

近傍銀河星間ガスの原子ガス-分子ガス相転移

田中亜矢子(鹿児島大学)、中西裕之(鹿児島大学)

暗黒物質

星間物質(ISM)

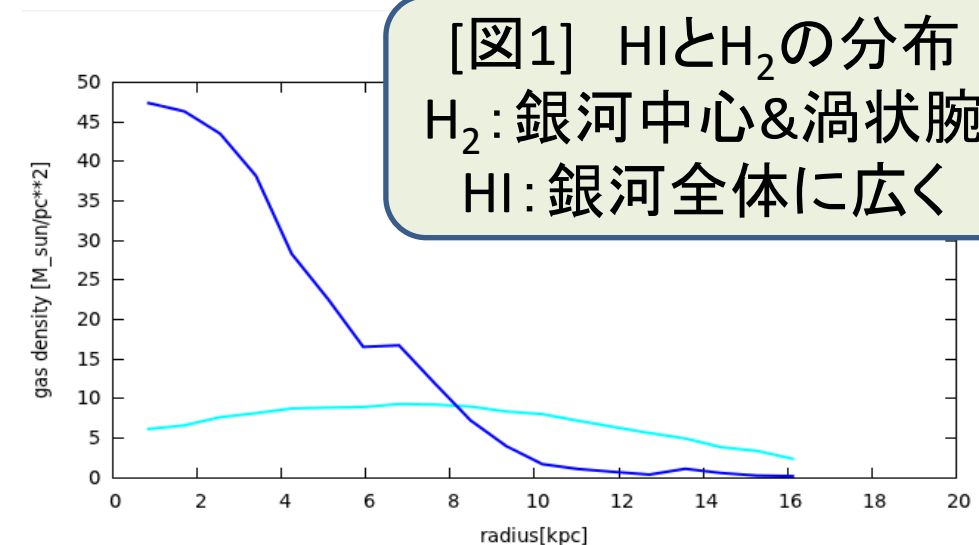
1. ABSTRACT

星 近傍銀河での全ガス(HI+H₂)密度に対するH₂ガス密度の比 f_{mol} を用いて、観測データから求めた f_{mol} と f_{mol} に依存するparameter(圧力、UV放射量、金属量)を考慮してElmegreenの理論モデルを用いて求めた f_{mol} との比較・検証を行った。3つのparameterは観測データより求めている。NGC4254とNGC5457で、銀河半径方向に f_{mol} をプロットした結果、観測値から求めた f_{mol} を再現している理論モデル f_{mol} のparameter条件は、圧力がガス密度の2乗値で表されるときであることがわかった。

2. INTRODUCTION

★ 背景

銀河の主要成分である星間物質中の星間ガスは組成比の70%を水素で占めており、水素ガスは密度と温度に応じてHIガスとH₂ガスの相として存在している。そのため全ガス密度に対するH₂ガス密度の比 f_{mol} を使うことで銀河の構造や進化を知ることにつながる。

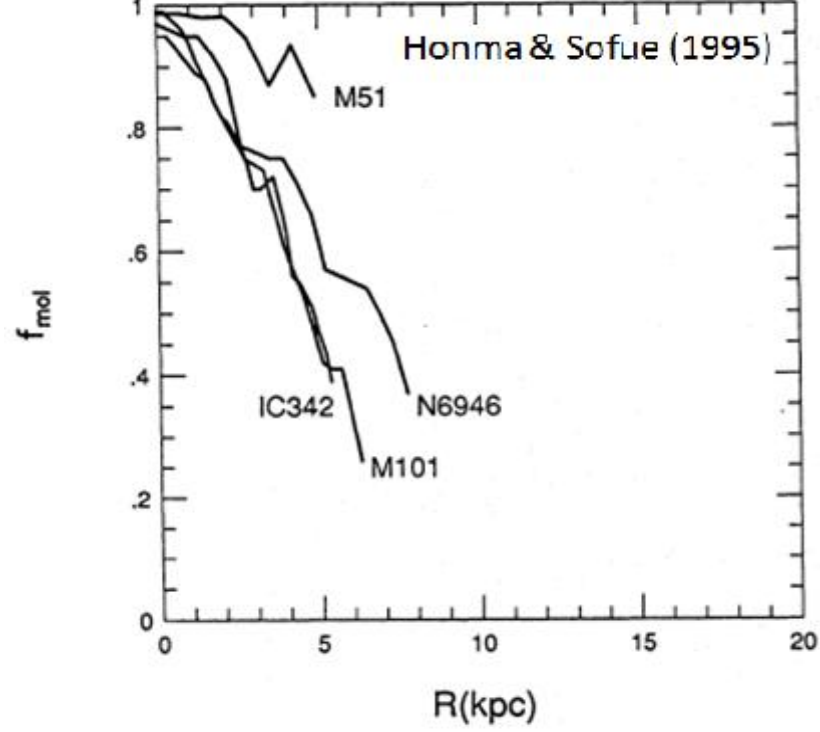


★ f_{mol} とは、

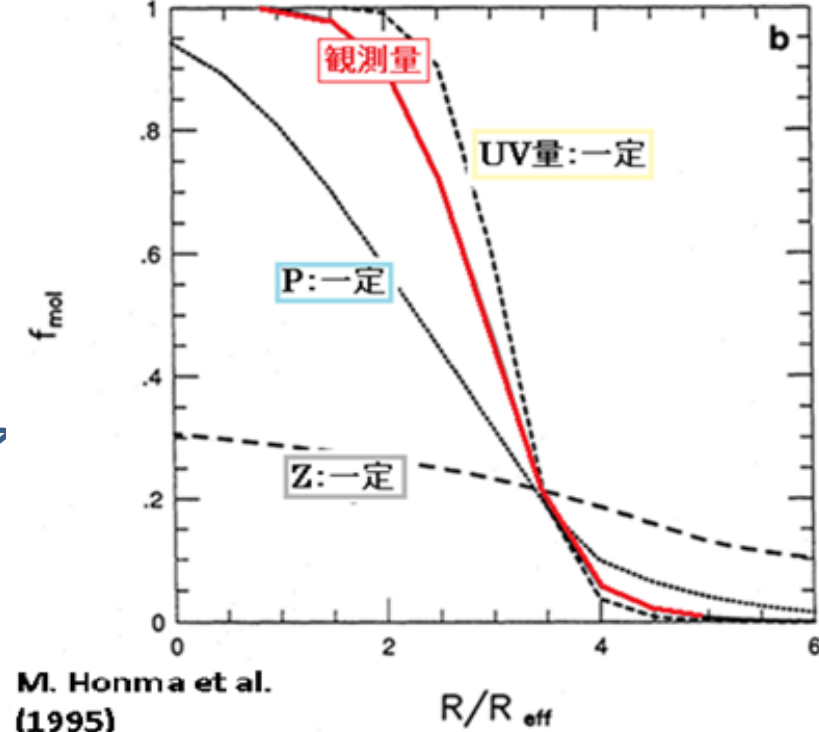
全ガス(HI+H₂)密度 Σ_{tot} に対する
水素分子(H₂)ガス密度 Σ_{H_2} 比。
$$f_{mol} = \frac{\Sigma_{H_2}}{\Sigma_{HI} + \Sigma_{H_2}} = \frac{\Sigma_{H_2}}{\Sigma_{tot}}$$

★ f_{mol} の特徴

1. 銀河の半径増加に伴い、値が急激に減少する。 [図2]
2. 値が銀河の環境効果(圧力・UV放射量・金属量)に依存する。 [図3]



[図2] 銀河半径に対する f_{mol} の分布。
4つの銀河に対してプロットしており、全銀河で半径増加に対して減少している。



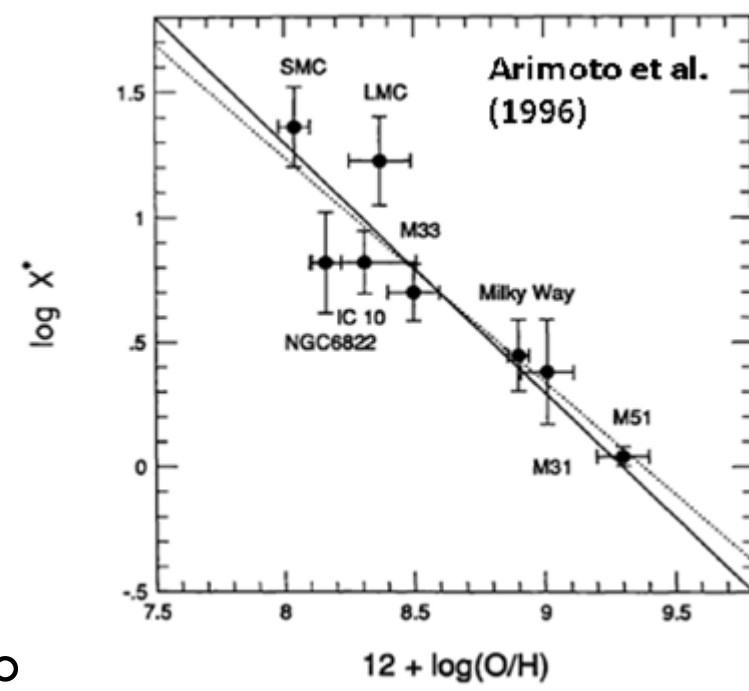
[図3] f_{mol} の依存性
3つのparameterを依存させた f_{mol} (赤線)と各parameterを一定値として描いた f_{mol}

★ 現状の問題点

f_{mol} 導出に使用する圧力・CO-H₂変換係数 X_{co} の導出方法が定まっていない。

1. $P \propto \Sigma_{tot}$ or $P \propto \Sigma_{tot}^2$
2. $X_{co} = \text{定数}$ or $\log\left(\frac{X_{co}}{10^{20}}\right) = -\log Z + 9.3$

[図4] 金属量と変換係数の関係性
8つの銀河でプロットしてみると、相関があることが分かる。



★ 研究目的

観測値から求めた f_{mol} とElmegreenの理論モデル f_{mol} との比較と検証及び圧力・変換係数の検証。

3. DATA

金属量勾配の 緩い銀河 : NGC4254、きつい銀河 : NGC5457

data	HI		CO		H α	
NGC	4245	5457	4245	5457	4245	5457
telescope	VLA (Very Large Array)		NRO 45m telescope [BEARS]		Kitt Peak 0.9m	William Herschel 4.2m
周波数 or 波長	1.4 [GHz]		115.3 [GHz]		6608 [Å]	6570 [Å]

NGC	R.A. (J2000.0)	Dec (J2000.0)	銀河形態	Distance [Mpc]	inclination [degrees]	P.A. [degrees]
4254	12 18 49.61	+14 24 59.6	SA(s)c	16.1	42	66
5457	14 03 12.00	+54 21 00.0	SAB(rs)cd	7.2	18	42

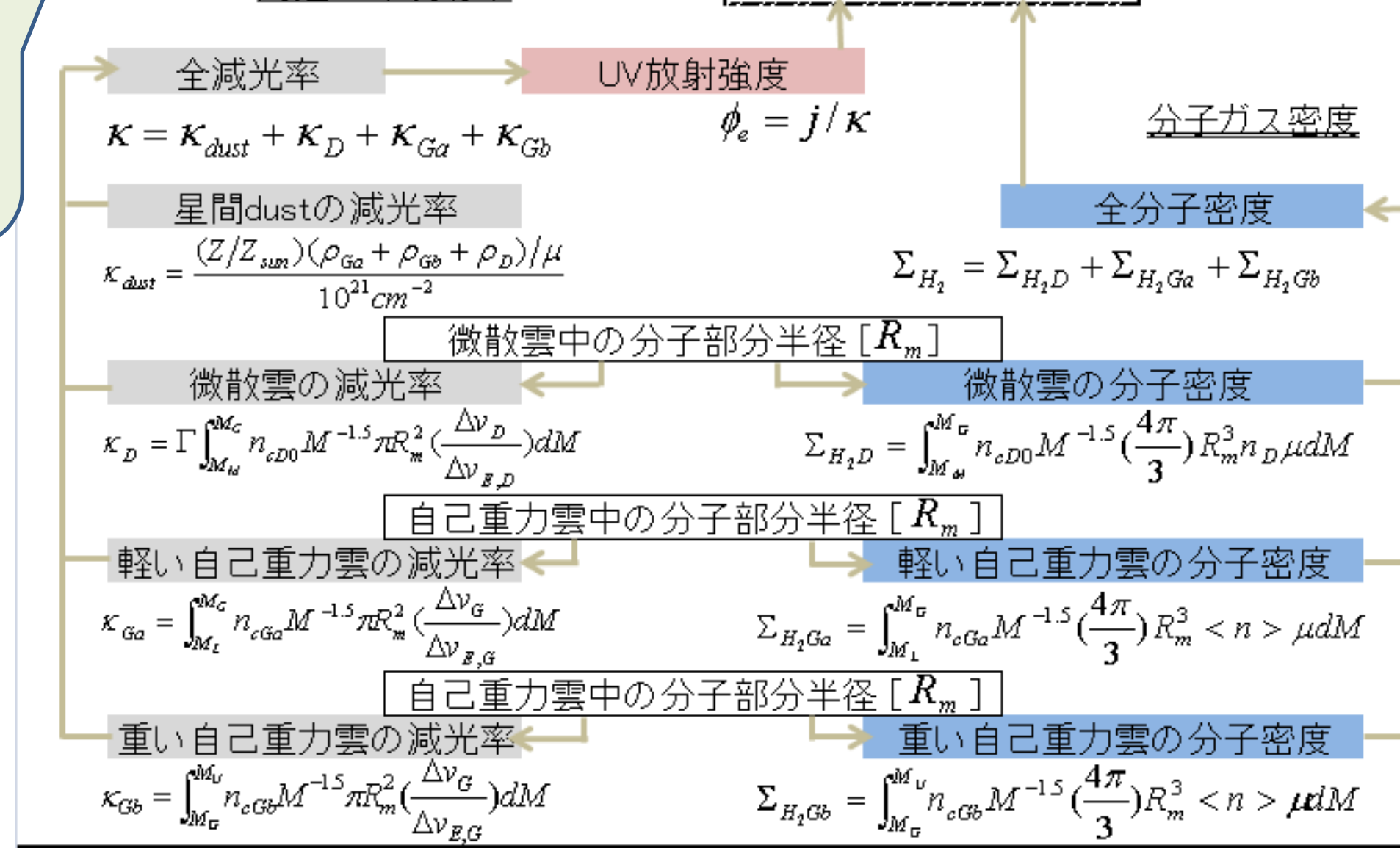
4. METHOD

★ f_{mol} の求め方

[図7] 理論モデルのプログラムの概要
星間ガスが2種類の雲で構成されていると仮定し、一定の全ガス量に対して、P,U,Zを与えることで、分子ガスの占める割合がどのくらいになるかを見ている。

モデル値を求めるプログラムの概要
(参照: Honma et al. 1995
: Elmegreen 1993)
周辺環境効果

$$f_{mol} = \frac{\Sigma_{H_2}}{\Sigma_{HI} + \Sigma_{H_2}} = \frac{\Sigma_{H_2}}{\Sigma_{tot}}$$



モデル計算に使用した文字

κ : 全減光率	ϕ_* : エッジでの平均放射強度
κ_{dust} : dustによる減光率	j : 体積放射率
κ_{Gr} : 軽い自己重力雲による減光率	μ : 平均分子量
κ_{Gb} : 重い自己重力雲による減光率	$n_{c,ob}$: 微散雲の平均密度
ρ_D : 微散雲による減光率	R_c : 雲の半径
ρ_{ob} : 軽い自己重力雲の平均内部密度	R_m : 雲の縁までの境界半径
ρ_{gb} : 重い自己重力雲の平均内部密度	$\Sigma_{H_2,ob}$: 観測値中の分子密度
ρ_D : 平均微散雲の平均内部密度	$\Sigma_{H_2,gs}$: 軽い自己重力雲中の分子密度
$\Delta r_p = 1$ [kpc]	$\Sigma_{H_2,gs}$: 重い自己重力雲中の分子密度
$\Delta r_{ext} = 7$ [kpc]	$\Sigma_{H_2,gs} < n < \mu dM$
$\Delta r_{ext} = 0.4 R_p^{1.5}$	$M_c = 1 [M_{\odot}]$: 雲の最小質量
$\Delta r_{ext} = 1$ [kpc]	$M_{cl} = (4\pi/3) n_{c,ob} R_c^3$
$\Delta r_{ext} = 5$ [kpc]	$\Sigma_{H_2,gs} < n < \mu dM$
$\Delta r_{ext} = 5$ [kpc]	$M_c = 8.0275 \times 10^{-4} M_{\odot}$
$\Delta r_{ext} = 5$ [kpc]	$M_{cl} = 10^4 [M_{\odot}]$: 雲の最大質量

★ 作業方法

- i) 各データより次の値を求める。(金属量は論文より値を引用)
 $I_{CO} \rightarrow \Sigma_{H_2}$, $I_{HI} \rightarrow \Sigma_{HI}$, $I_{H\alpha} \rightarrow \phi_e$
- ii) UV放射量を $P/P_0 (= \Sigma/\Sigma_0) \sim 1$ のところで $U/U_0 \sim 1$ となるよう規格化。
 $n=1$ のシュミット則 $U = U_0 (\Sigma/\Sigma_0)$ を仮定している。

★ 理論モデルのparameter set (8つ)

parameterは太陽近傍値で規格化する。

- $\log Z_0 = 8.9$
- $\Sigma_0 \sim 8 [M_{sun}/pc^2]$
- $U_0 \sim 2.42 \times 10^{-7} [erg/s/cm^2/sr]$

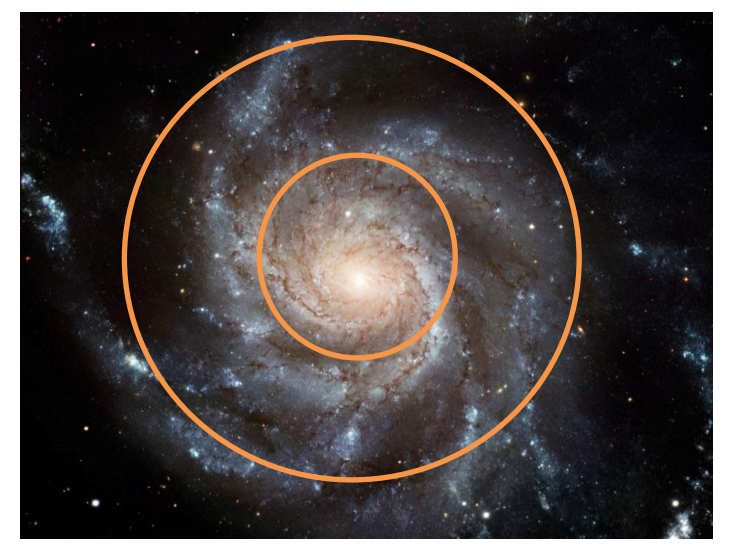
[図8] 検証したモデル

モデル	圧力	UV放射量	変換係数
1	$P = \frac{\Sigma_{tot}}{\Sigma_0} = \frac{\Sigma_{HI} + \Sigma_{H_2}}{\Sigma_0}$	$\frac{U}{U_0}$	$X = 1.0 \times 10^{20}$
2			$X = 2.0 \times 10^{20}$
3			$X = 3.0 \times 10^{20}$
4			$X = 10^{-\log Z + 9.3 + 20}$
5	$P/P_0 = \left(\frac{\Sigma_{tot}}{\Sigma_0}\right)^2 = \left(\frac{\Sigma_{HI} + \Sigma_{H_2}}{\Sigma_0}\right)^2$	$\frac{U}{U_0}$	$X = 1.0 \times 10^{20}$
6			$X = 2.0 \times 10^{20}$
7			$X = 3.0 \times 10^{20}$
8			$X = 10^{-\log Z + 9.3 + 20}$

5. RESULT

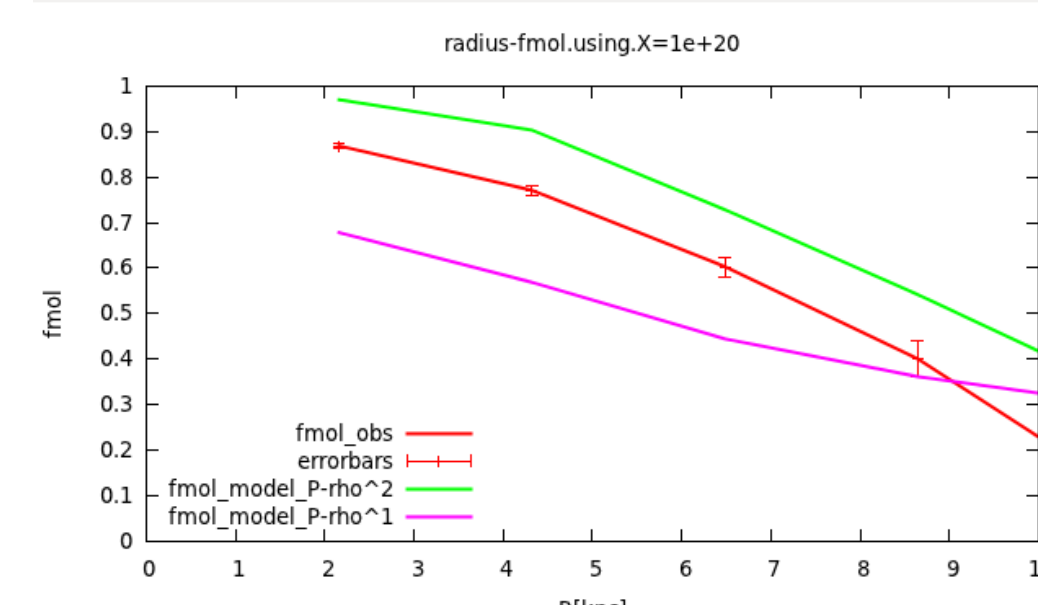
- ◇ 半径毎に値を平均化して f_{mol} を求める。
- ◇ 図の説明

• 横軸: 銀河半径、縦軸: f_{mol}
• 赤線: 観測値から求めた f_{mol}
• 緑線: $P \propto \Sigma_{tot}^2$ の理論モデル f_{mol}
• 桃線: $P \propto \Sigma_{tot}$ の理論モデル f_{mol}

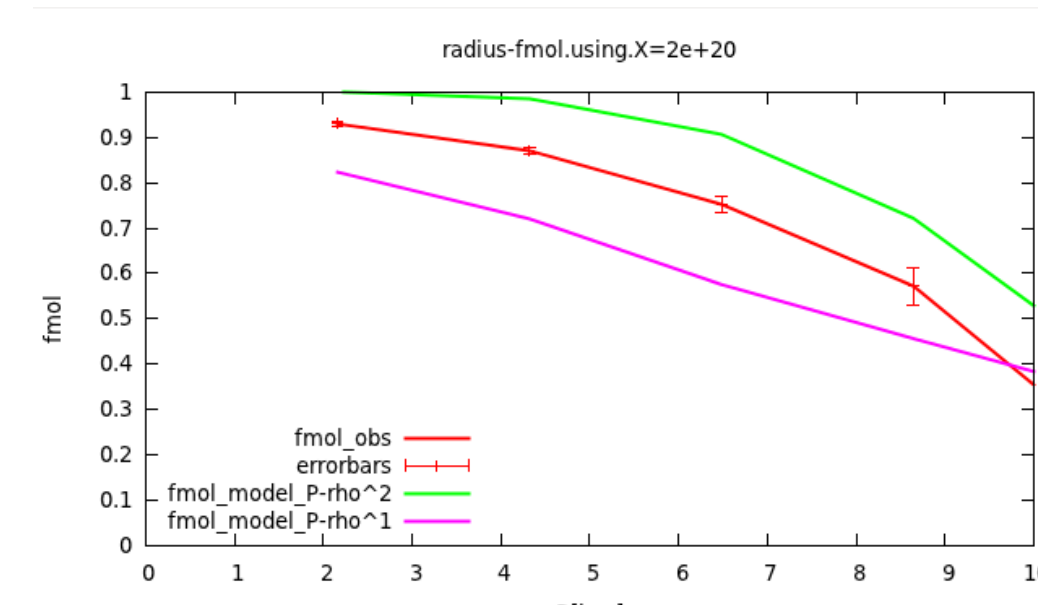


★ 検証1 (NGC4254)

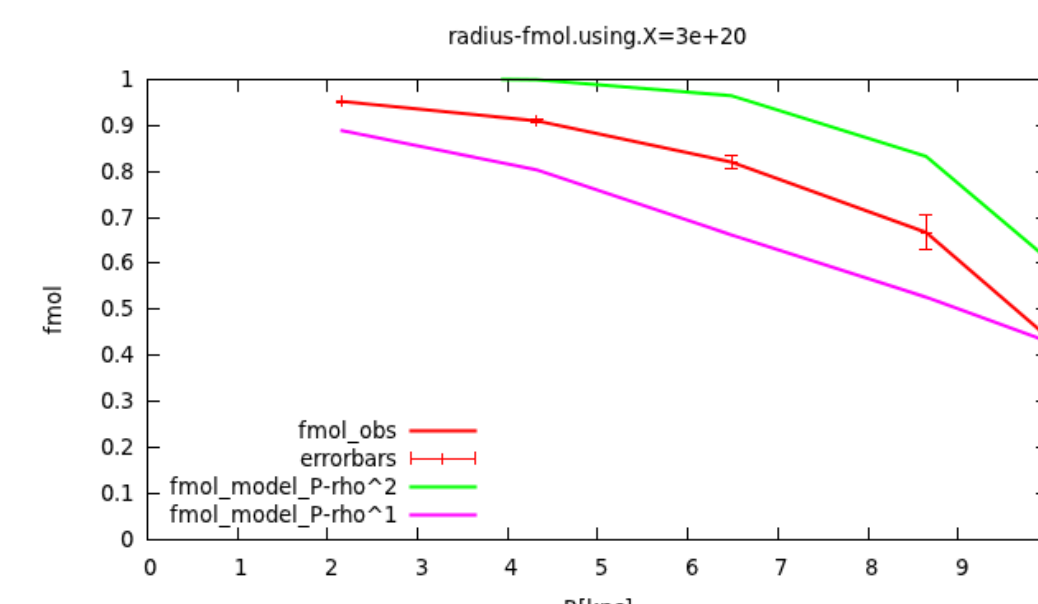
- ◇ モデル1・5 ($X_{co} = 1 \times 10^{20}$)



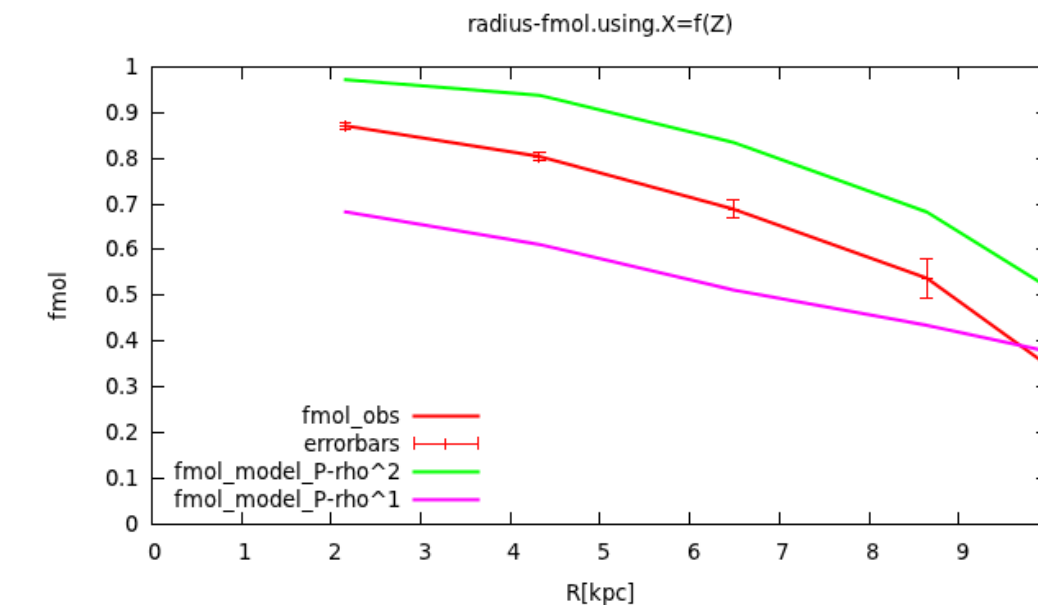
- ◇ モデル2・6 ($X_{co} = 2 \times 10^{20}$)



- ◇ モデル3・7 ($X_{co} = 3 \times 10^{20}$)

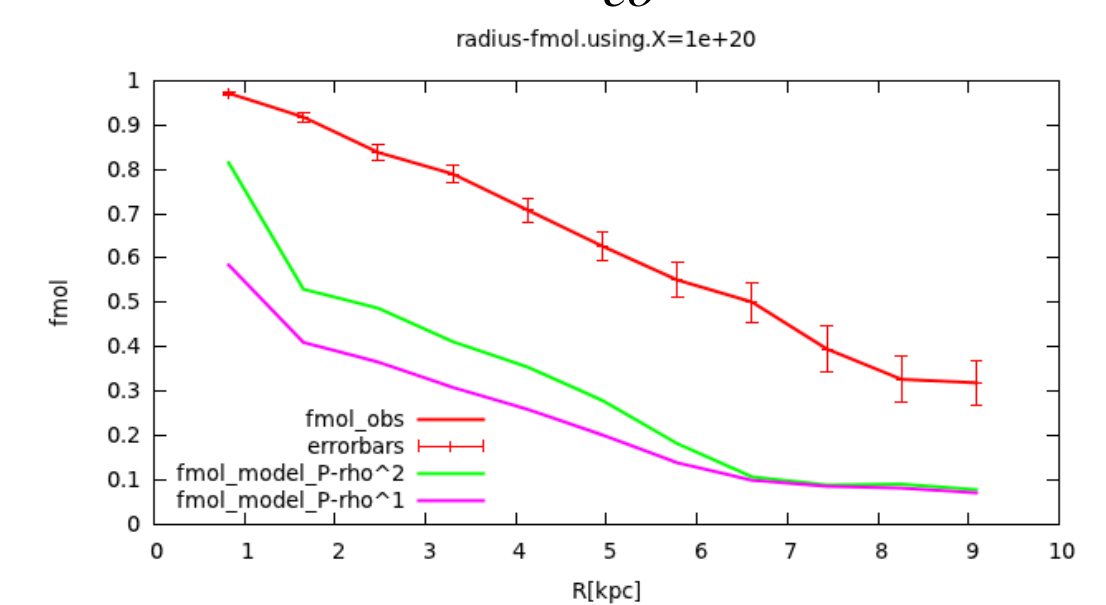


- ◇ モデル4・8 ($X_{co} = f(Z)$)

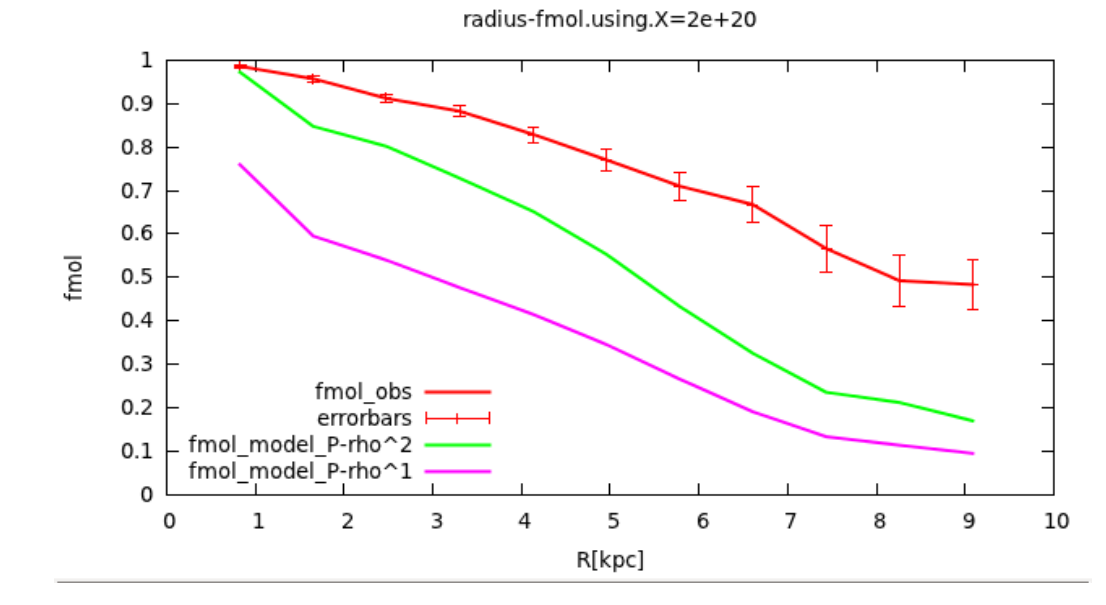


★ 検証2 (NGC5457)

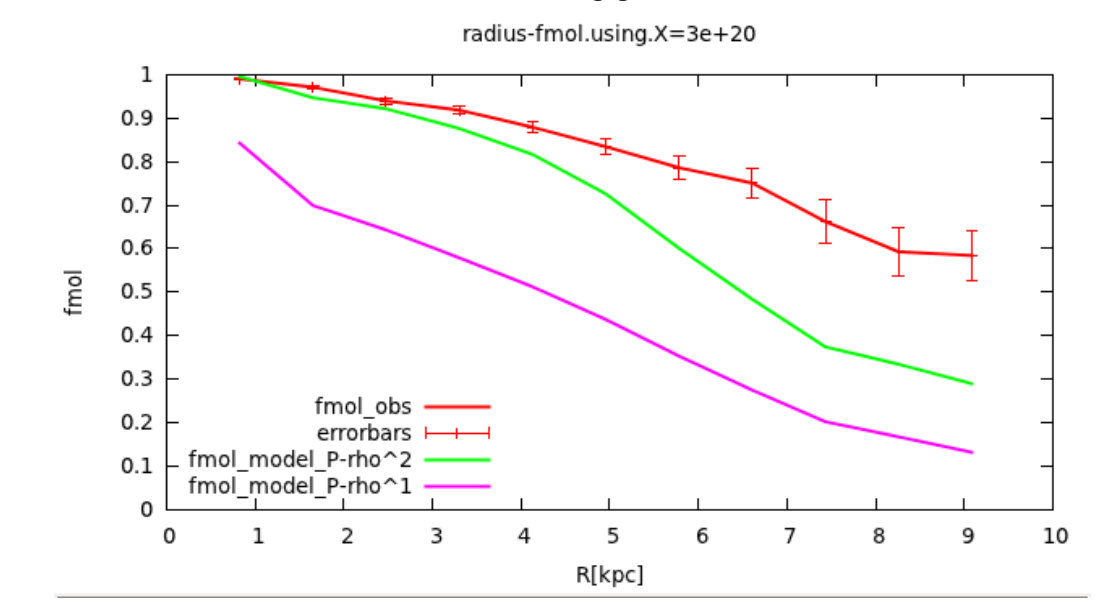
- ◇ モデル1・5 ($X_{co} = 1 \times 10^{20}$)



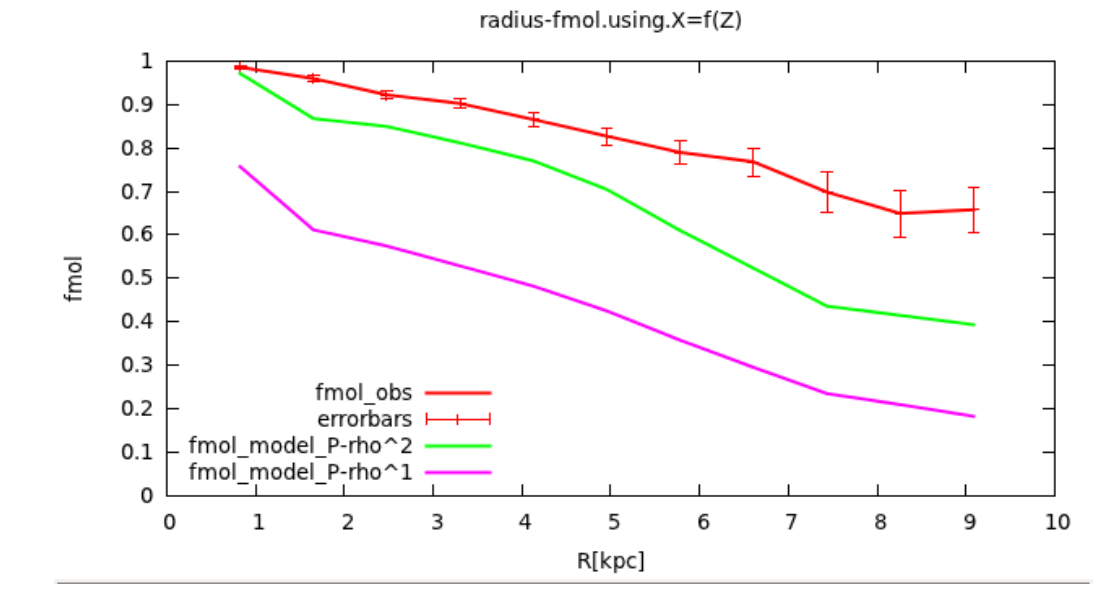
- ◇ モデル2・6 ($X_{co} = 2 \times 10^{20}$)



- ◇ モデル3・7 ($X_{co} = 3 \times 10^{20}$)



- ◇ モデル4・8 ($X_{co} = f(Z)$)



6. DISCUSSION & FUTURE WORK

★ f_{mol} が良いフィットをする条件

- ◇ 圧力について $P \propto \Sigma_{tot}^2$ (圧力がガス密度の2乗に比例するとき)
- ◇ 変換係数について 今回の結果のみでは明確な決定ができなかった。

解析天体数を増やして同様に検証することが必須。

7. CONCLUSION

観測値から求めた分子ガス比 f_{mol} をよりよく再現しているElmegreen理論モデル f_{mol} のparameter条件は、圧力がガス密度の2乗値で表されるときであり、より正確な結論を得る為には検証する天体を増やすことが必須である。

REFERENCES

- ★ Arimoto, N., Sofue, Y., & Tsujimoto, T. 1996, PASJ, 48, 275
- ★ Elmegreen, B. G., 1993, ApJ, 411, 170
- ★ Honma, M., Sofue, Y., & Arimoto, N. 1995, A&A, 304, 1
- ★ Phookun, B., Vogel, S. N., & Mundy, L. G. 1993, ApJ, 418, 113
- ★ Nakanishi, H., Kuno, N., Sofue, Y., 2006, ApJ, 651, 804
- ★ Zaritsky, D., Kennicutt, R. C., & Huchra, J. P. 1994, ApJ, 420, 87
- ★ Knapen, J. H., Stedman, S., Bramich, D. M., Folkes, S. L., & Bradley, T. R. 2004, A&A, 426, 1135
- ★ Koopmann, R. A., Kenney, J. D. P., & Young, J. 2001, ApJS, 135, 125
- ★ Kuno, N., Nakai, N., Handa, T., & Sofue, Y. 1995, PASJ, 47, 745
- ★ Walter, F., Brinks, E., & de Blok, W.J.G. 2008 AJ, 136, 2563