

左から 梅田助教, 町田教授, 三好准教授, 今田助教.

- | | | |
|-------|--------|-----------------------------------|
| 町田 忍 | 教授 | Shinobu Machida, Prof. |
| 三好 由純 | 准教授 | Yoshizumi Miyoshi, Assoc. Prof. |
| 梅田 隆行 | 助教 | Takayuki Umeda, Assist. Prof. |
| 今田 晋亮 | 助教 | Shinsuke Imada, Assist. Prof. |
| 草野 完也 | 教授* | Kanya Kusano, Prof. |
| 関 華奈子 | 准教授* | Kanako Seki, Assoc. Prof. |
| 増田 智 | 准教授* | Satoshi Masuda, Assoc. Prof. |
| 齊藤 慎司 | 特任准教授* | Shinji Saito, Assoc. Prof. |
| 家田 章正 | 助教* | Akimasa Ieda, Assist. Prof. |
| 堀 智昭 | 特任准教授 | Tomoaki Hori, Assoc. Prof. |
| 塩田 大幸 | 特任助教 | Daiko Shiota, Assist. Prof. |
| 宮下 幸長 | 特任助教 | Yukinaga Miyashita, Assist. Prof. |
| 桂華 邦裕 | 特任助教 | Kunihiro Keika, Assist. Prof. |
| 小路 真史 | 特任助教 | Masafumi Shoji, Assist. Prof. |

*理学研究科

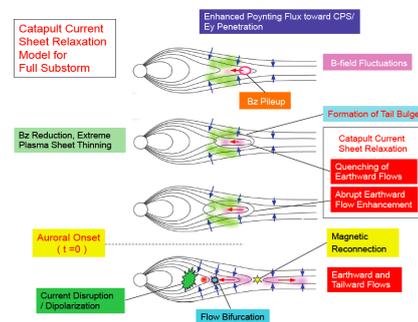
本研究グループは、情報学的手法を用いて人工衛星データの解析処理やデータ同化、スーパーコンピュータを用いた超並列計算機シミュレーションなどのアプローチにより、ジオスペースおよび太陽-惑星系の環境変動を数理的に研究しています。各教員は他の研究グループと協力して太陽地球系科学の研究を進めるとともに、大学院工学研究科の学生の指導を担当しています。

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。サブストームと呼ばれるその爆発現象と関連し、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、放射線帯(ヴァン・アレン帯)と呼ばれる1,000,000eV



前列左から宮下, 小路, 堀, 家田, 三好, 町田, 草野, 増田, 関, 今田, 家田, 齊藤, 桂華, 塩田の各教員. 後列は PD, 大学院生, 学部生, 外国人客員教授, 支援スタッフ



本研究グループが考案した新しいサブストーム発生モデル

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。

私たちはそのような現象の性質と発生の原因を人工衛星で取得された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。実際問題として、太陽の息づきによる太陽風とIMFの変動によって、地球磁気圏の応答も絶えず複雑に変化し、サブストームや放射線帯の変動等により、人工衛星の障害など、われわれの生活にも影響を与える可能性があります。国際協同で開始された「宇宙天気」研究の一環として上のような研究が行われるようになっていきます。

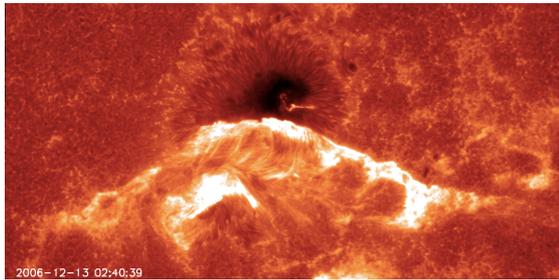
私たちのグループでは、地球の磁気圏を観測するために打上られた GEOTAIL 衛星や THEMIS 衛星で取得されたデータを解析することによって、サブストームがいかんして発生して駆動されるかという磁気圏物理学の最大の難問について解答を与えるべく研究を行っています。そして、その成果として、上図に示すような独自のサブストームのモデルにたどり着きました。

また、放射線帯の変動についても精力的に研究を進めています。磁気圏の変動に伴って、放射線帯の電子が、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、人工衛星の被害の影響を低減できる可能性があります。私たちは、データ解析から得られた知見をもとに、放射線帯の変動を予測する宇宙天気予報の開発を進めています。また、カルマンフィルタなどの手法を用いた宇宙天気予報アルゴリズムの開発も行っています。

私たちの研究室では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、ひので、SDO 衛星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爆発現象(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報を目指し研究をおこなっております(右ページ上)。

宇宙情報処理グループ

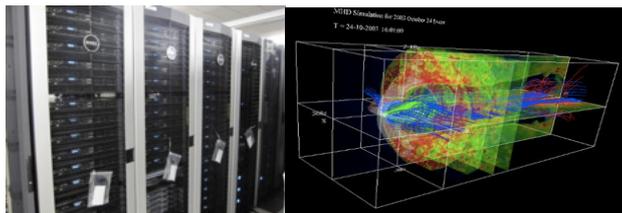


ひので衛星による太陽フレア画像 (JAXA、国立天文台)

コンピュータシミュレーションによる

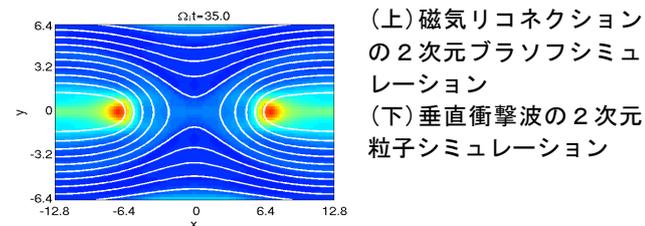
ジオスペース環境及び太陽大気の研究

近年、衛星観測データの解析に並んで、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おこなわれています。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モデルが構築されつつあります。本研究グループでは、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(MHD)コードや、プラズマを構成する電子やイオン一個一個の運動と電磁場の発展を追う事ができる粒子コードを用いて、コンピュータシミュレーションをおこなって研究しています。コンピュータ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太陽地球環境研究所のスーパーコンピュータ(下図左)を用いて行っています。シミュレーション結果は、太陽地球環境研究所のヴァーチャルリアリティ装置(下図右)を用いて3次元立体として可視化します。



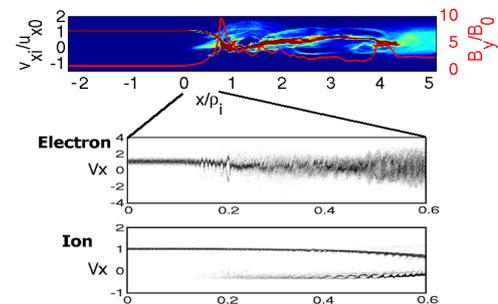
(左) 太陽地球環境研究所のスーパーコンピュータ

(右) 地球磁気圏 MHD シミュレーションの3次元可視化結果



(上) 磁気リコネクションの2次元プラソフシミュレーション

(下) 垂直衝撃波の2次元粒子シミュレーション



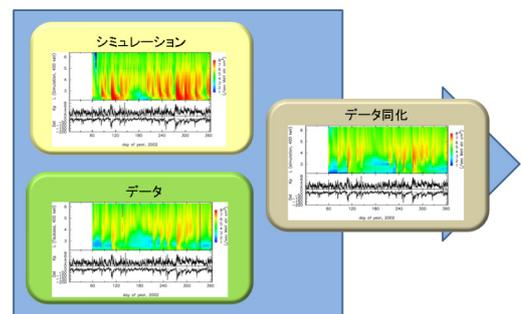
このコンピュータシミュレーションにより、先に挙げたサブストーム発生機構の妥当性の検証や、太陽フレアがいつどこでどのように起こるかを理解する事を試みています。また、磁気リコネクションや衝撃波などの宇宙プラズマ環境における素過程もコンピュータシミュレーションを用いて精力的に研究しています。さらに、本研究グループでは、シミュレーションコードそのものの開発に力を入れており、異なる時空間スケールの現象を自己無頓着に解くことができる全く新しいシミュレーションコードの研究開発も行っています。

データ同化によるジオスペースの研究

近年、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たデータ同化と呼ばれる手法が急速に発達しています。人工衛星による観測は、広大なジオスペースのある一部分のみですので、観測データのみでジオスペースの全体像を把握することは困難です。一方、シミュレーションは広い空間領域にわたって計算することが可能な一方、シミュレーションに用いられているパラメータや境界条件等には、ある不確実性が常につきまっています。このような問題点を改善するために、シミュレーションと観測データを統合し、実際の観測データをうまく説明できるようなパラメータを見つけ出し、高精度な計算を実現することが、データ同化です。

データ同化にはいくつかの異なる方法がありますが、現在私たちは「粒子フィルター」と呼ばれる逐次型のデータ同化の手法を用いて、「放射線帯」のデータ同化研究を進めています。データ同化を行うことによって、シミュレーションの支配方程式で使われている各種パラメータを改善し、より高精度なシミュレーションを実現することを目的としています。また、データ同化から推定されたパラメータと、そのパラメータと密接に関係すると思われる観測量を比較することにより、放射線帯の物理機構の研究も進めています。

データ同化によってシミュレーションのパラメータを改善・改良することで、高精度な予測数値計算も可能にするものです。私たちは、データ同化を通してシミュレーションの改良を行いながら、高精度予測計算を実現し、数値宇宙天気予報の精度向上に貢献していきたいと考えています。



放射線帯シミュレーションのデータ同化の例



ジオスペース探査衛星 ERG (2015年度打ち上げ予定)