

松浦周二、矢野創、森治 (JAXA/ISAS)、米徳大輔 (金沢大)、中村良介 (AIST)、ほか理学観測機器検討グループ、ソーラーセイルWG

概要 : 次世代の深宇宙探査機として期待されるソーラー電力セイルは、木星軌道への到達を目指した研究開発が進められている。我々は、ソーラー電力セイルの深宇宙環境を活用した科学観測により、天文学や太陽系探査に飛躍的な進展をもたらすことを目指している。本発表では、ソーラー電力セイルへの搭載を予定している科学観測機器の科学目的と装置の概要、および、基礎開発の現状について報告する。

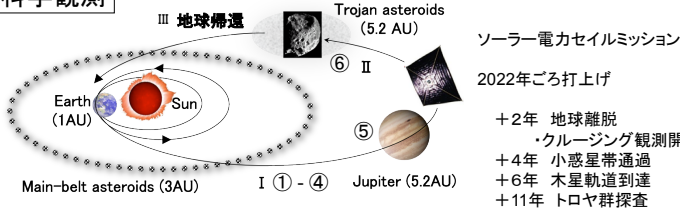
ソーラー電力セイルによる科学観測

I. クルージングフェーズ

- ① 宇宙赤外線背景放射の観測
- ② 黄道光の立体的観測
- ③ 太陽系ダストのその場計測
- ④ ガンマ線バーストの観測

II. 木星近傍

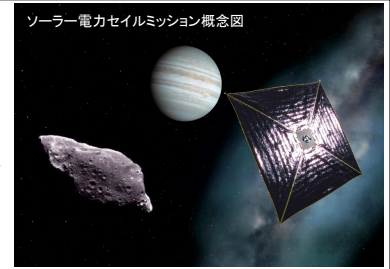
- ⑤ 木星スイングバイ
- ⑥ トロヤ群小惑星の探査・サンプル



ソーラー電力セイルミッション

2022年ごろ打上げ

- +2年 地球離脱
- +4年 小惑星帯通過
- +6年 木星軌道到達
- +11年 トロヤ群探査



宇宙赤外線背景放射と黄道光の観測

科学目的①:

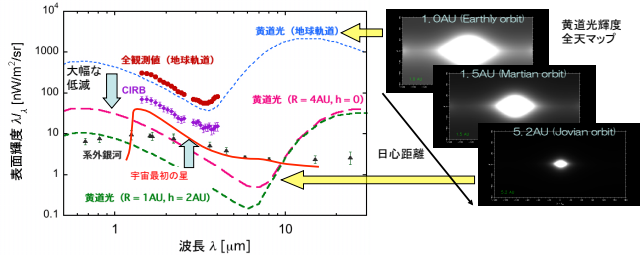
宇宙で最初に生まれた星を赤外線の宇宙背景放射として観測

科学目的②:

黄道光の立体観測による太陽系ダスト分布の全貌を解明

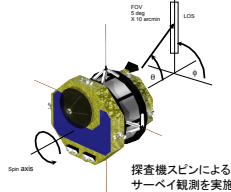
観測方法:

- ・クルージング中の分光マッピング観測
- ・黄道光の輝度とスペクトルの日心距離依存性データ
- ・小惑星帯以遠では測定精度が黄道光(前景放射)に制限されない**究極の宇宙背景放射観測**



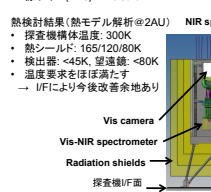
装置 (EXZIT: Exo-Zodiacal Infrared Telescope) 概要

望遠鏡口径: > 10 cmφ 反射望遠鏡
視野角: -5° (空間方向) × 10° (波長分散方向)
観測波長: 0.6-10 μm, 波長分解能: Δλ/λ > 20
温度: 望遠鏡 < 70K, 検出器 < 40K (放射冷却)
データ量: ~500Kb/day, オフボード処理・圧縮
総重量: < 30kg



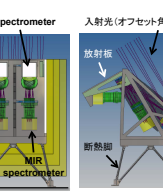
開発の現状:

CIBERロケット実験による基礎技術検証
光学系、熱構造の概念設計
光学系
・10cm オフセットグレゴリアン望遠鏡
・視野角: 4.8deg × 4.4deg
・像サイズ (RMS): < 0.5 arcmin
熱設計結果 (熱モデル解析 @ 2AU)
・探査機構造温度: 300K
・熱シールド: 165/120/80K
・検出器: < 45K, 望遠鏡: < 80K
・温度要求をほぼ満たす
→ I/Fにより今後改善余地あり



装置 (EXZIT: Exo-Zodiacal Infrared Telescope) 概要

望遠鏡口径: > 10 cmφ 反射望遠鏡
視野角: -5° (空間方向) × 10° (波長分散方向)
観測波長: 0.6-10 μm, 波長分解能: Δλ/λ > 20
温度: 望遠鏡 < 70K, 検出器 < 40K (放射冷却)
データ量: ~500Kb/day, オフボード処理・圧縮
総重量: < 30kg



太陽系ダストのその場計測

科学目的:

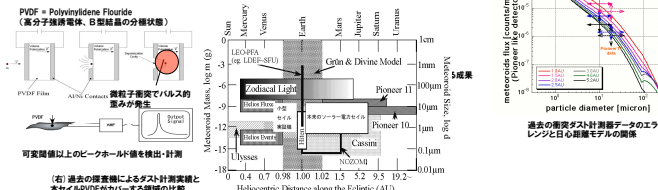
大型ダストのフラックス精度、時間・空間分解能を向上させ、内惑星領域における、ダスト分布の日心距離依存性を評価する。このダスト計測に、①日心距離に応じた黄道光の散乱分光計測②クルージング時捕集によるサンプリング(エアロゲルによる)を加えた「三位一体」とすることで、科学目標の高度化を図る。

観測方法:

セイル膜面総面積の1%程度にPVDF(圧電素子フィルム)を設置して曝露面積4m²のオーダーの多チャンネルダスト検出器を構成し、クルージング期間中に、太陽系ダストフラックスの日心距離依存性を計測する。搭載メリットとして、1) 過去最大の曝露面積を持つダスト検出器を軽量で実現でき、2) 黄道光観測と衝突検出で共通した大型ダストのデータが取得可能であることが挙げられる。

観測機器概要:

寸法: 250x1000mm×16枚, 計4m²
厚み: 20μm厚
チャンネル: 16ch
重量: センサ部-80g, エレキ部-420g(ハネ系は共有部分)
電力: 2W(5V電圧)
検出粒子サイズ: > 1μm
搭載位置: セイル膜上反太陽面に点対称配置
宇宙実験: SSSAT(2006), かがやき(2008), IKAROS(2010)



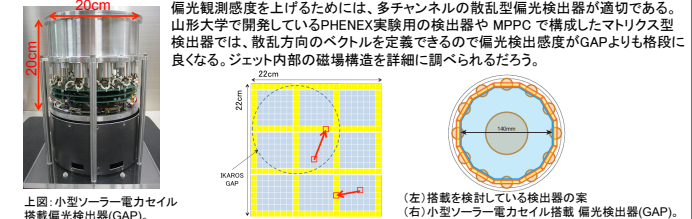
(右) 過去の曝露機によるダスト計測実績と本セイルPVDFカバーする領域の比較

ガンマ線バーストの観測

科学目的と方法: ガンマ線バーストは宇宙最大の爆発現象だが、その放射メカニズムは良く分かっていない。その直接的検証にはガンマ線の「偏光」観測が重要と考えられている。

ガンマ線バースト偏光観測装置の開発

米徳大輔、村上敏夫 (金沢大)、都司修一 (山形大)、三原建弘 (理研)



上図: 小型ソーラー電力セイル搭載偏光検出器(GP)。(左) 搭載を検討している検出器の案 (右) 小型ソーラー電力セイル搭載 偏光検出器(GP)。

4x4のBBMを製作し評価中(左図)。

中心 2x2: プラスチックシンチレータ 900 pixels (低ノイズ、高量子効率が必要)

外周 12ch: CsI シンチレータ 14400 pixels (ダイナミックレンジが必要)

1本のプラスチックシンチレータを4つのMPPC素子で読み出す事でノイズレベルの軽減に成功した。MPPCの熱雑音は完全にランダムであるが、シンチレータからの発光は4素子から同時に信号が出るため、4つからの同期信号がある場合のみを扱うことでノイズとの分離が可能となる。

左図において黒色は4素子の独立した信号を足し合わせただけのスペクトル、赤色は同期を取った場合のものである。低エネルギー側で卓越していたノイズ成分は明確に除去することができ、S/N比の大幅な改善に成功している。テストバルスを用いた実験でも、正解の信号はほぼ100%取得でき、熱雑音のみを効果的に除去することを確認している。

トロヤ群小惑星のリモート観測

科学目的①: トロヤ群の起源の二つの学説

の成否を確認することで、木星系の形成条件の理解に貢献する。木星系の形成条件の理解に貢献する。木星系の形成条件の理解に貢献する。

(A) 古典的モデル: トロヤ群は木星系形成時の微惑星の残滓 → **木星系の原材料の解明**

(B) ニースモデル: 「現在のトロヤ群は、ガス惑星大移動の過程で第一世代が拡散された後に捕獲された、EKBO天体」 → **逆行外縁衛星と同じ起源を持つ可能性**

観測方法: <多色カメラ(可視~近紫外)>・天体サイズ・表面多波長フルタ観測・クレーターサイズ分布・特徴地形形状・表面物質特性・自転時間、軸方向、歳差運動・衛星、ダストストリーム検出・分光イメージャー・水氷、有機物の有無・電波科学>

(A) スノーラインを超えた遠方なのに、なぜD型小惑星には「水吸収」の特徴が見えないのか?

(B) 1st 2g/ccと低いバルク密度はどんな内部構造(集積プロセス、原材料)によって実現されるのか?

リモート観測の方法(案)

IR1 (波長分解能R(λ/Δλ)=100, 空間分解能: <10'')

・1.4, 1.9, 2.2 & 2.4 μm 含水鉱物

・3 μm水、3.4 μm有機物

・暴発活動 CO 4.2 μm, CO₂ 4.3 μm

IR2 (波長分解能R=20, 空間分解能: 1')

・可視カメラ, IR1の全域を低波長分解でカバー

・4.5-9 μm熱放射, 9-10 μmシリリウム放射

クルージング中のフライバイ観測

・小惑星帯におけるD/P-typeの観測

→ トロヤ群小惑星(D,P)との関係

・太陽系内物質分布やトロヤ群起源の有用な情報

・今後、観測機会を検討

ソーラー電力セイルの技術やミッション成立性についてはP2-145 ~ P2-155をご覧ください。