

高ベータ低マッハ数衝撃波における電子加速 Electron acceleration at high beta low Mach number collisionless shock

松清 修一^{1*}; 松本 洋介²
MATSUKIYO, Shuichi^{1*}; MATSUMOTO, Yosuke²

¹九州大学, ²千葉大学
¹Kyushu University, ²Chiba University

Voyager spacecraft revealed that the solar wind termination shock is a rather weak shock since the upstream plasma beta is high and effective Mach number of the shock is low due to the presence of pickup ions. Nevertheless, the fluxes of non-thermal electrons and ions (the latter are called as termination shock particles) are enhanced when crossing the termination shock. Electron acceleration at a weak shock is also reported in terms of galaxy cluster merger shocks. In this study we perform two-dimensional full particle-in-cell simulation to discuss microstructure of the high beta and low Mach number shock and the associated electron acceleration. Unlike a one-dimensional simulation, electrons are not reflected at the shock when a shock angle is close to 90 deg. due to the effect of rippling. Nevertheless, some electrons are accelerated locally at the transition region. Wave-particle interactions appear to play a role.

キーワード: 無衝突衝撃波, 数値実験, 粒子加速
Keywords: collisionless shock, numerical simulation, particle acceleration

Acceleration of pickup H^+ , He^+ , and O^+ in the corotating interaction regions Acceleration of pickup H^+ , He^+ , and O^+ in the corotating interaction regions

坪内 健^{1*}
TSUBOUCHI, Ken^{1*}

¹ 東京工業大学
¹Tokyo Institute of Technology

Pickup ions (PUIs), interstellar neutral particles ionized mainly by the charge exchange with solar wind plasmas, are considered to be the dominant source of anomalous cosmic rays (ACRs). Recent studies suggest that the heliospheric termination shock alone is not capable of accelerating primary PUIs up to the ACR energy range, an order of MeV. Among other mechanisms responsible for the PUI acceleration, we focus on the preacceleration process inside the heliosphere before the encounter with the termination shock. Corotating interaction regions (CIRs) are one of such a particle accelerator because their boundaries form the (forward and reverse) shocks. We perform two-dimensional hybrid simulations to investigate the PUI dynamics in association with CIRs. We have already shown that the hydrogen PUIs can gain energy over 250 keV. A periodic boundary in the present CIR model allows the successive CIRs, where the diffusive shock acceleration for PUIs can be attained between them. In the present study, we will pay additional attention to the behavior of other PUI species, helium and oxygen, which are also main ACR components. Detailed processes as well as efficiency of their acceleration are compared with those of hydrogen case. We will further unify the composite acceleration process during the CIR propagation.

Strahl formation in the solar wind electrons: Particle-in-cell simulation Strahl formation in the solar wind electrons: Particle-in-cell simulation

JUNGJOON, Seough^{1*}; NARIYUKI, Yasuhiro²; YOON, Peter H.³; SAITO, Shinji⁴
JUNGJOON, Seough^{1*}; NARIYUKI, Yasuhiro²; YOON, Peter H.³; SAITO, Shinji⁴

¹Faculty of Human Development, University of Toyama / JSPS Postdoctoral Fellow, ²Faculty of Human Development, University of Toyama, ³IPST, University of Maryland / School of Space Research, Kyung Hee University, ⁴Graduate School of Science, Nagoya University

¹Faculty of Human Development, University of Toyama / JSPS Postdoctoral Fellow, ²Faculty of Human Development, University of Toyama, ³IPST, University of Maryland / School of Space Research, Kyung Hee University, ⁴Graduate School of Science, Nagoya University

The present study puts forth a possible explanation for the outstanding problem of the *strahl* formation in the solar wind electrons. Making use of the fact that in the collisionless limit the electron core-halo relative drift exists in the direction away from the Sun in such a way that the halo usually flow faster than the core, the present study carries out one-dimensional particle-in-cell simulation of whistler instability, assuming anisotropic core and drifting isotropic halo. The enhanced whistler waves driven by anisotropic core lead to the pitch angle scattering of drifting halo in an asymmetric way since the number of the drifting halo participating in the resonant interaction is different between the halos moving the sunward and anti-sunward directions. In this way, pitch angle scattering of the anti-sunward moving halo by the whistler waves propagating sunward is more efficient in phase space and leads to the energy transfer from the drift energy to the thermal energy of halo. During the saturation phase of whistler wave-halo particle resonant interaction, the remaining part of the anti-sunward moving halo, which is out of resonance with the whistler waves propagating sunward, turns out to be a field-aligned *strahl* in the electron velocity distribution.

キーワード: non-thermal solar wind electron velocity distributions, the magnetic-field-aligned strahl, whistler instability
Keywords: non-thermal solar wind electron velocity distributions, the magnetic-field-aligned strahl, whistler instability

イオンスケール・ホイッスラー乱流のカスケードについて Forward cascade of whistler turbulence at ion scales

齊藤 慎司^{1*}; 成行 泰裕²; 梅田 隆行³
SAITO, Shinji^{1*}; NARIYUKI, Yasuhiro²; UMEDA, Takayuki³

¹名古屋大学大学院理学研究科, ²富山大学人間発達科学部, ³名古屋大学太陽地球環境研究所
¹Nagoya University, ²University of Toyama, ³STE Laboratory, Nagoya University

Two-dimensional electromagnetic particle-in-cell simulations in magnetized, homogeneous, collisionless electron-ion plasma demonstrate the forward cascade of whistler turbulence at ion scales. Saito et al. (2015, submitted) emphasized that the modified two-stream instability could contribute the dissipation of kinetic turbulence at ion scales, by demonstrating rapid damping of a monochromatic ion-scale whistler wave in two-dimensional particle-in-cell simulation. The instability is driven by the electric current fluctuation perpendicular to the mean magnetic field. Through the development of the instability, electrons and ions are scattered in the directions parallel and perpendicular to the mean magnetic field, respectively. We expect that the forward cascade of whistler turbulence and the dissipation related to the modified two-stream instability contribute plasma heating and have key role of variability of power-law index of magnetic spectrum at ion scale in solar wind. Solar wind observations show that larger cascade rates of turbulence lead to steeper power-law magnetic spectra. The instability driven dissipation could explain property of the magnetic spectra at ion scales. Discussion will focus on properties of whistler turbulence, such as the power-law index, wavenumber anisotropy, electron and ion heating, through the forward cascade of decaying whistler turbulence.

キーワード: 運動論的乱流, プラズマ加熱, 波動粒子相互作用
Keywords: kinetic turbulence, plasma heating, wave-particle interaction

カポン法による乱流解析 Turbulence analysis using Capon's method

羽田 亨^{1*}
HADA, Tohru^{1*}

¹九州大学大学院総合理工学研究院
¹IGSES, Kyushu University

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。

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などのマクロ量である。我々は最近、これらマクロ量の推定において Capon 法が極めて有効であることを見出した。講演ではその詳細について述べ、多点衛星観測データへの適用について提案を行う。なお、この研究は現在（2015年2月）九州大学修士課程2年の大山達也氏との共同研究である。

キーワード: 磁気流体乱流, カポン法
Keywords: MHD turbulence, Capon's method

Kaguya observations of the lunar wake in the terrestrial foreshock Kaguya observations of the lunar wake in the terrestrial foreshock

NISHINO, Masaki n^{1*}; SAITO, Yoshifumi²; TSUNAKAWA, Hideo³; FUJIMOTO, Masaki²; HARADA, Yuki⁴; TAKAHASHI, Futoshi⁵; YOKOTA, Shoichiro²; MATSUSHIMA, Masaki³; SHIBUYA, Hidetoshi⁶; SHIMIZU, Hisayoshi⁷
NISHINO, Masaki n^{1*}; SAITO, Yoshifumi²; TSUNAKAWA, Hideo³; FUJIMOTO, Masaki²; HARADA, Yuki⁴; TAKAHASHI, Futoshi⁵; YOKOTA, Shoichiro²; MATSUSHIMA, Masaki³; SHIBUYA, Hidetoshi⁶; SHIMIZU, Hisayoshi⁷

¹Nagoya University, ²ISAS/JAXA, ³Tokyo TECH, ⁴SSL/UCB, ⁵Kyushu University, ⁶Kumamoto University, ⁷ERI, The University of Tokyo

¹Nagoya University, ²ISAS/JAXA, ³Tokyo TECH, ⁴SSL/UCB, ⁵Kyushu University, ⁶Kumamoto University, ⁷ERI, The 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.

キーワード: Solar wind-Moon interaction, Lunar wake, Plasma refilling, Shock-reflected ions, SELENE (Kaguya)
Keywords: Solar wind-Moon interaction, Lunar wake, Plasma refilling, Shock-reflected ions, SELENE (Kaguya)

月周辺の太陽風中で ARTEMIS によって観測された ULF 波動の分類 Classification of ULF waves observed by ARTEMIS around the Moon in the solar wind

津川 靖基^{1*}; 加藤 雄人¹; 寺田 直樹¹; 原田 裕己²; 栗田 怜³

TSUGAWA, Yasunori^{1*}; KATOH, Yuto¹; TERADA, Naoki¹; HARADA, Yuki²; KURITA, Satoshi³

¹ 東北大学大学院理学研究科, ²Space Sciences Laboratory, University of California, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Department of Geophysics, Tohoku University, ²Space Sciences Laboratory, University of California, ³Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

Electromagnetic waves in the ULF band have been observed around the Moon in the solar wind by Explorer 35 [Ness, 1969], WIND [Farrell et al., 1996], Geotail [Nakagawa et al., 2003], Lunar Prospector [Halekas et al., 2006, 2008], Kaguya [Nakagawa et al., 2011, 2012; Tsugawa et al., 2011, 2012], and ARTEMIS [Halekas et al., 2013]. It has been suggested that these waves originate from the solar wind interaction with the Moon, e.g., particle reflections by the lunar magnetic anomalies or surface, temperature anisotropies through the surface absorption, or plasma instabilities at the lunar wake boundary. However, it has been difficult to establish the energy sources and the propagation processes of the waves by a single spacecraft observation. Their phase velocities comparable to or smaller than the solar wind velocity also make it difficult to identify the characteristics of the waves because of large Doppler-shift by the solar wind. We investigate the dataset of ARTEMIS which is a two-spacecraft (P1 and P2) complement in order to reveal natures of the ULF waves.

The two probes are orbiting around the Moon in the ecliptic plane at selenocentric distances~1.1-12 lunar radii since July 2011. We analyze the time series of the magnetic field vectors sampled in 4 Hz by the fluxgate magnetometer (FGM) in the fast survey mode. In consequence of comprehensive analyses, we identify four types of ULF waves: 1) broadband electromagnetic noise, 2) 1 Hz whistlers, 3) 30 s waves, and 4) wake front perturbation <0.01 Hz. The electromagnetic noise is caused by currents or drift driven instabilities in the dayside and wake boundary. 1 Hz whistlers also originate from the instabilities but propagate and group-standing in the Moon frame. 30 s waves of terrestrial ion foreshock are frequently observed around the Moon even 60 R_E upstream from the Earth when the interplanetary magnetic field (IMF) connects to the bow shock. 30 s waves are also occasionally generated by the ions reflected from the Moon when IMF is parallel to the solar wind. The wake front perturbation is observed with right-hand and left-hand polarizations at inbound and outbound the wake, respectively. These features suggest that they are phase-standing whistler perturbation outward the wake edge Doppler-shifted by the spacecraft velocity.

野辺山強度偏波計による太陽電波長期観測 Long-term observation of the solar radio emission by the Nobeyama Radio Polarimeters

岩井 一正^{1*}; 柴崎 清登¹; 下条 圭美¹; 篠原 徳之¹; 川島 進¹; 新海 久子¹; 竹村 美和子¹;
花岡 庸一郎¹; 齋藤 正雄¹; 南谷 哲宏¹
IWAI, Kazumasa^{1*}; SHIBASAKI, Kiyoto¹; SHIMOJO, Masumi¹; SHINOHARA, Noriyuki¹; KAWASHIMA, Sumumu¹;
SHINKAI, Hisako¹; TAKEMURA, Miwako¹; HANAOKA, Yoichiro¹; SAITO, Masao¹; MINAMIDANI, Tetsuhiro¹

¹ 国立天文台

¹National Astronomical Observatory of Japan

太陽の長期モニタリング観測は太陽活動の変動を理解するための基礎情報である。一方、観測装置や装置を運用するプロジェクトには有限の寿命があり、約11年の太陽活動周期の変動を如何に均質的にモニタするかは極めて難しい課題である。野辺山強度偏波計(以下、偏波計)では、彩層上部からコロナにかけての太陽活動度の良い指標とされる、マイクロ波帯域の太陽電波観測が行われている。本研究では、偏波計のこれまでの観測を総括し、今後の長期観測について展望する。

偏波計は1951年に名古屋大学空電研究所(現太陽地球環境研究所)により豊川で最初の観測が始まった。その後、豊川と野辺山で観測周波数を増やしつつ、1994年に豊川の望遠鏡が野辺山に移されたことで、現在の1.0、2.0、3.75、9.4、17、35、80GHzの7周波数体制が出来上がった。偏波計は0.1秒の時間分解能を有し、フレアの研究に用いられることが多い。加えて、強度の較正方法は観測開始以来一貫しており、約6太陽周期に渡る連続観測は太陽活動の研究にも貴重な資料である。日々の観測は完全に自動化され、長期の継続観測に適している。加えて、研究者と技術者が協力し太陽活動や装置の状態を参照しつつ観測データを考証することで、均質で正確なデータの公開を可能にしている。偏波計に使われる全ての部品はリスト化され、可能な限りすべての部品に対して予備品が保存されている。トラブル発生時には、迅速に該当部分の部品を交換し、観測の欠損を最小限にしている。

太陽活動の指標として2.8GHz帯域(波長10.7cm)の電波強度F10.7が広く用いられている。偏波計の観測周波数は2.8GHz帯の周辺を広くカバーしており、太陽活動の変動やその地球環境への影響を評価するためにも有用なデータであると考えられる。

キーワード: 太陽, 電波, 長期変動

Keywords: Sun, Radio radiation, Long term variation

Global Muon Detector Network (GMDN) で観測された惑星間空間擾乱の平均像 Average features of interplanetary shocks observed with the Global Muon Detector Network (GMDN)

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

KOZAI, Masayoshi^{1*}; MUNAKATA, Kazuoki¹; KATO, Chihiro¹; KUWABARA, Takao²; TOKUMARU, Munetoshi³

¹ 信州大理, ² 千葉大理, ³ 名大 STE 研

¹Physics Department, Shinshu Univ., ²Graduate School of Science, Chiba Univ., ³STEL, Nagoya Univ.

It has been well established that the short term decreases of galactic cosmic ray (GCR) isotropic intensity (or GCR density) at the Earth, called 'Forbush decreases' (Fds), are mostly caused by the interplanetary shocks passing the Earth. The GCR spatial distribution which reflects the magnetic structure and geometry of the shock causing Fd can be deduced from the observation of three dimensional GCR anisotropy associated with Fds, because the first order anisotropy arises from the diffusion and drift of GCRs which are proportional to the spatial gradient of GCR density in the Fd.

Deriving the dynamic variation of GCR anisotropy during the Fd observed with a single detector, however, has been difficult because the traditional analyses based on the diurnal variation of GCR intensity provide only the daily mean equatorial anisotropy. The present GMDN consisting of four multi-directional muon detectors in Nagoya (Japan), Hobart (Australia), São Martinho (Brazil) and Kuwait city (Kuwait) started operation in 2006 and successfully observed dynamic variations of GCR anisotropy associated with major Fd events (Okazaki *et al.*, 2008; Kuwabara *et al.*, 2009; Fushishita *et al.*, 2010; Rockenbach *et al.*, 2014).

In this presentation, we analyze the average features of GCR density gradient associated with interplanetary shocks identified by the Storm Sudden Commencement (SSC) onset recorded at the Earth between 2006 and 2014. About 100 SSC events classified into two groups arising from coronal hole and flare are analyzed. From the first order anisotropy corrected for the solar wind convection and Compton-Getting effect arising from Earth's orbital motion around the Sun, we deduce the three dimensional density gradient on hourly basis for each SSC event. We then derive the average temporal variation by superposing variations at the SSC onset timing. We find clear enhancements of radial and latitudinal density gradients after the SSC implying the geometry of low GCR density region in Fds behind the shock front. We also discuss the difference in average features in events caused by shocks arising from coronal holes and flares.

Y. Okazaki *et al.*, *Astrophys. J.*, **681**, 693-707, 2008.

T. Kuwabara *et al.*, *J. Geophys. Res.*, **114**, A05109-1~10, doi:10.1029/2008JA013717, 2009.

A. Fushishita *et al.*, *Advances in Geosciences*, eds. W. H. Ip and M. Duldig (World Scientific Publishing Co., USA), **21**, 199-210, 2010.

M. Rockenbach *et al.*, *Space Sci. Rev.*, **182**, 1-18, 2014.

キーワード: 銀河宇宙線の密度勾配, フォービュッシュディクリーズ, 太陽モジュレーション, 惑星間空間衝撃波, 太陽フレア, コロナホール

Keywords: density gradient of galactic cosmic rays, Forbush decrease, solar modulation, interplanetary shock, solar flare, coronal hole

光球面上の太陽風吹き出し領域 The source region of solar wind in the photosphere

袴田 和幸^{1*}; 徳丸 宗利²; 藤木 謙一²

HAKAMADA, Kazuyuki^{1*}; TOKUMARU, Munetoshi²; FUJIKI, Ken'ichi²

¹ 中部大学, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Chubu University, ²Solar-Terrestrial Environment Laboratory

本論文では、まず、光球磁場観測値とコロナ磁場モデル (Radial-Field Model, 袴田開発) を用いて、惑星間空間へと開いたコロナ磁場を計算した。このコロナ磁場の磁力線に沿って、名古屋大学太陽地球環境研究所の IPS 観測により求めた、ソース面上の太陽風速度分布図を光球面上に投影した。その結果、以下のことが分かった。(1) 太陽活動極大期付近では、光球面上の、閉じた磁力線領域周辺を取り巻く、非常に狭い紐状の領域から、急激に膨張している磁束を通して、低速の太陽風が吹き出している。(2) 極大期以外の時期では、南北の極の周辺を除く高緯度帯から、比較的小さな膨張率の磁束を通して、高速太陽風が吹き出し、南北の中・低緯度帯にあって、太陽赤道に沿ったごく狭い帯状の領域から、比較的大きな膨張率の磁束を通して、低速太陽風が吹き出している。

キーワード: 太陽風, 光球面, 吹き出し領域, 太陽風速度

Keywords: solar wind, photosphere, source region, solar wind speed

コロナホール面積と太陽風速度の関係 Relationship between coronal hole area and solar wind speed

里中 大紀^{1*}; 徳丸 宗利¹; 藤木 謙一¹; 袴田 和幸²
SATONAKA, Taiki^{1*}; TOKUMARU, Munetoshi¹; FUJIKI, Ken'ichi¹; HAKAMADA, Kazuyuki²

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 中部大学
¹STEL, Nagoya University, ²Chubu University

本研究では、キャリントン自転数 1893 から 2108 までの解析から求めたコロナホール面積と太陽風の平均速度との関係を報告する。コロナホールは、X 線の暗い領域であり、高速太陽風の源として知られている。Nolte et al. (1976) は、Skylab data を用いて、赤道域の±10 度に位置する赤道域コロナホールと太陽風速度の最大値の間の関係を調べ、コロナホールの面積と太陽風速度の最大値の間に、 $80 \pm 2 \text{ km s}^{-1} (10^{10} \text{ km}^2)^{-1}$ の傾きを持つ線形の相関があることを報告した。本研究では、Kitt-Peak National Solar Observatory (KP/NSO) のシノプティック磁場データと potential field source surface (PFSS) モデルを用いて、コロナホールを同定し、コロナホールからの太陽風速度は、STE 研の惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測から決定した。私たちの解析から、Nolte et al. (1976) と同様にコロナホール面積と太陽風平均速度との間には線形関係があることが判明したが、その傾きは、以前の研究に比べより緩やかであることがわかった。また、本報告では太陽活動がどのように影響するかについても議論する。

キーワード: 太陽風, コロナホール
Keywords: solar wind, coronal hole

サイクル22-24の太陽風速度のグローバル分布に見られる南北非対称性 North-south asymmetry in global distribution of the solar wind speed during Cycles 22-24

徳丸 宗利^{1*}; 藤木 謙一¹; 里中 大紀¹; 下山 智也¹; 中野 裕文¹
TOKUMARU, Munetoshi^{1*}; FUJIKI, Ken'ichi¹; SATONAKA, Daiki¹; SHIMOYAMA, Tomoya¹;
NAKANO, Hirofumi¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

太陽活動の非対称性は、ダイナモ機構の観点から重要である。何故なら軸対称な自己励起ダイナモは存在しないためである (Cowling, 1933)。このため、太陽表面の様々な現象について太陽活動の南北非対称性が研究されてきた。その一方、南北非対称な太陽活動による太陽圏の影響については観測手段が限られているため、これまであまり解明されていない。太陽圏の非対称性は、宇宙線の伝搬や宇宙天気の影響の観点から重要である。そこで我々は、名古屋大学太陽地球環境研究所 (STE 研) の惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測を使って、はグローバルな太陽風速度の分布に見られる南北非対称性について調査した。IPS 観測では、Source Surface 上の太陽風速度の全球的分布を太陽自転周期毎に調べることができる。ここで調査した期間は 1985~2013 年 (但し 2010 年を除く) であり、これはサイクル 22 から 24 に相当する。我々は STE 研の IPS 観測データを南北半球にわけて、低速風・高速風・中速風について流源面の面積を求めた。解析期間を通じて見たとき、いずれの速度の太陽風でも標準偏差を上回る南北非対称性は存在していないが、高速風と低速風では大きな標準偏差が見られた。各期間について見ると高速風。低速風の南北非対称が増大していることがわかる。特に、極域 (70 度以上) では顕著な南北非対称性が太陽極大期に発生している。この極大期の南北非対称には北極が南極に比べ 1 年程度先行する特徴があることが解析から明らかになった。即ち、極大期以外は極域は高速風で占められているが、極大期に達すると北極に低速風が南極より速く出現し、約 1 年後に高速風の再出現している。この事実は、太陽極磁場の反転が南北で時間差があり、最近のサイクルでは北半球が先行する事実と一致している。また、サイクル 23 下降期からサイクル 24 極大までの期間で高速風の南北非対称性が大きくなっていることも本解析から明らかになった。この高速風の南北非対称性は、サイクル 23 極大直後の北半球優勢からサイクル 24 極大直前の南半球優勢に変化している。同様な傾向は、極域の太陽風速度を平均した場合にも見られる。この結果を Wilcox Solar Observatory の太陽磁場データと比較した。ここで注目したのは、太陽磁場データを多重極展開した時に得られる四重極成分 g20 である。四重極子は太陽磁場の南北非対称を生む原因として従来から指摘されていた。我々は、g20 と双極成分 g10 の比をとり、IPS 観測で見られた太陽風の南北非対称と比較した。その結果、g20/g10 と IPS データの南北非対称との間に弱いながら有意な相関が見られることがわかった。このことは、四重極子などの高次の磁場モーメントが太陽圏の南北非対称性を作るのに重要な役目をしていることを示している。

キーワード: 太陽風, 惑星間空間シンチレーション, 太陽活動周期, 太陽磁場, 太陽圏, 宇宙天気

Keywords: solar wind, interplanetary scintillation, solar cycle, Sun's magnetic field, heliosphere, space weather