

東北大学大学院 理学研究科  
地球物理学専攻 太陽惑星空間物理学講座

# 宇宙地球電磁気学分野

Space and Terrestrial Plasma Physics Laboratory

# 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担当講座として誕生して以来の歴史を持っています。近年では地球周辺や月・惑星における宇宙空間の理解を電磁気学・プラズマ物理学を基礎とし、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行い、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。

# メンバー (合計20名)



## スタッフ

教授	加藤雄人
准教授	熊本篤志
助教 <sup>+</sup>	川面洋平
准教授*	佐藤由佳

<sup>+</sup>学際科学フロンティア研究所  
<sup>\*</sup>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	5名
学部生	4名

<u>客員研究者</u>	4名
<u>事務補佐</u>	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。

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

加藤



地球・木星オーロラ電子加速  
過程(数値シミュレーション)

D2: 齋藤

地磁気脈動による電子の  
変動(数値シミュレーション)

D1: 磯野

地球極域からのイオン流出  
機構(衛星データ解析)

M2: 小野澤

磁気圏ダクト伝搬過程

(衛星データ解析) M1: 城

電離圏擾乱(ロケット実験・  
データ解析) M1: 酒井

月地下構造探査

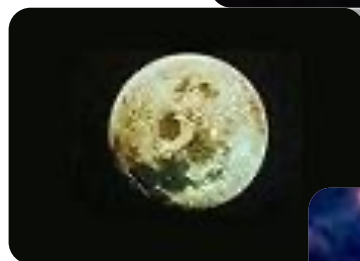
(衛星データ解析) M1: 坂井

月地下探査手法の検討  
(数値シミュレーション)

M1: 神田

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



ジャイロ運動論、宇宙プラズ  
マ乱流・加熱・波動(数値シ  
ミュレーション)

川面



極域オーロラ関連電波発生過程  
(地上電波観測・衛星データ解析)

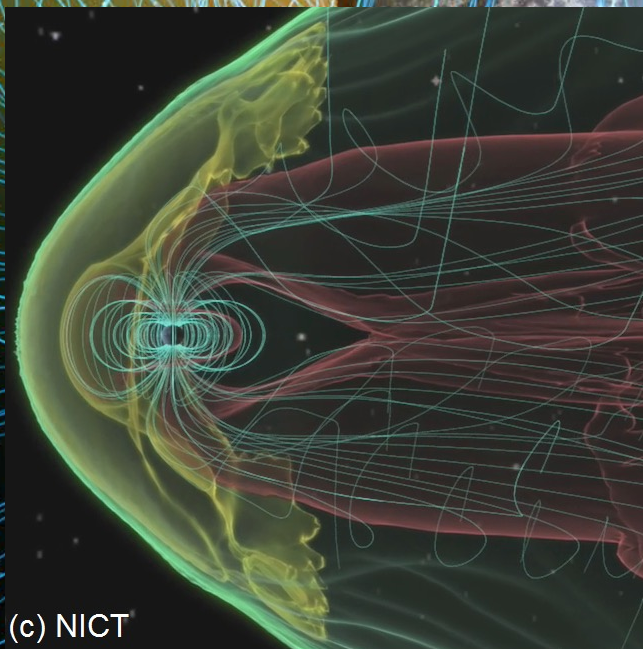
佐藤



# 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。

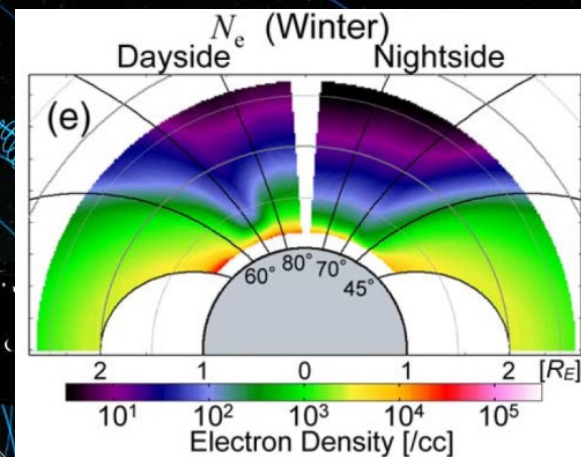


(c) NICT

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。

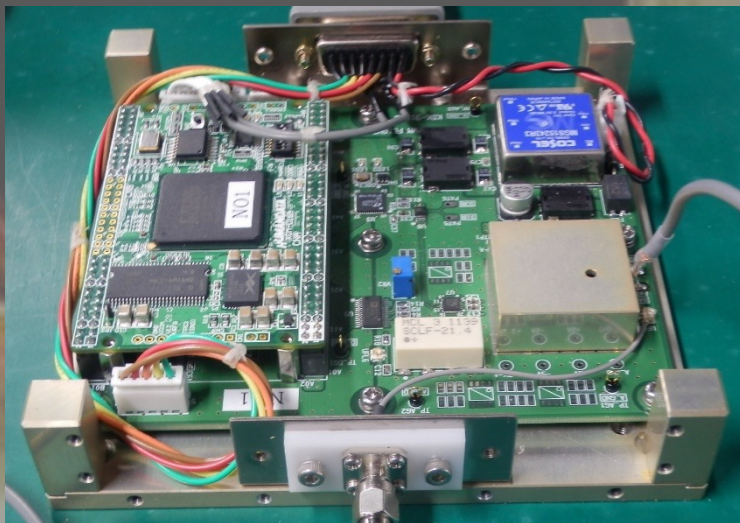


## 電離圏とは？

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

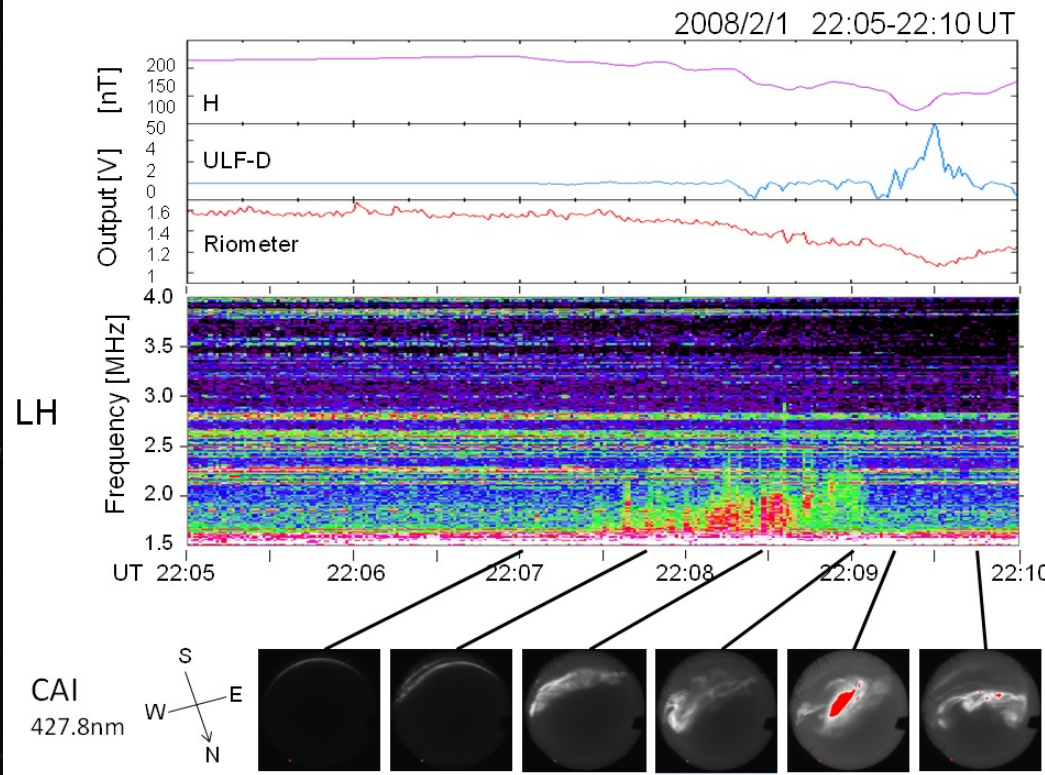
## オーロラとは？

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、脈動オーロラ

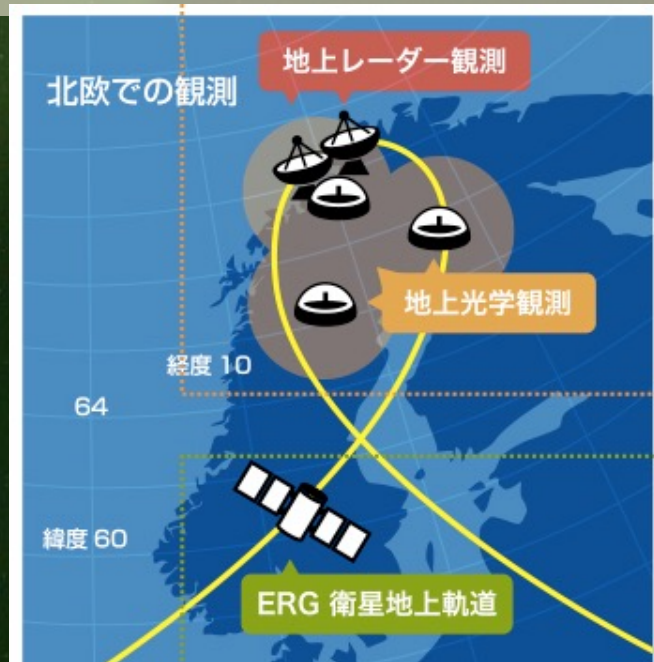
オーロラ粒子降下に伴って電離圏で放射される電磁波の発生機構の解明を目指して、あけぼの衛星による波動観測データの解析を行っています。

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。



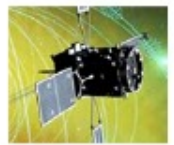
2008年2月1日のMF burstイベント

(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



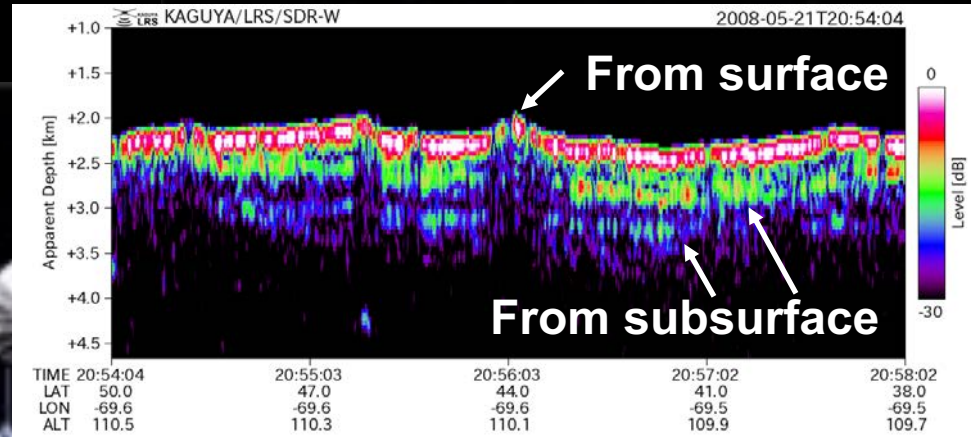
科学衛星 ERG



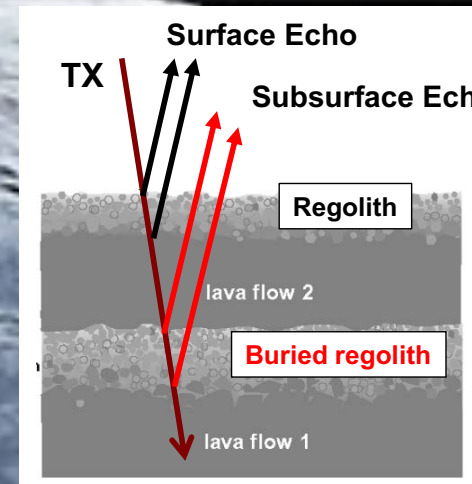
# 4. 月・惑星

## 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.



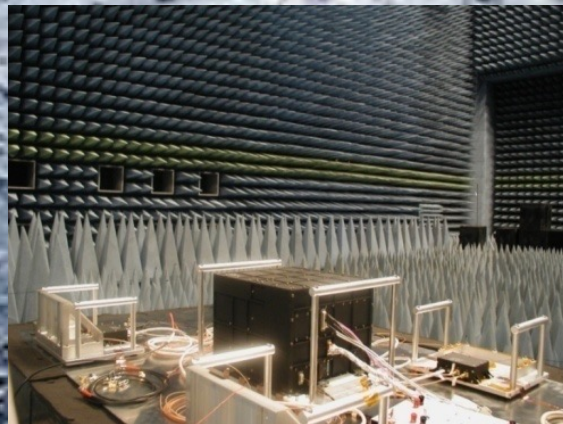
嵐の大洋で観測された地下エコー



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

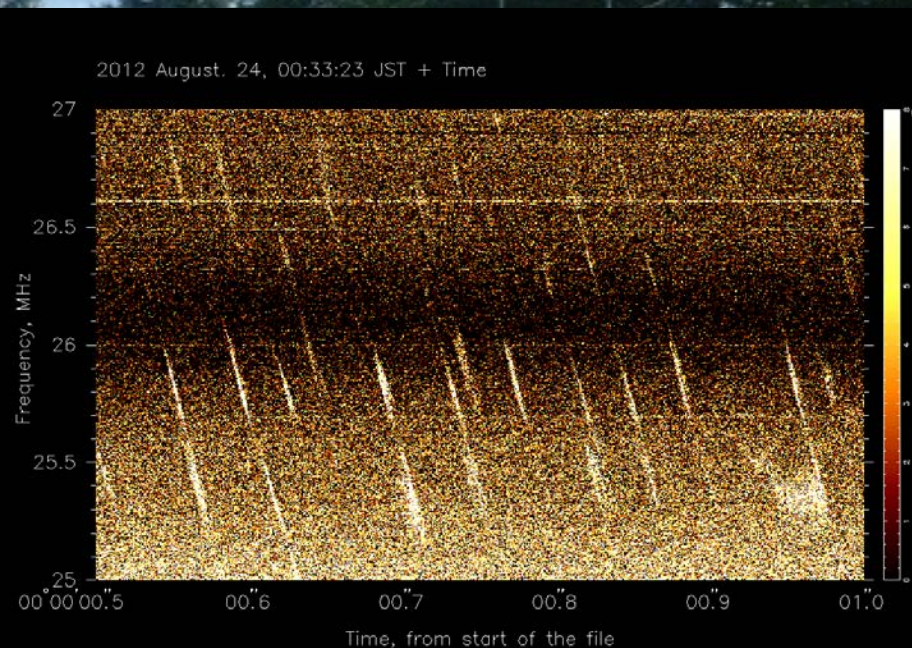
川渡: 長距離干渉計

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 of 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

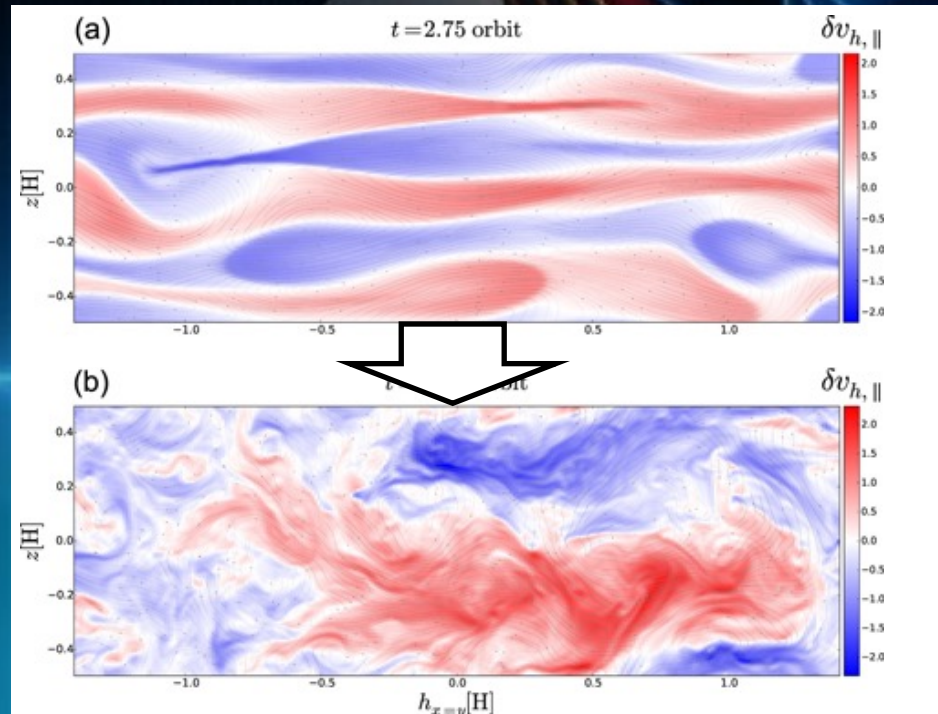


## 降着円盤

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

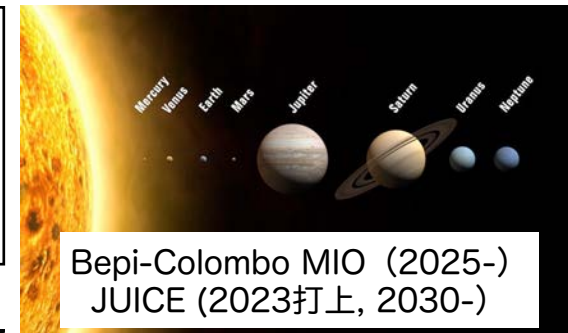


# 宇宙地球電磁気学分野の主題「宇宙の探査」

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



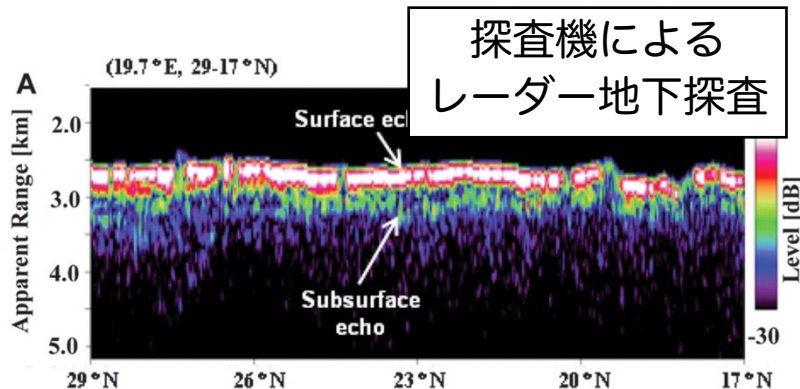
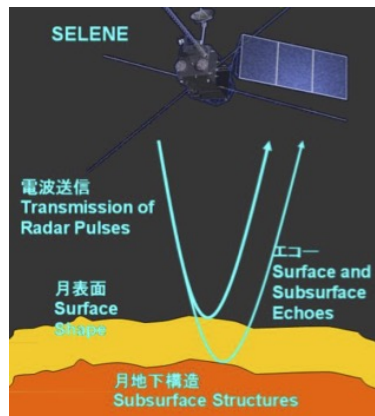
ロケット実験  
[2024夏季予定]  
地上電波観測  
[継続実施中]



- 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



- 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



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





# 研究室イベント

～オンライン&オフラインで実施中～

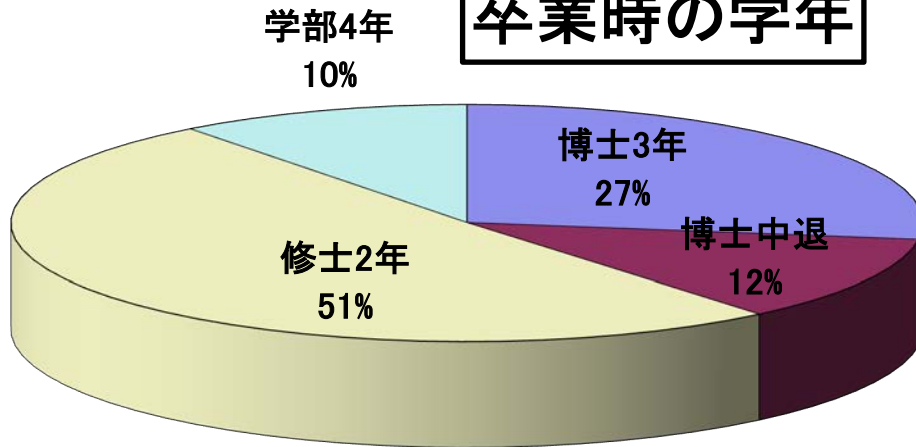


お花見、芋煮、忘年会、送別会など、  
楽しいイベントが目白押しです♪♪



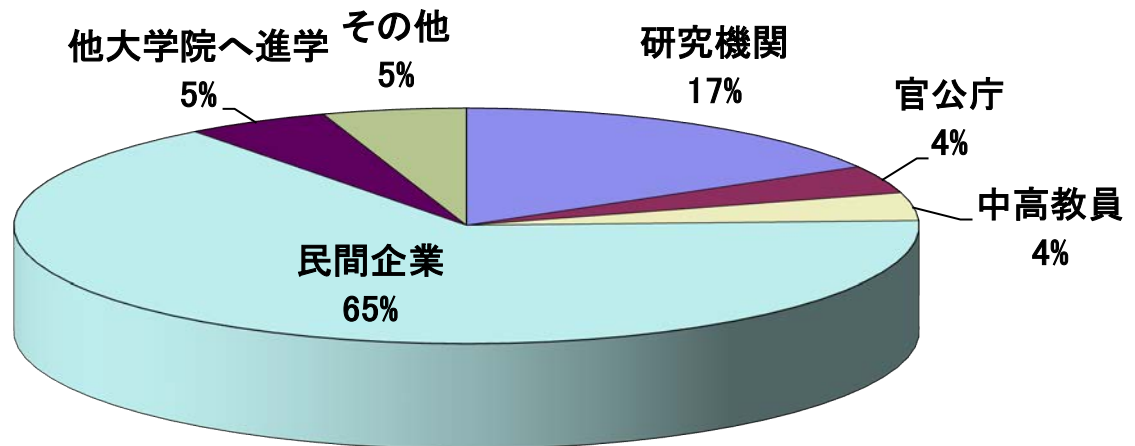
# 卒業生の進路

## 卒業時の学年



⇒ 当研究室では、2000-2022年度の間  
に学士、修士、博士、計78名の卒業生を送り  
出してきました。

## 卒業生の進路



東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻  
太陽惑星空間物理学講座 宇宙地球電磁気学分野

〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号

TEL: 022-795-6514 FAX: 022-795-6517

<https://stpp.gp.tohoku.ac.jp>

Updated: 2023/04/06