

## 【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



### 研究課題名 波動粒子相互作用直接観測システムの開発による 相対論的電子加速機構の研究

おの たかゆき  
小野 高幸  
東北大学・大学院理学研究科・教授

研究分野：地球惑星科学

キーワード：太陽地球システム・放射線帯・粒子加速・宇宙天気

#### 【研究の背景・目的】

地球のまわりの宇宙空間(ジオスペース)には、放射線帯(ヴァンアレン帯)と呼ばれる MeV を超えるエネルギーをもった電子・イオンが地球磁場に捕捉されている領域がある。放射線帯の高エネルギー電子がどのようなメカニズムによって作り出されているかについては、長い議論が続いているがまだ同定されるにいたっていない。近年、ホイッスラーモード・コーラス放射と呼ばれるプラズマ波動がこの高エネルギー電子の加速を起こしている可能性が、理論・シミュレーション研究から指摘されている。コーラスの励起と電子加速過程の双方で、非線形の波動粒子相互作用が本質的に重要であることも指摘されている。

波動と電子のエネルギー交換過程を検出するためには、波動電磁場ベクトルと電子のサイクロトロン運動との位相差を検出する事が必要となる。近年、波動の位相変化と粒子個々の捕捉タイミングから位相差を検出した上で積分する事により、波動-粒子間エネルギー交換フラックスの直接計測を実現する WPIA と呼ばれる新しい計測手法が、本研究グループによって提案された。本基盤 S 計画においては、この計測手法を衛星搭載用の CPU 上で行うソフトウェア型波動粒子相互作用解析装置(S-WPIA)として実現する。本計画では S-WPIA をロケットおよび 2015 年ごろに予定されているジオスペース探査衛星に搭載、波動粒子相互作用にともなう波動と粒子のエネルギー交換過程を直接的かつ定量的に明らかにする計測手法の確立を目的とする。

#### 【研究の方法】

本研究計画においては、S-WPIA システムの開発に向けて、以下の 3 つの具体的な課題を設定する。

- 1) S-WPIA シミュレータの開発
- 2) S-WPIA 計測システムの開発
- 3) S-WPIA システムを飛翔体に搭載し、宇宙空間での波動粒子相互作用直接計測

1)においては、ジオスペースのグローバルなシミュレーションモジュールと波動粒子相互作用のミクロなシミュレーションモジュールを結合させ、ジオスペースの実際のプラズマ環境の中で、どのようにコーラスが生起し、電子を加速していくかを明らかにする。また、このシミュレーションから得られる粒子およびプラズマ波動データをもとに、S-WPIA システムにおける計測アルゴリズム

や観測シーケンスの検討を行う。

2)においては、粒子および波動データを CPU で処理するための要となる、粒子パルス変化データ回路、プラズマ密度オンボード測定ユニット、および時刻同期信号回路部を開発し、また 1)で検討されたアルゴリズム開発を受けて、CPU での処理システムを開発する。

開発された S-WPIA システムを用いた飛翔体観測を行うことにより、波動粒子相互作用の直接計測を実証、S-WPIA 計測手法を確立する。

#### 【期待される成果と意義】

本研究で実現される S-WPIA システムによって、宇宙空間におけるプラズマ波動と粒子のエネルギー交換過程を直接計測することを可能とする。このような観測は、諸外国でも例を見ない独創性がきわめて高いものである。この S-WPIA システムを本計画で実現することによって、宇宙における粒子加速の理解を飛躍的に拡大させる高い意義を持つとともに、宇宙空間プラズマの新たな観測手法を確立するものでもある。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Fukuhara, H., H. Kojima, Y. Ueda, Y. Omura, Y. Katoh, and H. Yamakawa, A new instrument for the study of wave-particle interactions in space: One-chip wave-particle interaction analyzer, Earth Planets Space., 61, 756-778, 2009.
- Miyoshi, Y., et al., Geospace exploration mission: ERG project, Trans. Japan Soc. Aer. Space Science, 8, ists27, 2010.

#### 【研究期間と研究経費】

平成 23 年度 - 27 年度  
162,200 千円

#### 【ホームページ等】

<http://stpp.gp.tohoku.ac.jp/s-wpia/>