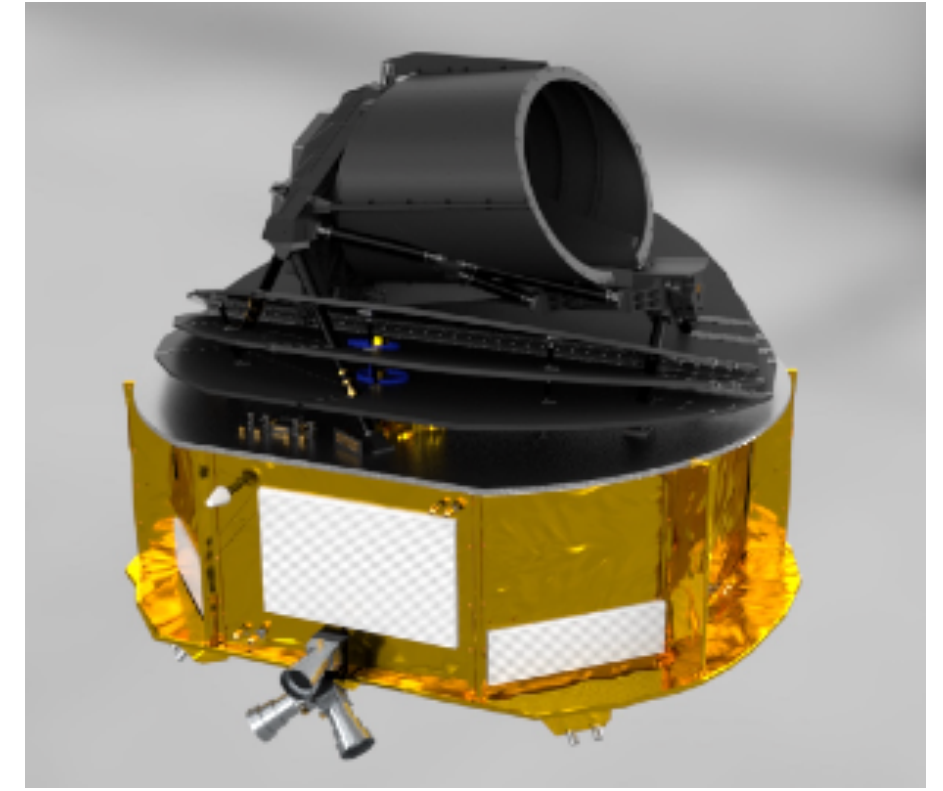


光赤天連シンポジウム：2030年代の戦略的中型をどうするか  
2022年2月22日(火)

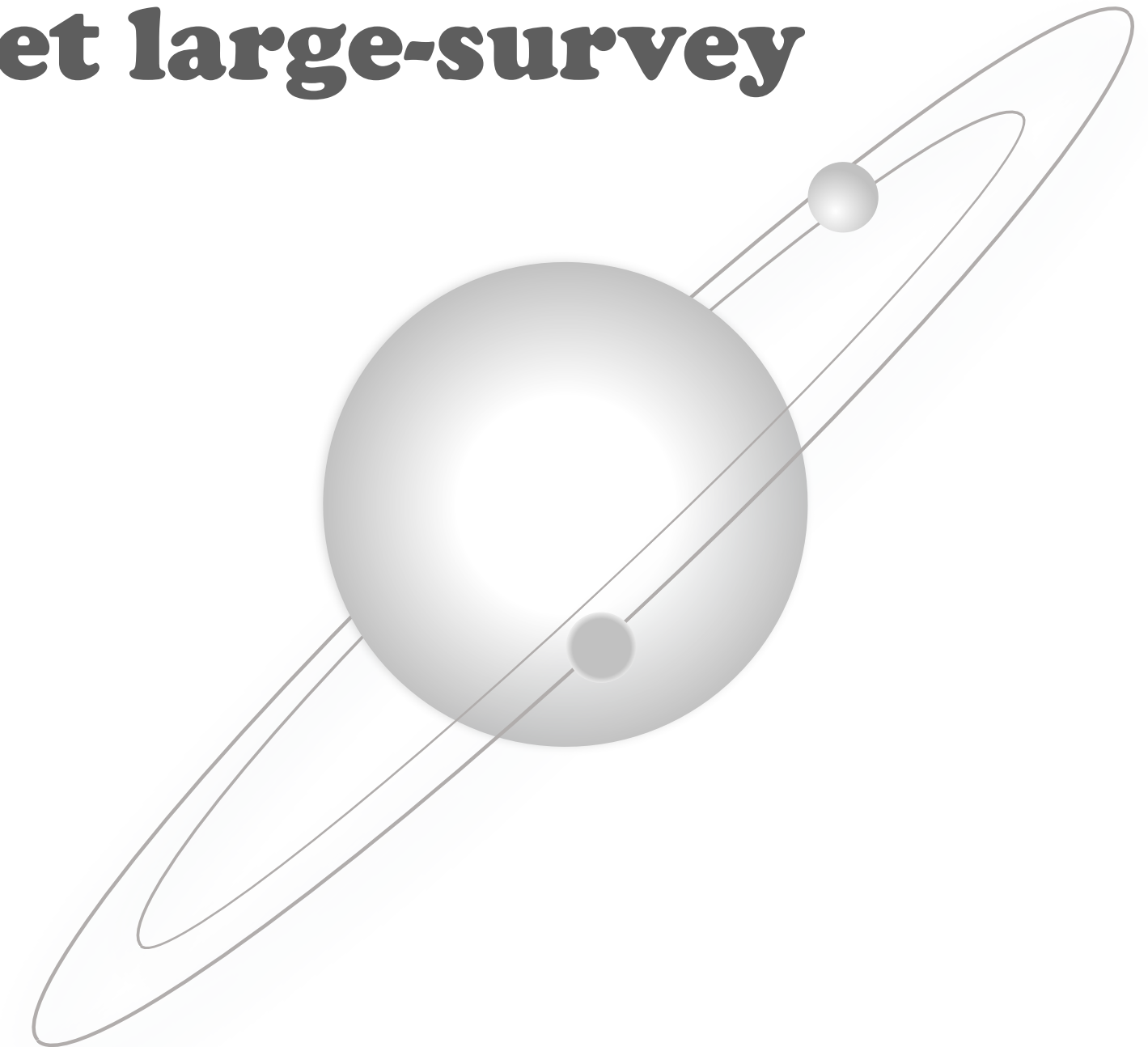


トランジット系外惑星**大気**サーベイ観測

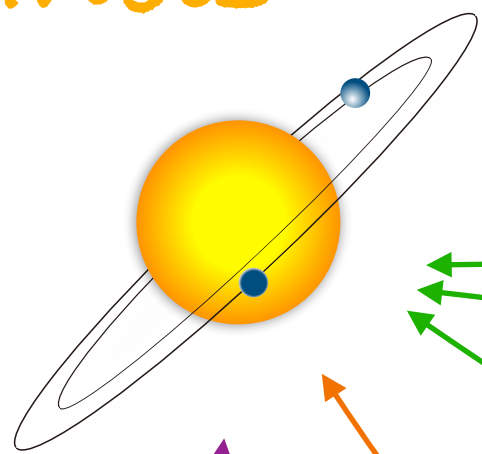
**Ariel**

**Atmospheric remote-sensing infrared exoplanet large-survey**

生駒 大洋  
(国立天文台・科学研究部)



# Exoplanets



Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey

## Ariel 2029-

- ESA M4 ミッション
- 近～中間赤外域 トランジット分光観測
- 系外惑星大気の特徴解明

## 2020- MuSCATs

Multicolor Simultaneous Cameras for Studying Atmospheres of Transiting exoplanets

- 可視域多色トランジット観測
- TESS惑星候補から真の惑星の検出
- 雲/ヘイズを持つ大気の特徴解明



## 2025- WSO-UV

World Space Observatory - Ultra-Violet

- 紫外域トランジット観測
- 地球類似惑星の検出



## 2019- IRD Intensive Program

Infra-Red Doppler

- 近赤外高分散分光観測
- TESS惑星の質量決定と大気と特徴づけ





# Ariel *Atmospheric remote-sensing infrared exoplanet large-survey*

- 系外惑星専用赤外分光トランジット観測衛星 → 約1000の系外惑星の大気サーベイ
- ESA M4 — 2020.11 採択、2029 打上げ予定

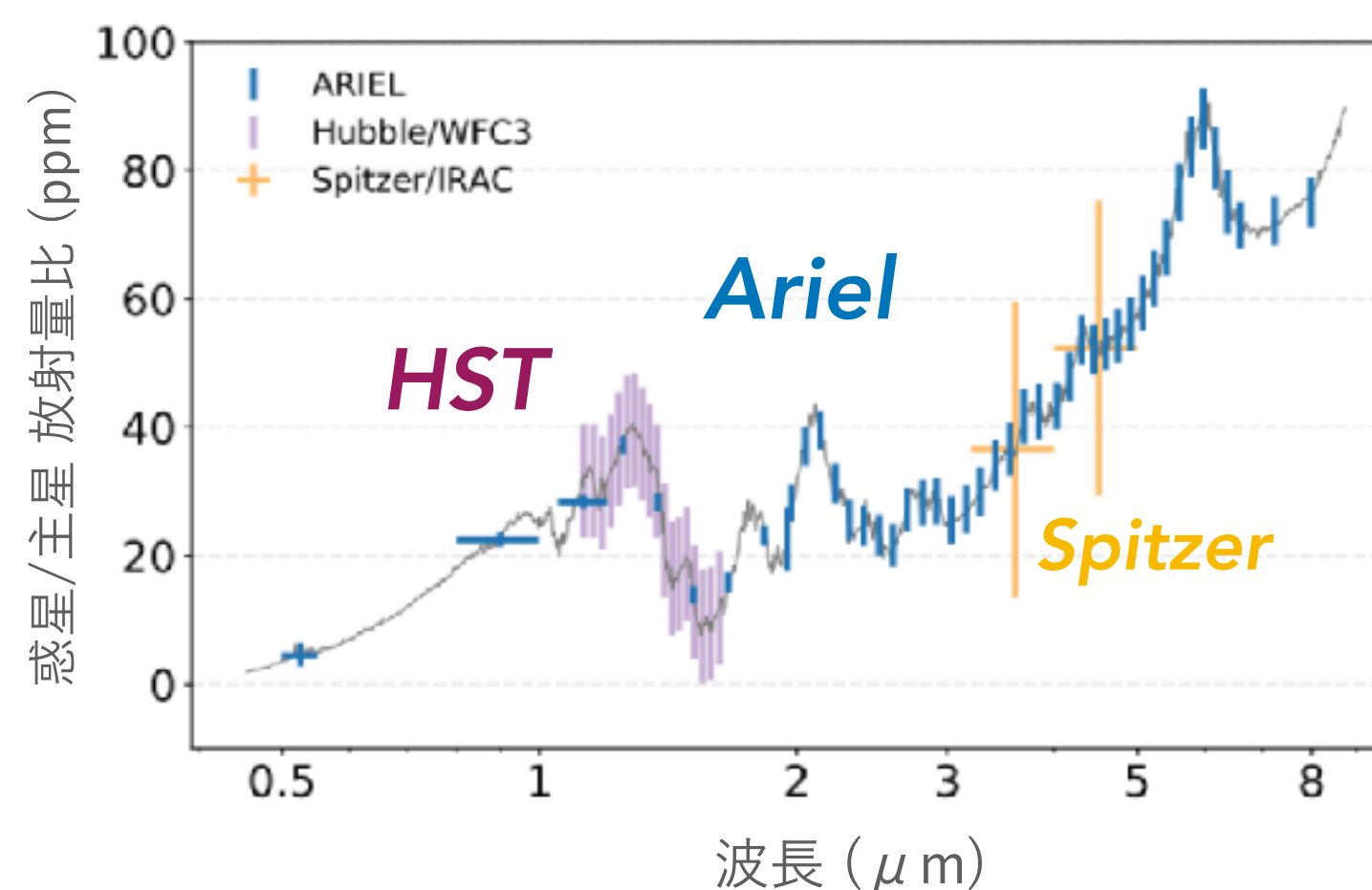
- 主鏡 1.1m x 0.7 m

- 波長範囲と解像度

- 可視域バンド測光
- 赤外域分光

- 科学目標

- 系外惑星の成分の解明
- 系外惑星の大気で生じる物理・化学過程の解明
- 惑星および惑星系の形成・進化過程の解明



- 0.50 – 0.60  $\mu\text{m}$  (VISPhot)
- 0.60 – 0.80  $\mu\text{m}$  (FGS1)
- 0.80 – 1.10  $\mu\text{m}$  (FGS2)
- 1.10 – 1.95  $\mu\text{m}$  with  $R \geq 15$  (NIRSpec)
- 1.95 – 3.90  $\mu\text{m}$  with  $R \geq 100$  (AIRS-CH0)
- 3.90 – 7.80  $\mu\text{m}$  with  $R \geq 30$  (AIRS-CH1)



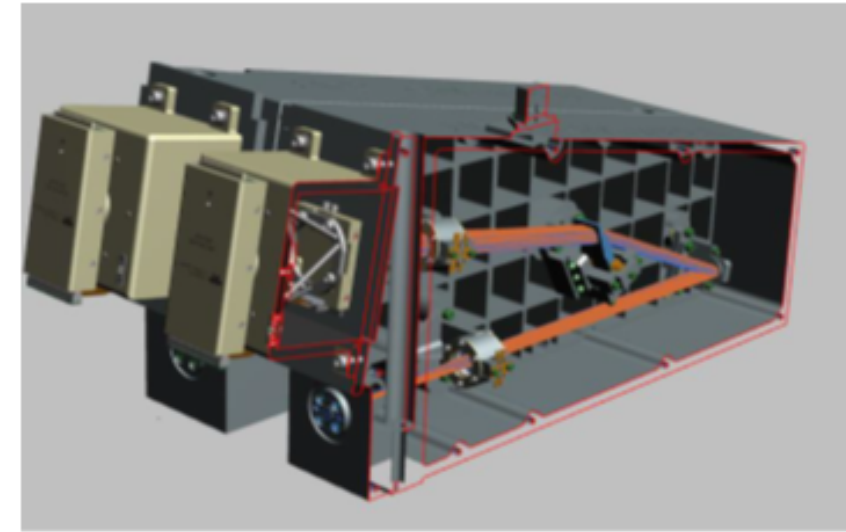
# 参入への経緯および調整状況

- 2012年～ 系外惑星の大気モデリングに大学院生と着手 + 欧米で宣伝活動
- 2017年秋 Ariel ミッションのサイエンス検討に個人的に協力
- 2018年11月 サイエンス・コーディネーターして正式に個人参加
  - 卒業生数名が欧州の Ariel 関連グループでポスドクとして雇用され モデル開発に従事
  - 日本人の理論研究のレベルの高さが再評価された
- 2019年11月 日本の参入を提案される
  - Mission Consortium **Co-PI** Board メンバー → **欧州諸国と同等のデータアクセス権**
  - ESA **Science Advisory Team** メンバー (ESA内6名 + ESA外2名) → **サイエンス選定、ターゲット選定など**
- ▶ **参入条件 = 地上観測サポート + ハードウェア提供**
  - (1) 地上観測サポート … トランジット時刻決定、ターゲット事前調査など
  - (2) ハードウェア提供 … 赤外分光器光学素子の開発・提供など
- 2021年2月 宇宙研理学委員会ワーキンググループ「系外惑星赤外分光」採択
  - Ariel-JP : 生駒大洋、塩谷圭吾、藤井友香、伊藤祐一、川島由依、成田憲保、福井暁彦、亀田真吾、村上豪
- 2022年3月 Ariel コンソーシアムにて **Co-PI** として承認 (予定)



# 赤外分光器の光学素子の開発・提供

AIRS 構造



主担当：塩谷 圭吾

- フランス赤外分光器開発チーム (AIRSチーム) と共同
- CaF<sub>2</sub> レンズとプリズムに対する反射防止 (AR) コートの実現性の検討
- CaF<sub>2</sub> レンズの製作と提供
- ARコートの実現性が検証された場合、レンズとプリズムへのコートの適用
- 総経費 ≒ 7000万円

# 地上観測サポート体制の確立

## MuSCATs

主担当：成田 憲保、福井 暁彦

可視光多波長トランジット観測を24時間体制で

→TESS・Arielターゲットの集中的観測

- 偽検出の排除
- TTVによる質量決定
- トランジット時刻の高精度決定
- 大気の大気雲/ヘイズの調査

1号機 (岡山) 科研費基盤A (代表：成田)

2号機 (テネリフェ島)

ABC装置開発費 (代表：成田)

3号機 (マウイ島)

新学術領域計画研究 (代表：生駒)

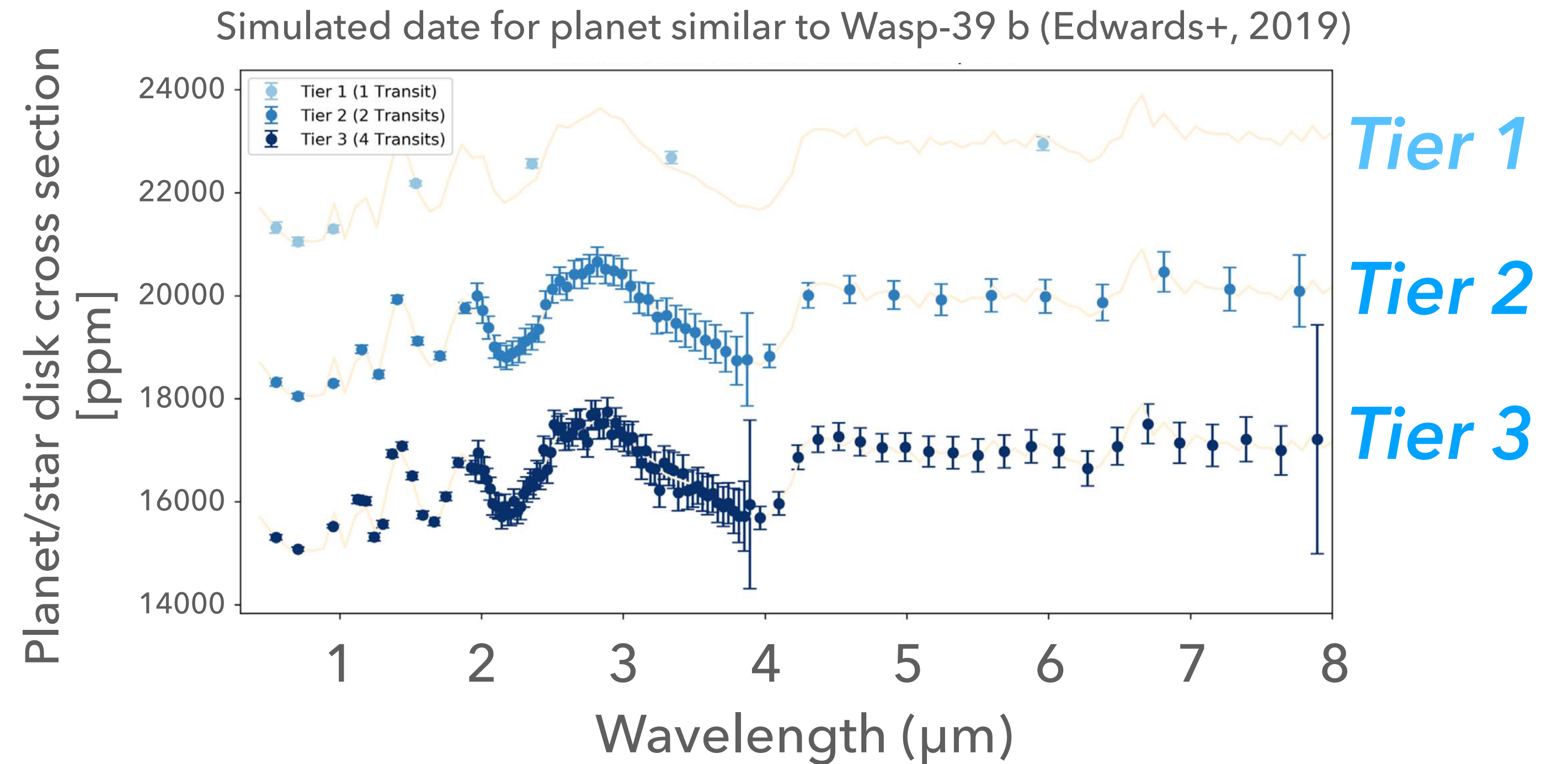
ABC装置開発費 (代表：成田)





# データ公開ポリシー（予定）

Tier name	Observational strategy
<b>Tier 1</b> Reconnaissance Survey	Low spectral resolution observations of ~1000 planets in the VIS & IR, with SNR ~ 7
<b>Tier 2</b> Deep Survey	Higher spectral resolution observations of a sub-sample in the VIS-IR
<b>Tier 3</b> Benchmark planets	High SNR observations in 1-2 events, re-observed over time
<b>Tier 4</b> Phase-curves & bespoke observations	Phase-curves and bespoke observations



# Japanese contribution to Exoplanet Exploration



## Image, UV-IR LUVOIR-HabEx

Characterization of Earth-analogs  
Biosignatures

Image, infra-red TMT  
Characterization of Earth-analogs  
Biosignatures

2040

2030



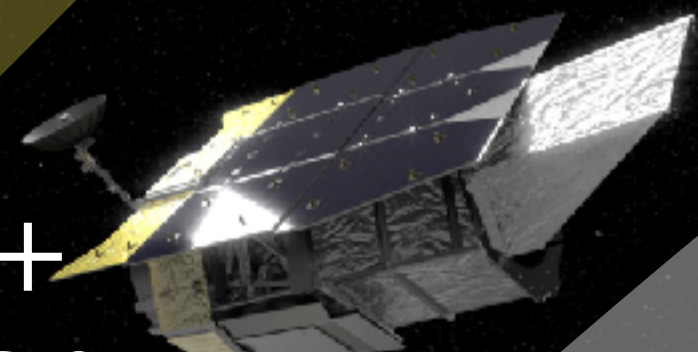
Transit, infra-red JASMINE

Survey for exoplanets around late M dwarfs

Detection



Roman  
Microlensing, infra-red  
Survey for long-period exoplanets



Doppler, infra-red

SAND

Survey for exoplanets around late M dwarfs

Microlensing, infra-red

PRIME

Survey for long-period exoplanets

2020



Doppler, Infra-red

Subaru-IRD

Survey for exoplanets around late M dwarfs



Ariel  
Transit, Infra-red spectroscopy  
Characterization of exoplanet atmospheres

Characterization



WSO-UV  
Transit, Ultraviolet spectroscopy  
Detection of Earth-analogs with extended atmospheres

LUVOIR-HabEx  
2040s

LAPYUTA  
2030s

TMT, GMT  
2030s

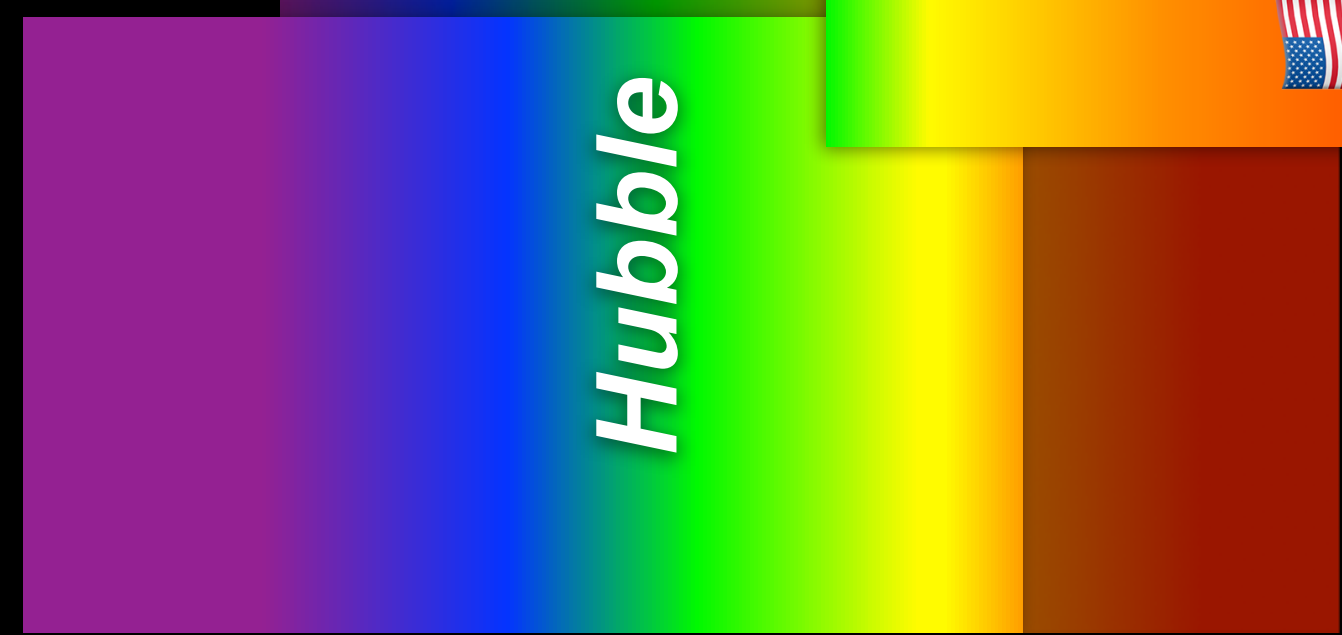
ELT  
2027-

WSO-UV  
2025-

Ariel  
2029-

Subaru  
VLT etc.

JWST  
2021-



UV Vis IR





# まとめ

## Atmospheric remote-sensing infrared exoplanet large-survey (**Ariel**)

- 惑星系の多様性とその成因の解明に向けた次のマイルストーンは**多様な系外惑星の大気**の特徴および成因を理解することである。
- そのために、系外惑星赤外分光観測計画 **Ariel** への**参入**を予定している。
- Arielへの日本の貢献：(1)科学成果の創出、(2)地上観測サポート、(3)光学素子開発・提供
- ISAS宇宙理学委員会ワーキンググループを設置し、戦略的開発研究費をいただき、光学素子のコーティングの実現性を検討している。
- 豊富な赤外分光観測データが手に入ることで、日本の特に**系外惑星科学コミュニティの活性化**が期待される。
- 検出を目的としたRomanやJASMINE、紫外線観測を目的としたWSO-UVに、赤外線観測を目的としたArielを加えることで、**国内で系外惑星に関する多様なサイエンスが可能になり、日本の系外惑星科学を現代化**することができる。

