



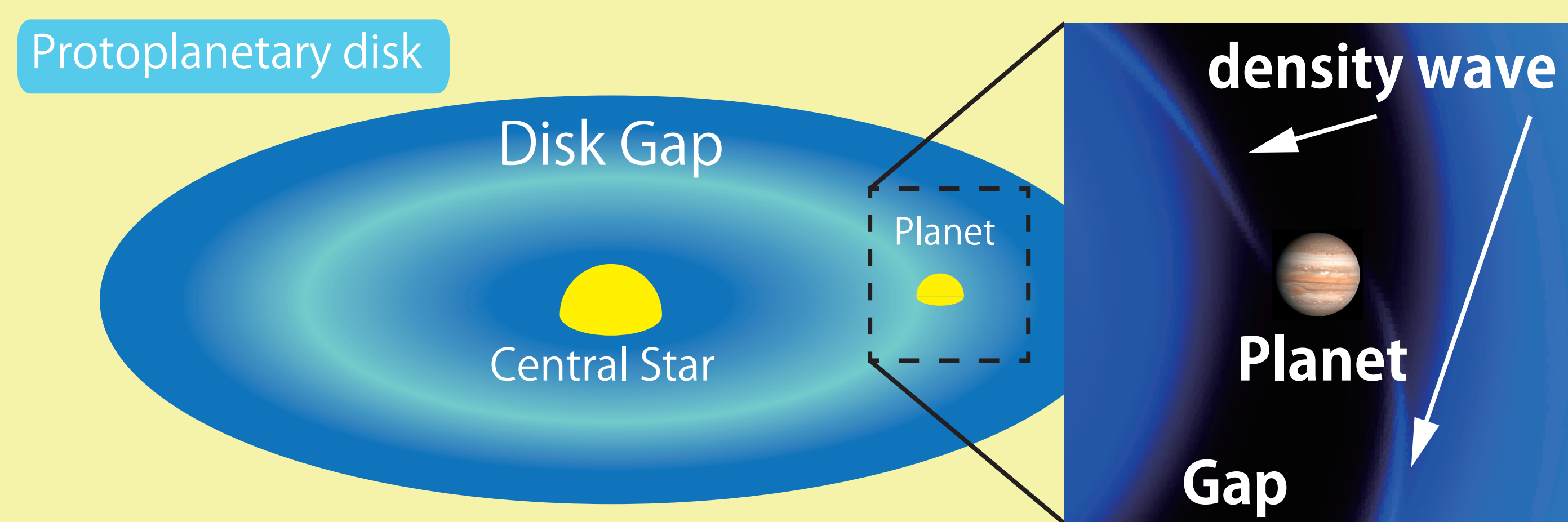
巨大惑星による原始惑星系円盤ギャップ構造の理論モデルと観測への応用

金川和弘（北海道大学低温科学研究所）、
田中秀和（北大低温研）、武藤恭之（工学院大学）、谷川享行（産業医科大学）、竹内拓（東京工業大学）

E-mail: kanagawa@lowtem.hokudai.ac.jp

イントロダクション

原始惑星円盤内に巨大惑星が誕生すると、巨大惑星は周囲の円盤ガスとの重力相互作用によって惑星軌道に沿った低ガス密度領域（ギャップ構造）を形成する。



円盤内での惑星はどのように進化しているのか？

- 周囲の円盤ガスの捕獲による質量増加
周惑星円盤へのガス供給、衛星形成にも影響
- 円盤-惑星相互作用による惑星移動
Type I, II 惑星移動、円盤温度分布、円盤粘性に依存

理論モデルは発展途上

原始惑星円盤の直接撮像観測から探る惑星進化

ALMAやSubaru望遠鏡による円盤直接撮像観測によって軸対称なギャップ構造が明らかになっている。
惑星がギャップを作っているとすると、ギャップ構造の観測から形成・進化途中の惑星の情報が得ることができる。



直接撮像から得られるギャップの情報

- ギャップの深さ
高分解能&高感度観測が必要
- ギャップの幅
比較的簡単に観測可能

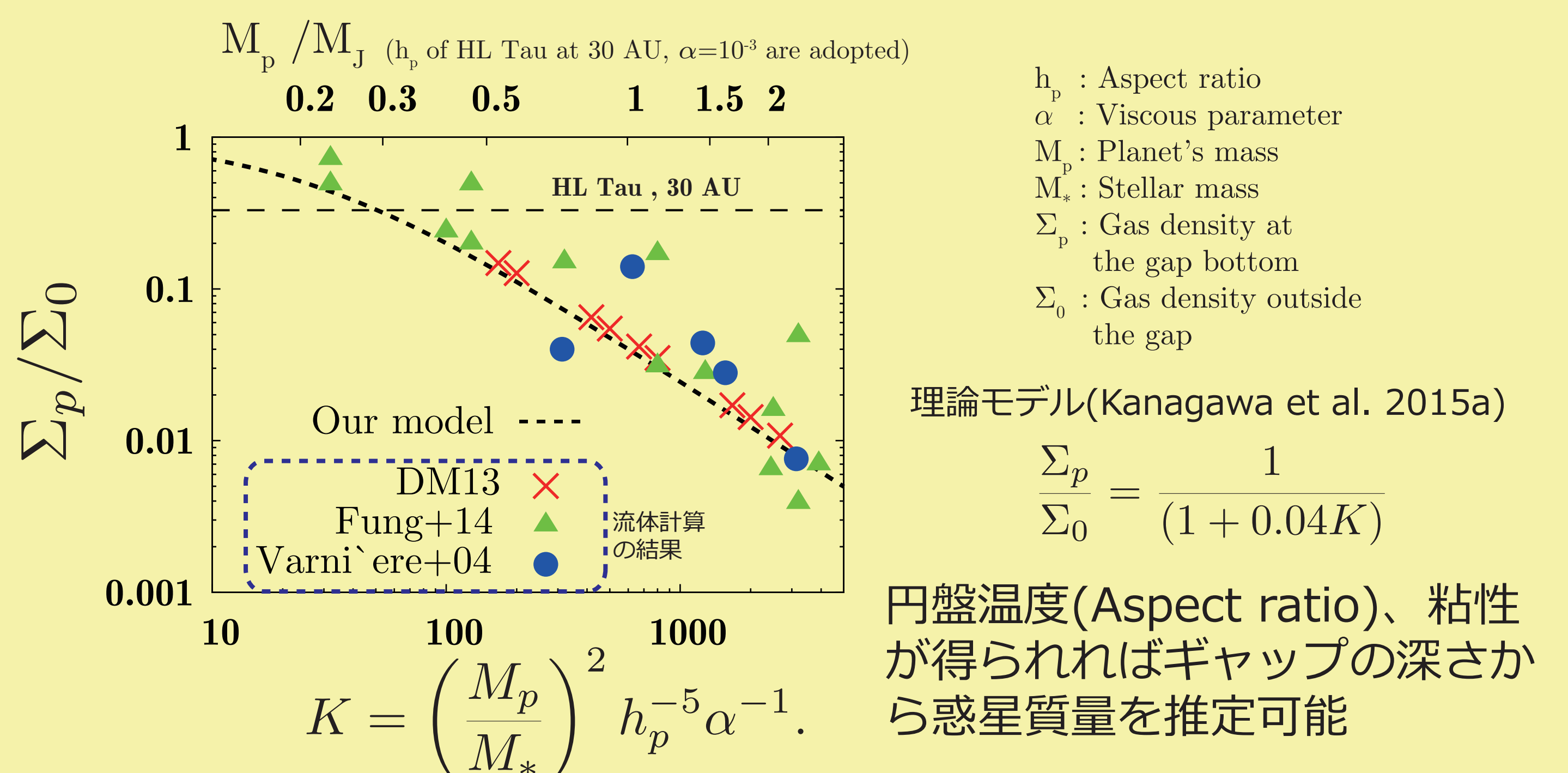
これらの観測量からどの程度、惑星の情報を制限できるのか？

まとめ

1. 惑星質量とギャップの深さの関係は、円盤-惑星間で交換される角運動量の保存から見積もることができる。この関係式を用いることで、ギャップの深さから惑星質量を見積もることができる (Kanagawa et al. 2015b)。
2. 数値流体計算を様々なパラメータで行った結果、ギャップの幅と惑星質量の経験式を得た。この関係を用いることで、ギャップの幅からも惑星質量を見積もることができる (Kanagawa et al. in prep)。
3. ギャップの幅・深さからそれぞれ独立に見積もった惑星質量を比較することで、観測されたギャップが惑星が作ったものかどうかの判定をすることができる。

ギャップの深さと惑星質量

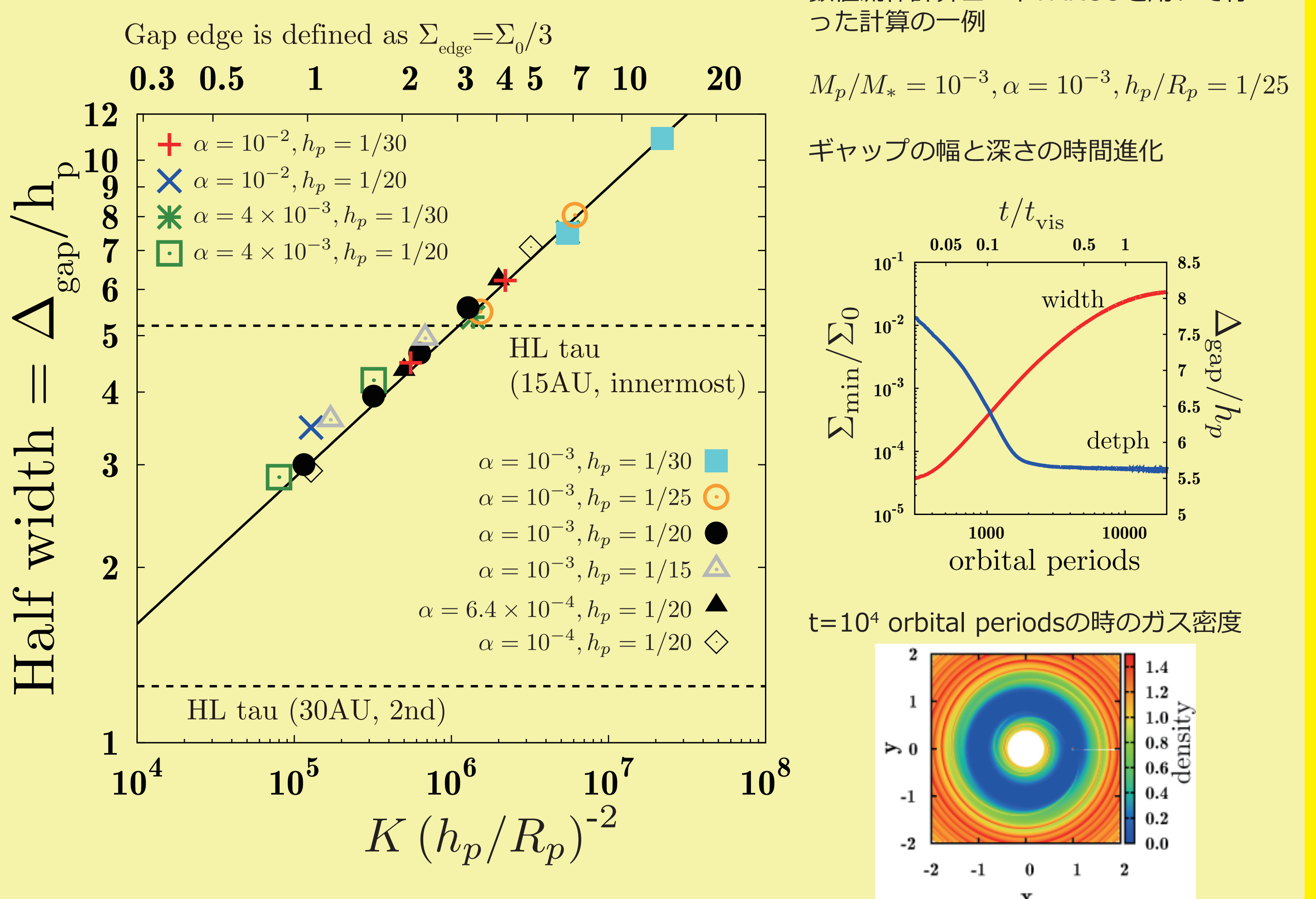
惑星質量とギャップの深さの関係は惑星-円盤間で交換される角運動量保存から見積もることができる (Fung et al. 2014, Kanagawa et al. 2015a)。



ギャップ深さと惑星質量の関係を用いると HL Tau ディスクの2番目内にある惑星は 0.3 M_J 程度であると見積もれる (Kanagawa et al. 2015b)。

ギャップの幅と惑星質量

ギャップの幅についてもギャップの深さと同様のパラメータに依存している。



ギャップの幅と惑星質量の間の経験式

$$\frac{\Delta_{\text{gap}}}{h_p} = 0.16 \left[K \left(\frac{h_p}{R_p} \right)^{-2} \right]^{1/4} \quad K = \left(\frac{M_p}{M_*} \right)^2 h_p^{-5} \alpha^{-1}$$

この関係を用いると、HL Tau ディスクの一番内側のギャップ内に存在する惑星は ~2 M_J 程度であると見積もれる。2番目のギャップについては幅が非常に狭いため、惑星が作ったギャップとはいえないかもしれない。 (Kanagawa et al. in prep)

ギャップの深さおよび幅からそれぞれ独立に惑星質量を見積もることができる。両者が一致した場合、観測されたギャップは惑星が作ったギャップである可能性が高いといえる。