

太陽電波 IV 型バースト中の微細構造ゼブラパターンの偏波解析による depolarization 過程の検討

金田 和鷹 [1]; 三澤 浩昭 [2]; 岩井 一正 [3]; 土屋 史紀 [4]; 小原 隆博 [5]

[1] 東北大・理・PPARC; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [3] 情報通信研究機構; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [5] 東北大・惑星プラズマセンター

Examination of depolarization processes based on the analysis of the polarization of zebra pattern in type IV solar radio bursts

Kazutaka Kaneda[1]; Hiroaki Misawa[2]; Kazumasa Iwai[3]; Fuminori Tsuchiya[4]; Takahiro Obara[5]

[1] PPARC, Geophysics, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku Univ.; [3] NICT; [4] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [5] PPARC, Tohoku University

Type IV solar radio bursts are generally emitted in association with large solar flares and they often show various spectral fine structures therein. In particular, zebra pattern (ZP) has a characteristic spectral pattern with a number of parallel drifting stripes. Although such characteristics of ZP can be used as a tool of coronal plasma diagnostics, their generation processes have been still under discussion. In the most suggested models, ZP is considered to be emitted in O-mode. In contrast, the observed degree of polarization is lower than 100%. This is explained by depolarization processes during the propagation (e.g. Cohen 1960; Melrose 1989). However detailed processes of depolarization have not been revealed because there is few observation of polarization with a wide frequency range and a high frequency resolution. The purpose of this study is to examine the depolarization processes observationally using broadband and highly resolved polarization data.

We analyzed June 21, 2011 event, focused on polarization characteristics and their frequency dependences using highly resolved spectra data obtained from AMATERAS, a solar radio spectro-polarimeter developed by Tohoku University. In Kaneda et al. (2015), we showed that the delay time between two circularly polarized components can be interpreted by the difference in group velocities between O- and X-mode. We performed the same analysis in regard to the frequency axis. As a result, it is indicated that the frequency of each polarized components is shifted by several tens of kHz. This frequency shift can be generated by three wave interaction in the depolarization processes. In this presentation, we discuss the feasibility of the depolarization processes and required plasma condition in the corona.

太陽電波 IV 型バーストはフレアに伴って放射される電波バーストで、様々なスペクトル微細構造を持つことが知られている。ゼブラパターン (ZP) は IV 型バーストの微細構造のひとつで、縞模様状のスペクトル形状が特徴的な現象である。ZP はコロナのプラズマ環境を理解する上で有用であるが、その生成メカニズムは特定されていない。多くの発生モデルでは、ZP は O モードのみ (偏波率 100%) で放射されると考えられているが、これまでに観測されている偏波率は 20-80% であり、100% であることはほとんどない。これは伝搬過程で発生する depolarization により説明されているが (e.g. Cohen 1960; Melrose 1989)、広帯域・高分解の偏波観測は乏しく、その詳細な物理過程は解明されていない。本研究では、広帯域・高分解偏波観測データを用いて、ZP の depolarization 過程を観測的に検証することを目的とする。

本研究では、2011 年 6 月 21 日に観測された ZP の偏波について、特にその周波数特性に着目し、太陽電波望遠鏡 AMATERAS により得られた高分解能スペクトルデータを用いた解析を行ってきた。Kaneda et al. (2015) では左右の偏波成分の時間差に着目し、それらが O モードと X モードの群速度の違いから説明できることを示した。同様の解析を周波数方向に拡張して行ったところ、左右の偏波成分で数十 kHz 程度の微小なズレが生じていることが示唆された。このズレは depolarization 過程での三波共鳴により生じている可能性が考えられる。本講演では、偏波特性をより定量的に評価することにより、これまでの解析から示唆された depolarization 過程の実現可能性とそれに必要とされる低周波波動およびプラズマ環境について議論する。

GMDN で観測された惑星間空間衝撃波の大規模構造

小財 正義 [1]; 宗像 一起 [1]; 加藤 千尋 [1]; 桑原 孝夫 [2]; 徳丸 宗利 [3]
[1] 信州大・理; [2] 千葉・理; [3] 名大・STE研

Global structure of the interplanetary shock observed with the Global Muon Detector Network (GMDN)

Masayoshi Kozai[1]; Kazuoki Munakata[1]; Chihiro Kato[1]; Takao Kuwabara[2]; Munetoshi Tokumaru[3]
[1] Physics Department, Shinshu Univ.; [2] Science, Chiba Univ.; [3] STE Lab., Nagoya Univ.

From three-dimensional spatial density gradient of galactic cosmic rays (GCRs) observed with the Global Muon Detector Network (GMDN), we derive global structure of the GCR depleted region behind the IP (interplanetary) shock. We identify IP-shock passages at the earth based on the geomagnetic storm sudden commencements (SSCs) and extract SSC events associated with solar coronal mass ejections (CMEs) in a period between 2006 and 2014. From the first order GCR anisotropy corrected for the solar wind convection and Compton-Getting effect arising from the earth's orbital motion, we deduce the density gradient on an hourly basis for each event. We confirm that the density gradient components are clearly enhanced after the shock passage, indicating the existence of GCR depleted region behind the shock which causes the Forbush Decrease (FD) in the cosmic ray intensity. The longitudinal gradient shows that the GCR density minimum is located around the longitudinal center behind the shock, which can be ascribed to the centered ejecta driving IP-shock. The enhancement of the radial gradient, on the other hand, shows longer duration when the associated solar eruption is located on the eastern side of the sun-disk, implying an asymmetric shielding effect of the shock on the GCRs. The radial gradient correlates with temporal variation of the GCR density observed with the neutron monitors. We discuss a rigidity dependence of the FD based on different responsive rigidities to the primary cosmic rays between the GMDN (approx. 60 GV) and neutron monitors (approx. 10 GV).

Global Muon Detector Network (GMDN) を用いて観測された銀河宇宙線の3次元密度勾配ベクトルから、衝撃波背面の宇宙線低密度領域の大規模構造を導く。2006年から2014年の解析期間について、地磁気の storm sudden commencement (SSC) から地球における衝撃波通過イベントを同定し、さらに太陽のコロナ質量放出と関連したイベントを抽出する。太陽風による対流効果と地球の公転運動による Compton-Getting 効果を補正する事で、GMDN で観測された銀河宇宙線の1次異方性からは宇宙線密度の空間勾配が1時間値で得られる。衝撃波通過に伴って、密度勾配ベクトルの各方向成分には急激な変動が見られ、衝撃波背面の宇宙線低密度領域の存在を示している。密度勾配の経度方向成分の変動から、低密度領域における密度の極小が太陽面爆発と同一の子午面付近に存在する事が示され、コロナ質量放出による噴出プラズマに対応すると考えられる。一方、動径方向成分の増加は太陽面爆発が太陽面の東側に位置する程長く継続し、衝撃波による銀河宇宙線の遮蔽効果の東西非対称性を示唆する。また、動径方向成分には中性子計による宇宙線強度の時間変動との相関が見られる。低密度領域による地上宇宙線強度の減少はフォーブッシュ減少として知られている。GMDN (約 60 GV) と中性子計 (約 10 GV) が観測する1次宇宙線の剛度の違いに基づき、フォーブッシュ減少の剛度依存性についても議論する。

太陽活動第 24 周期の惑星間空間コロナ質量放出

伊集 朝哉 [1]; 徳丸 宗利 [2]; 藤木 謙一 [3]
[1] 名大・STE 研; [2] 名大・STE 研; [3] 名大・STE 研

Interplanetary Coronal Mass Ejections in Solar Cycle 24

Tomoya Iju[1]; Munetoshi Tokumaru[2]; Ken'ichi Fujiki[3]
[1] STELab, Nagoya Univ.; [2] STE Lab., Nagoya Univ.; [3] STELab., Nagoya Univ.

Coronal mass ejections (CMEs) which are at a much larger distance from the sun than a coronagraph field-of-view is referred as interplanetary CMEs (ICMEs: Howard, 2011). To examine ICMEs in the current solar cycle, we analyzed solar wind data obtained by the Solar Wind Electron Proton Alpha Monitor (McComas et al., 1998) and Solar Wind Ion Composition Spectrometer (Gloeckler et al., 1992) instruments onboard the Advanced Composition Explorer (Stone et al., 1998) during 2010 - 2014 with identification criteria for ICMEs (Richardson and Cane, 2010). From this examination, we identified 106 ICMEs and made a list of them. We found that ICMEs during 2009 - 2014 had smaller radial size (4.08×10^{10} m) and mass ($10^{11.08}$ kg) than them in 1996 - 2001 by a joint analysis of data from our list and an ICMEs catalog by Richardson and Cane (2010). In this session, we report physical properties of ICMEs in Solar Cycle 24 and discuss those variations with the solar activity.

コロナグラフ視野の外側に出たコロナ質量放出 (CME) は惑星間空間コロナ質量放出 (ICME: Howard, 2011) と呼ばれる。現太陽活動周期における ICME を調査するため、我々は Advanced Composition Explorer 衛星 (Stone et al., 1998) に搭載された Solar Wind Electron Proton Alpha Monitor (McComas et al., 1998) と Solar Wind Ion Composition Spectrometer (Gloeckler et al., 1992) で 2010 年から 2014 年の期間に得られた太陽風データを ICME 同定基準 (Richardson and Cane, 2010) に基づいて解析した。この解析から我々は 106 例の ICME を同定し、それらのリストを作成した。我々のリストと Richardson and Cane (2010) による ICME カタログのデータ解析から、2009 - 2014 年の ICME は 1996 - 2001 年に発生した ICME よりも radial size と質量が小さい (それぞれ 4.08×10^{10} m, $10^{11.08}$ kg) ことがわかった。本セッションにおいて、我々は太陽活動第 24 周期における ICME の物理特性を報告し、それらの太陽活動変化を議論する。

バウショック上流での荷電粒子の拡散における沿磁力線ビームの役割： クラスター衛星観測とテスト粒子計算の比較

大塚 史子 [1]; 中西 健斗 [2]; 松清 修一 [3]; 羽田 亨 [1]
[1] 九大総理工; [2] 九大・総理工; [3] 九大・総理工

Effect of the FAB on the diffusive process upstream of the bow shock: Comparison between observation and test particle simulation

Fumiko Otsuka[1]; Kento Nakanishi[2]; Shuichi Matsukiyo[3]; Tohru Hada[1]
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] ESST, Kyushu Univ; [3] ESST Kyushu Univ.

Cluster observation determined an effective mean free path of energetic upstream ions at Earth's quasi-parallel bow shock with high accuracy (Kis et al., 2004). The resulting mean free path in the particle energy between 10 to 32 keV was only a few times larger than their gyroradii, representing that the MHD waves in the foreshock region efficiently scatter the upstream ions than estimated before. In order to understand these observational facts, we perform test particle simulation. In the above event, the observed upstream magnetic field has a power-law spectrum with additional intense peak corresponding to the waves generated by the field-aligned beam (FAB) ions. We investigate the effect of the waves excited by the FAB ions on the mean free path of the energetic upstream ions. We will also discuss the effect of the spatial variation of the wave intensity depending on the distance from the shock.

複数の衛星が編隊飛行するクラスター衛星では、ある瞬間の時刻の粒子密度の空間勾配を評価することができる。Kis et al. (2004) では、地球バウショック上流域において、近接するふたつの衛星が観測する高エネルギー粒子の密度差から、密度勾配の空間分布を評価した。ふたつの衛星はほぼ磁力線沿いに並んでおり、磁力線沿いの空間勾配を単一衛星観測よりも正確に計測可能である。この計測によって、10keV から 32keV のエネルギー帯の粒子の磁力線方向の平均自由行程は、粒子のラーマ半径の 2、3 倍程度になるという結果が得られた。通常、荷電粒子は磁力線沿いには自由に運動できるため、磁力線方向の平均自由行程はラーマ半径よりもずっと大きい。よって本観測結果は、衝撃波上流域の MHD 波動が荷電粒子を効率よく散乱している事を示す。

これらの観測事実を説明するため、本研究ではテスト粒子解析を行う。上記のイベントで観測された衝撃波上流域の MHD 波動は、ベキ乗のエネルギースペクトルに加え、磁力線沿いのイオンビームにより励起された波動に対応する周波数帯に強いピークを持つ。本研究では、波動の伝搬角は平均磁場方向とし、さらに波動の伝搬速度も無視した、いわゆる 1次元のスラブモデルを用いた。そして、1次元スラブモデルにおいて、単純なベキ乗スペクトルを持つ場合と、沿磁力線ビームによって励起された波動を含む場合のふたつを考えた。その結果、沿磁力線ビームによる波動の効果によって、粒子の散乱が助長される傾向にあることがわかった。さらに、衝撃波上流域で観測された MHD 波動統計（強度、スペクトル指数、伝搬角など）を詳細に調べ、粒子拡散過程との関連を議論する。

新太陽風力学モデル (New Hakamada-Akasofu-Fry Model)

袴田 和幸 [1]

[1] 中部大・工

New kinematic Solar Wind Model (New Hakamada-Akasofu-Fry Model)

Kazuyuki Hakamada[1]

[1] Chubu Univ

Hakamada and Akasofu (1981) devised the unique solar wind kinematic model. Dr. Fry has improved this solar wind model. This model has been widely used as Hakamada-Akasofu-Fry-model-v2 in the field of Space Weather forecasting. This model calculate the location of solar wind particles and estimate the structure of solar wind in interplanetary space. We can calculate time variations of three-dimensional structure of the solar wind disturbance casued by CIRs (Corotating Interaction Regions), CMEs (Coronal Mass Ejections), and Solar Flares. This model is simple and straightforward, and can be used on a small personal computer. This model is probably used in future as the usefull tools in this field. However, Hakamada-Akasofu-Fry-model-v2 is restricted to use. So, the new Hakamada-Akasofu-Fry model is coded from scratch based on the basic idea of the kinematic model. We hope to use this new model in the anlysis of real data. We need the calibration of physical parameters in this New Hakamada-Akasofu-Fry model (New HAF-model) by using computer HD, MHD simulations and real observations for the comparison of this model with real phenomenon in interplanetary space. We can construct, as the real time forecasting, the three-dimensional structure of the solar wind in interplanetary space, in combination with the RF-model of coronal magnetic field and the solar wind speed estimated by IPS observations. We report the present situation of this New Hakamada-Akasofu-Fry model (New HAF-model).

Hakamada and Akasofu (1981) は非常にユニークな太陽風力学モデルを開発した。その後、Fry 博士がこの太陽風モデルを改良し、現在まで、Hakamada-Akasofu-Fry-model-v2 として、宇宙天気予報等の分野で、幅広く使われてきている。このモデルは、太陽風粒子の位置を力学的に計算し、惑星間空間における太陽風の構造を推定する。このモデルを用いれば、共回転衝突領域 (Corotating Interaction Region), コロナ質量放出 (Coronal Mass Ejection), 太陽フレア (Solar Flare) 等を原因とする太陽風擾乱による、太陽風の三次元的大規模構造の変動を、時間発展的に可視化することができる。モデルの考え方が単純かつ直観的であり、パーソナルコンピュータ程度の能力の計算機を用いて十分に速く計算ができるため、将来にわたって、有効な道具として用いられてゆく可能性がある。現在、Hakamada-Akasofu-Fry-model-v2 のオリジナルコードは一般の使用が制限されている。そこで、今回、モデルの原理的な考え方に戻って、新しくコーディングしなおした。この新しい太陽風力学的モデルを、New Hakamada-Akasofu-Fry model (New HAF-model) として、実際の惑星間現象の解析に応用することを目指している。New Hakamada-Akasofu-Fry model (New HAF-model) は、現在、太陽風モデルとして使用可能な形を整えてきてはいるが、実際の現象と比較するためには、流体モデルや磁気流体モデル等を用いた数値計算や、実際の衛星や IPS を用いた観測値等との比較を行い、モデル中の諸パラメータの較正をする必要がある。この New Hakamada-Akasofu-Fry model (New HAF-model) が完成すれば、今まで我々が研究してきた、コロナ磁場モデル (Radial-Field Model) によるコロナ磁場の推定値や IPS による太陽風速度の観測値等との組み合わせにより、惑星間空間の三次元的な太陽風大規模構造の時間変化を、現実的に、リアルタイムで推定することが可能になる。本講演では、New Hakamada-Akasofu-Fry model (New HAF-model) の現状について報告する。

カポン法による乱流解析：2. 高次相関の推定

羽田 亨 [1]
[1] 九大総理工

Turbulence analysis using Capon's method: 2. higher order statistics

Tohru Hada[1]
[1] ESST, Kyushu Univ

Multi-point measurements can separate temporal and spatial variations. In case of spacecraft experiments, the number of data points in the time domain can be very large, while that in the spatial domain is simply the number of spacecraft, which is only a few typically and less than 10 mostly. Since usual data analysis techniques such as the Fourier decomposition cannot be applied to such a dataset, more sophisticated techniques such as Capon's method or the maximum entropy method have been developed and successfully used in various applications.

On the other hand, magnetohydrodynamic (MHD) waves in space plasma often have very large amplitude and thus are subject to rapid nonlinear evolution. As a result, we often encounter MHD turbulence rather than a superposition of a few number of MHD waves in space plasma. The Capon's method (or any other decomposition methods) cannot be applied to such situations, where the number of waves exceeds the number of data points. However, we recently have developed a method to analyze the turbulence data making use of the Capon's method, even though the number of waves is much larger than the number of data points. In this presentation, we introduce the method to evaluate higher order statistics of the turbulence when the number of waves included exceeds the number of spacecraft. Application to the MHD turbulence in the solar wind will also be discussed.

単一衛星により取得されたデータからは時間変化と空間変化の分離ができない。これを解決するために、複数衛星による多点データの取得が行われている。時間に関しては観測継続時間とサンプリング時間の比に対応したデータ点が取得できるが、空間に関しては衛星数（通常は数基程度）だけのデータ点しか取得できないため、通常のフーリエ解析などの方法は空間データに対してはほとんど無力である。そこでデータ数が少数である場合の解析法として、Capon 法、Maximum Entropy 法などいくつかの手法が提案されている。

一方、宇宙プラズマ中の磁気流体波動は、大振幅で非線形性が強く、極めて多数の波動が混在する乱流状態になっていることがしばしばである。このように波動の数が観測点の数を上回る場合には、上にあげたいずれの方法でも波動の分離は原理的に不可能である。これをしかし、乱流データの解析において我々に興味があるのは、個々の波動の分離ではなく乱流エネルギー、スペクトルのベキ指数までのマクロ量であり、前回の学会で発表したように、これらの推定において Capon 法が極めて有効である。本講演では、これを波動の高次相関の推定の問題に拡張し、乱流状態にある波動群を対象として、個々の波動モードの間でのエネルギーのやりとりを定量的に評価する解析手法について述べる。

ソーラーセイル搭載の多点磁力計による太陽風乱流の Wave Telescope 解析についての検討

野村 麗子 [1]; 松岡 彩子 [2]; 成行 泰裕 [3]; 齊藤 慎司 [4]
[1] ISAS; [2] JAXA 宇宙研; [3] 富山大・人間発達; [4] 名大理

Feasibility analysis of the Wave telescope technique for the solar wind turbulence by multi-point magnetometers of the Solar Sail.

Reiko Nomura[1]; Ayako Matsuoka[2]; Yasuhiro Nariyuki[3]; Shinji Saito[4]
[1] ISAS; [2] ISAS/JAXA; [3] Faculty of Human Development, Univ. Toyama; [4] Nagoya Univ.

Richardson et al. [1995] showed by the Voyager 2 that the plasma temperature of the solar wind is cooled down along the radial direction slower than the adiabatic model. One of the heating mechanisms is the energy transfer by the dissipation process from the plasma turbulence to the particles in the solar wind. In order to find these wave-particle interactions at the dissipation region, the wave number analysis (the Wave Telescope analysis) has been conducted using the Cluster satellite near Earth orbit [e.g., Sahraoui et al., 2010]. However, the spatial resolution was not enough to find the exact process, especially for the electron scales. Therefore we conducted the feasibility analysis of multi-point magnetometers on the Solar sail (Trojan exploration satellite) about the wave number analysis and the wave mode determination by derived dispersion relations for the solar wind turbulence. We also present the plan of the magnetometer development for reduction in size, weight and power consumption to install on the future satellite.

太陽風中のプラズマ粒子は、太陽風表面から動径方向に運ばれるに従って冷えていくが、Voyager 2 の観測からその温度遷移は断熱的なモデルよりも遅いことがわかっている [Richardson et al. 1995]. 運ばれる間にプラズマ粒子を温める機構の一つとして、プラズマ乱流のエネルギー散逸によるプラズマ粒子へのエネルギー受け渡しが考えられている。プラズマ乱流の散逸領域におけるプロトン、電子との波動粒子相互作用がどのように生じているかを明らかにするために、Cluster 衛星を用いた地球近傍の太陽風乱流の波数解析 (Wave Telescope 解析) が行われてきたが [e.g., Sahraoui et al., 2010], 特に電子スケールにおいては空間分解能が足りず決定的な結論は得られていない。そこで本研究では、トロヤ群探査衛星であるソーラーセイルに複数点磁力計を搭載することによって、電子スケールにおけるプラズマ乱流の波数解析及び導出した波動の分散関係を用いたモード決定が可能かどうか検討した。本発表では、搭載のための磁場観測器の小型・軽量、省電力化についても紹介する。

Polarization analysis of the magnetosheath turbulence observed by Geotail

Yasunori Tsugawa[1]; Yuto Katoh[2]; Naoki Terada[3]; Shinobu Machida[4]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [3] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [4] STEL, Nagoya Univ.

The magnetosheath is the transition region between the solar wind and the magnetosphere. Turbulences in the magnetosheath are important for understanding the whole process of energy and mass exchanges of the solar wind and magnetospheric plasmas. However, the turbulences are so complicated; they evolve in nonlinear processes with various wave modes, including ion cyclotron / Alfvén, whistler / magnetosonic, and mirror modes.

We performed polarization analysis on the magnetic turbulences to reveal their nature and associations with ambient magnetosheath processes. The turbulence exhibits different polarizations with respect to the observed frequency even at the same time, for example, a broadband turbulence in low frequency range ~ 0.1 -1 Hz consists of mainly left-hand polarized in higher frequency range, right-hand polarized in middle frequency range, and left-hand polarized in lower frequency range. These features suggest that the magnetosheath turbulence can involve different wave modes and/or different propagation directions.

バウショック上流での荷電粒子の拡散における沿磁力線ビームの役割：テスト粒子計算

中西 健斗 [1]; 大塚 史子 [2]; 松清 修一 [3]; 羽田 亨 [2]
[1] 九大・総理工; [2] 九大総理工; [3] 九大・総理工

Effect of the FAB on the diffusive process upstream of the bow shock: Test particle simulation

Kento Nakanishi[1]; Fumiko Otsuka[2]; Shuichi Matsukiyo[3]; Tohru Hada[2]
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] ESST, Kyushu Univ; [3] ESST Kyushu Univ.

Diffusive shock acceleration (DSA) is one of the most efficient acceleration mechanisms for producing energetic particles. In the DSA, particles statistically gain energy through the so-called Fermi acceleration mechanism, as they travel back and forth upstream and downstream of a collisionless shock. It is known that the density of the accelerated particles upstream exponentially decreases as increasing distance from the shock front. Kis et al. [2004] examined the density gradients of energetic ions upstream of the bow shock with high accuracy by using Cluster data. They estimated the e-folding distances of the density decrease for various ion energies, and showed that the e-folding distances are significantly less than those estimated in the past statistical study. This implies that particle acceleration at the bow shock is more efficient than considered before.

Here, we focus on the effect of the field-aligned-beam (FAB), almost always observed upstream of the bow shock (foreshock), and examine how the FABs affect the efficiency of acceleration/diffusion of the energetic ions by performing test particle simulations. The upstream turbulence is given by the superposition of Alfvénic electromagnetic fields having power-law energy spectrum with random phase approximation. In the spectrum we further include a peak corresponding to the waves resonantly generated by the FAB. The dependence of the e-folding distance on the presence of the FAB will be discussed. We will also report the results of parameter survey with changing total energy of the turbulence, its power-law index, and intensity of the resonant waves, etc.

荷電粒子を高エネルギーにまで加速するための物理機構の一つとして衝撃波統計加速がある。これは粒子が衝撃波面を何度も往復する間に、上下流の速度差により圧縮されエネルギーを得るフェルミ加速によるものである。加速された荷電粒子は、そのエネルギーに応じて拡散しつつ上流側に浸み出すが、一般に被加速粒子の密度は衝撃波からの距離に対して指数関数的に減少することが知られている。Kisら [2004] は、Cluster 衛星による高精度のデータ解析によって被加速粒子の密度分布を詳細に調べ、衝撃波位置からの e-folding distance を見積もった。その結果は、従来の統計解析の結果よりも e-folding distance が有意に小さいことを示しており、バウショックでこれまで考えられていたよりも効率的な粒子加速が起きている可能性を示唆している。

本研究では、バウショック上流（フォアショック）で定常的に観測される Field-Aligned-Beam (FAB) に注目し、これが上流で励起する波動が高エネルギー粒子の加速（拡散）効率にどのように寄与するかをテスト粒子計算によって調べる。上流の乱流場を、ランダム位相を仮定したべき型のエネルギースペクトルで与え、さらに FAB が共鳴的に波動を励起する周波数域にスペクトルのピークを与えた場合とそうでない場合で、高エネルギー粒子の e-folding distance を求める。スペクトルのべき指数や乱流場の全エネルギー、共鳴波動の強度などをさまざまに変えた計算の結果を報告する。

Kaguya observations of the lunar plasma environment in the terrestrial foreshock

Masaki N Nishino[1]; Yoshifumi Saito[2]; Hideo Tsunakawa[3]; Yasunori Tsugawa[4]; Yuki Harada[5]; Futoshi Takahashi[6]; Masaki Fujimoto[7]; Shoichiro Yokota[2]; Masaki Matsushima[8]; Hidetoshi Shibuya[9]; Hisayoshi Shimizu[10]
[1] STEL, Nagoya University; [2] ISAS; [3] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.; [6] Kyushu Univ.; [7] ISAS, JAXA; [8] Dept Earth & Planetary Sciences, Tokyo Tech; [9] Dep't Earth & Env., Kumamoto Univ.; [10] ERI, University of Tokyo

There forms a tenuous region behind the Moon in the solar wind, as the lunar dayside surface adsorbs most of the incident solar wind plasma. Entry processes of solar wind plasma into this tenuous region, which is called the lunar wake, have been widely studied. In addition to gradual refilling of the wake by the ambient solar wind, it has been known that a portion of solar wind protons that are scattered at the dayside surface or deflected by crustal magnetic fields can enter the wake (i.e. type-2 entry). However, proton entry into the deepest lunar wake (i.e. anti-subsolar region at low altitude) by the type-2 process needs specific solar wind conditions. Here we report, using data from Kaguya spacecraft in orbit around the Moon, that solar wind ions reflected at the terrestrial bow shock easily access the deepest lunar wake, when the Moon is located in the foreshock. When the spacecraft location is magnetically connected to the lunar night-side surface, the kinetic energy of upward-going field-aligned electron beams decreases or electron beams disappear during the reflected-ion events, which shows that the intrusion of the shock-reflected ions and electrons into the wake changes the electrostatic potential of the lunar night-side surface. In the foreshock closer to the bow shock, the reflected ions are almost continuously detected both on the nightside and on the dayside. This is because large gyroradii comparable to the spatial scale of the Moon let these ions access even low-altitude region on the dayside. In addition, low-frequency waves in the magnetic field associated with the shock-reflected ions are also detected through the period. We will present a comprehensive understanding of the lunar plasma environment in the foreshock.

「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布観測計画 2015

山崎 敦 [1]; 村上 豪 [2]; 吉岡 和夫 [3]; 木村 智樹 [4]; 土屋 史紀 [5]; 鍵谷 将人 [6]; 坂野井 健 [7]; 寺田 直樹 [8]; 笠羽 康正 [9]; 吉川 一朗 [10]; ひさき (SPRINT-A) プロジェクトチーム 山崎 敦 [11]
[1] JAXA・宇宙研; [2] ISAS/JAXA; [3] 立教大; [4] RIKEN; [5] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [6] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター; [7] 東北大・理; [8] 東北大・理・地物; [9] 東北大・理; [10] 東大・理・地惑; [11] -

Operation plan of interplanetary neutral helium by HISAKI (SPRINT-A) satellite, 2015

Atsushi Yamazaki[1]; Go Murakami[2]; Kazuo Yoshioka[3]; Tomoki Kimura[4]; Fuminori Tsuchiya[5]; Masato Kagitani[6]; Takeshi Sakanoi[7]; Naoki Terada[8]; Yasumasa Kasaba[9]; Ichiro Yoshikawa[10]; Yamazaki Atsushi Hisaki (SPRINT-A) project team[11]
[1] ISAS/JAXA; [2] ISAS/JAXA; [3] Rikkyo Univ.; [4] RIKEN; [5] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [6] PPARC, Tohoku Univ; [7] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [8] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [9] Tohoku Univ.; [10] EPS, Univ. of Tokyo; [11] -

The Hisaki (SPRINT-A) satellite which is launched in September, 2013, has successfully been carrying out planetary magnetospheric plasma and atmospheric particle observations so far. Characteristic of the continuous planetary observation for a long term is one and only satellite, but we have a plan to observe extreme ultraviolet emissions from helium atoms in interplanetary space using an interval of the planetary observations.

Local InterStellar Medium (LISM) is injected to interplanetary space in heliosphere with the interstellar wind by the relative velocity to heliosphere. The helium atom which has high ionization energy travels to the 0.5 A.U. neighborhood of the sun, and gravitates by the sun's gravity to form a high density corn-like region in the downwind side. The velocity of the interstellar wind the density and the temperature of helium atom in LISM are derived by measuring helium distribution in the corn-like region. From such studies carried out from the 1970s it is believed that the LISM gas is not variable, but recently it was reported that the speed direction of the interstellar wind changed for several decades (Frisch+13).

In this presentation, observation plan of helium resonance scattering from the interplanetary space using the Hisaki satellite is introduced and the change of the speed direction of the wind between the star is discussed.

2013年9月に打ち上げられた「ひさき」(SPRINT-A)衛星は、これまで順調に惑星プラズマ・惑星大気観測を実施している。長期間継続した惑星観測が唯一無二の特徴であるが、惑星観測の合間を利用して惑星間空間からの極端紫外散乱光を観測する計画である。

惑星間空間には、局所星間空間(LISM)の物質が太陽圏と星間物質の相対速度による星間風によって太陽圏内に侵入している。イオン化エネルギーが高いヘリウム原子は太陽近傍0.5Au程度まで侵入し太陽重力によって引き寄せられ、星間風下側に密度の濃いコーン状の領域を形成する。ヘリウム分布を計測することで星間風の速度と星間空間のヘリウム原子の密度と温度を推定することができる。このような研究は1970年代から実施されているが、星間風の速度方向が数十年かけて変化していることが近年報告された(Frisch+13)。

本講演では、ひさき衛星での惑星間空間からのヘリウム共鳴散乱光観測計画を報告し、星間風の速度方向の変化について議論する。

太陽風の速度勾配構造の成長に伴う高エネルギー粒子生成

坪内 健 [1]
[1] 東京工業大学

High-energy particle generation in a velocity gradient structure appeared in the solar wind

Ken Tsubouchi[1]
[1] Tokyo Institute of Technology

Collisionless shocks are considered to be the dominant generator of high-energy particles. The diffusive shock acceleration is the most standard process, where a power-law index in the energy spectrum depends on the shock strength. In contrast, recent spacecraft observations have suggested that particles in the heliosphere have a power-law spectrum in particle speed with a spectral index of -5, which is commonly identified even in the quiet solar wind with no shocks. To account for this property, the alternative acceleration mechanism, a pump acceleration, has been proposed by Fisk and Gloeckler (e.g., JGR 2014): particles are accelerated in a region containing large-scale compressions and expansions. However, the validity of this mechanism is still under debate. We have already investigated the pickup ion (PUI) acceleration in the evolution of CIRs by performing hybrid simulations, where the accelerated PUI forms a suprathermal tail in the velocity distribution as observed. In the present study, we further examine the acceleration properties in a variety of background velocity configuration to validate the pump acceleration process.

ACE 衛星や Ulysses 衛星、Voyager 衛星による最近の太陽圏プラズマ観測から、速度スペクトルの tail 領域が概ね指数-5 乗のベキ分布を成していることが示されている。これは内部太陽圏から heliosheath に至るあらゆる太陽風条件の下で見られる性質であり、高エネルギー粒子の生成に衝撃波が主導的な役割を果たしていないことを示唆している。Fisk and Gloeckler (e.g., 2014) は、太陽風中に coherent な圧縮/膨張構造があるときに”ポンプ加速”と呼ぶ機構が働くことで-5 乗のスペクトルが導出されるという理論を提唱している。このアイデアに関しては異論もあるが、本研究では被加速粒子が主にピックアップイオンであることを前提にしたハイブリッドシミュレーションを実行し、特に太陽風中の様々な速度勾配構造の下での PUI の速度スペクトルなどの特性から、この理論の正当性を検証していく。