

ERG 衛星で行う波動-粒子相互作用直接計測: Wave-Particle Interaction Analyzer(WPIA)

小嶋 浩嗣 [1]; 加藤 雄人 [2]; 平原 聖文 [3]; 高島 健 [4]; 浅村 和史 [5]; 笠原 慧 [6]; 三好 由純 [7]; 関 華奈子 [7]
[1] 京大・生存圏; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 東大・理・地惑; [4] 宇宙研; [5] 宇宙研; [6] ISAS/JAXA; [7] 名大 STE 研

Wave-Particle Interaction Analyzer onboard ERG satellite

Hirotsugu Kojima[1]; Yuto Katoh[2]; Masafumi Hirahara[3]; Takeshi Takashima[4]; Kazushi Asamura[5]; Satoshi Kasahara[6]; Yoshizumi Miyoshi[7]; Kanako Seki[7]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [3] Dept. Earth & Planet. Sci., Univ. Tokyo; [4] ISAS, JAXA; [5] ISAS/JAXA; [6] ISAS/JAXA; [7] STEL, Nagoya Univ.

One of the key targets in the ERG mission is to investigate wave-particle interactions in the terrestrial radiation belt. The study of wave-particle interactions has been conducted by examining the correlation of wave spectra/waveforms and plasma energy spectra/velocity distributions which are observed by plasma wave receivers and particle detectors, independently. The disadvantage of this method is the difference of the time resolutions of plasma wave data and plasma data. Furthermore, the quantitative data analysis is difficult in this method. In order to overcome these disadvantages, we have proposed the new method for the direct measurement of wave-particle interactions. It is addressed by Wave-Particle Interaction Analyzer (WPIA). The WPIA makes use of each pulse which shows the detection of particles in plasma detectors. The WPIA calculates $E \cdot v$ at each timing of particle detection by multiplying instantaneous electric field wave vector. Since $E \cdot v$ is equivalent to time differential of plasma kinetic energy, the quantitative energy flow among waves and plasmas can be obtained using the WPIA. In the present paper, we introduce the principle of the WPIA and show the current status of its development towards the ERG satellite.

ERG 衛星における重要な科学観測目的の一つが、放射線帯における波動-粒子相互作用観測である。特に、ホイッスラーモードが時間的な分散をもって観測されるコーラスエミッションは、磁気赤道付近で発生して伝搬すると考えられ、また、更に、このコーラスエミッションが放射線帯における高エネルギー粒子の生成に、大きな役割を担っていると考えら始めている。このコーラスエミッションの発生も、それによる高エネルギー粒子の生成においても、無衝突プラズマである宇宙空間プラズマでは、波動-粒子相互作用が素過程として介在している。波動-粒子相互作用に関する衛星観測による研究は、従来、「プラズマ波動観測装置からもたらされる周波数スペクトルや波形、粒子観測器から得られるエネルギースペクトル、速度分布関数を時系列で比較しながらその相関を確認する」という手法で行われてきた。しかし、この手法では、瞬時値である波動の「波形」と、積分値である粒子の「エネルギースペクトル」や「速度分布関数」とに大きな時間分解能の差があるなど、詳細な解析を行うことは難しかった。また、その相関を定量的に評価することも容易ではない。

我々はこのような問題点のある波動-粒子相互作用に関する衛星観測に対し、新しい計測手法(観測器)を提案した [1]。波動粒子相互作用解析器(WPIA: Wave-Particle Interaction Analyzer)と名付けたこの観測器では、独立に観測を行うプラズマ波動観測器と粒子観測器から得られる生データを衛星機上で直接処理して、波動-粒子間でのエネルギー授受を定量的に評価する。プラズマ波動観測器からは、観測波形の瞬時値を、粒子観測器からは、粒子捕捉パルス毎のエネルギーと方向を衛星機上で収集し、そのタイミングに従って、 $E \cdot v$ を計算する(ここで v は捕捉パルス毎の粒子の速度ベクトル、 E は粒子が捕捉された時の電界波形の瞬時値)。 $E \cdot v$ そのものは、粒子の kinetic エネルギーの時間微分に等しく、波動とのエネルギー授受をそのまま反映している。この $E \cdot v$ を時間的に集積したり、あるいは、波動による粒子捕捉が起こっているその位相差毎に集約したりするなどして、エネルギー授受を評価するのが WPIA である。ERG 衛星では、この WPIA をオンボードの CPU とそれ上で動作するソフトウェアによって実現する(S-WPIA: Software Wave Particle Interaction Analyzer)。本講演では、この ERG 搭載 S-WPIA について、まずその観測原理を述べ、更に、衛星に搭載する上でのシステ