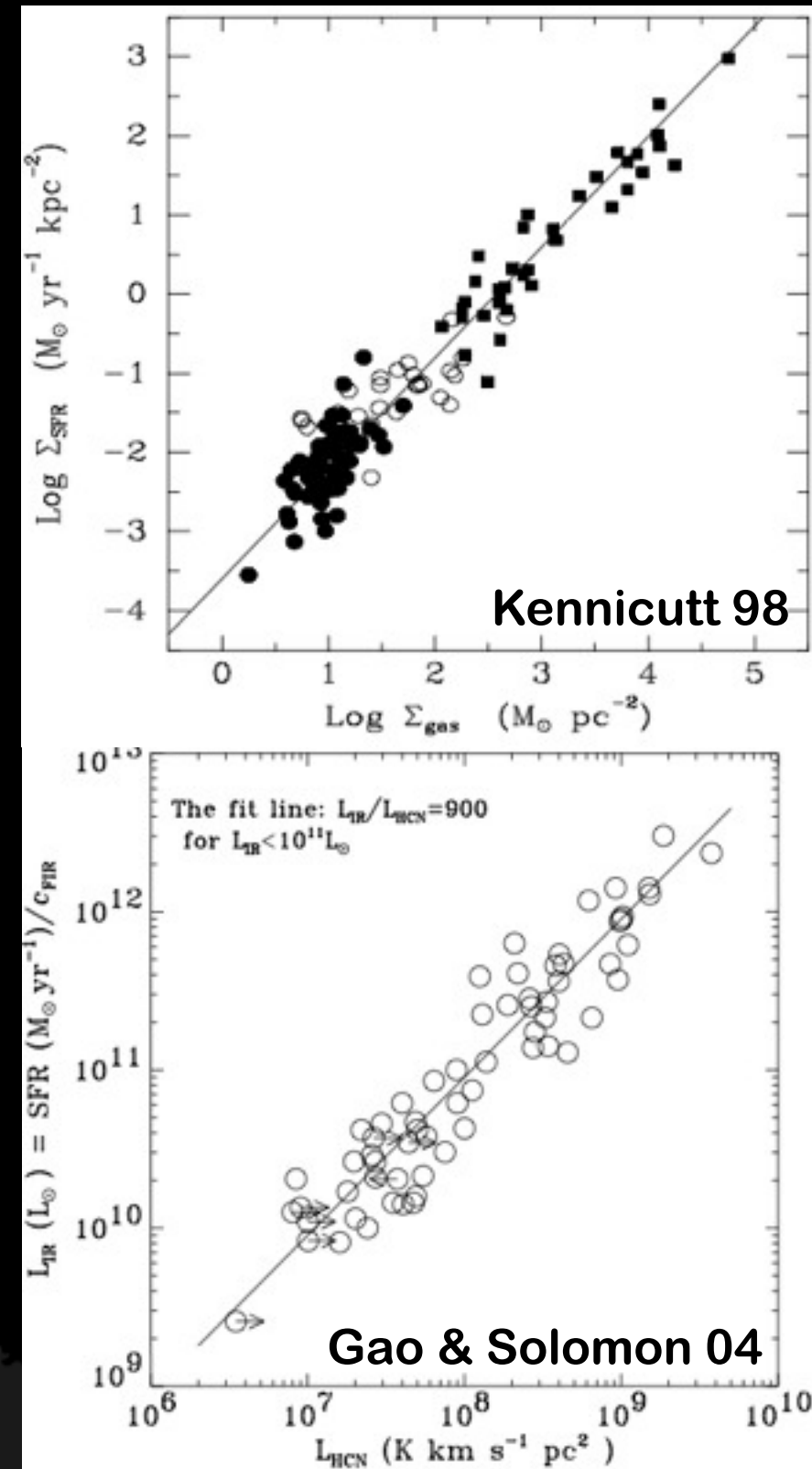
＊ star-forming coresとSFRの関係

- 星形成のtime scale

- constantではない

- e.g. 分子雲衝突、自己重力

Line	n_{crit} [cm ⁻³]
CO (J=1-0)	3×10^2
HCN (J=1-0)	$\sim 10^{5-6}$
CO (J=3-2)	$\sim 10^4$
CO (J=2-1)	$\sim 10^3$



Summary

背景

- ＊ 近傍円盤銀河**10**天体において**500pc**規模での**K-S**則を検証

結果

- ＊ **K-S**則のべきを精度よく決定し、 **$N > 1$ ($N = 1.3-1.8$)**
- ＊ **$N = 1$** で説明される「密度によらず星形成は一定時間で生じる」というモデルを棄却
- ＊ 先行研究との違い
 - ＊ **DIG**の影響が大きい
 - ＊ 分子ガストレーサー

若手派遣にする
ご支援
ありがとう
ございました

