

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 宇宙プラズマ中の電磁サイクロトロン波による電子加速散乱機構の実証的研究

京都大学・生存圏研究所・教授 おおむら よしはる
大村 善治

研究課題番号: 17H06140 研究者番号: 50177002

研究分野: 地球惑星科学

キーワード: 宇宙プラズマ・プラズマ波動、地球惑星磁気圏

【研究の背景・目的】

宇宙空間は、プラズマという電離気体で満たされており、その中には様々な電磁波動が存在している。その中でも電磁サイクロトロン波は、図1に示すように横波の電磁界が磁力線の周りに回転する螺旋構造をもっており、高エネルギーの電子とサイクロトロン共鳴することができる。磁気嵐等の磁場の擾乱を受けて地球の内部磁気圏に磁気圏尾部から数10keVの電子が注入されると図1(c)のような周波数が大きく変化するコーラス波動と呼ばれる電磁サイクロトロン波が励起されて、それが共鳴電子を極めて効率良く数MeVの相対論的エネルギーにまで加速し、地球の周りの放射線帯に供給していると考えられている。理論・シミュレーションから予測される電磁サイクロトロン波の特性と電子加速散乱機構を、複数衛星による波動と粒子の観測データから実証すると同時に、その物理の普遍性を宇宙空間の異なる領域において検証する。そこから得られる新しい物理的知見を活かして、多点同時観測を実現する次世代小型プラズマ波動粒子計測器の基礎開発も行う。

【研究の方法】

1. ジオスペース探査衛星「あらせ」の波動データを用いて、非線形成長理論に基づいて周波数変動を伴うコーラス波動のモデルを作成し、その中で多数の粒子の軌道計算を行うことで粒子分布関数の変動を表す数値グリーン関数を求める。内部磁気圏に注入される電子の分布関数とグリーン関数との畳み込み積分から放射線帯の形成過程を再現できる。

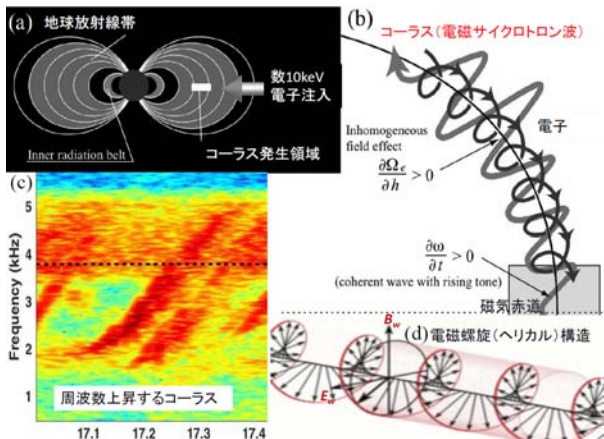


図1 電磁サイクロトロン波

2. 磁気圏の磁気リコネクション領域を探索するMMS衛星によるプラズマ波動および粒子の観測によって、空間的に螺旋構造をもつ電磁サイクロトロン波を検出し、その時空間の解析から波の伝搬方向、成長、減衰の詳細な変動を検出する。

3. プラズマ波動観測器は、アナログ回路とデジタル回路を統合したアナログデジタル混載型ワンチップの実現に取り組む。粒子観測装置は、検出器を含む解析部の小型軽量化が課題である。小型化すると、粒子の入射面積が減るため感度が下がる。小型軽量アナライザーを面方向に必要数だけ敷き詰めたものが、最小のアナライザーとなる。これらの部品を重ねていくことで必要な感度を確保する。数値実験・衛星探査の結果から次期衛星の観測要求仕様を求め、機器の性能バランスに反映させる。

【期待される成果と意義】

多領域宇宙探査のデータおよび、これまでの電磁サイクロトロン波動の数値実験の結果を用いてプラズマ波動粒子相互作用を再現することにより、無衝突プラズマエネルギー授受機構を解明することが期待できる。並行して本研究で実証される物理機構の知見を活かしてプラズマ波動・粒子計測機器の新機能の開発と小型化・高性能化を進め、次期国際共同観測ミッションへの観測提案を行うことができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Omura, Y., Y. Miyashita, M. Yoshikawa 他, (2015), Formation process of relativistic electron flux through interaction with chorus emissions in the Earth's inner magnetosphere, J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 9545-9562, 2015.
- Foster, J. C., P. J. Erickson, Y. Omura 他, Van Allen Probes observations of prompt MeV radiation belt electron acceleration in nonlinear interactions with VLF chorus, J. Geophys. Res. Space Physics, 122, 324-339, 2017.

【研究期間と研究経費】

平成29年度-33年度 133,700千円

【ホームページ等】

<http://pcwave.rish.kyoto-u.ac.jp/>
omura@rish.kyoto-u.ac.jp