

# 星形成ゼミ

## SFN #296 46-50

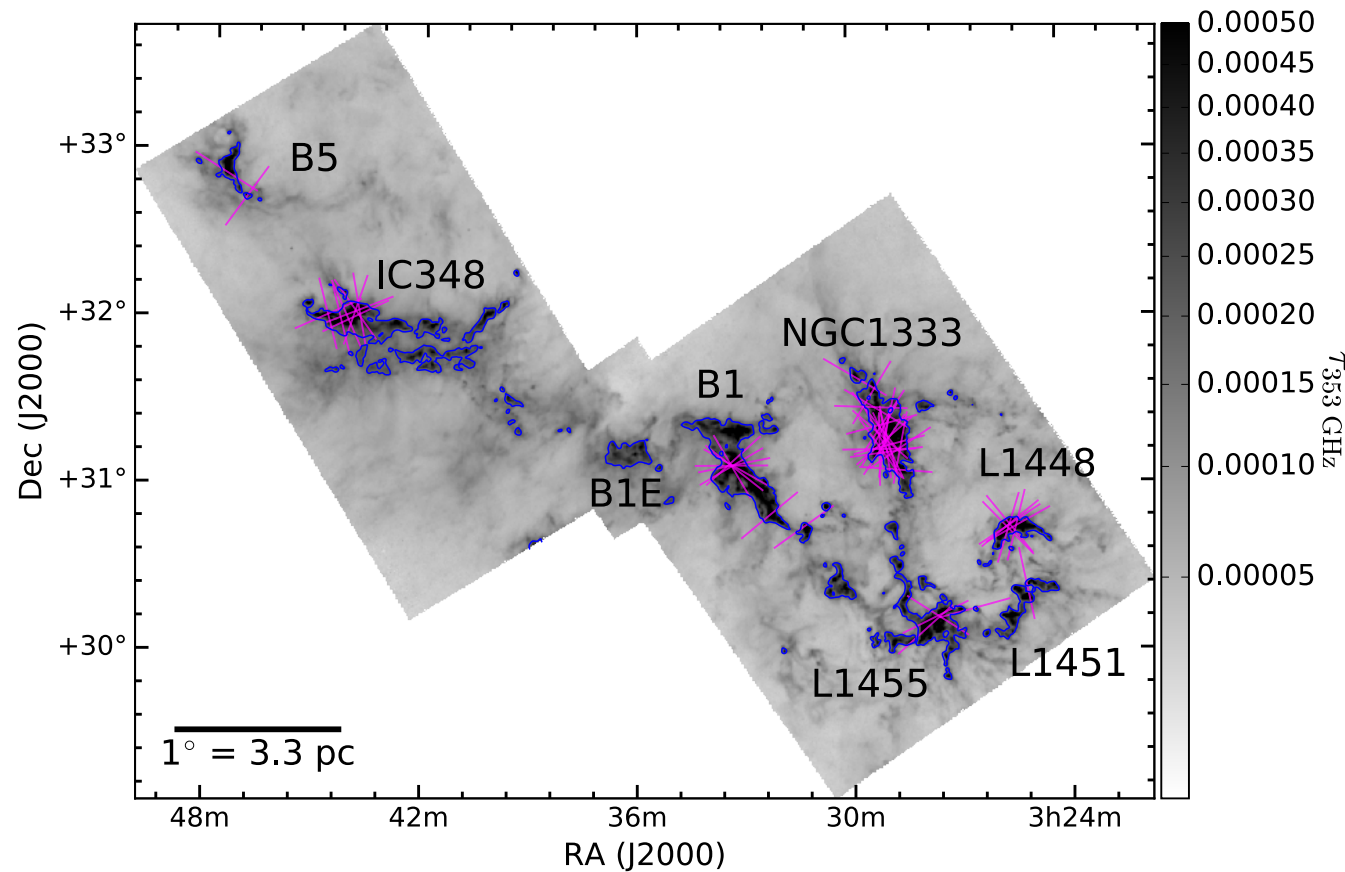
2017/10/27

東大/国立天文台 辰馬 未沙子

- 46. Alignment Between Protostellar Outflows and Filamentary Structure
- 47.  $^{13}\text{C}$  isotopic fractionation of  $\text{HC}_3\text{N}$  in two starless cores: L1521B and L134N (L183)
- 48. Physical properties of dusty protoplanetary disks in Lupus: evidence for viscous evolution?
- 49. Dust properties of the cometary globule Barnard 207 (LDN 1489)
- 50. Constraining accretion signatures of exoplanets in the TW Hya transitional disk

# Alignment Between Protostellar Outflows and Filamentary Structure

Ian W. Stephens<sup>1</sup>, Michael M. Dunham<sup>2,1</sup>, Philip C. Myers<sup>1</sup>, Riwaj Pokhrel<sup>1,3</sup>, Sarah I. Sadavoy<sup>1</sup>, Eduard I. Vorobyov<sup>4,5,6</sup>, John J. Tobin<sup>7,8</sup>, Jaime E. Pineda<sup>9</sup>, Stella S.R. Offner<sup>3</sup>, Katherine I. Lee<sup>1</sup>, Lars E. Kristensen<sup>10</sup>, Jes K. Jørgensen<sup>11</sup>, Alyssa A. Goodman<sup>1</sup>, Tyler L. Bourke<sup>12</sup>, Héctor G. Arce<sup>13</sup>, Adele L. Plunkett<sup>14</sup>

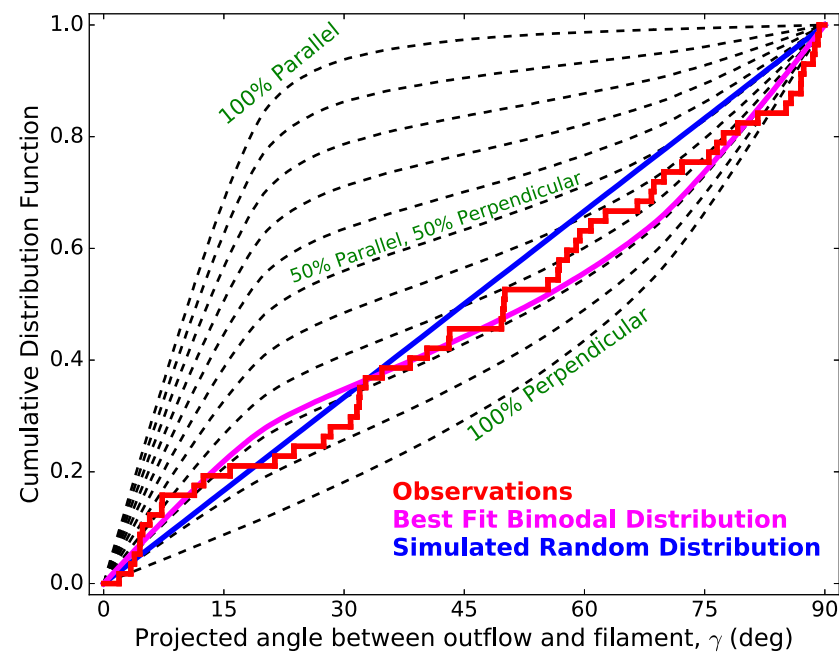


**Figure 1.**  $\tau_{353\text{ GHz}}$  map of the Perseus molecular cloud (Zari et al. 2016), with magenta lines showing the directions of the outflows measured in this study. The size of the lines only represents the direction of the outflow and not the angular extent. Thin blue contours are shown for  $\tau_{353\text{ GHz}} = 0.0002$ . These contours roughly show the boundaries of each labeled clump and correspond to a column density of  $N(\text{H}_2) \approx 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$  (Sadavoy et al. 2014).

- ペルセウス座分子雲の原始星57個に関してSMAのCO(2-1)観測をし、アウトフローとフィラメントの向きについて調べた。
- フィラメントの方向はHerschelのoptical depth mapを元に調べた。
- アウトフロー/フィラメント間の角度はランダムか、平行(22%)と垂直(78%)の混合のどちらかと一致した。
- 原始星の性質(multiplicity, 温度, opacity)に関わらず、同じような角度の分布を持っていた。
- 原始星の角運動量の軸の方向は周りの構造に依存していないのかもしれない。

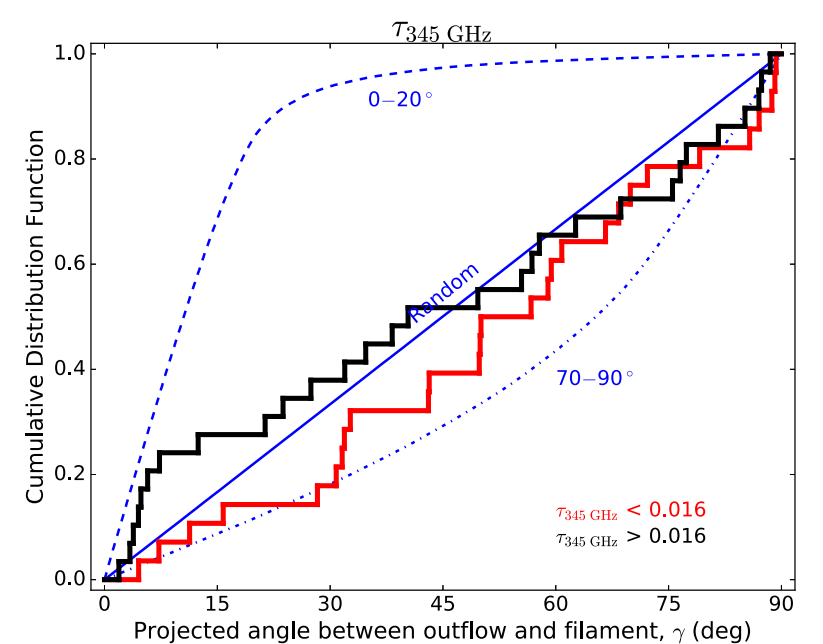
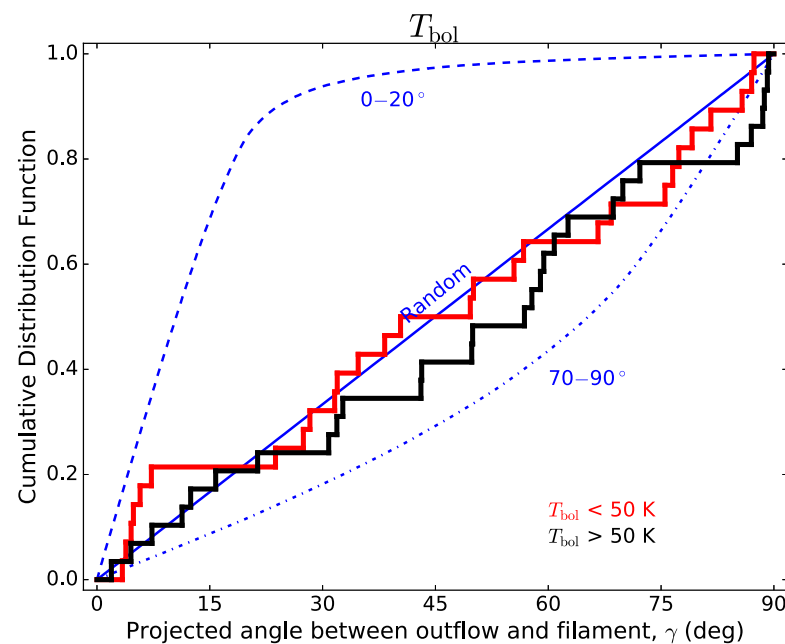
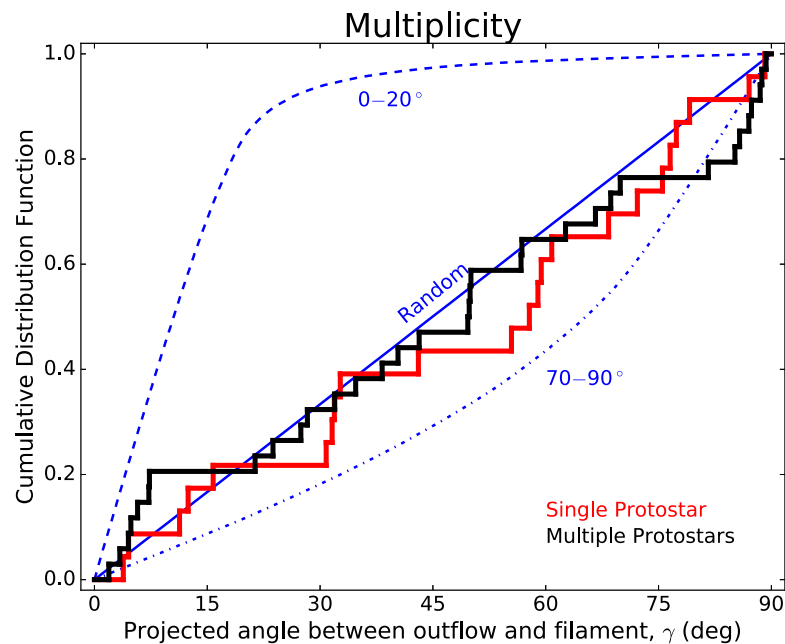
(上図) Herschelの353 GHz optical depth mapに

$\tau_{353\text{ GHz}}=0.0002$ のコントアを青で表している。マゼンダの線はアウトフローの方向を示しており、長さに意味はない。



**Figure 10.** Cumulative distribution function of the projected angles between outflows and filaments,  $\gamma$ , with the red step curve showing the empirical distribution,  $\gamma_F$ . Black dashed lines show different mixes of projected outflow-filament angles that are 3-dimensionally parallel and perpendicular in increments of 10% (i.e., the top line is 100% parallel and 0% perpendicular, the next line is 90% parallel and 10% perpendicular, and so on). Parallel angles are defined as 3-dimensional angles drawn from a distribution between  $0^\circ$  and  $20^\circ$ , while perpendicular angles are defined as angles drawn from a distribution between  $70^\circ$  and  $90^\circ$  (see Appendix A for details). The blue line shows a random distribution of projected angles, while the magenta line shows the best bimodal fit to the data of 22% parallel and 78% perpendicular.

- 赤線、黒線: 観測からわかったアウトフロー/フィラメント間の角度。
- 点線: 3Dモンテカルロシミュレーションを2Dに投影。平行を0-20°、垂直を70-90°と定義した。
- 青線: 0-90°でランダムに存在しているとき。
- 下の3図はmultiplicity(左), 温度(中), opacity(右)への依存性を調べたもの。multiplicityは10,000au以内に別の原始星があるかどうか。温度とopacityについては、ちょうど半分ずつ分布する境目が50Kと0.016だった。



**Figure 13.** CDFs of  $\gamma$ , binning data based on multiplicity (left), bolometric temperature (middle, an indicator of age), and optical depth (right). All CDFs use filament measurements from the FILFINDER algorithm.

# $^{13}\text{C}$ isotopic fractionation of $\text{HC}_3\text{N}$ in two starless cores: L1521B and L134N (L183)

Kotomi Taniguchi<sup>1</sup>, Hiroyuki Ozeki<sup>2</sup> and Masao Saito<sup>1,3</sup>

**Table 1.** Spectral line parameters of  $\text{HC}_3\text{N}$  and its three  $^{13}\text{C}$  isotopologues in L1521B and L134N

Species	Frequency <sup>a</sup> (GHz)	L1521B					L134N				
		$T_{\text{A}}^*$	$\Delta v$	$\int T_{\text{A}}^* dv$	$V_{\text{LSR}}^b$	rms <sup>c</sup>	$T_{\text{A}}^*$	$\Delta v$	$\int T_{\text{A}}^* dv$	$V_{\text{LSR}}^d$	rms <sup>c</sup>
		(mK)	(km s <sup>-1</sup> )	(K km s <sup>-1</sup> )	(km s <sup>-1</sup> )	(mK)	(mK)	(km s <sup>-1</sup> )	(K km s <sup>-1</sup> )	(km s <sup>-1</sup> )	(mK)
$\text{HC}_3\text{N}$	45.49031	2456 (82)	0.73 (3)	1.89 (10)	6.3	7.9	990 (26)	0.71 (2)	0.75 (3)	2.7	3.4
$\text{H}^{13}\text{CCCN}$	44.08416	68 (7)	0.67 (6)	0.049 (7)	6.3	6.5	21 (2)	0.67 (7)	0.015(2)	2.0	2.3
$\text{HC}^{13}\text{CCN}$	45.29733	61 (6)	0.78 (8)	0.051 (7)	6.3	7.5	12 (2)	0.78 (17)	0.010 (3)	2.6	3.0
$\text{HCC}^{13}\text{CN}$	45.30171	102 (8)	0.71 (5)	0.077 (8)	6.3	8.5	27 (4)	0.71 (9)	0.020 (4)	2.6	4.0

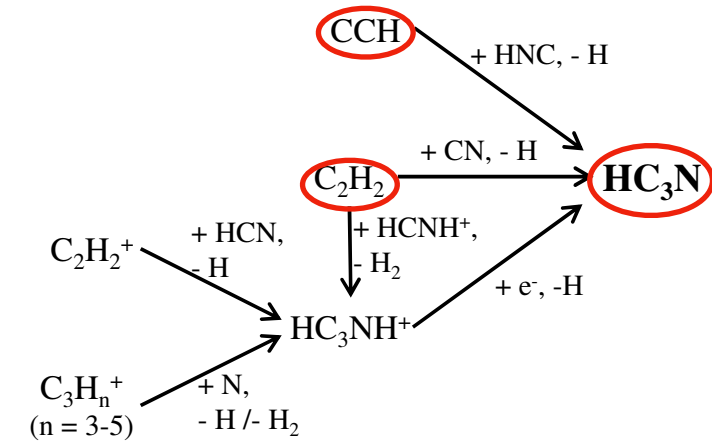
NOTE—Numbers in parentheses represent the standard deviation in the Gaussian fit, expressed in units of the last significant digits.

<sup>a</sup> Taken from the Cologne Database for Molecular Spectroscopy (CDMS) (Müller et al. 2005).

<sup>b</sup> The errors are approximately 0.2 km s<sup>-1</sup>, which correspond to the velocity resolution.

<sup>c</sup> The rms noises in emission-free regions.

<sup>d</sup> The errors are 0.5 km s<sup>-2</sup> at most due to smoothing in the velocity direction.



**Table 2.** Column densities of  $\text{HC}_3\text{N}$  and its three  $^{13}\text{C}$  isotopologues and the  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  ratios in L1521B and L134N

Species	L1521B		L134N	
	Column density	$^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$	Column density	$^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$
	( $\times 10^{11}$ cm <sup>-2</sup> )	ratio	( $\times 10^{11}$ cm <sup>-2</sup> )	ratio
$\text{HC}_3\text{N}$	$(5.5 \pm 0.3) \times 100$	—	$(8.6 \pm 0.3) \times 10$	—
$\text{H}^{13}\text{CCCN}$	$4.7 \pm 0.6$	$117 \pm 16$	$1.4 \pm 0.2$	$61 \pm 9$
$\text{HC}^{13}\text{CCN}$	$4.7 \pm 0.7$	$115 \pm 16$	$0.9 \pm 0.2$	$94 \pm 26$
$\text{HCC}^{13}\text{CN}$	$7.2 \pm 0.8$	$76 \pm 6$	$1.9 \pm 0.3$	$46 \pm 9$

NOTE—Errors represent the standard deviation.

• 星のない2つの低質量コアを野辺山45mの45GHz帯で観測し、 $\text{HC}_3\text{N}$ の3つの $^{13}\text{C}$ 同位体置換体の比率を調べた。

• L1521Bでは $[\text{H}^{13}\text{CCCN}]:[\text{HC}^{13}\text{CCN}]:[\text{HCC}^{13}\text{CN}] = 0.98(\pm 0.14):1.00:1.52(\pm 0.16)$ であった。

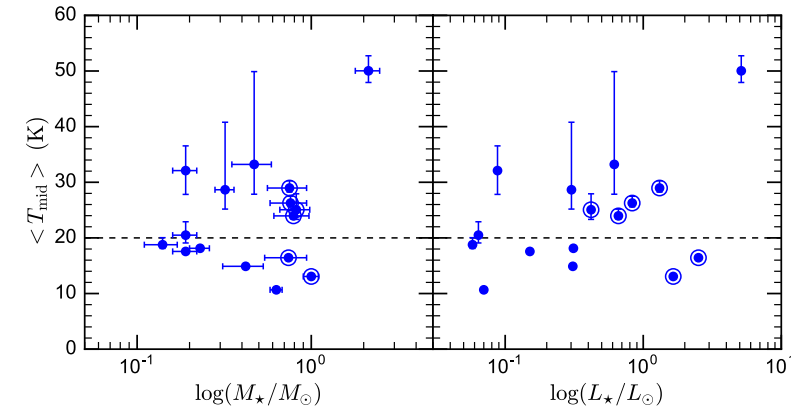
• これは $\text{HC}_3\text{N}$ が主に $\text{C}_2\text{H}_2$ と $\text{CN}$ の反応で形成されることを示している。

• 一方、L134Nでは $[\text{H}^{13}\text{CCCN}]:[\text{HC}^{13}\text{CCN}]:[\text{HCC}^{13}\text{CN}] = 1.5(\pm 0.2):1.0:2.1(\pm 0.4)$ であった。

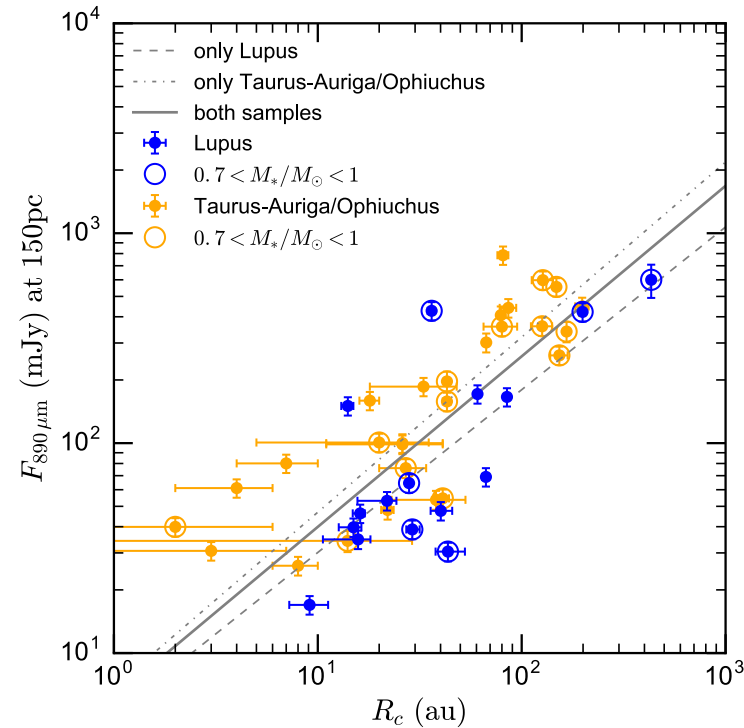
• これは $\text{HNC}$ と $\text{CCH}$ の反応で形成されることを示している。

# Physical properties of dusty protoplanetary disks in Lupus: evidence for viscous evolution?

M. Tazzari<sup>1,2,3</sup>, L. Testi<sup>2,3,4</sup>, A. Natta<sup>4,5</sup>, M. Ansdell<sup>6</sup>, J. Carpenter<sup>7</sup>, G. Guidi<sup>4,6</sup>, M. Hogerheijde<sup>8</sup>, C.F. Manara<sup>9</sup>, A. Miotello<sup>8</sup>, N. van der Marel<sup>6</sup>, E.F. van Dishoeck<sup>8,10</sup>, J.P. Williams<sup>6</sup>



**Fig. 8.** Mass-averaged midplane temperature as a function of stellar mass (*left*) and luminosity (*right*) for the disks for which we derive a reliable disk structure. Error bars on the y-axis reflect the distribution of models obtained from the fits. In more than half disks we find a disk temperature smaller than  $T_d = 20$  K used by [Ansdell et al. \(2016\)](#).



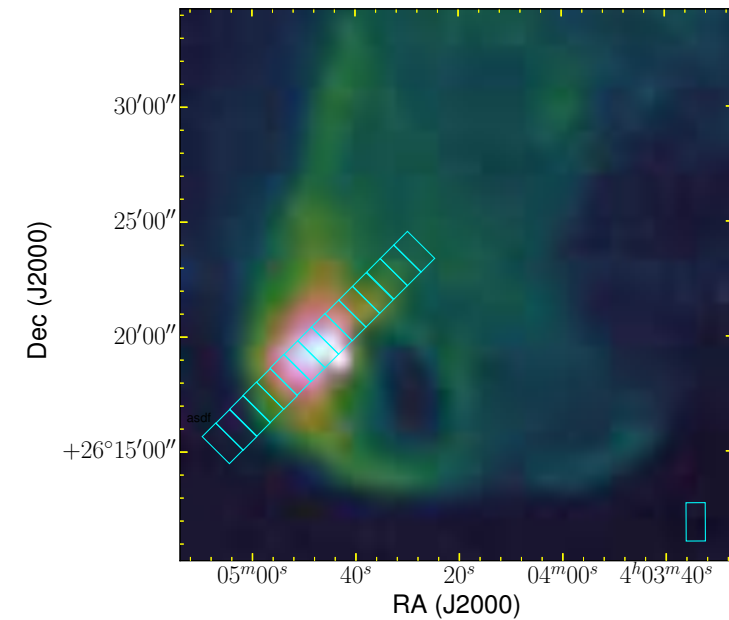
**Fig. 11.** 890 $\mu$ m integrated flux (normalized to a common distance of 150 pc) as a function of exponential cut-off radius, constrained by fitting spatially resolved observations with angular resolution better than 0.75". For some disks, the 890 $\mu$ m flux was extrapolated from the measured 1.3 mm flux assuming an average spectral index  $\alpha = 3.0$ . Yellow elements are Taurus-Auriga/Ophiuchus disks from the [Andrews \(2015\)](#) compilation; blue elements are Lupus disks analyzed in this paper. Gray lines represent the correlations found by the Bayesian linear regression for the Taurus-Auriga/Ophiuchus disks (dash-dotted), for the Lupus disks (dashed), and for both the samples taken together (solid).

- ALMAの890 $\mu$ mで22の円盤を空間分解し、ダスト表面密度、円盤質量、円盤サイズ、赤道面温度プロファイル求めた。
- ダストガス比=0.01、表面:  $a_{\min}=10\text{nm}$ 、 $a_{\max}=1\mu\text{m}$ 、 $n(a)\propto a^{-3.5}$ 、赤道面:  $a_{\min}=10\text{nm}$ 、 $a_{\max}=1.023\text{cm}$ 、 $n(a)\propto a^{-3.0}$ 、ダスト表面密度:  $\Sigma_g(R) = \Sigma_0 \left(\frac{R}{R_0}\right)^{-\gamma} \exp\left[-\left(\frac{R}{R_c}\right)^{2-\gamma}\right]$
- (上図) 赤道面平均温度と中心星質量、光度に相関はなかった。
- (下図) sub-mmの積分フラックス(=円盤質量)と指数関数のカットオフ半径(=円盤サイズ)には相関があった。
- (下図) LupusはTaurus-Auriga/Ophiuchusと比べて暗く(=質量が小さく)大きい円盤を持つ傾向にある。1-2Myrの差(Lupusの方が古い)を考慮すると、これは粘性進化を表しているかもしれない。
- 太陽系から導かれる円盤のダスト表面密度よりも、Lupusは浅いプロファイルと大きなサイズを持つ。これは太陽系の惑星/微惑星が形成後に外部から内側へ移動したことを示唆しているのかもしれない。



# Dust properties of the cometary globule Barnard 207 (LDN 1489)

Aditya Togi<sup>1,2</sup>, A.N. Witt<sup>1</sup>, Demi St.John<sup>3,4</sup>



**Fig. 2.** Overlay of our rectangular cut region on the core of B207 on a SPIRE-Herschel dust emission map at  $500\ \mu\text{m}$ . The rectangular box towards the lower right in the image measures the background intensity.

- (左上図) Class I 原始星であるB207を多波長観測した。
- (左下図) 温度9.4-11.1K、コア密度 $5.6 \times 10^5 \text{cm}^{-3}$ 、コア質量 $5.6 M_{\text{sun}}$ は典型的なglobuleと似ていた。
- (右下図) ダストのアルベドは0.54(Uバンド)から0.84(Iバンド)まで波長と共に増加しており、ISMより大きなダストの存在が示唆される。
- NIR, MIR, FIRの観測から大きなダストがglobule全体に分布していることがわかった。
- コアで形成された大きなダストが乱流によりリムまで拡散したと考えられるが、その場形成の可能性は除外できなかった。

**Table 1.** Measured FIR intensities of B207 and derived physical properties

Region	160 $\mu\text{m}$ MJy/sr	250 $\mu\text{m}$ MJy/sr	350 $\mu\text{m}$ MJy/sr	500 $\mu\text{m}$ MJy/sr	T K	N(H) $10^{21} \text{cm}^{-2}$	M(H) $M_{\odot}$	$T_{\text{Abel}}$ K	$N_{\text{Abel}}(\text{H})$ $10^{21} \text{cm}^{-2}$
1(south)	1.75	2.66	1.97	1.01	—	—	—	—	—
2	0.30	3.28	2.21	1.36	—	—	—	—	—
3	9.21	15.3	9.54	5.00	14.1	2.46	0.04	11.6	4.01
4	28.7	45.6	31.3	15.1	13.6	8.13	0.15	11.1	13.7
5	47.8	79.5	57.6	28.9	13.0	17.3	0.32	10.6	29.9
6	63.8	121	101	49.1	12.0	35.9	0.66	10.1	58.5
7	69.8	151	136	78.2	11.1	71.6	1.31	9.40	117
8(core)	117	201	170	89.4	11.7	69.6	1.27	10.1	107
9	115	182	135	63.9	12.9	38.5	0.70	10.6	66.0
10	58.5	99.8	74.0	34.4	13.0	20.6	0.38	11.1	31.2
11	44.1	78.1	54.8	25.6	13.4	14.1	0.26	11.6	20.5
12	27.4	57.3	39.9	18.9	13.3	10.6	0.19	12.7	12.0
13	20.3	41.5	27.6	13.3	13.7	7.01	0.13	13.3	7.50
14	13.4	32.7	21.1	10.1	13.8	5.20	0.09	—	—
15(north)	11.7	28.2	18.2	8.48	13.8	4.35	0.08	—	—

Temperature, column density and mass for regions 1 and 2 were not estimated since they are outside of the globule in the diffuse sky region.

The column density,  $N(\text{H})$ , and mass,  $M(\text{H})$ , are calculated for each region using the AMM and AMMI dust mass opacity at  $500\ \mu\text{m}$  from Köhler et al. (2015).

The temperature,  $T_{\text{Abel}}$ , and column density,  $N_{\text{Abel}}(\text{H})$ , are the temperature and the corresponding column density, respectively, estimated from the Abel inversion method.

**Table 4.** Dust characteristics

Filter	ISRF	$\tau$	$a$	$\tau_{\text{abs}}$	$I_{\text{DGL,sky}}$	$S B_{\text{max}}$	$\frac{(0.78 \times I_{\text{DGL,sky}} + S B_{\text{max}})}{ISRF}$	$a_c$
U	4.77	0.721	0.625	0.135	1.338	0.259	0.273	$0.54 \pm 0.05$
B	5.55	0.624	0.648	0.110	1.497	0.839	0.361	$0.65 \pm 0.05$
V	6.41	0.485	0.671	0.080	1.528	1.811	0.468	$0.74 \pm 0.05$
R	6.80	0.402	0.676	0.065	1.425	2.361	0.511	$0.77 \pm 0.03$
I	6.37	0.259	0.656	0.045	0.911	3.272	0.625	$0.84 \pm 0.03$

a. The values of ISRF, DGL, and  $S B_{\text{max}}$  are in units of  $10^{-8} \text{erg/s/cm}^2/\text{A/sr}$ . The ISRF for different wavelengths are from Porter & Strong (2005).

b.  $\tau$  and  $a$  are the extinction optical depth and albedo of the dust in the sky adjacent to B207 assuming  $R_V = 3.1$ . The albedo values are from Draine (2003a).

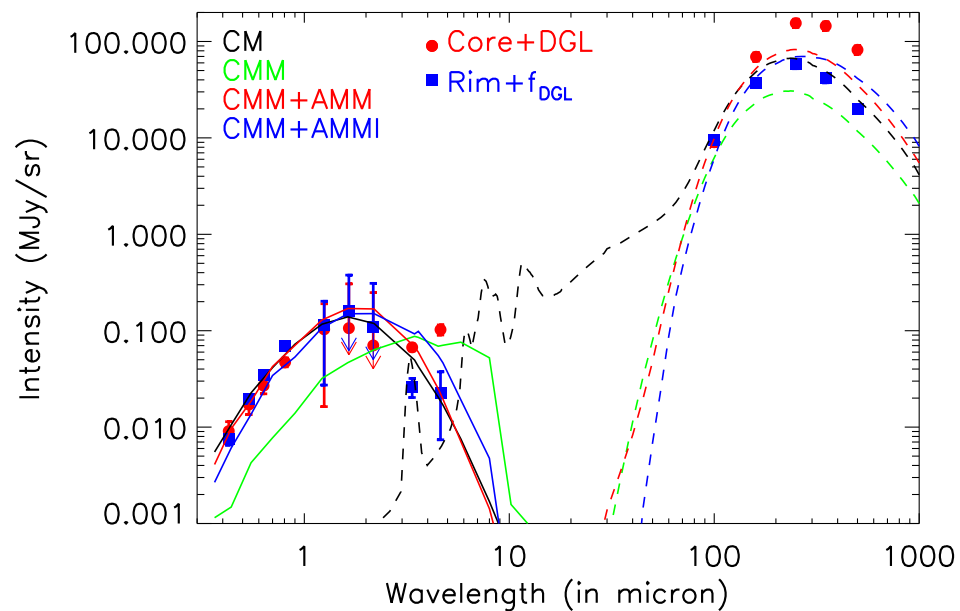
c.  $\tau_{\text{abs}}$  is the average absorption optical depth of photons after their first scattering,  $\tau_{\text{abs}} = 0.5(1 - a)\tau$

d.  $I_{\text{DGL,sky}}$  is the diffuse galactic light adjacent to B207, derived by using  $a I_{\text{ISRF}}(1 - e^{-\tau})e^{-\tau_{\text{abs}}}$

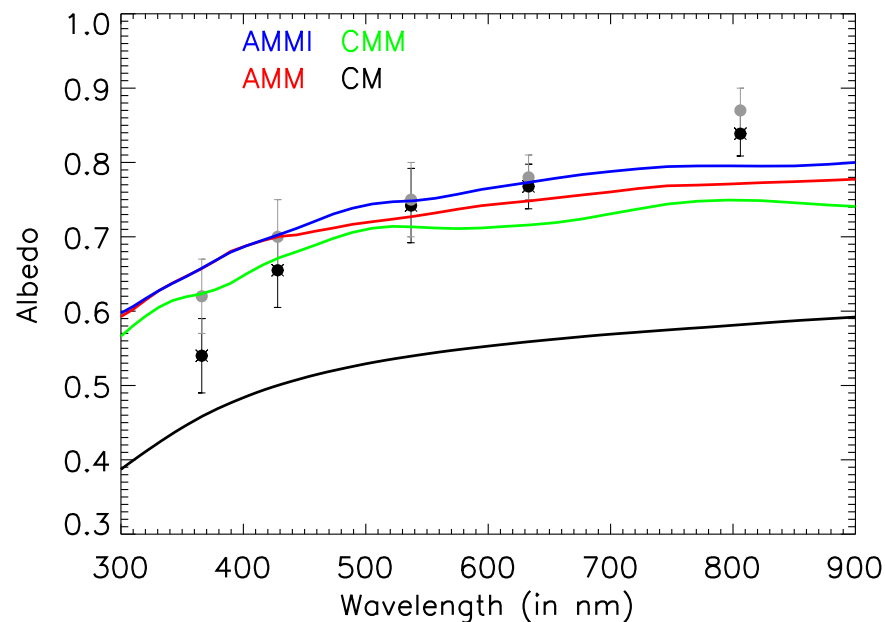
e.  $S B_{\text{max}}$  is the peak intensity of the globule after subtracting the nearby background sky intensity.

f. The quantity  $(0.78 \times \text{DGL} + S B_{\text{max}})/ISRF$  is the ratio of the maximum intensity at the rim of the globule to the intensity of the illuminating interstellar radiation field.

g. The albedo of the cloud,  $a_c$ , evaluated from the corresponding ratio  $(0.78 \times I_{\text{DGL}} + S B_{\text{max}})/ISRF$  assuming the forward scattering asymmetry parameter,  $0.6 \leq g \leq 0.9$  from Fig. 6, Witt & Stephens (1974).



**Fig. 9.** Core+DGL (red circles) and rim+ $f_{DGL}$  (blue squares) intensities of B207 as a function of wavelength. The solid and dashed lines in the near-to-MIR and FIR are the scattering and emission spectra of dust, respectively. Different line colours (black, green, red, and blue) represent CM, CMM, CMM+AMM, and CMM+AMMI grains, respectively.

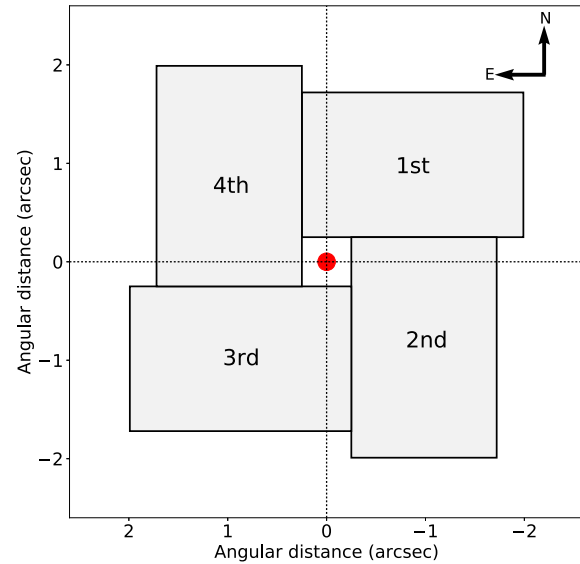


**Fig. 10.** Our derived rim dust albedos (black circles) are calculated using the ratio  $(0.78 \times I_{DGL} + SB_{max})/ISRF$  and plotted along with the THEMIS model values for the full size distribution of CM, CMM, AMM, and AMMI grains. The grey circles are dust albedos estimated assuming no reduction in DGL (using the ratio  $(I_{DGL} + SB_{max})/ISRF$ ). A reduction of 13% and 7% in albedo values are seen in U and B bands, respectively, with insignificant changes at higher wavelengths for a 22% reduction in DGL intensity.

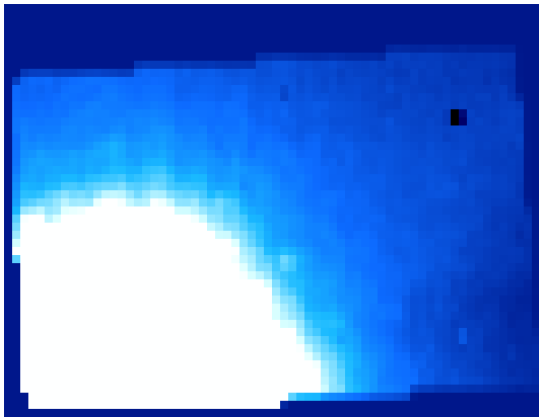
- (上図) SEDをモデルと比較すると、コア(赤点)とリム(青点)の両方において、CMM+AMMI、CMM+AMMダストモデルと一致した。
- つまり、globule全体でダストへのマントル形成が起きている。
- CM (core mantle): 成長していないISMダストモデル。
- CMM (core mantle mantle): 分子雲の端に存在するような、2番目のH-rich carbon mantleを持つダストモデル。
- CMM+AMM (+aggregates): 分子コアの外側にあるような、CMM粒子が集まってアグリゲイトを形成するモデル。
- CMM+AMMI (with ice): 高密度コア領域にあるような、CMM+AMMのアグリゲイトに氷マントルが形成されたモデル。
- (下図) ダストのアルベドの波長依存性を見ても、少なくともISMのダスト(CM)は除外されている。

# Constraining accretion signatures of exoplanets in the TW Hya transitional disk

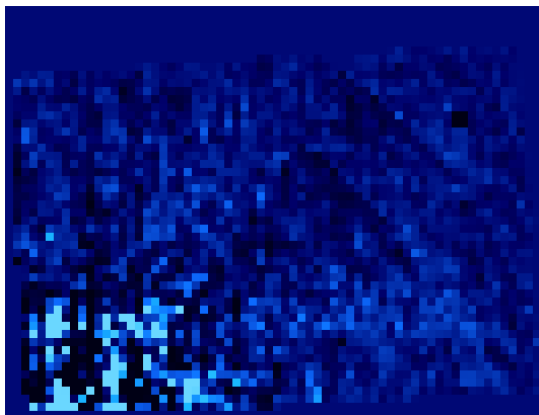
Taichi Uyama<sup>1</sup>, Takayuki Tanigawa<sup>2</sup>, Jun Hashimoto<sup>3</sup>, Motohide Tamura<sup>1,3,4</sup>, Yuhiko Aoyama<sup>5</sup>, Timothy D.Brandt<sup>6</sup>, and Masato Ishizuka<sup>1</sup>



**Figure 1.** FOV arrangement for observations. Each rectangle represents a separate FOV. The red circle indicates the central star. The vertical and horizontal axes represent the angular distance from the central star. These settings avoid the central star together with an inner square of  $0.5'' \times 0.5''$ , which allows sufficient exposure time without saturation.



**Figure 2.** Pa $\beta$  image of the first FOV. The image is aligned with that in Figure 1. The black square near the upper-right vertex is a badpixel cluster.



**Figure 3.** SDI-reduced image of the first FOV. The alignment is the same as in Figure 2.

- 多重リング円盤が見つかったTW HyaをNIRで直接撮像し、原始惑星への降着があるかどうか調べた。
- 原始惑星へ降着しているとPa $\beta$  ( $1.282\mu\text{m}$ )で明るくなり、それは黒体輻射よりも高い強度を持つ。
- (上図) 中心星を避けて4つの領域に分割したField of view。
- (中図) 1st FOVのPa $\beta$ 画像。
- (下図) spectral differential imaging (SDI)では降着なしだったが、Pa $\beta$ 放射の $5\sigma$ 検出限界を $0.''4$ で $5.8 \times 10^{-18}$ ,  $1.''6$ で $1.5 \times 10^{-18} \text{ erg/s/cm}^2$ と導出できた。
- 円盤と水素放射のシミュレーションから原始惑星質量も求められ、 $25\text{au}$ に $1.45 \pm 0.04 M_J$ ,  $95\text{au}$ に $2.29 (+0.03 - 0.04) M_J$ があることがわかり、これは以前の惑星検出限界とも一致している。