# ソーラー電力セイル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

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
- 宇宙赤外線背景放射の観測
- 黄道光の立体的観測
- 太陽系ダストのその場計測
- 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
- トロヤ群小惑星の探査

# トロヤ群 太陽 地球 1AU **(5)** 木星~5AU **1** - **4** 小惑星带~3AU

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 小惑星带通過
- +6年 木星到達
- +11年 トロヤ群探査



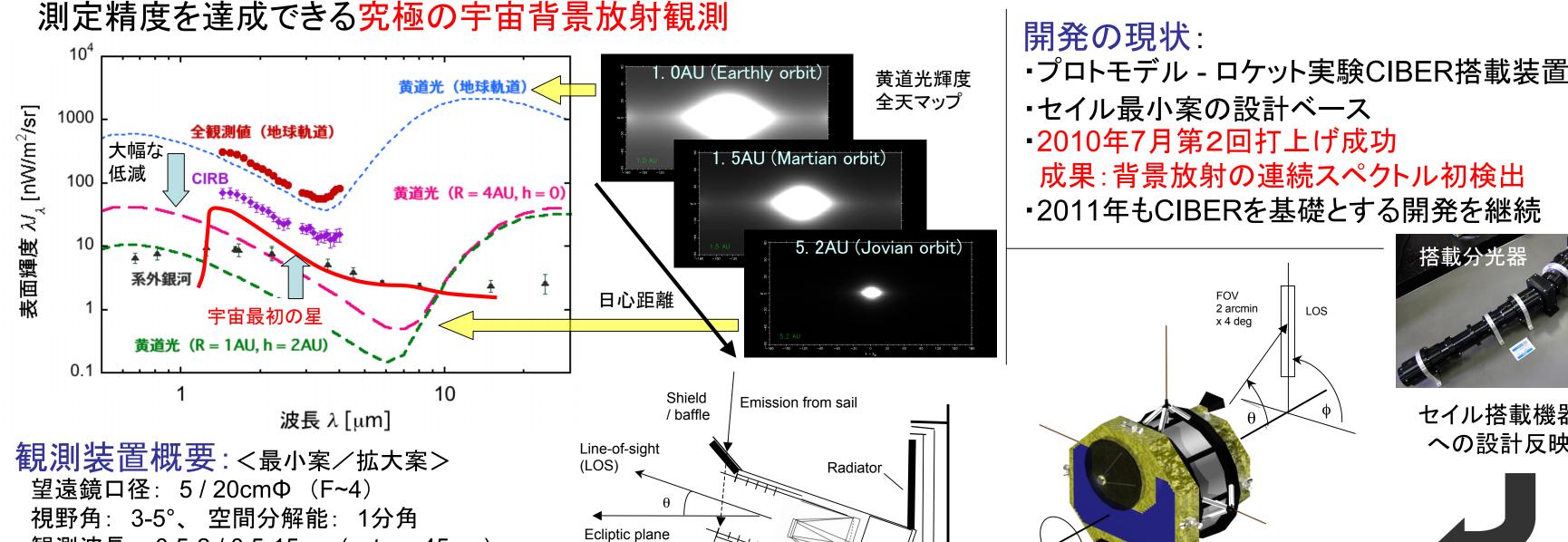
# 宇宙赤外線背景放射の観測

# 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:

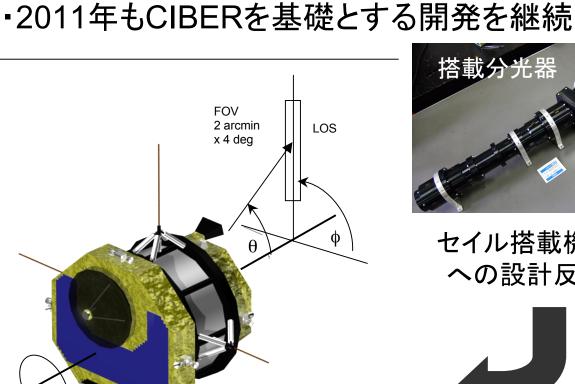
黄道光の立体観測による太陽系ダスト分布の全貌を解明 観測方法: クルージング中の分光マッピング観測

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



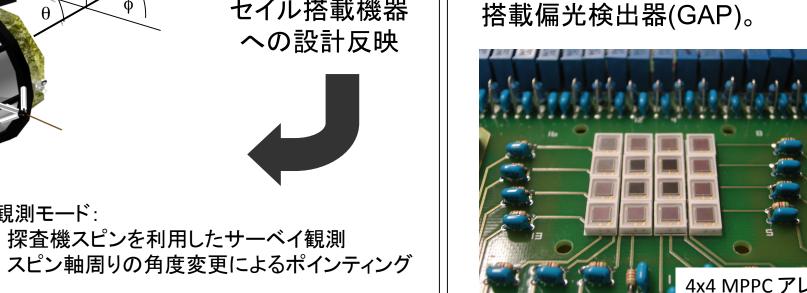
Anti-solar

成果:背景放射の連続スペクトル初検出



観測モード:





木星オーロラの光学観測

上図:小型ソーラー電力セイル

# ガンマ線バースト偏光観測装置の開発

ガンマ線バーストの観測

米徳大輔、村上敏夫(金沢大学)、郡司修一(山形大学)、三原建弘(理研)

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。



や MPPC で構成したマトリクス型検出器では、偏光検出感度がGAP の倍程度あるので有力な候補である。 PHENEX気球実験で使用している偏光計。



郡司(山形)、林田(阪大)、三原(理研)ほか MPPCと呼ばれる光検出器。



現在、4x4 のBBM を製作し評価中(左図)。

省電力化・耐震化を行う。

(写真:浜松ホトニクス)

マルチアノード型光電子増倍管の

代わりに使用することで、小型化・

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)

# 太陽系ダストのその場計測

観測波長: 0.5-2 / 0.5-15μm (extra ~45μm)

データ量: >100kbps発生、要オンボード圧縮

波長分解能: λ/Δλ=R~20 / >50

温度: <100 / 20K(放射冷却)

重量: 7/30kg

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:9μm,20μm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 μ m 搭載位置: セイル膜上反太陽面に点対称配置

解に貢献する。

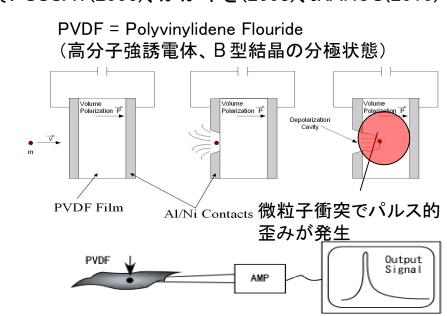
じ起源を持つ可能性

部構造を解明する。

か?

(作成:高遠徳尚氏(NAOJ

宇宙実績: SSSAT(2006)、かがやき(2008)、IKAROS(2010)



トロヤ群小惑星の探査

成否を確認することで、木星系の形成条件の理

(A)古典的モデル=「トロヤ群は木星系形成時

(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

科学目的②:トロヤ群小惑星の構成物質と内

(A) スノーラインを超えた遠方なのに、なぜD型

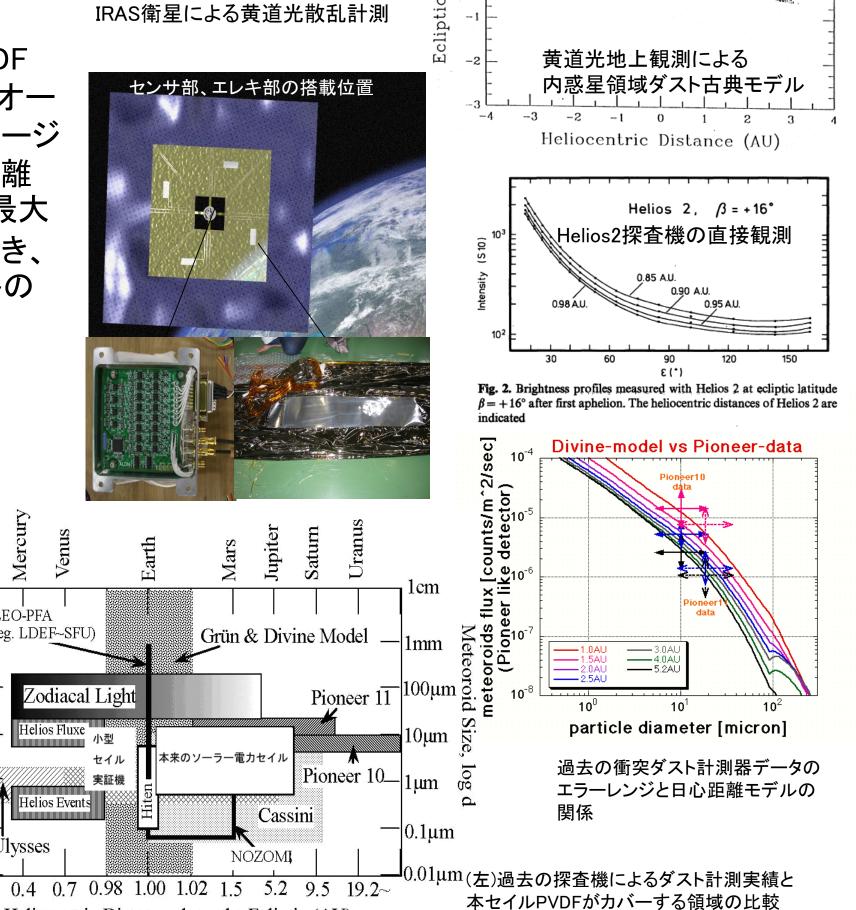
小惑星には「水吸収」の特徴が見えないのか?

(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

の微惑星の残滓」→木星系の原材料の解明

可変閾値以上のピークホールド値を検出・計測



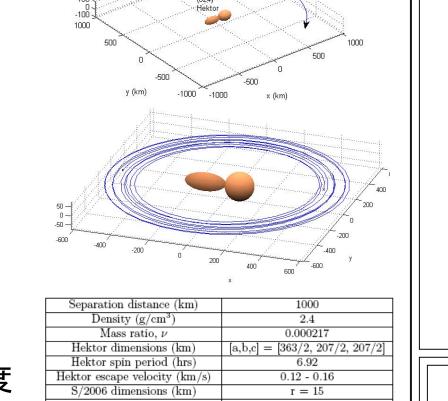
Heliocentric Distance along the Ecliptic (AU)

観測方法(検討例): <多色測光カメラ(可視~近紫外)> 科学目的①:トロヤ群の起源の二つの学説の ・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
- •特徵地形形状 •表面物質特性

(連星系を重視)

- ·自転時間、軸方向、歳差運動
- ・衛星、ダストストリーム検出 <分光メージャ> ・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



探査対象例: L4点バイナリートロヤ群

(Hektor & S/2006)

# 1998 /2 /22 Near Earth Objects

Asteroid Spectra & Heliocentric Distance

## [基本性質] \* 存在領域:木星公転軌道前後60 度(L4, L5点)

- \* 既発見数:L4=1264, L5=1178 (2008年6月現在) \* 全数見積もり(>1 km):~1.6 x 105
- (cf. メインベルト= 6.7 x 10<sup>5</sup>) \* バルク密度: <1 g.ccあるいは~2 g/ccが主流 \* 多色測光: 0.35<(V, R) <~0.6
- \* 幾何アルベド: 0.04~.09 \* スペクトル型: D、P

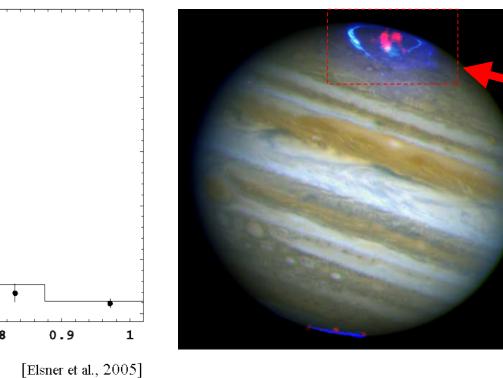
科学目的: 木星極域夜側オーロラの光学観測により、電磁圏の物理現象のエネルギー源たる 降下電子・二次電子・イオン・ポテンシャル構造を調べる。地球との比較によってその仕組みに 迫る。太陽系最大の共回転磁気圏と太陽風の独立性・関連性が研究対象となる。

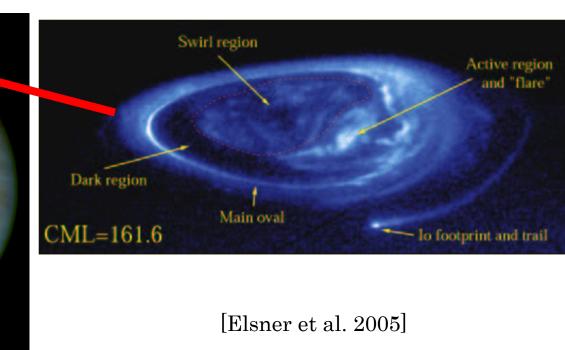
観測方法: 紫外線・X線オーロラの空間的・時間的関連の解明

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。

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
- m 0.03 0.01 + SIXоуш оуш o CV

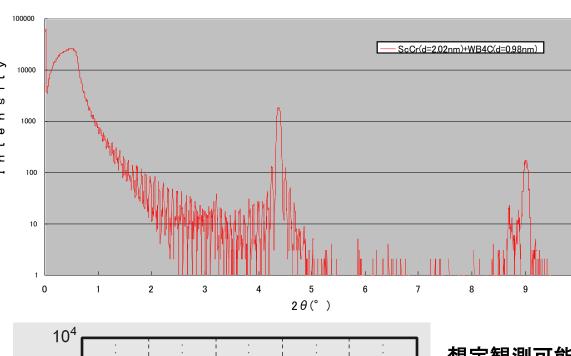




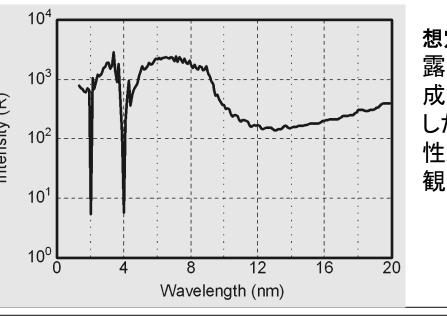
Chandra衛星によるO<sup>6+</sup>,O<sup>7+</sup>,S<sup>8+</sup>,S<sup>9+</sup> イオンの特性X線観測

極域発光帯のNorth Polar Spots

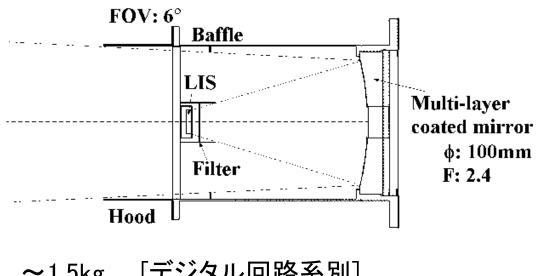
## 観測装置概要 ScCr(d=2.02nm)+WB4C(d=0.98nm)



二重多層膜鏡の試作 Sc/CrとW/B4C の二種類の多層 膜を重ね二波長での反射率を同 時に高める二重多層膜鏡を試作し た。左図はそのX線構造解析結果 である。2箇所で反射率ピークを持 つことがみてとれる。



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示 した。O<sup>6+</sup>, O<sup>7+</sup>, S<sup>8+</sup>, S<sup>9+</sup>イオンの特 性X線(2nm, 4nm) で5Rの光量を 観測可能である。



φ: 100mm

F: 2.4

~1.5kg [デジタル回路系別] 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,)]

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

(スピンによる二次元イメ―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

〇船瀬龍、矢野創、森治、津田雄一、ソーラーセイルWG

〇松浦周二、CIBER/CIBER-2チーム、EXZIT検討クループ

S3-17 国際共同木星圏総合探査ミッション

〇高島健、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

〇米徳大輔、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ロケット観測実験CIBER: 第2回打上げ報告

〇津村耕司、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