GAEP
20240823-0829
38-75

高橋　実道（鹿児島大学）

JWST Thermal Emission of the Terrestrial Exoplanet GJ 1132b

Qiao Xue,[1] Jacob L. Bean,[1] Michael Zhang,[1] Alexandra Mahajan,[2] Jegug Ih,[3] Jason D. Eastman,[2] Jonathan Lunine,[4] Megan Weiner Mansfield,[5,6] Brandon Park Coy,[7] Eliza M.-R. Kempton,[3] Daniel Koll,[8] and Edwin Kite[7]

We present thermal emission measurements of GJ 1132b spanning $5 - 12\,\mu m$ obtained with the Mid-Infrared Instrument Low-Resolution Spectrometer (MIRI/LRS) on the James Webb Space Telescope (JWST). GJ 1132b is an M-dwarf rocky planet with $T_{\rm eq} = 584\,$K and an orbital period of 1.6 days. We measure a white-light secondary eclipse depth of $140 \pm 17\,$ppm, which corresponds to a dayside brightness temperature of $T_{p,\rm dayside} = 709 \pm 31\,$K using improved star and planet parameters. This measured temperature is only 1σ below the maximum possible dayside temperature of a bare rock (i.e., assuming a zero albedo planet with no heat redistribution, $T_{\rm max} = 746^{+14}_{-11}\,$K). The emission spectrum is consistent with a featureless blackbody, which agrees with a wide range of possible surface compositions. By comparing forward models to the dayside emission spectrum, we rule out Earth-thickness (P $\sim 1\,$bar) atmospheres with at least 1% H_2O, atmospheres of any modeled thickness ($10^{-4} - 10^{2}\,$bar) that contain at least 1% CO_2, and thick, Venus-like atmospheres ($P \gtrsim 100\,$bar) with at least 1 ppm CO_2 or H_2O. We therefore conclude that GJ 1132b likely does not have a significant atmosphere. This finding supports the concept of a universal "Cosmic Shoreline" given the high level of bolometric and XUV irradiation received by the planet.

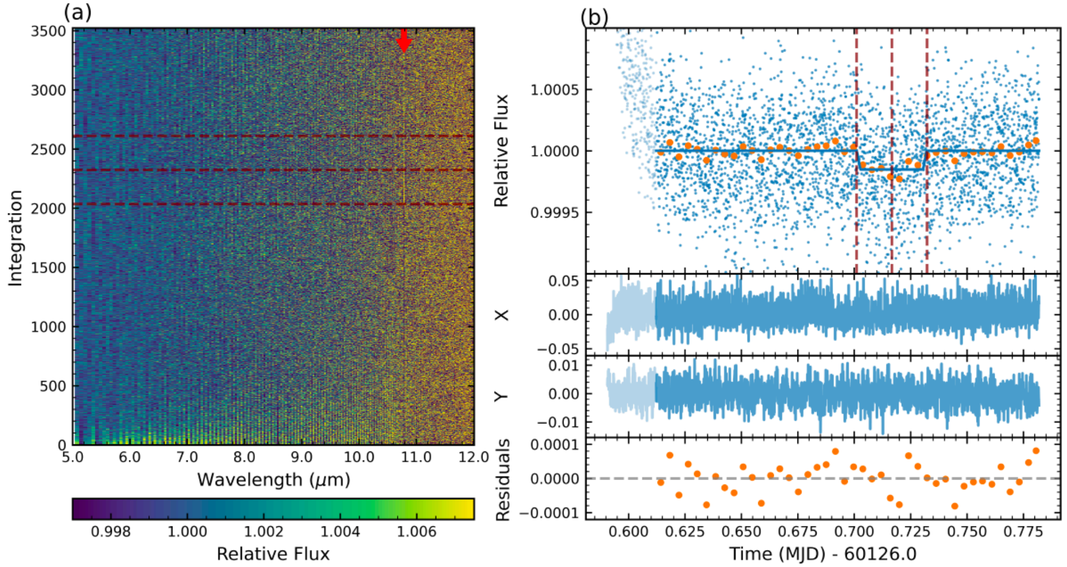
GJ1132b

10pc 以内の星の61%がM型星、岩石惑星を持っていることが多い
M型星は暗く小さいのでトランジット観測しやすい。
アクティブであるためフレアやUVで惑星大気を破壊しやすい。
これまでトランジットの透過スペクトルで大気は見つかっていない。
→大気がないのか、厚い雲があるのかなどのモデルの区別困難。

GJ1132b：M型星にホストされたsuper-Earth, Teq~584K
これまで透過スペクトルで大気の存在は未確認。
この論文ではJWST/MIRIを用いて
secondary eclipse で大気の存在を調べる。

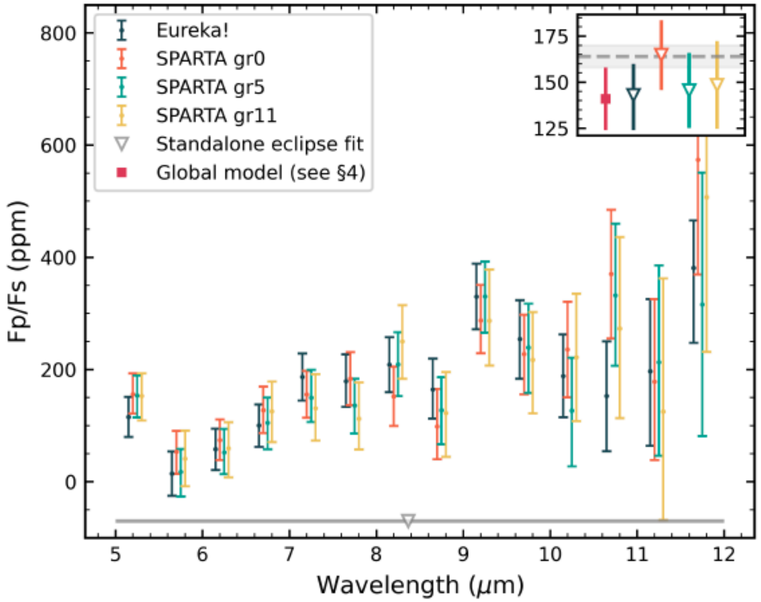
secondary eclipse以外にもトランジットや
視線速度などのデータを使って星・惑星の
パラメータを決める。

観測データ



解析結果

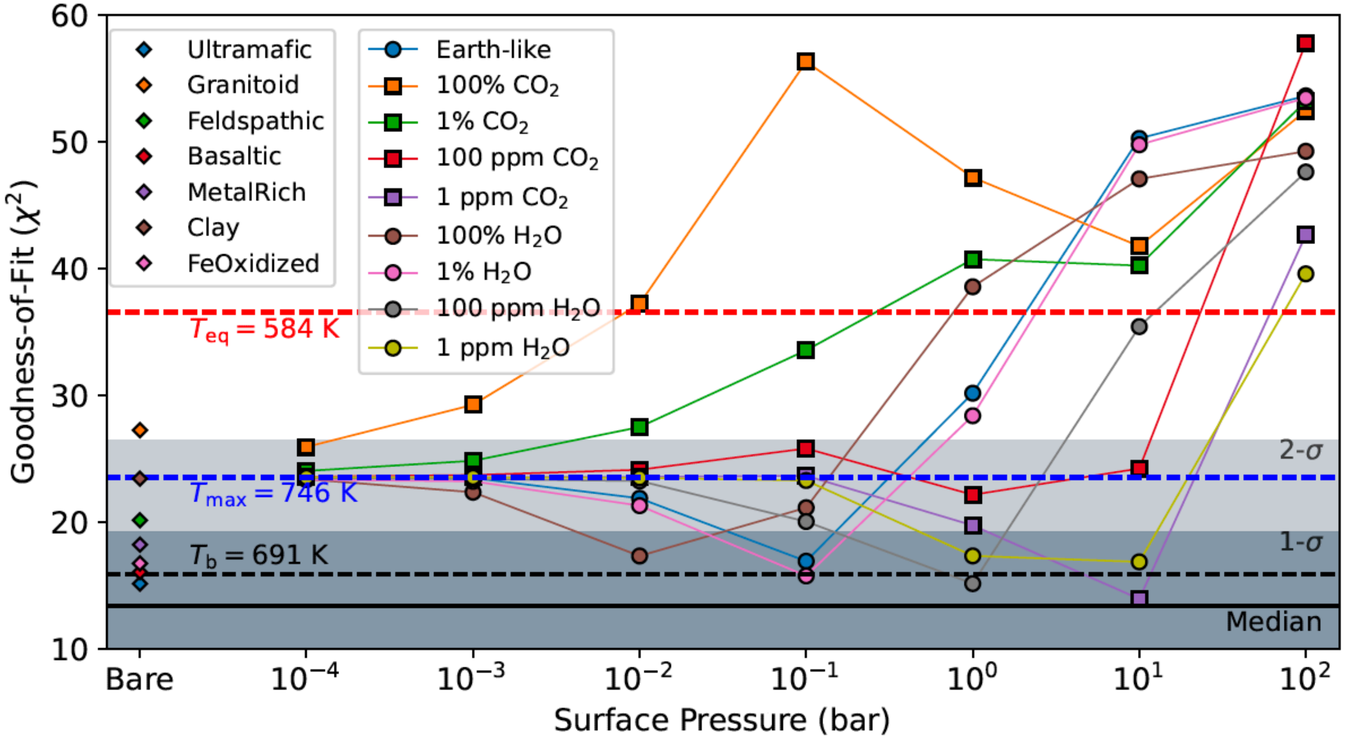
Emission spectra



色の違いは解析ツールの違い

右上の赤四角は最終的な惑星モデルから
見積もった惑星光度、
灰色破線は期待される最大光度
（アルベド0, 熱の分配なし）

大気モデルの χ^2



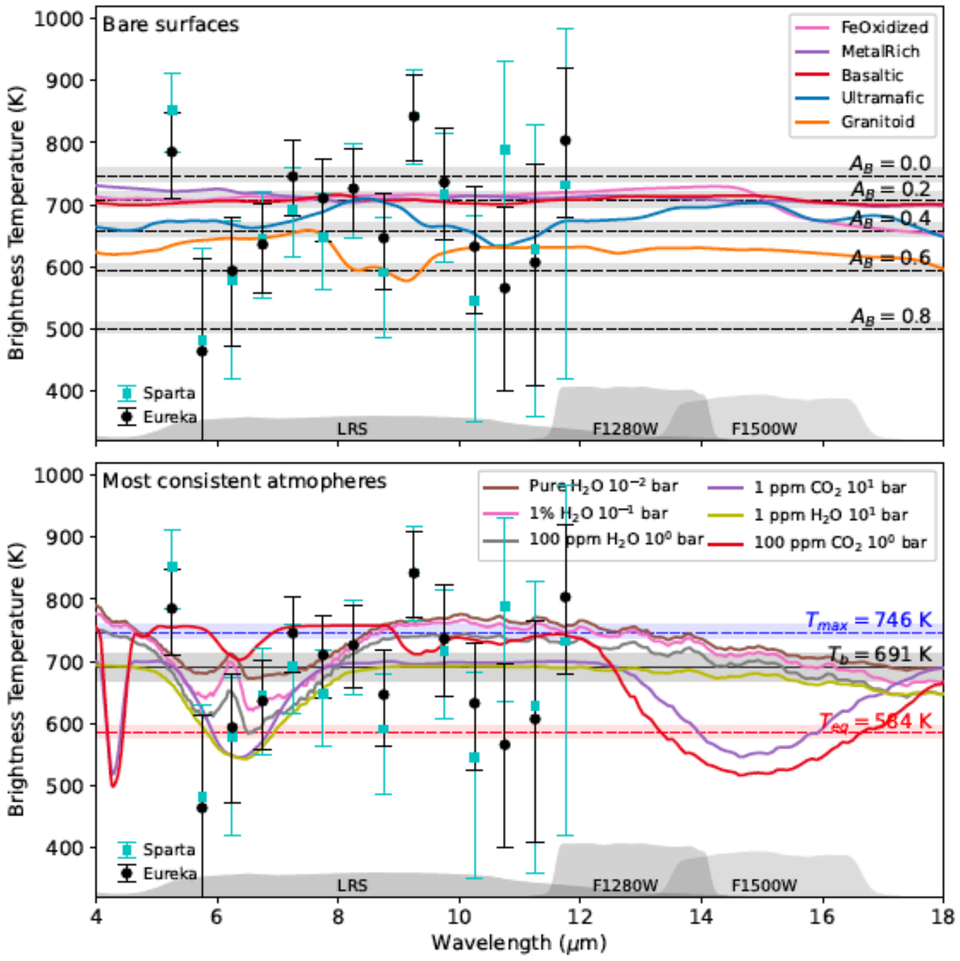
主な違い

（1）夜側への熱輸送（2）分子の吸収スペクトル
（3）温室効果

>~10bar や 分子が多いモデルが棄却

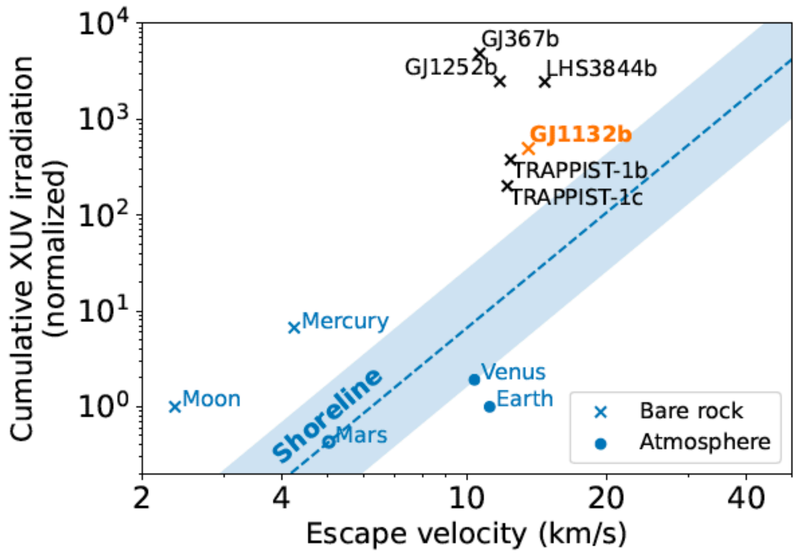
結果２

スペクトルのモデルとの比較



6umあたりの構造は
H2OやCO2があった方が
良さそうに見えるが、
論文としてはあくまで
誤差の範囲で黒体と
区別はつかないという主張

cosmic shorelineとの比較
(大気存在についての理論)



大気が存在しないモデルと
整合的。

Two Novel Hot Jupiter Formation Pathways: How White Dwarf Kicks Shape the Hot Jupiter Population

Alexander P. Stephan,[1] David V. Martin,[2] Smadar Naoz,[3,4] Nathan R. Hughes,[5] and Cheyanne Shariat[6,3]

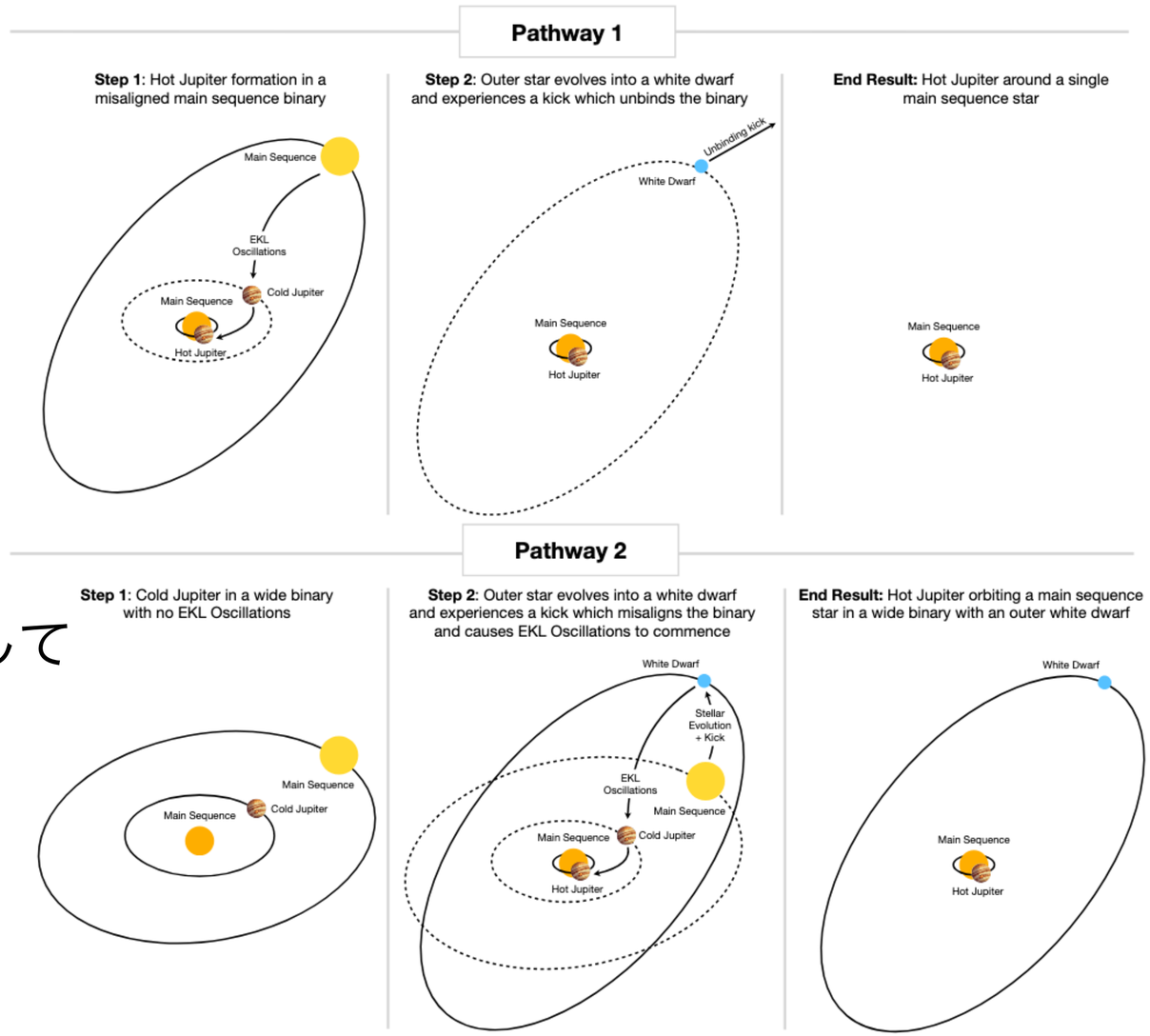
The origin of Hot Jupiters (HJs) is disputed between a variety of *in situ* and *ex situ* formation scenarios. One of the early proposed *ex situ* scenarios was the Eccentric Kozai-Lidov (EKL) mechanism combined with tidal circularization, which can produce HJs with the aid of a stellar or planetary companion. However, observations have revealed a lack of stellar companions to HJs, which challenges the importance of the binary star-driven EKL plus tides scenario. In this work, we explore so far unaccounted-for stellar evolution effects on HJ formation, in particular the effect of white dwarf (WD) formation. *Gaia* observations have revealed that WDs often undergo a kick during formation, which can alter a binary's orbital configuration or even unbind it. Based on this WD kick, in this letter we propose and explore two novel HJ formation pathways: 1) HJs that are presently orbiting single stars, but were initially formed in a binary that was later unbound by a WD kick; 2) Binaries that survive the WD kick can trigger enhanced EKL oscillations and lead to 2nd generation HJ formation. We demonstrate that the majority of seemingly single HJs could have formed in binary star systems. As such, HJ formation in binaries via the EKL mechanism could be one of the dominant HJ formation pathways, and our results highlight that unaccounted-for stellar evolution effects, like WD formation, can obscure the actual origin of observed exoplanet populations.

Hot Jupiter 形成

Hot Jupiter のその場形成は困難
→遠方で形成してから内側に落としたい。
落とすメカニズムの候補の一つとして
古在リドフメカニズム
　軌道傾斜角→軌道離心率
　→近星点付近で潮汐による円軌道化
伴星を持たない場合も多く、HJ形成過程として
支配的にならない（<20%）？

HJ系にWDの伴星が12個発見されている。

WD形成時の質量放出によるキックと
KLメカニズムを使ってHJ形成の新しいパスを考える。

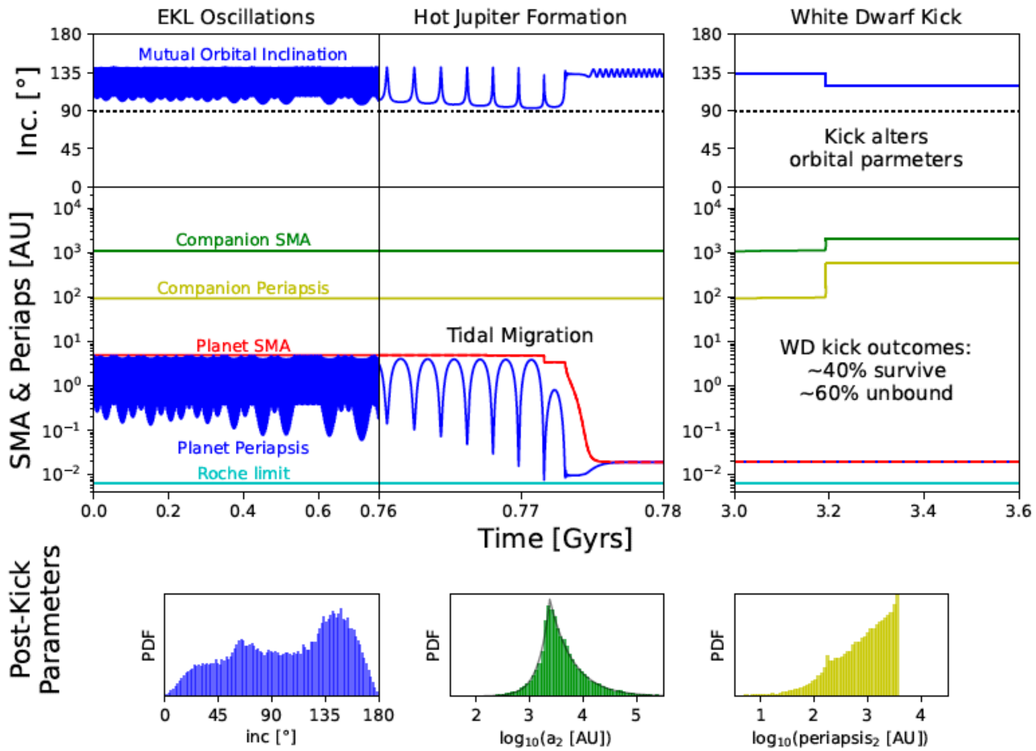


方法・結果

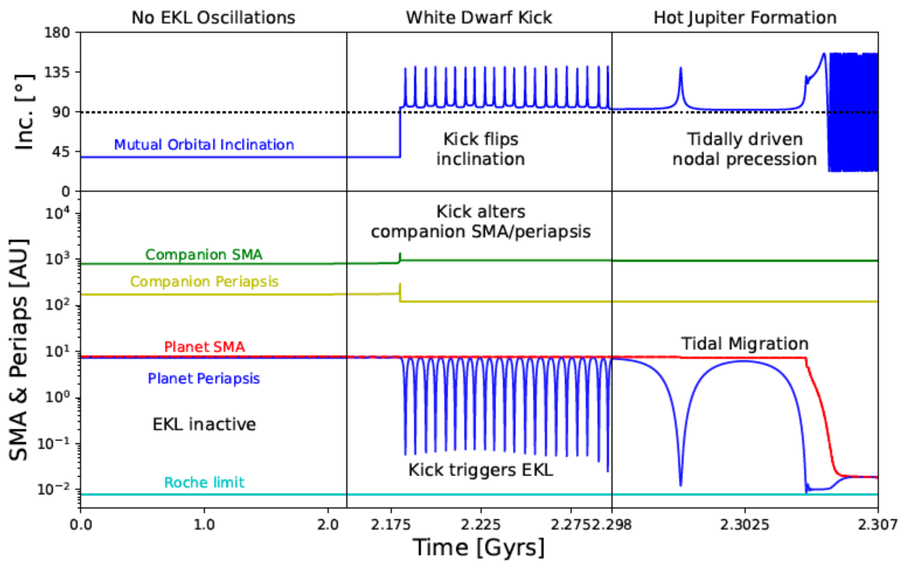
軌道の進化計算にWD形成による質量流出と
キックの効果を考慮する。 $P(v_{\rm kick}) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{v_{\rm kick}^2}{\sigma_{\rm kick}^3}\exp\left[-\frac{v_{\rm kick}^2}{2\sigma_{\rm kick}^2}\right]$, $\sigma_{\rm kick} = 0.5\ {\rm km\ s^{-1}}$

$v_{\rm kick} = \sqrt{2}\sigma_{\rm kick} \approx 0.7\ {\rm km\ s^{-1}}$. でピークを持つ

初めからEKL→WD kickで解体



WD kick → EKL開始



12823の系でこのような計算を行う

結果２

星質量はSalpeter 分布を用いて1.1-8 Msun

惑星の軌道長半径1-10 au, e=0.01

伴星のe=0-1, iも等方に分布

Table 1. Outcomes of Binary with cold Jupiter Simulations.

Initial Binaries with cold Jupiters: 12823				
Binary Phase	HJ formation	Planet Engulfment	Kick Separation	Incomplete
All	245	3810	4741	362
MS-MS	162	2267	-	-
MS-WD	83	1543	4741	-
Remaining Binaries with cold Jupiters: 3665				

HJは計245個形成

WD kick前に162個、kick後に83個形成

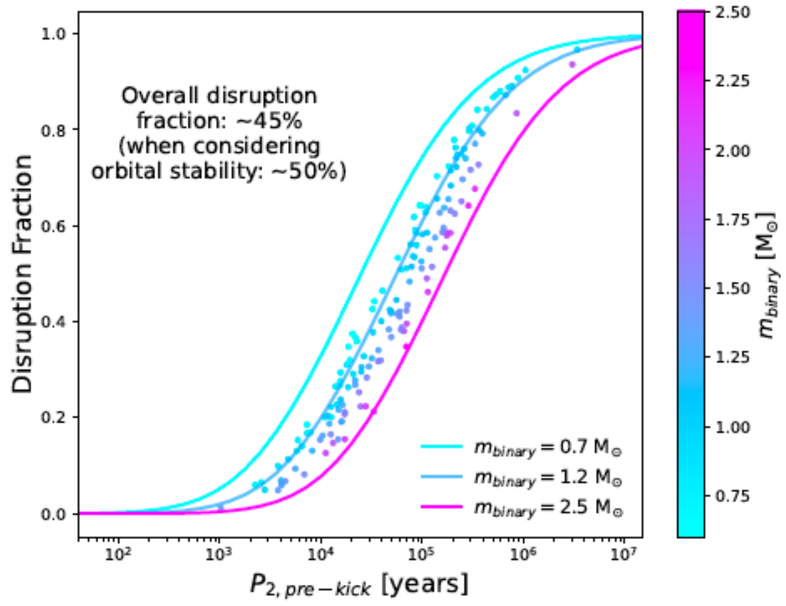
それぞれの場合で2267, 1543個が中心星に落下

CJが残り、連星系が解体したのもが4741個

解体しなかったものが3665個

WD kick前にHJ形成した162個のうち

～50%がWD kick で連星が解体



HJの～50%が連星になっている。

今単一星でも、元は連星だった可能性。

KLによるHJ形成は主要な形成過程になり得る。