



宇宙地球環境研究所

Institute for Space-Earth Environmental Research

Graduate School of Science Graduate School of Engineering Graduate School of Environmental Studies

2020年4月入学生向け 大学院案内

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



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY



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。

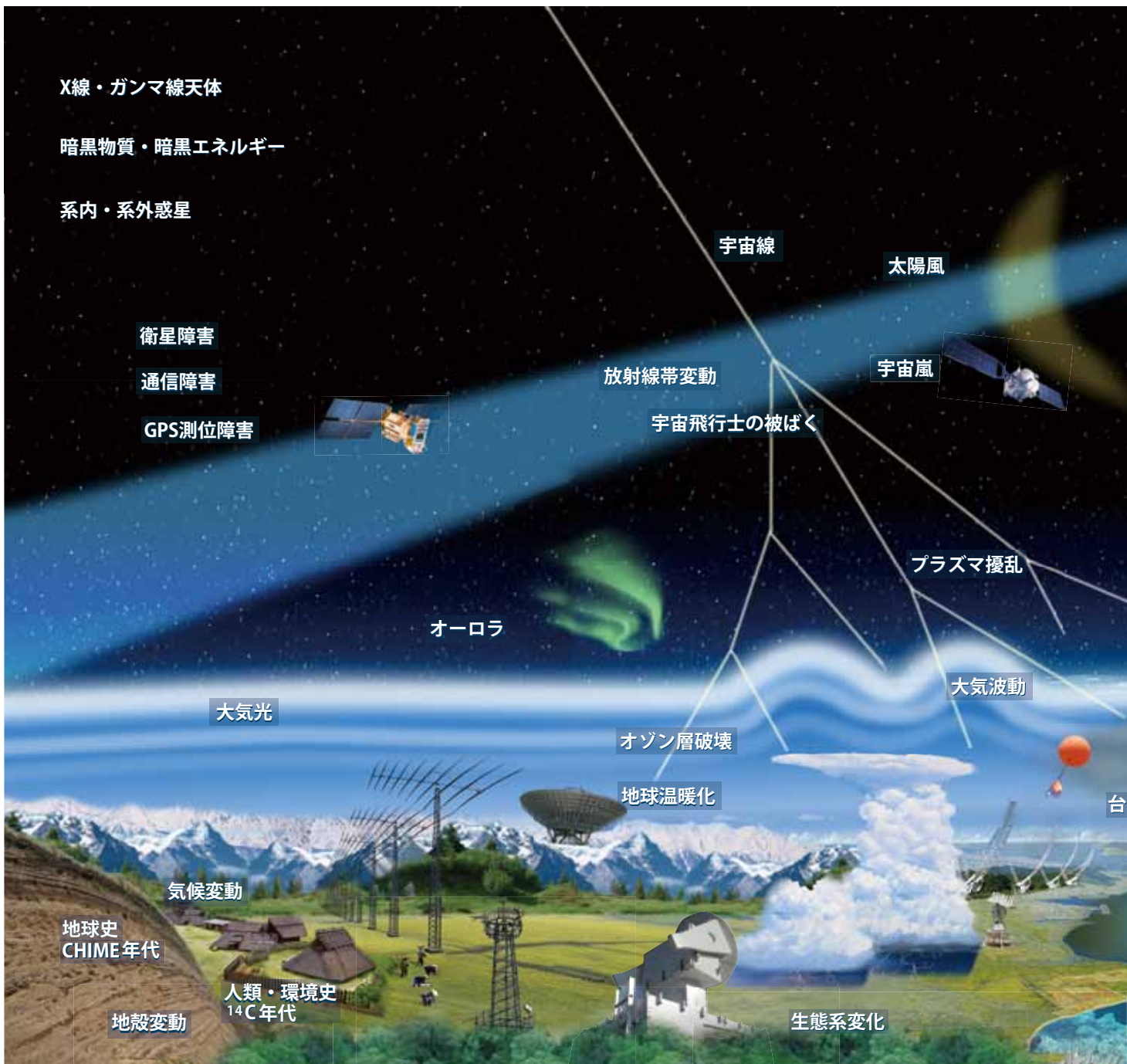
宇宙地球環境研究所は、地球・太陽・宇宙を相互に影響を及ぼし合う一つのシステムとしてとらえ、そこに生起する多様な現象のメカニズムや相互関係の解明を通して、地球環境問題の解決と宇宙に広がる人類社会の発展に貢献することを目指して研究を進めています。平成 27 年 10 月に、学内の 3 部局、太陽地球環境研究所、地球水循環研究センター、年代測定総合研究センターを統合して設立された研究所です。

研究手法は多岐にわたり、地上観測、フィールドワーク、室内実験、年代測定、人工衛星や航空機・気球などの飛翔体に搭載する観測機器の開発、人工衛星によって得られたデータの解析、スーパーコンピュータを用いた数値シミュレーション/数値モデリング、理論研究、及びこれらを組み合わせた総合的な解析研究を行っています。大学院ではこうした最先端の研究に触れながら教育を受けることができます。また、この分野では外国の地上・衛星観測装置で取られたデータの活用や外国人研究者との共同研究が不可欠であり、国際的な環境のもとで日々の研究が活発に進められています。

宇宙地球環境研究所では、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。異なる研究背景・目的を持った研究者が一つの研究所に集まり、それぞれの分野の基盤的な研究を深めるとともに、分野横断的な融合研究を通して新たな科学分野の創出を目指しています。こうした環境の中で、広い視野と国際的な感覚を持ち、その知識を社会に還元できる人材の育成を目指して大学院教育を行っています。大学院の学生は、それぞれの得意分野を活かし、外国人を含む多くの研究者と議論しながら、意欲的に研究を進め、その成果を修士論文や博士論文としてまとめ、国内外の研究会、学会、学術雑誌などで発表しています。

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な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。

宇宙地球環境研究所 教育委員長



宇宙地球環境研究所における研究と大学院教育

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様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、そして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以下の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。「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。「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。

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。

研究所の教員は、上記の基盤研究部や附属センターに属す一方、理学研究科、工学研究科、環境学研究科の協力教員として右に掲げた研究室を構成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。以降のページには各研究室での研究・教育内容の詳しい説明があります。みなさんの興味にあった研究室が見つかることを期待しています。

INDEX

はじめに	はじめに	1
	宇宙地球環境研究所における研究と大学院教育	2
研究室の構成	研究室の構成	4
	理学研究科	
研究室の紹介	● 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	
論文一覧	修士・博士論文一覧	34
	学生の声	36
情報	入試情報	38
学生生活	学生支援	40
	就職状況	42
交通案内	交通案内	44

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 阿部 文雄
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
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

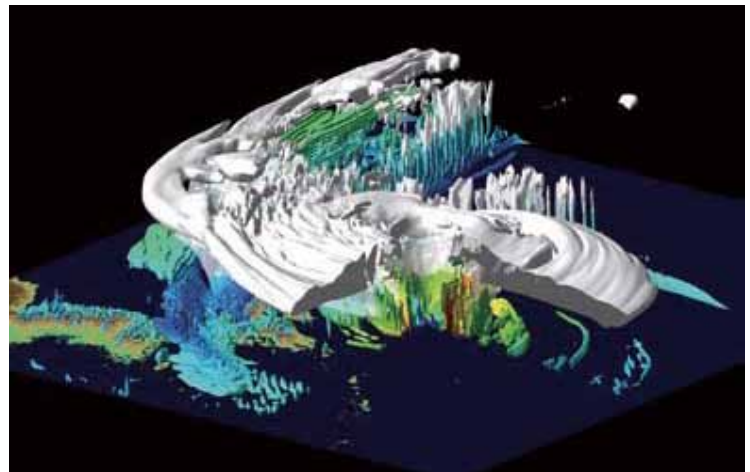
教授 石坂 丞二
准教授 相木 秀則
助教 三野 義尚

地球年代学研究室

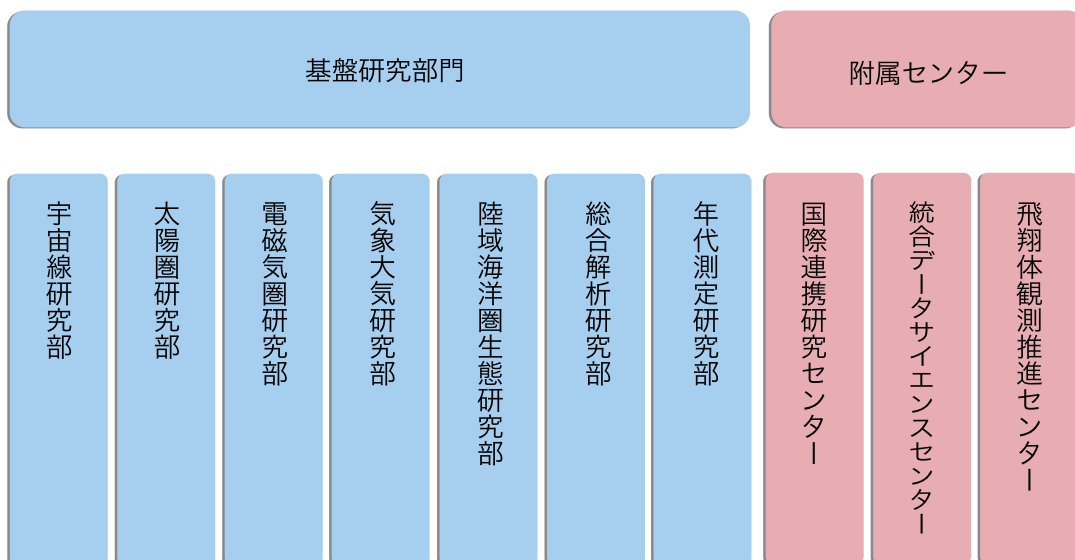
教授 南 雅代
准教授 加藤 丈典

環境史学研究室

教授 北川 浩之
助教 小田 寛貴



基盤研究部門と各研究室の関係



研究室の構成

名古屋大学大学院 協力講座		理学研究科					工学研究科		環境学研究科						
		素粒子宇宙物理学専攻					電気工学専攻		地球環境科学専攻						
		宇宙地球物理学系					宇宙電磁環境工学講座		地球惑星科学系 地球史学講座		大気水圏科学系 地球水循環科学講座				
研究組織	研究室	大気圏環境 変動	宇宙空間 物理学観測	太陽宇宙環境 物理学	宇宙線 物理学	太陽圏プラ ズマ物理学	宇宙電磁 観測	宇宙情報 処理	地球年代学	環境史学	気象学	雲降水科学	大気化学	水文気候学	海洋学
宇宙地球 環境研 究所	総合解析 研究部			●				●							
	宇宙線 研究部				●										
	太陽圏 研究部					●									
	電磁気圏 研究部		●				●								
	気象大気 研究部	●					●				●	●	●		
	陸域海洋圏 生態研究部													●	●
	年代測定 研究部								●	●					



水野 亮 教授



長濱 智生 准教授

観測・実験により大気の姿を正確に捉え、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。

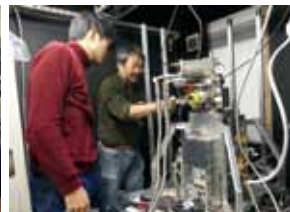
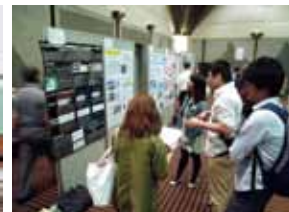
地球誕生以来、約46億年という非常に長い時間をかけて形成された地球大気。大気は動植物の生命活動に不可欠であることはもちろん、太陽から受け取った放射エネルギーの一部を吸収・反射し、地表の温度を一定に保つ働きを担っています。しかし近年、産業革命以降の人間活動の急速な拡大によって、地球大気の年齢に比べれば遥かに短い時間スケールで、大気環境に様々な問題を生じています。例えば、二酸化炭素やメタンなどの温室効果気体の濃度は増加し続け、気候変動への影響が懸念されています。また、エアコンの冷媒等に使われてきたフロンガスをはじめ人工物質の使用によるオゾン層の破壊、航空機や自動車から排出される窒素酸化物や硫黄酸化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姿を正確に捉え、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・赤外線分光技術を用いて、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まだ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。

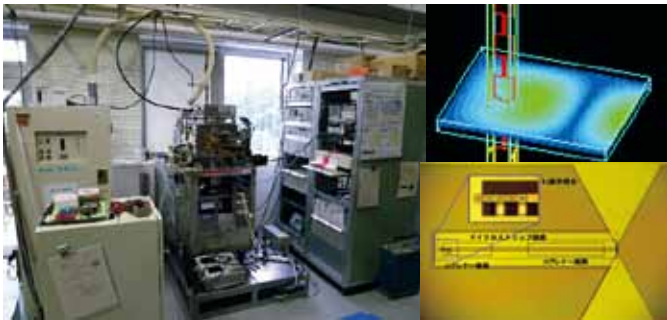


北欧ノルウェー・トロムソに設置した超伝導ミリ波分光計用コンテナハウス（中央）とオーロラ



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、スタッフと共に首尾一貫して研究に取り組んでいます。



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)

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

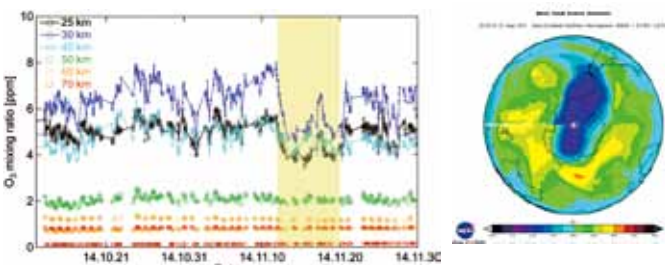
二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスに代表されるように、大気中の気体分子の多くは赤外線に対して強い吸収をもっています。そこで赤外域での吸収量を波長ごとに細かく測定することで、気体分子ごとの大気中の存在量を知ることができます。私たちは、1995年北海道陸別観測所に高分解能フーリエ変換型赤外分光器（FTIR）を、また2014年からは同地に国立環境研究所が設置した新型高分解能FTIRを用いて太陽光の分光観測を共同で行っています。太陽光のスペクトル中には、大気中の微量分子ごとの吸収成分（吸収スペクトル）が表れます。そこで、観測されるスペクトルからオゾンや塩酸、フロンガス、二酸化炭素、メタン、エタン、一酸化炭素など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）

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

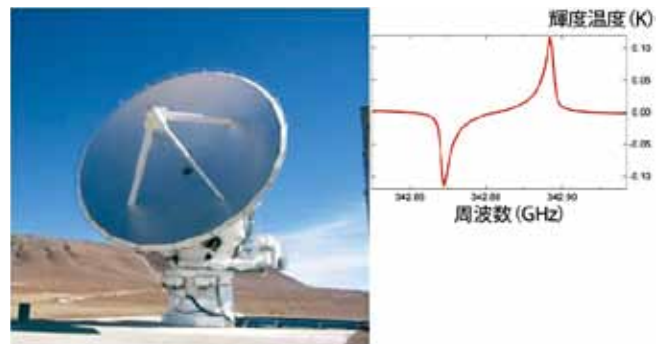
南米大陸南端部では、オゾンホールが上空にまで張り出してくることがしばしばあります。地域住民にとってオゾンホールは南極の特別な現象ではなく、日常生活に影響を及ぼします。私たちは南米のアルゼンチン、チリとの国際協力のもと、超伝導ミリ波分光計をはじめとして、オゾンライダー、紫外線分光計、オゾンゾンデなどの最先端の観測機器を南端部の大気観測所に整備しオゾン層/オゾンホールのモニタリングを行っています。また、南米では数年に一度程度の頻度で南米アンデス山脈の火山が噴火を起こし、成層圏に吹き上げられた火山灰が数千km彼方まで飛んで行き飛行機の運航に影響を与えることがあります。火山灰の動きをモニターし予測する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、危機管理庁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。黄色い編み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)

ミリ波・サブミリ波望遠鏡による太陽系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、太陽系惑星をこれまでない超高空間・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ー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(CS)を観測した場合のシミュレーションスペクトル(右)

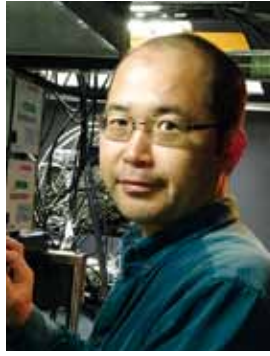
写真の説明:左より、(1)AM研集合写真、(2)院生が参加した南極観測隊、(3)学会発表風景、(4)ノルウェーでのミリ波観測、(5)実験室で装置開発、(6)AM研のみなさん

Webページ: <http://skx1.stelab.nagoya-u.ac.jp/index.html>
連絡先: mizuno@isee.nagoya-u.ac.jp





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

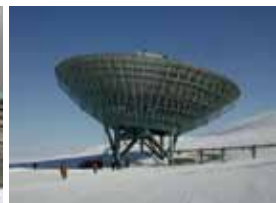
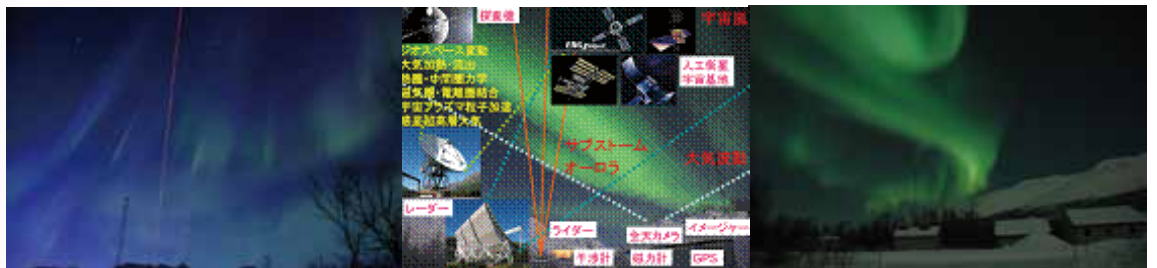
宇宙空間と地球・惑星環境の間で生起し変動する多様な自然現象に対して、独自の観測的・実験的研究を展開し、それらの成因・機構に迫る。

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

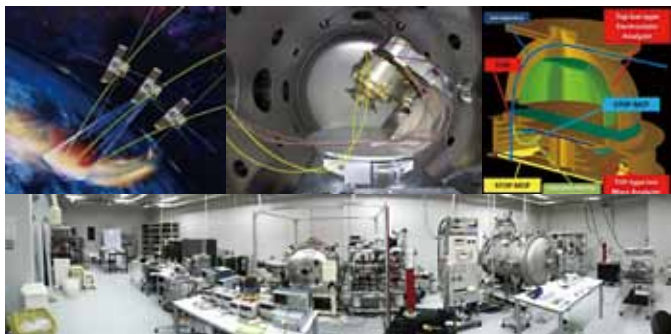
壮大なオーロラ嵐・宇宙嵐が生起する電離圏・磁気圏における多様な物理機構に対して、実証的研究を多面的に展開するため、我々の研究室では次の4つの観測的・実験的戦略を基軸としています。

1. 地球・惑星探査機、観測ロケット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。



飛翔体搭載用観測機器の開発と観測データの解析により、宇宙と地球・惑星の結合過程を実証的に研究しています。(平原グループ)

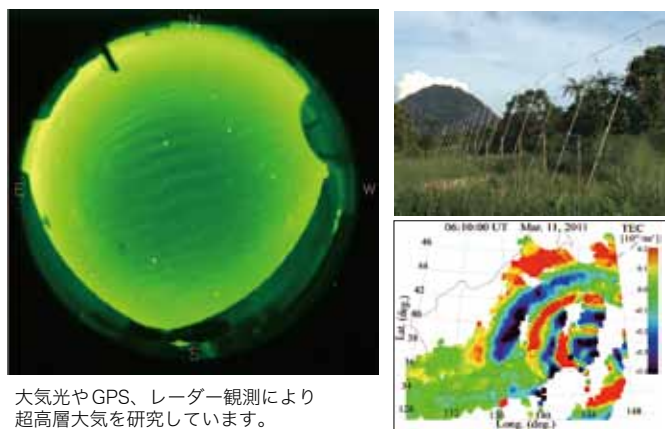
宇宙空間と地球・惑星環境との間に生起する多様な自然現象に関して、それらの素過程や物理機構間の相互作用を解明するには、探査機やロケットなどの飛翔体を用い、その場で直接観測することが不可欠です。本研究グループでは、研究所最上階にあるクリーンルーム内の装置により宇宙空間に近い環境をつくり出し、宇宙探査機に搭載する観測機器の研究・開発を行っています。宇宙と地球・惑星の結合系で最も基本的な構成要素としての宇宙プラズマ・中性粒子を、飛翔体に搭載された分析器で直接計測するためには、研究・開発の段階において地上で十分に実験・試験を行うことが必要となるため、それに必要なビームラインなどの様々な装置・設備の構築も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



将来の探査計画の立案・推進と、それらに向けた分析器の設計・製作、そしてクリーンルーム内部の地上試験装置の整備を行っています。

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も伝搬するなど、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。

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80-110 km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ム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 10^5 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、強い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)5方向に照射されるナトリウムライダーレーザー、(2)イオン・電子ビームラインを用いた実験風景、(3)ロングイアピンに設置されているEISCAT42mアンテナ、(4)インドネシアでの全天カメラの設置風景、(5)クリーンルームでの作業風景、(6)フォトメーターの較正実験風景

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





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。

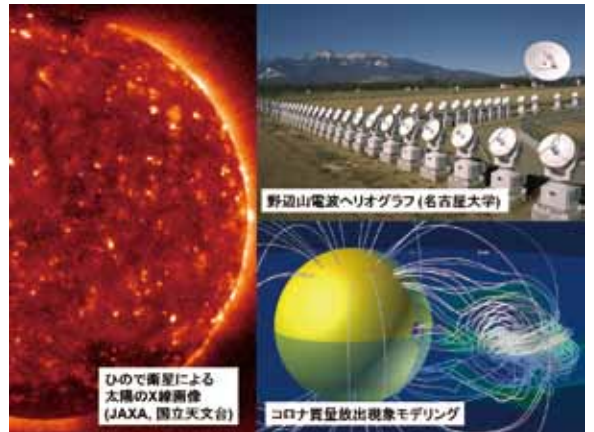
我々が生きる星「地球」は孤立した天体ではありません。地球とその周辺の空間(ジオスペース)は母なる星「太陽」と強くつながり、一つのシステムを形作っています。それ故、地球は太陽と宇宙の影響を絶えず受けているのです。太陽宇宙環境物理学研究室 (SS_T研) は、太陽と地球の織りなすこの広大なシステムの謎を探ることができる世界的にも数少ない研究室です。SS_T研では最新の観測データと最先端のスーパーコンピュータを駆使したシミュレーションの融合によって、太陽宇宙環境を多角的に解き明かすことを目指しています。その研究は太陽ダイナモ、フレア爆発、太陽風、オーロラ、宇宙嵐まで多岐に渡ります。

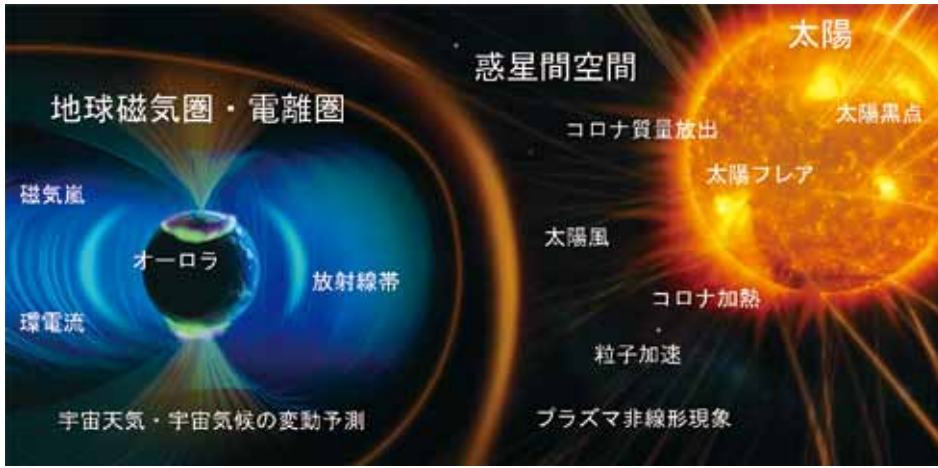
GPSや衛星通信などにより宇宙利用が人々の生活を支える現代社会では、太陽宇宙環境の変動を予測する宇宙天気予報の重要性が高まりつつあります。SS_T研では太陽フレア爆発や放射線帯の変動、磁気嵐の予測を目指した太陽宇宙環境の予測研究を本格的に行うことができます。また、太陽活動と長期的な気候変動の関係を理解する宇宙気候研究も進めることができます。基礎から応用まで多岐にわたる研究テーマを選ぶことができることはSS_T研の魅力の一つです。さらに、その研究活動は国際的に広がり、修士課程から国内はもとより国際学会で活躍するチャンスも用意されています。以下では、SS_T研で進められている研究の一端を紹介しまし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

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。SS_T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。



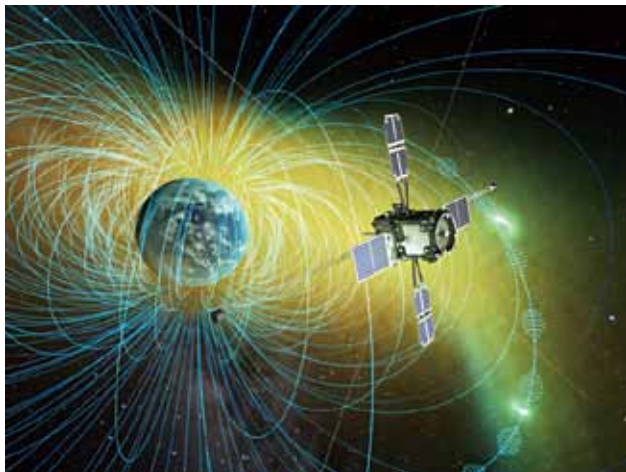


太陽宇宙環境の包括的な総合解析研究

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色々なプラズマ現象の基礎研究も進めています。

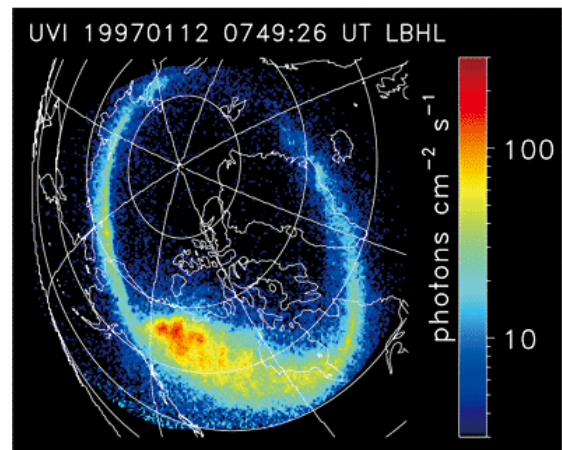
ジオスペース高エネルギー粒子環境の研究

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ることで研究します。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。



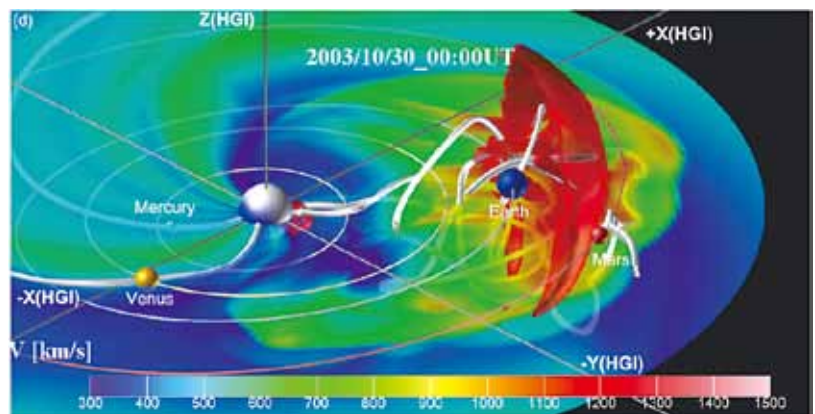
オーロラ爆発と脈動オーロラの研究

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。



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大き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、文部科学省新学術領域研究「太陽地球圏環境予測（PSTEP）（代表：草野完也）」の拠点として、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。（PSTEPのサイト<http://www.pstep.jp/>）



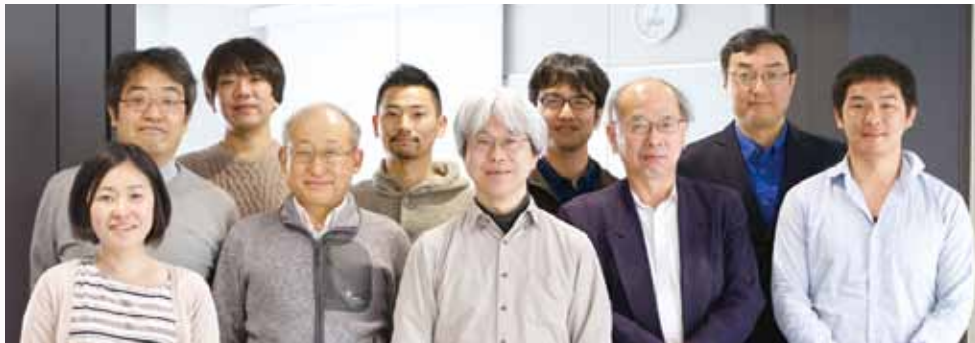
コロナ質量放出による惑星間磁場変動の予測シミュレーション



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 三宅美沙准教授、山岡和貴特任准教授、風間慎吾特任助教、阿部文雄准教授、奥村暁講師、伊藤好孝教授、毛受弘彰助教、松原豊准教授、田島宏康教授、佐藤和史特任助教

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。

宇宙線は地球大気突入して電離を起し、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。



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がありません。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・セラネグランド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、宇宙線が大气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年によいよ稼働を始めた世界最高エネルギーの陽子衝突型加速器、大型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關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なっています。

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られませんでした。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専用大面積(8千万画素)CCDカメラと学生

Webページ: <http://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



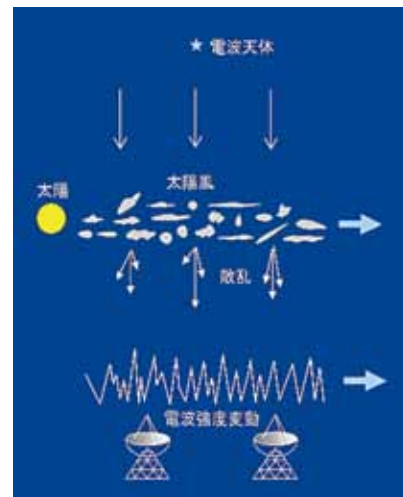
藤木 謙一 助教

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。

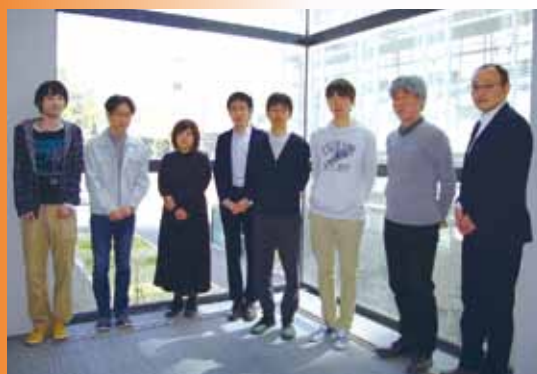
太陽と地球の間は物質が存在していないように見えますが、実は太陽から吹き出す超高温のプラズマの流れで満たされています。このプラズマ流は太陽風 (Solar Wind) と呼ばれます。太陽風は超音速のスピードで太陽から常時四方八方へ拡がり、太陽系の惑星すべてを包み込んでいます。そして、太陽風は地球軌道半径の約100倍の距離で恒星間を流れるガス流と接していると考えられています。太陽風が星間ガスの中に作る空間が太陽圏 (Heliosphere) です。太陽圏では、太陽の磁気活動を反映して激しい変動が絶えず起こっていて、それらは地球周辺の宇宙環境に大きな影響を与えています。太陽風によって時々刻々変化する宇宙環境の状態は、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、多くの天体が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るので、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



IPS観測専用の多地点大型電波望遠鏡システムの開発

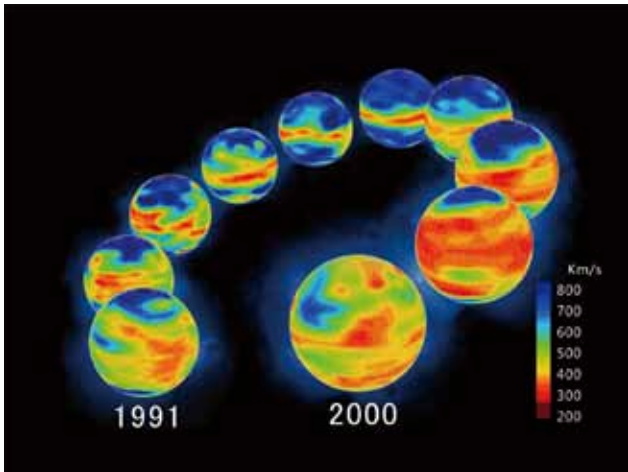
SW研究室では、独自にIPS観測専用の大型電波望遠鏡システムを開発し、太陽風データを収集しています。それらの電波望遠鏡は豊川（愛知）、富士山麓（山梨）、木曾（長野）の国内3箇所に設置されています。これらの望遠鏡は、いずれも我が国最大級の受信面積を有しています。例えば、富士の電波望遠鏡の受信面積は約2000m²、豊川にある新しい電波望遠鏡は約3500m²です。何故このような面積が必要なのかというと、元々天体電波源からの信号は非常に微弱で、IPSのシグナルは電波源自体の信号に比べさらに小さいため、それを検出するには高感度の受信システムが必要だからです。またIPSは速い変動を示すことから時間積分によ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、最近ではバルサーの観測も行っています。今後さらにシステムの感度を高めるように開発を行っています。



豊川に建設されたUHF電波望遠鏡(SWIFT)

CT解析による太陽風3次元構造の復元

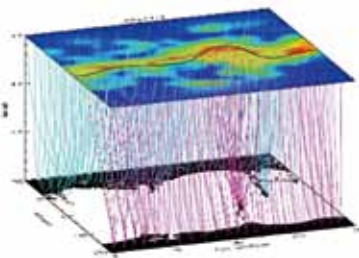
SW研究室が持っているもう一つのユニークな技術は、IPS観測データによる太陽風のCT解析です。CTとは計算機トモグラフィ（Computer-assisted Tomography）の略で、医療分野での応用が有名です。IPS観測で得られる太陽風データは視線に沿った積分値ですが、SW研究室で開発したCT解析法を使うと、IPS観測で得られたデータから太陽風の3次元構造が復元できます。これまでの研究から、CT解析によって得られた結果は飛行体による観測ともよく一致していることが示され、その信頼性の高さが確認されています。このCT解析はSW研究室の研究に活用され、次に述べる太陽風生成機構や惑星間空間擾乱、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

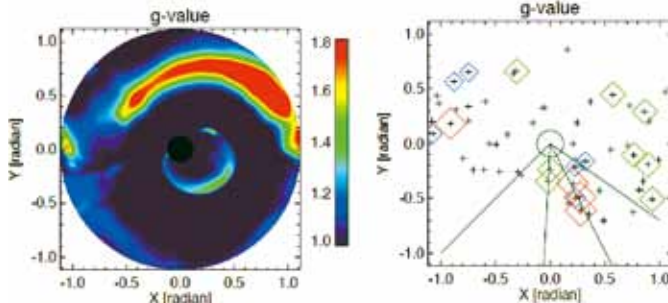
太陽風の生成機構は、未だ解明されていない大きな謎です。現在研究者を悩ませているのは、太陽風を駆動するエネルギーがどこからくるかという点です。最初、太陽風は100万度以上のコロナの持つガス圧により太陽の重力を振り切って流出するというモデルが提唱されました。しかし、その後の研究からコロナのガス圧では太陽風を説明できないことが判っています。特に、コロナホールと呼ばれる低温・低密度領域からより高速な太陽風が吹き出すという観測事実は説明が最も難しい点です。この他、太陽風が300-400km/sの低速成分と700-800km/sの高速成分で構成されるという性質（2成分性）の原因、太陽風がどこでエネルギーを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風シミュレーション (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とも呼ばれます。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かか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) 富士観測所における観測システムの開発作業、(5)、(6) 豊川観測所での保守・調整作業

Webページ: <http://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



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。

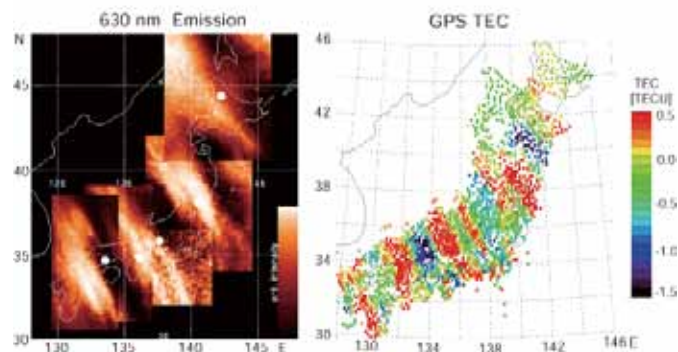


カナダで観測されたオーロラ



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ろいろ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

大型短波レーダーによる電離圏・熱圏変動の研究

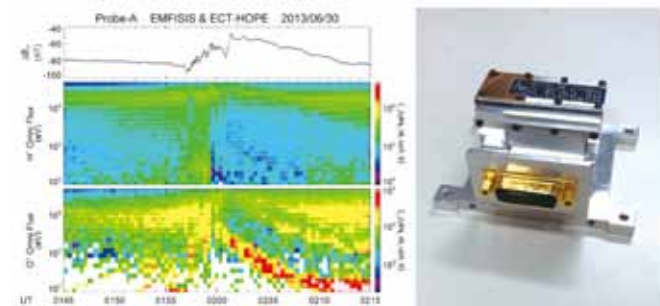
電離圏のプラズマは激しい擾乱状態になることがあります。私達は大型レーダーを使って乱流の研究を行っています。強力な電波を上空に発射し、乱流プラズマで散乱されたレーダーエコーを調べることにより、乱流の生成機構や無線通信などへの影響を知ることができます。また私達は、南北両半球に多数設置されている大型短波レーダーを用いて、高・中緯度電離圏内のプラズマの運動の研究を行っています。特に2006年11月と2014年10月には北海道陸別町に二基の大型短波レーダーを設置し、継続的な観測を行っています。このレーダーは、従来から観測空白域となっていた北海道からシベリア、アラスカに至る広範囲の電離圏や下部熱圏を探索す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-陸別短波レーダーの巨大なアンテナ群

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。私達は、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。

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が）も地球環境の成り立ちに深く関連しています。私達は、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)グループメンバー、(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: <http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/>
連絡先: shiokawa@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。

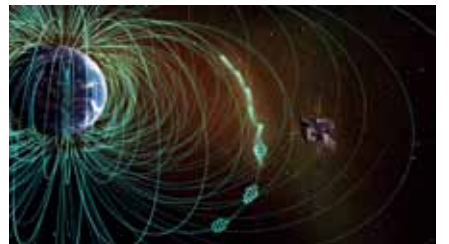
人工衛星データ解析によるジオスペース環境及び太陽大気の研究

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：宇宙天気の予測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。

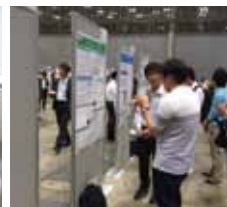
また、ジオスペース環境変動の主な原因である太陽大気の活動についても、JAXAの科学衛星「ひので」、NASAの科学衛星「SDO」や地上望遠鏡で取得された画像を解析し研究しています。なかでも地球環境に最も影響を及ぼすフレアやコロナ質量放出(CME)が、いつどこでどのようにして起こるかに着目し、将来的にフレアの予測を目指し研究を行っています。



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



太陽観測衛星「ひので」(2006年打ち上げ)。
©国立天文台/JAXA



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

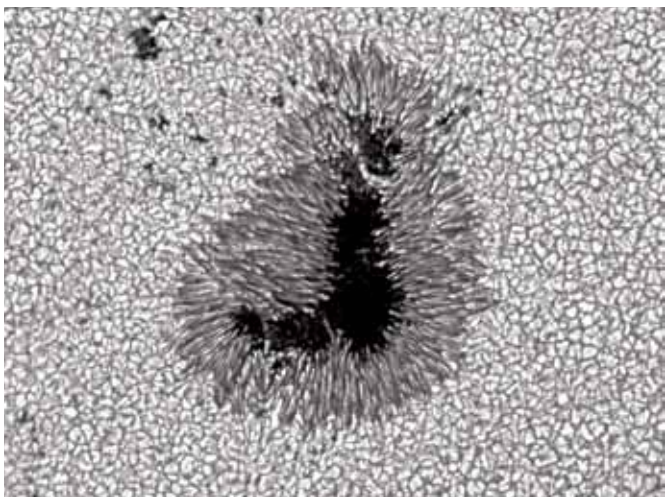
私たちは、太陽およびジオスペースの研究に、最先端の情報学的手法を積極的に活用しています。具体的には、高度な画像解析処理技術、機械学習を用いた大規模データの処理、またデータ同化にもとづく観測とコンピュータシミュレーションの融合研究です。

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、そこから得られる長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。



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

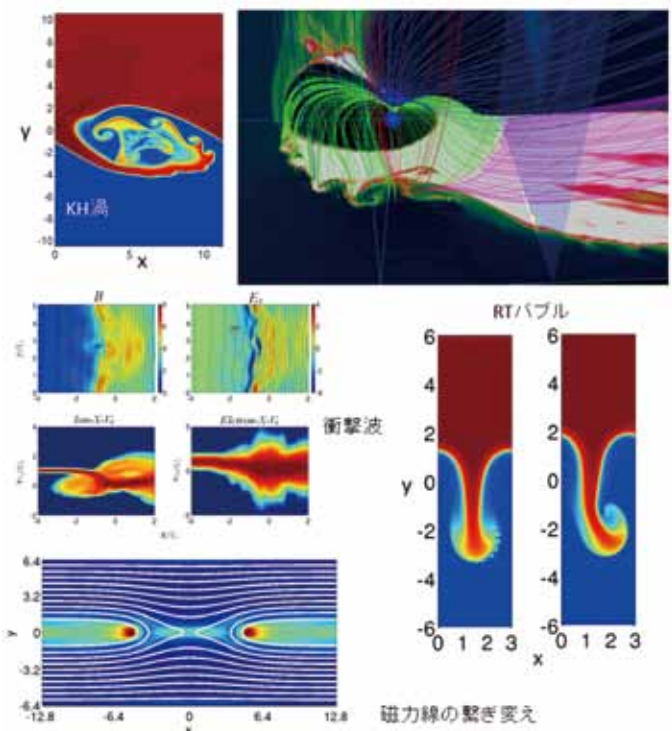


「ひので」衛星が観測した太陽黒点。 © 国立天文台/JAXA

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技術を取り入れたシミュレーションコードの開発にも力を入れています。

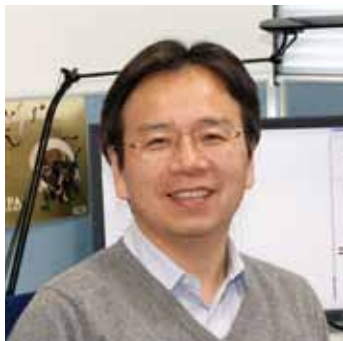


上段左：地球磁気圏の3次元MHDシミュレーション、
上段右：ケルヴィン・ヘルムホルツ不安定性の2次元Vlasovシミュレーション、
中段左：無衝突衝撃波の2.5次元PICシミュレーション、
下段左：磁気リコネクションの2.5次元Vlasovシミュレーション、
下段右：レイリー・テイラー不安定性の2次元Vlasovシミュレーション

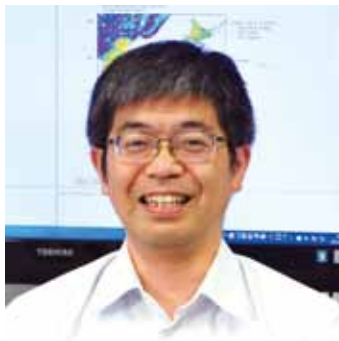
写真の説明：左より (1) 研究室の教員と学生及びスタッフ、(2) 研究室の日常風景、(3) 国際学会での発表の様子、(4) ISEEのスーパーコンピュータシステム、(5) 北欧でのオーロラ観測、(6) セミナーの様子

Webページ：<http://is.isee.nagoya-u.ac.jp/miyoshilab/>
連絡先：miyoshi_kyounin@isee.nagoya-u.ac.jp(三好研教員)
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、水蒸気の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。

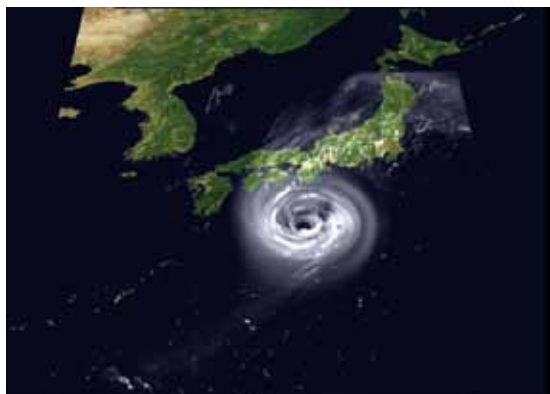
研究を行うためには物理学と物理数学の基礎と計算機を使いこなす能力が必要となります。そして、何よりも雲や雨という現象に対する興味（好奇心）があり、自分の頭で物事を考えられる学生さんの来訪を心待ちにしています。雲や雨に興味のある方は、是非とも研究室に来てください。

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木准教授が開発した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

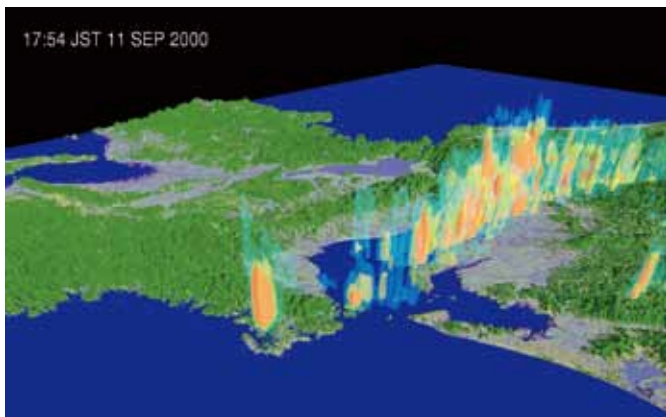


豪雨・豪雪・竜巻・突風などの激しい気象現象に関する研究

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、名古屋市周辺（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、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場を解析し、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別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。

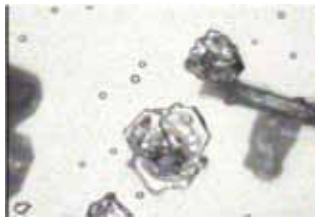
エアロゾル-雲-降水相互作用の理解

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。

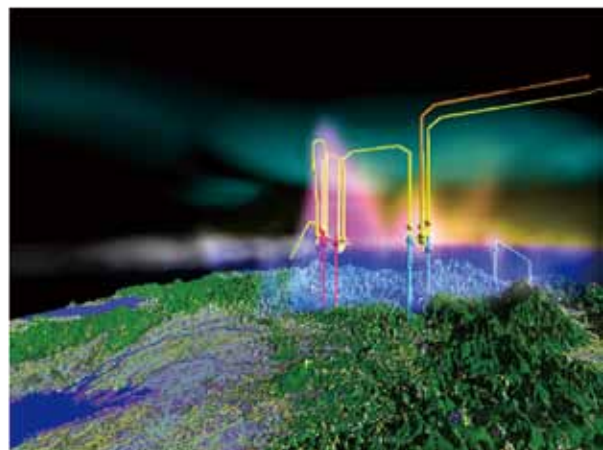
また、最近導入されたKaバンド雲レーダは、降水粒子よりも小さな雲粒子の3次元分布を観測することができます。HYVISやKaバンド雲レーダを用いて、雲の3次元分布や雲内の粒子の分布の推定を行っています。

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。



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

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、必ずしも最適の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ました。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。

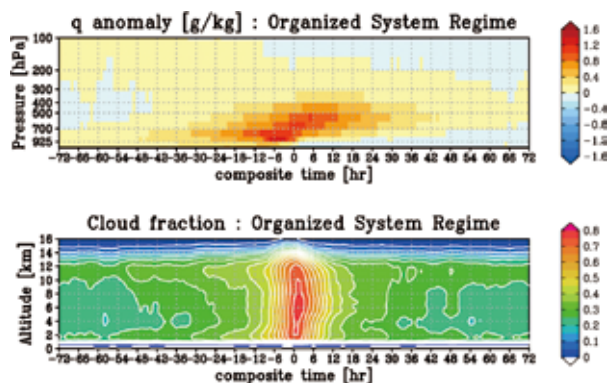


図1：対流発達に伴う水蒸気変動(上)と雲量変動(下)



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定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で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。

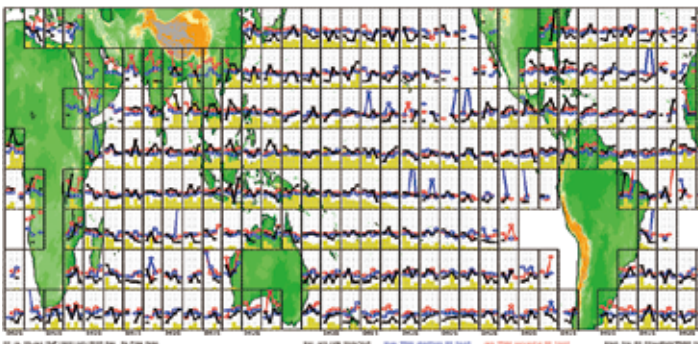


図2. 海上の降水の特徴(降水量、代表雨滴直径) (2006年12月から2007年11月の季節ごとの値)

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、リトリーバル・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ごとそれぞ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、リトリーバル・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。

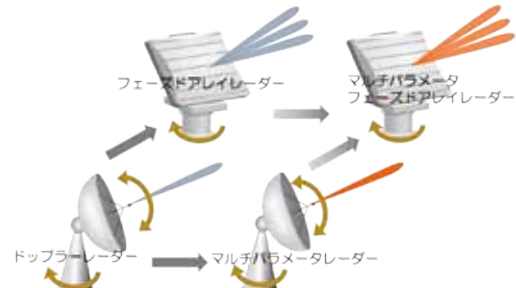


図3. 地上レーダの将来動向

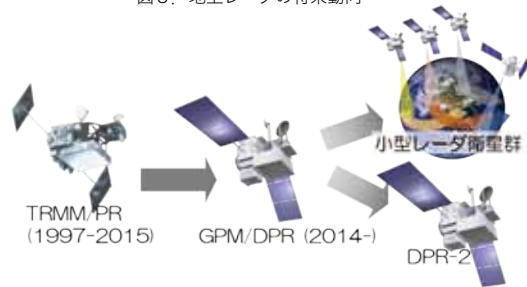


図4. 衛星搭載降水レーダの将来動向

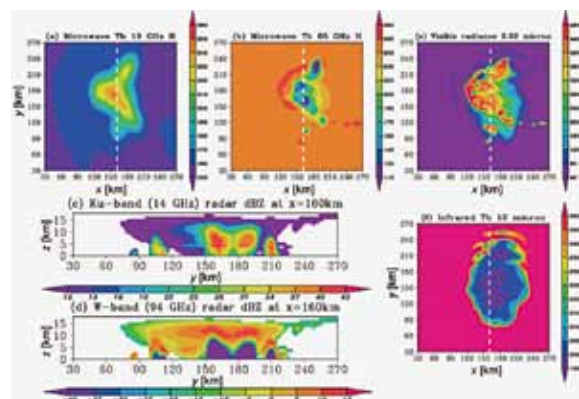


図5: SDSUで計算された疑似衛星観測データ



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) ダジッ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

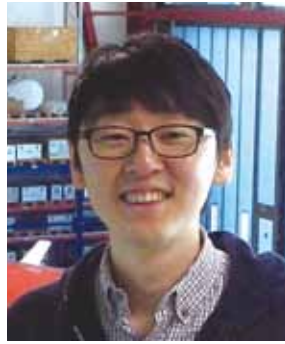
Webページ: <http://satellite.hyarc.nagoya-u.ac.jp/~takahashi/index.html>
<http://precip.hyarc.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>
 連絡先: ntaka@nagoya-u.jp (高橋)
 masunaga@nagoya-u.jp (増永)



大気化学研究室



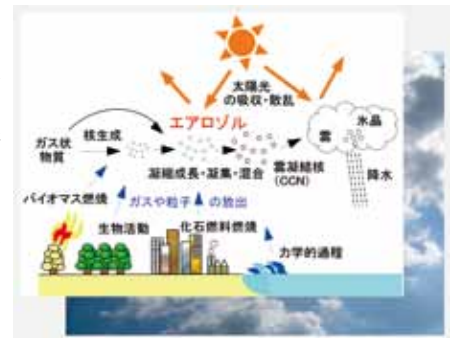
持田 陸宏 教授



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。

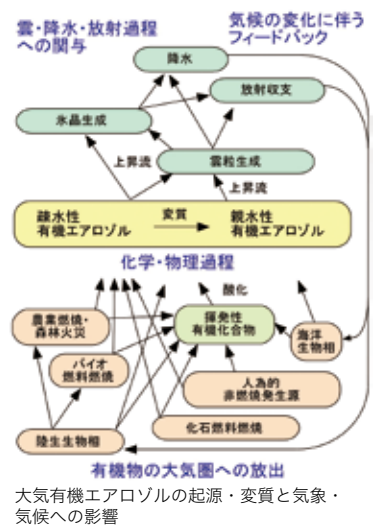


大気化学研究室では、エアロゾル質量分析などの先端的な計測技術を活用した野外観測と室内実験により、その性状や動態、役割の解明を目指しています。これらの研究では特に、大気輸送の視点を取り入れながら、エアロゾルの性状と化学組成の関係や、大気反応に伴う生成・変質を明らかにすることを重視しています。私たちは、このような「物質科学」の視点を取り入れた研究の取り組みを通して、大気エアロゾルの気象・気候に対する影響の理解への貢献を図ります。大気エアロゾルは高濃度で存在することで人間の健康に悪影響を及ぼす汚染物質であり、私たちの大気エアロゾル研究の取り組みは、大気質の理解にも貢献することが期待されます。

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進展させることで、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。

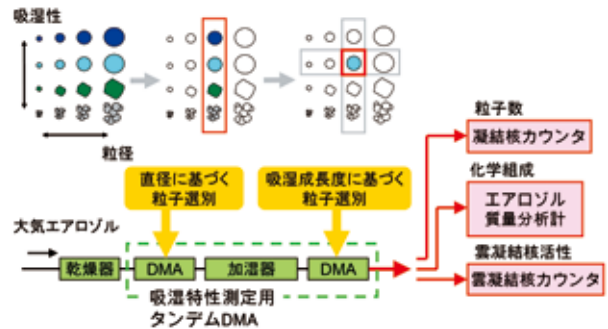
大気エアロゾルの不均一・多相反応に関して、単一の組成を持つ粒子など、極めて単純化された系における反応についてこれまで多くの研究がなされている一方、実際のエアロゾル成分を対象とする取り組みは十分ではありません。単純な系を用いる実験は反応素過程の機構などの探索・解明に有効である一方、その反応速度や収率、生成物の種類は、多様な化学成分が混在している実際のエアロゾルでは大きく異なる可能性があります。私たちの研究室では、実際のエアロゾルの組成に近づけた条件下で不均一・多相反応の実験を行うことで、有機エアロゾルの生成・変質の可能性について評価することを目指しています。



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の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。

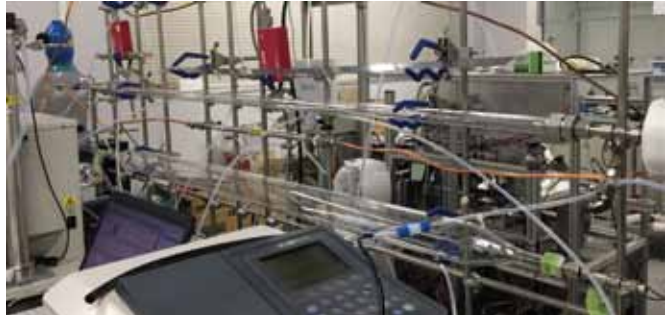


吸湿特性測定用タンデムDMAと他のエアロゾル計測器を組み合わせる、大気エアロゾルの混合状態の解析手法。

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る観測により、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://has.env.nagoya-u.ac.jp/~mochida/>
連絡先： mochida@isee.nagoya-u.ac.jp (持田)





左より 藤波 初木 講師、檜山 哲哉 教授、栗田 直幸 准教授、金森 大成 研究員

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。

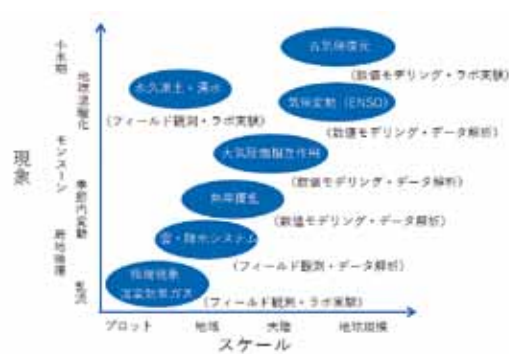
水文気候学研究室では、熱帯域から極域にいたる複数の観測サイトで降水、大気中の水蒸気量、蒸発散、土壌水分、温室効果ガスの観測を行い、人間活動が水循環・物質循環に及ぼす影響を評価するとともに、地球温暖化による気候変化が地球表面の水循環・物質循環にどのような影響を及ぼすのか明らかにする研究に取り組んでいます。特に、気候変動が植生や地表面状態をどのように変化させ、その結果、水循環や物質循環がどのように応答するのか解明しようとしています。水文気候学研究室は、環境学研究科 地球環境科学専攻 地球水循環科学講座の一部を担い、大学院教育に参画しています。地域スケールから地球規模までのマルチスケールな水・物質循環に興味のある方、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。



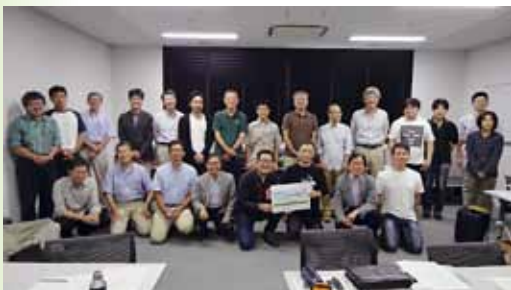
地球水循環の概念図

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を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ことで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。



水文気候学研究室で扱う研究対象（研究手法）



永久凍土調査・湧水調査（北極・寒冷圏）



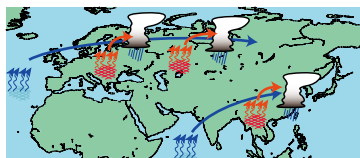
地球温暖化によって、東シベリアとモンゴルでは永久凍土表層の融解が進んでいます。現地の湧水を採取し、湧水中のトリチウム濃度やフロン類の濃度を分析することで、凍土に含まれる地下水がどのくらい融解しているかを調べています。

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。

大陸スケール水循環の解明（数値モデリング）



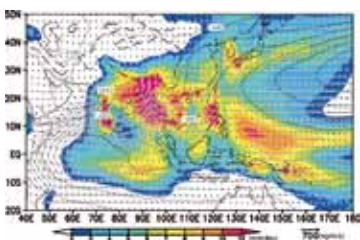
ユーラシア大陸の内陸部は海洋から数千キロメートルも離れていますが、夏には降水が高頻度で観測されます。この水はどこからどのような経路で輸送されてきたのでしょうか？世界の降水分布を再現できる数値モデルを使ってこの謎の解明に取り組んでいます。

温暖化・人間活動影響の検出（南極大陸）



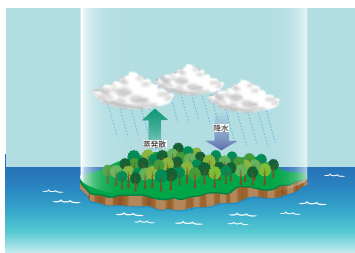
東南極地域は、記録的な豪雪が頻繁に発生するなど、温暖化の影響と疑われる現象が観測され始めました。豪雪をもたらすメカニズムを解明するとともに、その発生頻度が温暖化の進行とともにどのように変化するかを調べています。

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。

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

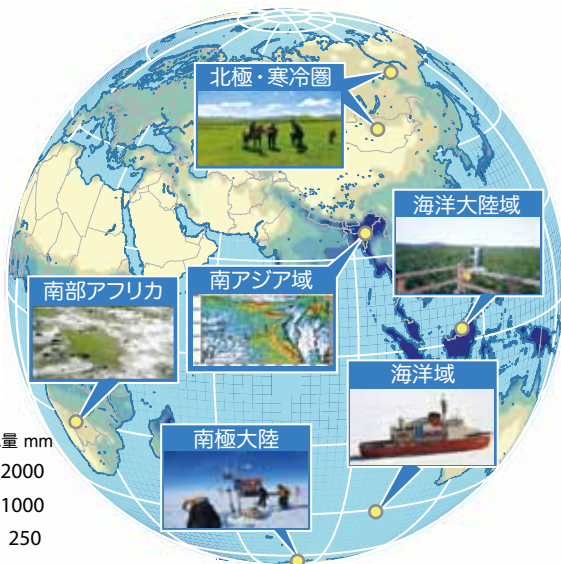
フィールド観測

- ・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

環境学
研究科

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



研究フィールドと現在行っている多彩な研究課題

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://sites.google.com/site/ecoclimate/systemlab/>
連絡先：hiyama@nagoya-u.jp（檀山）





石坂 丞二 教授



相木 秀則 准教授



三野 義尚 助教

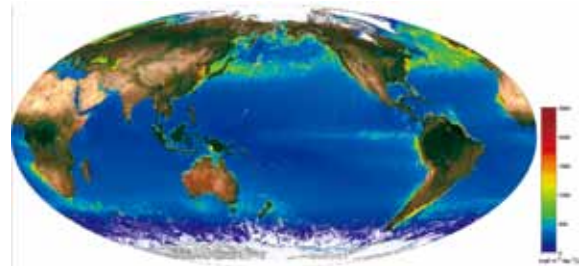
海洋観測・衛星リモートセンシング・数値シミュレーションにより、海洋の物理・化学・生物過程の自然の変動と、人為的な変化を明らかにする。

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合っています。

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

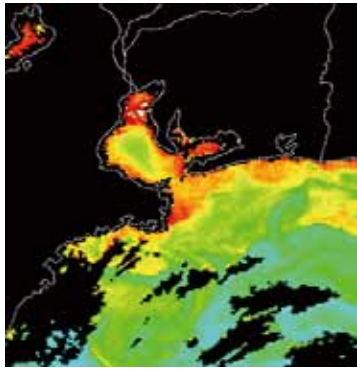
海洋では微生物である植物プランクトンが光合成を行って有機物を作り出しています。一次生産速度はこの光合成による有機物の作られる速度で、この図で緑の海域は有機物が作られる速度が速い海域で魚類等の生産も高くなっています。一方、青の海域は生産速度の遅い海域で、海の砂漠と呼ばれています。この速度は、温暖化で問題となっている大気中の二酸化炭素濃度にも影響を与えます。



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。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。

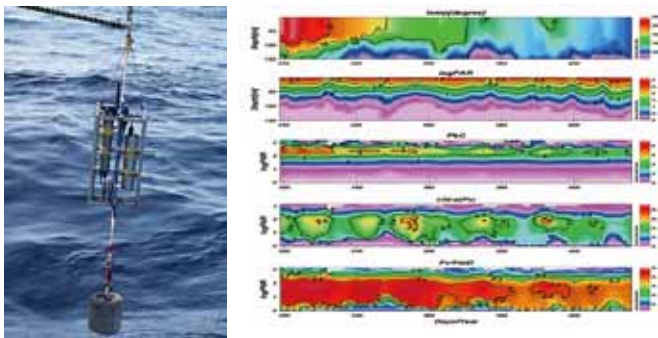
海洋学研究室では、他大学・研究機関との共同研究で、長年にわたってこれらの海域において光学や生物学的な観測を行っています。現場での観測データと人工衛星データを解析することによって、これらの海域の植物プランクトン量や群集構造の変動・変化とその環境要因との関係を明らかにしています。また、台風など極端気象がどう海洋生態系に影響を与えているかの研究も行っています。



衛星海色による伊勢湾のプランクトン分布

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。

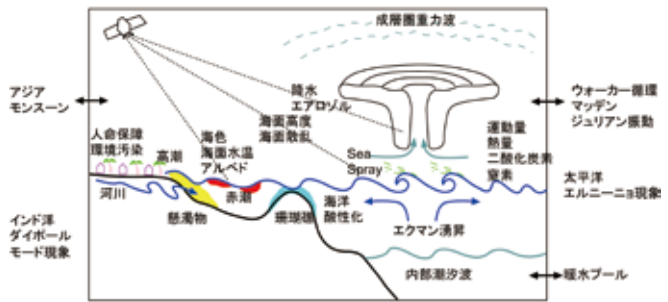


高速フラッシュ励起蛍光光度計（FRRF、左写真）を搭載した係留観測システムで取得した時系列データ。3-5段目：クロロフィル量、光合成速度、PS IIの最大量子収率。



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

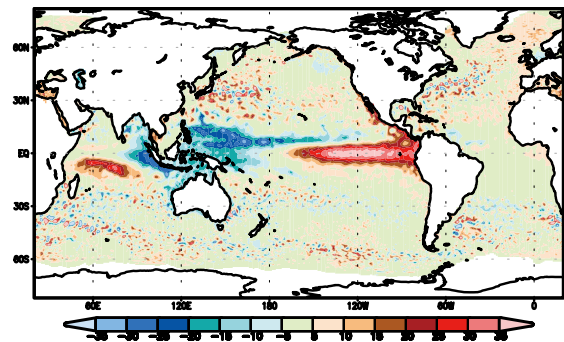
この研究の醍醐味は、海洋学・気象学・波動乱流・土木工学・計算幾何学の知見を組み合わせ、環境問題と災害問題に関する自然現象のメカニズムを解明することです。私たちは多圏結合モデルの一部としての海洋圏モデルの開発を継続し、それをを用いた数値シミュレーション研究を行っています。特に気象学研究室と協力して台風に代表される突発的な顕著現象に伴う高潮・高波などの海洋災害の予測精度の向上を目指してきました。大気モデルCReSS・海洋モデルNHOES・波浪（海面の風波やうねり）モデルの間の交換物理量は20種類ちかくあります。その表現方法の整合性について、私たちは数値計算による検証と理論発展を進めています。大気と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 丈典 准教授

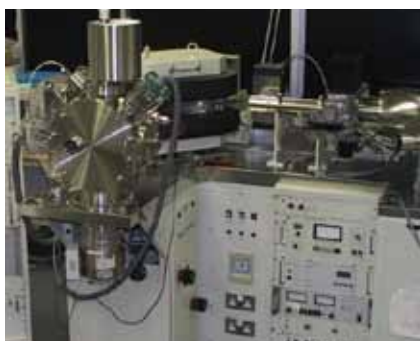
地球のフィールドスケールから顕微鏡スケールまでの空間情報に時間軸を入れ、地球誕生から現在まで46億年にわたり地球で生じた現象とそのメカニズムを解き明かす。

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なっています。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}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ロン加速器質量分析装置



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、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。本研究室で行な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¹⁰Be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¹⁴C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ーシングの研究



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¹⁴C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¹⁴C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¹⁴C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去する必要があります。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なっています。



化学処理法の検討に用いた炭化木試料



骨のバイオアパタイトを用いた¹⁴C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

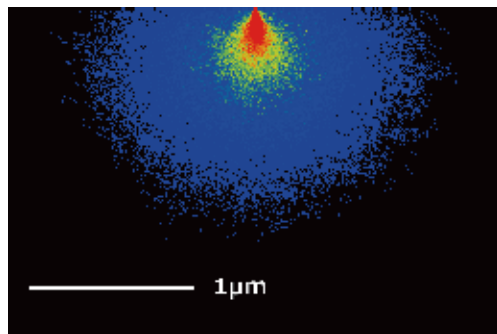
CHIME年代測定にはEPMAを用います。UやPbなど通常の鉱物には数10～数ppm以下しか含まれないような微量元素を効率よく定量するための分光系の設定や電子線を安定して長時間照射するための改良などがなされています。また、バックグラウンド測定やピーク分離など、微量元素の検出感度を上げて、より正確な定量分析を行うための基礎的研究を続け、装置を実用化しました。微量元素測定技術は年代測定以外にも応用され、ジルコン中のチタンを用いた地質温度計などを用いた研究も行っています。



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)国内・(2)中国天山山脈・(3)アメリカユタ州におけるフィールド調査での一コマ、(4)¹⁴C試料調製を行う学生、(5)CHIME年代測定前の顕微鏡観察、(6)XRF分析装置

Webページ: <http://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/ja/index.html>
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

^{14}C 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 (^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al 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 (^{14}C) です。 ^{14}C 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 ^{14}C 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 ^{14}C 分析を行っています。



図1. ^{14}C 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学プロジェクト) 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の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。



図4. 伝藤原行成筆装飾経切

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的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

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-アムンゼン海灣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冰山

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

Webページ: <http://www.nendai.nagoya-u.ac.jp/ja/index.html> (年代測定研究所)
<http://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)





修士・博士論文一覧

2018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	太陽陽子降り込みイベントに伴う極域中間圏オゾン減少の統計解析
AM	アルゼンチン・リオガジェゴスでのミリ波を用いた成層圏オゾンの観測
SS _E	トロンソナトリウムライダーを用いた北極域 SSL の統計解析
SS _E	粒子分析器較正用ビームラインシステムのためのビームラインモニタリングシステムの開発
SS _T	太陽コロナにおけるフィラメント噴出と光球面磁場の関係に関する観測的研究
CR	暗黒物質直接探索のための1相液体キセノン TPC テストベンチによる低エネルギー比例蛍光の観測
CR	LHCf-ATLAS 連動解析による回折事象の研究
CR	MOA 望遠鏡を用いた大質量ブラックホールの探索
SW	Crab Pulsar の周波数分散度測定を用いた極域太陽風密度構造の推定

■ 工学研究科 電気工学専攻

電磁観測	南極昭和基地における中層大気多分子同時観測のためのミリ波分光観測装置フロントエンドの開発
電磁観測	オーロラ帯から分離する SAR アークの統計解析とあらせ衛星・地上同時観測
電磁観測	ロシア・カナダ・日本の大気光画像を用いた中間圏・電離圏波動の水平位相速度・波数分布の長期統計解析
電磁観測	ミリ波帯広ダイナミックレンジ超伝導ミキサの開発
電磁観測	ミリ波帯超伝導ミキサにおける線形性の定量評価と飽和特性改善に向けた研究
電磁観測	SuperDARN レーダーによるサブオーロラ帯電離圏プラズマ高速流の電気伝導度依存性の研究
情報処理	昼側磁気中性線付近で発生する異常抵抗の研究：二流体方程式の MMS 衛星データへの適用
情報処理	太陽黒点観測を用いた黒点出現位置に関する研究

■ 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	沖縄における暖かい雲の雲粒粒径分布の特徴
水圏系	Seasonal Variation of Suspended Matter and the Relation to Phytoplankton in the Upper Gulf of Thailand

水圏系	気体交換法を用いた大気微粒子オゾン酸化の観測手法の開発
水圏系	全球衛星データ解析にもとづく強雨の構造進化とその地域特性
水圏系	晴天乱気流の統計的特性と発生ポテンシャルに関する研究

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

2014年

AM	海王星成層圏における一酸化炭素分子の起源に関する観測的研究
SS _E	北極域中間圏・下部熱圏における大気上下結合過程の研究：大気重力波およびスボラディックナトリウム層の事例研究
CR	大型低バックグラウンド液体キセノン検出器 XMASS を用いた WIMP-129Xe 非弾性散乱事象の探索
CR	新大型太陽中性子望遠鏡 (SciCRT) を用いた宇宙線観測
CR	LHC における 7TeV 陽子衝突データを用いた超前方中性子生成の測定
CR	地下ニュートリノ検出器を用いた太陽による数 GeV 質量 WIMP の捕獲と対消滅の研究
SW	惑星間空間中でのコロナ質量放出の伝搬

2015年

SS _E	地上多点誘導磁力計を用いた Pc 1 パール構造の発生メカニズムの研究
SS _E	地上・衛星観測を用いたサブオーロラ帯における磁気圏 ELF/VLF 波動の研究
SS _T	衛星観測に基づく太陽フレア発生過程の研究
CR	第24太陽活動期における中性子放出量の評価

2016年

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

2017年

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 $\sqrt{s} = 1.3 \text{ TeV}$ 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
2018年	
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

■ 工学研究科 電気工学専攻

2015年	
電磁観測	地上からの大気光観測に基づく低緯度電離圏の中性・電離大気の力学結合過程
2018年	
電磁観測	イオンゾンデ、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

2014年	
水圏系	黄海と東シナ海での大型クラゲ <i>Nemoneilema nomurai</i> の現存量経年変動と季節的輸送に関する衛星による研究
水圏系	光吸収スペクトルを利用した植物プランクトンサイズ構造の遠隔推定
水圏系	全球降水観測計画 (GPM) 二周波レーダー (DPR) の初期評価：レーダー感度と降水地域特性の関連性
2015年	
地感系	名古屋市において採取された都市大気エアロゾル中非化石燃料起源炭素の炭素同位体を用いた発生源解析
地感系	ミャンマーに産する Mogok 高温変成岩類の岩石学的、地質年代学的研究
地感系	岩石学およびラマン分光学的アプローチから読み解くプレート収束域における沈み込み変成作用の累進進化
2016年	
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
地感系	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

2017年

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

2018年

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增殖に関する研究
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

世界の舞台で活躍するために！！

宇宙の灯台に魅せられて



理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻
博士前期課程 2年

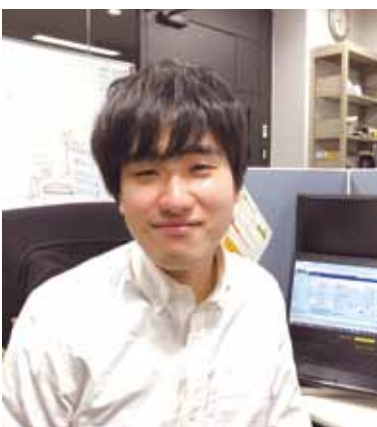
俵 海人

「パルサー」と呼ばれる天体が宇宙には無数に存在しており、それはパルス状の電磁波を周期的に放射していることから「宇宙の灯台」の異名を持ちます。私はそんなパルサーが放射している電波を地上のアンテナで観測することにより太陽風の研究を行っています。数千光年先から到来する電波を利用して近くの太陽風の状態を探ることが私の研究の醍醐味であり、同時に難しい部分でもあります。研究では上手くいかないことも多いですが、試行錯誤を重ね、文献を読み、先生方と議論を重ねることで少しずつ問題を解決していきます。特に難しい問題を解決した際の喜びや達成感は格別です。

ISEE では大型のアンテナを複数台保有しているため、各人の興味に合わせて比較的自由に電波観測を行うことができます。また、優秀な研究者が数多く在籍しており、電波を利用して何かを解明したいという方には本研究所はうってつけの環境であると言えます。これらの話にピンときた方は是非我々と一緒に研究しましょう。大きく成長できると共に充実した日々になること間違いなしです。



挑戦する場を与えてくれた研究室



工学研究科 電気工学専攻
博士前期課程 2年

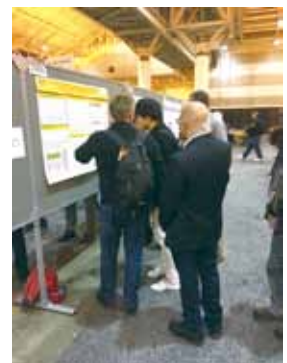
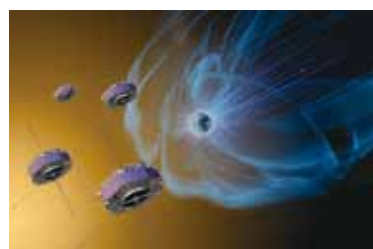
小林 勇貴

私の所属する工学研究科では、宇宙について学ぶことはありませんでした。そんな中、研究室を選択する際に、今まで全く学んでこなかった分野に挑戦したいと思い、この宇宙について学べる、この研究室に入ることを決心しました。

地球周辺の宇宙プラズマ環境は、日々激しく変動しています。その変動には、磁気リコネクションという物理現象が深く関わっていますが、磁気リコネクションの詳細な物理メカニズムは未だよく分かっていません。私の研究目的は、磁気リコネクションの詳細なメカニズムを解明し、将来の宇宙環境の変動予測につなげることです。

研究の具体的な内容は、NASA が打ち上げた最新の人工衛星のデータを用いて、データ解析を行うとい

うものです。この衛星のデータ解析は、主にアメリカのチームで行われており、研究を進めるにあたって、多くの外国人研究者と関わりました。当時、私は英語が得意ではなかったので、英語で外国人研究者と話すことは私にとっての大きな挑戦でした。最初は緊張しましたが、指導教員の「緊張を楽しみなさい」という言葉を胸に、英語での議論を挑戦し続けた結果、英語で話すことの抵抗は小さくなりました。私にとって研究室は様々な挑戦をさせてくれた場所でした。皆さんもこの研究室に来て、何かに挑戦してみませんか。



名古屋大学では自由闊達な学風の下、自発性を重視する教育実践によって、論理的思考力と想像力に富んだ勇気ある知識人を育てることを目標に教育を進めています。ここでは、宇宙地球環境研究所で教育を受け、研究を進めている学生及び卒業生の皆さんに自分の研究内容、夢、研究所の雰囲気、日頃の学生生活等について自由に語っていただきました。

自分の興味に挑戦したいと感じたら



環境学研究科 地球環境科学専攻
博士前期課程 2年

巢原 夢加

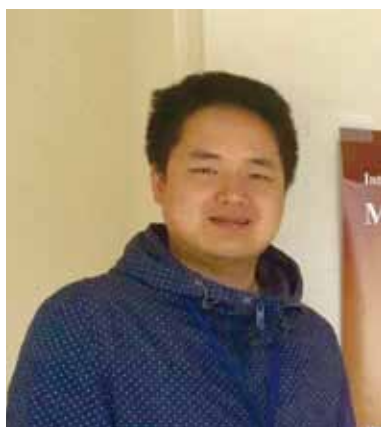
私は雲降水科学研究室に所属し、気象衛星を用いて積乱雲の時間変化を調査しています。近年、大気鉛直構造を観測できる衛星レーダ技術によって、広範囲で気象擾乱を捉えることが可能になりました。これを活かし、ラジオゾンデや地上レーダによる観測が困難な、熱帯海上、ジャングル地帯などで解析を行っています。衛星データ解析は初めての経験で、分からないことも沢山ありましたが、研究室のメンバーだけでなく、研究内容が近い近隣の研究室の友人や、研究員・先生方に積極的に相談し、能動的に勉学に励むことができました。初めは悩むことが多かった研究も、一つひとつの課題をクリアし上達するにつれ、好奇心と楽しさを感じながら奮闘できたと感じています。

このように当研究所では研究室同士の垣根が低いだけでなく、ゼミや講演会で幅広い知識に触れることもでき、専門知識に加え、主体性や論理的思考力を養う環境が整っています。学会発表時の出張費援助を

はじめとした資金面でのサポートも充実しており、宇宙や地球の現象に関して興味がある、研究したい!という人には最適です。進路で悩んでいる方は、当研究所で自分の興味に挑戦して、学生生活を充実させてみてはいかがでしょうか。



留学生の私から見た宇地研の魅力



環境学研究科 地球環境科学専攻
地球史学講座 博士後期課程 3年
2019年3月修了 博士(理学)

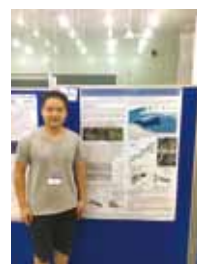
黄 帥敏

私は環境学研究科博士後期課程に進学した中国出身の留学生です。2015年10月に入学後、あっという間に3年半が経ちました。

私が所属している地球史学講座の年代測定研究グループという名称の研究室は宇宙地球環境研究所(宇地研)にあります。年代測定研究グループでは、地球年代学に関する研究はもちろん、岩石学、鉱物学、地球化学などの様々な分野の研究を進めています。私はこれまで、主に地球化学的・岩石学的手法を用い、沈み込み帯に由来する高压型変成岩類の起源を研究して、この学位を取得しました。

宇地研では、研究所の研究室に所属している大学院生のための、さまざまな経済的支援が用意されています。そして、大学院生を含め、若い研究者が、積極的に国内外の会議に出席したり調査・観測を行うことが奨励されています。私の友人の幾人かは、この支援制度を利用して、よく国際学会などに参加し研究発表をしています。私も野外地質

調査を続けることができました。この他に、様々な給付型奨学金を申請することもできます。私は(日本の)民間のある給付系奨学金財団の奨学生に選ばれ、負担もなく、無事に大学院を修了することができました。給付型奨学金以外にも、リサーチアシスタント制度が設けられており、教員の研究の手伝いをして研究実績を積み上げると同時に、経済的な援助を受けることが可能です。大学院、特に博士課程まで進学したいと考えているみなさん、このような制度を利用して宇地研で研究生活を始めてみませんか。



大学院入試について

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。

以下では、各研究科・専攻の入試選抜の方法、日程等について説明します。なお、詳細な入試要項については、各研究科の入試関連のホームページを参照するようにしてください。

理学研究科の大学院入試

理学研究科素粒子宇宙物理学専攻宇宙地球物理系の博士前期課程では1学年あたり16名程度の大学院生を募集しています。学生の受け入れは各研究室単位になります。入学者の選抜方法には自己推薦入試と一般選抜入試の2種類があります。年度により2次募集を実施することもあります。

◎理学研究科・博士前期課程 自己推薦入試

大学院において研究する強い意志を持った学生を広く全国から求めることを目的として、平成12年度より自己推薦入学制度を採り入れました。入試の日程は、一般選抜入試よりも早いので、意欲のある学生は、合格すれば早い時期から大学院レベルの勉強に励むことができます。自己推薦入試では出願者に入学後の抱負やアピールしたい自分自身の特色などを書いた「自己推薦書」を提出してもらいます。指導教員の推薦書は必要ありません。選抜方法は、3年生までの成績と「自己推薦書」をもとに面接試験を行って合否を判定するというものです。面接試験では、自己推薦や卒業研究または卒業実験の中間報告などをして頂きます。そして、物理学一般についての口述試問を行います。自己推薦入試では、8名程度をめやすに採用し、残りの定員を一般選抜入試で採用しています。募集要項は4月から配布しています。

◎理学研究科・博士前期課程 一般選抜入試

筆記試験と面接試験による選抜方法です。筆記試験では物理学4科目（力学、電磁気学、統計熱力学、量子力学）と外国語1科目（英語）の試験を行います。面接試験では、筆記試験の問題、基本的な事柄の理解、志望の動機などについて試問します。募集要項は4月から配付しています。

◎理学研究科・博士前期課程 2次募集

年度によって実施する場合としない場合があります。実施する場合は例年11月下旬から12月上旬ごろに募集要項が公開され、入試は例年11月中・下旬に実施されます。

◎理学研究科・博士後期課程 学生募集

後期課程の募集人員は8名です。前期課程を修了した受験者には前期課程の成績と修士論文審査に基づく判定が行われます。他大学などからの受験者には学力試験（修士論文又はそれに代わる既発表や発表予定の研究論文の講演及び口述試験）を行います。募集要項は11月下旬頃から配付の予定です。また、願書受け付けは2020年1月、学力試験は2月上旬に行う予定です。

大学院説明会が以下のように開催されます。また、説明会終了後に引き続き研究室訪問ができます。

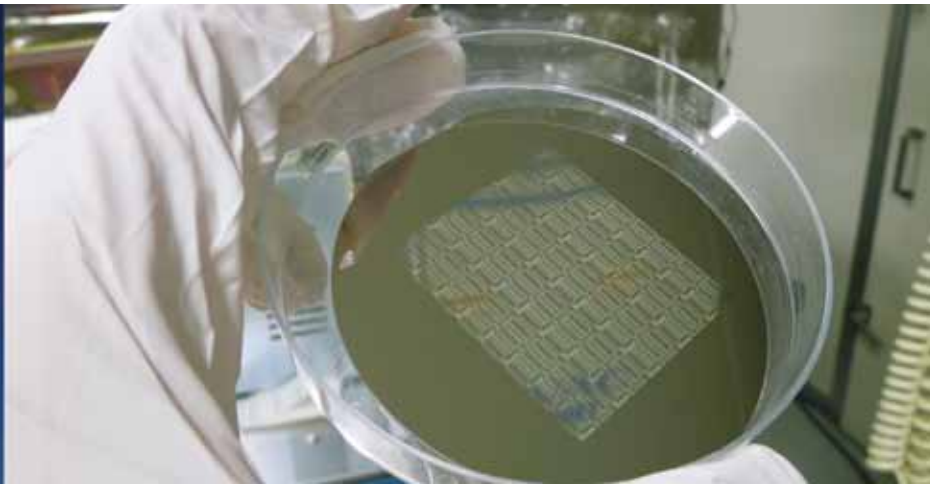
日時：2019年6月1日（土）13:00から
場所：名古屋大学東山キャンパス内（名古屋市千種区不老町）
坂田・平田ホール（理学南館）

■募集要項請求および大学院入試に関するお問合せ
名古屋大学大学院理学研究科 教務学生係
〒464-8602 名古屋市千種区不老町
TEL.052-789-2402,5756

- 封筒表面に「大学院理学研究科前期課程（自己推薦入試または一般選抜入試を明記）願書請求」と朱書きすること。
- ・宛名および郵便番号を明記し、送料分の切手を貼った角形2号の封筒（約33cm×約24cm）を同封すること。自己推薦入試の出願書類（志望選択のためのパンフレットを含む）の送料は400円、一般選抜入試の出願書類の送料は250円です。
- ・なお、博士後期課程については別途お問い合わせください。
- ・研究所のWebページ <http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/> や物理学教室のWebページ <http://www.phys.nagoya-u.ac.jp/entrance/index.html> にも大学院学生募集についての案内があります。過去の筆記試験問題等も閲覧可能です。

入試説明会		6/1（土）13:00～
博士前期課程 自己推薦入試	出願期間	6/24（月）～6/28（金）
	試験日	7/13（土）、7/14（日）
博士前期課程 一般選抜入試	出願期間	7/29（月）～7/31（水）
	試験日	8/21（水）～8/23（金）
博士前期課程 2次募集		11月下旬-12月上旬に発表
博士後期課程		11月下旬頃に募集要項配付

※願書受付時間は10時～12時、13時～16時です。郵送による場合も、上記期間内で最終日の16時までに到着したものに限り受付けます。



工学研究科の大学院入試

◎工学研究科・一般選抜入試

宇宙地球環境研究所の工学研究科の博士前期課程学生募集は、電気工学専攻で行われます。詳しくは同専攻のホームページ (<http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/>) を参照してください。希望研究室は、電気電子情報工学系（電気工学、電子工学、情報・通信工学の3専攻）の中で第3志望まで選択ください。

入学試験は、外国語（英語）、筆記試験、口頭試問により行います。筆記試験は基礎部門（数学3問と電磁気学2問の計5問から3問選択）と専門部門（グループ1：電気回路、電子回路、論理回路、グループ2：電気エネルギー工学、電子物性論、情報理論の計6問から3問選択、ただし、グループ1からの選択数は2問以下）の2種類を各3時間ずつで解きます。なお、学業成績優秀者で、志望専攻での勉学意識の高い者は書類選考と面接試験を経て筆記試験が免除される制度もあります。外国語（英語）は、事前に受験したTOEFLまたはTOEICのスコアシートを原則として出願時に提出して頂きますので、遅れないように準備を進めてください（筆記試験免除希望者は出願期間に提出する必要はありませんが、筆記試験免除者選抜に不合格になった場合は、スコアシートの提出が必要となります。詳細については、必ず募集要項を確認するようにしてください）。

なお、博士前期課程の入試説明会が以下のように開催されます。

日時：5月18日（土）13:00～16:00

場所：名古屋大学 IB 電子情報館中棟2階 IB 大講義室

（地下鉄名城線名古屋大学駅下車3番出入口西側すぐ）

問い合わせ先：daigakuin-info@nuee.nagoya-u.ac.jp

052-789-3643（工学研究科電気電子情報系事務室）

◎工学研究科・博士後期課程 学生募集

工学研究科では、博士前期課程修了者はもちろん他大学などからの積極的な博士後期課程志願者を募集しています。出願時期は7月中旬及び1月下旬（補欠募集）があります。また、社会人特別選抜制度もあります。10月入学も可能です。詳しくは<http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/>を参照してください。

入試説明会	日時 場所	5/18（土）13:00～16:00 IB電子情報館中棟2階IB大講義室
博士前期課程	出願期間	◆筆記試験免除希望者 6/19（水）～6/20（木）【16時必着】 ◆筆記試験免除を希望しない者 7/16（火）～7/19（金）【16時必着】
	試験日	◆筆記試験免除希望者 7/27（土）面接試験 8/29（木）～8/30（金）のうちの1日 口頭試問 ◆筆記試験免除を希望しない者 8/27（火）～8/30（金） 筆記試験・口頭試問
博士後期課程 （秋入学、社会人特別選抜制度もあり）	出願期間	7/16（火）～7/19（金）
	試験日	8/27（火）～8/30（金）
博士後期課程 補欠募集	出願期間	募集する場合は11月下旬頃に募集要項 配付

環境学研究科の大学院入試

環境学研究科地球環境科学専攻は地球惑星科学系と大気水圏科学系から構成されており、志望する講座・研究室により受験すべき系が異なりますので注意してください。地球年代学研究室および環境史学研究室は地球惑星科学系地球史学講座、気象学研究室、雲降水科学研究室、大気化学研究室、水文気候学研究室、海洋学研究室は大気水圏科学系地球水循環科学講座を受験してください。詳細は環境学研究科の募集要項の本文で確認するようにしてください。

学生の募集は、第1期募集、秋入学、第2期募集があります。地球環境科学専攻では、第1期募集は博士前期課程のみ、秋入学は博士前期課程及び博士後期課程を募集します。第2期募集については博士前期課程についてはまだ確定していませんが、博士後期課程の募集は行います。選抜は一般選抜のほか、留学生や社会人向けの特別選抜もあります。第1期及び秋入学の募集要項は例年5月下旬に、第2期の募集要項は12月上旬に発表予定です。

なお、大学院説明会が以下のように開催されます。

日時：2019年6月1日（土）13:00～

場所：名古屋大学 東山キャンパス内 環境総合館1階レクチャーホール
（名古屋市中千種区不老町）

また、地球環境科学専攻の専攻説明会が以下のように開催されます。

日時：2019年6月22日（土）13:00～

場所：名古屋大学 東山キャンパス内 環境総合館1階レクチャーホール
（名古屋市中千種区不老町）

◎環境学研究科地球環境科学専攻・博士前期課程 一般選抜入試

一般選抜の学力検査は普通入試（英語、専門科目および口述試験）と自己推薦入試（英語および口述試験）の2通りがあります。系により専門科目の出題分野、自己推薦入試の受験資格等が異なりますので、詳細は募集要項で確認するようにしてください。英語に関しては、TOEFL、TOEIC、ま

たはIELTSのスコアシートの提出を求め、その点数を換算して採点します。スコアの有効期限について、第1期及び秋入学募集に関しては平成29年8月1日以降、第2期募集に関しては平成30年2月1日以降に受験した結果を有効とします。TOEFLについては、iBTのみを受け付け、その他の受験制度（TOEFL-ITP、TOEIC-IPなど）のスコアは受け付けません。TOEICについては、Listening & Writing Testに限りです。IELTSについては、アカデミック・モジュールに限り受け付けます。スコアシートの提出方法については、受験案内を参照してください。

■募集要項請求および大学院入試に関するお問合せ

名古屋大学大学院環境学研究科 大学院係

〒464-8601 名古屋市中千種区不老町

TEL.052-789-4272 FAX.052-789-3452

入試関連 Web ページ：

地球惑星科学系 Web ページ：<http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/>

大気水圏科学系 Web ページ：<http://has.env.nagoya-u.ac.jp/>

入試説明会（研究科）	研究科全体	6/1（土）13:00～
入試説明会（専攻）	地球環境科学専攻	6/22（土）13:00～
第1期（春入学）募集 （博士前期課程） 秋入学入試（博士前期課程）	出願期間	7/5（金）～7/12（金）【16時必着】
	試験日	8/26（月）、8/27（火）
秋入学入試（博士後期課程）	出願期間	7/5（金）～7/12（金）【16時必着】
	試験日	8/27（火）
第2期募集	試験日	11月下旬～12月上旬に発表



学生支援

授業料の納入

- (1) 授業料は、前期及び後期の2期に分けて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4月、後期分は10月に徴収します。
ただし、新入生の前期分授業料は、5月に口座引落により徴収しますので、次の金額を口座に入金しておいてください。

授業料の納期

区分	納期	金額
前期分	4月中	267,900円
後期分	10月中	267,900円

- (2) 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。
(3) 授業料の引落しについては、文書による通知は行いません。掲示により通知しますので、各学部の掲示板を見てください。

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方
 - ・ 入学前1年以内に、①学資負担者（保護者等）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な方
 - ・ 上記2つに準ずる方

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。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 Web ページよりプリントアウトをしてください。
URL http://www.nagoya-u.ac.jp/academics/scholarship/exemption/exemptionsub/post_198.html
- ・ 申請受付は、大学院入学者は入学する研究科です。

結果

- ・ 結果通知時期の目安
前期入学者→7月上旬、後期入学者→12月上旬
- ・ 半額免除・不許可・徴収猶予許可における納入期限
結果発表日を含めて14日以内
徴収猶予許可となった場合、前期入学者は9月末日、後期入学者は2月末日

その他

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）で、人物・研究水準ともに特に優秀であり、指導教員及び研究科長が推薦し、平成23年度以後において学術奨励賞を受賞したことがない者。

表彰

毎年度、受賞者数は10名以内とし、受賞者には、表彰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、大学を經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へ掲載します。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。

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。

就職関連情報

キャリアサポート室利用案内

キャリアサポート室では、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。キャリアサポート室を利用する際には、学生証を持参してください。

利用時間 月曜日～金曜日（祝日を除く）8:30～17:15
場所 工学部7号館B棟2F（地下鉄3番出口すぐ）

閲覧できる主な資料

先輩の就活レポート

就職活動を終えた先輩の受験先での採用の進行状況、筆記試験・面接試験の内容、後輩へのアドバイス等が書かれたレポートを閲覧できます。

求人票・会社案内

各企業から名古屋大学へ寄せられた会社案内が閲覧できます。求人情報は名大ポータル「キャリアサポート室」タブ内から閲覧でき、就職サイトでは見つけれない採用予定企業も多くあります。

学部・研究科別就職先一覧

平成22年以降の就職者の就職先と就職先ごとの人数が、学部・研究科別に閲覧できます。

インターンシップ開催情報

名古屋大学生の受入に積極的な企業・団体のインターンシップ開催情報が求人情報とともに名大ポータル「キャリアサポート室」タブ内から閲覧できます。1日～4日程度の短期インターンシップ情報については、窓口にて閲覧可能です。

OB・OG名簿

企業から名古屋大学へ寄せられた名簿が閲覧できます。（閲覧のみ可・要学生証）

公務員・教員募集要項

採用試験案内等が閲覧できます。

各種就職情報誌・新聞

東洋経済、日経ビジネス、エコノミスト等の情報誌や新聞が閲覧できます。

就職関連DVD

キャリアサポート室主催の就職ガイダンスやセミナー等のDVDの貸出・鑑賞ができます。

キャリアサポート室利用案内

学生支援センターキャリアサポート室の専任相談員（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、多種多様に行っています。また、就職に関する講座も随時開催しています。

URL <http://syushoku.jimu.nagoya-u.ac.jp/riyouannai/index.html>

【学生専用】問い合わせ先

キャリアサポート室

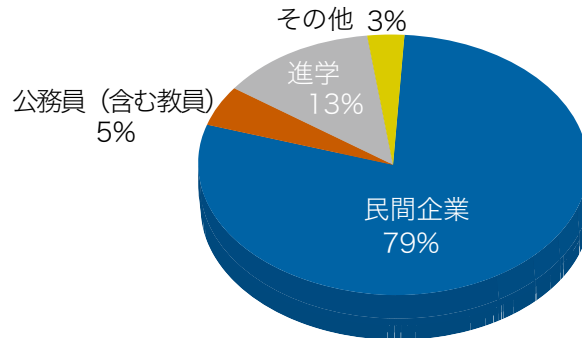
電話番号 052-789-2176

URL <http://syusyoku.jimu.nagoya-u.ac.jp/>

就職状況

前期課程, 後期課程卒業生の過去5年間の主な就職先・進路

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 ●
- NTT西日本 ● (2)
- Profit Cube(株) ●
- SCSK(株) ●
- TIS(株) ●
- あいおいニッセイ同和損保(株) ●
- 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) ●
- いであ(株) ●
- 宇宙技術開発(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)NTTデータ ●
- (株)NTTデータ東海 ●
- (株)NTTドコモ ●
- (株)NTTファシリティーズ ●
- (株)TOMORROWLAND ●
- (株)アイヴィス ●
- (株)アテック ●
- (株)インテック ●
- (株)環境総合テクノス ●
- (株)キャッチネットワーク ●
- (株)島津製作所 ●
- (株)セプティニー・オリジナル ●
- (株)中電シーティーアイ ●
- (株)デンソー ●
- (株)デンソークリエイト ●
- (株)東海理化電機製作所 ●
- (株)トヨタケララム ●
- (株)トヨタコミュニケーションシステム ●
- (株)ネクスト ●
- (株)日立システムズ ●
- (株)日立システムズパワーサービス ●
- (株)日立製作所 ● ● ●
- (株)日立ソリューションズ ●
- (株)プリマジェスト ●
- (株)マキタ ●
- (株)三菱総合研究所 ●

- (株)未来技術研究所 ●
- (株)村田製作所 ●
- (株)メイテック ●
- (株)リコー ●
- 川崎重工業(株) ●
- キャノン電子(株) ●
- 三洋機工(株) ●
- サンワトレーディング(株) ●
- 新日鐵住金(株) ●
- 新日鐵住金ソリューションズ(株) ● ● (2)
- 住友重機械工業(株) ●
- 住友林業(株) ●
- セイコーエプソン(株) ●
- セコム(株) ●
- ソニー(株) ●
- 中京テレビ放送(株) ●
- 中部電力(株) ●
- 東海光学(株) ●
- 東京電力(株) ●
- ドコモ・システムズ(株) ●
- トピラシステムズ(株) ●
- トヨタ自動車(株) ● (3)
- トヨタテクニカルディベロップメント(株) ●
- 名古屋電機工業(株) ● (2)
- 日鉄日立システムエンジニアリング(株) ●
- 日本車輛製造(株) ●
- 日本物理探鉱(株) ●
- 日本ガイシ(株) ● ●
- 日本電気通信システム(株) ●
- パナソニック(株) ● (3)
- パナソニックエコシステムズ(株) ●
- 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) ●
- 三浦工業(株) ●
- 三菱スペース・ソフトウェア(株) ●
- 三菱電機(株) ● (2) ●
- 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) ●

公務員 (含む教員)

- 岡山大学職員 ●
- 気象庁 ● (2)
- 教員 ● (2)
- 静岡県庁 ●
- 豊田市役所 ●

進学

- 名古屋大学
- 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) ● (2)
- 理学研究科博士課程 (後期課程) ● (15)

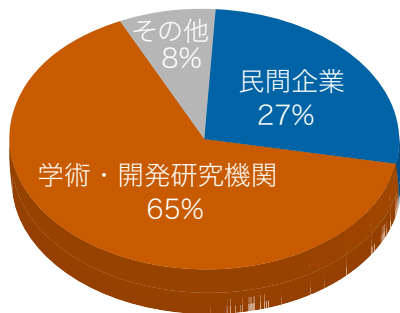
その他

- 宇宙地球環境研究所 ●
- 産業技術総合研究所 ●
- 教員志望 ●
- 公務員試験準備 ●

- : 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

- MHIE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)
- (株)日立ハイテクノロジー ●
- (株)豆蔵 ●
- 村田機械(株) ●

学術・開発研究機関

- Magway大学 ●
- 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 ●
- 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 ●
- 千葉大学 ●
- 電気通信大学 ●
- 東京大学 ●
- 東京農工大学 ●
- 名古屋大学 ●(2)
- 名古屋大学宇宙地球環境研究所 ●(4)
- 名古屋大学太陽地球環境研究所 ●
- ハワイ大学 ●
- 北海道大学大学院 ●

その他

- 帰国後就職活動 ●●
- 未定 ●

研究を通して身につけた仕事力



渋谷 明伸

2013年3月 理学研究科 博士前期課程修了
 所属：ヤマハ株式会社 楽器・音響事業本部
 技術開発部 音源プラットフォーム G

研究所を離れて早4年半。私はヤマハ株式会社にて、電子ピアノやキーボードなどデジタル楽器の音源プログラムの開発に携わっており、大きなやりがいを感じながら楽しく仕事を続けています。

大学時代、サークル活動にのめり込んでいた私は、研究室所属当初は十分な知識もなく、研究には大変な苦勞を要しました。しかしそんな中で、必死で研究をし、学会などで発表し、論文を書くことで、「研究・開発の進め方」「論理的な文章の書き方」「分かりやすいプレゼンの仕方」など、就職後にも必要な多くの能力を身につける事ができました。

例えば、研究・開発の進め方は、依頼された仕事内容の解決や、プログラムにバグが出た際の対処に活かれます。論

理的な文章の書き方は、プログラムの仕様・設計書類を書く際に役に立ちます。たとえ研究内容と就職後の仕事内容に一切の関連性がなくとも、研究所で過ごした日々は決して無駄ではありません。

社会人になると、与えられた課題をただ受動的にこなすだけでは評価されません。新しい機能・技術や既存の問題の解決方法を、自ら提案して周囲を巻き込んでいく必要があります。研究所は、そんな時に必要な力を学生のうちから培う事ができる場所だと思っています。

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・名鉄名古屋駅・
近鉄名古屋駅からの場合

地下鉄東山線藤が丘行きに乗車し、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

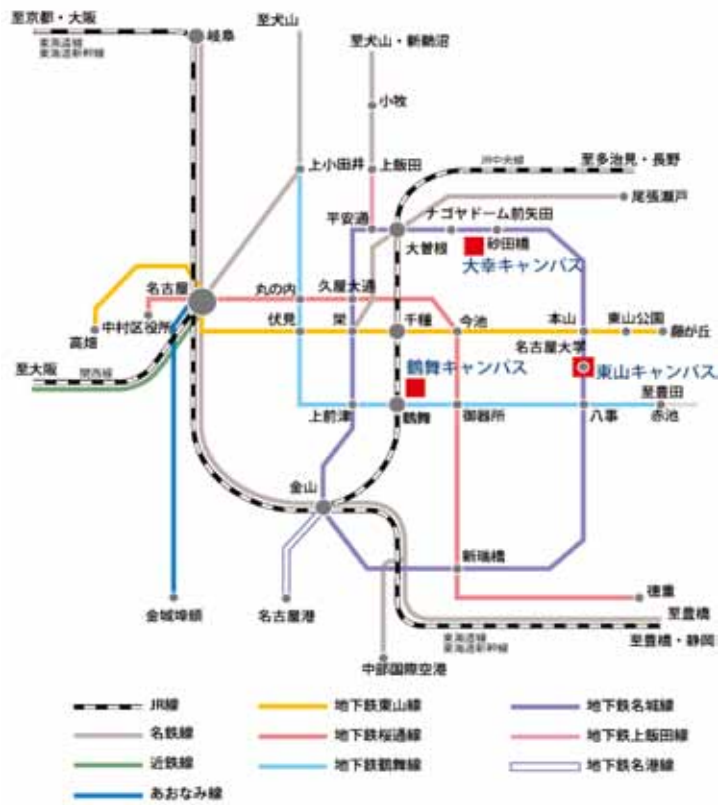
JR 金山駅・名鉄金山駅からの場合

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

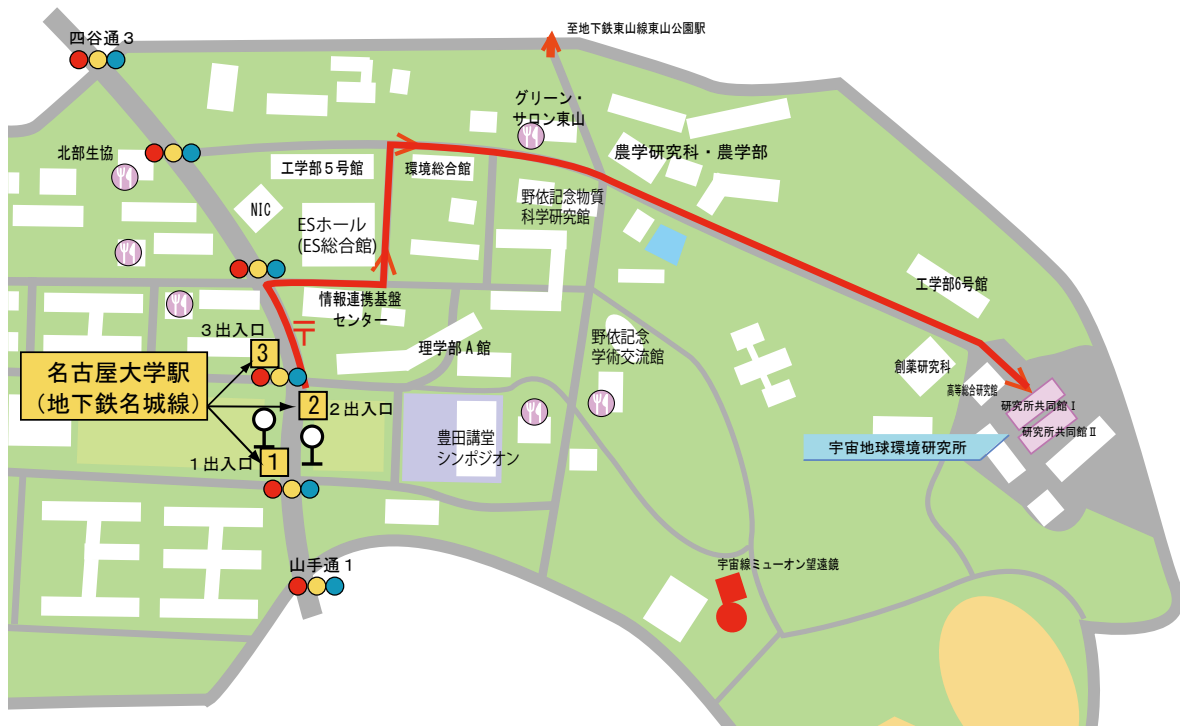
● 航空機

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





研究所共同館 I



研究所共同館 II





創立 80 周年を迎える名古屋大学は
東海国立大学機構設立など
改革を進めています

Graduate School of Science Graduate School of Engineering Graduate School of Environmental Studies

 宇宙地球環境研究所
<http://www.isee.nagoya-u.ac.jp>



〒 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 研究所事務部総務課総務グループ
TEL : 052-747-6306 / 6303