

PEM026-01

会場:101

時間:5月24日 14:15-14:30

無衝突プラズマ中の大振幅アルフェン波の厳密解 Finite amplitude Alfvén waves in hot collisionless plasmas: An exact solution

成行 泰裕^{1*}

Yasuhiro Nariyuki^{1*}

¹ 高知工業高等専門学校

¹ Kochi National College of Technology

非圧縮の円偏光アルフェン波が、有限振幅であっても流体系の厳密解であることは良く知られている。一方で、ブラソフ-マクスウェル系においてどのような円偏光アルフェン波が厳密解になり得るかは詳しく議論されてこなかった。これはBGK(Bernstein-Greene-Kruskal)モードの電磁波版に当たるもので、一般論自体は半世紀近く前に与えられていた[1]が、その後ほとんど取り上げられることが無かった。しかし一方で、太陽風プラズマに遍在しているアルフェン的な電磁場擾乱と非平衡なプラズマ速度分布の関連を議論する上では(準)平衡状態としてのアルフェン波の性質の理解が必須であるが、上記のようにこれまではほとんど議論されてこなかった。また、運動論コードを用いたアルフェン波の非線形発展についての研究では初期条件として流体系の関係式が用いられるのが通常であるが、時間発展初期に線形的な振動や分布関数の変形が見られており[2]、流体系の関係式が必ずしも平衡状態でないことが分かっている。

本講演では、有限温度のブラソフ-マクスウェル系の厳密解となる最も簡単な例として、一粒子系の保存量の線形結合に依存する分布関数[3]を議論する。ここでは、円偏光アルフェン波の各パラメータと温度異方性の関係について述べた後、各粒子の保存量の総和が一定という束縛条件下で最大エントロピー原理[4]を適用するとブラソフ-マクスウェル系を満たす分布関数が導出されることを示す。

[1] T. F. Bell, Phys. Fluids, 8(10), 1829 (1965).

[2] T. Terasawa, M. Hoshino, J. -I. Sakai and T. Hada, J. Geophys. Res., 91, 4171 (1986); B. J. Vasquez, J. Geophys. Res., 100, 1779 (1995).

[3] B. U. Ö. Sonnerup, and S. Y.-Su, Phys. Fluids, 10(2), 462 (1967).

[4] T. K. Nakamura, Astrophys. J., 531, 739 (2000); I. Arad, and D. Lynden-Bell, Mon. Not. R. Astron. Soc., 361, 385 (2005).

キーワード: アルフェン波, ブラソフ-マクスウェル系, 厳密解, 平衡状態, 太陽風プラズマ

Keywords: Alfvén wave, Vlasov-Maxwell system, exact solution, equilibrium state, solar wind plasma

PEM026-02

会場:101

時間:5月24日 14:30-14:45

3次元モデルにおける非線形ミラーモード磁場構造 Nonlinear Mirror Mode Structures in the Three-dimensional Model

小路 真史^{1*}, 大村 善治¹, Lee Lou-Chuang²
Masafumi Shoji^{1*}, Yoshiharu Omura¹, Lou-Chuang Lee²

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 国立中央大学

¹RISH, Kyoto University, ²NCU, Taiwan

The temperature anisotropy ($T_{per}/T_{par} > 1$) of ions in the magnetosheath drives the mirror instability. We performed two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) hybrid simulations in open boundary models to study the nonlinear mirror mode structures. In the open boundary systems, because of the propagation of EMIC waves, we can obtain the clearer non propagating mirror mode structures. We analyzed the relation between the mirror instability and the magnetic peaks and dips which are peculiar magnetic structures observed in the magnetosheath. In the 2D open boundary model, we obtain the clear magnetic dips at the nonlinear stage. The magnetic structures become larger in the parallel directions rather than the perpendicular directions. In the 3D model, on the other hand, the mirror instability makes the magnetic peaks structures with the same parameters. We obtain the cigar-like magnetic peaks structures, because of the nonlinear evolution of mirror instability and the symmetric structure in the perpendicular directions. We also performed parametric analyses on the ion beta in both 2D and 3D models. We find that the magnetic peaks also arise in the 2D high beta case as shown in the Cluster observations. Considering the pressure balance between the magnetic field and plasma, we show how the ion beta dependence of the magnetic structures appears. In all parameters, we obtain the magnetic peaks in the 3D models.

Keywords: Mirror instability, Magnetic peak, Magnetic dip, 3D hybrid simulation

PEM026-03

会場:101

時間:5月24日 14:45-15:00

無衝突プラズマのエントロピーにおける粗視化の問題 Coarse-grained entropy of collisionless plasmas

中村 匡^{1*}

Tadas Nakamura^{1*}

¹ 福井県立大学

¹Fukui Prefectural University

宇宙空間プラズマでは、二粒子間衝突の頻度が無視できるほど小さいため、速度分布が長時間マックスウェル分布から大きく離れた状態になっていることが頻繁にある。このような非平衡の速度分布 $f(x,v)$ が与えられた場合、いわゆる情報エントロピーは $f \log f$ を積分して計算することができる。しかしプラズマの分布関数が熱平衡分布（マックスウェル分布）から離れている場合、この情報エントロピーと熱力学的エントロピーは直接には結びついてはおらず、したがって、分布関数というミクロな量と温度や自由エネルギーなどのマクロな熱力学的物理量の関係も不明である。昨年秋のSGEPSS講演会で、仮想的な準静過程を使って「自由エネルギー」の上限を見積もる方法と、それにとまなう諸問題について報告したが、今回は、その問題の中で応用上もっとも深刻と思われる粗視化の問題について考える。

無衝突プラズマを記述するブラソフ方程式に従えば、 $f \log f$ を積分して得られたエントロピーは時間変化しないということが知られている。しかし、現実のプラズマに起こっている諸現象は不可逆であるので、この情報エントロピーは不可逆性の指標としては適当ではないと考えられる。そこで、位相空間内の有限体積内で平均した分布関数、つまり、いわゆるいわゆる粗視化した分布関数を使って情報エントロピーを計算すると、これが時間変化することは示せる。この時間変化が時間発展にともなって単調増加かどうかは未解決問題ではあるが、それを仮定すると、上述の準静過程による議論で、熱力学的な応用が可能になる。

ところが、この粗視化による情報エントロピーの計算には重大な問題がある。エントロピーの値そのものが、粗視化のプロセスにつかう位相空間体積平均のサイズによってしまうという問題である。このサイズは、情報エントロピーを可逆性の指標とするために仮想的に導入したものであって、選び方に恣意性があり、現実の物理量には対応しない。したがって、計算した情報エントロピーがこのサイズによるということは、そのエントロピーそのものが確定した物理量ではないことを意味する。

これは応用上重大な問題である。人工衛星などで観測されたプラズマ分布関数というものは、観測機の観測精度によって粗視化されたものであり、これからエントロピーを計算すると、値が観測精度によって変わってしまうことになる。また、粒子シミュレーションやブラソフなどでも、エントロピーを計算するときには、グリッドサイズなどで粗視化した分布関数を使わざるを得ないので、同様な問題が生ずる。講演では分布関数の粗視化とエントロピーの関係を議論し、確定した物理量としてなにをみつかわかべきを考える。

キーワード: 無衝突プラズマ, Vlasov 方程式, エントロピー, 熱力学

Keywords: Collisionless Plasma, Vlasov Equation, Entropy, Thermodynamics

PEM026-04

会場:101

時間:5月24日 15:00-15:15

ダスト音波の効果を入れた磁気回転不安定性の非線型発展 Non-Linear Evolution of Magneto-Rotational Instability under the effect of Dust Acoustic Wave mode

白川 慶介^{1*}, 星野 真弘¹

Keisuke Shirakawa^{1*}, Masahiro Hoshino¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹ School of Science, University of Tokyo

Magneto-Rotational Instability (MRI) is a plasma instability which is considered to take place in a magnetized differentially rotating astrophysical disks. It is first proposed by Velikhov in 1959 and later by Chandrasekhar in 1960. Its importance in astrophysical rotating disk was pointed out by Balbus and Hawley in 1991. This instability can generate MHD turbulence within a few periods of orbit and can generate a strong turbulent viscosity. Thus this instability is considered to play a major role in the context of accretion which requires a strong viscous effect to transport angular momentum in the disk.

On the other hand, recent study has shown that the dust grains which carries about 1% of mass in the astrophysical matter can carry about 10^3 of negative charges through several atomic processes like collisions with charged electrons or ions and photoionization effect. These new heavy plasma components may excite new dusty plasma wave modes in low frequency regime such as dust acoustic wave (DAW), and may modify behavior of plasma instabilities and plasma wave propagation.

Here, we perform both linear and non-linear analysis of multi-fluid plasma equations and study the modification of MRI by existence of charged-up dust particles. In this study, we assume fully ionized multi-component plasma with finite temperature to include the effect of dust acoustic wave (DAW). In the limit of parallel mode, we found the DAW may barely modify the behavior of MRI. On the other hand, result from the linear simulation implied a coupling between MRI and DAW in the oblique mode of MRI.

In this presentation, we would like to discuss a behavior of MRI in the non-linear stage and the effect of dusty plasma with results from numerical simulation.

キーワード: 宇宙プラズマ, 降着円盤, 磁気回転不安定性, ダストプラズマ

Keywords: Space Plasma, Accretion Disk, Magneto-Rotational Instability, Dusty Plasma

PEM026-05

会場:101

時間:5月24日 15:15-15:30

回転磁場型におけるプラズマ加速シミュレーション Numerical simulation of plasma acceleration due to Rotating Magnetic Field

山之口 和輝^{1*}, 羽田 亨², 篠原 俊二郎³
Kazuki Yamanokuchi^{1*}, Tohru Hada², Shunjiro Shinohara³

¹九州大学大学院総合理工学府大海専攻, ²九州大学大学院総合理工学研究院, ³東京農工大学工学研究院
¹ESST,Kyushu Univ, ²ESST,Kyushu Univ, ³Tokyo Univ. of Agriculture and Technol.

惑星探査などの長期ミッションにおいては比推力の高い電気推進機関が有効であり注目されている。これは推進剤としてプラズマを用い、これを加速することにより推進力を得る方法である。

しかし一方でイオンエンジン等、既存の多くの電気推進機関は有電極型のため、プラズマとの接触による電極摩耗による寿命の制限が大きな問題となっている。この現状を踏まえ、我々はプラズマ生成、プラズマ加速の両段階ともに無電極である、完全無電極型の新しい電気推進機関の開発研究を始動した(HEATプロジェクト)[1]。

無電極プラズマ生成はヘリコン波を用いることにより、安定に高密度・低温度プラズマが得られることが実験的にほぼ確立している[2]。無電極プラズマ加速としてはいくつかの方法が考えられるが、本研究では回転磁場(RMF)型の加速機構について発表する[3]。この方法では、円柱プラズマに対して、その軸と垂直方向に回転外部磁場をかけることにより、プラズマ内部に周回方向の定常電子電流を誘起する。これは核融合分野で知られた、回転磁場による磁場逆転配位のプラズマ閉じ込め(FRC)の方法と同じものである。背景磁場に径方向成分があれば(発散磁場配位であれば)、励起された電子電流と背景磁場とで軸方向のローレンツ力が得られる[4]。このローレンツ力が円柱プラズマ内のイオンを加速・噴射することで定常推進力を得ることができるはずである。

本講演では、発散磁場のもとでのRMF機構について、数値シミュレーションを行った結果を発表する。円柱プラズマを流体として扱い、回転外部磁場を境界条件として与えて発展方程式系を解くことにより、プラズマ内への磁場浸透を定量的に評価することができる。径方向磁場の無い場合については既にいくつかの計算結果があるが[5]、推力のために必須の径方向磁場がある場合についてはほとんど研究がおこなわれていない。しかし、プラズマ加速を研究する上で発散磁場を導入した円柱プラズマ内の磁場の様子を把握することは非常に重要である。プラズマ散逸、外部磁場強度、そして径方向磁場の主要パラメータに依存してどのように磁場浸透が決まるかを議論する。

[1] 文部科学省科学研究費基盤研究(S)、ヘリコン源を用いた先進的無電極プラズマロケットエンジンの研究開発、代表 篠原俊二郎、平成21-25年度。

[2] cf. Shinohara, S. et al., Phys. Plasmas vol. 16, 057104, 2009.

[3] Jones, I. R., Phys. Plasmas vol. 6, 1950, 1999.

[4] Inomoto, M., I.E.E.J. Trans. vol. 128, 319, 2008.

[5] Milroy, R. D., Phys. Plasmas vol. 6, 2771, 1999.

キーワード: 電気推進, 無電極推進, 回転磁場

Keywords: electric thruster, electrodeless thruster, rotating magnetic field

PEM026-06

会場:101

時間:5月24日 15:30-15:45

小型ダイポール磁場と太陽風の相互作用に関する粒子シミュレーション Full particle-in-cell simulation study on the solar wind interactions with small scale dipole field

臼井 英之^{1*}, 森高 外征雄¹
Hideyuki Usui^{1*}, Toseo Moritaka¹

¹ 神戸大学大学院システム情報学研究科

¹ Graduate School of System Informatics

我々は、次世代惑星間航行システムとして JAXA で検討が進められている磁気プラズマセイル (MPS) の推力評価に向けて、衛星に搭載された超電導コイルによって作られる小型人工ダイポール磁場と太陽風の相互作用に関する 2 次元および 3 次元全粒子シミュレーション解析を行っている。本講演では、特に、イオン慣性長以下のスケールのダイポール磁場を取り扱い、太陽風相互作用によって生じる境界層電流の形成プロセスおよびその特性を定量的に調べるとともに、その数値モデル化を試み、MPS 推力推定に役立てる。

MPS は、衛星周辺に形成された人工ダイポール磁場によって太陽風を受け止め、その運動量の一部を推力に変換して航行するシステムである。推力は、ダイポール磁場と太陽風の境界層に形成される電流によって生じる磁場と衛星コイル電流との間のローレンツ力で評価できる。すなわち、境界層電流の定量把握がキーとなる。

MPS では、イオン慣性長以下のダイポール場を形成するので、直接的にはイオンダイナミクスがダイポール場から大きく影響を受けるとは考えにくい。しかし、電子はこの小型ダイポール磁場においても磁化されているため、このスケールでは、まずダイポール磁場による電子ダイナミクス変動が重要となる。結果として、電子 イオン間でダイナミクスの差異が生じ、主として静電的效果によりイオンダイナミクスも大きく影響を受ける。この状況において形成される小型磁気圏の境界層電流特性を粒子シミュレーションによって調べる。特に、その形成場所、電流強度、層の幅について、シミュレーション結果から定量モデルを構築することを試みる。

また、太陽風磁場とダイポール磁場との相互作用の観点から、衝撃波構造、磁気リコネクションなどのプラズマ現象も生起すると考えられ、これらの現象が小規模磁気圏でどう生じるのか、また、これらが境界層電流形成にどのような影響を及ぼすかについても着目する。これまでの 2 次元シミュレーションでは、北向き IMF の場合でも磁気圏夜側において磁気リコネクションが生じ、繋ぎかえられた磁力線が太陽風電子とともに磁気圏昼間側に逆流し蓄積され、磁気圏内部プラズマの増加および電流密度のピークが見られた。また磁気圏前面境界層での圧力平衡の変化により、電子反射やショック構造形成が見られた。このように IMF を考慮することにより磁気圏拡大が見られ、結果として MPS 推力は非定常に増加することが確認できた。マルチスケール 3 次元粒子シミュレーションを今後行い、2 次元モデルで得られた結果を踏まえたうえで小規模磁気圏と太陽風の 3 次元的な相互作用についての詳細解析を進める。

キーワード: ダイポール磁場, 太陽風相互作用, 粒子シミュレーション, 磁気プラズマセイル

Keywords: dipole magnetic fields, solar wind interactions, particle simulation, magnetoplasma sail

PEM026-07

会場:101

時間:5月24日 15:45-16:00

ミニ磁気圏の3次元ハイブリッドシミュレーション 3D hybrid simulation of the mini-magnetosphere

中村 雅夫^{1*}

Masao Nakamura^{1*}

¹ 大阪府立大学

¹Osaka Prefecture University

Interaction between the solar wind and the mini-magnetosphere of dipolar magnetized objects is investigated by a three-dimensional hybrid simulation, which treats the ions as kinetic super particles via particle-in-cell method and the electrons as a massless fluid and additionally includes a fluid ion component to approximate the cold background plasma component. The hybrid simulation is suitable for the study of the mini-magnetosphere which scale is the order of the ion Larmor radius of the solar wind ions at the magnetopause, because the ion kinetic effects are important for the structure of the mini-magnetosphere. In the northward interplanetary magnetic field (IMF) solar wind case, the shape of the mini-magnetosphere more or less resembles the down-sized geomagnetosphere. On the other hand, in the southward IMF solar wind case, the dayside magnetopause boundary layer became unclear and the density is enhanced in the cusp region. We will discuss the structures of the mini-magnetosphere in the various solar wind conditions.

キーワード: 太陽風ミニ磁気圏相互作用, 3次元ハイブリッドシミュレーション

Keywords: Interaction between solar wind and mini-magnetosphere, 3D hybrid simulation

PEM026-08

会場:101

時間:5月24日 16:00-16:15

次世代無電極推進機関のための外部電磁場による粒子加速

Particle acceleration by external electromagnetic field for the next generation electric thrusters

大塚 史子^{1*}, 羽田 亨¹, 篠原俊二郎²

Fumiko Otsuka^{1*}, Tohru Hada¹, Shunjiro Shinohara²

¹九州大学・総合理工学研究院, ²東京農工大学・工学研究院

¹Kyushu Univ., ²Tokyo Univ. of Agriculture & Technol.

前回の講演では、HEAT プロジェクト (Helicon Electrodeless Advanced Thrusters) の一環として、次世代無電極推進機関の開発に向けて、発散磁場中における電磁場ポンドロモーティブ場を利用した粒子加速モデルを紹介し、加速機構はポンドロモーティブ力による加速とサイクロトロン共鳴加速との共存であることを報告した。前者の加速機構では、粒子は平均磁場に平行方向(円柱デバイスの軸方向)に直接加速される。一方、後者の加速機構では、垂直方向に加熱した粒子が磁気ミラーによる運動エネルギー変換により軸方向へ加速される。よって、垂直方向への壁損失を考慮すると、前者の加速機構が推進機関として都合が良い。本講演では、外部電場パルスの空間スケールや磁場勾配スケール、電場強度等のパラメータサーベイを行い、電磁場ポンドロモーティブ加速が優位である領域を探る。また、空間的に非対称な波形を持つ電場による加速も検討する。さらに、中性粒子との衝突効果や内部プラズマによる外部電場遮蔽の影響をモデルに組み込み、粒子加速効率を議論する。

キーワード: 粒子加速, 電気推進, 無電極推進

Keywords: particle acceleration, electric thruster, electrodeless thruster

PEM026-09

会場:101

時間:5月24日 16:30-16:45

限られた領域から発生する3次元磁気リコネクションにおけるHall効果の重要性 Hall effects for three-dimensional magnetic reconnection with finite width along the direction of the current

中村 琢磨^{1*}, 中村 るみ², Alexandra Alexandrova², 久保田 康文³
Takuma Nakamura^{1*}, Rumi Nakamura², Alexandra Alexandrova², Yasubumi Kubota³

¹ 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所, ² オーストリア宇宙科学研究所, ³ 情報通信研究機構
¹ISAS, JAXA, ²IWF, OEAW, ³NICT

We have performed three-dimensional Hall magnetohydrodynamic (MHD) simulations of magnetic reconnection with finite width along the current direction. Previous MHD simulations have revealed that such localized three-dimensional situations produce the so-called fast reconnection process, in which an Alfvénic fast and narrow jet flows from the localized reconnection region, and the reconnected field lines are strongly piled-up at the head of the jet. Our Hall MHD simulations also confirmed a similar fast reconnection process. On the other hand, our Hall MHD simulations also revealed that the Hall effects critically change the results obtained from MHD simulations regarding the physics of the reconnection region; in the Hall MHD cases, the reconnection region itself broadens in the current and anti-current directions due to the plasma flow related with the current. This means that the location and the size of the reconnection region are unsteady features in Hall MHD regime. In this presentation, we will show the detailed results of our Hall MHD simulations and discuss their implications to the observations in the planetary magnetotail.

キーワード: 磁気リコネクション, ホール効果, 3次元シミュレーション
Keywords: magnetic reconnection, Hall MHD, three-dimensional simulation

PEM026-10

会場:101

時間:5月24日 16:45-17:00

高速磁気リコネクション時に形成される薄い電流層の3次元的特性 3D dynamics of thin current layer formed during fast magnetic reconnection

藤本 桂三^{1*}

Keizo Fujimoto^{1*}

¹ 理化学研究所計算宇宙物理研究室

¹ Computational Astrophysics Lab., RIKEN

Magnetic reconnection is a common process in space and laboratory plasmas, facilitating fast release of energy stored in the compressed magnetic field into plasma kinetic and thermal energy. It is well known in theoretical and simulation studies that a thin current layer characterized by the electron inertia length is formed around the magnetic X-line associated with 2D magnetic reconnection. In the thin current layer, the electrons are intensely accelerated by the reconnection electric field and are quickly ejected toward the downstream region. This electron behavior gives rise to the electric resistivity, so-called the inertia resistivity, in the current layer, which results in the dissipation of the magnetic field and plays a significant role in the reconnection processes. However, it is easy to expect that such a thin current layer would be unstable to current driven modes which propagate in the current density direction and are artificially suppressed in the 2D system. In fact, the simulation studies in a 2D plane orthogonal to the magnetic field have revealed that the Harris-type current sheet is unstable to the lower hybrid drift instability (LHDI) and a kink instability. In particular, it has been suggested that in high mass ratio regime ($m_i/m_e > 100$) the kink mode decouples into two modes: the ion-ion kink mode with $kyL \sim 1$ and a smaller-scale mode with an intermediate scale of the ion and electron Larmor radii. Because of the high nonlinearity and the limitation of computer resources, it has been very difficult to investigate the role of the current-aligned modes in magnetic reconnection.

In order to challenge large-scale 3D simulations of kinetic reconnection with high mass ratio ($m_i/m_e > 100$), we have recently developed a massively-parallel code of the electromagnetic particle-in-cell (PIC) model with the adaptive mesh refinement (AMR). The AMR technique enables efficient high-resolution simulations of the current sheet evolution, while the parallelization on the distributed memory system allows us to use much computer resources for a single simulation run. Thus the massively-parallel AMR-PIC code is a strong tool to achieve the large-scale 3D simulations.

The present study investigates 3D effects of the reconnection processes for the cases of high mass ratio with $m_i/m_e > 100$. The main difference between 2D and 3D reconnections is the fact that in 3D case the thin current layer is unstable to a kink mode even in a quasi-steady phase. The kink mode has a scale with $kyL_e \sim 1$ and propagates in the ion drift direction, where L_e is the half width of the thin current layer and is characterized by the electron inertia length. The mode is neither the LHDI nor the ion-ion kink mode. Since the wavelength is comparable with the electron meandering scale, this mode can scatter the electrons and yield the anomalous resistivity.

In this paper, we show the initial results of large-scale 3D simulations of magnetic reconnection and describe the 3D aspects of the processes in the thin current layer. The mechanisms of the magnetic dissipation and particle acceleration will be discussed.
Keywords: 3D magnetic reconnection, AMR-PIC simulation, dissipation mechanism, kink mode

PEM026-11

会場:101

時間:5月24日 17:00-17:15

無衝突リコネクションで遅進衝撃波は本当に形成されるか? Can slow-mode shocks be really formed in collision-less magnetic reconnection?

東森 一晃^{1*}, 星野 真弘¹

Katsuaki Higashimori^{1*}, Masahiro Hoshino¹

¹ 東大・地球惑星科学

¹ Tokyo Univ, Earth & Planetary Science

Petschek [1964] によって磁気リコネクションでの磁場からプラズマへのエネルギー転換のほとんどが中心の拡散領域から伸びる遅進衝撃波によって担われているという考えが提唱されてから、リコネクション中で遅進衝撃波が形成されるかどうかは宇宙物理学において長い間問題とされてきた。これまでに、観測と MHD シミュレーション両者によってリコネクションでの遅進衝撃波の存在が確認づけられてきた。しかしながら、Hybrid や Particle-In-Cell などの運動論的シミュレーションで、遅進衝撃波の存在を強く示唆するような、リコネクション境界層に沿った十分な磁場の散逸を示したものはない。

我々は無衝突プラズマで遅進衝撃波の形成を阻害する要因は、リコネクション境界層下流で発達するイオンの温度異方性であると考えている。(観測やシミュレーションなどの)多くの先行研究によって、そのような温度異方性は、Lobe から流れてきた冷たいプラズマ成分と PSBL (プラズマシート境界層)でのイオンビームの相対速度によって生まれることがわかっている。したがって磁場に平行方向のイオンの温度 ($T_{i,para}$) は大抵、垂直方向の温度 ($T_{i,perp}$) よりも高い。一方で異方性があるプラズマでの MHD Rankine-Hugoniot 理論から、温度異方性 ($T_{i,para}/T_{i,perp}$) が大きくなるほど、上流の低いアルフベンマッハ数で遅進衝撃波は存在しなくなることが知られている。

これまでに我々は電磁 Hybrid コードを用いて、そのような温度異方性は磁気中性点からの距離が大きくなるほど緩和し、中性点からおよそ 150-200 イオン慣性長離れたところで遅進衝撃波が形成されるという予測を立てた。そこで我々はその問いに答えるのに十分な巨視的スケールでのシミュレーションを行う。我々は初めて、無衝突磁気リコネクション中の遅進衝撃波の存在を示唆する磁場の鋭い折れ曲がりと二股に分かれた電流構造を示す。本講演では、温度異方性がある場合の MHD RH 関係の観点から、リコネクション境界層に沿って形成される不連続面について議論し、さらにそのイオンスケールでの構造を明らかにする。

キーワード: リコネクション, 衝撃波, 遅進衝撃波, 温度異方性, ハイブリッド, リコネクション境界層

Keywords: reconnection, shock, slow shock, temperature anisotropy, hybrid, reconnection layer

PEM026-12

会場:101

時間:5月24日 17:15-17:30

自発的高速磁気再結合過程により生成されるプラズモイドの三次元構造とダイナミクス

3D structure and dynamics of plasmoids associated with spontaneous fast reconnection process

清水 徹^{1*}, 近藤光志¹

Tohru Shimizu^{1*}, Koji Kondo¹

¹ 愛媛大学宇宙進化研究センター

¹ Ehime university, RCSCE

二次元高速磁気再結合過程の三次元不安定性により生成されるプラズモイドの三次元構造とダイナミクスをMHDシミュレーションにより調べた。太陽フレアや磁気嵐において高速磁気再結合過程が重要な役目を果たしていると考えられている。高速磁気再結合過程の最大の特徴は、大規模なプラズマの塊(プラズモイド)が放出されることである。実際、近年の太陽フレアや地球磁気圏尾部の多点衛星観測において、そのようなプラズモイドの構造が観測され始めているが、それらの観測により得られた情報は未だ断片的であり、プラズモイドを放出しているであろう三次元高速磁気再結合の基本性質を理解するには未だ不十分である。最近の我々の数値的、理論的研究により、一次元電流層に加えられたわずかな三次元摂動が、二次元不安定そして三次元不安定を経て「間欠的でランダムな三次元高速磁気再結合過程」に向けて非線形的に成長することがわかってきた。本発表では、我々の研究成果をもとに、太陽フレアや地球磁気圏尾部の一次元的な電流層において生じるプラズモイドの持つべき三次元基本性質について明らかにする。

キーワード: 磁気再結合過程, 三次元, プラズモイド, 磁気流体力学

Keywords: magnetic reconnection, three-dimensional, plasmoid, MHD

Japan Geoscience Union Meeting 2011

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

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PEM026-13

会場:101

時間:5月24日 17:30-17:45

The SCOPE mission The SCOPE mission

Masaki Fujimoto^{1*}

Masaki Fujimoto^{1*}

¹ISAS, JAXA

¹ISAS, JAXA

SCOPE is a space plasma physics mission that consists of five spacecraft and that will perform simultaneous multi-scale observations of dynamic space plasma phenomena. The target processes are shocks, reconnection and turbulence. The orbit is $\sim 10 \times 30$ Re in the earth's magnetosphere and in the solar wind, which allows the spacecraft to encounter and us to study these physical processes of fundamental importance. The simultaneous multi-scale observations are performed by a pair of mother-near-daughter (M-ND) spacecraft and the formation of three far-daughter (FD) spacecraft that surrounds the spacecraft pair. The M-ND pair with small inter-spacecraft distance will zoom-in to the electron dynamic scale while the FDs, located at larger distances, will observe the larger-scale (ion- and MHD-scales) dynamics that surrounds the key micro-region observed by the M-ND pair. The mission is planned to have substantial international contributions. In this talk, we will summarize the recent progress of the mission study. Expectations of space plasma simulations from the SCOPE's point of view are also described, with the intention of enhancing the ties between the mission study and the space plasma physics research via simulation.

キーワード: SCOPE, Multi-scale physics, Large-scale particle simulations

Keywords: SCOPE, Multi-scale physics, Large-scale particle simulations

PEM026-14

会場:101

時間:5月24日 17:45-18:00

磁気圏 - 電離圏結合におけるアルヴェン相互作用に関する運動論的モデル A kinetic model for Alfvénic interactions in magnetosphere-ionosphere coupling

渡邊 智彦^{1*}, 平木 康隆¹

Tomo-Hiko Watanabe^{1*}, Yasutaka Hiraki¹

¹ 核融合科学研究所

¹National Institute for Fusion Science

Alfvénic interactions of the magnetosphere and the ionosphere (M-I) play a key role in spontaneous growth of quiet auroral arcs in the polar region. The feedback instability has been formulated in terms of the reduced magnetohydrodynamic (MHD) equations [1], and is recently investigated in detail in the dipole configuration with realistic Alfvén velocity profiles [2]. Non-linear simulations of the feedback instability in the M-I coupling system also reveal that the secondary instability growth of the Kelvin-Helmholtz-like mode leads to deformation of vortex, current, and density profiles associated with auroral arcs [1].

A variety of non-MHD effects, however, appear in the magnetosphere with low-density and high-temperature plasma. The finite ion gyroradius effect is, for example, non-negligible in the vicinity of the magnetic equator region with the weak magnetic field and the high ion temperature. While some of the non-MHD effects can be incorporated in terms of extended fluid models, a kinetic model is still necessary for more complete description of the magnetospheric plasma dynamics.

In this study, we consider a gyrokinetic model of the magnetospheric plasma, where the finite gyroradius and other kinetic effects are preserved while deleting fast time-scales associated with gyro-motions. In the gyrokinetics, the kinetic Alfvén waves are compactly formulated in terms of the polarization density of ion gyro-centers and the parallel electron current. We would discuss some basic properties of the kinetic model for Alfvénic interactions in the M-I coupling system in comparison to the reduced MHD model.

[1] T.-H. Watanabe, "Feedback instability in the magnetosphere-ionosphere coupling system: Revisited", *Phys. Plasmas*, Vol.17, 022904-1 - 022904-8 (2010).

[2] Y. Hiraki, and T.-H. Watanabe, in preparation for submission (2011).

キーワード: オーロラ, 磁気圏 - 電離圏結合, アルヴェン波, ジャイロ運動論, シミュレーション

Keywords: aurora, magnetosphere-ionosphere coupling, Alfvén wave, gyrokinetics, simulation

PEM026-15

会場:101

時間:5月24日 18:00-18:15

ブラソフコードによる様々なスーパーコンピュータの性能評価 Performance evaluation of various supercomputer systems with Vlasov code

梅田 隆行^{1*}, 深沢 圭一郎², 成行 泰裕³, 荻野 竜樹¹

Takayuki Umeda^{1*}, Keiichiro Fukazawa², Yasuhiro Nariyuki³, Tatsuki Ogino¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 九州大学理学研究院, ³ 高知工業高等専門学校

¹STEL, Nagoya University, ²Kyushu University, ³Kochi National College of Technology

More than 99% of the "top 500" supercomputer systems in the world now adopt scalar processors. Almost 90% of the supercomputer systems consist of the 64bit x86 processor architecture. The POWER processor architecture has a 8% share, and the SPARC processor architecture has only a 0.4% share. In general, the computational efficiency (the ratio of the effective performance to the theoretical performance) of user applications on a scalar computer tends to be low (less than 10%), although the computational efficiency of the LINPACK sometimes exceeds 80%. Therefore, it is important to develop a high-performance user application for space plasma simulations on scalar-type massively parallel supercomputer systems. In this paper, a performance measurement study of the first-principle Vlasov-Maxwell solver is carried out on various scalar-type supercomputer systems in Japan.

In December 2010, the Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL) at Nagoya University installed a new supercomputer system, DELL PowerEdge R815. The DELL PowerEdge R815 supercomputer system at STEL has the same specification with the T2K open supercomputers in Japan. The system is a PC-cluster-type supercomputer consisting of 48 nodes, and each node has four AMD 12-core Opteron 6174 processors (2.2GHz, L2: 512KB/core, L3: 12MB/CPU) and 96GB DDR3 memory. As for the internode connections, each node has two InfiniBand QDR links with a bandwidth of 4GB/s per link. The peak performance of the system is 20TFlops. The system has just started pre-operation in January 2011, and the preliminary result of the performance measurement will also be presented.

キーワード: ブラソフ方程式, スーパーコンピュータ, プラズマ, 性能評価

Keywords: Vlasov equation, supercomputer, plasma, performance measurement

PEM026-16

会場:101

時間:5月24日 18:15-18:30

マルチモーメント移流法を用いた電磁ブラソフシミュレーション Full-electromagnetic Vlasov simulations with the Multi-Moment Advection scheme

簗島 敬^{1*}, 松本 洋介², 天野 孝伸³

Takashi Minoshima^{1*}, Yosuke Matsumoto², Takanobu Amano³

¹ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, ² 名古屋大学 太陽地球環境研究所, ³ 名古屋大学 理学研究科

¹IFREE, JAMSTEC, ²STEL, Nagoya University, ³Department of Physics, Nagoya University

位相空間において分布関数の移流を直接解くブラソフシミュレーションは、粒子法固有の問題を解決できるとして提案されている。しかし、多次元の移流方程式を精度良く解くことが難しいことから、適切な手法は未だ確立していない。

我々はこれまで、数値拡散を極めて抑えて移流方程式を数値的に解く手法を開発してきた。このスキームは、情報エントロピーを精度良く保存するため、分布関数のグリッド上における点値のみならず、その0次から2次までの区分化されたモーメントを同時に更新することが特徴である。これまで、1次元・2次元スキームを開発し、静電・電磁ブラソフシミュレーションに適用してきた。

しかし、多くのプラズマ現象は、3次元速度空間の取り扱いを必要とする。そこで我々は今回、3次元スキームを開発した。結果、1次元・2次元と同様、線形移流問題及び剛体回転問題を極めて精度良く解くことに成功した。これは、磁化プラズマのブラソフシミュレーションにおいて最も重要な性能である。

本発表では、本スキームの設計の詳細について紹介する。また、本スキームを3次元速度空間に適用したブラソフシミュレーションのテスト結果についても紹介する。

キーワード: ブラソフシミュレーション

Keywords: Vlasov simulations

PEM026-17

会場:101

時間:5月25日 08:30-08:45

SLAMS の流体モデル Fluid Modeling of SLAMS

羽田 亨^{1*}, 成行 泰裕², Marty Lee³
Tohru Hada^{1*}, Yasuhiro Nariyuki², Marty Lee³

¹九州大学大学院総合理工学研究院, ²高知工業高等専門学校, ³ニューハンプシャー大学

¹ESST, Kyushu University, ²Kochi National College of Technology, ³University of New Hampshire

準平行な無衝突衝撃波の上流域には、しばしば Short Large Amplitude Magnetic Structures (SLAMS) と呼ばれる特徴的な大振幅磁場構造が現れる (Schwartz et al., JGR, 1992)。クラスター衛星データの解析等により SLAMS の観測的研究が進展中である一方 (Lucek et al., Annales Geophys., 2004)、これが生成される物理的メカニズムについては未だよくわかっていないのが現状である。しかし SLAMS が成長するのは衝撃波起源と考えられるイオンプラズマ圧勾配の中であることをふまえると (Giacalone et al., GRL, 1993)、熱いイオンのフラックスが SLAMS のトータル磁場を介してエネルギーを供給していると考えるのが自然であろう。つまり流体の言葉では、イオンの熱流束による非線形逆ランダウ減衰が本質的な励起機構であると言える。この考え方に基づき、本研究では SLAMS の流体モデルを提案する。温度勾配不安定性を記述するための Hammett and Perkins (PRL, 1990) 流の熱流束モデルを含む非線形 MHD モデルを考える。逆ランダウ減衰がある場合には SLAMS と類似の磁場構造が成長する。講演ではモデルと結果の詳細について述べる。

キーワード: 衝撃波上流域, SLAMS, 非線形ランダウ減衰, イオン熱流束

Keywords: foreshock, SLAMS, nonlinear Landau damping, ion heat flux

PEM026-18

会場:101

時間:5月25日 08:45-09:00

衝撃波加速粒子の空間拡散について Time Sequence of Energetic Particle Spectra in Quasi-parallel Shocks

杉山 徹^{1*}

Tooru Sugiyama^{1*}

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

We have studied the transport properties of energetic particles in the upstream region of parallel shocks considering the possibility of anomalous diffusion where the density decay profile has not an exponential profile but a power-law behavior. The results obtained from hybrid simulation model show that the energetic ions with energy of 50-100 E_0 (E_0 is the shock ram energy) spatial profiles are well fitted by a power law distribution and that the value of $\langle dx^2 \rangle / t$ increases in time. This implies that particle propagation can be described by a super-diffusion profile even though the power of the magnetic wave is sufficient large to scatter the particles.

キーワード: 衝撃波, 粒子加速, 拡散現象

Keywords: shock wave, particle acceleration, diffusion process

PEM026-19

会場:101

時間:5月25日 09:00-09:15

低マッハ数衝撃波による相対論的電子加速 Relativistic electron acceleration in a low Mach number shock

松清 修一^{1*}, 山崎了², 大平 豊³, 梅田 隆行⁴

Shuichi Matsukiyo^{1*}, Ryo Yamazaki², Yutaka Ohira³, Takayuki Umeda⁴

¹ 九大総理工, ² 青学大理工, ³ 高エネルギー加速器研究機構, ⁴ 名大 STE 研

¹ESST Kyushu Univ., ²Aoyama Gakuin Univ., ³KEK, ⁴STEL Nagoya Univ.

An extreme case of a shock (gradient) drift acceleration process of reflected electrons at low Mach number collisionless shocks is investigated by utilizing one-dimensional electromagnetic full particle simulation. A relativistic shock drift acceleration occurs even in a low Mach number (< 10) moderate quasi-perpendicular shock if a ratio of electron plasma to cyclotron frequencies is small and a plasma beta is high. Such a condition may be realized in some astrophysical environments like a large scale shock in a galaxy cluster, a cosmic ray modified subshock of a supernova remnant, etc. For an almost perpendicular shock with a Mach number of 7.8, a plasma beta of 3, and the frequency ratio of 3, the shock drift acceleration leads to upstream relativistic reflected electrons forming a local relativistic ring-beam distribution function. Additional periodic simulations with a local approximation indicate that the reflected electrons may be possible to self-generate upstream oblique waves, and further be back-scattered toward a downstream by those waves. Coherent wave packets play an important role in the process of back-scattering of the reflected electrons.

キーワード: 相対論的電子加速, 衝撃波, 低マッハ数

Keywords: relativistic electron acceleration, shock, low Mach number

PEM026-20

会場:101

時間:5月25日 09:15-09:30

プラズマ衝撃波による沿磁力線加速 Field aligned accelerations by plasma shock waves

竹内 智^{1*}

Satoshi Takeuchi^{1*}

¹ 山梨大学

¹University of Yamanashi

超新星残骸の衝撃波面に沿って高エネルギー粒子の分布が観測されている。ここでは、この高エネルギー粒子加速の現象を説明するために、星間磁場中を伝播する衝撃波の磁場に沿った粒子加速のモデルを提案する。相対論的な運動方程式の理論的解析から、最高エネルギー利得の公式が導き出された。テスト粒子によって獲得されるエネルギー利得は、衝撃波速度や衝撃波磁場と星間磁場の交差角度、星間磁場の強さ、加速時間の積によって与えられることが示された。

超新星残骸の強い衝撃波は、宇宙線の高エネルギー加速器の候補として注目されている。粒子加速の機構としては、2つのタイプの拡散型衝撃波 (Diffusive Shock Acceleration: DSA) によって説明される。1つは星間磁場の方向が衝撃波面の法線に垂直となる垂直衝撃波であり、もう1つは星間磁場の方向が衝撃波面の法線に平行となる平行衝撃波である。ここで提案する衝撃波のモデルは、星間磁場の方向が衝撃波面の法線に垂直であり、かつ衝撃波の磁場の方向にも垂直となる衝撃波である。

一様で定常な星間磁場中を伝播するプラズマ衝撃波を考える。衝撃波の磁場は星間磁場と平行であり、衝撃波の電場は星間磁場と垂直の方向となるような電磁場配置を考える。実験室系では、衝撃波の磁場の方向に電場は存在しないので、沿磁力線加速を予測することは困難である。そこで、衝撃波の座標系に乗ってテスト粒子が感じる電場と磁場について考える。波の座標系では、衝撃波の電場は消失する。一方、星間磁場は移動するため電場が発生するが、電場の方向は衝撃波の磁場と同じ方向となる。したがって、衝撃波面の近傍に存在するテスト粒子は、沿磁力線方向の電場によって加速されることになる。

テスト粒子が獲得するエネルギー利得は、星間磁場と衝撃波の磁場が交差する角度に依存することが導き出された。角度が90度よりも小さいと利得は小さくなる。ところが角度が90度よりも大きくなると、衝撃波の磁場と逆方向の磁場成分ができるため、衝撃波の前面に磁気中性面が形成されることが分かった。磁気中性面に捕捉されたテスト粒子は捕捉から逃れることができない [1]。その上、磁気中性面の近傍では磁場の方向に電場が存在するため、際限なく加速が継続されることが示された。

超新星残骸の衝撃波面では幅の狭いフィラメントがいくつか観測されている [2]。これは衝撃波の磁場に巻きついていく荷電粒子である可能性が高い。また、加速時間が短い高エネルギー現象も観測されている [3]。これらの現象は、ここで提案した沿磁力線加速の機構で説明が可能である。したがって、沿磁力線加速は超新星残骸の有望な加速機構の一つとして考えることができる。

[1]S.Takeuchi: Phys.Plasmas, Vol.12, 102901 1-6 (2005).

[2]A.Bamba et al.: Astrophys. J. Vol.589, 827 (2003).

[3]Y.Uchiyama et al.: Nature, Vol.449, 576-578 (2007).

キーワード: プラズマ衝撃波, 沿磁力線加速, 超新星残骸

Keywords: plasma shock wave, field aligned acceleration, supernova remnant

PEM026-21

会場:101

時間:5月25日 09:30-09:45

準垂直衝撃波の衝撃波遷移層中の電子加速プロセス Electron acceleration in the foot region of a quasi-perpendicular shock

篠原 育^{1*}, 藤本 正樹¹

Iku Shinohara^{1*}, Masaki Fujimoto¹

¹ 宇宙科学研究所 / 宇宙航空研究開発機構

¹ISAS/JAXA

We have carried out a three-dimensional simulation of a quasi-perpendicular shock. The full mass ratio $M/m=1840$ was taken for this simulation, and we can access cross-scale coupling processes in the shock transition though only one ion inertia length square was allocated to the shock plane. In this simulation, efficient production of non-thermal electrons is observed. As reported by Shinohara and Fujimoto (2011), complicated wave activity is found at the most front end of the shock foot region. Comparing with results of 1-D and 2-D simulations with the same parameters, we found that both non-thermal electrons and wave activity emerge only in the 3-D simulation. Detailed analysis of accelerated electron trajectories shows that the acceleration efficiency depends on the phase of the shock self-reformation. Accelerated electrons are keep staying in the foot region due to the scattering by the electromagnetic field fluctuation. The final stage of acceleration at the lamp region occurs during the steepen phase of the self-reformation. The electron acceleration is observed in higher mass ratio runs. We will discuss physics of electron acceleration mechanism and its relation with three-dimensional behavior of the shock transition region.

キーワード: 準垂直衝撃波, 電子加速

Keywords: quasi-perpendicular shock, electron acceleration

PEM026-22

会場:101

時間:5月25日 09:45-10:00

電子・陽電子・イオンプラズマ中の相対論的垂直衝撃波粒子加速におけるシンクロトロン-ワイベル不安定の効果 Effects of Synchrotron-Weibel Instabilities on Relativistic Perpendicular Shock Acceleration in Pair-Ion Plasmas

加藤 藍^{1*}

Ai Kato^{1*}

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Dept. Earth & planet. Sci., Univ. Tokyo

近年様々な天体で相対論的粒子はシンクロトロン放射として観測されているが、その加速メカニズムは未解決問題である。これらの非熱的粒子を生成する天体、例えば Pulsar, AGN, GRB には相対論的プラズマ流とともに衝撃波が存在している。したがって、相対論的衝撃波が粒子加速に重要な役割を担っていると考えられる。

しかし、無衝突衝撃波粒子加速において、上流のエネルギーが下流のプラズマにどのように配分され、どのメカニズムが非熱的粒子を生じるのかは、未だ解明されていない。これらは MHD のマクロな視点では解明できないため、ミクロな粒子加速メカニズムを追うために用いられている研究手法が PIC シミュレーションである。Hoshino et al.(1992) や Amato & Arons(2006) においても、電子・陽電子・イオンプラズマの中での相対論的衝撃波は PIC シミュレーションで研究されており、電子・陽電子プラズマがシンクロトロン不安定によって衝撃波近傍で効率よく加速されることがわかっている。

今回の発表では、電子・陽電子・イオンプラズマにおける衝撃波粒子加速の 2 次元シミュレーションの結果を紹介する。 $\sigma = 1$ のプラズマでは、シンクロトロン不安定だけでなく、2 次元構造を伴うワイベル不安定が粒子加速に効くことが予想される。私たちは、背景磁場を面内方向と面外方向と変えて計算し、それぞれ上に挙げた 2 つの粒子加速メカニズムがどのように作用するか、そして電子・陽電子加速効率にもたらす効果を議論した。ワイベル不安定は面外の背景磁場にのみ抑制されるため、背景磁場が面外方向の場合は 1 次元同様にシンクロトロン不安定により陽電子が加速された。背景磁場が面内方向の場合はワイベル不安定による電子の加速が見られるようになるが、 $\sigma(\text{elec}) = 0.02$ のプラズマでもシンクロトロン不安定による陽電子加速が確認できた。

PEM026-23

会場:101

時間:5月25日 10:00-10:15

垂直衝撃波の再形成に関する2次元全粒子シミュレーション On the reformation at perpendicular shock: 2D full PIC simulation

木谷 佳隆^{1*}, 梅田 隆行¹, 荻野 竜樹¹, 松清 修一²
Yoshitaka Kidani^{1*}, Takayuki Umeda¹, Tatsuki Ogino¹, Shuichi Matsukiyo²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 九州大学総合総合理工学研究院
¹STEL, Nagoya Univ., ²ESST, Kyushu Univ.

A full particle-in-cell (PIC) simulation study is carried out on the reformation at a quasi-perpendicular collisionless shock with a relatively low Alfvén Mach number ($MA=5$) and shock-normal angle of 80 degrees. Previous self-consistent one-dimensional (1D) hybrid and full PIC simulations have demonstrated that ion kinetics is essential for the non-stationarity of perpendicular collisionless shocks. These results have shown that reflection of ions at the shock front is responsible for the periodic collapse and redevelopment of a new shock front on a timescale of the ion cyclotron period, which is called the shock reformation. Recent 2D hybrid and full PIC simulations, however, suggested that the shock reformation does not take place in exactly-perpendicular shocks with $MA \sim 5$. By contrast, another 2D hybrid PIC simulation showed that the shock reformation persists in quasi-perpendicular shocks $MA \sim 5$. Although these recent two works seem to be inconsistent with each other, this reason is not well understood because of several differences in simulation conditions.

In the present study, we performed a 2D full PIC simulation of a quasi-perpendicular shock to make a direct comparison between quasi- and exactly-perpendicular shocks with almost the same condition. It is found that the time development of the shock magnetic field averaged over the shock-tangential direction shows the transition from the reformation to no-reformation phase, which is consistent with the recent full PIC simulation results of exactly-perpendicular shocks. On the other hand, local shock magnetic field shows the evident shock reformation, and the period of the reformation is changed in the no-reformation phase.

キーワード: 垂直衝撃波, 粒子シミュレーション, 再形成
Keywords: perpendicular shock, PIC simulation, reformation

PEM026-24

会場:101

時間:5月25日 10:15-10:30

イオンスケール揺らぎ存在下における電子の衝撃波ドリフト加速の効率 Efficiency of Electron Shock Drift Acceleration in the Presence of Ion-scale Rippling

天野 孝伸^{1*}

Takanobu Amano^{1*}

¹ 名大・理

¹Dept. Phys., Nagoya Univ.

It is known that a number of plasma instabilities are excited in and around collisionless shocks and are believed to play the role for the dissipation at the shocks. Among them, the electromagnetic ion cyclotron (EMIC) instability can be excited by the temperature anisotropy of ions at the quasi-perpendicular shock transition region. Particle-in-cell (PIC) and hybrid simulations have demonstrated that the shock surface is strongly modulated most likely due to this instability. The spatiotemporal scale of the resulting ripple structure is determined by Larmor radius and frequency of ions. The rippling can, however, also affect the dynamics of electrons.

We have investigated the trajectories of electrons within the shock in the presence of the rippling. The electromagnetic field in the time-dependent (i.e., rippled) shock structure is given by an analytical form. Test-particle trajectories in the assumed field are then followed numerically. We have found that some electrons are "trapped" in the transverse direction due to the compression of the magnetic field. These trapped electrons are eventually transmitted to the downstream even when the initial pitch angles (in the de Hoffmann Teller frame) are out of the loss cone. The resulting energy gain of these electrons are larger than those expected from simple adiabatic theory. We will also present a more detailed analysis of the acceleration mechanism. The efficiency, and the consequence of this study are discussed in a quantitative fashion.

キーワード: 無衝突衝撃波, 粒子加速

Keywords: collisionless shock, particle acceleration