星形成ゼミ 2017/7/7

SFN #292 51-55

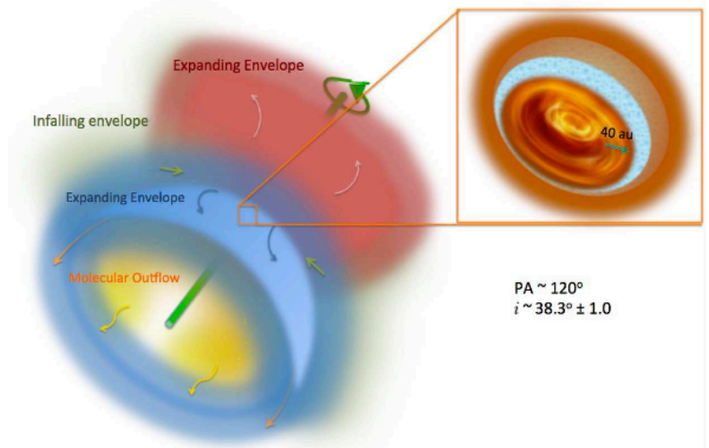
崔 仁士

51 The ALMA Early Science View of FUor/EXor objects. III. The Slow and Wide Outflow of V883 Ori *

D. Ruíz-Rodríguez, [1]† L. A. Cieza,[2,3] J. P. Williams,[4] D. Principe,[3,5] J. J. Tobin,[6,7] Z. Zhu,[8] A. Zurlo,[2,3,9]

概要

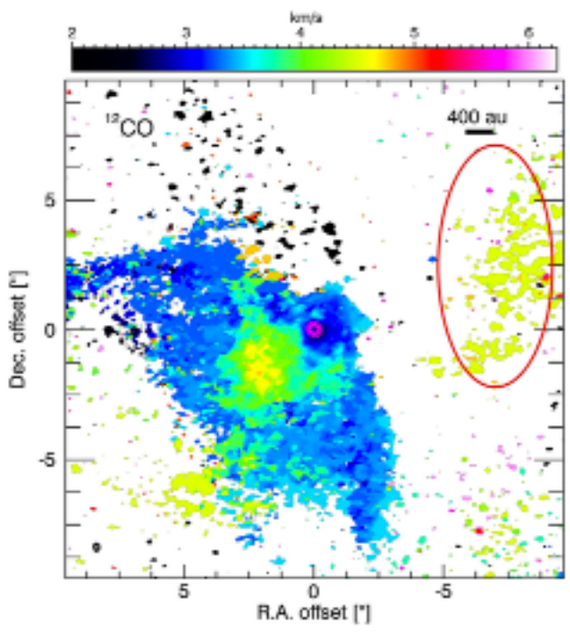
- FUor objectのV883 OriのALMAでの観測
- 12CO，13CO，C18O（全てJ=2-1），1.3 mm連続波
- outflowの



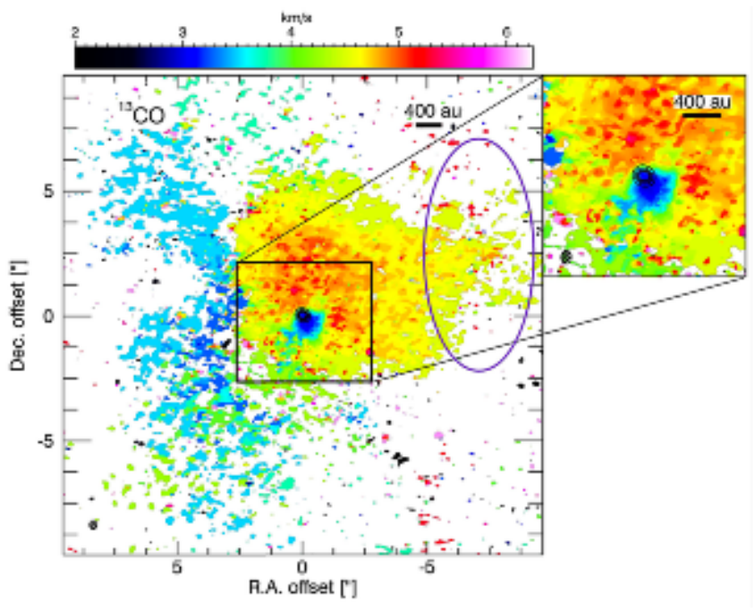
結果

Moment 1 Maps

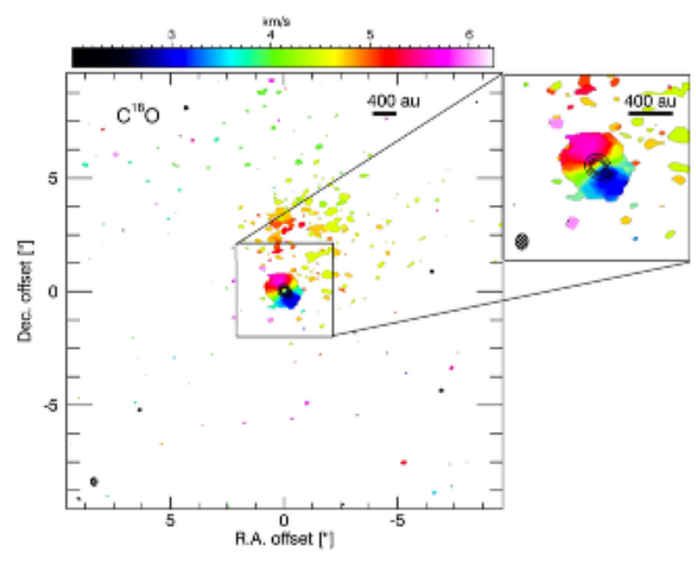
outflowをトレース　　円盤をトレース



(a) ^{12}CO



(b) ^{13}CO

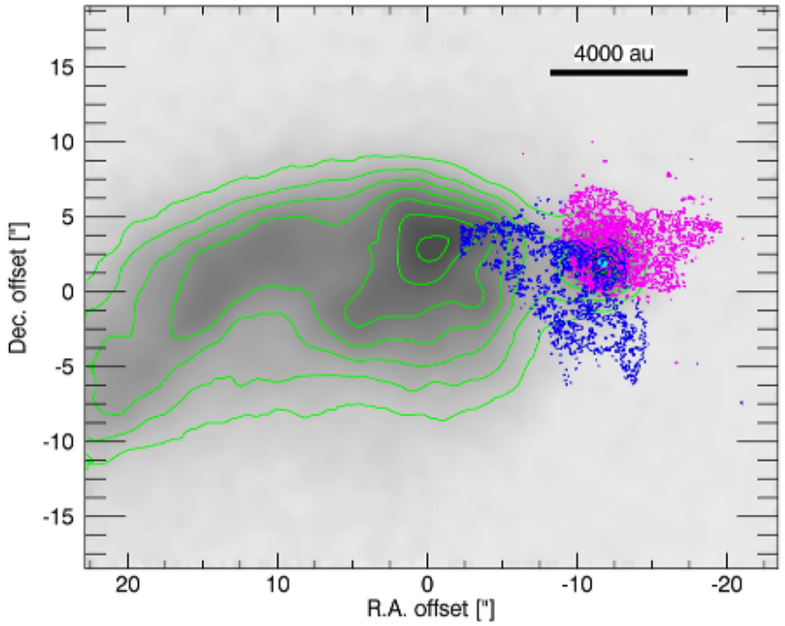


(c) C^{18}O

outflowのopening angle ~ 150° from $\theta_o = 2\tan^{-1}\left[\left(1-e^{-1}\right)\frac{R_o}{z_o}\right]$

結果続き

optical imageとoutflowの比較



緑: I-band (0.75 μm)
青: ^{12}CO
シアン: ^{13}CO

- I-bandが広がっているのはダストのせい
- outflowは広がっていて低速

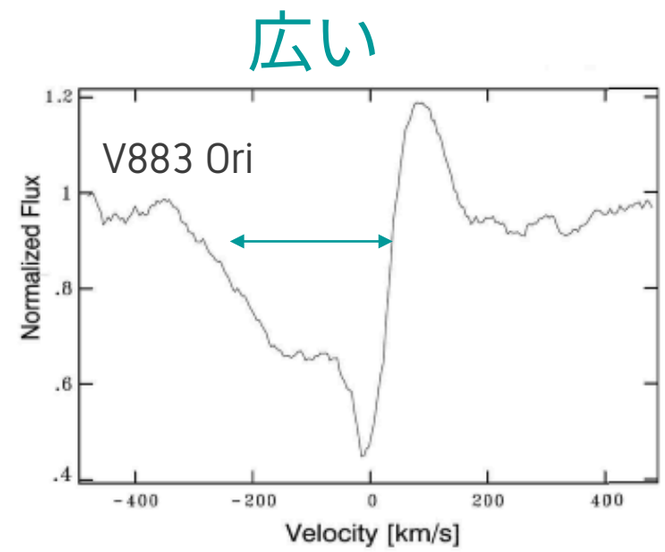
↔典型的なFUorのoutflowは10 - 40 km/sくらい

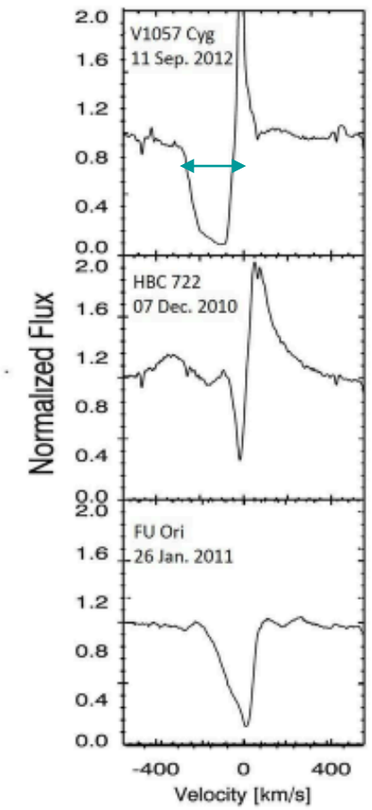
- 線幅が狭い（- km/s）

広いoutflowの開き角

1) outburstが起こってから次のourflowがあるまで数千年のスパンがある
2) 高速のoutflowが作られることなく，静かな円盤で起こった

Hαのスペクトル





P-Cygni profile

- 強く，かつ持続的なwindの存在を示唆

特徴と他のFUorとの比較

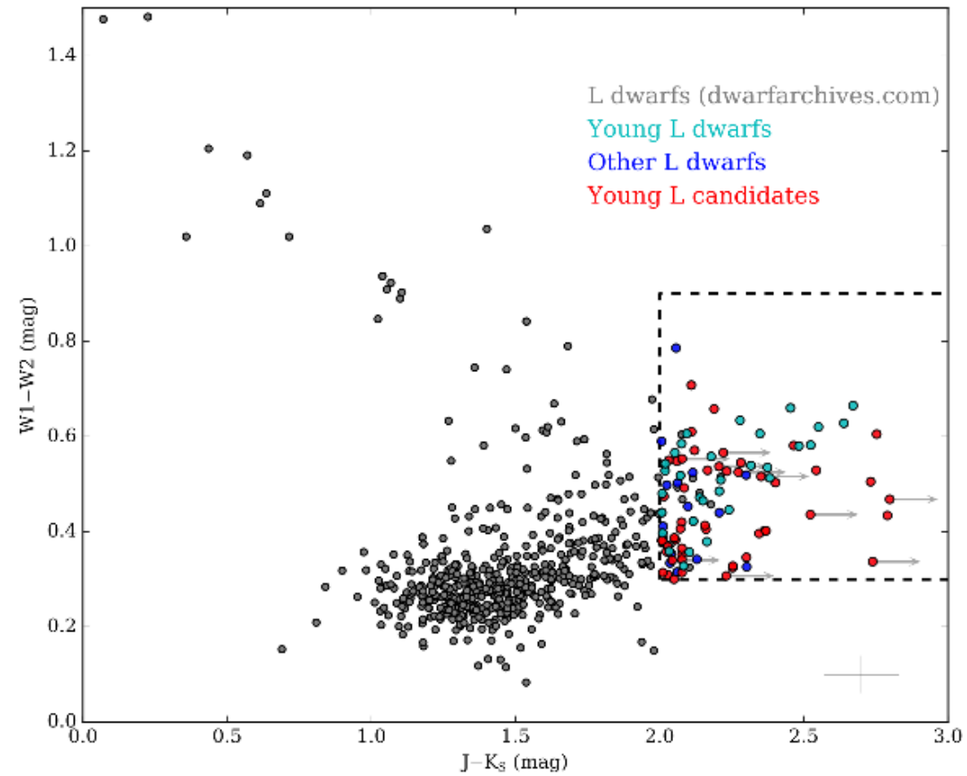
- blue側が広がっている→中心星付近でのmass loss大がEW大に関係している？
- blue側の吸収は2つの成分からなる
  - 弱い高速→円盤？
  - 強い低速→中心星？

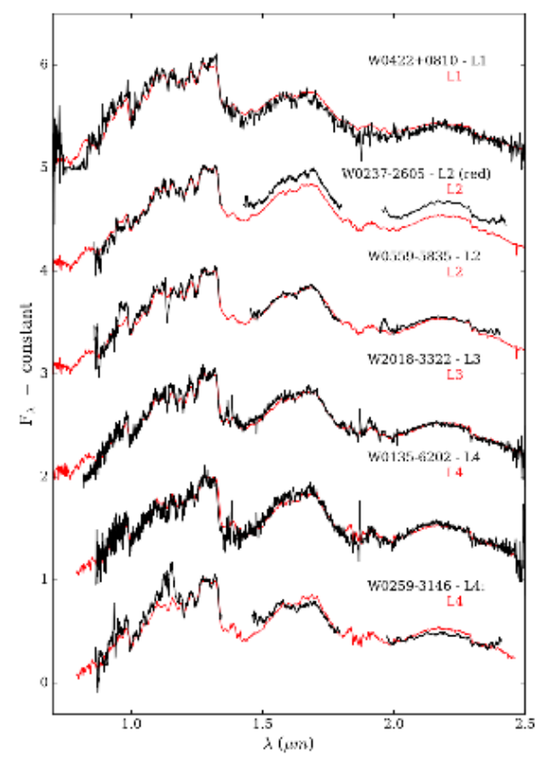
52

A 2MASS/ALLWISE SEARCH FOR EXTREMELY RED L DWARFS – THE DISCOVERY OF SEVERAL LIKELY L TYPE MEMBERS OF β PIC, AB DOR, TUC-HOR, ARGUS, AND THE HYADES

Adam C. Schneider[1,2,3], James Windsor[4], Michael C. Cushing[4], & J. Davy Kirkpatrick[5]

- late-type brown dwarfは重要
  - 若い巨大惑星の代わりとして調べられる
  - 星団の進化の指標となる
  - IMFのlow mass側を決める
- 若いlate-type brown dwarf … field ageのものよりも赤く観測される
  - 大気中のダストの量かcloudによるもの
- この性質を使って，若いL dwarfのsurveyを行なった
- 2MASS / AllWISE / DSSのデータから候補を選出
  - 98の候補
  - うち48はすでに知られている
  - 残り50をさらに観測
- IRTF / SpeX，Magellan / FIRE，CTIO / ARCoIRISで観測



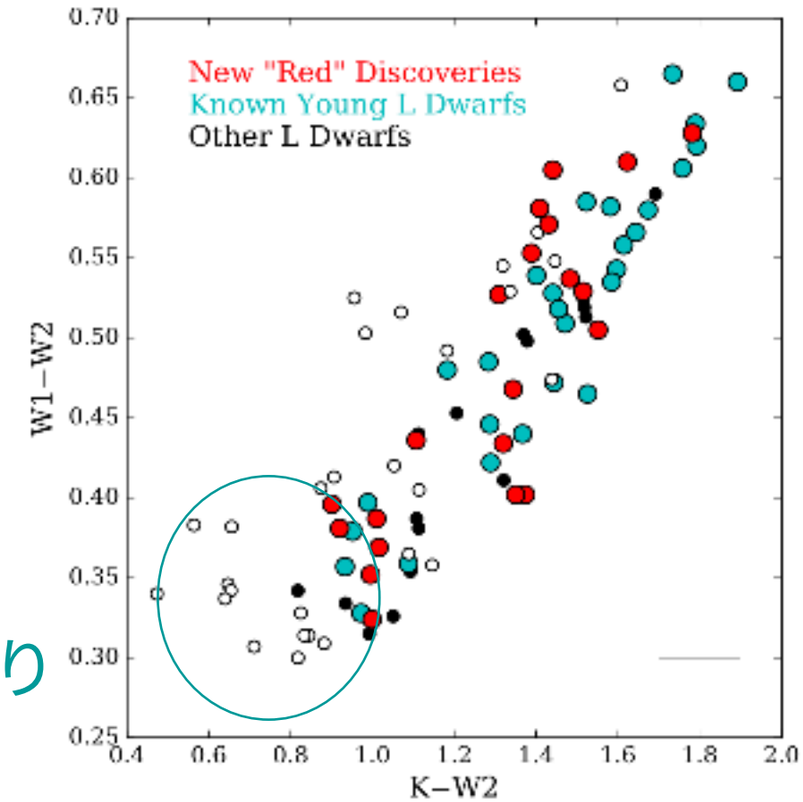


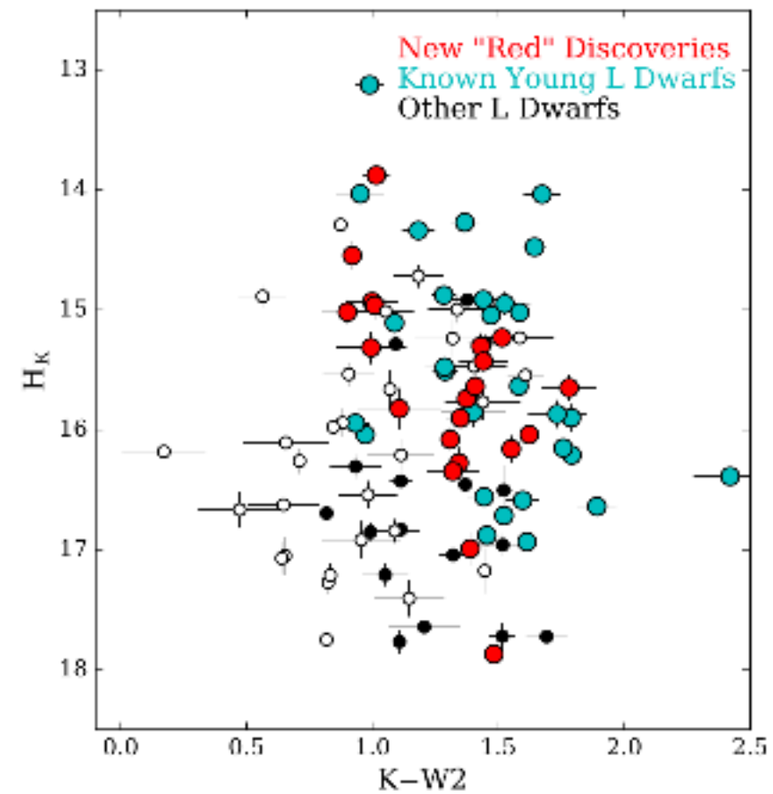
- スペクトルフィットから47のL-dwarfを同定
- 2MASS / AllWISEから固有運動を計算

- 新たに見つかったL dwarfについて，それらが若いかどうかを調べた

○: newly discovered
●: already discovered

$$H_m = m + 5\log(\mu) + 5$$





blue側に広がり

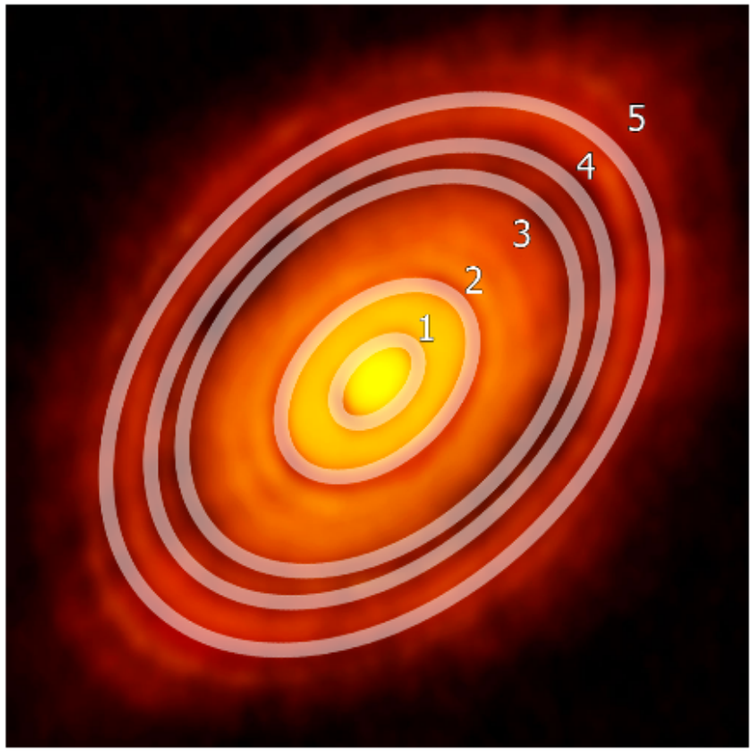
redと若いL dwarfは
全体的に右上より

- BANYAN IIというベイズ統計を用いたアルゴリズムを使って，red discoveriesが若い星団に属していないか調べた
- 2天体がβ Picのメンバーであると思われる

53 Connecting HL Tau to the Observed Exoplanet Sample

Christopher Simbulan,[1] Daniel Tamayo,[2,3,4] Cristobal Petrovich,[3,5]
Hanno Rein,[2,1] Norman Murray[3]

- HL Tau…若い原始惑星系円盤をもつ
  - ALMAの観測から，ギャップ構造
  - ギャップの成因の1つとして，惑星の存在が考えられている
- ギャップの位置に惑星をおき，Gyrスケールの進化をシミュレート（N体計算）
  - 惑星の散乱の効果を調べる
  - 系外惑星のpopulationと比較，再現できるか？



計算のセットアップ

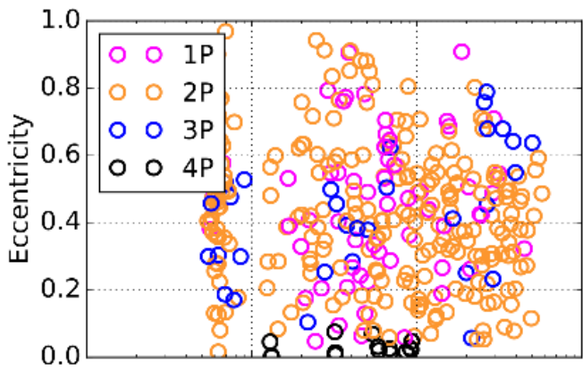
Case	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	e_{inner}	e_{outer}	i	f
5 Planet Nominal	13.2 AU	32.3 AU	64.2 AU	73.7 AU	91.0 AU	0	0	$U[0°, 1°]$	$U[0°, 360°]$
5 Planet Resonant	13.2 AU	32.3 AU	64.4 AU	74.8 AU	90.8 AU	$\sim 10^{-5}$	$\sim 10^{-3}$	$\sim 10^{-2}$	Resonant
4 Planet Nominal	13.2 AU	32.3 AU	69.0 AU	91.0 AU	N/A	0	0	$U[0°, 1°]$	$U[0°, 360°]$
4 Planet Resonant	13.2 AU	32.3 AU	69.1 AU	90.8 AU	N/A	$\sim 10^{-5}$	$\sim 10^{-3}$	$\sim 10^{-2}$	Resonant

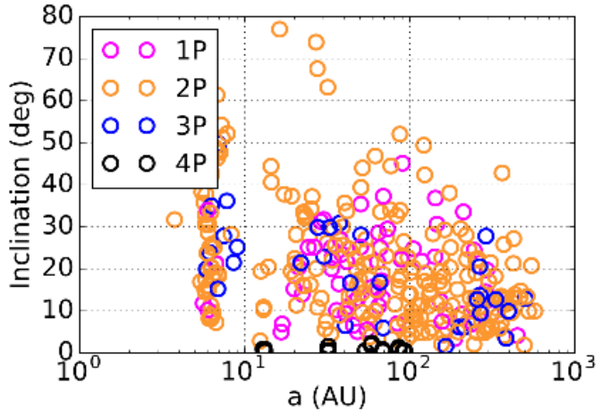
各モデルに対して100回ずつ計算

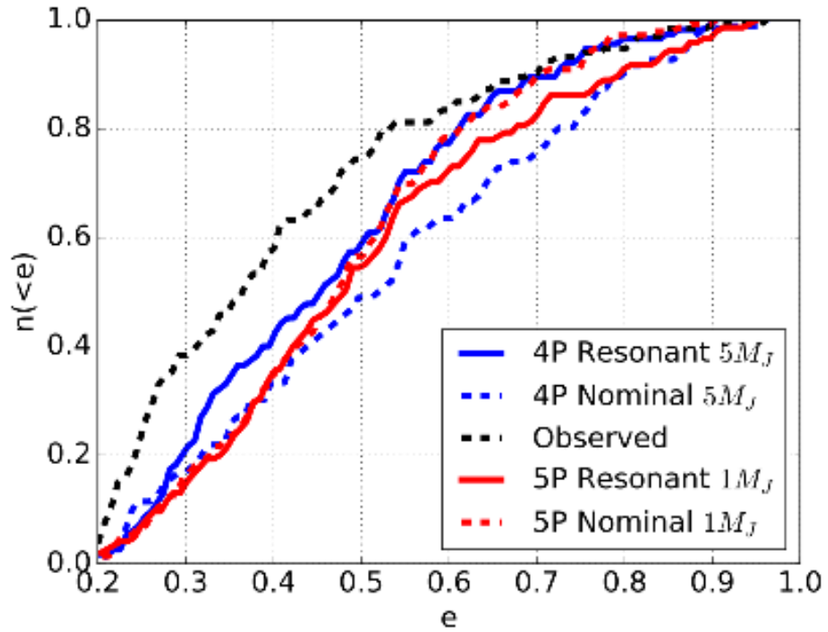
- 中心星質量1 M_{sun}
- 惑星質量
  - 5 planet model: 最終的に1.1 M_J
  - 4 planet model: 最終的に4.7 M_J

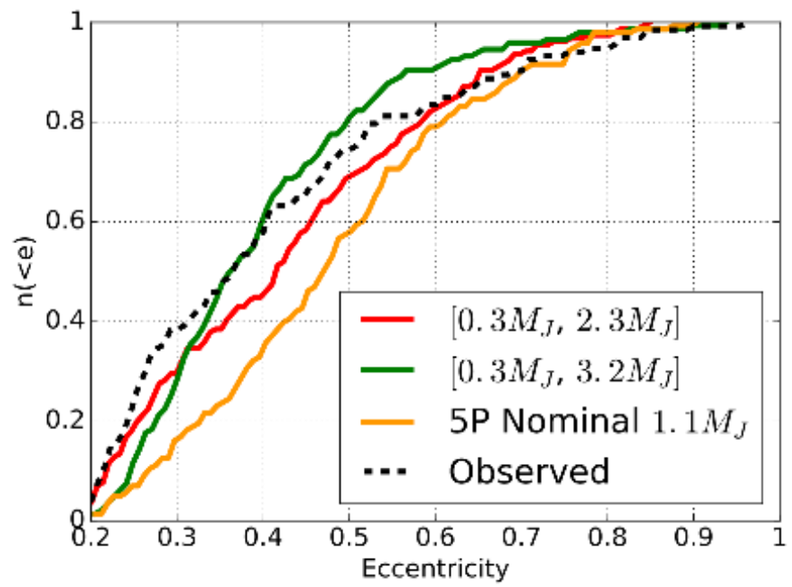
Eccentric cold Jupiters

- シミュレーションの結果をスケールダウンし，RV法で見つかった系外惑星と比較

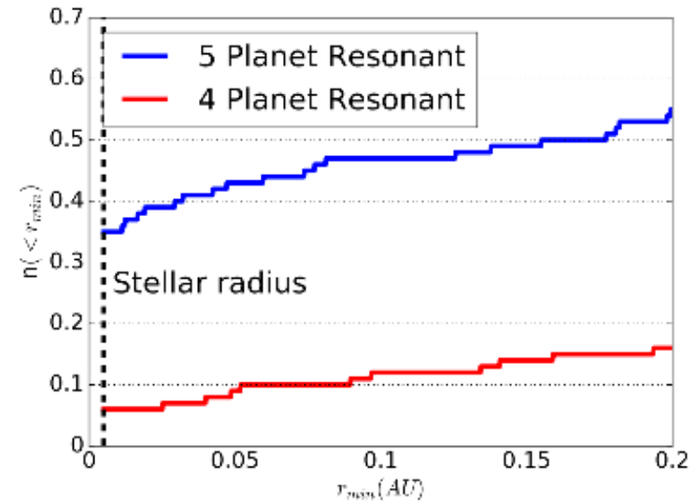








Hot Jupiterの形成率



- 中心星の潮汐の効果を入れて計算
- 形成率: ~ 7- 40 %
- tidal dissipationを入れていないためoverestimateしている可能性

- 惑星質量に分布を持たせると観測と一致
  - 同じ質量の惑星同士の散乱だと，高いeccentricityは作りにくいため
  - しかし，結果は惑星質量にsensitive

Free floating planets

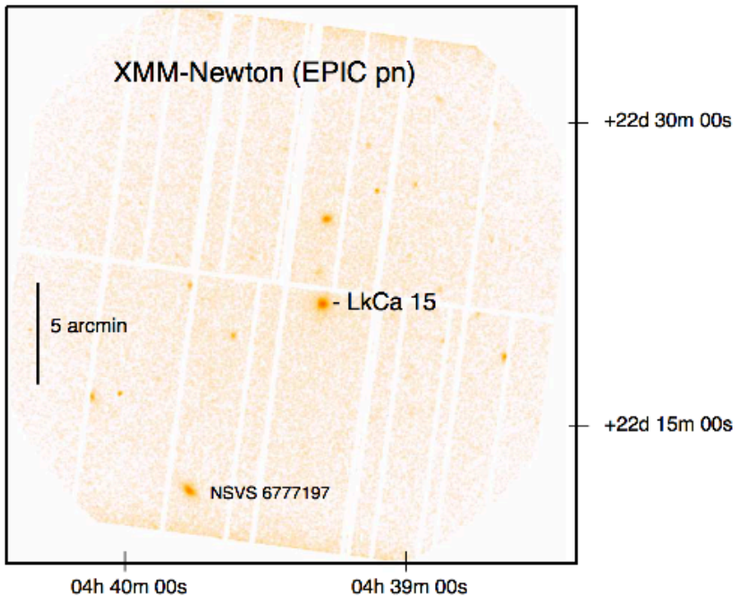
- 平均2つの惑星は放出される（しかし近傍のhot giantsの数が減る）
- hot giants planetsをもつ系ではマイクロレンジングで示唆される浮遊惑星のレートと一致しない

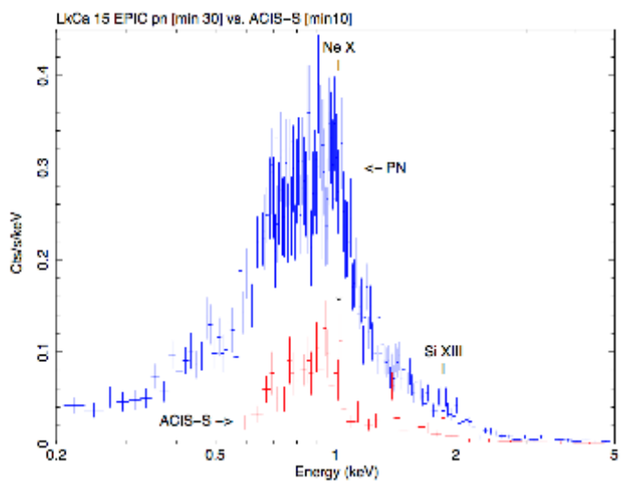
54 XMM-Newton X-ray Observations of LkCa 15: A T Tauri Star With a Formative Planetary System

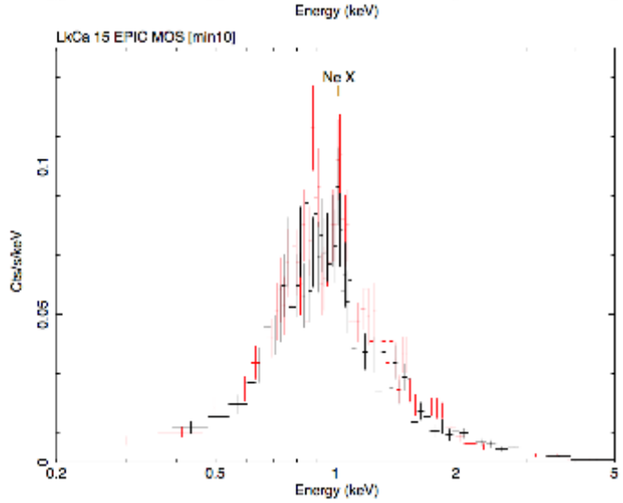
Stephen L. Skinner[1] and Manuel Güdel[2]

- LkCa 15のX線観測（XMM-Newton）
  - 円盤に原始惑星候補が見つかっている
  - 惑星形成を調べる上で重要
- X線のスペクトルにモデルフィット
- 円盤モデルを用いてX線加熱を計算

EPICで撮られたイメージ







スペクトルと
フィッティングの結果

Parameter		
Model	A	B
Emission[a]	Thermal (2T)	Thermal (2T)
Abundances	non-solar[c]	non-solar[d]
N_H (10^{22} cm^{-2})	0.23 [0.21 - 0.25]	0.29 [0.27 - 0.31]
kT_1 (keV)	0.41 [0.39 - 0.44]	0.40 [0.39 - 0.42]
kT_2 (keV)	2.39 [2.20 - 2.59]	2.08 [1.93 - 2.40]
$norm_1$ (10^{-4})[b]	2.75 [2.31 - 3.29]	8.26 [7.33 - 9.28]
$norm_2$ (10^{-4})[b]	3.06 [2.91 - 3.21]	4.22 [3.84 - 4.50]
χ^2/dof	862.0/634	850.4/636
χ^2_{red}	1.36	1.34
F_X (10^{-12} ergs cm^{-2} s^{-1})	0.55 (1.13)	0.54 (1.43)
$F_{X,1}$ (10^{-12} ergs cm^{-2} s^{-1})	0.23 (0.64)	0.24 (0.92)
$F_{X,2}$ (10^{-12} ergs cm^{-2} s^{-1})	0.32 (0.49)	0.29 (0.51)
log L_X (ergs s^{-1})	30.42	30.52
log $L_{X,1}$ (ergs s^{-1})	30.18	30.33
log $L_{X,2}$ (ergs s^{-1})	30.06	30.08
log [L_X/L_*]	−3.16	−3.06

原子のAbundance
モデルA…中心星の値
モデルB…TaurusのTTSの典型値
2つの温度で最もよくフィッティング

◆ Heatingとionizing rateの計算

ionizing rate

$$\zeta \approx \zeta_x \left[\frac{r}{R_x}\right]^{-2} \left[\frac{kT_x}{\epsilon_{ion}}\right] I_p(\tau_x, \xi_0) \quad \mathrm{s}^{-1} \ \ (\text{per H nucleus}) \ .$$

$$\zeta_x = \frac{L_x \sigma(kT_x)}{4\pi R_x^2 kT_x} = 1.13 \times 10^{-8} \left[\frac{L_x}{10^{30}\ \mathrm{erg\ s^{-1}}}\right] \left[\frac{kT_x}{\mathrm{keV}}\right]^{-(p+1)} \left[\frac{R_x}{10^{12}\ \mathrm{cm}}\right]^{-2} \quad \mathrm{s}^{-1}$$

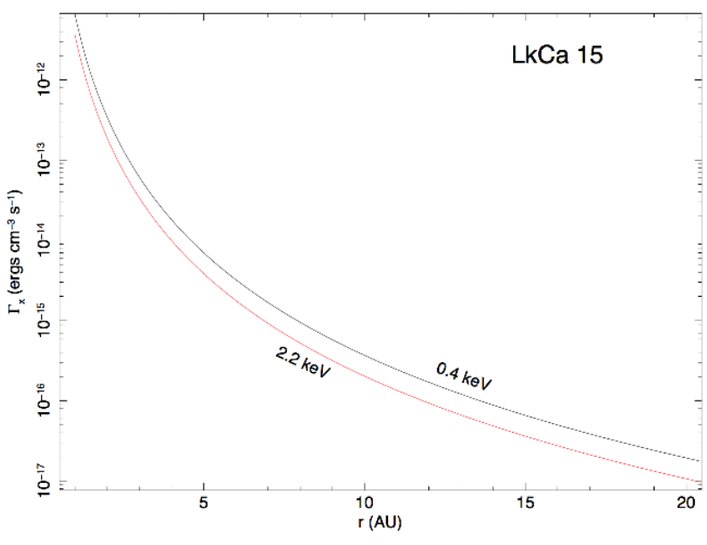
Heating rate

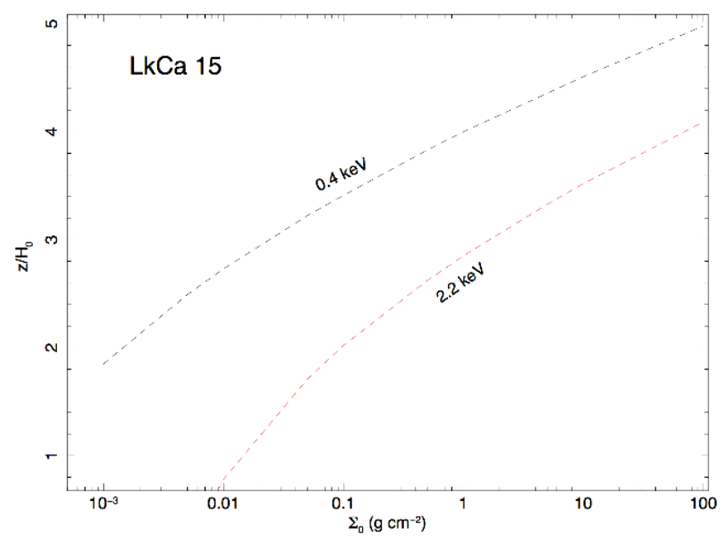
$$\Gamma_x = \zeta n_H Q$$

- n_Hの決定は面密度から

$$\Sigma(r) = \Sigma_0 (r/1\ \mathrm{AU})^q$$

- $\Sigma_0 = 10^2$ g cm^{-2}，q=-1を仮定
- σ(*kTx*)はエネルギーに依存する衝突断面積





Disscusion

1. heatingによくきいてるのはcool component
2. cosmic rayとの比較
   - 円盤表面ではX線，mid-planeではcosmic ray
3. X-rayがprotoplanetにどれくらいきくか
   - tauを計算するとほとんど効かない
   - 面密度を10-3 at 1 auくらいにすると効いてくる

55

Rings and gaps produced by variable magnetic disk winds and avalanche accretion streams: I. Axisymmetric resistive MHD simulations

Scott S. Suriano[1*], Zhi-Yun Li[1], Ruben Krasnopolsky[2], and Hsien Shang[2]
[1] *Department of Astronomy, University of Virginia, Charlottesville, VA 22904, USA*
[2] *Academia Sinica, Institute of Astronomy and Astrophysics, Taipei 10617, Taiwan*

- outflowの形成メカニズム
  - X-wind / disk wind（円盤から）…主にこの2つで対立
  - stellar wind（中心星から）
- 過去のdisk windについてのシミュレーションは，outflowの放出や伝搬に焦点を当てている
- この論文は，disk windが円盤の構造に与える影響に注目
  - long-term programの一環
  - まずは，簡単に2Dの軸対称で抵抗(resistivity)のある円盤を考える
  - ゆくゆくは3Dかつnon-idealなMHDの効果全てを取り入れる予定

モデル

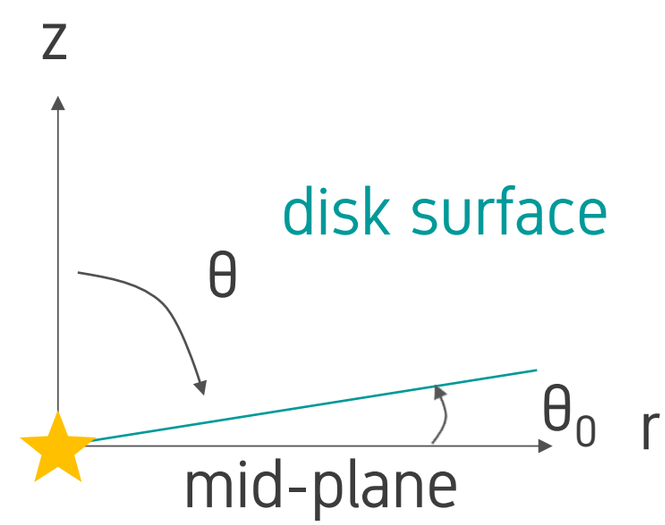
MHD方程式を解く

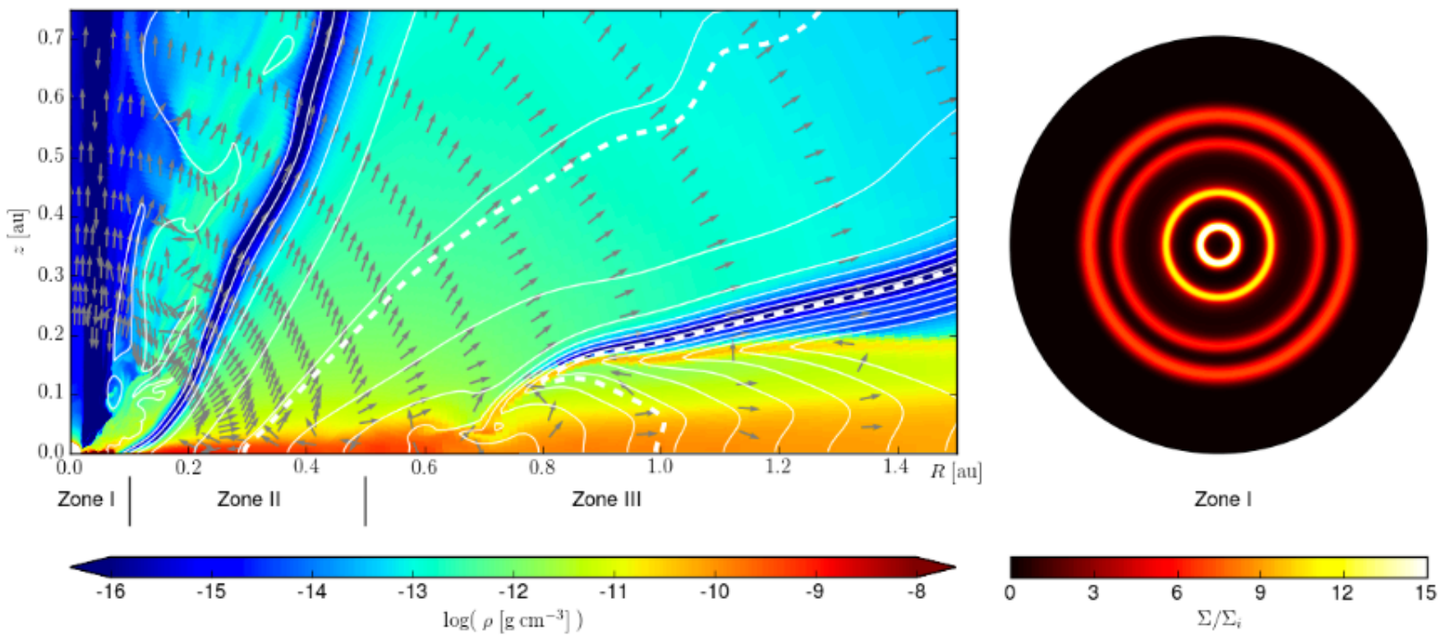
円盤 $$\rho_d(r,\theta) = \rho_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\alpha} \exp\left(-\frac{\cos^2\theta}{2\epsilon^2}\right), \quad \epsilon = h/r$$

コロナ $$\rho_c(r) = \rho_0 \epsilon^2 (1+\alpha) \exp\left[-\frac{\cos^2\theta_0}{2\epsilon^2}\right] \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\alpha} = \rho_{c,0} \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-\alpha}$$

磁場 $$\Psi(r,\theta) = \frac{4}{3} r_0^2 B_{p,0} \left(\frac{r\sin\theta}{r_0}\right)^{3/4} \frac{m^{5/4}}{(m^2+\cot^2\theta)^{5/8}},$$

散逸パラメータ（無次元量） $$D \equiv \eta/(hc_s)$$



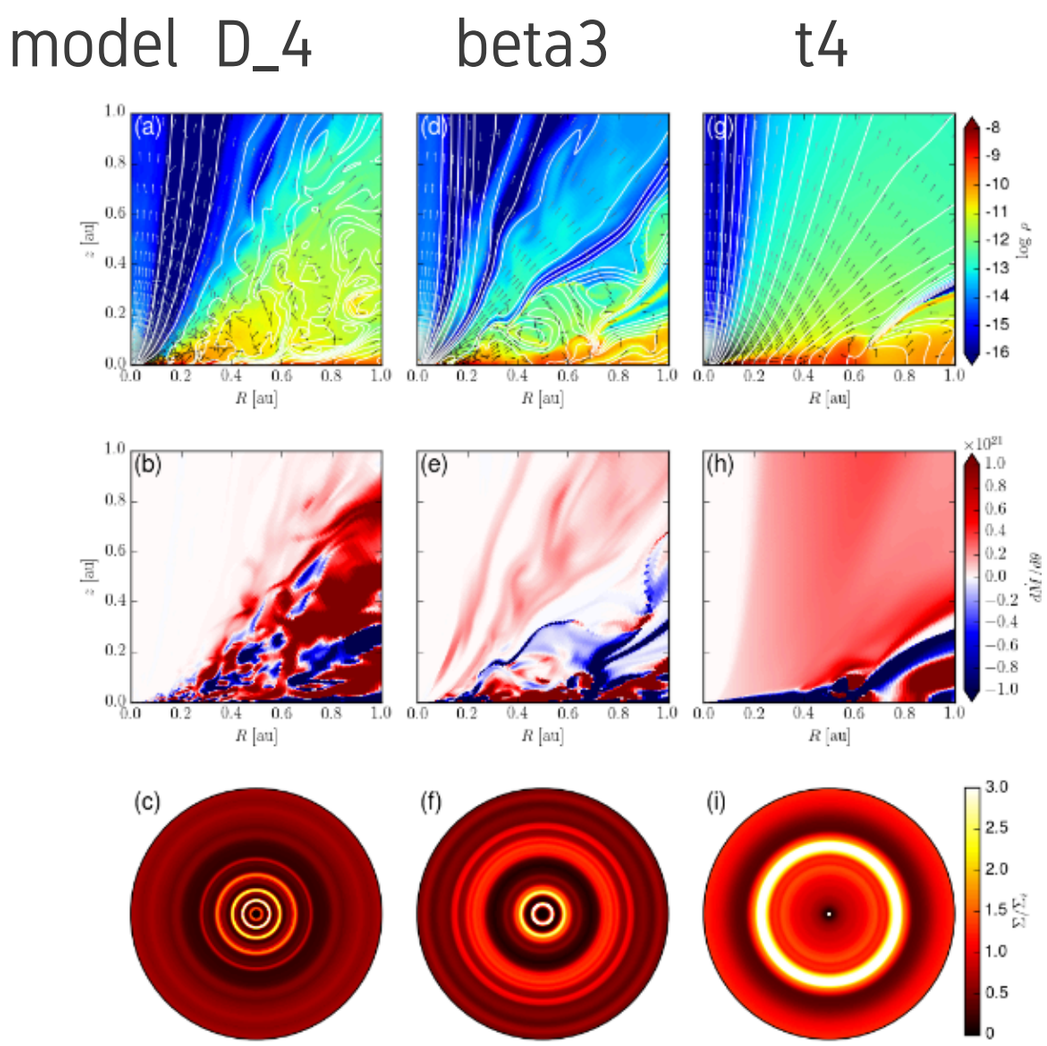


主な結果

- 2つのaccretionモード
- ringとgapの形成

3つの特徴的なゾーン

- Zone I: ringとgapと構造(r<0.1 au)
- Zone II: 定常なmagnetized windとaccretion
- Zone III: 急な密度の上昇 “avalanche accretion stream”



各パラメータの影響

- D_mは磁場と円盤のcouplingの強さを示す
- D_m小→avalanche accretion streamを作る streamの形成と破壊の結果，厚くclumpyなenvelopeを作る（stream dominated）
- D_m大→定常なaccretion（wind dominated）

$$D \equiv \eta/(hc_s) \quad D_m \equiv \eta/(hv_A), \quad D_m = \sqrt{\beta/2}\, D.$$

	ϵ	β	η [cm^2 s^{-1}]	D_0	$D_{m,0}$
reference	0.05	10^3	2.5×10^{15}	0.16	3.6
D_4	0.05	10^3	6.25×10^{14}	0.04	0.89
D4	0.05	10^3	10^{16}	0.64	14
beta_3	0.05	3.33×10^2	2.5×10^{15}	0.16	2.1
beta3	0.05	3.0×10^3	2.5×10^{15}	0.16	6.2
beta100	0.05	10^5	2.5×10^{15}	0.16	36
t4	0.1	10^3	10^{16}	0.16	3.6
ref-x2grid	0.05	10^3	2.5×10^{15}	0.16	3.6