

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。

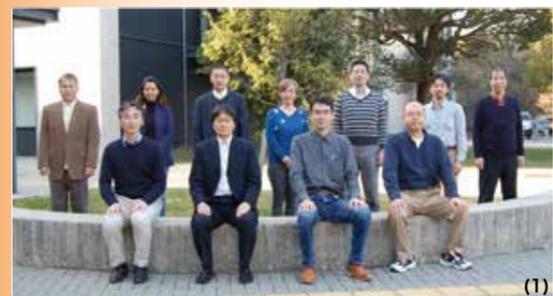
地球の超高層大気から周辺の宇宙空間まで広がる領域はジオスペース (Geospace) と呼ばれ、電離圏・磁気圏とも呼ばれてきました。この領域には、様々な実用・科学人工衛星や国際宇宙ステーションに代表される無数の宇宙機が配置されており、もはや現代社会にとって必須の社会基盤が展開する世界です。この身近な宇宙空間では、太陽コロナから流出する太陽風プラズマと、地球大気プラズマ・中性大気、地球固有磁場、下層大気などが複雑に作用して、地球極域にはオーロラが出現し、静止軌道付近では宇宙嵐と呼ばれる大規模変動が引き起こされています。また、宇宙空間を満たすプラズマと惑星磁場、中性電離大気の相互作用は、太陽系内の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)



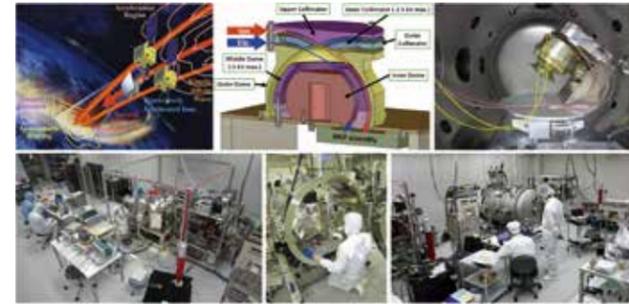
(6)



(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)

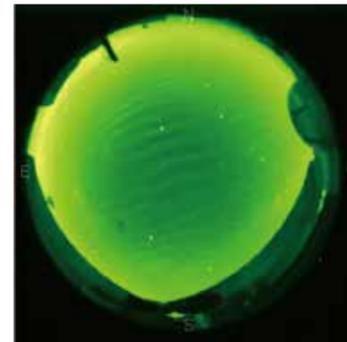
宇宙空間と地球・惑星環境との間に生起する多様な自然現象に関して、それらの素過程や物理機構間の相互作用を解明するには、探査機やロケットなどの飛行体を用い、その場で直接観測することが不可欠です。本研究グループでは、研究所最上階にあるクリーンルーム内の装置により宇宙空間に近い環境をつくり出し、宇宙探査機に搭載する観測機器の研究・開発を行っています。宇宙と地球・惑星の結合系で最も基本的な構成要素としての宇宙プラズマ・中性粒子を、飛行体に搭載された分析器で直接計測するためには、研究・開発の段階において地上で十分に実験・試験を行うことが必要となるため、それに必要なビームラインなどの様々な装置・設備の構築も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



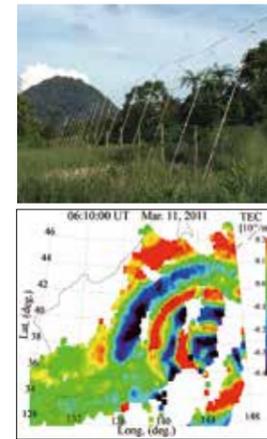
将来探査計画の立案・推進、独自設計・試作による分析器の新規開発、クリーンルーム・ビームラインなどの校正実験施設の構築・運用を行っています。

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)

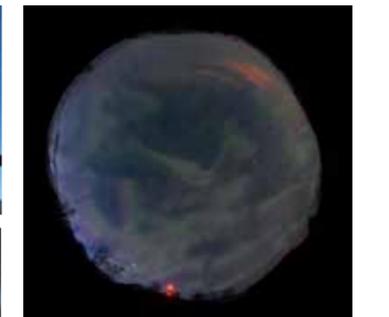
本研究グループでは主に観測に基づいて研究を進めており、その中心的な観測装置は、北欧にて稼働している欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーと呼ばれる地球物理学研究用の世界最高水準のレーダー群です。EISCAT レーダー観測を組み合わせて、人工衛星・ロケットなどの飛行体や、他のレーダー(分反射レーダー、流星レーダー)、光学機器などとの同時観測による総合的な観測を行い、物理現象の理解に取り組んでいます。特に最近では、ナトリウムライダーを用いた、高度 80-110km 付近の大気温度変動や風速変動の観測研究に力を入れています。大気重力波の散逸過程、ジュール加熱量の定量評価、大気安定度、大気上下結合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 10^5 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、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)

