

すばる望遠鏡による成果紹介

系外惑星探査プロジェクトと浮遊惑星

末永拓也(総合研究大学院大学D2)

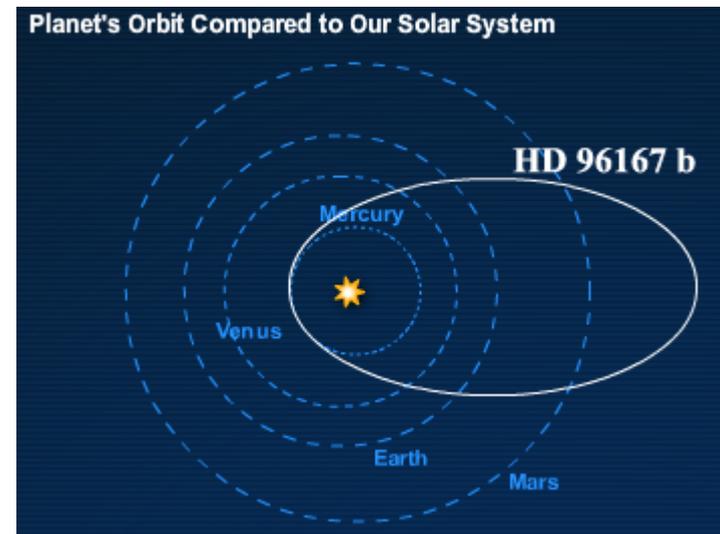
内容

- 系外惑星概要
 - 系外惑星の発見、定義、形成
- 太陽系外惑星探査プロジェクトSEEDS
 - SEEDS概要
 - HiCIAO
 - 研究成果1: 太陽型星を周る惑星候補天体の初観測
 - 研究成果2: 原始惑星系円盤の詳細構造の検出
 - 展望:IRD
- すばるを用いた浮遊惑星探査
 - 浮遊惑星概要
 - NGC1333における浮遊惑星の発見
 - 展望:Suprime-Cam & HSC

系外惑星について

系外惑星の発見

- 太陽系外に存在する惑星
 - 定義: 恒星の周りを公転する質量はおおよそ13木星質量以下の天体
 - 大まかには、地球のような岩石惑星、木星のような巨大ガス惑星、海王星のような氷惑星と区別されている
- 初検出は1995年
 - ペガサス座51番星
- これまでに700個以上発見
 - 異形の惑星: ホットジュピター、エキセントリックプラネットetc



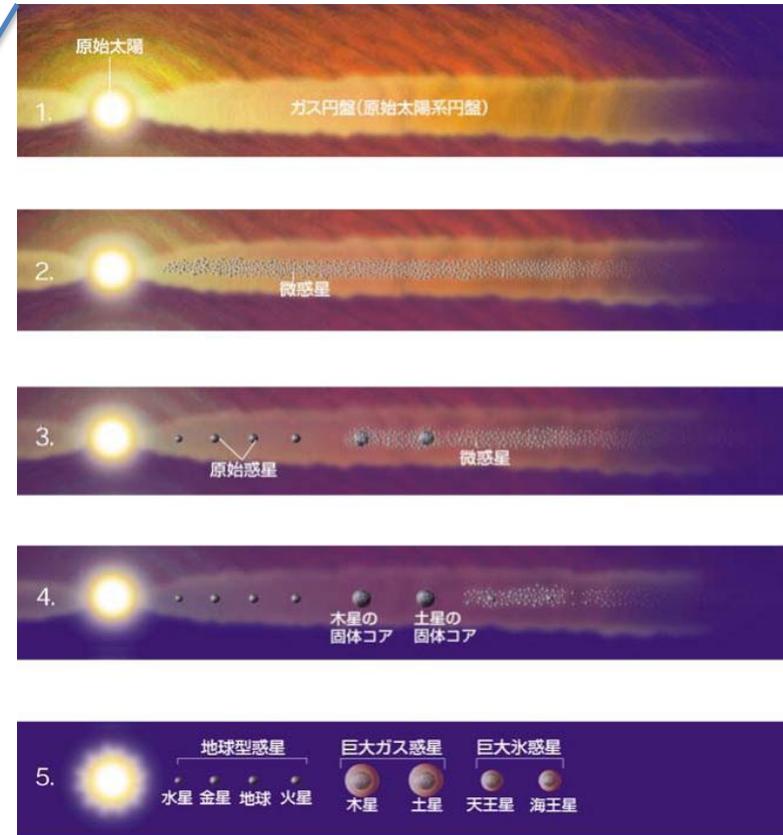
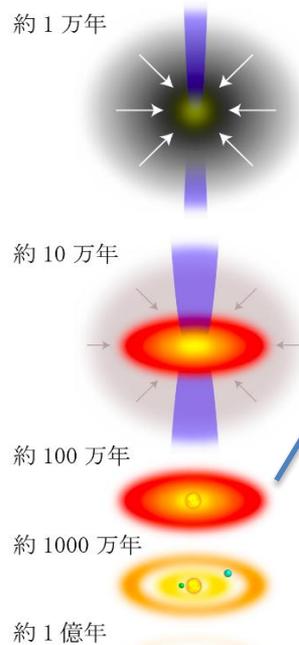
系外惑星の形成

- 大きく分けて2つの形成モデルが提唱されてきている
- コア集積モデル
 - 京都モデル: 太陽系のような惑星系を説明
- 円盤不安定モデル
 - 外側に巨大ガス惑星のあるような系を説明
- しかしそれだけでは異形の惑星は説明できない
 - 惑星移動

大阪学院大学授業ページより



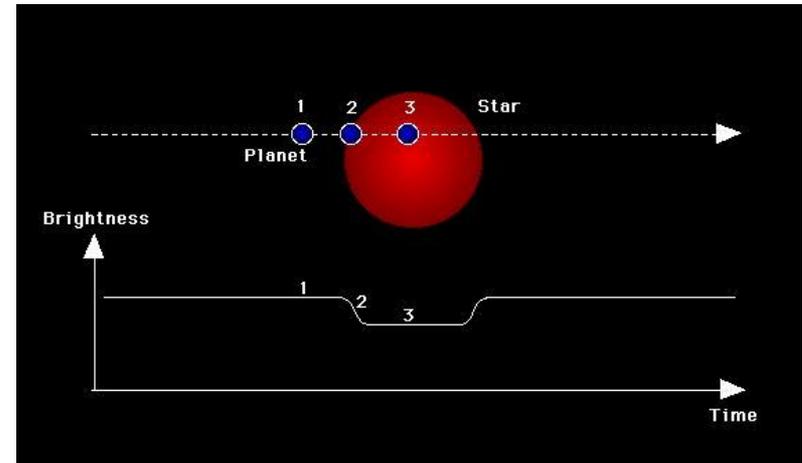
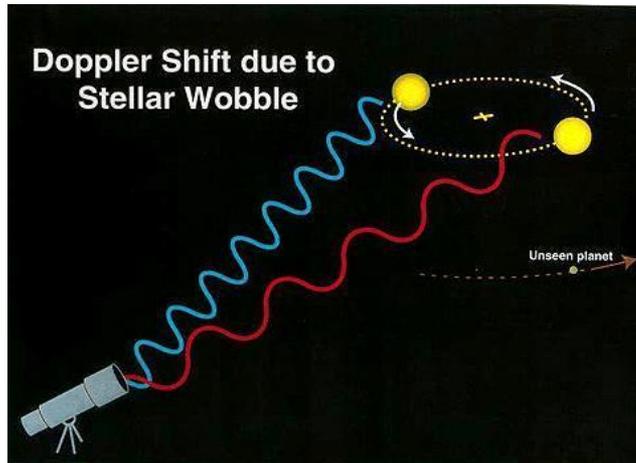
S106(Subaru web site)



系外惑星の観測

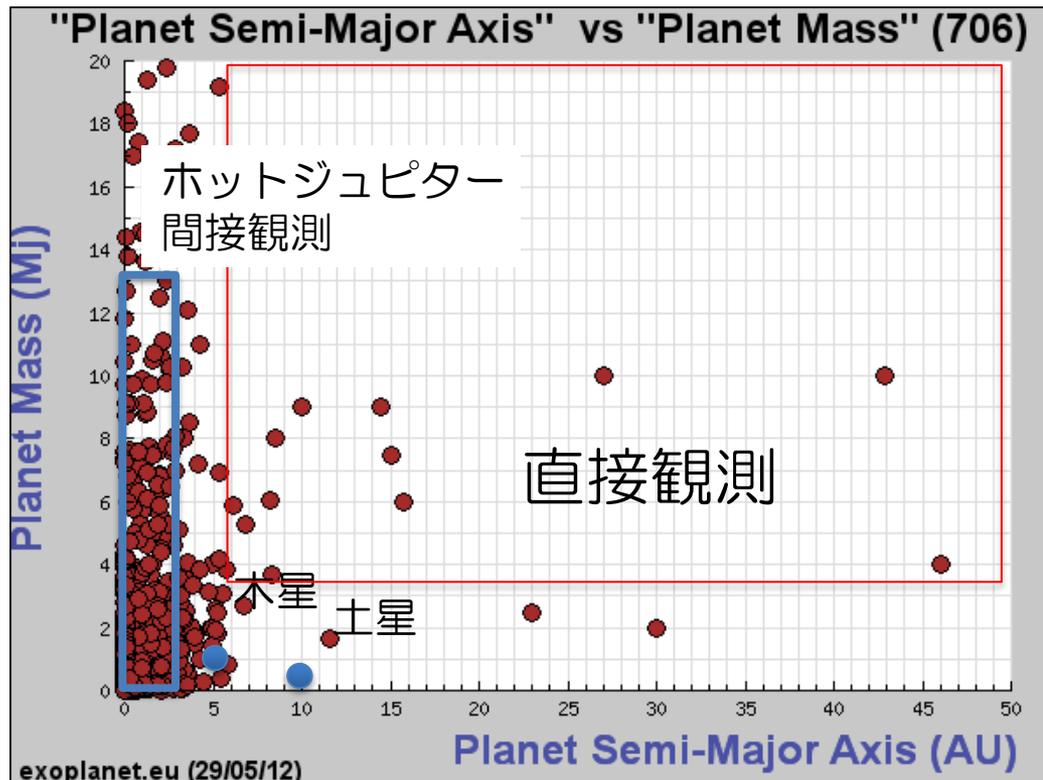
- 視線速度法
 - 惑星による、中心星の視線速度のふらつきを捕える
 - 最初の系外惑星発見以来最もよく行われている手法
- トランジット法
 - 惑星が主星の前を通過することによる食現象を観測
 - 近年、Color衛星やKepler衛星により多数の検出
- マイクロレンズ法
 - 恒星+惑星による重力レンズ効果の増光を観測
- アstrometry法
 - 惑星による中心星のふらつきを直接観測
- 惑星がいることによる兆候を間接的に検出する

主星に近く質量の大きい
巨大惑星ほど見つけやすい



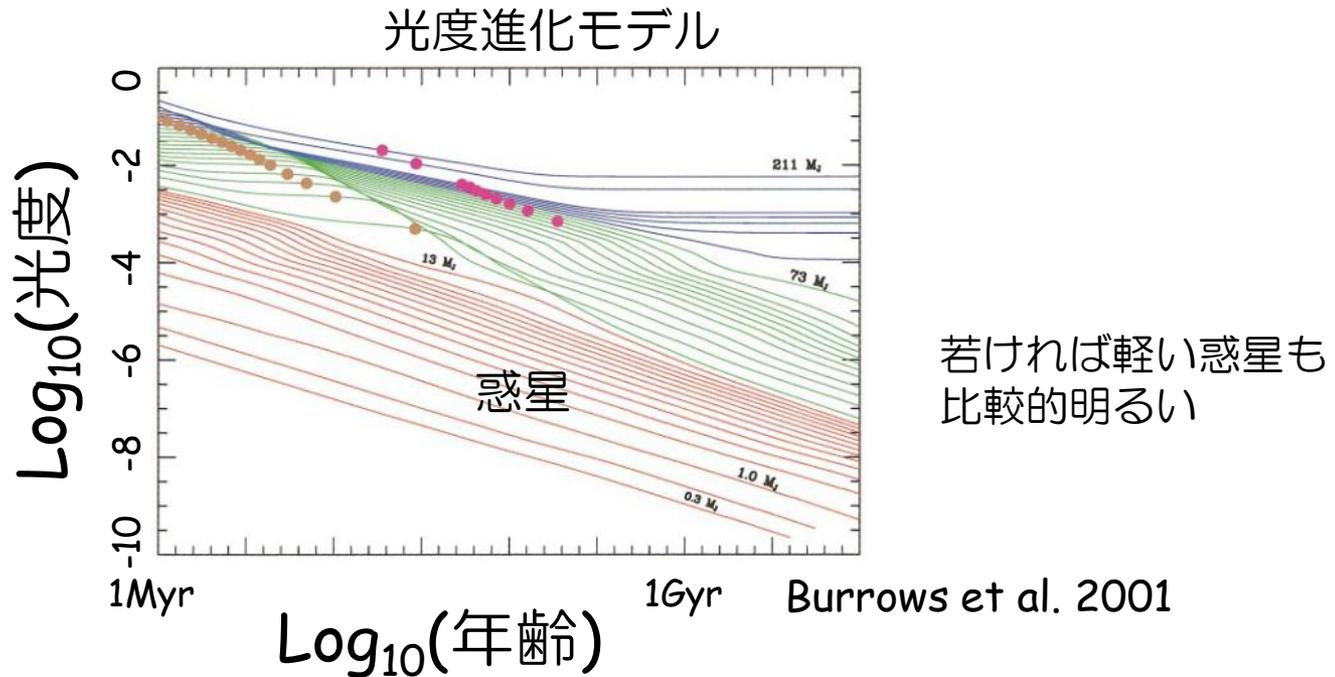
直接撮像法

- 望遠鏡に搭載されたカメラで直接天体の光をとらえる
- 比較的主星から離れた惑星の検出が可能
 - 間接観測と相補的
 - 外側にある惑星の分布を調べる



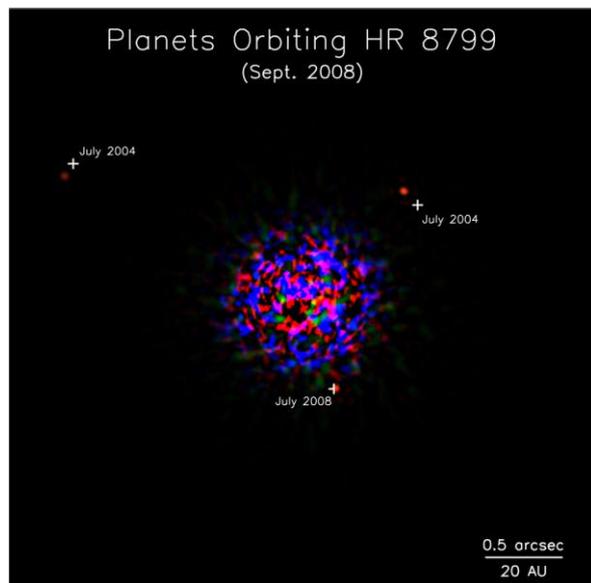
直接撮像法

- 望遠鏡に搭載されたカメラで直接天体の光をとらえる
- 比較的主星から離れた惑星の検出が可能
 - 間接観測と相補的
 - 外側にある惑星の分布を調べる
- RVやトランジット法では難しい若い天体の検出に向いている
 - 若い中心星の活動星がRVやトランジット観測のエラーになる

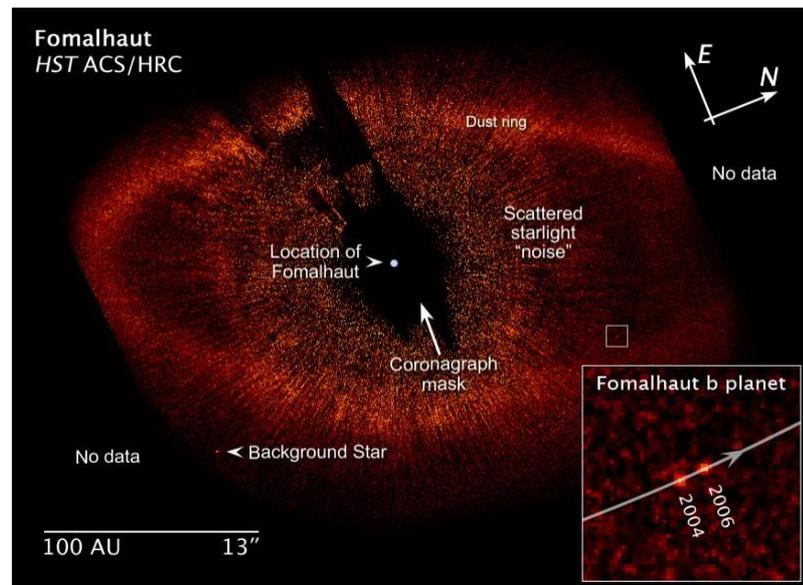


直接撮像法

- 望遠鏡に搭載されたカメラで直接天体の光をとらえる
- 比較的主星から離れた惑星の検出が可能
 - 間接観測と相補的
 - 外側にある惑星の分布を調べる
- RVやトランジット法では難しい若い天体の検出に向いている
 - 若い中心星の活動星がRVやトランジット観測のエラーになる
- 主星とのコントラスト補正と高い分解能が要求される
- 直接撮像観測は成功例は未だ少なくチャレンジングな観測手法



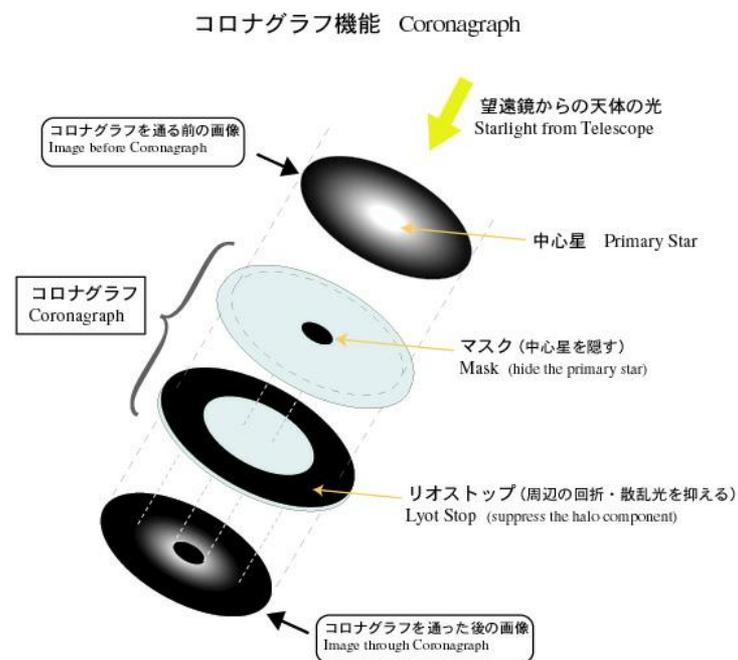
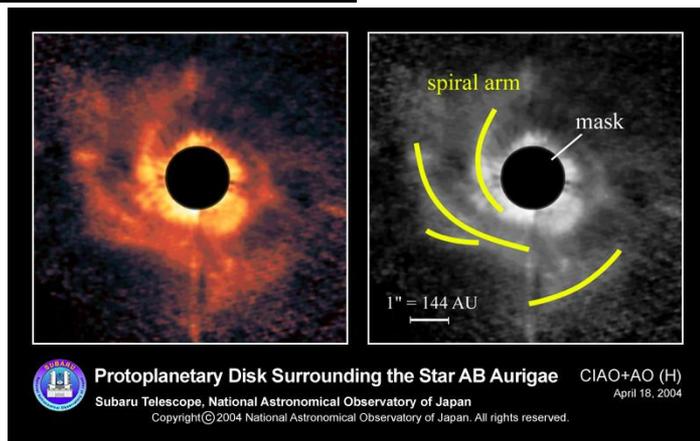
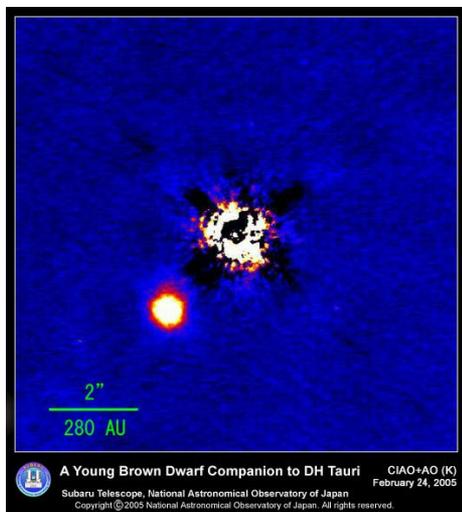
Marois et al. 2008



Kalas et al. 2008

すばるで行われたこれまでの観測成果

- 近赤外コロナグラフ装置CIAOを用いた直接撮像観測
 - 若い星の周りに非常に軽い褐色矮星(~40木星質量)を検出 (Itoh+2005)
 - 円盤が渦巻き状の腕を持つ構造をしていることを直接確認 (Fukagawa+2004)



Subaru press release web site

- 惑星の検出まで後一步！円盤のより内側の詳細な構造に迫りたい

SEEDS project

- Subaru Strategic Exploration of Exoplanets and Disks with HiCIAO/AO188
- すばる望遠鏡初の戦略的観測(PI: 田村元秀)
 - 国立天文台、米国・プリンストン大学、ドイツ・マックスプランク研究所を中心とした国際的プロジェクト
 - 5年間で120夜の観測
 - CIAOよりコントラストが一桁向上した新しい観測装置HiCIAO
 - CIAO時代からアップグレードされた補償光学装置AO188
 - 惑星や惑星の誕生の現場である原始惑星系円盤の探査を集中的に行う

SEEDS web site

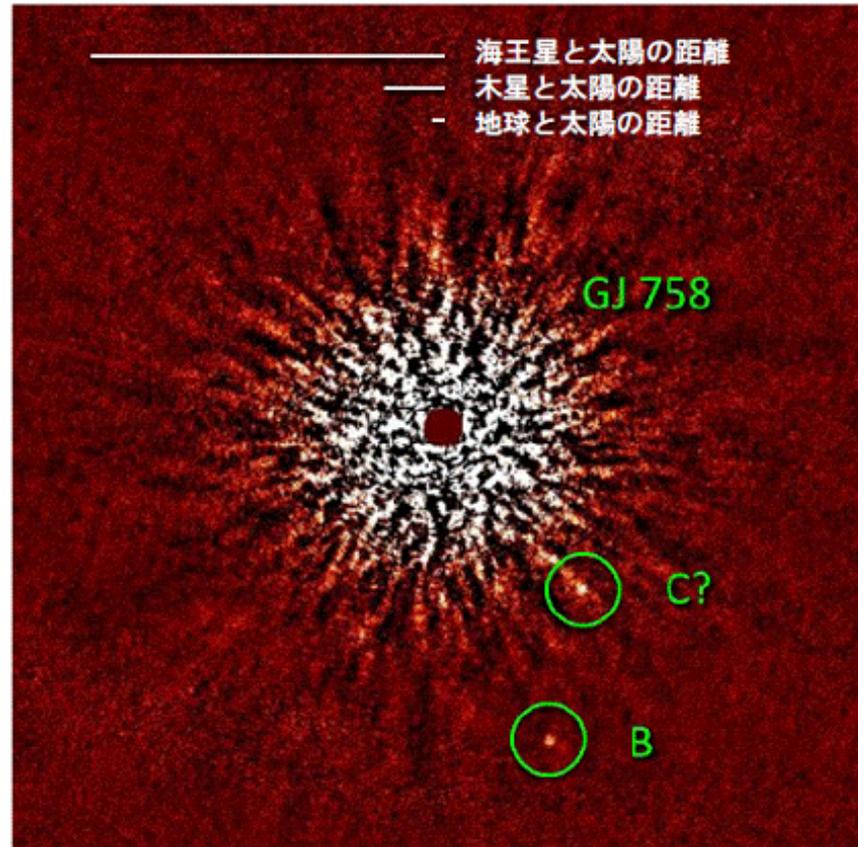


SEEDS

*Strategic Exploration of
Exoplanets and Disks with Subaru*

SEEDSの成果紹介1: GJ758

- 初めて太陽型星の周りに2つの惑星候補天体を検出 (Thalmann+2009, Janson+2011)

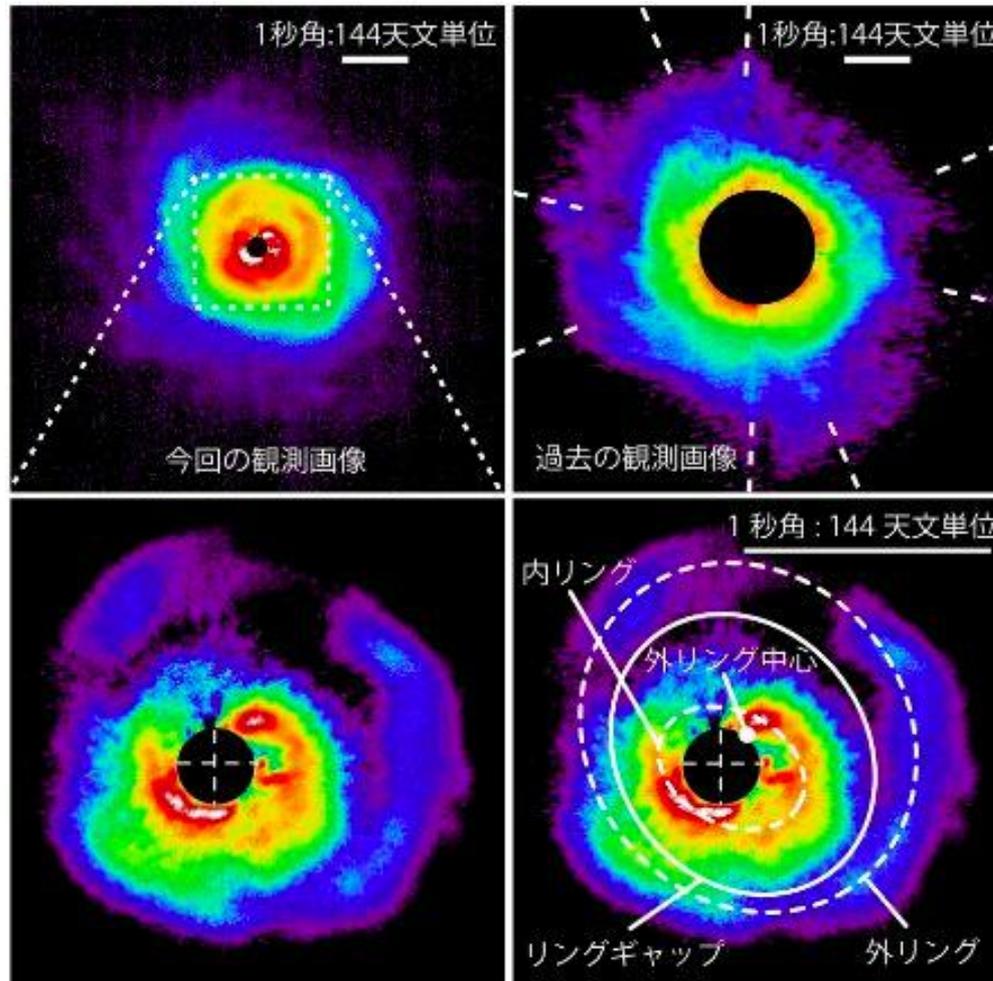


Thalmann et al. 2009

	質量 (木星質量)	軌道長半径(AU)
伴星B	10-40 -> 30-40	29
伴星C (背景星?)	12-47	18

SEEDSの成果紹介2: AB Aur

- 惑星形成の兆しを持った原子惑星系円盤の詳細構造(Hashimoto+2011)

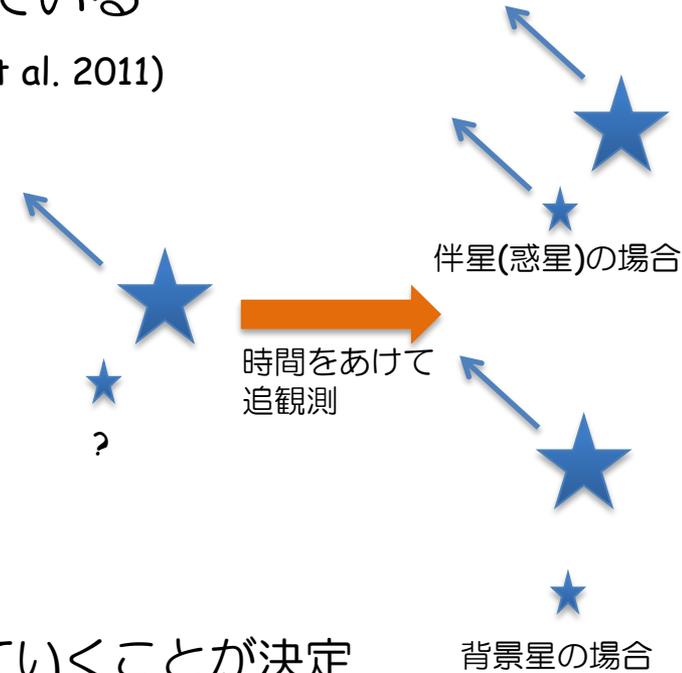
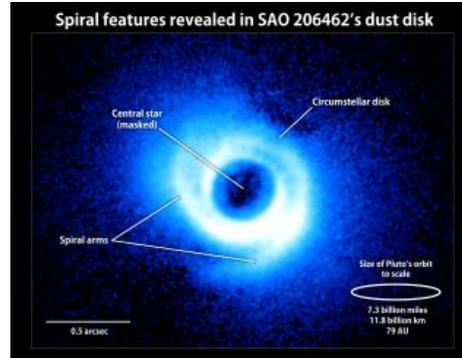
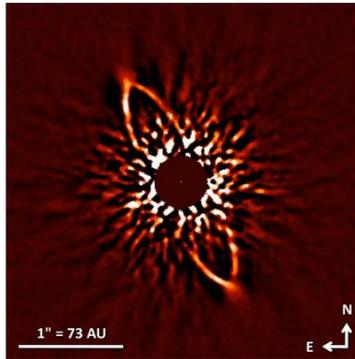


Hashimoto et al. 2011

- 最大9木星質量の巨大ガス惑星がリングギャップを形成している

SEEDSのこれから

- 他にも円盤に関する論文がすでに出版されている
 - デブリディスクの詳細構造(HR4796; Thalmann et al. 2011)
 - 円盤の渦巻き構造(SAO206462; Muto et al. 2012)

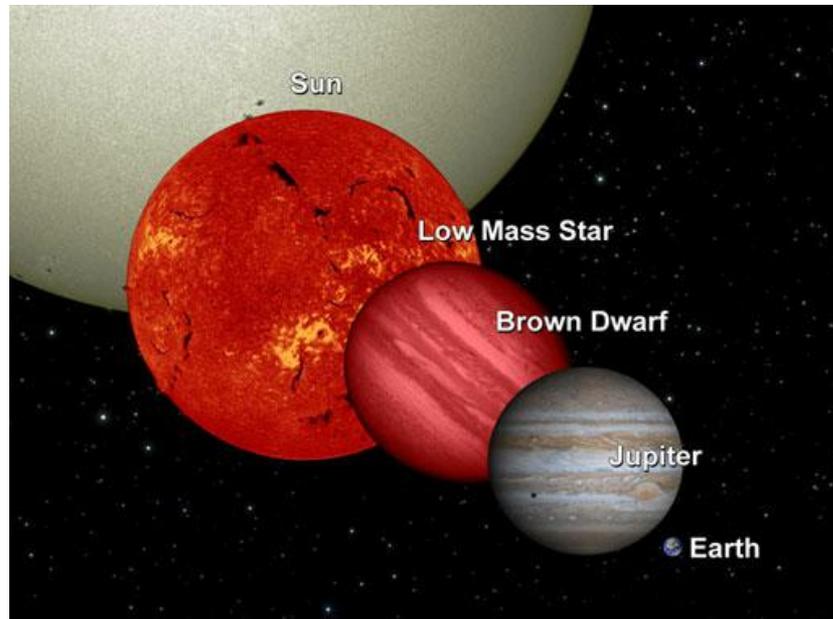


- SEEDSが始まって現在ちょうど半分くらい
 - 先月、中間審査を通過しこれからも継続していくことが決定
- 候補天体の確認観測
 - 候補天体を伴星(惑星)と同定するには固有運動の確認が必要
 - 現在いくつか候補天体は発見されているが確認するには数ヶ月~一年程度時間をあけて観測する必要がある
- 確認された天体の多色測光観測、分光観測による特徴付け
 - 温度・表面重力・金属量など大気パラメータへの制約
- 統計的な議論による惑星形成への制約

浮遊惑星について

浮遊惑星について

- 恒星と惑星のはざまをつなぐ天体
- 軽い部類の天体は形式的には質量で区別している
 - $M > 75$ 木星質量: 主系列星
 - $13 < M < 75$ 木星質量: 褐色矮星 - 水素燃焼ができない
 - $M < 13$ 木星質量: 惑星 - 重水素燃焼ができない
- 浮遊惑星: 孤立した状態の惑星質量の天体
- 若い星形成領域で観測されてきている(Tamura+1998;Oasa+1999;Lucas;2001)



NASA

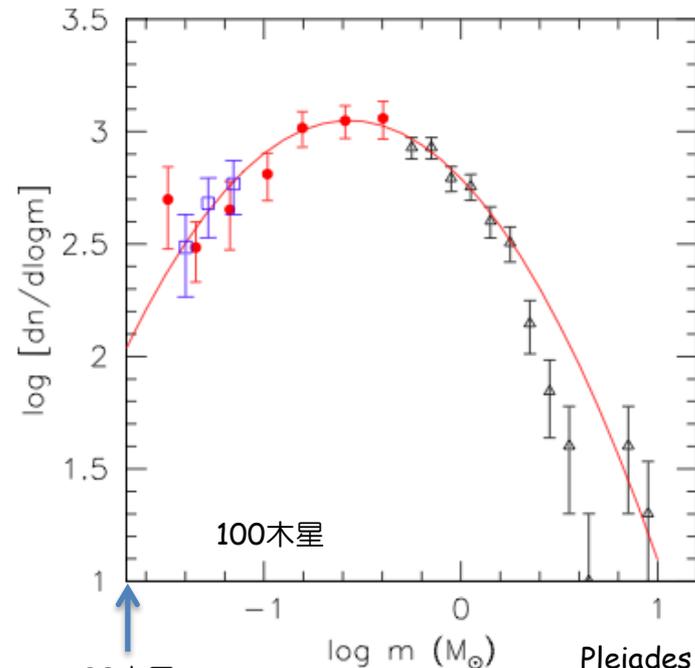
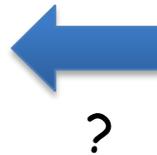
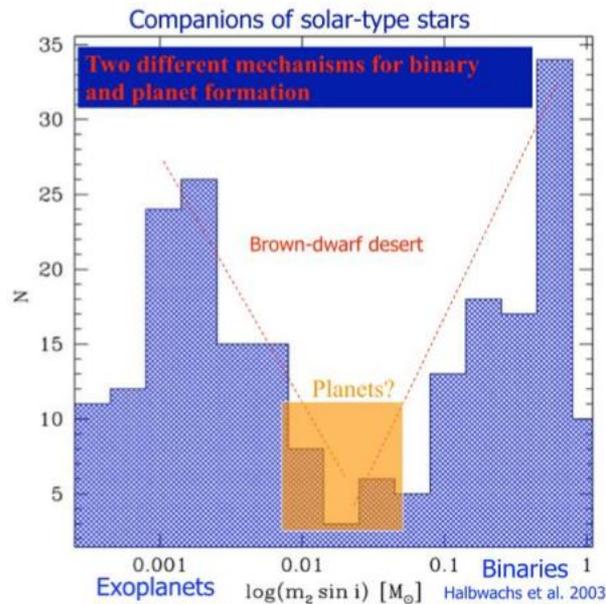


Orion Nebula
CISCO (J, K' & H₂)
Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan
January 28, 1999

Orion大星雲: subaru press release

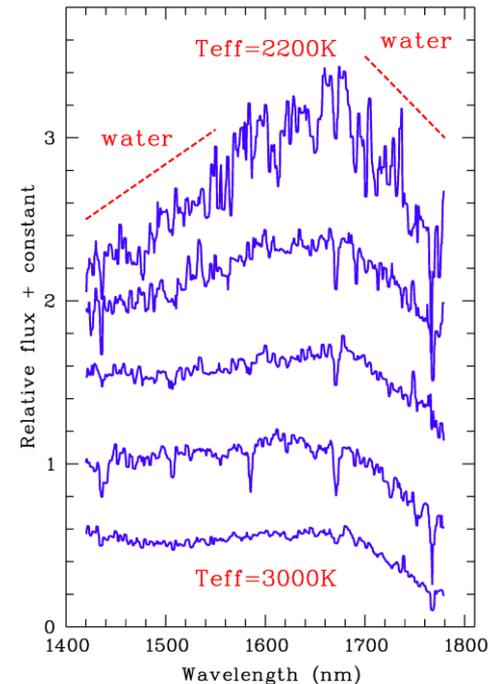
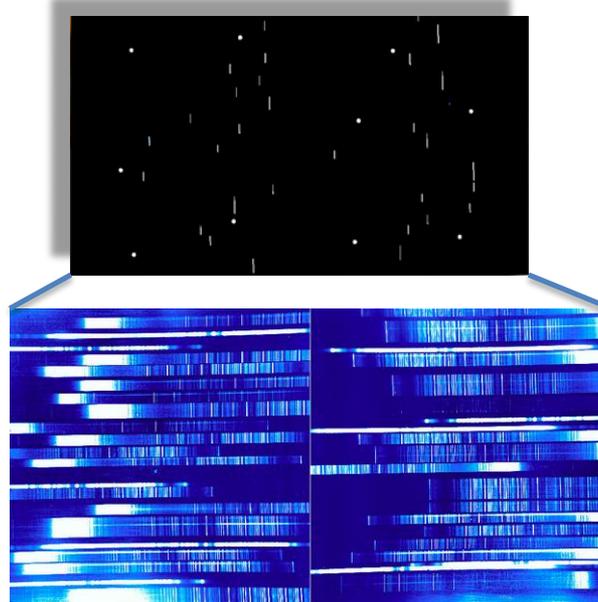
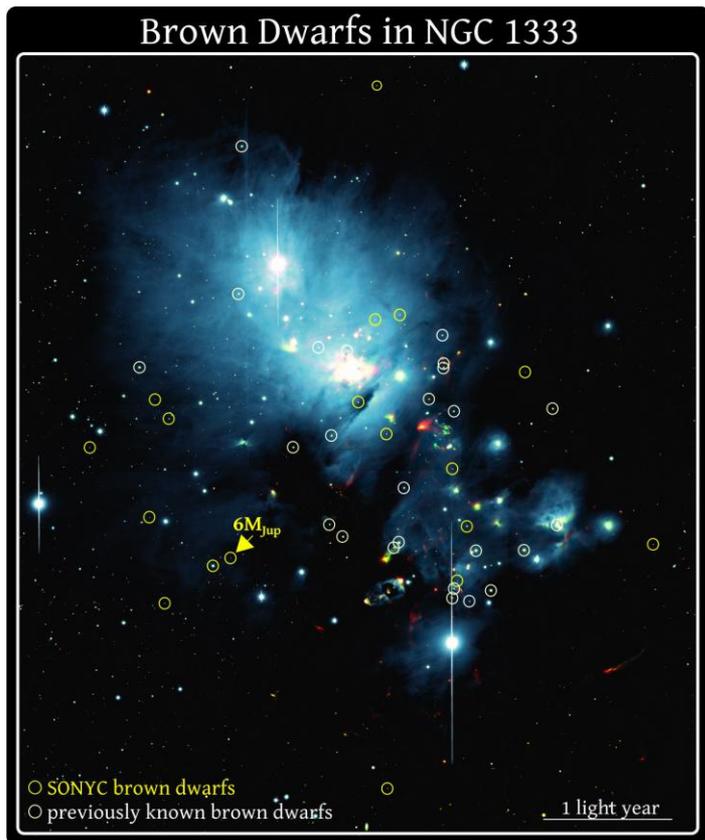
浮遊惑星の形成

- 浮遊惑星は系から惑星なのか、恒星なのか
 - 惑星系から放出されたため孤立しているのかも
- 一般的には星形成の極限的な産物だと考えられている
 - 若い星と同様に原始惑星円盤を持っていることが示唆されている
 - コア集積モデルでは、早い時期に浮遊惑星を作ることが出来ない
 - 惑星質量の星が星形成の末形成されるという観測的証拠もない
- 星の人口調査がこの問題に強い制限を与えられる



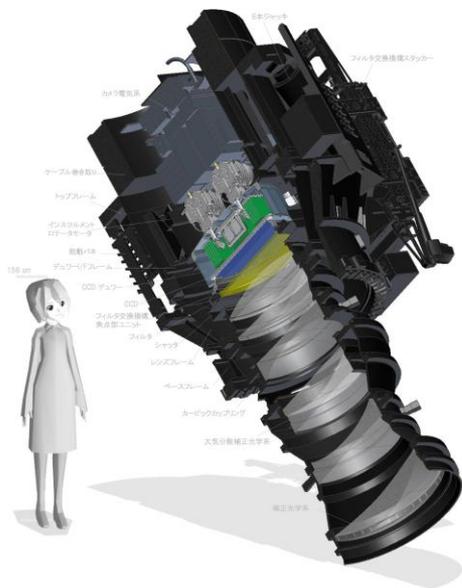
すばるで観測された浮遊惑星

- NGC1333という若い星形成領域で最低6木星質量の浮遊惑星を検出
 - Scholz et al. (2012; SONYC group)
- MOICS, FMOSという多天体分光器によって効率的な観測を実現
 - MOIRCS(スリット): ~40天体、FMOS(ファイバー): ~400天体
 - 天体大気中に非常に強い水蒸気による吸収を検出

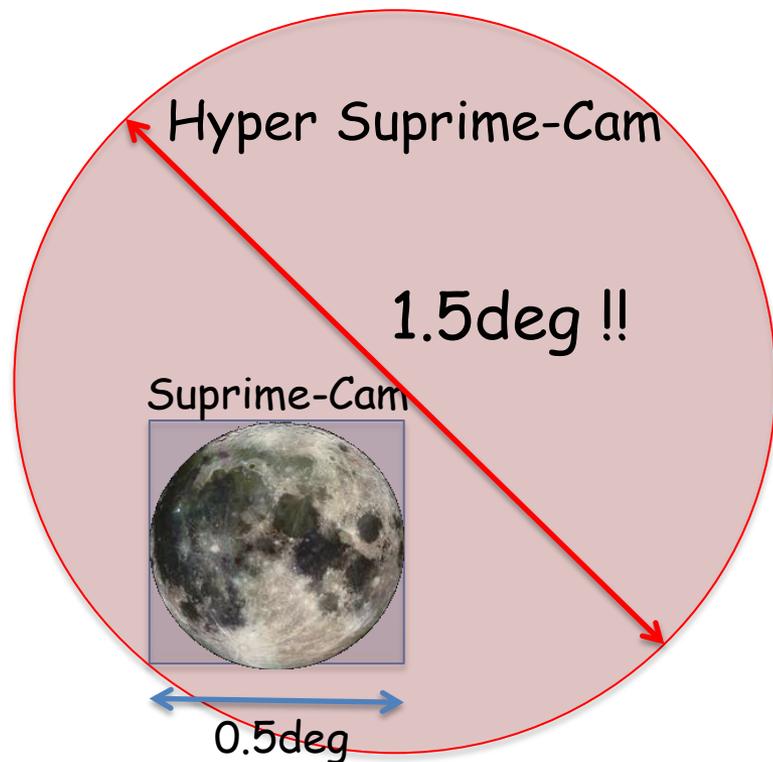


浮遊惑星のこれから

- 一部、感度が良い観測は存在する(SONYCS group; Orion; Chameleon)
- しかし、統計的な議論をできるほどのサンプル数はまだない
- 大規模超高感度サーベイが不可欠！
- Suprime-CamやHyper Suprime-Camを用いた大規模探査



Subaru web site



- 主焦点装置を持つすばるでしかできないユニークな研究！

ご清聴ありがとうございました