

Star Formation Newsletter

#294 1-5

麻生 有佑 (ASIAA)

Chemical Segregation in Hot Cores With Disk Candidates

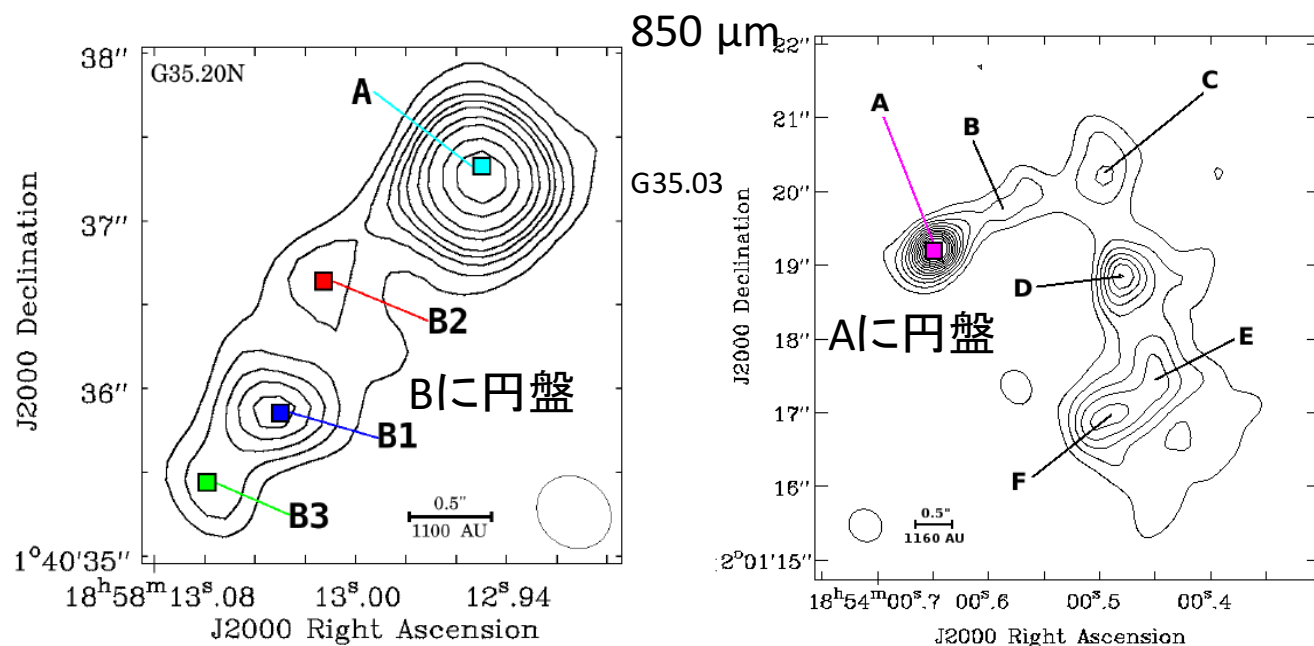
An investigation with ALMA

V. Allen^{1,2}, F. F. S. van der Tak^{1,2}, Á. Sánchez-Monge³, R. Cesaroni⁴, and M. T. Beltrán⁴

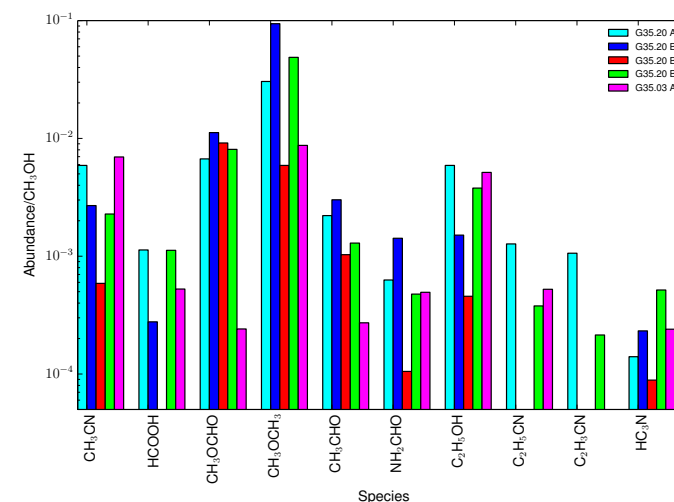
- 大質量星は銀河の化学進化を駆動。
- Hot core: 形成初期の化学リッチな段階。
 $>10^7 \text{ cm}^{-3}$, $\sim 300 \text{ K}$, $<0.05 \text{ pc}$, 10^5 yr .
- 円盤候補もあるが輝線(COM)の起源が不明。

Continuum Peak	Right Ascension	Declination	Size (") ^a	S_ν (Jy) ^b	T_{kin} (K) ^c	$N(\text{H}_2)$ (cm^{-2}) ^d	Mass (M_\odot) ^e
G35.20 A	18:58:12.948	+01:40:37.419	0.58	0.65	285	2.4×10^{25}	13.0
G35.20 B1	18:58:13.030	+01:40:35.886	0.61	0.19	160	6.4×10^{24}	3.8
G35.20 B2	18:58:13.013	+01:40:36.649	0.65	0.12	120	3.3×10^{24}	2.2
G35.20 B3	18:58:13.057	+01:40:35.442	0.58	0.08	300	2.5×10^{24}	1.4
G35.03 A	18:54:00.645	+02:01:19.235	0.49	0.21	275	1.1×10^{25}	4.4

- 円盤候補 G35.20 (2.2 kpc, $3e4 L_\odot$), G35.03 (2.32 kpc, $1.2e4 L_\odot$)
- ALMA Cycle 0, 350 GHz, 400以上の輝線。



- CH_3OH はCOMを作る高温ガスをダストより反映する。
- Bの中ではB3が最もリッチ。
- G35.20とG35.03で桁は同じ。



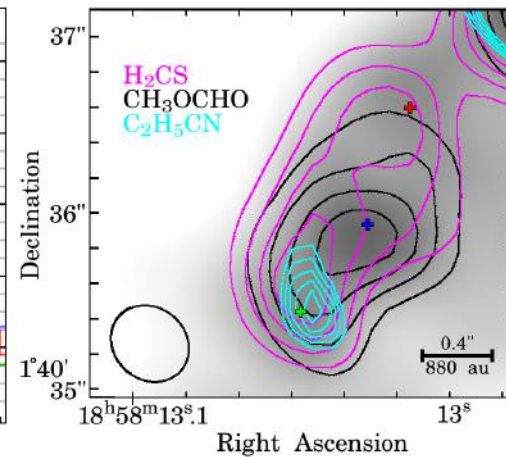
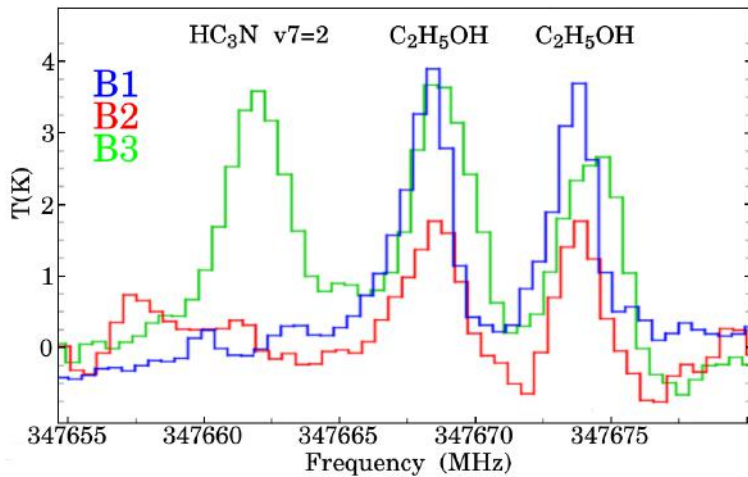
Chemical Segregation in Hot Cores With Disk Candidates

An investigation with ALMA

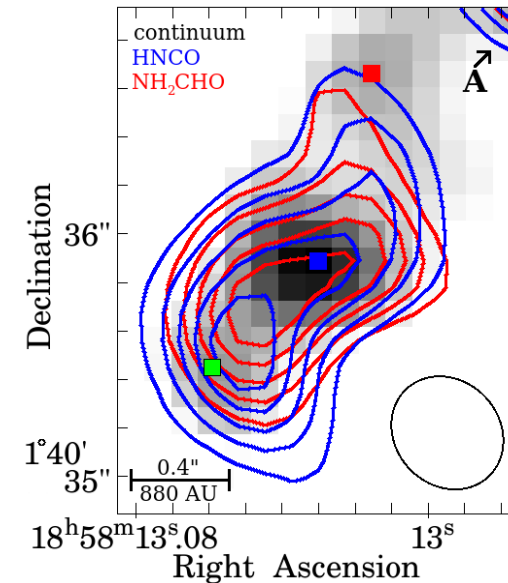
の続き

V. Allen^{1,2}, F. F. S. van der Tak^{1,2}, Á. Sánchez-Monge³, R. Cesaroni⁴, and M. T. Beltrán⁴

- Bは軸対称円盤ではなさそう。
- 1000 AU以下の化学セグレーションを初検出。
 1. 円盤分裂, 2. 連星, 3. disrupted disk

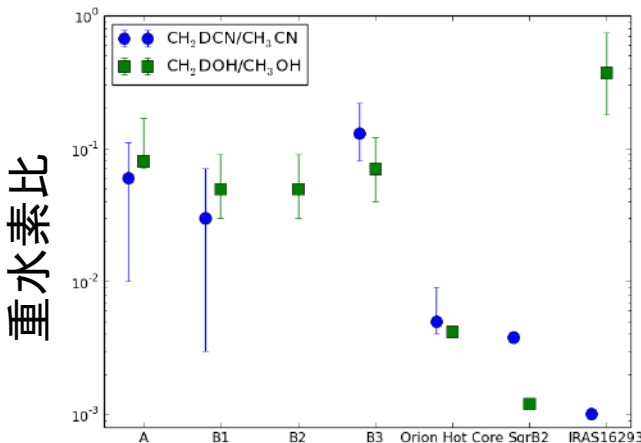


- HNCOとNH₂CHOは空間速度分布が一致。
→HNCOを経てNH₂CHO。



- 重水素比が大小質量より高い。
→COが凍結している若い段階。

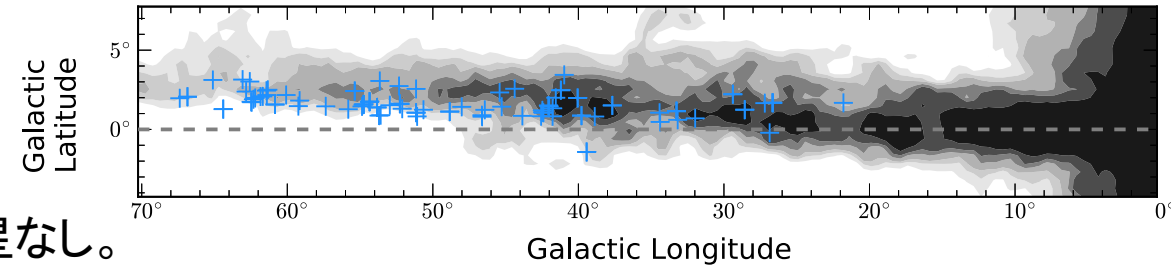
- 過去研究のN系とO系の違い。
- Orion KL: 近傍の別の星へ降着(エンカウント?)。G35.20に兆候なし。
- W3: 片方がHII領域、もう片方が分子流付きYSO。~7000 AUスケールだが可能性あり。
- AFGL2591: S, Nが中心星からのUVで光解離。G35.20ではNが外側。



High-mass Star Formation in the Outer Scutum–Centaurus Arm

W. P. Armentrout^{1,2}, L. D. Anderson^{1,2,3}, Dana S. Balser⁴, T. M. Bania⁵, T. M. Dame⁶, and Trey V. Wenger^{4,7}

- HII領域は大質量星~zero ageなのでまさに今の情報。
- 銀河面第1象限は歪んでいる(~4°; OSC Arm)ので遠くても見える。しかし、銀河面サーベイから漏れる。
- OSC Armの根本はバーから伸びており、OSCより外に大質量星なし。



- WISEカタログ、4000/6000が電波連続波なし、radio quiet。
- $20^\circ < l < 70^\circ$ $b = 0^\circ.375 + 0.075 \times \ell$. $V_{\text{LSR}} = -1.6 \text{ km s}^{-1} \text{ deg}^{-1} \times \ell$.
- VLAとGreen Bank Telescope。制動放射でHII領域を同定。 $\theta \sim 10''$, $\Delta V \sim 0.75 \text{ kms}^{-1}$ 。

Table 1
Observation Summary

Facility	# Sources	t_{int} (min)	ν (GHz)	Transition
VLA	65	4	8–10	Continuum H87 α – H93 α
GBT	75	6–36	22.2351	H ₂ O 6(1, 6) \rightarrow 5(2, 3)
			23.6945	NH ₃ (J, K) = (1, 1)
			23.7226	NH ₃ (J, K) = (2, 2)
			23.8701	NH ₃ (J, K) = (3, 3)

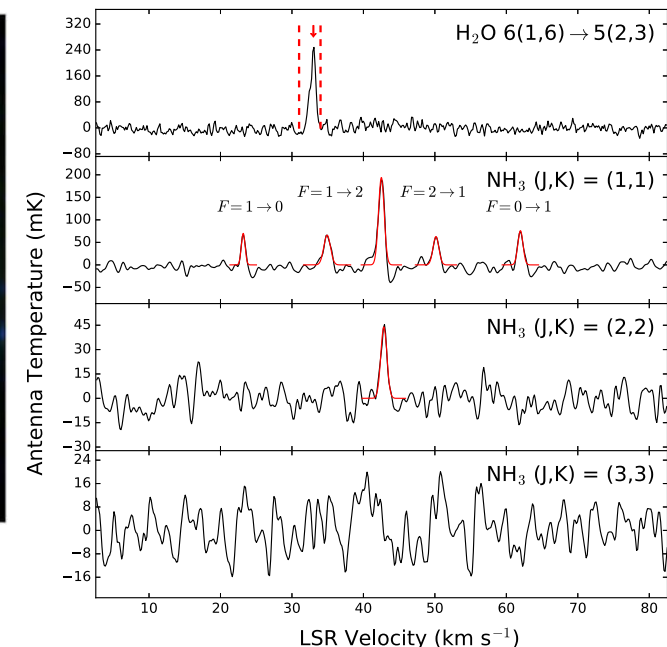
- 連続波 $\rightarrow N_{\text{Ly}} \rightarrow \text{SpT (モデル)}$

$$L_\nu = 4\pi \cdot 10^{-26} \left[\frac{D}{\text{m}} \right]^2 \left[\frac{S_{\text{int}}}{\text{Jy}} \right] [\text{W Hz}^{-1}].$$

$$N_{\text{Ly}} = 6.3 \times 10^{52} \left[\frac{T_e}{10^4 \text{ K}} \right]^{-0.45} \left[\frac{\nu}{\text{GHz}} \right]^{0.1} \times \left[\frac{L_\nu}{10^{20} \text{ W Hz}^{-1}} \right] [\text{s}^{-1}].$$

- 銀河回転モデルからアンモニアの力学距離。

結果の例。



High-mass Star Formation in the Outer Scutum–Centaurus Arm

の続き

W. P. Armentrout^{1,2}, L. D. Anderson^{1,2,3}, Dana S. Balser⁴, T. M. Bania⁵, T. M. Dame⁶, and Trey V. Wenger^{4,7}

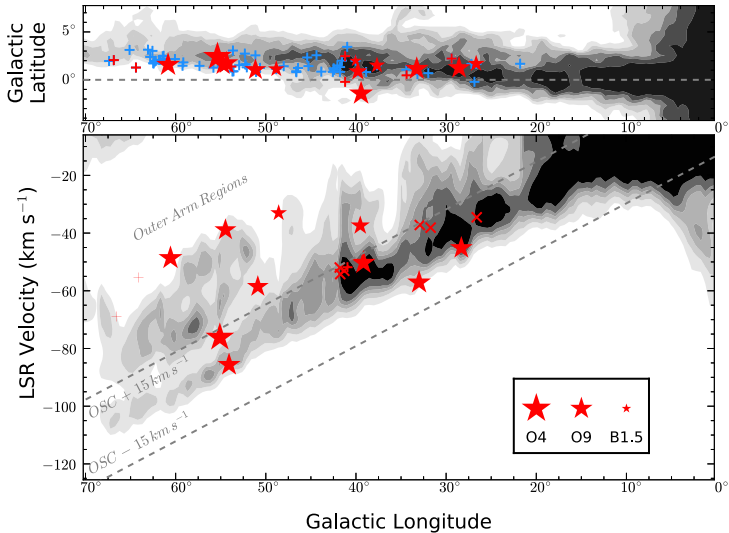
Table 5
Derived Region Parameters

Name	V_{LSR} (km s^{-1})	Brand				Reid				Note ^c
		R_{Gal} (kpc)	d_{\odot} (kpc)	$\text{Log}_{10}(N_{\text{Ly}})^a$ (s^{-1})	Spectral ^b Type	R_{Gal} (kpc)	d_{\odot} (kpc)	$\text{Log}_{10}(N_{\text{Ly}})^a$ (s^{-1})	Spectral ^b Type	
G026.417+01.683	42.55	5.93	3.05/12.18	45.77/46.98	B1.5/B0.5	6.57	2.23/12.99	45.50/47.03	B1.5/B0	NEW OSC
G028.320+01.243	−44.00	15.25	22.18	47.97	O8.5	16.43	23.41	48.02	O8.5	
G029.138+02.218	34.71	6.44	2.48/12.36	...	...	7.15	1.59/13.26	...	...
G033.007+01.150	−57.60	17.05	23.54	48.18	O8	18.31	24.84	48.23	O8	
G034.133+00.471	35.65	6.63	2.44/11.63	7.36	1.44/12.64	W, OSC
G037.419+01.513	42.13	6.49	2.83/10.68	45.77/46.92	B1.5/B0.5	7.20	1.73/11.78	45.34/47.01	B1.5/B0	
G039.183−01.422	−51.00	13.88	19.39	48.28	O8	15.01	20.61	48.33	O7.5	
G039.536+00.872	−38.50	12.05	17.32	47.33	B0	13.10	18.49	47.39	B0	
G039.801+01.984	29.31	7.09	1.99/11.07	44.91/46.40	B1.5/B1	7.86	0.85/12.21	44.18/46.48	B1.5/B1	NEW OSC
G040.954+02.473	−52.50	13.82	19.07	...	...	14.95	20.29	...	...
G048.589+01.125	−34.25	10.99	14.57	46.93	B0.5	11.99	15.78	47.00	B0.5	
G050.900+01.055	−59.00	13.40	17.03	47.78	O9	14.52	18.30	47.84	O9	
G053.580+01.387	39.44	7.00	3.56/6.53	7.77	1.37/8.72	W, OSC
G054.093+01.748	−85.30	16.99	20.52	48.06	O8.5	18.25	21.89	48.11	O8	
G054.490+01.579	−39.94	11.22	13.77	47.83	O9	12.23	15.03	47.91	O8.5	
G055.114+02.422	−76.10	15.26	18.43	49.28	O4	16.44	19.75	49.35	O4	
G060.592+01.572	−49.40	11.76	13.31	48.21	O8	12.80	14.62	48.29	O7.5	W
G064.151+01.282	−55.93	12.18	13.19	...	...	13.24	14.52	...	...
G066.607+02.060	−69.10	13.34	14.20	...	...	14.45	15.54	...	...

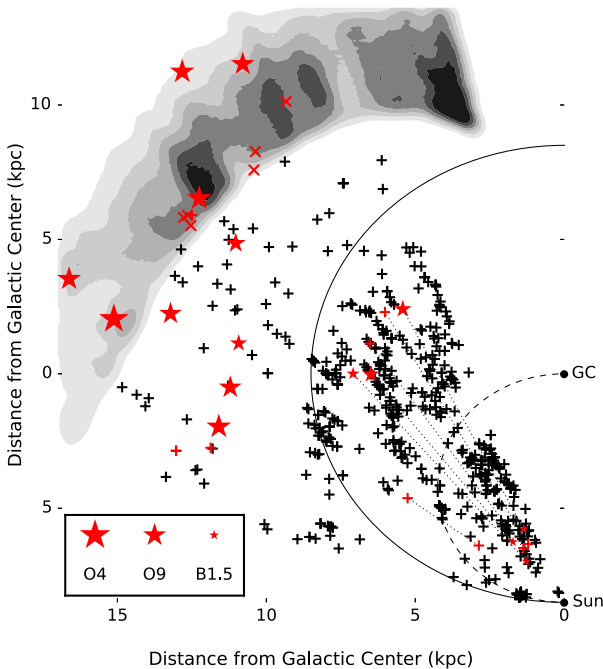
- 60%で連続波、20%で分子輝線。
→外縁は金属量と星形成率が小さいため。
- O4までいることがわかった。
- WISE radio quietで60%も連続波を検出。
→他の象限でも受かるだろう。

HI emission
mom 0

+: 連続波なし
x: 今回観測され
なかったHII



HI emission
(Brand model)
+: WISE HII
x: 既知HII
+: 連続波なし
点線: 距離が2解



First Millimeter Detection of the Disk around a Young, Isolated, Planetary-mass Object

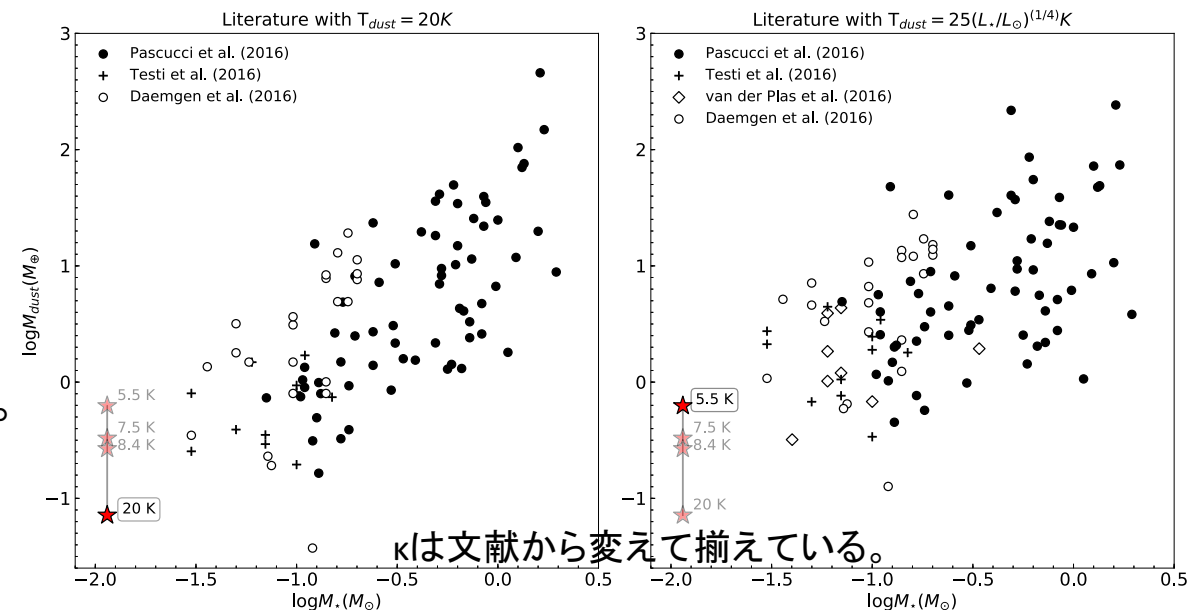
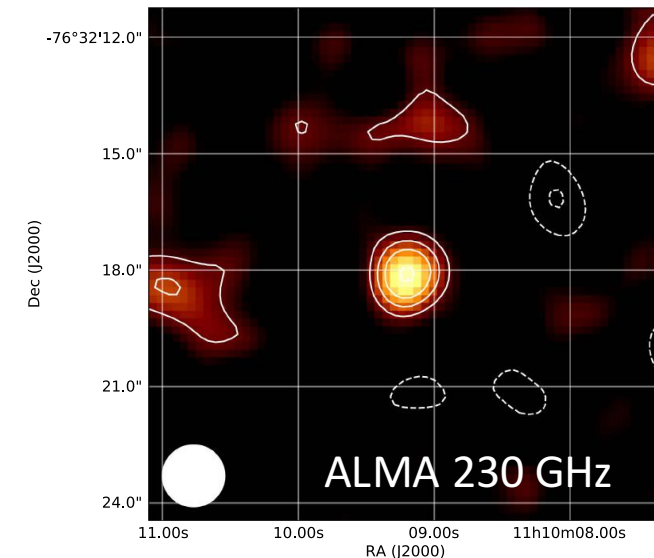
Amelia Bayo¹, Viki Joergens², Yao Liu^{2,3}, Robert Brauer⁴, Johan Olofsson^{1,2}, Javier Arancibia¹, Paola Pinilla⁵, Sebastian Wolf⁴, Jan Philipp Ruge⁴, Thomas Henning², Antonella Natta^{6,7}, Katharine G. Johnston⁸, Mickael Bonnefoy⁹, Henrik Beuther², and Gael Chauvin^{9,10}

- substellarの形成過程は不明。星形成物理量と M_* の関係が基本。
- BDは最近やられている。小さいスペクトル指数はダスト成長を示唆。
→substellarだとradial driftで成長できないという説と反対。
- OTS44: Cha I, M9.5, $M_*=6-17 M_J$,
- Spitzer/Herschelで円盤、VLTでPa β , $8e-12 \text{ Mo yr}^{-1}$,
- 赤外へのモデルは $M_{\text{dust}}=0.17M_E \rightarrow$ ミリ波が必要。

- ALMA Cycle 3, 224, 226, 240, 242 GHz, 1.6", 9.8 $\mu\text{Jy/beam}$ 。

$$M_{\text{dust}} = \frac{F_\nu \times d^2}{\kappa_\nu \times B_\nu(T_{\text{dust}})}, \quad T_{\text{dust}} = 25 \times (L_*/L_\odot)^{1/4} \text{ K}. \quad T_{\text{dust}} = 22 \times (L_*/L_\odot)^{0.16} \text{ K},$$

- $\kappa=2.3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ($\beta=0.4$)、温度は光度でスケールすると5.5 K, 星間輻射は7.5 K, スケール修正版(van der Plas+'16)だと8.4 K, 小質量星の典型は20 K, それぞれ
- $M_{\text{dust}}=0.07, 0.27, 0.33, 0.63 M_E$ 。
- 大きい側の $M_{\text{dust}}-M_*$ 関係に矛盾しない。
- しかし、ダストの性質に依存するのでBand 3でも観測する。

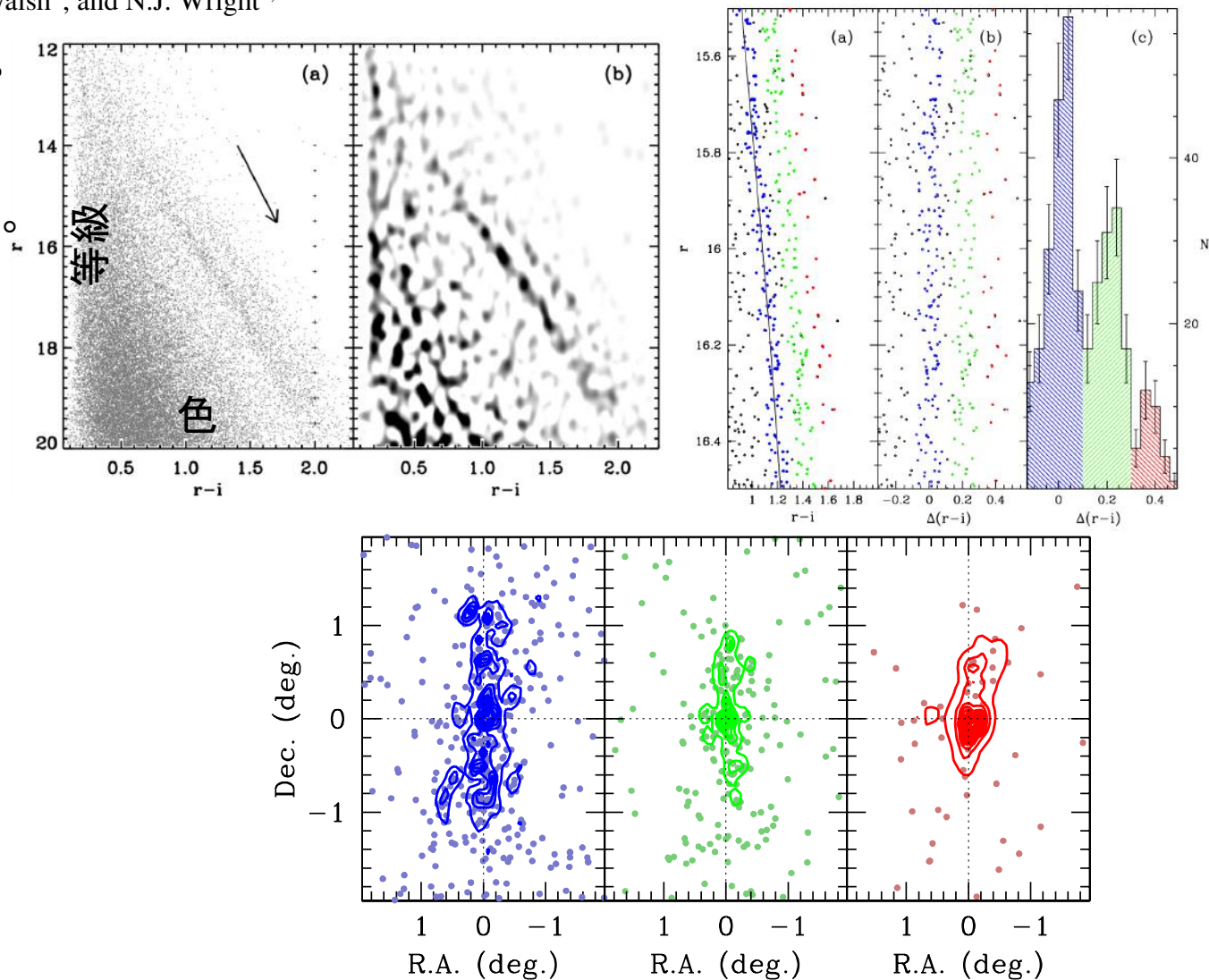


A Tale of Three Cities

OmegaCAM discovers multiple sequences in the color-magnitude diagram of the Orion Nebula Cluster

G. Beccari¹, M.G. Petr-Gotzens¹, H.M.J. Boffin¹, M. Romaniello^{1,12}, D. Fedele², G. Carraro³, G. De Marchi⁴,
W.-J. de Wit⁵, J.E. Drew⁶, V.M. Kalari⁷, C.F. Manara⁴, E.L. Martin⁸, S. Mieske⁵, N. Panagia⁹, L. Testi¹, J.S. Vink¹⁰,
J.R. Walsh¹, and N.J. Wright^{6,11}

- 星団の年齢幅は連続的な星形成か、降着の違いか。
- ONCは年齢幅~3 Myr。距離414 pc。
- チリの2.6 m VST, FoV=1 deg², 0.21" pix⁻¹, r, i bandとH α 。
- Accretion Discs in H α with OmegaCAM survey。
- 色等級図に3つPMSsを検出、Hartigan's dip test。
赤化ベクトルに沿うので赤化のせいではない。
- 空間分布は青がまばらに見える。
- Minimal Spanning Tree: 中心は同じでなくて良いが、completenessは同じと仮定。
- $MST_{blue}/MST_{green}=1.16$, 5 σ レベルで青の方がまばら。



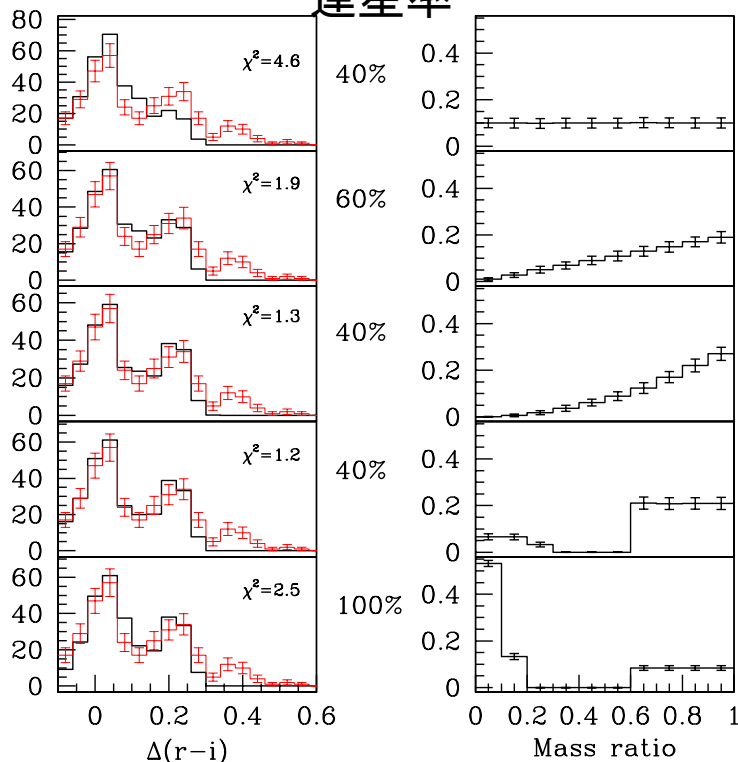
A Tale of Three Cities

OmegaCAM discovers multiple sequences in the color-magnitude diagram of the Orion Nebula Cluster

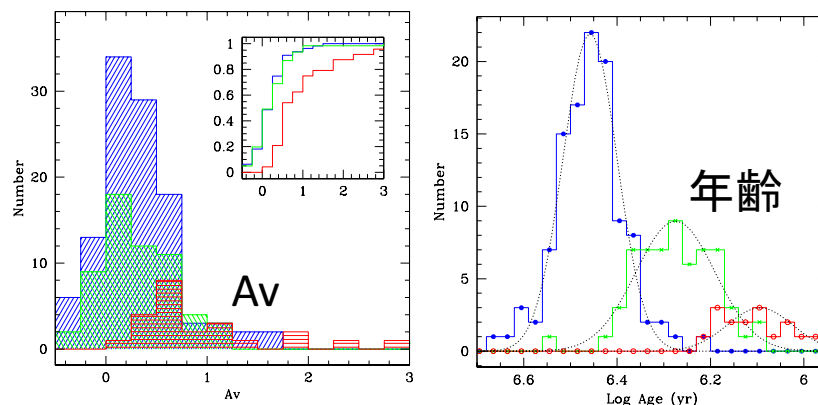
の続き

G. Beccari¹, M.G. Petr-Gotzens¹, H.M.J. Boffin¹, M. Romaniello^{1,12}, D. Fedele², G. Carraro³, G. De Marchi⁴, W.-J. de Wit⁵, J.E. Drew⁶, V.M. Kalari⁷, C.F. Manara⁴, E.L. Martin⁸, S. Mieske⁵, N. Panagia⁹, L. Testi¹, J.S. Vink¹⁰, J.R. Walsh¹, and N.J. Wright^{6,11}

観測、モデル 連星率

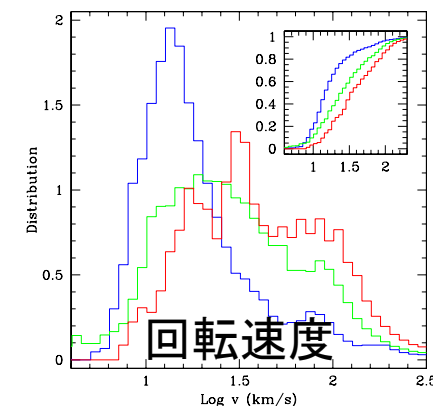


- 連星が単星として数えられる可能性。
- 光度 $L \rightarrow M$ - L 関係 $\rightarrow M \rightarrow$ 質量比 $f(q)$ を与える $\rightarrow qM$ を加えて色等級図に戻す。
- ほとんど $q > 0.6$ なら合うが、過去の研究に合わない。



	old	young	very young
Mean Log age (yr)	6.46 ± 0.06	6.27 ± 0.09	6.09 ± 0.07
Mean age (Myr)	2.87	1.88	1.24
1- σ age interval (Myr)	2.51–3.28	1.55–2.29	1.08–1.53
5–95% interval (Myr)	2.30–3.58	1.37–2.60	1.04–1.63
Rotational velocity (km/s)	14^{+6}_{-4}	25^{+25}_{-12}	35^{+36}_{-16}

- 赤(very young)は低 A_v が少ない \rightarrow 一番遠い。
- Da Rio+'16 (T_{eff} , $\log g$, $V \sin i$)による分光年齢を見ると、3 Myrの年齢幅を説明できる。
- さらに青(old)は回転速度が遅い。
 \rightarrow disk-lockingか。今後、降着との関連も調べる。



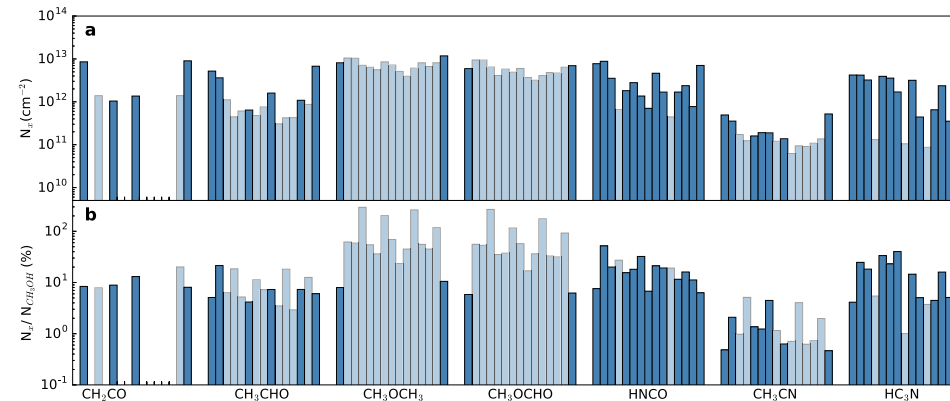
Complex Organic Molecules toward Embedded Low-mass Protostars*

Jennifer B. Bergner¹, Karin I. Öberg², Robin T. Garrod³, and Dawn M. Graninger²

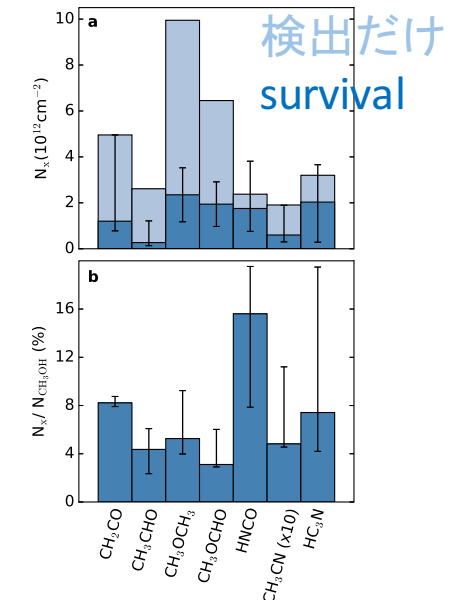
- 小質量星のCOM (水素リッチ 6原子以上)は生命の起源。
- ダスト表面で小さい飽和分子 (第0世代)
- 光解離でラジカル
- >30 Kで第1世代
- → 100-300 Kでガス反応 (第2世代)
- これまで14天体だがprestellar coreから水氷が溶ける段階まで。
- 大質量星より多い、少ない両方の予想。
- おもしろい天体だけでなくClass 0/I 16個を選んだ。
- 北半球、氷吸収、IRAM 30 m, 27"-21"
- 光学的に薄いLTEで柱密度。CH₃OHの柱密度は文献から。
- 上限値を使わず、検出値だけだと過大評価
- → survival analysis
- Kaplan-Meier推定(経過観察の中断など)...
- 全てを昇順にして、検出に挟まれた上限は小さい方の検出値とする(検出に上限で重み付け)。

Table 1
Source Information of the Complete 16-object c2d Embedded Protostar Sample with Ice Detections

Source	R.A. (J2000.0)	Decl. (J2000.0)	Cloud	L_{bol} L_{\odot}	M_{env} M_{\odot}	α_{IR}^a	$N(\text{CH}_3\text{OH})$ 10^{13} cm^{-2}	$N(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ice})})^a$ 10^{18} cm^{-2}	$X_{\text{CH}_3\text{OH}(\text{ice})}^b$ % H_2O	$X_{\text{NH}_3(\text{ice})}^b$ % H_2O	rms (mK)
B1-a ^c	03:33:16.67	31:07:55.1	Perseus	1.3 ^d	2.8 ^d	1.87	10.21 [3.24]	10.39 [2.26]	<1.9	3.33 [0.98]	3.6
B1-c	03:33:17.89	31:09:31.0	Perseus	3.7 ^d	17.7 ^d	2.66	1.69 [0.51]	29.55 [5.65]	<7.1	<4.04	5.5
B5 IRS1 ^c	03:47:41.61	32:51:43.8	Perseus	4.7 ^d	4.2 ^d	0.78	1.77 [0.46]	2.26 [0.28]	<3.7	<2.09	7.0
HH 300	04:26:56.30	24:43:35.3	Taurus	1.27 ^e	0.03 ^f	0.79	0.24 [0.10]	2.59 [0.25]	<6.7	3.46 [0.90]	5.8
IRAS 03235+3004 ^c	03:26:37.45	30:15:27.9	Perseus	1.9 ^d	2.4 ^d	1.44	1.17 [0.08]	14.48 [2.26]	4.2 [1.2]	4.71 [1.00]	4.2
IRAS 03245+3002	03:27:39.03	30:12:59.3	Perseus	7.0 ^d	5.3 ^d	2.70	1.54 [0.29]	39.31 [5.65]	<9.8	<4.40	3.7
IRAS 03254+3050	03:28:34.51	31:00:51.2	Perseus	...	0.3 ^d	0.90	...	3.66 [0.47]	<4.6	6.66 [1.37]	3.9
IRAS 03271+3013	03:30:15.16	30:23:48.8	Perseus	0.8 ^d	1.2 ^d	2.06	0.42 [0.04]	7.69 [1.76]	<5.6	6.37 [1.86]	4.8
IRAS 04108+2803 ^c	04:13:54.72	28:11:32.9	Taurus	0.62 ^e	...	0.90	1.04 [0.44]	2.87 [0.4]	<3.5	4.29 [1.03]	4.0
IRAS 23238+7401	23:25:46.65	74:17:37.2	CB244	...	...	0.95	2.19 [1.01]	12.95 [2.26]	<3.6	<1.24	2.7
L1014 IRS	21:24:07.51	49:59:09.0	L1014	...	...	1.28	0.88 [0.56]	7.16 [0.91]	3.1 [0.8]	5.20 [1.43]	2.8
L1448 IRS1	03:25:09.44	30:46:21.7	Perseus	17.0 ^d	16.3 ^d	0.34	0.23 [0.04]	0.47 [0.16]	<14.9	<4.15	3.7
L1455 IRS3	03:28:00.41	30:08:01.2	Perseus	0.32 ^d	0.2 ^g	0.98	1.46 [0.88]	0.92 [0.37]	<12.5	6.21 [3.51]	3.9
L1455 SMM1	03:27:43.25	30:12:28.8	Perseus	3.1 ^d	5.3 ^d	2.41	1.48 [0.76]	18.21 [2.82]	<13.5	<8.29	4.1
L1489 IRS ^c	04:04:43.07	26:18:56.4	Taurus	3.7 ^e	0.1 ^h	1.10	0.69 [0.14]	4.26 [0.51]	4.9 [1.5]	5.42 [0.96]	5.4
SVS 4-5 ^c	18:29:57.59	01:13:00.6	Serpens	38 ⁱ	...	1.26	11.19 [4.29]	5.65 [1.13]	25.2 [3.5]	~4.3	3.9



柱密度(上)、CH₃OHとの比%(下)
検出、上限

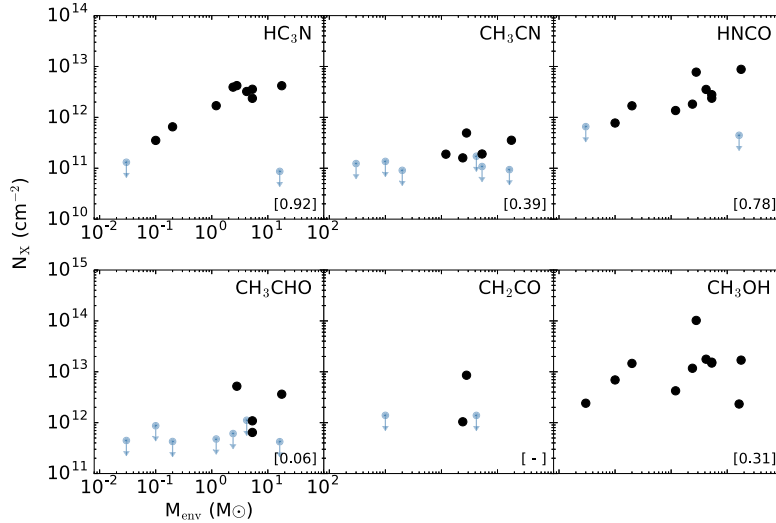


Complex Organic Molecules toward Embedded Low-mass Protostars*

の続き

Jennifer B. Bergner¹, Karin I. Öberg², Robin T. Garrod³, and Dawn M. Graninger²

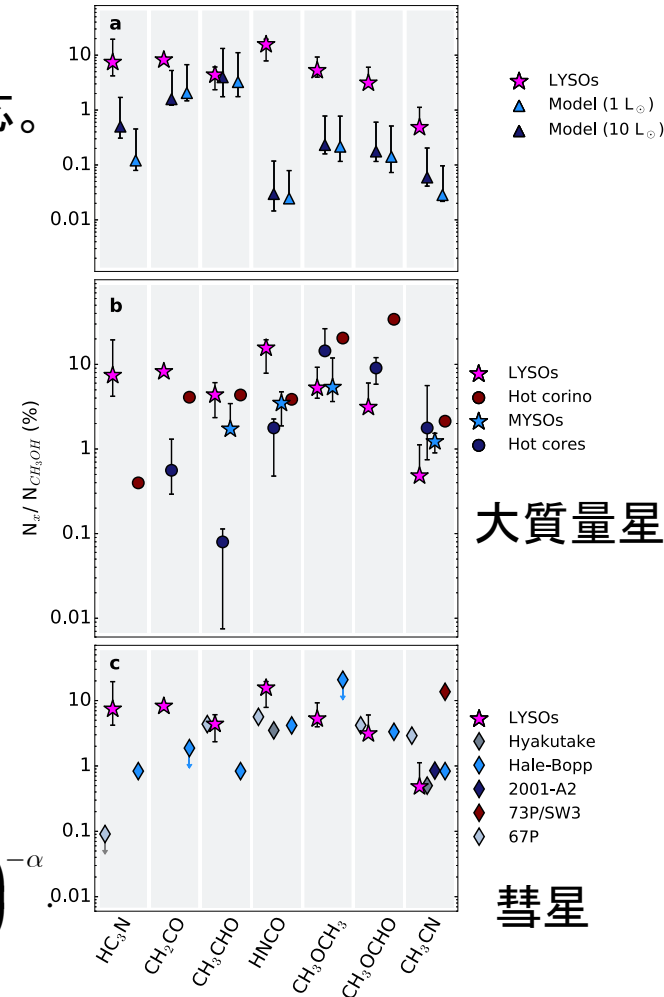
- M_{env} との相関。HC₃N: cold envelopeで反応。
CH₃CN: 高温反応、HNCO: 両温度。CH₃OH: ダスト反応。



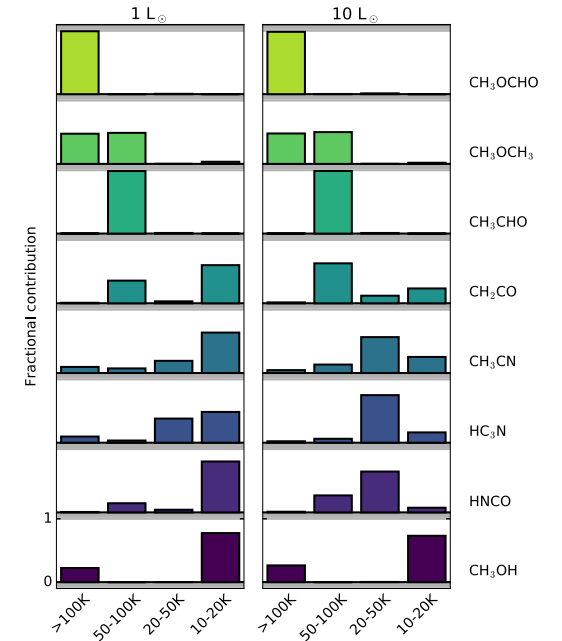
- モデル。
- $q=2/5$, $n_{1000}=1\text{e}6\text{ cm}^{-3}$, $\alpha=1.5$, $T=10\text{-}250\text{ K}$ 。

$$T(r) = 60 \left(\frac{r}{2 \times 10^{15} \text{ m}} \right)^{-q} \left(\frac{L_{\text{bol}}}{10^5 L_{\odot}} \right)^{q/2} \text{ K}, \quad n_{\text{H}}(r) = n_{1000 \text{ au}} \left(\frac{r}{1000 \text{ au}} \right)^{-\alpha}$$

- HNCO以外は桁では観測と同じ。
- HNCOの反応率を上げるべき(Belloche+'17)。
- CH₃OHが系統的に高いのは外側でoveractive chemical desorption(?)。



- 大質量星とはおよそ同じ。
- 彗星とも同じなので太陽は典型的。
- HC₃NとCH₂COは後期になくなるかも。



- 反応温度分布。
cf., 回転温度 CH₃OH~8 K,
CH₂CO~8 K, CH₃CHO~8 K,
CH₃OCHO~16 K, CH₃CN~27 K,
HC₃N~14 K, HNCO~14 K。
HC₃N以外はnon LTE。