

PCG033-01

会場:101

時間:5月24日 08:30-08:45

熱帯収束帯の通過によって東方へ延長されるタイタンの砂丘 Eastward elongation of Titan's dunes by transient westerlies during the passage of the intertropical convergence zone

Tokano Tetsuya^{1*}

Tetsuya Tokano^{1*}

¹ ドイツ・ケルン大学地球物理気象学研究所

¹IGM, University of Cologne

土星の衛星タイタンには、東向きに並ぶ線状砂丘が、赤道付近を中心に数多く存在する。これらは、赤道付近で東向きの地表風が卓越している証拠と解釈されてきたが、赤道付近の西風はそもそも、角運動量収支の関係で気象学上理解しがたい。この研究では、地表の風向きと砂丘の向きの複雑な関係を、大気大循環モデルの出力を使って砂丘の向きを計算しながら考察する。タイタンの熱帯の地表風は、全球ハドレー循環による赤道を横切る南北風と、定常的な弱い東風から成る。南北風の風向は季節によって逆転し、これによって緯線に平行な線状砂丘が形成される。この南北風自体は砂丘を東向きにすることはできない。しかし、春分・秋分にハドレー循環が逆転する際、熱帯収束帯が赤道を通過し、一時的に西風が発生する。この西風は擾乱が激しく、他の季節の定常的な東風よりも強い。タイタンの砂丘の東向きの流線型は、春分と秋分に一時的に吹く強い西風によって、東方へ線状砂丘が引き伸ばされてきたものと思われる。熱帯収束帯が南極と北極の間を移動するのは、タイタンの遅い自転と土星の大きな赤道傾斜角が原因である。

キーワード: タイタン, 気象学, 砂丘

Keywords: Titan, meteorology, dunes

Cassini/ISS データから得られた木星雲粒子の散乱特性 Scattering Properties of Jovian Tropospheric Cloud Particles Inferred from Cassini/ISS

佐藤 隆雄^{1*}, 佐藤 毅彦², 笠羽 康正¹

Takao M. Sato^{1*}, Takehiko Satoh², Yasumasa Kasaba¹

¹ 東北大・理・地球物理, ²JAXA 宇宙研

¹Dept. of Geophysics, Tohoku Univ., ²ISAS/JAXA

雲層の鉛直構造や光学的特性(光学的厚さや一次散乱アルベド)を調べるためには雲粒子による多重散乱を扱う必要があり、雲粒子の散乱特性(散乱位相関数)の理解が必要不可欠となる。散乱位相関数の導出には幅広い太陽位相角での観測が必要となるが、木星の場合、地上や地球周回からの観測では太陽位相角が 12° までに限定されてしまうため導出できない。このため一般によく用いられる散乱位相関数は、1970年代に木星を通過した Pioneer 10号に搭載された Imaging Photopolarimeter (IPP) によって観測された2波長の画像データ(青: 440 nm、赤: 640 nm、太陽位相角 $12-150^\circ$)の解析結果に基づいている [Tomasko et al., 1978]。

Pioneer 10号データから求められた散乱位相関数には2つの問題点があると考えられる。1つ目は、 CH_4 の吸収帯を利用した木星雲層構造解析に、赤波長から推測された散乱位相関数をそのまま近赤外波長領域に代用していることであり、散乱特性の波長依存性を考慮していない点である。2つ目は、IPPの赤波長は透過波長幅が広い(595-720 nm)ため、赤波長で得られた散乱位相関数は、波長平均された雲の散乱特性を示しているという点である。従って波長依存性を考慮した散乱位相関数を導出するためには、Pioneer 10号のIPPデータでは不十分であり、この散乱位相関数の不確かさは雲層構造の理解を阻む要因の一つであると我々は考えている。

我々はこれらの問題点に着目し、2000年末から2001年初めにかけて、木星をフライバイした土星探査機 Cassini に搭載されている Imaging Science Subsystem (ISS)/Narrow Angle Camera (NAC) が撮像した木星画像を用いて、波長依存性をもった新たな散乱位相関数の導出を開始した [佐藤ら、JPGU2010 講演]。

波長依存性を考慮した散乱位相関数の導出と雲粒子の粒径の推定のため、BL1 (中心波長: 451 nm)、CB1 (619 nm)、CB2 (750 nm)、CB3 (938 nm) の4波長について、様々な太陽位相角 ($3-137^\circ$ 、計11点) で取得されたデータを利用している。Tomasko et al. [1978] との比較のため、解析領域は South Tropical Zone である。雲モデルは上から、ガス層、ヘイズ層、ガス層、半無限の雲層の計4層からなり、散乱位相関数の波長依存性の考慮のため、Mie 散乱理論を適用している。4波長で観測された太陽位相角11点における周辺減光曲線を再現するため、雲粒子の粒径・屈折率等を最適化した。光多重散乱を考慮した放射伝達計算には adding-doubling 法を使用している。その結果、雲粒子に室内実験で得られた NH_3 氷の屈折率 [Martonchik et al., 1984] を適用した場合、観測で得られた周辺減光曲線を十分に再現することはできなかった。これは木星の雲粒子に NH_3 以外の不純物が混合していること、または非球形の効果があることを示唆していると考えられる。

本発表では、モデルの詳細と解析結果を示し、先行研究との比較を通して雲粒子の散乱特性について考察する。

キーワード: 木星, 大気, Cassini/ISS, 放射伝達

Keywords: Jupiter, atmosphere, Cassini/ISS, radiative transfer

PCG033-03

会場:101

時間:5月24日 09:00-09:15

惑星探査機カッシーニで観測された偏波データ解析による木星ヘクトメートル波中の減衰バンド構造

Polarization response of the attenuation bands within Jupiter's hectometric radio emissions observed by Cassini/RPWS

今井 雅文^{1*}, Lecacheux Alain², Higgins Charles A.³, 今井 一雅⁴, Thieman James⁵
Masafumi Imai^{1*}, Alain Lecacheux², Charles A. Higgins³, Kazumasa Imai⁴, James Thieman⁵

¹ 高知工業高等専門学校専攻科, ² CNRS - Observatoire de Paris-Meudon, ³ 高知工業高等専門学校電気情報工学科, ⁴ Middle Tennessee State University, ⁵ NASA/Goddard Space Flight Center

¹ Kochi National College of Technology, ² CNRS - Observatoire de Paris-Meudon, ³ Kochi National College of Technology, ⁴ Middle Tennessee State University, ⁵ NASA/Goddard Space Flight Center

木星ヘクトメートル (HOM) 波は 200-300 kHz から数 MHz までの周波数における自然電波放射であり、サイクロトロンメーザー理論で放射されていると考えられている。木星 HOM 波の特徴の一つである、木星磁場経度 CML に依存した正弦波状に電波強度が減衰した特性を有する減衰バンド構造が出現する。この減衰バンド構造は観測緯度や観測 CML に大きく依存するため、両方の成分を含む木星磁場緯度で解析することにより、これらの異なるデータを統一的に解析することができる。さらに、減衰バンド構造は Ray-tracing によって、衛星イオを貫く磁力線に沿って存在する高いプラズマ密度により、北極・南極付近の L-shell > 10 の HOM 電波源から出た電波がそれらを通り、屈折することで起こる現象であると考えられている。本研究では、先行研究ではあまりなされていない偏波解析データを用いて、惑星探査機カッシーニの Radio and Plasma Wave Science (RPWS) 機器で観測された 0.3 MHz から 3 MHz まで各周波数毎に解析を行った。その解析期間は、惑星探査機カッシーニが土星に向かう途中に木星に接近した 2000 年 10 月 2 日から 2001 年 3 月 22 日までのデータを用いた。解析方法としては、木星磁場緯度対周波数上に右旋円偏波と左旋円偏波成分毎に木星電波発生頻度マップと平均強度マップをそれぞれ作成した。その結果、減衰バンド構造が、木星磁場緯度が大きくなるにつれ、右旋円偏波では周波数が高くなる傾向を、左旋円偏波では周波数が低くなる傾向をそれぞれ示した。さらに、本解析で初めて、この周辺の領域で発生頻度や電波強度が大きくなることが分かった。この新しい情報は減衰バンド構造を理解する上で重要なパラメータの一つとなると考えられる。本発表では、詳細な解析結果と減衰バンド構造の増幅現象を説明するモデルを提案する。

キーワード: 木星ヘクトメートル波放射, 減衰バンド構造, 惑星探査機カッシーニ, 木星電波発生頻度マップ, 木星電波平均強度マップ, 木星磁場

Keywords: Jupiter's Hectometric Radio Emissions, Attenuation Bands, Cassini Spacecraft, Jupiter's Radio Occurrence Probability Map, Jupiter's Radio Average Intensity Map, Jupiter's Magnetic Field

PCG033-04

会場:101

時間:5月24日 09:15-09:30

イオ火山活動と木星磁気圏活動の関連

Does an enhancement in Io's volcanic activity weaken Jupiter's magnetospheric activity?

米田 瑞生^{1*}, 土屋 史紀¹, 三澤 浩昭¹, 鍵谷 将人¹, 埜 千尋², 岡野 章一¹

Mizuki Yoneda^{1*}, Fuminori Tsuchiya¹, Hiroaki Misawa¹, Masato Kagitani¹, Chihiro Tao², Shoichi Okano¹

¹ 東北大・理・惑星プラズマ, ² 宇宙科学研究所 宇宙科学情報解析研究系

¹Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku, ²JAXA

Io is the most volcanically active body in the solar system. Io's atmosphere consists of volcanic gas, and this volcanic gas continuously escapes from Io into Jupiter's inner magnetosphere. Jupiter's inner magnetosphere is therefore occupied by plasma which consists of heavy ions (e.g., S⁺, S⁺⁺, S⁺⁺⁺, O⁺, O⁺⁺ and O⁺⁺⁺). This magnetospheric environment is very different from that of the earth because its magnetospheric plasma has its origin almost only in solar wind. It is well-known that magnetospheric phenomena of the earth like magnetic storms are actually triggered or controlled by the solar wind or solar activity. Influence of the solar wind on Jupiter's magnetosphere is also known. However, Io's contribution on Jupiter's magnetospheric changes has not investigated well while we know Jupiter's inner magnetosphere is filled with Iogenic plasma. In this study, we tried to reveal this outstanding issue.

Jupiter's sodium nebula, extending over several hundreds of Jovian radii, is a result of atmospheric escape of sodium atoms originated from Io through Jupiter's inner magnetospheric structure named Io plasma torus. Previous studies revealed that brightness of the sodium nebula is dependent on volcanic activity on Io. We made ground-based observations of Jupiter's sodium nebula and found a distinct enhancement in 2007. In addition, activities of Jupiter's radio emissions, DAM and HOM, are also available using data from a spacecraft WIND around the time of the enhancement of the sodium nebula in 2007. These radio emission activities are believed to be related to Jupiter's aurora activities. Most of the radio signals are not contaminated by solar radio or earth's auroral radio emissions around this period fortunately. Activities of both DAM and HOM seemed to become lower after the sodium nebula enhancement in aspects of both emission power and occurrence. This relations may indicate the Io's volcanic enhancement weakened Jupiter's magnetospheric activities temporally. The Io-DAM has its source region around L=5.9, and that of HOM is L=8-11. This means Io's volcanic enhancements control Jupiter's inner magnetospheric activities in a region between L=6 and 11. However, this is an insight obtained from only a single event. More events should be studied in the future to obtain more detailed insights.

キーワード: 木星, イオ, 磁気圏, 火山

Keywords: Jupiter, Io, magnetosphere, volcanism

PCG033-05

会場:101

時間:5月24日 09:30-09:45

3 基線短距離干渉計観測による木星デカメータ電波の出現頻度解析 Occurrence probability analyses of Jovian decametric radiation based on 3 short baselines interferometer observation

中城 智之^{1*}, 小林 香寿美², 大家 寛³
Tomoyuki Nakajo^{1*}, Kazumi Kobayashi², Hiroshi Oya³

¹ 福井工業大学, ² 福井工業大学大学院, ³ 東北大学理学部

¹Fukui Univ. Tech., ²Graduate College, Fukui Univ.Tech., ³Tohoku Univ.

Jovian decametric radiation (DAM) is one of Jovian auroral phenomena and its occurrence probability reflects the activity of Jovian magnetosphere. Since the discovery of DAM in 1955, it has been well known that the occurrence probability of DAM shows a long-term temporal variation with nearly 12 years periodicities, however, the origin of 12 years periodicities has not been fully understood because there are some basic considerable effects having nearly 12 years periodicities such as reception power of galaxy background radiation, shielding effect of terrestrial ionosphere, temporal variation of inclination of rotating axes of Jupiter known as De effect and the sunspot number of Sun. It is very important to evaluate these effects on 12 years periodicities of DAM quantitatively to consider the generation mechanism of DAM and the temporal variation of electromagnetic environment of Jupiter.

In Fukui University of Technology, a three short baselines interferometer has been used for occurrence probability analyses of DAM since 2001. In the observation system, the fringe waveform was stored as image data from 2001 to 2006 and has been digitalized with a sampling period of 0.2 sec and stored in HDD continuously since 2007. In the past, we have identified DAM signals by visually comparing the period of observed fringe waveform with that of theoretical one. As the result, the observed occurrence probability showed the peak value in 2001 and decreased drastically in 2003. Since 2007, the observed occurrence probability has shown gradual recovery trend.

In the present study, we apply fringe correlation analyses to the fringe waveform data from 2007 to 2010 for more objective identification of DAM signals. In the analyses, we calculate normalized cross correlation coefficients between the observed and the theoretical fringe waveforms during observation period with an integration time of 120 minutes and time interval of 1 min. The received signals are identified as DAM signals when the calculated correlation coefficient exceeds a set threshold level in all baselines. The threshold level is determined to be 2.5 sigma where sigma is a standard deviation of all correlation coefficients obtained during observation period. In order to confirm the validity of the analytical method, we plot CML vs. Io phase diagram in each year and the obtained diagrams agree with the well known pattern of the conventional diagram. In addition, the analyzed occurrence probabilities show not only a gradual increment from 2007 to 2009 which agrees with the previous result but also a sudden increment in 2010 which agrees with a trend predicted by conventional 12 years periodicity. Therefore, we conclude the fringe correlation method is useful in order to identify DAM signals objectively. As a future study, we plan to correct the effects of shielding by terrestrial ionosphere and of temporal variation of galaxy background level in order to detect the effects of solar activity, De and the impact of SL-9 comet on 12 years periodicity of DAM.

キーワード: 惑星磁気圏, 木星, デカメータ電波, 干渉計, 出現頻度

Keywords: planetary magnetosphere, Jupiter, decametric, interferometer, occurrence probability

PCG033-06

会場:101

時間:5月24日 09:45-10:00

木星デカメートル波のビームモデルについて A beaming model of Jupiter's decametric radio emissions

今井 一雅^{1*}, 岩田 隆浩², 今井 雅文¹
Kazumasa Imai^{1*}, Takahiro Iwata², Masafumi Imai¹

¹ 高知工業高等専門学校, ² 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
¹Kochi National College of Technology, ²ISAS/JAXA

Jupiter is one of the most powerful radio sources at decametric wavelengths. The radio emitting frequency range is from a few MHz to 40 MHz. Jupiter's decametric radiation is considered to be the result of a highly complex interaction between Jupiter's plasma and its magnetic field. This emission is generally believed to be produced by a mechanism related to cyclotron maser plasma instability. Although there is a long history of Jupiter radio observations since its discovery in 1955, the emission mechanism of Jupiter's decametric radiation is not yet completely understood.

It has long been recognized that there is a marked long-term periodic variation in Jupiter's integrated radio occurrence probability. The period of the variation is on the order of a decade. Carr et al. [1970] showed that such variations are closely correlated with Jovicentric declination of the Earth (De). The range of the smoothed variation of De is from approximately +3.3 to -3.3 degrees. This De effect was extensively studied and confirmed by Garcia [1996]. It shows that the occurrence probability of the non-Io-A source is clearly controlled by De at 18, 20, and 22 MHz during the 1957-1994 apparitions.

We propose a new model to explain the De effect. This new model shows that the beam structure of Jupiter radio emissions, which has been thought of like a hollow-cone, has a narrow beam like a searchlight, which can be explained by assuming that the three dimensional shape of the radio source expands along the line of the magnetic field. If we consider the sizes of the radio coherent region are 1000 m along Jupiter's magnetic field line and 200 m toward the latitudinal direction, the equivalent beam pattern is 1 degree wide along Jupiter's magnetic field line and 5 degrees in latitude. As the searchlight beam is fixed with Jupiter's magnetic field, the pure geometrical effect of De can be explained by this searchlight beam model.

The Earth-Moon baseline length for the VLBI has a resolution of about 20 km for 20-25 MHz sources at Jupiter and will be able to open the window of new science for the micro structures and beaming of Jupiter's radio source. The future plan for the Jupiter radio VLBI will be presented.

キーワード: 木星電波, デカメートル波, ビーム構造, 電波源, 電波放射機構, 月地球間 VLBI

Keywords: Jupiter radio, decametric wave, beam structure, radio source, radio emission mechanism, Moon-Earth baseline VLBI

PCG033-07

会場:101

時間:5月24日 10:00-10:15

木星シンクロトロン放射観測用2素子電波干渉計開発(II)

Two-element radio interferometer for the observation of Jupiter's synchrotron radiation (II)

土屋 史紀^{1*}, 三澤 浩昭¹, 北元¹, 森岡 昭¹, 近藤 哲朗²

Fuminori Tsuchiya^{1*}, Hiroaki Misawa¹, Hajime Kita¹, Akira Morioka¹, Tetsuro Kondo²

¹ 東北大学, ² 情報通信研究機構

¹Tohoku Univ., ²NICT

Synchrotron radiation from Jupiter's radiation belt and its time variation show us the presence of efficient acceleration and transport of relativistic electrons in the Jovian inner magnetosphere. Recent ground based observation of Jupiter's synchrotron radiations (JSR) showed that the total flux density of them significantly enhanced at the onset of substorm-like event in the Jovian magnetosphere (Nomura et al. 2007). We proposed that two-element radio interferometer with a baseline length of a few kilometers enabled us to find the spatial characteristic of JSR during the enhanced event. In this paper, we will show results about feasibility to detect the enhanced event with two-element radio interferometer and the current status of the development of the interferometer.

We have already showed that the two element interferometer could detect the expected change in the visibility phase associated with the change in spatial distribution of JSR during the enhancement event for the case that the total flux density of JSR became 10 times greater than the usual intensity (5 Jy , $J_y = 10^{-26} \text{ W cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$). In this study, we also considered the weaker intensity cases (twice and 5 times) and test them. The results showed that spatial distribution changes for both cases were also detectable with the two-element interferometer.

We have started the development of a back-end receiver for the radio interferometer system. The back-end receivers consist of baseband down converter, GPS frequency standard, and high speed data sampler. The GPS frequency standard is used as a standard clock for the radio interferometer system, and K5/VSSP which is developed by the Kashima VLBI group of NICT is used as the data sampler. The allan variance of the GPS frequency standard was measured by using a hydrogen maser which was installed in the Mizusawa VLBI observatory (NAOJ). It is found that the inexpensive GPS frequency standard has a potential to detect the change in the visibility associated with the brightness distribution change during the enhanced event. The back-end receivers are planned to install in both the Iitate and Zao observatories in this spring and will be used for test radio interferometer observations at 327 MHz.

PCG033-08

会場:101

時間:5月24日 10:15-10:30

「MDPスキーム」に基づく日欧合同水星探査 BepiColombo/MMO の観測運用計画 Science Operation Concept of BepiColombo/Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) based on 'the MDP scheme'

笠羽 康正^{1*}, 西野 真木², 藤本 正樹², 高島 健²

Yasumasa Kasaba^{1*}, Masaki N Nishino², Masaki Fujimoto², Takeshi Takashima²

¹ 東北大・理, ²JAXA 宇宙研

¹Dep. Geophys., Tohoku Univ., ²ISAS/JAXA

BepiColombo / Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO), which will be launched in 2014, is mostly dedicated to the first detailed study of magnetic field and plasma environment of the planet Mercury, with wide-range observational capabilities for charged particles and energetic neutral atoms, magnetic field, electric field / plasma waves / radio waves, dust, and exospheric constituents. The scientific operation of this spacecraft is coordinated with the Mission Data Processor (MDP), which operates all payload groups aboard the MMO, MGF (Magnetic Field Investigation) for magnetic field with 2 sub instruments, MPPE (Mercury Plasma Particle Experiment) for plasma and neutral particles with 7 sub instruments, PWI (Plasma Wave Investigation) for electric field, plasma waves, and radio waves with 7 sub instruments, MSASI (Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager), an imaging system for the sodium exosphere, and MDM (Mercury Dust Monitor) for dust information around Mercury and the inner heliosphere.

In this paper, the summary of the science operation plan based on this 'MDP scheme' is presented. Under this concept, all payload packages will perform integrated in-situ measurements of particles and fields in and around the magnetosphere of Mercury, under the control by MDP. It enables us to obtain survey data (L-mode), normal data (M-mode), and burst data (H-mode) with coordinated manner within limited telemetry resource. Data triggering concept for H-mode is also presented. These definitions are now implemented into the flight model, and finally formalized in the MMO Science Working Group meeting in March 2011.

キーワード: 水星, 磁気圏, 外圏, BepiColombo, Mercury Magnetospheric Orbiter

Keywords: Mercury, Magnetosphere, Exosphere, BepiColombo, Mercury Magnetospheric Orbiter

PCG033-09

会場:101

時間:5月24日 10:45-11:00

水星外圏ナトリウム密度の長期変動 Long-term variability in sodium on Mercury

亀田 真吾^{1*}, 鍵谷 将人², 岡野 章一²
Shingo Kameda^{1*}, Masato Kagitani², Shoichi Okano²

¹ 千葉工業大学, ² 東北大学

¹Chiba Institute of Technology, ²Tohoku University

水星は非常に希薄な大気を持っており、表面気圧は1兆分の1気圧以下である。表面においてスケールハイトが平均自由行程より大きく、地表面が外圏底となっている。惑星探査機マリナー10号に搭載された紫外線分光器が太陽風起源と思われる水素、ヘリウム、酸素原子の発光を検出しており、地上観測によりナトリウム、カリウム、カルシウムの発光も検出されている。最近では、水星探査機メッセンジャーによりマグネシウム、カルシウムイオンの発光も検出された。これらの金属原子は太陽光脱離、熱脱離、化学スパッタリング、太陽風イオンスパッタリング、微小隕石衝突によって起きていると考えられている。

これまでに検出された原子の中では、ナトリウムの発光量が最も大きく、地上望遠鏡による観測が比較的容易であるため、ナトリウム原子の生成散逸過程に関する研究が進められてきた。ナトリウム大気の特徴は、惑星上で一様に分布しているのではなく高緯度に濃集する傾向があり、さらにその分布が時間変動を起こしているという事である。水星は固有磁場を持っており、磁気圏を形成している。太陽風イオンが磁気圏のカスプ領域から惑星表面に降り込み、スパッタリング効果によって表面物質を放出させると考えられている。しかし、Kameda et al. (2007) ではナトリウム大気の短期間での時間変動は10%以下であることが確認されており、これは太陽風流量の変動に対して小さいと考えられるため、生成過程の解明には至っていない。

本研究では、ナトリウムの密度と太陽EUV強度、太陽風流量、水星の黄道面からの高度を比較した。水星でのEUV強度を推定するため、TIMED衛星で観測されたEUV強度を用いた。また、太陽風流量の推定においては、ACE衛星で観測された値を使用した。結果として、EUV強度や太陽風流量とナトリウム密度には相関がないことが分かった。

水星の公転軌道面は黄道面に対し7度傾いている。黄道面には惑星間空間ダストが集中しているため、水星が黄道面付近にいる時は、黄道面から離れている時に比べ、微小隕石・ダストの衝突が増加すると考えられる。実際に黄道面からの距離とナトリウム密度には弱い相関があり、ダスト対称平面も黄道面から傾いていると仮定し、その軌道面の昇交点黄経が-104度から57度、軌道傾斜角が1.9度以下であるとした場合に、ダスト対称平面からの距離とナトリウム密度の相関係数は-0.6以下となり、強い逆相関を持つことが分かった。本発表ではさらに太陽による潮汐力の効果を含め、ナトリウム大気密度の変動について議論する

キーワード: 水星, ナトリウム, 惑星大気, 地上観測, 外圏大気

Keywords: Mercury, Sodium, Planetary Atmosphere, Ground-based observation, Exosphere

PCG033-10

会場:101

時間:5月24日 11:00-11:15

SPRINT-A/EXCEED による惑星散逸大気観測計画 Plan for the observation of escaping planetary atmospheres by Sprint-A/EXCEED

寺田 直樹^{1*}, 土屋 史紀¹, 鍵谷 将人¹, 笠羽 康正¹, 吉岡 和夫², 吉川 一朗³, 村上 豪³, 酒井 恒一³, 本間 達朗³, 山崎 敦⁴, 木村 智樹⁴, 上野 宗孝⁴

Naoki Terada^{1*}, Fuminori Tsuchiya¹, Masato Kagitani¹, Yasumasa Kasaba¹, Kazuo Yoshioka², Ichiro Yoshikawa³, Go Murakami³, Kouichi Sakai³, Tatsuro Homma³, Atsushi Yamazaki⁴, Tomoki Kimura⁴, Munetaka Ueno⁴

¹ 東北大学, ² 立教大学, ³ 東京大学, ⁴ JAXA 宇宙科学研究所

¹Tohoku University, ²Rikkyo University, ³University of Tokyo, ⁴ISAS, JAXA

Sprint-A/EXCEED is an earth-orbiting satellite to be launched in 2013 as the first mission of the small scientific satellite series of JAXA. One of the primary objectives of Sprint-A/EXCEED is to study atmospheric escape from Venus and Mars and its impact on the evolution of the planetary environments. In this presentation, the scientific objectives of Sprint-A/EXCEED concerning the atmospheric escape from Venus and Mars as well as from the Mercury's magnetosphere will be presented.

キーワード: 大気散逸, 金星, 火星, 水星

Keywords: Atmospheric escape, Venus, Mars, Mercury

Mars Express ASPERA-3 によるイオン分布関数観測を用いた太陽風磁場方向の推定 Estimation of the solar wind magnetic field from the ion distribution functions observed by Mars Express ASPERA-3

原 拓也^{1*}, 関 華奈子¹, 二穴 喜文², 山内 正敏², Stas Barabash², Andrei Fedorov³
Takuya Hara^{1*}, Kanako Seki¹, Yoshifumi Futaana², Masatoshi Yamauchi², Stas Barabash², Andrei Fedorov³

¹名古屋大学 太陽地球環境研究所, ²IRF, Kiruna, Sweden., ³CESR, Toulouse, France.

¹STEL, Nagoya Univ., Japan., ²IRF, Kiruna, Sweden., ³CESR, Toulouse, France.

The solar wind can directly interact with the Martian upper atmosphere, since Mars does not possess a global intrinsic magnetic field [e.g., *Acuna et al.*, 1998]. Atmospheric escape induced by the solar wind has been observed by Phobos-2 at the solar maximum, and recently by Mars Express (MEX) at the solar minimum [e.g., *Lundin et al.*, 1989; *Barabash et al.*, 2007]. Escape rates of planetary ions estimated by both spacecraft indicate large dependence on the solar wind conditions [e.g., *Barabash et al.*, 2007; *Lundin et al.*, 2008].

It has been known that escaping planetary ions, which are picked up by interplanetary magnetic field (IMF) in the solar wind, are distributed highly asymmetrically in terms of the convective electric field [*Barabash et al.*, 2007]. The convective electric field in the solar wind cannot be derived directly from MEX measurements, since MEX does not carry any magnetic field detector. However, the IMF direction can be sometimes estimated from the ring-like velocity distribution of picked-up protons observed by the ion mass analyzer (IMA), which is a part of plasma packages of ASPERA-3 onboard MEX. It is because the trajectory of picked-up ions is theoretically expected to gyrate in the plane perpendicular to the IMF direction [*Yamauchi et al.*, 2006, 2008].

Here we newly developed a new semi-automated method to estimate the IMF orientation from ring-ion distributions observed by IMA, focusing on the picked-up planetary protons. As described below, we only use ring-ion signatures whose initial energy is zero, so as to exclude the components of reflected solar wind protons at the bow shock. We assume that the magnetic field direction is nearly uniform over a distance greater than one ion gyroradius and for 192 sec., the duration of the observation cycle of three-dimensional ion distribution measured by IMA. We can then presume that picked-up planetary ions form a ring distribution with a radius of the solar wind velocity in the plane perpendicular to the local magnetic field in the solar wind rest frame. The concrete procedures of estimation are as follows:

- (1) We manually select the ring distribution signature near the Martian bow shock.
- (2) Automatic determination of the bulk velocity vector of the solar wind in full three-dimensional scanning of IMA.
- (3) Assuming that initial velocity of picked-up protons is negligible, data bins where the ring ion component is expected to be detected are selected from IMA three-dimensional velocity distribution data.
- (4) Using the selected data bins where relevant ring ion components are detected in three-dimensional velocity phase space in the solar wind rest frame, we calculate the normal unit vector to the plane of a partial ring ion distribution using the Newton-Raphson method and Lagrange multipliers. The derived normal unit vector should be parallel or anti-parallel to the IMF orientation. It should be noted that we cannot derive strength and polarity of the IMF in this method.

The heavy ion precipitations up to a few keV onto Martian atmosphere are recently discovered predominantly during CIR passages [*Hara et al.*, 2011]. On the basis of a statistical study using the derived IMF data, we will also report on the effects of the solar wind electric field direction on the heavy-ion precipitations.

References:

- Acuna, M. H., et al. (1998), *Science*.
Barabash, S., et al. (2007), *Science*.
Hara, T., et al. (2011), *J. Geophys. Res.*, in press.
Lundin, R., et al. (1989), *Nature*.
Lundin, R., et al. (2008), *Geophys. Res. Lett.*
Yamauchi, M., et al. (2006), *Space Sci. Rev.*
Yamauchi, M., et al. (2008), *Planet. Space Sci.*

キーワード: 火星, Mars Express/ASPERA-3, ring ion, IMF
Keywords: Mars, Mars Express/ASPERA-3, ring ion, IMF

PCG033-12

会場:101

時間:5月24日 11:30-11:45

火星地殻起源磁場上におけるイオン密度空間分布についての考察 The distribution of the ion number density over the crustal magnetic field on Mars

金尾 美穂^{1*}, 中村 正人¹, 阿部 琢美¹, Futaana Yoshifumi², 山崎 敦¹, ASPERA-3 team²
Miho Kanao^{1*}, Masato Nakamura¹, Takumi Abe¹, Yoshifumi Futaana², Atsushi Yamazaki¹, ASPERA-3 team²

¹ 宇宙科学研究所, ² スウェーデン宇宙物理研究所

¹ISAS/JAXA, ²IRF

ダイポール磁場の弱い火星で大気は太陽風や太陽紫外線と直接相互作用して惑星間空間に散逸している。その全球的な様子は Mars Express の観測や Mars Global Surveyor による観測結果によって明らかにされてきている。特に、従来プラズマの空間分布は磁場の方向によって考えられてきたが、磁場が弱くイオンのラーマー半径が大きい火星では太陽風対流電場の方向に着目すると、数 100eV 以上のエネルギーの惑星由来の重イオンが電場の方向によって非対称な空間分布を示す事が既に知られている。

しかし、火星の南半球に局所的な強い磁気アノマリが存在し、その強度は高度 400km で数 100nT に達する。本発表では、この強い磁気アノマリの存在がイオン密度の空間分布に与える影響について考察する。

まず、アノマリが昼側、夜側にある時、各について時間平均された密度分布を示した。アノマリが昼側で電場が南向きの時、南側のマグネトシース、北側のマグネティックパイルアップリジョンでイオンの密度が上昇する。一方磁場アノマリが夜側にある場合には密度変化がみられなかった。このイオンの密度上昇を引き起こす原因を検証するため、酸素イオン密度が高いイベントと磁場アノマリとの位置、電場方向との関係を解析する。これらの結果を用いて、磁気アノマリの存在が火星大気の散逸に及ぼす影響を考察する。

PCG033-13

会場:101

時間:5月24日 11:45-12:00

金星イオン流出に惑星間空間磁場方向が及ぼす影響 ~統計解析結果からみられるイオン加速領域の違い~ Effects of upstream IMF direction to the ion escape from Venus

益永 圭^{1*}, 二穴 善文², 山内 正敏², Stas Barabash², Zhang Tielong³, 寺田 直樹¹, 岡野 章一¹
Kei Masunaga^{1*}, Yoshifumi Futaana², Masatoshi², Stas Barabash², Zhang Tielong³, Naoki Terada¹, Shoichi Okano¹

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² スウェーデン国立宇宙物理学研究所, ³ オーストリア宇宙科学研究所

¹ Graduate School of Science, Tohoku Unive, ² Swedish Institute of Space Physics, ³ Austrian Space Research Institute, Graz

The lack of intrinsic magnetic field on Venus results in a direct interaction between its upper atmosphere and the solar wind. This fact causes an ion outflow from Venus to the space. In the past, it has been revealed that the escape processes are controlled by the variable solar wind conditions. It is thought that the escape processes play an important role for the evolution of Venusian atmosphere.

At present, Venus Express explored plasma environments on Venus. A lot of O⁺ ions with a speed over escape velocity were observed through the plasma sheet which is identified by a sharp reversal of B_x component (Barabash et al., 2007a). Therefore, the plasma sheet is regarded as the energetic ion outflow channel.

Recently, it is reported that the magnetic field environment on Venus highly depends on the direction of the interplanetary magnetic field (IMF). Usually IMF has a component to the Venus-Sun line (Zhang et al., 2009). In addition, it is also suggested by the global simulation that the IMF direction controls an atmospheric escape flux by the global change of the Venusian plasma environment (Liu et al., 2009)

In this study, we have examined dependence of high energy O⁺ (>100 eV) observations around Venus on the upstream IMF direction by using velocity distribution functions of plasma and the magnetic field data measured by the ASPERA-4 (Analyzer of Space Plasma and Energetic Atoms) and the magnetometer (MAG) on board Venus Express for a period from June 2006 to December 2008. The orbits are classified into two cases depending on the IMF directions: IMF nearly perpendicular to the Venus-Sun line (the perpendicular case) and IMF nearly parallel to it (the parallel case).

In most orbits for the perpendicular case, x-component of the magnetic field reverses one time per orbit around magnetic poles where the field lines most strongly drape. The high energy O⁺ fluxes are also detected near the poles and some of them are observed simultaneously with the B_x reversal mainly in the nightside. In addition, the energy of O⁺ fluxes increases in proportion to an altitude in the dayside +E hemisphere to which the convection electric field points. On the other hand, in most orbits for the parallel case, the B_x component reverses multiple times per orbit and their spatial distribution is scattered around the terminator and wake region. The high energy O⁺ fluxes are also detected whole around the post terminator region, and some of them are detected simultaneously with the B_x reversal. In addition, the energy of the fluxes does not show the clear dependence on the altitude compared to the perpendicular case.

Results show that the upstream IMF direction controls the ion acceleration region. For the perpendicular case, the large convection electric field is generated in the dayside region, and the IMF drapes strongly from the terminator and forms a single plasma sheet in the nightside region. O⁺ ions are picked up into the solar wind due to a large convection electric field in the dayside, and ionospheric O⁺ ions are scavenged away by a magnetic tension force and/or a kinetic force of the solar wind from the magnetic poles to the wake region. On the other hand for the parallel case, the convection electric field becomes smaller, and the IMF drapes complicatedly, resulting in creating multiple B_x reversals in the nightside region. The multiple B_x reversals indicate that many plasma channels are formed. It is suggested that the ion pickup rate decreases and the ionospheric ions are accelerated by local effects from the multiple plasma channels in the nightside region. These results imply that the IMF direction controls the ion pickup rate and bulk outflow rate.

キーワード: 金星, プラズマ, ビーナズエクスプレス

Keywords: Venus, plasma, Venus Express, VEX

PCG033-14

会場:101

時間:5月24日 12:00-12:15

ハワイ・ハレアカラ山頂への惑星専用望遠鏡設置計画： Development of a New Telescope Dedicated to Observation of Planets at Haleakala, Hawaii : VI

岡野 章一^{1*}, 笠羽 康正¹, 鍵谷 将人¹
Shoichi Okano^{1*}, Yasumasa Kasaba¹, Masato Kagitani¹

¹ 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター

¹Tohoku University

東北大学の惑星光学観測グループはハワイ大学 IfA、ドイツ・Kiepenheuer Institute for Solar Physics、およびメキシコ自治大学天文学研究所と協力して、ハワイ・ハレアカラ山頂に口径 1.8m の惑星専用望遠鏡 PLANETS の建設を計画している。

この望遠鏡の特徴は、観測対象が太陽系惑星および系外惑星に特化されていることである。これらの観測対象周辺の微弱な大気発光やイオン発光を可視域で測定しようとする、太陽系惑星の場合は惑星ディスクからの強烈な太陽散乱光、系外惑星の場合は強烈な主星の発光が重大な障害となる。この障害を除くには、副鏡固定のためのスパイダーによる回折や光学系の複数の鏡面での散乱光をできるだけ避けることが必要である。このために、我々が計画している新望遠鏡では、軸外しグレゴリアン光学系を採用し、また散乱光低減のために HyDra と呼ばれる新しい研磨技術による高い鏡面精度を目指している。さらに軸外し主鏡の直焦点にマスクを配置することで広いダイナミックレンジを得る。このような広いダイナミックレンジをもつ惑星観測専用望遠鏡は未だ存在していないため、実現すれば惑星地上光学観測にとって非常にユニークな観測装置になると期待される。

東北大学はハワイ大学との共同研究契約に基づいて PLANETS 望遠鏡計画を進めているが、現在基本設計が完了し、ガラスセラミック製の主鏡ブランクを製造中である。本望遠鏡計画の概要は、<http://www.ifa.hawaii.edu/haleakalanew//planets/planets.shtml> でみることができるが、講演では、新望遠鏡建設計画の現状について述べる。

キーワード: 光学望遠鏡, 惑星観測, 光赤外, グレゴリアン, ハワイ・ハレアカラ, 軸外し

Keywords: optical telescope, planetary observation, optical infrared, Gregorian, Hawaii Haleakala, off-axis

PCG033-15

会場:101

時間:5月24日 12:15-12:30

SPART 10m 望遠鏡によるミリ波帯惑星大気観測

Millimeter-wave band observations of planetary atmospheres with SPART 10m telescope

前澤 裕之^{1*}, 森部 那由多¹, 飯野 孝浩¹, 水野 亮¹, 長浜 智生¹, 徳丸 宗利¹, 三好 由純¹, 小川英夫², 大西利和², 高橋 茂³, 前川淳³, 岩下浩幸³, 半田一幸³, 川辺良平³

Hiroyuki Maezawa^{1*}, Nayuta Moribe¹, Takahiro IINO¹, Akira Mizuno¹, Tomoo Nagahama¹, Munetoshi Tokumaru¹, Yoshizumi Miyoshi¹, Hideo Ogawa², Toshikazu Ohnishi², Shigeru Takahashi³, Jun Maekawa³, Hiroyuki Iwashita³, Kazuyuki Handa³, Ry-
ohei Kawabe³

¹名古屋大学, ²大阪府立大学, ³国立天文台野辺山宇宙電波観測所

¹Nagoya Univ., ²Osaka Prefecture Univ., ³Nobeyama Radio Observatory, NAO

生命の起源の探求は人類にとって永遠のテーマである。近年は系外惑星探査なども活発化し、ハビタブルゾーンについて、より詳しい理解が必要になってきている。そのためにもまず、我々の銀河において典型的なG型星である太陽の活動が、現在の地球型・ガス/氷型惑星の中層大気環境(物理・化学状態)にどのようなバランスをもたらしているのか? という基本的問題についてアプローチしていく必要がある。これには、地上望遠鏡を用いた短中長期スケールに渡る分子スペクトル線のモニタリング・ラインサーベイ観測が不可欠である。そこで我々は、国立天文台野辺山宇宙電波観測所のミリ波干渉計(NMA)の1台(F号機)を利活用し、これを単一鏡化して世界初の惑星大気観測専用のミリ波望遠鏡として運用・展開していく計画である。現在、この望遠鏡をSolar Planetary Atmosphere Research Telescope (SPART)と呼んでいる。10mクラスの剛性の高い望遠鏡は、比較的風などの影響も受けにくく、安定した惑星の追尾を可能にする。本望遠鏡は、100,200GHz帯の超伝導SIS受信機を搭載しており、その感度は量子雑音の4-5倍程度と非常に低雑音性能を有している。また我々のヘテロダイン分光手法は、周波数分解能が $f/f < 10^{-6 \sim 7}$ と非常に高く、惑星の中高層大気の微量分子・同位体の細い線スペクトルを分解できる特徴がある。

NMAは2010年度までは干渉計の教育実習などの部分運用を行っているため、本格的な改良を開始するのは2011年度からである。おりしも太陽活動(~11年周期)は、これから活発化するフェーズにある。現在、これに備えてFPGAを搭載した高速処理が可能なフーリエ変換型デジタル分光計(1GHz帯域, 8bit, 分光点数16384)、中間周波増幅系、局部発振波信号系、望遠鏡内外の環境モニター、制御・解析関連のソフトウェアの開発・改良を進めている。講演では、本プロジェクトの紹介と進捗について報告する。

キーワード: ミリ/サブミリ波, ヘテロダインリモートセンシング, 惑星大気

Keywords: millimeter/submillimeter-wave, heterodyne remote sensing, planetary atmosphere

PCG033-16

会場:101

時間:5月24日 12:30-12:45

アルマ初期運用サイクル0での太陽系内天体観測 Solar System Observations in Early Science Cycle 0 with ALMA

齋藤 正雄^{1*}, 奥村 幸子¹

Masao Saito^{1*}, Sachiko Okumura¹

¹ 国立天文台 ALMA 推進室

¹ ALMA-J Project

The Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) will be comprised of a giant array of 12-m antennas, with baselines up to 16 km and state-of-the-art receivers that cover all the atmospheric windows up to 1 THz. An additional, compact array of 7-m and 12-m antennas will greatly enhance ALMA's ability to image extended sources. The ALMA project is an international collaboration between Europe, East Asia and North America in cooperation with the Republic of Chile.

The Joint ALMA Observatory (JAO) expects to start Early Science observations (Cycle 0) on a best effort basis late in 2011 and a call for proposals will be issued at the end of the first quarter of 2011. The ALMA Early Science Cycle 0 capabilities will comprise sixteen 12-m antennas, receiver bands 3, 6, 7 & 9 (wavelengths of about 3, 1.3, 0.8 and 0.45 mm), baselines up to 250m, single field imaging, and a restricted set of spectral modes chosen to meet a reasonable range of scientific goals. Additional capabilities including somewhat longer baselines, limited mosaic imaging, and some polarization capabilities, may be announced in the Call for Proposals.

Even at the Cycle 0 phase, the sensitivity of ALMA in spectral observations is typically 10 - 30 times higher than that of the existing millimeter and submillimeter arrays. High spatial resolution, 0".35-2".5 dependent on observing frequency, and high spectral resolution will enable observers to image detailed features of planets and to reveal kinematics of planetary atmosphere. For example, 1 sigma sensitivity in brightness is less than 1 K with a velocity resolution of 0.1 km s⁻¹ and an angular resolution of 1" at 345 GHz. The ALMA data can be compared directly with theoretical studies enriching our understanding of the planetary science.

Successful proposers for Early Science Cycle 0 will share risk with ALMA. ALMA staff will conduct quality assurance on ALMA data, and will provide reduced data products through the respective ALMA Regional Centers (ARCs). However, it cannot be guaranteed that projects will be completed or that the characterization and quality of the data and data reduction will meet the standards expected when ALMA is in full scientific operations.

If your affiliation is in Japan, the East-Asia ALMA Regional Center located in the NAOJ campus in Tokyo will provide user support in many aspects. We present the ALMA Cycle 0 capabilities and its expected outcome for potential observers.

The key dates in the current plans for Cycle 0 are given below. It is still possible that changes in circumstances may make it necessary to alter them.

- 2011/03/31: CfP for ALMA Early Science Cycle 0 and release of offline Observing Tool.
- 2011/06/01: Opening of archive for proposal submission.
- 2011/06/30: Proposal Deadline.
- 2011/09/30: Start of ALMA Cycle 0 observing.

キーワード: アルマ, 電波干渉計, 初期運用

Keywords: ALMA, Radio Interferometer, Early Science

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PCG033-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

タイタン上層大気のイオン組成の高度分布モデル A modeling of Titan's ionosphere

中岡 啓^{1*}, 渡部 重十¹, 堺 正太郎¹
kei nakaoka^{1*}, Shigeto Watanabe¹, Shotaro Sakai¹

¹ 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻

¹Dep. CosmoSciences. Hokkaido Univ.

タイタン上層大気のイオン組成の高度分布モデル

中岡 啓 (1), 渡部重十 (1), 堺正太郎 (1)
(1) 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻

カッシーニに搭載されている Langmuir Probe がイオン分子量のデータを得た。高度 1200-1800 km で、イオンの分子量は 20-40amu となったが、1200 km で 60 を超えた [Wahlund et al., 2005]。しかしながら、具体的なイオン組成の高度分布や日変化はまだ解明されていない。

我々は、イオンと電子数密度の高度分布を得るためにイオン組成モデルを構築した。窒素とメタンからなる大気を考え、大気密度の日変化やイオンの運動を考慮して計算した結果、主要なイオン数密度は HCNH^+ , C_2H_5^+ であった。本発表では、モデリングとカッシーニによる観測との比較検討結果を述べる。

キーワード: タイタン, 上層大気, イオン組成, 高度分布, 電離圏

Keywords: titan, upper atmosphere, ion composition, altitude distribution, ionosphere

LLFAST (月低周波電波望遠鏡) を用いた木星電波観測の研究 A study of Jovian Radio Wave Observation using LLFAST (Lunar Low Frequency Astronomy Telescope)

岩田 隆浩^{1*}, 今井 一雅², 中城 智之³, 近藤 哲朗⁴, 竹内 央¹
Takahiro Iwata^{1*}, Kazumasa Imai², Tomoyuki Nakajo³, Tetsuro Kondo⁴, Hiroshi Takeuchi¹

¹JAXA 宇宙科学研究所, ²高知高専, ³福井工大, ⁴情報通信機構

¹ISAS/JAXA, ²Kochi N. C. Tech., ³Fukui Univ. Tech., ⁴NICT

木星からの強力なデカメートル波 (DAM) の電波放射機構は未知の部分が多く、電波放射機構を解明することによって、宇宙空間プラズマ物理学の重要な本質に迫ることが可能になると考えられている。この木星電波放射機構を解明するためには、木星電波放射源の空間的な情報を得ることが最も重要なポイントとなる。しかしながら、地上での VLBI 観測では木星位置での最高分解能は 1000km であることから、電波源サイズを同定することは不可能であった。また探査機による in-situ 観測では、木星全体を見渡して電波源のダイナミカルな姿を描くための視野が得られない。このため、地上では得られない高分解能と探査機では実現できない広視野とを併せ持つ観測手法が期待されてきた。月低周波電波望遠鏡: LLFAST (Lunar Low Frequency Astronomy Telescope) は、「かぐや」に続く次期月探査機 (仮称: SELENE-2) の月周回オービターへの搭載が提案されている電波望遠鏡である。月周回軌道上の LLFAST と地上の電波観測局から構成される基線により、20-25MHz 帯 (単一鏡観測では 15-25MHz) での木星電波の宇宙空間 VLBI 観測を行うことにより、木星電波源に迫る 20km の高い空間分解能での観測を実現する。

放射機構の解明に取り組むためには、電波源の構造や、これと密接に関係している電波ビームの形状を明らかにすることが不可欠である。これまでの地上からの経年観測と探査機の in-situ 観測 [1]、および modulation lane 法による位置推定 [2] からは、主要な放射形状モデルである conical-sheet beam (emitting cone) モデル [3] と search-light beam モデル [4] が提唱されているが、これらの放射モデルを実証できる分解能と視野が得られていないのが現状である。特に、磁力線方向に数 km、緯度方向に数百 m の拡がりを持つと推定される電波源 (コヒーレント領域) のサイズの上限を押さえることは、放射機構を解明する上で極めて重要である。しかし、地上 VLBI 観測では分解能が不足すること、in-situ 観測では電波放射の全体像が判らない (地球 AKR でも同様の制約に見舞われてきた) ことから、電波源サイズは決定できていない。これを解決するには、ちょうど月-地球基線に相当するスペース VLBI の空間分解能と視野が最適であり、今まで見ることでできなかった電波源のミクロな構造を初めて見る事が可能となる。また月-地球基線の空間分解能を用いることにより、個々の電波源の構造に加えて、木星とイオをつなぐ磁力線間の電波源の様子を詳細に知ることができる。これによって、磁力線に沿ったエネルギー注入の分布を経度方向に調べて、木星-イオ間のエネルギー輸送状態の解明が可能となる。

一方、放射の素過程のモデルとして、双極子磁場に沿って極域に降り込む電子ビームを起源とする CMI (cyclotron maser instability) モデル [5] と、静電的プラズマ波動から電磁波へのモード変換を予測する Mode Conversion モデル [6] が提示されている。これら 2つのモデルは、木星電波源の偏波特性において異なる関係を予測し、前者では北半球から右回り、南半球から左回りの偏波が観測され、一方後者では南半球からの右回り偏波が卓越する。しかしながら、地上観測では電離層の影響により偏波特性が検出困難なこと、in-situ 観測では木星全体での分布が判らないことに加えアンテナ構成・衛星姿勢等の観測制約により、この偏波特性の詳細も未同定であった。この偏波分布と特性を同時に観測して素過程を決定するため、月-地球基線スペース VLBI の空間分解能・視野が必要である。特に、電波源の位置について南北半球のいずれかを決定するためには十分な遅延時間推定精度が必要であり、このためには地球電離層の影響の小さい低雑音の電波環境が必要不可欠である。

References - [1] Carr et al. (1983), In Physics of the Jovian Magnetosphere, 226. [2] Imai et al. (2002), JGR, 107, A6, 10.1029/2001JA007555. [3] Dulk (1967), Icarus, 7, 173. [4] Imai et al. (2008), AGU Fall Meeting, SM41B-1673. [5] Wu & Lee (1979), ApJ, 230, 621. [6] Oya (1971), Radio Sci., 6, 1131.

キーワード: 木星, イオ, DAM, 宇宙空間 VLBI, SELENE-2

Keywords: Jupiter, Io, DAM, space-VLBI, SELENE-2

VLA データ解析から得られた木星シンクロトロン放射の短期変動現象 Short term variations of Jupiter's synchrotron radiation derived from VLA data analysis

北元^{1*}, 三澤 浩昭¹, 土屋 史紀¹, 森岡 昭¹
Hajime Kita^{1*}, Hiroaki Misawa¹, Fuminori Tsuchiya¹, Akira Morioka¹

¹ 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター
¹ Planet. Plasma Atmos. Res. Cent. Tohoku Univ

木星シンクロトロン放射は放射線帯内の磁場にトラップされた相対論的電子からの放射であり、地球から木星放射線帯をリモートセンシングし、そのダイナミクスを理解する上で効果的な観測手段である。長年にわたり木星シンクロトロン放射は、その強度変動が安定なものだと考えられていた。しかし、シューメーカー・レービー第9彗星が木星に衝突した1994年以来、精力的に連続観測が行われ、数日から数週間の時間スケールでフラックスが変動しているということが明らかになった。

Brice and McDonough (1973) は、このような短期変動の要因として以下のようなシナリオを提唱している：太陽紫外線により熱圏大気が加熱され、中性風の擾乱を引き起こし、ダイナモ電場の擾乱が誘発されることにより放射線帯内部で動径拡散が増大する。この結果、放射線帯粒子のベータトロン加速が起こりシンクロトロン放射のフラックスが増大する。Miyoshi et al. (1999) は 2.3GHz で短期変動現象を確認し、この変動と太陽紫外線変動との間に正の相関があったことを報告した。Tsuchiya et al. (2010) は 325MHz、785MHz でシンクロトロン放射の短期変動があったとことを報告した。Santos-Costa et al. (2009) は 2002年10月から12月に行われた米国の電波干渉計 VLA (Very Large Array) の観測から、5GHz のシンクロトロン放射の輝度分布が経度によって異なる変動を示していたことをあきらかにした。しかしながら短期変動のメカニズムや輝度分布変動と太陽紫外線との関係は未解明である。

木星シンクロトロン放射と太陽紫外線との関係をより明確に理解するためには、電波干渉計によって短期変動発生時の空間分布の変動を調べる必要がある。そこで我々は VLA のデータ解析を行った[*]。動径拡散が増大した場合、放射線帯電子は内側に輸送されるため、放射輝度分布の内側への移動や、断熱不変量が保存することによるピッチ角分布の変化、すなわち緯度方向の空間分布の変化が生じることが予想されている。データは2000年1月から2月にかけて行われた6日間の集中観測時のものを用いた。周波数は327MHzである。観測期間では、木星で想定される太陽紫外線強度はゆるやかな減少を示していた。初期解析結果では太陽紫外線に対応したシンクロトロン放射強度の変動が見られたが、この時の空間分布の変化は、予測とは異なり、東西に非対称な輝度分布が、徐々に対称な構造に変化していくような様相を示していることがわかった。講演ではこの輝度分布のローカルタイム依存性や磁気経度依存性の解析に基づき、変動の原因について議論する予定である。

* NRAO (National Radio Astronomy Observatory) の公開データを使用。

参考文献:

- Brice, N. M. and T. R. McDonough, *Icarus*, 18, 206-219, 1973.
Miyoshi, Y. et al., *Geophys. Res. Lett.*, 26, 9-13, 1999.
Santos-Costa, D., et al., *Astron. Astrophys.*, 508, 1001-1010, 2009.
Tsuchiya, F. et al., *Adv. in Geosci*, 19, 601, 2010.

キーワード: 木星, 放射線帯, シンクロトロン放射, 電波干渉計

Keywords: Jupiter, radiation belt, synchrotron radiation, radio interferometer

PCG033-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

電波スペクトル解析に基づく木星磁気圏の太陽風応答特性 Solar wind response of Jupiter's magnetosphere viewed from the radio spectra analysis

三澤 浩昭^{1*}, 土屋 史紀¹, 森岡 昭¹
Hiroaki Misawa^{1*}, Fuminori Tsuchiya¹, Akira Morioka¹

¹ 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター

¹PPARC, Tohoku University

It is well known that aurorae and auroral radio emissions in the earth are primarily driven by interaction between the solar wind and the magnetosphere, while in case of Jupiter, it is thought that some internal processes, probably initiated by the rapid planetary rotation, primarily drive the auroral activity and the solar wind is a limiting control parameter. There are many in situ and remote observations support the idea, however, the role of the solar wind to the magnetic phenomena and pure characteristics of internal processes have not been revealed well.

In order to investigate characteristics of the solar wind and non solar wind controls on Jupiter's magnetic activities in detail, occurrence characteristics of Jupiter's radio emission, particularly in the hectometric wave range observed with WIND/WAVES, have been analyzed. The analysis period is particularly selected for June to September in 2008, when the solar activity was considerably calm and predicted solar wind condition at Jupiter was stable and also showed clear periodicity synchronized with the solar rotation. The results of the analysis show that there are 3 types of HOM: 1) Solar wind related HOM, 2) Non solar wind related and short lived HOM, and 3) Non solar wind related and quasi-periodic HOM. This implies that locations and/or plasma conditions in the source and propagation regions varies with the solar wind variations and effects of the solar wind variations reach to the inner magnetosphere.

Acknowledgement: We would greatly appreciate M. Kaiser, J.-L. Bougeret and the WIND/WAVES team for providing the radio wave data.

キーワード: 木星, 磁気圏, 太陽風応答, 電波

Keywords: Jupiter, magnetosphere, solar wind response, radio emission

PCG033-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

南北向き IMF 時における高解像度土星磁気圏シミュレーション

The high resolution MHD simulation of Kronian magnetosphere for northward and southward IMF

深沢 圭一郎^{1*}, 荻野 竜樹², 湯元 清文³

Keiichiro Fukazawa^{1*}, Tatsuki Ogino², Kiyohumi Yumoto³

¹九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門, ²名古屋大学太陽地球環境研究所, ³九州大学宙空環境研究センター

¹EPS, Kyushu Univ., ²STEL, Nagoya Univ., ³SERC, Kyushu Univ.

In a series of studies we have reported vortices at the dawn magnetopause at Saturn in simulations when IMF was northward which we interpreted as resulting from the Kelvin-Helmholtz (K-H) instability. Studies of the K-H waves using quasi-local simulations at the Earth have shown that the formation of the vortices can be highly dependent on the grid spacing used in the simulations. In particular there can be secondary variations in the vortex structure. However these simulations did not include the magnetic curvature which affects the occurrence of KH instability because they do not treat the global configuration. On the other hand, it has been hard to simulate the global magnetosphere with a sufficiently small grid interval to investigate these effects on the global configuration. Recently thanks to the developments of computer and numerical calculation techniques, we have been able to perform the global magnetospheric simulations of the magnetosphere with relatively high resolution (small grid spacing). As the results of this simulation of Kronian magnetosphere, we found that the formation process and configuration of vortex were different from the previous low resolution simulations for northward IMF. In particular, the growth rate of KH wave seems to be high and waves are appeared around dusk side clearly. On the other hand, we have not obtained the vortex configuration for southward IMF. In this study we will show the results of high resolution global simulation of the Kronian magnetosphere, analysis of the vortices, changes in the configuration of magnetic field lines related to the vortices and their effects on aurora at Saturn.

キーワード: 土星, 磁気圏, 数値シミュレーション

Keywords: Saturn, magnetosphere, numerical simulation

PCG033-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

BepiColombo 日欧共同水星探査ミッション：MMO プロジェクト最新状況報告 BepiColombo Euro-Japan Joint mission to Mercury: MMO Project Status update

早川 基^{1*}, 前島 弘則¹, BepiColombo MMO プロジェクトチーフ¹
Hajime Hayakawa^{1*}, MAEJIMA, Hironori¹, BepiColombo MMO Project Team¹

¹ 宇宙研・宇宙機構
¹ ISAS/JAXA

紀元前から知られる水星は、「太陽に近い灼熱環境」と「軌道投入に要する多大な燃料」から周回探査は困難であった。過去の探査は、米国マリナー10号による3回のフライバイ観測(1974-5)及び米国MESSENGERによる2回のフライバイ観測(2008)のみである。この探査は、この小さな惑星にはあり得ないと考えられていた磁場と磁気圏活動の予想外の発見をもたらしたが、その究明は30年以上続く夢に留まってきた。耐熱技術の進展に代表される技術革新が、ようやく大きな壁を取り除きつつある。「ベピ・コロンボ(BepiColombo)」は、欧州宇宙機関(以下、ESA)との国際分担・協力によりこの惑星の磁場、磁気圏、内部、表層を初めて多角的・総合的に観測しようとするプロジェクトである。固有磁場と磁気圏を持つ地球型惑星は地球と水星だけで、初の水星の詳細探査＝「初の惑星磁場・磁気圏の詳細比較」は、「惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性」の知見に大きな飛躍をもたらす。また、磁場の存在と関係すると見られる巨大な中心核など水星の特異な内部・表層の全球観測は、太陽系形成、特に「地球型惑星の起源と進化」の解明に貢献する。

本計画は、観測目標に最適化された2つの周回探査機、すなわち表面・内部の観測に最適化された「水星表面探査機(MPO)」(3軸制御、低高度極軌道) 磁場・磁気圏の観測に最適化された「水星磁気圏探査機(MMO)」(スピン制御、楕円極軌道)から構成される。ISAS/JAXAは、日本の得意分野である磁場・磁気圏の観測を主目標とするMMO探査機の開発と水星周回軌道における運用を担当し、ESAが残りの全て、すなわち、打ち上げから惑星間空間の巡航、水星周回軌道への投入、MPOの開発と運用を担当する。

両探査機に搭載する数々の科学観測装置は、2004年の搭載機器選定以降開発は着々と進行し、日本側の予備設計審査は平成20年3月に行われた。ESA側の予備設計審査は平成21年10月末に終了した。JAXAの開発するMMOは昨年11月に単体の熱モデル試験が終了し、現在は本年下半期に行われる全体構造モデル試験の為に熱モデルから構造モデルへの変更作業中である。昨年3月からサブシステムレベルでの詳細設計審査(CDR)を開始した。来年初めから単体としては最終の総合試験を開始する予定である。

水星到着後の観測は、選ばれた装置開発チームに留まらず、広く日欧研究者で構成する「BepiColombo科学ワーキングチーム」(年1回程度開催)で立案・実施される。本講演では、これら科学観測に関連した状況及び、日本側が製作を担当するMMOについて最新状況を報告する。

キーワード: 水星, 惑星探査, 国際協力

Keywords: Mercury, Planetary Exploration, International Collaboration

PCG033-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

超伝導ミキサ素子の設計のための数値シミュレーションコードの開発 Development of Numerical Simulation Code for THz-Band Superconducting Hot-Electron Bolometer Mixer Designing

津村 全^{1*}, 梅田 隆行¹, 前澤 裕之¹, 荻野 竜樹¹

Tamotsu Tsumura^{1*}, Takayuki Umeda¹, Hiroyuki Maezawa¹, Tatsuki Ogino¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory

THz region is an unexplored frequency band in heterodyne sensing technology fields, because a conventional SIS mixer does not work due to superconducting Cooper pair breakdown by photon absorption in the THz band. To overcome this obstacle, an alternative THz-band heterodyne device known as a hot-electron bolometer (HEB) mixer is studied, and successful laboratory experiments have already been reported. However, physical mechanisms of the HEB mixer device are not yet sufficiently understood. Thus we develop a new numerical simulation code to understand physical processes in the HEB mixer device, which aims to improve the fabrication process for superconducting HEB mixer microbridges. Since the microbridge consists of a coplanar line structure, we numerically model the coplanar line by using the FDTD (Finite-Difference-Time-Domain) method. We also introduced superconductors into the FDTD code by solving the London equation. By modeling the time dependence of the superconductivity by the power of input signals, the present mixer device has detected the intermediate frequency of a radio signal and a reference signal.

Keywords: detector, superconductor, terahertz, Heterodyne Sensing, Radio Astronomy

PCG033-P08

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

超伝導 HEBM 検出素子の開発による THz 帯ヘテロダイン分光観測 THz band heterodyne spectroscopy with superconducting HEBM receiver

前澤 裕之^{1*}, 山本智², 中井直正³, 瀬田益道³, 水野亮¹, 入交芳久⁵, 小川英夫⁶, 大西利和⁶, 福井康雄⁴
Hiroyuki Maezawa^{1*}, Satoshi Yamamoto², Naomasa Nakai³, Masumichi Seta³, Akira Mizuno¹, Yoshihisa Irimajiri⁵, Hideo Ogawa⁶, Toshikazu Ohnishi⁶, Yasuo Fukui⁴

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻, ³ 筑波大学大学院数理物質科学研究科, ⁴ 名古屋大学大学院理学研究科, ⁵ 情報通信研究機構, ⁶ 大阪府立大学

¹STEL, Nagoya Univ., ²Univ. of Tokyo, ³University of Tsukuba, ⁴Nagoya Univ., ⁵NICT, ⁶Osaka Prefecture Univ.

我々は、NbTiN 超伝導細線を集積した次世代の THz 帯ヘテロダイン検出素子、ホットエレクトロンボロメータミクス (HEBM) の開発を推進している。これまでミリ・サブミリ波帯で威力を発揮してきた従来の Nb 型超伝導 SIS ミクス素子は、超伝導ギャップ周波数を超えた THz 帯ではクーパー対が壊れ、機能を失ってしまう。一方、HEBM 検出素子は動作原理的に観測周波数に上限を持たない特徴をもつ。現在、我々の HEBM 素子では、Si ウエハ/AlN 薄膜上に数 nm の厚みの NbTiN 細線を形成し、これらを 2 次元ツインスロットアンテナに集積している。電波は超半球レンズを用いて準光学的に集光し、1-4 THz 帯で実験評価を進めている。最近では、1.5 THz 帯で 1600 K、3 THz 帯で約 2000 K の透過雑音温度 (校正値) も得られている。また、低振動のパルス管 4K 冷凍機を用いることで、1.5 GHz の中間周波出力の安定性は 10 秒以上を実現しつつある。今後さらに NbTiN 細線の微細化を進め、高感度化・高帯域化を図る計画である。

この THz 帯領域は一般に未開拓の波長域と呼ばれているが、地球や惑星大気、星間空間に漂う重要なガス種のスペクトル線が多く存在している。今後、名古屋大学南半球宇宙観測センターの NANTEN2 望遠鏡や地球大気微量分子観測装置、情報通信研究機構による気球搭載型超伝導サブミリ波リム放射サウンダ、筑波大学をはじめとする南極天文コンソーシアムによって構想が進んでいる南極 THz 望遠鏡などに HEBM 検出素子を搭載していけば、地球・太陽系惑星の中・高層大気中の未計測の微量分子・原子・ラジカル (OH など) の観測も可能になると期待される。本講演では、我々の NbTiN 超伝導細線を集積した HEBM 検出素子の開発の進捗について報告する。

キーワード: テラヘルツ, 超伝導デバイス, ヘテロダイン分光

Keywords: terahertz, superconductor device, heterodyne spectroscopy

超高波長分解能惑星分光観測を可能にする中間赤外レーザーヘテロダイン分光システムの開発

Heterodyne infrared spectroscopy for ultra high-spectral resolution observations of planetary atmosphere

中川 広務^{1*}, 青木 翔平¹, 笠羽 康正¹, 村田 功¹, 岡野 章一¹

Hiroumi Nakagawa^{1*}, Shohei Aoki¹, Yasumasa Kasaba¹, Isao Murata¹, Shoichi Okano¹

¹ 東北大学・理

¹Tohoku University

中間赤外線域は、分子の振動・回転遷移に伴う強い吸収線が豊富に存在し、地球を含む惑星大気研究、例えば地球の大気汚染物質や温室効果気体など微量大気の生成・消滅・循環の理解、希薄な惑星大気の組成や構造、その時間変動の把握にと、非常に重要な分光観測領域として位置づけられてきた。特に、惑星・天体大気を地上から観測する場合、同一波長域に重なる地球大気の強力な吸収成分との分離のために非常に高い波長分解能が必要となる ($>1E5$)。この領域での分光手段として、「分散素子分光」および「フーリエ分光 (FTIR)」が主流であるが、双方とも高波長分解能を求めると装置が巨大なものとなり、現況大型望遠鏡に搭載されている装置 (例えば、TEXES/IRTF) でも $1E5$ 程度が限界である。

既存装置の波長分解能を圧倒的に凌駕し、高感度・小型化を実現可能とする唯一の方法が赤外レーザーヘテロダイン分光方式である。本方式による分光システムを用いて、NASA/GFSC およびドイツ・ケルン大学の2グループで惑星観測が実施されており、既存装置よりも一桁以上高い波長分解能 ($1E7-8$) は、惑星大気微量成分の検出のみならず、圧力ブロードニングによる高度分布の導出、ドップラーシフトによる大気運動の直接検出など、他方式では不可能だった観測を可能とし、独創的な成果を挙げている [Sonnabend et al., 2008; Kostuik et al., 1983]。我々東北大学でも 1980 年代より本方式を地球大気微量成分研究に採用し成果を挙げてきたが [Taguchi et al., 1990]、2007 年末より量子カスケードレーザー (QCL) を用いた分光器の再開発に着手し、本格的に惑星観測への応用に動き出した。現在、東北大ハワイ大惑星専用望遠鏡 PLANETS への常設・惑星大気の常時モニタを目指し、開発を進めている。

本発表では、(i) PLANETS 搭載用小型赤外ヘテロダイン分光システムの開発状況と性能評価結果、(ii) QCL と炭酸ガスレーザーとの干渉実験結果、そして (iii) 外部共振器開発状況 について報告する。

我々の受信機は 8-12 μm の波長域に対応しており、9.6 μm および 10.3 μm の DFB 型 QCL、8.0 μm の FP 型 QCL の局発光が運用可能な状態にある (いずれも浜松ホトニクス社製)。後者は FP 型 QCL と外部共振器を組み合わせる事で、通常の波長可変領域を 100 倍以上広げる事を想定し、複数分子種の同時観測を目指す。QCL はペルチェ冷却ヘッドに搭載され、常温駆動が可能である。波長分解能は波長安定化装置 Diplexer 等を組み込む事で $1E7$ を達成目標とし、帯域はデジタル分光器 (アジレント社製) の制約上 1GHz となる (10 km/s at 10 μm)。感度は、先行研究より量子雑音限界の 2-3 倍程度まで高められる事が期待されるが、現在は定在波や外部ノイズの除去・RF 改修によりシステム雑音の軽減に努めている。これらの達成により、地球型惑星 (火星・金星など) 大気のダイナミクスや重要微量分子の素過程理解に貢献する。

キーワード: ヘテロダイン, 分光, 赤外, 量子カスケードレーザー

Keywords: heterodyne, spectroscopy, infrared, quantum-cascade laser

MELOS 火星大気散逸観測オービターの検討報告 Examination of MELOS Orbiters for Martian Atmospheric Escape Study

松岡 彩子^{1*}, 阿部 琢美¹, 石坂 圭吾², 熊本 篤志³, 栗原 純一⁴, 関 華奈子⁵, 田口 真⁶, 寺田 直樹⁷, Futaana Yoshifumi⁸, 八木谷 聡⁹, 山崎 敦¹, 横田 勝一郎¹, 尾川 順子¹⁰, MELOS 火星大気散逸観測オービター検討グループ¹
Ayako Matsuoka^{1*}, Takumi Abe¹, Keigo Ishisaka², Atsushi Kumamoto³, Junichi Kurihara⁴, Kanako Seki⁵, Makoto Taguchi⁶, Naoki Terada⁷, Yoshifumi Futaana⁸, Satoshi Yagitani⁹, Atsushi Yamazaki¹, Shoichiro Yokota¹, Naoko Ogawa¹⁰, MELOS Martian Atmospheric Escape Study Group¹

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ² 富山県立大学工学部, ³ 東北大学理学部惑星プラズマ大気研究センタ, ⁴ 北海道大学理学部, ⁵ 名古屋大学 STE 研, ⁶ 立教大学理学部, ⁷ 東北大学理学部地物, ⁸ IRF スウェーデン, ⁹ 金沢大学工学部, ¹⁰ 宇宙航空研究開発機構月惑星探査センター

¹ ISAS/JAXA, ² Toyama Pref. Univ., ³ Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku, ⁴ CosmoSciences, Hokkaido Univ., ⁵ STEL, Nagoya Univ., ⁶ Rikkyo Univ., ⁷ Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku, ⁸ IRF, Sweden, ⁹ Kanazawa Univ., ¹⁰ JSPEC/JAXA

火星の大気の変遷には、太陽風との相互作用が大きく影響したと考えられているが、今現在の火星においてさえ、大気と太陽風との相互作用の物理プロセスは明らかになっていない。

地球と異なり、現在の火星は惑星固有の磁場を持たない。その結果、太陽風は低い高度にまで達し、火星の大気と直接相互作用して、火星大気の一部は散逸される。この過程は、長い間には火星大気の組成を変化させるまでの作用を及ぼし、火星大気や、ひいては地上・地下の二酸化炭素（ドライアイス）や水・氷の変遷に大きく影響した可能性があると考えられている。大気散逸の様子は、太陽活動や太陽との距離によって影響を受けるため、大気の長期的な変遷を考えるためには、様々な太陽の状態について相互作用の働きを知らなければならない。

現在、次期火星探査ワーキンググループによって検討されている火星探査プロジェクトは、火星に関する多角的な科学的視点からサイエンス目標が検討されている。このうち我々のグループは、大気散逸に焦点を当て、2つのオービターによって散逸の全体像とプロセスを同時に観測することを計画している。1つのオービター（大気散逸その場観測衛星）によって、大気散逸が起きているその場のプラズマや中性粒子の観測を観測を行い、もう1つのオービター（リモート観測衛星）によって、散逸する大気等から発せられる光をリモートで撮像し、また同時に太陽風をモニターするというものである。大気散逸の物理プロセス、グローバルな全体像、物理プロセスを決める太陽風のモニターを同時に行うことは、複数衛星によって初めて可能となる、真に大気散逸の全容解明に迫る観測である。

現在我々は、2024年頃の太陽活動極大期における火星観測を行う大気散逸観測オービターの実現に向けて、サイエンス・観測機器・衛星の検討を行っている。まず海外の類似ミッションに対する優位性や差別化を意識しながら、サイエンス目標の定量的・具体的な策定を行う。更に、現在の機器技術でサイエンス目標を達成できるのか、どのような技術開発が必要なのか、今後の開発計画を明らかにする。更に、この計画を実現させるための衛星構成や、軌道計画を検討する。

本講演では、これらの課題について検討を行った途中経過を報告する。

キーワード: 火星, 大気散逸, 惑星探査, 太陽風

Keywords: Mars, Atmospheric escape, Planetary exploration, Solar wind

PCG033-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

Mars Express 高速中性粒子データにおけるノイズ・シグナル成分の分類と特性解析 Classification and evaluation of noise and signal components in ENA data from Mars Express

中野 慎也^{1*}, 二穴 喜文²

Shin'ya Nakano^{1*}, Yoshifumi Futaana²

¹ 統計数理研究所, ² スウェーデン宇宙物理研究所

¹The Institute of Statistical Mathematics, ²Swedish Institute of Space Physics

火星探査機 Mars Express および金星探査機 Venus Express に搭載されている高速中性粒子センサ Neutral Particle Imager (以下 NPI) のノイズ特性, シグナル特性の解析を行った。NPI センサには 32 のチャンネルが付いており, それぞれが別の方向から到来する中性粒子を感知している。しかし, ある特定のチャンネルのデータのみ何らかのノイズが重畳し, そのチャンネルだけが異常な値を示すという場合がある。そこで本研究では, 32 チャンネルのうち 4 チャンネルのデータに対して混合ガウス分布モデルを当てはめ, 特定のチャンネルが異常値を示している場合とそうでない場合とを分類し, さらに異常値の見られるデータを幾つかのパターンに類型化した。次に, 探査機の姿勢や空間的な位置がどのような条件の場合に各パターンがノイズが顕れやすいかを調べ, 異常値の原因について考察し, また, どのような条件であれば科学的に意味のあるデータとして利用可能かを議論する。

キーワード: 火星, 高速中性粒子, ENA, 金星

Keywords: Mars, energetic neutral atom, ENA, Venus

PCG033-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 14:00-16:30

非磁化惑星からの電離層起源のイオンの流出：火星と金星の比較 Heavy ion escape processes for non-magnetized planet: The comparison between Mars and Venus

久保田 康文^{1*}
Yasubumi Kubota^{1*}

¹ 宇宙研
¹ ISAS/JAXA

火星、金星は磁気双極子モーメントが非常に小さく、全球的な固有磁場がほとんどない。そのため、太陽風は電離層と直接相互作用する。火星探査衛星 Mars Express のイオン観測によると、火星夜側 $1R_M$ 高度で O^+ , O_2^+ , CO_2^+ などの電離層起源と考えられる重イオンが観測される。一方、金星探査衛星 Venus Express の観測では O^+ は観測されているが、 O_2^+ , CO_2^+ のような電離層下層で生成するようなイオンの観測は報告されていない。本研究では電離層を考慮した3次元 MHD シミュレーションを用いて、電離層から O^+ , O_2^+ , CO_2^+ の流出過程について火星、金星の違いを調べるため、太陽風圧力を変化させて（平均的な太陽風圧力を1として0.1-10まで）流出過程、流出量を調べた。

その結果、火星では太陽風圧力が弱い場合 (0.1) は O_2^+ , CO_2^+ は昼側電離層下層から吹き出し夜側に輸送されその一部が流出し流出量は O_2^+ で $3 \times 10^{23}/s$ である、また強い場合では (10)、太陽風磁場が電離層内に侵入し昼側電離層下層から O_2^+ , CO_2^+ を磁気張力によって夜側に輸送し流出させ流出量は O_2^+ で $9 \times 10^{23}/s$ であることがわかった。一方、金星では太陽風圧力が弱い場合 (0.1) は、電離層上層で生成する O^+ は吹き出すが、電離層下層で生成する O_2^+ , CO_2^+ は吹き出さず、そのため、 O_2^+ , CO_2^+ は夜側に輸送されずほとんど流出しない、流出量は O_2^+ で $10^{21}/s$ である。また太陽風圧力が強い場合 (10) では、火星と同様に太陽風磁場が電離層内に侵入し昼側電離層下層から O_2^+ , CO_2^+ を磁気張力によって夜側に輸送し流出させることがわかった。流出量は O_2^+ で $5 \times 10^{23}/s$ 。火星と比較して、金星の電離層は吹き出す場合が多く（本研究の太陽風が弱い場合）そのため、 O_2^+ , CO_2^+ の流出が観測される場合が少ないと考えられる。一方、太陽風圧力が強い場合は火星と同程度 O_2^+ , CO_2^+ は流出するので、質量分解ができる観測を行えば、 O_2^+ , CO_2^+ が観測されると考えられる。

キーワード: 火星, 金星, 大気流出, シミュレーション
Keywords: Mars, Venus, escape, simulation

太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する熱圏・電離圏の応答

Response of the Martian thermosphere and ionosphere to short-term variations of the solar X-ray and EUV flux

市川 義則^{1*}, 藤原 均¹, 笠羽 康正¹, 寺田 直樹¹, 寺田 香織¹, 星野 直哉¹

Yoshinori Ichikawa^{1*}, Hitoshi Fujiwara¹, Yasumasa Kasaba¹, Naoki Terada¹, Kaori Terada¹, Naoya Hoshino¹

¹ 東北大学大学院理学研究科

¹Tohoku University, Science

現在の太陽活動状態では、火星における大気散逸過程は熱圏・電離圏で生成される O₂⁺の解離再結合が主要なプロセスであると認識されており、それによって生成される非熱的酸素 (O*) が外気圏でコロナを形成しつつ散逸していると考えられている。そのため、O*の散逸量を正確に見積もるためには外気圏における O*の空間分布だけでなく、熱圏・電離圏における O₂⁺の振舞いに対する理解も必要とされる。これまでに、太陽活動の極大期・極小期の変動や季節変動に対する熱圏・電離圏における温度、風速、組成比の変動が多くの研究で見積もられており、太陽フラックスの長時間変動による火星熱圏・電離圏の応答が O*の散逸量を考える上で非常に重要な役割を持っていると認識されている [Valeille et al., 2009]。一方、近年の Mars Global Surveyor (MGS) の観測により、太陽フレアによって火星電離圏が激しく変動する様子が示された [Mendillo et al., 2006]。Mendillo et al. (2006) の研究では、太陽フレアによって 1.8-5nm の短波長域における X 線の急激な変動が指摘された。また、X 線の影響が最も大きいとされる高度 80-120km の下層電離圏における光電離率の増加に伴い、大規模な太陽フレア時において O₂⁺の生成率は太陽フレアの起きる前に比べて高度 110km で 2 倍ほど増加することが見積もられ、下層熱圏・電離圏における中性粒子やイオンの組成に影響を与えていると指摘されている。さらに、太陽風の急激な増加に伴って電離圏上層部からの O*の散逸量が著しく増加することがモデル計算によって示された [Kaneda et al., 2009]。Kaneda et al. (2009) の研究では、異なったイオノポーズの変動の仕方により、イオノポーズ以下のイオンの組成が異なることが示唆されている。定常状態では太陽風動圧と O*の散逸率が逆相関なのに対し、非定常状態ではそれらは正相関になることが示されており、太陽風の急激な増大によって、太陽活動の極大期・極小期のような長時間変動に対する応答とは大きく異なった O*の振舞いがあることが指摘されている。これにより、太陽フレアなどによる太陽フラックスや太陽風動圧の短時間変動に対する熱圏・電離圏における中性粒子やイオンは、従来のモデルで示されている太陽活動の長期的変動においては見られなかった応答を示すため、太陽活動の短時間変動に対する熱圏・電離圏の温度、風速を含めた応答を定量的に見積もり、その変動がどの程度外気圏に影響を及ぼすのかを調べることは、O*コロナの空間分布や散逸量の変動を正確に見積もる上で非常に重要である。

本研究は、火星熱圏・電離圏の大気大循環モデル (MTGCM) を開発し、太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する火星熱圏・電離圏の応答を調べることを目的とする。その第一段階として、過去に東北大学で開発された金星熱圏の大気大循環モデル (VGCM) から火星熱圏の大気大循環モデルを開発した。大気大循環モデルでは大気のダイナミクス、エネルギー収支、組成変化をそれぞれ運動方程式、エネルギー保存の式、連続式を解くことによって大気の構造が記述され、今回開発されたモデルでは高度 100-200km における火星超高層大気の流れ、温度、大気組成が先行研究 [Bougher et al., 1990] と同様に再現できている。本研究では、VGCM では考慮されていない 0.1-5nm の短波長域における光電離率を考慮することによって、太陽 X 線・紫外線強度の短時間変動に対する火星熱圏・電離圏における風速、温度、大気組成の応答を調べる。

キーワード: 火星, 熱圏, 電離圏, 大気大循環モデル, 太陽フレア

Keywords: Mars, Thermosphere, Ionosphere, General Circulation Model, Solar flares