

# ソーラー電力セイル(SPS)によるトロヤ群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>, 松本純<sup>1</sup>, 松浦周二<sup>2</sup>, 津村耕司<sup>3</sup>, 矢野創<sup>1</sup>, 平井隆之<sup>1</sup>, 松岡彩子<sup>1</sup>, 野村麗子<sup>1</sup>, 米徳大輔<sup>4</sup>, 三原建弘<sup>5</sup>, 中村良介<sup>6</sup>, 癸生川陽子<sup>7</sup>, 青木順<sup>8</sup>, 河井洋輔<sup>8</sup>, 伊藤元雄<sup>9</sup>, 薮田ひかる<sup>8</sup>, 寺田健太郎<sup>8</sup>, 豊田岐聡<sup>8</sup>, 岡本千里<sup>10</sup>, 大槻真嗣<sup>1</sup>, 森治<sup>1</sup>, ソーラー電力セイル・サイエンスチーム

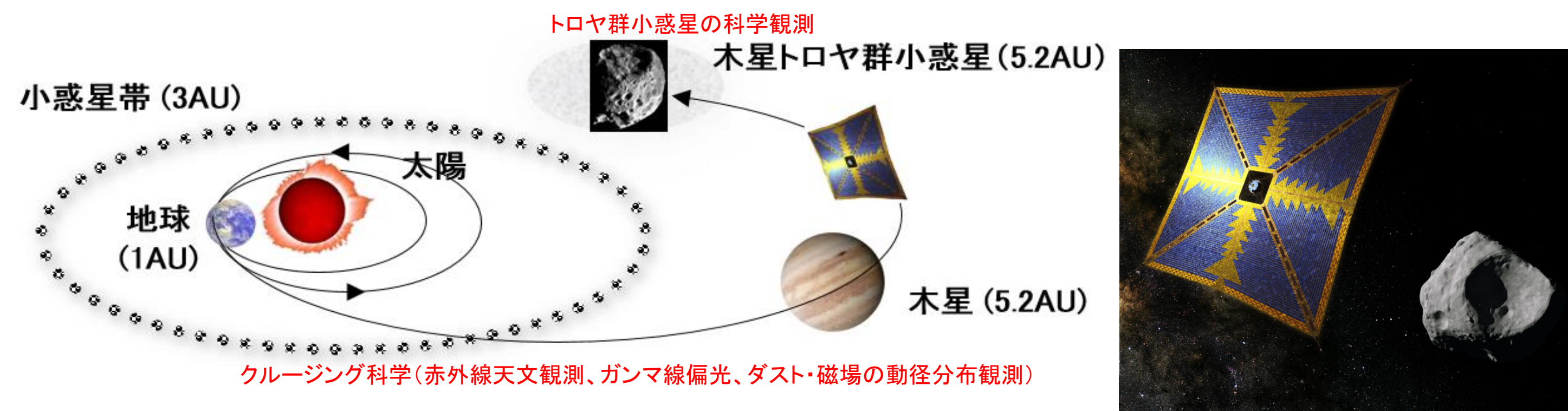
<sup>1</sup>JAXA, <sup>2</sup>関西学院大学, <sup>3</sup>東北大学, <sup>4</sup>金沢大学, <sup>5</sup>理化学研究所, <sup>6</sup>産業技術総合研究所, <sup>7</sup>横浜国立大学, <sup>8</sup>大阪大学, <sup>9</sup>JAMSTEC高知コア研究所, <sup>10</sup>神戸大学

## ■概要

- ソーラー電力セイル(SPS)による木星トロヤ群小惑星の探査計画およびクルージング中に実施する科学観測の概要と搭載観測機器について検討の状況を報告する。
- ※本ミッションは宇宙研の次期中型工学ミッション候補であり、2016年8月22日にWG活動を終了して所内プリプロジェクト(Phase-A1)に移行した。今後はサイエンス検討の深化と先鋭化を進めてゆく。

## ■ミッション概要

- 打ち上げ: H2A(or後継ロケット)により、2020年代に打ち上げ
- 宇宙航行: 地球・木星スイングバイを経て、11~13年後にトロヤ群小惑星に到着(巡航中): 探査機をプラットフォームとした科学観測を実施
- 遠隔探査: トロヤ群小惑星の母船からのリモート観測(全球的特徴の把握)
- 着陸探査: 着陸機によるその場観測を実施(探査時間約20hr)。オプションとしてサンプルリターンも検討中(往復約30年)。



## ■主要ミッション

### ◆工学ミッション:

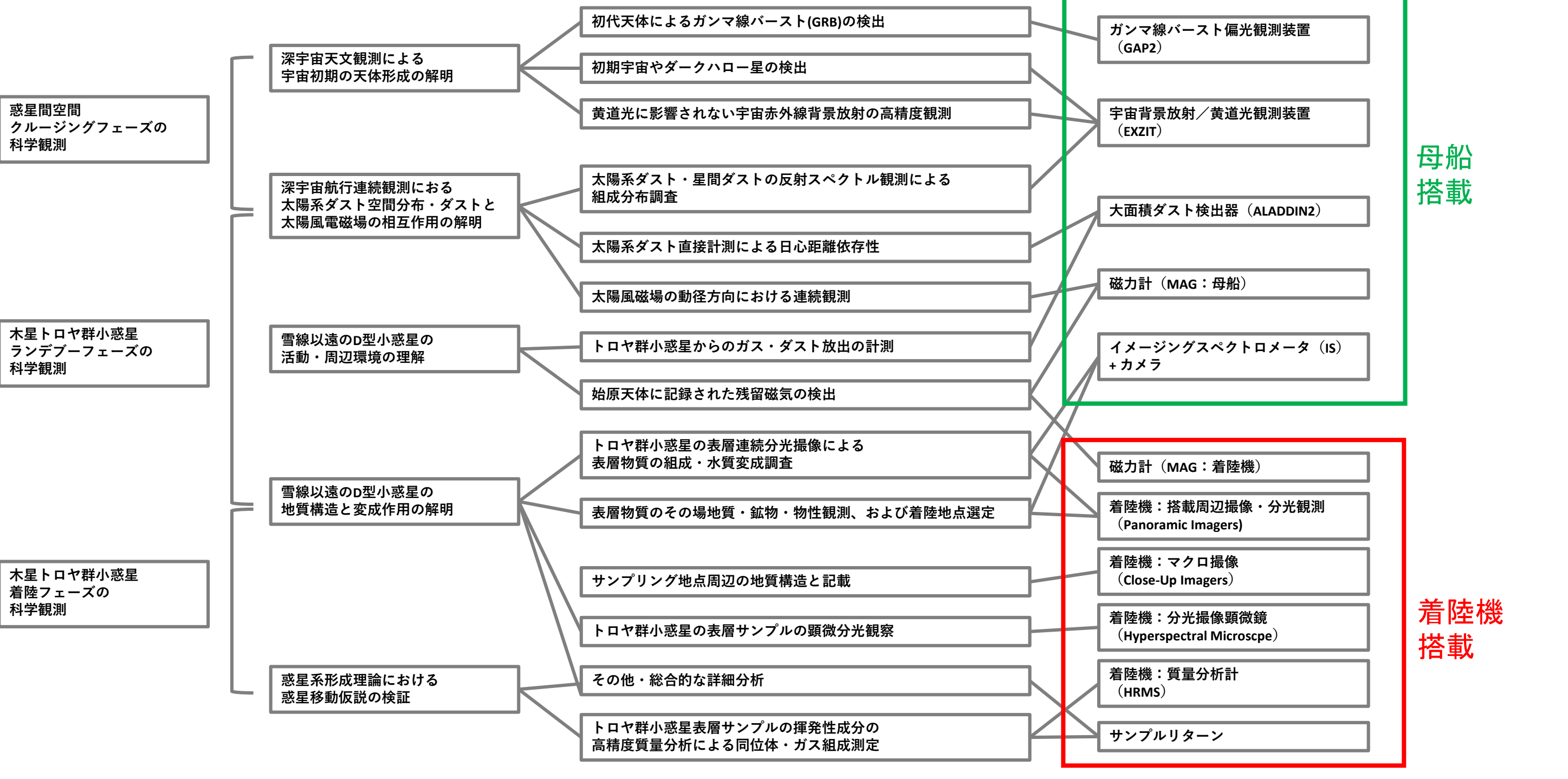
- ソーラー電力セイル: 大面積薄膜太陽電池による発電と高比推力の電気推進を組み合わせた最新鋭の超低燃費な宇宙航行技術の実証と、それに伴う外惑星探査の実施。

※外惑星系の科学探査を原子力電池無しで実現する(先ずはトロヤ群小惑星、将来は土星系衛星の探査を目指す)。

### ◆理学ミッション:

- トロヤ群小惑星の科学探査: ランデブーによるリモート観測、着陸機によるその場観測によって
  - 1) 太陽系形成モデルへの制約、
  - 2) 地球の水と有機物の起源の追求、
  - 3) 始原天体上での水・有機物・鉱物の相互作用による物質進化を探る
- 巡航中を利用した天文学および太陽系環境探査
  - 1) 黄道面ダストの外側からの深宇宙赤外分光撮像観測
  - 2) 超長基線を利用したガンマ線変更観測(ガンマ線バースト検出)
  - 3) 太陽系動径方向のダスト分布観測
  - 4) 太陽系動径方向の磁場観測と、ダストと磁場の相互作用

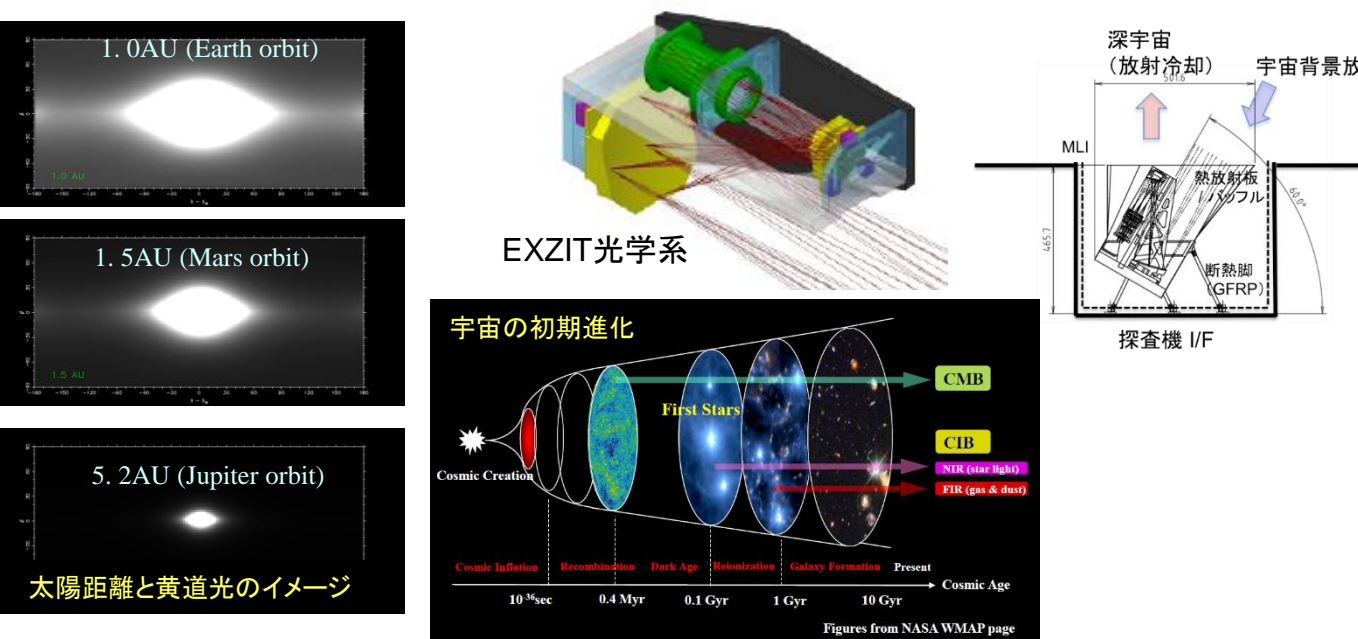
### ■SPSミッションでの科学目標と観測機器の関係



## ■クルージングサイエンス用の観測機器

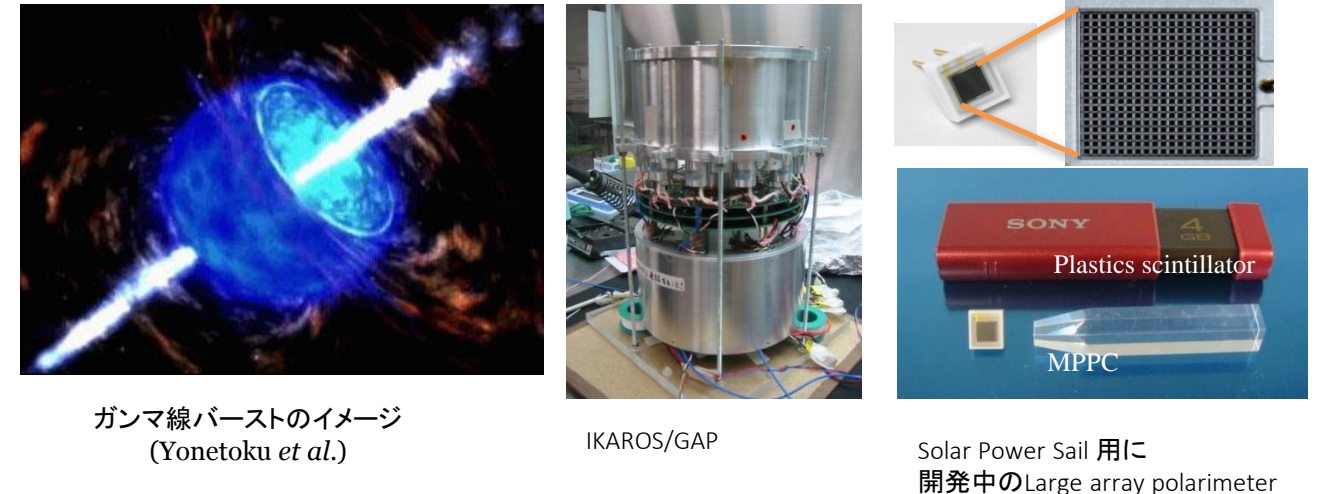
### ◆赤外線観測装置(EXZIT)

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放射 (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。



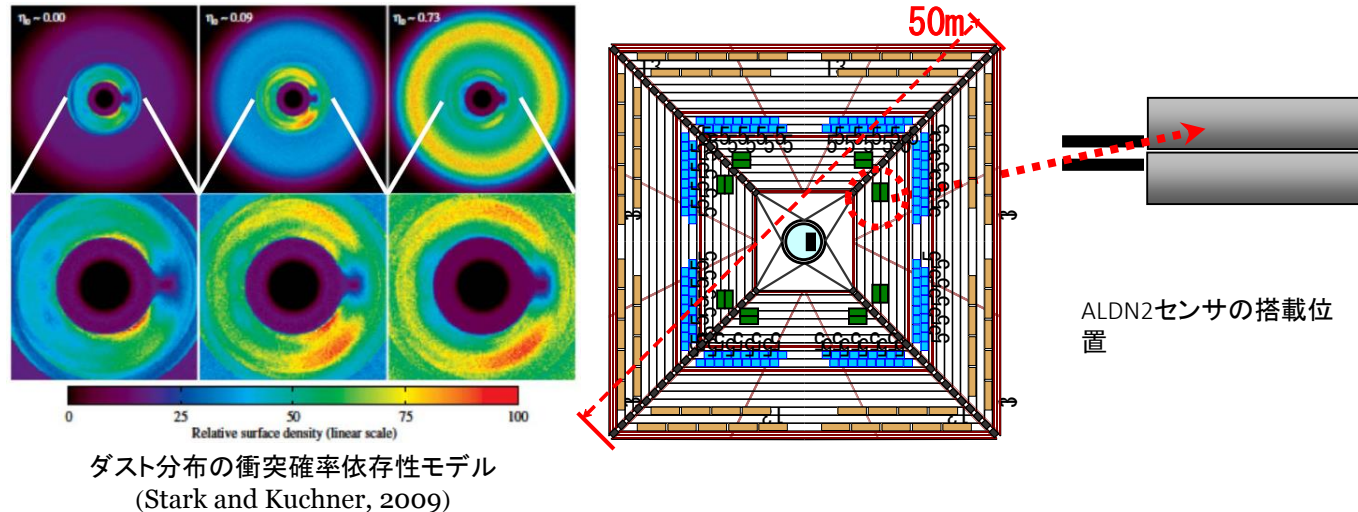
### ◆ガンマ線バースト観測装置(GAP2)

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。



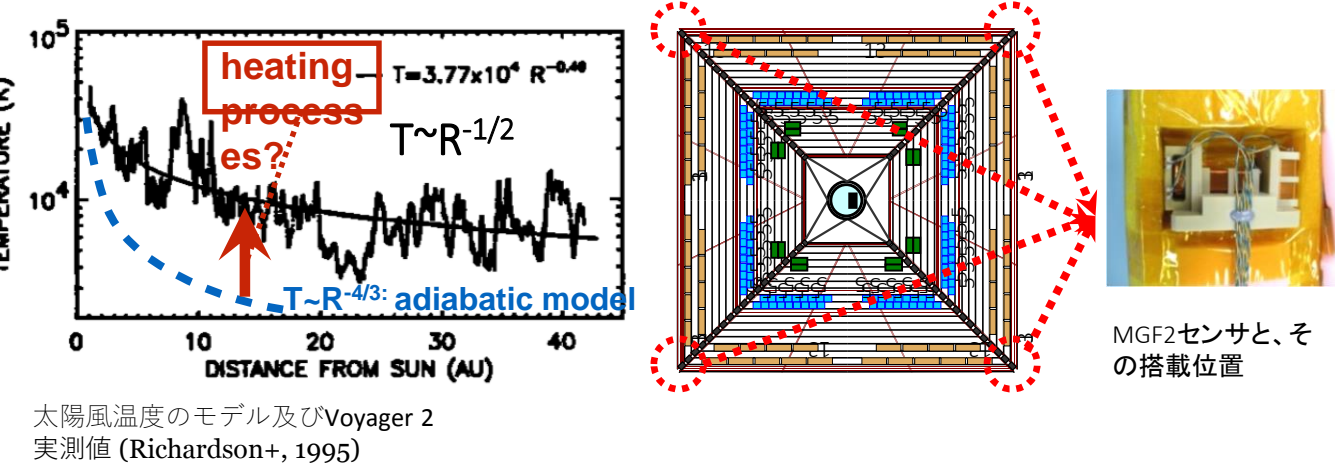
### ◆ダスト観測装置(ALDIN2)

ダスト観測装置 (ALDIN2: 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。



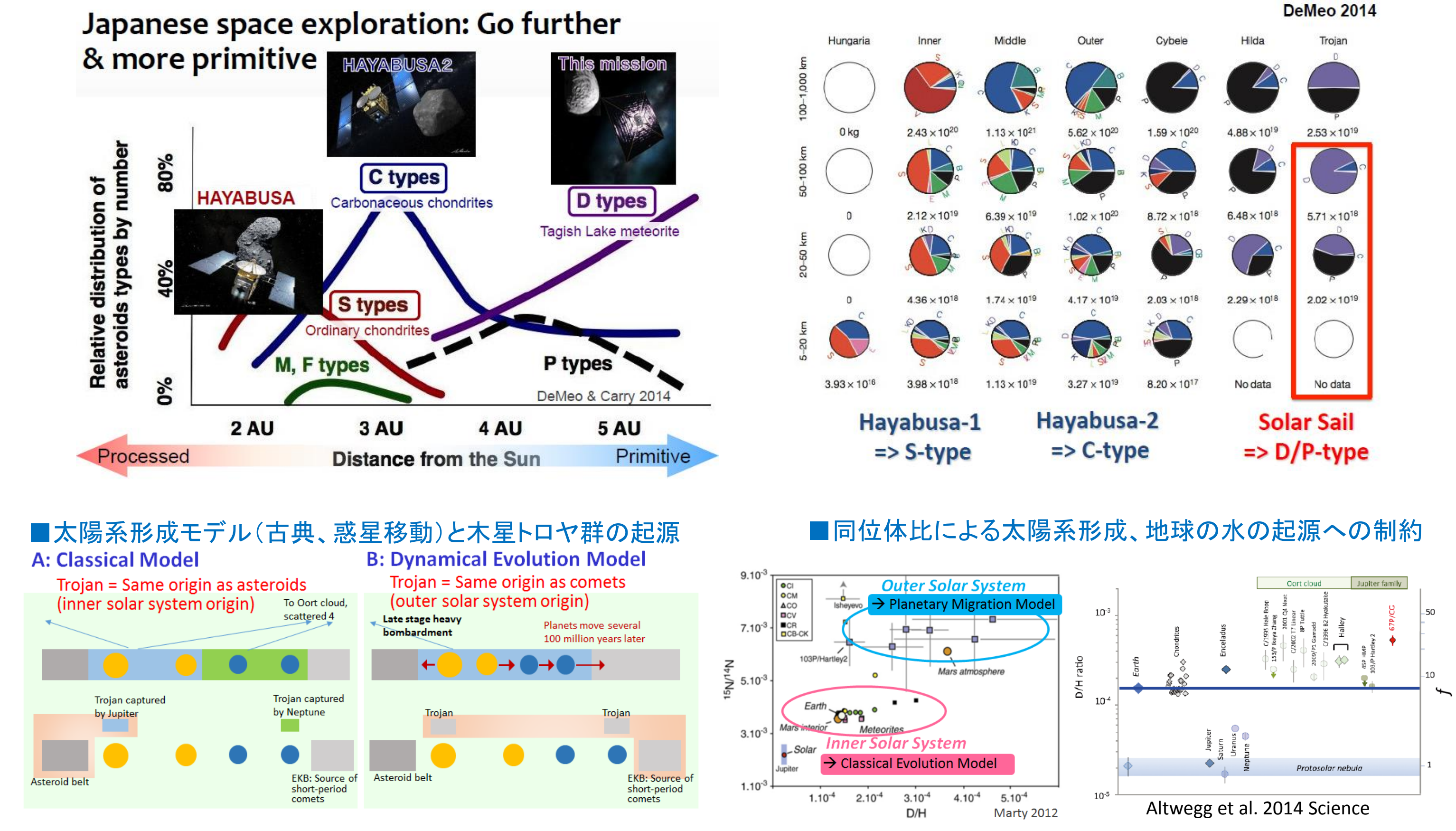
### ◆磁力計(MGF2)

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。



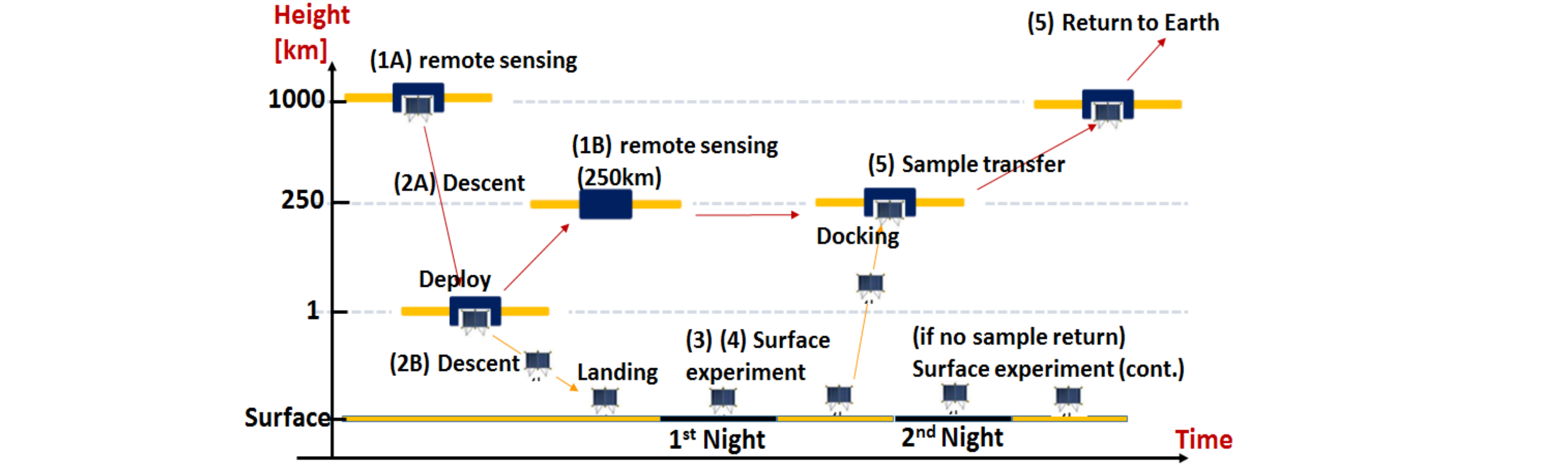
## ■木星トロヤ群小惑星と探査意義

- 太陽-木星系のラグランジュ点 (L4, L5) 付近に分布する長期安定軌道にある小惑星群。
- D型/P型(地球の水や有機物の起源となり得る揮発性成分に富む?)が大部分を占める重要探査対象
- 世界中の将来ミッション候補: 複数フライバイ (LUCY、米Discovery)、複数フライバイ+ランデブー (TTR、米New Frontier)、ランデブー+着陸 (SPS、日) などのミッション検討中。SPSが適正規模



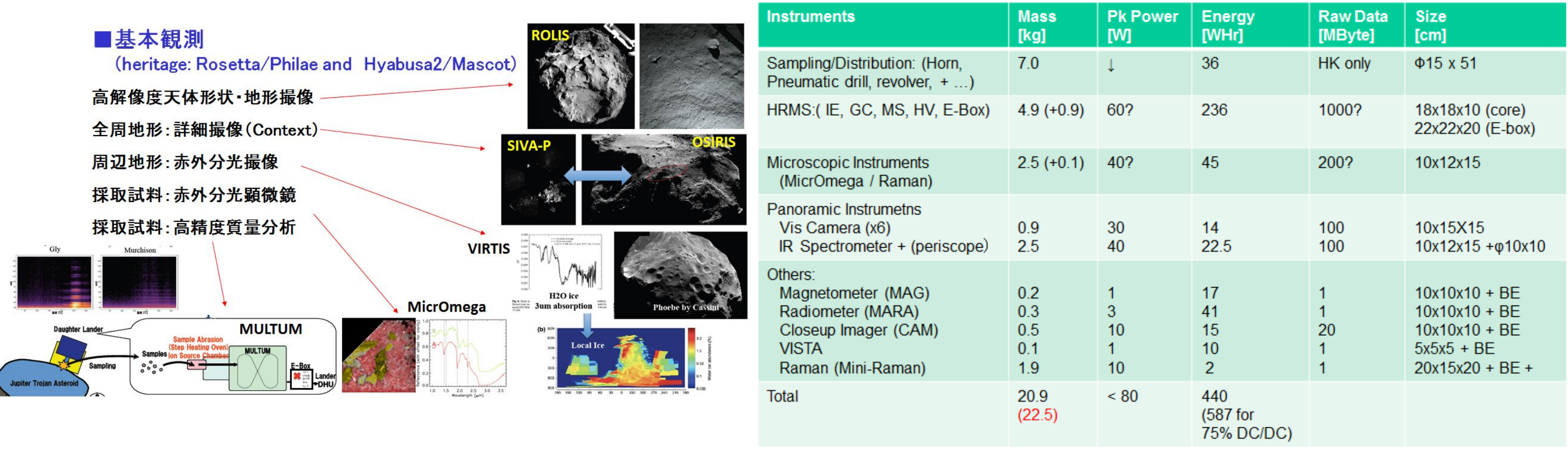
## ■木星トロヤ群小惑星探査のミッション・シーケンス

- グローバル観測: 望遠撮像、赤外分光撮像観測 @Home Position (H=A:1000km, B:250km)
- 降下時のクローズアップ撮像 (A: ~1km (母船), B: ~1m (着陸機))
- 着陸後、着陸地点の周辺観察、着陸機直下(試料採取点)の観察等の産状把握 (Context)
- 表面・地下試料採取 & 詳細観察・分析 (分光顕微鏡、高精度質量分析)
- サンプルリターン (option)



## ■木星トロヤ群の基本観測項目

- 天体の基本情報(形状、表面地形、熱物性(表層物理状態)、反射スペクトル(表層水質変成))
- 採取試料(表面、地下)の詳細情報(鉱物・水質変成、温度、粒径、硬度)
- 採取試料中の揮発成分の同位体比、ガス種



## ■高精度質量分析(HRMS)

- 要求精度: 採取試料(表層、地下)について、 $M/\Delta M > 3 \times 10^4$ 
  - 同位体分析:  $H/D$ 、 $^{14}N/^{15}N$ 、 $^{16}O/^{18}O$ 、 $^{12}C/^{13}C$ 等(精度 $\pm 10\%$ ) ( $M=2 \sim 30$ )
  - 揮発性物質の分析:  $H_2O$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $CH_4$ 、有機物等 ( $M=10 \sim 3000$ )
  - 試料: 1 mg/サンプリング1回以上

- 採取試料(表面、地下)の詳細情報(鉱物・水質変成、温度、粒径、硬度)
- 採取試料中の揮発成分の同位体比、ガス種

