

星形成ゼミ

岩崎一成 (国立天文台)

The GT and GHC models for molecular clouds compared. Differences, similarities, and myths

Enrique Vázquez-Semadeni¹, Aina Palau¹, Gilberto C. Gómez¹,
Griselda Arroyo-Chávez¹, Christian Alig^{5,6}, Javier Ballesteros-Paredes¹,
Vianey Camacho¹, Alejandro González-Samaniego⁷, and Andreas Burkert^{5,6}

gravo-turbulent fragmentation model (GT)

v.s. global hierarchical collapse model (GHC)

- GT (Padoan+2001, Hennebelle & Chabrier 2008などたくさん): 超音速乱流や磁場によって支えられた分子雲を設定。超音速乱流によってできた高密度領域がジーンズ条件を満たせば星形成。Press-Schechter理論を応用して、コア質量関数やIMFが求められている。
- GHC model (Hartmann+2001, Vazquez-Semadeni+2009, 2019など)
分子雲が原子ガスの集積によって作られるとする。集積により超音速乱流が駆動される。原子ガスの運動エネルギーの注入率は一定である一方で、質量が増加していくので、最終的に全体が重力的に崩壊しはじめる。乱流の影響で階層的な構造が生まれる。

GTとGHCの違いが生まれるところ

• 乱流 v.s. 重力

- GTでは, GMCスケールで乱流が卓越している(マッハ数 $\sim 10-30$)。コアスケール($\sim 0.1\text{pc}$)でsubsonicになる。
- GHCでは, GMCスケールで重力収縮と乱流の両方が重要。乱流はマッハ数(3-10)程度(原子ガス集積で駆動できる程度)

• ガスの運動に重力が重要となるスケール

- GTでは, コアスケール(0.1pc)で重要となる。
- GHCでは, GMC全体で重要。星形成の前に, クランプーフィラメントーコアの階層的構造が重力収縮の結果生まれる。low-massな天体がlocal collapseするのは後から。

• 衝撃波の有無が両者を見分ける判断材料になるかも

- GTでは衝撃波圧縮により構造が形成されるので, 強い衝撃波が生まれる。
- GHCでは階層的な降着流によって構造が形成されるので, 強い衝撃波ができない。

Curvature Mapping Method: Mapping Lorentz Force in Orion A

MENGKE ZHAO ^{1,2} GUANG-XING LI ³ AND KEPING QIU ^{1,2}

School of Astronomy and Space Science, Nanjing University, 163 Xianlin Avenue, Nanjing 210023, Jiangsu, People's Republic of China
Key Laboratory of Modern Astronomy and Astrophysics (Nanjing University), Ministry of Education, Nanjing 210023, Jiangsu, People's Republic of China

³*South-Western Institute for Astronomy Research, Yunnan University, Kunming 650091, People's Republic of China*

- 偏光マップから求めた磁場ベクトルから曲率を計算→ ロレンツカマップ

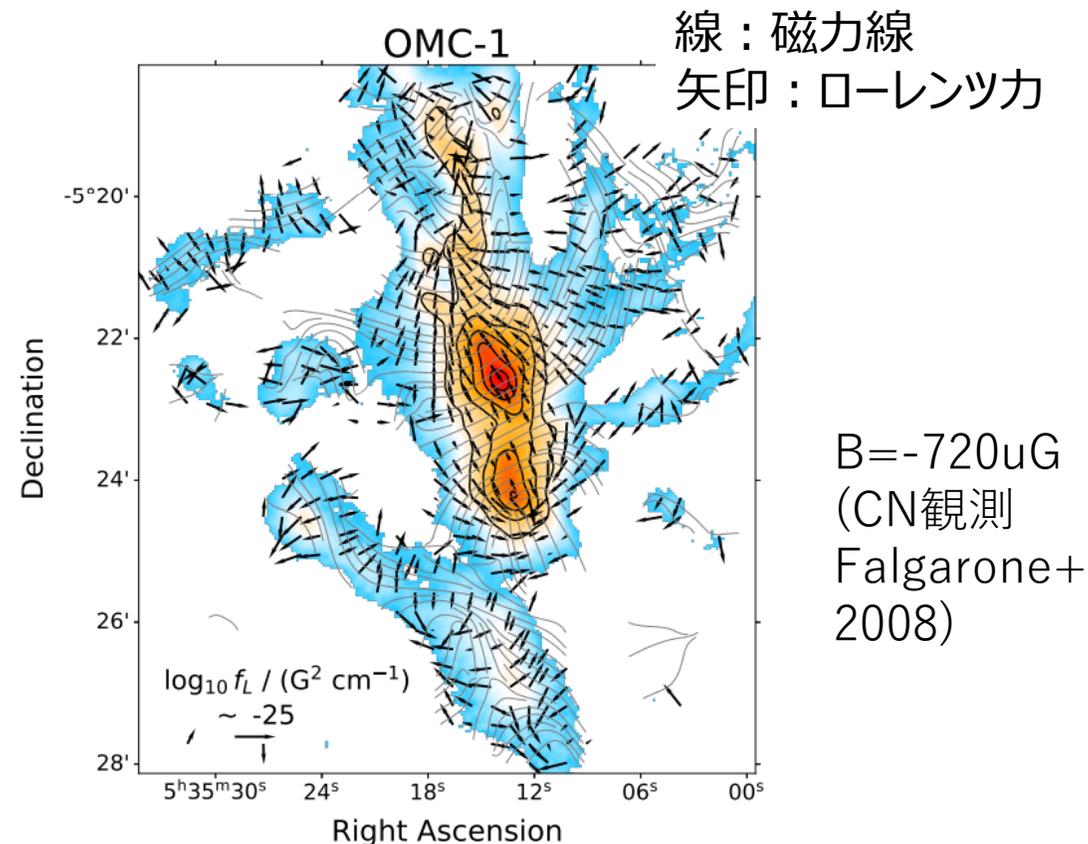
$$f_L = \frac{1}{\mu_0} (\nabla \times B) \times B = \frac{(B \cdot \nabla) B}{\mu_0} - \nabla \left(\frac{B^2}{2\mu_0} \right),$$

$$f_t = \frac{1}{\mu_0} (B \cdot \nabla) B = \frac{B^2}{\mu_0} (\vec{b} \cdot \nabla) \vec{b} = \frac{B^2}{\mu_0} \cdot \kappa,$$

$$f_L \approx f_t = \frac{1}{\mu_0} B^2 \cdot \kappa,$$

Zeemann効果

偏光観測から



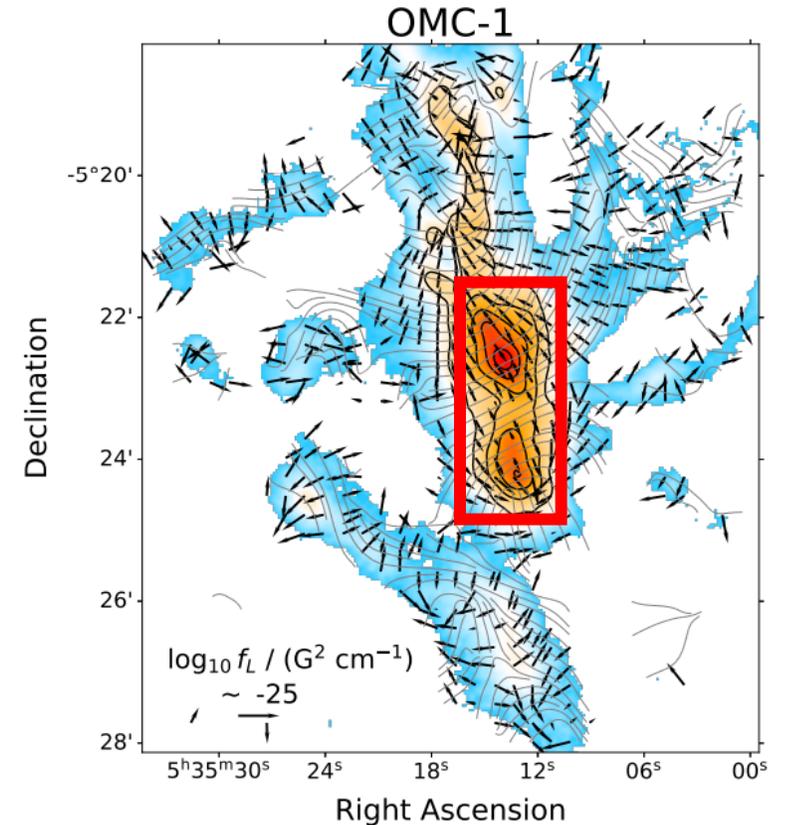
臨界密度

- 重力とローレンツ力が釣り合う密度

$$\rho_{\text{crit,B}} = f_L / a_G = \frac{B^2}{\mu_0} \kappa \left(\frac{G \cdot M_{\text{total}}}{r^2} \right)^{-1},$$

- OMC1

- Mtotal: Orion-KL(M1)とOrion-Southの質量(M2)
 - curvature: OMC1での平均値 (どこで平均を取ったのか不明)
 - r: Orion-KLとOrion-Southの間の距離くらい
- $\rho_{\text{crit,B}} = 1.5e5 \text{ cm}^{-3}$ (この値が妥当なのか確認が必要?)



The spatial correlation between CN line and dust continuum emitting regions in high-mass star-forming clouds

JIHYE HWANG,¹ CHANG WON LEE,^{1,2} JONGSOO KIM,¹ EUN JUNG CHUNG,³ AND KEE-TAE KIM^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI), 776 Daedeokdae-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34055, Republic of Korea*

²*University of Science and Technology, Korea (UST), 217 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34113, Republic of Korea*

³*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Republic of Korea*

- 磁場の奥行方向と円球面方向の両方が知りたい
 - 奥行：Zeeman効果
 - 天球面：偏光マップ+ DCF法
- 6天体 (W3OH, OMC1, NGC2024, MonR2, DR21, S140)に対して、
TRAOによるCN(1-0)観測とHerschelによるダスト連続波観測を比較
 - CN強度マップとダスト連続波マップよく相関している ($N > 8e22 \text{ cm}^{-2}$)
→ 磁場強度を推定する偏光マップの範囲に注意して、 B_{los} と B_{pos} を測定した。
 - 今回の天体は超臨界にある。一つだけ臨界付近。
(B_{pos} はoverestimateされているという示唆がある(Pattle+ 2023)ので補正)。
磁場がランダムに向いているとすると、 $B_{pol}/B_{los} = \pi/2$ 程度になるはずだが、実際にCrutcher図を書くと、6.3倍程度 B_{pol} の方が大きい。

Single-Star Warm-Jupiter Systems Tend to Be Aligned, Even Around Hot Stellar Hosts: No $T_{\text{eff}} - \lambda$ Dependency*

XIAN-YU WANG ¹ MALENA RICE ² SONGHU WANG ¹ SHUBHAM KANODIA ³ FEI DAI ⁴ SARAH E. LOGSDON ⁵
HEIDI SCHWEIKER ⁵ JOHANNA K. TESKE ^{3,6} R. PAUL BUTLER ³ JEFFREY D. CRANE ⁶ STEPHEN SHECTMAN ⁶
SAMUEL N. QUINN ⁷ VESELIN KOSTOV,^{8,9} HUGH P. OSBORN ^{10,11} ROBERT F. GOEKE ¹⁰ JASON D. EASTMAN ⁷
AVI SHPORER ¹⁰ DAVID RAPETTI ^{12,13} KAREN A. COLLINS ⁷ CRISTILYN N. WATKINS ¹⁴ HOWARD M. RELLES ¹⁴
GEORGE R. RICKER ¹⁰ SARA SEAGER ^{10,15,16} JOSHUA N. WINN ¹⁷ AND JON M. JENKINS ¹²

The stellar obliquity distribution of warm-Jupiter systems is crucial for constraining the dynamical history of Jovian exoplanets, as the warm Jupiters’ tidal detachment likely preserves their primordial obliquity. However, the sample size of warm-Jupiter systems with measured stellar obliquities has historically been limited compared to that of hot Jupiters, particularly in hot-star systems. In this work, we present newly obtained sky-projected stellar obliquity measurements for warm-Jupiter systems, TOI-559, TOI-2025, TOI-2031, TOI-2485, TOI-2524, and TOI-3972, derived from the Rossiter–McLaughlin effect, and show that all six systems display alignment with a median measurement uncertainty of 13° . Combining these new measurements with the set of previously reported stellar obliquity measurements, our analysis reveals that single-star warm-Jupiter systems tend to be aligned, even around hot stellar hosts. This alignment exhibits a $3.4\text{-}\sigma$ deviation from the $T_{\text{eff}} - \lambda$ dependency observed in hot-Jupiter systems, where planets around cool stars tend to be aligned, while those orbiting hot stars show considerable misalignment. The current distribution of spin-orbit measurements for Jovian exoplanets indicates that misalignments are neither universal nor primordial phenomena affecting all types of planets. The absence of misalignments in single-star warm-Jupiter systems further implies that many hot Jupiters, by contrast, have experienced a dynamically violent history.

背景

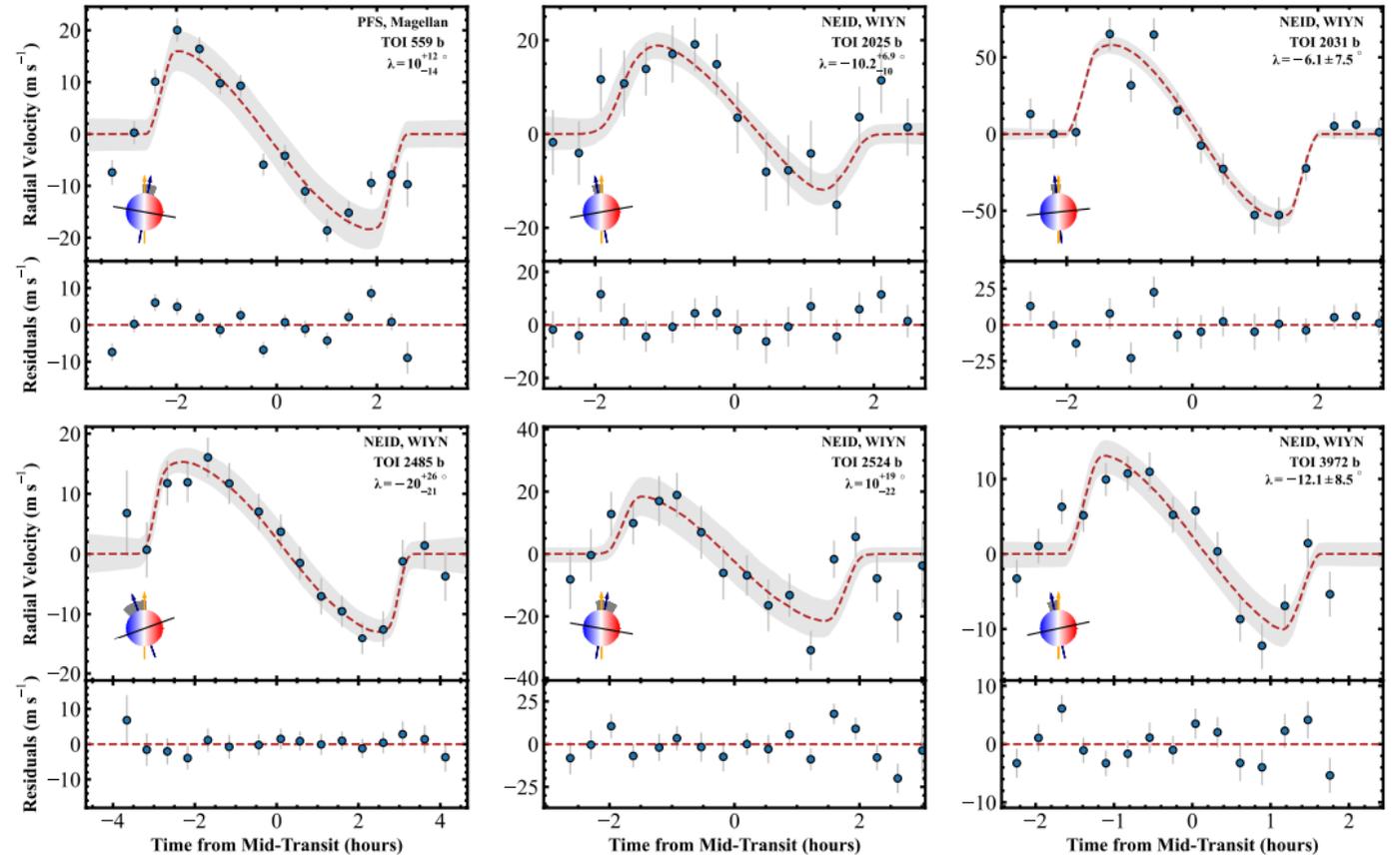
主星の赤道と、惑星軌道面の揃い具合

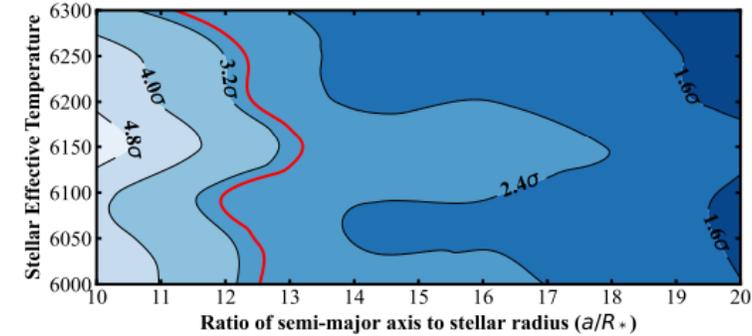
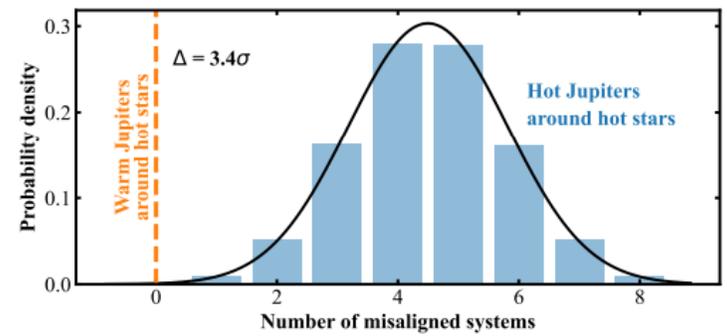
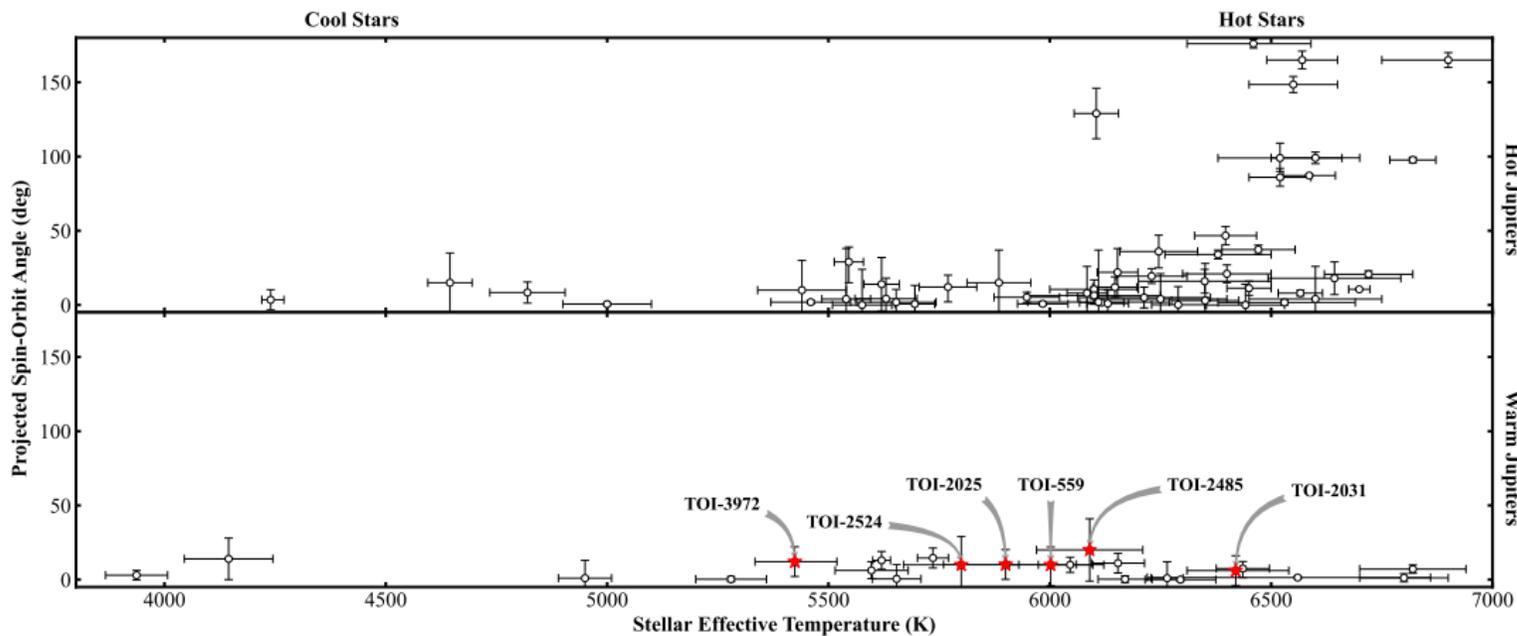
- **hot Jupiters** : 揃っていない (e.g., Winn & Fabrycky 2015)
 - メカニズム
 - 形成過程で、惑星散乱, Kozai-Lidov振動, 永年相互作用を含む動的なプロセスが効いているのかも
 - chaoticな降着, magnetic warping, 伴星の影響, 内部重力波による影響などなど
 - 主星特性への依存性
 - hot star : スピンと軌道の成す角に広い分布
 - cool star: 揃う傾向
 - → 潮汐相互作用により, cool starではrealignmentしている可能性, あるいは, hot starシステムはより動的に形成された可能性
- **warm Jupiter** ($11 < r/R^* < 200$, $0.3M_J < M_p < 13M_J$)
 - hot Jupiterとことなり, tidal realignmentは効きにくいはず。
 - spin-orbit計測
 - Kepler : fainter host star周囲の惑星探索が目的だったので, follow-upでのspin-orbit計測が難しかった
 - K2, Tess: 明るい主星周囲で, warm Jupiterが見つかった。(55 candidates)

SOLES surveyの一環: 6個の新しいwarm JupiterでRossiter-MacLaughlin効果を測定

ロシター効果

- 主星の回転によるドップラーシフトした光を惑星が隠すので、平均のradial速度が時間変動する。
 - spinとorbitが傾いていると、波形が非対称になる
- PFSとNEIDを使って分光観測
 - 主星パラメータをフィッティングから導出
 - パラメータ
 - 軌道周期, transit mid-time
 - 軌道面の $\cos(i)$, 半径の比(R_p/R_*)
 - $(R_* + R_p)/a$, radial velocity semi-amplitude





- cool star ($T_{\text{eff}} < 6100\text{K}$)
19 hot Jupiterと14 warm Jupiterで, spin-orbitがそろっていないという, 確実な観測的証拠はない。
- hot star ($T_{\text{eff}} > 6100\text{K}$)
36 hot Jupiterと9 warm Jupiter
36天体のhot Jupiterの内, 18天体がmisalignedなので, misalignment rateは50%。
warm Jupiterが同じ確率分布に従うとすると, $0.5^9 = 0.2\%$ の確率で起こりうる。

まとめ

- warm Jupiterは, T_{eff} に関わらず, spin-orbitは揃う傾向
 - hot Jupiterは, T_{eff} 依存性をもち, T_{eff} が高いとmisalignment
- この違いが生まれる考えうる原因
 - hotとwarm Jupiterが異なる形成過程で生まれる？
 - warm Jupiterは, そろった円盤から直接できる。生まれたときの角度を保つ
 - hot Jupiterは, 円盤散逸後のhigh-eccentricity migrationのような動的な過程で生まれ, 初期にmisalignmentした状態で生まれる。
cool starのみがtidal realignmentが効く。
 - 潮汐による離心率の減衰の方が, realignmentより速い。
-> misalignedしたhot Jupiterが見つかる。