

R006-20

B 会場：11/27 AM2 (11:05-12:35)

11:05~11:20:00

ダクト伝搬する波動と粒子の相互作用観測のための超小型電子計測技術の開発

#田中 寿典¹⁾, 笠原 慧²⁾, 三谷 烈史³⁾, 三好 由純⁴⁾, 加藤 雄人⁵⁾

(¹⁾ 東京大学, (²⁾ 東京大学, (³⁾ 宇宙航空研究開発機構, (⁴⁾ 名古屋大学, (⁵⁾ 東北大学

Development of a CubeSat Electron Measurement Technology for Observing Ducted Wave-Particle Interactions in Low Earth Orbit

#Toshinori TANAKA¹⁾, Satoshi KASAHARA²⁾, Takefumi MITANI³⁾, Yoshizumi MIYOSHI⁴⁾, Yuto KATOH⁵⁾

(¹The University of Tokyo, (²The University of Tokyo, (³Japan Aerospace Exploration Agency, (⁴Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (⁵Tohoku University

Plasma waves in the Earth's magnetosphere play a significant role in space environment dynamics by accelerating and scattering charged particles. For example, whistler-mode chorus waves are generated near the magnetic equator and are known to cause pitch-angle scattering of energetic electrons. As these waves propagate to higher latitudes, their resonance energy with electrons increases, leading to the precipitation of quasi-relativistic and relativistic electrons into the atmosphere. It has been suggested that such waves can be guided by field-aligned density enhancements, or "ducts," enabling efficient propagation to higher latitudes without significant scattering. However, direct observational evidence of this process remains scarce. To test the hypothesis of high-energy electron precipitation driven by ducted waves, we are developing the Low-Earth Orbit Electron Sensor (LEON) for the IMPACT project. LEON is a compact detector capable of covering a wide energy range of 10 – 1000 keV with a single instrument, enabling observations from seed electrons before interaction to quasi-relativistic/relativistic electrons afterward. In-situ measurements of precipitating electrons from low-Earth orbit (500 – 600 km) will provide decisive evidence of wave – particle interactions occurring within ducts. Few detectors can achieve such wide energy coverage within the 1U CubeSat form factor. LEON employs a hybrid configuration, using an Avalanche Photodiode (APD) for low energies and a Solid-State Detector (SSD) for high energies. In this presentation, we report on the performance evaluation of a 1.5-mm thick SSD and noise-mitigation simulations. Laboratory tests with 57Co and 207Bi sources confirmed that the SSD provides sufficient energy resolution (eg. FWHM = 7.8 keV at 122 keV). Monte Carlo simulations were also conducted to design aluminum shielding against background from sunlight and protons. The results demonstrate that, with optimized shielding, LEON can effectively measure electrons from 25 to 1600 keV, covering the target science range while suppressing proton contamination.

地球磁気圏に存在するプラズマ波動は、荷電粒子の加速や散乱を引き起こすことで、宇宙環境の変動に中心的な役割を果たしている。例えば、ホイッスラーモード・コーラス波動は、磁気赤道付近で発生後、高エネルギー電子のピッチ角散乱を引き起こす。高緯度に伝搬したプラズマ波動は、電子との共鳴エネルギーが高くなることで、準相対論的/相対論的電子の降下を引き起こす。このようなプラズマ波動は、周囲よりプラズマ密度が高い「ダクト」構造に捕捉されることで、散乱することなく高緯度へと伝搬することが示唆されているが、その直接的な観測証拠は未だ限られている。本研究の目的は、この「ダクト伝搬波動による高エネルギー電子の降下」という仮説をその場観測によって実証する IMPACT プロジェクトで使用する、「超小型高エネルギー電子計測器 (LEON; Low-earth Orbit Electron Sensor)」の開発である。LEON は、波動による加速・散乱前のシード電子から、相互作用後の準相対論・相対論的電子までを包括する 10~1000 keV のエネルギー帯域を単一の機器で捉える。高度 500~600 km の低軌道において、大気へ降下してくるこれらの電子を計測することは、ダクト内波動との相互作用の決定的な証拠となる。しかし、この広帯域なエネルギー範囲をカバーする電子計測器の中で、超小型衛星に搭載可能な 1U サイズのものは少ない。LEON は、低エネルギー側をアバランシェフォトダイオード (APD)、高エネルギー側を固体検出器 (SSD) で分担するハイブリッド構成を用いている。本発表では、LEON 開発の一環として行った、高エネルギー側を担う厚さ 1.5 mm の SSD の性能評価と、ノイズ対策シミュレーションについて報告する。性能評価実験では、放射線源として 57Co および 207Bi を用い、SSD が十分なエネルギー分解能を持つことを確認した (FWHM=7.8keV@122keV)。また、計測ノイズ源となる太陽光や高エネルギー陽子をアルミニウムを用いて遮蔽するため、モンテカルロシミュレーションを実施した。その結果、最適な厚さのアルミニウム遮蔽材を施すことで、電子の計測結果に陽子の影響を抑えて、目標エネルギー範囲を包含する 25~1600 keV の電子を計測可能であることを示す予定である。