



東北大学

サイバーサイエンスセンター
ユーザの研究紹介

木星磁気圏での相対論的高エネルギー電子加速過程の研究

東北大学大学院理学研究科 加藤雄人・寺田直樹
京都大学学術情報メディアセンター 深沢圭一郎

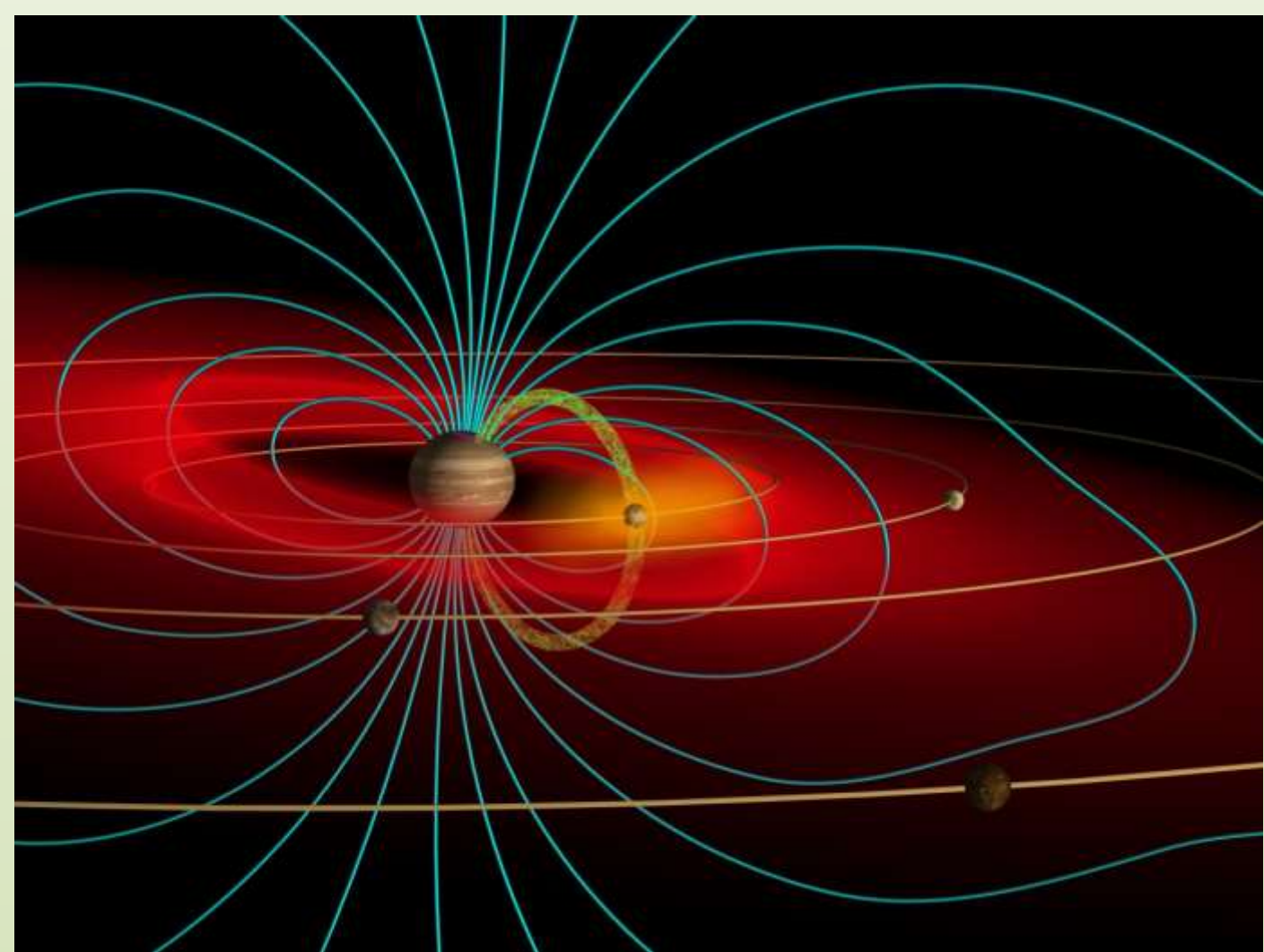
研究の目的：太陽系最大の加速器・木星

太陽系最大の惑星・木星は、直径が地球の10倍という惑星本体の巨大さと同様、磁気モーメントで比較して地球の2万倍という強力な固有磁場を持っています。この強力な固有磁場は、木星の周辺に広大な磁気圏を形成しています。木星磁気圏は、約10時間という短い周期での高速自転や衛星イオの火山活動など、様々な特徴を持っています。本研究は其中でも、光速の99%以上の相対論的な速度を持つ高エネルギー電子が存在する領域「放射線帯」に着目しています。

放射線帯は、固有磁場を有する惑星の磁気圏に共通して見られる領域です。地球磁気圏にも放射線帯が存在し、1958年に発見されVan Allen帯とも呼ばれます。同時期にデシメータ帯の電波観測により木星の放射線帯が発見され、その後の研究により木星磁気圏は相対論的な粒子に満ちている事が明らかとなりました。しかしながら、どのようにして

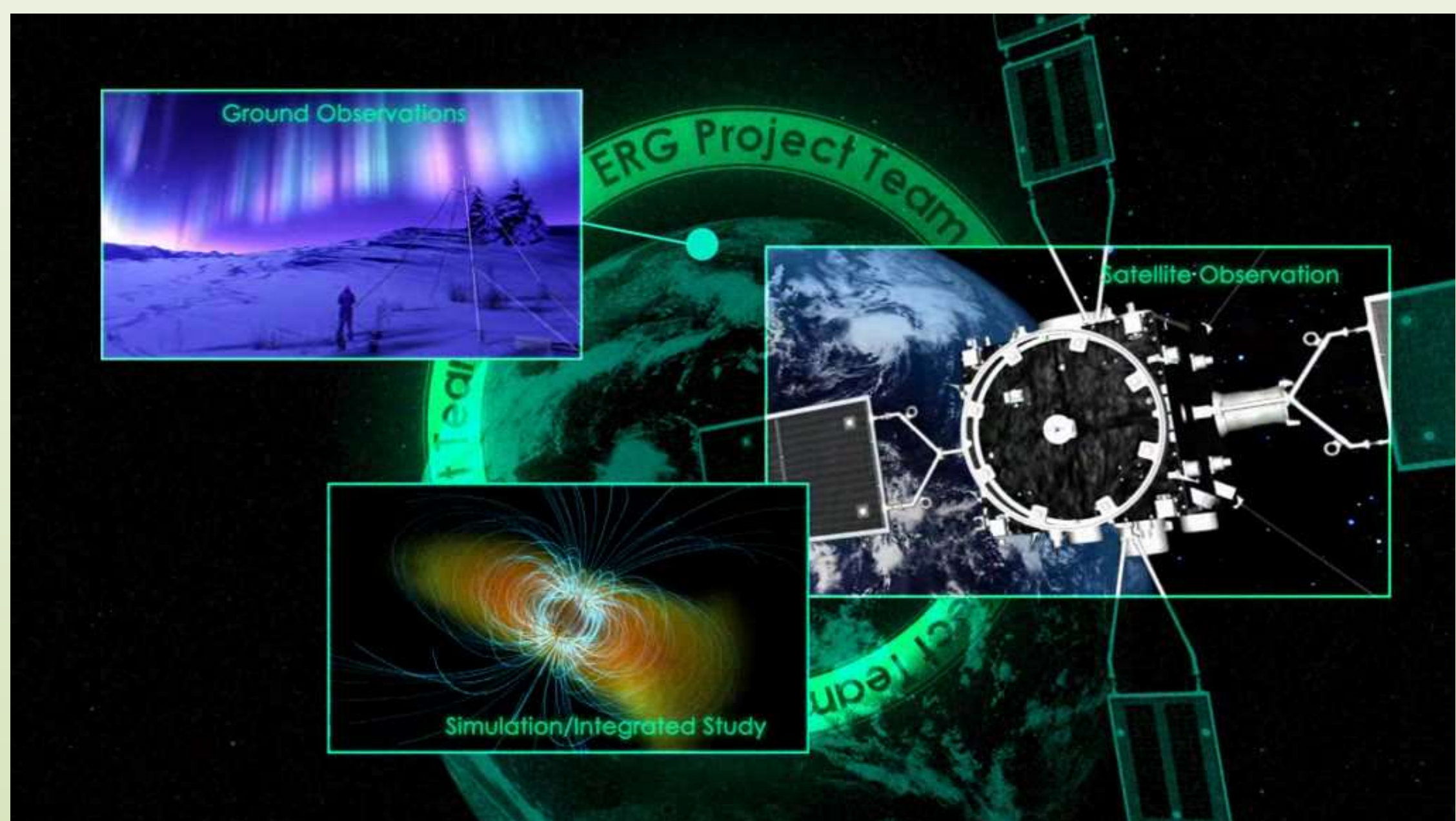
相対論的高エネルギー電子が作り出されるかは未解明の問題として残されています。

本研究は、計算機実験により惑星磁気圏で相対論的電子が作り出される過程を再現して、謎を解明する事を目的としています。



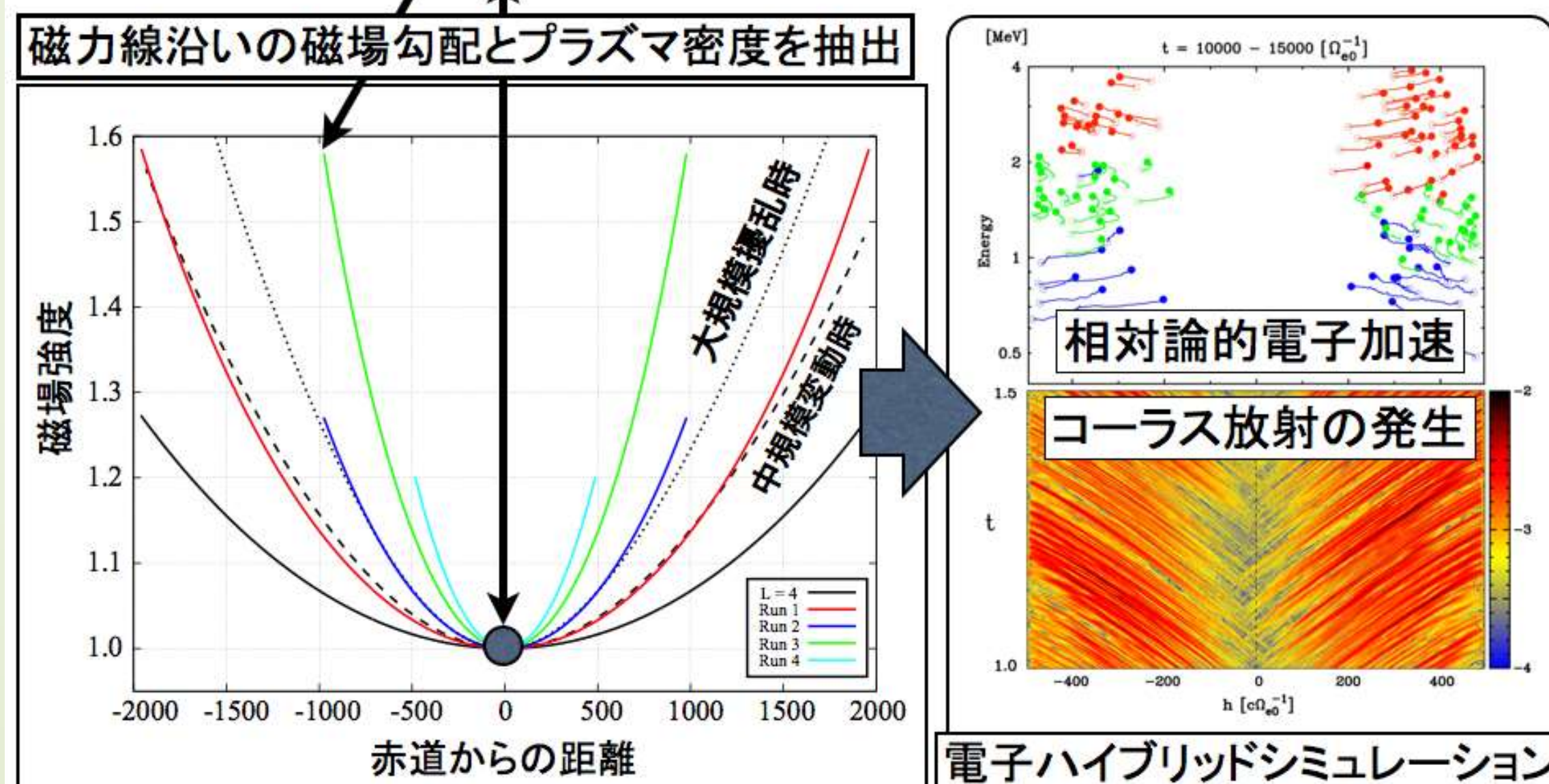
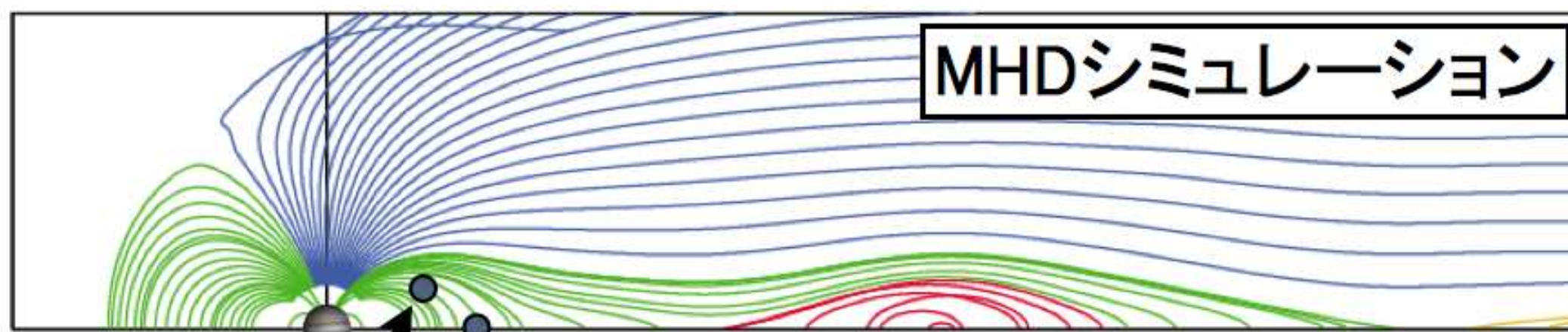
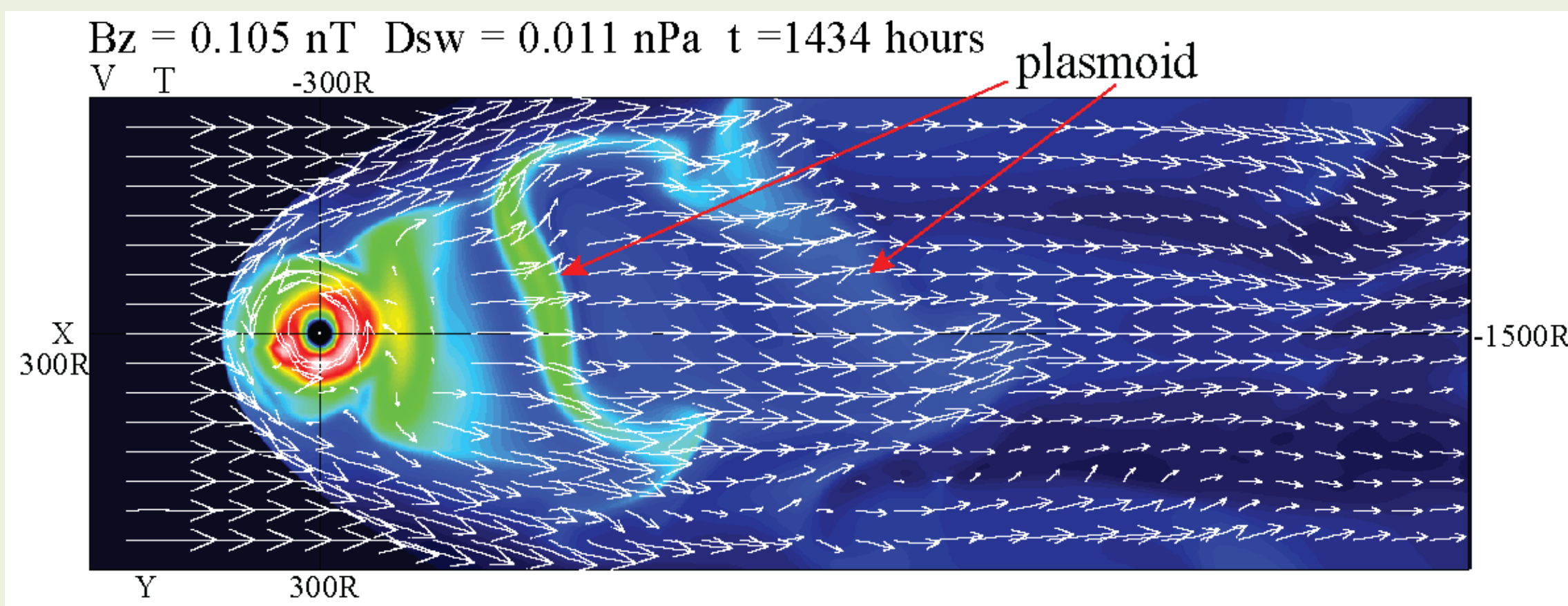
磁化惑星に共通する放射線帯形成過程の解明

本研究の対象は木星磁気圏を特に取り上げていますが、シミュレーションで再現される電子加速過程は磁場を有する惑星周辺に共通して起こりうる現象です。特に地球周辺に存在する放射線帯は、太陽活動に応じて大きく変動する事が明らかになっていますが、その理由には未解明の問題が多く残されています。国際的にも注目されている放射線帯形成過程の謎の解明を目的として、我が国でもジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG; Exploration of energization and Radiation in Geospace) が2016年12月に打ち上げられました。本研究の成果は、磁化惑星に共通する相対論的高エネルギー電子の加速過程を明らかにするもので、あらせ衛星の観測結果の理解にも貢献する重要な意義を持っています。



MHD・電子ハイブリッド連成計算

本研究では2種類のシミュレーションコードを組み合わせる研究を行います。一つは木星磁気圏全体の構造とその時間・空間変化を解くのに適した「磁気流体力学(MHD)コード」です。MHDコードによって、木星磁気圏のどの領域が相対論的電子を作り出すのに適しているかを探ります。



もう一つは、個々の高エネルギー電子の運動を解き進めて、電磁プラズマ波動とのエネルギーのやり取りを解く事のできる「電子ハイブリッドコード」です。MHDコードにより得られた磁気圏の構造を初期条件として用いて、磁力線沿いに運動する高エネルギー電子が「コーラス放射」と呼ばれる電磁プラズマ波動を発生させること、発生したコーラス放射が一部の電子をとらえ、相対論的なエネルギーまで加速させることを再現しました。広大な木星磁気圏全体を対象とし、また、数億個の粒子一つ一つの運動方程式を解き進める本研究課題のシミュレーションは、大容量のメモリと多数のCPUを備えたスーパーコンピュータを利用して始めて可能となりました。

計算機シミュレーションが惑星探査に果たす役割

地球から遠く離れた惑星の探査では、探査機によって取得されるデータの量は非常に限られるため、惑星周辺で生じる現象を再現する計算機シミュレーションは、物理過程の理解に大きな役割を果たしています。スーパーコンピュータの性能向上は現象の理解の深化に直結しており、更なる性能向上と研究の進展に大きな期待が寄せられています。



スーパーコンピュータ SX-ACE