

ソーラー電力セイル物理学観測機器開発の現状

松浦周二、矢野創、高島健 (JAXA/ISAS)、米徳大輔 (金沢大)、ほか理学観測機器グループ、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。

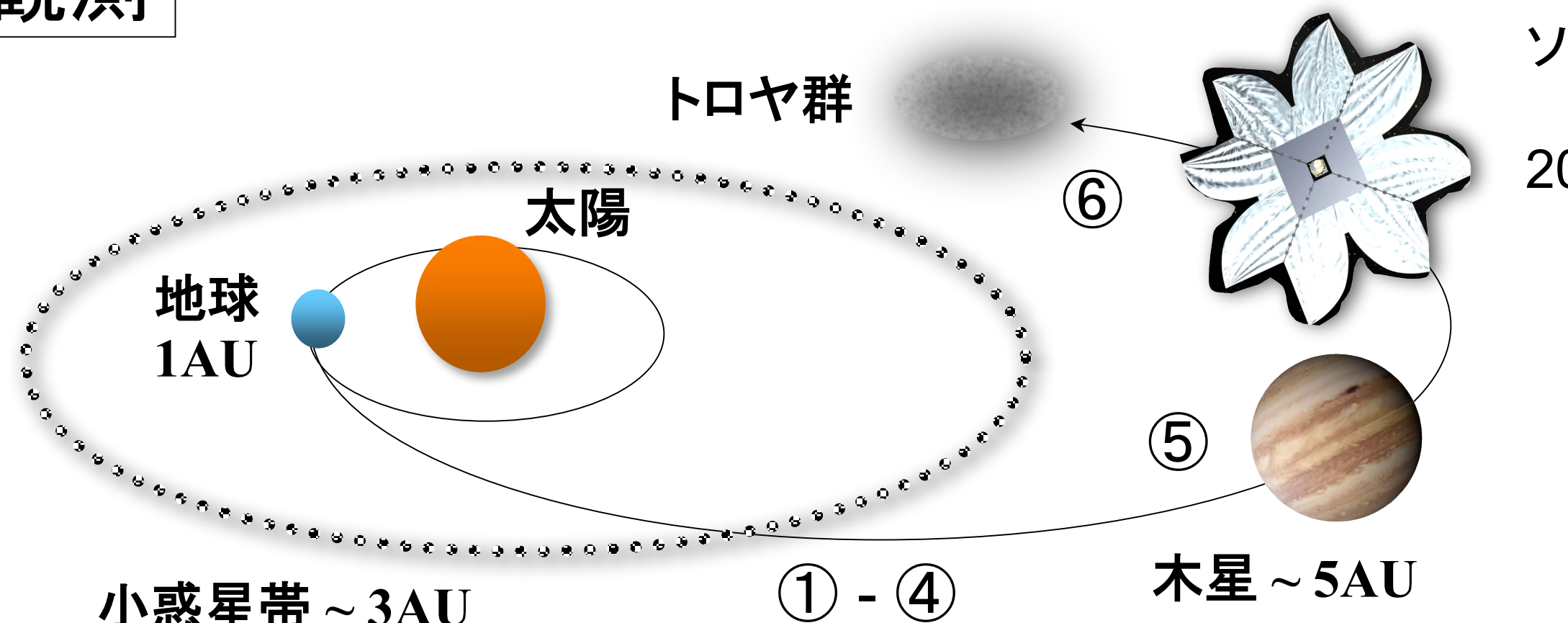
ソーラーセイルによる科学観測

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

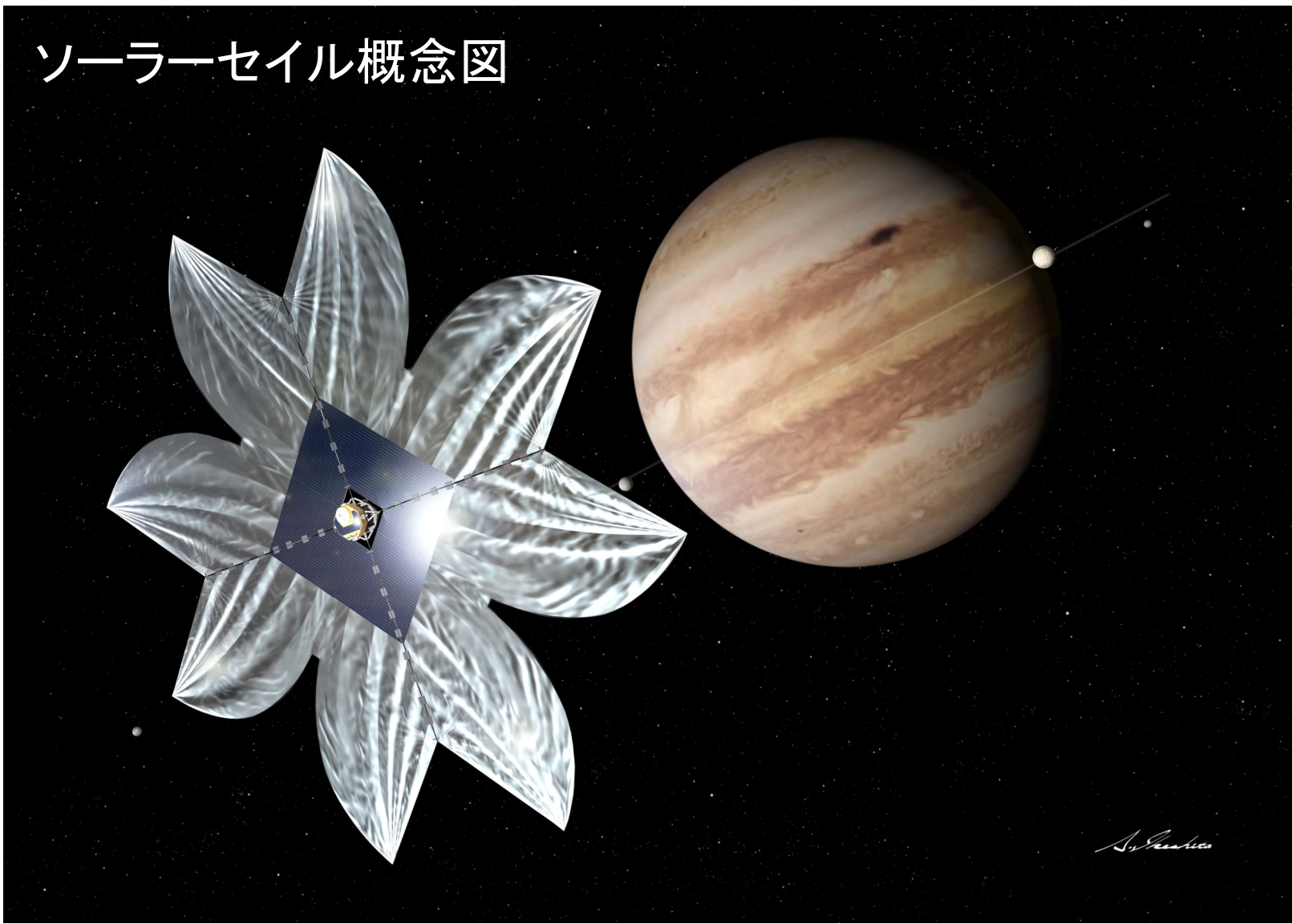
II. 木星近傍

- ⑤ 木星オーロラの光学観測
- ⑥ トロヤ群小惑星の探査



ソーラーセイルミッション

- 2010年代後半
(2020年ごろ) 打上げ
- +2年 地球離脱
・クルージング観測開始
- +4年 小惑星帯通過
- +6年 木星到達
- +11年 トロヤ群探査



宇宙赤外線背景放射の観測

科学目的①:

宇宙で最初に生まれた星を赤外宇宙背景放射として観測

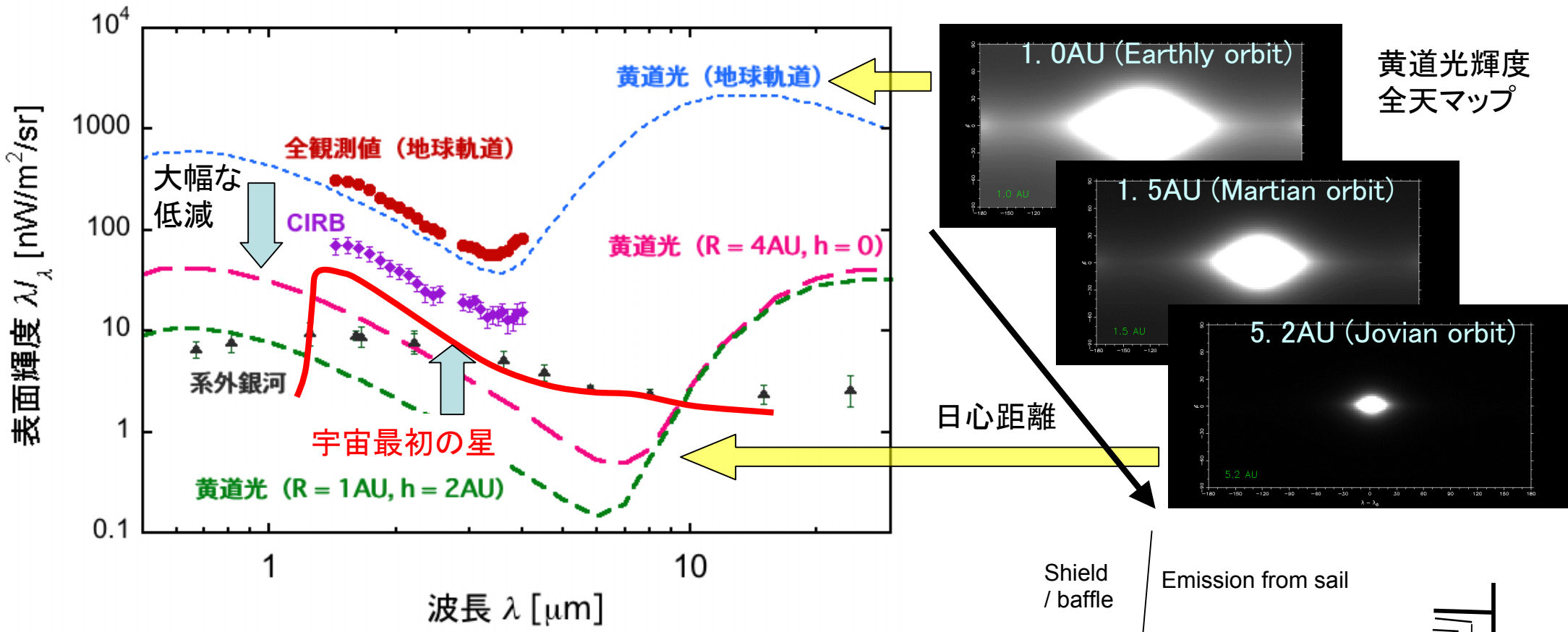
科学目的②:

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、小惑星帯以遠では黄道光(前景放射)に制限されない

測定精度を達成できる**究極の宇宙背景放射観測**



観測装置概要: <最小案/拡大案>

- 望遠鏡口径: 5 / 20cmΦ (F=4)
- 視野角: 3-5°, 空間分解能: 1分角
- 観測波長: 0.5-2 / 0.5-15μm (extra ~45μm)
- 波長分解能: λ/Δλ=R=20 / >50
- 温度: <100 / 20K (放射冷却)
- データ量: >100kbps発生、要オンボード圧縮
- 重量: 7 / 30kg

太陽系ダストのその場計測

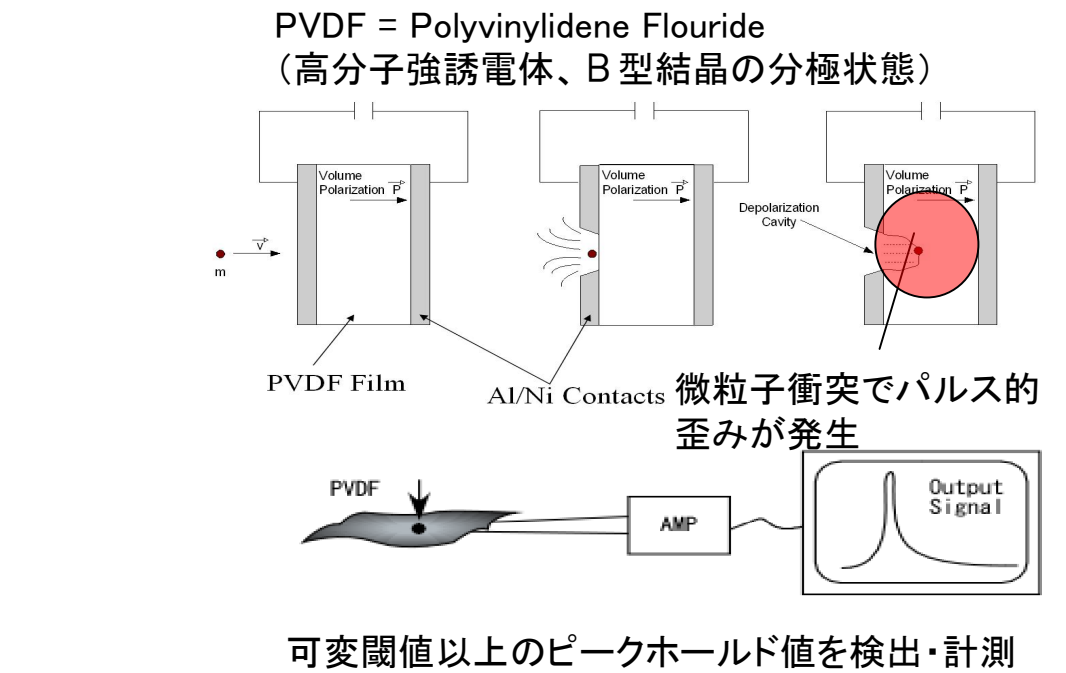
科学目的: 大型ダストのフラックス精度、時間・空間分解能を向上させ、内惑星領域における、ダスト分布の日心距離依存性を評価する

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1m²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: 100x200mm, 250x1000mm二種、計1.2~2.4m²
- 厚み: 9 μm, 20 μm厚二種
- チャンネル: 8ch
- 重量: センサ部~40g、エレキ部~210g(ハーネスは共有部分)
- 電力: 1W(5V単電源)
- 検出粒子サイズ: >1 μm
- 搭載位置: セイル膜上反対陽面に点対称配置
- 宇宙実験: SSSAT(2006)、かがやき(2008)、IKAROS(2010)



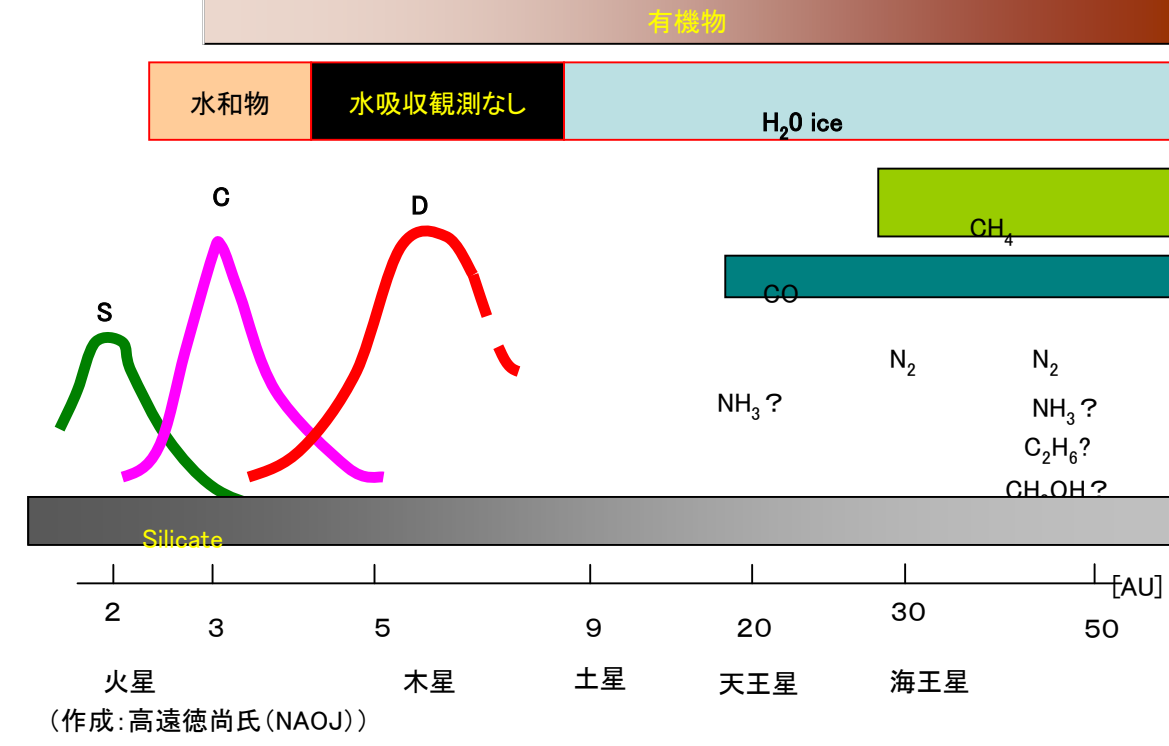
トロヤ群小惑星の探査

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。

- (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**

科学目的②: トロヤ群小惑星の構成物質と内部構造を解明する。

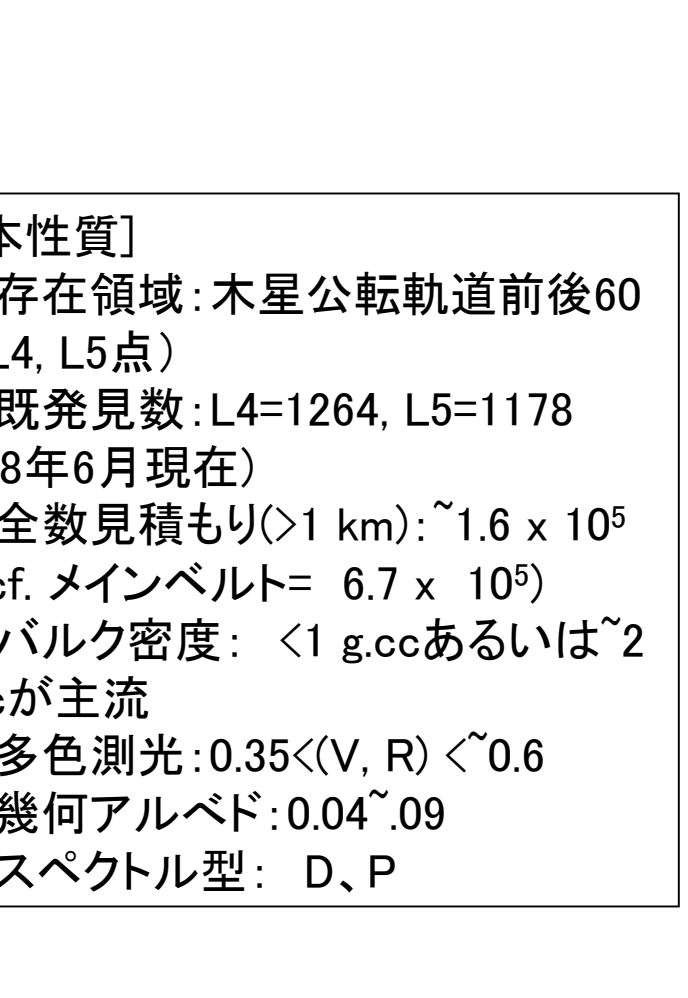
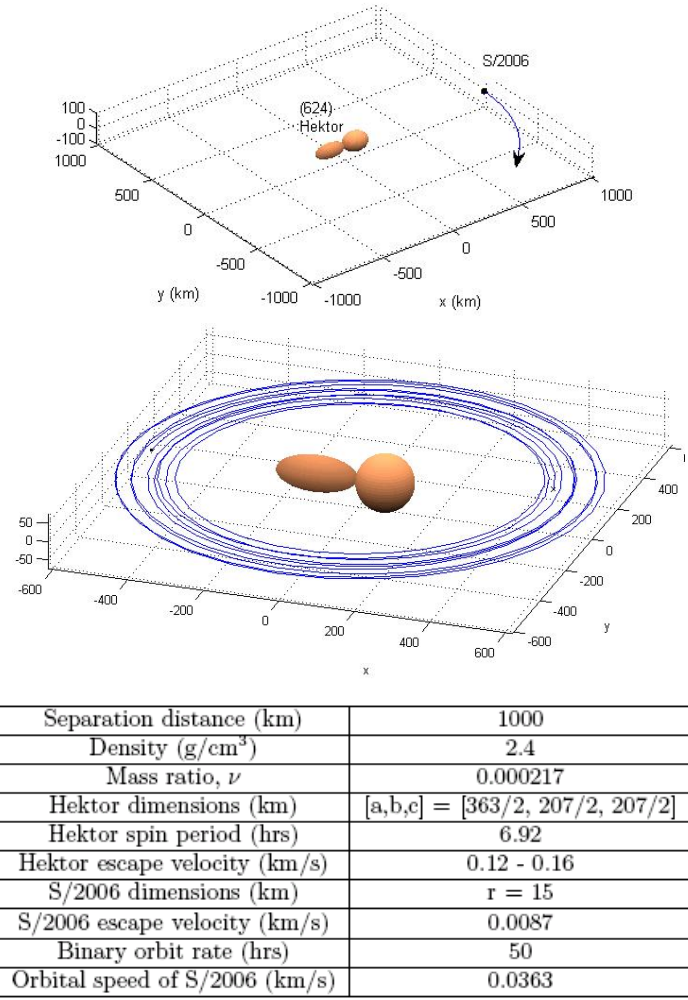
- (A) スノーラインを超えた遠方なのに、なぜD型小惑星には「水吸収」の特徴が見えないのか?
- (B) 1~2g/ccと低いバルク密度はどんな内部構造(集積プロセス、原材料)によって実現されるか?



観測方法(検討例):

- <多色測光カメラ(可視~近紫外)>
- ・天体サイズ
- ・表面多波長フィルタ観測
- ・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
- <分光メーチャ>
- ・水氷、有機物の有無
- <電波科学>
- ・軌道測距、質量推定、バルク密度(連星系を重視)

探査対象例: L4点バイナリトロヤ群 (Hektor & S/2006)



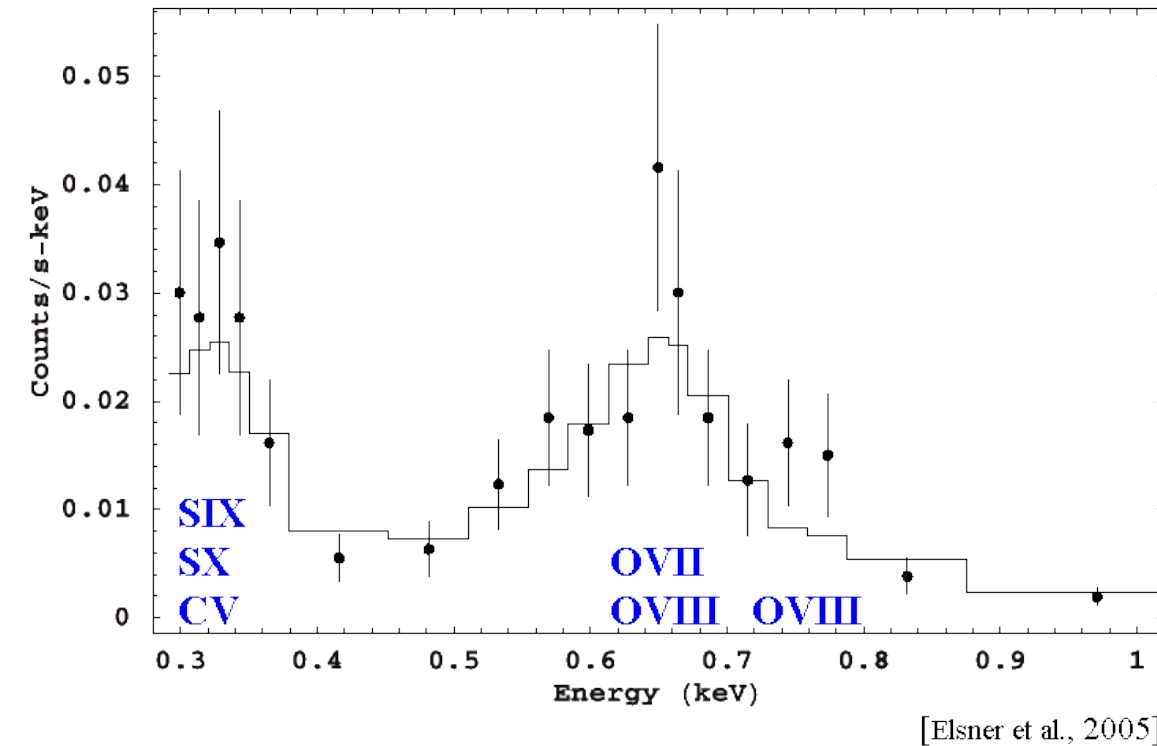
木星オーロラの光学観測

科学目的: 木星極域夜側オーロラの光学観測により、電磁圏の物理現象のエネルギー源たる降下電子・二次電子・イオン・ポテンシャル構造を調べる。地球との比較によってその仕組みに迫る。太陽系最大の共回転磁気圏と太陽風の独立性・関連性が研究対象となる。

観測方法: 紫外線・X線オーロラの空間的・時間的関連の解明

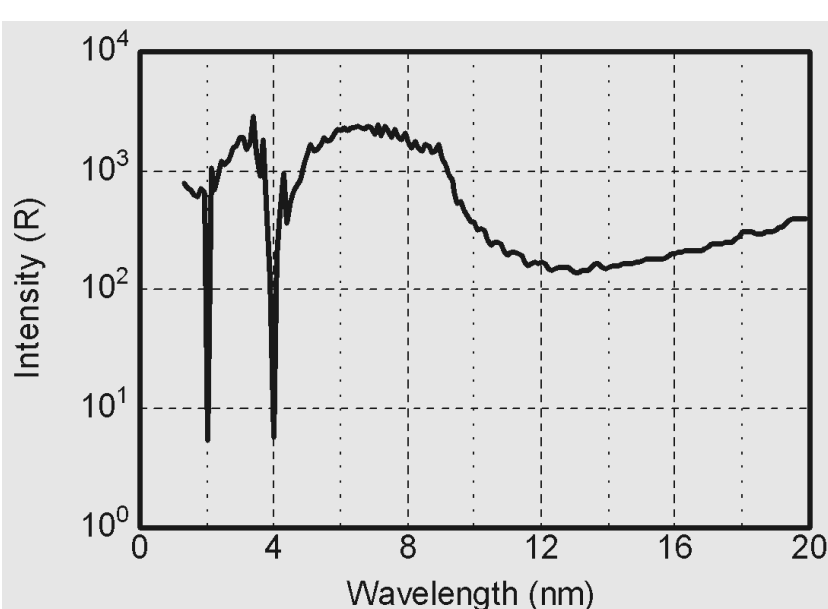
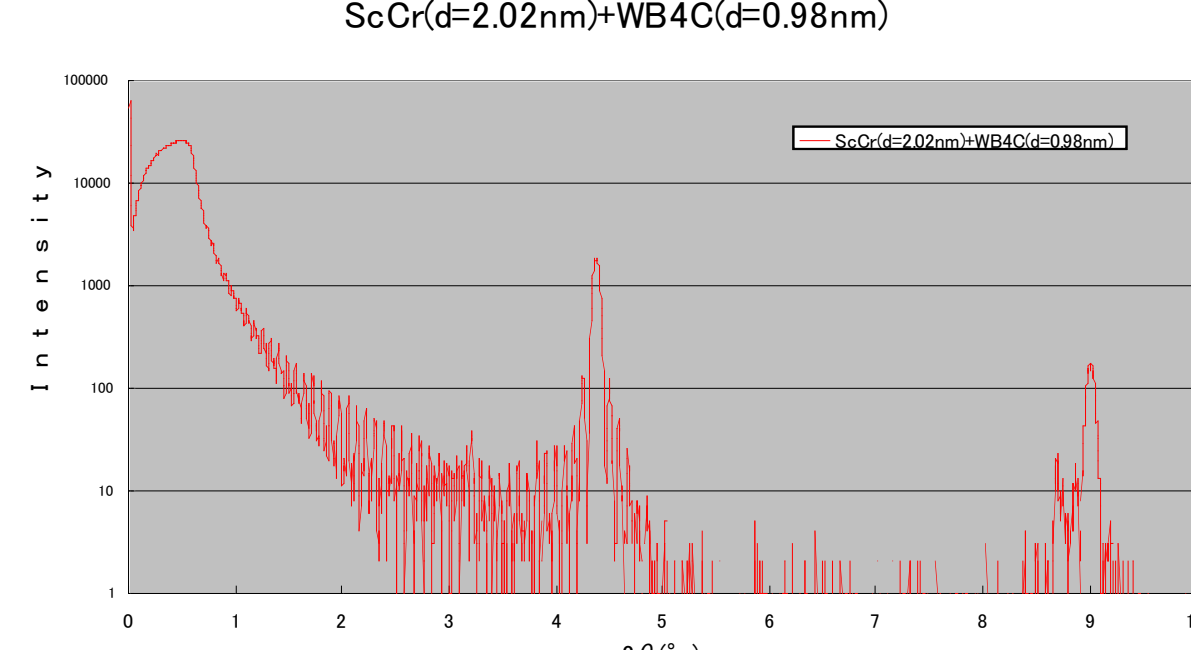
X線オーロラの起源と励起機構、振込粒子との発光強度・位置の関連、電波準周期(QP)バーストとの関連

- ・紫外線とX線のオーロラの同時観測により、高エネルギーイオンの起源(太陽風または磁気圏)を決定。
- ・極発光帯のNorth Polar Spotsの尾部の磁気再結合との関係を明らかにするため、高緯度磁力線上での粒子と紫外線オーロラとの関係を、地球軌道からは困難な両極同時観測で調べる。

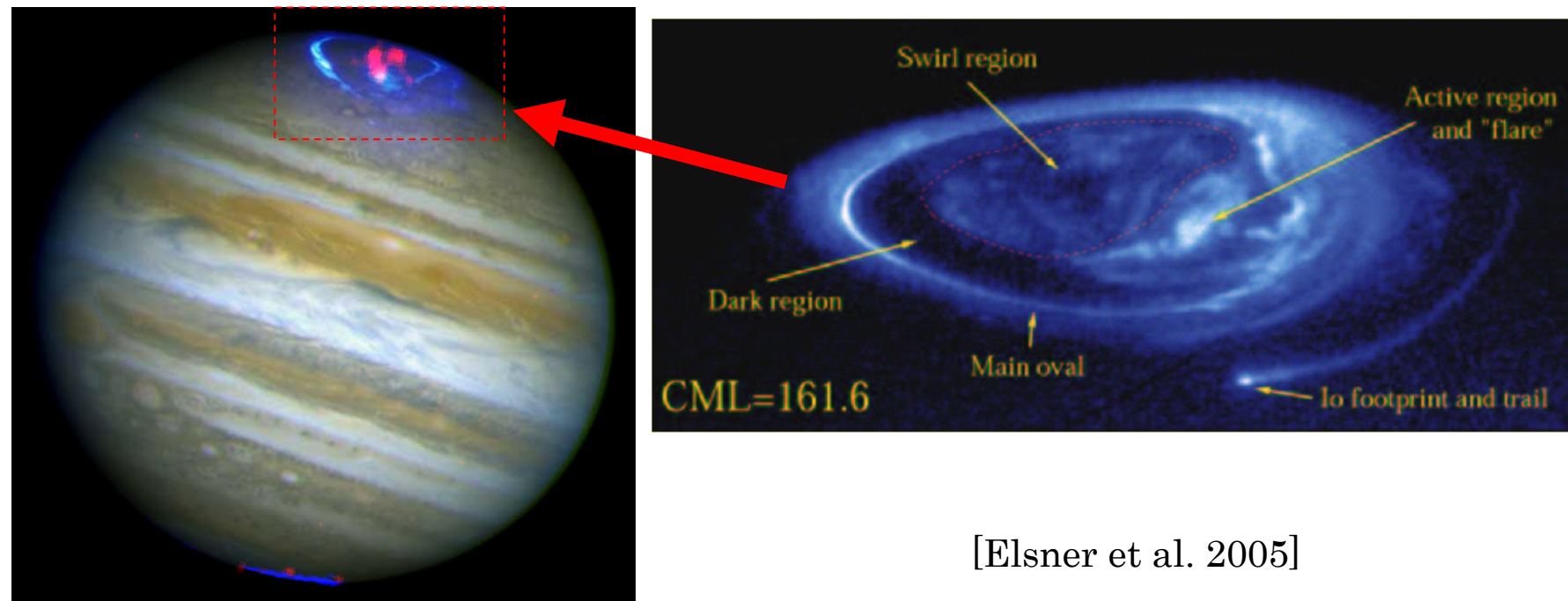


Chandra衛星によるO⁶⁺, O⁷⁺, S⁸⁺, S⁹⁺ イオンの特性X線観測

観測装置概要

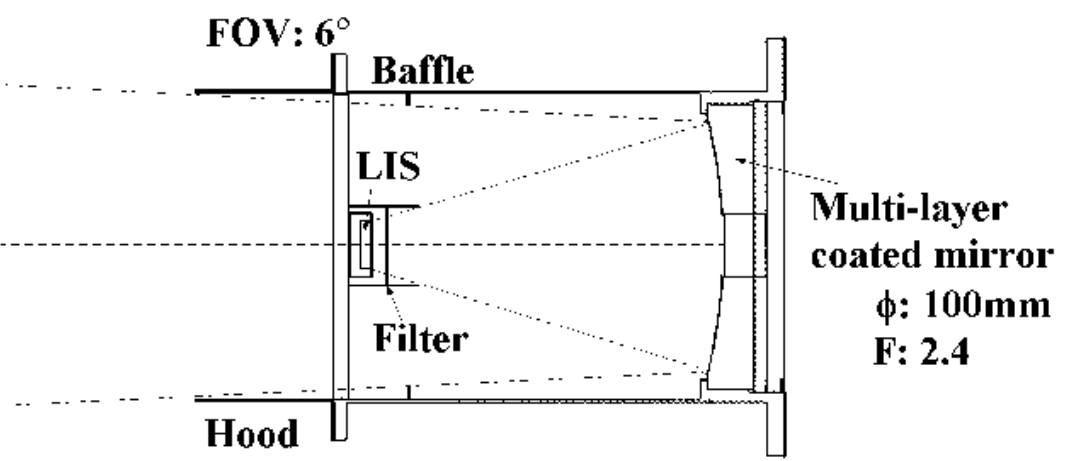


想定観測可能最低光量
露出時間=10sec で S/N=3 を達成する必要な光量の波長依存性示した。O⁶⁺, O⁷⁺, S⁸⁺, S⁹⁺ イオンの特性X線(2nm, 4nm)で5Rの光量を観測可能である。



[Elsner et al. 2005]

極域発光帯のNorth Polar Spots



- 重量 ~1.5kg [デジタル回路系列]
- 光学系 X線・紫外線共用2段多層膜反射鏡(開発中: 想定反射率は左上図)
- 有効径 D100mm (F2.4)
- 視野角 6 deg
- 分解能 0.1 deg以下 [120~37000km (from 1~300R_J)]
- 検出器 25mm□
APD, Silicon PD, CCD (検討中)
可視光カットバンドパスフィルターを装備(スピンの二次元イメージングも検討中)
- 姿勢精度 0.1deg程度 (TBD)
- データ オンボード処理によって2Dイメージとする
- データ量 20 kByte/image

関連する宇宙科学シンポでの講演

S3-16 木星圏探査用ソーラー電力セイル(中型セイル)の研究開発状況

○船瀬龍、矢野創、森治、津田雄一、ソーラーセイルWG

S3-17 国際共同木星圏総合探査ミッション

○高島健、藤本正樹、船瀬龍、Stefano Campagnola、佐々木晶、笠羽康正、国際共同木星探査検討WG

P1-073 IKAROS搭載ガンマ線バースト偏光検出器(GAP)の初期成果

○米徳大輔、村上敏夫、郡司修一、三原健弘、坂下智徳、森原良行、菊池将太、高橋拓也

P3-209 宇宙赤外線背景放射観測実験CIBER: 第2回打上げ報告

○津村耕司、松浦周二、和田武彦、松本敏雄、新井俊明、村田一心、James Bock、他CIBERチーム

P3-20A 宇宙赤外線背景放射観測ミッションの将来計画: CIBER-2およびEXZITミッション

○松浦周二、CIBER/CIBER-2チーム、EXZIT検討グループ