



塩川 和夫 教授



西谷 望 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

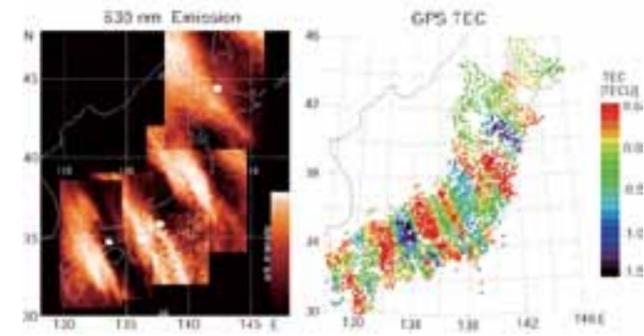
オーロラはジオスペースのプラズマが大気に衝突して大気が光る現象です。プラズマは目に見えませんが、オーロラを通して地球周辺のプラズマの動きを画像としてとらえることができます。またオーロラは電磁気圏に様々な電磁場変動を引き起こします。サブストームと呼ばれるオーロラが爆発的に活動する現象や、周期的に点滅するオーロラなど、オーロラに関連する地球周辺のプラズマ現象には、まだまだ未知な点が多いのです。オーロラは超高層大気を加熱し、その高度の大気の地球規模の変動を引き起こし、人工衛星の軌道を変えることもあります。私たちは、カナダやノルウェーでオーロラの高感度分光観測や関連する磁場・電場・波動・大気変動の観測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

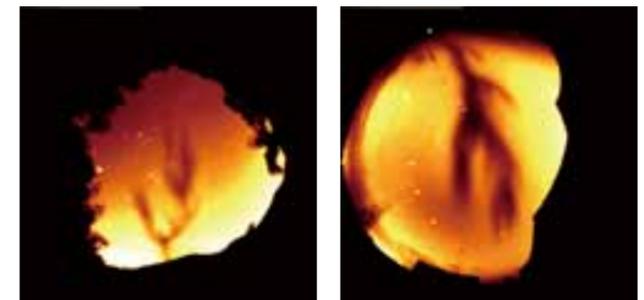
高さ80km以上の中間圏・熱圏と呼ばれる超高層大気や電離圏にはいろいろな空間波長を持つ波動が昼夜の別なく存在しています。例えば水平波長が1000km以下の電離圏の波動を「MSTID（中規模伝搬性電離圏擾乱）」と呼びます。私達は、夜間大気光（高度80~300kmの大気が夜間に発光する現象）を測定するための全天カメラを国内の4点とオーストラリア、インドネシア、タイ、カナダ、ロシア、ノルウェー、ハワイなどに設置して、MSTIDなどの大気波動をイメージング観測しています。また、高度約2万kmを飛翔するGPS衛星が発射する2周波の電波を地上で受信して、電離圏の電子密度のイメージング観測をしています。さら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

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々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、赤道上空で最高々度が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延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とタイのチェンマイに観測拠点を設け、全天カメラ、GPS受信機、VHFレーダー、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)

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乱流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

ミリ波ラジオメーターによる中層大気微量分子の研究

地球大気の大部分（約99%）は窒素分子と酸素分子から成りますが、それ以外の成分（大気微量分子といいますが）も地球環境の成り立ちに深く関連しています。例えば地球温暖化では、わずか0.04%程度しか存在しない二酸化炭素などの温室効果ガスの増加が大きな影響を及ぼしています。私たちは、世界4か所に展開したミリ波ラジオメーター（電波分光観測装置）による地上リモートセンシングにより、成層圏から中間圏（高度10~80km）の大気に含まれる様々な微量分子の変動を観測して、地球大気組成に対する人間活動の影響だけでなく、太陽活動やオーロラなど自然環境の変動に伴う影響について明らかにすることを目指しています。また、超伝導薄膜検出器を使用した観測装置の開発も行っており、大気観測だけでなく電波天文学分野への応用なども研究しています。



南米チリのアタカマ砂漠に設置された大気分光観測用コンテナ(右) 左は理学研究科A研のNANTEN2電波望遠鏡



写真の説明:左より、(1)グループメンバー、(2)宇宙電磁観測グループの教員、(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)

