

超臨界垂直衝撃波における微視的不安定性再考

Microinstabilities in a supercritical perpendicular shock revisited

*松清 修一¹、梅田 隆行²

*Shuichi Matsukiyo¹, Takayuki Umeda²

1.九州大学、2.名古屋大学

1.Kyushu University, 2.Nagoya University

It is considered that reflected ions play decisive roles in the dissipation processes at a supercritical collisionless shock. Local non-equilibrium plasma distribution function in the foot of a perpendicular shock leads to a variety of microscale instabilities. Two of the major instabilities which have been extensively studied for the parameters of typical heliospheric shocks are the electron cyclotron-drift instability and the modified two-stream instability. They have been often discussed separately, because of the large difference in dominant wave frequency between them. Although only a few of the past studies tried to examine the nonlinear evolutions and competing processes of them, the physical parameters used in the past numerical simulations were not realistic. The relative importance of the instabilities may be a function of ion-to-electron mass ratio as well as the ratio of electron plasma to cyclotron frequencies, while these two ratios are hard to be simultaneously realistic in a full particle-in-cell simulation due to the limited computational resources.

In this study microinstabilities in the foot of a supercritical perpendicular shock is revisited. We perform a number of local simulations representing a part of the foot region with systematically changing the two ratios, mass ratio and frequency ratio, by using two-dimensional full particle-in-cell code. The foot plasma is assumed to be consist of incoming ions, electrons, and reflected ions. The system size is smaller than ion gyro radius in X , which is parallel to the shock normal, and a few times ion inertial length in Y , which is along a shock surface and the ambient magnetic field. The boundary conditions are periodic in both directions. We will report the results of the simulations in which the mass ratio and the frequency ratio are systematically varied with fixing the local Alfvén Mach number, plasma beta, and relative density of the reflected ions.

キーワード：無衝突衝撃波、微視的不安定性、数値実験

Keywords: collisionless shock, microinstability, numerical simulation

地球フォアショックにおける荷電粒子の二次フェルミ加速：波動分散の効果

Second order Fermi acceleration of ions in the earth's foreshock: wave dispersion effects

*大塚 史子¹、松清 修一¹、羽田 亨¹*Fumiko Otsuka¹, Shuichi Matsukiyo¹, Tohru Hada¹

1.九州大学大学院総合理工学研究院

1. Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences Kyushu University

地球バウショック上流の電磁波動は、MHD近似が可能な低波数領域からイオン慣性長以上の分散性が現れる高波数領域まで広がっている。これらの波動が一方に同じ位相速度で伝搬する場合には、イオンの運動エネルギーは保存されたまま、ピッチ角散乱のみが起こる。一方、これらの波動が双方向に伝搬する場合には、ピッチ角散乱によって伝搬方向を反転させたイオンが、波動との衝突・追突を不規則に繰り返し、平均として運動エネルギーを増加させることができる。この加速機構は二次のフェルミ加速として知られている。先行研究では、双方向に伝搬する波動を分散性のないアルフヴェン波として、二次フェルミ加速のテスト粒子解析が行われている(e.g., Terasawa, 1989; Kuramitsu and Hada, 2000)。イオンの磁力線方向の速度がアルフヴェン速度の数倍である場合、サイクロトロン共鳴する波数はイオン慣性長より小さく、散乱体である電磁波動をMHD波動と考えることは妥当である。しかし、アルフヴェン速度と同程度の速度を持つイオンは、波動分散性のために右偏波の波動と線形共鳴できなくなるため、波動分散の効果が加速効率に影響を与えるはずである。

本稿では波動の分散性に着目し、イオンの二次フェルミ加速のテスト粒子計算を行う。磁力線に沿って双方向に伝搬する電磁波動は、右偏波および左偏波の波動成分の重ね合わせとして与え、各波動成分のパワースペクトルは傾き負のベキ型とする。また、これらの波動は冷たいプラズマの分散関係を満たす。初期のイオンの運動エネルギーをパラメータとし、波動分散の効果によって、イオン加速効率が上昇するか否かを検証する。また可能であれば、クラスター衛星観測 (Kis et al., 2004)との関連を議論したい。

キーワード：二次フェルミ加速、粒子加速・エネルギー拡散、波動分散

Keywords: second order fermi acceleration, particle acceleration and energy diffusion, wave dispersion

太陽風中における上流伝搬ホイッスラーモード波動の停滞周波数を用いた密度推定方法
Density estimation utilizing the group-standing frequency of upstream whistlers in the solar wind

*津川 靖基¹、加藤 雄人²、寺田 直樹²、町田 忍¹

*Yasunori Tsugawa¹, Yuto Katoh², Naoki Terada², Shinobu Machida¹

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東北大学大学院理学研究科

1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2.Graduate School of Science, Tohoku University

Upstream whistlers, so-called 1 Hz waves, have been observed in upstream regions of most solar system bodies including Mercury, Venus, Earth, the Moon, Mars, Saturn, and Uranus [e.g., Orłowski and Russell, 1995; Russell, 2007]. Their frequencies in the spacecraft frame concentrate around 1 Hz at 1 AU and slightly decrease with distance from the Sun. They exhibit similar spectral properties even in different situations, suggesting that common generation and propagation processes are responsible for the waves throughout the solar system.

Based on statistical and comparative studies, we proposed that the waves are essentially group-standing, i.e., their group velocities become rather small in the body's rest frame [Tsugawa et al., JGR 2014]. In the group-standing condition, the waves can behave as if they are at a resonance frequency because the group refractive index approaches infinity in the spacecraft / solar system body rest frame. This suggests that the group-standing frequency can be utilized as an indicator of plasma parameters, in analogous to the upper-hybrid resonance frequency, which is used to determine the plasma density in the magnetosphere. We propose a method to estimate the plasma density utilizing the group-standing frequency and evaluate the feasibility of the proposed method by using Geotail in-situ observations. The method possibly estimates the absolute value of number density with an accuracy of $< \sim 0.1$, although there remains some considerable difficulties. We discuss pros and cons of the proposed method.

太陽電波バースト中のゼブラパターンの偏波とそのスペクトル特性の比較
Comparison between Polarization and Spectral Characteristics
of Zebra Pattern in Solar Radio Bursts

*金田 和鷹¹、三澤 浩昭¹、岩井 一正²、土屋 史紀¹、小原 隆博¹

*Kazutaka Kaneda¹, Hiroaki Misawa¹, Kazumasa Iwai², Fuminori Tsuchiya¹, Takahiro Obara¹

1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.情報通信研究機構

1.Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduated School of Science, Tohoku University,

2.National Institute of Information and Communications Technology

ゼブラパターン（ZP）とは太陽電波IV型バースト中に観測されるスペクトル微細構造のひとつであり、IV型バーストの広帯域連続性放射に対して、狭帯域のバンドが多数並んだ縞模様状のスペクトル形状を示す現象である。このような微細構造は、粒子加速、静電波励起、電磁波へのモード変換といった電波の放射過程や伝搬過程における変調を反映しており、太陽コロナ中での物理過程を理解する上で重要な情報源である。特に偏波は電波の放射過程によって決定される物理特性であるが、ZPの偏波特性に関する研究は少なく、偏波とZPの放射機構との関係性は明らかになっていない。本研究では、ZPの放射機構の理解を目的とし、高分解スペクトルデータを用いた偏波解析を行った。

Kaneda et al. (2015, ApJL) では2011年6月21日に発生したZPについて解析を行い、Oモードで放射された電波の一部が放射源近くでXモードに変換され、偏波率が減少した可能性を示した。本研究では上記の結果がZPの一般的な性質であるかを検証するため、メートル波帯太陽電波観測装置AMATERASで観測された17例のZPについて解析を行った。解析の結果、円偏波率、左右偏波成分間の時間差、縞構造の周波数間隔はそれぞれ、10~80%、0~70ms、1~5MHzであること、また、これらの特性はイベント毎に大きく異なっていることがわかった。イベントごとの偏波特性の違いは電波放射、伝搬中に働く物理過程の違いを示唆している。本講演では、ZPの偏波特性の違いがプラズマ放射における基底波と2倍高調波の違いによって生じている可能性について議論する。

キーワード：太陽コロナ、電波バースト、偏波、AMATERAS

Keywords: Solar corona, Radio bursts, polarization, AMATERAS

月ウェイクへの太陽風電子の流入とELF帯磁場変動に関する考察

Injection of solar wind electrons into the plasma void and associated magnetic fluctuations in the ELF range

*中川 朋子¹、綱川 秀夫²、斎藤 義文³、西野 真木⁴

*Tomoko Nakagawa¹, Hideo Tsunakawa², Yoshifumi Saito³, Masaki N Nishino⁴

1.東北工業大学工学部情報通信工学科、2.東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 太陽系科学研究系、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所

1.Information and Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 3.Solar System Science Division, ISAS, JAXA, 4.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

月面による太陽風プラズマ吸収のため月の下流に形成されるウェイク中には、月表面で反射されたプロトンが太陽風磁場の周りをラーマー運動して進入するタイプIIエントリープロトンが存在することがNishino et al., (2009, GRL)によって発見されている。このタイプIIプロトン侵入による正電荷の過剰のため、太陽風電子が磁力線に沿ったビームとなって流入していることがかぐや衛星のMAP/PACEにより観測され、双方向電子ビームにより形成された静電孤立波と考えられる広帯域の静電ノイズ(BEN)が同時に観測されている(Nishino et al., 2010, GRL)。

一方、かぐや衛星搭載のMAP/LMAGによって、月の真裏のウェイク中心部で1-8Hz程度の周波数帯のELF波動が観測されており、これもまたタイプIIプロトンを伴っていた(Nakagawa et al., 2015, EPS)。このELF波は磁場強度の変動を伴っており、斜め伝搬の波であることがわかる。明確な周波数のピークはなかった。ELF波の観測される時間はタイプIIプロトンの継続時間より短く、衛星が月面と磁力線でつながっている間は観測されず(例外2例)、磁力線が月面から離れると同時に0.1keV程度の電子が増え、ELF波が現れた例が5例あった。すなわち、このELF波の励起には電子の存在が必要であることが示唆される。また、タイプIIプロトンに伴う電子ビーム及びBENがあっても、ELF波が観測されない例が少なくとも8例見つかっている。

磁力線に平行な電子ビームで磁場変動を伴う波を励起することは困難であるが、電子ビームの温度が高いこと、背景のプラズマ密度に対して電子ビームの密度が高いこと、また、波の伝搬が磁場に対して斜めであることによって、静電的な不安定とホイッスラ不安定がある条件のもと協働してホイッスラ波を励起した可能性(Zhang et al., 1993, GRL)が示唆される。

キーワード：電子ビーム、磁場変動、月ウェイク、タイプIIエントリープロトン、ホイッスラ波、斜め伝搬

Keywords: electron beam, magnetic field variation, lunar wake, type II entry protons, whistler mode wave, oblique propagation

かぐや衛星によって太陽風中で観測された10秒程度の磁場強度増大について
10-sec magnetic field enhancement detected by Kaguya orbiting around the moon in the solar wind

刈部 陽子¹、宮澤 豪¹、村上 健太郎¹、*中川 朋子¹、綱川 秀夫²
Yoko Karibe¹, Takeshi Miyazawa¹, Kentaro Murakami¹, *Tomoko Nakagawa¹, Hideo Tsunakawa²

1.東北工業大学工学部情報通信工学科、2.東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻
1.Information and Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

月周回衛星かぐやによって太陽風中で観測された磁場データ中、磁場が穏やかな時に、10秒程度の短い時間だけ磁場強度が急に1.5~3.6倍強まる現象が発見された。2007年10月29日から2009年6月10日までに11例検出されたが、磁場方向を変えずに強度だけが強まる例と、フラックスロープのような磁場方向の回転を伴うもの、さらに複雑な磁場変化を伴うものがあった。月の固有磁場の上空では検出されず、また、同一の軌道を通ったときには再現されていなかった。月面上の太陽風の当たる側でもウエイク側でも見つかっているが、どちらかというとは昼夜境界付近で多く検出されている。衛星かぐやの高度が100kmの時も約46kmのときにも見つかっている。GEOTAIL衛星によって観測された同じ時刻の太陽風中磁場データ中を探したところ、似た波形の磁場変化は見つかったが、同じような磁場強度の増大は見られなかった。これが月起源の磁場なのか、太陽風起源の磁場構造か、それとも月と太陽風の相互作用によるものかは現時点では未解明である、

キーワード：かぐやLMAG、太陽風、磁場強度増加、10秒
Keywords: Kaguya/LMAG, solar wind, magnetic enhancement, 10sec

太陽風速度の球面調和関数展開

Spherical Harmonic Expansion of Solar Wind Speed

*袴田 和幸¹、徳丸 宗利²、藤木 謙一²

*Kazuyuki Hakamada¹, Munetoshi Tokumaru², Ken'ichi Fujiki²

1.中部大学工学部共通教育科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所

1.Department of Natural Science and Mathematics, Chubu University, 2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

名古屋大学宇宙地球環境研究所では、長期間にわたり、惑星間空間シンチレーション(IPS)の方法により、太陽風速度(SWS)を観測してきている。徳丸、藤木は、日々のSWS観測値を用いた Computerized Axial Tomography (CAT)法により、バイアスの少ない太陽風速度のシノプティックチャートを描いてきている。このSWSシノプティックチャートは、横軸がカリントン経度、縦軸が太陽面緯度であらわした、太陽を中心とし太陽半径の2.5倍の半径を持つ球面上における太陽風速度分布を表す図である。我々は太陽の1自転周期(1カリントンローテーション)毎に1枚のSWSシノプティックチャートを描くことができる。このSWSシノプティックチャートは、緯度・経度方向共に1度の空間分解能で描かれている。また、観測方法の制約から、SWSシノプティックチャートには、とくに高緯度帯で欠測値の多い領域がみられる。本研究では、まず(1)1カリントンローテーション毎に、シノプティックチャート上の太陽風速度を球面調和級数($n=0\sim 90$, $m=0\sim n$)に展開し、約(90×90)個の展開係数(A_{nm} , B_{nm})を求め、次に(2)これらの(A_{nm} , B_{nm})を用いた球面調和級数により、カリントン経度方向・太陽面緯度方向、共に連続的に太陽風速度を計算することを試みる。その結果、IPS観測値が十分にあるSWSシノプティックチャート上の低緯度帯では、この方法により精度よく連続的に太陽風速度を計算できることが分かった。

キーワード：太陽風速度、ソース面、球面調和関数

Keywords: Solar Wind Speed, Source Surface, Spherical Harmonic Function

磁気雲通過開始時刻付近における惑星間空間磁場の計算と観測との比較

Comparison of calculated and observed IMF near magnetic cloud start times

*西村 信彦¹、野崎 錦¹、ジャクソン バーナード²、ユー シューサン²、徳丸 宗利¹、藤木 謙一¹、林 啓志¹、袴田 和幸³

*Nobuhiko Nishimura¹, Nishiki Nozaki¹, Bernard Jackson², Hsiu-Shan Yu², Munetoshi Tokumaru¹, Ken'ichi Fujiki¹, keiji hayashi¹, Kazuyuki Hakamada³

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.カリフォルニア大学サンディエゴ校、3.中部大学

1.Institute for Space Earth Environmental Research., 2.University of California, San Diego.,

3.Chubu University.

The solar source of magnetic clouds (MCs) is considered to be either coronal mass ejections (CMEs) or prominence eruptions [Bothmer et al., 1994, 1998]. We suppose that the coronal magnetic fields above CME or prominence eruption sites move outward and are then convected into interplanetary space to arrive at the Earth a short time before the MC start time. We extract the magnetic field close to the solar surface at different heights using the PFSS model [Hakamada, 1998] and propagate this field outward to 1 AU using 3D-reconstructed solar wind velocity [Jackson et al., 2010]. The purpose of our work is to examine whether the direction of interplanetary magnetic field (IMF) agrees with the observed vector field prior to a MC arrival at the Earth. We compare the sign of each component of modeled IMF (in RTN coordinates) with that of IMF observed by ACE three hours before the MC start time (pre MC time) and at the MC start time (MC time). These comparisons are made for six MC events during 2006 - 2007. We find that the sign of B_n , the normal component of IMF in RTN coordinates, extracted from 1.4 R_s (1.2 R_s) agrees best with ACE observations at the pre MC time (at the MC time) for all MC events analyzed here. However, the other two components B_r and B_t , the radial and tangential components of IMF in RTN coordinates, extracted from 1.4 R_s (1.2 R_s) do not agree as well with ACE observations at the pre MC time (at the MC time). We conclude that B_n observed by ACE at the pre MC time (at the MC time) is related to that at 1.4 R_s (1.2 R_s) at the location of the sub-Earth point on the Sun. This result shows that we can infer the sign of B_n at the MC time (pre MC time) from the value present at 1.2 R_s (1.4 R_s) at the location of the sub-Earth point, and thus this is an important finding for space weather forecasts. Future work will extend this result to additional MC events.

キーワード：コロナ磁場、磁気雲、宇宙天気、太陽風

Keywords: coronal magnetic field, magnetic cloud, space weather, solar wind

太陽圏磁場の動径成分と南北成分の統計解析

A Statistical Study of the Radial and North-South Component Values of Heliospheric Magnetic Field

*野崎 錦¹、西村 信彦¹、ジャクソン バーナード²、ユー シューサン²、徳丸 宗利¹、藤木 謙一¹、林 啓志¹、袴田 和幸³

*Nishiki Nozaki¹, Nobuhiko Nishimura¹, Bernard Jackson², Hsiu-Shan Yu², Munetoshi Tokumaru¹, Ken'ichi Fujiki¹, keiji hayashi¹, Kazuyuki Hakamada³

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.カリフォルニア大学サンディエゴ校、3.中部大学

1.Institute for Space-Earth Environmental Research, 2.University of California, San Diego, 3.Chubu University

Determination of interplanetary magnetic field (IMF) north-south component of magnetic field (B_z) is important from the space weather perspective because this field interacts with Earth's magnetic field causing geomagnetic storms. Lyatsky et al. (2003) and Youssef et al. (2011) show that there is a correlation between IMF B_z (south is positive) and the absolute value of the radial field B_x ($|B_x|$) during solar minima. They find a positive correlation when the dominant solar field has a positive polarity and negative for a dominant negative field polarity. The negative and positive polarities correspond to whether the Sun's magnetic field in the northern hemisphere is directed toward or away from the Sun, respectively. We calculate the correlation between IMF B_z and $|B_x|$ using the OMNI dataset from 1965 - 2015, and Helios in-situ measurement data from 1975 - 1977. In a similar study, we find that the correlation between B_z and $|B_x|$ shows a sinusoidal variation associated with ~11 year solar cycle, and also that an even more significant correlation between B_z and $|B_x|$ exists for solar distances between 0.3 and 0.4 AU in the Helios measurements. In an ongoing study, we extrapolate the Potential Field Source Surface (PFSS) model [Hakamada, 1998] to the Earth's location by using the UCSD 3D tomography model [Jackson et al. 2010] and compare the radial component (B_r) of modeled magnetic field with the normal (north-south) component (B_n) observed by ACE spacecraft. This study finds a significant positive correlation between B_r and B_n (north is positive). Thus, this study strongly suggests that the IMF B_z is generated, not in interplanetary space, but at the corona. In the future, we will study why this correlation between B_z and $|B_x|$ exists.

キーワード：太陽風、惑星間空間磁場、宇宙天気、太陽圏

Keywords: solar wind, interplanetary magnetic field, space weather, heliosphere

惑星間空間シンチレーションを用いた太陽風乱流の解析

Analysis of solar wind turbulence using interplanetary scintillation measurements

*徳丸 宗利¹*Munetoshi Tokumaru¹

1.名古屋大学宇宙地球環境研究所

1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

惑星間空間シンチレーション (IPS) のパワースペクトルは、数10km~数100kmの空間スケールを持った太陽風乱流 (micro-turbulence) の物理特性に関して重要な情報を提供する。本研究では、電波源3C273と3C48に対して名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE) の豊川IPSアンテナ (Solar Wind Imaging Facility Telescope; SWIFT) で観測したIPSスペクトルに理論モデルをフィットすることで、太陽風乱流のスペクトル指数と異方性を決定した。ここで用いた電波源は優れたIPS電波源であるため、高いS/Nで、これらのパラメータを決めることができる。このフィッティング解析における自由パラメータは、擾乱スペクトルのパワー指数、異方性の軸比、擾乱のレベルである。理論モデルを計算する際に必要となる太陽風速度は固定パラメータとし、ISEE多地点観測から得られた速度を用いた。また、電波源の見かけの大きさも理論モデルの計算時に必要となるが、本解析では3C273の場合、60mas、3C48の場合、100 masを仮定した。解析から得られたスペクトル指数は 4.1 ± 0.7 であり、Kolmogorov値 (11/3) に近いが、それよりやや高い数値を示した。一方、軸比は 1.0 ± 0.4 であり、擾乱スペクトルは等方的であることが判った。ここで重要な点はスペクトル指数と軸比に有意な負の相関が見られることである。即ち、太陽風乱流が非等方になると、乱流スペクトルが平坦になっている。さらに、得られたスペクトル指数と軸比を太陽風速度と比較したところ、弱い正の相関が見られた。これらの結果は、太陽風速度を自由パラメータとした場合でも同じであった。

キーワード：太陽風、惑星間空間シンチレーション、乱流

Keywords: solar wind, interplanetary scintillation, turbulence

Turbulent transport model in a three-dimensional structured solar wind
Turbulent transport model in a three-dimensional structured solar wind

*塩田 大幸¹、Zank Gary²、Adhikari Laxman²、Peter Hunana²

*Daikou Shiota¹, Gary P. Zank², Laxman Adhikari², Peter Hunana²

1.名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2. Center for Space Plasma and Aeronomic Research (CSPAR) and the Department of Space Science, The University of Alabama in Huntsville, USA

1.Institute for Space and Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Center for Space Plasma and Aeronomic Research (CSPAR) and the Department of Space Science, The University of Alabama in Huntsville, USA

Turbulence plays an essential role in the heating of coronal and solar wind plasma and the acceleration of the solar wind, as well as acceleration of energetic particles associated with interplanetary shocks. Turbulence can be produced by energetic particles and shocks and the radial and lateral inhomogeneity of the global interplanetary magnetic field and solar wind plasma distribution. Because of the close coupling of turbulence, plasma heating, the global solar wind structure, and energetic particles, a comprehensive model describing not only turbulence but also the large-scale inhomogeneity of the solar wind and the interplanetary magnetic field is necessary to understand the physics of these phenomena.

Recently we have developed a solar wind MHD model for the inner heliosphere based on synoptic observations of the photospheric magnetic field (Shiota et al. 2014). The numerical results show reasonable agreement with in situ measurements of the solar wind at the orbits of Earth, Venus, and Mars. This MHD model is now used as part of the real-time space weather forecast system SUSANOO (<http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/susanoo/>).

We have extended our 3D MHD model to include the transport and dissipation of turbulence using the theoretical model developed by Zank et al. (2012). We solve a coupled model that describes the 3D inhomogeneous solar wind and the temporal and spatial evolution of three moments or variables that describe turbulent fluctuation intensities (the energy in forward and backward modes and the residual energy) and their corresponding correlation lengths. We find that the radial profiles for the three moments of the solar wind turbulence predicted by our model show good agreement with those of in situ measurements obtained from Ulysses and Helios observations. Based on the detailed analysis of the numerical results, we will discuss the connection between turbulence generation and global solar wind structure.

キーワード：太陽風、MHD、乱流

Keywords: solar wind , MHD, turbulence

A Test-Particle Simulation of ISM Oxygen over Heliosphere and Analysis for IBEX observations

A Test-Particle Simulation of ISM Oxygen over Heliosphere and Analysis for IBEX observations

*河村 聡人¹

*Akito Davis Kawamura¹

1.京都大学大学院理学研究科附属天文台

1.Kwasan Observatory, Kyoto University

The result of a test particle simulation will be presented and discussed as a possible interpretation on Interstellar Boundary Explorer (IBEX) observations of InterStellar Medium (ISM) Oxygen. Due to the physical characteristics of Oxygen atom, neutral Oxygen had interacted with Hydrogen-dominated Heliosphere before they were observed by IBEX, and such Oxygen may contain some information of Heliospheric structure within its flux distribution over the sky. In order to understand this observation, we must classify the particles based on their histories of interactions with Heliosphere. We provide a unique classification on the test particles which makes the simulation result provide an insight on the IBEX observations.

キーワード：太陽圏、重粒子、Interstellar Boundary Explorer (IBEX)

Keywords: Heliosphere, Heavy particle, Interstellar Boundary Explorer (IBEX)

「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布光学観測

Optical observation of neutral helium distribution in interplanetary space by Hisaki

*山崎 敦¹、村上 豪¹、木村 智樹²、吉岡 和夫³、土屋 史紀⁴、鍵谷 将人⁴、坂野井 健⁴、寺田 直樹⁴、笠羽 康正⁵、吉川 一朗⁶

*Atsushi Yamazaki¹, Go Murakami¹, Tomoki Kimura², Kazuo Yoshioka³, Fuminori Tsuchiya⁴, Masato Kagitani⁴, Takeshi Sakanoi⁴, Naoki Terada⁴, Yasumasa Kasaba⁵, Ichiro Yoshikawa⁶

1.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、2.国立研究開発法人理化学研究所仁科加速器研究センター、3.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、5.東北大学大学院 理学研究科 地球物理学専攻、6.東京大学

1.Institute of Space and Astronautical Science / Japan Aerospace Exploration Agency, 2.Nishina-Center for Accelerator Based Science, RIKEN, 3.Department of Earth & Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 4.Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 5.Dep. Geophysics Graduate School of Science Tohoku University, 6.The University of Tokyo

ひさき (SPRINT-A) 衛星は長期間継続した惑星観測を行うことが主目的であるが、観測好機となる惑星が存在しない時期には惑星以外の観測も実施している。そのうちの一例が、惑星間空間からのヘリウム原子共鳴散乱光観測である。

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り、ヘリオポーズを超え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イオン化することなく太陽近傍の0.5Au程度まで侵入することができる。その軌道は太陽重力によって曲げられ、太陽の星間風下側に密度の濃い領域を形成する。これをヘリウムコーンと呼ぶ。惑星間空間のヘリウム分布から星間風の速さと方向、星間空間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、近年のIBEX衛星がより精密に観測を実施した。その結果から星間風の方向が数十年かけて徐々に変化していることが報告された(Frisch+13)。

ひさき衛星もヘリウムコーンからのヘリウム原子共鳴散乱光観測を実施した。今年は、ヘリウムコーンの密度が極大経度を含む2ヶ月間に渡り連続して観測した。惑星間空間からのヘリウム共鳴散乱光観測結果を報告し、星間風の速度方向の変化について議論する。

キーワード：惑星間空間ヘリウム、極端紫外光観測、星間風

Keywords: Interplanetary helium, EUV observation, Interstellar wind

ChubuSat-2衛星による太陽中性子の観測

Solar neutron observations with ChubuSat-2 satellite

*山岡 和貴¹、宮澤 拓也¹、尾関 真二¹、馬場崎 康伸¹、林 祐貴¹、石原 大助¹、伊藤 和也¹、金田 英宏¹、河原 宏晃¹、久保 信²、松下 幸司¹、宮田 喜久子¹、長野 方星¹、成澤 泰貴¹、西野 真木¹、野田 宗佑¹、朴 大逸¹、定本 真明²、田島 宏康¹、田村 啓輔¹、田中 秀孝¹、Dao Tam¹、渡部 豊喜¹、周 大東¹

*Kazutaka Yamaoka¹, Takuya Miyazawa¹, Shinji Oseki¹, Yasunori Babazaki¹, Yuki Hayashi¹, Daisuke Ishihara¹, Kazuya Itoh¹, Hidehiro Kaneda¹, Hiroaki Kawahara¹, Shin Kubo², Koji Matsushita¹, Kikuko Miyata¹, Hosei Nagano¹, Yasutaka Narusawa¹, Masaki Nishino¹, Sosuke Noda¹, Daeil Park¹, Masaaki Sadamoto², Hiroyasu Tajima¹, Keisuke Tamura¹, Hidetaka Tanaka¹, Tam Dao¹, Toyoki Watabe¹, Qidong Zhou¹

1.名古屋大学、2.クリアパルス株

1.Nagoya University , 2.Clear Pulse Co Ltd.

Solar neutron observation is a key in understanding of ion acceleration mechanism in the Sun surface since neutrons are hardly affected by magnetic field around the Sun and interstellar mediums unlike charged particles. However, there was only a few tenth detections so far since its discovery in 1982. Actually SEDA-AP Fiber detector (FIB) onboard the International Space Station (ISS) was suffered from a high neutron background produced by the ISS itself.

ChubuSat is a series of 50-kg class microsatellite jointly developed by universities (Nagoya university and Daido university) and aerospace companies at the Chubu area of central Japan. The ChubuSat-2 is the second ChubuSat following the ChubuSat-1 which was launched by Russian DNEPR rocket on November 6, 2014. It was selected as one of four piggyback payloads of the X-ray astronomy satellite ASTRO-H in 2014 summer, and will be launched by the H-IIA launch vehicles from from JAXA Tanegashima Space Center (TNSC) in February 2016. The ChubuSat-2 carries a mission instrument,

radiation detector (RD). The main mission of ChubuSat-2 is devoted for monitoring neutrons and gamma-rays which can be background source for ASTRO-H celestial observations with the RD. The mission also involves a function of solar neutron observations which were originally proposed by graduate students who join the leadership development program for space exploration and research, program for leading graduate schools at Nagoya University. The RD has a similar detection area and efficiency to those of the SEDA-AP FIB, but is expected to have lower background than the ISS thanks to much smaller mass of the micro-satellite. In this paper, we will describe details of ChubuSat-2 satellite and RD, and in-orbit performance of RD.

キーワード：太陽、中性子、衛星観測

Keywords: Sun, Neutron, Satellite observations

太陽電波II型バーストのスペクトル微細構造の統計的出現特性

Statistical characteristics of spectral fine structures in solar radio type II bursts

柏木 啓良¹、*三澤 浩昭¹、土屋 史紀¹、小原 隆博¹、増田 智²、岩井 一正³Hirotaka Kashiwagi¹, *Hiroaki Misawa¹, Fuminori Tsuchiya¹, Takahiro Obara¹, Satoshi Masuda², Kazumasa Iwai³

1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.情報通信研究機構

1.Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3.National Institute of Information and Communications Technology

Type II bursts are one of the solar radio bursts associated with flare and coronal mass ejections (CMEs). They are thought to be a plasma emission from non-thermal electrons accelerated in and/or around a shock wave. A type II burst appeared as a group of spectral fine structures with the typical duration of a few hundreds msec is reported recently [e.g. Sato et al. in the JpGU2014 meeting]. Such spectral fine structures can be interpreted as the motion of non-thermal electron beams accelerated in the shock region.

In this study, we performed a statistical analysis to investigate generality of spectral fine structures of type II bursts by using the meter wave band solar radio telescope AMATERAS developed by Tohoku University [Iwai et al., 2012]. AMATERAS enables us to observe solar radio bursts in the frequency range between 150 and 500 MHz with the 10 msec accumulation time and 61 kHz bandwidth. We identified occurrence of totally 13 type II bursts for the period of Oct. 2010 to Sep. 2014, which were all associated with solar flare events. As the result, we revealed that all of them were accompanied by spectral fine structures. This fact strongly suggests a possibility that the spectral fine structures are general characteristic of type II bursts. The drift rates of the spectral fine structures were analyzed for all type II events. It is found that they showed both positive and negative senses and were in the time scale of tens to hundreds MHz/s. By assuming a general coronal plasma density model, for example the Newkirk model [Newkirk, 1961], particle speeds for some fine structures are estimated to be unrealistically high; i.e., faster than the light speed. The drift rates are faster than those of the well known spectral fine structure in type II burst 'herringbone structure', therefore, it is notable that the spectral fine structure identified in this study is a 'newly identified type' in type II bursts. And the unrealistically high drift rate implies the existence of denser plasma structure than general coronal plasma possibly near the shock regions. In the presentation, we will show the general characteristics of the fine structures of type II bursts and also discuss possible source regions.

キーワード：太陽II型バースト、スペクトル微細構造

Keywords: Solar type II burst, spectral fine structure

フレアの規模とIII型バーストの出現特性の関係

Relationship between solar flare level and occurrence characteristics of type III bursts

*松本 紗歩¹、三澤 浩昭¹、土屋 史紀¹、小原 隆博¹

*Saho Matsumoto¹, Hiroaki Misawa¹, Fuminori Tsuchiya¹, Takahiro Obara¹

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター

1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

太陽電波III型バーストは、太陽面の爆発現象であるフレアに伴う突発的な電波放射である。出現周波数はGHz帯からkHz帯まで広範囲におよび、周波数の高い方から低い方へ向かって大きな負の周波数ドリフトを持つ。磁気リコネクションによって加速された電子ビームが開いた磁力線に沿って上昇し、周辺のプラズマを伝搬する際にプラズマ波(ラングミュア波)を励起し、そのプラズマ波が電磁波に変換されたものと考えられている。一方、磁力線に沿って下降する粒子は、彩層の高密度プラズマに突入して制動放射し、そのエネルギーで熱せられた彩層プラズマがコロナループを満たすことで軟X線を発生する。太陽フレアの際に緩やかに上昇して観測される軟X線フラックスは、フレア的全エネルギーを表す指標と考えられ、フレアの大きさを表す指標として一般的に用いられている。以上のように、III型バーストとX線の放射はフレア発生時の磁気リコネクションの発生が関与していると考えられ、両者の間には高い相関関係があることが想定される。

本研究では、東北大学の太陽電波望遠鏡AMATERASで観測されたメートル波III型バーストの出現とGOES軟X線フラックスの時間変化との比較を行い、両者の関係の精査を試みた。この結果、大きな軟X線フレアによって発生するIII型バーストと同じような特徴(大きな負の周波数ドリフトを持ち、同じような周波数帯で発生)をもつバーストが、フレアが観測されていないときにも多く出現することが分かった。このことは、軟X線フレアとしては認識されないものの、粒子加速に寄与する過程が起きていることを示唆する。本研究は、大規模なフレアに伴って放射される場合と、軟X線のフラックスの変動の少ない場合の両者について、III型バーストのスペクトルの特徴、バーストの強度、発生場所について統計的に解析することで、電波発生に関わる粒子の加速過程の条件を明らかにすることを目的として行っている。

本講演では、特にAMATERASで2014年に観測されたIII型バーストの解析に基づき、軟X線フレアの有無とIII型バーストのスペクトル構造と強度の関連性について報告を行うとともに、粒子加速過程について議論を行う予定である。

キーワード：電波バースト、フレア、粒子加速

Keywords: radio burst, flare, particle acceleration

Decrease of magnetic field strength in the forenoon solar wind for parallel IMF

*Masaki N Nishino¹, Yoshifumi Saito², Hideo Tsunakawa³, Yuki Harada⁴, Shoichiro Yokota², Futoshi Takahashi⁵, Masaki Matsushima³, Hidetoshi Shibuya⁶, Hisayoshi Shimizu⁷

1.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2.ISAS/JAXA, 3.Tokyo Institute of Technology, 4.SSL, University of California, Berkeley, 5.Kyushu University, 6.Kumamoto University, 7.ERI, University of Tokyo

Interaction between the lunar surface and incident solar wind is one of the unsolved problems of the lunar plasma sciences. The Kaguya (SELENE) measurements revealed that about 1 percent of incident solar wind protons are scattered at the lunar dayside surface and re-picked up by the motional electric field to affect the ambient solar wind as well as the lunar wake. However, few studies have been performed for the parallel IMF case, except for wave observations by ARTEMIS spacecraft. Here we show an event where strength of the IMF decreases at 100 km altitude on the lunar dayside when the IMF is almost parallel to the incident solar wind flow, comparing the upstream solar wind data from ACE and WIND with Kaguya magnetometer data. The lunar surface below the Kaguya orbit is not magnetised, and the upward-going protons show signatures of those scattered at the lunar surface. We find that the decrease in the magnetic pressure is compensated by the thermal pressure of the back-scattered protons. We note that the observed phenomena are to some extent similar to those of bow-shock reflected ions in the terrestrial foreshock and may generally take place as a result of interaction between solar wind and non-magnetised body.

Keywords: Solar wind - Moon interaction, Interplanetary magnetic field, Kaguya (SELENE), Proton scattering

Hybrid simulations on the acceleration of pickup ions via the pump mechanism
Hybrid simulations on the acceleration of pickup ions via the pump mechanism

*坪内 健¹

*Ken Tsubouchi¹

1.東京工業大学大学院理工学研究科

1.Tokyo Institute of Technology

Generation process of high energy particles, far beyond the background thermal energy, has been one of the key topics in space plasma physics. Acceleration by their interaction with shock waves is the major mechanism, where a power-law spectrum is derived in the energy distribution. The standard shock acceleration theory shows that the power-law index depends on the shock compression ratio. In contrast, in-situ plasma measurements by ACE, Ulysses, and Voyager spacecraft recently identified that particles in the heliosphere have a common spectrum in the suprathermal range (the order of tens to hundreds of keV), where $f(v) \sim v^{-5}$, indicating that the shock waves do not play a dominant role in particle acceleration. The pump acceleration proposed by Fisk and Gloeckler [e.g., 2014] is one of alternative mechanisms to account for the generation of this common spectrum. In this study, we verify the validity of this pump process by performing two-dimensional hybrid simulations including interstellar pickup ions. We demonstrate several parameter sets and identify the strong dependence of acceleration efficiency on the angle between the solar wind flow direction and the magnetic field, as well as the spatial scale of compression/expansion structures in the pump process. We confirm the formation of the power-law tail in the velocity distribution of pickup ions, where the shock is not the only site of acceleration. We will discuss the diffusion property of energetic particles within the pump structures in comparison with the theoretical description.

キーワード：粒子加速、太陽風、ピックアップイオン

Keywords: particle acceleration, solar wind, pickup ion