

宇宙地球結合系探査に向けた編隊飛行衛星計画とプラズマ・中性粒子分析器開発、及び開発環境整備
A Future Formation Flight Mission of Compact Satellites and Mission-Oriented Developments
of Plasma/Neutral Particle Analyzers for Elucidating Space-Terrestrial Coupling Mechanisms

*平原 聖文¹、齋藤 義文²、大山 伸一郎¹、浅村 和史²、横田 勝一郎²、坂野井 健³、小嶋 浩嗣⁴

*Masafumi Hirahara¹, Yoshifumi Saito², Shin-ichiro Oyama¹, Kazushi Asamura², Shoichiro Yokota², Takeshi Sakanoi³, Hirotsugu Kojima⁴

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、4.京大大学生存圏研究所

1.Institute of Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3.The Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 4.Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

In 21st century, we led the Reimei mission realizing the fine-scale auroral emission and particle observations by the high-time/spatial resolutions and also initiated the ERG mission based on the trinity research system consisting of in-situ observation using spacecraft, ground-based network observation, and data analysis/modeling approach. The main scientific targets of these missions are the space plasma dynamics occurring universally in the regional and energy couplings in the terrestrial ionosphere and magnetosphere. Through these space exploration missions, we have actually noticed and been proposing the importance of coherent cooperation in the different methodologies (in-situ/ground-based observations, data analyses, modeling/simulation) as well as the significance of appropriate international collaborations, especially in the instrumental developments. It should also be noted that some novel ideas and the cutting-edge technologies matching them have been stimulating new exploration missions. For example, the high-resolving simultaneous measurements of auroral emissions and particles were carried out in the Reimei mission by using both our original auroral camera and plasma instrument. Recently, we are also developing so-called software-type wave-particle interaction analyzer (S-WPIA) in ERG in order to elucidate the energy transport between the plasma waves and particles in the collisionless plasma regime. These research experiences and expertise in our community are now leading new research activities to propose a new exploration mission using polar formation-flight configuration of compact satellites for the space-terrestrial coupling mechanisms. In this future mission, we will directly investigate the interactions and couplings in the plasma and neutral particles and the electromagnetic fields and waves in addition to the plasma wave-particle interaction analyses for the ionospheric transverse ion acceleration (TIA) and the simultaneous auroral emission-particle observations for the magnetosphere-ionosphere coupling processes like Alfvénic electron acceleration and their related auroras, and the field-aligned current distribution and variation. In this presentation, We introduce the formation-flight exploration mission using compact satellites and also discuss the instrumental development plans for their realization.

キーワード：宇宙空間プラズマ、中性大気粒子、電磁気圏電磁場・波動、統合観測、小型衛星、編隊飛行
Keywords: space plasma, atmospheric neutral particle, space electromagnetic fields and wave, integrated observation, compact satellite, formation flight

SS520-3ロケット実験波動観測器 (LFAS) 搭載デジタル信号処理モジュール
Digital Data Processing Module in the Low Frequency Analyzer System (LFAS) for the SS520-3
Rocket Experiment

*笠原 禎也¹、高橋 翼¹、太田 守¹、小嶋 浩嗣²、尾崎 光紀¹、八木谷 聡¹、石坂 圭吾³

*Yoshiya Kasahara¹, Tsubasa Takahashi¹, Mamoru Ota¹, Hirotsugu Kojima², Mitsunori Ozaki¹, Satoshi Yagitani¹, Keigo Ishisaka³

1.金沢大学、2.京都大学、3.富山県立大学

1.Information Media Center, Kanazawa University, 2.Kyoto University, 3.Toyama Prefectural University

We introduce a digital data processing module for low frequency analyzer system (LFAS) on the "SS-520-3" rocket. The main objective of the SS520-3 rocket experiment is to identify ion acceleration and heating mechanism in the polar cusp region. The LFAS is equipped with two type of receivers; EFD (electric field) and WFC (waveform capture). The EFD measures electric wave field in the frequency range from DC to 400 Hz and the data will be sent by analogue telemetry, while WFC covers electric field measurements in the VLF range below 10 kHz and generate digital data which consist of one channel of spectrum and two channels of waveform. In order to achieve real-time data processing of the WFC receiver on the rocket, we plan to develop digital data processing modules on FPGA. The digital modules consist of three FFT modules with cascaded decimation filters for spectrum analyzers and a lossy data compression module for waveform data for the purpose of data reduction. We have already developed a general-purpose FPGA board for evaluation of various kinds of signal processing [1]. We can integrate our own signal processing module on it without any complicated wiring work for the peripheral circuits and evaluate the performance of our proposed module. In the presentation, we report the current design of these data processing modules.
[1] Y. Kasahara, H. Matsui, and Y. Goto, Abstract of JPGU Meeting 2015, PCG31-19.

キーワード：プラズマ波動受信器、SS520-3ロケット実験、デジタル信号処理

Keywords: Plasma Wave Receiver, SS520-3 rocket, Digital signal processing

将来火星探査に向けた近距離用LIDARの開発

Development of short-range LIDAR for future Mars landing mission

*千秋 博紀¹、山田 園子²、椎名 達雄²、乙部 直人³、はしもと じょーじ⁴、梅谷 和弘⁴、川端 康弘⁵

*Hiroki Senshu¹, Sonoko Yamada², Tatsuo Shiina², Naohito Otobe³, George HASHIMOTO⁴, Kazuhiro Umetani⁴, Yasuhiro Kawabata⁵

1.千葉工業大学惑星探査研究センター、2.千葉大学大学院融合科学研究科、3.福岡大学理学部、4.岡山大学大学院自然科学研究科、5.気象庁気象研究所

1.Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2.Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University, 3.Faculty of Science, Fukuoka University, 4.Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 5.Meteorological Research Institute,

The thermal structure of the atmosphere is controlled by the distribution of small particles (aerosol particles).

They absorb and scatter a part of the solar radiation and the thermal emission from the surface. The spatial and size distribution of small particles is therefore a key to understand the thermal structure of the atmosphere.

This is also the case for Mars. The red planet is known as having a dusty atmosphere whose thermal structure drastically changes depending on the distribution of the dust grains. The total amount of the dust grains in martian atmosphere is to be decided by the balance between the supply of dust grains from the surface and the sink of dust grains onto the surface. But the mechanism of the dust supply is unclear yet. Although dust-devils are proposed to be the most plausible mechanism to make the dust grains detached from the surface, the efficiency of the dust detachment is still hard to estimate. This is because the efficiency depends on many factors, such as the shape of a dust grain, the humidity, the electrostatic state of the dust grain and the surface, the size distribution function of dust grains on the surface, and so on.

To unveil the distribution and the motion of dust grains in a dust devil, we are developing a LIDAR. This LIDAR observes the dust grains on the line of sight in the range of around 100m with the spacial and temporal resolution less than 1m and 1s, respectively. The verification test of the LIDAR is conducted at the large wind tunnel at Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency.

キーワード：ライダー、ダスト、つむじ風

Keywords: LIDAR, dust, dust devil

火星圏探査に向けた紫外光検出器の開発

Development of an ultraviolet spectrometer for the Mars/Phobos exploration

*桑原 正輝¹、吉岡 和夫¹、吉川 一朗¹

*Masaki Kuwabara¹, Kazuo Yoshioka¹, Ichiro Yoshikawa¹

1.東京大学

1.The University of Tokyo

The UltraViolet Spectrometer (UVS) is a strong tool for observing the Martian atmosphere and the surface of its moon, Phobos. For example, UVS can observe the absorption of the ozone (~250 nm) in the Martian atmosphere. Ozone is a key species for understanding the stability and evolution of the Martian atmosphere. UVS can also observe the surface albedo of Phobos at the wavelength of 220 nm interpreted of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) origin. The presence or absence of PAH is important to understand the origin and evolution of Phobos. In this presentation, we will show the optical design of UVS and the methods of measurements of the global distribution of total ozone on Mars and the surface composition of Phobos.

キーワード：火星、フォボス、ダイモス、紫外線、分光

Keywords: Mars, Phobos, Deimos, Ultraviolet, Spectroscopy

SS-520-3号機観測ロケット実験の概要と期待される成果

SS520-3 Sounding Rocket Experiment Targeting the Ion Outflow over Dayside Cusp

*齋藤 義文¹、小嶋 浩嗣²、小川 泰信³

*Yoshifumi Saito¹, Hirotsugu Kojima², Yasunobu Ogawa³

1.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・太陽系科学研究系、2.京都大学 生存圏研究所、3.国立極地研究所
1.Solar System Science Division, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace
Exploration Agency, 2.Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, 3.National
Institute of Polar Research

電離大気の加速・流出現象は、地球のみならず火星、水星を含む他惑星や月を含む衛星周辺でも起こる普遍的な現象であることが最近の国内外の観測で次第に明らかとなってきた。しかしながら、その流出機構については、それぞれの天体の条件で様々に変化するため、それらの機構を理解することは天体周辺大気の変遷を理解・予測する上で必要不可欠である。SS520-3観測ロケット実験は、地球で主要な電離大気流出が起きている極域カusp周辺領域において、電離大気流出の原因として理論的に想定されている波動-粒子相互作用を、人工衛星ミッションに向けて新たに開発された観測装置を用いて世界で初めてその場で検出、解明するミッションである。

SS520-3観測ロケット実験が解明を目指す波動-粒子相互作用は極域カusp上空800km付近から効率よく働いていると予測されており、本実験には800km以上の高度まで到達できるSS520の使用が必須となる。更に、カusp上空にSS520を打ち上げる事のできる射場は、スピッツベルゲン・ニーオレスンを除いて他には無い。

SS520-3観測ロケットには、デジタル方式フラックスゲート磁力計 (DFG)、全磁力を計測するCoupled Dark State Magnetometer (CDSM)、低周波波動解析システム(LFAS: Low Frequency Analyzer System)、熱的イオン分析器 (TSA: Thermal Ion Spectrum Analyzer)、低エネルギーイオン/電子計測器 (LEP: Low Energy Particle experiment)、低エネルギーイオンエネルギー質量分析器(IMS: Ion Mass Spectrometer)、高速ラングミュアプローブ (FLP: Fast Langmuir Probe)、針状ラングミュアプローブ (NLP: Needle Langmuir Probe)、高周波プラズマ波動・インピーダンスプローブ (PWM: Plasma and Wave Monitor) の各観測装置と、姿勢決定のための太陽センサー (SAS: Sun Aspect Sensor) を搭載する。このうち、CDSMはオーストリア、NLPはノルウェーから提供される、国外の観測装置である。また、LFASとTSA/IMSの双方で取得されるデータを高速にメモリに保存し、メモリに保存されたデータを地上に送って解析することで、これらの観測装置は、WPIA(Wave Particle Interaction Analyzer: 波動粒子相関器)として機能する。このWPIAを用いることで、地球電離圏における電離大気流出につながる、電離大気の加熱、加速メカニズムの解明にブレークスルーをもたらす計画である。

SS520-3観測ロケット実験を実施するにあたり、EISCAT スバルバルレーダー (ESR) との連携及び、同時観測は必須である。ESRのリアルタイム観測データは、観測ロケット打ち上げ時に流出現象が起きていることのモニターとして必要不可欠である他、ロケット観測データの解釈に必要な熱的イオンの時空間分布の情報を与えてくれる。ESRは数10kmオーダーの平均的な描像を得ることができのに対し、観測ロケットはロケット軌道上のその場の詳細な情報を得ることができるため、同時に異なるスケールで観測されたデータを取得できる。このこともイオン流出現象の理解のために、非常に役立つと言える。

SS520-3観測ロケット実験では、打ち上げタイミング決定の条件である「観測ロケットの軌道が観測対象とするカusp領域の上空を通過するかどうか」の判断には、主に地上からの光学観測のリアルタイムデータが重要になる。これらの観測はロケット射場のあるNy Alesund ではノルウェーのオスロ大が行っている他、約100 km離れたスバルバード島内のLongyearbyenではオスロ大、The University Centre in Svalbard (UNIS) の他、日本も極地研のグループを中心にオーロラ分光器や全天カメラを用いた観測及びリアルタイムデータ公開を継続しており、国内及びオスロ大、UNISの研究者を通じて、ロケット実験時の支援を期待できる。

北欧Ny Alesundからの宇宙研の観測ロケットの打ち上げは、SS520-2号機に続き15年ぶりである。この大変貴重な機会を最大限に生かして、電離大気流出の原因として理論的に想定されていながら未解決のままとなっている、波動-粒子相互作用の検出に是非とも成功してそのメカニズムを解明したいと考えている。

キーワード：観測ロケット実験、電離大気流出、カスプ
Keywords: Sounding Rocket, Ion Outflow, Cusp

将来小型衛星に向けた軽量X線イメージャーの開発

Development of a light-weight X-ray imager for future explorer missions

*石川 久美¹、江副 祐一郎²、小川 智弘²、中村 果澄²、沼澤 正樹²、武内 数馬²、寺田 優²、佐藤 真柚²、三石 郁之³、大橋 隆哉²、満田 和久⁴、木村 智樹¹、三好 由純³、笠原 慧⁴、山崎 敦⁴、藤本 正樹⁴

*Kumi Ishikawa¹, Yuichiro Ezoe², Tomohiro Ogawa², Kasumi Nakamura², Masaki Numazawa², Kazuma Takeuchi², Masaru Terada², Mayu Sato², Ikuyuki Mitsuishi³, Takaya Ohashi², Kazuhisa Mitsuda⁴, Tomoki Kimura¹, Yoshizumu Miyoshi³, Satoshi Kasahara⁴, Atsushi Yamazaki⁴, Masaki Fujimoto⁴

1.理化学研究所、2.首都大学東京、3.名古屋大学、4.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

1.RIKEN, 2.TMU, 3.Nagoya University, 4.JAXA/ISAS

We would like to introduce a ultra light-weight X-ray optics and present recent results on X-ray performance test with these optics.

X-ray observatories are essential for X-ray astrophysics. Hence, revolution of observation technologies could lead to new discoveries. Detection of X-rays from the solar system objects including planets (Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn), satellites (Moon, Galilean satellites), comets, and heliosphere is one of the discovery by recent X-ray observatories, i.g., Chandra, XMM-Newton and Suzaku. Representative mechanisms of their X-ray emission could be divided into three categories. First one is an elastic and a fluorescent scattering of solar X-rays by neutrals in the planetary atmosphere. Second one is a charge exchange with neutrals in the tenuous planetary exosphere and the cometary gas. Last one is collisions of energetic electrons in the planetary aurora with atmospheric neutrals producing bremsstrahlung emission and emission lines. Since these mechanisms are closely related to surrounding environments of the objects, we can obtain detailed information on planets such as density and spatial distribution of not-well known planetary tenuous atmosphere and magnetosphere. Overall pictures of them can be taken with remote sensing X-ray observatories. On the other hand, snapshots are obtained by the in-situ explorer missions. They are complementary to the in-situ explorer missions.

A key technique for the X-ray explorer or small satellite missions is a reduction in weight of optics. Conventional X-ray optics have a trend that optics with better angular resolution have larger ratio of the weight to effective area. Therefore, it is difficult to utilize them for the X-ray planetary missions which has a severe weight limit. Micro pore optics are being developed based on a concept of a miniature optics. To compensate decrease of reflection area, amount of mirrors are needed to increase. We have developed a novel type of micro pore optics with MEMS (MicroElectroMechanical System) technologies (Ezoe et al. 2006, 2010). We call them MEMS X-ray optics.

An instrument composing of the MEMS X-ray optics and a radio-hard semiconductor pixel detector is being developed. It aims at the first in-situ measurement of X-ray emission related to planetary atmosphere and magnetosphere. For example, JUXTA (Jupiter X-ray Telescope Array) is intended to observe Jovian X-rays (Ezoe et al., 2013). It covers 0.3-2 keV with the energy resolution of <100 eV at 0.6 keV. The major advantage of JUXTA compared to the Earth-orbiting X-ray observatories is proximity. Hence, if JUXTA has the effective area of 3 cm² at 0.6 keV and the angular resolution of 5 arcmin and orbits in ~30 Jovian radii at periapsis, these numbers scaled to the Earth orbit observation of Jupiter are 24 m² and 1 arcsec, respectively.

We fabricated the MEMS X-ray optics for JUXTA. The MEMS X-ray optics are made of 4-inch silicon wafer with 300 um thickness. A lot of micro-pores are formed in the thin silicon wafer by photolithography and deep reactive ion etching (DRIE). A typical pore width is 20 um and the sidewall of these pores play a role as X-ray reflective surfaces. After DRIE, sidewalls of the pore

structures are smoothed by annealing in order to reflect X-rays with a micro roughness of less ~1 nm rms. Finally, the wafer is plastically deformed to a spherical shape. We constructed an approximately Wolter type-I telescope stacked two bending 4-inch optics with different curvature radii, and confirmed a clear X-ray focus for the first time (Ogawa et al., submitted in MST). We also confirmed a need of improvement for a surface roughness and a vertical profile of sidewalls within pores.

キーワード：X線、軽量光学系

Keywords: X-ray, light-weight optics

人工飛翔体搭載用 熱的・超熱的イオン分析器の開発

Development of a Thermal and Supra-thermal ion Analyzer for an experiment of Sounding Rocket

*須藤 雄志¹、浅村 和史²、斎藤 義文^{1,2}

*Yushi Suto¹, Kazushi Asamura², Yoshifumi Saito^{1,2}

1.東京大学大学院理学系研究科、2.宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・太陽系科学研究系

1.Graduate School of Science., University of Tokyo., 2.Solar System Science Division, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

地球磁気圏には数eV程度の熱的・超熱的と呼ばれる冷たい粒子から数MeVを超える高エネルギー粒子まで、幅広いエネルギー帯のプラズマ粒子が同時に存在している。これらの粒子は電磁場を介して相互作用し、加速や輸送を経て生成・消滅することで多様なプラズマ環境を形成している。例えば、内部磁気圏には電離圏起源のプラズマが存在することが知られており、磁力線に沿って電離圏プラズマが磁気圏へと流出する現象が衛星観測によっても確認されている。このとき、電離圏では1eVほどであった粒子が高高度では数十eVほどにまで加速されている。しかし、その加速機構は未だ解明されていない。この理由の一つは、数十eV以下の粒子の直接観測を行う場合、衛星の帯電電位が粒子軌道に影響を与えてしまい、観測自体が簡単ではないためである。

衛星電位の影響を抑制する方法として、観測機器を衛星から伸展したブーム上に設置し、観測器の筐体電位を制御することが考えられる。この場合、観測器は小型軽量である必要がある。このため、我々は小型化を重視した熱的・超熱的イオン分析器の開発を行っている。機器設計においては、360度の平面状視野を持つトップハット型静電分析器と飛行時間分析型質量分析器の構造を採用した。小型軽量化に対する適切な設計を行うことで、現設計ではアナライザ部の大きさを100φ×60 mm程度に抑えている。

本発表では、熱的・超熱的イオン分析器の設計結果および現在の開発状況について述べる。

キーワード：熱的・超熱的イオン、イオン分析器、観測ロケット

Keywords: Thermal and Supra-thermal ion, Ion analyzer, Sounding rocket

超小型衛星コンステレーションのためのプラズマ計測パッケージ

Plasma package for constellation of micro-satellite

*長妻 努²、高橋 幸弘¹、石田 哲朗¹、栗原 純一¹、佐藤 光輝¹、渡部 重十³*Tsutomu Nagatsuma², Yukihiro Takahashi¹, Tetsuro Ishida¹, Junichi Kurihara¹, Mitsuteru Sato¹, Shigeto Watanabe³

1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻、2.情報通信研究機構、3.北海道情報大学

1.Department of CosmoSciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2.National Institute of Information and Communications Technology, 3.Hokkaido Information University

Multipoint observation of space plasma is essential to distinguish spatial and temporal variations and to increase the spatial coverage. However, making satellite needs too much cost and human power so that it has not been realistic to distribute tens of the plasma sensors at different points. Such situation is drastically and rapidly changing due to the appearance of micro or nano satellites with a weight less than 100 kg, which cost only 1/100 or even 1/1000 of conventional large satellite. Adding to Surrey Satellite Technology Ltd., a venture company of Surrey University in UK and one of the pioneers of microsatellite, not a few institutes, universities, space agencies and private companies started entering the international race of micro-satellite development. It is not unrealistic that 100s-1000 of satellites are launched every year in a several years from now. One of the fascinating ideas to realize super multipoint measurement for space weather monitoring might be installing a standardized scientific plasma sensor package at every micro-satellite to be launched in the world as a part of the BUS instruments. Here we would like to discuss how to promote and distribute this idea internationally.

キーワード：超小型衛星、コンステレーション、プラズマパッケージ、小型センサー

Keywords: micro-satellite, nano-satellite, constellation, plasma instrument

ワンチップ新型プラズマ波動スペクトル受信機の設計開発

The development of the one chip new spectrum plasma wave receiver

*頭師 孝拓¹、小嶋 浩嗣¹、大西 啓介¹、尾崎 光紀²、八木谷 聡²、山川 宏¹*Takahiro Zushi¹, Hirotsugu Kojima¹, Keisuke Onishi¹, Mitsunori Ozaki², Satoshi Yagitani², Hiroshi Yamakawa¹

1.京都大学、2.金沢大学

1.Kyoto University, 2.Kanazawa University

プラズマ波動受信機は宇宙プラズマ観測において不可欠であり、これまで様々な科学衛星に搭載されてきた。しかしながら、近年では搭載機器の多様化や衛星の小型化からプラズマ波動受信機の小型軽量化が求められている。これに対し、我々は特定用途向け集積回路(Application Specific Integrated Circuit: ASIC)技術を利用したプラズマ波動受信機の小型集積化に取り組んでいる。本発表においては、新型のスペクトル受信機について述べる。これまでのスペクトル受信機は、周波数掃引型(Sweep Frequency Analyzer: SFA)、多チャンネル型(Multi Channel Analyzer: MCA)、高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform: FFT)型の3種類に分けることができる。このうち、SFA、MCAについては、受信機の周波数分解能と時間分解能の両立が難しいという問題がある。FFT型の受信機はこの問題を解決することができる一方で、広帯域での信号増幅を行うため、ダイナミックレンジの劣化を招いてしまう。本研究では、上記の問題を解決することのできる新型スペクトル受信機を提案する。

新型スペクトル受信機は、アナログ回路による信号処理とCPU・FPGA等によるデジタル信号処理を組み合わせた構成となっている。入力された信号はアナログ回路において帯域制限および増幅が行われ、A/D変換された後にデジタル信号処理部でFFTが行われる。この処理を、10 Hz~1 kHz、1 kHz~10 kHz、10 kHz~100 kHzの3つの周波数帯で行うことで、観測対象である10 Hz~100 kHz全体のスペクトルを取得する。この手法は、掃引ステップ数が少ないために高い時間分解能が実現でき、またFFTにより各周波数帯において十分な周波数分解能を得られる。さらに、帯域を絞った増幅となるので上述のダイナミックレンジの劣化も生じない。また、各バンドでサンプリング周波数を必要最低限の値へと設定することで、従来のFFT型受信機と比べて消費電力を小さくすることができる。

本研究では、上記の新型スペクトル受信機に必要なアナログ回路をASICにより設計し、十分な性能を持つ回路の実現に成功した。受信機に必要なアナログ回路及びその制御用デジタル回路が5 mm x 5 mmのチップ内に収められている。また、開発したASICチップに加え、PCからの制御が可能なA/Dボードを利用し、性能評価用のプロトタイプを作成した。プロトタイプモデルにおいては、時間分解能が0.4秒、10 Hz~1 kHz、1 kHz~10 kHz、10 kHz~100 kHzの各バンドにおける周波数分解能が3.2 Hz、32 Hz、320 Hzと、十分な性能を得られることを確認した。発表においては、受信機の設計および性能の詳細を述べる。

キーワード：プラズマ波動、ASIC

Keywords: Plasma wave, ASIC

波動粒子相互作用直接観測システムにおける粒子検出回路の小型化

The Miniaturization of Particle Detection Circuits Composing the Direct Observation System for Wave-Particle Interactions

大西 啓介¹、*小嶋 浩嗣²、池田 博一³、齋藤 義文³、頭師 孝拓¹、山川 宏²Keisuke Onishi¹, *Hirotsugu Kojima², Hirokazu Ikeda³, Yoshifumi Saito³, Takahiro Zushi¹, Hiroshi Yamakawa²

1.京都大学大学院工学研究科、2.京都大学生存圏研究所、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

1.Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2.Research institute for sustainable humanosphere, Kyoto University, 3.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

波動粒子相互作用の定量的な観測に向けて、“波動粒子相互作用解析装置(WPIA: Wave-Particle Interaction Analyzer)”が提案された。我々はこのWPIAを特定用途向け集積回路(ASIC: Application Specific Integrated Circuit)技術を用いることでワンチップ化することを目的としている。ワンチップWPIAを実現するためには、プラズマ粒子1つ1つの検出信号を逐次出力する、小型粒子検出回路が必要である。これにより、波動観測器と粒子観測器との時刻同期が取るやすくなる。

粒子センサに到達した1つの電子は電荷増幅され粒子検出回路に入力される。この増幅された電荷はパルス幅が数ns程度の非常に微弱な電流信号として近似できる。これを直接検出することは困難であるため、前段処理として電荷信号を電圧信号に変換及び増幅する必要がある。すなわち、粒子検出回路は2段構成となる。前段には、粒子検出用高速アンプとしてカレントコンベアを、後段には高速応答コンパレータとしてラッチコンパレータをそれぞれ採用した。まず、カレントコンベアの設計を行った。カレントコンベアの応答は出力インピーダンスと出力端を構成するMOSFETの相互コンダクタンスに依存する。双方の値を大きくすることで応答を向上させた。シミュレーションにおいて、振幅103 μ Aの電流パルスを入力したとき、パルス入力から1.8 ns間で出力電圧が330 mV大きくなり、約16.2 nsで収束する非常に高速な応答が得られた。シミュレーション結果と試作チップの測定結果との比較から、設計通りに試作チップが動作していると判断でき、高速に応答する粒子検出用高速アンプを設計した。次に、ラッチコンパレータの設計を行った。ラッチコンパレータの応答はラッチ回路を構成するMOSFETのアスペクト比と総電流量に依存する。これらを適宜設定し、遅延時間2 ns以内で応答する高速応答コンパレータを設計した。試作チップを測定したところ、寄生容量の影響により遅延時間が増大したため、シミュレーションにおいて改良を行った。

本発表では、上記の小型粒子検出回路の設計及び評価を行った詳細に加え、設計した小型粒子検出回路を用いた小型波動粒子相互作用直接観測システムの提案を行う。

キーワード：波動粒子相互作用、波動粒子相互作用解析装置(WPIA)、粒子検出、特定用途向け集積回路(ASIC)
Keywords: Wave-Particle Interaction, Wave-Particle Interaction Analyzer(WPIA), Particle Detection, Application Specific Integrated Circuits(ASIC)

電離圏イオン組成観測のための広帯域インピーダンスプローブの開発

Development of wideband impedance probe system for observation of the ionospheric ion composition

*熊本 篤志¹

*Atsushi Kumamoto¹

1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

The performance of new wideband impedance probe system for observation of the ionospheric ion composition have been evaluated in the plasma chamber. Measurement system of Number density of Electron with Impedance probe (NEI) were developed by Oya [1966], and successfully utilized for numerous sounding rockets and spacecrafts such as Denpa, Taiyo, Jikiken, Hinotori, Ohzora, and Akebono [e.g. Wakabayashi et al., 2013]. NEI measures the equivalent capacitance of the probe immersed in the magnetized plasma. By applying RF signal to the probe, we can identify the minimum of equivalent capacitance due to upper hybrid resonance (UHR). The frequency of RF signal is swept from 100 kHz to 25 MHz, in order to cover the UHR frequency range in the Earth's ionosphere. We can obtain accurate electron number density from the measured UHR frequency.

The effective capacitance of the probe in the magnetized plasma shows minimum not only at UHR frequency but also at another resonance frequency: Lower hybrid resonance (LHR). If we can measure LHR frequency with UHR frequency and electron cyclotron frequency, we can derive effective mass of ionospheric plasma and determine the ionospheric ion compositions. Because LHR frequency is about several kHz in the ionosphere, we have to extend the lower limit frequency of the current impedance probe system to 100 Hz.

Through the plasma chamber experiment in 2014 with bread-board model (BBM) of the new impedance probe system, we confirmed that it could measure (1) UHR in high frequency range as well as the current NEI could, and (2) equivalent capacitance profile from 100 Hz to 100 kHz, which indicates sheath capacitance of 120 pF and sheath resistance of 30 kohm. But it could not detect LHR as predicted due to high electron collision frequency in the chamber using backscatter-type plasma source. We are planning to perform another chamber test in 2015. In this test, we used large UV light source with propylene gas (C₃H₆) as plasma source in expectation of reduction of the electron collision frequency. However, although we found slight decrease of effective capacitance around 2 kHz, we could not confirm clear LHR depending on changes of background plasma density. The constant sheath resistance in low frequency range shows the existence of large sheath current due to potential difference between the probe and background plasma. Therefore, we are planning another chamber experiment in which we perform DC-potential control of the probe.

キーワード：インピーダンスプローブ、低域混成共鳴 (LHR)、電離圏イオン組成

Keywords: Impedance probe, Lower hybrid resonance (LHR), Ionospheric ion composition

2次元紫外光検出器の感度向上と安定化

The UV photon detector on board spacecraft with high-efficiency and stability

*吉岡 和夫¹、桑原 正輝¹、村上 豪²、吉川 一郎¹、鈴木 文晴¹、疋田 伶奈¹

*Kazuo Yoshioka¹, Masaki Kuwabara¹, Go Murakami², Ichiro Yoshikawa¹, Fumiharu Suzuki¹, Hikida Reina¹

1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

1.The University of Tokyo, 2.Institute of Space and Astronautical Science Japan Aerospace Exploration Agency

The remote observation with ultraviolet (30-330nm) lights is essential for planetary science because there are many effective lines emitted from the ion and atoms which compose the planetary magnetosphere or atmosphere (exosphere too). The straightest way to improve the quality of the data is to increase the efficiency of the instrument. In this presentation, we will show the way to improve the detection efficiency of the photon detector. Furthermore, the way to keep the efficiency during the ground operation (before the launch) is also shown from the experimental aspect.

キーワード：紫外線、飛翔体、効率

Keywords: ultraviolet, spacecraft, efficiency