

Solar wind control of lunar external magnetic enhancement: A case study Solar wind control of lunar external magnetic enhancement: A case study

Masaki N Nishino^{1*}, Masaki Fujimoto¹, Hideo Tsunakawa², Hidetoshi Shibuya³, Futoshi Takahashi², Hisayoshi Shimizu⁴,
Masaki Matsushima², Yoshifumi Saito¹

NISHINO, Masaki N.^{1*}, FUJIMOTO, Masaki¹, TSUNAKAWA, Hideo², SHIBUYA, Hidetoshi³, TAKAHASHI, Futoshi², SHIMIZU,
Hisayoshi⁴, MATSUSHIMA, Masaki², SAITO, Yoshifumi¹

¹JAXA, ²Tokyo Institute of Technology, ³Kumamoto University, ⁴University of Tokyo

¹JAXA, ²Tokyo Institute of Technology, ³Kumamoto University, ⁴University of Tokyo

We study an interaction between the solar wind (SW) and the magnetic anomalies on the lunar surface using SELENE (Kaguya) data. It has been known that magnetic enhancements are at times detected near the limb external to the lunar wake, which is thus called lunar external magnetic enhancement (LEME), as a result of direct interaction between the SW and the lunar crustal fields. Previous observational studies, based on statistical trends that stronger interplanetary magnetic field (IMF) and higher SW density favor the LEME in high solar zenith angle (SZA) region, suggested a fluid-type interaction as a candidate for formation mechanism of the LEME. However, neither the IMF orientation nor the crustal field direction has not been taken into account in the previous analyses.

We show evidence that relation between the IMF and crustal field orientation is also one of the key factors that control the extent of LEME, focusing on one-day observations (12 revolutions) that include data above South Pole-Aitken (SPA) basin which is characterized by strong crustal fields in a wide region. Strong LEMEs are detected at 100 km altitude around SPA basin under the stronger and northward IMF condition, while they weakens under southward IMF. We examined the crustal field model (uncompressed by the SW) constructed from the SELENE magnetometer data to know the orientation of the crustal field at 300 km, 100 km, and lower altitude. In the region where the peak of the magnetic enhancement is detected at 100 km altitude, the model crustal field at 300 km altitude is directed northward, while the model field at 100 km and lower altitude had a southward component in some revolutions. This suggests that the lunar crustal field is compressed by the SW dynamic pressure, and that its large scale component is essential to the formation of the LEME. In addition, our results show that pile-up of the IMF above the crustal fields becomes more effective under parallel field configuration, and suggests that magnetic reconnection between the IMF and the lunar crustal field may take place under anti-parallel field configuration.

キーワード: Solar wind-Moon interaction, Lunar magnetic anomalies, Magnetic pile-up, SELENE

Keywords: Solar wind-Moon interaction, Lunar magnetic anomalies, Magnetic pile-up, SELENE

金星探査機「あかつき」による太陽コロナ電波シンチレーション観測 Radio scintillation observation of solar corona with Venus orbiter Akatsuki

今村 剛^{1*}, 安藤 紘基², 宮本 麻由², 磯部 洋明³, 浅井 歩³, 塩田 大幸⁴, 矢治 健太郎⁵, 徳丸 宗利⁶

IMAMURA, Takeshi^{1*}, ANDO, Hiroki², MIYAMOTO, mayu², ISOBE, Hiroaki³, ASAI, Ayumi³, SHIOTA, Daikou⁴, YAJI, Kentaro⁵, TOKUMARU, Munetoshi⁶

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ² 東京大学大学院理学系研究科, ³ 京都大学宇宙総合学研究ユニット, ⁴ 理化学研究所, ⁵ 立教大学理学部, ⁶ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, ²The University of Tokyo, ³Kyoto University, ⁴RIKEN, ⁵Rikkyo University, ⁶STE Lab, Nagoya University

2011年6月下旬,金星探査機「あかつき」が地球から見て太陽のほぼ反対側を通過した。そこで、「あかつき」から地球に向けて電波を送信し,太陽の近くを通過した電波を地上で受信して分析するという,電波掩蔽(えんぺい)の手法によって太陽コロナの変動を調べた。1ヶ月間の連続観測によって太陽表面から0.5–20.5太陽半径の範囲をカバーして,太陽風加速領域をまるごと見ることができた。特に太陽に近づく6月24–27日には太陽観測衛星「ひので」による同時観測も実施した。この観測では電波強度の変動と周波数の変動からコロナ中の乱流や波動や太陽風加速の情報が得られるが,本講演では強度変動からの物理量導出について述べる。今回のような太陽近傍では強散乱のために意味のある情報を取り出すのが難しいが,幅広い観測周波数帯域と高いS/N比によって強散乱ならではの周波数スペクトルをうまくとらえ,新たな知見が得られる見込みである。

キーワード: 太陽, コロナ, 電波, あかつき, シンチレーション

Keywords: sun, solar corona, radio wave, Akatsuki, scintillation

低速 ICMEs の運動特性と drag model の方程式の修正 Kinematic properties of slow ICMEs and modification of an equation for a drag model

伊集 朝哉^{1*}, 徳丸 宗利², 藤木 謙一²

IJU, Tomoya^{1*}, TOKUMARU, Munetoshi², FUJIKI, Ken'ichi²

¹ 名大・理・素粒子宇宙物理, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Particle and Astrophysical Science., Nagoya-University., ²Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya-University.

本発表では、惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測によって検出された低速の惑星間コロナ質量放出 (ICMEs) の運動特性について報告し、改良した ICME 運動の方程式を提案する。ICME 伝搬の理解は、宇宙天気予報にとって非常に重要である。我々は、ICME の運動は太陽風との相互作用で生じる drag force によって制御されており、その力の大きさは speeds の差に比例していると考えている。先行研究では、主に背景太陽風よりも速い ICMEs の伝搬が取り扱われ、一方で低速 ICMEs の伝搬の観測研究は少ない。名古屋大学太陽地球環境研究所の IPS 観測は、327MHz 電波望遠鏡システムを用いて 1980 年代初めから行われている。この観測により、内部太陽圏を 24 時間の時間分解能で探査することができる。我々は、低速 ICMEs の速度と加速度の決定に IPS 観測を利用する。本研究で、我々は 1997-2011 年の期間に行った IPS 観測から 59 例の ICMEs を特定した。ここで V_{SOHO} 、 V_{IPS} と V_{bg} を、ICME の初速と惑星間空間での speed、そして背景太陽風の speed とそれぞれ定義する。これらの値を用いて、59 例の ICMEs を高速 ($V_{SOHO} - V_{bg} > 500 \text{ km s}^{-1}$)、中速 ($0 \text{ km s}^{-1} < V_{SOHO} - V_{bg} < 500 \text{ km s}^{-1}$)、低速 ($V_{SOHO} - V_{bg} < 0 \text{ km s}^{-1}$) の 3 つの型に分類する。ここで、我々は中速イベントで $V_{IPS} - V_{bg} > 500 \text{ km s}^{-1}$ 、低速イベントで $V_{IPS} - V_{bg} > 100 \text{ km s}^{-1}$ の異常値を示す ICMEs を特異加速イベントとして除外し、残った高速 19 例、中速 28 例、低速 5 例について解析を行った。低速 ICMEs の解析から、これらの運動の記述には $a_{ave} = -k_2 (V - V_{bg}) |V - V_{bg}|$ よりもむしろ $a_{ave} = -k_1 (V - V_{bg})$ が適している事がわかった。ここで、 a_{ave} は平均加速度、 k_1 と k_2 は係数、 V は ICME の speed である。この結果は、 $V_{SOHO} - V_{bg} > 0 \text{ km s}^{-1}$ の ICMEs (高速と中速の合同群) で求めたものと同じである。加えて、上記すべての ICMEs の調査から係数 k_1 の値に速度依存性があることを見出した。これらの結果に基づいて、我々は改良した ICME 運動の方程式を提案する。

キーワード: コロナ質量放出, 惑星間コロナ質量放出, 惑星間空間シンチレーション

Keywords: Coronal Mass Ejection, Interplanetary Coronal Mass Ejection, Interplanetary Scintillation

終端衝撃波の構造 : パラメータ調査 Structure of a termination shock: Parameter survey

松清 修一^{1*}, Scholer Manfred²
MATSUKIYO, Shuichi^{1*}, Manfred Scholer²

¹九州大学総理工, ²マックスプランク研究所
¹ESST Kyushu Univ., ²Max-Planck-Institute

Structure of a termination shock is investigated by utilizing one-dimensional full particle-in-cell simulation. Parameter dependence of the shock structure on solar wind plasma beta, distribution function of the pickup ions, Alfvén Mach number, ion-to-electron mass ratio, and electron plasma to cyclotron frequency ratio is discussed, while a relative pickup ion density and shock angle are fixed to 30% and 87 deg., respectively. When the solar wind plasma beta is low ($=0.17$), modified two-stream instability (MTSI) gets excited in the extended foot sustained by reflected pickup ions and both solar wind electrons and ions are heated. If the solar wind plasma beta gets five times higher ($=0.85$), on the other hand, the MTSI is weakened and the pre-heating of the solar wind plasma in the extended foot is suppressed. When the distribution function of the upstream pickup ions are given by Maxwellian, instead of a spherical shell, the size of the extended foot becomes larger and heating of downstream solar wind ions is less efficient. If the Alfvén Mach number becomes high ($=28$), a self-reformation of the shock front occurs. This results in a wiggled structure of the downstream solar wind ions, but the reformation seems not to contribute to strong acceleration of pickup ions.

キーワード: 終端衝撃波, ピックアップイオン
Keywords: termination shock, pickup ion

チベット空気シャワーアレイで観測された10TeV宇宙線中の「太陽の影」による太陽コロナ磁場の診断

Probing solar coronal fields using the Sun's shadow in cosmic ray intensity observed with the Tibet air shower array

雨森道紘¹, 陳鼎², 日比野欣也³, 堀田直巳⁴, 稲葉智基⁵, 石崎章雅⁵, 梶野文義⁶, 笠原克昌⁷, 片寄祐作⁸, 加藤千尋⁵, 川田和正², 小財正義⁵, 正川友朗⁵, 水谷興平⁹, 元山達朗⁸, 宗像 一起^{5*}, 中野義文⁵, 中尾優太², 南條宏肇¹, 西澤正己¹⁰, 大西宗博², 太田周¹¹, 小澤俊介⁷, 齋藤隆之¹², 齋藤敏治¹³, 坂田通徳⁶, 佐古崇志⁸, 柴田慎雄⁸, 塩見昌司¹⁴, 白井達也³, 穴戸清哉⁸, 杉本久彦¹⁵, 瀧田正人², 立山暢人³, 鳥居祥二⁷, 土屋晴文¹⁶, 有働慈治³, 山本嘉昭⁶, 安江新一¹⁷, 吉越功一², 湯田利典²

M. Amenomori¹, C. Ding², K. Hibino³, N. Hotta⁴, T. Inaba⁵, A. Ishizak⁵, F. Kajino⁶, K. Kasahara⁷, Y. Katayose⁸, C. Kato⁵, K. Kawata², M. Kozai⁵, T. Masakawa⁵, K. Mizutani⁹, T. Motoyama⁸, MUNAKATA, Kazuoki^{5*}, Y. Nakano⁵, Y. Nakao², H. Nanjo¹, M. Nishizawa¹⁰, M. Ohnishi², I. Ohta¹¹, S. Ozawa⁷, T.Y. Saito¹², T. Saito¹³, M. Sakata⁶, T. Sako⁸, M. Shibata⁸, M. Shiomi¹⁴, T. Shirai³, S. Shishido⁸, H. Sugimoto¹⁵, M. Takita², N. Tateyama³, S. Torii⁷, H. Tsuchiya¹⁶, S. Udo³, Y. Yamamoto⁶, S. Yasue¹⁷, K. Yoshigoe², T. Yuda²

¹ 弘前大理工, ² 東大宇宙線研, ³ 神奈川大工, ⁴ 宇都宮大教, ⁵ 信州大理, ⁶ 甲南大理工, ⁷ 早稲田大理工学研, ⁸ 横浜国大工, ⁹ 埼玉大, ¹⁰ 国立情報学研, ¹¹ 作新学院大, ¹² Max-Planck-Institut fuer Physik, ¹³ 都立産業技術高専, ¹⁴ 日本大生産工, ¹⁵ 湘南工大, ¹⁶ 理研, ¹⁷ 信州大全教機

¹Department of Physics, Hirosaki U., ²ICRR, U. of Tokyo, ³Faculty of Engineering, Kanagawa U., ⁴Faculty of Education, Utsunomiya U., ⁵Department of Physics, Shinshu U., ⁶Department of Physics, Konan U., ⁷RISE, Waseda U., ⁸Faculty of Engineering, Yokohama Nat. U., ⁹Saitama U., ¹⁰National Institute of Informatics, ¹¹Sakushin Gakuin U., ¹²Max-Planck-Institut fuer Physik, ¹³Tokyo Metropolitan College of Industrial, ¹⁴College of Indust. Technology, Nihon U., ¹⁵Shonan Institute of Technology, ¹⁶RIKEN, ¹⁷School of General Education, Shinshu U.

Very high energy cosmic rays travel nearly straight in the interplanetary space between the Sun and the Earth. The Sun shields these particles and casts a tiny shadow in the cosmic ray intensity measured at the Earth, so-called the "Sun's shadow". We continuously observed the Sun's shadow in 10 TeV cosmic ray intensity with the Tibet air shower array over an entire period of the Solar Cycle 23. We find a good correlation between the intensity deficit in the Sun's shadow and the solar activity changing with the 11-year cycle. The intensity deficit decreases (increases) in the solar activity maximum (minimum) period. In this paper, we present a variation of the Sun's shadow observed in a period from 1996 through 2009 and discuss the effect of the large-scale structure of the coronal magnetic field on the shadow by means of numerical simulations. We calculate trajectories of antiparticles ejected from the Earth to the Sun in the model magnetic field and reproduce the Sun's shadow. For the magnetic field in the solar corona, we adopt the PFSS (Potential Field Source Surface) and CSSS (Current Sheet Source Surface) models and examine which model can reproduce better the observed Sun's shadow. The PFSS model ignores effects of the electric current in the solar corona, while the CSSS model takes account of the large-scale horizontal and volume currents. The large-scale magnetic field structures derived from two models are significantly different. We find that the intensity deficit in the simulated Sun's shadow is very sensitive to the coronal field structure. It is clear from the statistical consideration that the Sun's shadow observed by the Tibet air shower array is better reproduced by the CSSS model than by the PFSS model. The Tibet air shower experiment succeeded for the first time in evaluating the coronal field models by using the Sun's shadow observed in the very high energy cosmic ray intensity.

キーワード: 太陽の影, 太陽コロナ磁場, 太陽活動周期変動, 銀河宇宙線, 空気シャワー

Keywords: Sun's shadow, solar coronal magnetic field, solar cycle variation, galactic cosmic rays, air shower