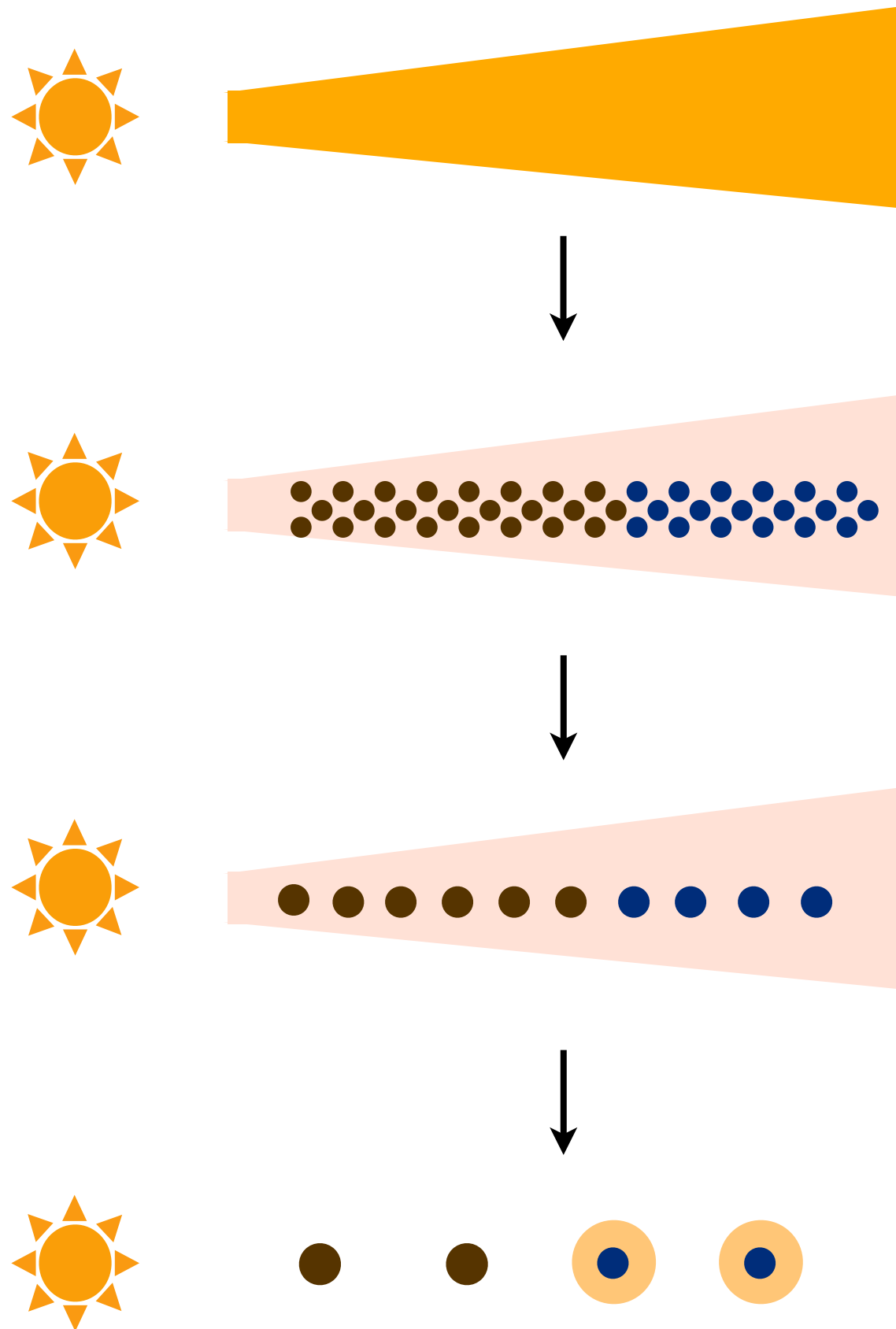


ホットジュピターが存在する系での 微惑星集積のN体計算

CfCA 押野翔一

太陽系の惑星形成モデル



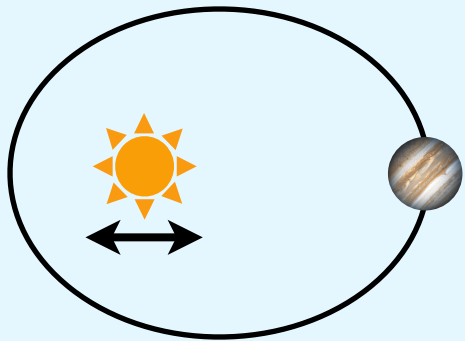
京都モデル

- (1) ガスとダストから構成される原始惑星系円盤中で微惑星が形成される
- (2) 微惑星が衝突合体して原始惑星となる
- (3) 円盤ガスが無くなるにつれ巨大衝突が起きる、また原始惑星にガスが降着して巨大ガス惑星になる

Safronov (1969), Hayashi et al. (1985)

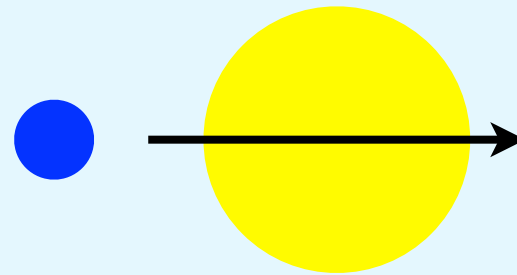
系外惑星の観測

ドップラー法



中心星のスペクトルの吸収線を観測、スペクトルの変化から、視線速度の周期変動が求まる

トランジット法

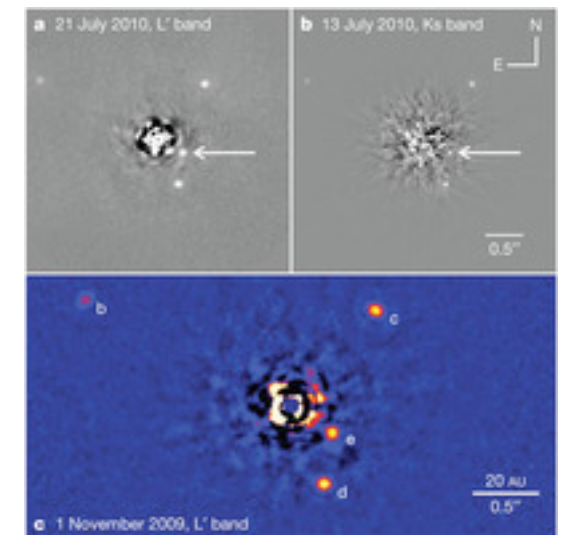


中心星の光度変化を測定する
光度の変化量から惑星と中心星の半径比が求まる

●重力レンズ法

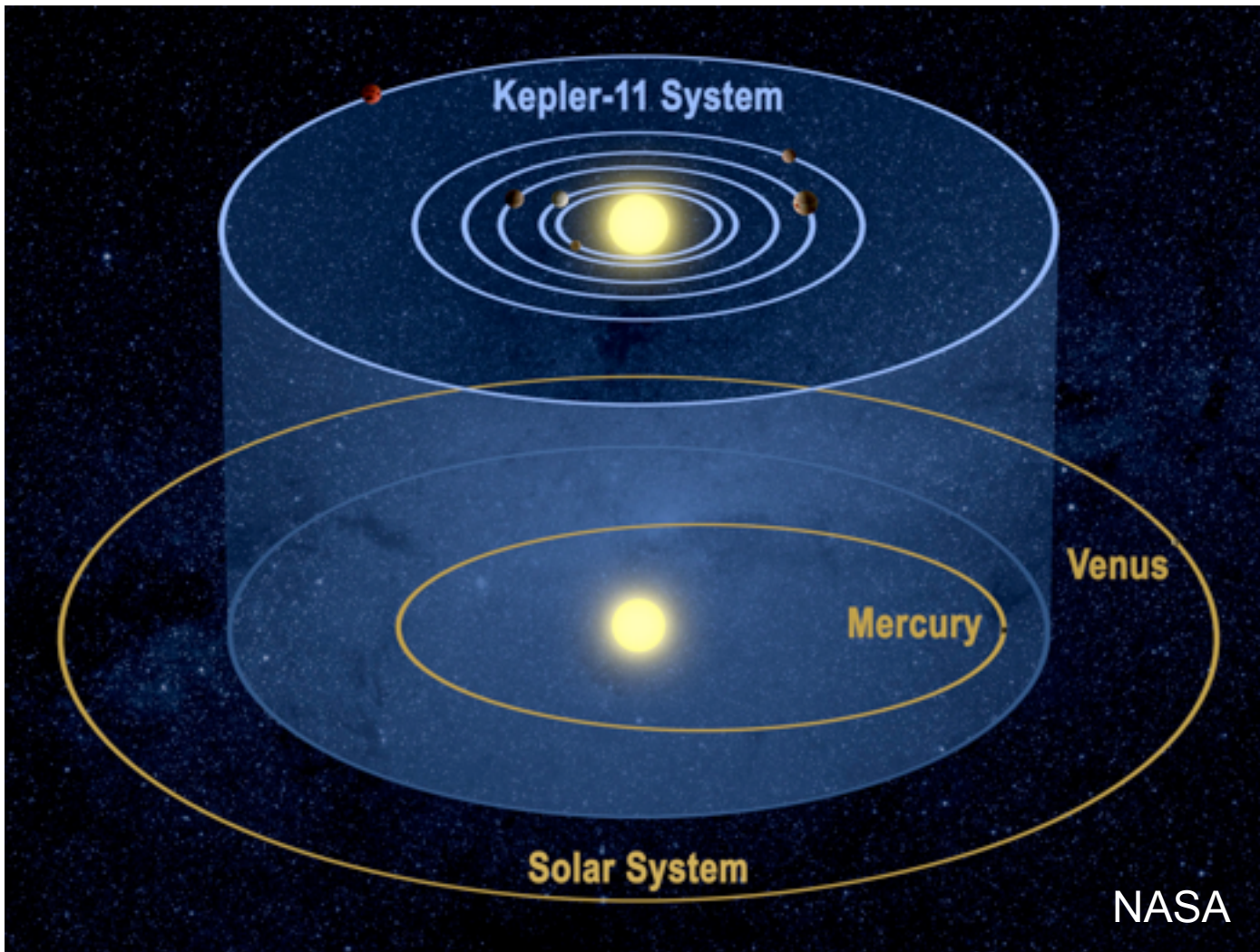
重力レンズ現象による光度変化を観測する

●直接観測法



HR 8799を周回する4つの巨大ガス惑星
(C. Marois 2010)

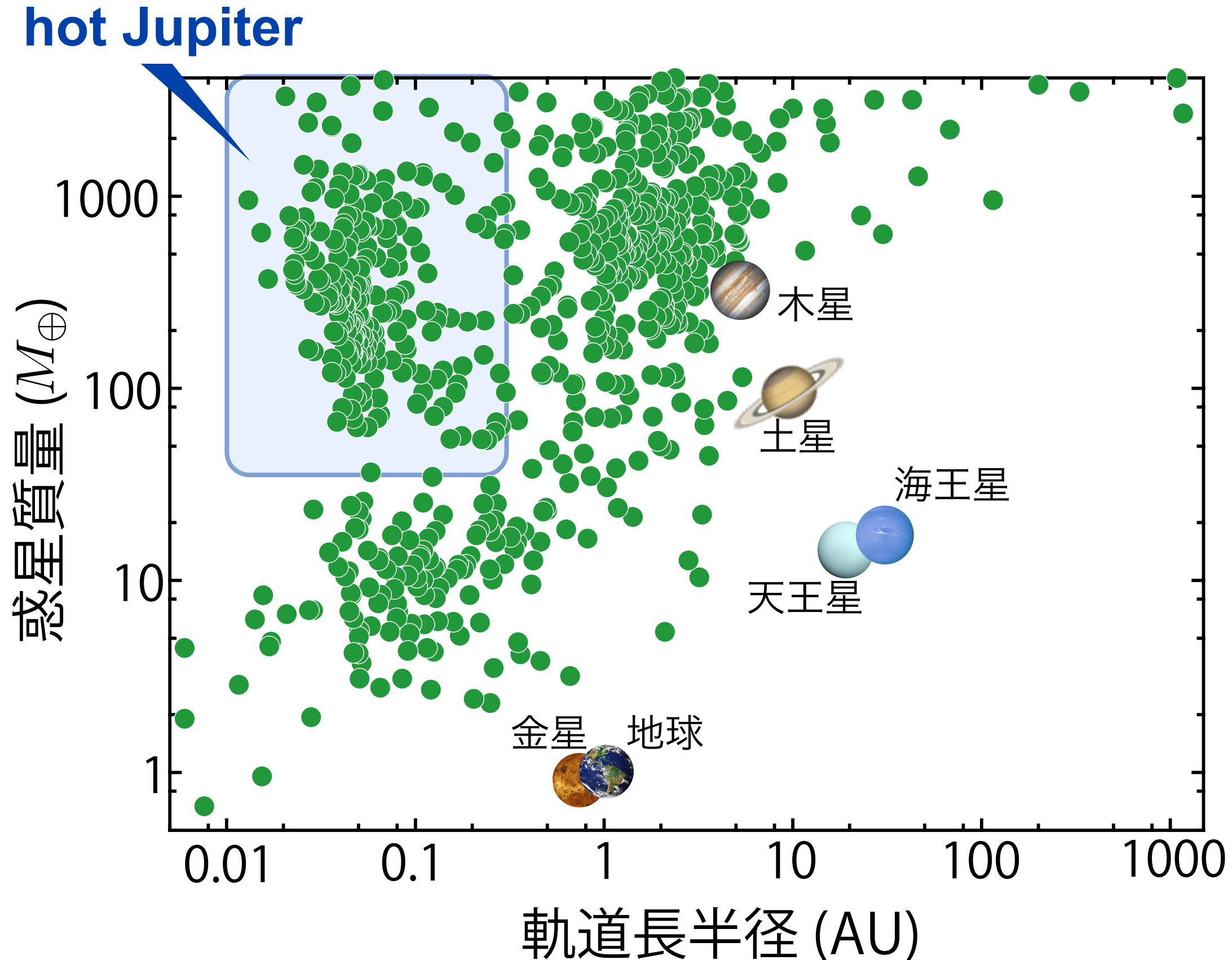
Kepler-11



惑星	質量(M_E)	距離(AU)
b	4.3	0.091
c	13.5	0.106
d	6.1	0.159
e	8.4	0.194
f	2.3	0.25
g	<300	0.462

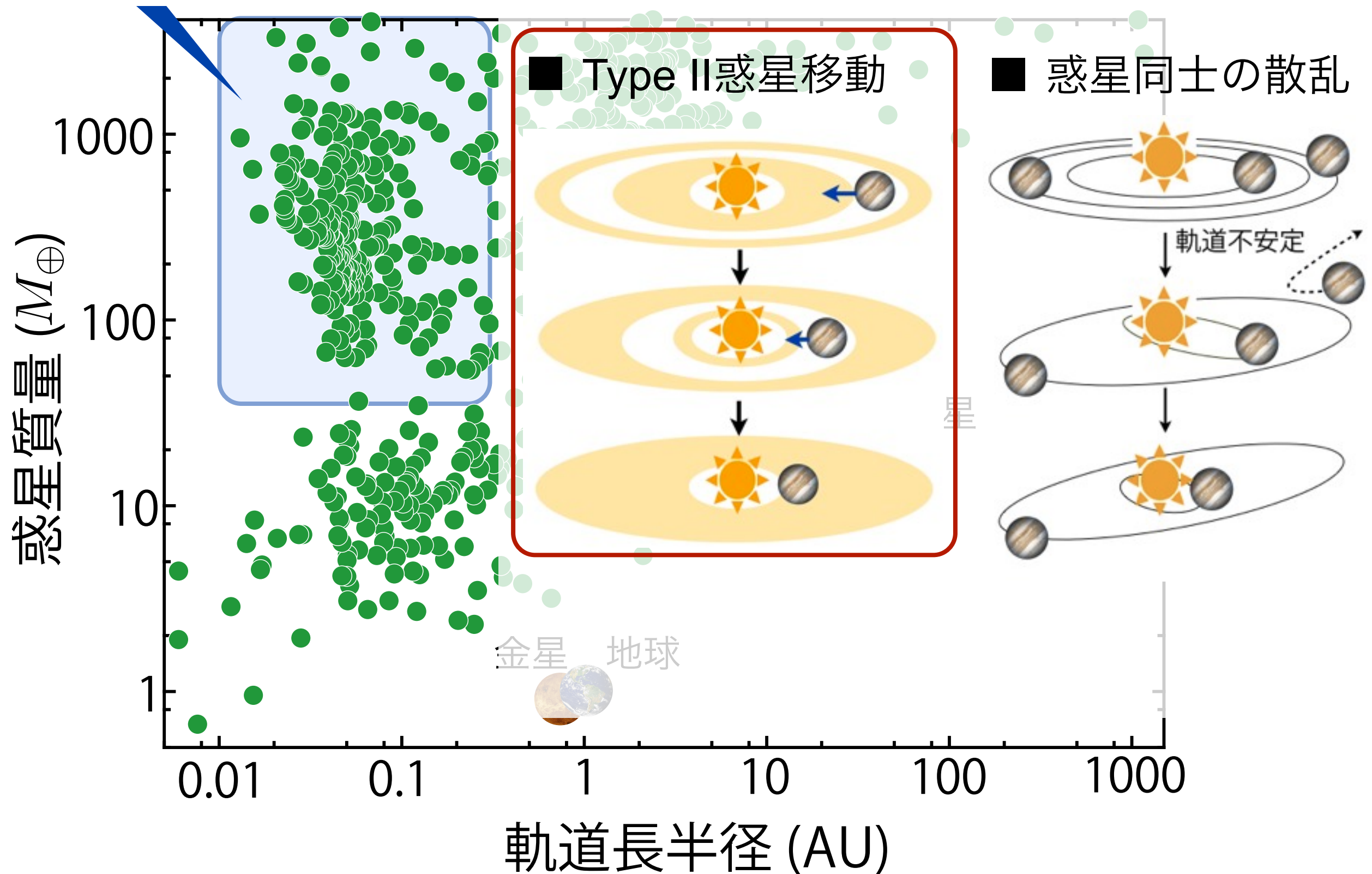
Kepler-11の特徴：密な惑星系、金星軌道の内側に6個の惑星が存在する。
→その場形成(太陽系形成モデル)では説明できない惑星系が多数見つかってきている。

系外惑星の軌道分布：hot Jupiterの存在



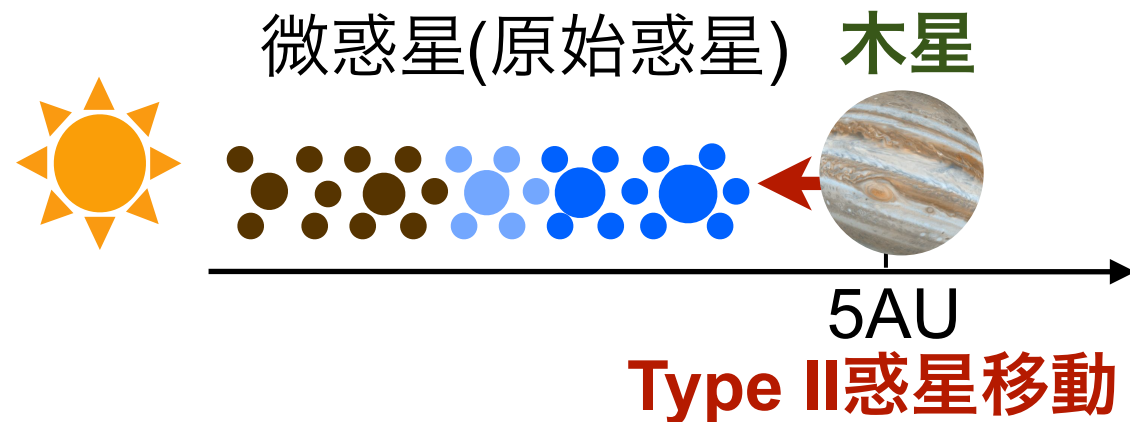
hot Jupiterの形成シナリオ

hot Jupiter



hot Jupiterと地球型惑星形成

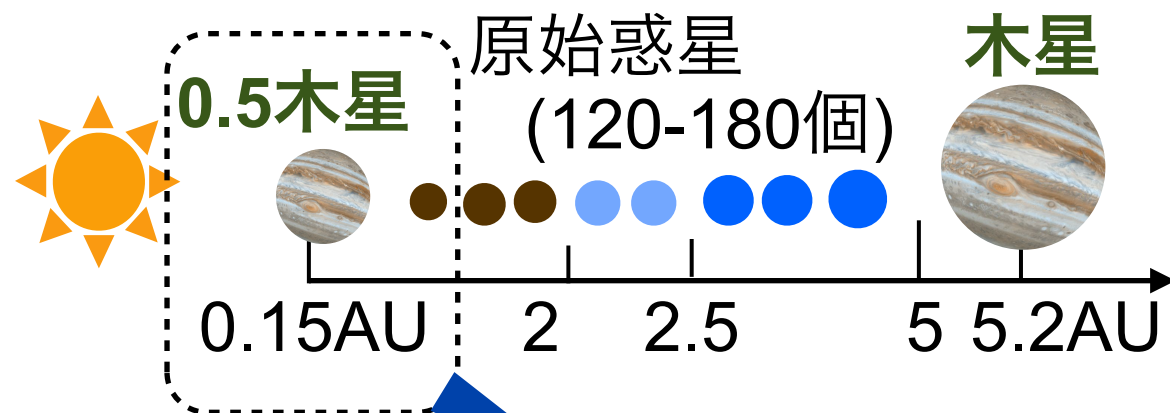
■ Type II惑星移動する木星



- (a) 太陽系の地球型惑星を配置
(Mandell & Sigurdson, 2003)
- (b) Type II惑星移動開始のタイミング
(Fogg & Nelson, 2005)
- (c) 微惑星の組成(含水率)
(Raymond *et al.* 2006)
- (d) ガス円盤の散逸 (Fogg & Nelson, 2007a)
- (e) ガス円盤の散逸 + Type I惑星移動
(Fogg & Nelson, 2007b)

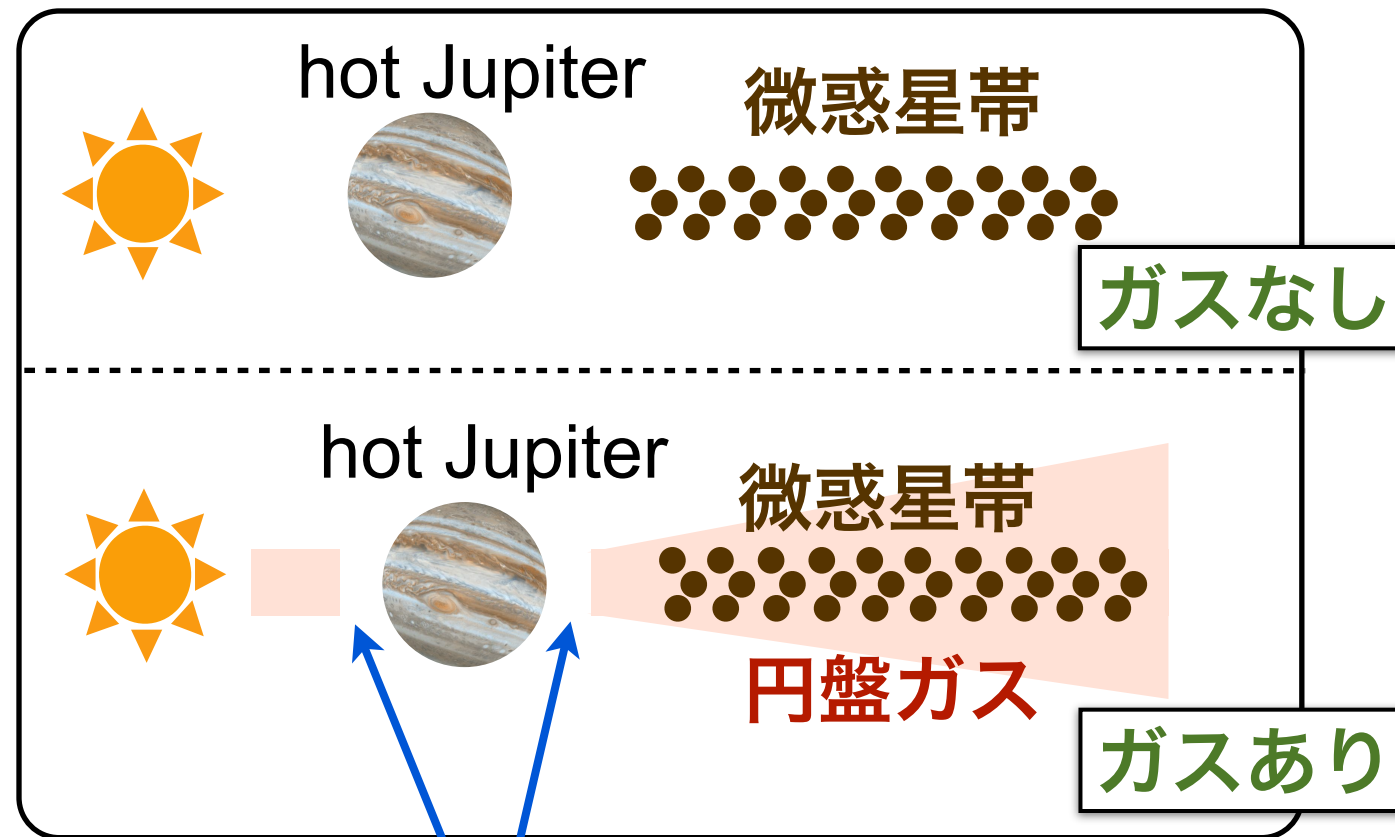
■ hot Jupiterとcold Jupiterの共存 (Raymond *et al.* 2005)

※ 惑星移動(=ガス円盤)はなし



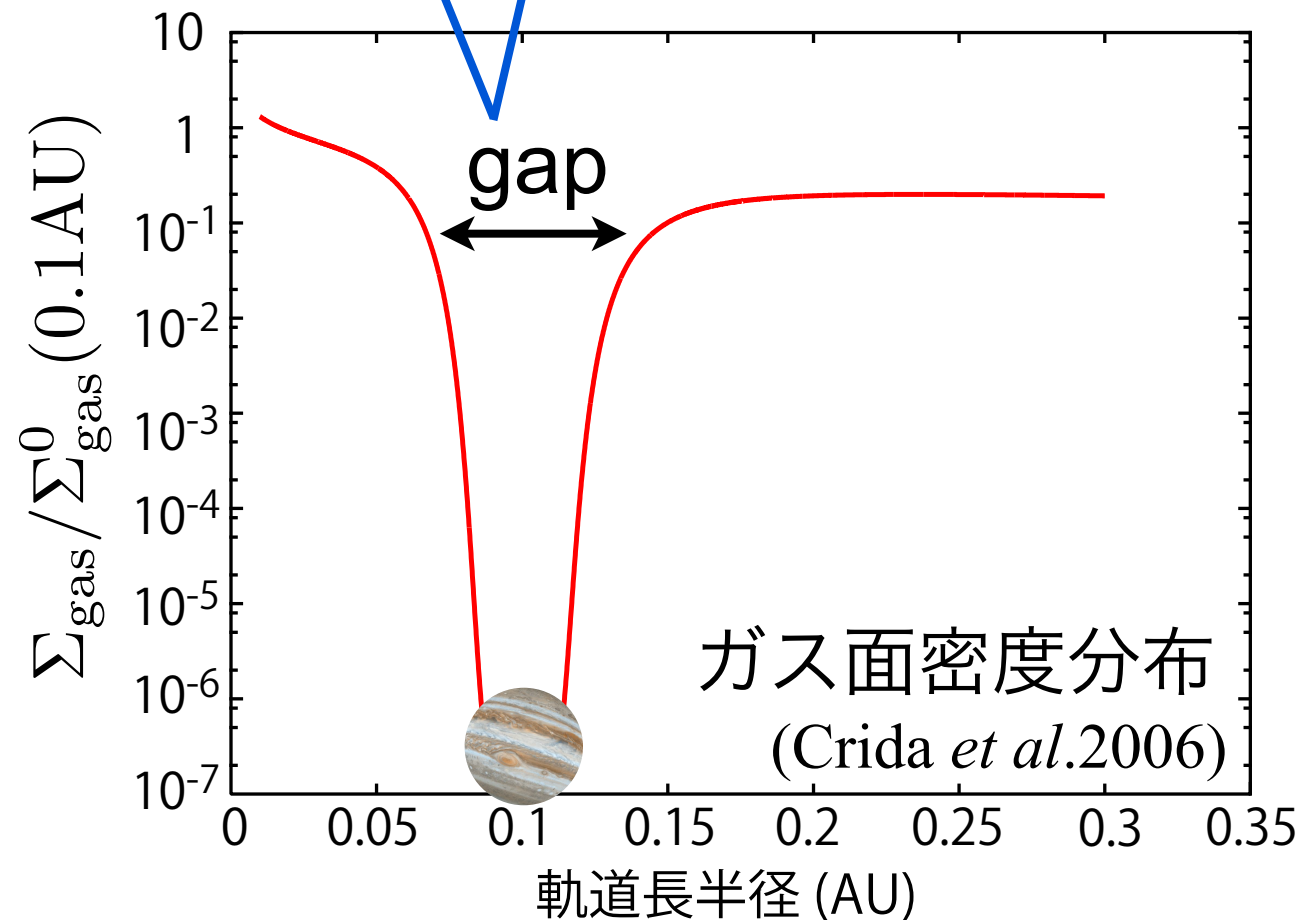
【本研究】 hot Jupiter存在下での地球型惑星形成

hot Jupiter周りの微惑星集積



重力計算のみ

重力計算 + **ガス抵抗**
(Adachi+ 1976)



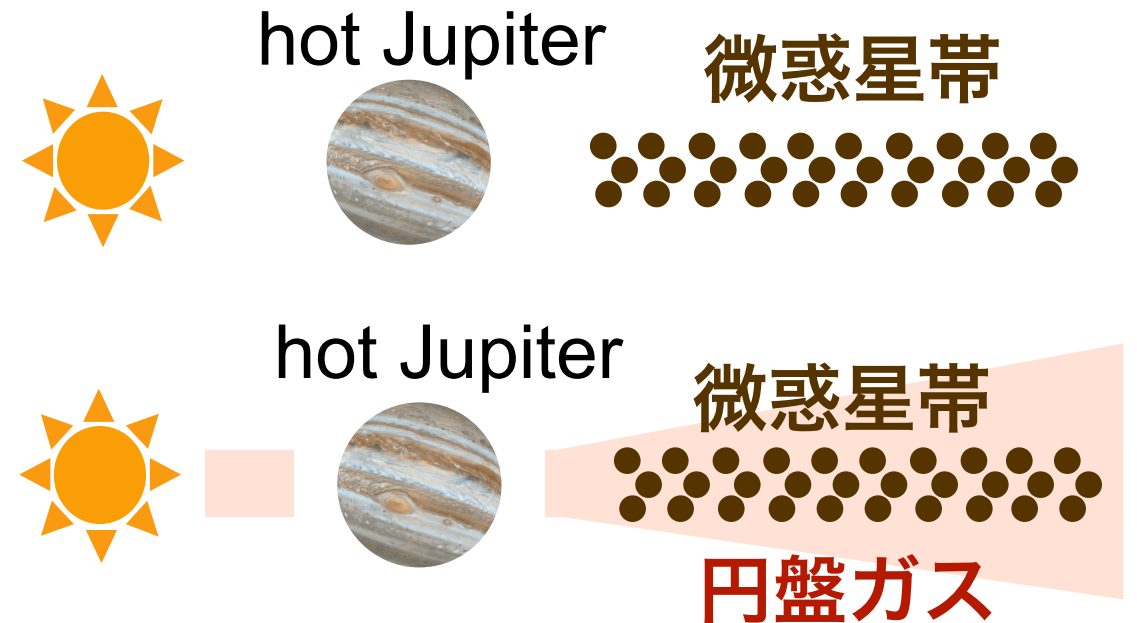
hot Jupiter周りの微惑星集積

■ N体計算 (GRAPE-DR)

$t\Omega_K=10^6$ まで計算

全粒子数 = **10,000**体

4次Hermite積分 (individual timestep)



■ 初期条件

(1) hot Jupiter

質量 : **1木星質量**

初期位置 : **0.03, 0.1, 1AU**

(2) 微惑星円盤 (~100km)

初期 e, i : **Rayleigh分布**

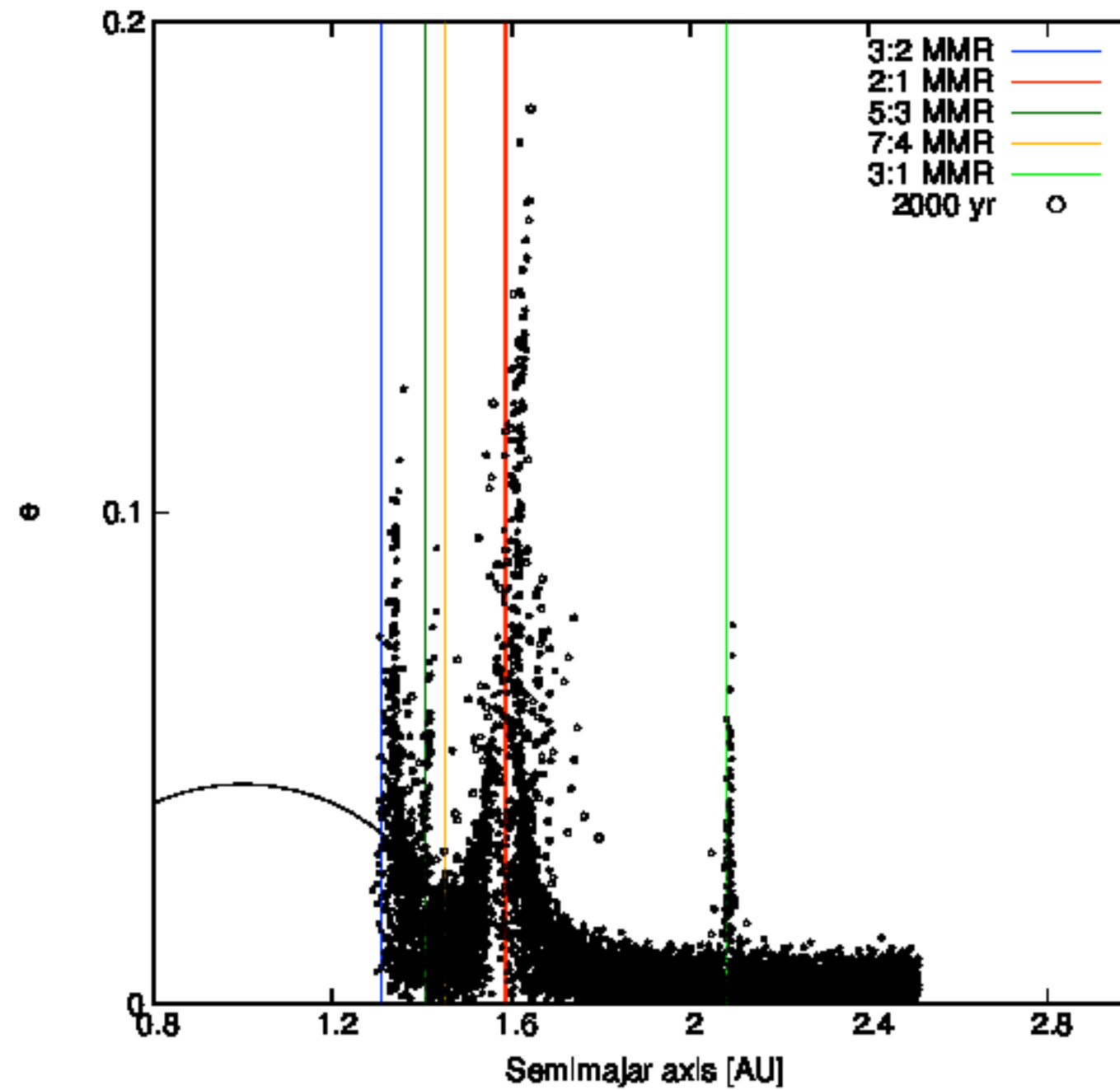
※ 0.05 - 1AU (for 0.03AU)
0.2 - 1AU (for 0.1AU)
1.3 - 2.5AU (for 1AU)

(3) ガス円盤 (**林円盤モデル**)

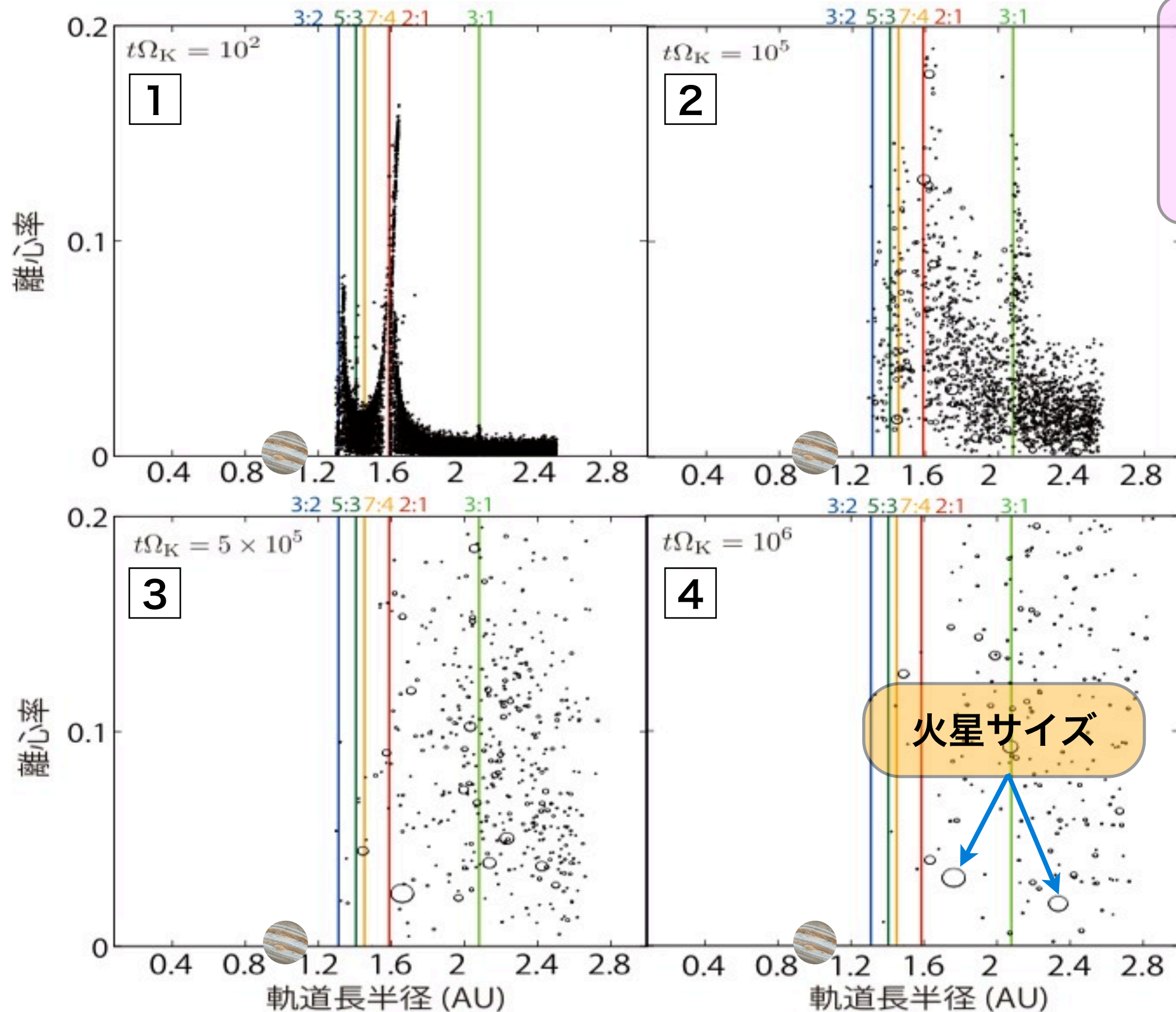
惑星移動なし

円盤散逸 : **100万年**(exp型)

Warm Jupiter周りの微惑星集積 (1AU)



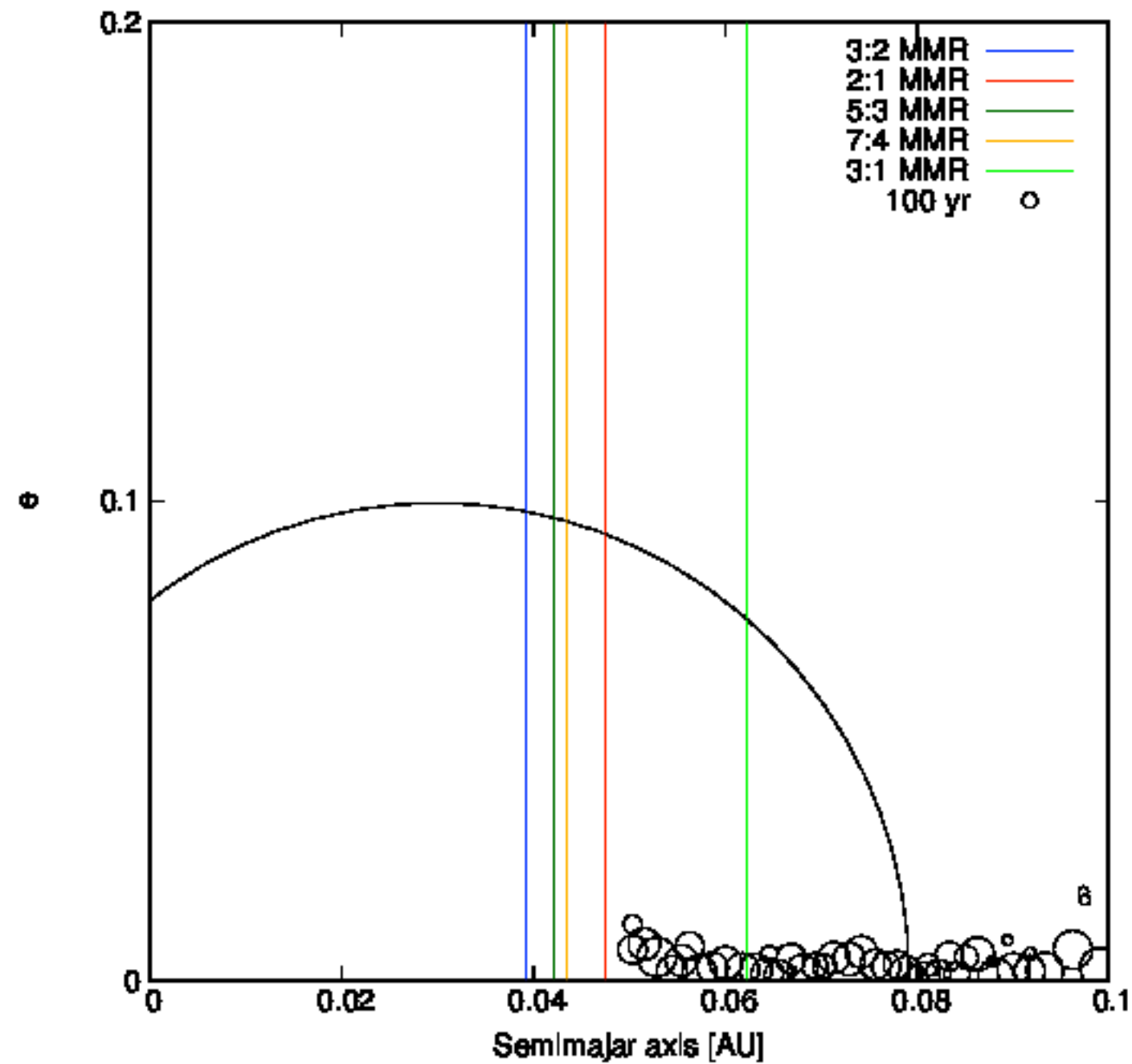
Warm Jupiter周りの微惑星集積 (1AU)



MMR(内側から)
3:2, 5:3, 7:4,
2:1, 3:1

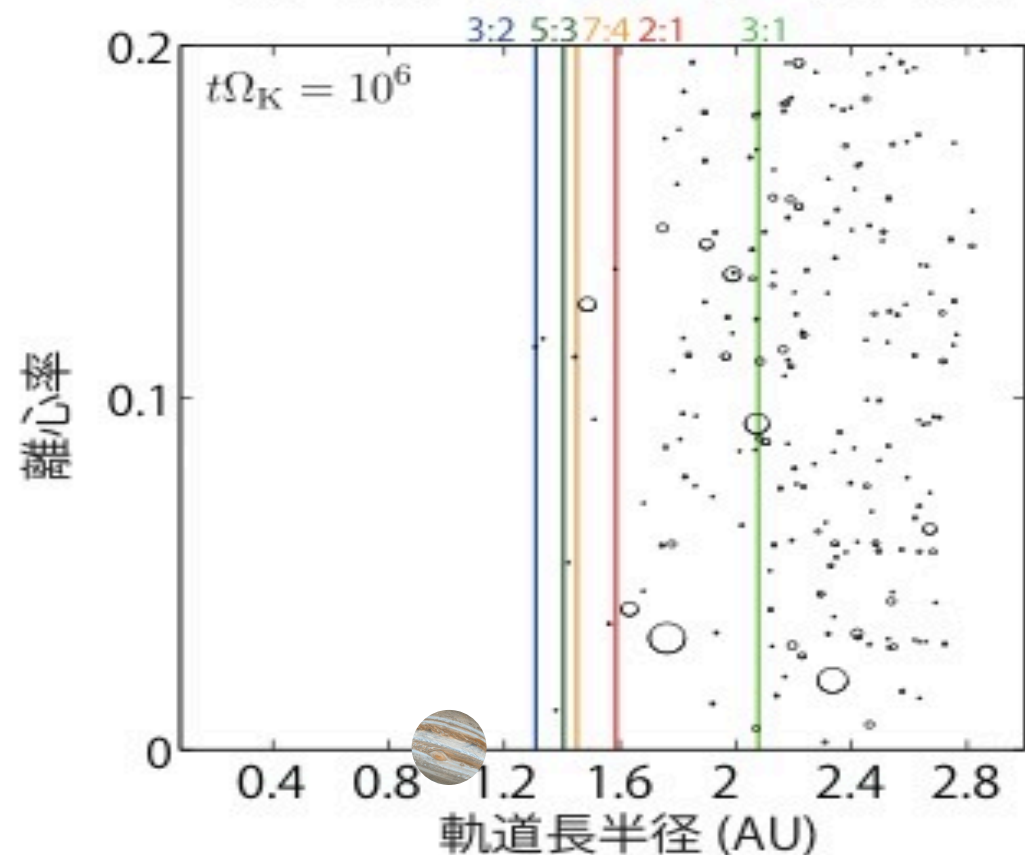
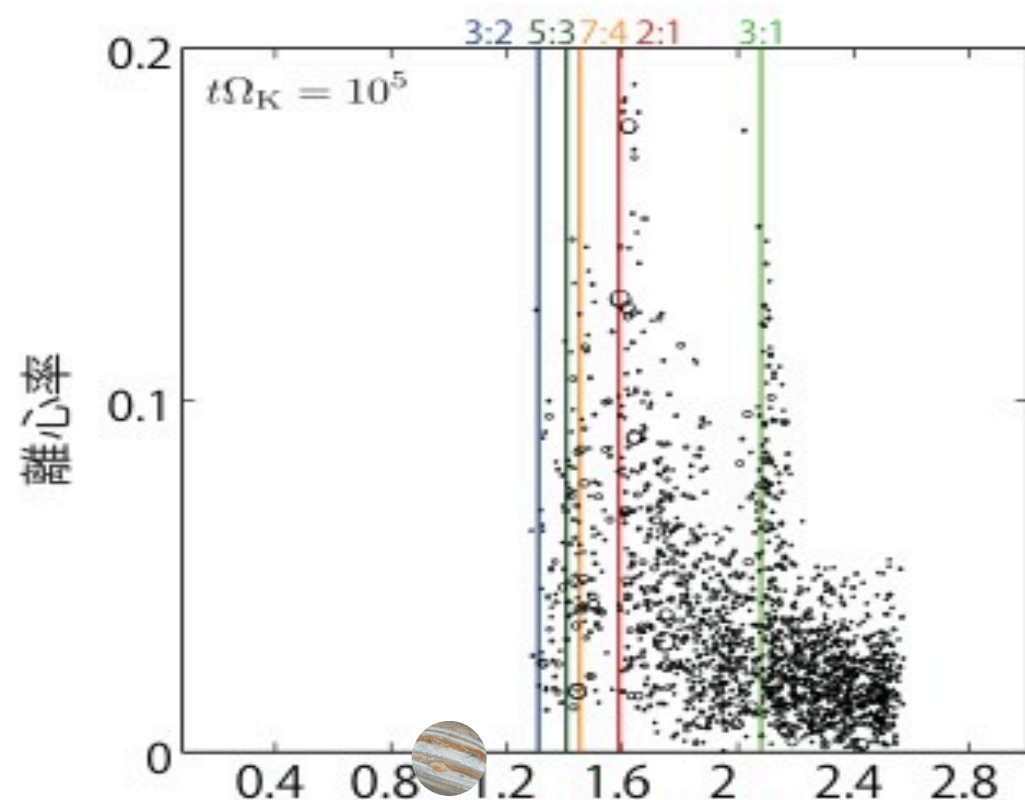
火星サイズ

Hot Jupiterの位置の影響

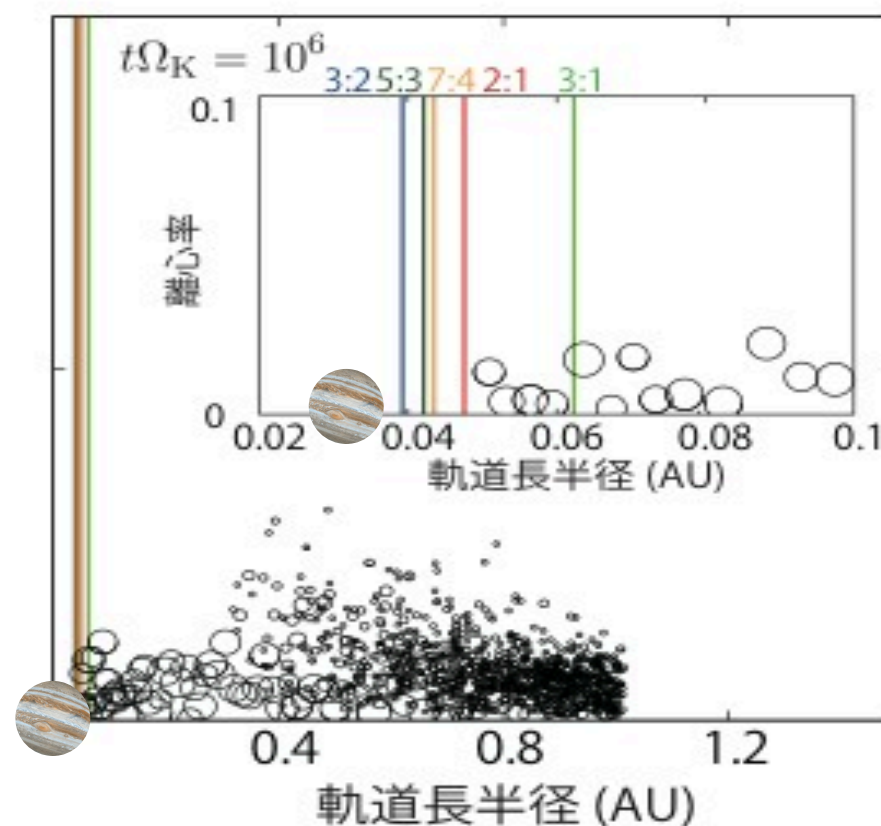
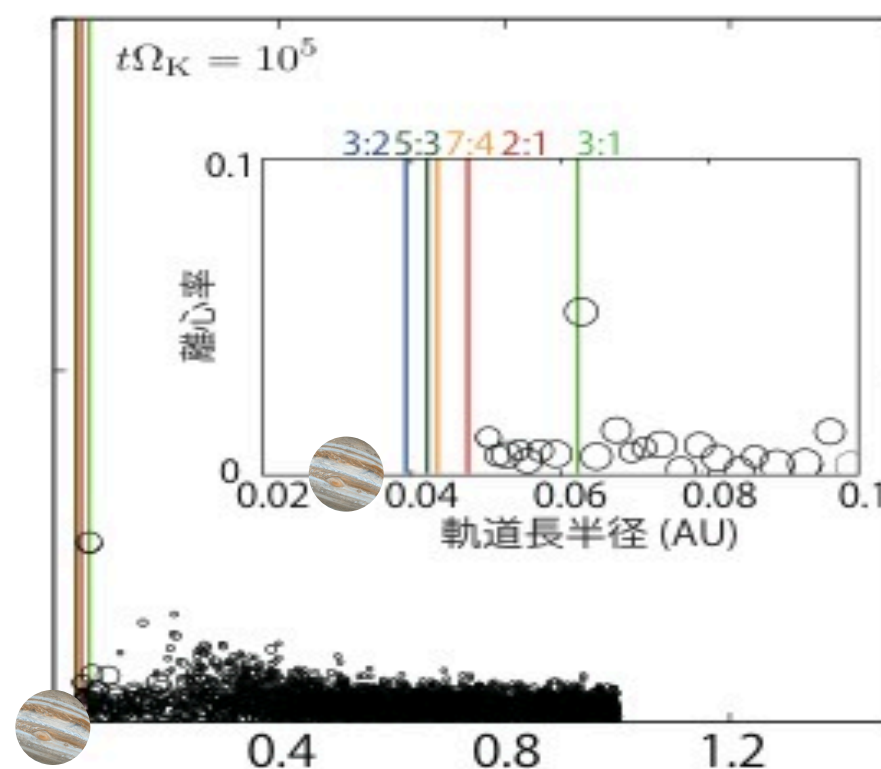


Hot Jupiterの位置の影響

■ 1.0AUの場合

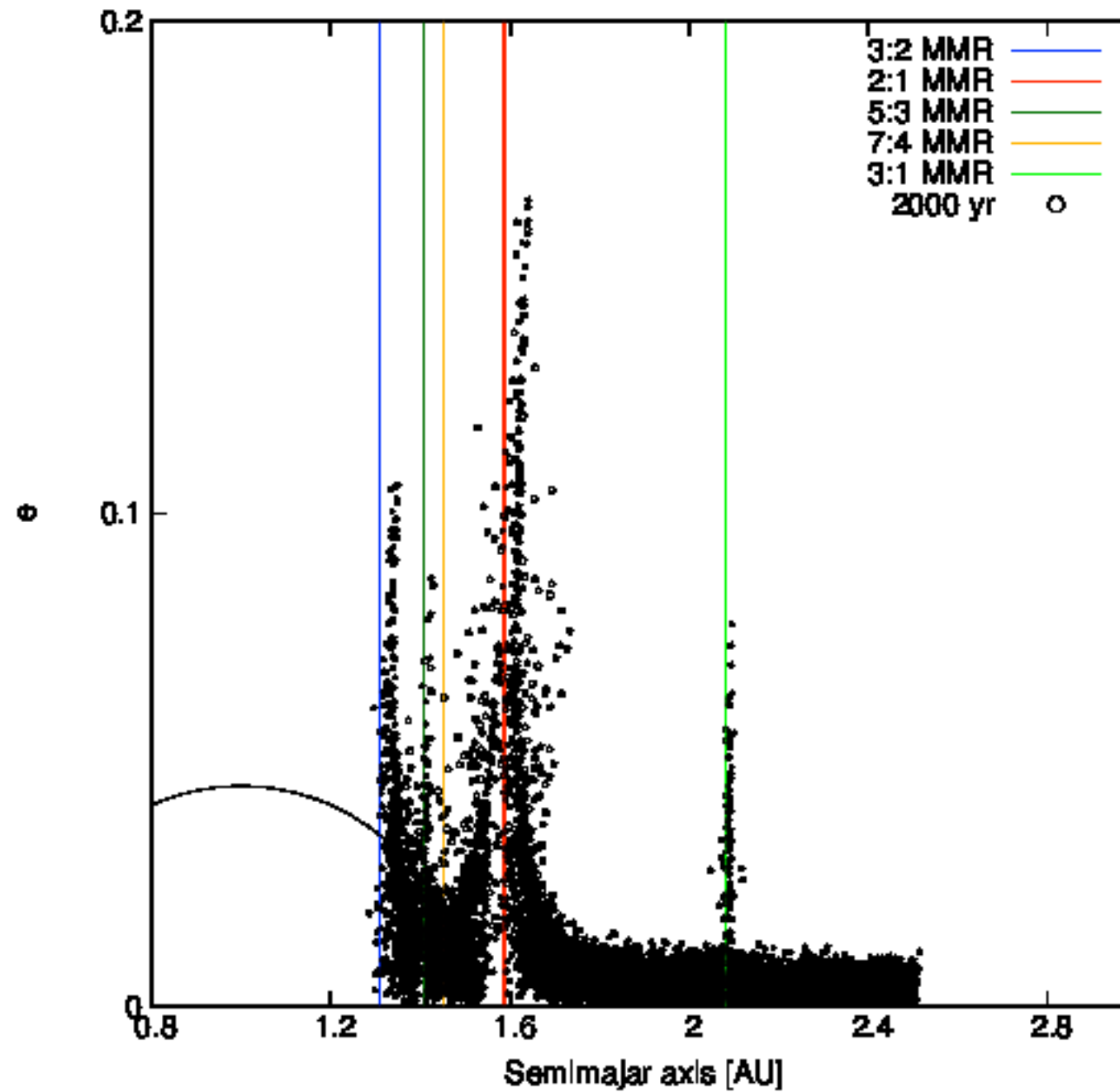


■ 0.03AUの場合



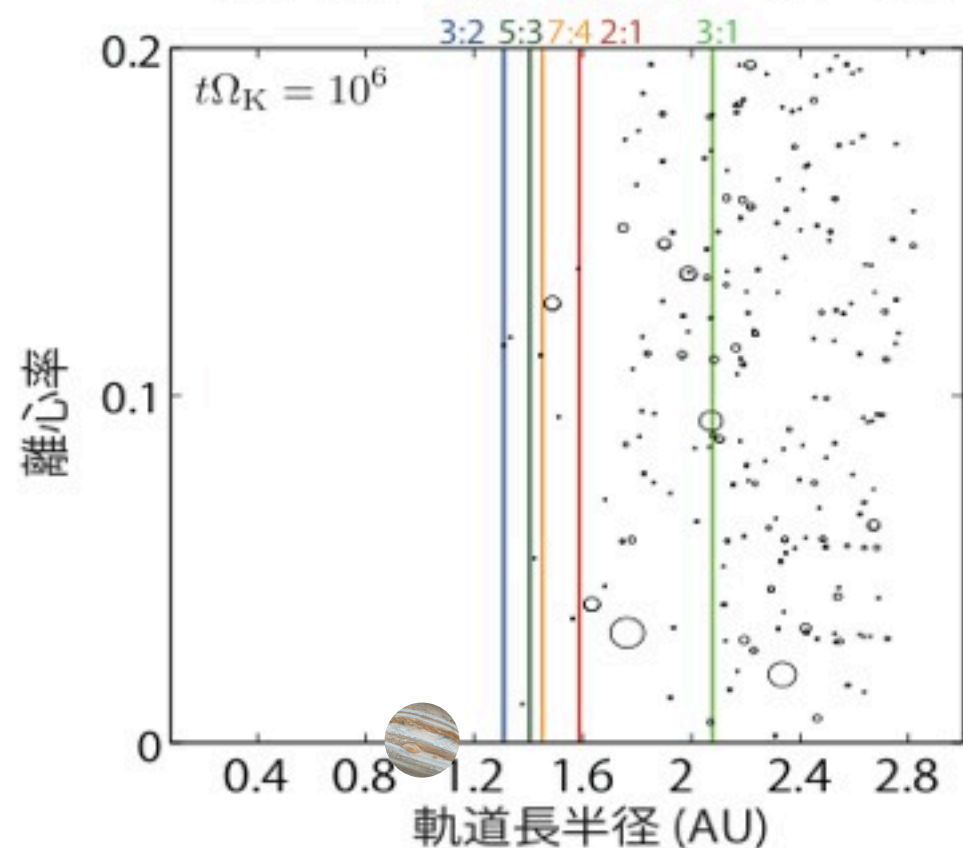
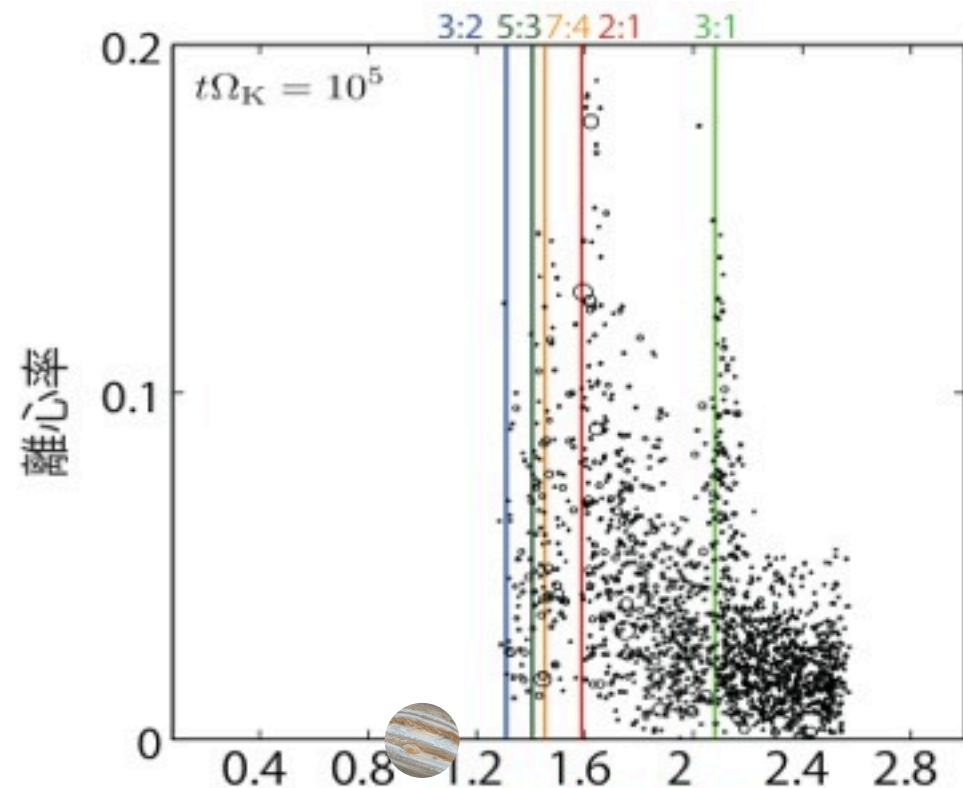
MMR(内側から)
3:2, 5:3, 7:4,
2:1, 3:1

円盤ガスおよびGapの存在の影響

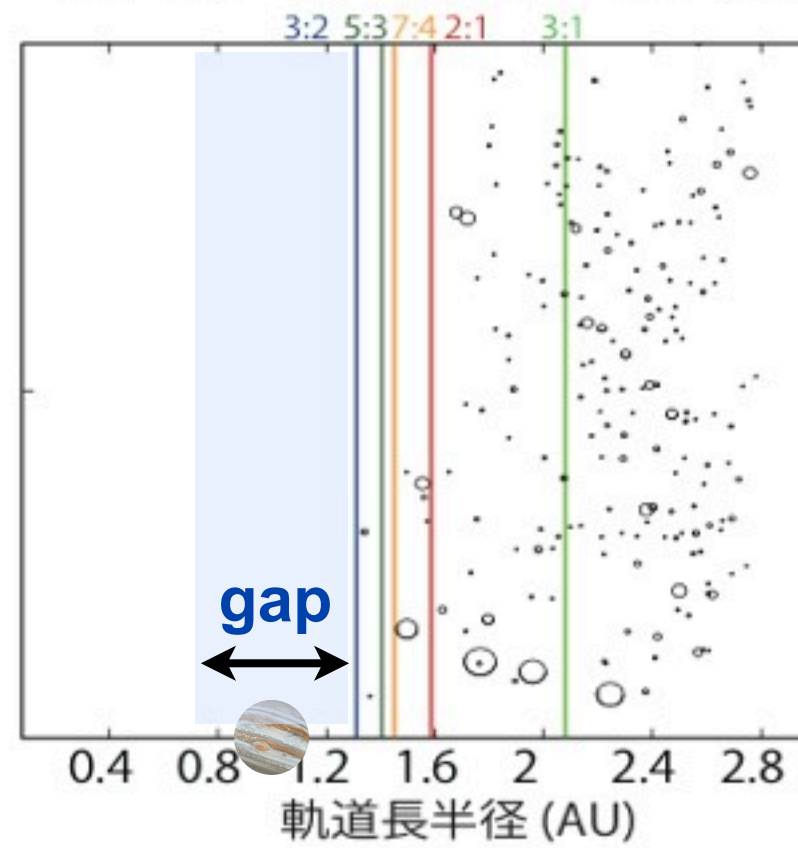
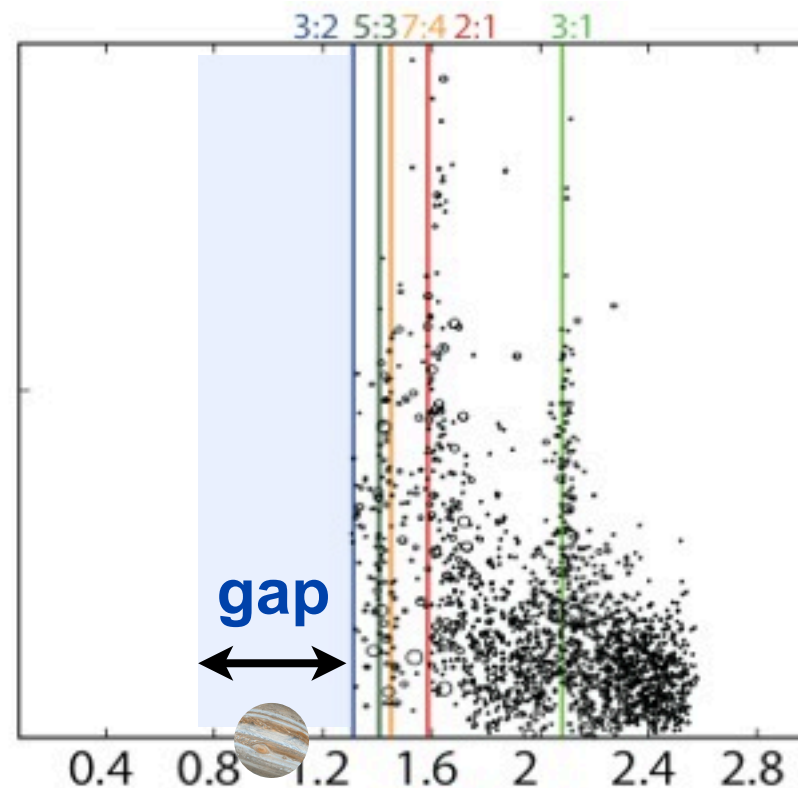


円盤ガスおよびGapの存在の影響

■ 1.0AUの場合(ガス無し)



■ 1.0AUの場合(ガス+Gapあり)



MMR(内側から)
3:2, 5:3, 7:4,
2:1, 3:1

まとめ

■形成位置による違い

- ・外側(Warm Jupiter) : MMRによる励起→集積
- ・内側(Hot Jupiter) : 集積が速い

■その場形成では必ずしもMMRの位置に惑星が出来る訳ではない

→形成後Type I migration

■Kepler ではTTVで共鳴にある惑星を見つけやすい

- ・Warm Jupiter : 他の惑星の兆候
- ・Hot Jupiter : 単独の可能性

(Steffen+12)

■今後の予定 : 詳細な解析と統計数の増加