

Planetary Plasma and Atmospheric Research Center
Graduate School of Science
TOHOKU University

人は美しいものにひかれ感動する…。
私たちはそれが“惑星”でした。

PPARC 2024



設置目的 Purpose of founding

本センターは、独自の光赤外・電波観測施設を拠点とし、また日本および世界の衛星・探査機および望遠鏡群も駆使して、地球や惑星たちを包む環境の変動と深化の解明に取り組んでいる。

Our center aims to research the variations and evolutions of planetary environments including our planet Earth, using our own visible-infrared and radio telescopes with the space missions and large-sized telescopes of Japan and the world.

組織 Members and observatories

教授・センター長 Prof/Director	土屋 史紀 Fuminori TSUCHIYA
教授 Prof.	笠羽 康正 Yasumasa KASABA
准教授(飯館/蔵王観測所長) Associate Prof.	三澤 博昭 Hiroaki MISAWA
准教授(ハレアカラ観測所長) Associate Prof.	坂野井 健 Takeshi SAKANOI
助教 Assistant Prof.	鍵谷 将人 Masato KAGITANI
助教(兼：惑星大気) Assistant Prof.	堺 正太郎 Shotaro SAKAI
技術職員 Technical Staff	大友 綾 Aya OOTOMO
技術職員 Technical Staff	佐藤 慎也 Shinya SATO
事務補佐員 Clerical Staff	管野 ゆかり Yukari KANNO
技術補佐員 Ass. Tech. Staff	苫米地 由布 Yu TOMABECHI
技術補佐員 Ass. Tech. Staff	阿部 敏弘 Toshihiro ABE

附属観測所 Observatories

ハワイ・ハレアカラ観測所 Hawaii Haleakala observatory
…マウイ島ハレアカラ山頂・ハワイ大学ハレアカラ観測所内

惑星圏飯館観測所 litate observatory
…福島県相馬郡飯館村前田

惑星圏蔵王観測所 Zao observatory
…宮城県刈田郡蔵王町遠刈田温泉七日原

以下、太陽惑星間空間物理学講座で運営

惑星圏米山観測所 Yoneyama observatory
…宮城県登米市米山町字桜岡貝待井

惑星圏川渡観測所 Kawatabi observatory
…宮城県大崎市鳴子温泉蓬田

(2024年7月現在)

観測施設の沿革 History of observatories

1947 _(昭和22年)	女川地震津波地磁気観測所設置。 1957年(昭和32年)理学部附属地磁気観測所となる。 Onagawa geomagnetic observatory was founded.
1956 _(昭和31年)	蔵王山麓夜光観測所設置。 Zao airglow observatory was founded.
1973 _(昭和48年)	理学部附属超高層物理学研究施設設置。 夜光観測所は同施設附属蔵王観測所となる。 Upper Atmosphere and Space Research Laboratory (UASRL) was founded.
1998 _(平成10年)	大学院重点化により、超高層物理学研究施設、 地磁気観測所ともに理学研究科附属となる。 UASRL and Onagawa observatory became Graduate School of Science attached.
1999 _(平成11年)	超高層物理学研究施設と地磁気観測所、及び地球物理学専攻・太陽惑星間空間物理学講座の観測室を改組・統合し、理学研究科附属惑星プラズマ・大気研究センターが設置される。 UASRL and Onagawa observatory were integrated and PPARC was founded.



学部・大学院生の進路

●教育・研究機関等

東北大、東北工業大、名古屋大、京都大、鹿児島高専、各地高校教員、各地天文科学館、等
宇宙航空研究開発機構(JAXA)、情報通信研究機構(NICT)、国立天文台、日本原子力研究開発機構、国立極地研究所、等

●民間企業・官公庁等

宇宙技術開発、ジェネシア、三菱電機、三菱スペースソフトウェア、NEC、明星電気、ウェザーニューズ、コニカミノルタ、TDIシステムサービス、JR東日本テクノロジー、NEC、NEC北海道、NECソフトウェア東北、NTT、NTTデータ、東日本電信電話、西日本電信電話、アクセンチュア、アドマックス、アメリカンファミリー、キヤノン、サイバーエージェント、実践学習ゼミナール、信濃屋食品、新日鉄ソリューションズ、等
気象庁、国土地理院、防衛省、都道府県庁、等



PPARC 検索

東北大学大学院理学研究科
惑星プラズマ・大気研究センター
〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3
[TEL] 022-795-3499
[FAX] 022-795-6406
Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University
Aramaki-aza-aoba, Aoba, Sendai, Miyagi
Japan 980-8578
[TEL] +81-22-795-3499
[Web] <https://pparc.gp.tohoku.ac.jp>





地球、惑星、さらにその先へ

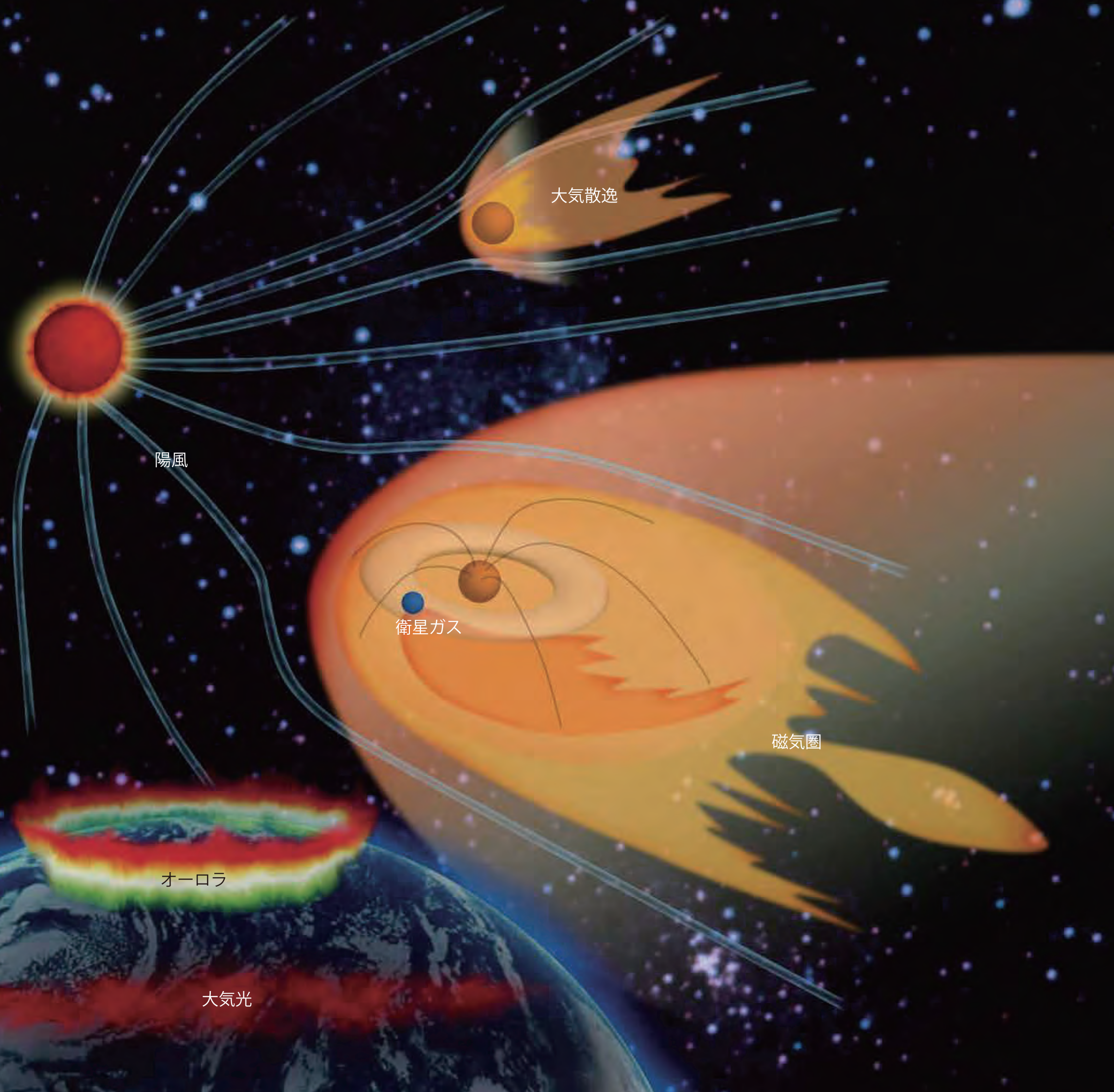
土屋 史紀

惑星プラズマ・大気研究センター センター長
Prof. Fuminori TSUCHIYA, Director of PPARC

「なぜ惑星を研究するのか?」という問いは、惑星研究の黎明期から綿々と受け継がれてきました。近年の観測によって太陽系の惑星・衛星の多様な姿が明らかになるにつれ、「地球がどのような変遷を経て生命を育む惑星となったのか」という問いに迫るピースとして、地球とは異なる姿を持つ太陽系天体を詳しく探査する必要性が認識されるようになりました。PPARCは惑星の大気とそこに影響を与える宇宙のプラズマに着目して研究を進めるセンターです。惑星観測では、太陽活動の変化を受けながら時々刻々と変化する姿を捉える必要があります。私たちは惑星観測に占有できる電波望遠鏡と光赤外望遠鏡を独自に運用し、惑星のモニタリングを担う世界有数の拠点となっています。それと同時に最先端の観測装置を開発して日本・世界の惑星探査機に搭載し、水星、火星、そして木星とその周りを回る氷衛星では新しい探査が始まろうとしています。地球とその環境に影響を与える太陽は、私たちが最も詳細に観測できる惑星と恒星のサンプルであるとともに、人類の宇宙空間での活動の基盤となる「宇宙天気」研究を通して、宇宙に広がる人類活動を支える基礎研究でもあります。PPARCを含む東北大グループでは地球と太陽の研究も並行して進めており、比較惑星の視点で研究を行う世界有数のグループを形成しています。1992年に初めて見つかった太陽系外の惑星は、今や発見数が6,000個に迫ります。これによって、太陽系の8つの惑星とその周りを回る衛星の位置付けは、私たちが最も詳細に観測できる天体達へと格上げになりました。私たちは太陽系の天体の詳細探査によって、「宇宙では如何にして生命を育む天体が形成されるのか」という究極の問いに挑み続けます。

"Why we study the planets?" has been a question since the beginning of the planetary exploration. As recent observations revealed the diversity of planets and moons in the solar system, the need for detailed exploration of solar-system bodies has been recognized to answer the question, "How did the Earth evolve into a planet that has life?"

The PPARC is a research center that focuses on planetary atmospheres and the space plasma that affects them. It is essential to capture the time-variable aspects of the planetary atmospheres and plasma environments around planets. We operate radio telescopes and optical-infrared telescopes that can be dedicated to planetary observations. At the same time, we have developed state-of-the-art instruments onboard planetary spacecraft, and new exploration is about to begin with Mercury, Mars, Jupiter, and the icy around Jupiter. The Sun and Earth are the most detailed planetary and stellar samples that can be observed as well as the objectives for space weather research, which is the foundation of human activities in space. Our group is also working on space physics around the Earth and the Sun, forming a world's leading group conducting research from a comparative planetary perspective. The number of exoplanets is currently approximately 6,000. This elevates the eight planets and their moons in the solar system to the objects most closely observed in space. With our detailed exploration of the solar system's bodies, we will challenge the ultimate question, "How do life-supporting bodies form in the universe?"



研究・開発 RESEARCH & DEVELOPMENT

ここで紹介しきれない研究テーマは、研究室ウェブ上で公開中です。 <http://pparc.gp.tohoku.ac.jp>

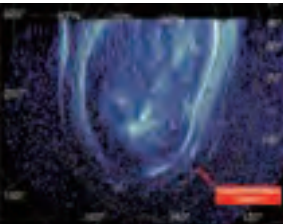
1 太陽系・衛星系 Planets and Satellites

地球と他の惑星・衛星の違いを生む原因は何だろう？最新の観測技術と理論を駆使し、太陽系天体のプラズマ・中性大気現象の理解を目指しています。

PPARC makes the most use of the latest observation techniques and theories to understand plasma and neutral-atmosphere phenomena of solar-system bodies.

木星や衛星イオ・エウロパの環境 Environment around Jupiter and its Moons Io and Europa

ハッブル宇宙望遠鏡で観測した木星オーロラから、数年に渡る木星の磁気圏環境の変化を捉えることに成功しました。



ハッブル宇宙望遠鏡で観測した木星オーロラの極域展開図。衛星エウロパと磁力線でつながる場所にスポット状のオーロラ発光が確認できる。

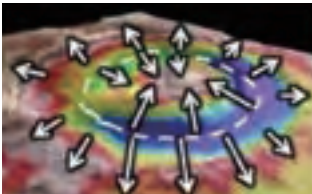
宇宙望遠鏡「ひさき」とハワイ観測所T60望遠鏡の観測により、太陽風の影響が木星の磁気圏内部にまで及んでいる様子を捉えることに成功しました。



(左)宇宙望遠鏡ひさき。(右)イオの火山ガスがイオ軌道に沿って発光する様子をT60望遠鏡で捉えた画像。

火星・金星・水星や氷衛星ガニメデの大気・電離圏 Atmosphere and Ionosphere of Mars, Venus, Mercury and icy moon Ganymede

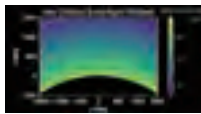
火星探査機が観測した分光データを解析し、火星の大気環境の季節変動や、ダストストームの発達過程を明らかにしました。2024年に打ち上げが予定されている火星探査機MMXによる研究に繋がってゆきます。



(左)火星周回探査機による近赤外分光データの解析から明らかにした風の流れ。(右)2024年に打ち上げ予定の火星探査機MMX



木星から放射される電波を探査機で観測することで、衛星ガニメデの大気や電離圏環境を研究しています。2031年に木星に到着する探査機JUICEによる研究に繋がってゆきます。



(上)衛星ガニメデ電離大気のモデル。(下)ガニメデ近傍で電波が進む様子をシミュレーションした結果。木星探査機の観測結果から、ガニメデ電離大気の分布や変動を捉えることができる。



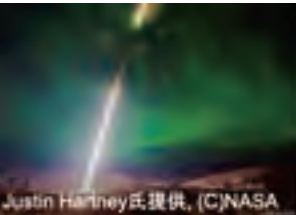
2 地球・月と太陽 Eath, moon and sun

人工衛星や地球観測データを用いて、オーロラや磁気嵐現象などの地球電磁圏環境の変動現象を理解していきます。

Data from artificial satellites and ground-based observations are helping us to understand fluctuating phenomena in the Earth's magnetosphere such as auroras and magnetic storms.

オーロラと極域電離圏・放射線帯高エネルギー粒子 Auroral phenomena and polar ionosphere and Earth's radiation belt

オーロラなどを引き起こし、地球大気を電離する「キラー電子」や、それが引き起こす地球上層大気の破壊的な大気の変化を研究しています。

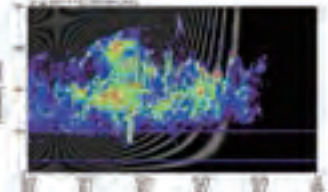


(左)脈動オーロラとともに降ってきていると考えられているキラー電子の想像図。(右)LAMPロケット発射の瞬間 (©脈動オーロラプロジェクト)



月レーダー観測 Radar observation of the Moon

月探査機かぐやで行ったレーダー観測のデータを解析し、これまでより深い月の地下構造について研究しています。



地球のオーロラ起源の電波を月探査機かぐやで捉えた例。これまでより深い地下構造について探査ができる可能性を秘めている。

3 機器開発 Development

新たな惑星地球大気環境を明らかにするために先端技術を用いた機器開発に取り組んでいます。

We are developing new instruments using advanced technologies to make further discoveries about the atmospheres of Earth and other planets.

飯館電波望遠鏡 Iitate Planetary Radio Telescope

数10KHzから数GHzまでの様々な周波数帯の微弱電波を捉える装置を開発し、木星や地球の磁気圏、太陽コロナ中の高エネルギー粒子の物理プロセスの解明を目指しています。



電波望遠鏡受信機の開発



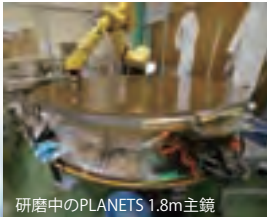
飯館電波望遠鏡

ハワイ観測所T60望遠鏡 T60 telescope at Haleakala Observatory

ハワイ・ハレアカラ山頂に口径60cmの望遠鏡(T60)を設置し、分光器や撮像カメラを用いて惑星・衛星の大気や磁気圏を観測しています。赤外(1-5μm)分光器や1.8m軸外望遠鏡PLANETSの開発も進めてめています。



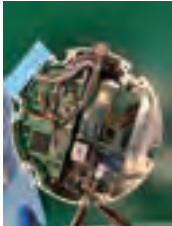
ハワイ観測所T60望遠鏡



研磨中のPLANETS 1.8m主鏡

人工飛翔体搭載機器 Spaceborne instruments

JAXAや海外の研究機関と共同で地球や惑星の探査機に搭載する観測装置を開発しています。



オーロラ観測ロケットLAMPに搭載する高速撮像カメラの開発。



地球圏高エネルギー粒子の源を探るあらせ衛星。搭載する計測装置の開発に携わりました。



木星探査機JUICE。搭載する磁場やプラズマ計測装置の開発に携わりました。



三澤浩昭准教授
山形県出身
趣味はものづくりと修理全般。ただし、周囲の評価は今二つ・・・

太陽や惑星の謎 解明に向けて

一三澤先生ご自身の研究について教えてください

主に2つの対象について研究を行っています。一つは木星磁気圏環境や変動現象、もう一つは太陽コロナ大気中の粒子加速・放出に関する研究です。木星は、サイズ、自転の速さ、磁場の強さが何れも太陽系惑星で最大、且つ、衛星イオの火山活動起源の重い粒子が磁気圏粒子の主成分というユニークな特徴を持つ惑星ですが、地球磁気圏とは随分異なる電磁環境や変動様相を示しており、それらの特徴と成因の究明は大変興味深い研究課題です。一方、太陽は超高温のコロナ大気中で刻々と変化するダイナミックな粒子加速や放出を示す天体ですが、地球圏への影響の観点でもそれらの物理過程の理解は大事な研究課題です。研究対象の磁気圏やコロナ中の高エネルギー粒子は様々な時間スケールで変動し、多様な電波を放出します。それらを的確に捉えて現象の本質を理解してゆくために、専用観測装置を開発し、連続的な観測の実施に基づいて研究を行っています。

一先生がこの研究の道を進んだきっかけをおしえてください

高校時分に米国のVoyagerによる外惑星探査が行われ、想像を超えた不思議な姿に魅了されました。その頃偶々読んだ自然科学の入門書の内容～自前の装置で惑星探査～に触発され、怖いもの知らずでその世界に一步踏み入れてみたのがきっかけです。

オーロラ発光から紐解くエウロパの環境

私は木星とその衛星エウロパに関連したオーロラ発光について研究を行っています。エウロパは表面を分厚い氷で覆われており、また地球のように内部にエネルギー源を持たないため非常に冷たい天体です。しかし、宇宙空間から降り注ぐ荷電粒子(電気を帯びた粒。陽イオンや電子)がエウロパの薄い大気や氷表面に衝突することで外的にエネルギーが供給されており、そのエネルギーが様々な化学反応を引き起こすことが知られています。例えば、エウロパの大気に荷電粒子が衝突すると紫外線波長のオーロラ発光が引き起こされます。光る仕組みは地球のそれとよく似ていますが、空間構造は南北半球の間で非対称な形をしており、その原因は未だ解明されていません。私はエウロパに降り注ぐ荷電粒子の量や温度、エウロパの大気構造など様々な視点からオーロラ発光について調べることで、非対称な構造を生み出す原因を解き明かすことを目標としています。

PPARCでの学生生活

私は小さい頃に読んだSF小説がきっかけで宇宙に興味を持ちました。特に、地球以外に生命が存在するのか、もし存在するとしたらどんな環境なのかという点から、系外惑星について知りたいと思っていました。そのため、宇宙を学べる大学に進学したいと考え、東北大学に入学しました。大学で学ぶうちに「手に届く宇宙」である太陽系にもまだ多くの謎があることを知りました。その謎を望遠鏡や探査機など様々な手段を用いて解明する研究に魅了され、PPARCにやってきました。現在は、「惑星分光衛星ひさき」の極端紫外光観測データや欧州の金星探査機「Venus Express」のデータを用いて、金星の水素大気光が太陽風の到来に伴ってどのように変動するかを研究テーマに取り組んでいます。金星は地球とほぼ同じ大きさの惑星で、兄弟星と呼ばれることもあります。その環境は地球とは大きく異なっています。



佐藤 晋之祐さん
博士課程在学中
神奈川県出身



能勢 千鶴さん
修士課程在学中
東京都出身

PPARCers' Views

一観測装置を開発されているとのことでしたが、開発過程で印象に残っていることはありますか？

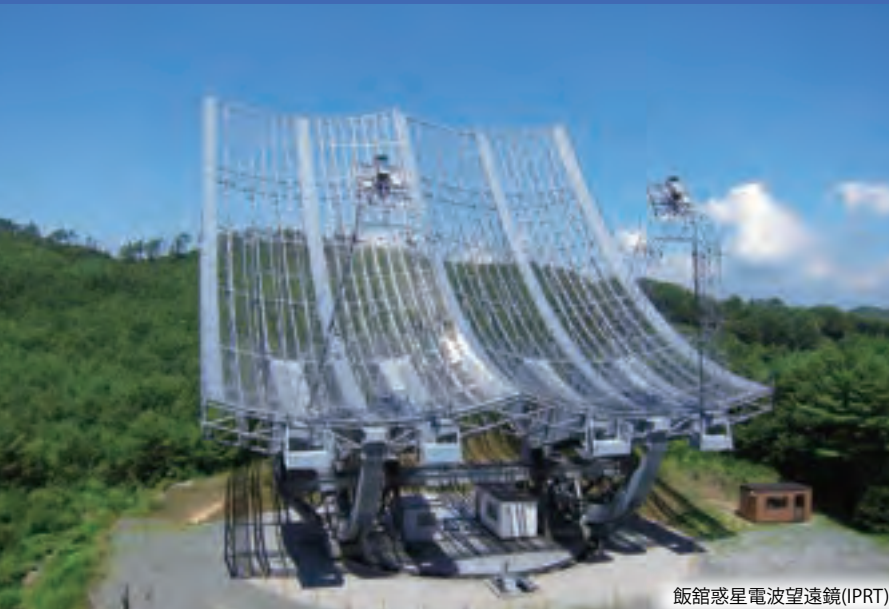
自然電波、人工衛星の電波を捉える地上観測装置や科学衛星・惑星探査機搭載機器の開発に関わってきていますが、どの機器も所期の性能が実現され、想定通り目的の電波が受診された時の感慨は入、更にそれが某か約に立ち得た時は格別です。開発過程で印象的なことを特に挙げると、一旦空に上がれば二度と触れ得ない飛翔体搭載機器の開発に初めて関わった学生時に、開発の現場で体感した関係者のプロ魂でしょうか。若い頃にその場に居合わせられたことに感謝しています。

一最後に、PPARCの雰囲気について教えてください

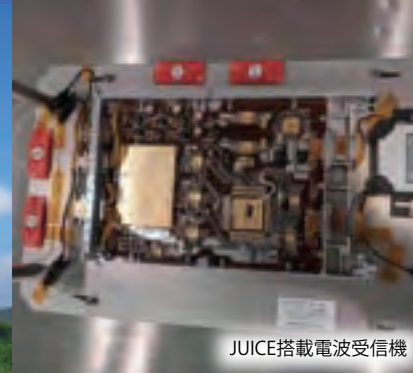
学生さんには自主性を重んじた研究生生活を送って頂いてもいいので、研究テーマ・アプローチ法も含め、PPARCは自由度の高い研究室と思います。電波・分光の2分野が研究室も含めて合同・共同で研究を行っており、互いに刺激し合う良い流れで進めてきています。研究室の雰囲気は在学生の個性によって代々変遷していきますが、今春に多くの卒業生が出て、今はちょっと落ち着き、また新しい流れが加わりそうな感じですよ。貴方もこの流れ作りに参加しませんか？

特にエウロパの周りにある荷電粒子の量や温度を測定するためには、これまでは探査機を送り込んでその場で測定することが必要でした。Galileo探査機やJuno探査機といった大規模な探査計画が必要だったのです。しかし私はハッブル宇宙望遠鏡で撮影された木星オーロラの観測画像を解析することで、エウロパの周りにある荷電粒子の量や温度を測定することに初めて成功しました。さらにこれによって、荷電粒子の量や温度の時間変化を検出することもできるようになりました。エウロパを取り巻く宇宙環境を観測するユニークな手法です。PPARCでは国内外の研究者と密接に協力し、木星探査機JUICEの観測開始に向けて様々な準備を進めています。私の研究もその一環です。今後、木星やエウロパの研究は加速度的に進むことが期待され、私もそれを大いに楽しみにしながら研究を続けています。

「ひさき」は日本が2013年に打ち上げた世界初の惑星専用の紫外線宇宙望遠鏡です。口径20cmと小型ながらも、地球上では観測できない極端紫外光の波長で長期間惑星をモニター観測するという特徴から、多くの科学成果を上げてきました。東北大学も「ひさき」の開発・運用に携わり、データ解析を行ってきました。2023年に運用を終了しましたが、後継機の「LAPYUTA」計画が着々と進められています。PPARCは自由な雰囲気、自分のやりたいことに取り組める環境が整っています。幅広いテーマに対して、探査機のデータ解析やシミュレーション、観測装置の開発など多様な手法を用いて研究に打ち込みます。きっと面白いと思えるテーマが見つかることでしょう。学生同士の交流も活発で、研究以外にも一年を通して様々なイベントが開催されています。みなさんもPPARCで充実した研究生生活を送りませんか？



飯館惑星電波望遠鏡(IPRT)



JUICE搭載電波受信機



IPRT作業風景



オーロラカメラを搭載したLAMPロケット打ち上げ



ハワイ・マウナ・ケアの望遠鏡軍



中間赤外ヘテロダイン分光計



アラスカオーロラカメラ群



水星探査器みおの開発チーム((c)JAXA)



研磨中のPLANETS望遠鏡1.8m主鏡



ハワイ・ハレアカラ観測所T60望遠鏡



ハレアカラ観測所の星空

PPARCの個性

太陽系惑星の世界は最近その実態が段々にわかってきました。これは人類が探査機を惑星まで送り込むことができるようになったことが大きく寄与しています。しかし、惑星の全体像を一望につかむには、遠い惑星から地球に届くかすかな光や電波を最新の技術で地上から観測することが欠かせません。PPARCは光と電波を駆使した惑星地上観測を行っている唯一の研究センターです。我々が目指している惑星の理解は人類のフロンティアを拡げることにつながっています。将来の目標は系外惑星にも拡がることでしょう。

Role of PPARC

The planetary worlds of our solar system are gradually revealing their secrets thanks, in no small way, to the recent ability of man to send out planetary probes. However, to obtain a comprehensive view of the planets, it is essential to measure faint light and weak radio signals that reach Earth from distant planets with advanced technologies. PPARC is the only research center that conducts planetary observations from Earth using optical and radio signals. Our objective is to deepen our understanding of planetary worlds and thereby expand the frontiers of the human race. Looking to the future, we can envision our research extending to planets outside our solar system.

構成 Research sections

惑星プラズマ・大気研究センターでは、以下の2つの研究部門を設置しています。

●惑星電波観測研究部 ●惑星分光観測研究部
2つの研究部は、それぞれ電波と光を観測手段として、協力しながら惑星圏の現象と環境の理解を進めています。

PPARC consists of the following two research sections.

- Planetary Radio-Physics Laboratory
 - Planetary Spectroscopy Laboratory
- These two research sections measure radio and optical signals, respectively, but cooperate with each other to help advance our understanding of planetary phenomena.

観測所と装置 Observation facilities and instruments

宮城、福島両県にまたがる4カ所の観測所と、ハワイ・ハレアカラ観測所を観測拠点としています。それらの観測所はいずれも、電波と光の環境の良好な地点に位置しており、次に示す観測装置を用いたネットワーク観測が行われています。

PPARC has four observatories in Miyagi and Fukushima prefectures and an observatory on Mt. Haleakala in Hawaii. These observatories are located at points favorable to either radio-wave or optical observations and are capable of performing networked observations with the instruments listed in the following.

- 60cm光学望遠鏡 (ハワイ・ハレアカラ山頂)
- 大型電波望遠鏡IPRT/AMATERAS (福島県飯館)
- VLF/LF帯標準電波観測網 (アジア・北米等)
- デカメータ電波受信網 (宮城県・福島県)

- 60-cm optical telescopes (Haleakala observatory in Hawaii)
- Large-scale radio telescope IPRT/AMATERAS (Iitate)
- VLF/LF standard radio wave receiver network (Asia/north America)
- Decameter radio receiving network (Miyagi, Fukushima)

国際協力 International collaborations

米国ハワイ大学との協力で、2014年にハワイ・ハレアカラ山頂に口径60cmの望遠鏡を設置しました。惑星の連続光学観測が実施されています。さらに、口径1.8mのPLANETS望遠鏡の開発計画が国際共同で進行中です。極域では、アラスカ、ノルウェーやカナダの研究機関との協力で、オーロラや電波の観測が実施されています。

Planetary observation with 60-cm telescope at Mt. Haleakala is carried out in cooperation with the University of Hawaii/IfA. We are also developing a new 1.8-m telescope PLANETS in collaboration with several institutions. We are also performing collaboration works with institutes in Alaska, Norway and Canada for measuring aurora and radio waves.

