



TOHOKU
UNIVERSITY

東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻
太陽惑星空間系グループ [C領域]
太陽惑星空間物理学講座



宇宙地球電磁気学分野

(合同C棟3F)

<https://stpp.gp.tohoku.ac.jp/> stpp-edu@stpp.gp.tohoku.ac.jp

研究室の概要

宇宙地球電磁気学分野は、1945年に我が国初の地球電磁気学を担当する講座として設置された地球物理学第二講座を前身としています。1976年に講座担当となられた大家寛先生により、新たに「宇宙の探査」が講座における教育研究の主題として位置づけられ、我が国の宇宙科学を先導する役割を果たしてきました。研究室の主題は2000年より講座担当となられた小野高幸先生に受け継がれ、2018年からは新しい体制となり、現在の研究活動に繋がっています。

電磁気学・プラズマ物理学を基礎として、地球周辺や月・惑星における宇宙空間の理解を、ロケットや宇宙探査機を用いた観測研究や理論研究を通じて深め、太陽系の起源や更に遠い宇宙空間における電磁現象を展望しつつ研究と教育を進めています。従って当研究室では、宇宙空間における大変広い領域における多様な電磁・プラズマ現象を研究対象としています。

2024年度版

メンバー (合計22名)



スタッフ

教授 加藤雄人
准教授 熊本篤志
准教授* 佐藤由佳

*日本工業大学(クロスアポイントメント)

学生

博士 2名
修士 9名
学部生 2名

客員研究者 5名
事務補佐 1名

研究内容

電磁気学・プラズマ物理学に基づいて、
宇宙のさまざまな現象について研究を行っています。

惑星電磁圏プラズマ波動(衛星データ解析)、波動粒子相互作用・粒子加速(数値シミュレーション) 加藤

月惑星表層構造(レーダー観測・開発)、木星電波(地上電波観測)、プラズマ波動(機器開発・データ解析)、電離圏観測(ロケット実験) 熊本

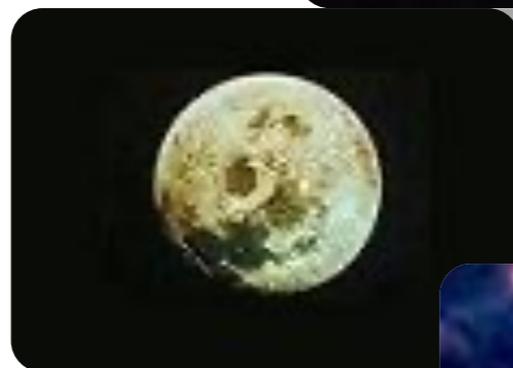
地球・木星でのオーロラ電子加速過程(理論、数値シミュレーション)

D3: 齋藤

地磁気脈動と高エネルギー電子(数値シミュレーション)

D2: 磯野

月地下探査手法検討(数値シミュレーション) M2: 神田



月地下構造探査(衛星データ解析)

M2: 坂井

プラズマ波動の導波管伝播(衛星データ解析)

M2: 城

極域からのイオン流出現象(観測ロケットデータ解析)

M2: 酒井

相対論的電子降り込み現象(衛星データ解析)

M1: 新井

磁気圏電磁波動の多点観測(衛星データ解析)

M1: 宮下

太陽電波とSEP現象(地上電波観測)

M1: 金野

太陽風乱流の駆動機構(理論・シミュレーション)

M1: 佐口

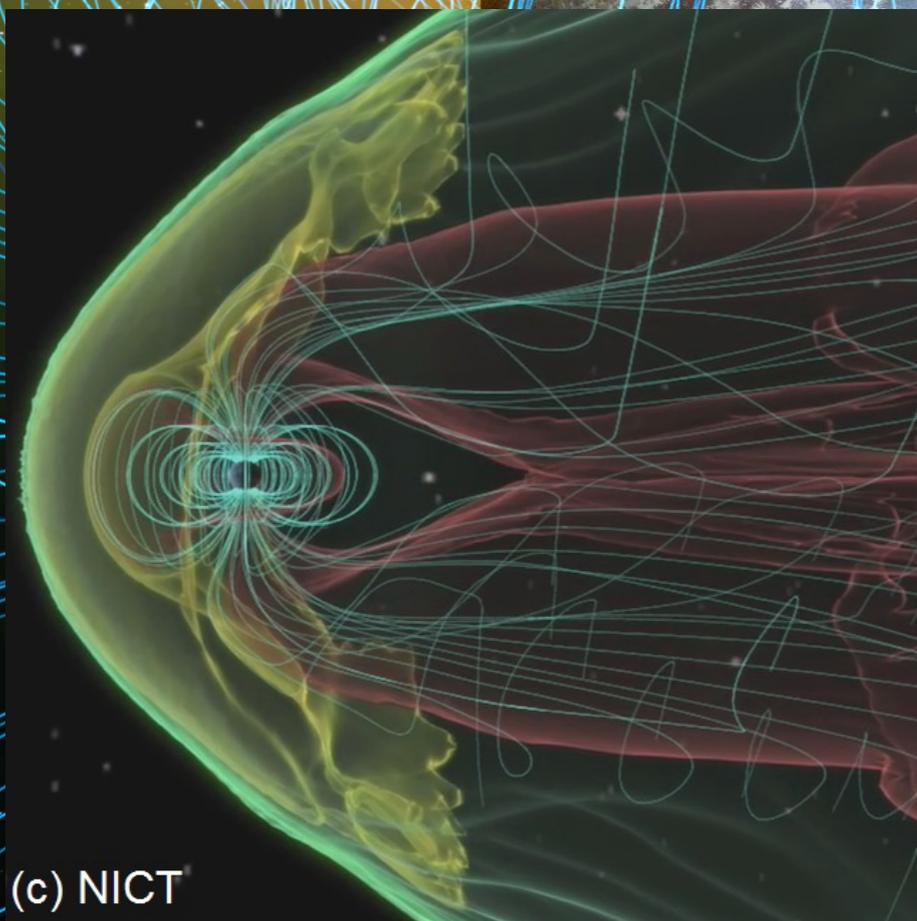
降着円盤での電磁流体力学不安定性(理論・シミュレーション)

M1: 檜崎

1. 地球磁気圏

地球磁気圏とは？

地球の磁場の影響が強く及んでいる領域を磁気圏と呼びます。磁気圏は、その外を流れる太陽風の影響で夜側に大きく引き伸ばされた構造をしています。

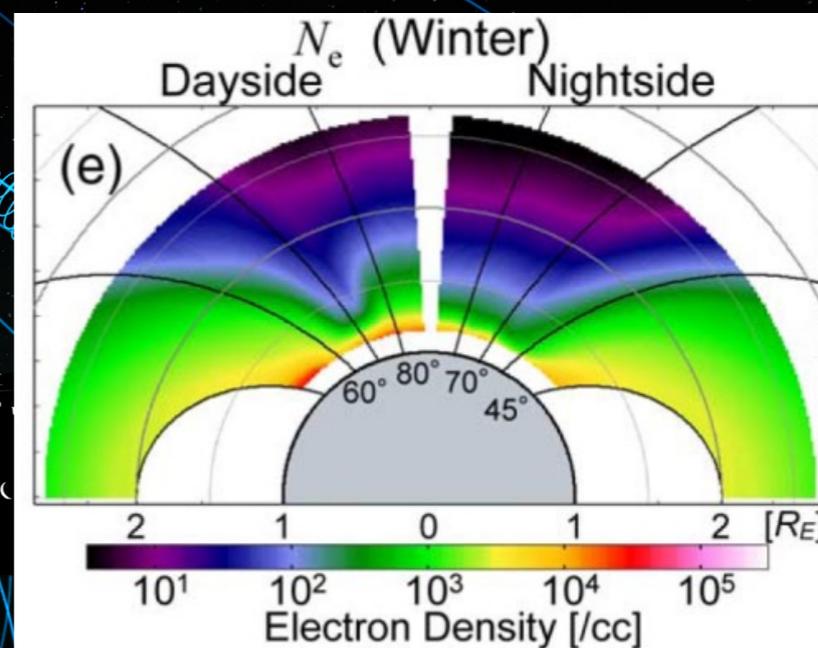


(c) NICT

地球磁気圏

人工衛星データ解析

あけぼの衛星によって取得された、プラズマ波動データ等を用いて、磁気圏におけるプラズマ密度構造、地球からのプラズマの流出、オーロラ粒子の加速等の現象、解明を目指しています。



地球近傍におけるプラズマ密度構造 [Kitamura et al., JGR 2009]

新しい研究手法の開拓

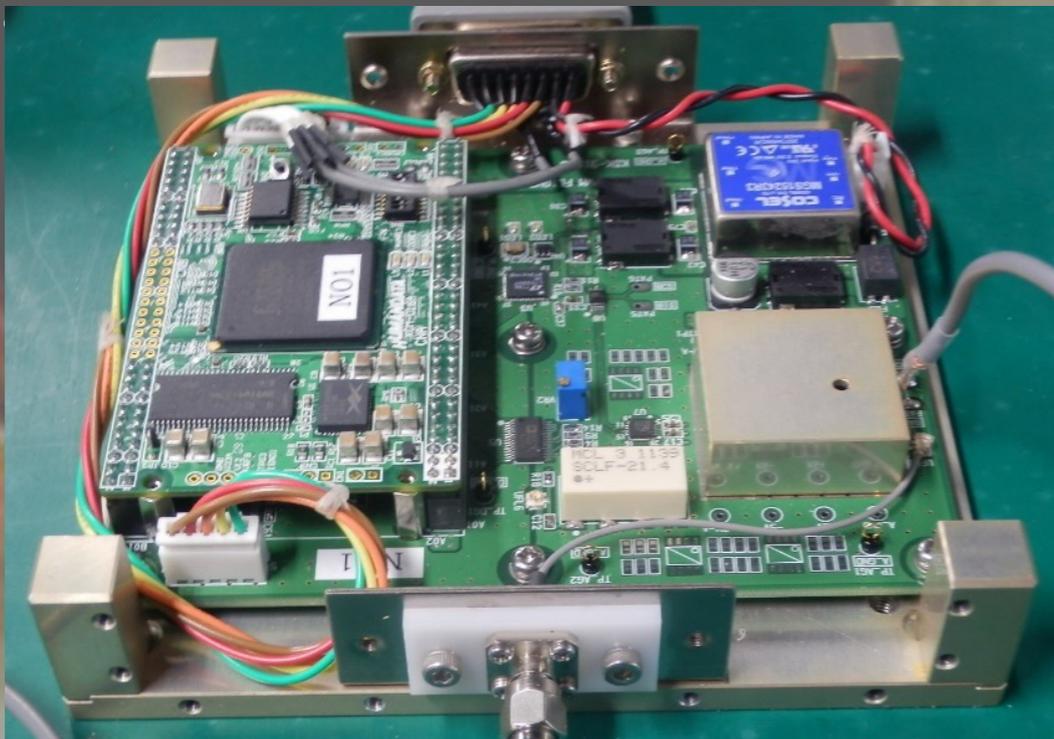
国内外の研究者と共同で、地球近傍での相対論的電子加速過程の解明を目指すERGミッション(あらせ衛星・地上観測・シミュレーション)を進めています。

電離圏とは？

地球の上空、高度にして約70-1000 kmの領域は、太陽からの紫外線によって大気の一部が電離し、プラズマ状態になっています。この領域を電離圏と呼びます。

電離圏のロケット観測

当研究室では、計測装置を人工衛星や観測ロケットに搭載し、電離圏プラズマの計測を行ってきました。図は、今までに数多くの観測ロケットに搭載されてきたインピーダンスプローブという電子密度測定器です



ロケット搭載用インピーダンスプローブの電気回路

2. 地球電離圏



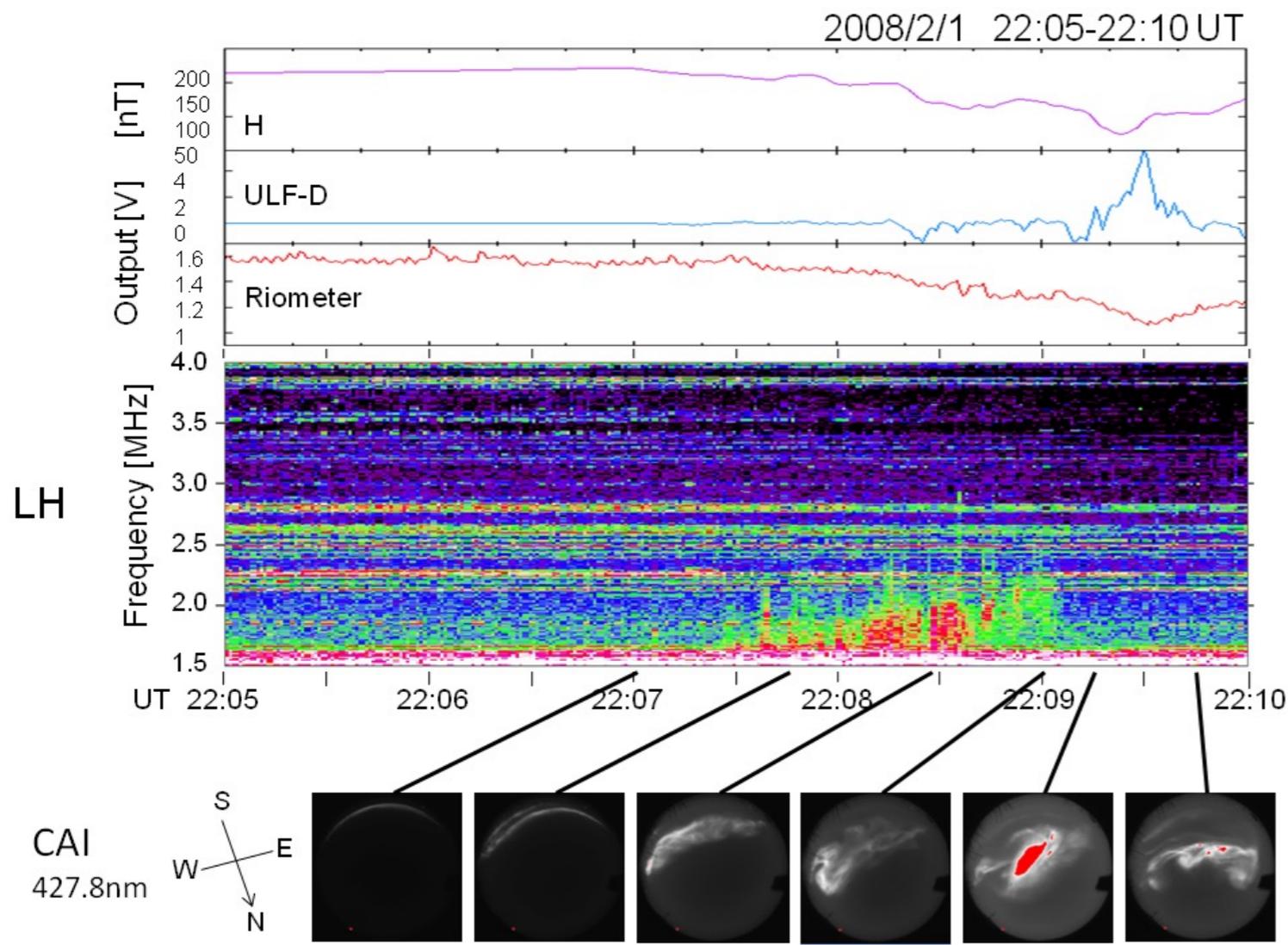
3. オーロラ

オーロラとは？

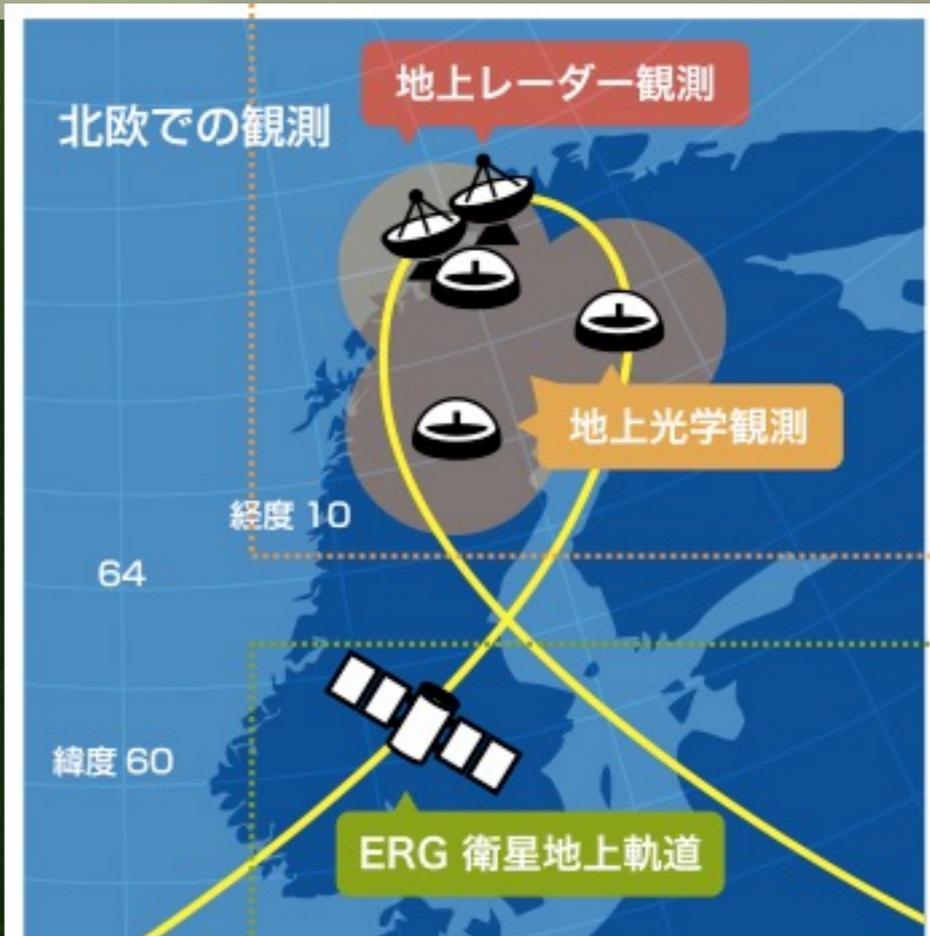
地球磁気圏から電離圏に荷電粒子(電子やイオン)が落ちてきて、地球の大気(酸素や窒素)に衝突しそれらが光ったもの。大気の構成要素の違いによって色が異なります(例:緑・・・酸素、赤・・・窒素)。

オーロラ関連電波と脈動オーロラ

オーロラ粒子降下に伴って電離圏で放射される電磁波の発生機構の解明を目指して、衛星および地上電波観測によるデータの解析を行っています。また、数秒から数百ミリ秒の時間スケールで明滅する「脈動オーロラ」の解明を目指して、計算機シミュレーションと衛星観測データを用いた研究を、地上レーダー・光学観測結果も活用して行っています。



2008年2月1日のMF burstイベント
(上)地磁気・リオメータデータ、(中)電波のダイナミックスペクトル、
(下)全天カメラによるオーロラデータ



人工衛星観測チーム

科学衛星 ERG による宇宙空間における波動・電子の直接計測

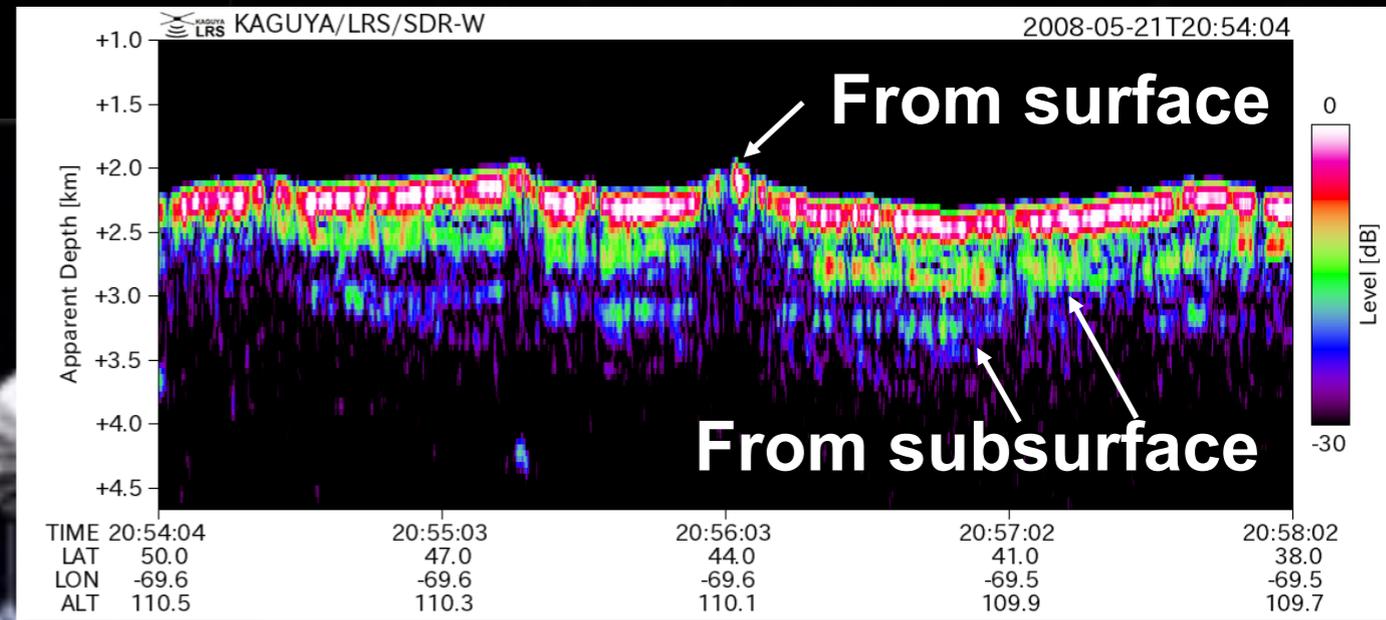


科学衛星ERG

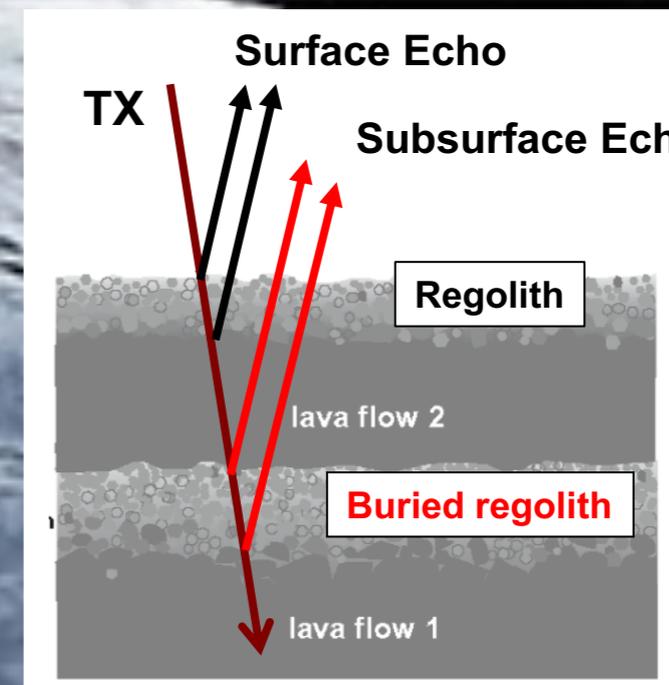
4. 月・惑星

かぐや・月レーダサウンダ による月地下探査

日本の月周回衛星かぐや(SELENE) (運用期間：2007～2009年) には東北大を中心とするグループが開発を担当した月レーダサウンダが搭載され、世界初の月全球での地下探査に成功しました。



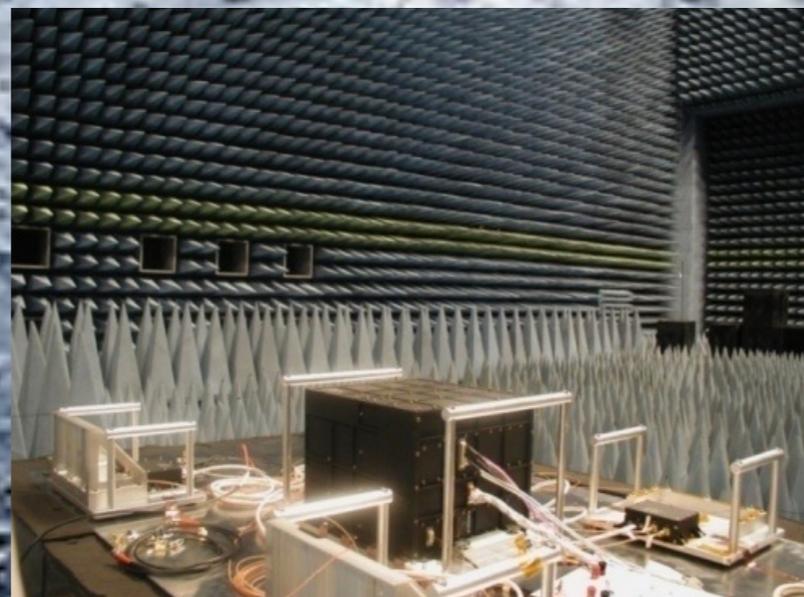
嵐の大洋で観測された地下エコー



溶岩に覆われたかつての月表面レゴリス層からの反射を観測
→月の海領域での火山活動の研究に貢献



月レーダサウンダー送信部の基板



電波暗室で地上試験中の月レーダサウンダ

5. 太陽・木星・銀河中心電波

太陽

太陽のコロナ域から突発的に放射される電波バーストを地上から観測して、その発生メカニズムを調べています。

観測所

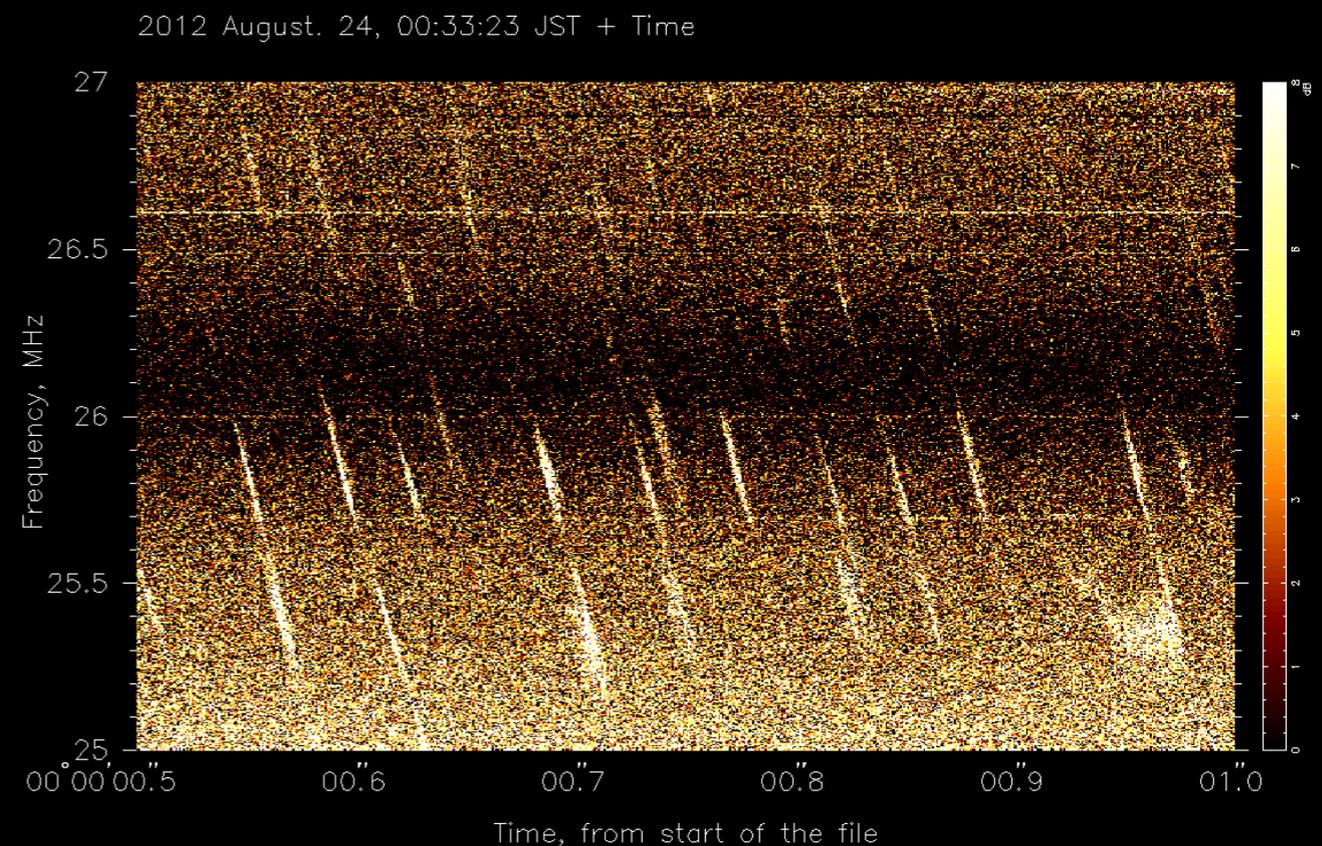
惑星プラズマ・大気研究センターと共同で飯舘、蔵王、米山、川渡の観測施設での観測を行っています。



米山: 長距離干渉計・高速スペクトル受信機
川渡: 長距離干渉計
蔵王: 長距離干渉計・短基線干渉計
飯舘: 長距離干渉計・広帯域スペクトル受信機・高感度アレイアンテナ

木星電波

デカメータ電波帯(20~40MHz)において木星の極域から放射される電波を観測しています。木星電波は、衛星イオと木星とを繋ぐ磁力線の付け根が発生源とされています。電波発生の物理プロセスは、地球のオーロラ関連電波と共通していると考えられています。



6. 降着円盤中のプラズマ物理

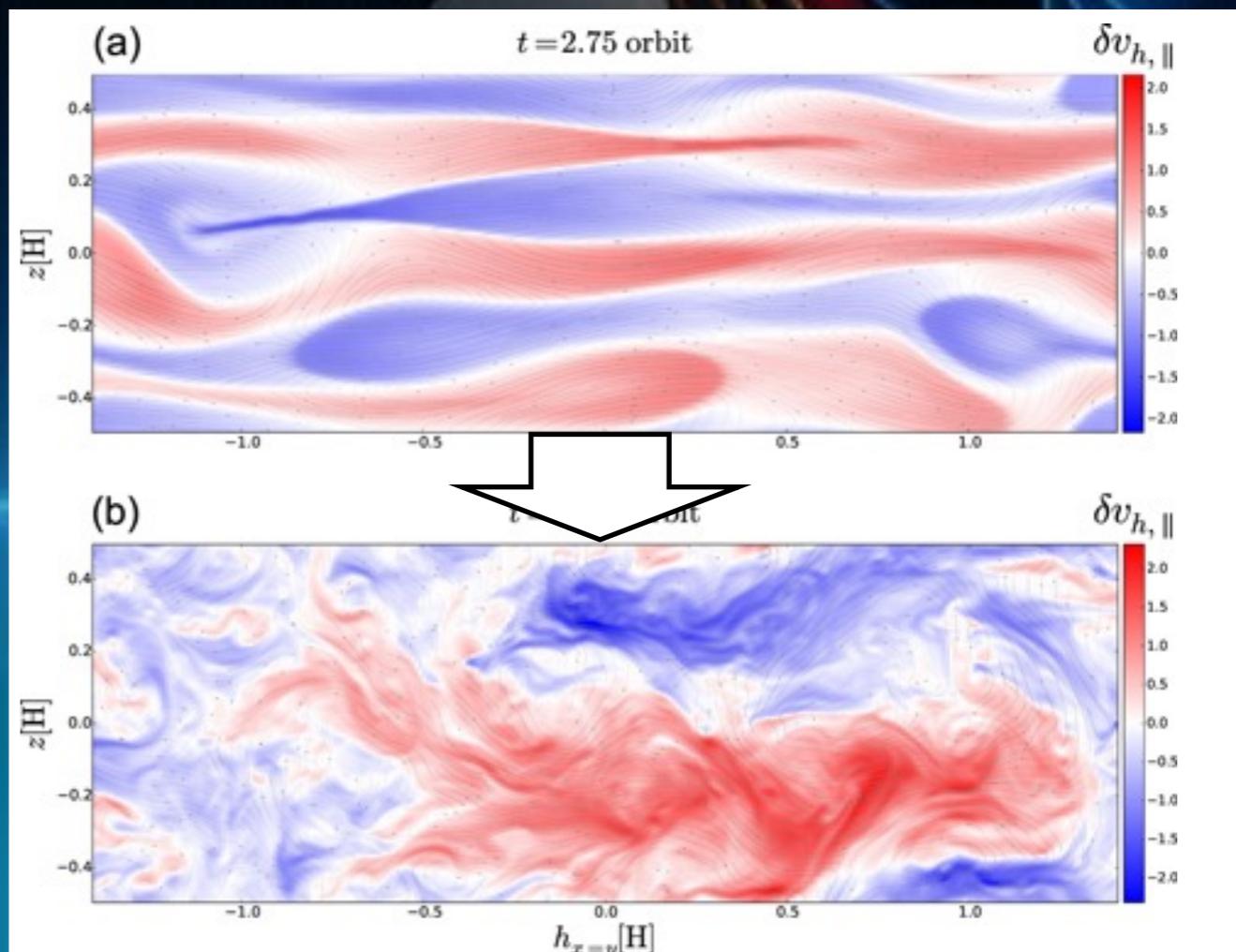


降着円盤

降着円盤は、ブラックホールや誕生時の太陽などを取り巻くガス円盤です(左図)。降着円盤では円盤風やジェット、惑星形成などの様々な現象が起こっています。それらの多くは円盤ガスの運動に加えて、磁場が大きく作用していると考えられています。

数値シミュレーション

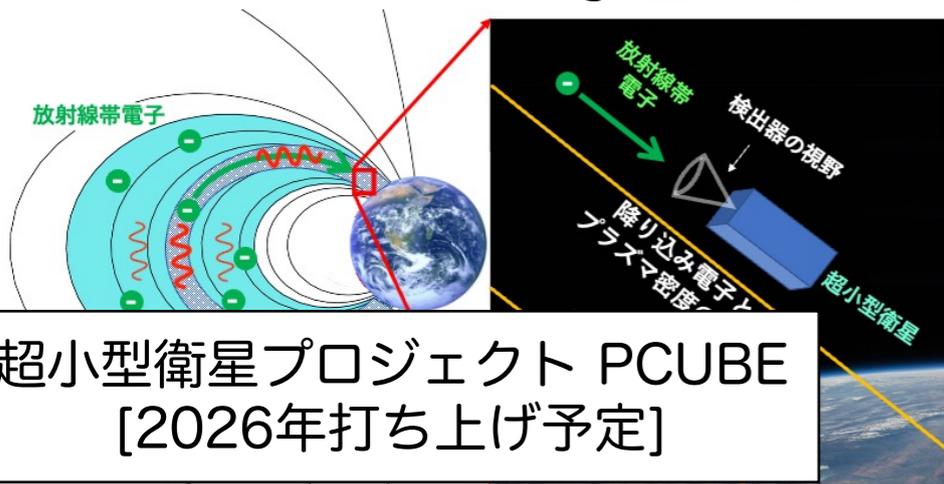
当研究室では、降着円盤内で起こっている現象について、プラズマ物理という視点から、数値シミュレーション手法などを駆使し研究を行っています。



シミュレーションで再現された円盤内乱流の形成過程

宇宙地球電磁気学分野の主題「宇宙の探査」

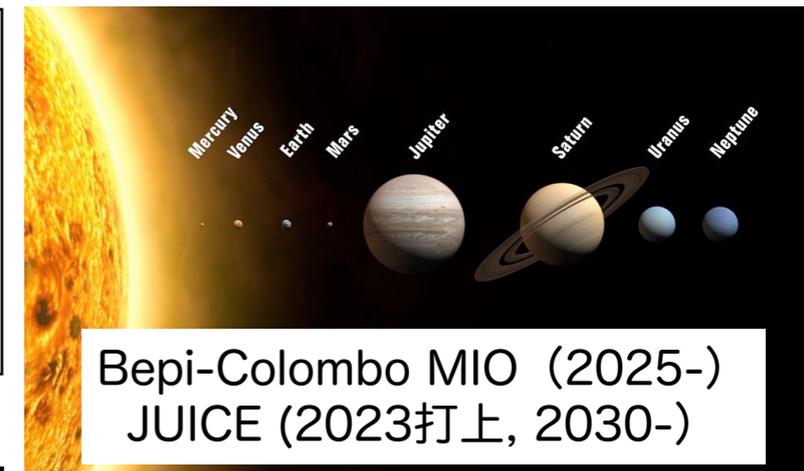
粒子加速やオーロラをはじめとする地球・惑星電磁気圏の現象と宇宙プラズマの観測・理論・シミュレーション研究



超小型衛星プロジェクト PCUBE
[2026年打ち上げ予定]



ロケット実験
[2025夏季予定]
地上電波観測
[継続実施中]



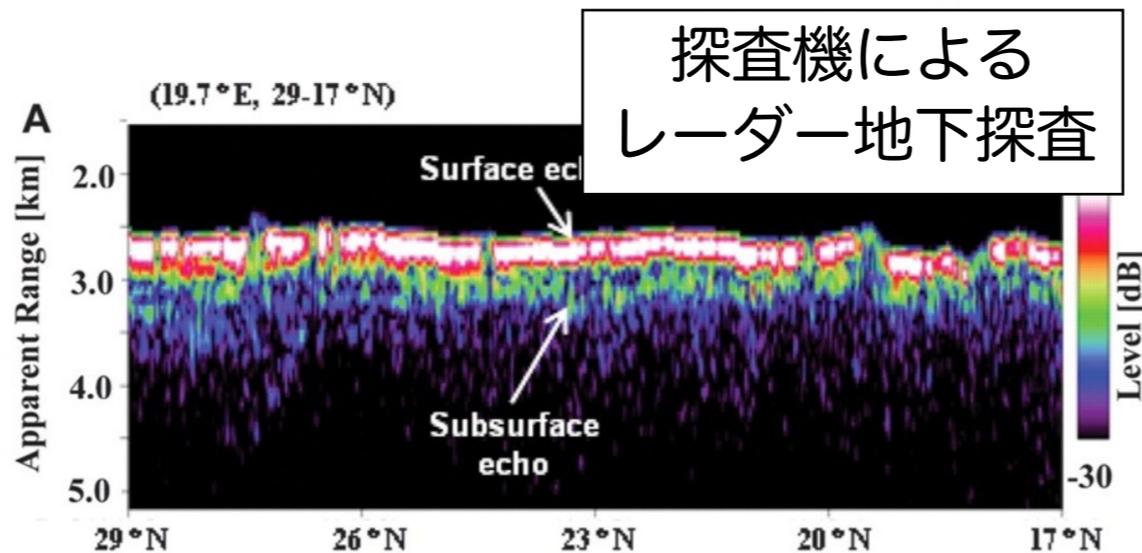
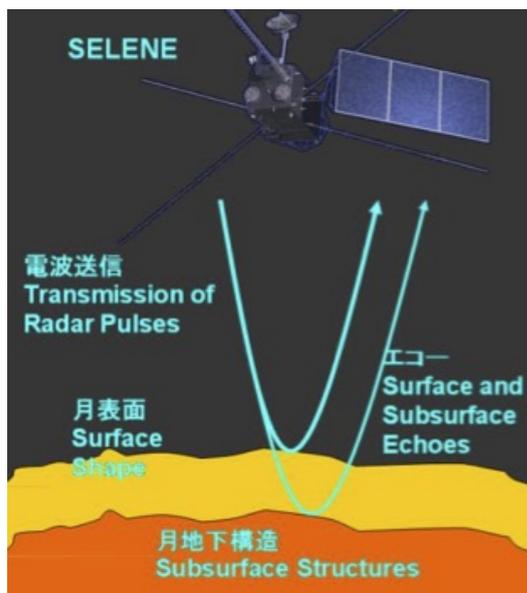
Bepi-Colombo MIO (2025-)
JUICE (2023打上, 2030-)

- 極域電磁気圏探査
- オーロラ関連電波
- オーロラ粒子の生成過程と超高層・中層大気への影響
- 放射線帯形成過程
- 磁気圏プラズマのダイナミクス



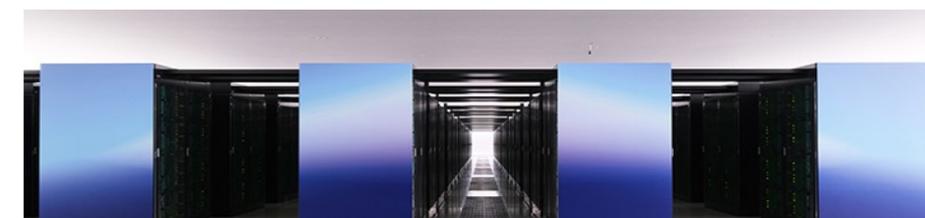
ジオスペース探査衛星「ERG」
2017～ [観測実施中]

- 木星電波、太陽電波の発生過程
- 惑星電磁気圏、降着円盤での粒子加熱・加速
- 天文学・実験室プラズマ科学への展開



探査機による
レーダー地下探査

超並列スーパーコンピュータでの
大規模計算機シミュレーション



富岳 (2020-), AOBA@東北大 (2020-)

最近の学位論文タイトル

博士論文

- 数値ダイナモシミュレーションに基づく過去の地球内部条件下における双極子磁場卓越性に関する研究
- 電離圏観測ロケットのウェイク形成過程に伴い励起するプラズマ波動の研究
- 磁気圏内プラズマ波動による高エネルギー粒子の非線形ピッチ角散乱についての研究
- 高次精度MHDシミュレーションコードの開発とそれを用いた磁気回転不安定性が駆動する磁気乱流の研究
- SELENE観測データと衝突実験に基づく月表層進化の研究

修士論文

- 地球内部磁気圏におけるトロイダルモードULF波動による高エネルギー電子のフラックス増大に関するシミュレーション研究
- 数値ダイナモシミュレーションを用いた地磁気反転に関わる赤道反対称流の生成過程についての研究
- 分散性Alfvén波の特性に関わる磁気圏プラズマの沿磁力線分布の研究
- Arase衛星とSuperDARNの共役観測に基づくSubauroral polarization stream (SAPS) fine structuresの研究
- コヒーレントなホイッスラーモード波動による高エネルギー電子の非線形ピッチ角散乱過程の定量評価
- コーラス放射の周期的強度増大に関連したトロイダルモードULF波動による高エネルギー電子分布の変調に関する研究
- あらせ衛星観測結果に基づくホイッスラーモードコーラス放射とプラズマ密度変動の対応についての研究

研究室イベント

