



三好 由純 教授      梅田 隆行 講師      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SS+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：宇宙天気の前報を目指し研究を進めています。

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

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



ジオスペース探査あらせ衛星(2016年打ち上げ)。  
©ERGサイエンスチーム



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

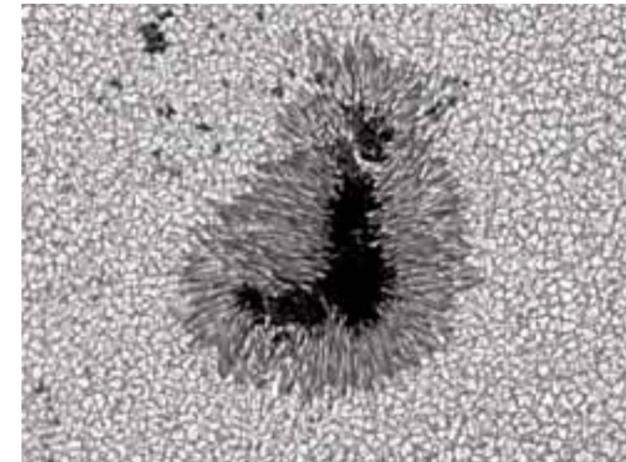
私たちは、太陽およびジオスペースの研究に、最先端の情報学的手法を積極的に活用しています。具体的には、高度な画像解析処理技術、機械学習を用いた大規模データの処理、またデータ同化にもとづく観測とコンピュータシミュレーションの融合研究です。

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

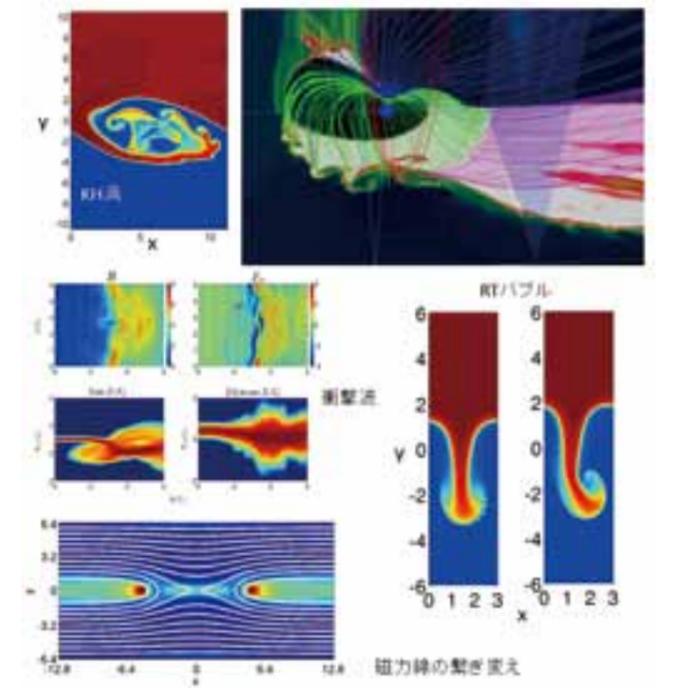


「ひので」衛星が観測した太陽黒点。 ©国立天文台/JAXA

### 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みています。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)

