

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

PCG033-02

会場:101

時間:5月24日 08:45-09:00

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