

新設研究室紹介

生存圏開発創成研究系 生存科学計算機実験分野 (海老原研究室)

<http://space.rish.kyoto-u.ac.jp/ebihara-lab/>

計算機シミュレーションによる宇宙環境変動の理解と予測

オーロラ、磁気嵐、放射線帯変動など地球周囲の宇宙空間で起こる擾乱現象を研究対象としています。太陽から恒常的に吹き出すプラズマの流れ（太陽風）の中に固有磁場を持つ地球が置かれているシンプルな構成でありながら、地球周囲の宇宙空間ではきわめて複雑で多様な現象が現れます。オーロラ、磁気嵐、放射線帯変動はその代表例で、それらを理解することは太陽と地球の関係や人類の生存圏としての宇宙空間の理解につながります。私たちは計算機シミュレーションを駆使し、歴史的課題であるオーロラ、磁気嵐、放射線帯変動について、太陽から地球に至るエネルギーと物質の流れ、粒子と電磁波動との相互作用、マクロ過程とミクロ過程の連関の観点から迫り、送電網や人工衛星など社会インフラへの影響を予測し、安心・安全な社会の構築と宇宙環境利用に貢献したいと考えています。

オーロラ爆発

オーロラは宇宙空間から降下する粒子（主に電子）によって起こる大気発光現象です。明るいオーロラが急拡大するオーロラ爆発と呼ばれる現象がおこると 100 万アンペア近くの電流が宇宙空間と地球の間を流れ、高さ 100 km 付近の電離圏では 1000 億ワットものエネルギーがジュール熱として消費されます。大気加熱によって大気が膨張すると、低高度衛星の姿勢や軌道が乱れます。電気回路に例えると電離圏は負荷になりますが、電源に対応する領域や仕組みはよく分かっていません。明るいオーロラが光ると同時に電離圏の電気伝導度が上がり、宇宙空間にフィードバックすると考えられていますが、電源への影響やオーロラ構造との対応はよく分かっていません。中性大気との衝突やスケール間の結合を考慮したシミュレーションを用い、その全容解明に挑みます。

磁気嵐

双極子型の地球磁場が卓越する地球近傍の宇宙空間では様々なエネルギーを持つ荷電粒子が捕捉されています。とくに太陽フレアで放出されたプラズマの塊が地球に到来するとプラズマ対流が速まり、数億から数十億度の高温プラズマ (keV 帯粒子) が太陽の反対側から地球方向に運ばれます (図 1)。その結果、地球を取り囲むように流れる反磁性電流が強まり、地球磁場を乱します。これが磁気嵐です。地球磁場が乱れ、地面に電場が誘導されると、変圧器の中性点を介して電力網に準直流電流が流れます。

地磁気誘導電流と呼ばれ、1989 年にカナダで発生した長時間の停電の原因となりました。オーロラについて記述されている歴史文献によると、1989 年の磁気嵐を超える規模の巨大磁気嵐は過去に何度も起きていたようです。今後巨大磁気嵐が再び発生する可能性があることを意味します。電力網の耐性評価のため、シミュレーションを用いて過去に発生した巨大磁気嵐を復元しその発生過程を明らかにするとともに、想定すべき巨大磁気嵐の規模とそのとき電力網を流れうる地磁気誘導電流を定量化します。

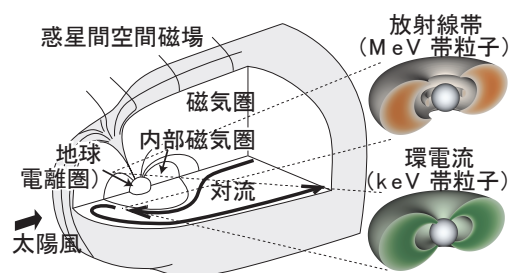


図 1. 地球周囲の宇宙空間

放射線帯

地球磁場に捕捉されているほぼ光速で飛び交う荷電粒子 (MeV 帯粒子) の集合を放射線帯と呼びます。放射線帯粒子は人工衛星や宇宙飛行士の被ばくの原因となり、その理解と予測は喫緊の課題です。放射線帯を構成する MeV 帯粒子の変動は keV 帯粒子とは全く異なり、大きな謎となっています。とくに問題となる放射線帯の再生については高エネルギー粒子が外側から運ばれるという説と、比較的低エネルギーの電子が VLF 帯の電磁波動によって加速されるという説があり、決着がついていません。太陽風から電子加速に至る全ての過程を包含する大規模な連結シミュレーションを開発し、予測可能な数値モデルの実現を目指します。