

野辺山 45m 鏡を用いた 不規則銀河 IC10 の HCN および CO 分子輝線観測

瀬川 陽子 (北海道大学)

Abstract

不規則銀河は渦状腕や棒状構造を持たないため、そのような力学的構造による影響を受けない環境下での星形成過程を解明する上で非常に重要である。不規則銀河の中にはこのような星形成を誘発する構造を持たないにも関わらず、非常に活発な星形成活動をしているものがあるが、そのメカニズムについては解明されていない点も多い。

本研究の観測対象は典型的な不規則銀河の 1 つである IC10 で、距離 950kpc という非常に近傍に位置している。IC10 は低金属量である不規則銀河の中でも ^{12}CO 分子輝線で比較的明るく、過去に行われた観測では IC10 内で観測された分子雲のサイズや線幅が銀河系内の分子雲とあまり変わらないことがわかっている。しかし、 H_2 の表面密度に対する星形成率の表面密度 (星形成効率) は近傍にある他の渦巻銀河や不規則銀河に比べ高い。この高い星形成率を支えるためには星のもととなる高密度分子ガスが多量に存在することが期待されるため、本研究では分子雲をトレースすることのできる CO (臨界密度 10^2cm^{-3}) と、分子雲内の密度の濃い領域をトレースすることのできる HCN (同 10^{4-5}cm^{-3}) 分子輝線の観測を行い、その輝線強度比を導出した。

観測は国立天文台野辺山 45m 鏡を用いて今年の 3 月と 5 月に行った。観測点は Ohta et al. (1988) および Leroy et al. (2006) をもとに CO の強度が強く、かつ星形成段階の異なる領域を 3 点を選出した。この観測点のうち最も CO の強度が強く活発な星形成が見られる点では、HCN/CO 比は 0.04 程度となった。一方、CO の強度が強いにも関わらず星形成の指標が見受けられない点では、0.014 という低い上限値を得た。本講演ではこの結果について議論する。

1 Introduction

不規則銀河は渦状腕や棒状構造などの力学的な構造をもたず、金属量の少ないものが多い。これにより、不規則銀河は銀河の力学的構造が星形成にもたらす影響や低金属量環境下での星形成を理解する上で非常に重要なターゲットである。一般的に恒星は星間物質が掃き集められ高密度になった分子雲が重力崩壊を起こすことによって誕生する。そのため、星形成過程と星間物質の関係を理解するためには分子雲の観測が不可欠である。しかしながら、不規則銀河には金属量が少ないものが多いために、一般的に分子雲のトレーサーとして使われる ^{12}CO 分子輝線の検出が難しく、研究を困難にする要因となっている。また、不規則銀河の中には非常に活発な星形

成活動を示すものがあり、その星形成メカニズムには今だ未解決な点が多い。

本研究では、上に示したような特徴を持つ代表的な不規則銀河である IC10 に注目し観測を行った。IC10 の距離は 950kp (Hunter 2001) で分子雲に分解して観測することが可能である。金属量は $\log O/H + 12 = 8.2$ であるが、この銀河は不規則銀河の中でも比較的明るく、過去に ^{12}CO 分子輝線が観測されているものの 1 つである。

Leroy et al. (2006) によれば、OVRO を用いて行われた ^{12}CO 分子輝線観測から得られた IC10 内の分子雲のサイズ、線幅、光度が、銀河系内の巨大分子雲のものと同様に似ていることがわかっている。また、M31 と M33 の観測結果との比較からも、それらの近傍銀河の巨大分子雲の物理量が IC10 内の

分子雲のものと近いことが報告されている。しかしながら、IC10 内では近傍銀河にくらべ活発な星形成活動がみられる。図 1 は IC10 と近傍銀河の H_2 の表面密度に対する星形成率の表面密度 (星形成効率) をプロットしたものである。これを見ると明らかな

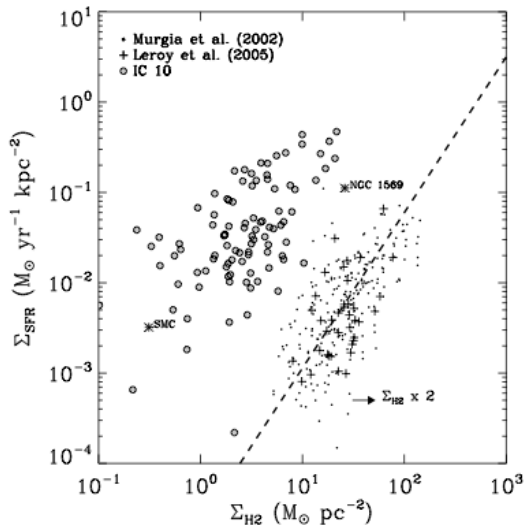


図 1: H_2 の表面密度に対する星形成率の表面密度 (星形成効率)(Leroy et al. 2006)。丸が IC10 の観測結果 (Leroy et al. 2006)、点が近傍銀河の観測結果 (Murgia et al. 2002)、十字が LMC サイズの不規則銀河 (Leroy et al. 2005) の観測結果を表す。

ように、IC10 は他の近傍銀河にくらべ星形成効率が著しく高い (平均で 270 倍程度) ことがわかる。この原因については H_2 -CO 変換係数 X_{CO} や初期質量関数 (IMF) が近傍の値と違うなどの可能性が示されているが、はっきりとした起源は解明されていない。

本研究では分子雲のトレーサーである ^{12}CO 分子輝線 (臨界密度 10^2cm^{-3}) に加え、分子雲内の高密度領域をトレースする HCN 分子輝線 (同 10^{4-5}cm^{-3}) の観測を行った。

さらに IC10 内の星形成段階の違う領域の HCN/CO 比を導出することで、星形成における高密度ガスの役割を理解できる可能性がある。

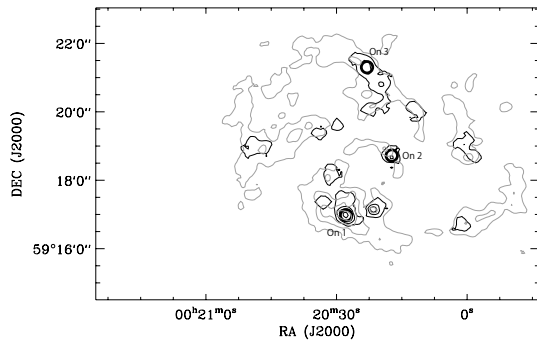
2 Observations

観測は 2013 年の 3 月と 5 月に野辺山宇宙電波観測所の 45m 鏡で行った。観測波長は HCN ($J = 1-0$) (静止周波数 88.631602 GHz) と ^{12}CO ($J = 1-0$) (同 115.271204 GHz) で、観測ビームの半値幅 (FWHM) はそれぞれ 19.2", 15.4" (H 偏波)/14.9" (V 偏波) である。受信機は TZ、バックエンドには SAM45 を用い、周波数分解能は 122.07kHz である。S/N 向上のため、解析時にデータの数値分解能は CO、HCN とともに 2km/s になるようにしている。観測点については過去に行われた ^{12}CO 分子輝線観測 (Ohta et al. (1988), Leroy et al. (2006)) をもとに 3 つの領域を選んだ。各観測点の座標と HCN の観測時間を表 1 と図 2 に示す。 ^{12}CO 観測については各観測点に対し、中心と中心から赤経、赤緯方向に 3.65" ごとずらした 4 点の合計 5 点の観測を行った。また、HCN 分子輝線観測は観測点 1 と 3 のみに対して行った。

表 1: 観測点

Position	R.A.	Dec.	On source time
	(J2000)		
	α	δ	
1	0 20 27.7	+59 16 59.4	3h52m20s
2	0 20 17.2	+59 18 43.3	—
3	0 20 22.9	+59 21 18.3	9h15m40s

観測点 1 は Ohta et al. (1988) で最も ^{12}CO の観測強度が強く、 $H\alpha$ 輝線放射、 H_2O メーザーや IRAS 点源などが附随しており、現在活発に星形成活動が行われていると考えられる。観測点 2 は $H\alpha$ 輝線放射や IRAS 点源などを附随しているが Ohta et al. (1988) の観測では ^{12}CO の放射強度は最も弱かった。また、彼らはこの領域を過去に星形成が起こった領域であると結論づけている。観測点 3 に関しては Leroy et al. (2006) により ^{12}CO が検出されているが $H\alpha$ 輝線放射はみられない。以上よりこれらの 3 領域は星形成段階の違う領域だと考えられる。本観測はこれらの領域を観測することで星形成過程における高密度ガスの役割を探ることである。



Lada, C. J., Forbrich, J., Lombardi, M., & Alves, J. F. 2012, ApJ, 745, 190

Leroy, A., Bolatto, A., Walter, F., & Blitz, L. 2006, ApJ, 643, 825

Ohta, K., Sasaki, M., & Saito, M. 1988, PASJ, 40, 653

図 2: 不規則銀河内の IC10 のガスの分布と観測点。太いコントアは Leroy et al. (2006) で観測された CO の輝線強度、薄いコントアは H_I の強度を表す。黒い丸は HCN のビームサイズと今回の観測点を表している。

3 Results

表 2 に ¹²CO と HCN の積分強度と HCN/¹²CO 比を示す。解析には風速 5m/s 以下の条件下で観測されたデータを用いた。

表 2: 観測結果

Position	$I(^{12}\text{CO})$ K km/s	$I(\text{HCN})$ K km/s	HCN/ ¹² CO
1	13.57±1.5	0.549±0.38	0.040±0.028
2	2.427±0.9	—	—
3	6.668±1.5	<0.0935	<0.014

過去の研究から得られた HCN/¹²CO 比は、赤外線光度が高く (>10¹⁰ L_☉) 星形成が活発な銀河については高く (0.1-0.2)、星形成が活発でないポストスターバースト銀河などの銀河については低い (<0.1) ということがわかっている。これを考えると観測点 1、観測点 3 ともに HCN/¹²CO 比は低く、特に観測点 3 については上限値ではあるが系内の HCN/¹²CO 比とほぼ同等である値が得られた。

Reference

Hunter, D. A. 2001, ApJ, 559, 225