

## 磁気圏探査衛星搭載用フラックスゲート磁力計のための ASIC 開発 Development of the ASIC for fluxgate magnetometers onboard space exploration satellites

井口 恭介<sup>1\*</sup>, 池田博一<sup>2</sup>, 松岡 彩子<sup>2</sup>, 福原 始<sup>3</sup>, 小嶋 浩嗣<sup>4</sup>

IGUCHI, kyosuke<sup>1\*</sup>, Hirokazu Ikeda<sup>2</sup>, MATSUOKA, Ayako<sup>2</sup>, FUKUHARA, Hajime<sup>3</sup>, KOJIMA, Hirotsugu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 総合研究大学院大学 物理科学研究科, <sup>2</sup> 宇宙研, <sup>3</sup> 京大・工, <sup>4</sup> 京大・RISH

<sup>1</sup>The Grad. Univ. for Advanced Studies, <sup>2</sup>ISAS/JAXA, <sup>3</sup>Kyoto Univ. EE, <sup>4</sup>Kyoto Univ. RISH

フラックスゲート磁力計は小型、軽量、省電力でありながら非常に高精度である。そのため、フラックスゲート磁力計は古くから科学観測衛星に搭載され、地球や他の惑星磁気圏、惑星間空間の磁場を観測してきた。近年、惑星磁気圏探査機に搭載される科学観測機器は従来の性能を保ちながら、電力や重量等のリソースを削減しなければならない。実際に計画、進行中の磁気圏探査計画や将来の科学観測ミッションにおいてリソースの削減は大きな課題となっている。

このような状況の中でフラックスゲート磁力計の小型化、軽量化、省電力化を実現するために ASIC の開発が必要とされている。我々は「信号処理回路のデジタル化」と「ASIC によるプリアンプ、バンドパスフィルタの小型化」という手法によって、より一層のリソースの削減を実現させる。デジタル化したフラックスゲート磁力計は科学観測ロケット S-310-38 号機、40 号機に搭載し、実証試験を行ってきた。

今回の発表では ASIC の設計結果を中心に報告する。設計した ASIC はそれぞれ 1 種類の増幅回路とバンドパスフィルタ回路で構成されている。ASIC のチップ面積は 5 mm 角であり、使用面積は 5 mm x 1 mm 程度である。増幅回路の増幅率は外部信号により 2 倍から 10 倍まで変更できる。バンドパスフィルタは 2 次型バターワースフィルタを採用し、中心周波数はフラックスゲート磁力計のピックアップ信号の周波数である 22 kHz にあわせてある。ASIC の機能や性能評価は電子回路シミュレータを用いて検証した。さらに、-30 度から 50 度の温度範囲で ASIC の機能や性能が損なわれないことも確認した。設計した回路の消費電流は 1 mA で、消費電力は約 5 mW であった。出力のダイナミックレンジは 0.24 F.S. であり、1.2 V に相当する。増幅回路とバンドパスフィルタで発生するノイズは  $600 \text{ nV/Hz}^{1/2}$  @ 1 Hz ( $2 \text{ pT/Hz}^{1/2}$  に相当) 以下と小さく、センサのノイズと同等またはそれ以下である。シミュレーションの結果から ASIC が正しく機能し、要求に対して十分な性能が得られたことを確認した。

キーワード: フラックスゲート磁力計, ASIC, デジタル方式, アンプ, バンドパスフィルタ

Keywords: fluxgate magnetometer, ASIC, digital-type, amplifier, band-pass filter

## WPIA 計測における不確定性の考察 Statistical evaluation of the fluctuation of the WPIA analysis

北原 理弘<sup>1\*</sup>, 加藤 雄人<sup>1</sup>, 小野 高幸<sup>1</sup>  
KITAHARA, Masahiro<sup>1\*</sup>, KATOH, Yuto<sup>1</sup>, ONO, Takayuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学理学研究科地球物理学専攻

<sup>1</sup>Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

波動粒子相互作用解析装置 (Wave-Particle Interaction Analyzer; WPIA) は, Fukuhara et al. (EPS 2009) によって提唱された, 宇宙プラズマ中の個々の粒子と波動との相互作用を直接的かつ定量的に計測する新しい観測装置である。WPIA はプラズマ波動電磁場ベクトルと粒子の速度ベクトルからその位相差を求め, 様々な演算を行うことで波動粒子間のエネルギー輸送を計測する。地球放射線帯外帯における相対論的電子の生成過程においては, ホイッスラーモードコーラス放射と相対論的電子との波動粒子相互作用が重要な役割を果たすことが指摘されている。次期内部磁気圏探査衛星計画 ERG では, コーラス放射と相対論的電子との波動粒子相互作用を直接観測すべく, WPIA が搭載される予定である。WPIA については計測装置の工学的研究が進められている一方, 計測原理と手法に関する物理的詳細の検討が課題として残されている。本研究は WPIA の計測手法の具体例として, ジュール熱に相当する物理量  $W = qE \cdot v$  の計測に着目し, 計測される物理量や計測手法に内在する物理的意味を明らかにすることを目的とする。本発表では, 物理量  $W$  の統計的不確定性に関して考察し, 計測によって求められる値の統計的有意性の評価方法を提案する。さらに, コーラス放射の励起過程ならびにコーラス放射による相対論的電子加速過程の双方を自己無撞着に再現した Katoh and Omura (GRL 2007a, 2007b) による計算機実験結果を用いて, WPIA の解析手法に基づく疑似計測を行い, 本研究で提案した評価手法の有用性を実証する。また, 提案した評価手法に基づき, 実際の衛星観測における計測可能性についても言及する。

キーワード: 波動粒子相互作用解析装置 (WPIA), 波動粒子相互作用, ホイッスラーモードコーラス放射, 地球放射線帯, ERG 衛星

Keywords: Wave-Particle Interaction Analyzer (WPIA), wave-particle interaction, whistler-mode chorus emission, radiation belts, ERG

## 電離圏電子密度高分解能計測のための白色雑音印加型インピーダンスプローブの開発

### Development of white-noise-applied impedance probe for high resolution electron density measurements in the ionosphere

熊本 篤志<sup>1\*</sup>, 遠藤 研<sup>1</sup>, 石黒 恵介<sup>1</sup>, 小野 高幸<sup>1</sup>

KUMAMOTO, Atsushi<sup>1\*</sup>, ENDO, Ken<sup>1</sup>, Keisuke Ishiguro<sup>1</sup>, ONO, Takayuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Tohoku University

Impedance probe is an instrument for electron number density measurements by using frequency dependence of the capacitance of the probe antenna extended into the space plasma. Due to its high accuracy and independency from probe shapes and plasma conditions, it has been installed on numerous sounding rockets and provided vertical profiles of electron number density in the ionosphere. The spatial resolution of the current impedance probe system, 100 m, is determined by the sweep period of frequency of the local signal applied to the AC bridge. On the other hand, the spatial scale of the field aligned irregularity (FAI) in the ionosphere, which has been observed by the radars on the ground, is several meters. Therefore, those phenomena can not be observed by the current impedance probe system. In order to solve the problem, we are now planning the development of a new impedance probe system which uses white noise instead of the swept-frequency signal. The results of preliminary plasma chamber experiment and development plan will be shown in the presentation.

Keywords: Impedance probe, Electron number density, Field aligned instability (FAI)

## Development of Electron Temperature and Density Probe(TeNeP) Development of Electron Temperature and Density Probe(TeNeP)

Koichiro Oyama<sup>1\*</sup>, Chio Zong Cheng<sup>1</sup>  
OYAMA, Koichiro<sup>1\*</sup>, Chio Zong Cheng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Plasma and Space Science Center,NCKU,Taiwan

<sup>1</sup>Plasma and Space Science Center,NCKU,Taiwan

To prepare for the near future satellite missions, we propose to develop a new instrument ? the Electron Temperature and Density Probe (TeNeP) and conduct its test and calibration in the Space Plasma Operation Chamber (SPOC, 2m in diameter and 3m in length) of the Plasma and Space Science Center, National Cheng Kung University (PSSC/NCKU). PSSC/NCKU has completed the development and test of an Electron Temperature Probe (ETP) to measure the electron temperature and an Impedance Probe (IP) to measure the electron density for deployment in the observation in the ionosphere. Because the ETP and the IP make use of the same electrodes and similar electronics, we develop a new Electron Temperature and Density Probe (TeNeP) by combining the design and function of the Electron Temperature Probe and the Impedance Probe. The TeNeP can measure the electron temperature and electron density successively in the satellite altitude below 3000 km.

キーワード: Small satellite, Ionosphere, Electron density, Electron temperature

Keywords: Small satellite, Ionosphere, Electron density, Electron temperature

## Geant4によるあけぼのRDM計測器の放射線帯データ検証：電子陽子アルファ相互データ混入

### Reciprocal contamination between electrons, protons and alphas in the radiation belts: Akebono RDM and Geant4 simulation

浅井 佳子<sup>2\*</sup>, 高島 健<sup>3</sup>, 小井辰巳<sup>4</sup>, 長井 嗣信<sup>1</sup>

ASAI, Keiko T.<sup>2\*</sup>, TAKASHIMA, Takeshi<sup>3</sup>, Tatsumi Koi<sup>4</sup>, NAGAI, Tsugunobu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 玉川学園 / 東工大・理・地惑, <sup>2</sup> 東工大・理・地球惑星科学, <sup>3</sup> 宇宙研・JAXA, <sup>4</sup> スタンフォード線形加速器センター

<sup>1</sup>Tamagawa Academy / Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>3</sup>ISAS/JAXA, <sup>4</sup>SLAC

Geant4 粒子追跡シミュレーションツールをもちいて、1989年打上げ、高度数千 km の準極軌道を取る「あけぼの」衛星搭載の放射線モニター (RDM) の検証を行い、データ混入の除去、およびエネルギーレンジの補正值の導出に取り組んできた。RDM 検出器は、高エネルギー電子 3 チャンネル (> 2.5, 0.95-2.5, 0.3-0.95 MeV)、プロトン 3 チャンネル (30-38, 15-30, 6.4-15 MeV)、アルファ粒子 1 チャンネル (15-45 MeV) の測定を、現在も継続して行っている。RDM 検出器をシミュレーション空間内に構築し、電子、陽子、アルファ粒子のそれぞれについて、さまざまなエネルギーを設定して粒子入射を行い、粒子の軌道追跡を行った。このシミュレーションでは、入射粒子と物質の衝突散乱を再現し、入射粒子だけでなく衝突等によって生成される二次粒子も追跡する。シミュレーションの結果、電子が検出器の内部で極めて複雑な振る舞いをするのが分かった。最もよく散乱される電子のエネルギーは、測りたい対象、すなわち地球放射線帯の主成分のエネルギー帯 (1 MeV 付近) のものであった。検出器内部のシリコン検出部における吸収エネルギーを調査した結果、陽子とアルファ粒子は、ほぼ理論予測のとおり吸収エネルギーが測定されたのに対し、電子の吸収エネルギーは、理論予測に対し分散の大きい分布を示していた。さらに、粒子追跡シミュレーションにより、検出効率にエネルギー依存があることが明らかになったため、検出器開発当時の古い資料をもとに吸収エネルギー信号回路とデータ検出アルゴリズムを再現し、エネルギーチャンネルごとに、検出効率のエネルギー依存を考慮したデータ補正項の導出に取り組んだ。電子データの検証のために、内部磁気圏での観測データを、NASA の CRRES 衛星による同時観測データと比較し、また、陽子データの検証のために、高緯度における観測データを、NASA 公開の太陽風データに含まれる太陽フレア粒子と比較した。その結果、各粒子チャンネル間での相互データ混入が明らかになった。L<3 の内部磁気圏では電子データへの陽子の混入が顕著であること、また、L~4-6 の放射線帯外帯の領域では陽子チャンネルの値を電子データとして扱うことが出来ること、さらに、L>8 の高緯度領域では、陽子およびアルファ粒子チャンネルが正確なデータを出していることが確認できた。1989年と1999年までの太陽フレア粒子イベントとの比較による結果では、太陽アルファは太陽プロトンの一割程度との報告がされている通り、高緯度帯ではRDMでもプロトンの一割程度のアルファが観測していることが確認でき、時に、それが磁気嵐のときにL4以内のかなり内部まで侵入できていることが新たに分かった。

キーワード: 放射線帯, 高エネルギー粒子, 粒子検出器, Geant4, 太陽フレア粒子

Keywords: radiation belts, high energy particles, particle detector, Geant4, solar energetic particles

## Atmospheric Neutral Analyzer for neutral mass composition and velocity measurement in the upper atmosphere Atmospheric Neutral Analyzer for neutral mass composition and velocity measurement in the upper atmosphere

下山 学<sup>1\*</sup>, Andrew W. Yau<sup>2</sup>, 平原 聖文<sup>1</sup>  
SHIMOYAMA, Manabu<sup>1\*</sup>, Andrew W. Yau<sup>2</sup>, HIRAHARA, Masafumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所, <sup>2</sup> カルガリー大学

<sup>1</sup>Solar-terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, <sup>2</sup>University of Calgary

Atmospheric Neutral Analyzer for neutral mass composition and velocity measurement in the upper atmosphere

Manabu Shimoyama, Andrew W. Yau, Masafumi Hirahara

In order to understand the variability of the ionosphere-thermosphere system, in-situ measurements of the composition and density of the neutral atmosphere and the detailed velocity distribution of individual species are required. However, most conventional types of instruments for neutral atmosphere lack the simultaneous capability of measuring neutral atmospheric velocity and resolving neutral mass.

We are designing the Atmospheric Neutral Analyzer (ANA) instrument to measure neutral composition and velocity distribution simultaneously in the thermosphere. It is designed to measure the detailed, mass-resolved 2 dimensional velocity distribution of thermospheric neutral species, and to derive the corresponding density, mass composition, velocity and temperature from the measured distribution.

The ANA is comprised of 4 sections; Entrance Aperture (EA), Ion Accelerator (IA), Radio-Frequency Ion Mass Analyser (MA) and Imaging Particle Detector (PD). The EA consists of a planar aperture slit and deflection electrode, and functions as an incident-particle selector and collimator. A small fraction of the neutral particles is ionized by electron beam. The IA acts as a particle energy selector by accelerating the ionized particles. The RF acts as an ion velocity selector. The RF voltage is applied to grids and selectively accelerate ions of matching speed. As a result, ions with a particular mass-per-charge are selected. The PD, which is comprised of a retarding grid, micro-channel plate and charge coupled device, acts as a detector of the selected ions and a two dimensional velocity imager.

We present the concept and the detailed design of the ANA.

キーワード: 風速測定, 温度測定, 質量分析, 熱圏電離圏結合

Keywords: wind measurement, temperature measurement, mass analysis, thermosphere-ionosphere coupling



## 宇宙機搭載同位体計測用 multi-turn time-of-flight 型質量分析器 Spaceborne multi-turn time-of-flight mass spectrometer for isotope analysis

横田 勝一郎<sup>1\*</sup>, 豊田 岐聡<sup>2</sup>, 斎藤 義文<sup>1</sup>, 栗原 純一<sup>3</sup>

YOKOTA, Shoichiro<sup>1\*</sup>, TOYODA, Michisato<sup>2</sup>, SAITO, Yoshifumi<sup>1</sup>, KURIHARA, Junichi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 宇宙科学研究所, <sup>2</sup> 大阪大学, <sup>3</sup> 北海道大学

<sup>1</sup>ISAS/JAXA, <sup>2</sup>Osaka Univ., <sup>3</sup>Hokkaido Univ.

In situ low-energy ion measurement in terrestrial or planetary plasma environment has been done with a variety of ion analyzers. Detailed studies of plasma characteristics demand not only energy analysis but also mass analysis. When measuring a variety of ions originating from planetary atmospheres, we need to be able to measure the ion composition with high mass resolution. As we achieve the measurements of the ion composition by mass analyzers around planetary environment, higher mass resolution is needed in order to distinguish heavy species and isotopes. For the future isotope measurements around moons, planets and asteroids, we are developing a high-mass-resolution mass analyzer. One of our scientific objects is to measure the Martian atmospheric escape and evolution. Although mass resolution ( $m/dm$ ) of 100 is generally needed for the isotope analysis of planetary particles, the Martian atmospheric escape and evolution science requires  $m/dm > 3,000$  to discriminate  $N_2$  from  $CO$ .

ISAS particle measurement group has developed a time-of-flight (TOF) ion mass analyzer with mass resolution of about 20 for KAGUYA, which succeeded in measuring ions originating from the lunar exosphere and surface. It is also preparing a TOF mass analyzer with mass resolution of 40 for the BepiColombo mission. Multi-turn TOF mass spectrometers (MULTUM), where ions are stored in a fixed orbit within electrostatic sectors and allowed to propagate the same orbit numerous times, have been developed by Osaka Univ. mass spectrometry group. One of the MULTUM series achieves the mass resolution over 30000 with the size of 20cm x 20cm. Our isotope analyzer in development for the future planetary mission employs the MULTUM system. We will show the spaceborne MULTUM analyzer and report the development schedule.

キーワード: 質量分析, 同位体分析, マルチターン型

Keywords: mass analysis, isotope analysis, MULTUM

## MMO 搭載 MIA センサー特性の数値モデルと実験結果 Numerical model and calibration experiment on the sensor characteristics of MIA/MMO

三宅 互<sup>1\*</sup>, 斎藤 義文<sup>2</sup>

MIYAKE, Wataru<sup>1\*</sup>, SAITO, Yoshifumi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東海大学工学部, <sup>2</sup> JAXA 宇宙科学研究所

<sup>1</sup>Tokai University, <sup>2</sup>ISAS/JAXA

The Mercury Ion Analyzer (MIA) is one of the plasma instruments on board the Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO), and measures the three dimensional velocity distribution of low-energy ions (5 eV to 30 keV) by using a top-hat electrostatic analyzer for half a spin period (2 sec). By combining both the mechanical and electrostatic sensitivity controls, MIA has a wide dynamic range of count rates for proton flux expected around Mercury, in the the solar wind between 0.3 and 0.5 AU from the sun and in the plasma sheet of Mercury's magnetosphere. In this presentation, we discuss the sensor characteristics from both model calculations and calibration experiment of the flight model.

Keywords: MMO, Mercury, solar wind



## SPRINT-A/EXCEED ミッションに向けたコンタミネーションの定量的評価 The evaluation of the contamination on the EUV reflectance for the SPRINT-A/EXCEED mission

宇治 賢太郎<sup>1\*</sup>, 吉川 一朗<sup>1</sup>, 吉岡 和夫<sup>2</sup>, 村上 豪<sup>3</sup>, 石井 宏明<sup>1</sup>

UJI, Kentaro<sup>1\*</sup>, YOSHIKAWA, Ichiro<sup>1</sup>, YOSHIOKA, Kazuo<sup>2</sup>, MURAKAMI, Go<sup>3</sup>, ISHII, Hiroaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 立教大学理学部, <sup>3</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Science, Rikkyo University, <sup>3</sup>Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

SPRINT-A/EXCEED ミッションは、地球周回軌道から地球型惑星の散逸大気や木星内部磁気圏を極端紫外光で観測することを目的とし、2013年度の打ち上げを目指して現在開発が進められている。本観測器の光学系は主鏡と反射型回折格子および2次元光検出器で構成される。観測対象の光が微弱なため、主鏡と反射型回折格子には高い反射率と回折効率が求められる。

極端紫外光観測において、光学素子表面の分子コンタミネーションは効率を著しく低下させ得る。したがって地上環境試験や軌道上での徹底したコンタミネーション管理が必要である。そこで我々は本ミッションの構成品のうち、コンタミネーションの原因となり得る数種類の材料について、極端紫外光反射率に及ぼす影響を定量的に評価した。本発表では我々が行った試験の結果を紹介し、SPRINT-A/EXCEED ミッションの光学系の性能を維持するための指針を示す。

キーワード: コンタミネーション, 極端紫外光

Keywords: contamination, extreme ultraviolet

## ISS 搭載可視分光器 IMAP/VISI による大気光観測：打上直前状況 Airglow observation mission with a visible spectrometer IMAP/VISI on ISS: Current status for the launch

坂野井 健<sup>1\*</sup>, 山崎 敦<sup>2</sup>, 秋谷 祐亮<sup>3</sup>, Perwitasari Septi<sup>1</sup>, 大塚 雄一<sup>4</sup>, 阿部 琢美<sup>2</sup>, 齊藤 昭則<sup>3</sup>  
SAKANOI, Takeshi<sup>1\*</sup>, YAMAZAKI, Atsushi<sup>2</sup>, AKIYA, Yusuke<sup>3</sup>, PERWITASARI, Septi<sup>1</sup>, OTSUKA, Yuichi<sup>4</sup>, ABE, Takumi<sup>2</sup>, SAITO, Akinori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, <sup>3</sup> 京都大学大学院理学研究科, <sup>4</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Grad. Sch. of Science, Tohoku University, <sup>2</sup>JAXA/ISAS, <sup>3</sup>Grad. Sch. of Science, Kyoto University, <sup>4</sup>STEL, Nagoya University

The ISS-IMAP mission is one of the Japanese Experiment Module (JEM) 2nd stage plan which will be launched in the summer of 2012 onto the International Space Station (ISS) with HTV (Konotori). We completed the development and manufacturing of a visible imaging spectrometer instrument (VISI) for this mission. VISI will measure three nightglow emissions; O (630 nm, altitude 250 km), OH Meinel band (730 nm, altitude 87km), and O<sub>2</sub> (0-0) atmospheric band (762 nm, altitude 95 km) with the two field-of-views which enable us to make a stereoscopic measurement of the airglows looking forward (+45 deg.) and backward (-45 deg.) to subtract contaminations from clouds and ground structures. We designed a bright (F/0.9), wide-angle (field-of-view 90 degrees) objective lens. VISI have a two-line-slit on the first focal plane to perform the stereoscopic measurement. Each slit, i.e., field-of-view, is faced perpendicular to the orbital plane, and its width is about 550 km mapping to an altitude of 100 km. We will obtain a continuous line-scanning image for all emissions line from + 51 deg to -51 deg. in geographic latitude by the successive exposure cycle with a time interval of 1 - several sec.

We carried out so far the optical test including the adjustment of focus and alignment, intensity calibration, function check, vibration and vacuum thermal tests. We also performed the system integration test on the Multi-mission Consolidated Equipment (MCE). In this February, MCE will be mounted on the H-IIB rocket at the Tanegashima Space Center of JAXA. We present the development of VISI, and the current status for the launch in this summer.

## 赤外レーザヘテロダイン分光器 MILAHI を用いた超高分解能惑星大気観測 Ultra-high resolution observations of planetary atmospheres using Mid-Infrared LAsEr Heterodyne Instrument (MILAHI)

中川 広務<sup>1\*</sup>, 青木 翔平<sup>1</sup>, 笠羽 康正<sup>1</sup>, 村田 功<sup>1</sup>, 黒田 壮大<sup>1</sup>, 岡野 章一<sup>1</sup>, Guido Sonnabend<sup>2</sup>  
NAKAGAWA, Hiromu<sup>1\*</sup>, AOKI, Shohei<sup>1</sup>, KASABA, Yasumasa<sup>1</sup>, MURATA, Isao<sup>1</sup>, Morihiko Kuroda<sup>1</sup>, OKANO, Shoichi<sup>1</sup>,  
Guido Sonnabend<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学・理, <sup>2</sup> ケルン大学

<sup>1</sup>Geophys., Tohoku University, <sup>2</sup>University of Cologne

We have developed a ultra-high spectral resolution spectrometer, called Mid-Infrared LAsEr Heterodyne Instrument (MILAHI). It is for the applications to astronomy and planetary atmospheric science in 7-11  $\mu\text{m}$  wavelength at a spectral resolution resolution of up to  $10^{7-8}$  and a bandwidth of 1GHz. We just finish the development phase of this project.

High-resolution spectroscopy in the mid-infrared regime is a versatile tool for studies of planetary atmospheres. With the highest possible spectral resolution provided by heterodyne techniques, fully resolved molecular features enables us to retrieve many physical parameters from single lines migrated in strong absorption of terrestrial atmospheric molecule bands. Because many key species in the planetary atmosphere are also abundant in the terrestrial atmosphere, high-resolution directly leads to less ambiguity. It also allows us to measure slow wind velocities with the order of 10-100m/s directly.

The heterodyne spectroscopy has been developed by our group from 1980s, in order to detect minor constituents in the terrestrial atmosphere [Taguchi et al., 1990]. The renovation with a wide-band detector, the quantum-cascade (QC) lasers and CO<sub>2</sub> gas laser allows us to apply this instrument to tiny planetary atmosphere.

Our performance achieved the proper level for this target. (1) System noise: At 10.3  $\mu\text{m}$ , we achieved 3000 K (NEP of 2.24 W/Hz<sup>1/2</sup> at 3MHz resolution). It leads to a minimal detectable brightness temperature difference of 37mK within 10min at 1.5 MHz bandwidth, corresponds to a minimum flux difference of 0.48 ergs/(scm<sup>2</sup>cm-1Sr) for extended source. (2) Spectral resolution: It can be achieved to be 20 MHz with a feedback using gas-cell absorption spectra.

The telluric CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> absorption spectra had been obtained from the sunlight background in the lab at Sendai. On January in 2012, our equipment was mounted on the Higashi-Hiroshima 1.5m telescope, and succeeded to detect the telluric O<sub>3</sub> spectra obtained from moonlight. We also aimed Venus and standard stars. Unfortunately, the final success was prevented by bad weathers, but the S/N gained by these target told us that we should get the Venus and Mars spectrum with this design.

Now, we try to refine the emission spectra of the QC lasers, which provide us very wide tuneability (5cm<sup>-1</sup>, and 20cm<sup>-1</sup>) to operate the heterodyne system.

Although a telescope dedicated to this instrument does not exist yet, we expect to attach it to the PLANETS telescope at the top of Mt. Haleakala at Hawaii, which is now in development by PPARC / Tohoku Univ. with IfA / Univ. Hawaii (USA), Kiepenheuer Inst. f. Sonnen. (Germany), Univ. Nac. Aut. de Mexico, Univ. Turku (Finland), Harlinton Inovative Optics Co. (USA), Stan Truitt Breckenridge Astronomical Ltd (USA), and collaborators. Its first light is, if all things are going well, in 2014.

キーワード: 分光, 赤外, 惑星大気, 超高分解能, ヘテロダイン, レーザ

Keywords: spectroscopy, infrared, planetary atmospheres, high spectral resolution, heterodyne, laser

## 宇宙塵観測のための電流-電圧変換アンプを利用したPZT検出器 PZT sensor with current-to-voltage converting amplifier for dust observation

小林 正規<sup>1\*</sup>, 宮地孝<sup>1</sup>, 武智誠次<sup>2</sup>, 服部真季<sup>3</sup>

KOBAYASHI, Masanori<sup>1\*</sup>, Takashi Miyachi<sup>1</sup>, Seiji Takechi<sup>2</sup>, Maki Hattori<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉工業大学, <sup>2</sup> 大阪市立大学, <sup>3</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Chiba Institute of Technology, <sup>2</sup>Osaka City University, <sup>3</sup>University of Tokyo

This paper describes the concept of a dust monitor with a large detection area but less resource consumption using lead zirconate titanate (PZT) ceramics, and the possibility is experimentally demonstrated. PZT sensors, which are traditional devices for in-situ observation of hypervelocity dust particles, have been used for momentum measurement. The hypervelocity impact signals of PZT sensors are typically read by charge-sensitive amplifiers. Instead, we suggested the use of a current-to-voltage converting amplifier for interpreting the impact signal of a PZT sensor to determine the size of a dust particle down to 0.5  $\mu\text{m}$  in radius. If a sufficient number of such PZT sensors cover the interspaces of instruments on interplanetary-space-cruising spacecraft, datasets of dust impacts can be obtained with higher statistical precision than that of previous observations. Such observations can provide insights into unresolved science problems in interplanetary dust research.

キーワード: 宇宙塵観測, 圧電性 PZT, 電流電圧変換アンプ

Keywords: cosmic dust observation, piezoelectric PZT, current to voltage conversion amplifier