

高分散コロナグラフ分光装置REACHの 広帯域化に向けた開発

総合研究大学院大学 D1 細川 晃

小谷 隆行*, 河原 創**, Olivier Guyon*, Julien Lozi*, 美濃和 陽典*, 藤井 友香*

*国立天文台, **東京大学

目次

背景 – 高分散コロナグラフ分光（HDC）とは？ –

装置コンセプト：REACHの波長域拡張

開発の現況紹介

課題と今後の検討項目

背景

4500以上の太陽系外惑星の発見

→惑星大気分子の検出は

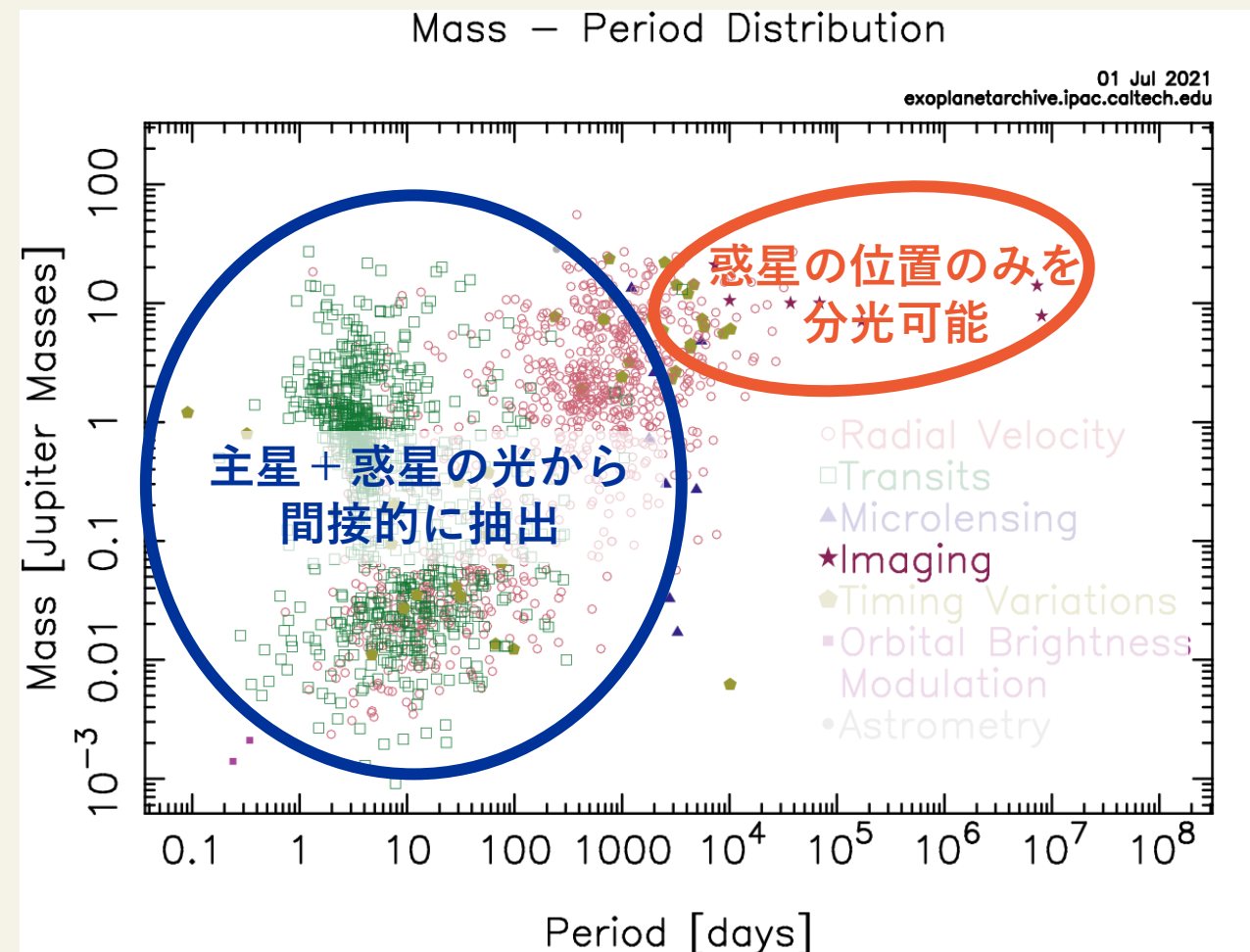
形成シナリオなどを探る重要な手がかりに

惑星大気の検出手法

- 高分散分光（吸収線のドップラーシフト）
- トランジット透過分光
- 高コントラスト撮像＋面分光
- 惑星の位置のみを高分散分光
- 高分散コロナグラフ分光

→特に直接撮像された惑星（若い巨大惑星）に対し

大気吸収の情報を得る

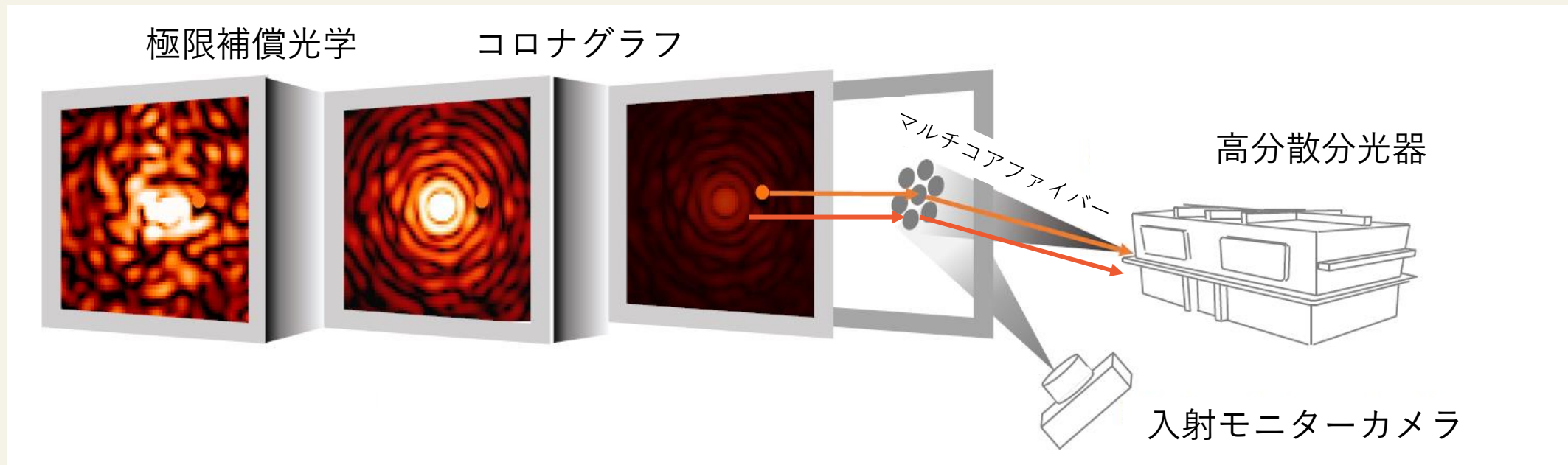


<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/exoplanetplots/>

背景

高分散コロナグラフ分光 = 高コントラスト撮像 + 高分散分光

- 惑星位置のスペクトル - 主星スペックルのスペクトルで惑星シグナルのS/Nを高める
- 分子のスペクトルモデルと観測スペクトルで相互相関を取り、特定の大気分子を検出



<http://secondearths.sakura.ne.jp/reach/>

主星を減光した状態で惑星の位置をシングルモードファイバー (SMF) に入射し分光
→コントラストの高い天体へ適用可能

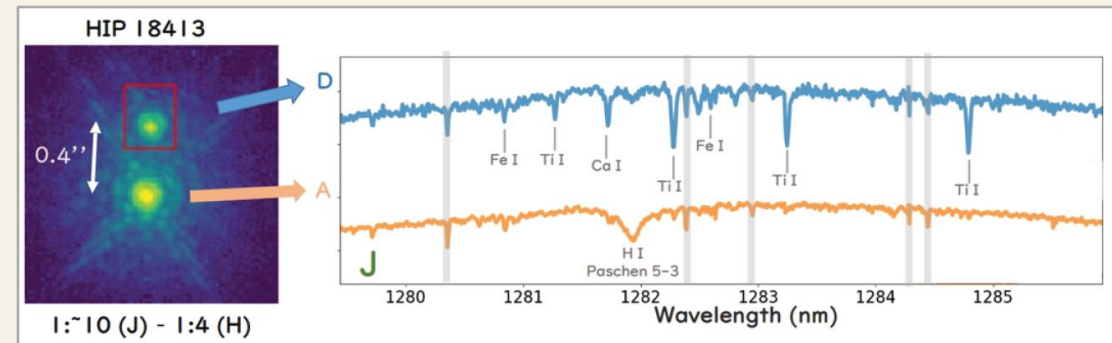
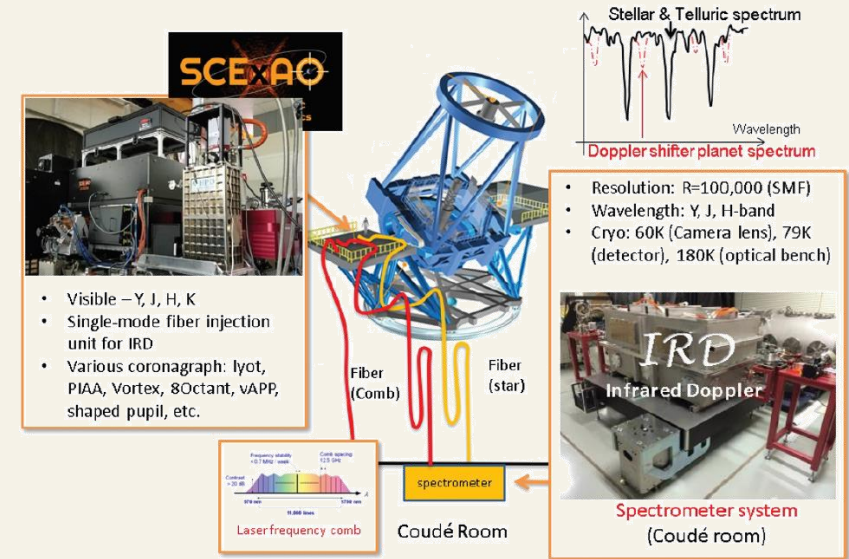
背景

すばる望遠鏡に搭載の高分散コロナグラフ分光装置

REACH (Rigorous Exoplanetary Atmosphere Characterization with High dispersion coronagraphy)
= AO188 (AO) + SCExAO (ExAO & コロナグラフ) + IRD(高分散分光)

- SCExAO(NsIR)内部でSMFに入射させ、IRD (クーデ室) まで導光
- SMFによる小さいビーム径により、惑星の位置を $R=100000$ で分光することが可能
- 去年から観測運用開始。連星や褐色矮星で性能を実証

→同時観測波長域を長波長側 ($\lambda > 1.75 \mu\text{m}$) に
拡幅し、分子吸収線 (CO, NH₃等) をより多く検出
したい



装置コンセプト: REACHの波長域拡張

SCExAO と 近赤外線分光撮像装置IRCS のSMF接続

ファイバー入射光学系: SCExAO内部

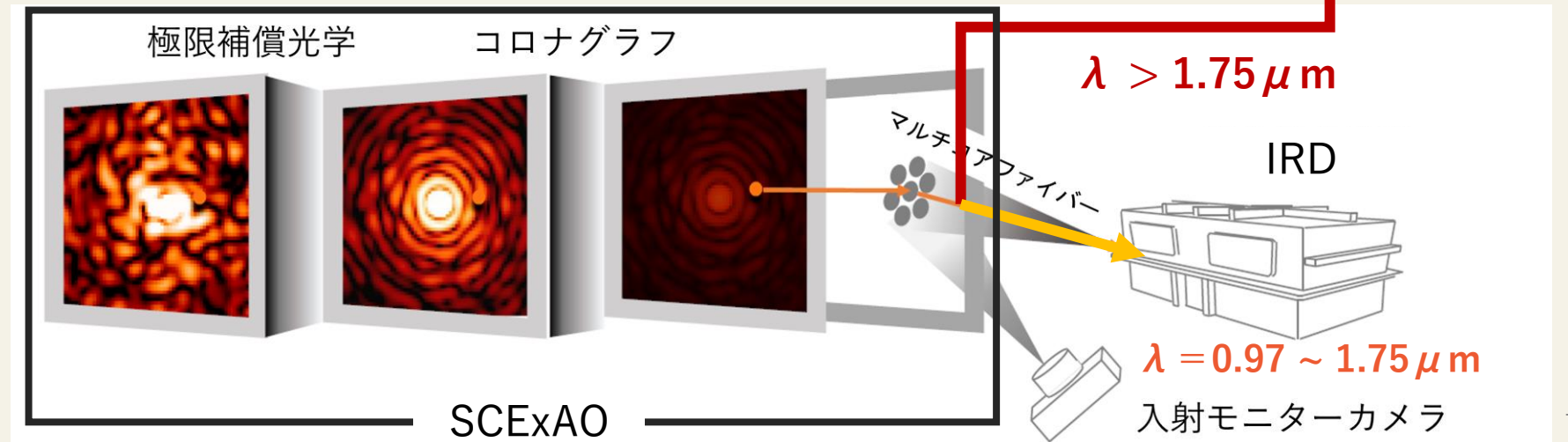
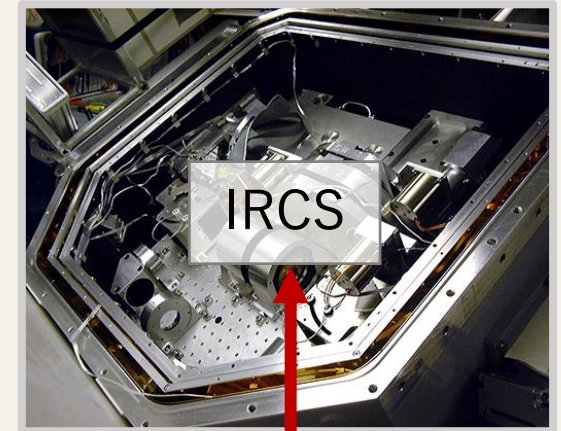
出射光学系: IRCSの入射ウィンドウ手前に製作

想定される性能

観測波長範囲: $\lambda = 0.97 \sim 2.5 \mu\text{m}$ (Y ~ K band)

波長分解能: $R = 100,000$ (@0.97 - 1.75 μm)

$R < 22300$ (@1.8 - 2.5 μm)



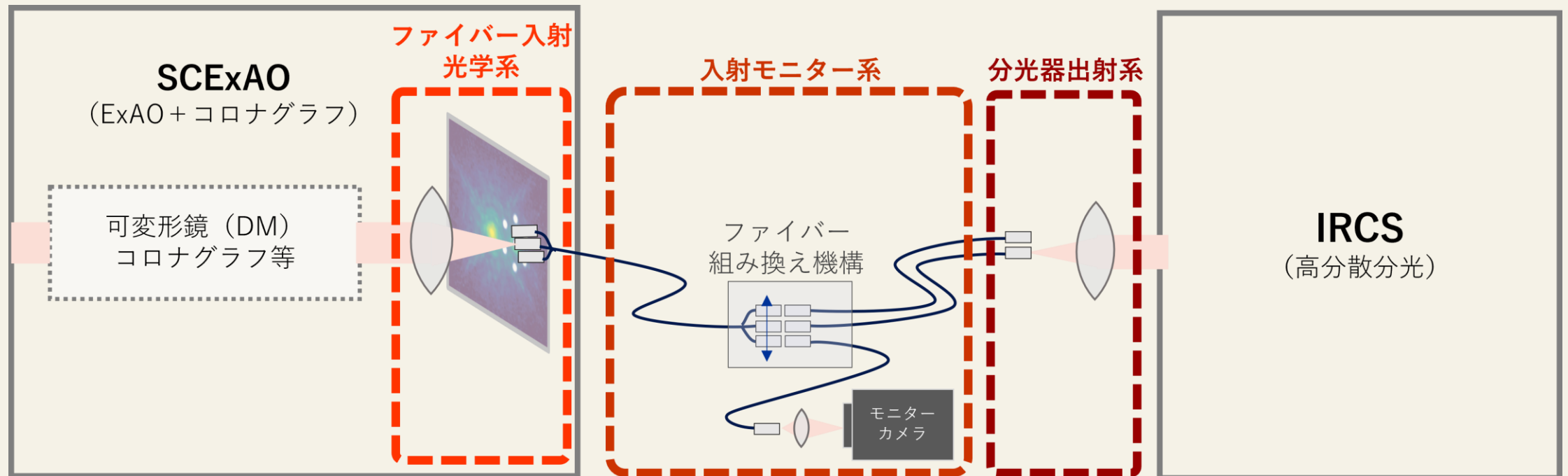
装置コンセプト: REACHの波長域拡張

システム構成

ファイバー入射系：SMFへの入射光学系

入射モニター系：分光器へ導光するファイバーを組み替える機構 & ファイバー入射効率を測定するためのカメラ等

分光器出射系：入射に最適なF値へ変換し分光器へ導光



開発の現況紹介

ファイバー入射系

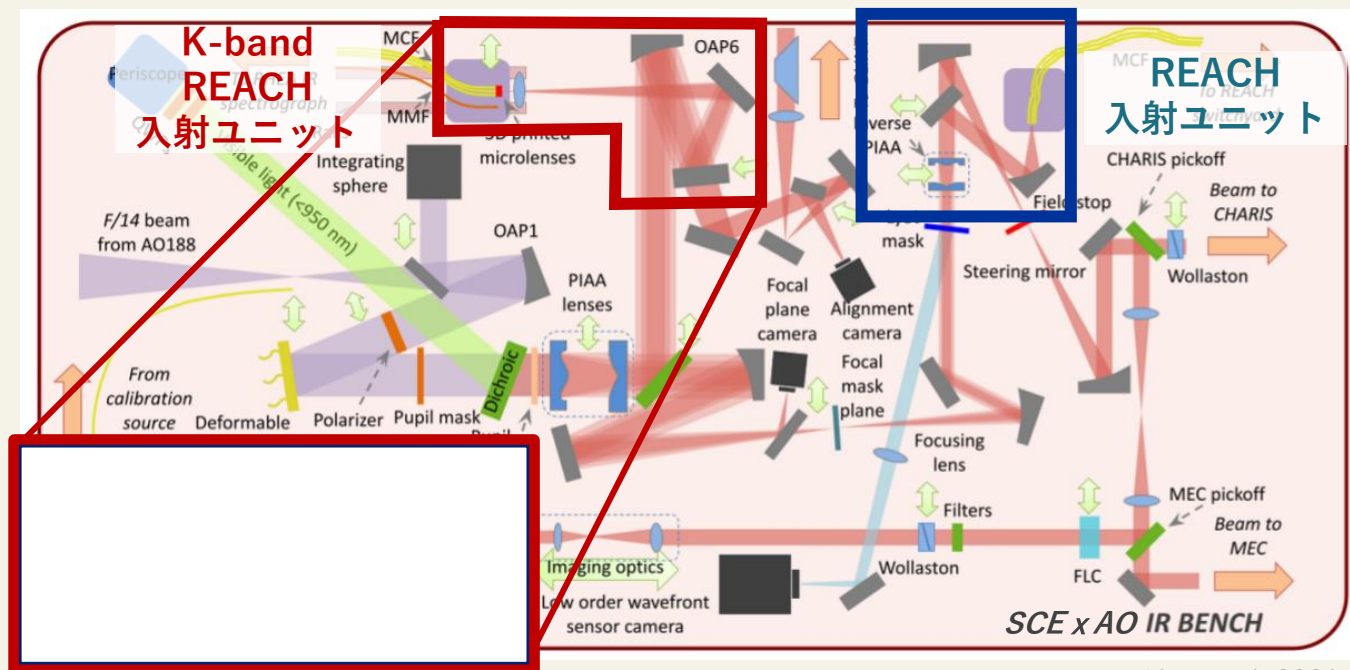
- 波長域毎に入射を最適化させるため、現行REACHとは別の位置に光学系を設計
- ダイクロイックミラーの透過による光路ずれを補正し、現行REACHとの同時観測が可能になるよう検討中

入射モニター系

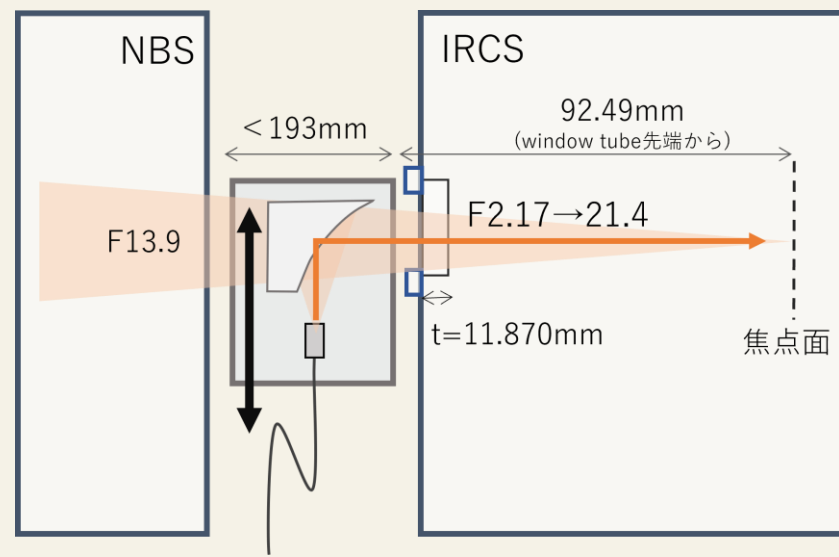
- 導光のためのSMF・モニター用カメラを選定中

分光器出射系

- 搭載予定のNBS（NsIR装置への入射切り替え機構）とIRCSの間のスペースに合わせたIN/OUT可能な出射機構を検討中



Ahn et al. 2021



課題と今後の検討項目

ファイバー入射系：

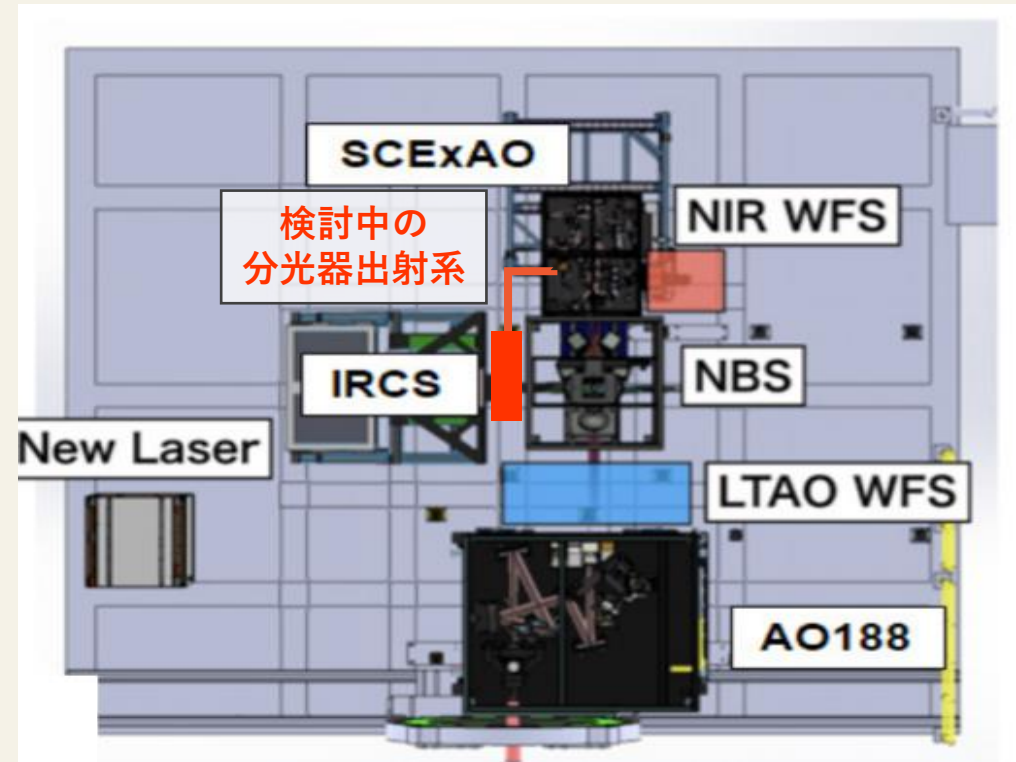
- 早期の観測システム実現のため、最初はコロナグラフを通らず接続予定
→コロナグラフ込みの入射系を別に検討

入射モニター系：

- モニターカメラへの入射光学系の設計
- 出射系と併せた設置場所の検討

分光器出射系：

- NBSの搭載予定時期、スペースのFIXに合わせた外装の設計
(高さ方向に細長く、振動に弱い?)
- 安定して設置できるIN/OUT可能な機構の設計



Lozi et al. 2020

まとめ

ExAO + コロナグラフ + 高分散分光を組み合わせ、
直接撮像惑星の大気分子検出精度を向上させたい

Y～Hバンドで稼働中のREACHへIRCSの接続を検討中

→広波長域にわたるスペクトルの同時取得を可能にし、惑星大気検出性の向上へ

ファイバー入射系の詳細光学設計・部品調達中。

2023年中のY～Kバンドでの同時スペクトル取得を目指す