



宇宙地球環境研究所
Institute for Space-Earth Environmental Research

2021 大学院案内

ISFE 宇宙地球環境研究所
Institute for Space-Earth Environmental Research



〒464-8601 名古屋市千種区不老町 研究所共同館 I・II
名古屋大学研究所総務課総務グループ
TEL: 052-747-6306/6303 <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/>



理学研究科

素粒子宇宙物理学専攻
宇宙地球物理系

工学研究科

電気工学専攻
宇宙電磁環境工学講座

環境学研究科

地球環境科学専攻
地球水循環科学講座
地球史学講座

宇宙地球環境研究所における研究

はじめに

このパンフレットは、名古屋大学宇宙地球環境研究所 (Institute for Space-Earth Environmental Research、略称 ISEE) において、大学院での学習・研究を志す皆さんに向けた参考資料です。宇宙地球環境研究所は、地球・太陽・宇宙を相互に影響を及ぼし合う一つのシステムとしてとらえ、そこに生起する多様な現象のメカニズムや相互関係の解明を通して、地球環境問題の解決と宇宙に広がる人類社会の発展に貢献することを目指して研究を進めています。また、名古屋大学大学院理学研究科、工学研究科、環境学研究科の3研究科の協力講座として、大学院教育を行っています。大学院の学生は、それぞれの研究室に配属され、指導教員のもとで修士論文、博士論文に向けた研究を進めます。

本パンフレットでは、宇宙地球環境研究所の研究室で大学院教育の一環として行われている研究内容を詳しく紹介するとともに、学生生活や大学院受験の方法、卒業後の進路等についても触れています。実際の大学院生の募集と入学試験の実施は、宇宙地球環境研究所ではなく、理学研究科、工学研究科、環境学研究科が行います。受験を希望する方は、希望する研究室により受験する研究科・専攻が異なることに留意し、対応する研究科のウェブサイト等の入試情報も参考にしてください。また受験前に希望する研究室の教員にコンタクトを取り、直接話を聞くことをお勧めします。このパンフレットがみなさんの進路を決める道標となれば幸いです。

太陽は可視光、赤外線、紫外線といった電磁波を放出し、私たちの暮らす地球のエネルギー源としてなくてはならない存在です。また、電子、イオンなどのプラズマ粒子を放出して太陽圏や地球周辺の宇宙空間（ジオスペース）の電磁環境にも影響を与えています。太陽表面で起きるフレアなどの爆発的な現象や、それらに影響を受けて変動するジオスペースでは大量の高エネルギー粒子が生成され人工衛星に障害を与えたり、地上の通信障害を引き起こしたりします。壮大なオーロラが数多く発現するのもこのような宇宙空間の擾乱に起因しています。

また、太陽放射のエネルギーは地球の大気及び地表面での吸収・散乱・再放射を通して再分配され、大気・陸域・海洋で様々な現象を起こします。太陽活動のメカニズムと地球環境への影響を理解し予測することは現代社会に生きる私たちにとって重要な課題です。

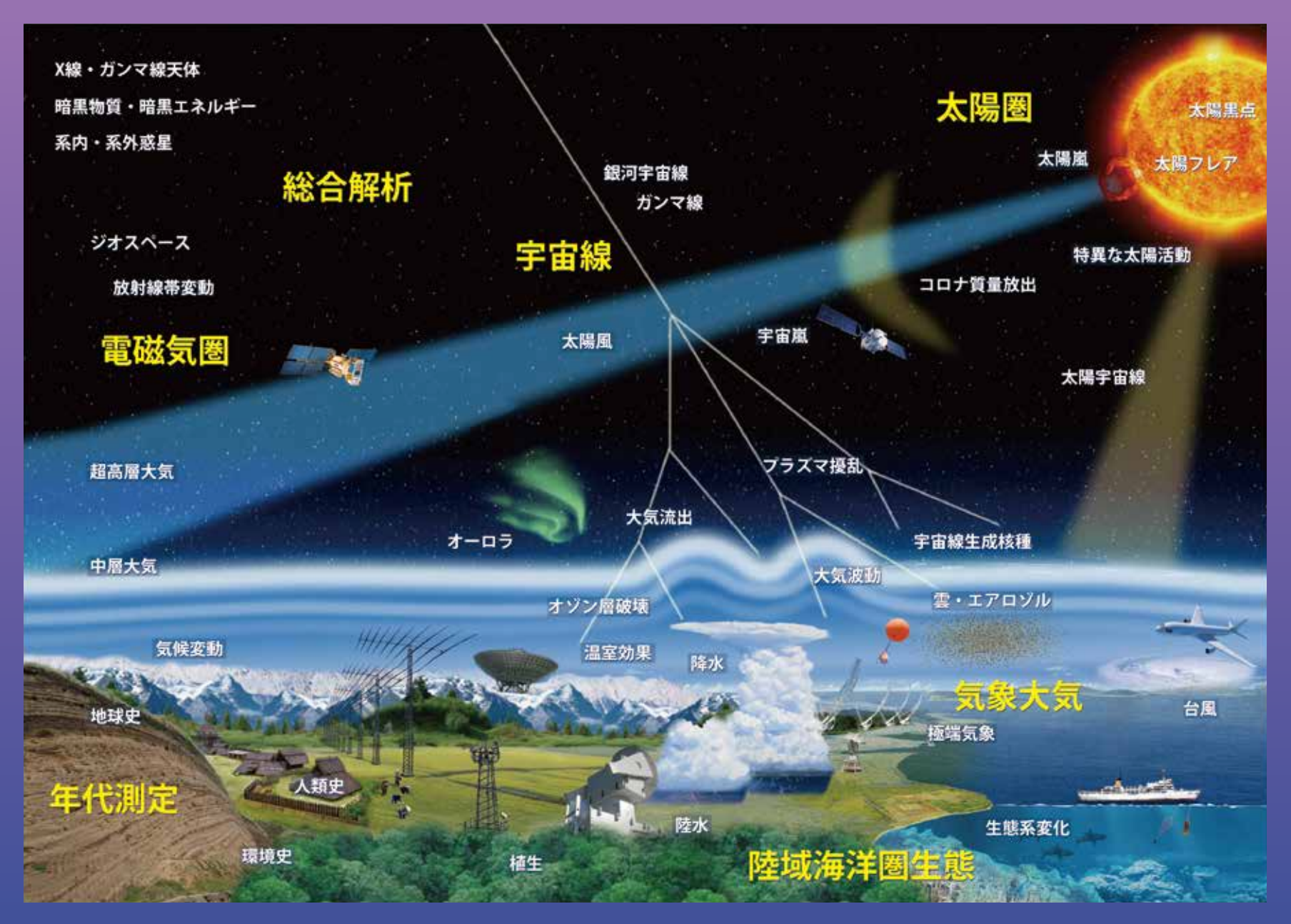
宇宙地球環境研究所では、総合解析、宇宙線、太陽圏、電磁気圏、気象大気、陸域海洋圏生態、年代測定の各基盤研究部で進める基盤的研究を縦糸に、これらの基盤研究を分野横断的につなげて新たな展開を目指す4つの融合研究プロジェクトを横糸にして研究を進めています。融合研究プロジェクトの一つである「宇宙地球環境変動予測」では、太陽活動や大気海洋活動の変動が地球環境へ与える影響を正しく理解し、予測するための技術と手法を開発します。「大気プラズマ結合過程」では、地球上部のプラズマと中層大気との間で引き起こされる様々な相互作用の総合的な理解を目指します。「雲・エアロゾル過程」では、銀河系宇宙線の影響も含めてエアロゾルから雲・降水粒子が形成される過程、雲・エアロゾルによる放射の散乱・吸収過程を実験・観測・シミュレーションを通して明らかにすることを目指します。「太陽活動の気候影響」では、放射性同位体を用いて過去数千年以上の太陽活動の長期変動の歴史を読み解き、太陽活動が地球の気候に与える影響を明らかにします。

さらに研究所では、国内の4つの附属観測所を含む国際的なネットワーク観測と国際共同研究を推進する「国際連携研究センター」、様々な観測データの集約と最先端のコンピューターシミュレーションを推進する「統合データサイエンスセンター」、航空機、気球、ロケット、人工衛星などの飛翔体を利用した将来の観測計画やその観測機器開発を推進する「飛翔体観測推進センター」の3つの附属センターが基盤研究部と連携しながら国内外の関連分野の研究を支援・推進します。

—表紙画像—



宇宙地球環境研究所における研究対象



融合研究

宇宙地球環境
変動予測

大気プラズマ
結合過程

雲・エアロゾル
過程

太陽活動の
気候影響

INDEX

宇宙地球環境研究所における研究	1
宇宙地球環境研究所における研究対象	2
宇宙地球環境研究所の大学院講義 (理学 / 工学 / 環境学研究科)	4

研究室の紹介

理学研究科	
● 大気圏環境変動研究室 AM	6
● 宇宙空間物理学観測研究室 SSE	8
● 太陽宇宙環境物理学研究室 SST	10
● 宇宙線物理学研究室 CR	12
● 太陽圏プラズマ物理学研究室 SW	14
工学研究科	
● 宇宙電磁観測グループ	16
● 宇宙情報処理グループ	18
環境学研究科	
● 気象学研究室	20
● 雲降水科学研究室	22
● 大気化学研究室	24
● 水文気候学研究室	26
● 海洋学研究室	28
● 地球年代学研究室	30
● 環境史学研究室	32

学生生活	34
学生の声	36
就職状況	38
大学院入試	40
学生支援	41
修士・博士論文一覧	42
受賞一覧	43
研究室と教員一覧	44
交通案内	45



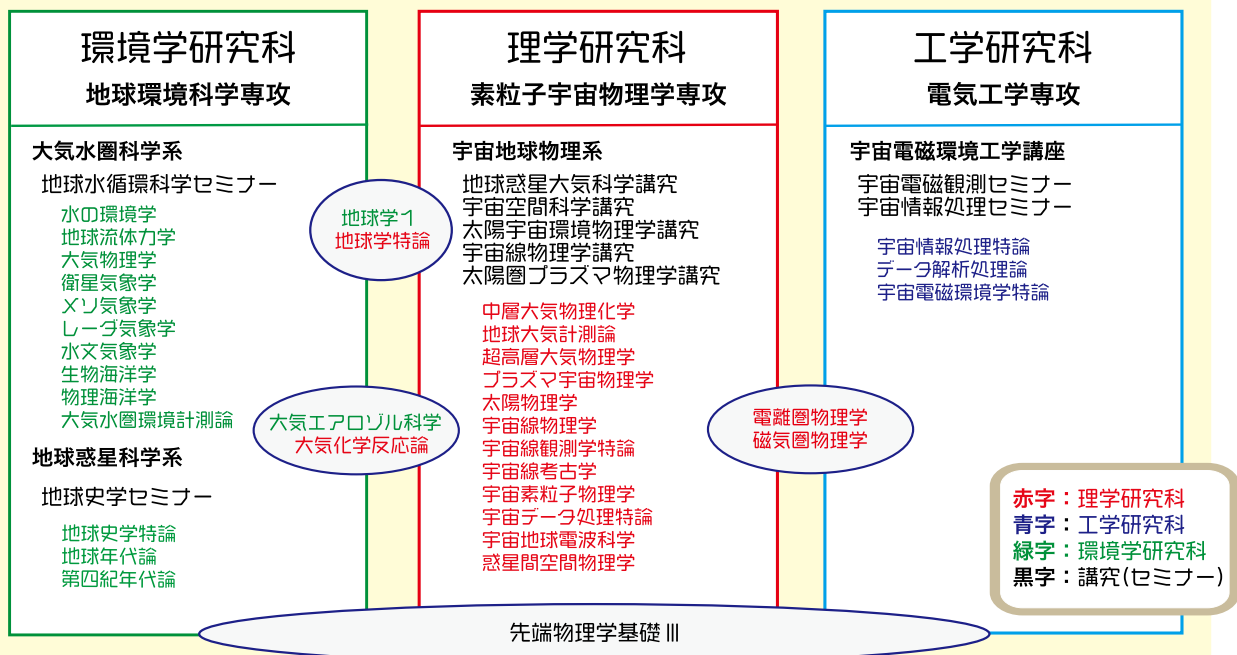
宇宙地球環境研究所（ISEE）の大学院講義 （理学/工学/環境学研究科）

宇宙地球環境研究所 (ISEE) の教員が理学・工学・環境学の各研究科で担当している講義や講究 (セミナー) を紹介します。各研究科の授業科目は、それぞれ異なる研究科の研究にも密接に関連しています。

コースツリー

博士前期課程

専門科目 修士論文を作成するために必要な知識については、専門科目を受講することで得ることができます。セミナーでの議論や発表を通して、修士論文作成に必須な論理的思考や文章作成能力などを身につけます。



研究室における研究、実験、学習 専門科目で学んだ専門知識を活用し、各専門分野で研究を行う。

修士論文の作成

修士学位（理学・工学・環境学）

博士後期課程

博士論文の作成

各専門分野で研究をさらに深める。

博士学位（理学・工学・環境学）

宇宙地球環境研究所基盤研究部門と各研究科研究室の関係

宇宙地球環境研究所 基盤研究部門	総合解析	宇宙線	太陽圏	電磁気圏	気象大気	陸域海洋圏生態	年代測定
各研究科の 研究室	太陽宇宙環境物理学 (SSr)	宇宙線物理学 (CR)	太陽圏プラズマ物理学 (SW)	宇宙空間物理学観測 (SSE)	大気圏環境変動 (AM)	水文気候学	地球年代学
	宇宙情報処理			宇宙電磁観測	宇宙電磁観測	海洋学	環境史学
					気象学		
					大気化学		
					雲降水科学		

※理学研究科は専攻再編（文部科学省に認可申請中）に伴い、2022年4月より専攻および系の名称が変わる可能性があります。

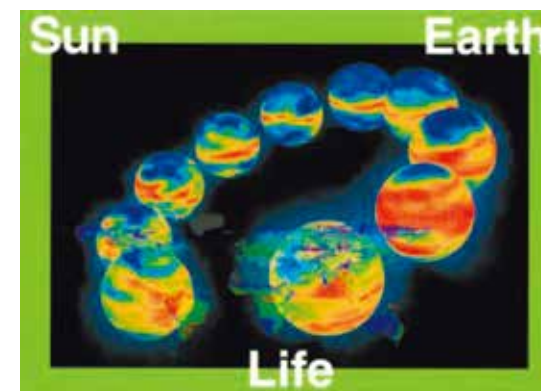
ISEE の各研究部門に所属している教員は、理学・工学・環境学の各研究科の協力教員として、関連講座の授業を担当しています。各研究部門の研究分野は、研究科の枠を超えて多岐に渡ります。皆さんはそれぞれの研究科に入学後も、研究所のなかで、同じ研究室で他の研究科と交流を持ちながら、学習や研究を進めていくことができます。ここでは、在学生の皆さんが研究科をまたいで履修している授業科目の一部を紹介します。
※教員の所属については、巻末のページを参照してください。

地球学Ⅰ（環境学研究科）・地球学特論（理学研究科）

宇宙地球環境に関わる諸分野を専門としている ISEE の教員、環境学研究科地球環境科学専攻の教員が、宇宙地球環境を一つのシステムとしてとらえ、その関連分野を俯瞰し理解するオムニバス形式の講義を行います。太陽-地球-生命圏相互作用系（SELIS）を学び、宇宙的視野に立つことによって、人類が今後どのように気候変動に適応していくべきかについて総合的に学ぶことができます。環境学、理学両研究科の講義として開講され、両方の学生が同時受講しています。自分の専門分野以外の事象や研究についても興味を抱き、自らが進める研究の位置づけと意義を考えることができます。

【講義内容】

- 1-1. ミランコビッチサイクルと氷期・間氷期サイクル
- 1-2. 太陽-地球-生命圏相互作用系（SELIS）
- 2-1. 銀河宇宙線と太陽宇宙線
- 2-2. 宇宙線生成核種を用いた過去の太陽活動の復元
- 3-1. 大気圏の良い／悪いオゾン
- 3-2. 大気エアロゾルがもたらす気候・環境影響
- 4-1. 海洋と炭素循環
- 4-2. 海洋リモートセンシング
- 5-1. 陸域生態系と水・炭素循環
- 5-2. 気候変動にともなう水・炭素循環の変動が北極社会に及ぼす影響
- 6-1. 樹木年輪セルロースを用いた古気候復元
- 6-2. 古気候データから読み取る日本の歴史



先端物理学基礎Ⅲ（理学研究科）

地球学と同様に、宇宙・太陽・地球・惑星間空間からなる「宇宙地球環境システム」の構造を理解するため、そこで観測される様々な物理現象を概観します。基礎的な既知の諸現象から研究途上の最先端な未解決の現象までを、ISEE の理学研究科と環境学研究科の教員がオムニバス形式で毎回紹介します。この講義の特徴は、単なる現象の紹介だけにとどまらず、それらの現象を理解するために必要なプラズマ物理、力学、宇宙線、電磁放射などの物理の基礎概念もしっかりと学ぶことができます。理学研究科の講義として開講され、ISEE 以外の素粒子宇宙物理学専攻の学生も多数受講します。また、工学研究科、環境学研究科の学生も受講することができます。

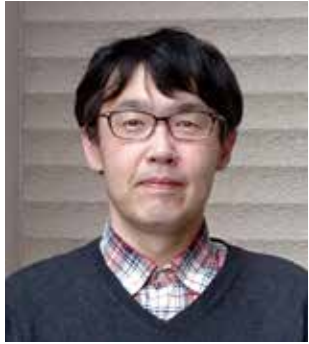
【講義内容】

- 1-1. 太陽地球環境システムの概要
- 2-1. プラズマ物理の基礎
- 2-2. 太陽大気構造・太陽活動現象
- 2-3. 太陽風の加速と太陽圏の形成
- 2-4. プラズマ中の電波伝搬
- 3-1. 相対論的荷電粒子の運動と散乱、光子と物質の相互作用
- 3-2. 荷電粒子からの放射、対生成
- 3-3. 高エネルギー粒子の加速と伝搬
- 3-4. 地球環境解析のトレーサとしての宇宙線生成核種
- 4-1. 磁気圏構造・ダイナミクスとジオスペース環境
- 4-2. 極域超高層大気とオーロラ活動の影響
- 4-3. 電離圏構造・ダイナミクスと観測手法
- 5-1. 大気圏の形成と構造、太陽放射と温室効果
- 5-2. 降水システムの観測とシミュレーション
- 5-3. 海洋変動





水野 亮 教授



長瀬 智生 准教授

観測・実験により大気の様子を正確に捉え、大気変動を引き起こしている自然的・人為的要因とそのメカニズムを解明する。

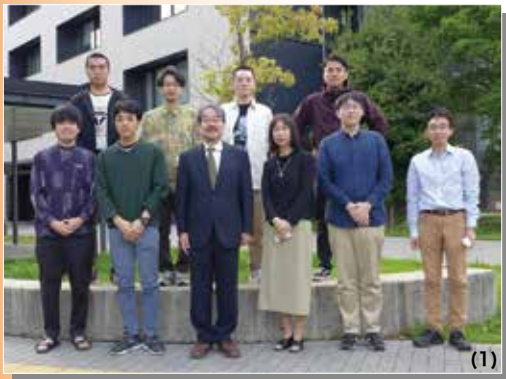
地球誕生以来、約 46 億年という非常に長い時間をかけて形成された地球大気。大気は動植物の生命活動に不可欠であることはもちろん、太陽から受け取った放射エネルギーの一部を吸収・反射し、地表の温度を一定に保つ働きを担っています。しかし近年、産業革命以降の人間活動の急速な拡大によって、地球大気の年齢に比べれば遥かに短い時間スケールで、大気環境に様々な問題を生じています。例えば、二酸化炭素やメタンなどの温室効果気体の濃度は増加し続け、気候変動への影響が懸念されています。また、エアコンの冷媒等に使われてきたフロンガスをはじめ人工物質の使用によるオゾン層の破壊、航空機や自動車から排出される窒素酸化物や硫黄酸化物のもたらす酸性雨等、深刻な影響が現れています。大気環境変動は人類の未来に直接関わる問題です。将来の環境変動を正しく予測するためにも、観測に基づいて大気の様子を正確に捉え、大気変動を引き起こしている自然的・人為的要因とそのメカニズムを解明する必要があります。大気圏環境変動 (AM) 研究室では、最先端技術を駆使して開発した電波受信技術・赤外線分校技術を用いて、フィールド観測や室内実験によって大気環境変動の諸問題に真正面から迫っています。また、地球大気を理解のための相互比較系として、惑星大気を観測する計画にも着手しています。

中層大気微量成分の短期・長期変動観測による太陽活動の地球大気環境への影響の解明

中層大気といわれる高度 15 km から 80 km までの成層圏・中間圏では、大気中の微量成分組成は地球内外の環境変動の影響を受けて常に変動しています。例えば、温室効果ガスの排出等による気候変動や特定フロン等の排出によるオゾン層破壊など人為的な環境変動だけでなく、11 年周期の太陽活動の変化や季節変化、磁気嵐等の地球周辺環境の突発的な変化、大気波動や火山活動、エルニーニョなどの自然変動も大気の輸送や化学反応を介して大気微量成分の組成に影響を与えています。しかし、環境変動はごく微少であったり長期に及んだりするため、これらと大気組成変動との関連はいまだ十分には理解されていません。そこで私たちは大気中の分子から放射される微弱な線スペクトルを捉える超伝導ミリ波分光計を北海道、南極昭和基地、北欧ノルウェー、南米アルゼンチンなどに展開し、オゾンやオゾン破壊関連分子、二酸化炭素などの温室効果ガスなどの様々な大気微量分子の高度分布の観測的研究を進め、太陽活動の影響を受けやすい中間圏や、大気輸送と化学反応が影響しやすい下部成層圏などの組成変動メカニズムの解明を皆さんとともに目指します。



北欧ノルウェー・トロムソに設置した超伝導ミリ波分光計用コンテナハウス (中央) とオーロラ



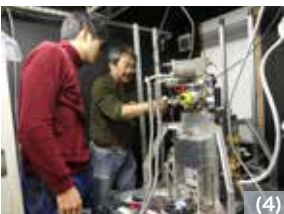
(1)



(2)



(3)



(4)



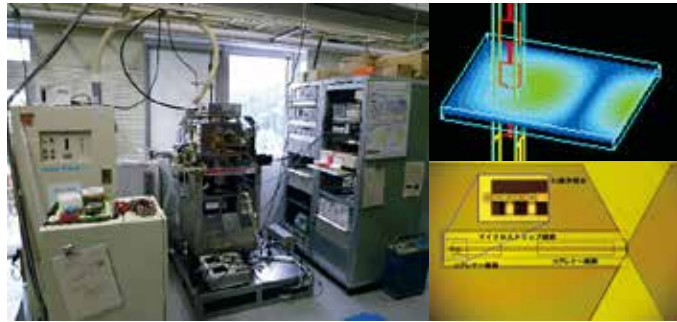
(5)



(6)

微弱な大気分子スペクトルを検出する超伝導薄膜センサーを用いた観測装置の開発

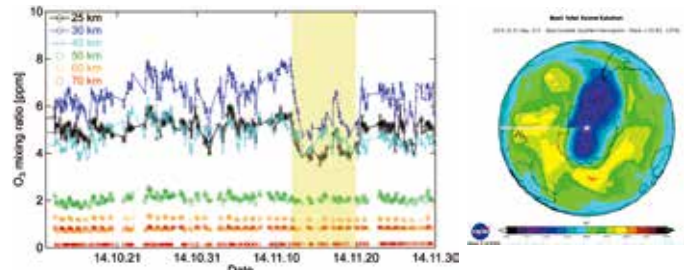
オゾンなどの大気分子の観測には、ミリ波～サブミリ波という非常に波長の短い電波を使います。私たちは、大気中の微量分子が発する微弱な電波を高い感度で検出するため、宇宙電波の観測でも用いられている超伝導薄膜センサー (超伝導 SIS 素子) を自分たちの手で設計・開発しています。超伝導 SIS 素子は、等価電気回路シミュレーターや有限要素電磁界シミュレーターなどを用いて設計し、専用のクリーンルームの中で超伝導薄膜を積層して製作されます。これまでに、110GHz 帯 (波長約 2.7mm)、250GHz 帯 (波長約 1.2 mm) で量子雑音限界に迫る高感度なセンサーを開発するとともに、このセンサーを用いた受信機システムを実用化し、北海道・陸別町 (1999 年～)、チリ・アタカマ高地 (2005 年～2015 年)、南極・昭和基地 (2011 年～)、アルゼンチン・リオガジェゴス (2011 年～) において、長期に渡るモニタリング観測に使用しています。大学院生の皆さんは、世界最先端のテクノロジーによる開発から、実際のフィールドでの観測、データ解析アルゴリズムの開発に至るまで、スタッフとともに首尾一貫して研究に取り組んでいきます。



北海道の陸別観測所に設置されたミリ波分光計 (左)、電磁界解析による導波管回路の電波伝搬の計算 (右上)、超伝導 SIS 素子中心部の顕微鏡写真 (右下)

南米におけるオゾン / 紫外線、エアロゾル観測網の整備とリスク情報伝達システムの開発

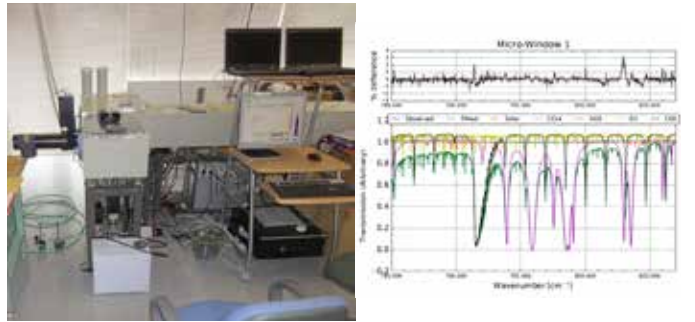
南米大陸南端部では、オゾンホールが上空にまで張り出してくることがしばしばあります。地域住民にとってオゾンホールは南極の特別な現象ではなく、日常生活に影響を及ぼします。私たちは南米のアルゼンチン、チリとの国際協力のもと、超伝導ミリ波分光計をはじめとして、オゾンライダー、紫外線分光計、オゾンゾンデなどの最先端の観測機器を南端部の大気観測所に整備しオゾン層 / オゾンホールのモニタリングを行っています。また、南米では数年に一度程度の頻度で南米アンデス山脈の火山が噴火を起こし、成層圏に吹き上げられた火山灰が数千 km 彼方まで飛んで行き飛行機の運航に影響を与えることがあります。火山灰の動きをモニターし予測するためのエアロゾルライダー観測網を国立環境研究所および現地の研究者とともに整備をしました。そして、研究機関はもとより両国の環境省、気象局、保健省、鉱山省、危機管理局の行政官らと協議をしながら、観測データをもとに必要時にオゾン / 紫外線や火山灰の注意報や警報を一般市民や関係諸機関に配信するリスク情報伝達システムを新たに開発し、国際社会にも貢献しようとしています。



南米南端のリオガジェゴスでのオゾンの高度別混合比の時間変化。黄色い網かけがオゾンホール通過時 (左)。NASA の人工衛星による 2014 年 11 月 13 日のオゾン全量マップ (右)

赤外分光観測による対流圏・成層圏微量成分の長期変動とその影響評価

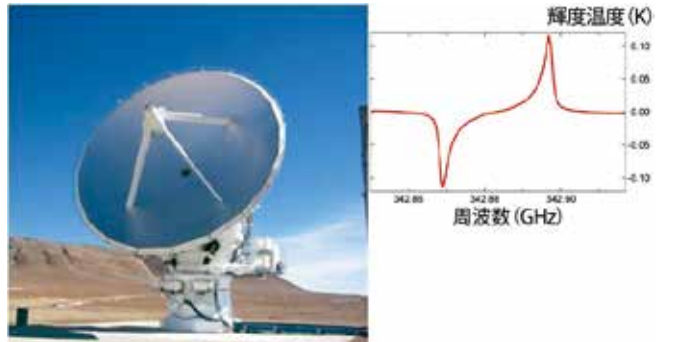
二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスに代表されるように、大気中の気体分子の多くは赤外線に対して強い吸収をもっています。そこで赤外域での吸収量を波長ごとに細かく測定することで、気体分子ごとの大気中の存在量を知ることができます。私たちは、1995 年北海道陸別観測所に高分解能フーリエ変換型赤外分光器 (FTIR) を、また 2014 年からは同地に国立環境研究所が設置した新型高分解能 FTIR を用いて太陽光の分光観測を共同で行っています。太陽光のスペクトル中には、大気中の微量分子ごとの吸収成分 (吸収スペクトル) が表れます。そこで、観測されるスペクトルからオゾンや塩酸、フロンガス、二酸化炭素、メタン、エタン、一酸化炭素など 10 種類以上の気体成分の大気中の気柱量や高度分布を求め、その時間変動を長期間にわたって監視することで、気候変動などのグローバルな地球環境変動への影響評価を行っています。また森林火災や都市域で発生する汚染大気の大気輸送の影響など、地域スケールでの大気質時間変動の影響評価も併せて進めています。



陸別観測所で稼働している高分解能 FTIR (国立環境研究所が保有) (左) と観測されたオゾン、水蒸気、二酸化炭素及び四塩化炭素の吸収スペクトル (右)

ミリ波・サブミリ波望遠鏡による太陽系内惑星の大気環境変動の観測的研究

私たちは理学研究科の「NANTEN2」や、国立天文台の「ASTE」や「45m 望遠鏡」などのミリ波・サブミリ波電波望遠鏡を用いて、太陽系内惑星の観測を進めています。惑星大気中の微量成分の同位体比や組成変動を観測することで、現在の惑星の気候や大気組成、太陽活動・宇宙線や彗星衝突などの外的要因が惑星大気に与える影響、さらには太陽系や惑星の形成機構や生命の起源、そして地球大気の独自性や将来予測について理解を深める上で重要な知見が得られます。2012 年からはアタカマ高地にて日・欧・米の国際協力による「ALMA」大型電波干渉計が本格観測を開始し、太陽系内惑星をこれまでにない超高空間・速度分解能で観測したデータが次々ともたらされています。惑星大気組成・ダイナミクスの研究において、これらのデータを活用することで大きなブレイクスルーが期待されています。私たちは ALMA を含めた国内外の望遠鏡を駆使し、皆さんと一緒に惑星の大気観測を進め、そこでの大気環境変動の実態に迫ります。



ASTE 望遠鏡 (左) で木星の硫化炭素 (CS₂) を観測した場合のシミュレーションスペクトル (右)

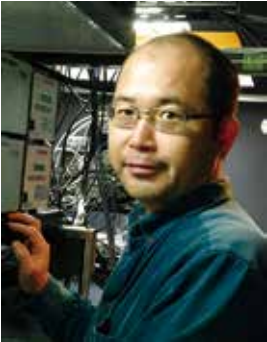
写真の説明：左より (1)AM 研集合写真、(2) 院生が参加した南極観測隊、(3) 学会発表風景、(4) ノルウェーでのミリ波観測、(5) 実験室で装置開発、(6)AM 研暑気払い (2019 年の写真)

Webページ: <https://skx1.isee.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先: mizuno@isee.nagoya-u.ac.jp (水野)





平原 聖文 教授



野澤 悟徳 准教授



大塚 雄一 准教授



大山 伸一郎 講師

宇宙空間と地球・惑星環境の間で生起し変動する多様な自然現象に対して、独自の観測的・実験的研究を展開し、それらの成因・機構に迫る。

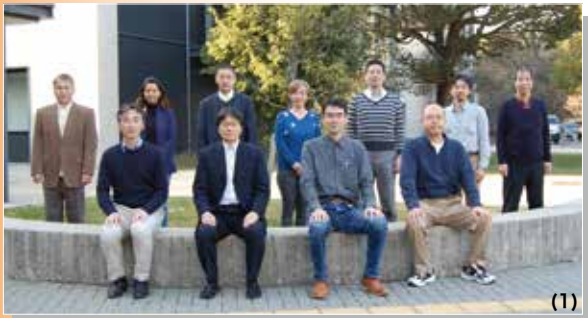
地球の超高層大気から周辺の宇宙空間まで広がる領域はジオスペース (Geospace) と呼ばれ、電離圏・磁気圏とも呼ばれてきました。この領域には、様々な実用・科学人工衛星や国際宇宙ステーションに代表される無数の宇宙機が配置されており、もはや現代社会にとって必須の社会基盤が展開する世界です。この身近な宇宙空間では、太陽コロナから流出する太陽風プラズマと、地球大気プラズマ・中性大気、地球固有磁場、下層大気などが複雑に作用していて、地球極域にはオーロラが出現し、静止軌道付近では宇宙嵐と呼ばれる大規模変動が引き起こされています。また、宇宙空間を満たすプラズマと惑星磁場、中性電離大気の相互作用は、太陽系内のみならず遠方宇宙でも基礎的かつ普遍的な素過程であることが分かってきています。我々にとって最も身近で詳細な探査が可能な地球、あるいは多彩な太陽系内惑星の超高層大気や周辺の宇宙空間で生起している壮大な自然現象とその変動過程を実証的に解明することは、宇宙開発への学術的貢献という枠を越え、宇宙・地球・惑星に関する基礎的・普遍的理解につながります。

我々の研究室では、最先端の科学観測機器を独自に開発し、海外・国内での拠点型・ネットワーク型の地上フィールド観測と宇宙空間に展開する探査機を用いた直接観測を両輪とした観測的・実験的研究を行い、この領域における自然現象の成因・機構に迫ります。

電磁気圏の実証的研究のための 4 つの戦略

壮大なオーロラ嵐・宇宙嵐が生起する電離圏・磁気圏における多様な物理機構に対して、実証的研究を多面的に展開するため、我々の研究室では次の 4 つの観測的・実験的戦略を基軸にしています。

1. 宇宙探査機・超小型衛星・観測ロケットなどによる将来計画を立案・推進し、それらに搭載する宇宙空間プラズマ・惑星中性大気の粒子分析器を開発し、観測データの解析を通して、宇宙と地球・惑星の結合機構を実証的に研究しています。
2. 北欧において、大型のレーダー装置を含む各種レーダー、ナトリウムライダー、ファブリペロー干渉計、全天カメラなどを用いた国際協力による拠点観測を実施しています。
3. 北極圏から日本、赤道域にわたる広い範囲で、可視域の分光機器や電波機器による世界に類を見ない国際ネットワーク観測を展開しています。
4. 高速変動するオーロラを世界最高速の地上・衛星搭載装置で極限時間分解能観測し、宇宙起源の高エネルギー電子がもたらす地球超高層大気・中層大気への影響を研究しています。



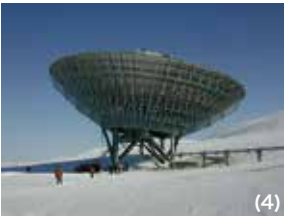
(1)



(2)



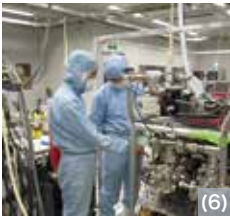
(3)



(4)



(5)



(6)



(7)

宇宙探査計画の立案・推進、宇宙機搭載用観測器の開発と観測データの解析により、宇宙と地球・惑星の結合機構を実証的に研究しています。(平原グループ)

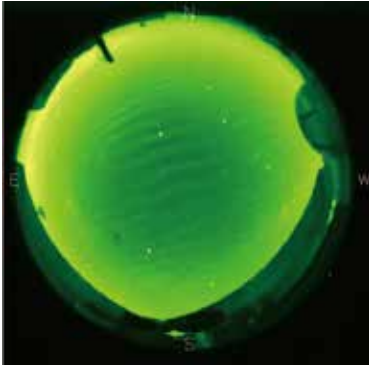
宇宙空間と地球・惑星環境との間に生起する多様な自然現象に関して、それらの素過程や物理機構間の相互作用を解明するには、探査機やロケットなどの飛翔体を用い、その場で直接観測することが不可欠です。本研究グループでは、研究所最上階にあるクリーンルーム内の装置により宇宙空間に近い環境をつくり出し、宇宙探査機に搭載する観測機器の研究・開発を行っています。宇宙と地球・惑星の結合系で最も基本的な構成要素としての宇宙プラズマ・中性粒子を、飛翔体に搭載された分析器で直接計測するためには、研究・開発の段階において地上で十分に実験・試験を行うことが必要となるため、それに必要なビームラインなどの様々な装置・設備の構築も行っています。これらの分析器で取得された観測データを解析することで、宇宙と地球・惑星の境界領域での物理機構を実証的に研究しています。



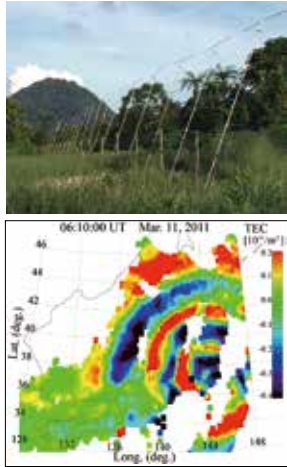
将来探査計画の立案・推進、独自設計・試作による分析器の新規開発、クリーンルーム・ビームラインなどの校正実験施設の構築・運用を行っています。

電波・光学機器を用いた国際ネットワーク観測による超高層大気の研究を行っています。(大塚グループ)

太陽から放射されたエネルギーの一部は、磁力線を介して極域の超高層大気に流入し、オーロラをはじめとする電磁気的な変動をもたらします。この影響で励起された大気波動は中低緯度にまで伝搬するなど、超高層大気に全球規模の変動を引き起こします。本研究グループでは、超高層大気が発する「大気光」とよばれる微かな光の観測を行うため、超高感度カメラを国内だけでなく世界の十数ヶ所に設置し、全球規模で起こる超高層大気現象の解明に取り組んでいます。また、赤道域では磁力線が水平になるため、赤道域特有の現象が発生します。この現象を捉えるため、赤道直下のインドネシアに VHF 帯のレーダーを設置し、電離圏プラズマの擾乱現象の観測を行っています。電離圏プラズマ擾乱は、カーナビでお馴染みの GPS にも悪影響を及ぼすことがあります。これは、GPS 衛星から送信された電波は、地上で受信されるまでに電離圏を通過するため、電波の受信障害が起こるからです。私たちは、世界各地の GPS データを利用して、電離圏の研究を行うとともに、電離圏による受信障害の影響を軽減する研究を行っています。



大気光や GPS、レーダー観測により超高層大気を研究しています。



Space Science - Experiment

北欧におけるレーダーやライダー等の拠点観測により、太陽風エネルギーの散逸過程の解明および大気上下結合の解明を目指しています。(野澤グループ)

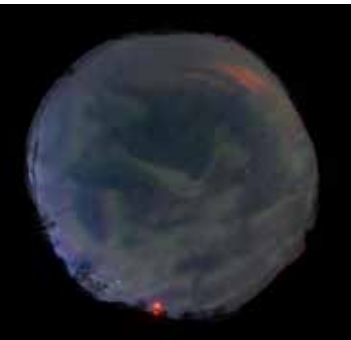
本研究グループでは主に観測に基づいて研究を進めており、その中心的な観測装置は、北欧にて稼働している欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーと呼ばれる地球物理学研究用の世界最高水準のレーダー群です。EISCAT レーダー観測と組みあわせて、人工衛星・ロケットなどの飛翔体や、他のレーダー (分反射レーダー、流星レーダー)、光学機器などとの同時観測による総合的な観測を行い、物理現象の理解に取り組んでいます。特に最近では、ナトリウムライダーを用いた、高度 80-110km 付近の大気温度変動や風速変動の観測研究に力を入れています。大気重力波の散逸過程、ジュール加熱量の定量評価、大気安定度、大気上下結合等の研究を修士学生のテーマとしています。観測地の中心となるのは、ノルウェー北部のトロンソとロングイアピンです。毎年複数回、現地に赴き観測を行います。この EISCAT レーダーおよびナトリウムライダー観測には、スタッフだけでなく、海外フィールド実習の一環として、大学院生も参加しています。



EISCAT レーダーとナトリウムライダー発振機

宇宙起源の高エネルギー電子が引き起こす地球超高層大気・中層大気変動の解明に取り組んでいます。(大山グループ)

オーロラは磁気圏で加速された電子が高度 100-300km 付近の地球超高層大気を励起することで発生します。このオーロラ電子は、その起源である太陽風プラズマ中の電子より $10^2 \sim 10^3$ 倍以上高いエネルギー (1-10 keV オーダー) を持つことが分かっていますが、加速機構を始め、時間変動や空間分布など十分に理解されていない物理現象がまだ多くあります。さらに最近の研究により 10^2 倍に近いエネルギー (数百 keV) を持つ高エネルギー電子降下 (EEP) が存在し、上部成層圏での電離が観測実証されました。これは EEP の大気微量成分 (オゾン等) への影響、ひいては、より下層の大気とオーロラ活動との関係を調べることの重要性を示唆する結果です。EEP の生成機構、オーロラの時間変動や空間分布と EEP との関係、EEP の超高層大気・中層大気へのインパクトなど、重要課題の解明を目指し、世界最大級の超高層大気観測レーダーである EISCAT、極限時間分解能を可能にする EMCCD カメラとファブリペロー干渉計、波動粒子相互作用や粒子衝突過程の直接測定を目指す衛星を用いた観測実験を行います。これらの研究活動は日本・フィンランド・米国を中心とする国際共同プロジェクトとして推進しています。



(左上) EISCAT レーダー
(左下) 国際共同研究チーム
(右) EEP を伴うオーロラ

写真の説明: 左より、(1) 教職員の集合写真、(2) 5方向に照射されるナトリウムライダーレーザー、(3) 2種類のエネルギー帯域用の電子・イオンビームライン校正実験装置、(4) ロングイアピンに設置されている EISCAT42m アンテナ、(5) インドネシアでの全天カメラの設置風景、(6) クリーンルームでの作業風景、(7) フォトメーターの校正実験風景

Webページ: <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/study03.html>
連絡先: hirahara@nagoya-u.jp (平原)



SSr

太陽宇宙環境物理学研究室



草野 完也 教授 増田 智 准教授 家田 章正 助教

太陽活動と宇宙環境のダイナミクスを最先端のシミュレーションと最新の観測データ解析から理解し予測することで、太陽宇宙環境の全体像を明らかにします。

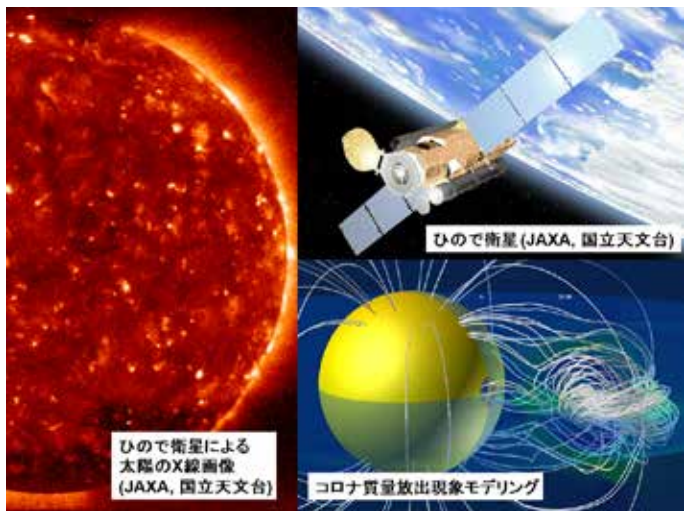
我々が生きる星「地球」は孤立した天体ではありません。地球とその周辺の空間（ジオスペース）は母なる星「太陽」と強くつながり、一つのシステムを形作っています。それ故、地球は太陽と宇宙の影響を絶えず受けているのです。太陽宇宙環境物理学研究室（SSr 研）は、太陽と地球の織りなすこの広大なシステムの謎を探ることができると世界的にも数少ない研究室です。SSr 研では最新の観測データと最先端のスーパーコンピュータを駆使したシミュレーションの融合によって、太陽宇宙環境を多角的に解き明かすことを目指しています。その研究は太陽ダイナモ、フレア爆発、太陽風、オーロラ、宇宙嵐まで多岐に渡ります。

GPS や衛星通信などにより宇宙利用が人々の生活を支える現代社会では、太陽宇宙環境の変動を予測する宇宙天気予報の重要性が高まりつつあります。SSr 研では太陽フレア爆発や放射線帯の変動、磁気嵐の予測を目指した太陽宇宙環境の予測研究を本格的に行うことができます。また、太陽活動と長期的な気候変動の関係を理解する宇宙気候研究も進めることができます。基礎から応用まで多岐にわたる研究テーマを選ぶことができることは SSr 研の魅力の一つです。さらに、その研究活動は国際的に広がり、修士課程から国内はもとより国際学会で活躍するチャンスも用意されています。以下では、SSr 研で進められている研究の一端を紹介しましょう。

母なる星、太陽の謎に迫る

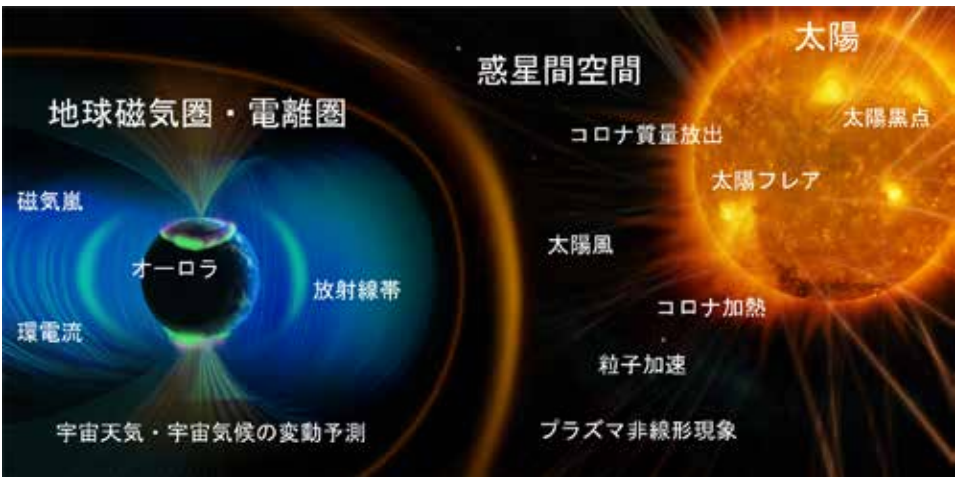
太陽は我々の生活と地球環境に最も深く関係した天体でありながら、未だに多くの謎に満ちています。太陽黒点の変動、太陽系最大の爆発現象である太陽フレアの発生機、太陽を取り巻くコロナを 100 万度以上に加熱するメカニズム等は、現在も未知のままです。SSr 研では、「ひので」などの観測衛星や野辺山電波ヘリオグラフ等による最新の観測データと、京コンピュータなどのスーパーコンピュータを使った大規模シミュレーションを連携させ、こうした太陽の謎に挑んでいます。フレアと大規模なプラズマ放出の発生メカニズムを衛星観測と電磁流体力学シミュレーションによって初めて明らかにすると共に、コロナ加熱を微小なフレアの集積によって説明するための新たな研究を進めています。また、将来の黒点活動を太陽磁場観測に基づくシミュレーションによって予測する研究も進めています。

大学院生のみなさんは、電波・可視光・X 線等の多波長データ解析や観測データを取り込んだ精密シミュレーション等を用いて、太陽の歴史的謎に迫る研究を手がけることができます。



ひので衛星による太陽のX線画像 (JAXA, 国立天文台)

コロナ質量放出現象モデリング

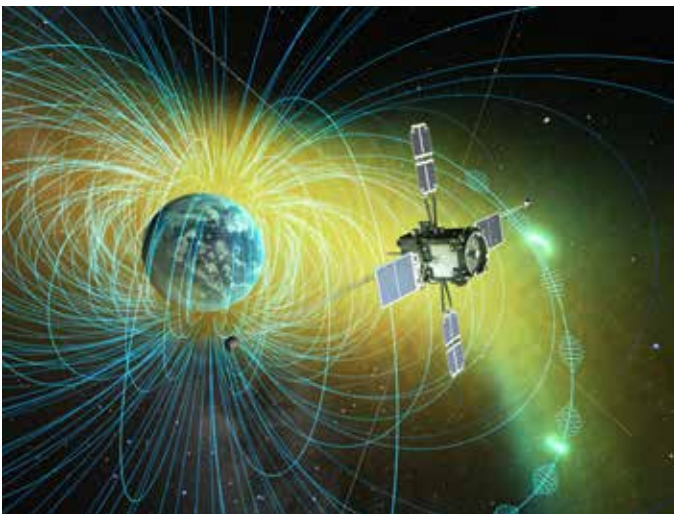


太陽宇宙環境の包括的な総合解析研究

太陽・惑星間空間・地球磁気圏・電離圏からなる太陽宇宙環境では、プラズマと電磁場の相互作用を通して太陽フレアによる爆発的エネルギー解放や太陽風の加速、太陽風と地球磁気圏の相互作用による磁気嵐や放射線帯の変動、オーロラなど様々な非線形現象がダイナミックに発生しています。太陽宇宙環境物理学研究室ではこうした多様な現象を従来の学問分野の垣根を超えて包括的に理解する研究を行っています。また、磁気リコネクション、衝撃波、波動と粒子の相互作用、プラズマ不安定性など様々なプラズマ現象の基礎研究も進めています。

ジオスペース高エネルギー粒子環境の研究

地球周辺の宇宙空間であるジオスペースには、エネルギーが高い電子やイオンが大量に存在するヴァン・アレン帯（放射線帯）と呼ばれる領域があります。このヴァン・アレン帯の荷電粒子が変動するメカニズムを、「あらせ」衛星を中心とした人工衛星や地上観測のデータ解析、シミュレーションを組み合わせ研究します。また、荷電粒子の変動を高い精度で予測するために、観測データとモデルの同化に関する研究も進めています。

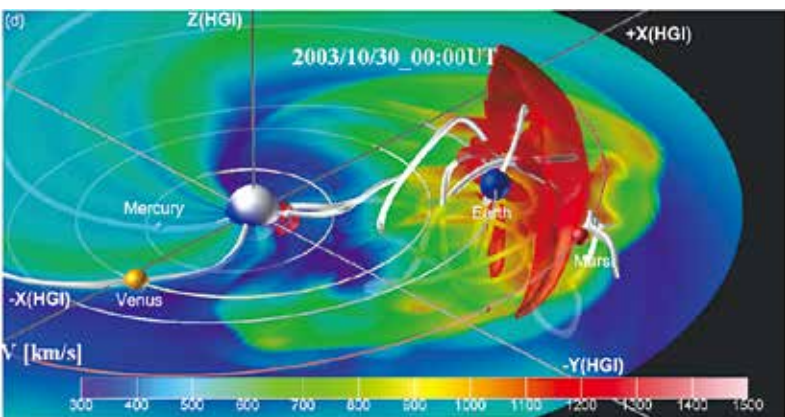
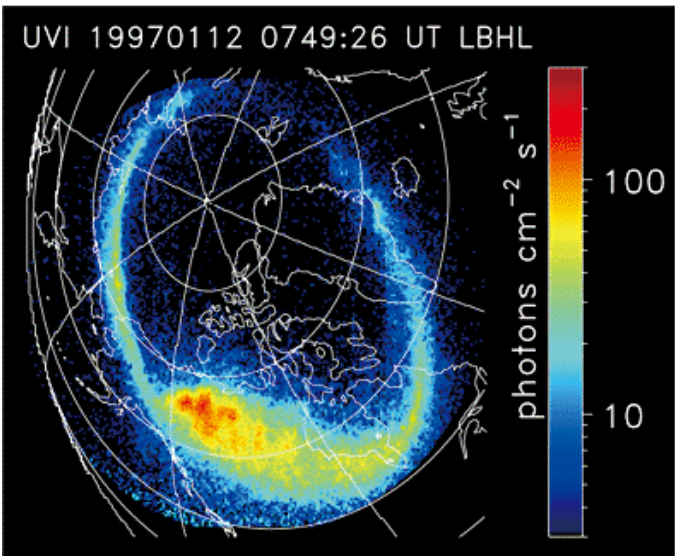


太陽地球圏環境の予測研究

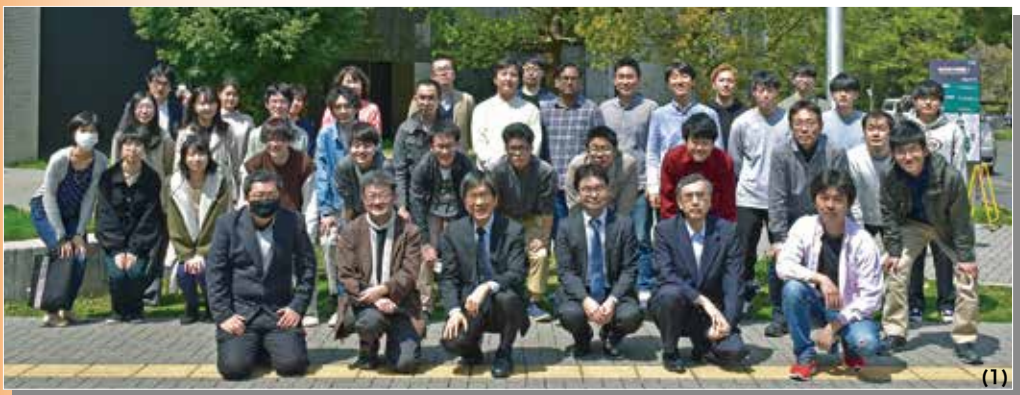
太陽地球圏環境で生じる様々な変動現象は人間生活にも重大な影響を及ぼします。それらを科学的な理解に基づいて正確に予測することは、安全な社会を守るためにも重要です。太陽宇宙環境物理学研究室では、太陽地球圏環境の予測研究を全国の研究者と共に推進しています。特に、太陽表面磁場観測に基づく太陽フレア発生の数値予測、3 次元電磁流体力学シミュレーションによるコロナ質量放出とそれによる惑星間空間磁場の変動予測、波動と粒子の相互作用の精密な理解に基づく放射線帯電子の変動予測、次期太陽周期（サイクル 25）の黒点活動予測などを最新の計算モデルと精密な観測データ解析に基づいて進めています。

オーロラ爆発と脈動オーロラの研究

オーロラが激しく変動するオーロラ嵐（サブストーム）の解明を目指しています。特に、オーロラが爆発的に明るくなる現象（オーロラ爆発）と、地球磁気圏の尻尾がちぎれる現象（磁力線再結合）との関係を調べています。また、オーロラが周期的に明滅する現象（脈動オーロラ）と、内部磁気圏でのプラズマ波動との関係も調べています。これらを解明するために、宇宙や地上から撮影したオーロラ画像や、日本や NASA の人工衛星が観測したプラズマ・磁場・電場データの解析を行っています。



コロナ質量放出による惑星間磁場変動の予測シミュレーション



(1)



(2)



(3)

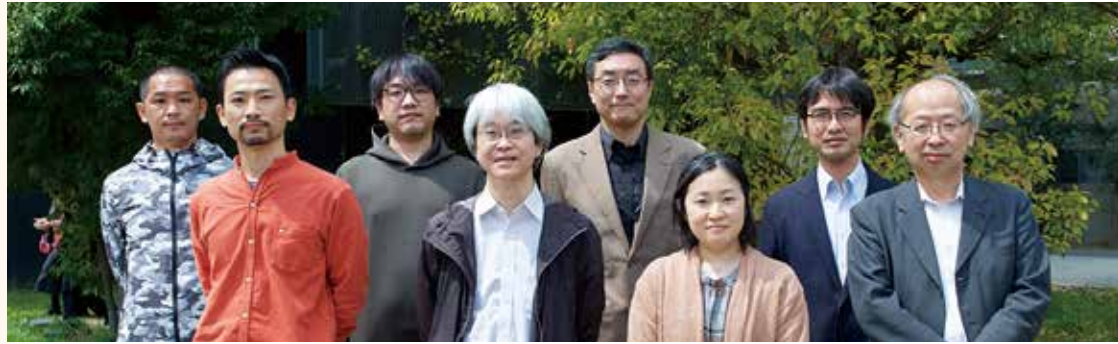


(4)

写真の説明：左より、(1) 研究室全体集合写真、(2) 研究所一般公開で研究紹介を行う大学院生、(3) 国際会議（ロシア）で研究発表を行った大学院生、(4) 熱心に議論を行う大学院生

Webページ： <https://is.isee.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先： kusano@nagoya-u.jp (草野)





向かって左から 佐藤和史 特任助教、奥村暁 講師、風間慎吾 特任助教、伊藤好孝 教授、田島宏康 教授、三宅美沙 准教授、毛受弘彰 助教、松原豊 准教授

宇宙線物理学は、宇宙物理、素粒子・原子核物理、地球物理の3分野にまたがる学問です。宇宙の極限環境での物理、宇宙線に影響を受ける地球環境を研究の対象とします。

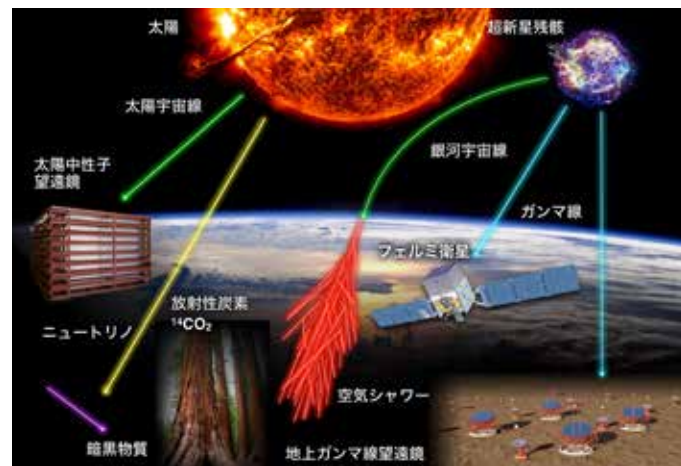
宇宙線は英語で cosmic rays と言われます。私達の研究室の略称 CR はこの頭文字をとっています。宇宙線は、宇宙から地球に降り注いでいる放射線で、Hess は 1912 年にこれを発見し、1936 年にノーベル物理学賞を受賞しました。宇宙線の主成分は陽子であり、電子や原子核などの荷電粒子や、ガンマ線などの高エネルギー光子やニュートリノも含みます。宇宙のどこかで生まれた宇宙線は、星間磁場や太陽・地球の磁場による影響を受けながら地球へ到達します。

宇宙線の起源は完全には解明されていません。太陽中性子の観測や宇宙ガンマ線の観測により宇宙線の起源を解明し、地球近傍のプラズマや太陽の表面、あるいは超新星残骸など宇宙プラズマにおける粒子加速機構を理解することが、CR 研での研究のひとつです。

宇宙線は、かつては陽電子、中間子の発見、最近ではノーベル賞を受賞したニュートリノ振動の発見など、天然の素粒子実験の場として大きな役割をはたしてきました。CR 研では、LHC 加速器での超高エネルギー宇宙線衝突の研究や、ニュートリノ・暗黒物質の研究など、宇宙と素粒子にまたがる謎にも挑んでいます。

宇宙線は地球大気に突入して電離を起こし、また原子核反応により放射性炭素 14 などの宇宙線生成核を作り出します。宇宙線を調べることで、地球周辺の磁場の様子や変動の歴史を知ることができます。CR 研では、年輪中炭素 14 の測定などを通じて、宇宙線と太陽・地球との関わりを探っています。

宇宙線は、ユニークな素粒子実験の場を提供し、宇宙の高エネルギー現象について情報をもたらします。また、磁場に影響される宇宙線は太陽地球環境を調べるプローブにもなります。この様に宇宙線の研究は素粒子・原子核物理、宇宙物理から地球物理まで幅の広い領域にまたがっており、我々の研究室にも様々な研究テーマがあります。



CR 研究室の仲間たち



宇宙線加速機構の解明

宇宙線は、陽子やヘリウム、鉄の原子核等が、「なんらかの」加速機構で、非常に高いエネルギーまで加速された粒子で、その起源は宇宙物理学上の大きな謎となっています。高エネルギー宇宙線やガンマ線の観測によりその起源を解明し、その加速機構を理解することが、宇宙線研究の主目的のひとつです。ガンマ線は、宇宙線と星間ガスの相互作用で生成され、荷電粒子と異なり星間磁場で進行方向を曲げられることはありません。そのため、ガンマ線観測は宇宙線の加速現場を研究する有力な方法です。2008 年に打ち上げられたフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡による 10 億電子ボルトエネルギー帯のガンマ線観測で得られたスペクトル解析により、W44、IC 443 などの超新星残骸で、宇宙線加速の決定的な証拠をつかむことができました。同時に、次世代のガンマ線観測装置であるチェレンコフ・テレスコープ・アレイ (CTA) のカメラを開発しています。CTA によって超新星残骸における宇宙線加速機構や、銀河系外の宇宙線起源に関する研究をさらに進めていきます。

上述のような粒子加速は、宇宙のいたるところに存在するプラズマが起こす普遍的な現象で、地球近傍や太陽の表面でも、スケールこそ違え同様の現象が起こっています。太陽表面は我々に最も近い宇宙線源であり、太陽フレアと呼ばれる爆発現象に伴い粒子加速が起こっています。この時放出される太陽中性子を測定することで、粒子加速の現場を捕らえることができます。メキシコの高山に新たな太陽中性子検出器を設置して観測を進めているほか、太陽中性子を観測できる機器を搭載した超小型衛星の開発も進めています。



(左) CTA 小口径望遠鏡の除幕式。CR 研で開発した信号処理回路を採用している。
(右) メキシコ・シェラネグラ山頂の太陽中性子望遠鏡

宇宙線と地球環境との関連の研究

太陽の放射強度はずっと安定ですが、その磁場活動は 11 年周期で変化した宇宙線強度に影響します。私達は樹齢 2000 年の屋久杉の年輪に含まれる放射性炭素 14 の濃度変化を測定し、宇宙線強度の履歴から過去の太陽活動の変動を復元する研究を行っています。この宇宙線の変動が地球の雲形成に影響している、という説があり、議論を呼んでいます。私達は実際に放射線によって雲核生成が増減するのか、確かめる実験を行っています。地球に降り注ぐ宇宙線は実は地球の気候や環境を左右しているかもしれません。

超高エネルギー宇宙線の謎を解明する LHCf 実験

これまで最も高いエネルギーを持つ 10 の 20 乗電子ボルトの宇宙線が空気シャワーの観測から発見され、大きな謎を呼んでいます。これは人類が加速器で生成可能なエネルギーの何桁も上です。いったい宇宙のどこでこのような粒子が生まれているのでしょうか？

超高エネルギー宇宙線の観測では、宇宙線が大気中で反応して生成する 2 次粒子のシャワーを測定しています。しかし、超高エネルギーでの宇宙線の反応は実験データが無くよく分かっていません。私達は 2009 年にいよいよ稼動を始めた世界最高エネルギーの陽子衝突型加速器、ラージハドロンコライダー (LHC) に小さな検出器を組み込み、超高エネルギー宇宙線の反応を実験的に調べる「LHCf 実験」を推進しています。ここで得られる素粒子実験データは、宇宙線観測の精度を上げ、加速器では実現不可能なもっと高いエネルギーの現象を宇宙線によって探る糸口となるでしょう。

ニュートリノによる物質の起源の理解

「ニュートリノはなぜこんなにも軽く、またニュートリノ振動を起こすのか？」ニュートリノの持つ不思議な性質は、宇宙と物質に起源の謎に関わっていると考えられています。

ニュートリノは、ほとんど物質と反応しないため地下深くまで届きます。ニュートリノで宇宙を見れば、例えば太陽の中心で起こっている核融合や銀河の中心を見通す事ができます。私達は神岡鉱山にある巨大ニュートリノ実験スーパーカミオカンデで、ニュートリノの不思議な性質を探ると共に、さらに 10 倍の大きさを持つハイパーカミオカンデ計画の実現に向けて開発研究を行っています。

暗黒物質の探索

宇宙の全質量の大部分は説明のつかない物質「暗黒物質」で担われていることがわかっています。

暗黒物質の正体や性質については、まだ理論的・実験的な制限が十分でないため、我々は宇宙観測や地下実験など様々なアプローチで探索しています。

宇宙観測においては、暗黒物質が集積している場所において対消滅して生成されるガンマ線を検出することで、暗黒物質の証拠を掴むことができます。ガンマ線衛星・フェルミでは、通常の物質に対する暗黒物質の存在比が非常に高い (1000 以上になる場合もある) と考えられている矮小楕円体銀河と呼ばれる銀河系近傍の天体からのガンマ線を探索しましたが、暗黒物質の証拠は見つけれませんでした。この結果は、陽子の 100 倍程度までの質量を持つ暗黒物質が存在しないことを示唆しています。さらに、陽子の 1 万倍程度までの質量の暗黒物質を検出する能力をもつ地上チェレンコフ望遠鏡の次世代装置 CTA の開発・建設に取り組んでいます。

スーパーカミオカンデでは、太陽や銀河中心に集積した暗黒物質が対消滅して生成する高エネルギーニュートリノを探索しています。

また地下実験では、検出頻度の低い暗黒物質が液体キセノンを通り抜けた痕跡をつかもうとしています。これまで神岡鉱山で続けてきた XMASS 実験に加え、さらにイタリア・グランサッソー地下研究所で行われている、もっと大型の国際共同実験 XENON 実験に加わり、暗黒物質の検出を目指します。

私達は人工衛星、地上、地下深くから宇宙を観測し、暗黒物質の正体を明らかにしたいと考えています。



(左上) LHC 加速器で超高エネルギー宇宙線の衝突を研究する LHCf 実験。(左下) 屋久杉年輪中の放射性炭素 14 から、過去の太陽活動や宇宙線増加を研究する。(右上) 神岡地下のニュートリノ実験スーパーカミオカンデ (写真提供 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設) (右下) 次世代の暗黒物質探索実験 XENON-nT (Credit: Roberto Corrieri and Patrick De Perio)

写真の説明: 左より、(1) LHCf 検出器完成を祝う CR 研メンバー、(2) 雲核形成に関するビーム試験に取り組む学生、(3) 新型液体ゼノン検出器の開発に取り組む学生、(4) 放射性炭素 14 測定のため木を切る学生、(5) MOA II 専用大面積 (8 千万画素) CCD カメラと学生

Web ページ: <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/CR/>
連絡先: itow@isee.nagoya-u.ac.jp (伊藤)





徳丸 宗利 教授

岩井 一正 准教授

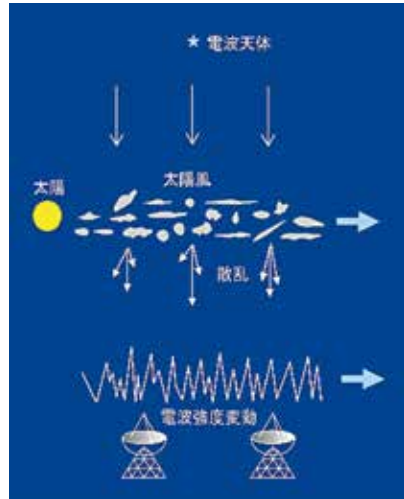
藤木 謙一 助教

独自に開発した大型電波望遠鏡を用いた観測から、宇宙天気や地球環境に大きな影響を与える太陽風の謎を解明する。

太陽と地球の間は物質が存在していないように見えますが、実は太陽から吹き出す超高温のプラズマの流れで満たされています。このプラズマ流は太陽風（Solar Wind）と呼ばれます。太陽風は超音速のスピードで太陽から常時四方八方へ拡がり、太陽系の惑星すべてを包み込んでいます。そして、太陽風は地球軌道半径の約 100 倍の距離で恒星間を流れるガス流と接していると考えられています。太陽風が星間ガスの中に作る空間が太陽圏（Heliosphere）です。太陽圏では、太陽の磁気活動を反映して激しい変動が絶えず起こっていて、それらは地球周辺の宇宙環境に大きな影響を与えています。太陽風によって時々刻々変化する宇宙環境の状態は、最近では宇宙天気（Space Weather）と呼ばれ、注目されるようになりました。それは、人工衛星や無線通信、電力設備が宇宙天気によって深刻な障害を受けることがあるからです。また、太陽風の影響は地表近くまで及んでいることも知られており、地球の気候変動との関連性も示唆されています。したがって、太陽風についてより正確な理解が重要になっています。太陽風と類似した現象（恒星風）は他の天体でも見つかっており、多くの天体をもつ共通の性質と考えられます。太陽風は、こういった宇宙に普遍的な現象を間近で観測することができる利点があります。私たちの研究室では独自に開発した観測装置（大型電波望遠鏡群）を使って太陽風を地上から遠隔測定し、その 3 次元構造や生成機構・太陽活動に伴う変動現象の研究を行っています（研究室の略称 SW は、Solar Wind の略）。

惑星間空間シンチレーションによる太陽風の観測

太陽風は非常に高温（約 10 万度）ですが、その密度は極めて低い（地球軌道で粒子数は 1cm^3 あたり 10 個程度）ため、それ自体が放射する電磁波を捉えることはできません。よって、太陽風を観測するには探査機を用いるのが一般的です。しかし探査機による観測は 1 点でしかなく、限られた数の探査機では広大な太陽圏の全貌を明らかにすることはできません。そこで私たちが観測に用いているのが、天体電波源の“またたき”現象を用いる方法です。この“またたき”現象は、惑星間空間シンチレーション（Interplanetary Scintillation; IPS）と呼ばれ、太陽風中にあるプラズマ密度のゆらぎによって生じます。太陽風の密度ゆらぎによって発生した電波強度の変動パターンは、太陽風の流れに伴って地上を動いていくので、この強度変動パターンを地上に配置した複数のアンテナで同時に観測してやると、太陽風の速度が測定できます。また、IPS の強さは太陽風プラズマの密度に関する情報を与えてくれます。IPS 観測には、探査機による観測と比べ優れた点がいくつかあります。まず、高感度の電波望遠鏡を用意すれば多くの天体電波源について IPS 観測をすることができますので、色々な場所での太陽風のデータを短時間に取得することができます。広大な太陽圏の全域をモニターしながら、変動現象を効率よく検出することが可能になるのです。さらに、IPS 観測は探査機では観測が困難な太陽のごく近傍や高緯度の太陽風を測ることができます。



惑星間空間シンチレーションによる太陽風観測



(1)



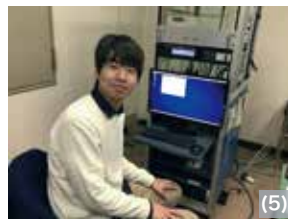
(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

IPS 観測専用の多地点大型電波望遠鏡システムの開発

SW 研究室では、独自に IPS 観測専用の大型電波望遠鏡システムを開発し、太陽風データを収集しています。それらの電波望遠鏡は豊川（愛知）、富士山麓（山梨）、木曾（長野）の国内 3 箇所に設置されています。これらの望遠鏡は、いずれも我が国最大級の受信面積を有しています。例えば、富士の電波望遠鏡の受信面積は約 2000m^2 、豊川にある新しい電波望遠鏡は約 3500m^2 です。何故このような面積が必要なのかというと、元々天体電波源からの信号は非常に微弱で、IPS のシグナルは電波源自体の信号に比べさらに小さいため、それを検出するには高感度の受信システムが必要だからです。また IPS は速い変動を示すことから時間積分によって感度を向上させることができません。SW 研究室の高感度な電波望遠鏡では、1 日に数多くの電波源について IPS 観測が可能です。また本望遠鏡の高感度な特性を活かし、最近ではパルサーの観測も行っています。

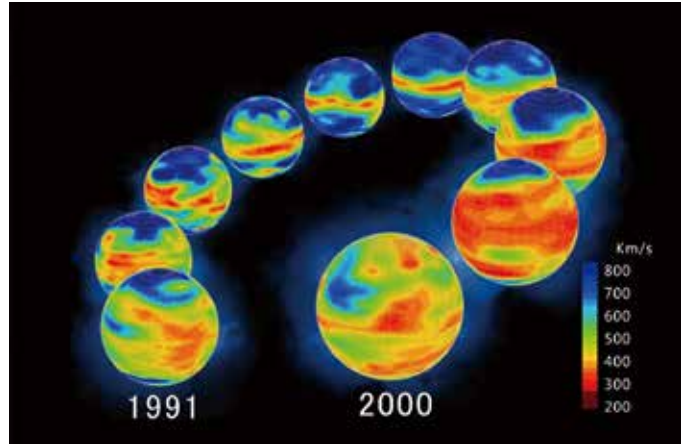
また、SW 研究室では、将来の IPS 観測をリードするべく、新しい大型電波望遠鏡の建設を計画しています。この将来装置では、既存の装置の 10 倍の性能を目指して、最新の技術を導入する予定です。現在は、多方向を同時に観測できるデジタルフェーズドアレイ装置のプロトタイプを開発し、信号処理の実験を行っています。また、観測に適したアンテナ形状の設計も行っています。これらの設計開発は研究室のスタッフや大学院生が協力して行っています。自分たちが考えたアイデアによって装置が出来上がっていく過程を体験できることも本研究の魅力の一つです。



豊川に建設された UHF 電波望遠鏡（SWFT）

CT 解析による太陽風 3 次元構造の復元

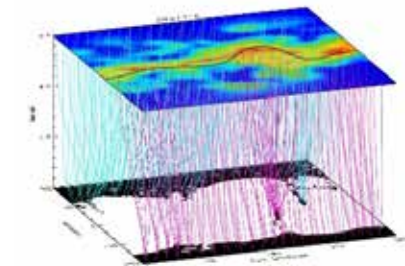
SW 研究室が持っているもう一つのユニークな技術は、IPS 観測データによる太陽風の CT 解析です。CT とは計算機トモグラフィー（Computer-assisted Tomography）の略で、医療分野での応用が有名です。IPS 観測で得られる太陽風データは視線に沿った積分値ですが、SW 研究室で開発した CT 解析法を使うと、IPS 観測で得られたデータから太陽風の 3 次元構造が復元できます。これまでの研究から、CT 解析によって得られた結果は飛翔体による観測ともよく一致していることが示され、その信頼性の高さが確認されています。この CT 解析は SW 研究室の研究に活用され、次に述べる太陽風生成機構や惑星間空間擾乱、宇宙天気予報の研究でいくつもの成果を生んできました。



太陽活動 11 年周期に伴う太陽風速度分布の変化（Tokumaru, 2013）

太陽風生成機構の研究

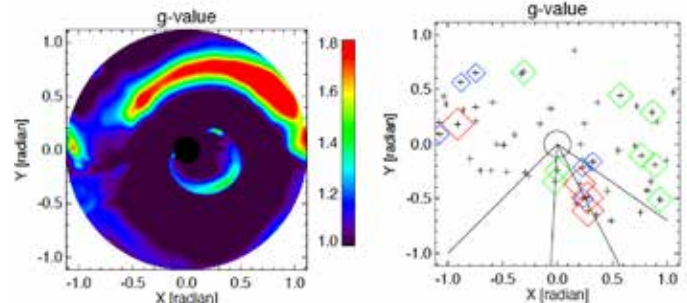
太陽風の生成機構は、未だ解明されていない大きな謎です。現在研究者を悩ませているのは、太陽風を駆動するエネルギーがどこからくるかという点です。最初、太陽風は 100 万度以上のコロナの持つガス圧により太陽の重力を振り切って流出するというモデルが提唱されました。しかし、その後の研究からコロナのガス圧では太陽風を説明できないことが判っています。特に、コロナホールと呼ばれる低温・低密度領域からより高速な太陽風が吹き出すという観測事実は説明が最も難しい点です。この他、太陽風が 300-400km/s の低速成分と 700-800km/s の高速成分で構成されるという性質（2 成分性）の原因、太陽風がどこでエネルギーを得て超音速になるかという加速場所の問題、低速風の発生源はどこかという問題など、太陽風生成機構に関する謎は尽きません。SW 研究室のこれまでの研究からは、太陽の磁場特性が太陽風加速を大きくコントロールしていることが判ってきています。



太陽風流源面における速度分布（上）と光球面磁場（下）の関係。上下をつなぐ線はコロナ磁場の磁力線を示す。（Tokumaru, 2013）

宇宙天気予報の実用化に向けた研究

太陽表面での爆発現象は太陽大気の一部を宇宙空間に向けて吹き飛ばします。この現象はコロナ質量放出（Coronal Mass Ejection; CME）と呼ばれ、地球周辺に到来すると電波通信や人工衛星・航空機の航行、GPS 測位など、社会生活に様々な影響を与えるため、到来前に予報することが重要です。しかし、CME が惑星間空間でどう分布し、どの様に伝搬するかについては、まだよくわかっていません。IPS 観測は惑星間空間を伝搬中の CME を効率良く検出することができます。SW 研究室では宇宙天気予報を行う研究機関と共同で IPS 観測データを取り込んだ CME 伝搬モデルの開発を行っています。これまでの研究から、IPS 観測データを取り込むことで CME の到来予測精度が向上することが明らかになっていきました。現在、このモデルを用いた宇宙天気予報の実用化に向けた開発が進められています。



実用化に向けて開発が進む IPS データを取り込んだリアルタイム太陽圏シミュレーション（iwai et al, 2019）

特異な太陽活動に伴う太陽風の変動に関する研究

現在の太陽活動は、過去 100 年来と言われる低いレベルになっています。17 世紀にも太陽活動が長期間低下した時期（マウンダー極小期）があり、その期間には地球の気候が寒冷化したことが知られています。しかし太陽活動と地球寒冷化のメカニズムは未だよく判っておらず、Missing Link と呼ばれます。今回の太陽活動の低下に伴って、どんな変化が地球周辺に生じるかは、Missing Link を解明する重要な手がかりとなります。最近の IPS 観測からは、太陽風の分布や特性が過去とはかなり異なっていることが判ってきました。SW 研究室では、太陽風が今後どの様に太陽風が変化してゆくかを IPS 観測から正確に捉えることで、Missing Link の謎に迫ってゆこうとしています。

写真の説明：
左より（1）研究室メンバー、（2）木曾観測施設における一般公開の様子、（3）セミナー中の様子、（4）富士観測所での保守作業、（5）豊川におけるパルサー観測のデータ処理、（6）豊川観測所での保守・調整作業

Webページ：<https://stsw1.isee.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先：tokumaru@isee.nagoya-u.ac.jp（徳丸）





塩川 和夫 教授



西谷 望 准教授



能勢 正仁 准教授



Claudia Martinez-Calderon 准教授



中島 拓 助教

地球周辺の宇宙空間と超高層大気を観測的に研究し未知の現象の発見とその原因の解明・人類の宇宙利用への応用をめざす。

本研究グループは、地球周辺の宇宙空間（ジオスペース）とそれにつながる超高層大気の変動を観測的に研究しています。この領域は、太陽からのプラズマが地球の磁場にとらえられて磁気圏を形成し、さらに大気に降り込んでオーロラを光らせたり大気を加熱したりする上からの過程と、対流圏などの下層大気からの波のエネルギーが超高層大気に伝わって変動を引き起こす下からの過程があり、この上下からのエネルギー流入によって常に変動しています。私たちの研究は、この領域で発生している未知の現象の発見とその原因の解明という理学的な側面と、人類の宇宙利用への応用という工学的な側面があります。

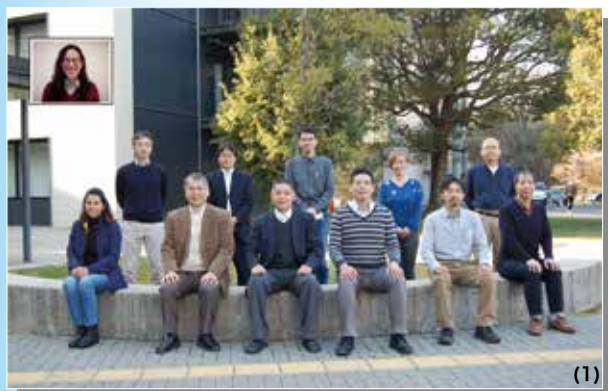
研究手法として、オーロラなどの大気発光の高感度分光機器、大型レーダー、レーザーレーダー、GPS 受信機、磁力計、VLF 電波アンテナ、ミリ波・サブミリ波分光計、人工衛星の搭載機器などを開発し、観測に基づいた研究を行っています。これらの機器を国内・海外のフィールド観測点に設置し、地球規模のグローバルな研究を国際協力のもとで行っているのも特徴です。私たちの研究室は、工学系の学生と理学系の学生と一緒に研究をしているユニークな研究室です。さらにフィールド観測のために海外の観測点に出張することがあるとともに、国際共同で世界最先端の研究をしているので留学生や外国人の客員研究者が研究室に滞在するなど、国際的な研究環境となっています。

オーロラや電磁場観測を通じた電磁気圏の研究

オーロラはジオスペースのプラズマが大気に衝突して大気が光る現象です。プラズマは目に見えませんが、オーロラを通して地球周辺のプラズマの動きを画像としてとらえることができます。またオーロラは電磁気圏に様々な電磁場変動を引き起こします。サブストームと呼ばれるオーロラが爆発的に活動する現象や、周期的に点滅するオーロラなど、オーロラに関連する地球周辺のプラズマ現象には、まだまだ未知な点が多いのです。オーロラは超高層大気を加熱し、その高度の大気の地球規模の変動を引き起こし、人工衛星の軌道を変えることもあります。私たちは、カナダやノルウェーでオーロラの高感度分光観測や関連する磁場・電場・波動・大気変動の観測を行い、オーロラに関連したジオスペース・超高層大気の現象を研究しています。またオーロラを引き起こすプラズマを人工衛星から直接計測する粒子分析器の開発も行っています。



カナダで観測されたオーロラ



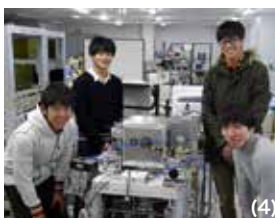
(1)



(2)



(3)



(4)



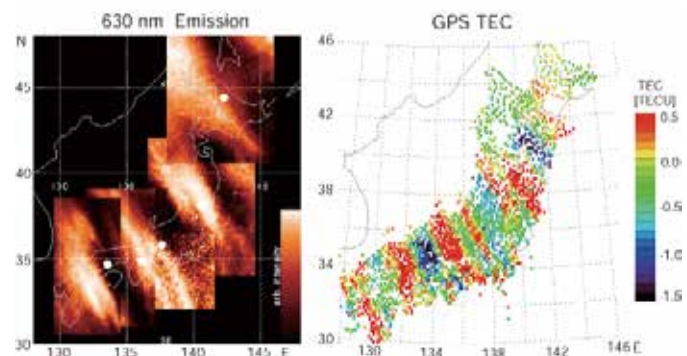
(5)



(6)

中緯度の超高層大気・電離圏の研究

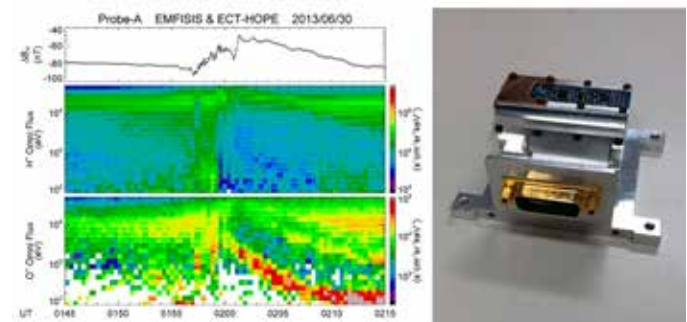
高さが 80km 以上の中間圏・熱圏と呼ばれる超高層大気や電離圏にはいるるな空間波長を持つ波動が昼夜の別なく存在しています。例えば水平波長が 1000km 以下の電離圏の波動を "MSTID (中規模伝搬性電離圏擾乱)" と呼びます。私達は、夜間大気光（高度 80 ～ 300km の大気が夜間に発光する現象）を測定するための全天カメラを国内の 4 点とオーストラリア、インドネシア、タイ、カナダ、ロシア、ノルウェー、ハワイなどに設置して、MSTID などの大気波動をイメージング観測しています。また、高度約 2 万 km を飛翔する GPS 衛星が発射する 2 周波の電波を地上で受信して、電離圏の電子密度のイメージング観測をしています。さらに国際宇宙ステーションから大気光を観測するプロジェクトにも参加しています。これらの観測を通して、超高層大気や電離圏の変動を研究しています。これらの超高層大気・電離圏の変動は、人工衛星-地上間の通信に影響を与えたり、GPS の測位精度を落としたりして、宇宙空間を利用した人類活動にも影響を与えます。



同じ時刻の大気光観測（左）と GPS 観測（右）から得られた、日本列島の上空を北東から南西へ伝搬する MSTID

地上と衛星の磁場計測器による磁気圏環境の研究

地球の持つ固有磁場は、人工衛星が飛翔する宇宙空間にまで張り出して磁気圏を作っています。地上や人工衛星で磁場を計測していると、その大きさや向きが非常に激しく変化する "磁場双極子化" という現象や、きれいな正弦波的变化を示す "地磁気脈動" が観測されます。私たちは、磁場双極子化が起こると磁気圏のプラズマが加熱され、特にその中でも酸素イオンだけに選択的に働きかけるメカニズムがあることを発見しました。また、地磁気脈動がある条件を満たすときに、プラズマの運動と共鳴を起こし、プラズマの加熱が起こることも分かってきました。このように磁気圏の環境は磁場の変化によって大きく左右されるため、その物理メカニズムの解明や磁気圏環境のモニターという観点から磁場観測やデータ解析による研究を行っています。また、新しい原理を用いた磁場センサーを用いて、地磁気計測・記録システムの開発も進めています。



(左) 磁気圏で観測された磁場双極子化現象とそれに伴う水素プラズマと酸素プラズマの加熱の様子。(右) 現在開発中の地磁気計測システムのセンサー部分

大型短波レーダーによる電離圏・熱圏変動の研究

電離圏のプラズマは激しい擾乱状態になることがあります。私達は大型レーダーを使って乱流の研究を行っています。強力な電波を上空に発射し、乱流プラズマで散乱されたレーダーエコーを調べることで、乱流の生成機構や無線通信などへの影響を知ることができます。また私達は、南北両半球に多数設置されている大型短波レーダーを用いて、高・中緯度電離圏内のプラズマの運動の研究を行っています。特に 2006 年 11 月と 2014 年 10 月には北海道陸別町に二基の大型短波レーダーを設置し、継続的な観測を行っています。このレーダーは、従来から観測空白域となっていた北海道からシベリア、アラスカに至る広範囲の電離圏や下部熱圏を探索することができる世界的にもユニークなものであり、中緯度電離圏と高緯度電離圏が力学的・エネルギー的にどのように結合しているかを研究するための新しい観測手段となります。



北海道ー陸別短波レーダーの巨大なアンテナ群

ミリ波ラジオメータによる中層大気微量分子の研究

地球大気の大部分（約 99%）は窒素と酸素から成りますが、それ以外の成分（大気微量成分といいます）も地球環境の成り立ちに深く関連しています。私たちは、南極や南米、北欧など世界 5 か所に展開したミリ波ラジオメータ（電波分光観測装置）による地上からのリモートセンシングにより、成層圏から中間圏（高度約 10 ～ 80km）の大気に含まれる様々な微量分子を長期的に観測して、地球大気組成変動に対する人間活動の影響のほか、太陽活動やオーロラなど自然現象の影響について明らかにすることを目指しています。また、超伝導金属を用いた量子雑音限界に迫る高い感度を持つ検出器や、超高周波電波を低損失に伝送できる立体導波管回路による新たな観測技術の研究や観測システムの開発も行っており、これは大気環境計測だけではなく電波天文学分野などへの幅広い応用も目指しています。



ノルウェーに設置したミリ波ラジオメータの外観（左）。大学院生と共に設計開発を行った超伝導検出素子（右上）および導波管型周波数分配器（右下）

写真の説明：左より、(1) 教職員の集合写真、(2) カナダ・Nain 観測点でのオーロラ観測、(3) 高感度全天カメラの較正実験、(4) ミリ波帯超伝導検出器の開発実験装置、(5) オーロラ電波を観測するアンテナのケーブル設置作業（カナダ）(6) 陸別 HF 第一レーダーサイト前での集合写真

Webページ：<https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/>
連絡先：shikawa@nagoya-u.jp (塩川)





三好 由純 教授

梅田 隆行 准教授

今田 晋亮 講師

情報学的手法に基づく太陽地球系科学及び宇宙プラズマ科学の研究により、宇宙地球環境の変動を解明し、宇宙の天気を予測する。

情報学的手法を用いた大量の人工衛星データや画像の解析処理やデータ同化及び、スーパーコンピュータを用いた超並列計算機シミュレーションなどのアプローチにより、ジオスペースおよび太陽地球惑星系の環境変動を数理的に研究しています。各教員は他の研究グループと協力して太陽地球系科学及び宇宙プラズマ科学の研究を進めるとともに、教育においては SST 太陽宇宙環境物理学研究室と密接に関わりながら大学院工学研究科の学生の指導を担当しています。

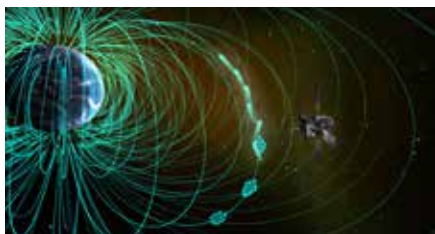
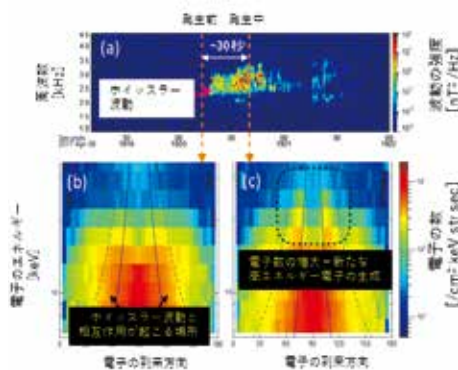
人工衛星データ解析によるジオスペース環境及び太陽大気の研究

惑星間空間は、太陽から吹き出す希薄な超音速プラズマ流（太陽風）によって満たされています。一方、地球などの惑星は固有の磁場を持っていますが、その固有磁場と太陽風が相互作用を行う結果、磁気圏と呼ばれる構造が形成されます。この地球周辺の宇宙空間のことをジオスペースとよびます。磁気圏は太陽風から質量やエネルギーを取り込み、それを蓄積して解放する変化を繰り返し行っています。宇宙嵐やサブストームと呼ばれるその爆発現象と関連して、高緯度域において大規模な自然放電現象であるオーロラが活発化し、また放射線帯（ヴァン・アレン帯）と呼ばれる1,000,000eVを超えるエネルギーを持つ粒子が変動します。それらの変動は、プラズマの運動によって引き起こされます。

私たちは、これらの現象の性質と発生の原因を人工衛星で取得された大量のデータの情報学的な解析とスーパーコンピュータを用いた計算機シミュレーションによって研究しています。ジオスペースは多くの人工衛星が運用されるなど、私たち人類の活動領域となっていますが、太陽表面の爆発現象（フレア）や宇宙嵐にともなう宇宙環境の変動とともに人工衛星の障害などが発生することがあり、私たちの生活にも影響を与える可能性があります。このような人間活動に影響を与える宇宙環境現象：宇宙天気

の予報を目指し研究を進めています。私たちのグループでは、ジオスペースで起こる様々な現象のうち、オーロラや放射線帯の高エネルギー粒子の変動過程についての研究も精力的に進めています。太陽風の変動に伴って、放射線帯の高エネルギー粒子がいつ、どのくらい増えるのかを予測することが可能になれば、人工衛星等の被害を軽減できる可能性があります。2016年に打ち上げられた JAXA の科学衛星「あらせ」の最新のデータを用いて、この高エネルギー粒子の変動過程の研究を行っています。また、観測データとコンピュータシミュレーションを組み合わせた研究も推進しています。

また、ジオスペース環境変動の主な原因である太陽大気の活動についても、JAXA の科学衛星「ひので」、NASA の科学衛星「SDO」や地上望遠鏡で取得された画像を解析し研究しています。なかでも地球環境に最も影響を及ぼすフレアやコロナ質量放出（CME）が、いつどこでどのようにして起こるかに着目し、将来的にフレアの予報を目指し研究を行っています。

ジオスペース探査あらせ衛星（2016年打ち上げ）
©ERGサイエンスチーム

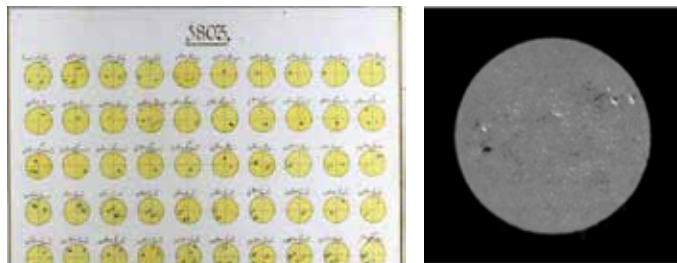
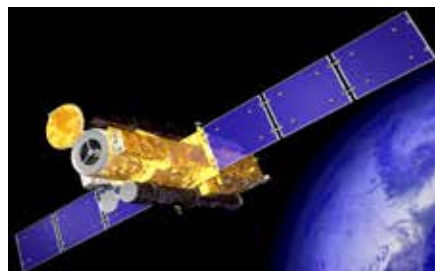
あらせ衛星が観測したプラズマの波（上）と、電子の分布（下）。上の段のホイッスラー波動が発生すると、電子の分布が下左から下右へと変化し、電子が加速していることが発見されました。（Kurita, Miyoshi et al., 2018 を改訂）

画像解析 / データ同化 / 機械学習にもとづく太陽やオーロラ現象の研究

私たちは、太陽およびジオスペースの研究に、最先端の情報学的手法を積極的に活用しています。具体的には、高度な画像解析処理技術、機械学習を用いた大規模データの処理、またデータ同化にもとづく観測とコンピュータシミュレーションの融合研究です。

太陽およびオーロラの研究には、画像データとして取得された観測データを用います。太陽の研究では、「ひので」衛星をはじめとした太陽観測衛星が取得した高解像度の画像データに対して、黒点やコロナホールと呼ばれる領域を自動で抽出・追跡するアルゴリズムの研究を進め、太陽面上の様々なダイナミクスの研究を行っています。また、オーロラの研究では、北欧や北米にオーロラの高速撮像システムを設置し、そこから得られる高時間高空間分解能のオーロラ観測画像の解析を行っています。異なる波長で取得されたデータから、オーロラを引き起こしている電子のエネルギーを推定する手法を開発するなど、観測された元データを様々な解析し、多くの情報を引き出す研究を行っています。

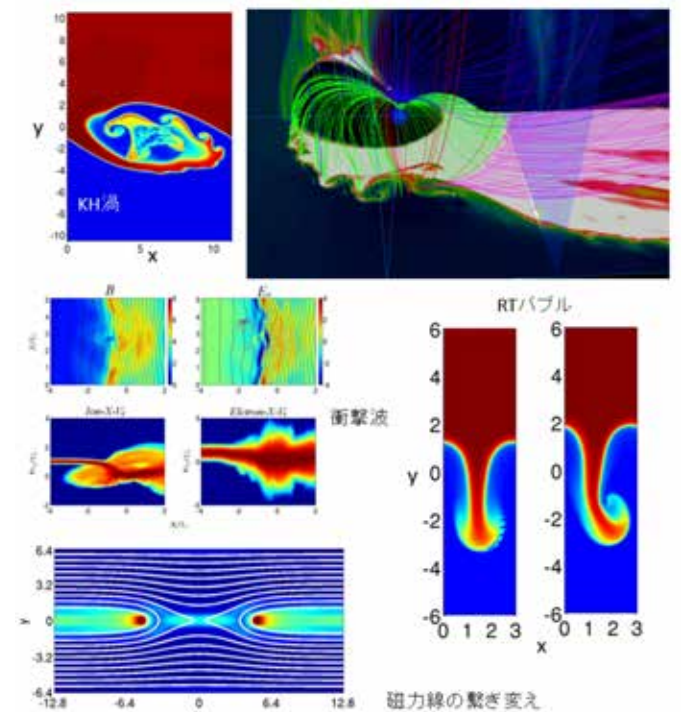
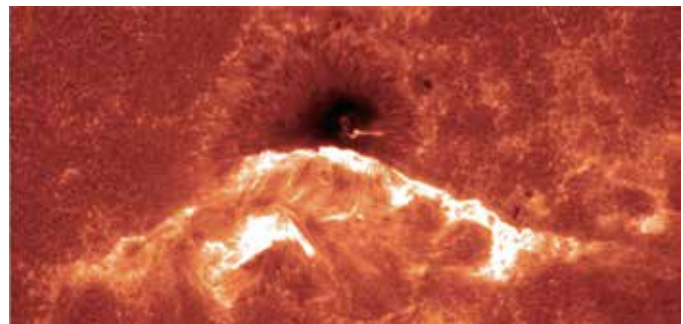
また、データ同化とよばれる観測データとコンピュータシミュレーションを融合させる手法の開発にも取り組んでいます。データ同化は、コンピュータシミュレーションに観測データを取り入れ、シミュレーションで用いている未知変数を実際の観測データをうまく説明できるように最適化することにより、より高精度な計算を実現するものです。私たちは、最先端のデータ同化手法を用いて放射線帯やオーロラ活動指数の変動予測の研究を進めています。さらにニューラルネットワークをはじめとする機械学習の手法を適用する研究も積極的に進めており、太陽およびジオスペースの現象のパターン認識や自動抽出等の研究を進めています。現代の観測データから太陽の黒点と磁場の関係を機械学習したプログラムにより、200年程前（1800年代）に作成された手書きの黒点スケッチから、観測データが存在しない当時の太陽表面の磁場を再現する試みも行っています。

北欧、北米に設置した 100Hz 高速撮像カメラによるオーロラ観測
©国立極地研究所、PsA プロジェクト左：オーストリアの図書館に
収蔵されている200年前の手
書きの黒点スケッチ
上：機械学習を用いて手書き
の黒点スケッチから再現した
200年前の太陽表面磁場太陽観測衛星「ひので」
（2006年打ち上げ）
©国立天文台 / JAXA

スーパーコンピュータを用いたジオスペース環境及び太陽大気の計算機シミュレーション

衛星・地上観測データの解析と並んで、コンピュータシミュレーションによる宇宙天気研究が盛んに行われています。宇宙天気予測の実用に耐えるような信頼性の高いシミュレーション手法の構築は重要な課題です。私たちのグループでは、太陽フレアや太陽風-磁気圏相互作用などの巨視的現象を扱う電磁流体力学（MHD）コードおよび、プラズマを構成する電子やイオンなど粒子1つ1つの運動と電磁場との相互作用に起因する微視的現象を扱う運動論コードなどを用いて、スーパーコンピュータを利用した計算機シミュレーションを行っています。

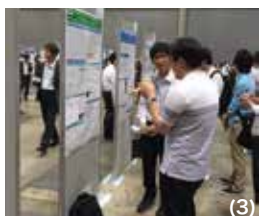
計算機シミュレーションは名古屋大学情報基盤センターのスーパーコンピュータや研究所のスーパーコンピュータを用いて行っています。コンピュータシミュレーションにより、宇宙嵐や太陽フレアがいつどこでどのように起こるかを理解する事を試んでいます。また、境界層の変動や衝撃波などの宇宙プラズマ環境における素過程もコンピュータシミュレーションを用いて精力的に研究しています。さらに私たちのグループでは、ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）技術を取り入れた超並列シミュレーションコードの開発にも力を入れており、また流体や運動論の方程式系をより高精度・高速に解くための計算アルゴリズムの研究にも取り組んでいます。

上段左：地球磁気圏の3次元 MHD シミュレーション
上段右：ケルヴィン・ヘルムホルツ不安定性の2次元 Vlasov シミュレーション
中段左：無衝突衝撃波の2.5次元 PIC シミュレーション
下段左：磁気リコネクションの2.5次元 Vlasov シミュレーション
下段右：レイリー・テイラー不安定性の2次元 Vlasov シミュレーション「ひので」衛星が観測した太陽黒点およびフレア
©国立天文台 / JAXA

(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

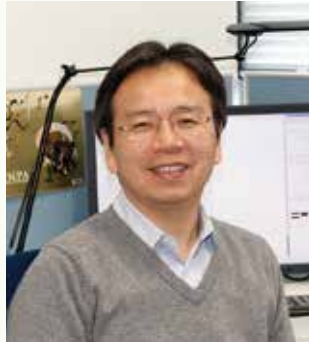


(6)

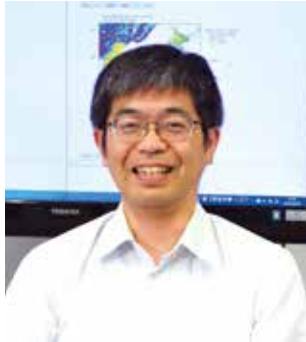
写真の説明：左より (1) 研究室の教員と学生及びスタッフ、(2) 研究室の日常風景、(3) 国際学会での発表の様子、(4) ISEE のスーパーコンピュータシステム、(5) 北欧でのオーロラ観測、(6) セミナーの様子

Webページ：<https://is.isee.nagoya-u.ac.jp/miyoshilab/>
連絡先：miyoshi_kyouin@isee.nagoya-u.ac.jp (三好教員)
TEL:052-747-6916 (秘書室)





坪木 和久 教授



篠田 太郎 准教授

台風、集中豪雨、豪雪、竜巻などの降水を伴う現象をマルチパラメータ（MP）レーダや雲解像数値モデル（CReSS）を用いて研究しています。

気象条件によって現れては消える雲は、私たちの目を楽しませてくれるとともに、恵みの雨をもたらしてくれることもあります。一方で、場合によっては激しい雨や突風によって、私たちの生活や生命の危機をもたらすこともあります。雲や雨などの現象は、大気中における流体力学や熱力学により支配されています。私たちの研究室では、物理学を基本として雲や雨という現象を理解することを目指しています。

そのために、主に降水現象を理解するための気象レーダ（マルチパラメータレーダ、偏波ドップラーレーダとも呼ばれます）と雲解像数値モデルを道具として研究を行っています。レーダや数値モデルを用いて雲の中の風（気流）や温度、水蒸気量などの空間分布や時間変化を調べることで、雲の中の力学場や熱力学場（雲力学過程：cloud dynamics）と、雲・降水粒子の形状や大きさ、粒子数の時空間変化（雲物理学過程：cloud microphysics）の理解を目指します。

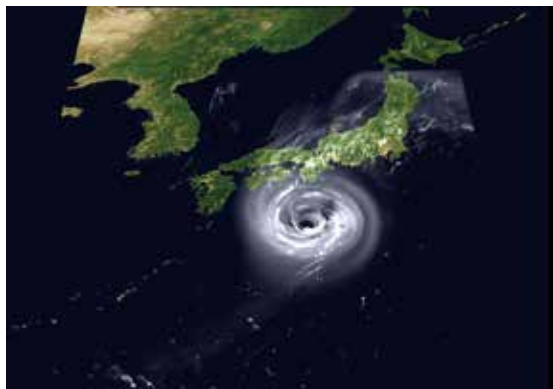
研究を行うためには物理学と物理数学の基礎と計算機を使いこなす能力が必要となります。そして、何よりも雲や雨という現象に対する興味（好奇心）があり、自分の頭で物事を考えられる学生さんの来訪を心待ちにしています。雲や雨に興味のある方は、是非とも研究室に来てください。

台風の内部構造や発達過程に関する研究

一つ一つの積乱雲の内部構造から台風全体の構造を表現できる高解像度の雲解像モデル CReSS を用いて、台風の内部の風や温度の場、雲・降水粒子の分布を再現し、急激に台風が発達する原因や発達が抑えられる理由の考察を行っています。

また、台風は海上で海面からの顕熱・潜熱フラックスを得ることで発達しますが、台風も海洋に影響を与えます（台風海洋相互作用）。雲解像モデル CReSS に海洋学研究室の相本准教授が開発した 3 次元海洋モデル NHOES を結合した CReSS-NHOES を用いて、台風海洋相互作用が台風の強度や進路に与える影響についての研究も行っています。

CReSS や CReSS-NHOES を用いて、社会的に影響が大きな台風や過去に大きな災害をもたらした台風（伊勢湾台風など）の再現実験も行っています。そして、将来気候（地球温暖化が進行していると想定される条件下）における台風の強度についても想定実験を行っています。想定実験で計算される強風や大雨の顕著な値は、大学間連携プロジェクトにおいて、被害軽減策の立案に役立てられています。



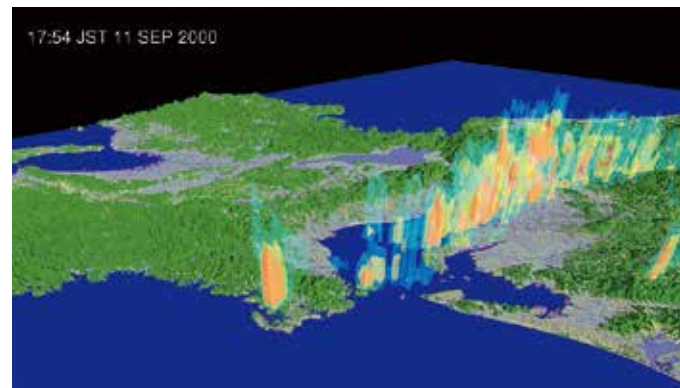
将来気候時に日本に接近する台風のシミュレーション結果例

豪雨・豪雪・竜巻・突風などの激しい気象現象に関する研究

豪雨・豪雪・竜巻・突風などの激しい気象現象は、積乱雲を含む降水システムによってもたらされます。

降水システムの内部構造（風や降水粒子の 3 次元分布）を観測するために、2 台の X バンドマルチパラメータレーダを運用しています。これまでに、名古屋周辺（雷雲や雪雲、降水システムの観測）だけでなく、沖縄県（梅雨前線帯の降水システムの観測）、石川県や北海道（冬季の降雪雲の観測）、パラオ共和国（台風の発生に影響する熱帯域の降水システムの観測）などでレーダ観測を実施しています。マルチパラメータレーダにより取得されるパラメータを組み合わせて、降水システム内部の雨・雪・霰などの様々な種類の降水粒子の 3 次元分布を推定する手法も、当研究室で開発・改良を行っています。降水粒子の分布とドップラーレーダより取得される 3 次元風速場を用いて、降水システム内部の雲力学過程と雲物理学過程を組み合わせた解析を行っています。

また、雲解像モデル CReSS を用いてレーダでは観測できない水蒸気場や温度場、降水システム周辺の風の間を解析し、積乱雲の発達過程や降水システムの持続過程、竜巻の渦の生成過程などについても解析を行っています。



中部電力三国山レーダにより取得された東海豪雨発生時（2000 年 9 月 11 日 17 時 54 分）のレーダ反射強度の 3 次元分布。水色→黄色→橙色と変化するほど強い雨が存在することを示す。地上の赤い点は東海市の位置を示す。

雷の理解

雷は積乱雲の中で氷粒子（霰粒子と氷晶粒子）同士の衝突により電荷が生成され、雲内のある領域に蓄積された電荷が中和されることで発生します。雷を理解するためには、氷粒子の分布の再現、氷粒子同士の衝突による電荷分離過程の再現、そして電荷中和過程（発雷過程・放電過程）の再現が必要となります。当研究室では、雲解像モデル CReSS に電荷分離過程と電荷中和過程を組み込むことで、雷モデルの開発を行うとともに、電荷の蓄積過程と発雷過程の理解を進めています。

2010 年 7 月 15 日に岐阜県可児市周辺での大雨発生時の種類の降水粒子と雷の放電経路の 3 次元分布。白は雲水、青は雨、水色は雲氷、黄色が雪、桃色が霰の分布を示す。赤、青、黄色の太実線が雷の放電路を示す。

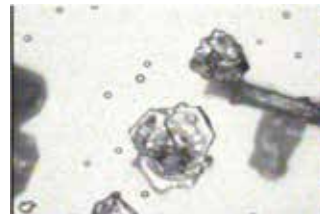
エアロゾル－雲－降水相互作用の理解

エアロゾル－雲－降水相互作用の理解は降水システムにおける雲微物理過程の理解だけでなく、地球全体の気候システムにおける雲の役割を理解する上でも重要です。

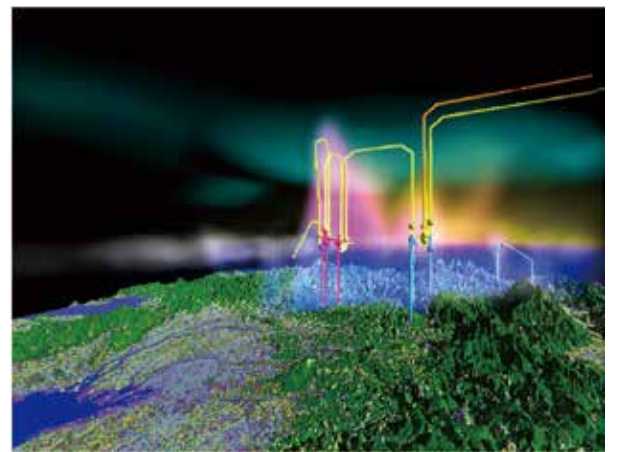
当研究室では、顕微鏡カメラを搭載した雲粒子ゾンデ（HYVIS）を気球に取り付けて放球し、上空の雲粒子の直接観測を行うことで、雲粒子の特徴（形、大きさ、数）の鉛直分布を観測しています。これまでに、マルチパラメータレーダ観測と同期して、沖縄県、北海道、パラオ共和国などで観測を実施しています。実際の粒子の特徴を観測することで、レーダ観測の結果や数値モデル CReSS の雲微物理過程の妥当性を評価することを目的としています。

また、最近導入された Ka バンド雲レーダは、降水粒子よりも小さな雲粒子の 3 次元分布を観測することができます。HYVIS や Ka バンド雲レーダを用いて、雲の 3 次元分布や雲内の粒子の分布の推定を行っています。

今後は、雲の発生につながる大気中の塵（エアロゾル）の分布や塵が雲の核となって雲粒に成長する過程の理解も目指していきます。エアロゾルによる雲粒の生成が起こる場所と生成される雲粒の大きさを理解することは、大雨の発生過程や台風の進路と強度の予測に大きな影響を及ぼすことが最近の研究で示唆されています。今後、CReSS にエアロゾル過程の導入やエアロゾルの発生源である陸面過程の精緻化を行っていくことで、エアロゾルから雲粒の生成過程、そして降水によるエアロゾルの除去過程などを調べていきます。また、エアロゾル－雲－降水相互作用の理解には、航空機を用いた観測も積極的に利用していきます。



（上）2013 年 6 月 15 日にパラオ共和国で放球された雲粒子ゾンデ HYVIS により取得された雲粒子と固体降水粒子の画像
（右）名古屋大学に設置されている Ka バンド雲レーダ



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

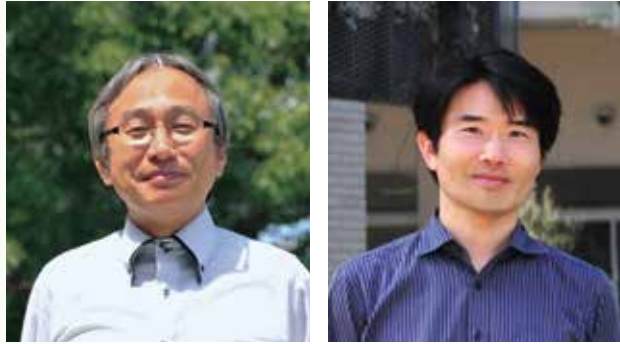


(6)

写真の説明：左より (1) 研究室メンバー、(2) パラオ共和国でのレーダ観測、(3) 台風観測に使用する航空機、(4) 沖縄での雲粒子を対象とした気球観測の様子、(5) 沖縄での集中観測時の様子（雨が降っていない場合）、(6) 雲レーダを用いた雪雲観測

Webページ：<http://www.rain.hyarc.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先：tsuboki@nagoya-u.jp（坪木）
shinoda@rain.isee.nagoya-u.ac.jp（篠田）





高橋 暢宏 教授

増永 浩彦 准教授

地球観測衛星や地上設置機器などさまざまな観測装置を駆使して、地球水循環の要の一つである雲や降水が織りなす気候や気象の成り立ちを探る。

降水は生命にあまねく恵みの水をもたらすと同時に、大規模な水害の引き金になることもあります。しかし熱帯地方で頻発する雨は、太陽から受け取った熱を中・高緯度へ輸送する大気循環を力学的に維持する上で、欠かせない役割を果たします。さらに雲は、地球が太陽から受け取る放射エネルギーを直接左右する一方、熱赤外放射の再分配を通じて大気温室効果の促進にも一役買っています。雲と降水は私たちの生活に密接に関わることはもちろん、地球規模の気候変動においても積極的な役割を果たしています。

雲降水科学研究室では、雲や降水が地球の気候場と関わりあう物理的メカニズムをより深く理解するとともに、最新のリモートセンサ（衛星搭載・地上設置を問わず気象レーダや赤外イメージャなど）を用いて地球規模から生活規模までの雲や降水（雨・雪）現象を把握することを目指しています。

新たな衛星データ解析手法にもとづく熱帯の雲対流と大気環境場の変動解明

熱帯の雲は、環境場の条件が整えば、スコール・ラインのような激しく力強い降水システムに発達することがあります。激しい対流発達を促したり抑止したりという条件を決めるのは、水蒸気や静的安定度といった熱力学的要因や鉛直風シアから冷気の侵入などの力学的要因に至るまで多様です。しかし、対流雲は外的強制力に受動的に応答するだけではなく、周囲の湿度・気温・風系場に影響を与え最終的には大規模環境場の状態を変えてしまうこともあります。そのような熱帯対流と環境場の相互作用は、熱帯気象・気候システムの要の一つでありながら、その実態を読み解くことは大変難しく、いまでも十分な理解に至っていません。

衛星観測は、雲形成過程に伴う大気の迅速な（数時間ほどの）変化を調べる上では、必ずしも最適な手段とは言えません。低軌道衛星が地球上の同一地点の上空を通過する頻度は、せいぜい一日2回に過ぎないからです。現在取り組んでいる研究の特筆すべき点は、もっぱら低軌道衛星の観測データのみを駆使して、数時間から一日以内の変動を描くことに成功した点です。衛星観測による雲の発達と大気環境場の短期変動の研究に、新たな道を拓きつつあります。

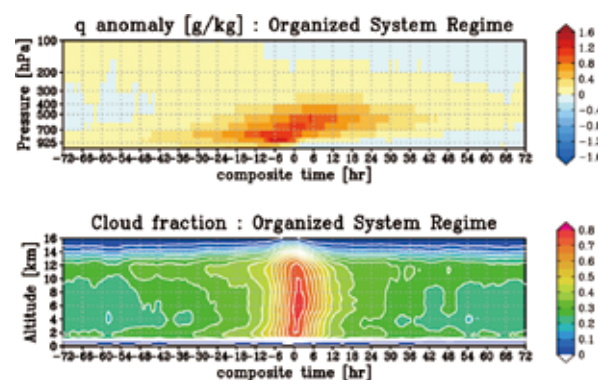


図1. 対流発達に伴う水蒸気変動（上）と雲量変動（下）

最新のリモートセンシング技術を用いた雲・降水物理量の推定とその応用

地球温暖化問題に象徴される気候変動において注目されていることの1つに雲や降水の役割とその変動が挙げられています。雲やエアロゾルは気候温暖化における放射強制力の寄与の不確実性が最も大きいものであり、また、降水は温暖化の結果として降水パターンの変化や豪雨・スーパー台風の増加などが懸念されています。本研究室はこのような問題に取り組むために最新のリモートセンシング技術を用いた雲や降水物理量を推定する手法の研究を行っています。特に、人工衛星搭載の雲レーダや降水レーダを用いた研究や地上設置の最新型のレーダを用いることにより、これまで観測が不可能であった現象をとらえることが可能となります。また、これらの情報を最大限に活用することも視野に入れた研究を行っています。

図2は熱帯降雨観測衛星（TRMM）の降雨レーダとCloudSatの雲レーダから推定した代表的な雨粒のサイズの地球上（海のみ）での分布をプロットしたものであり、このような知見は特に海上では得られず、データの蓄積が重要となっています。

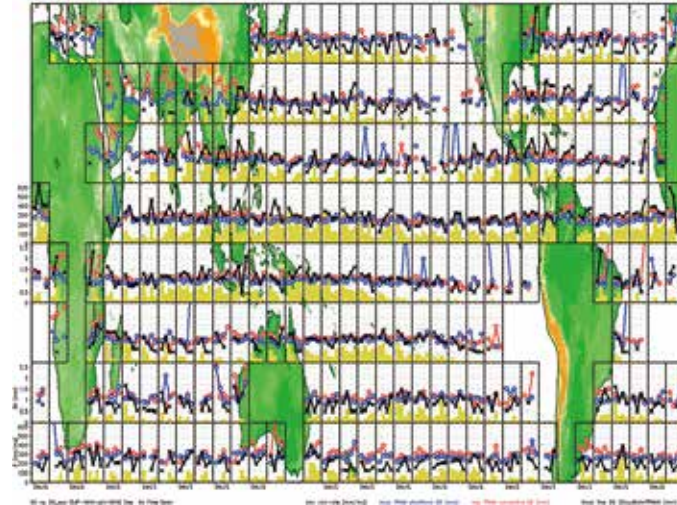


図2. 海上の降水の特徴（降水量、代表雨滴直径）（2006年12月から2007年11月の季節ごとの値）

衛星データシミュレータ SDSU の開発と数値モデル検証研究

衛星計測データを計算機上に再現する放射伝達シミュレーションは、リトリバブル・アルゴリズムに欠かせないコンポーネントの一つです。放射伝達シミュレーションは、放射の吸収や散乱といった様々な物理過程を解きほぐしながら、放射と地球表面・大気構成物質が相互作用するありようを計算機上に再現します。放射伝達問題を解く計算手法は、実用上の理由からセンサ特性とそれそれに異なる最適化が施されています。たとえば、マイクロ波帯用に設計された放射伝達コードは、一般的には可視・赤外シミュレーション・プログラムと互換性はありません。しかし近年では、複数のセンサを搭載した地球観測衛星の登場により、さまざまなタイプのセンサに様に適用できる放射伝達コードへの需要が高まりつつあります。衛星データ・シミュレータ・ユニット（Satellite Data Simulator Unit, SDSU）は、衛星搭載マイクロ波放射計、レーダ、可視赤外イメージャから得られたデータをシミュレートする目的のもと開発されました。SDSUパッケージの応用例としては、リトリバブル・アルゴリズム開発はもとより、雲解像モデル（CRM）への適用も重要な課題の一つです。種々の衛星センサを想定したシミュレーション結果を実際の観測と比較し解析することにより、CRM性能のテストや改良の一助となることが期待されます。

地球観測を支えるリモートセンシング技術開発

気象学では理論（数値モデル）と観測の2つが大きな研究の柱となっており、観測に関しては技術の進歩が研究を支えているという側面があります。特にリモートセンシング技術は広範囲を短時間で観測できるメリットがあり、これまでもひまわりや気象レーダといった分野で大きな発展を遂げてきました。現在でも衛星観測では高性能なレーダを搭載した衛星や光学センサなどが開発されてきており、様々な分野で貢献しているほか、地上観測でも下の図に示すようなレーダ技術はマルチパラメータレーダからフェーズドアレイレーダ、さらに偏波機能を備えたマルチパラメータフェーズドアレイレーダといった、新しい技術を活かした降水観測技術に移行しつつあり（図3）、それらを有効に活用する研究も必要となっています。衛星搭載のレーダについても、技術成熟に伴って高度化・高機能化へと進んでいます（図4）。本研究室においても、主に最新のレーダのデータを用いた研究を行うとともに、将来の観測に向けてレーダの性能向上に対する観測データの品質向上などに関する基礎研究を行い、衛星搭載や地上レーダの開発に結びつける研究を行っています。



図3. 地上レーダの将来動向

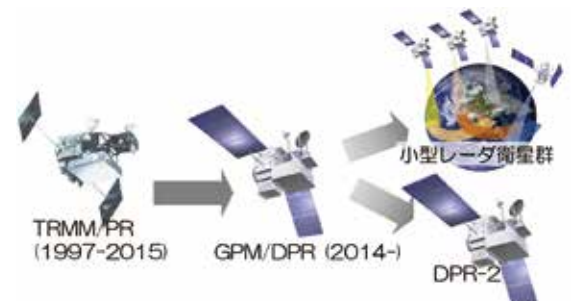


図4. 衛星搭載降水レーダの将来動向

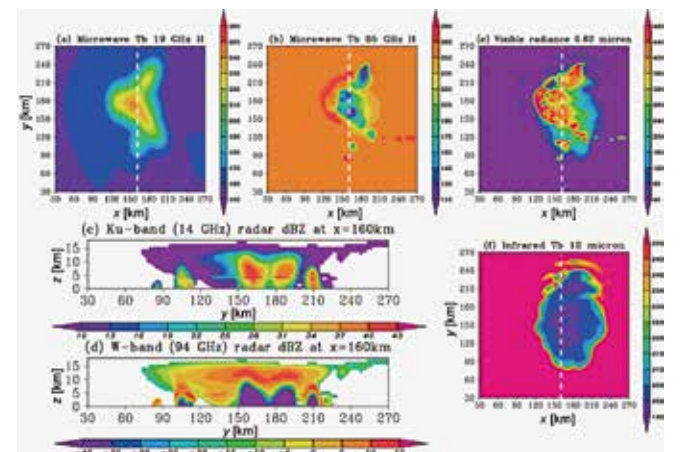
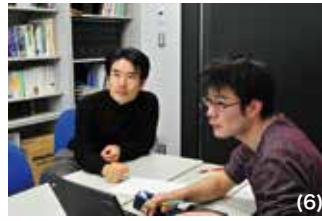
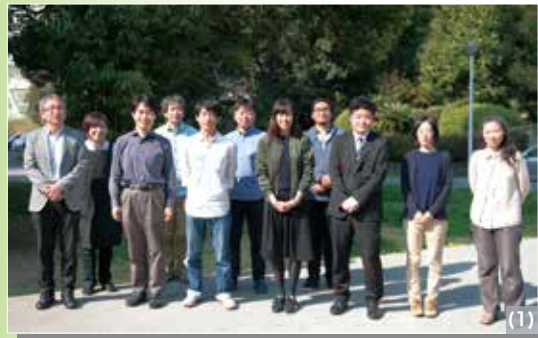


図5. SDSU で計算された疑似衛星観測データ



写真の説明：左より (1) 研究室メンバー、(2) 研究室セミナーの様子、(3) MPレーダの見学会、(4) パラオ共和国での集中観測の合間の一コマ、(5) ダジャクアースを使った授業の様子、(6) 大学院生とのディスカッションの様子

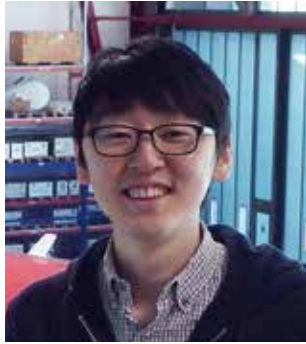
Webページ：<http://satellite.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~takahashi/>
<http://precip.hyarc.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>

連絡先：ntaka@nagoya-u.jp（高橋）
masunaga@nagoya-u.jp（増永）





持田 陸宏 教授

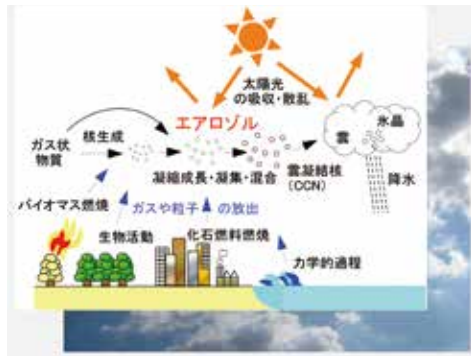


大畑 祥 助教

雲凝結核としての働きなどを通して雲・降水過程や放射収支に関わる大気エアロゾルに着目し、化学を基盤とする野外観測・室内実験研究によって、その性状や動態、役割の解明を目指します。

大気中には、自然や人間活動を起源に持つ様々な微粒子（エアロゾル）が浮遊しています。そして、このエアロゾルは雲粒が生成する際の核（雲凝結核）としての働きなどを通して、雲・降水過程や放射収支に関与しています。気象や気候を支配するメカニズムを解明する上で、エアロゾルの性状や動態、そしてそれに起因する役割を理解することは重要な課題となっています。

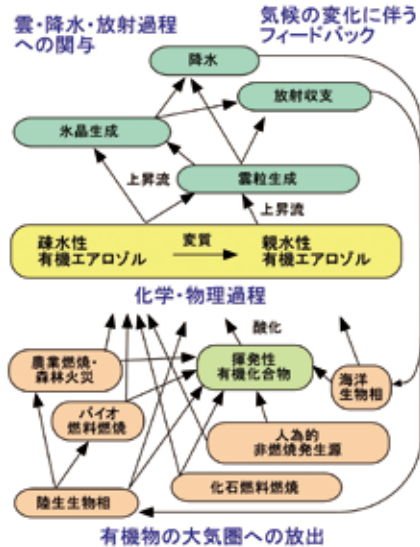
大気化学研究室では、エアロゾル質量分析などの先端的な計測技術を活用した野外観測と室内実験により、その性状や動態、役割の解明を目指しています。これらの研究では特に、大気輸送の視点を取り入れながら、エアロゾルの性状と化学組成の関係や、大気反応に伴う生成・変質を明らかにすることを重視しています。私たちは、このような「物質科学」の視点を取り入れた研究の取り組みを通して、大気エアロゾルの気象・気候に対する影響の理解への貢献を図ります。大気エアロゾルは高濃度で存在することで人間の健康に悪影響を及ぼす汚染物質であり、私たちの大気エアロゾル研究の取り組みは、大気質の理解にも貢献することが期待されます。



有機エアロゾルの化学構造と特性の研究

大気エアロゾルの 20% ～ 90% は有機物が占めており、この有機物は、数千種類以上の化合物から構成されると考えられます。この有機エアロゾルの気象・気候への関わりを理解するためには、気象・気候への作用に関係する有機物の吸湿性や光学特性、また、それらを規定する化学構造の理解が必要となります。しかし、有機物は多様な起源を持ち、起源によって化学組成が異なる上、大気中で変質が進むことが指摘されており、有機エアロゾルがどのような環境においてどのような成分で構成されているのか、その全体像はまだまだ明確になっていません。また、エアロゾルの吸湿性・光学特性が、有機物の化学構造とどのように関係しているのかも十分に解明されていません。

私たちは、大気中の有機エアロゾルを採取した上で分画し、その化学構造・吸湿性・光学特性を解析する研究を発展させることで、有機エアロゾルの化学構造と特性をより深く理解し、エアロゾルの特性、ひいてはその役割に対する有機物の寄与を解明することを目指します。このため、質量分析法や赤外分光法の手法を用いて有機エアロゾルの化学構造に関する情報を取得した上、その吸湿性・光学特性を測定して化学構造と特性の関係の解析を進めます。



大気有機エアロゾルの起源・変質と気象・気候への影響



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

大気エアロゾルの吸湿特性と雲凝結核活性の研究

大気中においてエアロゾルは、周りの水蒸気を取り込んで大きくなり、また放出して小さくなることを繰り返し、時には雲粒に変化します。エアロゾル粒子を構成する化学成分が水を取り込む能力（吸湿特性）は、粒子が雲粒化する能力（雲凝結核活性）を規定している因子の一つであり、この吸湿特性と雲凝結核活性は、エアロゾルの雲・降水過程への関与を理解する上で鍵となる特性です。ところが、大気エアロゾルを構成する物質の組成は環境によって異なり、エアロゾルがどこでどのような吸湿特性、そして雲凝結核活性を有するのかを説明することは容易ではありません。

私たちは、吸湿特性測定用タンデム DMA (HTDMA) や雲凝結核カウンタ (CCNC) と呼ばれる先端計測装置を用いて、大気エアロゾルが空気中の水分を取り込んで成長する程度を詳細に調べています。そして、これらの装置で得られるデータと、エアロゾルの化学組成の分析を組み合わせることにより、粒子中の化学成分が、水の取り込み／蒸発などの熱力学的な平衡条件に、どのような寄与があるのかを評価します。極めて複雑な組成を持つ有機物がエアロゾルの吸湿特性・雲凝結核活性に及ぼす影響についての理解は特に不足しており、有機物の化学構造と吸湿特性の関係など、有機物の寄与を定量的に把握するための研究に力を注いでいます。



エアロゾル粒子の吸湿成長度と雲凝結核活性を測定するための装置群 (HTDMA, CCNC 等)

有機エアロゾルの不均一・多相反応に関する研究

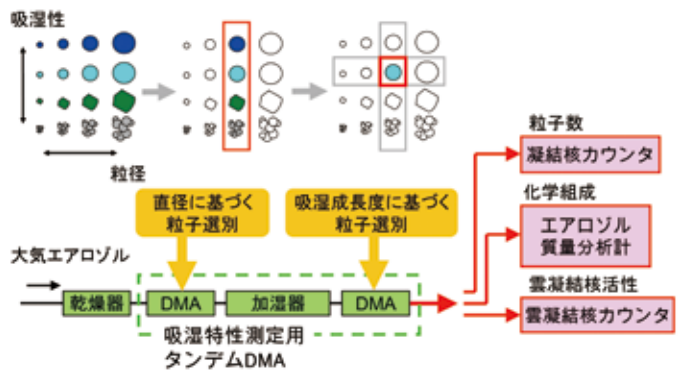
大気エアロゾル粒子の表面や内部では、大気中の気体が関与する化学反応（不均一反応や多相反応）が進行することで、粒子の組成や特性が変化していることが考えられます。したがって、大気中に放出された、あるいは大気中で生成したエアロゾル粒子がどのように成長・変質するのか、その「一生」を理解するためには、不均一・多相反応の寄与について知ることが求められます。

大気エアロゾルの不均一・多相反応に関して、単一の組成を持つ粒子など、極めて単純化された系における反応についてこれまで多くの研究がなされている一方、実際のエアロゾル成分を対象とする取り組みは十分ではありません。単純な系を用いる実験は反応素過程の機構などの探索・解明に有効である一方、その反応速度や収率、生成物の種類は、多様な化学成分が混在している実際のエアロゾルでは大きく異なる可能性があります。私たちの研究室では、実際のエアロゾルの組成に近づけた条件で不均一・多相反応の実験を行うことで、有機エアロゾルの生成・変質の可能性について評価することを目指しています。

混合状態を考慮した大気エアロゾルの組成・特性の研究

現在、雲凝結核としての雲・降水過程への関与など、個々の粒子の違いが重要となる「個数」ベースのエアロゾルの分布・輸送・変質・特性に関する理解が立ち遅れています。これは、大気エアロゾルに関わるこれまでの観測・モデル研究の多くが、エアロゾル粒子の重量濃度をベースに平均化された情報を扱ってきたことと関係しています。今後の大気エアロゾル研究では、個々の粒子の性状を明らかにし、それらの混合状態の情報を如何に集約して大気中の役割の理解に結び付けるか、それを示す方法を見出すことが重要になると考えています。

個々のエアロゾル粒子を区分する指標として、歴史的には「粒径」が最も一般的に扱われてきました。しかし、同サイズの粒子でも、発生源・生成変質過程の違いにより、様々な組成・特性を持つものが大気中に混在しています。私たちは、吸湿特性測定用タンデム DMA (HTDMA) を用いることで、粒径以外に吸湿成長度（加湿に伴う粒径の変化率）を基準に粒子を選別することが、異なる組成・特性を持つ粒子の混合状態を理解する上で有効であると考え、大気エアロゾルの化学組成や特性を、エアロゾルの混合状態（粒径＋吸湿特性）とともに解析する研究を始めています。この取り組みにより、大気エアロゾルの特性や過程を、混合状態の視点も含めて把握する新しい研究の展開を図ります。

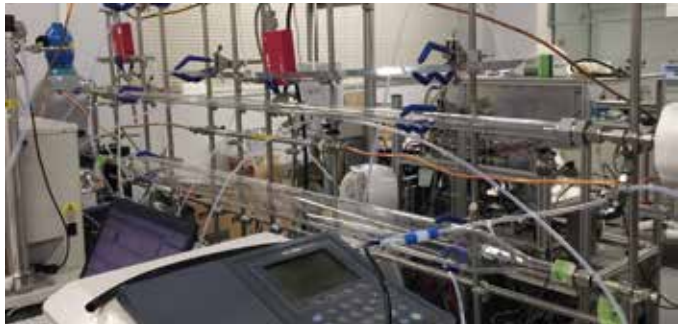


吸湿特性測定用タンデム DMA と他のエアロゾル計測器を組み合わせる、大気エアロゾルの混合状態の解析手法

光吸収性エアロゾルの動態と特性に関する研究

化石燃料やバイオマスの燃焼で発生するブラックカーボン (BC) は、太陽放射を強く吸収し、大気を暖める効果を持っています。また近年、人為起源の酸化鉄粒子による大気加熱効果の重要性も指摘されています。しかし、これらの光吸収性エアロゾルの気候影響の推定には未だに大きな不確実性があり、光吸収性エアロゾルの空間分布や特性を支配する「発生・輸送・変質・除去」の各過程を、正確な測定に基づいて定量的に理解することが求められています。

私たちは、人間活動の活発な都市域や、大気汚染物質の長距離輸送を捉える遠隔地、急速に温暖化の進行している北極域など、様々なフィールドで光吸収性エアロゾルの集中観測と長期モニタリングを実施しています。特に、レーザー誘起白熱法に基づく測定器 (SP2) を用いた個別粒子分析により、BC・酸化鉄の光学特性や雲凝結核能に大きな影響を及ぼす微物理量（粒径・混合状態）の定量が可能です。SP2 と他の測定器を組み合わせた観測により、光吸収性エアロゾルの動態や、濃度・被覆を変化させる大気化学・輸送除去過程の理解の深化を目指します。

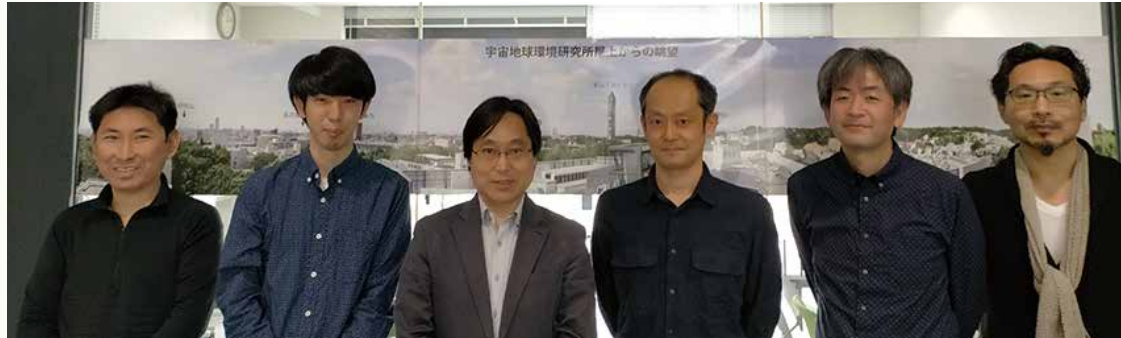


エアロゾル粒子をオゾンに曝露する反応実験のための装置

写真の説明：左より (1) 研究室の集合写真、(2～4) 京都大学和歌山研究林における大気観測、(5) 観測作業の合間に、(6) 学術研究船白鳳丸に設置したエアロゾル測定機器

Webページ： <http://acg.isee.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先： mochida@isee.nagoya-u.ac.jp (持田)





栗田 直幸 准教授 田代 悠人 研究員 檜山 哲哉 教授 藤波 初木 講師 金森 大成 研究員 近藤 雅征 特任助教

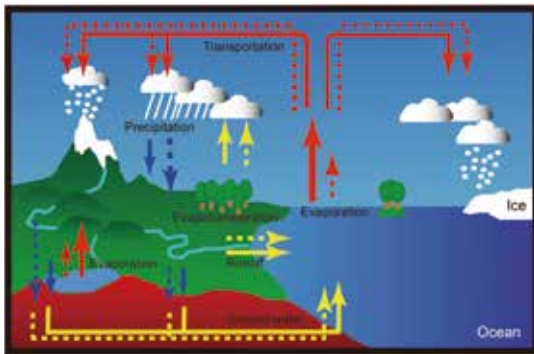
地球温暖化に代表される気候変動と陸域の水・物質循環の変化との関係を、熱帯域から極域までをフィールドに、観測、実験、モデル、データ解析から明らかにします

太陽放射をエネルギー源として駆動する地球表面の水循環は、地球の低緯度域と高緯度域の水・エネルギーの循環を通して、グローバルな気候の形成と変動に重要な役割を果たしています。そして、人間活動による温室効果ガスの放出や土地利用の変化は、我々が暮らす陸域を超えてグローバルな水循環に影響を及ぼし、地球規模の深刻な被害をもたらすと予想されています。

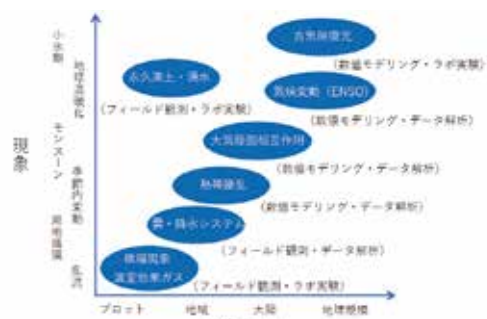
水文気候学研究室では、熱帯域から極域にいたる複数の観測サイトで降水、大気中の水蒸気量、蒸発散、土壌水分、温室効果ガスの観測を行い、人間活動が水循環・物質循環に及ぼす影響を評価するとともに、地球温暖化による気候変化が地球表面の水循環・物質循環にどのような影響を及ぼすのか明らかにする研究に取り組んでいます。特に、気候変動が植生や地表面状態をどのように変化させ、その結果、水循環や物質循環がどのように応答するのか解明しようとしています。水文気候学研究室は、環境学研究科地球環境科学専攻 地球水循環科学講座の一部を担い、大学院教育に参画しています。地域スケールから地球規模までのマルチスケールな水・物質循環に興味のある方、北極・寒冷圏、アジア各地、アフリカ、南極大陸といった世界各地のフィールドで行っている観測に参加したい方を募集しています。皆さんの訪問をお待ちしています。

極域から熱帯域までの水・物質循環を様々なツールを用いて解明する

水は地表面から蒸発して雨や雪として地表面に戻るといった循環を繰り返していることはご存じだと思います。では、雨をもたらす水蒸気はどこからどのような経路で輸送されてきたのでしょうか？また、地球温暖化によって気候が変化した時、我々が暮らす地域に降る雨はどのようにかわるのでしょうか？意外かもしれませんが、こういった身近な疑問に正確に答えることはまだできません。水文気候学研究室は、こういった身近な疑問に答えを出し、そして水循環が気候システムの維持・形成に果たす役割を解明するために必要となる研究課題に取り組んでいます。研究対象は地域スケールから地球規模スケールで起こる水循環と非常に幅広く、日本だけでなく海外でも野外観測を行っています。また、マルチスケールでおこる水循環過程の解明を行うために、フィールド観測、ラボ実験、データ解析、数値モデリングなどの手法を組み合わせる研究を行っています。研究室では、個人の適性にあわせて研究地域、研究手法を選択することができますので、みなさんの興味にあう研究テーマを見つけてください。



地球水循環の概念図



水文気候学研究室で扱う研究対象（研究手法）



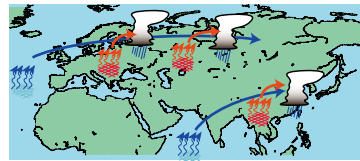
研究フィールドと現在行っている多彩な研究課題

永久凍土調査・湧水調査（北極・寒冷圏）



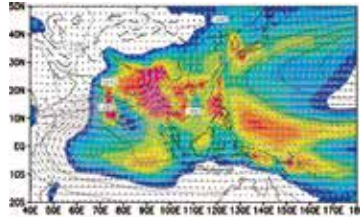
地球温暖化によって、東シベリアとモンゴルでは永久凍土表層の融解が進んでいます。現地の湧水採取し、湧水中のトリチウム濃度やフロン類の濃度を分析することで、凍土に含まれる地下水がどのくらい融解しているかを調べています。

大陸スケール水循環の解明（数値モデリング）



ユーラシア大陸の内陸部は海洋から数千キロメートルも離れていますが、夏には降水が高頻度で観測されます。この水はどこからどのような経路で輸送されてきたのでしょうか？世界の降水分布を再現できる数値モデルを使ってこの謎の解明に取り組んでいます。

アジア域における降水活動（データ解析）



アジアモンスーンによる豊富な降水は、世界人口の約6割の生活を維持しています。その雲・降水は様々な時間・空間スケールの変動を伴います。データ解析を通して、雲・降水活動の実態とその変動機構の解明を行い、地球の気候システムの理解を目指しています。

水文気象観測（北極・寒冷圏、南部アフリカ）



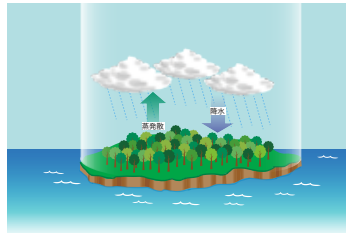
東シベリア、モンゴル、ナミビア北部で水文気象観測を行い、蒸発散量や二酸化炭素交換量の季節変動～年々変動を推定して気候変動や人間活動との関係を調べています。それらをもとに、気候変動に対する適応策に結びつけることを目標としています。

温暖化・人間活動影響の検出（南極大陸）



東南極地域は、記録的な豪雪が頻繁に発生するなど、温暖化の影響と疑われる現象が観測され始めました。豪雪をもたらすメカニズムを解明するとともに、その発生頻度が温暖化の進行とともにどのように変化するかを調べています。

気候変動と植生（北極・寒冷圏、海洋大陸域）



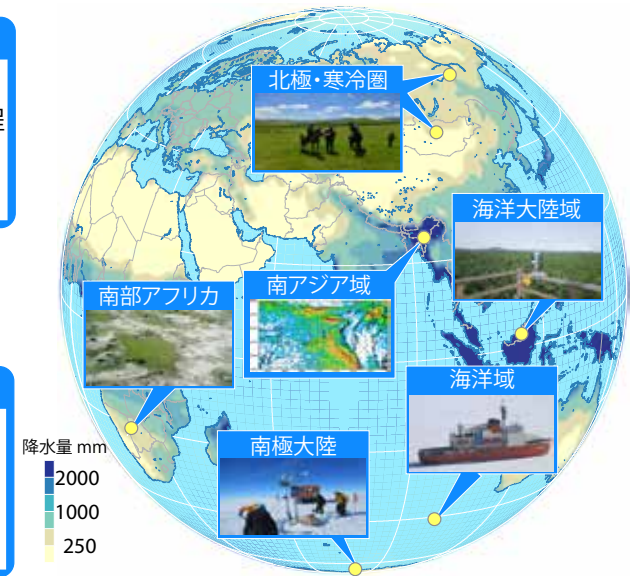
タイガ林や熱帯雨林といった植生は、気候変動や人間活動によって急激に変化しています。水循環を中心とした気候変動と植生との関わりを現地観測やデータ解析から明らかにし、気候変動が植生に及ぼす影響や、植生の変化が水循環に及ぼす影響を調べています。

データ解析

- ・アジア域における降水活動
- ・海洋大陸における水循環過程
- ・乾燥域の大気陸面相互作用
- ・熱帯擾乱の発生環境

数値モデリング

- ・極端現象のメカニズム解明
- ・大陸スケール水循環の解明
- ・古気候における水循環復元
- ・気候変化に伴う植生変化予測



フィールド観測

- ・永久凍土調査・湧水調査
- ・水文気象観測
- ・観測船による洋上気象観測
- ・温暖化・人間活動影響の検出

ラボ実験

- ・水トレーサー物質の分析
- ・温室効果ガスの分析
- ・分析手法の高度化
- ・自動計測装置の開発

写真の説明：左より、(1) 研究室が主催した共同研究集会、(2) モンゴルでのドローン観測、(3) 気象解析を行うチベット高原の風景、(4) 南極内陸旅行で利用する雪上車、(5) 研究室セミナーの様子

Webページ：<https://hydroclimatologylab.home.blog/>
連絡先：hiyama@nagoya-u.jp（檜山）





石坂 丞二 教授



相木 秀則 准教授



三野 義尚 助教

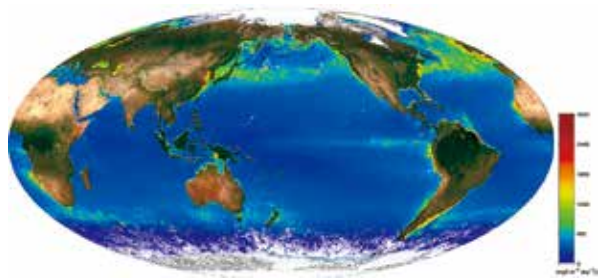
海洋観測・衛星リモートセンシング・数値シミュレーションにより、海洋の物理・化学・生物過程の自然の変動と、人為的な変化を明らかにする。

地球の表層の約7割は海洋に覆われており、表層に存在する水の97%が海水からなっています。そのため、海洋は地球上のエネルギーの流れや物質の循環を大きく左右しており、気候や気象にも強く影響しています。また、そこには多くの生物があり、人間の食料となるばかりではなく、二酸化炭素のような物質の循環にも影響をしています。これだけ広い海洋ですが、人間生活の影響を着実に受けており、特に陸域から淡水など供給のある沿岸域では赤潮が起こるなど生態系が直接的な影響を受けている他、人間の引き起こす気候の変化とも密接に関連しています。

私たち海洋学研究室では、最新の人工衛星による観測や数値シミュレーションによる研究を、海洋の現場観測も行いながら進めています。海洋の熱収支や流れ・波浪が大気環境とどのように相互作用し、気候や台風などの気象現象とどのように関連し合っているのか、これによって起こる海洋の流れや混合過程が海洋の一次生産者である植物プランクトンを基盤とした海洋生態系にどのように影響を与えているのか。逆に生態系が物理現象や気候へ影響する可能性はないのか。互いに関連し合う、海洋の物理・生物・化学過程、さらに気候や気象現象まで含めて研究しています。

リモートセンシングによる地球上の海色に関する研究

宇宙から地球上の海の色を測定する海色リモートセンシングは、海洋の一次生産者である植物プランクトンやその生息環境に関して、地球規模での観測が可能です。最近では植物プランクトンの全体量から、水に溶けた二酸化炭素を有機物に変換する一次生産速度、あるいはどのような種類の植物プランクトンがいるのかまでわかるようになりつつあります。これまでは空間解像度1kmの衛星が一般的でしたが、2017年末には解像度250mの日本の衛星GCOM-Cが打ち上げられ、沿岸域での詳細な観測が可能となります。また静止衛星を利用することによって、一日以内の短い時間スケールでの現象の観測が可能になってきています。一方で、大気中のエアロゾルの存在は、海洋を観測する上では誤差要因となりますが、同時にエアロゾルからの物質供給が植物プランクトンの増殖に重要であることも指摘されています。海洋学研究室では、このような海色リモートセンシングに関する、技術的な研究からその応用研究までを行っています。



海洋の一次生産分布

海洋では微生物である植物プランクトンが光合成を行って有機物を作り出しています。一次生産速度はこの光合成による有機物の作られる速度で、この図で緑の海域は有機物が作られる速度が速い海域で魚類等の生産も高くなっています。一方、青の海域は生産速度の遅い海域で、海の砂漠と呼ばれています。この速度は、温暖化で問題となっている大気中の二酸化炭素濃度にも影響を与えます。



(1)



(2)



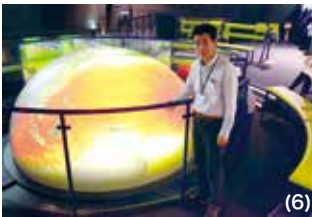
(3)



(4)



(5)

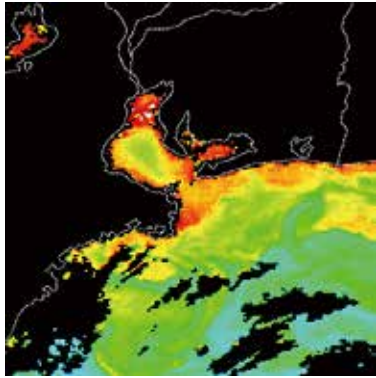


(6)

日本周辺海域の海洋生態系における気候変動や人間活動の影響に関する研究

日本周辺海域は古くから多くの魚が漁獲される生産の高い海で、現在でも多くの水産物が水揚げされています。日本の多くの内湾では、1970年代から人口の増加や近傍の工業化などに伴って赤潮や貧酸素化などの環境問題が起きており、最近では栄養塩の総量規制など環境を良くするための政策もとられていますが、環境が本当によくなっているのかの評価は分かれず。一方、東シナ海や日本海など日本周辺の縁辺海では、近隣諸国の発展に伴って、環境の状況が変化していると考えられます。またこれらの海域では、地球規模の気候の変動や変化の影響も受けていると考えられます。

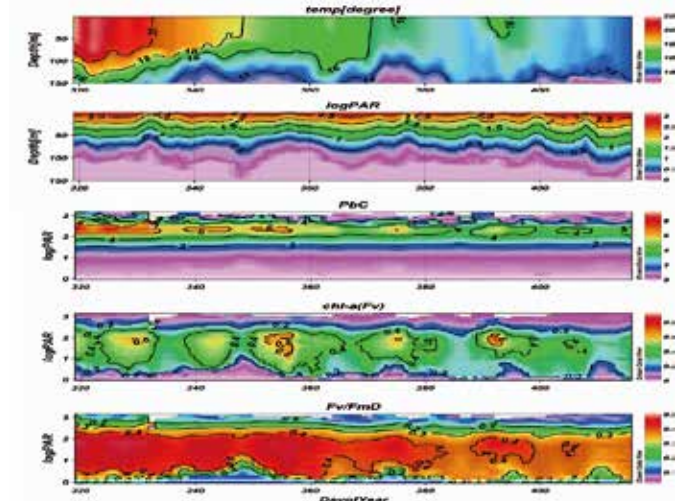
海洋学研究室では、他大学・研究機関との共同研究で、長年にわたってこれらの海域において光学や生物学的な観測を行ってきています。現場での観測データと人工衛星データを解析することによって、これらの海域の植物プランクトン量や群集構造の変動・変化とその環境要因との関係を明らかにしています。また、台風など極端気象がどう海洋生態系に影響を与えているかの研究も行っています。



衛星海色による伊勢湾プランクトンの分布

高速フラッシュ励起蛍光法による海洋基礎生産力の実測

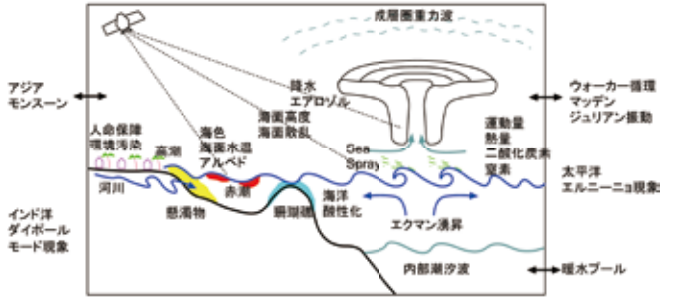
近年、衛星リモートセンシングによって海洋の基礎生産力の広域分布が推定されるようになりましたが、その実利用のためには実測値で検証することが不可欠です。しかしながら、船舶観測における培養法を用いた実測は時間・労力コストが大きいため、時空間的に検証データが不足しているのが現状です。そこで、私たちの研究室では、高速フラッシュ励起蛍光法(FRR法)を用いた基礎生産力の実測手法の確立を目指しています。FRR法は海水中の植物プランクトンに対して青色光を高速で点滅照射し、得られた蛍光の短時間変動(〜1秒間)からプランクトン1細胞当たりの光合成パラメータを算出します。この測定を係留ブイやプロファイリングフロート等を用いた観測と組み合わせることで、連続的に基礎生産力をモニタリングすることが可能になります。また極めて高い時間分解能をもつため、従来の船舶観測では捕捉できなかったような、様々な時間スケールの環境変化に対する植物プランクトンの生理学的応答を明らかにすることが期待されています。



高速フラッシュ励起蛍光光度計(FRRF, 左写真)を搭載した係留観測システムで取得した時系列データ。3〜5段目:クロロフィル量、光合成速度、PS IIの最大量子収率

海洋圏の環境・災害問題についての数値シミュレーション

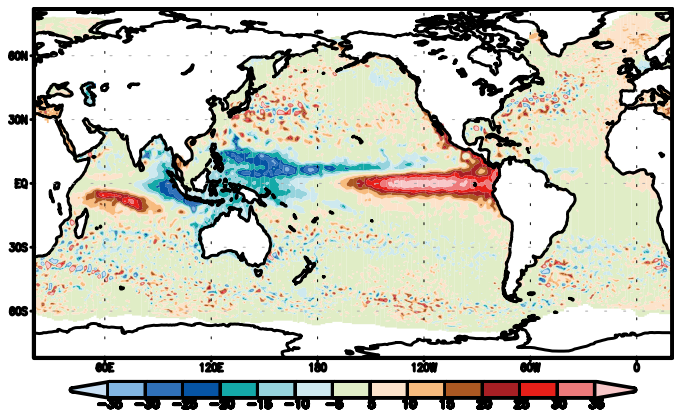
この研究の醍醐味は、海洋学・気象学・波動乱流・土木工学・計算幾何学の知見を組み合わせ、環境問題と災害問題に関する自然現象のメカニズムを解明することです。私たちは多圏結合モデルの一部としての海洋圏モデルの開発を継続し、それを用いた数値シミュレーション研究を行っています。特に気象学研究室と協力して台風に代表される突発的な顕著現象に伴う高潮・高波などの海洋災害の予測精度の向上を目指してきました。大気モデルCReSS・海洋モデルNHOES・波浪(海面の風波やうねり)モデルの間の交換物理量は20種類ちかくあります。その表現方法の整合性について、私たちは数値計算による検証と理論発展を進めています。大気と海洋だけを結合した数値シミュレーションモデルは最近では珍しくありませんが、これに波浪モデルを加えているのは世界的に見ても最先端の研究の1つです。今後は海洋生態系モデルの導入や衛星観測との比較を充実させ、発展途上国の自然環境・災害問題の監視・予測に貢献します。



海洋圏の数値シミュレーション研究と多圏モデル・連携課題の模式図

太平洋・インド洋・大西洋・南大洋における各種波動と気候変動との相互作用の解析

海洋の波動全般の面白さは、海岸線・海面・海底といった境界条件が波の性質を決めることです。これによって波の捕捉・反射・回折が生じます。特に赤道域の海洋は「波動現象の宝庫」と呼ばれています。実際、海洋の赤道ケルビン波や赤道ロスビー波は、太平洋のエルニーニョ現象やインド洋ダイポールモード現象のような熱帯の気候変動において、重要な役割を担います。その他にも時空間スケールの小さいものから順に並べると海洋中には、海面波浪(風波)・津波・潮汐波・慣性重力波・ケルビン波・ロスビー波が存在します。また黒潮・メキシコ湾流・南極周回流のような基本流が不安定を起こして渦が形成されます。励起・維持機構がまだわかっていない波動・渦も多数が存在します。人工衛星による海面高度観測データの蓄積や3次元海洋数値シミュレーションの発達によって、これらの波動・渦を詳細に診断することが近年可能になってきました。私たちは各種波動によるエネルギー伝達経路を同定することで、新しい物理メカニズムの発見と、気候変動における波動の役割の解明を目指しています。



人工衛星搭載海面高度計によって観測された1997/1998年のエルニーニョ現象(cm)

写真の説明: 左より (1)IHP国際トレーニングコースでの集合写真、(2)高校生向け回転水槽による体験学習の様子、(3)長崎大学の練習船、(4)長崎大学の練習船による東シナ海での海水採取の様子、(5)三重大学の練習船による伊勢湾での観測、(6)JAMSTEC横浜研究所にて

Webページ: <http://co2.hyarc.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先: jishizaka@nagoya-u.jp (石坂)
aiki@nagoya-u.jp (相木)





南 雅代 教授



加藤 文典 准教授

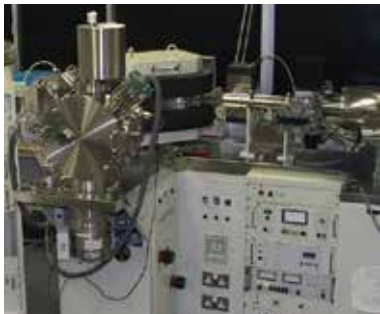
地球のフィールドスケールから顕微鏡スケールまでの空間情報に時間軸を入れ、地球誕生から現在まで 46 億年にわたり地球で生じた現象とそのメカニズムを解き明かす。

地球年代学とは、さまざまな宇宙・地球物質の年代を決定し、太陽系惑星の一つとしての地球に記録された歴史を紐解いていく学問分野です。46 億年前に生まれた地球は常に変動しており、その情報は地球内外の物質に記録されています。過去から現在にわたり地下深部から宇宙までの広い範囲で起きた現象を理解するためには、「いつ」「どのような現象が」「なぜ」生じたのかを正確に知る必要があります。そのためには、フィールドワークによりマクロスケールの地球の姿を観察し、ミクロスケールに記録された物理情報、化学情報を正確に引き出さなければなりません。

地球年代学研究室では、特に「いつ」の現象なのかという問題を、放射性同位体の壊変を利用した年代測定法や、名古屋大学が世界に先駆けて開発・実用化した CHIME 年代測定法などを用い、隕石、岩石、鉱物、堆積物、生物化石、石筍、地下水、氷、木片、考古遺物など、さまざまなものに時間軸を付与することによって明らかにする研究を行っています。本研究室は、名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻の協力講座である「地球史学講座」を博物館とともに担い、年代学に関する高度な知識と先端的な分析技術を修得した大学院生及び若手研究者の育成を目指しています。地球科学・化学・物理学・生物学・考古学など、理系・文系さまざまな分野出身の学生と一緒に研究を推進しています。興味のある方は、是非とも研究室を訪ねてみてください。

放射性同位体を用いた年代測定・環境解析

親核種と娘核種の同位体比の時間的変化を利用する方法（ルビジウム (Rb)- ストロンチウム (Sr) 法、サマリウム (Sm)- ネオジウム (Nd) 法、ウラン (U)- トリウム (Th)- 鉛 (Pb) 系列法など）、宇宙線生成核種を利用する方法（放射性炭素 (^{14}C) 法、ベリリウム-10 (^{10}Be) 法など）を利用し、岩石、鉱物、化石、堆積物などの年代測定を行っています。年代測定だけでなく、微量同位体をトレーサーとした古環境解析や環境動態解析の研究も行っています。環境史学研究室と密接に関わり合いながら、加速器質量分析装置を使い、時空間変動に着目した宇宙・地球環境の性状と動態に関する研究にも取り組んでいます。 ^{14}C 以外の宇宙線生成核種を用いた研究はまだ発展途上ですが、今後、他の宇宙線生成同位体を使った新たな研究を開始していく予定です。皆さんと協力して、超高感度分析による新たな研究分野の創造を目指します。



Sr 同位体比を高精度に測定可能な表面電離型質量分析装置



^{14}C を高精度に測定可能なタンデム加速器質量分析装置



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)

同位体地球化学による地球環境変動の解明

本研究室では過去の地球で起こったさまざまな現象に年代軸を与えるとともに、年代測定を地球環境に応用する研究や、新しい分析方法の開発など、幅広い分野の研究を行っています。本研究室で行っている研究の一部を以下に紹介します。

- ・細粒河川堆積物を用いた日本の広域 Sr 同位体比分布図
- ・河川・湖沼堆積物の ^{10}Be の吸着・溶脱プロセスに関する研究
- ・石筍やトラバーチンによる古気候解析
- ・炭酸コンクリーション中の Sr 同位体比を用いた地層の形成年代決定
- ・永久凍土中の地下水の正確な形成年代決定のための基礎研究
- ・火山泥流に含まれる木片の ^{14}C 年代に基づく火山噴火周期解析
- ・南極隕石の落下年代によるペアリングの研究



Sr 同位体比分布図作成のための河川堆積物採取



石筍を用いた古気候復元のための滴水水の分析

文化財資料の高精度 ^{14}C 年代測定のための化学処理法の開発

考古遺跡から出土する炭化物、骨化石は ^{14}C 年代測定の有効な試料であり、考古学ならびに古環境の分野で広く利用されています。正確な ^{14}C 年代を得るには、土壌埋没中に資料に取り込まれた外来炭素成分（特に腐植酸）を適切な化学処理で除く必要があります。効果的かつ効率的に腐植酸を除去する化学処理法や試料加熱法など、文化財資料の高精度年代測定のための化学処理法の開発研究を行っています。



化学処理法の検討に用いた炭化木試料



骨のバイオapatiteを用いた ^{14}C 年代測定。

写真は、貞慶と推定される火葬骨（左が低温の熱、右が高温の熱を被った骨片）

名古屋大学が世界に先駆けて開発・実用化した CHIME 年代測定法

名古屋大学が 1990 年代に開発した CHIME (Chemical U-Th-Total Pb Isochron Method) 年代測定法は、ウラン・トリウムが放射壊変により鉛になる現象を用いています。CHIME 年代測定法は、同位体年代測定ではなく化学年代測定であり、電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用いることにより、ミクロスケールのサブグレイン年代測定を非破壊で行うことが可能です。本研究室では、モナザイト・ジルコン・ゼノタイムなど様々な鉱物のサブグレイン年代測定を行っています。

これらの鉱物は熱に対して強く、いったん形成されるとその後高温変成作用などを被っても年代情報を保持し続け、また 2 次成長により年代累帯構造を形成することがあります。ミクロンスケールの年代累帯構造を CHIME 法により正確に測定することにより、鉱物の成長記録を知り、地球の歴史を理解することができます。

EPMA による CHIME 年代測定

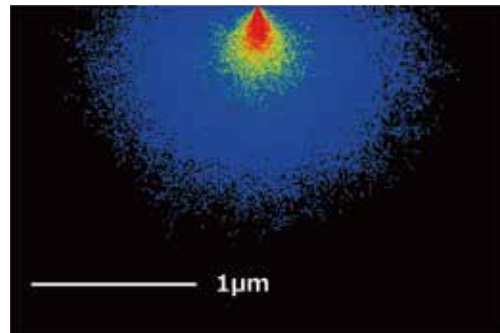
CHIME 年代測定には EPMA を用います。U や Pb など通常の鉱物には数 10 ～数 ppm 以下しか含まれないような微量元素を効率よく定量するための分光系の設定や電子線を安定して長時間照射するための改良などがなされています。また、バックグラウンド測定やピーク分離など、微量元素の検出感度を上げて、より正確な定量分析を行うための基礎的研究を続け、装置を実用化しました。微量元素測定技術は年代測定以外にも応用され、ジルコン中のチタンを用いた地質温度計などを用いた研究も行っています。



第 2 世代の CHIME 年代測定装置

CHIME 年代測定法の高精度化と測定可能年代の拡張

EPMA 分析における化学組成の正確さは、エックス線の測定、補正計算および標準物質の化学組成の正確さで決まります。CHIME 年代測定法で新生代の岩石の正確な年代測定が可能な研究機関として、さらなる測定法の改良を行っています。実際に測定した岩石で最も若いものは 1700 万年前に形成されたヒマラヤの岩石です。そして、100 万年前の岩石も測定可能にするため、より正確なエックス線強度の測定法、補正計算の改良を行っています。また、海外の研究機関と協力し、標準物質の品質維持も行っていきます。



モナザイト中のトリウム M 線の発生領域 (シミュレーション)

写真の説明: 左より、(1) 研究室の集合写真、(2) 国内・(3) 中国天山山脈・(4) アメリカユタ州におけるフィールド調査での一コマ、(5) ^{14}C 試料調製を行う学生、(6) CHIME 年代測定前の顕微鏡観察、(7) XRF 分析装置

Webページ: <https://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/>
連絡先: minami@isee.nagoya-u.ac.jp (南)
kato@nendai.nagoya-u.ac.jp (加藤)





北川 浩之 教授



小田 寛貴 助教

¹⁴C 加速器質量分析を用いた正しい年代編年のもとに、自然と人類の歴史を調べ、それらの接点を探る。

環境史学は、工業や農業による水や空気の汚染、1960年代以のオゾン層の枯渇、人間活動による温室効果の増大など地球環境問題に対する意識の高まりにより生まれた比較的新しい学際的な学問分野です。環境史学研究の主な目的は、過去に遡って、人類がどのように自然環境に影響されてきたか、そして自然環境によって人類はどのような影響を受けたか、その背景にどのようなメカニズムがあるかを理解することです。年代測定研究部・環境史学研究室では、加速器質量分析法による炭素 14 年代測定や環境試料の安定同位体分析を主な研究の手段として、自然と人類の歴史、それらの相互関係の詳細な理解を目指しています。

加速器質量分析法による高精度な炭素 14 分析

加速器質量分析は英語で Accelerator mass spectrometry (AMS) です。AMS 法とは、通常の分析で測定が不可能な微量の原子を測定する超高感度分析です。環境試料に極僅か含まれている宇宙線生成同位体 (¹⁴C, ¹⁰Be, ²⁶Al など宇宙線の作用で生成される同位体) を高い確度・精度で分析することができます。宇宙線生成核種の 1 つは質量数 14 の炭素同位体 (¹⁴C) です。¹⁴C は 5,730 年の半減期で壊変する放射性同位体で、過去 5 万年間の年代測定に利用されています。また、環境試料の ¹⁴C 分析から、地球システムの性状や変動を探ることもできます。環境史研究室では、加速電圧 3 メガボルトで荷電粒子を加速できるタンデム型 AMS を運用し、環境試料や考古・歴史時代資料の高精度な ¹⁴C 分析を行っています。



図 1. ¹⁴C 測定用の加速器質量分析装置

パレオアジアの環境変動・文化史

約 20 万年前頃のアフリカ大陸で誕生したホモ・サピエンス (新人) は、10 ～ 5 万年前頃以降、ユーラシア各地の多様な環境に適応しつつ拡散し、先住者である旧人たちと交替しました。新人がアジア各地に拡散し定着した時代のアジア (パレオアジア) の環境・文化を探り、アジアにおける新人文化の形成過程の実態とその背景を明らかにすることを目指しています。国際共同研究 (死海深層掘削プロジェクトなど)、アジア各地の気候学者や考古学・民族学研究者と連携した現地調査 (パレオアジア文化史プロジェクト) を進め、これらの研究プロジェクトで得られた成果をもとに、パレオアジアの新人拡散過程や文化史を再現できるコモデルの開発にも手がけています。



図 2. 国際陸上科学掘削計画・死海深層掘削プロジェクト

環境同位体と地球システム変動解析

放射性同位体および安定同位体は、地球システム (陸域・海洋・大気) 内で引き起こされる各種のプロセスの解明に有効で (時には、「環境トレーサー」とも呼ばれています。)、過去の気候変動の復元や現在の私たちが直面している環境問題の解決のための強力なツールとなります。環境史学研究室では高精度な ¹⁴C 分析が可能な加速器質量分析装置、デュアルインレット方式と高温熱分解装置を備えた連続フロー式の安定同位体質量分析装置を主に利用して、過去、現在の気候・環境変動解析、地球表層における物質循環 (たとえば、地球規模の炭素循環など) や生物地球化学プロセスの解明、パレオアジアの人々の居住環境やライフスタイルの探求を進めています。



図 3. 安定同位体質量分析装置 (左: デュアルインレット方式、右: 高温熱分解装置を備えた連続フロー式)

歴史時代資料の年代測定と年代を決定した「新出」資料を用いた歴史の解明

¹⁴C 年代測定法は、長い間、先史時代の考古資料を対象とした手法とされてきました。しかし、約 1 mg の炭素試料での分析が可能な AMS の開発、¹⁴C 年代という自然科学的年代を暦年代に換算する較正法の確立、また年代測定の精度・確度の向上といった分析法の進歩によって、貴重であり、数十年の年代差が問題となる歴史時代資料に対する年代測定の道が拓かれてきました。そこで、古文書や美術工芸品といった資料の年代測定法の開発に取り組んでいます。年代や真贋のわからない古文書や美術工芸品を、歴史学・考古学・古典文学・書跡史学・美術史学などの資料として扱うことはできません。¹⁴C 年代測定法によってこれらの年代が判明するということは、歴史学などにとって実質的な新出資料の発見になるのです。そこで、こうした歴史時代資料の年代測定と、年代を決定した「新出」資料を用いることで、これまで明らかにすることができなかった新たな歴史の解明を進めています。

花粉・植物遺体分析により先史時代の環境・人類社会を探る

湖沼堆積物や泥炭に含まれている花粉や植物遺体の分析を行い、そのデータを数理学なアプローチで解析を行うことで、ユーラシア大陸の後期第四紀の気候や植生を定量的に復元することができます。その結果と考古学や地球科学のアプローチで得られる多様な情報を総合的に解釈し、先史時代の環境と人類の相互作用―気候変動がいかに人類に影響を及ぼしたか、人類社会がいかに環境に影響を及ぼしたか―について検討しています。また、日本、中国、ロシアなどの遺跡発掘で採集した植物遺体や炭化種子の解析から、狩猟採集民の自給自足経済、植物栽培、穀物の栽培の地理的分布など、先史時代における植物の利用、生活様式、社会について探求しています。



図 5. インド・ヒマラヤの高山湖の湖底堆積物 (8000 年前) から抽出した花粉化石の顕微鏡写真



図 4. 伝藤原行成筆装飾経切

西南極氷床の融解イベントの検出

南極海の一部であるアムンゼン海に面している西南極氷床の縁辺は、現在の南極の中で最も氷河が減少しており、地球温暖化による大規模な氷床の融解が危惧されている地域です。日本、アメリカ、ヨーロッパ、ニュージーランド、中国、インド、韓国の研究者が参加した国際深海科学掘削計画 (IODP) 第 379 次航海では、「アムンゼン海における西南極氷床史 - アムンゼン海湾入域掘削記録による西南極氷床の温暖化応答性の検証」というテーマのもと、海底堆積物の掘削を行いました。本航海に参加し、堆積物に含まれている微化石の安定同位体の分析を進め、過去 500 万年間における西南極氷床の融解イベントの検出を目指しています。



図 6. アムンゼン海に浮かぶ氷山



写真の説明: 左より、(1) 研究室の集合写真、(2) イラン・(3) オマーンにおける洞窟遺跡の発掘現場、(4) タール砂漠の調査 (パキスタン)、(5) カシミールの山岳地帯調査 (インド)、(6) ブレイク火山地帯の調査 (ベトナム)

Webページ: <https://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/> (年代測定研究部)
<https://www.leis21.net> (北川個人)

連絡先: hiroyuki.kitagawa@nagoya-u.jp (北川)
oda@nendai.nagoya-u.ac.jp (小田)



だから私たち 大学院は ISEEなんです!

インタビュー：小坂由紀子（研究機関研究員）



今の研究室、研究テーマを選んだ理由

森野 僕は南極に行ける研究テーマを選びました。旅行としても行くことができるのですが、観測隊として研究で行かないと、上陸して南極を味わう・満喫することはできないと思うんですよね。そういう機会があったので今の研究室に飛び込みました。

小坂 南極に行きたいって熱い思いがあったんですね。

原田 えっ、これから南極に行くんですか？

森野 行くんですよ。5ヶ月の滞在予定です。

原田 えーっ!いいなあ!私も一生に1回は行ってみたい(笑)。

小坂 そうですね。旅行でも良いので行ってみたいですけど、やっぱり研究として目的があって行くというのは、また違う方向から南極を見られて楽しそうですね。同じく南極に行く予定の溝口くんは、今の研究室を選んだ理由は何かですか？

溝口 僕は南極とは全く関係ないのですが、装置開発に取り組みたかったからです。工学研究科の他の研究室では、いわゆる半導体などの基礎研究が多かったんです。自分が所属する研究室では、自分で設計して、物を作って、搭載してデータを取るまで、全てを味わえる機会が得られそうという点で、とても興味深かったですね。

小坂 基礎研究も確かに大事だけど、ちゃんと使ってどうかっていうフィードバックまで自分でやりたいっていう思いがあってということですね。じゃあ原田さんはどういった理由ですか？

原田 私は高校の物理の授業で見た映像がきっかけで、宇宙に興味を持ちました。地上からズームアウトして、宇宙の果てまで行く映像だったのですが、広い宇宙の中にも、未だ解明されていない謎が沢山あることが面白かったです。そのなかでも、暗黒物質に興味を持ったので、暗黒物質の直接探索をする研究テーマを選びました。

小坂 暗黒物質については理論系の研究もありますが、実験系を選んだんですね。

原田 私は理論よりも手を動かしたいタイプだったので(笑)。現在は暗黒物質と液体キセノンの相互作用を用いて暗黒物質の発見を試みるプロジェクトで、装置開発を担当しています。

小坂 すごく!難しく面白そうな研究ですね。

研究室に入ってよかったこと、イメージと違ったこと

原田 CR研では、直接探索実験の他に、間接探索実験や、加速器を用いた研究など、様々な手法に取り組んでいます。コロナキウムを通して、自分たちの研究だけではなく、他の手法で研究している内容も知ることができます。様々な研究に取り組んでいる人に会えて、視野を広げられたのが研究室に入って良かったことですね。

小坂 視野を広げられたのは嬉しいですね。

溝口 僕もこの研究の先端を走っている優秀な研究者と一緒にお話をする機会を多く作っていただいているので、刺激にもなるし、面白い話をいっぱい聞けるので、それはすごく良いことだなと思います。

小坂 学内外の研究者と関わる機会が増えたと、自分の研究へのやる気も増えますよね。イメージと違ったことはありますか？

溝口 僕は実験系なのでしょっちゅう実験をやっているのですが、うまくいかないことのほうが大半でフラストレーションがたまりますよね(笑)。逆に、そこに原因が必ずあるので、そこを突き詰めるのは面倒でもあり、面白いことだとも思います。

小坂 トライアル&エラーを重ねるのが実験系ではかなり大事ですよね。完成した実験系は、失敗の積み重ねがあって成り立っていますが、その土台作りに参加できるというのは、すごく良い経験ですよね。

溝口 僕は工学出身なんですけど、ISEEは地球・宇宙の幅広い分野の研究者が所属しているので、理系の勉強もすごくできる、というのは、視野や知識を広げられるので良かったです。学部生時代にはそうした勉強するっていうことは沢山あると思うんですけど、自分の視野が広がっていく感覚があると、モチベーションが上がりますよね!森野くんは何かありますか？

小坂 研究で必要になって勉強するっていうことは沢山あると思うんですけど、自分の視野が広がっていく感覚があると、モチベーションが上がりますよね!森野くんは何かありますか？

森野 僕は ISEE で比較的学生が少ない研究室にきたので、良かった点は先生方やポスドクの方にとても丁寧に指導してもらえることです。残念だったのは学生の人数が少ないので寂しいし、同じ研究科の友達は何をしているのかわからなかった点です(笑)。

小坂 なるほど。学生が少ないことで一長一短あったんですね。

学部生の時の自分に伝えておきたいこと

原田 私は学部生のとき、勉強を全然していなかったのですが、今大変な思いをしています…(笑)。興味のある研究テーマを決めたら、早いうちに基礎的な知識を勉強し始めて!と伝えたいです。ちょっとありきたりになっちゃうんですけど。

小坂 確かにいざ研究をやろうとすると、この分野のこと全然知らないなみたい。

原田 そうなんです!基本的なことを学んでおかないと、先生に言われたことが理解できないので(笑)。

小坂 確かにね。学部生の時は研究室がどんなものか見えなくて、どう準備したら良いかは漠然としていたところがあると思うので、行きたい研究室を決めたら早めにしたほうが良いってことです。他どうですか？

溝口 コツコツやる癖つけとけよと(笑)。

小坂 (笑)。何があったんですか？

溝口 僕、結構スケジュールが立て込んでしまいがちなので、スケジュールや計画する力というか…。研究するにつれて様々なことに手を出し始めると、それに伴ってタスクが増えてくると思うので、自分の中で優先順位をつける練習や、計画できる力を早いうちから身につけておいた方が良いと伝えたいです。研究だけに限らない話だと思いますが。

小坂 確かに、どんな仕事でも必要な能力ですよね。私もそれと同じようなことをすごく悩んだ記憶が。やらないといけなことが漠然と大きい場合は、タスクの細分化をして作業興奮を得ようとか。私は博士行ってからめっちゃ悩んだので、修士から気付いていて偉いと思います(笑)。

溝口 修論のときに、とても立て込んでしまって(笑)。優先順位の付け方を自分の中ではっきり持っておけば良かったのですが。特に根拠もなく漠然と始めて、つまみ食いしたら、キャパオーバーになっちゃいます。

小坂 私も立て込んだ経験が沢山あります(笑)。そうした経験を重ねることで、ちょっとずつキャパシティが広がったら良いですね。

森野 僕も後悔していることは結構あるんですけど…

溝口 ありますよね!

コロナの先にある研究生生活のカタチ

コロナ前

授業

- ・教室でスライドの投影や板書が基本
- ・実験やフィールドに行く講義もある
- ・他研究室との交流が活発
- ・先生や学生と議論のできる機会が豊富

研究

- ・実験系や理論系ともに研究室で作業
- ・実験や観測で国内外へ出張

学会

- ・国内外の学会開催地に出張して参加
- ・様々な学生・研究者と会える
- ・聴衆の反応を見ながら発表できる

コロナ前には、国内外の学生・研究者と直接会うことができ、フィールド観測など現場で学ぶ機会が豊富にありました。

コロナ後

- ・授業は基本的にオンライン
- ・スライドを、事前に印刷・ダウンロードして参加
- ・授業中に質問しやすい

- ・在宅での研究が推奨される
- ・実験系は事前のスケジュール調整が必須
- ・教員と研究について相談しやすくなった

- ・オンライン開催でどこからでも参加できる
- ・あまり緊張せずに発表できる
- ・出張旅費を節約できる

移動制限などの影響がありますが、研究は工夫して確実に進められています。コロナ前と比べて良い部分も見えてきました!



制作・ISEE学生企画チーム

理学研究科 河合敏輝 工学研究科 溝口玄真 環境学研究科 森野祥平 研究機関研究員 小坂由紀子
原田莉奈 加藤悠斗 吉村飛鳥

『ISEE学生企画チーム』とは?

2020 年は、人との関わりが今までより少ない一年でした。同じ ISEE で研究を行っているにもかかわらず、会ったことのない同期も沢山います。そんな状況を脱却しようと、有志の学生で「ISEE 学生企画チーム」を発足しました! 2021 年度は交流会や勉強会など学生同士が親睦を深めることのできるようなイベントを企画していきます。ぜひご参加ください!



森野 何かと漫然と決めちゃっていた節があって、例えば学部のとくに研究室を ISEE の研究室に決めたんですけど、その後に何がやりたいか再度悩んで、博士課程前期では南極のテーマに変更しました。テーマを変えて苦労も沢山したので、学部生のときから自分が何に興味を持って、何がやりたいのかっていうのをちゃんと考えておいたら良かったなと後悔しています。この他に、文章作成とかの能力でもちょっと悩んでいるところがあります。

学部生の時にもレポートを書く機会があったんですけど、論理的な構成にしたり、読みやすくする技術をもっと時間をかけて勉強しておけば、今少し楽になったんじゃないかなと思います。僕も同じ後悔があります。難しいですよ、文章作るのって。研究やるからにはまとめる作業があって、文章能力が必要不可欠ですよ。

溝口 僕は同じ後悔があります。難しいですよ、文章作るのって。研究やるからにはまとめる作業があって、文章能力が必要不可欠ですよ。

原田 私は「なんで?」とよく先生に聞かれるので、一つの事柄に対して、その理由や、定量的な根拠を日頃から気にしていると、良いのになって思いました(笑)。

小坂 トヨタ式じゃないですけど、なぜなのかを繰り返すみたいです。そうですね。そうすると論理的思考力が身につくと思うので、そこを早いうちからできたら良かったなって思います。

原田 その話は、研究室を選択する上で、なぜそこに行きたいかをもっと掘り下げて考えたら良かった…という森野くんの後悔にも結びついてる気がしますね。論理的思考や文章の書き方は、特に講義で取り上げられることのないまま研究室に入ることになりますよね。今後、論理的文章の書き方や論理構成を学ぶ機会を『ISEE 学生企画チーム』で提供できたら良いですね。

世界の舞台で活躍するために !!

挑戦と成長ができる環境



理学研究科
素粒子宇宙物理学専攻
博士前期課程 2 年

野橋 大輝

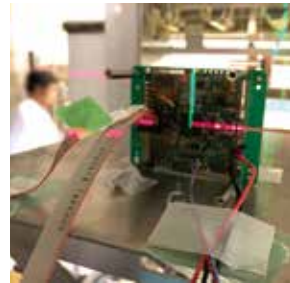
私が所属する宇宙線研究部は、地下実験や加速器実験、人工衛星による実験など様々な研究テーマがある研究室です。私は中でも、太陽フレアと呼ばれる太陽で起こる爆発現象によって生成される中性子とガンマ線を観測する超小型人工衛星の開発に取り組んでいます。太陽中性子の観測は長い間、本研究室で行われてきたテーマの一つで、これまでは地上の大型検出器によって行われてきました。私の研究ではこの観測網を宇宙空間にまで拡張し、太陽フレアにおける粒子加速機構の解明を目指しています。

宇宙地球環境研究所 (ISEE) 全体では週に 1 度希望者だけで行うフットサルや、夏には全体で行う BBQ など様々なイベントがあり、またセミナーやワークショップでは他の研究分野を知ることが

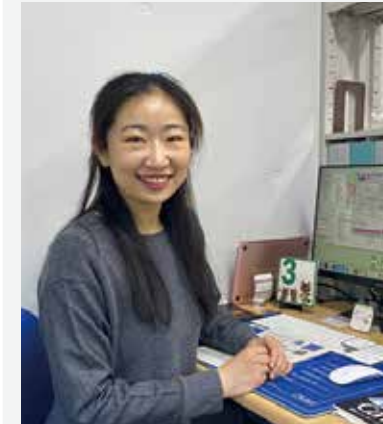


できます。こういったイベントを通して、他研究室の方や外国人研究員など幅広く交流することができ、多くの刺激を得ることができます。また研究室でも週に 1 度コーヒープレイクがあり、同期や先輩、後輩、そして先生方と雑談や議論を通してコミュニケーションを取ります。

宇宙と地球の非常に幅広い研究分野が ISEE にはあり、研究者はみんな楽しく自分の興味を追求しています。ISEE の研究に興味を持ったら躊躇わずに挑戦し、様々な方と交流を深め、研究者として一歩踏み出してみませんか。



大気エアロゾルの研究と人との出会い



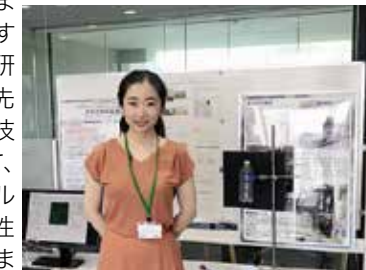
環境学研究科
地球環境科学専攻
博士後期課程 2 年

魏 辰然

私は環境学研究科に所属しており、前年に修士として卒業した中国からの留学生です。今は同じ研究室の博士 2 年生です。2017 年秋入学してからあっという間に三年半が経ちました。

大気エアロゾルは空気中に浮遊する微粒子で、近年は PM 2.5 として広く知られています。これらの微粒子は大気中で水蒸気を吸収して雲となり、太陽光を吸収、散乱することにより、気象や気候に影響を与えます。これらの作用はエアロゾル粒子の濃度に影響されるほか、粒子を構成する物質の種類、構造、化学、物理特性の影響を受けます。私が所属する大気化学研究室では、先端的な計測技術を活用して、大気エアロゾルの成分と特性を分析していま

す。私自身の研究の方向性は大気エアロゾルと降水の化学組成です。この方向を選び始めたばかりの頃はまだ迷っていました。研究の過程にも多くの困難や失敗がありました。でも、先生からいろいろアドバイスと指導をいただきましたし、研究室の仲間たちとの交流は常に新しいインスピレーションを与えてくれます。研究生活は挫折することが時々ありますが、成果が出たときの喜びや達成感は何よりの幸せです。私は人生のチャレンジをひとつひとつ乗り越えて、人は成長すると思います。皆さんと一緒に挑戦してみませんか。



世界の仲間と協力して宇宙研究



工学研究科
電気工学専攻
博士前期課程 2 年

稲葉 裕大

皆さんはジオスペースという言葉を知っていますか？ジオスペースとは、地球磁場の影響が及ぶ範囲の宇宙空間を指します。この空間は、宇宙飛行士や人工衛星の活動領域であり、人間にとって身近な宇宙領域です。しかし、ジオスペースには、高エネルギーのプラズマが多く存在し、人工衛星の故障や宇宙飛行士の被曝を引き起こし得るため、これらの粒子の振る舞いの理解は重要です。

私が所属する宇宙電磁観測グループでは、高エネルギープラズマの振る舞いを、オーロラ画像やレーダー等で観測的に研究しています。中でも私は、全天カメラと衛星データを用い、高エネルギープラズマに伴うオーロラの発生メカニズムの研究を行なっています。宇宙は未解明な事象が多く、学生でも世界初の成果を残せる可能性があります。

また、宇宙電磁観測グループは、海外出張や海外交流の機会が多くあり、自分の意思次第で英語スキルを磨けます。出張ではオーロラ観測のチャンスもあります。私自身もカナダでオーロラを直接観ることができました。

私達は理学の人たちや外国人研究者の方々と協力して研究しています。宇宙研究を行う研究室は電気系では珍しいです。「宇宙に興味がある」「仲間と協力して研究をしたい」というみなさん！ぜひ私達と共に未知への挑戦をしてみませんか。



理想の研究者になれる場所



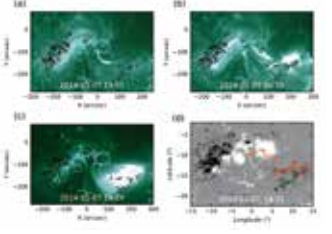
理学研究科
素粒子宇宙物理学専攻
博士後期課程 3 年

林 沛萱

私は台湾出身の留学生で、宇宙天気の研究に興味を持って、宇宙地球環境研究所 (ISEE) で博士後期課程に進学しました。宇宙天気は、地球の近くの宇宙空間が擾乱する現象の総称です。宇宙天気の変動に大きな影響を与えるものとして、コロナ質量放出や太陽フレアと呼ばれる太陽表面の爆発現象が挙げられます。私の研究は、太陽に発生する爆発現象の発生条件を、人工衛星で観測したデータで統計的な手法によって解明することを目的としています。研究の成果で爆発現象の物理メカニズムを解明することができると予想され、将来の宇宙天気予報の精度を上げることにつながっています。

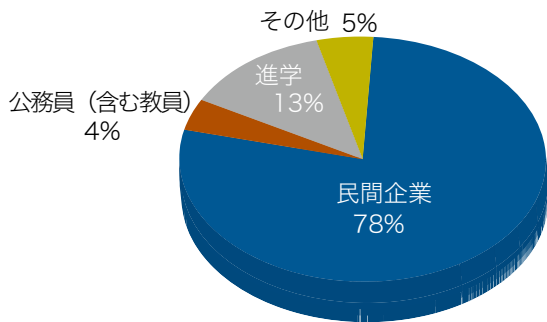
ISEE は若手研究者に国内および海外の学会への参加を推奨しているので、自分の研究を発表する機会が多いです。また、ISEE と連携している海外の研究機構と研究グループが多く、優れている海外研

究者と交流する機会も多いです。ISEE は経済的支援が整っているため、学生も研究に専念することができます。私の場合は、アメリカの学会で発表することがあり、コメントをもらうことによって自分の研究が発展し、高いモチベーションで研究することができました。ISEE に訪問している研究者たちと頻繁に交流することができ英語力も上がりました。また ISEE には、太陽の研究に限らず、磁気圏やプラズマなど様々な研究を行っている研究者が集まっているので、研究所で行うセミナーで色々な分野の知識を身につけることができました。ISEE は、自分の理想の研究者になる最適な環境だと思います。



就職状況

前期課程卒業生の進路



民間企業

ANAエアポートサービス(株) ●
avintonジャパン(株) ●
CKD(株) ●
CTCテクノロジー(株) ●
Electricity Generating Authority of Thailand ●
KDDI(株) ●
NECソリューションイノベータ ●
NTT西日本 ●(2)
PDエアロスペース(株) ●
Yahoo! Japan ●
アイシン・エイ・ダブリュ(株) ●
アイシン精機(株) ●
アクセンチュア(株) ●
アドヴィックス ●
エリクソン・ジャパン(株) ●
エヌ・ティ・ティ・コムウェア(株) ●
オークマ(株) ●(2)
オリンパス(株) ●
(株)GA technologies ●
(株)NTTデータ ●●
(株)NTTデータ東海 ●
(株)NTTドコモ ●
(株)アイヴィス ●
(株)インターネットイニシアティブ ●
(株)インテック ●
(株)環境総合テクノス ●
(株)関電エネルギーソリューション ●
(株)気象工学研究所 ●
(株)セブティニー・オリジナル ●
(株)中電シーティーアイ ●
(株)デンソー ●(2) ●(2)
(株)デンソークリエイト ●
(株)トヨタシステムズ ●
(株)トヨタコミュニケーションシステム ●
(株)日立システムズ ●
(株)日立製作所 ●●●
(株)日立ソリューションズ ●
(株)マキタ ●
(株)未来技術研究所 ●
(株)村田製作所 ●
(株)大和総研 ●
川崎重工業(株) ●
キャノン電子(株) ●(2)
小林製薬(株) ●
新日鐵住金(株) ●
新日鐵住金ソリューションズ(株) ●●●(2)
スカパーJSAT(株) ●(2)
住友重機械工業(株) ●
住友重機械工業(株) ●
住友林業(株) ●
セコム(株) ●
ソニー(株) ●
ソニーLSIデザイン(株) ●
中京テレビ放送(株) ●
中部電力(株) ●

東海光学(株) ●
東芝デベロップメントエンジニアリング(株) ●
トビラシステムズ(株) ●
トヨタ自動車(株) ●(2) ●
名古屋電機工業(株) ●(2)
日本車輛製造(株) ●(2)
日本ガイシ(株) ●●
パナソニック(株) ●(2)
浜松ホトニクス(株) ●(2)
ブラザー工業(株) ●●
古河電気工業(株) ●
ホシザキ(株) ●
本田技研工業(株) ●
丸紅(株) ●
三菱スペース・ソフトウェア(株) ●
三菱電機(株) ●(3) ●
三菱電機(株)通信機製作所 ●
三菱電機マイコン機器ソフトウェア(株) ●
三菱電機メカトロニクスソフトウェア(株) ●
明星電気(株) ●
ヤマトグローバルロジスティクスジャパン(株) ●
その他 ●(9)

公務員（含む教員）

愛知県職員（化学職） ●
気象庁 ●
教員 ●(2)
岐阜県庁 ●

進学

名古屋大学
理学研究科博士課程（後期課程） ●(12)
工学研究科博士課程（後期課程） ●
環境学研究科博士課程（後期課程） ●(3)
宇宙地球環境研究所（研究生） ●
名古屋大学以外の大学大学院 ●

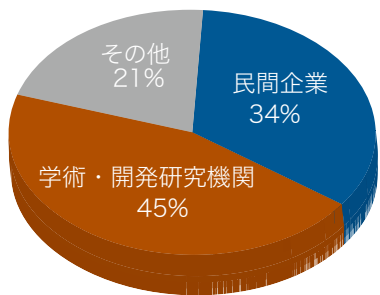
その他

一般財団法人日本気象協会 ●
宇宙地球環境研究所 ●
産業技術総合研究所 ●
ベトナム地球科学鉱物資源研究所 ●
公務員試験準備 ●
帰国後就職活動 ●
未定 ●

【平成 28 年度～令和 2 年度】

●:理学研究科
●:工学研究科
●:環境学研究科

後期課程卒業生の進路



民間企業

MHIエアロスペースシステムズ(株) ●
SOLIZE(株) ●
いであ(株) ●
(株)LIFULL ●
(株)Preferred Networks ●
(株)サイエンスアンドテクノロジー ●(2)
西日本電信電話(株) (NTT西日本) ●
(株)日立ハイテクノロジーズ ●
(株)豆蔵 ●(2)
(株)その他 ●(2)

学術・開発研究機関

Magway大学 ●
Samoa Meteorology Services ●
Vietnam Academy of Science and Technology ●
インドネシア国立航空宇宙研究所（LAPAN） ●●
インドネシア国立ガジャ・マダ大学 ●
釜山大学校 ●
気象研究所 ●
京都大学 ●
環日本海環境協力センター ●
情報通信研究機構 ●
東京大学 ●
名古屋大学 ●
名古屋大学宇宙地球環境研究所 ●(3)
北海道大学大学院 ●

その他

帰国後就職活動 ●(2) ●(3)
未定 ●(3)

就職関連情報

キャリアサポートセンターについて

キャリアサポートセンターでは、就職活動に役立つ情報やインターンシップに関する情報を窓口や NU-NAVI（名大生に特化した就職専門サイト）にて提供し、年間を通じて本学学生の進路探索活動を支援しています。

また、就職活動に関するさまざまなイベント・セミナーを開催しています。就職活動を始める前に知っておきたい基礎知識や、ステップごとの具体的なアドバイスなど、就職活動に役立つ情報が満載です。

博士課程教育推進機構キャリア教育室とも連携し、博士課程の学生のキャリア支援を行っています。

就職相談員による個別就職相談

キャリアサポートセンターの専任相談員（キャリアカウンセラー）が、就職・進路に関する個別相談や情報提供を行います。相談内容は、就職活動の進め方、自己分析の方法やエントリーシートの添削、模擬面接、将来のキャリア設計の相談など、多岐にわたっています。個別就職相談の予約は NU-NAVI で受け付けています。

窓口での提供コンテンツ

- ・就職関連書籍の閲覧・貸出
- ・先輩の就職活動体験記の閲覧（平成 30 年度まで）
- ・窓口での相談対応
- ・OBOG 名簿の閲覧（要学生証）
- ・職業適性診断システム「キャリア・インサイト」

開室時間：月曜日～金曜日（祝日を除く）8:30 ～ 17:15
場 所：学生支援棟 1 階

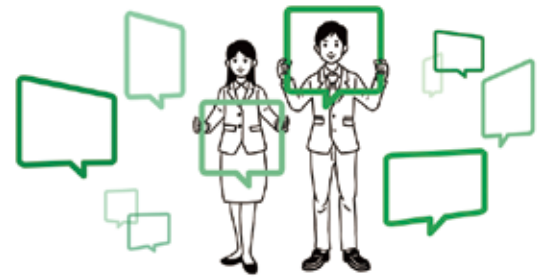
NU-NAVI 掲載資料

- ・求人検索
- ・学内イベント・ガイダンス予約
- ・個別就職相談予約
- ・動画配信（就活情報・ガイダンス等）
- ・来校企業情報
- ・OBOG 名簿一覧
- ・就職活動体験記（令和元年度以降）

【問い合わせ先】

キャリアサポートセンター
電話番号 052-789-2176
E-Mail：s-shien.evententry@adm.nagoya-u.ac.jp
キャリアサポートセンター HP：
<http://syusyoku.jimu.nagoya-u.ac.jp/>
NU-NAVI：https://kyujin-navi.jimu.nagoya-u.ac.jp/kyujin-navi.php

名古屋大学
キャリアサポートセンター



就活のすべてがこの中に！

自身の強みを見つけよう



（左）藤山雅士さん、（右）今田晋亮 講師

藤山 雅士

2018 年 3 月 工学研究科 博士前期課程修了
（電子情報システム専攻 宇宙情報処理グループ）
所属：日鉄ソリューションズ株式会社
鉄鋼ソリューション事業本部
鹿島システムセンター 物流グループ

私の研究テーマは、太陽活動のモデリングに必要な太陽表面の動きを、衛星データから統計解析するというものでした。小さな頃からロマンを感じていた宇宙に関する研究に取り組み、充実した研究生活を送ることができたと思います。

学会や研究会等にも何度も参加させていただきました。そのような発表の場では、研究成果を分かりやすく伝えるために、物理現象や研究手法を抽象化して説明することがよくあります。多くの人の発表を聞く中で、私はこの点が人よりも得意であることに気づきました。

現在は、製造業のシステム開発に携わっています。私の役割は、工場で働く人々の業務課題をヒアリングし、それをシステ

ム設計に落とし込んで、開発チームに伝えることです。業務課題をシステム設計に落とし込むためには、業務プロセスを一度、抽象化する必要があります。ここで、研究生活で培われた抽象化能力が活かされています。チームメンバーが自身のスキルを存分に活かして開発に取り組んでいること、また完成したシステムが工場の業務効率化に貢献できていることに対してやりがいを感じています。

私は、自分の強みが何なのかを研究生活を通して気づきました。個人の強みは人それぞれです。研究活動の中でも自身の強みを見つけ、存分に活かしながら大学院での生活を謳歌してください。



宇宙地球環境研究所で大学院生活を送るには

宇宙地球環境研究所では、理学研究科素粒子宇宙物理学専攻（宇宙地球物理系）*、工学研究科電気工学専攻、環境学研究科地球環境科学専攻（地球惑星科学系および大気水圏科学系）の大学院博士課程（前期課程・後期課程）教育を行なっています。大学院に入学するためには、各研究科の入学試験を受験する必要がありますが、志望する研究室により受験する研究科が異なります。本パンフレットでは、受験する研究科ごとに研究内容の紹介ページを色分けしていますので、受験する際には間違えないようにしてください。

なお、各研究科・専攻の入試選抜の方法、日程等についての詳細な入試要項については、各研究科の入試関連ウェブサイトを参照するようにしてください。

* 理学研究科では研究・教育のさらなる充実と発展をめざし、現在、文部科学省に専攻再編の認可申請をしています。認可されると、2022年4月から専攻および系の名称等が変わる可能性があります。

理学研究科

—素粒子宇宙物理学専攻 宇宙地球物理系—
(認可申請中の専攻再編に伴い上記の名称が変わる可能性があります)

● 2022 年度大学院生募集

現在、専攻再編を文部科学省に認可申請しており、認可後に募集要項の詳細が決まります。そのため、本年度に実施する入試の募集開始時期、日程等は例年より遅くなる見通しです。最新情報は入試関連ウェブサイト等で公開しますので、随時ご確認ください。またメール等により各種日程等の通知を希望される方は、同じくウェブサイトを通して登録できるようにしてあります。

物理系研究室で行なっている研究内容に関する説明会を以下の要領で開催します。

なお、全体説明会の終了後に実施する研究室別説明会については入試関連ウェブサイト等で適宜確認するようにしてください。

◆物理系研究室説明会

・全体説明会
日時：2021 年 5 月 29 日（土） 午後 1:00 開始
場所：名古屋大学東山キャンパス 坂田・平田ホール（理学南館）
(オンライン配信も行います)

・研究室説明会
研究室別の説明会を全体説明会終了後に行います。
詳細については入試関連ウェブサイトにて公開いたします。
コロナウィルスの影響で日程が変更になる可能性がありますので、随時最新情報をご確認ください。

大学院入試に関する最新の情報は以下のウェブサイトをご参照ください。
文部科学省の認可後に実施される入試説明会（入試日程・応募要領・試験内容等に関する説明会）の情報もこのウェブサイトでお知らせします。

・物理学教室 大学院入学を目指す方へ
<https://www.phys.nagoya-u.ac.jp/entrance/index.html>



■募集要項請求および大学院入試に関するお問合せ
〒464-8602 名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院理学研究科 教務学生係
TEL.: 052-789-2402/052-789-5756
<http://www.sci.nagoya-u.ac.jp/graduate/index.html>



工学研究科

—電気工学専攻 宇宙電磁環境工学講座—

● 2022 年度博士前期課程大学院生募集
電気工学専攻では、博士前期課程および博士後期課程の大学院入試を実施します。

・工学研究科電気工学専攻、電子工学専攻、情報・通信工学専攻大学院受験生の方へ

名古屋大学大学院工学研究科 電気電子情報系事務室
TEL.: 052-789-3643
http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/g_admission/index.html



■募集要項請求および大学院入試に関するお問合せ
〒464-8603 名古屋市千種区不老町
名古屋大学工学部・工学研究科
教務課入学試験係
TEL.: 052-789-3978/052-789-3974
e-mail: eng-admission@adm.nagoya-u.ac.jp
<https://www.engg.nagoya-u.ac.jp/prospective/index.html>



環境学研究科

—地球環境科学専攻 地球惑星科学系 地球史学講座—
—地球環境科学専攻 大気水圏科学系 地球水循環科学講座—

● 2022 年度博士前期課程大学院生募集
地球環境科学専攻では、大学院説明会、および大学院入試（前期課程・後期課程）を実施します。

※本年度の開催について必ず確認してください。
・環境学研究科地球環境科学専攻 大学院受験（入試）
<http://ees.env.nagoya-u.ac.jp/exam.html>



■募集要項請求および大学院入試に関するお問合せ
〒464-8601 名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院環境学研究科 大学院係
TEL.: 052-789-4591/4272
FAX: 052-789-3452
E-mail: env@adm.nagoya-u.ac.jp
<http://www.env.nagoya-u.ac.jp/admission/index.html>



授業料の納入

(1) 授業料の納入について
授業料は、前期（4月～9月まで）及び後期（10月～翌年3月まで）の2期に分けて267,900円を入学時に届け出た銀行預金口座から口座引落（授業料代行納付）により前期分は5月、後期分は11月に徴収します。ただし、休学・退学等の場合は上記とは異なります。
在学中に授業料の改訂が行われた場合には、改訂時から新たな授業料が適用されます。

授業料引落としの詳細については、名古屋大学ホームページをみてください。
<http://www.nagoya-u.ac.jp/academics/campus-life/tuition/>



(2) 授業料免除について
授業料納付が困難な学生（正規生のみ）に対して、選考の上、授業料免除を受けることができます。

手続きの詳細については、名古屋大学ホームページをみてください。
https://www.nagoya-u.ac.jp/academics/scholarship/exemption/exemptionsub/post_603.html



入学料免除・徴収猶予について

申請資格、家計基準、学力基準に基づき選考し、予算の範囲内で入学料の免除が許可されます。
徴収猶予は納入期限を延期するものであり、全額を納入する必要があります。

入学料免除・徴収猶予申請のできる方

< 大学院入学者 >

- ・経済的理由により入学料の納入が困難で、かつ、学業優秀と認められる場合
- ・入学前1年以内に、①学資負担者（例：父親）が死亡または②学資負担者もしくは本人が風水害に被災のため、入学料の納入が著しく困難と認められる場合
- ・上記に準ずるもので、総長が相当と認める場合
- ・家計支持者が激甚災害にて被災されている場合

入学料免除の額

納入すべき入学料の全額または半額です。ただし、日本学生支援機構給付奨学生として入学料免除を受ける場合は、納入すべき入学料の全額、3分の2額または3分の1額です。大学院入学者では、この数年は半額免除のみです。

申請方法等

「入学料免除・徴収猶予申請要領」の配付及び受付期間は、入学手続方法とともに案内します。「入学料免除・徴収猶予申請要領」に基づき、必要な書類を整えてください。

< 配付・受付 >

・「入学料免除・徴収猶予申請要領」及び「各種様式」は名古屋大学ホームページよりプリントアウトをしてください。
https://www.nagoya-u.ac.jp/academics/scholarship/exemption/exemptionsub/post_550.html
・大学院入学者の申請受付は、入学する研究科です。



注意事項

入学料免除・徴収猶予許可前に納入した入学料は、返還できません。家計等について、申請者（学生本人）へお尋ねします。
全額免除許可を除き、期限までに入学料を納入しない場合は、除籍となります。

学術奨励賞、育志賞

対象者

大学院博士課程後期課程に在学する学生（原則として標準修業年限内に在学している学生に限る）で、人物・研究水準ともに特に優秀かつ、研究科長及び指導教員から推薦のあった者を対象に受賞者を決定し、表彰します。

表彰

毎年度、受賞者数は10名以内とし、受賞者には、賞状及び副賞として学業奨励金50万円を贈呈する。
学術奨励賞受賞者で日本学術振興会育志賞への推薦を希望し、研究科長が推薦した者は、育志賞に推薦されます。

民間奨学財団奨学金、地方公共団体奨学金

○民間奨学財団、地方公共団体の奨学金とは

民間企業が母体の財団法人などが募集する奨学金制度、または都道府県や市区町村などの地方公共団体などが募集する奨学金制度です。
これらの奨学金には、大学を経由して応募するものと、奨学団体が直接募集するものがあります。また、奨学金の形態として、給付型と貸与型があり、応募するにあたって、部局指定・条件や資格などがあります。
特に地方公共団体の奨学金は出願資格に当該地域に在住する者の子弟を対象にし、直接公募することが多いので、詳細は該当する自治体の奨学金関係のホームページを確認するか、各自治体へ問合せをしてください。

本学では、募集依頼のあった団体のみホームページに掲載します。この他にも、各学部・研究科で、所属学生を対象に直接募集する場合がありますので、所属学部・研究科の掲示にも注意してください。

奨学金の募集時期

募集などの時期や条件は各奨学団体によって種々異なり、基本的に通年募集がありますが、ほとんどが4～5月の間に集中していますので、ホームページや各部局の掲示に注意し、締切に遅れないよう応募をしてください。
(民間奨学金 募集一覧 (大学院))
https://www.nagoya-u.ac.jp/academics/scholarship/exemption/exemptionsub/post_597.html



貸与型奨学金の返還について

民間奨学財団・地方公共団体の貸与型の奨学金は、無利息であることが多いですが、卒業後所定の期間内に必ず返還しなければなりません。日本学生支援機構と重複する場合は、将来の返還計画を慎重に検討することが必要です。

博士・修士
論文一覧

2020 年度 修士論文一覧

■理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻 宇宙地球物理系	
AM	ラグランジュ型化学輸送モデルを用いた中層大気組成変動の研究
SS _E	北極域上部中間圏における大気安定度に関する統計研究
CR	将来の暗黒物質探索実験に向けた極低放射能光検出器の開発
CR	望遠鏡構造と多層膜を考慮した半導体光検出器の特性評価
CR	自動グラフィット化装置を用いた樹木年輪中放射性炭素による 1859 年大規模太陽フレアに伴う SEP イベントの探査
CR	超小型衛星 NU-SONGS 搭載用 GAGG(Ce) シンチレータレイの解析手法の確立
CR	高抵抗薄膜を用いた暗黒物質直接探索における新たな液体キセノン検出器の開発と電子ドリフト実証
SW	3 年間の Crab pulsar 観測から得られた周波数分散測定値による太陽風電子密度構造の推定

■工学研究科 電気工学専攻	
電磁観測	Multi-event analysis of plasma and field variations in the source of Stable Auroral Red (SAR) arcs in the inner magnetosphere
電磁観測	Study of the occurrence characteristics of SubAuroral Polarization Streams (SAPS) with the SuperDARN radars
電磁観測	ハワイで3年間に得られた大気光画像中の大気重力波・中規模伝搬性電離圏擾乱の3次元フリーエ解析
電磁観測	磁気インピーダンスセンサを用いた低コスト地磁気観測システムの開発と多点観測への応用
電磁観測	200 GHz 帯広帯域超伝導ミキサの低雑音化の研究
情報処理	計算機実験にもとづくホイッスラーモード波動と電子の相互作用過程における非線形過程の研究
情報処理	機械学習および表面磁束輸送計算モデルを用いたダルトン極小期における太陽極域磁場の推定に関する研究
情報処理	太陽コロナにおける密度減少が引き起こす磁気リコネクションに関する数値シミュレーション研究

■環境学研究科 地球環境科学専攻 大気水圏科学系 地球惑星科学系	
水圏系	2018 年台風チービー上陸時における内部コア構造の解析
水圏系	風上水蒸気の鉛直プロファイルが降水特性に及ぼす影響—平成 30 年 7 月豪雨事例—
水圏系	気候変動に伴う台風特性の変化
水圏系	2018 年台風 Trami の眼内部で観測されたメソ構造
水圏系	線状降水帯のレーダーデータを用いた客観的抽出と統計的特徴

水圏系	マルチパラメータ気象レーダーデータを用いて解析した雷をもたらす対流雲の内部構造の特徴：2018 年 8 月 27 日の関東地方における観測事例
水圏系	マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダーデータに基づく孤立積乱雲の内部構造の時間変化
水圏系	Influence of Relative Humidity on the Ozonolysis of Ambient Organic Aerosol Components
水圏系	東シベリア・レナ川流域における冬季の河川流出に関する水文気候学的研究
水圏系	水安定同位体比を用いたレナ川流域における河川水の流出起源の推定
水圏系	25 年間（1994-2019 年）の南極ドームふじ基地における地上気温データの作成
水圏系	拡張された島法則によるインドネシア通過流の理解
水圏系	Seasonal variability of surface chlorophyll-a in the Gulf of Thailand and influence of ENSO
地惑系	Development of a simple carbon extraction method for radiocarbon analysis of dissolved inorganic carbon in water samples

博士論文一覧

■理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻 宇宙地球物理系	
2020 年度	
SS _T	磁気リコネクションの高速化機構に関する電磁流体力学シミュレーション研究
2019 年度	
AM	対流圏 CO ₂ 高度分布の観測用の気球搭載計測器の開発
SW	異なる境界ピッチ角の扱いに対する惑星間空間フラックスロープモデルフィッティングの比較研究
2018 年度	
AM	太陽光の吸収分光法を用いたコンパクトな地上観測システムの評価と大気中の CO ₂ および CH ₄ 濃度動態の解析
SS _T	磁気リコネクションの高速化機構に関する電磁流体力学シミュレーション研究
SS _T	非線形フォースフリー磁場外挿法と電磁流体力学シミュレーションに基づいた、太陽フレアを引き起こす活動領域磁場の研究
SS _T	内部磁気圏モデル結合シミュレーションに基づく Pc5 帯 ULF 波動との相互作用による放射線帯電子の動径輸送に関する研究
SS _T	磁気嵐中リングカレントにおける高エネルギー酸素イオンの増加現象に関する研究

2017 年度	
SS _T	探査機による観測に基づく火星プラズマ境界層の研究
CR	LHC13TeV 陽子 - 陽子衝突における超前方光子生成の測定
CR	ATLAS-LHCf 検出器による $\sqrt{s} = 1.3$ TeV 陽子－陽子衝突での超前方中性粒子生成への回折事象の寄与の研究

2016 年度	
AM	新しいエアロゾル光散乱全角度分布同時計測装置の開発と性能
AM	ディーゼル排ガス粒子の光学特性の研究
SS _E	赤道大気レーダーを用いた低緯度における真夜中過ぎ沿磁力線不規則構造の研究

CR	地上での超高感度太陽中性子望遠鏡の実現
----	---------------------

■工学研究科 電気工学専攻	
2019 年度	
電磁観測	衛星と地上観測を基にした磁気圏と電離圏におけるサブストーム開始プロセスに関する研究
2018 年度	
電磁観測	イオノゾンデ、GPS 及び赤道大気レーダーを用いた東南アジアにおける赤道プラズマバブルの統計的研究

■環境学研究科 地球環境科学専攻 大気水圏科学系 地球惑星科学系	
2020 年度	
水圏系	暖候期の日本における線状降水帯の形成メカニズムに関する研究
水圏系	二つの海色衛星で求めた後方散乱指数による有明海のシャットネラとスケルトネマブルームの判別
2019 年度	
水圏系	凍雨の形成機構と微物理過程に関する研究
水圏系	南太平洋西部の熱帯低気圧の特性に関する研究
水圏系	改良した MODIS 海色データによる日本の高濁度海域有明海でのクロロフィル a の大潮小潮周期変動の研究

2018 年度	
水圏系	低気圧性・高気圧性中規模渦における植物プランクトン春季大増殖に関する研究
水圏系	TRMM PR および TMI プロダクトの強雨バイアス検証ならびに CloudSat および再解析データを用いたその要因評価
水圏系	紀伊半島の森林における有機エアロゾルの雲凝縮核濃度に対する寄与
水圏系	静止気象衛星のラピッドスキャンを用いた台風の強化プロセスに関する研究

2017 年度	
水圏系	全球データ解析による熱帯大気準二日振動の物理特性に関する研究
水圏系	伊勢湾における衛星クロロフィル a の検証・改善と時系列解析
水圏系	熱帯低気圧に伴う長寿命多重壁雲の維持メカニズム
水圏系	西部北太平洋亜熱帯域の植物プランクトン現存量および沈降フラックスへの気候変動の影響

2016 年度	
水圏系	バングラデシュにおける季節内振動に伴う低気圧についての気候学的研究
水圏系	固体降水粒子を対象とした X バンド偏波レーダー用降水粒子判別法の開発と適用
水圏系	有明海と東シナ海沿岸水における植物プランクトン電子伝達速度の日炭素固定速度への変換
水圏系	冬季日本海沿岸における降水システムの強化過程および突風形成過程に関する観測的研究
地惑系	ミャンマー中部 Mogok 変成帯中央部に産するグラニュライト相変成岩類の岩石学的研究

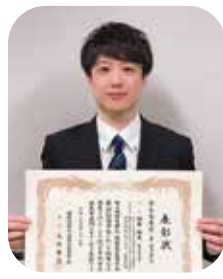
受賞一覧



第 146 回地球電磁気・地球惑星圏学会
学生発表賞（オーロラメダル）

"Flux decrease of outer radiation belt electrons associated with solar wind pressure pulse: A code coupling simulation"

伊藤 大輝：工学研究科電気工学専攻
2019 年度博士前期課程卒業生／情報処理
2020 年 5 月 28 日



第 146 回地球電磁気・地球惑星圏学会
学生発表賞（オーロラメダル）

「2017 年 3 月 28 日にあらせ衛星で観測された SAR アークのソース領域における初めてのプラズマ・電磁場観測」

稲葉 裕大：工学研究科電気工学専攻
2020 年度博士前期課程 2 年／電磁観測
2020 年 5 月 28 日



日本気象学会中部支部研究会
支部長賞

「マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダーデータに基づく孤立積乱雲の内部構造の時間変化」

川口 航平：環境学研究科地球環境科学専攻
博士前期課程 2 年／水圏系
2020 年 12 月 16 日



AGU Fall Meeting 2020
学生優秀発表賞

"Multi-event analysis of plasma and field variations in the source of Stable Auroral Red (SAR) arcs in the inner magnetosphere during non-storm time substorms"

稲葉 裕大：工学研究科電気工学専攻
2020 年度博士前期課程 2 年／電磁観測
2020 年 12 月 17 日

研究室と主担当教員一覧

● 理学研究科

大気圏環境変動研究室 (AM)

教授 水野 亮
准教授 長濱 智生

宇宙空間物理学観測研究室 (SSE)

教授 平原 聖文
准教授 野澤 悟徳
准教授 大塚 雄一
講師 大山 伸一郎

太陽宇宙環境物理学研究室 (SST)

教授 草野 完也
准教授 増田 智
助教 家田 章正

太陽圏プラズマ物理学研究室 (SW)

教授 徳丸 宗利
准教授 岩井 一正
助教 藤木 謙一

宇宙線物理学研究室 (CR)

教授 伊藤 好孝
教授 田島 宏康
准教授 松原 豊
准教授 三宅 芙沙
講師 奥村 暁
助教 毛受 弘彰

● 工学研究科

宇宙電磁観測グループ

教授 塩川 和夫
准教授 西谷 望
准教授 能勢 正仁
准教授 Claudia Martinez-Calderon

助教 中島 拓

宇宙情報処理グループ

教授 三好 由純
准教授 梅田 隆行
講師 今田 晋亮

● 環境学研究科

気象学研究室

教授 坪木 和久
准教授 篠田 太郎

雲降水科学研究室

教授 高橋 暢宏
准教授 増永 浩彦

大気化学研究室

教授 持田 陸宏
助教 大畑 祥

水文気候学研究室

教授 檜山 哲哉
准教授 栗田 直幸
講師 藤波 初木

海洋学研究室

教授 石坂 丞二
准教授 相木 秀則
助教 三野 義尚

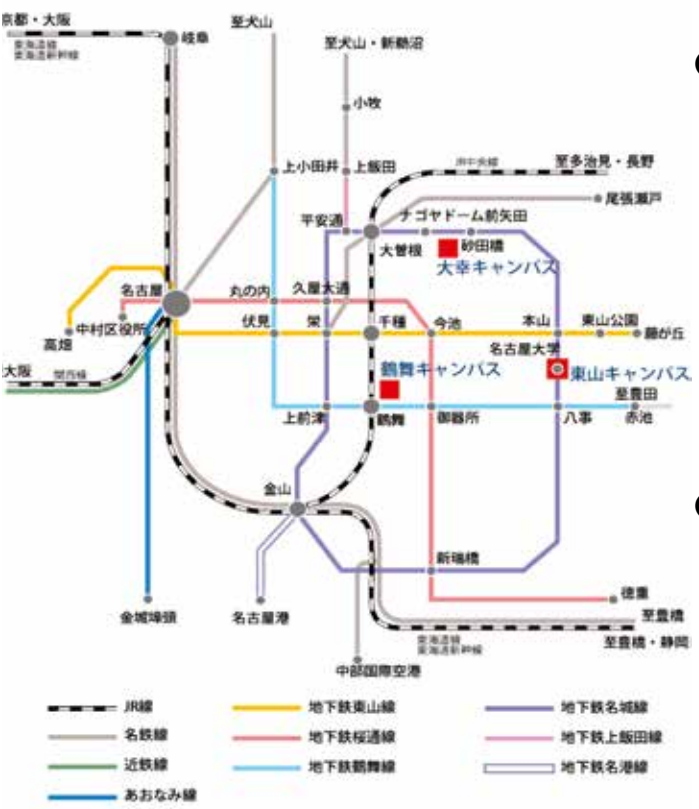
地球年代学研究室

教授 南 雅代
准教授 加藤 丈典

環境史学研究室

教授 北川 浩之
助教 小田 寛貴

名古屋大学 東山キャンパスへの交通案内



● 鉄道

JR 名古屋駅・名鉄新名古屋駅・近鉄名古屋駅からの場合

地下鉄東山線藤が丘方面行きに乗車し、本山駅で地下鉄名城線右回りに乗り換え、名古屋大学駅下車。
所要時間約 30 分（乗換含）

地下鉄東山公園から徒歩 15 分

JR 金山駅・名鉄金山駅からの場合

地下鉄名城線左回りに乗車し、名古屋大学駅下車。
所要時間 25 分

● 航空機

中部国際空港を利用

空港から名鉄特急に乗車し、名古屋駅または金山駅で下車、その後地下鉄に乗り換え（上記参照）又は、空港バスにて栄または名古屋駅に出て、地下鉄に乗り換え。

名古屋大学 東山キャンパス

