

# ソーラー電力セイルによる 木星トロヤ群小惑星およびクルージング中のサイエンス

岡田達明<sup>1</sup>, 岩田隆浩<sup>1</sup>, 松浦周二<sup>2</sup>, 津村耕司<sup>3</sup>, 米徳大輔<sup>4</sup>, 三原建弘<sup>5</sup>, 矢野創<sup>1</sup>, 平井隆之<sup>6</sup>, 松岡彩子<sup>1</sup>, 野村麗子<sup>1</sup>, 癸生川陽子<sup>7</sup>, 青木順<sup>8</sup>, 伊藤元雄<sup>9</sup>, 岡本千里<sup>10</sup>, 松本純<sup>1</sup>, 中条俊大<sup>1</sup>, 森治<sup>1</sup>, SPS-OKEANOS サイエンスチーム

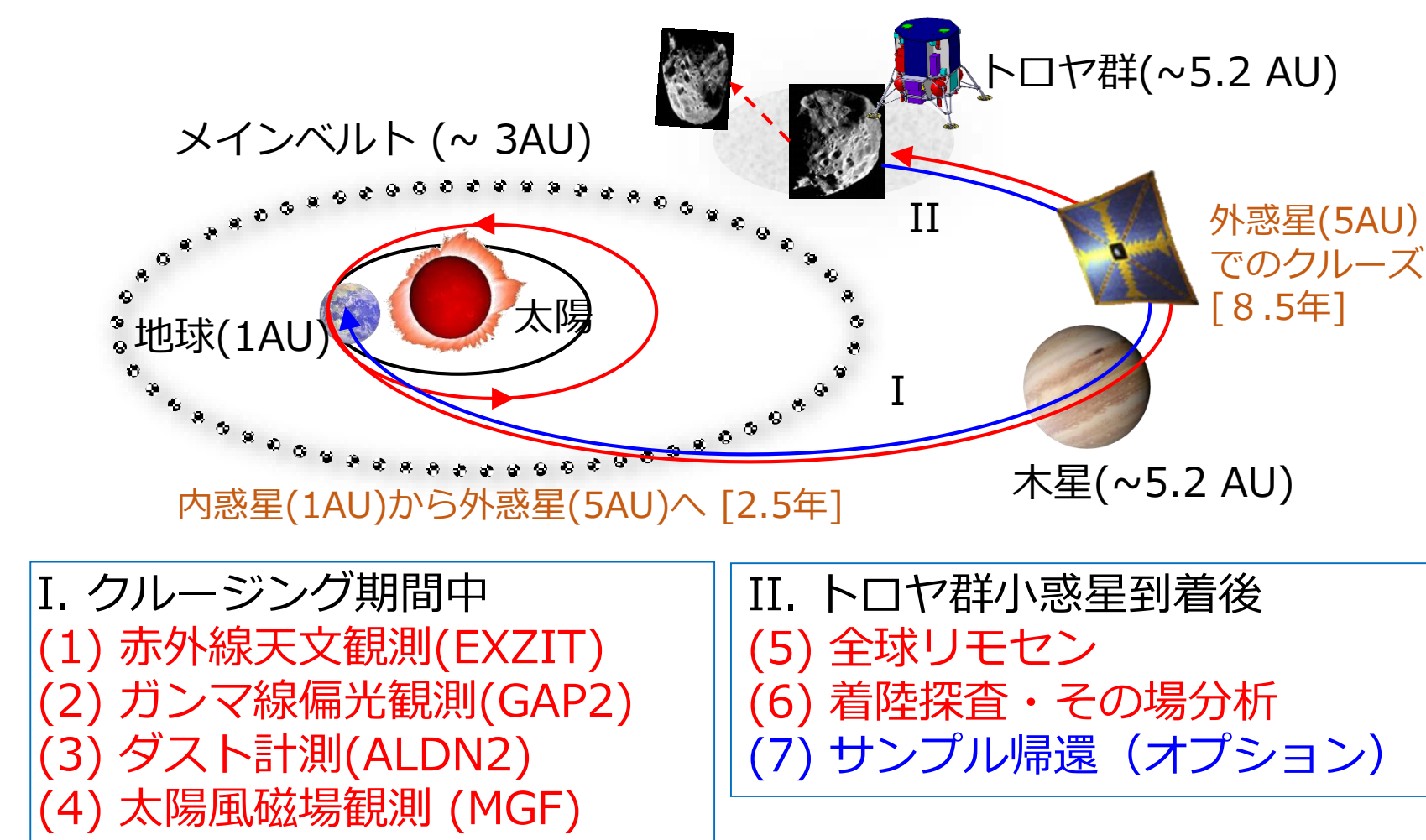
1: JAXA, 2: 関西学院大学, 3: 東北大学, 4: 金沢大学, 5: 理化学研究所, 6: 千葉工業大学, 7: 横浜国立大学, 8: 大阪大学, 9: JAMSTEC高知コア研究所, 10: 法政大学

## ソーラー電力セイルの科学観測

### ■ 科学観測

- ・ クルージング中：深宇宙探査機を観測プラットフォームとして利用し、地球近傍では実現できない深宇宙観測、惑星間空間観測を実現
- ・ ランデブー期間中：リモートセンシングによるトロヤ群小惑星の地形・地質・物質（鉱物・有機物・氷）などのグローバル観測を実現
- ・ 表面着陸後：トロヤ群小惑星の表面に着陸して表層物質にアクセスし、揮発性成分分析・同位体分析・組織観察・物理状態計測等を実現
- ・ サンプルリターン（オプション）：表層物質を地球に持ち帰り、化学組成・微細組織・同位体比・年代測定など高精度で実現

### ■ 打ち上げ後のシーケンス

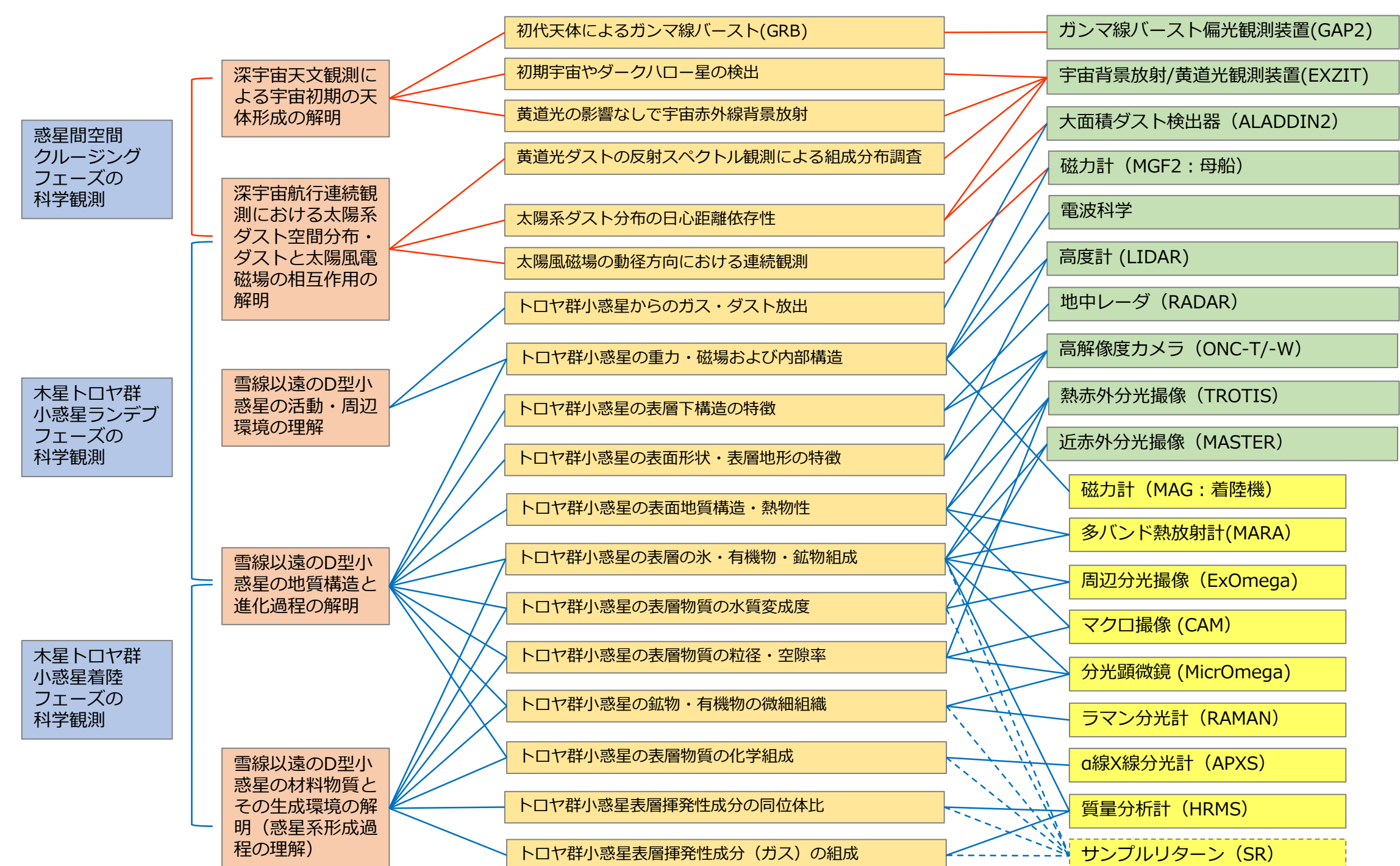


### ■ 打ち上げ後のスケジュール

(打ち上げ2024.12~2027.2の場合)

		1: 2009SK27 2: 1996PS1	1: 1998WR10 2: 2005LB37 2009UW26	1: 2005YJ15 2: 2010XE81
共通	打上げ	2024/12/18	2026/01/20	2027/02/28
	地球スイングバイ	2026/09/27	2027/11/03	2028/12/17
	木星スイングバイ	2029/05/16	2030/08/15	2032/03/19
	小惑星1到着	2037/12/18	2039/01/20	2040/02/28
Plan-A'	小惑星1出発	2039/06/18	2040/07/20	2041/08/28
	小惑星2到着	2047/06/18	2048/07/20	2046/09/28
Plan-B	小惑星1出発	2039/06/18	2040/07/20	2041/08/28
	木星スイングバイ	2053/02/03	2054/05/06	2055/12/11
	地球帰還	2055/10/08	2057/12/19	2059/01/15

### ■ 科学目標と観測項目・観測機器の関係

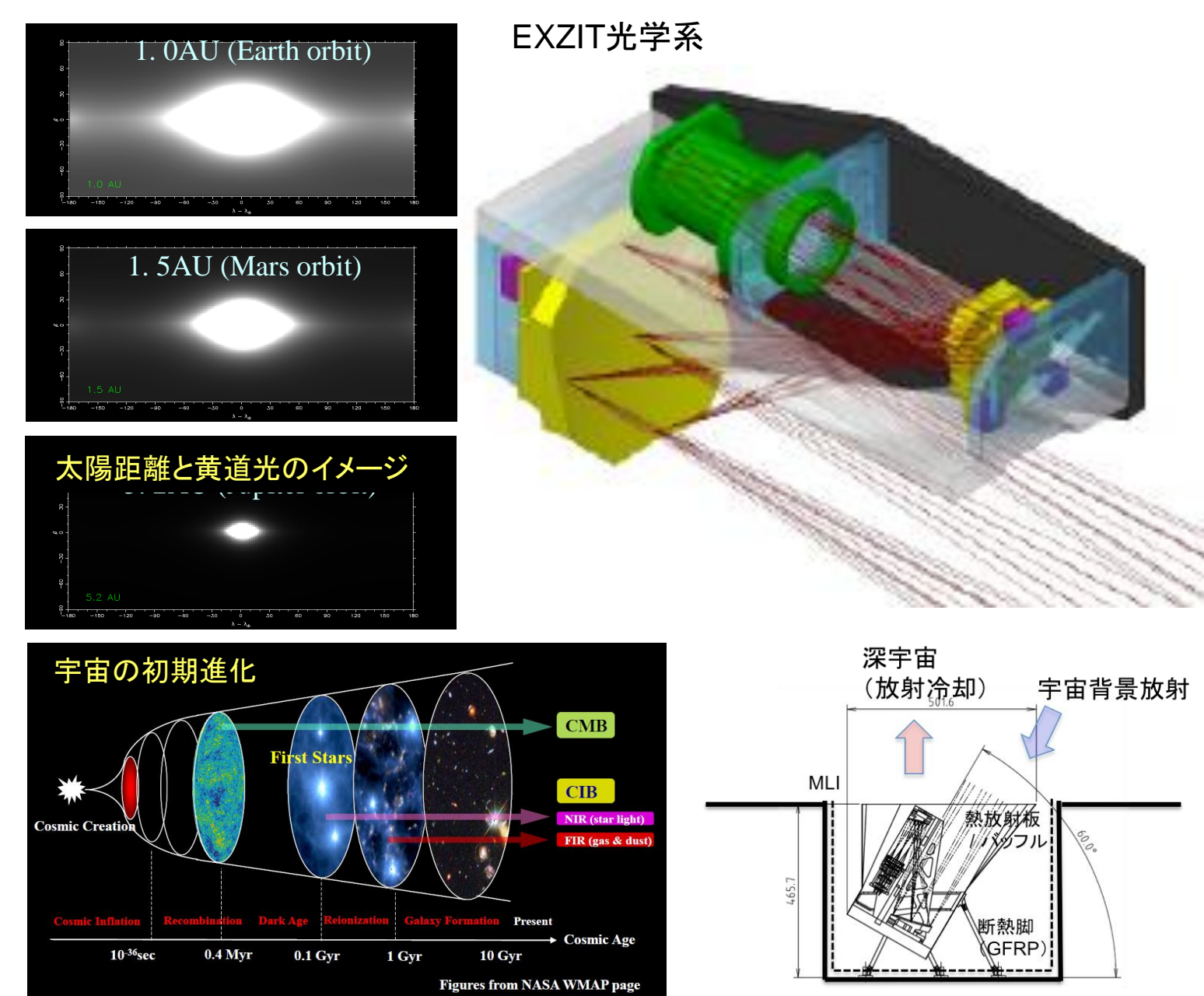


## クルージングサイエンス

- ・ ソーラー電力セイル探査機は、ソーラー電力セイルによる外惑星領域探査を実証することを目的としており、その主要なサイエンスタゲットは木星トロヤ群小惑星の表面および内部の科学探査であるが、打上げから木星スイングバイまでのクルージングフェーズは、その空間的（約6AU）・時間的（約6年）拡がりによって、魅力的な科学研究の場を与える。
- ・ このフェーズに実現を目指す科学観測をクルージングフェーズサイエンスと規定して、以下に掲げるサイエンスの実現を目指している。

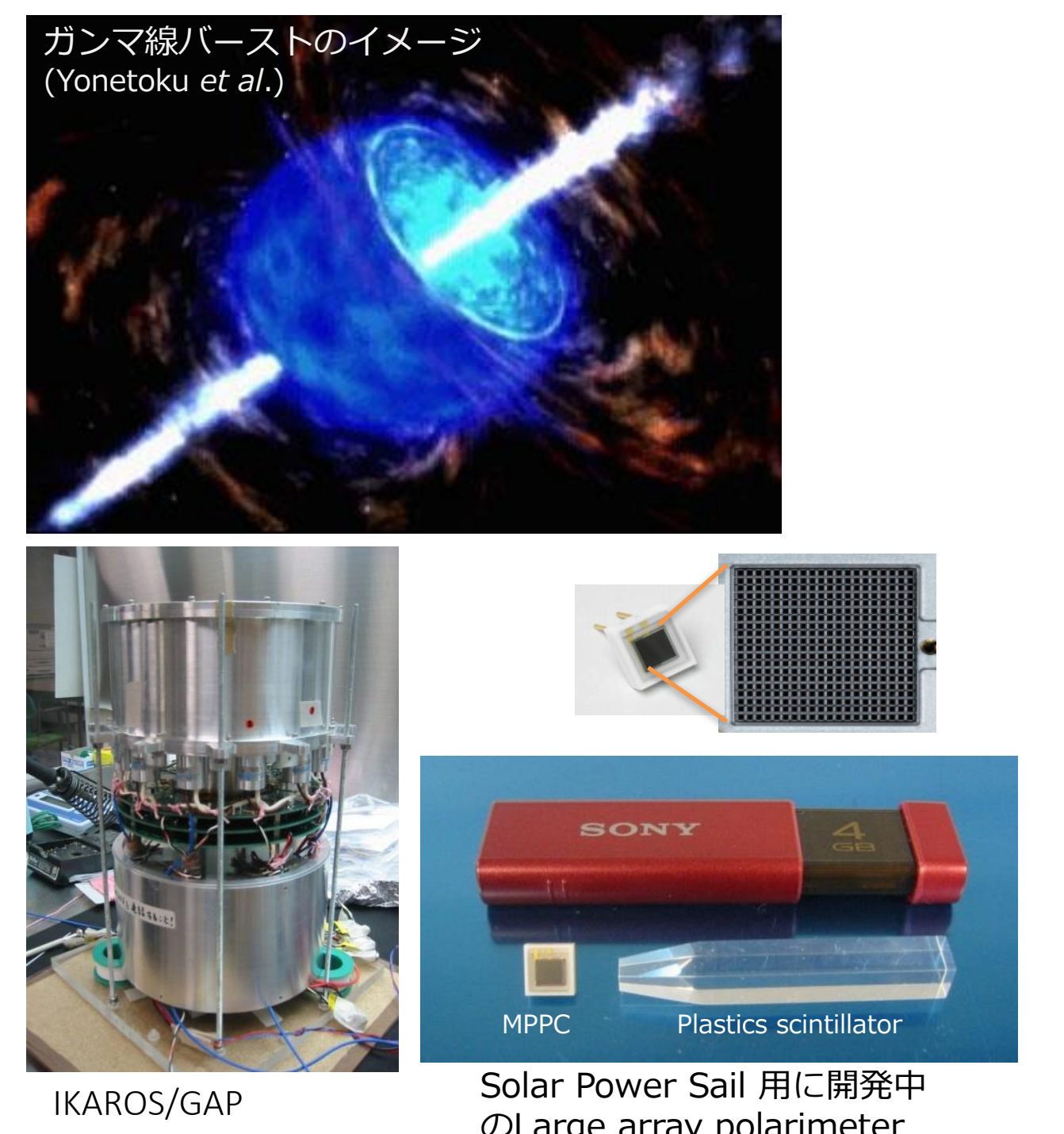
### ■ 赤外線観測装置 (EXZIT)

赤外線観測装置 (EXZIT: Exo-Zodiacal Infrared Telescope) は、口径約10cmの可視・赤外線望遠鏡である。地球近傍から木星軌道までの長期間の観測により、黄道光 (ZL: zodiacal light) の数密度、組成、アルベド等の立体構造を明らかにする。また小惑星帯以遠では、黄道光の影響が地球近傍より著しく低下することから、赤方偏移が10を超える宇宙初期の再電離などによる宇宙赤外背景輻射 (CIB: cosmic infrared background) を捉えることにより、宇宙の初期状態の解明が期待される。



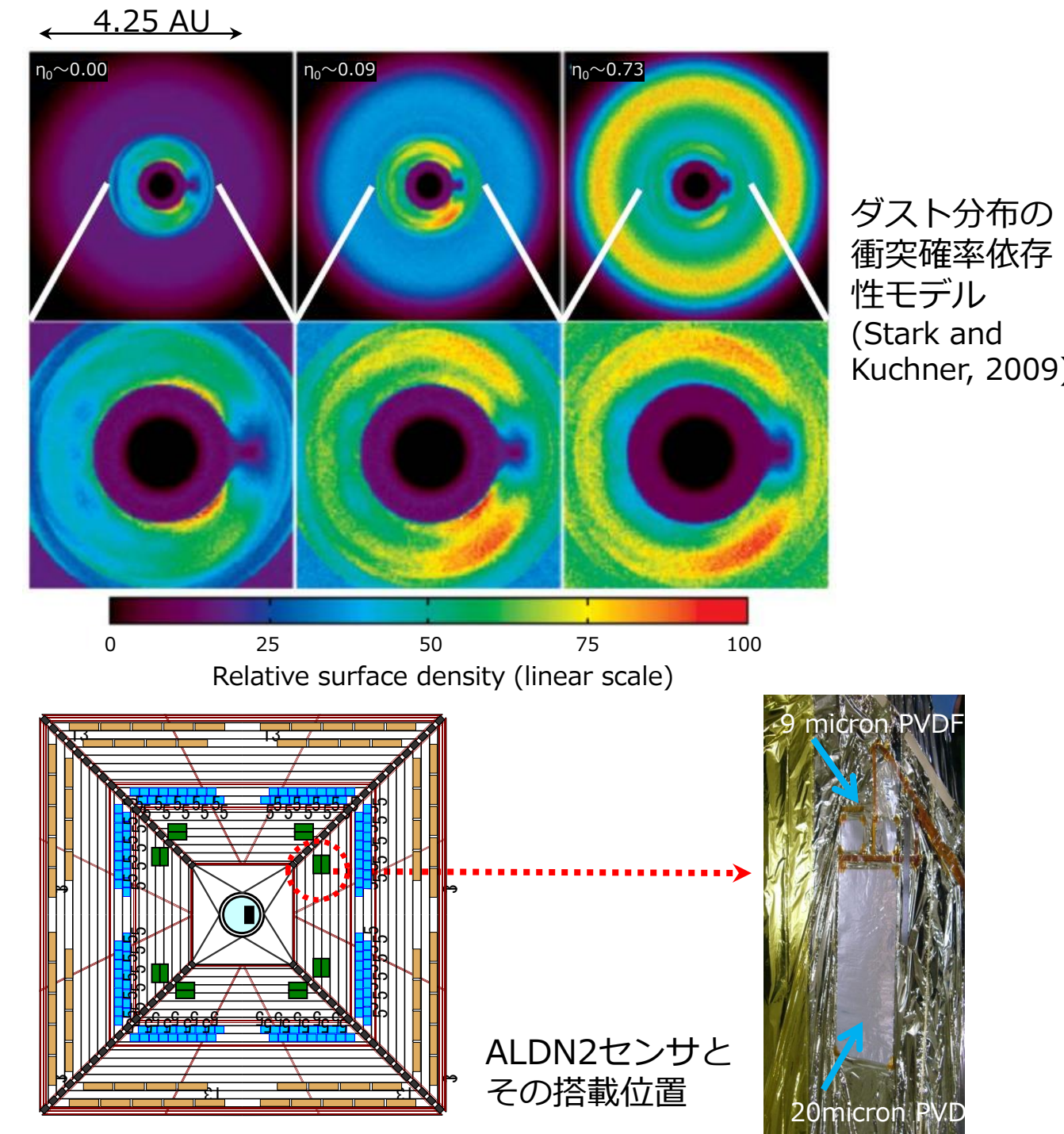
### ■ ガンマ線バースト観測装置 (GAP2)

ガンマ線バースト観測装置 (GAP2: Gamma-ray Burst Polarimeter 2) は、地球-探査機間の基線長が最大で約6AUに及ぶことを活用して、ガンマ線バースト (GRB: gamma-ray burst) 天体の位置を高精度で決定するガンマ線望遠鏡である。GRBの観測から高エネルギー粒子の加速機構の解明を行うとともに、EXZITとの協同により宇宙初期状態に関する新たな知見が得られることも期待される。



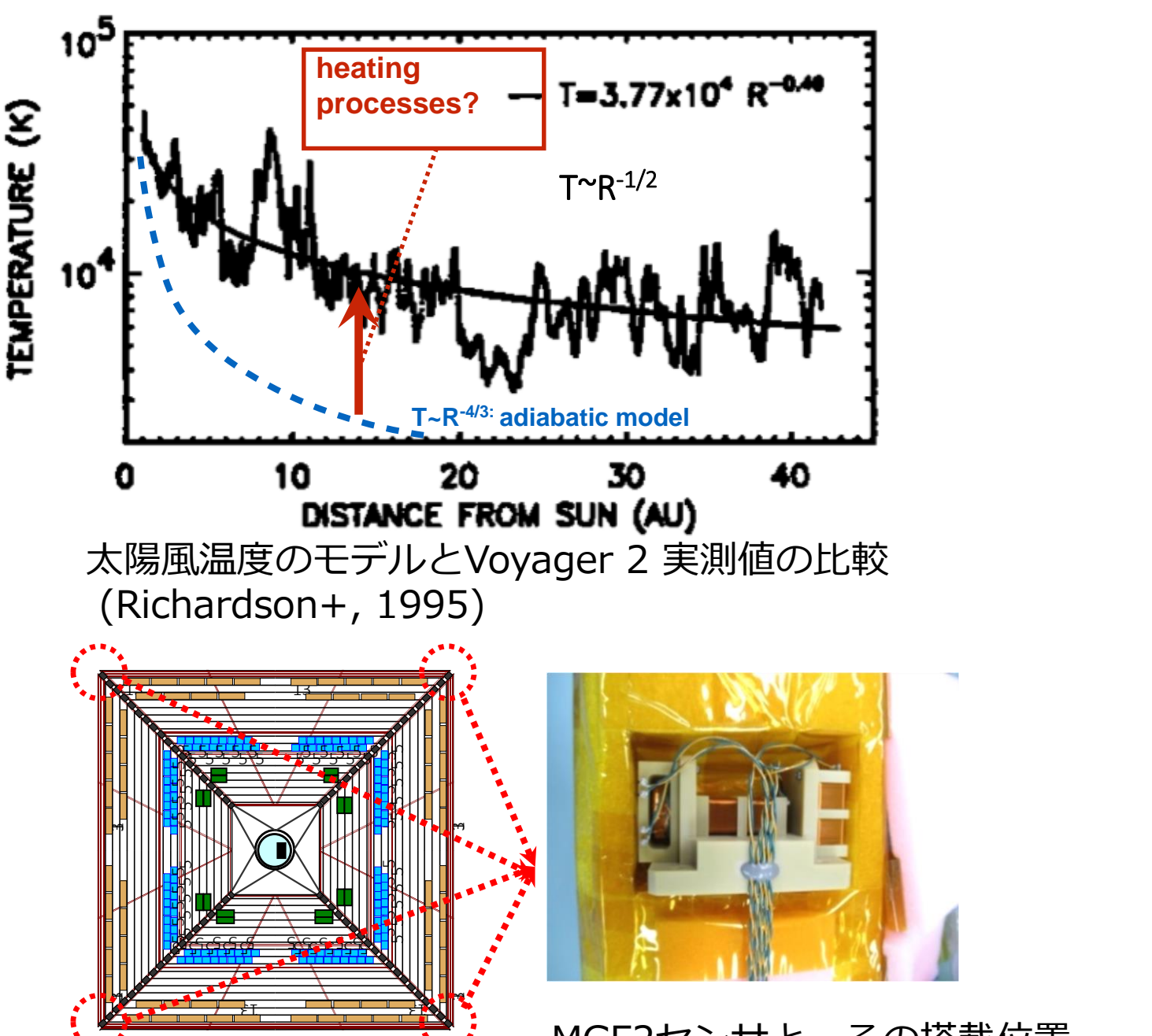
### ■ ダスト観測装置 (ALDN2)

ダスト観測装置 (ALDN2: Arrayed Large-Area Dust Detectors in Interplanetary Space 2) は、ソーラー電力セイル小型実証機IKAROSに搭載されたALADDIN (大面積惑星間塵検出アレイ) からの改良型装置である。ALADDINによる地球-金星近傍のダスト観測に加えて、地球-木星軌道間のダストを分析するとともに、EXZITとの比較により太陽系のダストを3次元構造とその場観測との両面から解明する。



### ■ 磁力計 (MGF2)

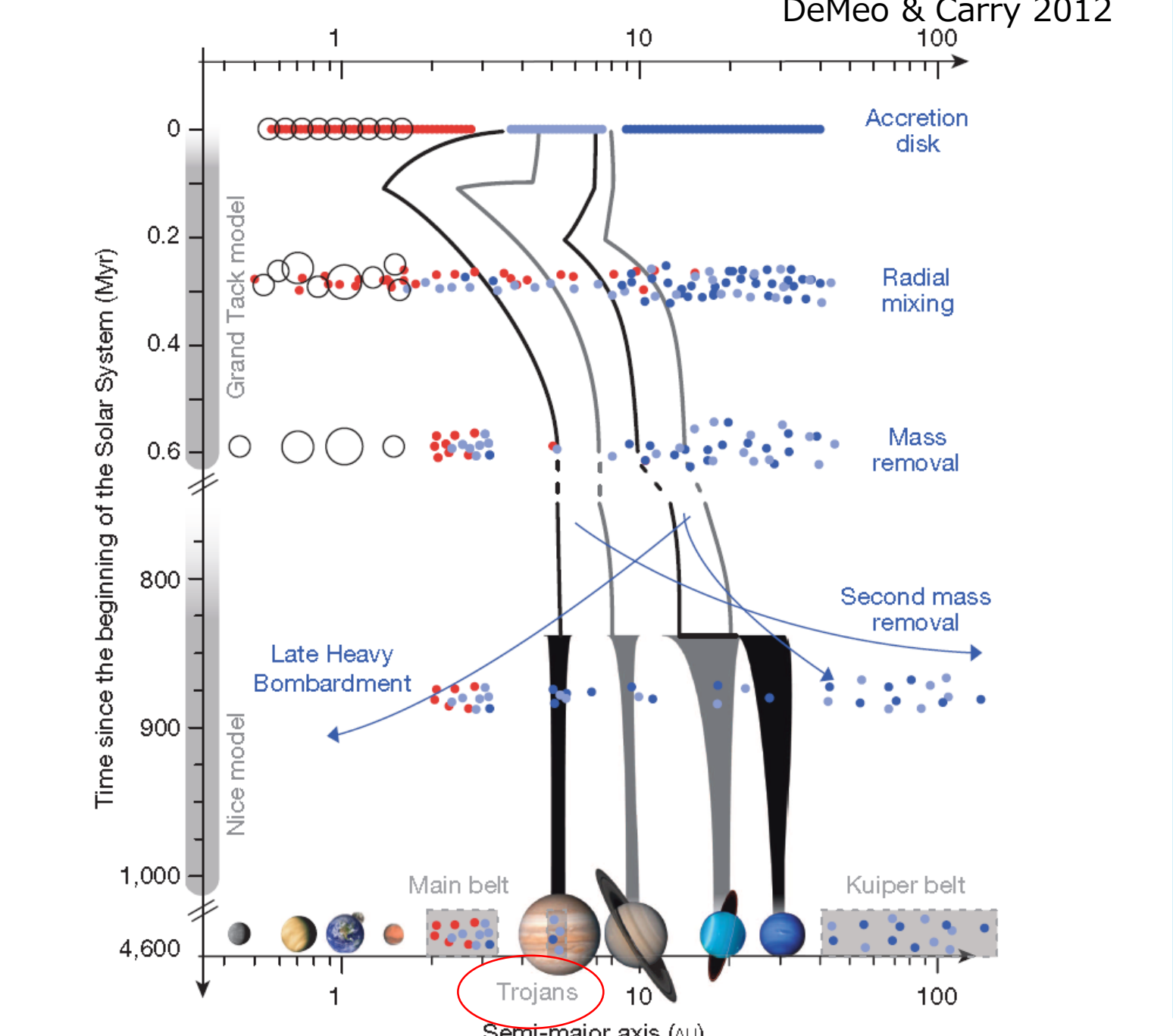
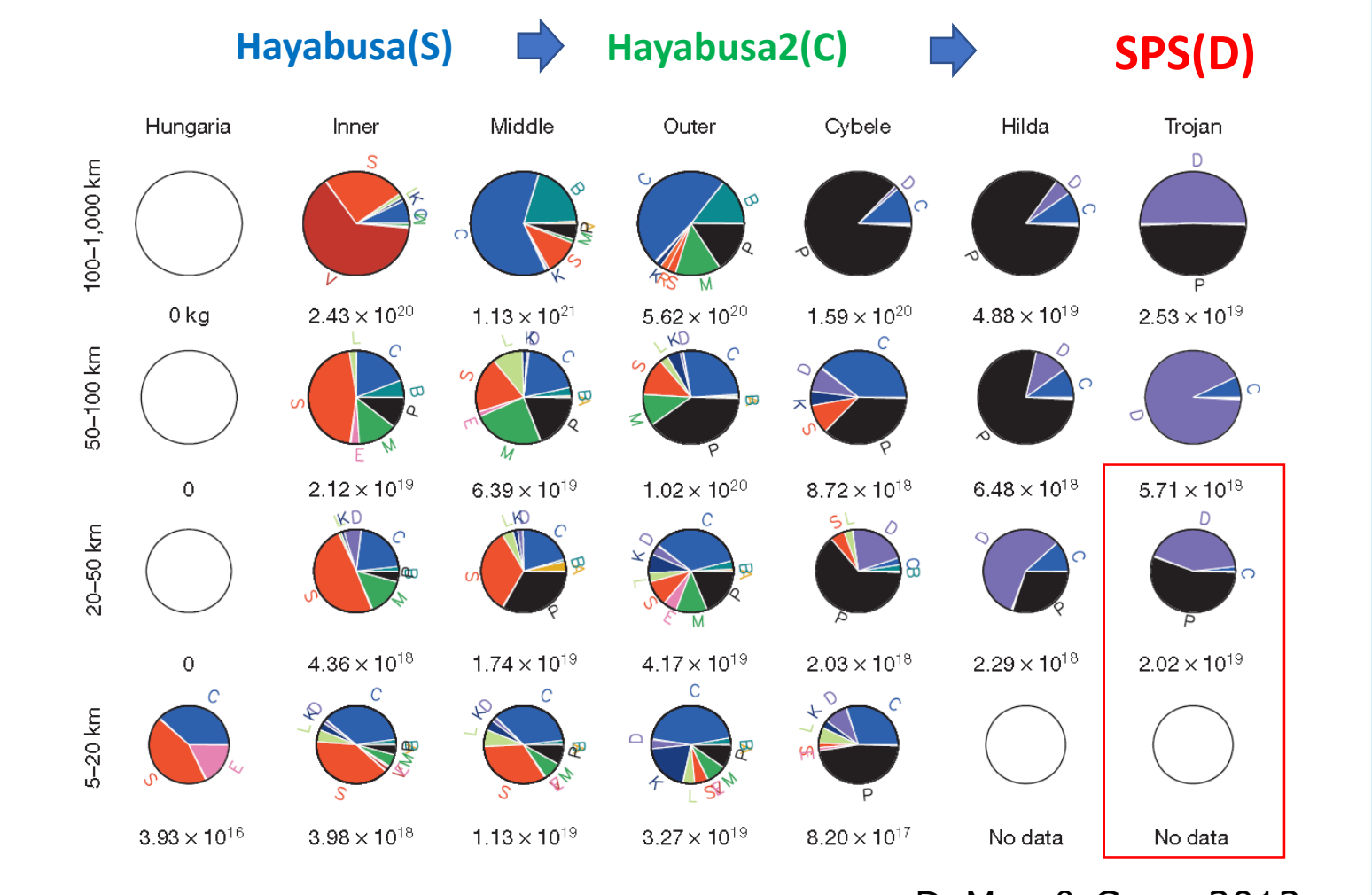
磁力計 (MGF2: Magnetic Field Experiment 2) は、探査機本体とトロヤ群小惑星にランデブーする子機への搭載が検討されており、このうち探査機本体側の装置は、クルージングフェーズ中での観測により、地球近傍-木星軌道においてプラズマの太陽系動径方向の構造を明らかにすることを目指す。ソーラー電力セイルの両端に搭載することにより、10mオーダーの高解像度が得られ、これは電子スケールでの分解に適している。これにより太陽風の加熱機構が明らかになることが期待される。



## トロヤ群小惑星サイエンス

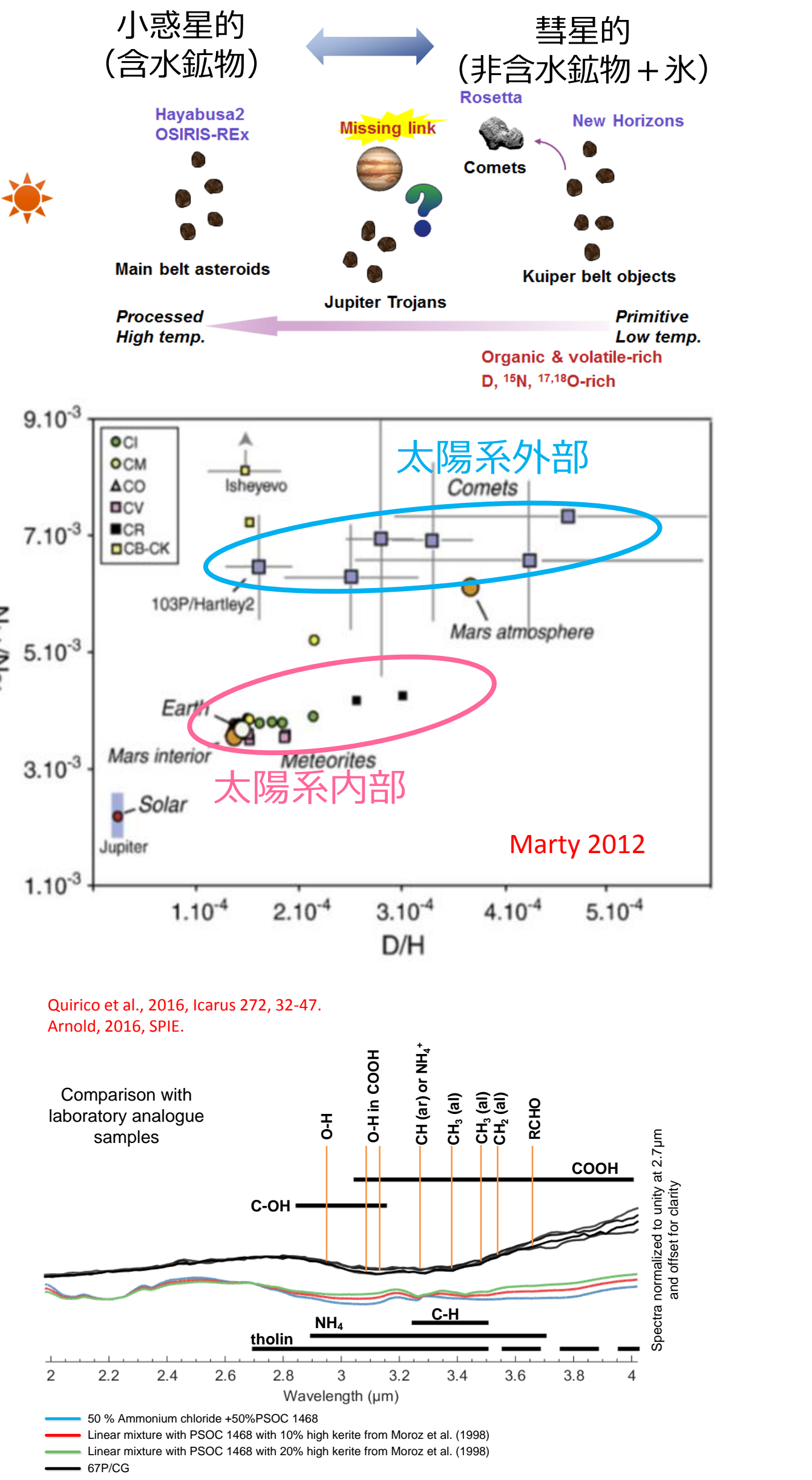
### ■ 木星トロヤ群小惑星とは？

- ・ 太陽・木星のラグランジュ点：長期安定軌道
- ・ D/P型小惑星：揮発性成分豊富（氷、有機物）
- ・ RedとLess-Red：多様性（H<sub>2</sub>Sの雪線の内外）
- ・ 3μm吸収帯：Red：なし、Less-RedでN-H吸収？
- ・ サイズ分布がメインベルト小惑星と相違：起源が別
- ・ 形成過程：巨大惑星の移動によるEKBO起源？



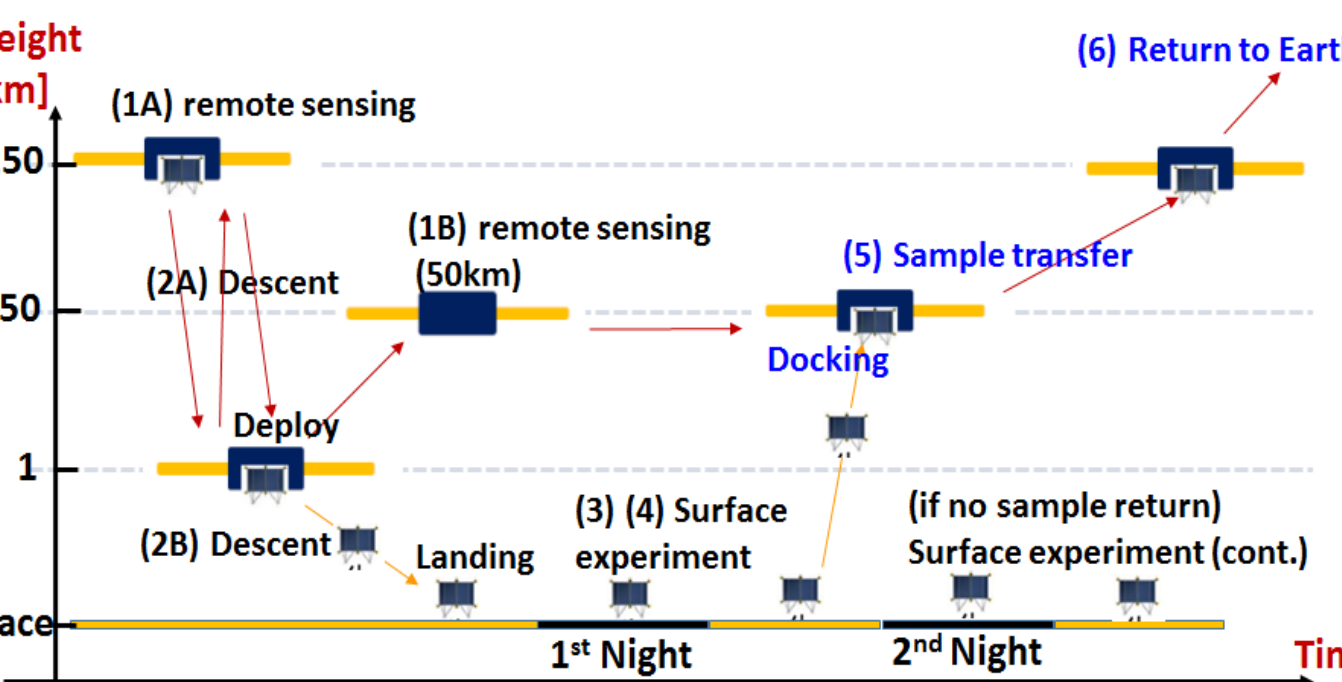
### ■ トロヤ群小惑星探査の科学目標

- ・ 惑星形成モデル（惑星移動の有無）への制約
  - 揮発性成分（低温トレーサ）の組成・同位体分析
  - 岩石・氷・有機物の割合
- ・ 太陽系物質分布：S・C型に続きD/P型の探査
  - 天体の物質的・物理的なマルチスケール探査
- ・ 木星距離での内部進化
  - 鉱物の水質変成度、鉱物/アモルファス状況
- ・ 現在の活動度の調査
  - ダスト分布、表層流動、クレータ形成

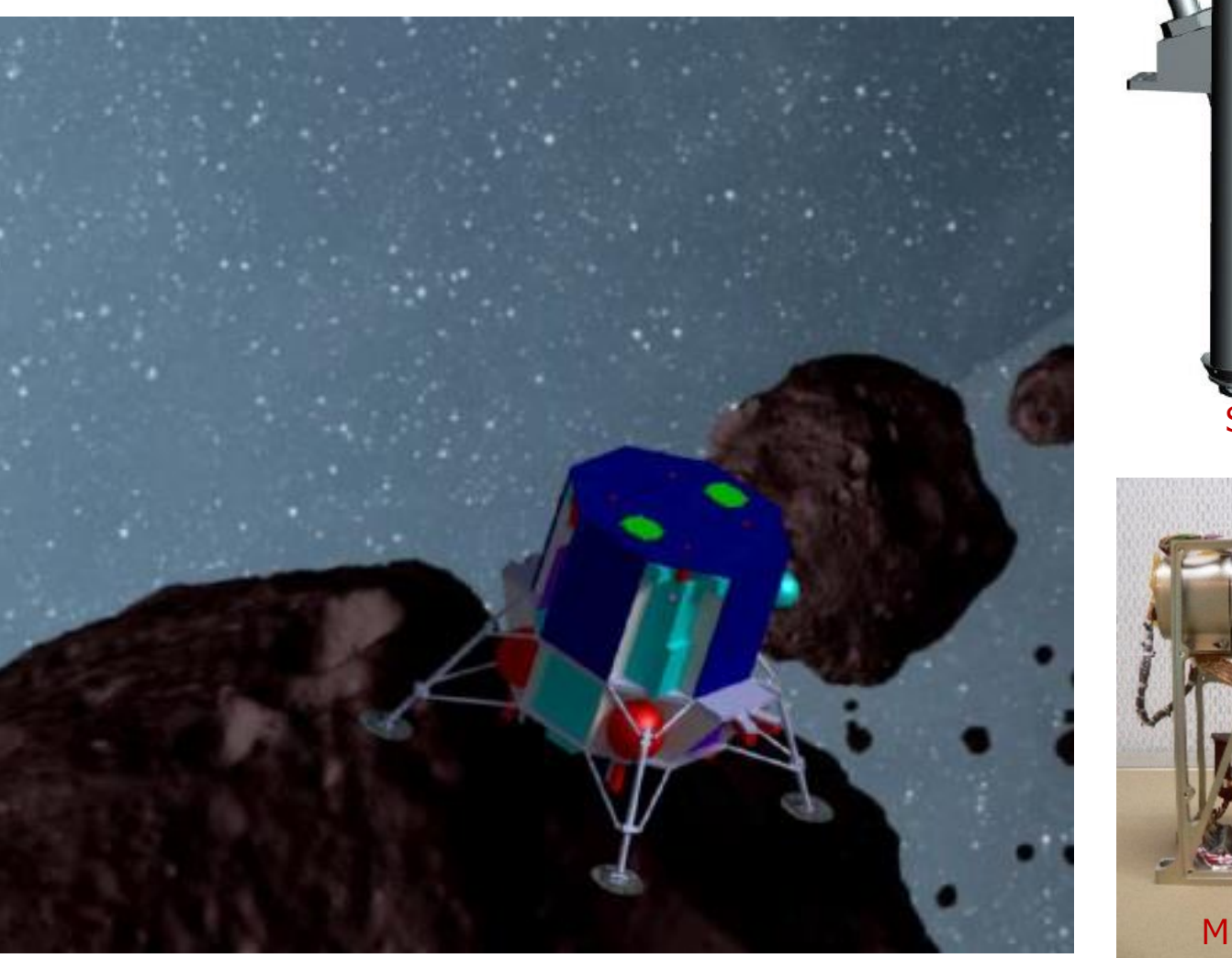


### ■ トロヤ群小惑星探査シーケンス

- ・ 到着後のリモセン：撮像、分光、重力、レーダー
  - 形状、自転状態、地形、鉱物分布、熱物性、地下構造
  - 揮発性物質（氷・有機物）の存在分布調査
  - 着陸地点の選定
- ・ 着陸機での表面探査：観察、サンプル採取・分析
  - 周辺観察による産状把握 (Context)
  - 表面・地下(~1m)のサンプル採取・観察・分析



1. リモセンによるグローバル探査（望遠撮像、NIR・TIR分光撮像 (A:250km; 計1.5年, B:50km; 数日間)
2. リーサル降下、および分離運用・着陸機からの高解像度撮像 (A:1km; 母船側, B:1m; 着陸機 (降下中))
3. 着陸後の周辺地域の撮像、物質・物性測定、サンプル産状把握 (全方位撮像、直下撮像、NIR分光、ラマン分光、化学組成分析、熱放射、磁場、他)
4. 表面と地下 (~1m) からのサンプリングおよびサンプル分析 (分光顕微鏡観察、高精度質量分析)
5. (Option) ドッキング+サンプル受け渡し
6. (Option) 次の小惑星ランデブー or サンプルリターン



### ■ 搭載機器

