情報通信研究機構の太陽研究： 現状と将来計画

秋岡　眞樹 （情報通信研究機構）

- NICT第２期中期計画における宇宙天気研究
- 平磯における太陽観測
- 宇宙天気観測衛星
- その他

NICT第２期中期計画における宇宙天気研究

以下の４プロジェクトを進める

・電波伝搬障害

・宇宙天気予報センター

・宇宙天気シミュレーション

・宇宙天気衛星（衛星・内部太陽圏）

平磯は縮小・撤収へ

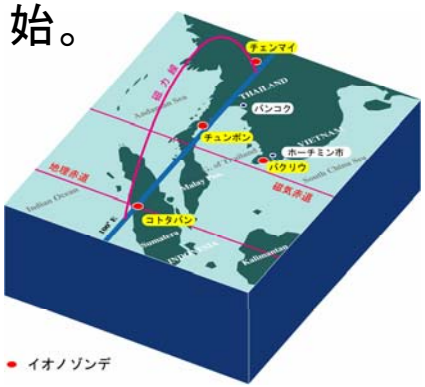
大幅な組織変更：大グループ制（１分野１グループ）

・NICT第２期中期計画における宇宙天気研究

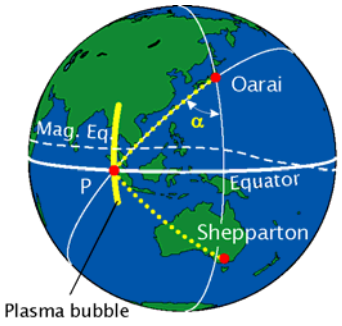
電波伝搬障害研究プロジェクト

第1期中期計画

東南アジアにイオノゾンデ設置、観測開始。

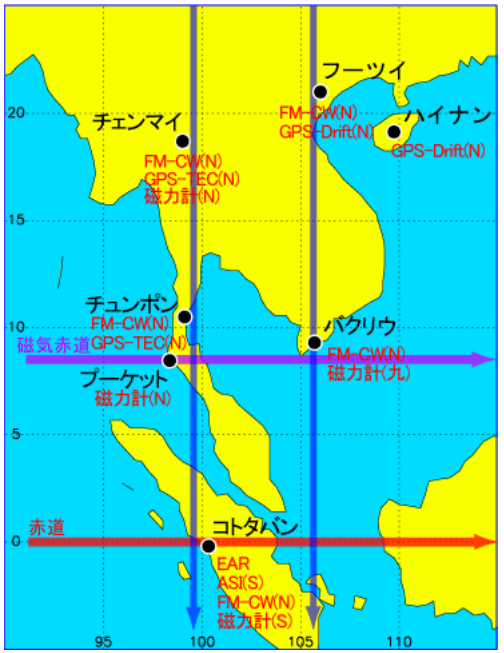


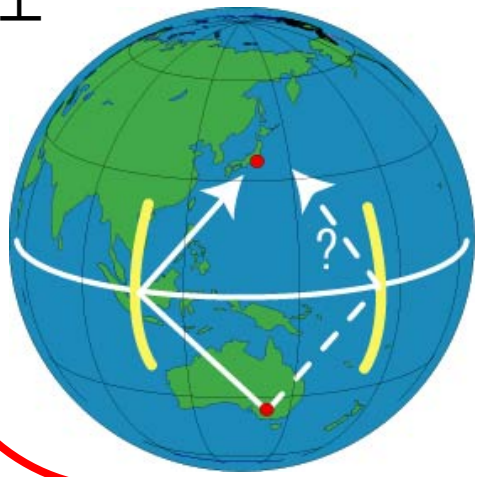
大洗に短波方向探査装置設置。プラズマバブルの観測に成功



第2期中期計画

- 観測網の拡充（フーツイ・ハイナン・プーケット等）
- JGN2等高速通信ネットワーク利用によるデータの準リアルタイム取得
- 同緯度・同経度の観測比較による擾乱の伝搬速度推定。予報精度向上



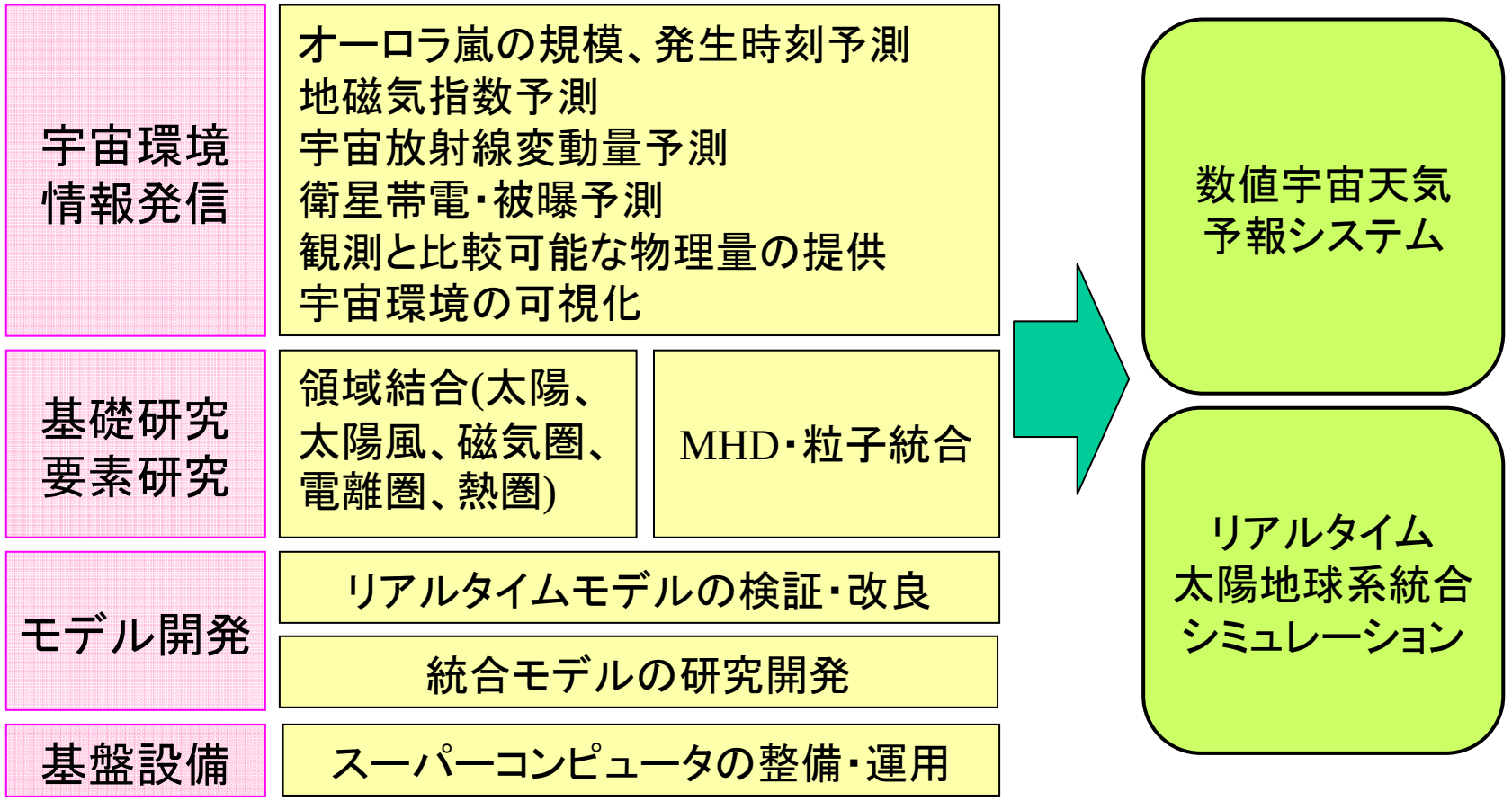


- プラズマバブルの内部構造の推定
- 伝搬速度の統計的解析

宇宙環境計測・予測プロジェクト

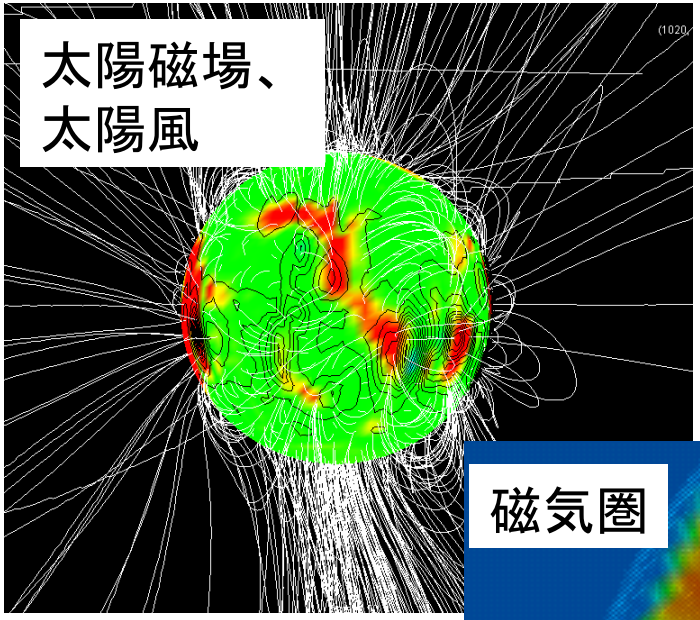
(2) 宇宙天気シミュレーション

研究内容と位置づけ

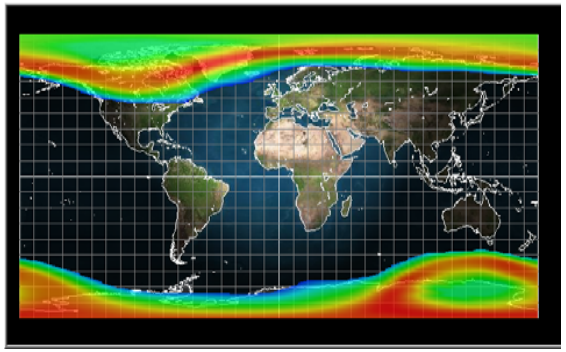


宇宙環境計測・予測プロジェクト

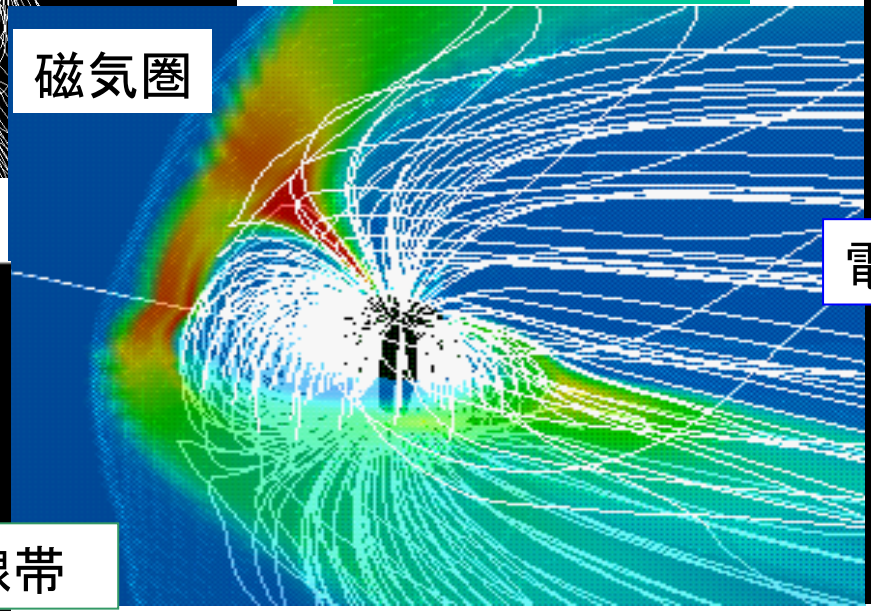
太陽地球系
統合シミュレーション

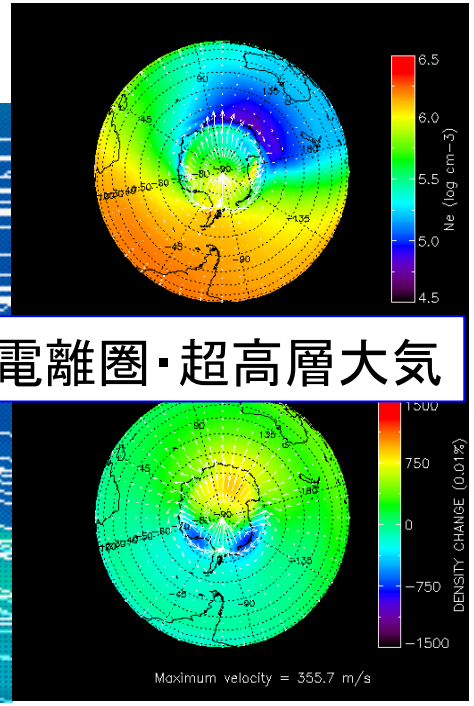


大規模計算

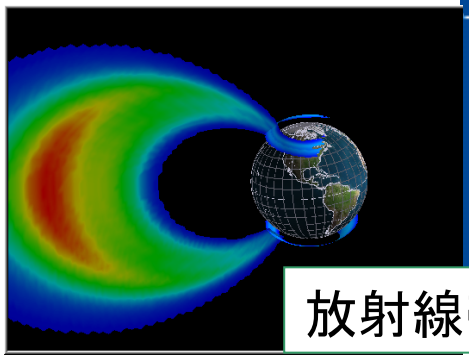


高エネルギー粒子、
重イオン





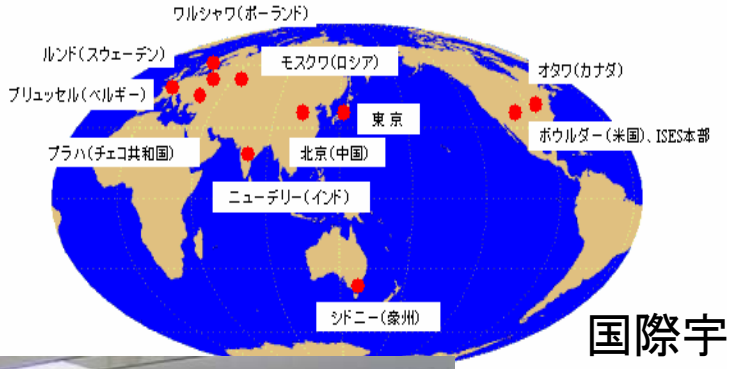
電離圏・超高層大気



放射線帯

宇宙環境情報サービス活動の推進

宇宙天気ニュース



国際宇宙環境
情報サービス

情報通信研究機構

ジャーナリズム

ユーザー
フォーラム

JAXA有人
宇宙活動支援

衛星と地上ネットワークによる太陽・宇宙空間監視

太陽フレア粒子予報の実現（大目標）

・高精度予報、自律警報モジュール＝＞衛星等の一時障害の回避
・有人宇宙飛行の被爆管理支援
　（野口飛行士搭乗ミッションで一部実験的に実用化）
・フレア粒子長期予報モデル＝＞衛星設計・有人から強いニーズ

・運用支援用環境モデルの開発
・予報に必要な監視観測のローコスト/安定な運用

・新しいデータ・技術を用いた警報
・フレア粒子危険度の直前予測に挑戦

遠隔・自動による太陽観測ネットワークとデータ利用技術の開拓

衛星・地上観測のネットワーク化とデータ利用技術の研究開発

・平磯観測の省力化と無人化
・ライフラインなしの遠隔適地に設置できるロボット望遠鏡（光・電波）の開発
・太陽・内部太陽圏衛星データ（SS-1、STEREO、Solar-B）

衛星・地上観測の相互補完的な役割

監視観測フロンティアの内部太陽圏への拡大

太陽・宇宙空間監視技術の研究開発

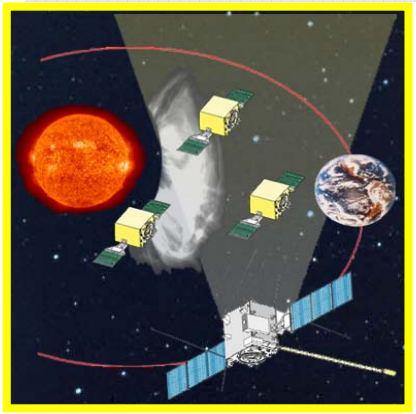
観測の未踏域（内部太陽圏）を開拓

SS-1宇宙天気ミッション
・内部太陽圏撮像技術の実証
・搭載用自律警報モジュール実証

内部太陽圏ミッション（L5）
・フレア粒子・地磁気嵐の事前警報
・国際的宇宙天気観測ネットワーク
・超高速宇宙光通信の応用

・平磯における太陽観測

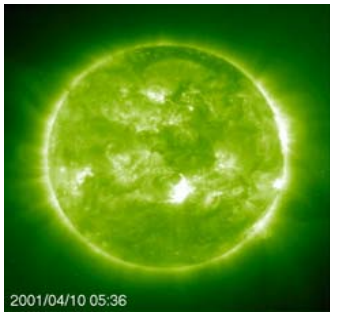
平磯センター太陽観測・業務の省力化/自動化の推進



平磯センターにおける観測・業務について、ネットワークを用いた遠隔・自動運用の整備により小金井への集約化を図り、先進衛星技術及び予報サービスプロダクトのR&Dに注力できる体制整備(H17年度理事長指示事項)

－SmartSatによる太陽・宇宙環境監視技術の研究

－放射線(太陽フレア粒子)による衛星・有人被爆管理技術の研究開発等



予報業務のための太陽フレア定常監視
観測業務の効率化・省力化・無人化

少数の監督職員のみのアウトソーシングによる現地運用の開始に必要な自動化・装置改修の実施

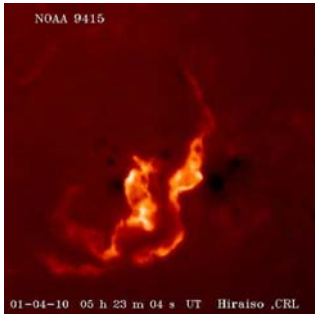
運用中の情報サービスの、専門会社委託によるサーバの24時間365日運用によるサービスの確実な実施

・宇宙環境情報サービス（予報発信）用サーバ
・データベース
・イベント自動検出・通報サービス

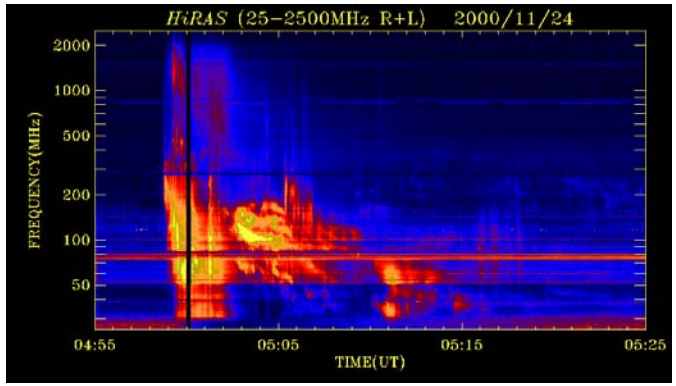
情報発信のコアとなるサーバの365日24時間無停止のユーザサービスの確実な実施

宇宙天気予報センター

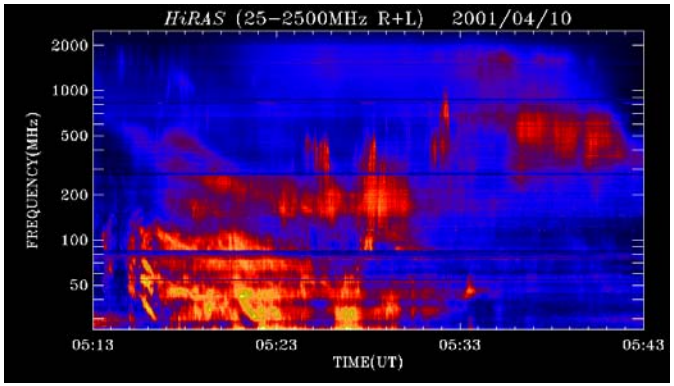
将来の完全無人観測拠点網
ネットワークを用いた無人観測網のためのテストフィールドとして活用。



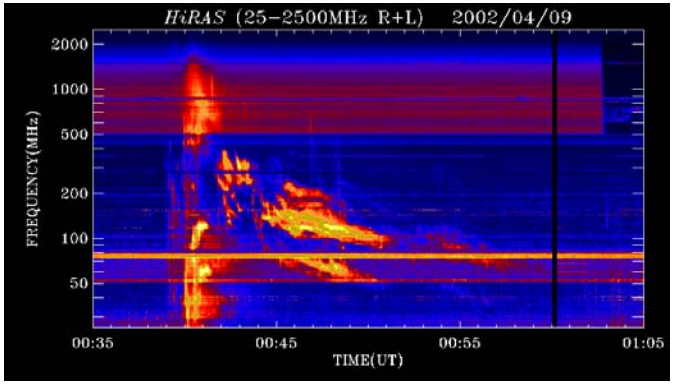
HiRASスペクトル観測



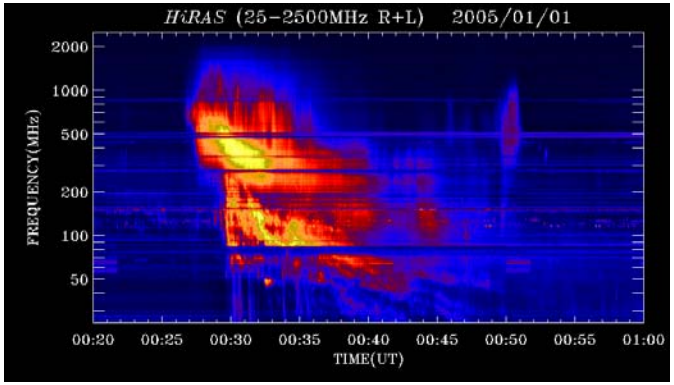
2000/11/24 04:55発生 X2.0/3B
領域9236(N20W05)



2001/04/10 05:06発生 X2.3/3B
領域9415(S23W09)
2リボンフレア（平磯Hα）

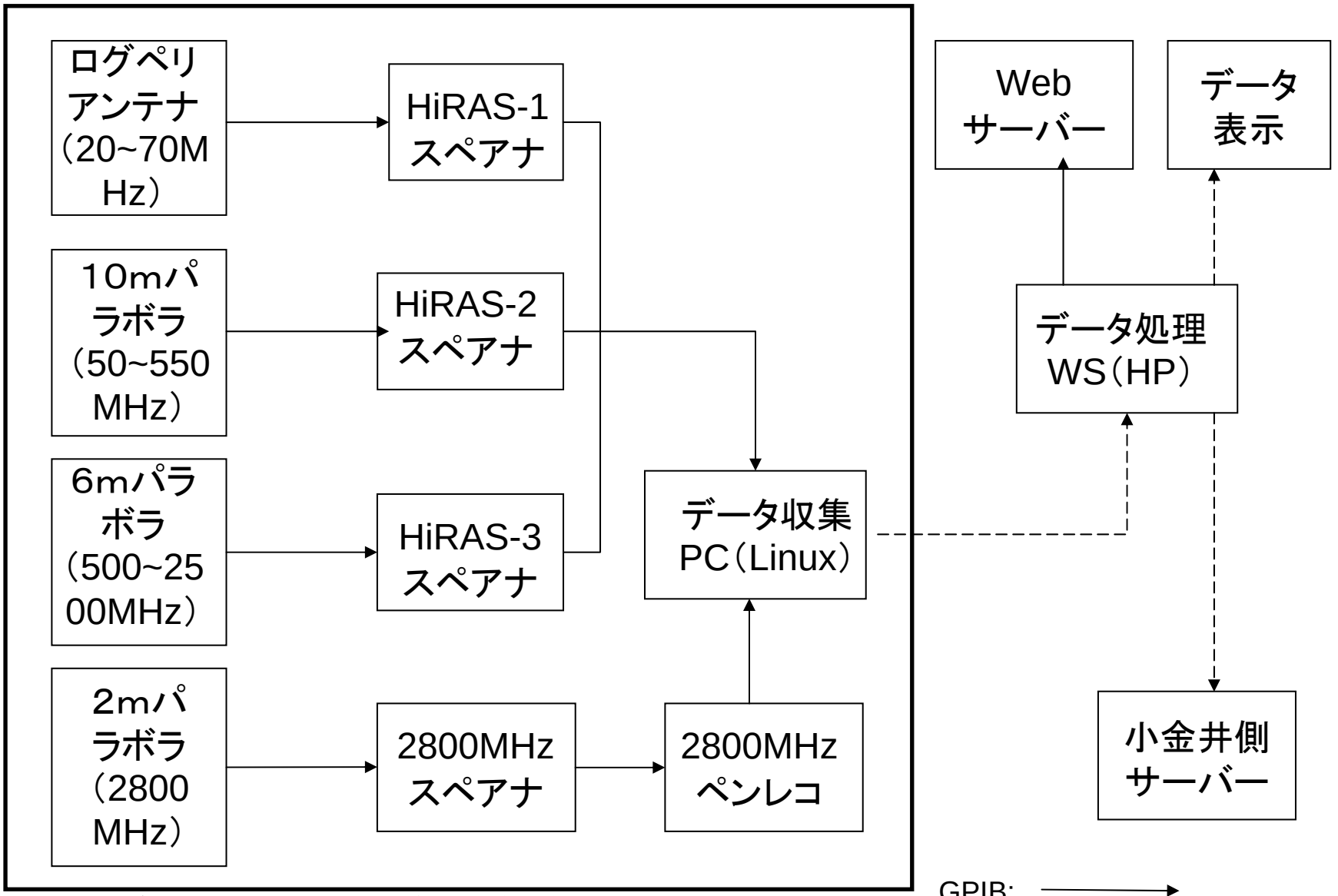


2002/04/09 04:55発生 M2.1/2B
領域9899(N19E46)



2005/01/01 00:01発生 X1.7
領域0715(N06E34)

HiRASシステム図



改修した観測庁舎に集約

HiRASアーカイブデータ

１９９３年５月～２００２年５月

固定周波数観測生データ、スペクトル観測圧縮データ*

*25MHz~2500MHzを対数スケールで５０１点に変換したデータ

２００２年５月～

固定周波数観測、スペクトル観測を含む生データ*

*・時間分解能

１～２秒の不定値（平均１．８秒程度）

・周波数分解能

HiRAS-1（20MHz~70MHz）:0.125MHz （４０１点）

HiRAS-2（50MHz~550MHz）:0.714MHz （７０１点）

HiRAS-3（500MHz~2500MHz）:4MHz （５０１点）

HiRASウェブページ

アドレス:http://sunbase.nict.go.jp/solar/denpa/index-J.html

公開内容:

・ダイナミックスペクトル（リアルタイム:カラー５分更新、アーカイブ:白黒）

・2800MHz観測アーカイブ

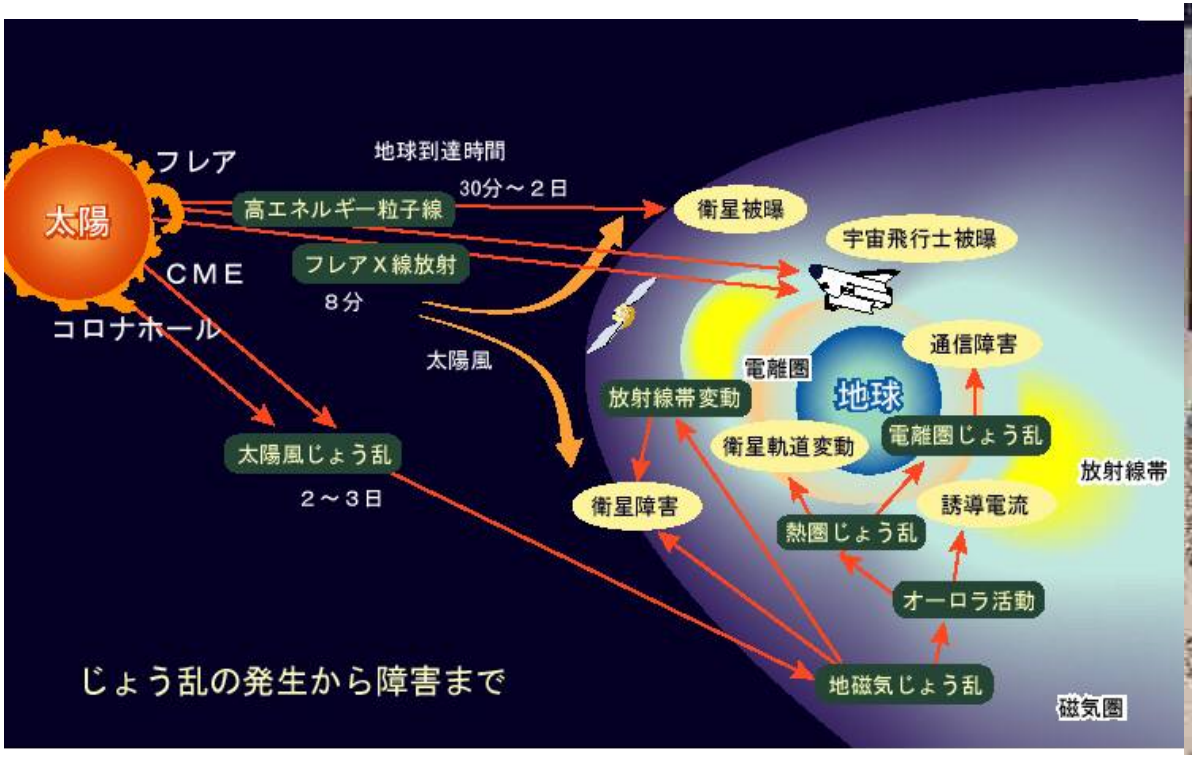
・過去の目立ったイベントのアーカイブ

・マンスリーレポート（スペクトル、2800MHz）

コンタクト:ウェブページのフォームからお願いします（hiras@nict.go.jpはSPAM大量のため廃止予定）

・宇宙天気観測衛星

SS-1宇宙天気ミッションの背景



2001年4月18日　産経新聞

太陽の活動11年に１度の極大期

表面爆発が頻発

地球に電波障害

航空機や船舶、数時間不通

フレアやCMEなどの太陽でのじょう乱現象により地球超高層大気や周辺宇宙空間に様々なじょう乱現象が発生し、無線通信やGPS等の電波利用機器の電波伝搬に大きな影響を与えたり、人工衛星等の宇宙システムに大きな障害をもたらす。

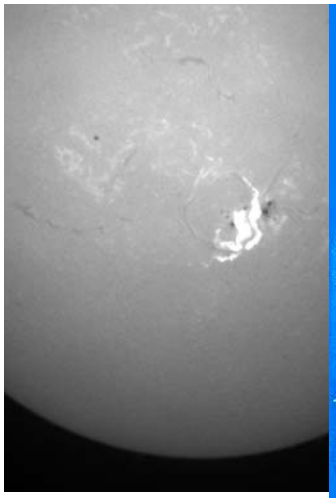
日本では、ISES傘下のNational Forecasting Centerとして、NICTが宇宙環境情報の配信を担当

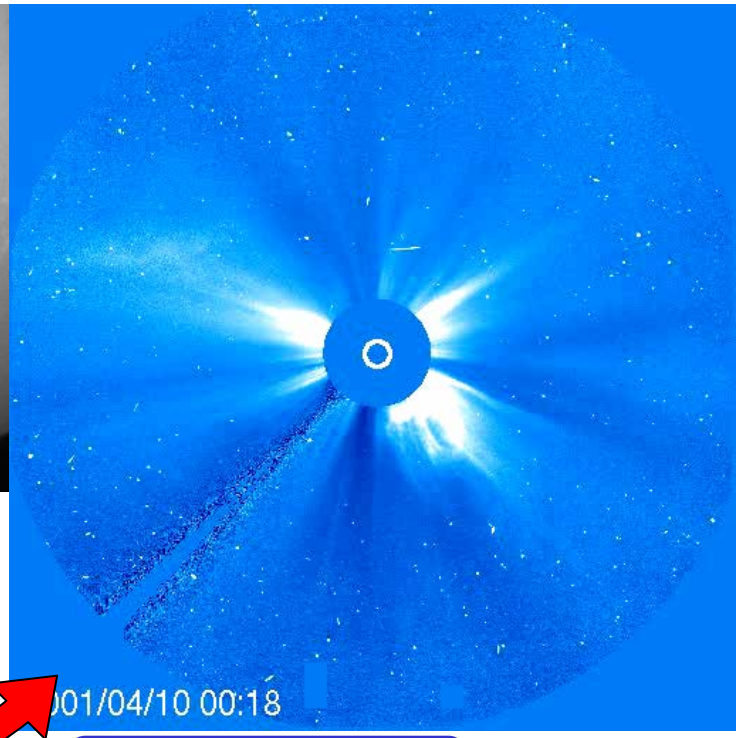
2003年10月28日～11月5日頃の大型太陽フレアに伴う影響

・民間航空機の高緯度地域の飛行禁止とルート変更、高度25000フィート以上飛行禁止（FAA命令）

・民間、軍用の無線通信、航法電波等に多数の障害が報告

・多数の衛星に障害（永久故障4件、一時的機能停止（セーフホールド含む）30件（JAXA調べ）





太陽フレア

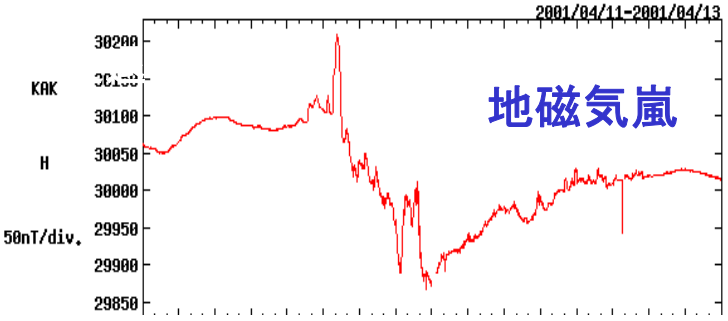
CME（太陽近傍）

?

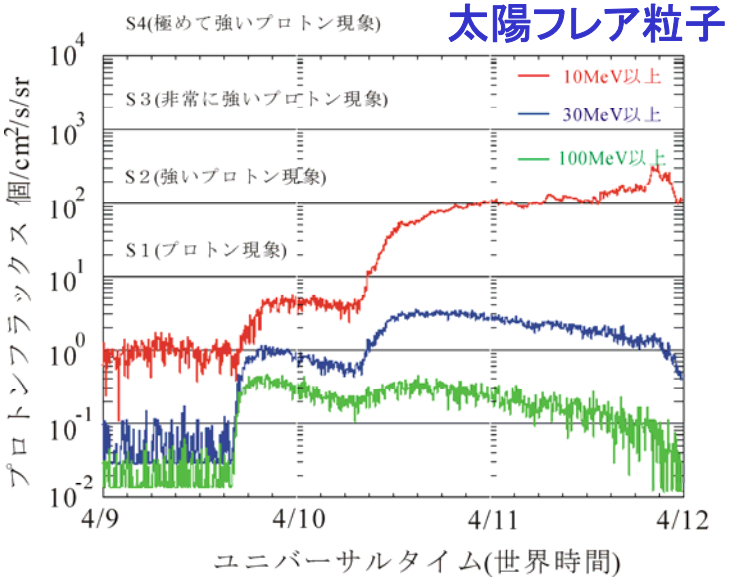
内部太陽圏の
CME伝播

超高層大気や宇宙環境
の擾乱の予測

?



太陽フレア粒子



内部太陽圏のCME伝播を追跡
観測する観測する手段がない

GPSや短波電波伝搬への障害
宇宙機システムへの障害

SmartSat宇宙天気観測実験の目的（１）
宇宙環境計測・予測における内部太陽圏観測の開拓

・宇宙環境や電離圏擾乱の最大のドライバーはCME

・地球および近傍宇宙空間への影響の評価、予測には、CMEの空間構造（伝播方向、形状変化）の把握が必要。

・大量の画像データを機上で解析し、CMEの発生を検知する技術の確立
＝＞実利用には必須

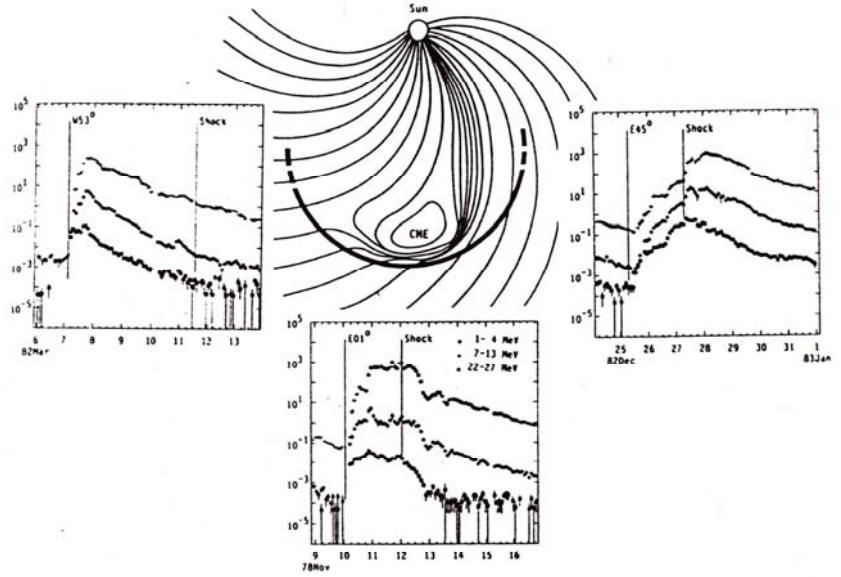


Figure 3.4. Typical intensity-time profiles are shown for 3 events viewed from different solar longitudes relative to the CME and shock.

宇宙天気ミッション（WCI）のゴール

・内部太陽圏を伝播するCMEを、太陽光や背景光（黄道光、星明り等）による干渉を排除して撮像する技術の開発。（PST＜10E-13以下）

・機上画像解析によるCME現象の抽出技術の開発

・CMEに起因する電離圏・放射線帯擾乱および太陽フレア粒子推移予測スキームの研究

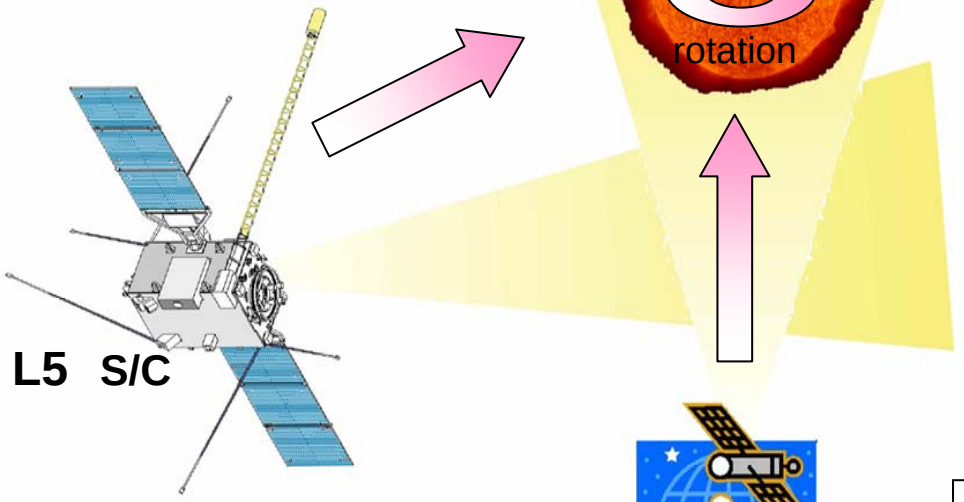
PST：Point Source Transmission　光源（太陽）輝度に対する検出器面での不要光輝度の比

内部太陽圏観測の将来像（L5ミッション）

高速太陽風及び
プロトン現象の先行監視

CMEの横からの観測

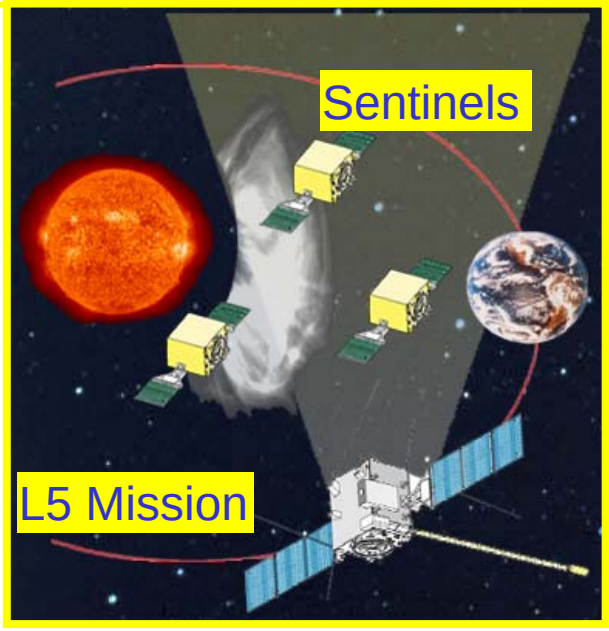
太陽



地上及び地球周回衛星
からの立体観測

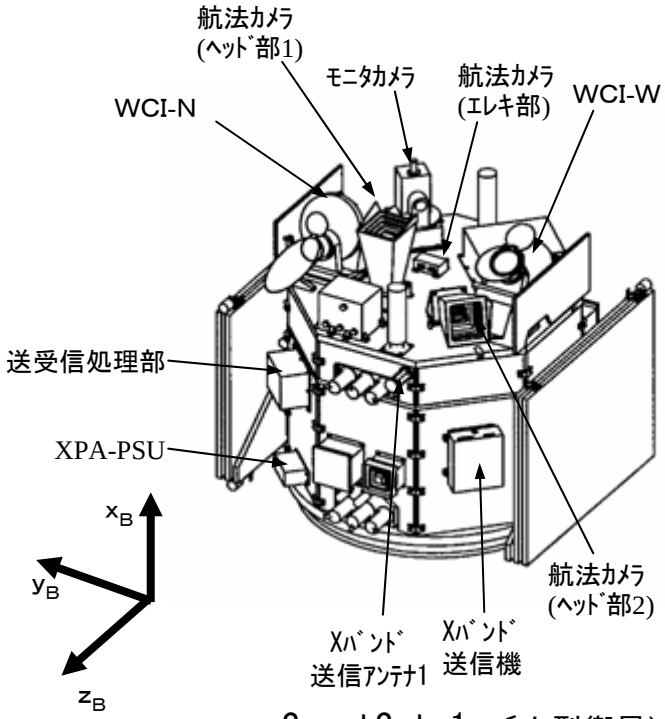
地球周回衛星及び
地上からの観測

国際的な宇宙天気観測ネット
ワークへの貢献（ILWS）

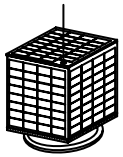


－地球に向かって伝播するCMEの
　横からの観測
－活動領域の先行監視と立体観測
－太陽風擾乱とプロトン現象の先行監視

SmartSat-1 構成



SmartSat-1a〔小型衛星）



SmartSat-1b（マイクロ衛星）

UNISEC（大学衛星コンソーシアム）で開発する超小型衛星と連携

SmartSat-1aの主な諸元

バス重量	170Kg以下（推薬込
ペイロード重量	90Kg以下
全重量	約260Kg
サイズ	Φ１ｍ×H1.2m
軌道	GTO（静止遷移軌道）
姿勢制御系	ゼロモーメンタム方式 ３軸姿勢制御
指向精度	0.1度以下
ペイロード用電力	最大150W
推進系	ヒドラジン１液 スラスター12基
通信系	Sバンド（テレコマ） Xバンド（ミッション系）
寿命	GTOにおいて6ヶ月以上

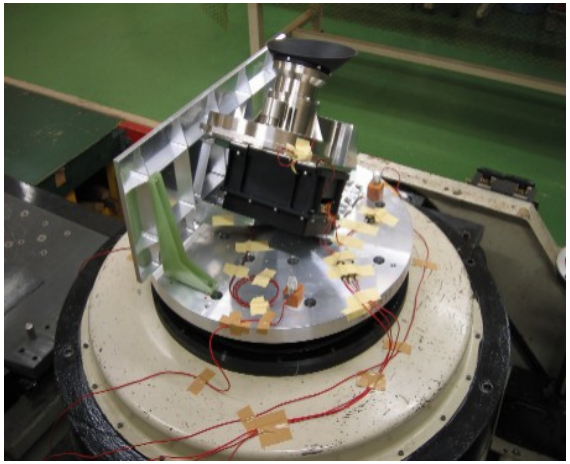
WCIの主要諸元

	WCI-W	WCI-N
焦点距離	59mm	115mm
視野中心	太陽から57°	太陽から21°
画角	60° ×60° (84° φ)	30° ×30° (42° φ)
F値	4	8
波長範囲	550nm～750nm	
検出器サイズ	61.4mm×61.4mm	
ピクセルサイズ	15μm×15μm	
CCDフルウェル	200ke$^-$	
バッフル長	長手約190mm	長手約300mm
前玉径	88mm	20mm
運用温度要求	CCDセンサは-80℃、光学系は0～20℃近傍	

開発進捗状況

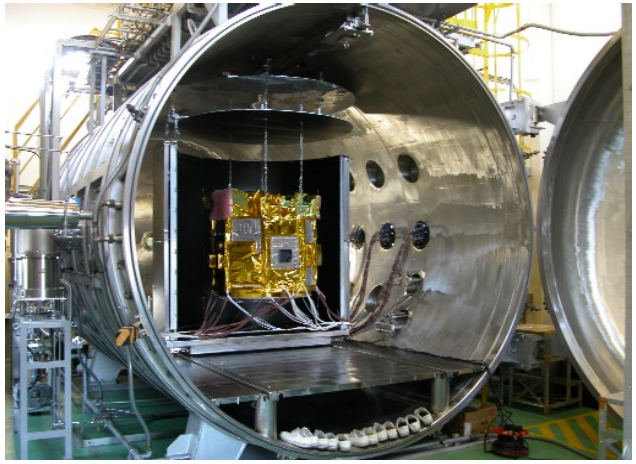
基本設計を完了。平成１６年度にSTM（構造熱試験モデル）を製作し、単体ならびにシステムレベルの熱・構造試験および電気インターフェース事前確認試験を実施し、設計検証を実施。平成18年度からのフライトモデル開発着手を目指して、詳細設計を実施しているところ。

電気インターフェース確認試験
（H17.2　MHI名古屋誘導推進システム製作所）



宇宙天気ミッション（CMEカメラ）
STM単体振動試験（H16.12）

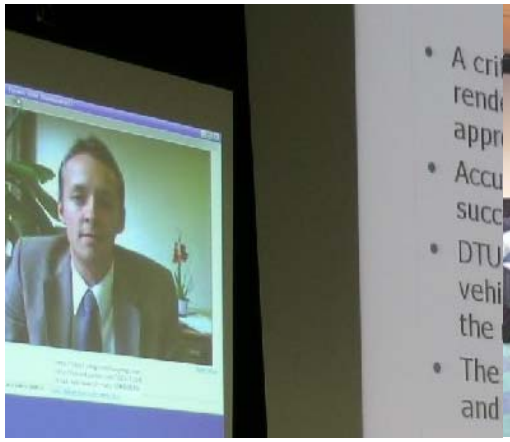
衛星システムSTM振動試験
（H17.3　MHI名古屋誘導推進システム製作所）



衛星システムSTM熱平衡試験
（H17.3　MHI名古屋航空宇宙システム製作所）

第一回SmartSatワークショップ開催状況

11月7日にNICT小金井本部で開催。大学や宇宙産業関係者等から120名の参加。SmartSat-1のミッション（実験）計画や現状を広く紹介し、その妥当性や今後の進め方、連携について幅広く議論した。



主な内容

あいさつ　　塩見理事

大学による超小型衛星開発の動向とUNISEC（基調講演）　　中須賀教授（東大）

NICT宇宙分野全体のビジョンとSmartSat

鈴木部門長

＜SS-1セッション＞

衛星システム、実験ミッションについて開発予定機関（NICT、JAXA、三菱重工、DTU等から5講演）

＜将来ミッションセッション＞

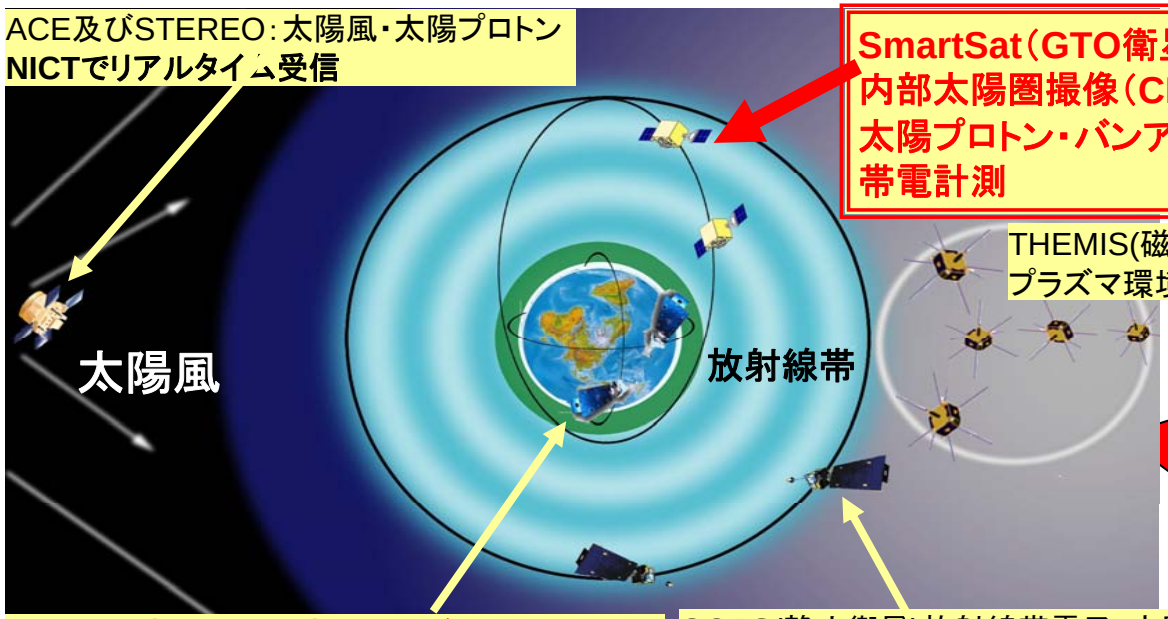
将来計画提案に関する包括的な講演をNICTおよびISAS/JAXAから各1講演

参加：約120名

会場：４号館大会議室および、DTUとESA/ESTECとテレビ会議回線

NICTが主導して先進的な実験ミッションを推し進めている事、システム設計が順調に進捗している事など、高く評価された。また、宇宙通信や宇宙天気等、将来課題に対しても積極的な提言がなされた。特に中須賀東大教授（PSTPフロンティア部門評価委員）の基調講演では、先端的な研究開発における小型衛星利用の優位性を強く強調された。

SmartSat宇宙天気観測実験の目的(２)
ー次世代宇宙天気予報のための宇宙環境計測ネットワークー

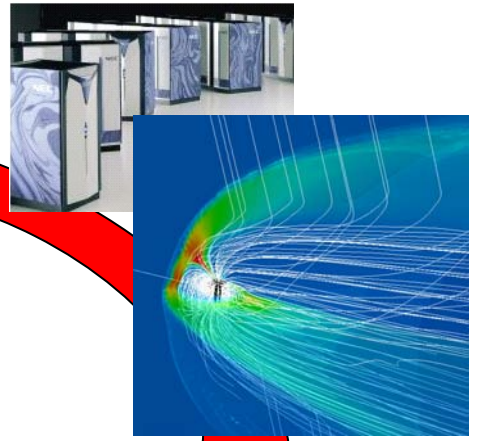


SmartSat(GTO衛星)
内部太陽圏撮像(CME)・
太陽プロトン・バンアレン帯粒子・
帯電計測

THEMIS(磁気圏探査機群)
プラズマ環境・電磁場

GOES(静止衛星)放射線帯電子・太陽X線
NICTで24時間イベント監視・通報サービス

最先端情報通信・処理技術
宇宙環境シミュレータ、データ可視化、宇宙環境モデル・データベース、ネットワーク



宇宙空間監視ネットワーク　SmartSat・内外衛星・地上観測

ユーザ
宇宙機関、無線局(船舶・航空)、放送局、衛星通信・放送、大学、研究機関等

宇宙天気観測実験

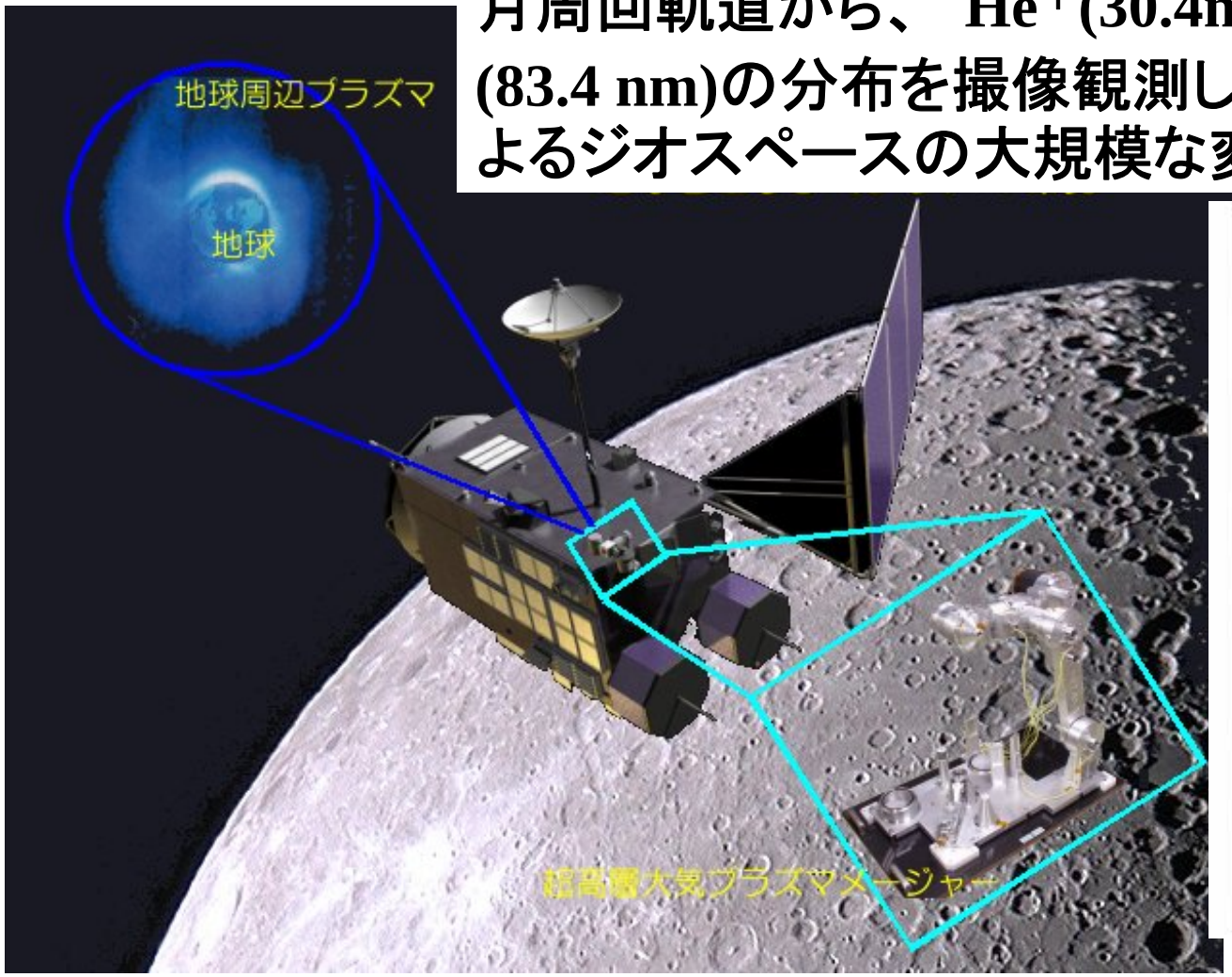
・広視野CMEカメラ、高エネルギー粒子計測器、高機能コンピュータを搭載。

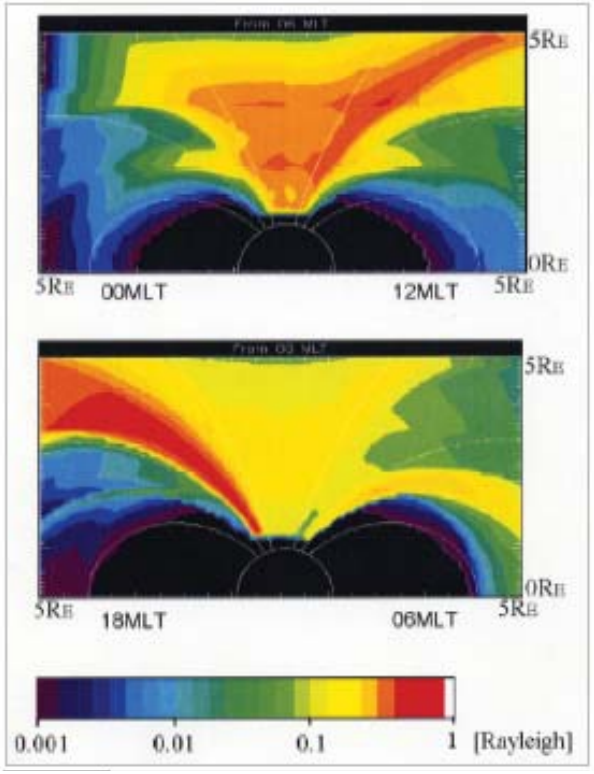
・太陽から地球までの総合的な宇宙環境計測ネットワーク、シミュレーション等最先端の情報処理技術、エンドユーザのチェーンによる、新しい宇宙天気予報のための実験を実施

・放射線・地磁気嵐予報の鍵を握る内部太陽圏擾乱計測の研究に着手

SELENE搭載UPIの開発

SELENE衛星(2007年打ち上げ)搭載UPIにより、月周回軌道から、 He^{+}(30.4nm)およびO^{+}(83.4 nm)の分布を撮像観測し、地磁気嵐の進展によるジオスペースの大規模な変動を把握する。



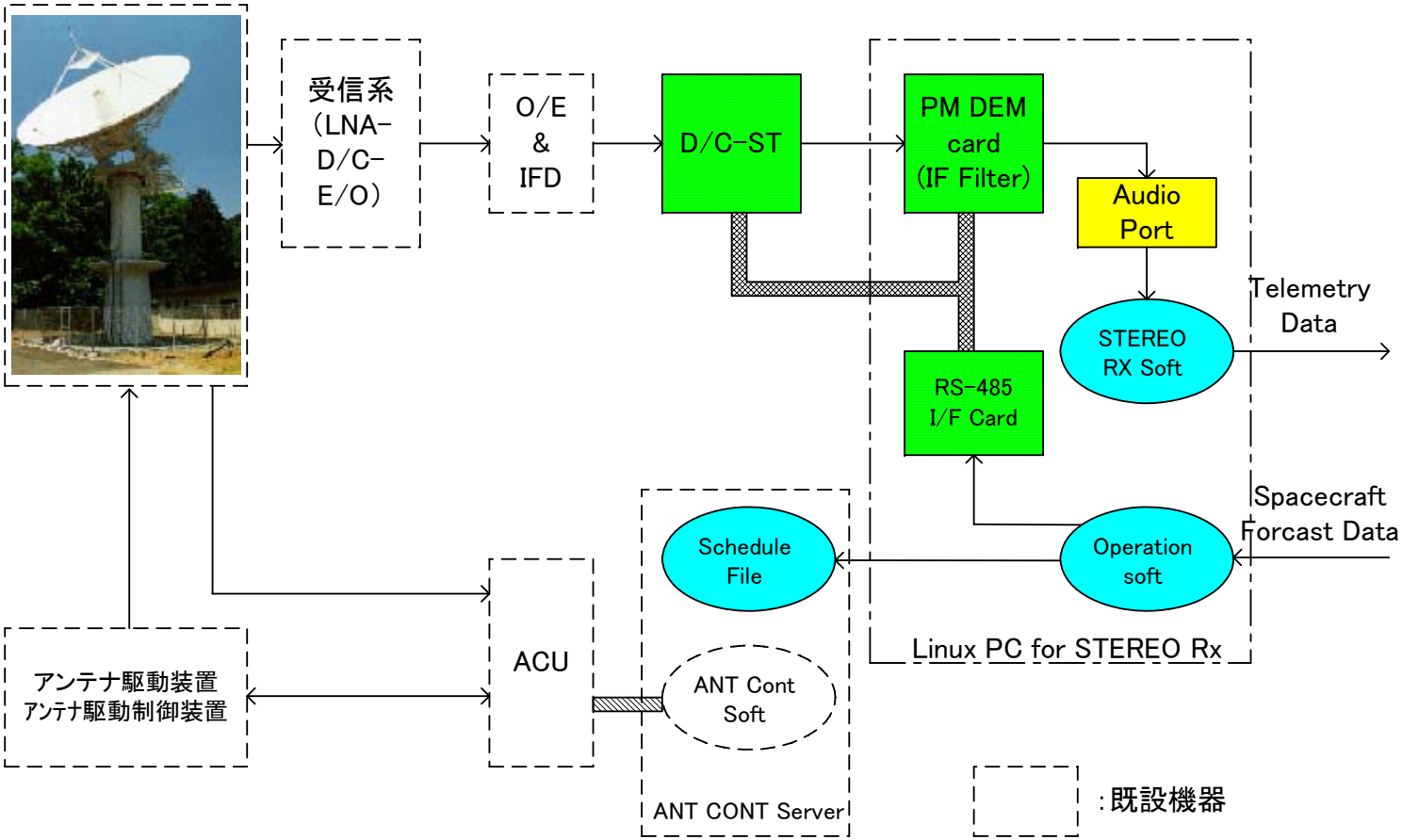


O+からの予測散乱光強度

STEREOリアルタイム受信局の整備

STEREOリアルタイムデータ（Space Weather Beacon）の24時間受信の一部を分担するために、小金井11m局のバックエンドに衛星データ受信用X帯バックエンドを整備中。

＝＞SmartSatのミッションデータ受信も本設備を利用予定



成果展開の例-ISS搭乗員放射線被曝管理運用-

長期滞在となるISS搭乗員は、無視できない放射線被曝を受ける（6ヶ月で100ミリシーベルト以上？）ため、太陽フレア等による追加的な被曝は極力避ける必要（特に船外活動）

リアルタイム太陽・宇宙環境監視と推移予測による突発的被曝リスクの低減＝＞太陽フレアと粒子の危険度予測

<u>有人宇宙飛行時の放射線被曝管理の研究</u>

太陽放射線粒子警報に関する研究の成果展開として、国際宇宙ステーション（ISS）における日本人宇宙飛行士の放射線被管理への応用についてJAXAと連携して研究を実施。野口飛行士搭乗のスペースシャトルミッションにおいて、宇宙環境監視・予報に基づく放射線被曝管理の実証実験を実施。