SFN 335 #29 - #35 西合 一矢 (国立天文台)

2021/2/12発表

29. On the Diversity of Asymmetries in Gapped Protoplanetary Disks
Nienke van der Marel et al.

30. Striations, integrals, hourglasses and collapse - thermal instability driven magnetic simulations of molecular clouds
C. J. Wareing, J. M. Pittard and S. A. E. G. Falle

31. The JCMT BISTRO survey: alignment between outflows and magnetic fields in dense cores/clumps
Hsi-Wei Yen et al.

32. Kinematical signs of dust trapping and feedback in a local pressure bump in the protoplanetary disk around HD 142527 revealed with ALMA
Hsi-Wei Yen and Pin-Gao Gu

33. Multi-epoch SMA observations of the L1448C(N) protostellar SiO jet
Tomohiro Yoshida, Tien-Hao Hsieh, Naomi Hirano, and Yusuke Aso

34. An X-ray View of Two Infrared Dark Clouds G034.43+00.24 and G035.39-00.33
Hanbo Yu, Junfeng Wang, and Jonathan C. Tan

35. Confirming the Explosive Outflow in G5.89 with ALMA
Luis A. Zapata et al.

On the Diversity of Asymmetries in Gapped Protoplanetary Disks

Nienke van der Marel, Til Birnstiel, Antonio Garufi, Enrico Ragusa, Valentin Christiaens, Daniel Price, Steph Sallum, Dhruv Muley, Logan Francis, Ruobing Dong

Submitted to AJ http://arxiv.org/abs/2010.10568v2

原始惑星系円盤の中心星付近に大きなcavityを持つTransition Diskは惑星や連星コンパニオンを付随していると思われてる。そのような円盤にはリング構造と非軸対称構造が見られる。本研究では、このような構造形成のメカニズムを調べるためにALMA archiveにある16のTransition Diskのダストとガスの構造を統計的に調べた。結果は、平均的にはガス円盤のcavity半径はダスト円盤のcavity半径のおよそ半分であった。これは15木星質量以上の惑星による構造形成を示唆している。また、高いStokes数の円盤(ガス密度の低い円盤)の方が統計的に高い非軸対称構造率であった。一方、非軸対称構造率の進化段階依存性ははっきりしなかった。

Transition Disk

- 大きなinner dust cavity (>20au)がある原始惑星系円盤を*Transition Disk (遷移円盤)*と呼ぶ
- この大きなinner cavity形成は重い惑星orコンパニオンによるclearingとpressure bumpsによるdust trappingによる形成モデル有力である(他にphotoevaporationシナリオやdead zoneシナリオがあるが、 それぞれ大きな質量降着率や深いギャップ形成の説明が困難である)。
- Inner cavity半径はダスト円盤とガス円盤では異なることが知られている。

非軸対称構造

- 38の原始惑星系円盤を用いた研究では24%に非軸対称構造が見られた(Francis & van der Marel 2020)
- 非軸対称構造は方位角方向のdust trapで説明され、その原因は*ロスビー波不安定*(Barge & Sommeria 1995)による長寿命な高気圧渦や惑星・連星により引き起こされた*horseshoesでの物質蓄積*(Ragusa et al. 2017)の2つが有力。
  * 他にEccentric Disk説があり、交通渋滞により構造を説明するものだが多くが観測に合わないので除外。
- *渦*や*horseshoes*による非軸対称構造形成モデルは、円盤のストークス数などより影響される。

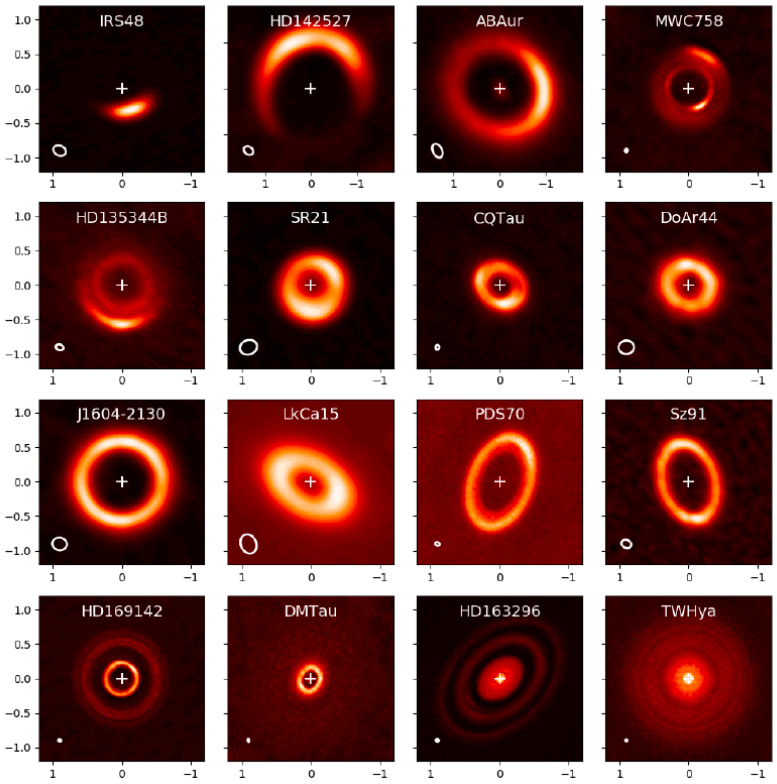


Figure 1. Gallery of ALMA continuum images at Band 6 or 7 of the disks in the sample of this study. The maps of HD 142527 and AB Aur are zoomed out compared to the others because of their size. Details of the observations can be found in Table 2.

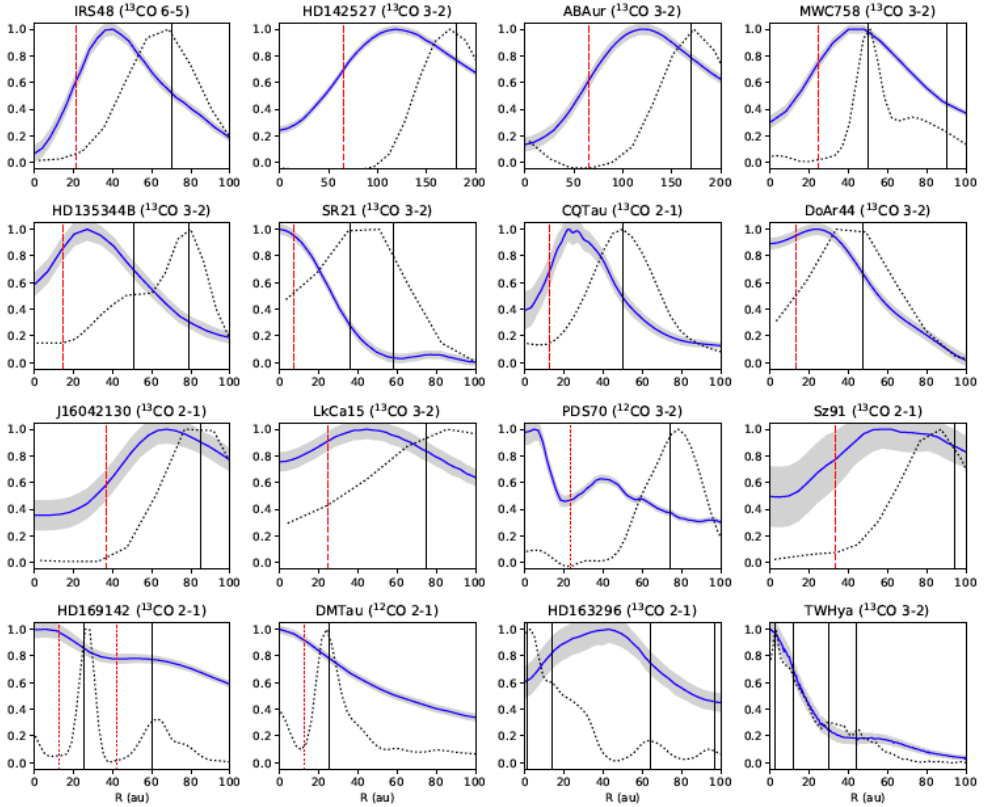


Fig 3.CO(sold)とdust(dashed)の半径分布

^{13}COマップから導出されるガスギャップ半径は、ダストリング半径よりも約2倍小さい傾向がある。
➔ コンパニオンによりギャップが形成されたとすると、これは質量領域が15MJup以上にあることを示唆している (Facchini et al. 2018)。

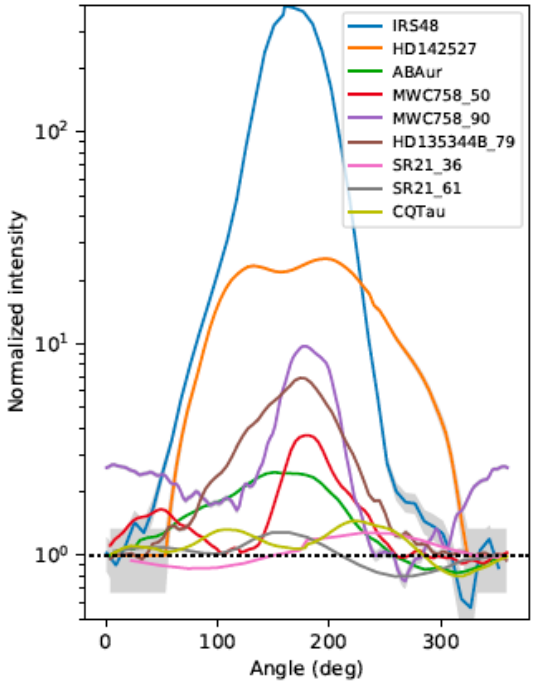
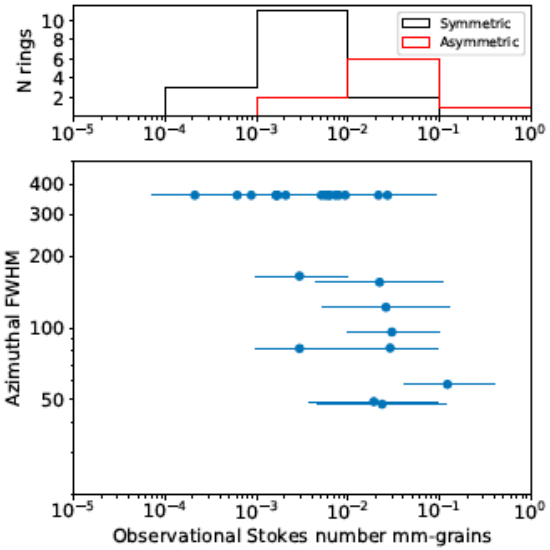


Fig 2. ダストの非軸対称分布



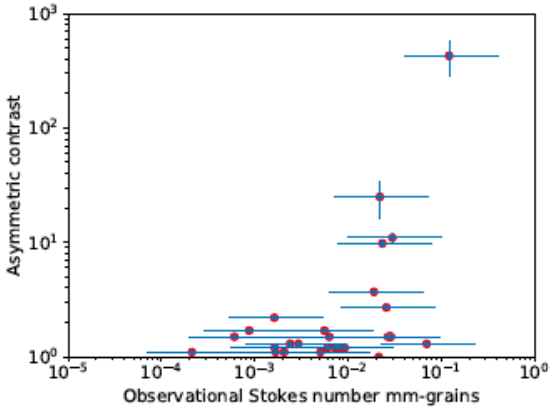


Fig 7. Stokes数と非軸対称性

式4

$$St_{obs} = \frac{\lambda_{\rm obs}\rho_s}{4\Sigma_{\rm gas}(R_{\rm dust})} \quad \leftarrow St = \frac{a_{grain}\rho_s\pi}{2\Sigma_{\rm gas}}$$

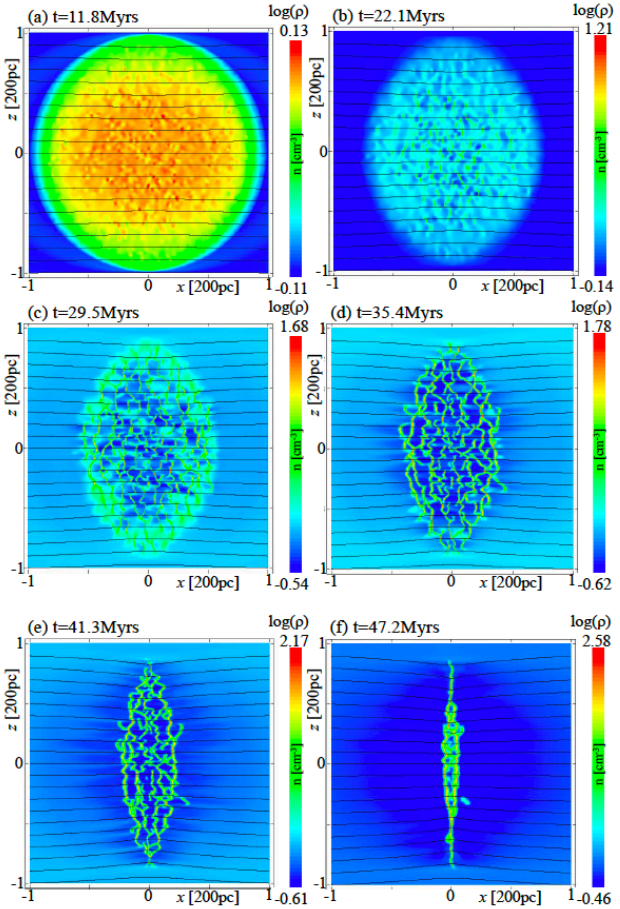
$St_{\rm obs} > 10^{-2}$という高いStokes数の円盤にのみダスト非軸対称構造が見られる。高いStokes数の円盤はガス密度の低い円盤に対応（see 式4）
➔ 圧力バンプにおけるガス密度が低い円盤では、非軸対称構造が見えるようになるから？

Striations, integrals, hourglasses and collapse - thermal instability driven magnetic simulations of molecular clouds

C. J. Wareing[1⋆], J. M. Pittard[1] and S. A. E. G. Falle[2]
[1]*School of Physics and Astronomy, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, U.K.*
[2]*School of Mathematics, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, U.K.*

ABSTRACT

The MHD version of the adaptive mesh refinement (AMR) code, MG, has been employed to study the interaction of thermal instability, magnetic fields and gravity through 3D simulations of the formation of collapsing cold clumps on the scale of a few parsecs, inside a larger molecular cloud. The diffuse atomic initial condition consists of a stationary, thermally unstable, spherical cloud in pressure equilibrium with lower density surroundings and threaded by a uniform magnetic field. This cloud was seeded with 10% density perturbations at the finest initial grid level around n=1.1 cm^{-3} and evolved with self-gravity included from the outset. Several cloud diameters were considered (100 pc, 200 pc and 400 pc) equating to several cloud masses (17,000 $\mathrm{M}_{\odot}$, 136,000 $\mathrm{M}_{\odot}$ and 1.1×10^{6} $\mathrm{M}_{\odot}$). Low-density magnetic-field-aligned striations were observed as the clouds collapse along the field lines into disc-like structures. The induced flow along field lines leads to oscillations of the sheet about the gravitational minimum and an integral-shaped appearance. When magnetically supercritical, the clouds then collapse and generate hourglass magnetic field configurations with strongly intensified magnetic fields, reproducing observational behaviour. Resimulation of a region of the highest mass cloud at higher resolution forms gravitationally-bound collapsing clumps within the sheet that contain clump-frame supersonic ($M \sim 5$) and super-Alfvénic ($M_{\mathrm{A}} \sim 4$) velocities. Observationally realistic density and velocity power spectra of the cloud and densest clump are obtained. Future work will use these realistic initial conditions to study individual star and cluster feedback.



Cloud衝突などの外的な要因なしで平衡状態にある数pcスケールのdiffuse cloud (n = 1.1 cm^{-3})が、thermal instabilityを経て重力崩壊構造を作る過程を調べた。結果は、低密度における磁力線に沿っての落下により、最終的には波状のシート構造が形成される。これは星形成を起こすのに十分な低温・高密度であり、最も重いclumpは重力不安定を起こしている。またこれらのcloudは磁場強度の観測(Crutcher 2012)とも矛盾しない。

The JCMT BISTRO survey: alignment between outflows and magnetic fields in dense cores/clumps

Hsi-Wei Yen,[1] Patrick M. Koch,[1] Charles L. H. Hull,[2,3,4] Derek Ward-Thompson,[5] Pierre Bastien,[6] Tetsuo Hasegawa,[7] Woojin Kwon,[8,9] Shih-Ping Lai,[10,1] Keping Qiu,[11,12] Tao-Chung Ching,[13,14] Eun Jung Chung,[15] Simon Coudé,[16] James Di Francesco,[17,18] Pham Ngoc Diep,[19] Yasuo Doi,[20] Chakali Eswaraiah,[13,14] Sam Falle,[21] Gary Fuller,[22] Ray S. Furuya,[23,24] Ilseung Han,[9,25] Jennifer Hatchell,[26] Martin Houde,[27] Shu-ichiro Inutsuka,[28] Doug Johnstone,[17,18] Ji-hyun Kang,[9] Miju Kang,[9] Kee-Tae Kim,[9,25] Florian Kirchschlager,[29] Jungmi Kwon,[30] Chang Won Lee,[9,25] Chin-Fei Lee,[1] Hong-Li Liu,[31,32,33] Tie Liu,[34] A-Ran Lyo,[9] Nagayoshi Ohashi,[1] Takashi Onaka,[35,30] Kate Pattle,[36] Sarah Sadavoy,[37] Hiro Saito,[38] Hiroko Shinnaga,[39] Archana Soam,[16] Mehrnoosh Tahani,[40] Motohide Tamura,[30,41,42] Ya-Wen Tang,[1] Xindi Tang,[43] and Chuan-Peng Zhang[14,13]

http://arxiv.org/abs/2011.06731v1

近傍星形成領域における62個の低質量原始星の分子流の方向を、コア(0.05～0.5pc)の磁場の平均配向と比較した。データはBISTRO Surveyを用いた。それらの角度は15° から 35°の間にピークを持った。投影効果を考慮すると、分子流と磁場方向のズレは50度±15度となる。それらとT_{bol}の間に相関関係は見られなかった。また、さらに小さなスケール(1000～3000 au)の磁場は、大きなスケールの磁場よりも分子流に対してより不整合であることもわかった。コア形成の乱流MHDシミュレーションと比較すると観測結果は、磁場中のエネルギー密度とガスの乱流が同等であるモデルにあう。また、円盤と磁場のミスアラインメントは磁気ブレーキ効率を低下させるが、今回の結果だけではる観測されている大きなケプラー円盤を説明するには不十分である。

観測

- 磁場: JCMT large program “B-fields In STar-forming Region Observations” (BISTRO, Ward-Thompson et al. 2017)
  * polarized thermal dust continuum emission at 850 μ m and 450 μ m
- 原始星の分子流や円盤データ: いろいろなアーカイブデータ

サンプル

JCMT BISTRO suveyで観測されている450pc以内の 星形成分子雲(Taurus, Perseus, Ophiuchus, and Serpens Main)にあるClass 0/1原始星62天体 (see Table 1) L1448 IRS2、NGC1333, Per-emb, L1527、VAL1623,など。

右図: JCMT 850micron Stokes-Iマップ
+ 磁場方向(オレンジ) and アウトフロー方向(矢印) をプロット

中図:磁場のPA分布(黒)と分子流PA(赤)、
黒縦破線はコア平均の磁場PA

＊Core全体の平均を知るために、coreを*clumpfind*を用いて定義した(*850micron Stokes-Iマップの緑領域*)

右図:磁場のPAの原始星からの距離依存性

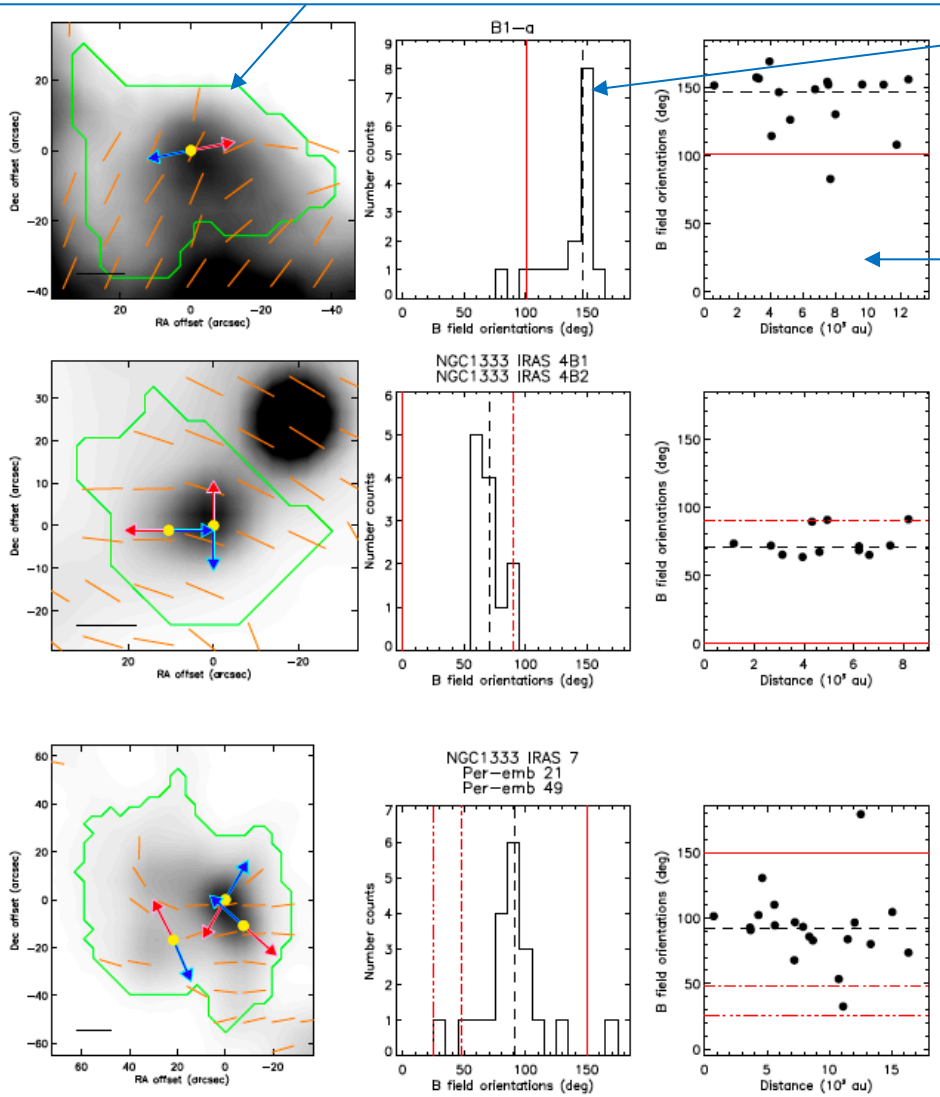


Fig 3. 磁場と分子流の方向

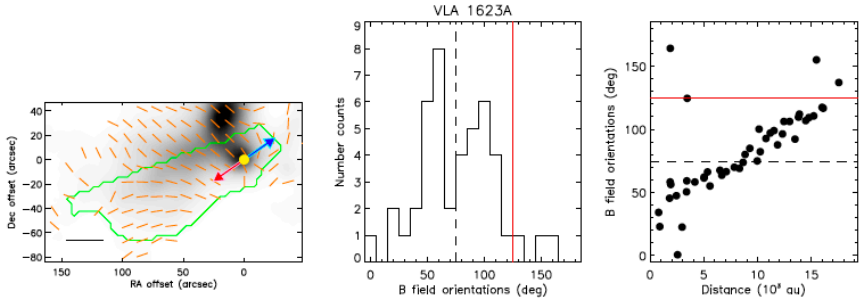


Fig 4. 磁場と分子流の方向 VLA1623A

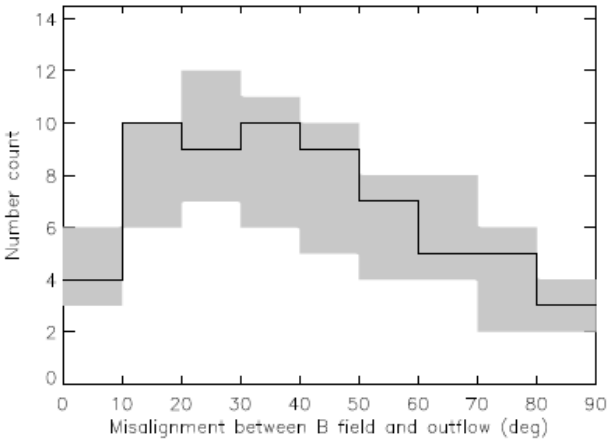


Figure 5. Distribution of the misalignment angles between the outflow orientations and the mean magnetic field orientations in the dense cores and clumps (thick step curve). Gray area presents the 1σ uncertainty of the distribution, assuming that there is a 10° uncertainty in each measurement of the misalignment. We note that

磁場とコア平均の方向のズレは
15° ～ 35°の間にピーク

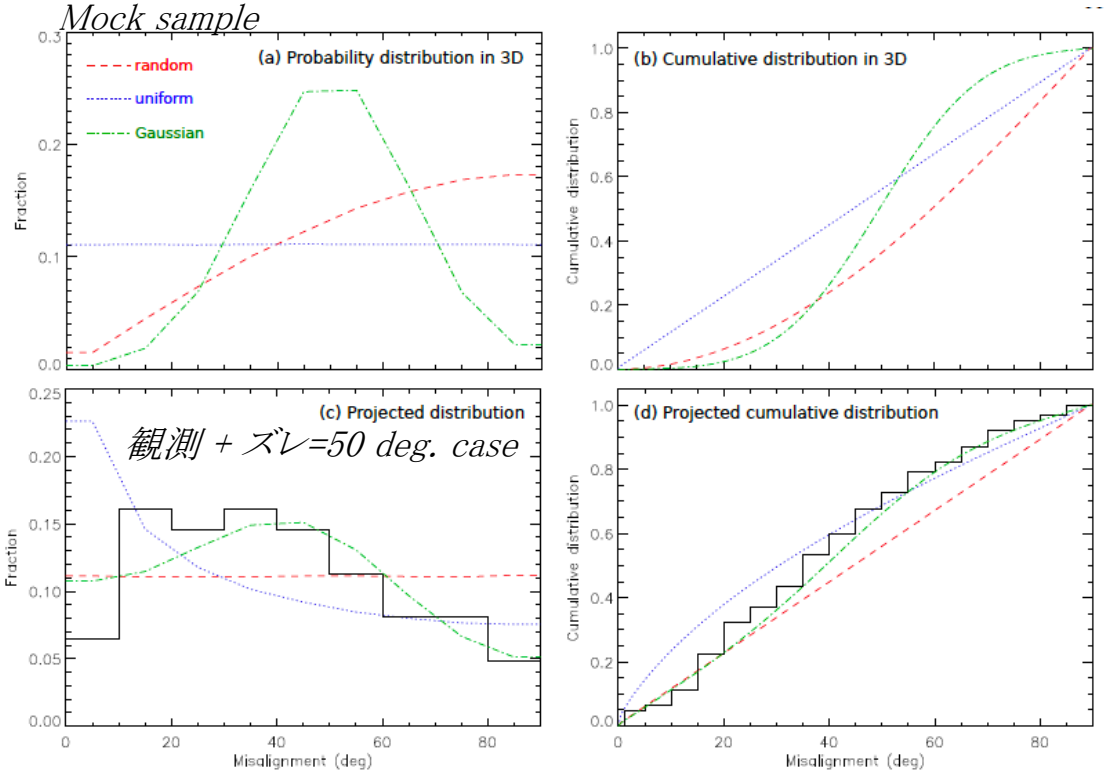


Figure 6. (a) Distributions of the misalignment angles in the 3D space in our mock samples. (b) Cumulative distributions of the 3D misalignment angles in our mock samples. (c) Distributions of the misalignment angles projected onto the plane of the sky in our mock samples in comparison with the observed distribution. (d) Cumulative distributions of the projected misalignment angles in our mock samples in comparison with the observations. Blue dotted and green dashed-dotted curves show the cases where the probability distributions of the 3D misalignment is uniform and a Gaussian function, respectively. This Gaussian function has a center at 50° and a 1σ dispersion of 15°. Red dashed curves show the case where two vectors are randomly oriented with respect to each other in the 3D space. The observed distributions are shown in black solid step curves. The bin size in (a) and (c) is 10°. The step size of the observed cumulative distribution in (d) is 5°.

投影効果を考慮すると、分子流と磁場方向の3次元での方向のズレは50度±15度とすると傾向が説明される。

その他の傾向

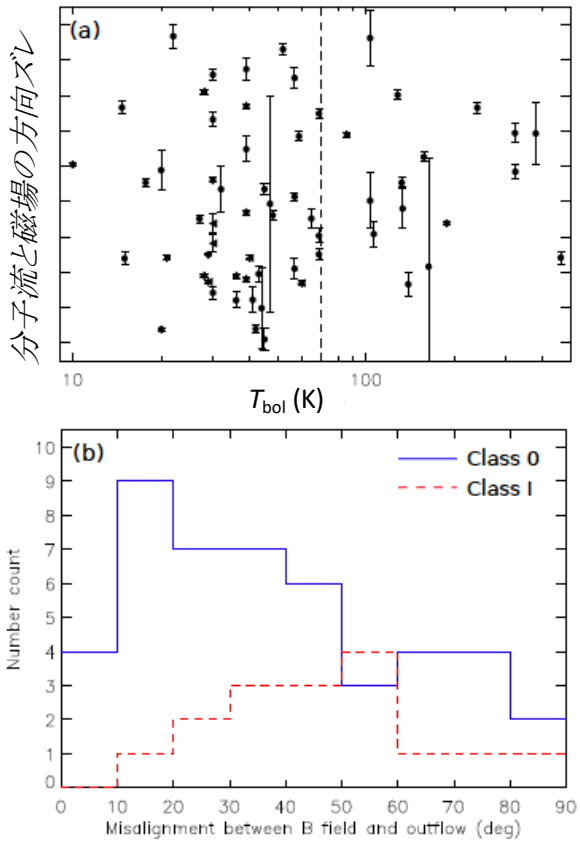


Fig 7. 原始星進化段階による影響

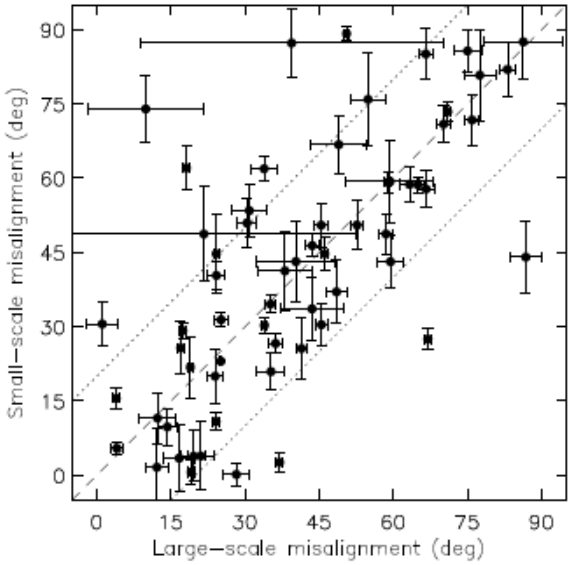


Figure 8. Comparison of the misalignment between the outflows and the magnetic field orientations on two different scales. The vertical axis shows the angles between the outflows and the small-scale (1000–3000 au) magnetic fields, and the horizontal axis shows the angles between the outflows and the large-scale (0.05–0.5 pc or 10^4–10^5 au) magnetic fields. Two dotted lines denote angle difference of ±20°. Horizontal error bars present the uncertainties in the mean magnetic field orientations from the error propagation of the uncertainties of the individual polarization detections. For several sources, the horizontal error bars are smaller than the symbol size. Vertical error bars are the uncertainties in the polarization angles of the detections closest to the protostars.

原始星進化段階による影響
- *分子流と磁場の方向ズレとT_{bol}には関係なし、*
- *Class分類別の比較では、若い(Class 0)の方がズレが小さい？ ただし、Class 1のサンプルが不足*

原始星からの距離による影響
- *わずかに(10%–20%)程度、small scaleの方が方向のズレが小さい傾向*

議論

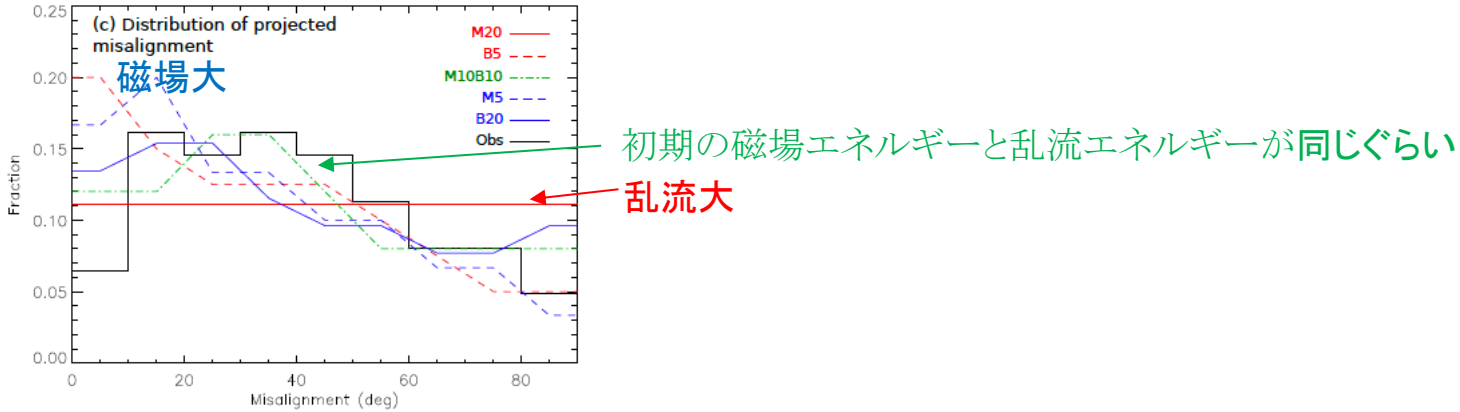
過去の観測研究との比較

- Hull et al. (2013、2014) 20～30 低質量原始星、CARMA観測 (数100au～数1000 auのスケール)
  原始星エンベロープ内の磁場は分子流方向に対してランダム分布
- Galametz et al. (2018) 12低質量 原始星、SMA観測 (～数1000 auのスケール)
  原始星エンベロープ内の磁場は分子流方向に対して揃ってるか大きくズレているのか二極化分布

➔ 今回の結果はこれらと異なる。過去の観測が干渉計であったことが原因？

数値シミュレーション研究との比較

- 初期に磁場エネルギーと乱流エネルギーが同じぐらいだと今回の結果と合う。



- 観測では半径が30～50 auを超える大きな原始星ガス円盤割合は、> 30%～60%。
  今回の角度ズレをコア回転軸と磁場方向のズレとだと考えて原始星ガス円盤のサイズが説明できるのか考察すると、Magnetic Breakingが大きすぎて(角度のズレがまだ小さすぎて) 円盤サイズの観測結果を説明できない。

Kinematical signs of dust trapping and feedback in a local pressure bump in the protoplanetary disk around HD 142527 revealed with ALMA

Hsi-Wei Yen[1] and Pin-Gao Gu[1]

ABSTRACT

We analyzed the archival data of the continuum emission at six wavelengths from 3 to 0.4 mm and ^{13}CO and C^{18}O (1–0, 2–1, and 3–2) lines in the protoplanetary disk around HD 142527 obtained with the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array. We performed fitting to the spectral energy distributions obtained at the six wavelengths with the gray-body slab models to estimate the distributions of the dust surface density and spectral index of dust absorption coefficient β. We also estimated the distribution of the gas column density by fitting the C^{18}O spectra and measured the disk rotation by fitting the Keplerian disk models to the C^{18}O data. We found super- and sub-Keplerian rotation inside and outside the dust ring in the northwest in the HD 142527 disk, suggestive of the presence of a local pressure bump. In comparison with our estimated dust and gas distributions, the location of the pressure bump is coincident with the region showing a three times higher dust density and a three times lower gas-to-dust mass ratio than the mean values in the disk, suggesting dust trapping in the pressure bump. Nevertheless, there is no correlation between our derived β distribution and the location of the pressure bump. In addition, we found that the width of the dust ring is comparable or larger than the width of the pressure bump, which could suggest that dust feedback is significant in the pressure bump.

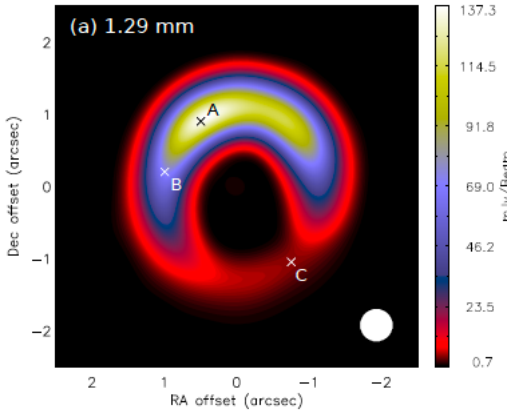


Fig 1. HD142527 ダスト連続波

遷移円盤 HD142527のALMA archiveデータ(3～0.4 mmの6 波長と^{13}COおよびC^{18}O) を用いて、圧力バンプ付近の力学構造を調べた。ディスクの北西にあるダストリングの内側と外側で、超ケプラー回転とサブケプラー回転の遷移を見つけた。これは圧力バンプの存在を示唆している。圧力バンプの位置はディスクの平均値よりも3倍高いダスト面密度と3倍低いガス対ダスト質量比を示す領域と一致しているが、ダスト β 分布と圧力バンプ位置との間には相関関係が見られなかった。これは、圧力バンプでダストフィードバックが重要であることを示唆している可能性がある。

次項に続く

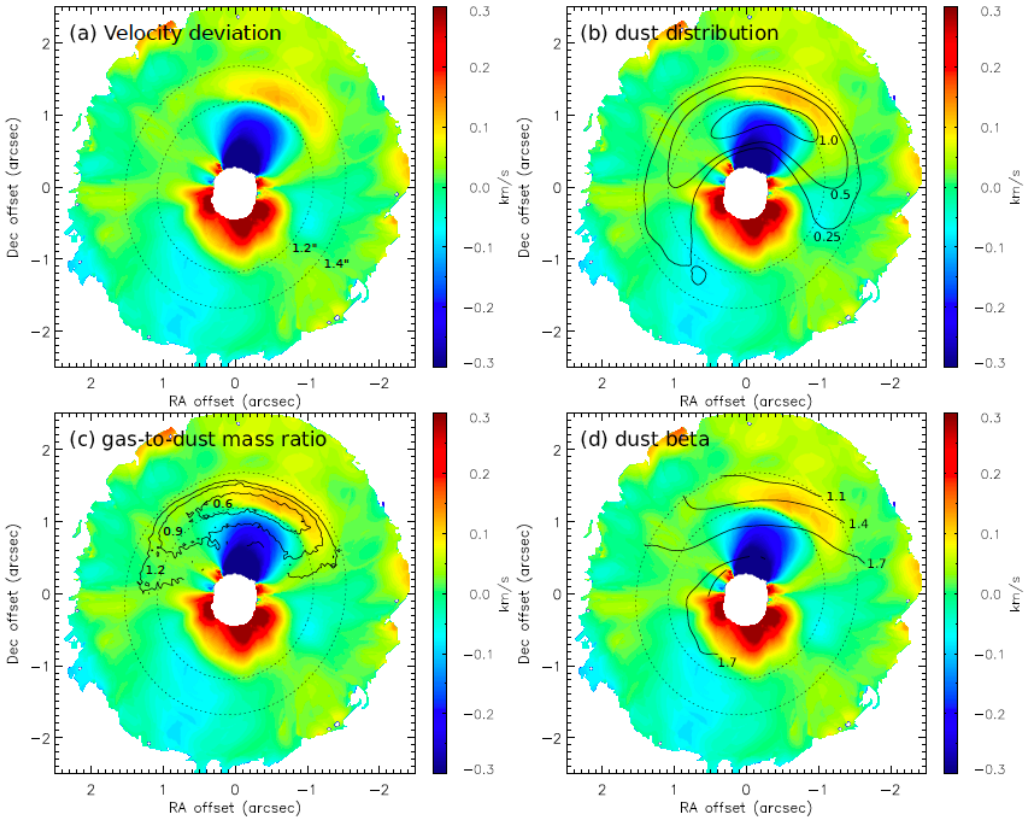


Figure 7. Color scale maps show the velocity deviation from the circular Keplerian rotation detected in the $C^{18}O$ (2–1) emission in the HD 142527 disk (in units of km s^{-1}). The velocity resolution of the $C^{18}O$ (2–1) data is 0.09 km s^{-1}. The velocity deviation in the central 0.″5 region could be related to the warped accretion flow around the binary system (Christiaens et al. 2018), which is not the scope of the present paper due to our limited angular resolution of 0.″45. In our discussion, we focus on the velocity deviation in the northwest at position angle from 300° to 360° and radii close to 1.″2. Panel b–d present the comparison of the velocity deviation (color scale) with the dust surface density (contours in panel b), the gas-to-dust mass ratio (contours in panel c), and the spectral index of dust absorption coefficient (β; contours in panel d) in the HD 142527 disk. Dotted inner and outer ellipses in each panel denote radii of 1.″2 and 1.″4 in the disk midplane.

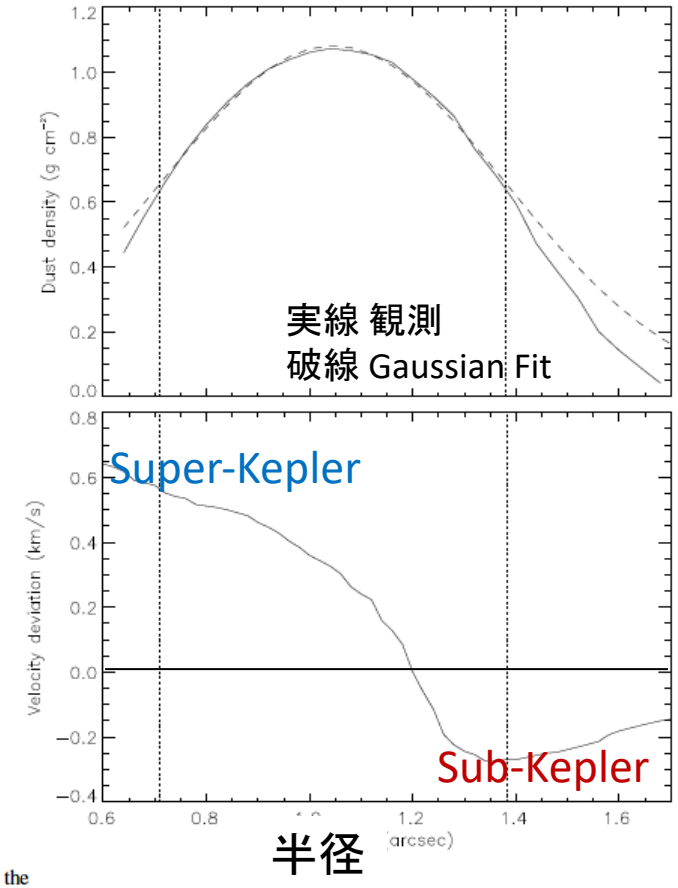


Fig 8. ダスト面密度とケプラー回転からのズレの動径分布

- 円盤の北西のDustリングの内側と外側で、superケプラー回転とsubケプラー回転の遷移。
  ➔ 圧力バンプの存在を示唆。
- 圧力バンプの位置のダスト面密度は円盤平均値よりも3倍高い。ガス対ダスト質量比は3倍低い。
- ダスト β 分布と圧力バンプ位置との間には相関関係が見られなかった。
  ➔ これは、圧力バンプでダストフィードバックが重要であることを示唆している可能性がある。

Multi-epoch SMA observations of the L1448C(N) protostellar SiO jet

Tomohiro Yoshida,[1] Tien-Hao Hsieh,[2] Naomi Hirano,[2] and Yusuke Aso[3]

ABSTRACT

L1448C(N) is a young protostar in Perseus, driving an outflow and an extremely high-velocity (EHV) molecular jet. We present multi-epoch observations of SiO $J = 8-7$, CO $J = 3-2$ lines, and 345 GHz dust continuum toward L1448C(N) in 2006, 2010, and 2017 with the Submillimeter Array. The knots traced by the SiO line show the averaged proper motion is $\sim 0''.06$ yr^{-1} and $\sim 0''.04$ yr^{-1} for the blue- and red-shifted jet, respectively. The corresponding transverse velocities are ~ 78 km s^{-1} (blueshifted) and ~ 52 km s^{-1} (redshifted). Together with the radial velocity, we found the inclination angle of the jets from the plane of the sky to be $\sim 34°$ for the blueshifted jet and $\sim 46°$ for the redfshifted jet. Given the new inclination angles, the mass-loss rate and mechanical power were refined to be $\sim 1.8 \times 10^{-6}$ $M_\odot$ and ~ 1.3 $L_\odot$, respectively. In the epoch of 2017, a new knot is detected at the base of the redshifted jet. We found that the mass-loss rate of the new knot is three times higher than the averaged mass-loss rate of the redshifted jet. Besides, continuum flux has enhanced by $\sim 37\%$ between 2010 and 2017. These imply that the variation of the mass-accretion rate by a factor of ~ 3 has occurred in a short timescale of $\sim 10-20$ yr. In addition, a knot in the downstream of the redshifted jet is found to be dimming over the three epochs.

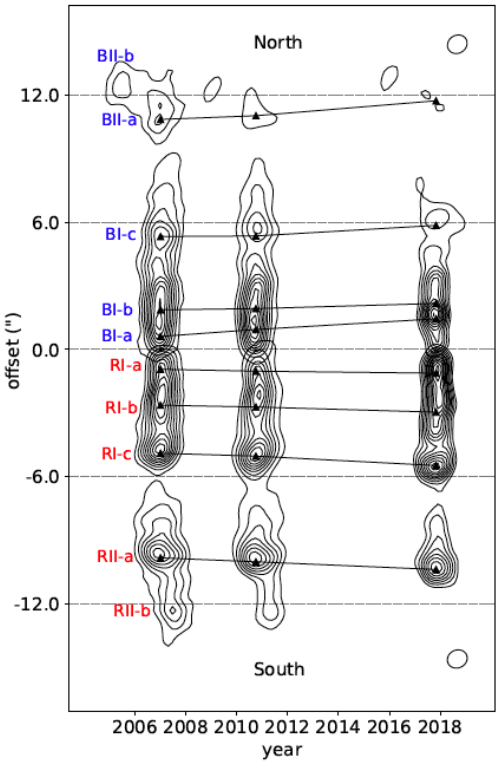


Fig 2. L1448C (N)のSiOノット

L1448C (N) はペルセウスにある原始星で、Extremely High-Velocity (EHV)分子ジェットを駆動している天体。このL1448C(N) のSiO(8-7)、CO(3-2)および345GHzダスト連続波をSMAを用いてを2006年、2010年、2017年に観測した。

結果

SiOノットの平均固有運動は青方と赤方偏移ジェットでそれぞれ0.06”yr^{-1}と0.04”yr^{-1}、ジェット傾斜角は青方と赤方偏移ジェットでそれぞれ34度、46度であることがわかった (mass-loss rate ～ 1.8x10^{-6} $M_\odot$ yr^{-1})。2017年エポックでは、赤方偏移したジェットの基部で新しいノットが検出された。この新ノットのmass-loss rateは赤方偏移ジェット平均の3倍であり、連続波フラックスが2010年から2017年に37%増加していることから質量降着率が短いタイムスケールで3倍も増加したことが示唆される。

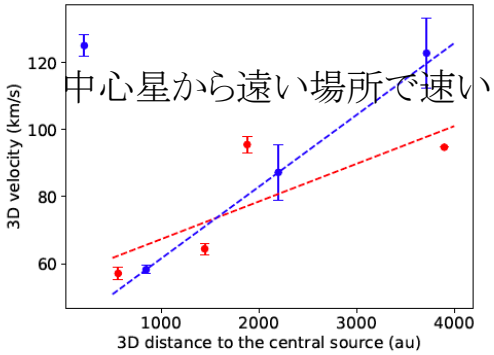


Figure 7. 3D velocities of each knot versus its 3D distance from the central star in the first epoch. The dashed lines indicate the linear fits to the data points except for the BI-a knot.

An X-ray View of Two Infrared Dark Clouds G034.43+00.24 and G035.39-00.33

Hanbo Yu,[1] Junfeng Wang,[1] and Jonathan C. Tan[2,3]

ABSTRACT

We present a high spatial resolution *Chandra* X-ray study of two Infrared Dark Clouds (IRDCs), G034.43+00.24 and G035.39-00.33, which are expected to be in the early phases of star cluster formation. We detect 112 and 209 valid X-ray point sources towards G034.43+00.24 and G035.39-00.33, respectively. We cross-match the X-ray point sources with 2MASS, GLIMPSE and WISE catalogs and find 53% and 59% of the X-ray sources in G034.43+00.24 and in G035.39-00.33 have corresponding infrared counterparts, respectively. These sources are probable members of young massive clusters in formation, and using stellar isochrones we estimate that a population of 1-2 Myr old, intermediate to high mass young stellar objects (YSOs) exist in both IRDCs. Two and ten Class II counterparts to X-ray sources were identified in G034.43+00.24 and in G035.39-00.33, respectively, which are located in or near dark filaments. The X-ray Luminosity Function (XLF) of G035.39-00.33 implies that the total mass consists of up to $\sim 1,700\ M_{\odot}$ of stars, using the XLF of the well-studied Orion Nebula Cluster as calibrator. This corresponds to a star formation efficiency of at most 5%, indicating the system is still very much gas dominated and in an early stage of the star formation process. The population of G034.43+00.24 is less well determined due to the lower sensitivity of its observations.

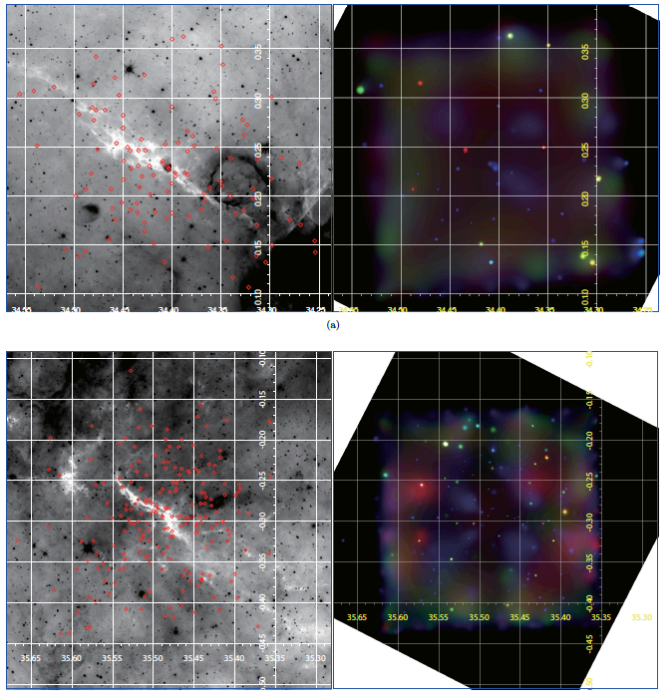


Fig 1. 左spitzer 8μm, 右Chandra 3 color

星団形成の初期段階にあると予想される2つのIRDC、G034.43 +00.24とG035.39−00.33の高空間分解能チャンドラX線観測結果を示す。
結果は、それぞれのIRDCには112および209のX線点光源を検出し、それぞれの 53%および59%には対応する赤外線点源(2MASS、GLIMPSE、WISE)があることを確認した(形成中の若い大規模クラスターのメンバーの可能性大)。それぞれのIRDCに2、10のClass II天体を同定した。また、X線光度関数(XLF)からG035.39−00.33は星総質量が最大約1,700M⊙であり、つまり最大5%の星形成効率であることがわかった。
G034.43+00.24は感度不足のため明確な決定が困難であった。

Confirming the Explosive Outflow in G5.89 with ALMA

Luis A. Zapata,[1] Paul T. P. Ho,[2,3] Manuel Fernández-López,[4] Estrella Guzmán Ccolque,[4]
Luis F. Rodríguez,[1,5] José Reyes-Valdés,[6] John Bally,[7] Aina Palau,[1] Masao Saito,[8,9]
Patricio Sanhueza,[8,9] P. R. Rivera-Ortiz,[10] and A. Rodríguez-González[11]

ABSTRACT

The explosive molecular outflow detected decades ago in the Orion BN/KL region of massive star formation was considered to be a bizarre event. This belief was strengthened by the non detection of similar cases over the years with the only exception of the marginal case of DR21. Here, we confim a similar explosive outflow associated with the UCH_{II} region G5.89−0.39 that indicates that this phenomenon is not unique to Orion or DR21. Sensitive and high angular resolution (∼ 0.1″) ALMA CO(2−1) and SiO(5−4) observations show that the molecular outflow in the massive star forming region G5.89−0.39 is indeed an explosive outflow with an age of about 1000 yrs and a liberated kinetic energy of 10^{46-49} erg. Our new CO(2−1) ALMA observations revealed over 30 molecular filaments, with Hubble-like expansion motions, pointing to the center of UCH_{II} region. In addition, the SiO(5−4) observations reveal warmer and strong shocks very close to the origin of the explosion, confirming the true nature of the flow. A simple estimation for the occurrence of these explosive events during the formation of the massive stars indicates an event rate of once every ∼100 yrs, which is close to the supernovae rate.

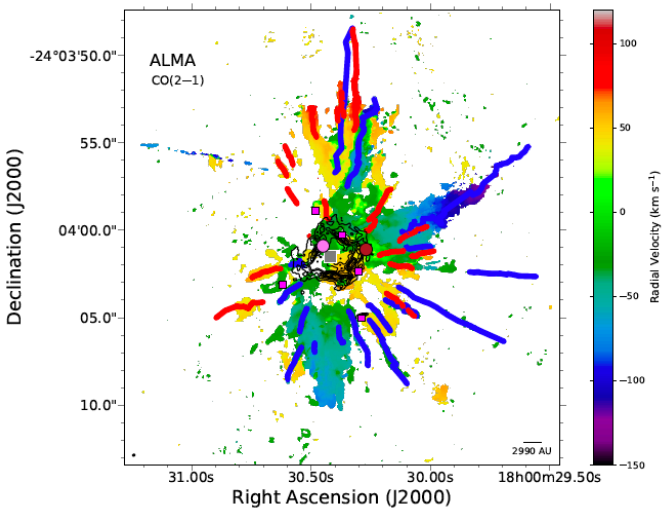


Fig 1. ALMA CO(2−1) moment 1 map

星形成のオリオンBN/KL領域で数十年前に観測された爆発的な分子ガス放出は、DR21を除いて似た事例がないために奇妙なイベントと考えられてきた。
我々は、ALMAの高分解能観測(0.1”)によりUCHII領域G5.89−0.39に同様の爆発的な分子ガス放出を確認した。これはこのようなイベントが特異なものでないことを示す。この爆発的分子流放出は衝撃波を伴うハッブルタイプの1000yrs のタイムスケール(E = 10^{46}−10^{49}erg)のイベントであった。このようなイベントは大質量星形成において約100年に1度は起こるようなイベントであると簡単に見積もることができる。