



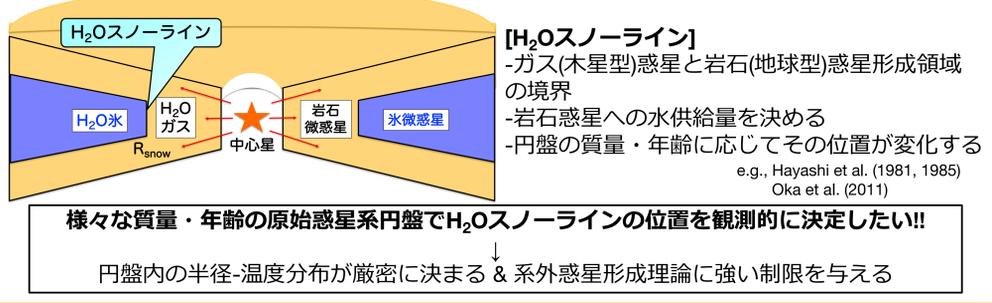
野津 翔太^{1,2} (shota.notsu@riken.jp), 野村 英子³, Stefano Antonellini^{4,5}, Inga Kamp⁵, 森 昇志⁶, 本田 充彦⁷, 中川 貴雄⁸, SPICAサイエンス検討会 惑星形成班

¹ Leiden Observatory, Leiden University, The Netherlands, ² 理化学研究所 坂井星・惑星形成研究室, ³ 国立天文台, ⁴ Queen's University Belfast, UK, ⁵ University of Groningen, The Netherlands, ⁶ 東京大学, ⁷ 岡山理科大学, ⁸ JAXA 宇宙科学研究所

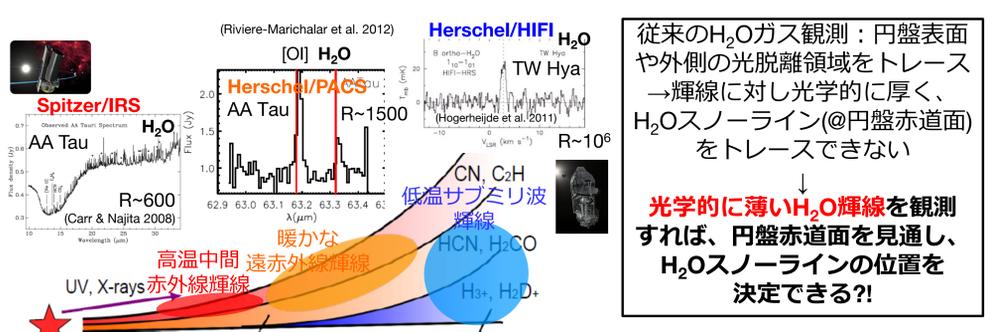
原始惑星系円盤 (以下、'円盤') 内の H₂Oスノーラインの位置を観測的に同定する事は、微惑星・惑星形成過程や、地球上の水の起源を考える上で極めて重要である。これまで我々は、円盤の化学反応計算と放射輸送計算の手法を用いて、水輝線プロファイルの観測から円盤内の H₂Oスノーライン位置を同定する方法を調べてきた (Notsu et al. 2016, ApJ, 827, 113; 2017, ApJ, 836, 118; 2018, ApJ, 855, 62; 2019, ApJ, 875, 96)。その結果、アインシュタインA係数(放射係数)が小さく (~10⁻⁶-10⁻³ s⁻¹) 励起エネルギーが比較的高い (~1000 K) 輝線のプロファイルを高分散分光観測で調べる事で、円盤赤道面の H₂Oスノーラインの位置を同定できる可能性がある事、そしてこの様な特徴を持つ水輝線が中間赤外線からサブミリ波までの幅広い波長帯に多数存在する事が分かった。更にその強度は波長が短い程大きい為、Herbig Ae星を中心に数天体程度の観測が期待されるALMAと比較し、SPICAではT Tauri星も含めより小さな中心星質量・遠い距離の天体に対してもこの様な水輝線観測を実施し、H₂Oスノーライン位置の進化について統計的な議論を行える可能性等が示された。最近では新たに物理量 (中心星光度、円盤質量、ガス・ダスト質量比、ダストサイズ分布等) を様々に変えた円盤モデル (Antonellini et al. 2015, 2016を拡張) の元で、水輝線のフラックス値や放射領域の変化を調べる等、SPICA/SMI-HRS・SAFARI/HR等での観測可能性に関して詳細な議論を実施している。本発表では水輝線を用いた H₂Oスノーライン位置同定観測の概要を述べた上で、上記の計算・議論の内容を紹介する。

1. H₂Oスノーラインと惑星形成

Z224a 森昇志さん(東京大学)
口頭講演も参照

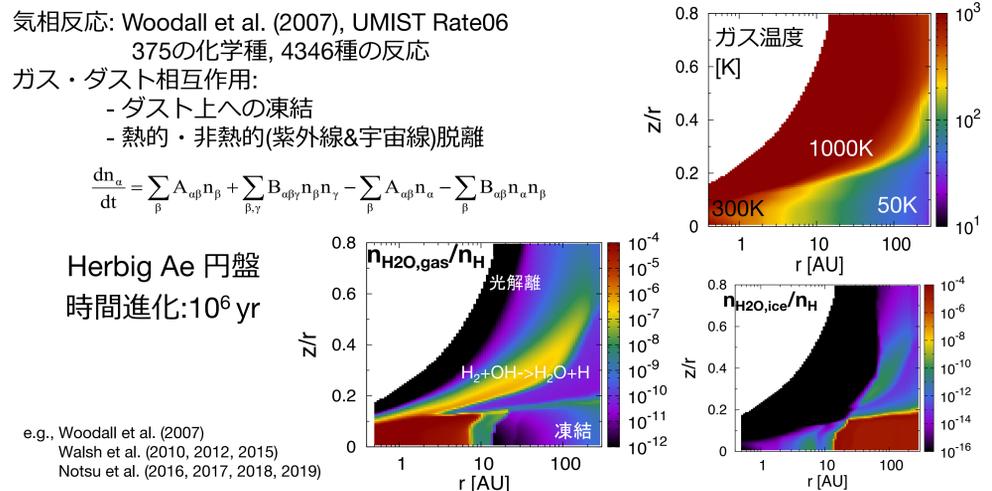


2. 過去の原始惑星系円盤のH₂Oガス輝線観測

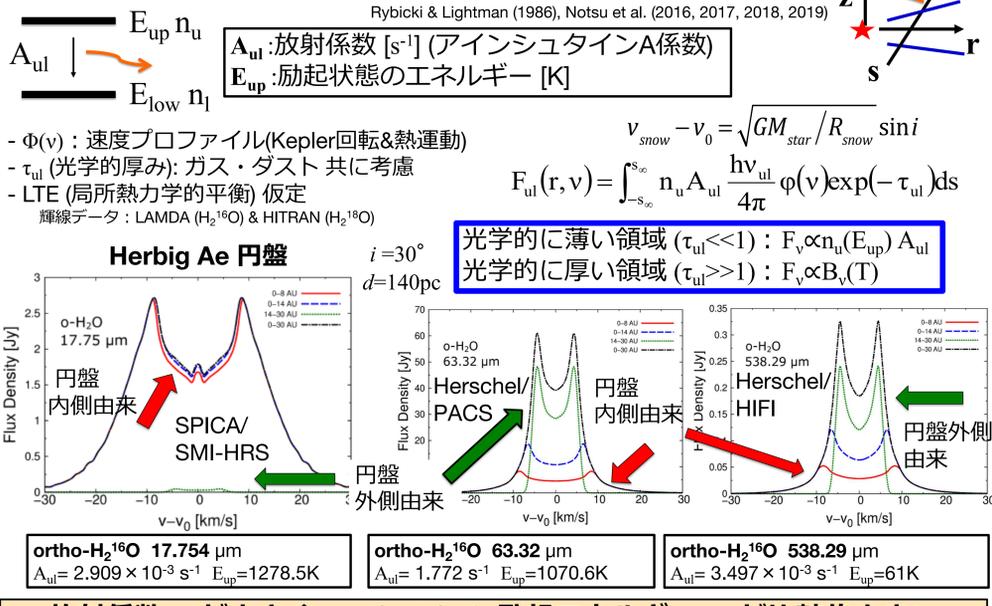


原始惑星系円盤の物理・化学構造モデルから、H₂Oスノーラインの位置を予測
多数の(>100本) H₂O輝線プロファイルを計算
円盤赤道面を放射領域とするH₂O輝線を特定し、高分散分光観測の実施につなげる

3. 原始惑星系円盤の物理・化学構造モデル

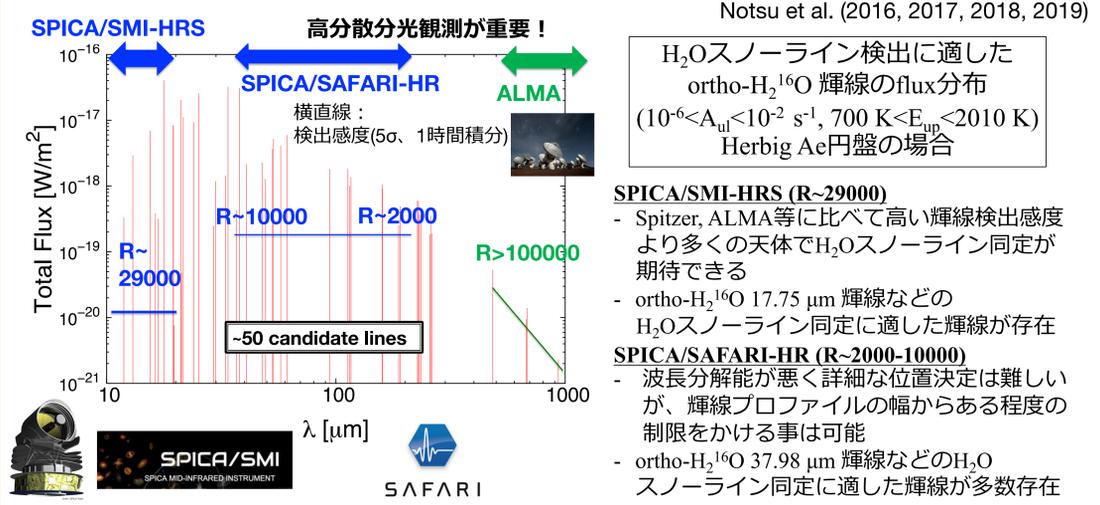


4. H₂O輝線の放射輸送計算

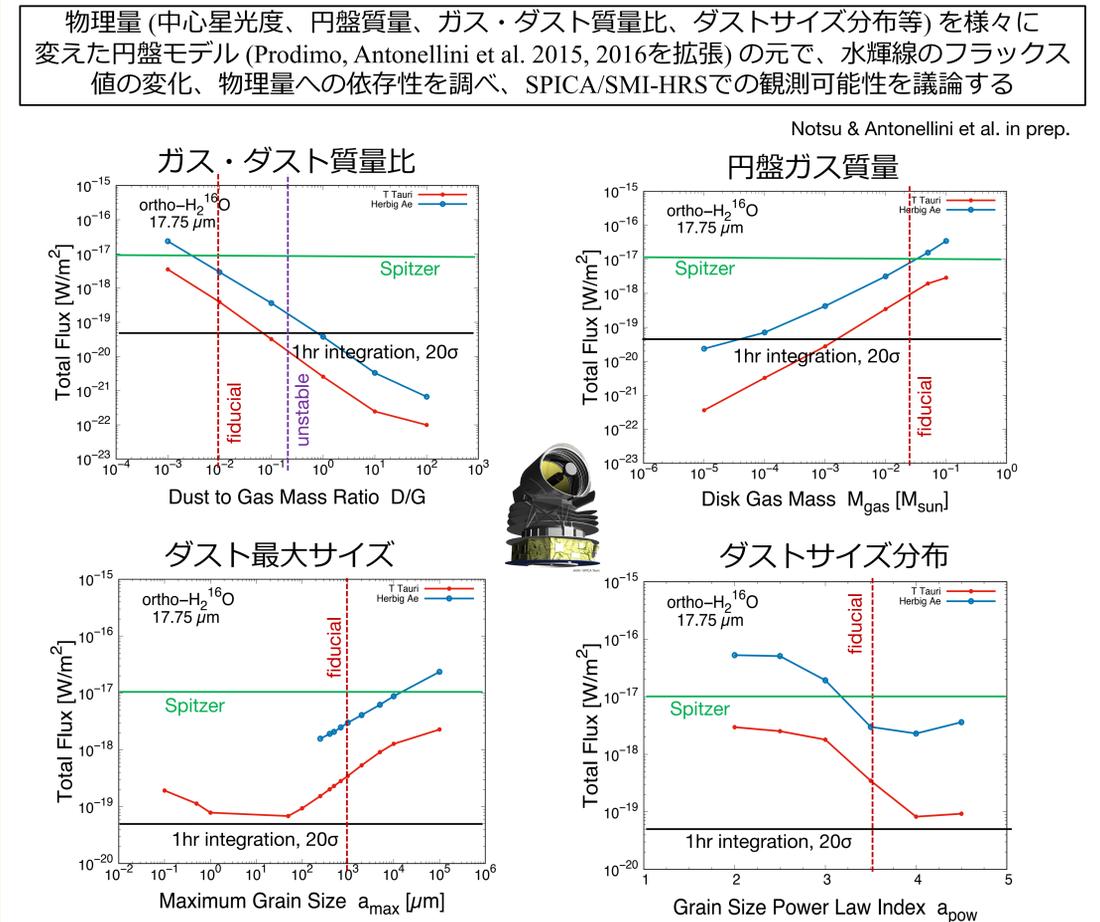


放射係数 A_{ul} が小さく (~10⁻⁶-10⁻³ s⁻¹) 励起エネルギー E_{up} が比較的大きい (~1000K) H₂O輝線のプロファイルを高分散分光観測によって調べる事で、H₂Oスノーライン位置を測定可能!
ALMA & SPICAの波長帯にH₂Oスノーライン観測に適した輝線が多数存在

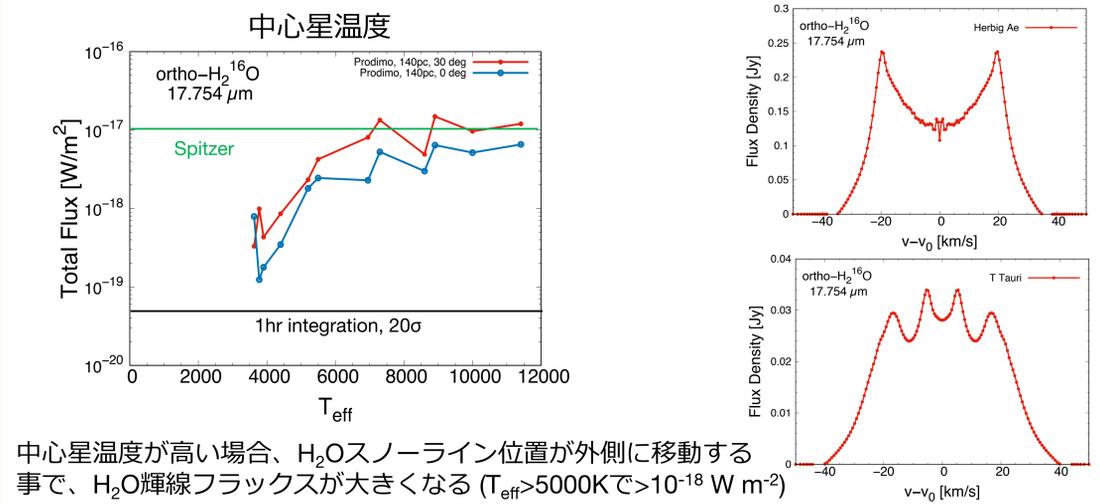
5. H₂O輝線Fluxの波長依存性と観測可能性



6. SPICA/SMI-HRSでのH₂O輝線観測可能性



Herbig Ae 円盤では $D/G < 1$ & $M_{\text{gas}} > 3 \times 10^{-5} M_{\text{sun}}$ の時、T Tauri 円盤では $D/G < 0.08$ & $M_{\text{gas}} > 2 \times 10^{-3} M_{\text{sun}}$ の時、ortho-H₂¹⁶O 17.75 μm輝線はSPICA/SMI-HRSを用いて十分な感度で検出が期待される。Spitzer/IRSの17 μm付近での観測上限値 (e.g., Pontoppidan et al. 2010) が一部のモデルの値と重なっているが、Spitzerは波長分解能が小さい (R~600) 為、輝線プロファイルの検出&分解は困難であった。



中心星温度が高い場合、H₂Oスノーライン位置が外側に移動する事で、H₂O輝線フラックスが大きくなる ($T_{\text{eff}} > 5000\text{K}$ で $> 10^{-18} \text{ W m}^{-2}$)
輝線プロファイルと比較すると、 $T_{\text{eff}} > 5000\text{K}$ の円盤モデルの場合、H₂Oスノーライン内側からの高速度成分が十分卓越。
 $T_{\text{eff}} < 5000\text{K}$ の場合、内側/外側由来の成分を分離する必要がある。

輝線プロファイルの波長分解能シミュレーション
→ Z226b 中川貴雄さん(JAXA)
ポスター講演を参照