

宇宙電磁観測グループ



塩川 和夫 教授



西谷 望 准教授



大塚 雄一 准教授

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、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。

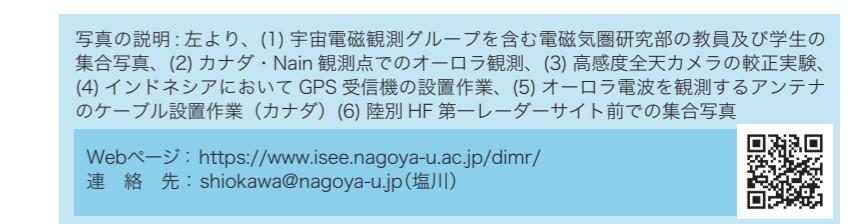
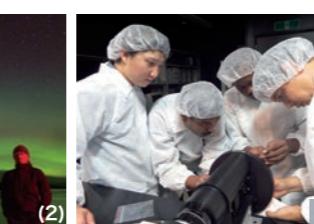
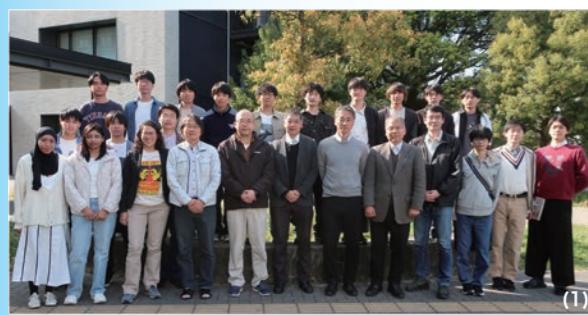
オーロラや電磁場観測を通した電磁気圏の研究

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、オーロラに関するジオスペース・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。



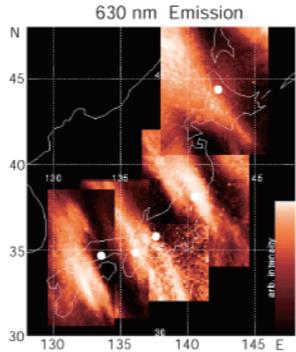
カナダで観測されたオーロラ



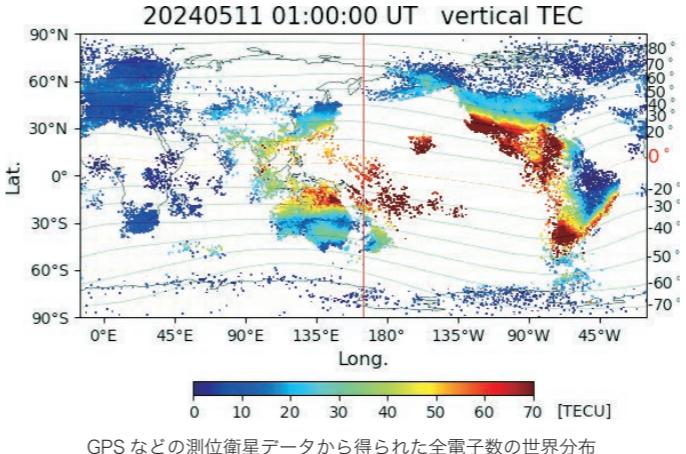
Webページ：<https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/>
連絡先：shiozawa@nagoya-u.jp(塩川)

光学および GPS 観測による超高層大気・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 衛星など測位衛星が送信する 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。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。



(左) 日本列島上空を北東から南西へ伝搬する MSTID の大気光観測
(右) トンガの火山噴火後に GPS などの測位衛星データで観測された電離圏変動



GPS などの測位衛星データから得られた全電子数の世界分布

大型短波レーダーによる電離圏・熱圏変動の研究

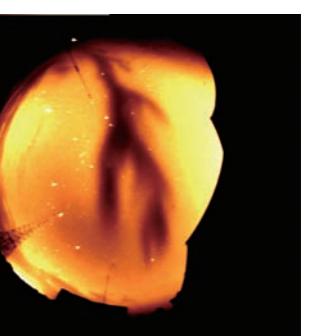
電離圏のプラズマは激しい擾乱状態になることがあります。私達は大型レーダーを使って乱流の研究を行っています。強力な電波を上空に発射し、乱流プラズマで散乱されたレーダーエコーを調べることにより、乱流の生成機構や無線通信などへの影響を知ることができます。また私達は、南北両半球に多数設置されている大型短波レーダーを用いて、高・中緯度電離圏内のプラズマの運動の研究を行っています。特に 2006 年 11 月と 2014 年 10 月には北海道陸別町に二基の大型短波レーダーを設置し、継続的な観測を行っています。このレーダーは、從来から観測空白域となっていた北海道からシベリア、アラスカに至る広範囲の電離圏や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



(上) 北海道 - 陸別第一短波レーダーの巨大なアンテナ群
(下) 2025 年 1 月 1 日晚 (23:48) に、北海道 - 陸別第一短波レーダーサイトで撮影された低緯度オーロラ

赤道域の電離圏の研究

磁気赤道付近の電離圏に見られる特異な現象の一つが、太陽活動が高い年の春秋に発生する "プラズマバブル" です。これは、日没後の下部電離圏に発生した電子密度の "穴 (バブル)" が時間とともに成長しながら高角度へと広がる現象です。この現象が注目を集める理由は、バブル生成に関わる物理過程の複雑さ（面白さ）と、バブルが衛星通信や衛星測位の障害の原因になることです。私達は、鹿児島県佐多とオーストラリア・ダーウィンに設置された全天カメラにより、赤道上空で最高高度が 1700km にも達する巨大なプラズマバブルの観測に初めて成功しました。両地点で観測されたバブルの構造は非常によく似ており、バブルが地球磁力線に沿って南北に伸びた構造をしていることが分かりました。バブルの生成過程には未だ多くの謎が残されており、私達は、バブルに絡んだ諸現象を解明するため、赤道直下のインドネシア・スマトラ島のコトタバン及び、タイのチェンマイとチュンポンに観測拠点を設け、全天カメラ、GPS 受信機、磁力計などを用いた連続観測を行っています。



佐多（左）とダーウィン（右）の大気光全天カメラで同時に観測された、南北半球の対称性が非常によいプラズマバブル（暗い部分）

