

## プラズマ粒子観測器向け多機能 ASIC の開発

#高橋 士門<sup>1)</sup>, 菊川 素如<sup>1)</sup>, 浅村 和史<sup>2)</sup>, 頭師 孝拓<sup>3)</sup>, 栗田 怜<sup>1)</sup>, 横田 勝一郎<sup>4)</sup>, 小嶋 浩嗣<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>京大, (<sup>2)</sup>宇宙研, (<sup>3)</sup>奈良高専, (<sup>4)</sup>大阪大)

## Development of a Multifunctional ASIC for Plasma Particle Detectors on board Satellites

#Shimon Takahashi<sup>1)</sup>, Motoyuki Kikukawa<sup>1)</sup>, Kazushi Asamura<sup>2)</sup>, Takahiro Zushi<sup>3)</sup>, Satoshi Kurita<sup>1)</sup>, Shoichiro Yokota<sup>4)</sup>, Hirotsugu Kojima<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup>Kyoto University, (<sup>2</sup>)Japan Aerospace Exploration Agency, (<sup>3</sup>)National Institute of Technology (KOSEN), Nara College, (<sup>4</sup>)Osaka University

Space plasma is characterized by its extremely low density, where energy exchange through particle collisions is negligible. Nevertheless, significant changes in particle kinetic energy, such as heating and acceleration of electrons and ions, are observed. These phenomena are mediated by plasma waves through a process known as wave-particle interaction. Detailed observations of these interactions are crucial for comprehending the electromagnetic environment of the universe. To elucidate the energy transport processes facilitated by wave-particle interactions in spatially inhomogeneous space plasmas, simultaneous multi-point observations are essential. Nano-satellite constellations offer a promising approach to achieve this goal. However, conventional plasma analyzers are often too large and resource-intensive for widespread deployment on ultra-compact satellites, highlighting the urgent need for miniaturized analyzers. This study aims to miniaturize the electronic circuitry of particle analyzers using Application-Specific Integrated Circuit (ASIC) technology. We have developed an analog front-end circuit for a Time-of-Flight (TOF) based ion energy-mass spectrometer. Ion beam irradiation experiments have confirmed that this circuit possesses sufficient time resolution to discriminate ion species typical of the Earth's magnetosphere. To ensure space environment compatibility, we conducted comprehensive environmental tests. Temperature tests ranging from -20 °C to 60 °C and radiation tests up to 300krad demonstrated the ASIC's reliability under space-like conditions. Furthermore, we have integrated a counting function into the newly developed ASIC, enabling simultaneous output of TOF signals and accumulated particle counts over specified time intervals.

宇宙空間のプラズマ無衝突プラズマであり、粒子同士の衝突によるエネルギー交換はほとんど生じない。しかし、実際には電子やイオンの加熱・加速などの運動エネルギーの変化は発生しており、その現象にはプラズマ波動が媒体として関与している。この現象は波動粒子相互作用と呼ばれ、その詳細な観測は宇宙電磁環境を理解する上で非常に重要である。空間的に非一様性が強い宇宙プラズマにおいて、波動粒子相互作用によるエネルギーの輸送過程を理解するには、超小型衛星による同時多点観測が必要とされる。しかし、従来の観測装置は回路規模が大きく、同時多点観測を実現するためのリソースが非常に多く必要となることから観測装置の小型化が求められている。そこで本研究では、粒子観測器の電子回路部を特定用途向け集積回路 (ASIC) 技術によって小型化することを目的としている。TOF (Time-of-Flight) 型イオン質量分析器向けに開発したアナログフロントエンド回路は、イオンビーム照射実験により、地球磁気圏のプラズマイオンを識別するために十分な時間分解能を持つことが確認された。また、-20 °Cから 60 °Cまでの温度試験および 300krad までの放射線試験を実施し、宇宙環境下においても信頼性を保つことが実証された。さらに、新たに開発した ASIC には粒子カウンタが統合されており、TOF 信号と一定時間に蓄積された粒子数を同時に出力できる機能を備えている。