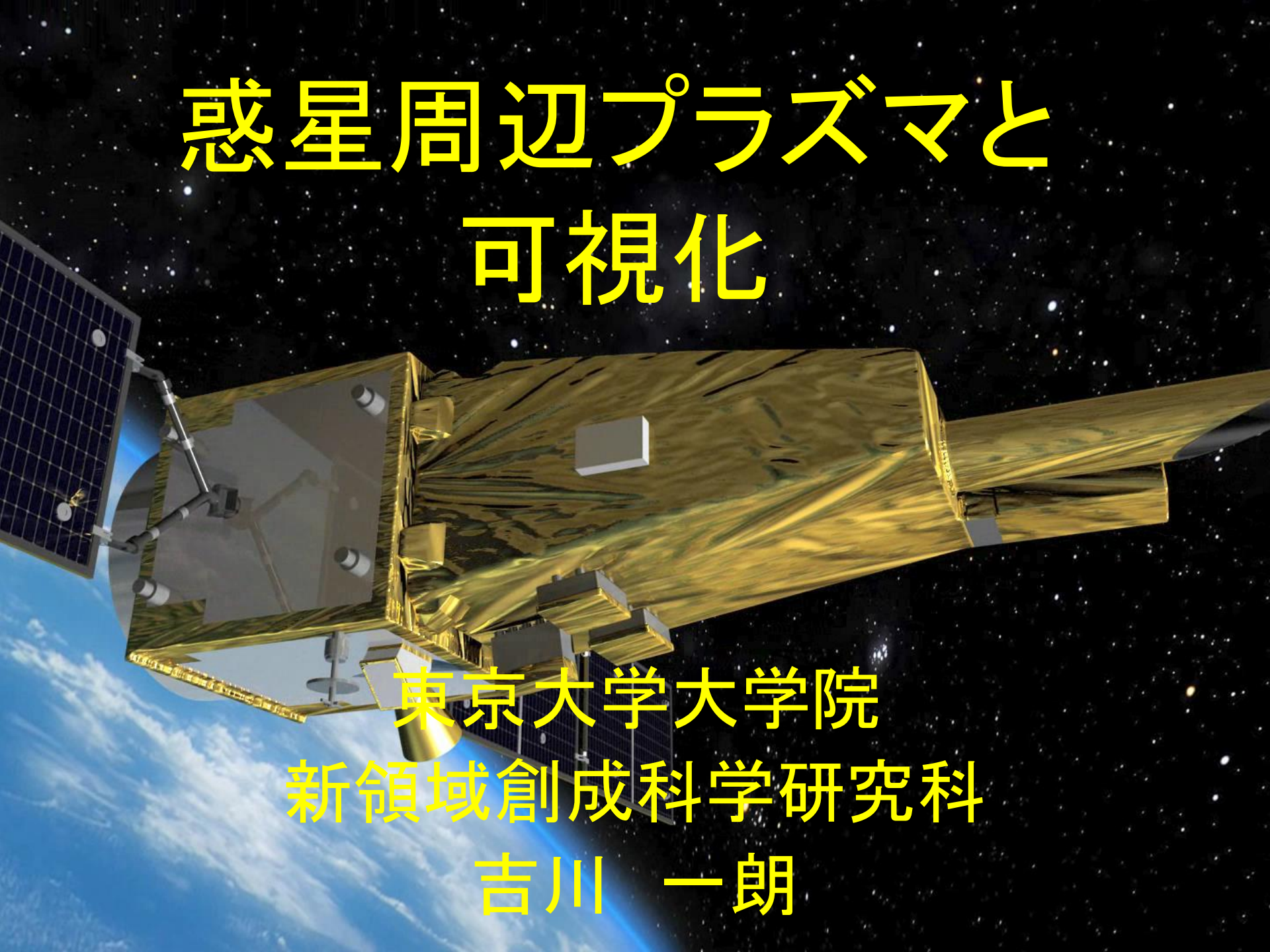


惑星周辺プラズマと 可視化



東京大学大学院
新領域創成科学研究科
吉川 一郎

目次

1. 分野、わたしの専門
2. 地球周辺プラズマの可視化
3. 惑星プラズマの可視化
4. 最近の動向とまとめ

東京大学大学院新領域創成科学研究科 PROSPECTUS

▶▶ 緒言

▶ 研究科紹介

▶ 研究科長挨拶

▶ 研究科がめざすもの

▶ 教員紹介 (50 音順)

▶▶ 授業科目表

■ 基盤科学研究系

▶ 物質系専攻

▶ 先端エネルギー工学専攻

▶ 複雑理工学専攻

■ 生命科学研究系

▶ 先端生命科学専攻

▶ メディカル情報生命専攻

■ 環境学研究系

▶ 自然環境学専攻

▶ 海洋技術環境学専攻

▶ 環境システム学専攻

▶ 人間環境学専攻

▶ 社会文化環境学専攻

▶ 国際協力学専攻

▶ サステナビリティ学
グローバルリーダー養成
大学院プログラム

■ 研究科附属施設

▶▶ 研究科紹介

「学融合」という概念で 新しい学問領域を創出する

Transdisciplinary approaches enable us to pioneer the frontiers of science.

新領域創成科学研究科は、学際性をさらに推し進めた「学融合」という概念で新しい学問領域を創出することを目指して1998年に設置されました。ナノ、物質・材料、エネルギー、情報、複雑系、生命、医療、環境、国際協力など、伝統的な学問体系では扱いきれなくなった分野横断的な重要課題に取り組むために、各分野をリードする意欲的な教員が集結しました。組織の壁を取り払った自由でオープンな研究教育環境の中で多様なメンバーが密に交流・協力し、人類が直面する新しい課題に挑戦していくことが研究科の基本理念です。

学生の教育においては、幅広い教養と深い専門性を併せ持つ人材を育成するために、数々の横断的教育プログラムが実践されています。柏キャンパス内のカブリ数物機構、宇宙線研、物性研、大気海洋研と連携した深くかつ幅広い専門教育とともに、社会のリーダーとなるための知力と体力を高めるプログラムや付属施設の充実にも力を入れています。また、産学連携や地域との連携においても、新しい取り組みを展開しています。2014年に柏の葉キャンパス駅前に竣工した東京大学フューチャーセンターや柏の葉アーバンデザインセンターを拠点として、柏スマートシティの社会実験への参加や、ベンチャー企業への支援が行われています。さらに大学の国際化においては、留学生の居住施設を備えた学住一体の国際カレッジ化を推進しており、東京大学の国際化の窓口としての役割を担っています。

本研究科は現在、基盤科学研究系、生命科学研究系、環境学研究系に属する11専攻と、全系にまたがる

現在の所属

出身大学/学科/専攻

- 地球惑星科学専攻(東京大学)
- 学生時代(学部、修士、博士)を過ごし、准教授としても在職(2005.4-2014.12)

The screenshot shows the website for the Earth and Planetary Science Department at the University of Tokyo. The header includes the university logo and navigation links for Twitter, English, and site maps. The main banner features a row of planets and a headline about a meteorite found in Japan. Below the banner are two columns of news items under 'TOPICS' and 'お知らせ' (Notice).

東京大学 大学院理学系研究科
地球惑星科学専攻

ウェブマガジン第11号
地球に落下した小惑星
三河内 岳

TOPICS 過去のトピックス

2016-03-07
鈴木庸平准教授がプレスリリース。
「放射性元素による汚染浄化に応用可能な
長期固定機構の発見」

2016-02-12
向井広樹特任研究員、小暮敏博准教授らが
共同プレスリリース。
「福島」の放射性汚染を模した実験によりセ

お知らせ 過去のお知らせ

2015-05-21
[2015年度版地球惑星科学専攻パンフレット](#)
を掲載。

2014-05-13
駒場生の皆さんへ
[学科紹介ビデオクリップ](#)公開中です。ぜひ
進学の参考にして下さい。

宇宙科学研究所

(現 宇宙航空研究開発機構傘下の研究所)
に7年間在職(1998.4-2004.3)



宇宙科学研究所 Institute of Space and Astronautical Science

トップページ

ENGLISH

活動内容

宇宙科学研究所について

トピックス

レポート&コラム

研究者のみなさんへ

TOP > 宇宙科学研究所について > 宇宙科学研究所の歴史

宇宙科学研究所の歴史

宇宙科学研究所について

- ▶ 所長挨拶
- ▶ 概要
- ▶ 組織
- ▶ 宇宙科学研究所の歴史
- ▶ 相模原キャンパスと関連研究施設
- ▶ 教育職 職員一覧
- ▶ 大学院教育
- ▶ 広報活動
- ▶ 国際協力

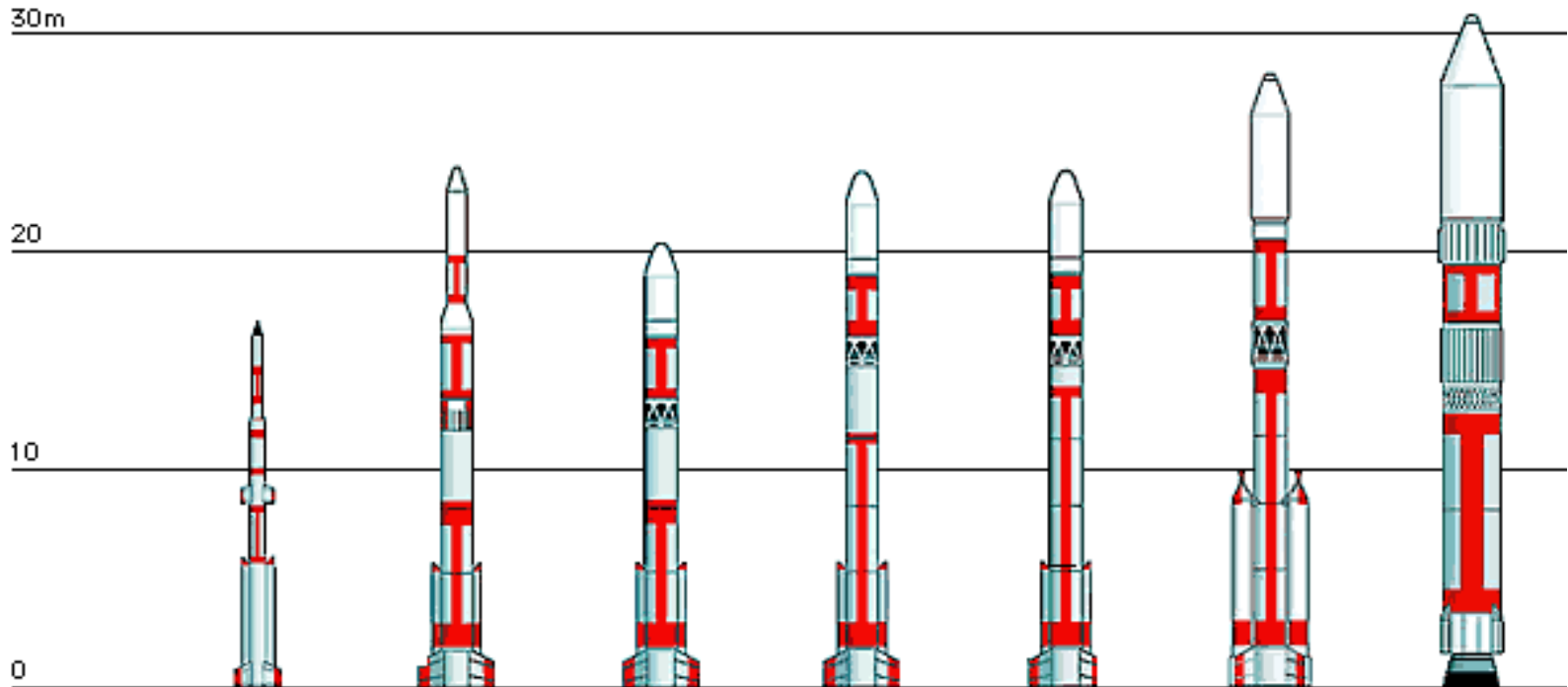


宇宙研のはじまりは、1955年に行われた東京大学のペンシル・ロケットの発射実験です。その3年後には、高度60kmに達するロケットを開発して、上層大気の風や気温を観測し、国際的な地球観

日本の科学宇宙探査

(東京大学のペンシルロケットから宇宙科学研究所による惑星探査)

● 衛星打ち上げロケットの歴史



	L-4S	M-4S	M-3C	M-3H	M-3S	M-3SII	M-V
全長	16.5m	23.6m	20.2m	23.8m	23.8m	27.8m	30.7m
直径	0.735m	1.41m	1.41m	1.41m	1.41m	1.41m	2.5m
全重量	9.4t	43.6t	41.6t	48.7t	48.7t	61t	139t
打上げ能力	26kg	180kg	195kg	300kg	300kg	770kg	1800kg

現職に就いたのは2015年1月1日

▶▶ 緒言

- ▶ 研究科紹介
- ▶ 研究科長挨拶
- ▶ 研究科がめざすもの
- ▶ 教員紹介 (50音順)

▶▶ 授業科目表

■ 基盤科学研究系

- ▶ 物質系専攻
- ▶ 先端エネルギー工学専攻
- ▶ 複雑理工学専攻

■ 生命科学研究系

- ▶ 先端生命科学専攻
- ▶ メディカル情報生命専攻

■ 環境学研究系

- ▶ 自然環境学専攻
- ▶ 海洋技術環境学専攻
- ▶ 環境システム学専攻
- ▶ 人間環境学専攻
- ▶ 社会文化環境学専攻
- ▶ 国際協力学専攻
- ▶ サステナビリティ学

基盤科学研究系 複雑理工学専攻

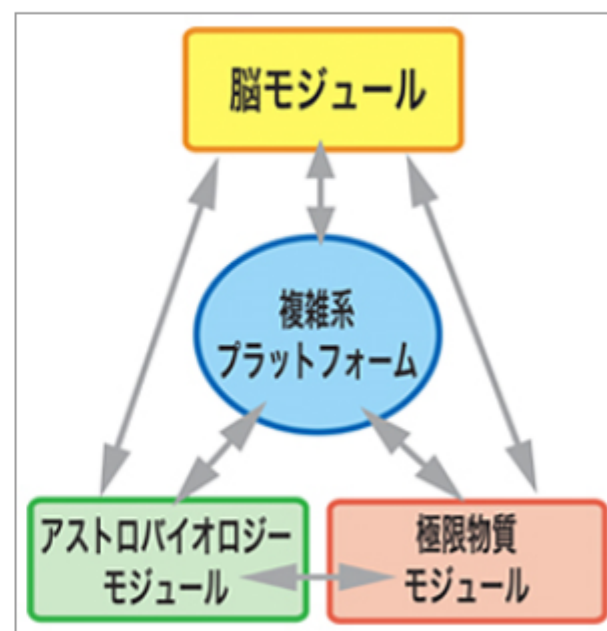
専攻紹介

▶ ホームページへ

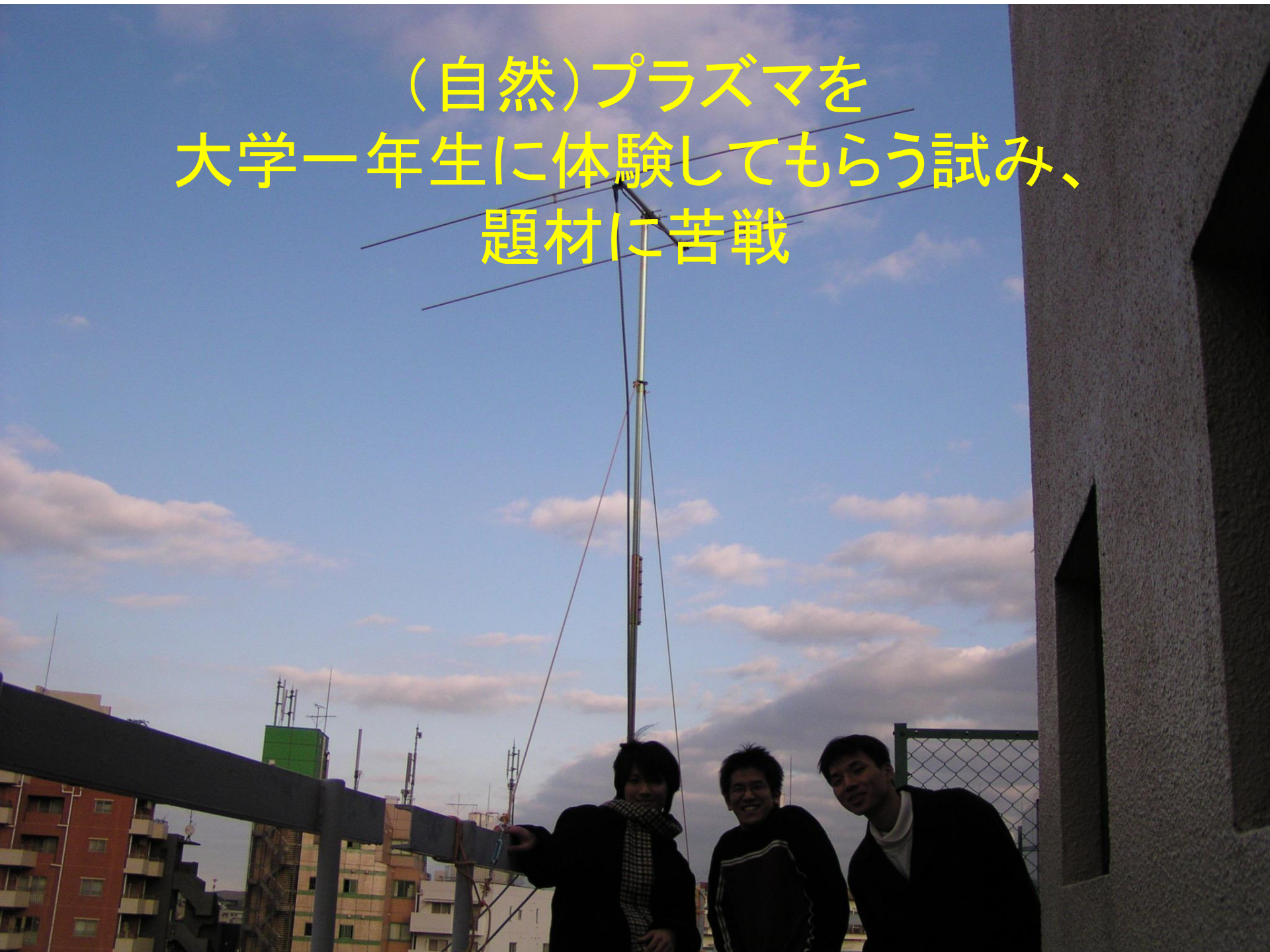
■ 複雑理工学専攻とは

複雑理工学専攻は、「複雑性」を理学と工学を融合した新しいアプローチにより解明し、新しいパラダイムを創成できる研究者・技術者を養成することを目的としています。自然物・人工物を問わず実世界には複雑な非線形現象が数多く存在し、複雑な系は単純な系の線形的な重ね合わせで構築することは必ずしもできないという事実に我々は直面しています。カオスやフラクタルといった新たな非線形概念の形成を契機として、多数の非線形要素が強く相互作用する複雑系が至るところに存在し、実世界の複雑系の理解は21世紀の新しい科学技術を創成する原動力となり得ることが明らかになってきました。

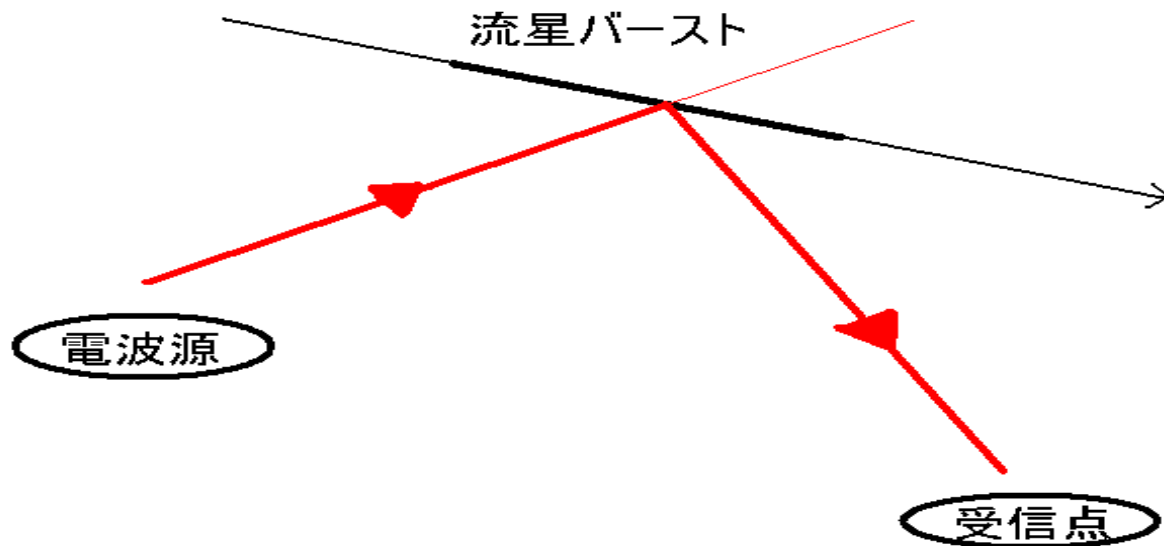
本専攻では、「脳」「アストロバイオロジー」「極限物質」の3つのモジュールを中心に、ナノスケールから宇宙スケールまでのマルチスケールにわたる複雑系の学融合を推進し、新しい複雑系科学・技術の創成を目指しています。また、これらの分野に共通する数理・情報・可視化などの理論と技術に基づく「複雑系プラットフォーム」を構築することにより効率よい研究と人材育成を促進し、新たな展開を図っています。



(自然)プラズマを
大学一年生に体験してもらう試み、
題材に苦戦

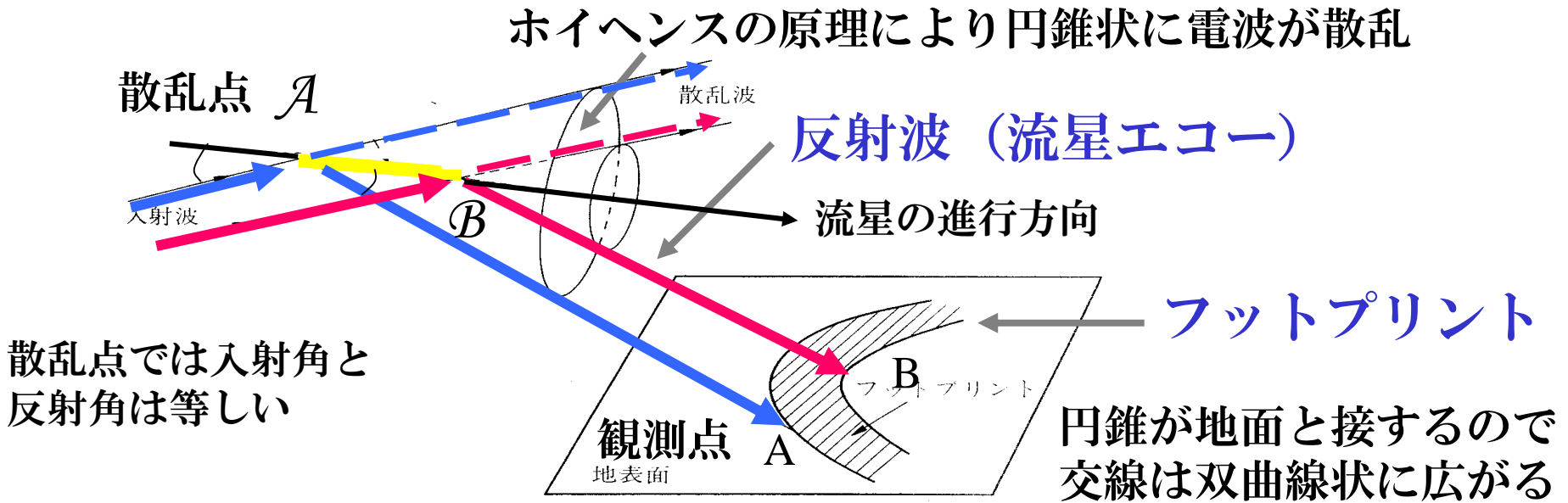


HRO (Ham Radio Observation) の原理



流星によって大気中の中性粒子がイオン化し、電波が鏡面散乱することによって、電波を受信する。

アンダーデンスエコーの場合 の反射点と地表面の関係



散乱点 A から B までの時間差は
観測点 A から B までの時間差に等しい

「流星バースト通信」の図に加筆

54MHz、28MHzの送信局



受信局

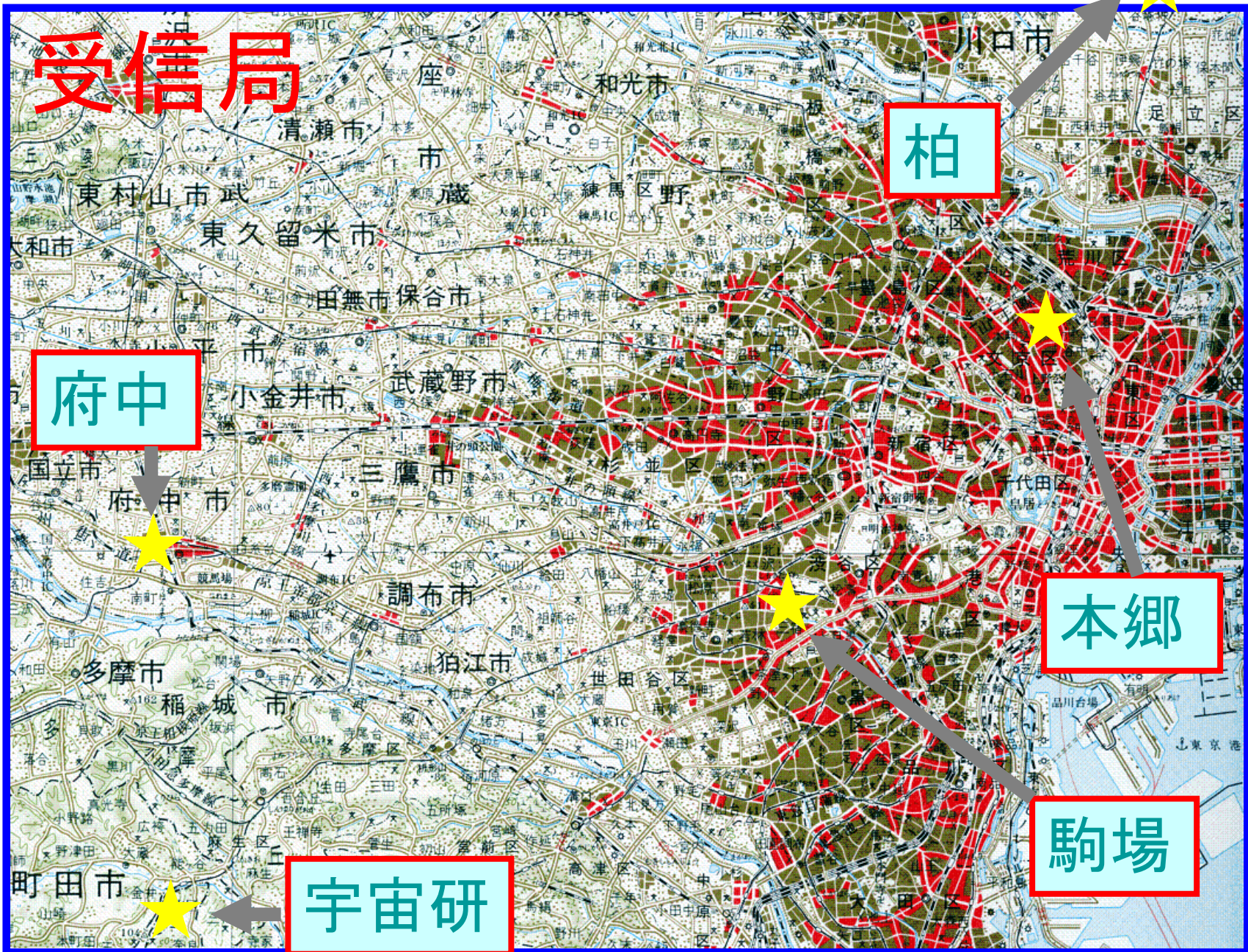
柏

府中

本郷

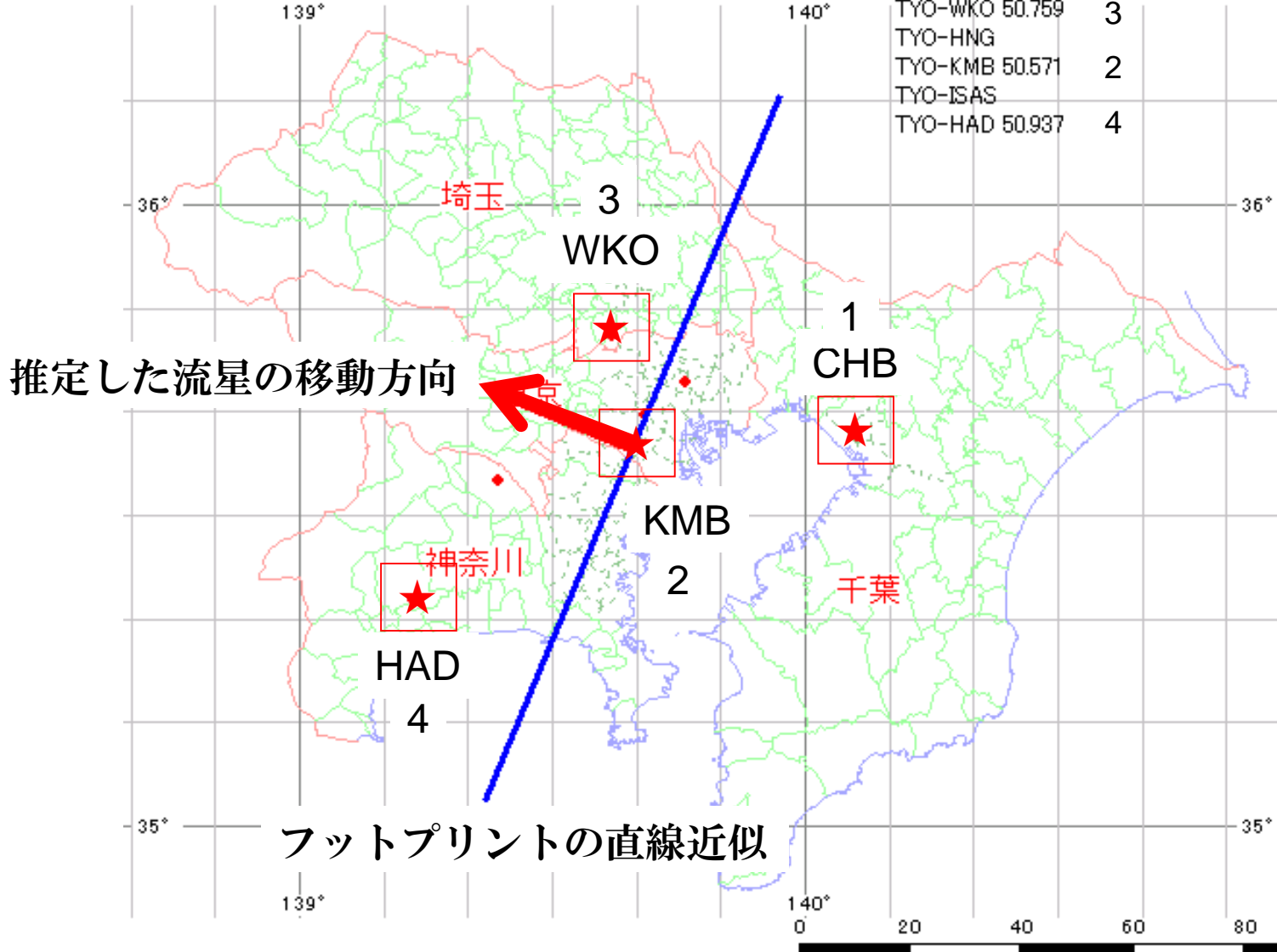
宇宙研

駒場

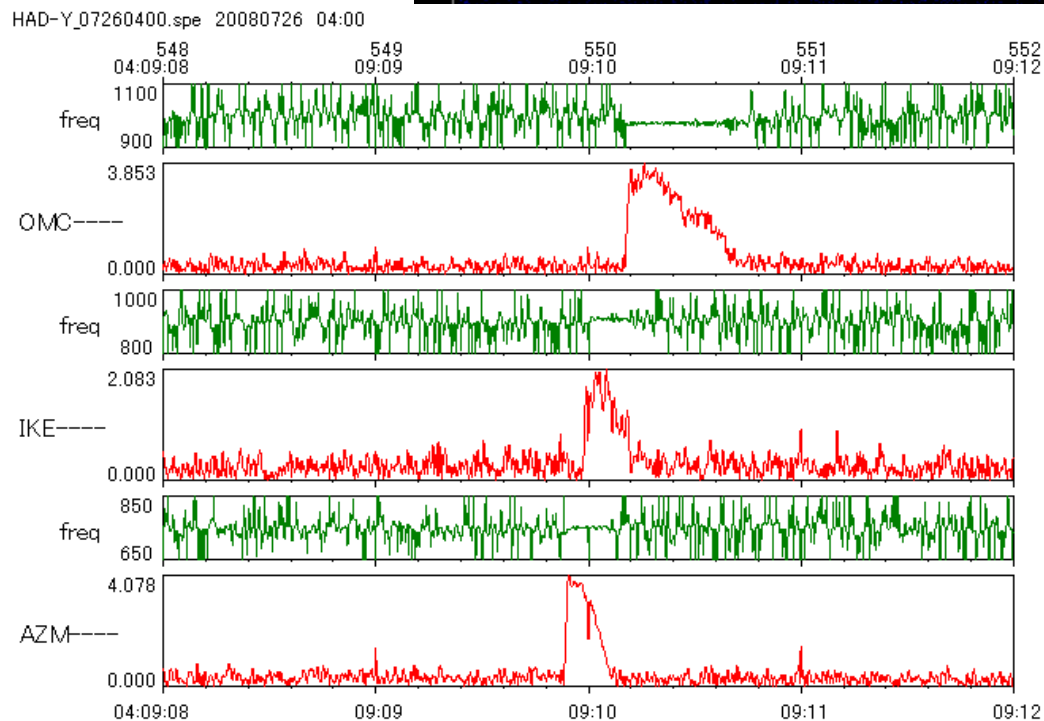


実際のフットプリントの動き (1波の場合)

SRC	OBS Time	
TYO-CHB	50.126	1
TYO-WKO	50.759	3
TYO-HNG		
TYO-KMB	50.571	2
TYO-ISAS		
TYO-HAD	50.937	4

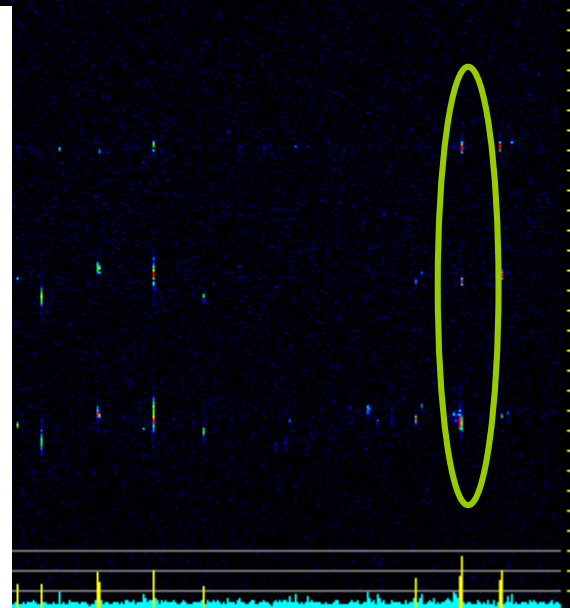


HROFFT072による観測結果



バイナリーデータ解析図
エコー到来時間差が見えている

緑:周波数成分
赤:信号強度

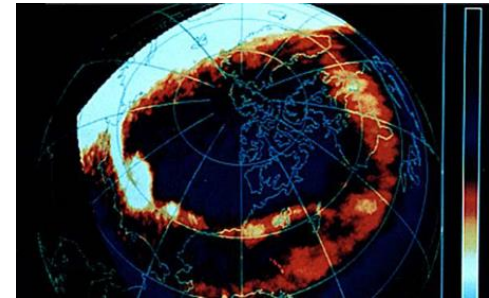
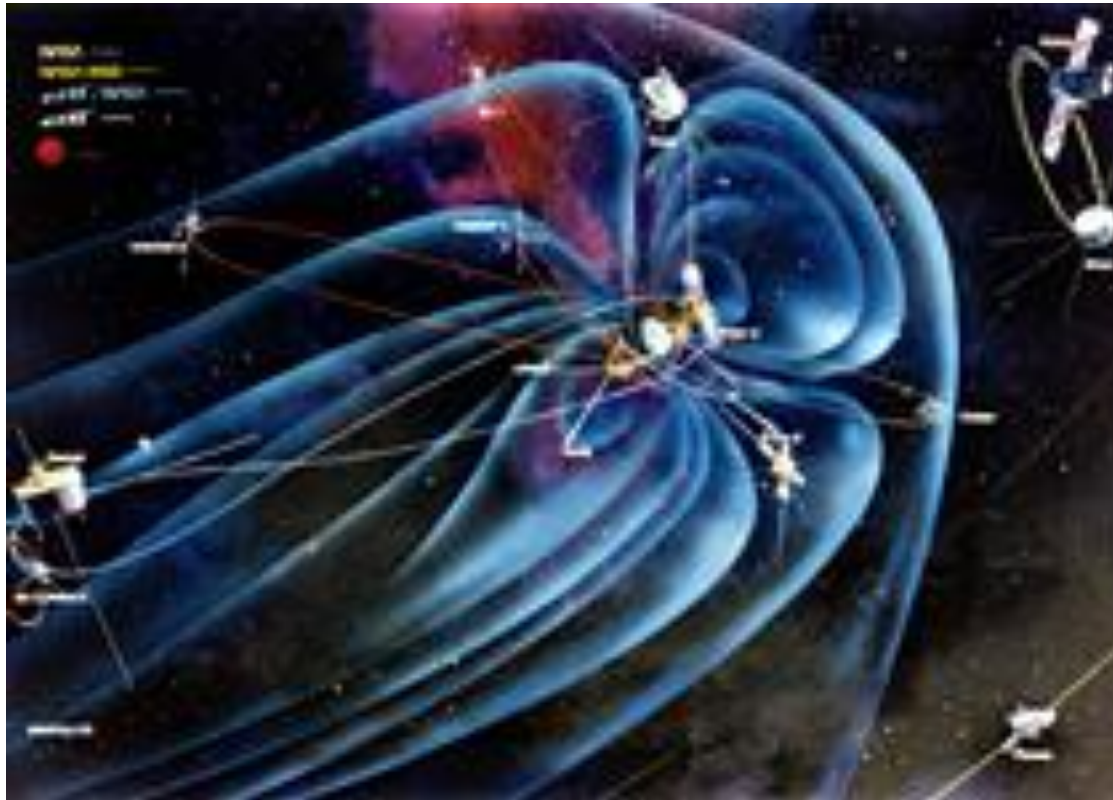


HROFFT072はバイナリーの
データも保存できる。

分野の紹介

90年代の動き

- 太陽の擾乱が引き起こす地球周辺
プラズマの挙動の理解-
- 国際太陽地球系プログラム (ISTP)



地球周辺のプラズマに関する 研究

地球の超高層大気(←死語?)

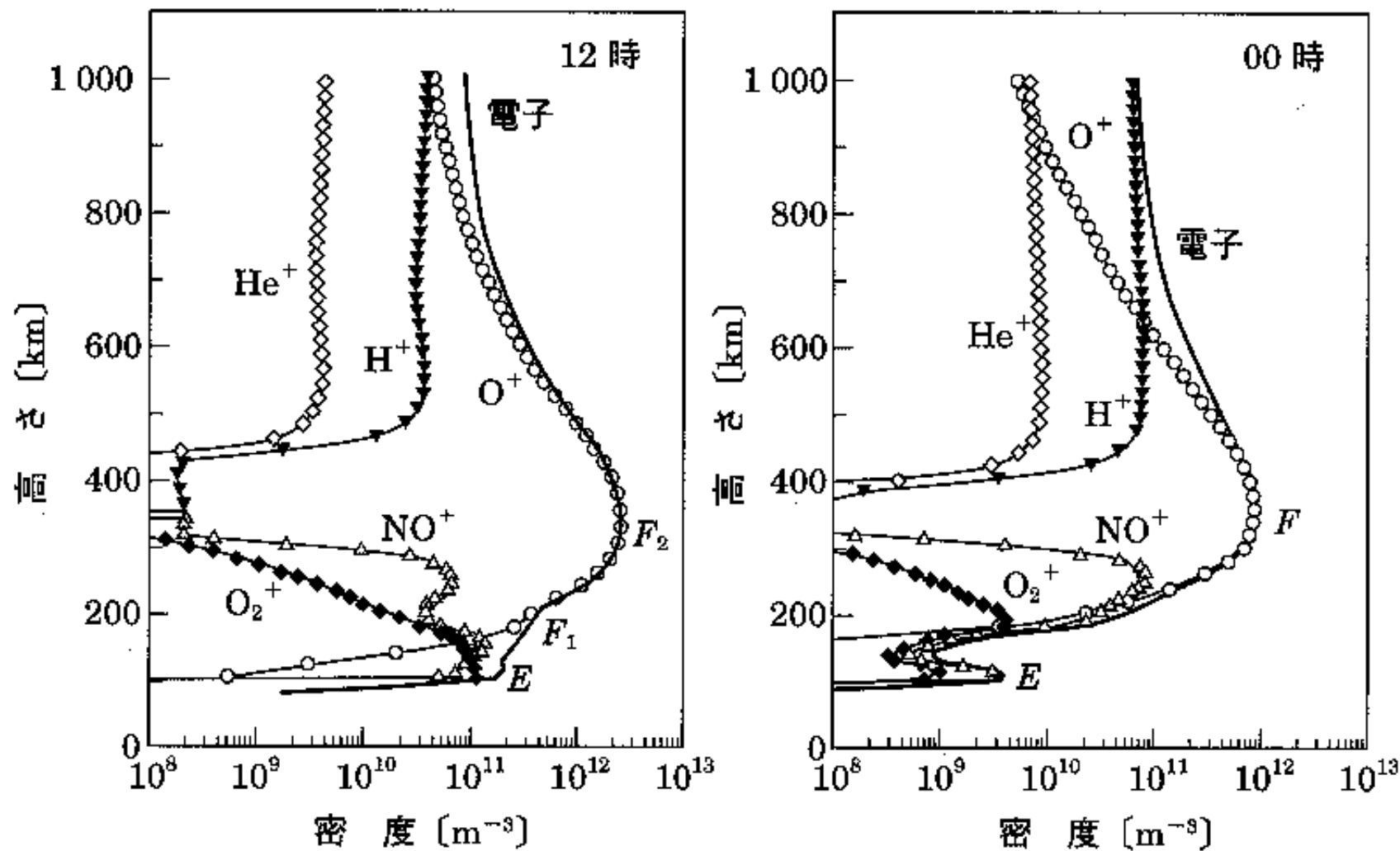
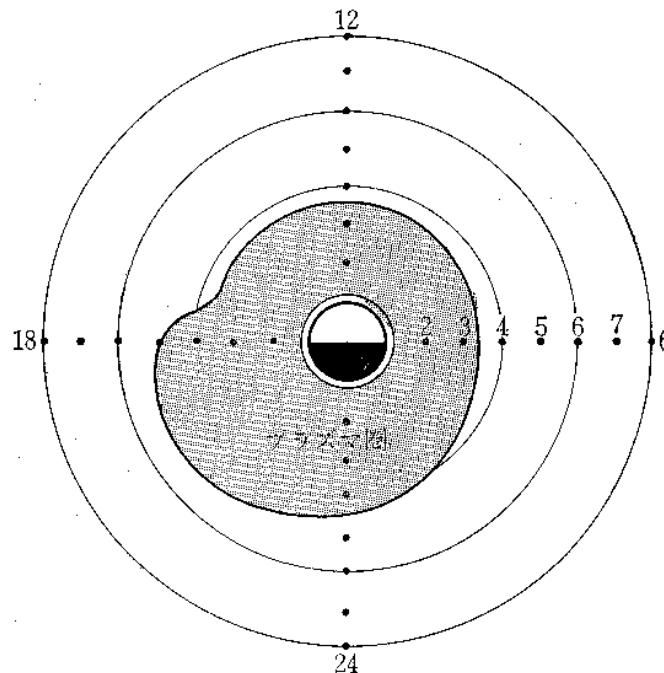


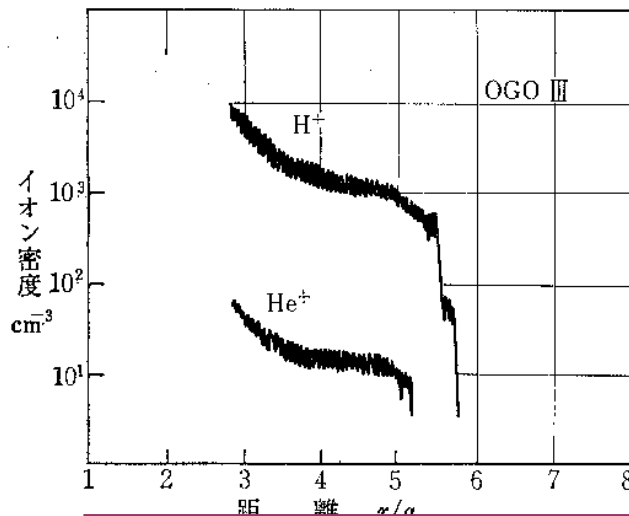
図 3・10 イオンの高度分布 (IRI)

電離圏外側の様子：
 数密度は
 H^+ と He^+ が支配



5-4 図 プラズマ圏のかたち (赤道面) —地磁気活動度 $K_p=2\sim 4$ [2]

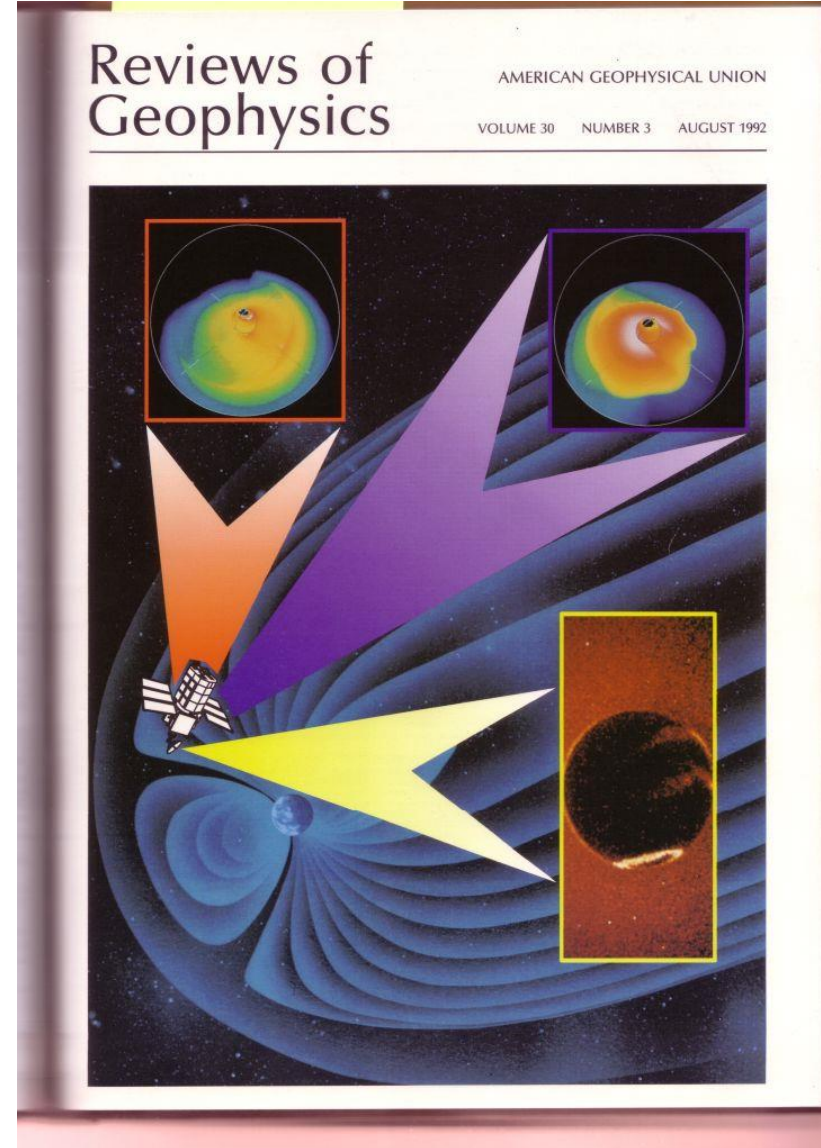
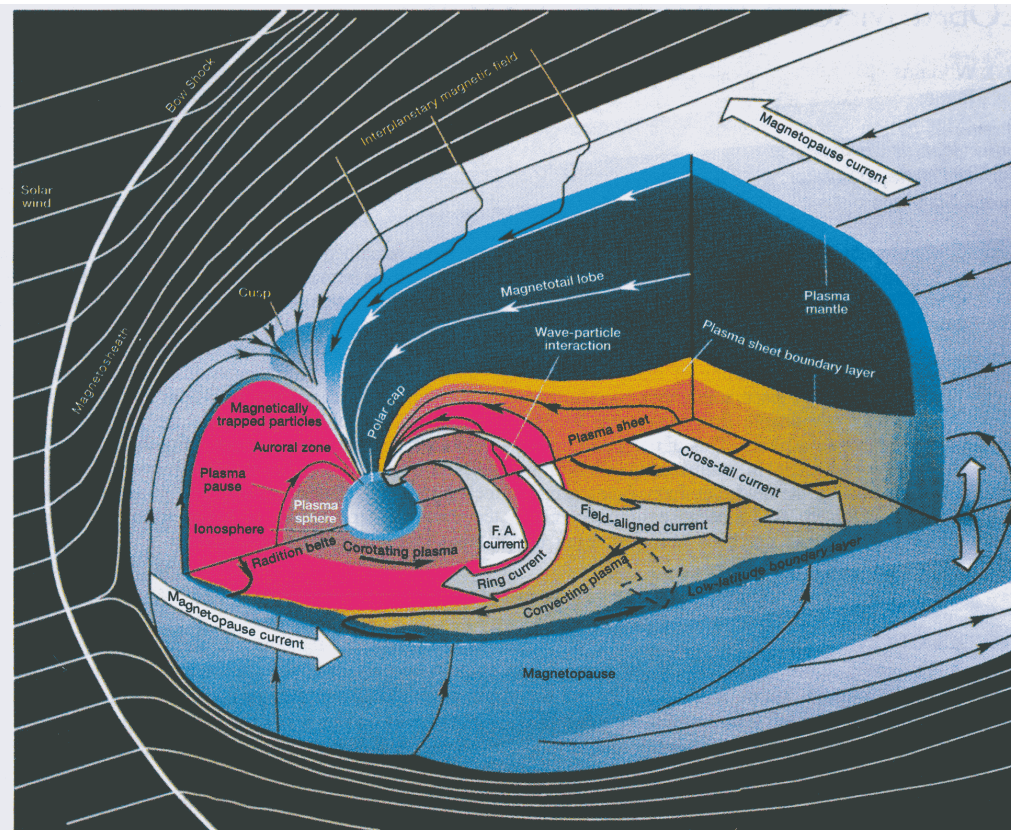
数密度



地心距離

5-5 図 プラズマ圏のイオン密度分布 $K_p \leq 2$, 地方時=22~24 h [3]

地球を取り巻く磁気圏の様子(断片的な観測からの想像)



プラズマ圏の撮像@30.4nm

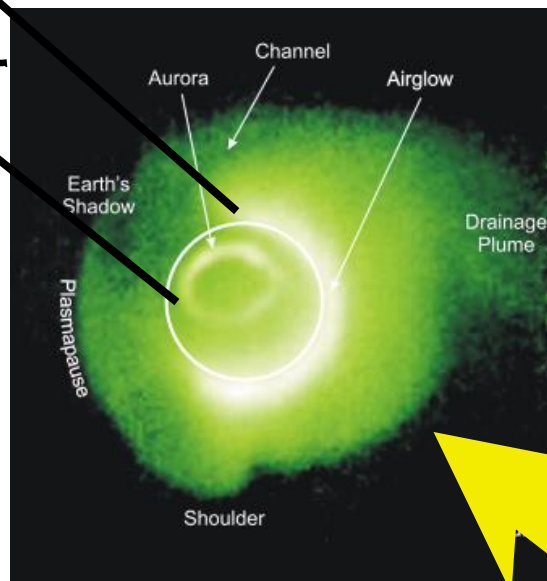
90年後半には、ヘリウムイオンの太陽共鳴散乱光（極端紫外光：30.4nm）による2次元像が得られるようになった。

太陽共鳴散乱光による撮像@EUV

程よく離れた距離
(8地球半径)から
NASAの人工衛星
が撮影

11時間の軌道周期のうち、遠地点付近で5~6時間の撮像を2000-2001年の間おこない、十分なデータベースを作成。

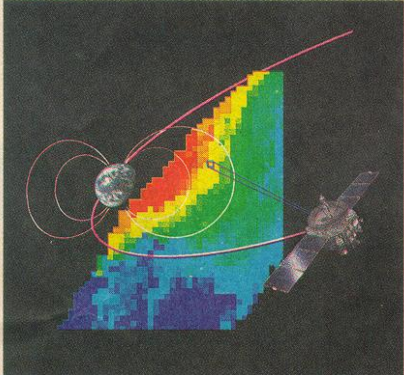
地球の影



太陽光

日本のチームによるプラズマ圏撮像

[朝日新聞, January, 2000]



**「のぞみ」地球で腕試し
広大なプラズマ圏とらえらる**
火星探査へ

地球から高度六万^{キロ}の宇^宙に。画像のモザイク状の部^分がそれ、東京大学宇宙空間に流れ出すヘリウム^{イオン}のようすがわかつ^た。臨理工学系研究科の中村正人

助教授らが火星探査機「のぞみ」の極端紫外光撮像装置を使って観測した。

地球の近くはヘリウムイオンの密度が高く、遠く離れるほど薄くなっている。地球の極地方から延びる四本の曲線は磁力線で、内側二本が高度約二万^{キロ}。ヘリウムは地球内部のウランなどの放射性元素の崩壊によって作られ、火山や海れいを通して大気中に放出される。数百^{キロ}上空で太陽の紫外線によって電子とイオンに分かれるが、こうした電離ガス(プラズマ)は磁力線に捕まり、高度二万^{キロ}程度までしか広がって

いないと考えられていた。この装置は特殊な多層膜の鏡でできていて、ヘリウム原子やイオンによる散乱される太陽からの紫外線を測定できる。

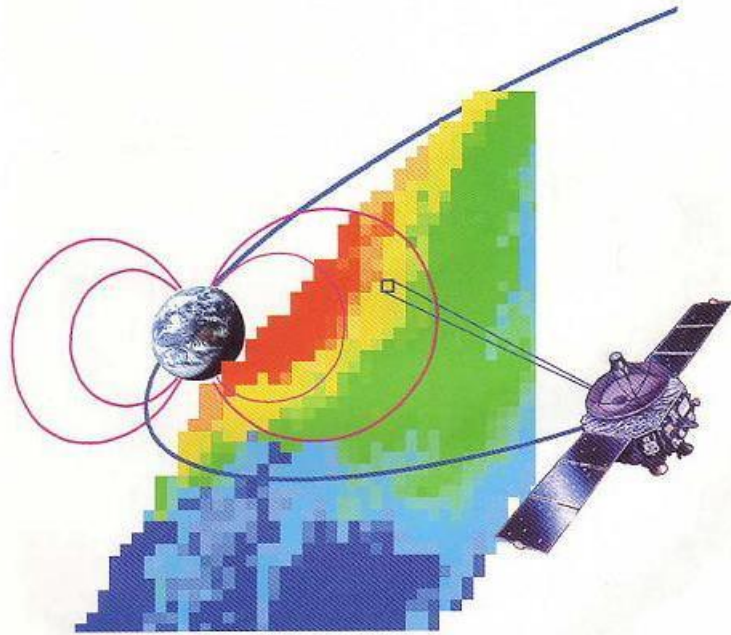
目的地の火星では大気中のヘリウムの量を調べる。「火星には地球のような活発な火山活動はなく、下からのヘリウム供給はないと考えられるが、これまでの観測でわずかながヘリウムが見つかった。ヘリウムがどこから来たのかを探りたい」と中村さん。

また、高性能化した装置を三〇〇四年打ち上げの月探査機「セレーネ」に載せる予定で、地球の磁場に束縛されたプラズマのようすもさらに詳しく調べたいと話している。(画像は中村さん提供)

Naomichi Iiyagami

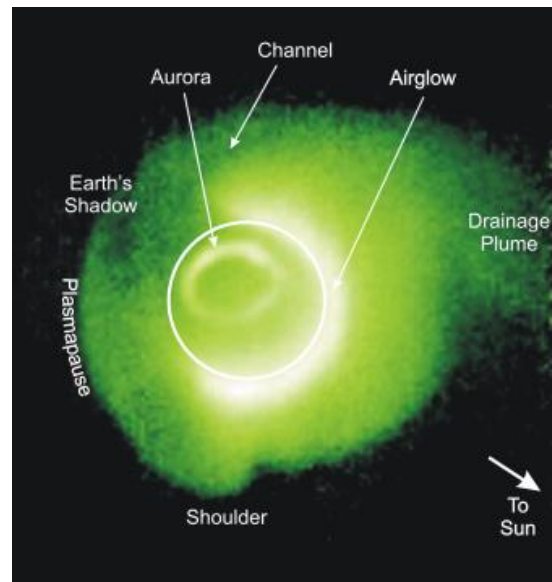
Geophysical Research Letters

JANUARY 15, 2000
VOLUME 27 NUMBER 2
AMERICAN GEOPHYSICAL UNION

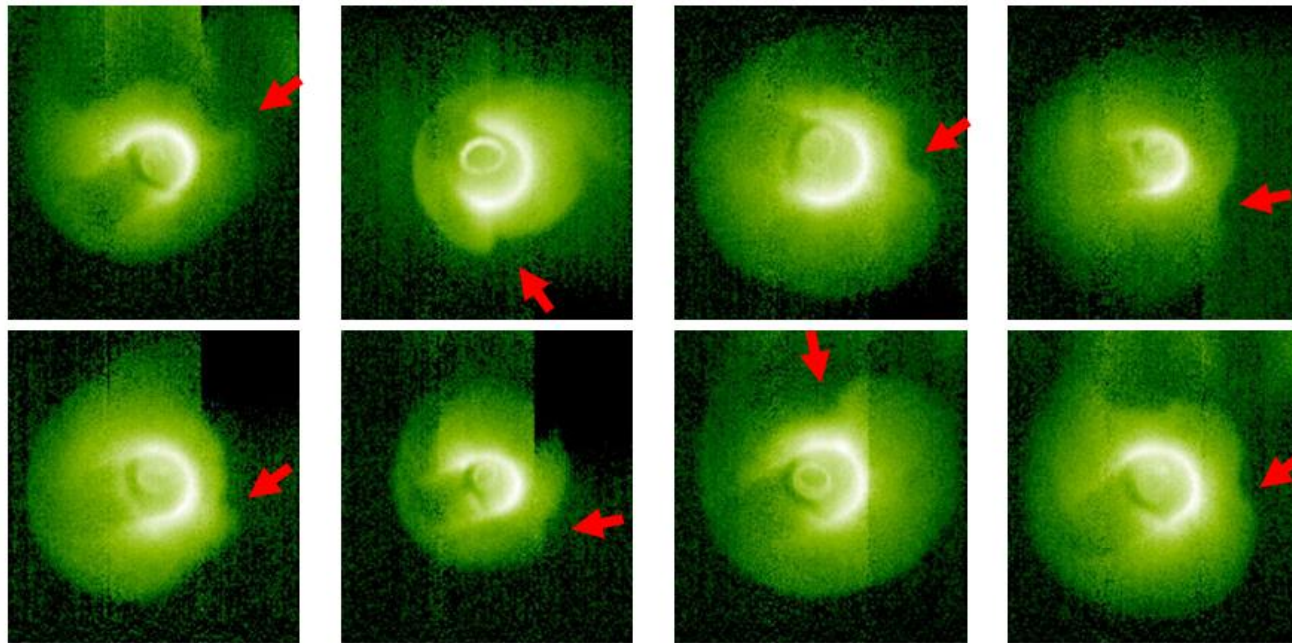


Are there gamma rays from thunderstorms? • New method for sequestering oceanic CO₂ • Explaining the lack of Antarctic coal

1998年に世界で初めてプラズマ圏の外からの撮像に成功

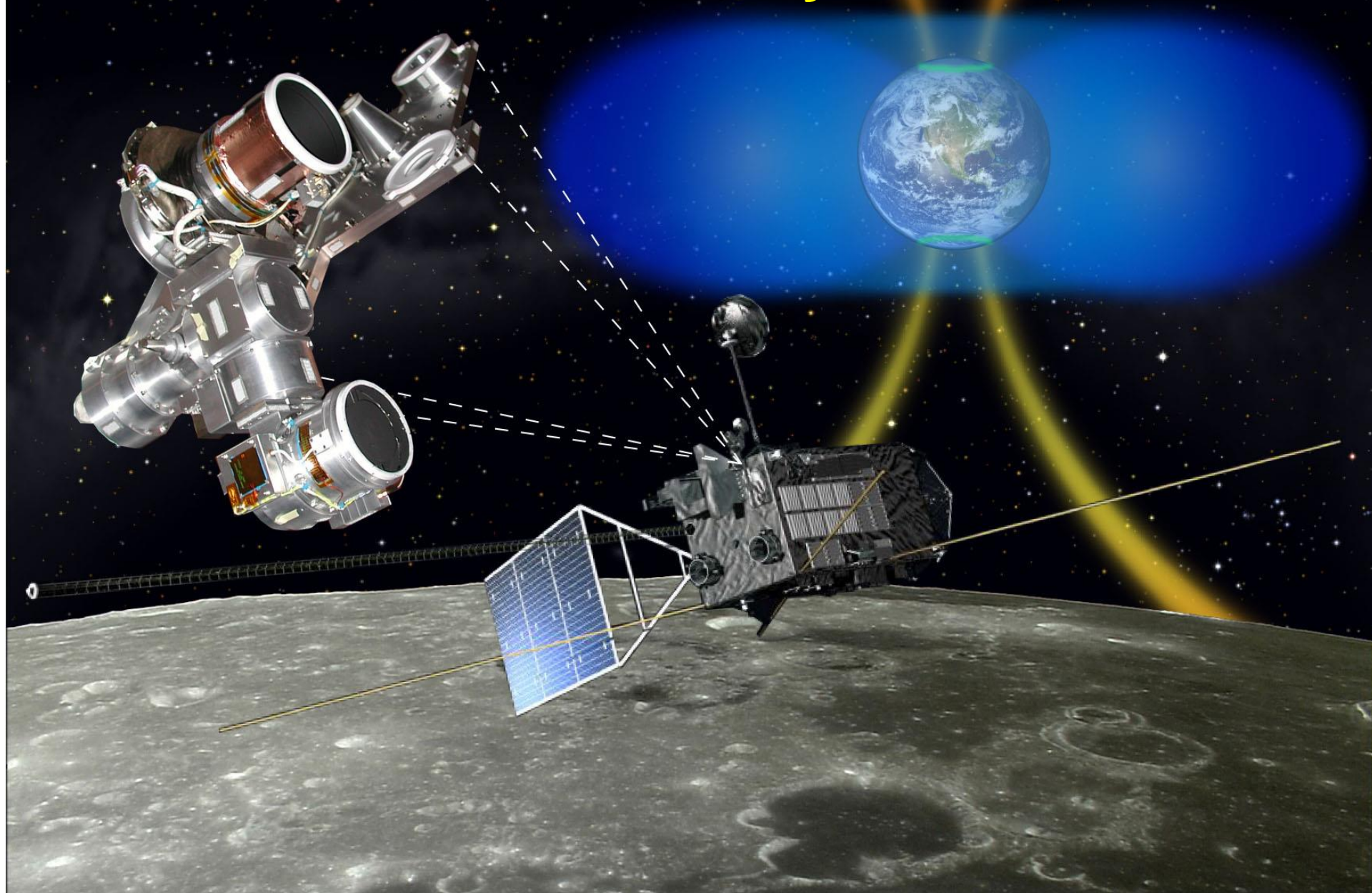


2000年の5~12月までの観測で8例。



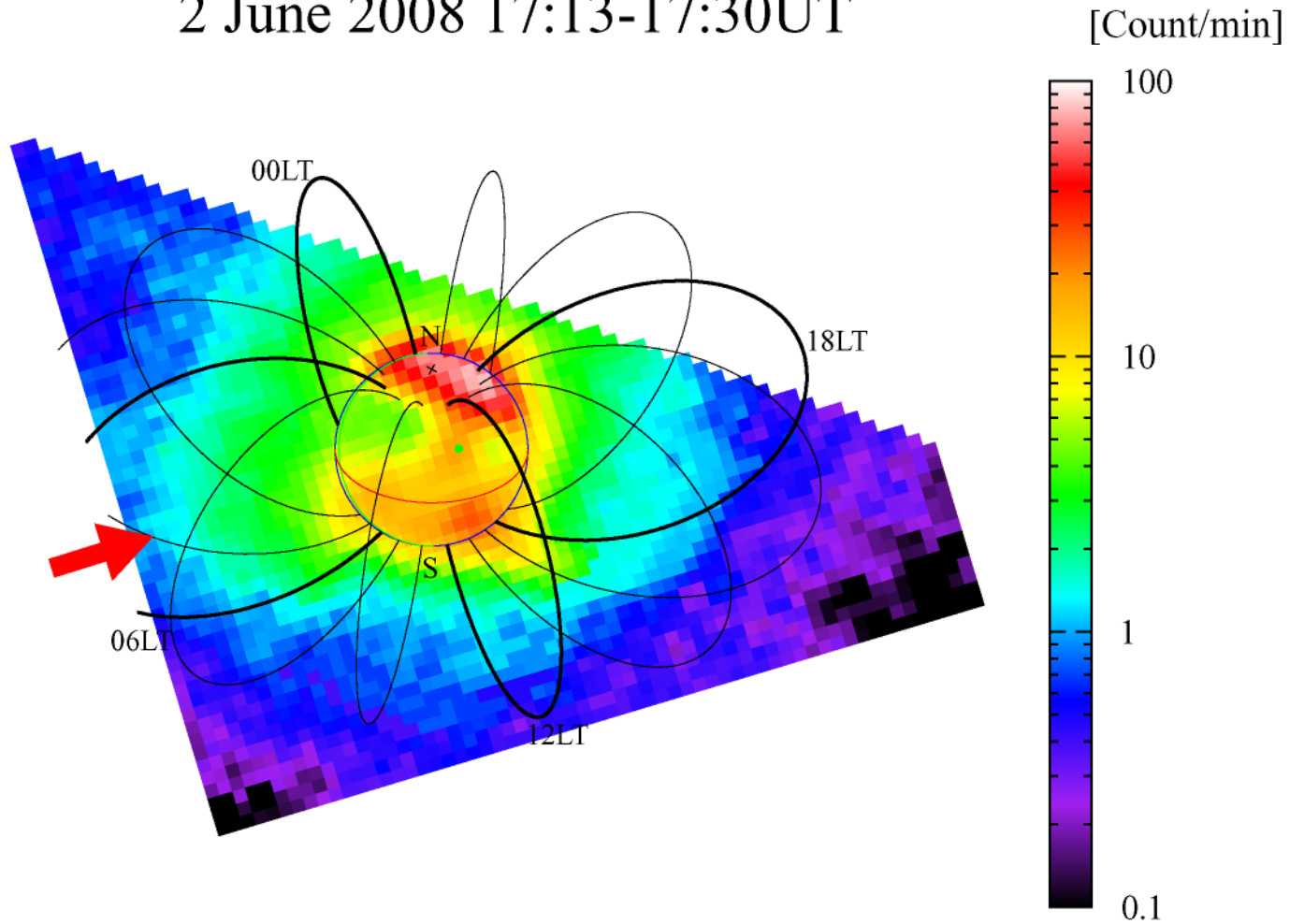
内部磁気圏変形の瞬間を捉えた映像はない。

月の周回から撮影 by かぐや衛星



月から見た地球のHe+コロナ

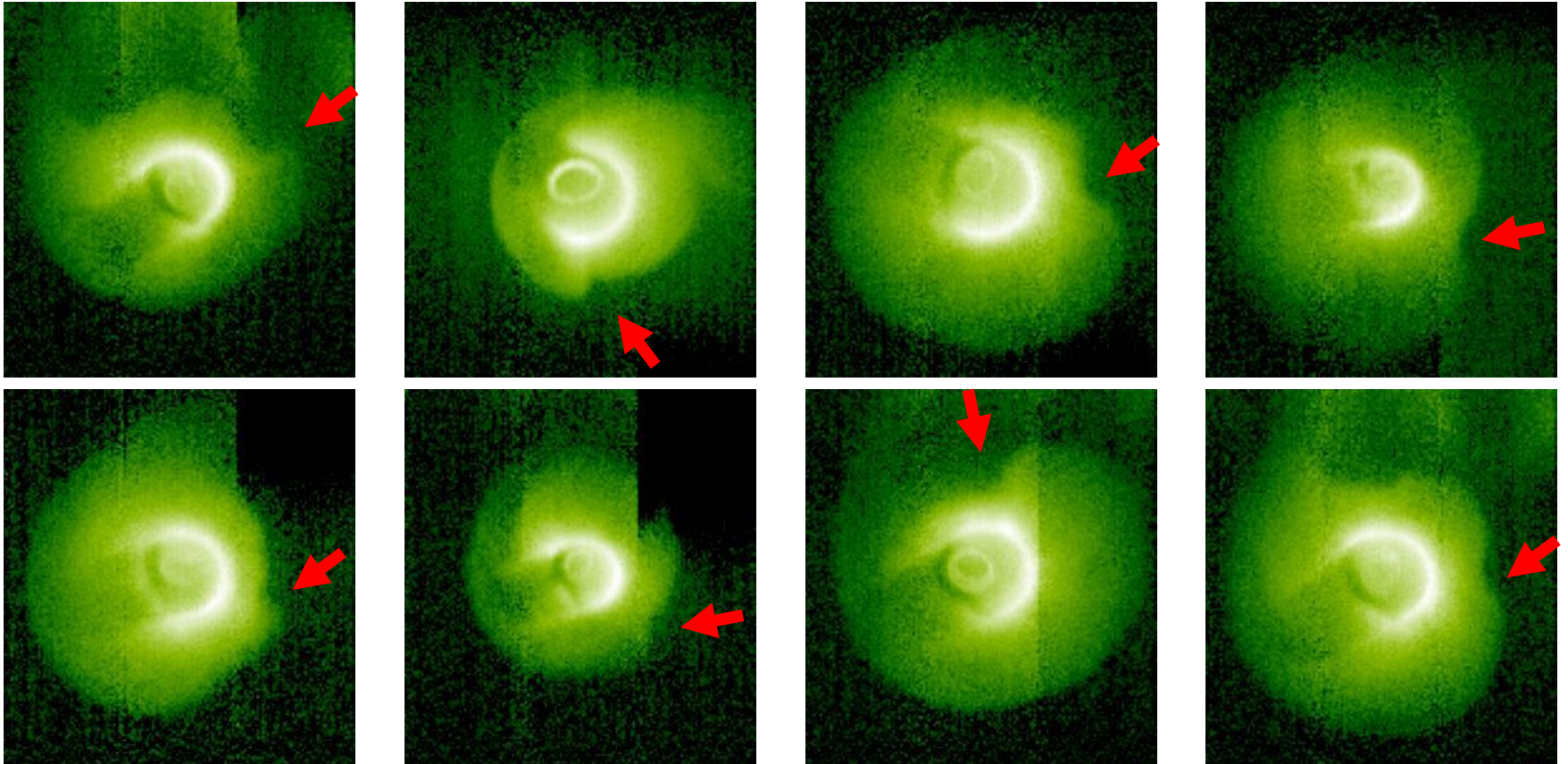
2 June 2008 17:13-17:30UT



かぐやが撮影したプラズマ圏。プラズマポーズの凸(赤矢印)が約26時間で地球の周りを運動しているのが分かる。

NASAのIMAGE衛星でも撮影@30.4nm

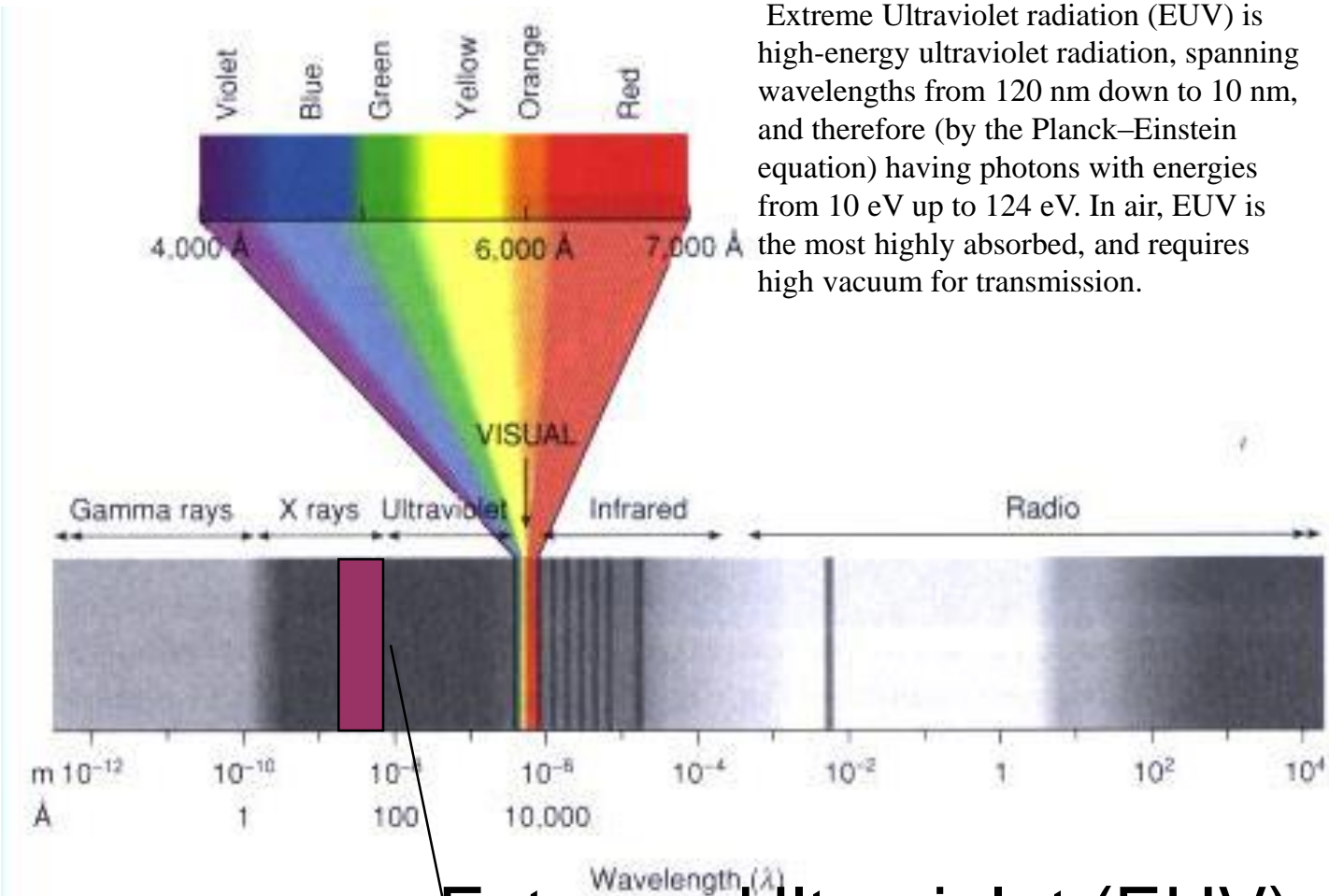
2000年の5~12月までの観測で8例を見つけた。



形成の瞬間を捉えた映像はない。(突然発生する)

太陽風の擾乱による、地球周辺に特異な電場構造が生成の原因、という説が有力

極端紫外光を集光する 技術の開発



Extreme Ultraviolet radiation (EUV) is high-energy ultraviolet radiation, spanning wavelengths from 120 nm down to 10 nm, and therefore (by the Planck–Einstein equation) having photons with energies from 10 eV up to 124 eV. In air, EUV is the most highly absorbed, and requires high vacuum for transmission.

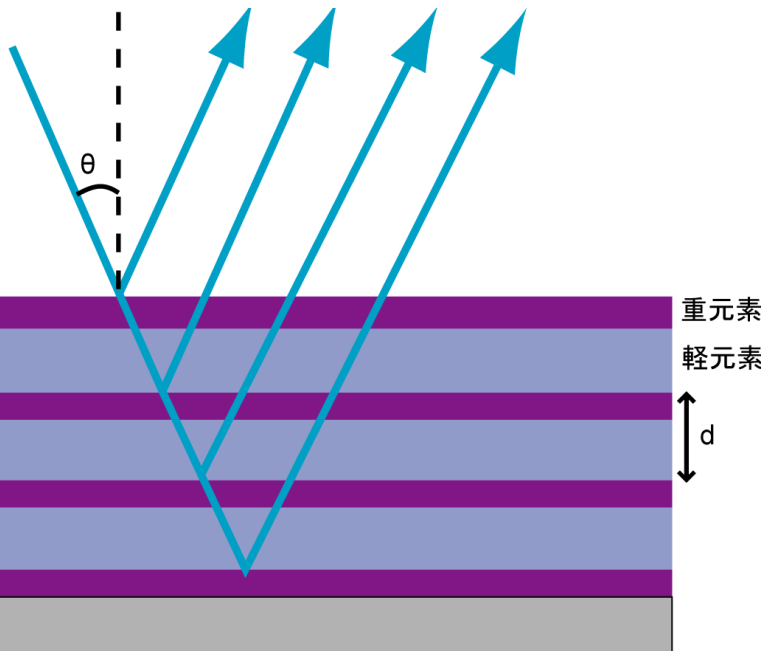
Extreme Ultraviolet (EUV)

多層膜反射鏡

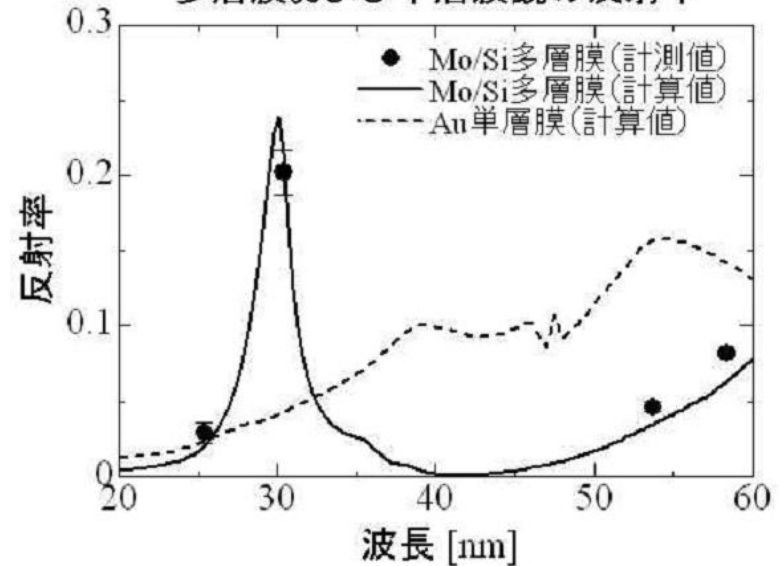
EUVはエネルギーが高く物質表面で吸収されてしまうため反射率が極めて低い。そのため撮像観測には干渉を利用し反射率を高めた多層膜反射鏡を使う。

多層膜反射鏡の原理。

層の境界の反射光が干渉し、高い反射率を達成できる。反射率は入射角、層厚、薄膜物質によって決まる



多層膜および単層膜鏡の反射率



のぞみ衛星搭載のXUV観測機に用いられたMo/Si多層膜鏡の反射率。Au単層鏡と比較して反射率が向上している。

宇宙望遠鏡 (EXCEED) による 惑星大気・磁気圏探査



M-Vの3分の2の打ち上げ能力
M-Vの3分の1の費用



**EXCEEDが初号機搭載
科学機器に選ばれる。**

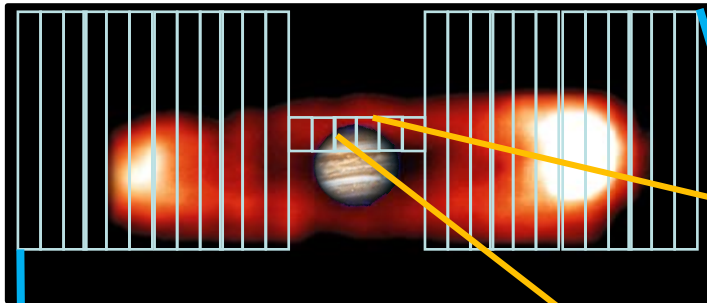
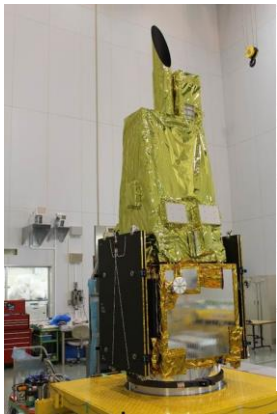


EXCEED (boarded on Hisaki satellite) is an **active** Earth-orbiting spectrometer working in the **EUV** spectral range, studying planets

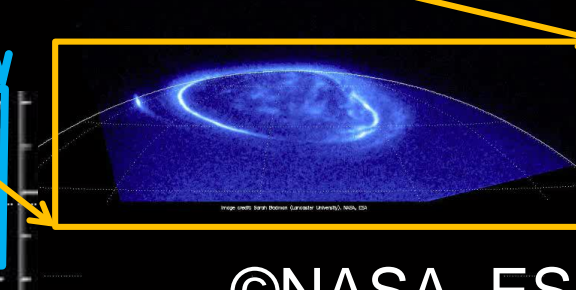


Figure 1: Hisaki spacecraft with EXCEED was successfully launched by Epsilon rocket from Uchinoura (Japan) in 2013





Misaki obs. area



2015/8/7

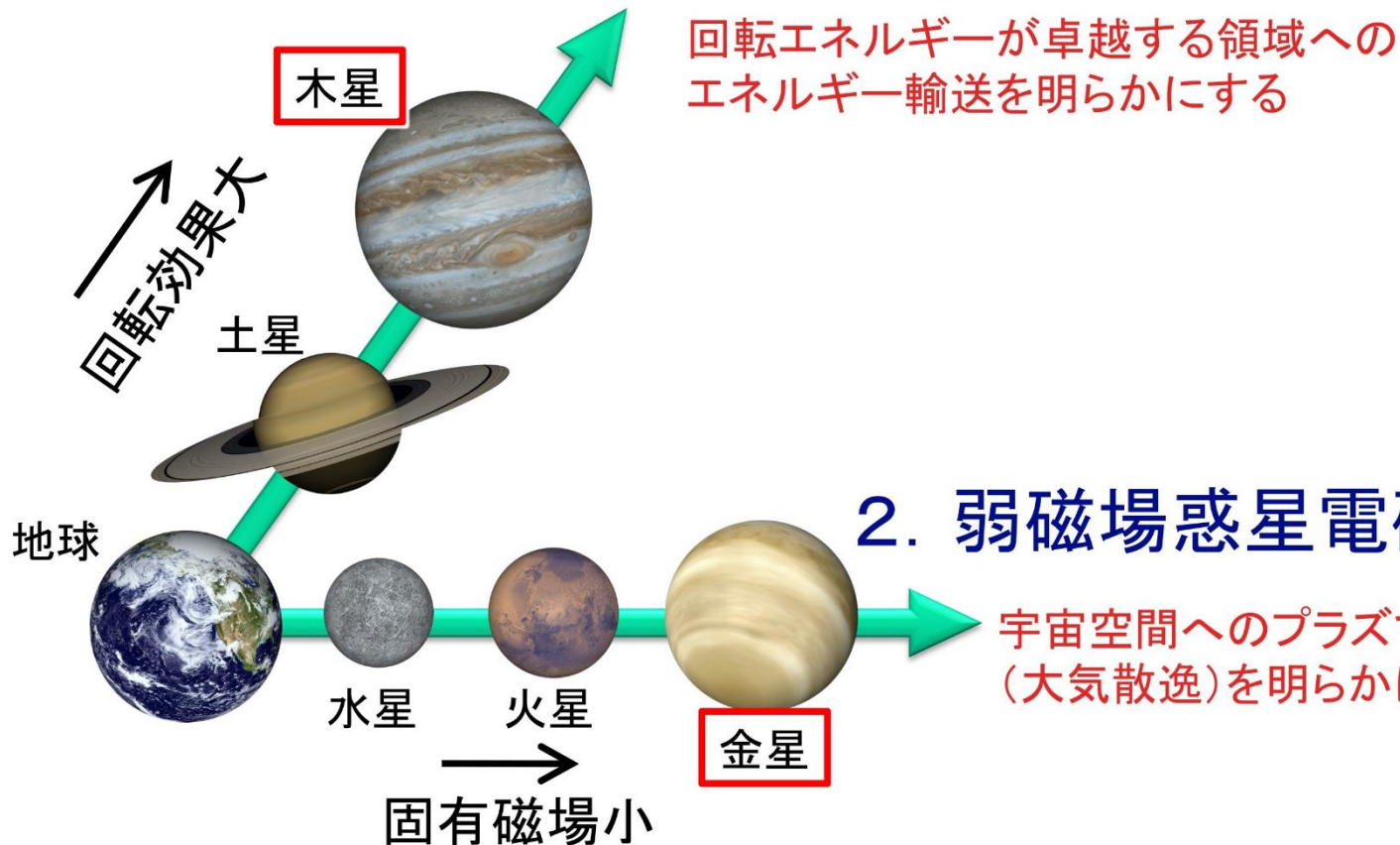
AOGS 2015 Singapore

33

EXCEEDの目指すサイエンス

- 惑星磁気圏の特性を決定づける二つの重要なパラメータがある。一つは、**惑星の自転速度**、もう一つ。他は、惑星自身のもつ**固有磁場強度**である。EXCEEDミッションは、自転効果が卓越する惑星(木星、土星)と、固有磁場強度が小さい惑星(金星、火星、水星)におけるエネルギーとプラズマの輸送にまつわる謎における本質的な課題を解明し、地球とは異なるパラメータ領域における磁気圏特性の理解の深化を目指す。

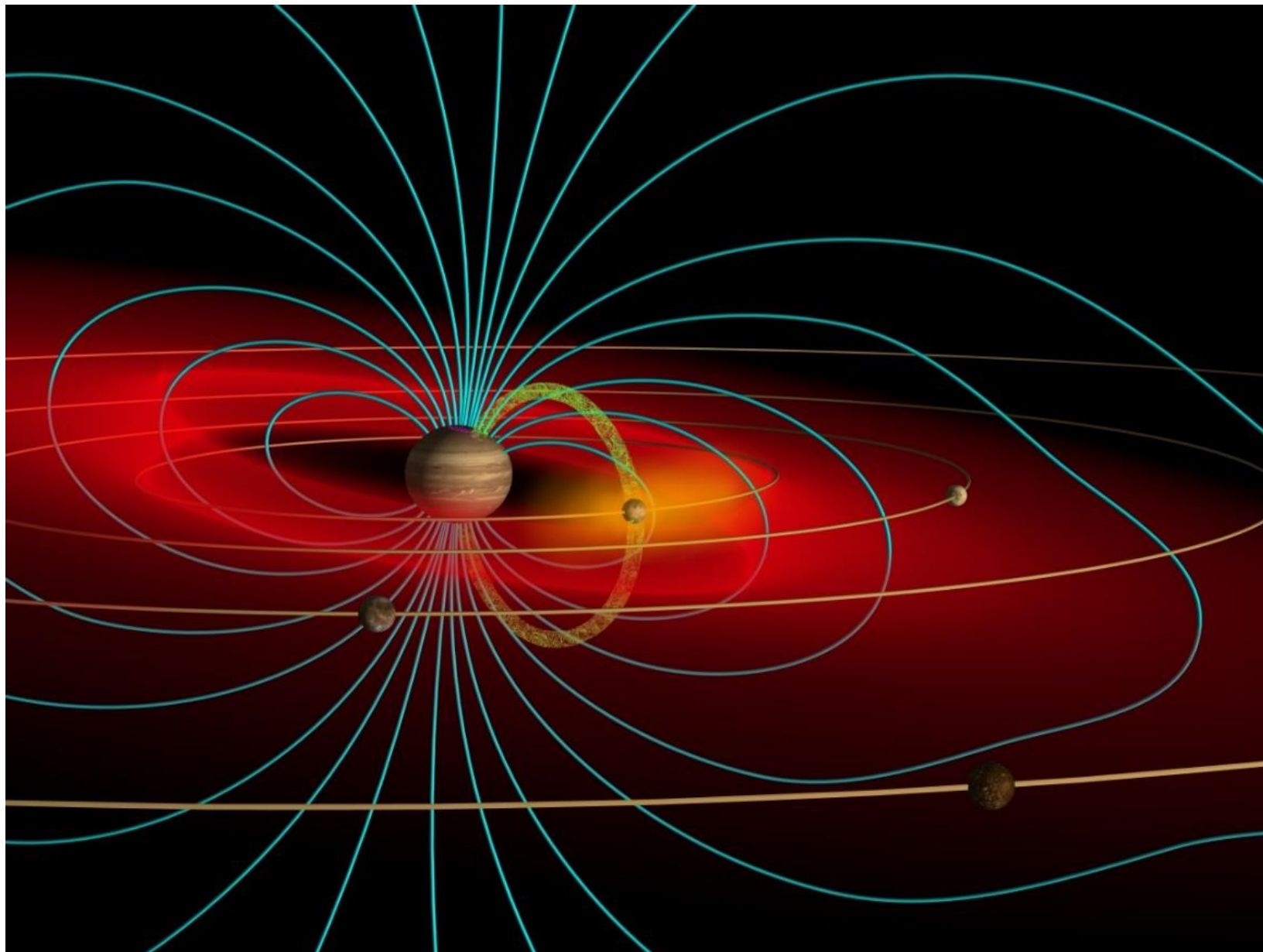
1. 回転支配型磁気圏



2. 弱磁場惑星電磁圏

宇宙空間へのプラズマ輸送
(大気散逸)を明らかにする

木星磁気圏からの極端紫外線(EUV)放射



回転支配型磁気圏 木星

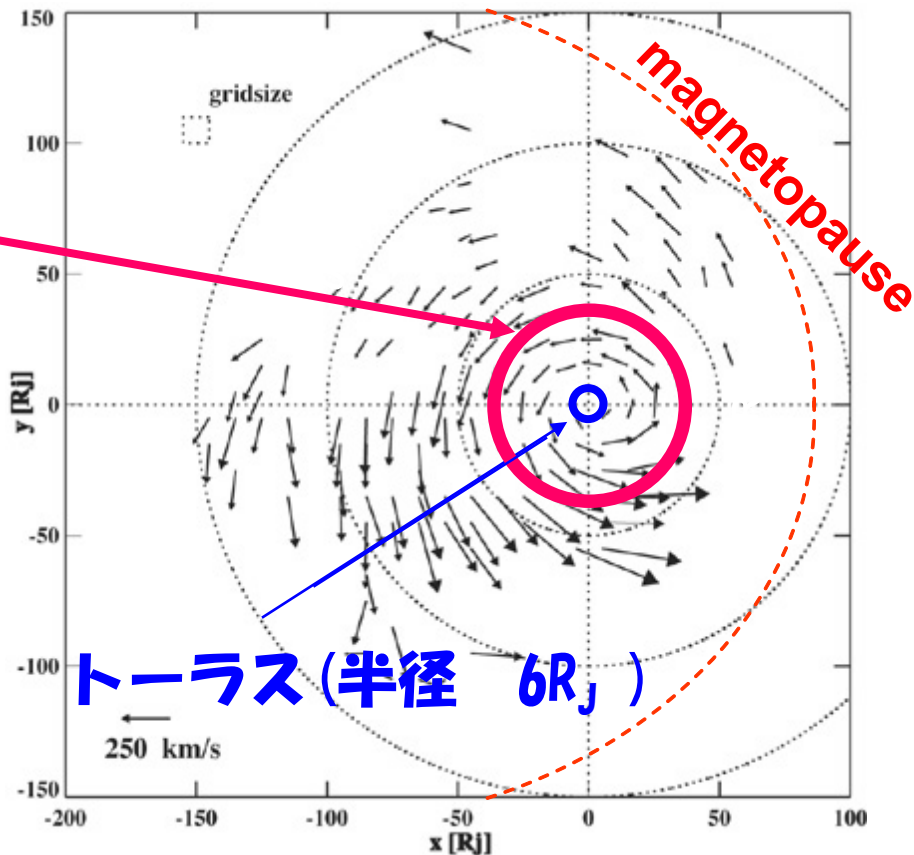
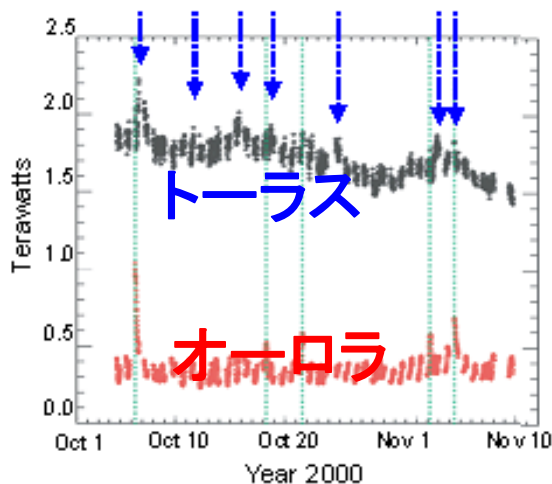
(特徴)

動径方向の物質・エネルギーの輸送が困難

オーロラの増光の種

(反例) 外部磁気圏の擾乱が、非常に早いタイムスケールで内側に伝わってきている例を発見。

(ガリレオ探査機やカッシーニ探査機)

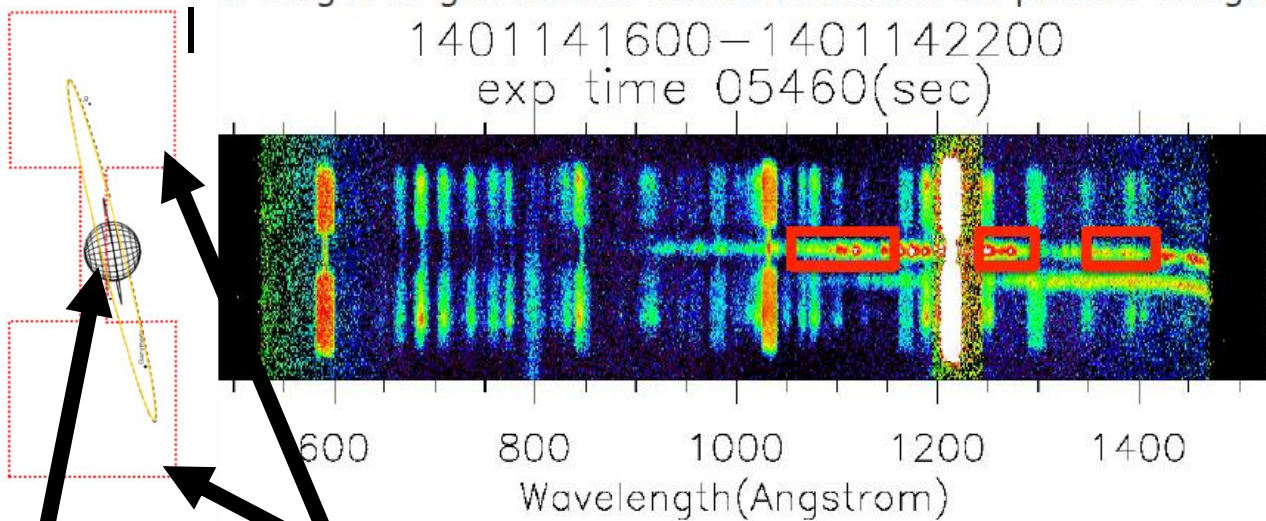


図： ガリレオ探査機が観測した木星磁気圏磁気内プラズマの流れ (Krupp et al. 2004). 方位角方法の流れが支配していることが分かる。



Typical feature of Jupiter observed by EXCEED

dumbbell



Northern pole
IPT

Simultaneous observation of
polar arc and IPT are feasible.

Interaction between Volcanic
Activity and Jupiter's
Magnetosphere

4. 最近の動向とまとめ

東京大学 理工連携による プロキオン衛星の開発

