



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	60cm電波望遠鏡を用いたL134およびIC5146の ¹² CO (J=2-1), ¹³ CO (J=2-1)観測(fulltext)
Author(s)	大江, 佑香; 土橋, 一仁; 秋里, 昂; 高木, 知里; 井上, 舞
Citation	東京学芸大学紀要. 自然科学系, 60: 49-56
Issue Date	2008-09-28
URL	http://hdl.handle.net/2309/91032
Publisher	東京学芸大学紀要出版委員会
Rights	

60cm電波望遠鏡を用いたL134およびIC5146の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$, $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 観測

大江 佑香*・土橋 一仁*・秋里 昂*・高木 知里*・井上 舞*

宇宙地球科学分野

(2008年5月26日受理)

OOE, Y., DOBASHI, K., AKISATO, K., TAKAGI, C. and INOUE, M.: $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ and $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ observations of L134 and IC5146 with the 60cm radio telescope. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Natur. Sci., **60**: 49-56. (2008) ISSN 1880-4330

Abstract

We have carried out $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ and $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ observations of two dark clouds using the 60cm radio telescope, namely the Very Small Telescope (VST), installed at the Nobeyama Radio Observatory (Nagano, Japan). One of the clouds is L134 in the Serpens region, and the other is a dark cloud complex near IC5146. We mapped the whole cloud surfaces with these emission lines to reveal the molecular distributions in the clouds, and identified some clumps where the CO column densities are higher. We estimated the total molecular mass to be $27.8 M_{\odot}$ for L134 and $3200 M_{\odot}$ for the cloud near IC5146. We also investigated the velocity structures of the clouds and found that all of the clumps in L134 are in the velocity range $0 < V_{\text{lsr}} < 5 \text{ km s}^{-1}$, while the velocities of the clumps in the IC5146 region changes gradually from $V_{\text{lsr}} = -5$ (the eastmost clump) to 10 km s^{-1} (the westmost clump).

Key words: radio astronomy, molecular clouds, interstellar medium

Department of Astronomy and Earth Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: 国立天文台野辺山宇宙電波観測所に設置された東京大学大学院理学系研究科天文学教育研究センターの60cm電波望遠鏡を用いて、暗黒星雲L134および散開星団IC5146に付随する分子雲についての $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 分子輝線による観測を行い、これらの分子雲内での一酸化炭素分子の分布を明らかにした。得られたデータからそれぞれの分子雲の質量を推定した結果、暗黒星雲L134は約 $27.8M_{\odot}$ 、散開星団IC5146に付随する分子雲は約 $3200M_{\odot}$ であることが分かった。

また、両分子雲とも柱密度の高いクラumpが複数あることが分かった。暗黒星雲L134の3つのクラumpは、いずれも $V_{\text{lsr}} = 0 \sim 5 \text{ km s}^{-1}$ の視線速度を持っていた。一方、散開星団IC5146に付随する分子雲では、散開星団近傍のクラumpの視線速度が $5 \sim 10 \text{ km s}^{-1}$ であるのに対し、その他のクラumpの視線速度は、 $-5 \sim 5 \text{ km s}^{-1}$ の範囲にあることが分かった。

* 東京学芸大学宇宙地球科学分野 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

1. はじめに

60cm電波望遠鏡 (Very Small Telescope, 以下VST) は、東京大学大学院理学系研究科天文学教育研究センターおよび国立天文台野辺山宇宙電波観測所の協力の下、1988～1989年に国立天文台野辺山に建設された。同望遠鏡の主たる目的は200 GHz帯でのサーベイ観測であり、これまで銀河中心や巨大分子雲の観測に活躍してきた (例えば Sakamoto et al. 1998)。しかし故障等のトラブルにより、ここ数年間は活動を停止していた。そこで、東京学芸大学天文学研究室では、2003年頃より東京大学天文学教育センターおよび大阪府立大学宇宙物理研究室と協力して同望遠鏡の修理・改良に取り組んできた。2005年3月には200 GHz帯の分子輝線である $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ の2周波数同時観測に成功し (海田 2005)、2006年から分子雲の本格的な観測を行っている。

分子雲 (暗黒星雲) とは、星間物質が雲状に集まった天体のことであり、宇宙塵 (ダスト) と呼ばれる固体微粒子と、分子を主成分とするガスから構成されている。分子雲は星形成の場として、銀河系内の物質の輪廻に大きな役割を果たしている。

分子雲の主成分は水素ガスとヘリウム原子であるが、両者ともミリ波帯に電磁波を放射しない。一方、ヘリウム原子に次いで存在量の多い一酸化炭素分子 (CO) の低い回転遷移は、分子雲のような低温 (約10 K) の環境下でも十分励起されるため、分子雲の物理量 (質量等) を推定するのによく利用される。

本研究の目的は、リニューアルしたVSTを用いて暗黒星雲L134および散開星団IC5146に付随する分子雲の様子 (一酸化炭素分子の分布および分子雲全体の質量) を調べることである。L134は、へび座の領域に位置する分子雲 (赤道座標で $\alpha_{2000}=15\text{h}15\text{m}$, $\delta_{2000}=-04^{\circ}40'$, 銀河座

標で $\ell=5.6^{\circ}$, $b=36.5^{\circ}$) であり、距離は約 $100\pm 50\text{ pc}$ と見積もられている (Mattila et al. 1979)。図1に示す暗黒星雲の全天マップ (Dobashi et al. 2005) では“(i)”と印を付けた部分に位置しており、3つのクランプをもつ。図2 aはL134をとらえた光学写真 (Digitized Sky Survey I, 以下DSS) である。

一方、散開星団IC5146に付随する分子雲は、はくちょう座領域に位置している分子雲 (赤道座標で $\alpha_{2000}=21\text{h}54\text{m}$, $\delta_{2000}=47^{\circ}20'$, 銀河座標で $\ell=94.5^{\circ}$, $b=-4.5^{\circ}$) であり、約1200 pcの距離にあると見積もられている (Herbig & Dahm 2002)。図1に示す暗黒星雲の全天マップ上の“(ii)”と印を付けた部分に位置している。IC5146とは、B0 V星であるBD+46° 3474を含む若い散開星団およびそれを取り巻く H_{II} 領域のことを指す。散開星団IC5146に付随する分子雲全体の光学写真 (DSSによる) を図2 bに示す。

以後、本論文では、暗黒星雲L134を単にL134、散開星団IC5146に付随する分子雲を単にIC5146と呼ぶ。

2. 観測

本観測では、2種類の一酸化炭素分子輝線、すなわち $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ と $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ による分子分光観測を行った。これらの分子輝線の静止周波数は、それぞれ230.538 GHz, 220.399 GHzである。観測には、自然科学研究機構国立天文台野辺山宇宙電波観測所にある東京大学60cm電波望遠鏡 (VST) を用いた。L134の観測は、2007年2月20日からの4日間、同年3月7日からの3日間の合計7日間、IC5146の観測は、2007年3月7日からの3日間、同年4月4日からの3日の合計6日間行った。2周波数を一度に受信することが可能である2 Side Band (2SB) 受信機を用い、2つの分子輝線の同時観測を行った。分光計は、音響光学型分光計 (AOS) を用いた。同

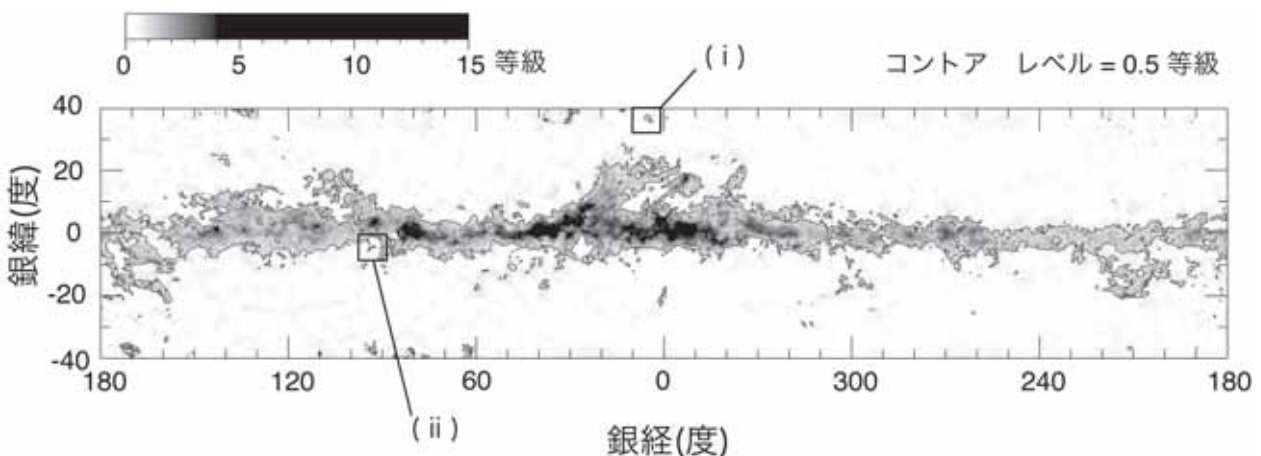


図1 暗黒星雲の全天マップ (Dobashi 2005)。コントラレベルは、0.5等級である。(i), (ii)はそれぞれL134, IC5146の位置を示している。

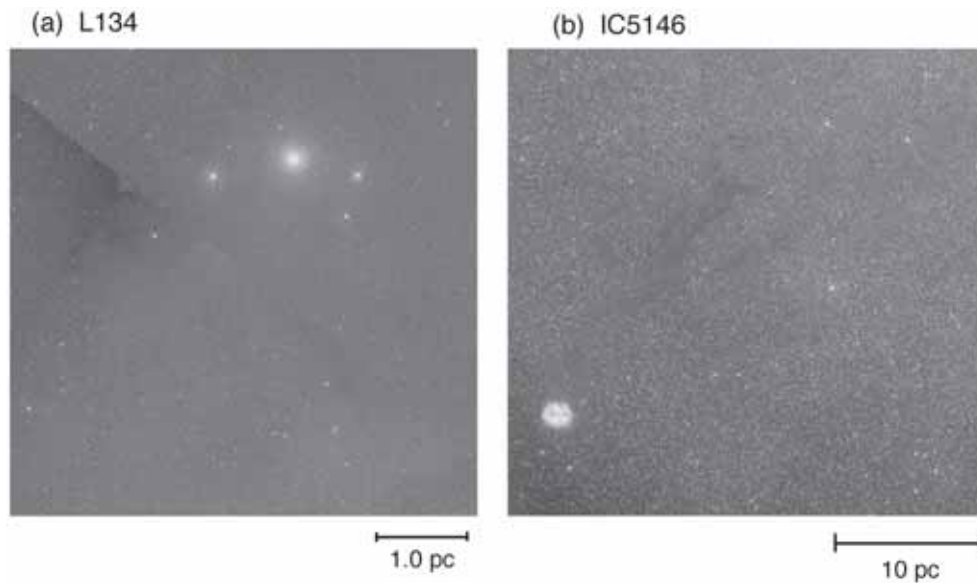


図2 観測した分子雲の光学写真(DSS)。(a)はL134周辺, (b)はIC5146周辺の光学写真である。スケールは, それぞれ1.0 pcと10 pcである。距離は, それぞれ100 pc, 1200 pcとした。

分光計は250 MHzの帯域幅と230 kHzの周波数分解能をもつ。この周波数分解能は230 GHz帯で約 0.3 km s^{-1} の速度分解能に相当する。

観測グリッドは, L134およびIC5146の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ と $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 共に銀河座標に沿って $3.75'$ としたが, 観測点をチェス盤の黒い升のようにはす交いに配置したので, 実際には $3.75'$ の $\sqrt{2}$ 倍(約 $5.3'$)であった。観測時の望遠鏡のビームサイズは各分子雲, 各輝線で $9.5'$ であった。主ビーム能率(97.4%)の補正を行い, 得られたデータを輝度温度 T_{mb}^* に変換した。典型的な積分時間は24秒であった。データのノイズレベルは 0.3 km s^{-1} の速度分解能に対して約 0.1 K であった。ベースライン処理までの一次整約は, 国立天文台野辺山宇宙電波観測所の計算機群で行い, それ以降のデータ解析は本学のSolarisシステム上でIDLを用いて行った。

3. 結果および考察

3-1. ^{12}CO および ^{13}CO の分布

L134の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ の分子輝線の積分強度図をそれぞれ図3 a, bに示す。 ^{13}CO の積分強度が特に高い部分(クランプ)の位置を, 図3 b中にX~Zの記号で示す。Lynds (1962) による暗黒星雲カタログでは, クランプX ($l \sim 6.0^\circ, b \sim 36.5^\circ$)はL183として, クランプY ($l \sim 5.0^\circ, b \sim 36.9^\circ$)はL169として記録されている。また, クランプZ ($l \sim 4.2^\circ, b \sim 35.5^\circ$)がL134に相当する。

図3 a, bを比較すると, ^{12}CO と ^{13}CO の分布が異なっていることがわかる。図3 bの ^{13}CO の分布図では, 約 $1^\circ \times$

1° の広がりをもつ3つのクランプ(X~Z)が検出されているが, 図3 aの ^{12}CO の分布図ではクランプXとYが明瞭には分離できない。このような見かけの分布の違いは, ^{12}CO 分子輝線が光学的に厚い($\tau \gg 1$)ことに起因していると考えられる。

IC5146の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 分子輝線の積分強度図をそれぞれ図4 a, bに示す。L134の場合と同様に, ^{13}CO 分子輝線の強度が特に強い部分をクランプA~Eとする(図4 b)。散開星団IC5146は, クランプA ($l \sim 94.5^\circ, b \sim -5.5^\circ$)の中にある。そこから銀経の低い方向に約 2° にわたってフィラメント状の分子雲が付随している。今回の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ 観測で得られた積分強度図とDSSによる同じ領域の画像(図2 b)を重ねてみると, 両者の分子雲の位置がよく一致することがわかる。また ^{12}CO の分布では, フィラメント構造が一続きになっているようにみられるが, ^{13}CO の分布ではクランプEが独立しているように見える。

次に, スペクトルを見てみる。L134のクランプX~ZおよびIC5146のクランプA~Eの各ピークで取得されたプロファイル, それぞれ図5および図6に示す。これらの図の横軸は視線速度 V_{lsr} であり, 縦軸は輝度温度 T_{mb}^* である。

L134(図5)では, 各点とも $0 \sim 5 \text{ km s}^{-1}$ の速度範囲にピークを持っている。クランプZの $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ のスペクトルをみると, $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ の強度が強くなっている速度で, $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ のスペクトルには窪みが見られる。これは, 光学的に厚い ^{12}CO が自己吸収を起こしているためであると考えられる。IC5146(図6)では, クランプB~Eにおいて, 最も

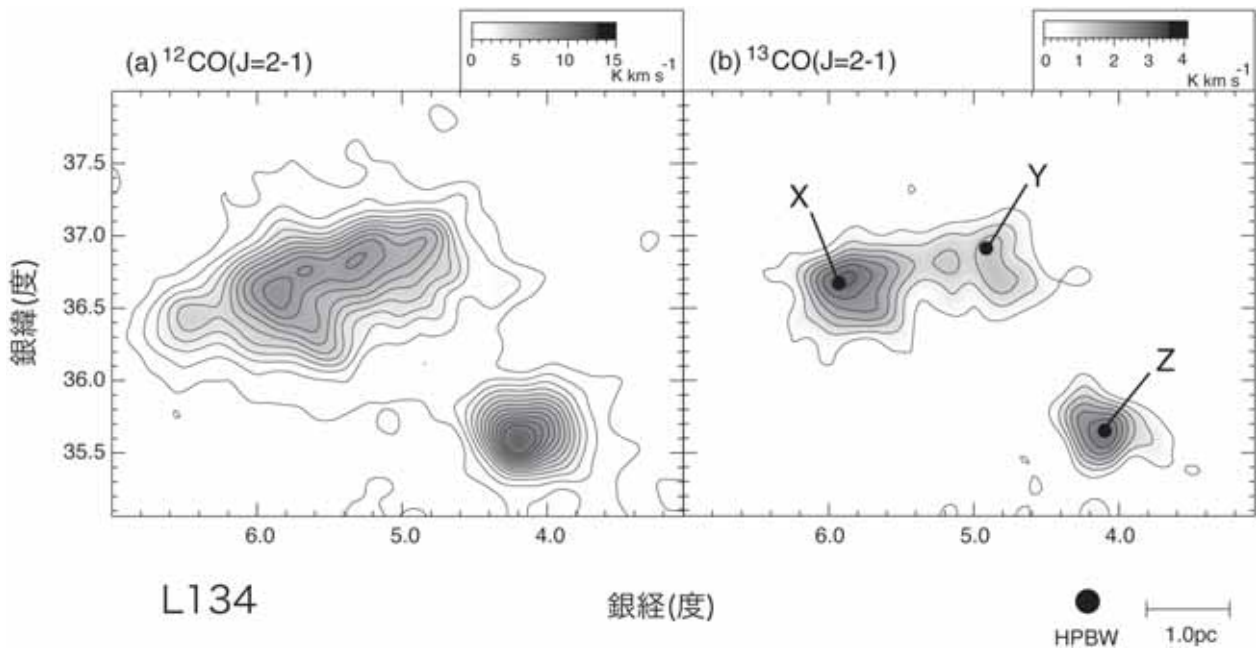


図3 L134の(a) ^{12}CO , (b) ^{13}CO 分子輝線($J=2-1$)の積分強度図。コントアは, (a)は 0.5K km s^{-1} から 0.8K km s^{-1} 毎, (b)は 0.4K km s^{-1} から 0.3K km s^{-1} 毎である。 ^{13}CO マップ上でのX~Zは, 各クランプで特に強度が高かった観測点を示す。

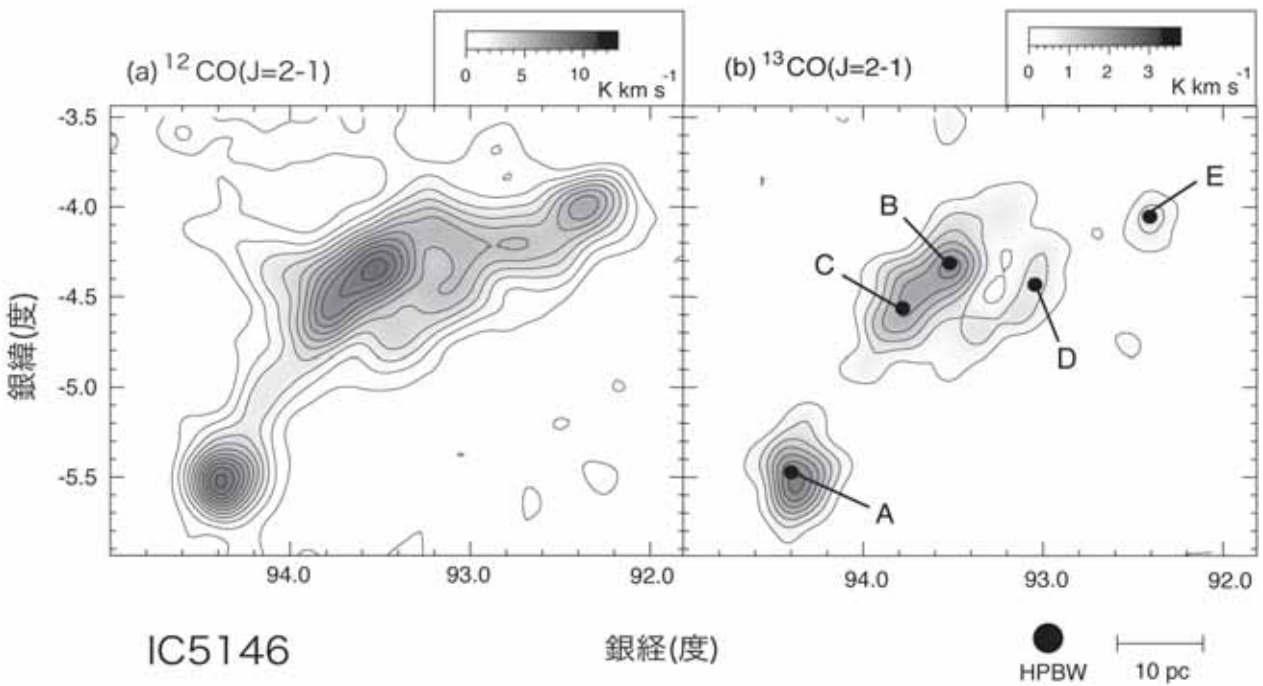


図4 IC5146の(a) ^{12}CO , (b) ^{13}CO 分子輝線($J=2-1$)の積分強度図。コントアは, (a)は 0.5K km s^{-1} から 0.8K km s^{-1} 毎, (b)は 0.4K km s^{-1} から 0.3K km s^{-1} 毎である。 ^{13}CO マップ上でのA~Eは, 特に強度が高かった観測点を示す。

強度が高くなっている速度は $-5 \sim +5\text{ km s}^{-1}$ の範囲にあるのに対し, クランプAの速度は $5 \sim 10\text{ km s}^{-1}$ の範囲にある。これは, クランプAが他のクランプとは異なる距離にある無関係の分子雲である可能性を示唆するものである。しかし, フィラメントに沿って ^{12}CO 分子輝線のスペクトルの変化を丹念に調べると(図7 a, b), 分子輝線のピーク速度はクランプAからEに向けて徐々に連続的に変化していることがわかり, クランプA~Eは同

じ距離にあるひとつながりの分子雲であると考えられる。

3-2. 分子雲の質量の導出

図5に示したL134のクランプX~Zおよび図6に示したIC5146のクランプA~Eにおける $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 分子輝線のスペクトルに対して, 最小二乗法によるガウシアンフィッティングを行った。得られたガウシアンパラメーター(輝度温度 T_{mb}^* , 視線速度

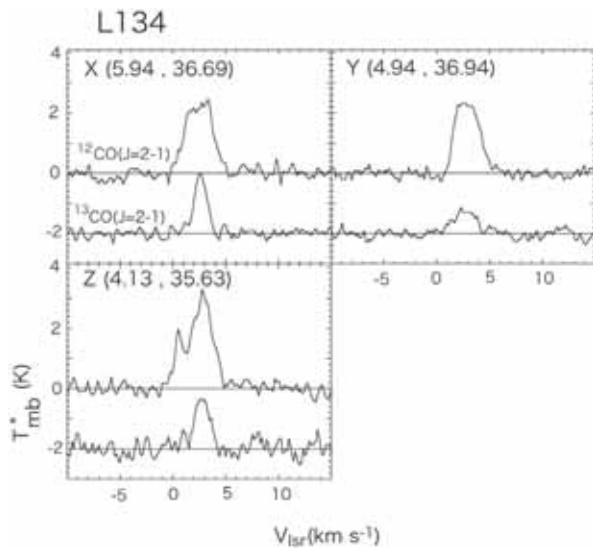


図5 図3b中のL134の各クランプにおいて、特に積分強度が高かった点X~Zでのプロファイル。カッコ内の数値は各観測点の銀河座標を表す。横軸はドップラー効果を用いて変換した視線速度 V_{lsr} 、縦軸はレイリージーンズの法則を用いて変換した輝度温度 T_{mb}^* であり、表示範囲を0Kから4Kとしている。 $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ は、輝度温度 T_{mb}^* を2Kずつシフトしている。

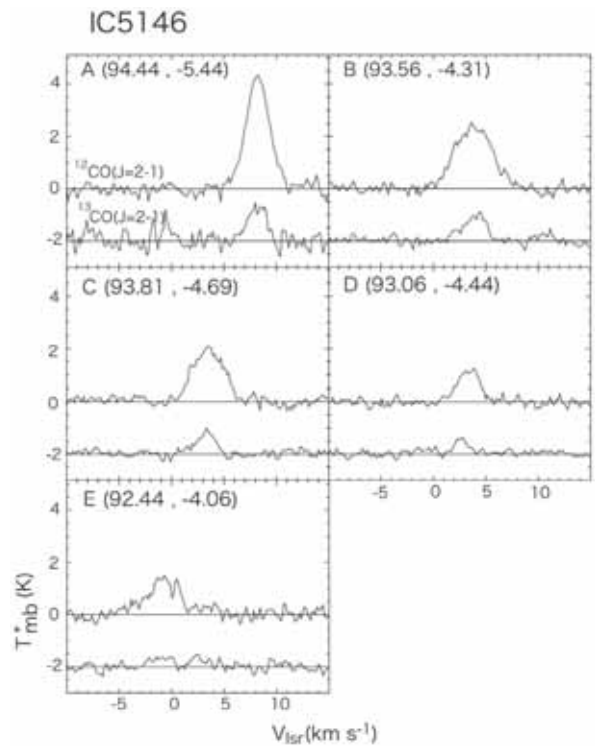


図6 図4b中のIC5146の各クランプにおいて、特に積分強度が高かった点A~Eでのプロファイル。カッコ内の数値は各観測点の銀河座標を表す。横軸はドップラー効果を用いて変換した視線速度 V_{lsr} 、縦軸はレイリージーンズの法則を用いて変換した輝度温度 T_{mb}^* であり、表示範囲を0Kから5Kとしている。 $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ は、輝度温度 T_{mb}^* を2Kずつシフトしている。

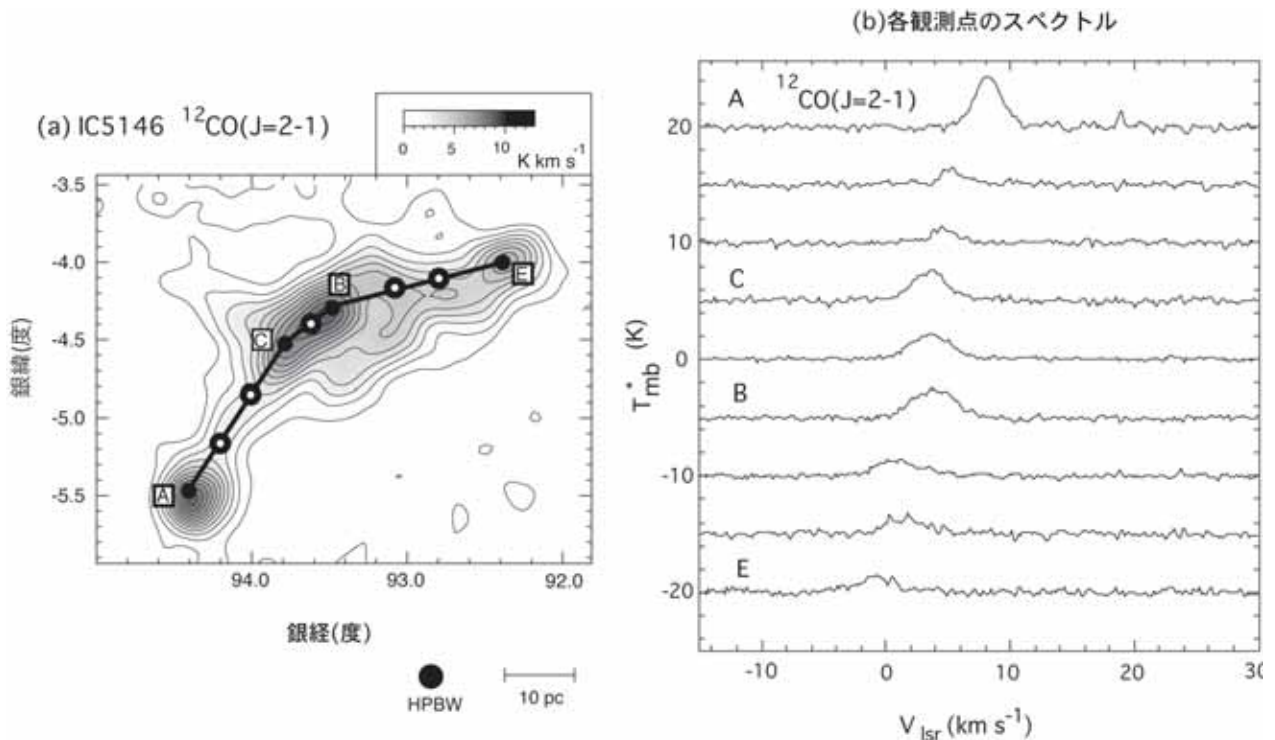


図7 (a) IC5146の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ 分子輝線の積分強度図(図4a)である。丸印のうち、黒い丸印は各クランプのピーク点A~Eを表し、白抜き丸印は各クランプの間の観測点を表している。(b) パネル(a)中に丸印をつけた観測点のプロファイルをクランプAから銀経の低い方向に向かって順に示したものである。横軸は視線速度 V_{lsr} 、縦軸は輝度温度 T_{mb}^* であり、それぞれ5Kずつシフトしている。

V_{lsr} , 線幅 ΔV)を表1および表2にまとめる。

得られたガウシアンパラメーターをもとに, それぞれの分子雲の総質量を, 以下の手順で算出した。

初めに, 各クランプのピークでの ^{13}CO の輝度温度から, ^{13}CO 分子の光学的厚さ $\tau(^{13}\text{CO})$ を以下の式を用いて計算した。

$$\tau(^{13}\text{CO}) = -\ln \left[\frac{1 - T_{mb}^*(^{13}\text{CO})}{T_0(J(T_{ex}) - J(T_{BB}))} \right] \quad [\text{式1}]$$

ここで, T_0 は分子輝線によって異なる値をもつ定数であり, $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ の場合, $T_0=10.59\text{ K}$ である。

また, $J(T)$ は $J(T) = \frac{1}{e^{T_0/T} - 1}$ によって求められる。 T_{ex} は励起温度である。本論文では, 一般的な分子雲での典型的な励起温度の値($T_{ex} = 10\text{ K}$)を用いて $J(T_{ex})=0.53$ と

した。 T_{BB} は宇宙背景放射($T_{BB}=2.7\text{ K}$)である。式1に諸量を代入すると,

$$\tau(^{13}\text{CO}) = -\ln \left[\frac{1 - T_{mb}^*(^{13}\text{CO})}{5.41} \right] \quad [\text{式2}]$$

となる。

表3および表4に示すように, 最も光学的に厚い各クランプのピークでの $\tau(^{13}\text{CO})$ は, 概ね0.5程度以下であることが分かった。よって, 各クランプのほとんどの部分では ^{13}CO 分子輝線は光学的に薄い($\tau \ll 1$)と仮定し, 以下の計算を進めることにした。

光学的に薄い分子輝線の場合, ^{13}CO 分子の柱密度 $N(^{13}\text{CO})$ は分子輝線の積分強度に比例し, 次式のように表すことができる。

表1 L134のスペクトルのガウシアンパラメーター

ク ラ ン プ	座標		$^{12}\text{CO}(J=2-1)$			$^{13}\text{CO}(J=2-1)$		
	ℓ ($^\circ$)	b ($^\circ$)	T_{mb}^* (K)	V_{lsr} (km s^{-1})	ΔV^a (km s^{-1})	T_{mb}^* (K)	V_{lsr} (km s^{-1})	ΔV^a (km s^{-1})
X	5.94	36.69	2.46	2.52	2.86	1.99	2.63	1.36
Y	4.94	36.94	2.53	2.88	2.50	0.76	2.64	2.57
Z	4.13	35.63	2.70	2.54	3.22	1.71	2.76	1.66

各クランプのピーク値を示す。

a : 半値幅 (FWHM)

表2 IC5146のスペクトルのガウシアンパラメーター

ク ラ ン プ	座標		$^{12}\text{CO}(J=2-1)$			$^{13}\text{CO}(J=2-1)$		
	ℓ ($^\circ$)	b ($^\circ$)	T_{mb}^* (K)	V_{lsr} (km s^{-1})	ΔV^a (km s^{-1})	T_{mb}^* (K)	V_{lsr} (km s^{-1})	ΔV^a (km s^{-1})
A	94.44	-5.44	4.27	8.23	2.60	1.37	8.16	1.99
B	93.56	-4.31	2.42	3.85	4.09	0.98	3.98	2.54
C	93.81	-4.69	2.01	3.50	3.38	0.85	3.30	1.98
D	93.06	-4.44	1.04	3.45	4.17	0.58	4.06	1.39
E	92.44	-4.06	1.26	-0.77	3.96	0.38	2.54	1.74

各クランプのピーク値を示す。

a : 半値幅 (FWHM)

表3 L134の物質質量

ク ラ ン プ	クランプのピーク		光学的厚さ $\tau(^{13}\text{CO})$	柱密度 $N(^{13}\text{CO})$ ($\times 10^{15}\text{ cm}^{-2}$)	総質量 M (M_\odot)	広がり S (平方度)
	座標	座標				
	ℓ ($^\circ$)	b ($^\circ$)				
X	5.94	36.69	0.46	2.04	12.96	0.44
Y	4.94	36.94	0.15	1.27	7.60	0.23
Z	4.13	35.63	0.38	2.06	7.17	0.34

注: 距離は100 pcとした。励起温度は $T_{ex}=10\text{ K}$ とした。広がり, 0.6 K km s^{-1} 以上のコントアで測定した。

表 4 IC5146の物質量

クランプ	クランプのピーク			柱密度 $N(^{13}\text{CO})$ ($\times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$)	総質量 M (M_{\odot})	広がり S (平方度)
	座標		光学的厚さ			
	ℓ ($^{\circ}$)	b ($^{\circ}$)	$\tau(^{13}\text{CO})$			
A	94.44	-5.44	0.37	2.16	1000	0.36
B	93.56	-4.31	0.49	2.92	700	0.24
C	93.81	-4.69	0.52	2.29	800	0.22
D	93.06	-4.44	0.75	2.13	400	0.27
E	92.44	-4.06	0.34	1.22	300	0.10

注: 距離は1200 pcとした。励起温度は $T_{\text{ex}}=10 \text{ K}$ とした。広がりは、 0.6 K km s^{-1} 以上のコントアで測定した。

$$N(^{13}\text{CO}) = \frac{C_0 T_{\text{ex}}}{1 - e^{-T_0/T_{\text{ex}}}} \frac{e^{J_{\text{lev}} T_0 / 2 T_{\text{ex}}}}{J_{\text{lev}} + 1} \beta^{-1} \frac{\int T_{\text{mb}}^*(^{13}\text{CO}) dV_{\text{lsr}}}{J(T_{\text{ex}}) - J(T_{\text{BB}})} \text{ cm}^{-2} \quad [\text{式 3}]$$

ここで、 C_0 は分子輝線によって異なる値を持つ定数であり、 $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ の場合、 $C_0=2.42 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ K}^{-1} \text{ km}^{-1} \text{ s}$ である。 J_{lev} は遷移の低い方の回転量子数（この場合は $J_{\text{lev}}=1$ ）である。 β は脱出確率であり、光学的厚さ τ を用いて $\beta=(1-e^{-\tau})/\tau$ の式で表され、本論文では $\beta=1$ とした。

式3に諸量を代入すると、

$$N(^{13}\text{CO}) = 6.2 \times 10^{15} \int T_{\text{mb}}^*(^{13}\text{CO}) dV_{\text{lsr}} \quad [\text{式 4}]$$

を得る。

^{13}CO の柱密度 $N(^{13}\text{CO})$ と水素分子の柱密度 $N(\text{H}_2)$ の間には、Dickman (1978) により以下の経験則が成り立つことが知られている。

$$\frac{N(^{13}\text{CO})}{N(\text{H}_2)} = 2 \times 10^{-6} \quad [\text{式 5}]$$

本研究では、式4および式5を用いて、観測された ^{13}CO 分子輝線の積分強度から、各観測点での $N(\text{H}_2)$ を推定した。

^{13}CO の積分強度図において 0.6 K km s^{-1} のコントアで囲まれる範囲をクランプの広がり S と定義し、 S と $N(\text{H}_2)$ を用いて各クランプの質量 M を、以下のように算出した。

$$M = SN(\text{H}_2)\mu m \quad [\text{式 6}]$$

ここで、 μ は平均分子量であり、 m は陽子質量($m=1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$)である。本研究では、水素分子とヘリウム原子の存在比を考慮し、 $\mu=2.8$ とした。

以上の方法によって求められた各クランプのピークにおける $\tau(^{13}\text{CO})$ および $N(^{13}\text{CO})$ 、また各クランプの広がりおよび総質量を、表3、4にまとめる。

各クランプの総質量を合計した結果、L134は約 $27.8 M_{\odot}$ 、IC5146は約 $3200 M_{\odot}$ であることが分かった。

4. 結論

国立天文台野辺山宇宙電波観測所に設置された東京大学大学院理系学研究所天文学教育研究センターの60cm電波望遠鏡(VST)を用いて、暗黒星雲L134および散開星団IC5146に付随する分子雲の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 分子輝線による分光観測を行った。この観測により、両分子雲について次のことが明らかになった。

- (1)L134およびIC5146の $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ と $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 分子輝線の空間分布を明らかにした。その結果L134は3箇所、IC5146は5箇所に柱密度の高いクランプをもつことが分かった。両分子雲で励起温度 $T_{\text{ex}}=10 \text{ K}$ と仮定し全分子雲の質量を算出した結果、L134は $27.8 M_{\odot}$ 、IC5146は $3200 M_{\odot}$ であることが分かった。
- (2)L134の各クランプ内で、積分強度が最も強かった観測点の分子輝線のスペクトルを見ると、輝度温度のピークは $0 \sim 5 \text{ km s}^{-1}$ の速度範囲に位置していることが分かった。一方IC5146での分子輝線のピーク速度は、散開星団IC5146周辺では $5 \sim 10 \text{ km s}^{-1}$ の範囲に位置していた。その速度はフィラメントに沿って徐々に低速度に変化し、最も低い銀経に位置するクランプでは $-5 \sim 0 \text{ km s}^{-1}$ の速度範囲にあることを確認することができた。

謝辞

この研究は、筆頭著者の大江佑香が卒業研究として

平成19年度に行ったものです。本論文を執筆するにあたり、適切な助言を下さいました西浦慎悟先生に感謝致します。この研究は、科学研究費補助金(課題番号18026003)及び伊藤科学財団(H19)の資金援助を受けました。ここに感謝致します。

引用文献

- Bernard, J. P., Dobashi, K., & Momose, M. 1999, *Astron. & Astrop.*, 350, 197
- Dickman, R. L. 1978, *Astrop. J. Suppl.*, 37, 407
- Dickman, R. L., & Herbest, W. 1990, *Astro. J.*, 357, 531
- Dobashi, K., Yonekura, Y., Hayashi, Y. 2001, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 53, 811
- Dobashi, K., Uehara, H., Kandori, R., Sakurai, T., & Kaiden, M. 2005, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 57, S1
- Herbig, G. H., & Dahm, S. E. 2002, *Astron. J.*, 123, 304
- Lynds, B. T. 1962, *Astrop. J. Suppl.*, 7, 1
- Mattila, K., Winnberg, A., & Grasshoff, M. 1979, *Astron. & Astrop.*, 78, 275
- Sakamoto, S., Hasegawa, T., Handa, T., & Oka, T. 1995, *Astrop. J. Suppl.*, 100, 125
- 海田正大, 2005, 60cm電波望遠鏡の電波分光計の開発と光学及び電波指向性の評価, 東京学芸大学修士論文