

S001-14

A 会場 : 11/4 PM2 (15:45-18:15)

17:45~18:00

惑星間空間シンチレーション指数から求めたサイクル23-24における太陽風擾乱の発生頻度の長期変動

#徳丸 宗利¹⁾, 藤木 謙一²⁾, 岩井 一正³⁾

¹⁾ 名大 ISEE, ²⁾ 名大・ISEE, ³⁾ 名大 ISEE

Long-term variation in occurrence of solar wind disturbances during Cycles 23-24 derived from interplanetary scintillation indices

#Munetoshi Tokumaru¹⁾, Kenichi Fujiki²⁾, Kazumasa Iwai³⁾

¹⁾ ISEE, Nagoya Univ., ²⁾ ISEE., Nagoya Univ., ³⁾ ISEE, Nagoya Univ.

The solar wind, which is a supersonic plasma flow from the Sun, ceaselessly changes over a wide range of spatial and temporal scales. This change imposes significant effects on the space environment and upper atmosphere near the Earth (space weather), and even on infrastructures in human civilization; therefore, continuous monitoring and prediction of the solar wind are an important subject. The high-speed solar wind and coronal mass ejection are known as a major driver to alter the space weather. Through the interaction with the ambient solar wind, the plasma in the leading portion (sheath region) of either the high-speed solar wind or fast CME is compressed, and enhancements in density, temperature, and turbulence are generated. The compressed plasma in the sheath region can be effectively detected from interplanetary scintillation (IPS) observations of radio sources. Namely, the strength of IPS represents integration of density fluctuations along the line of sight, and the g-value which is a measure for IPS strength increases when the compressed plasma associated with fast solar wind or CME intersects the line of sight. The collection of g-value data started in 1997 from 327MHz IPS observations at ISEE of Nagoya University, and the data which covers the period over 2 solar cycles (SCs 23 and 24) are available now. In this study, we analyzed ISEE g-value data to examine time variation in the occurrence rate of solar wind disturbances during SCs 23 and 24. There is no past study in which the g-value data over such a long period was analyzed, and this study enables to reveal how the occurrence rate of solar wind disturbances varies and how different those are between SCs 23 and 24. We calculated three kinds of IPS index from the g-value data to detect solar wind disturbances. The IPS indices, which are derived from the g-value data on a daily basis, act as a handy measure to indicate increase or decrease in the density fluctuation level of global inner heliosphere. In JpGU2022, we reported that IPS indices had weak but significant positive correlations with increase in the solar wind density and speed. This suggests utility of the IPS indices for detecting the compressed plasma associated with high-speed solar wind or CME. In this study, we counted the number of days when the IPS indices exceed threshold levels for each year to determine annual variation in the occurrence rates of solar wind disturbances. The threshold level for each IPS index was given by the average value plus +1 sigma. As the result, the occurrence rate for SC23 increased at the solar maximum, decreased at the declining phase, and increased again at the subsequent solar minimum. The highest rate occurred in 2009 (solar minimum), the next highest rate in 2001 and 1999 (solar maximum), and the lowest rate in 2004 (declining phase). On the other hand, the occurrence rate for SC24 was high for the period between SC23/24 minimum and the rising phase, dropped for the period from the solar maximum to the declining phase, and rose again at the next solar minimum. The highest rate was observed in 2011 (rising phase), and the lowest in 2014 (declining phase). The interesting point is that the minimum of the occurrence rate occurred in the declining phase just after the solar maximum for both cycles. A similar drop in the occurrence rate of transient streams at the declining phase was reported from in situ observations. Long-term variation of solar wind disturbances revealed from the IPS indices includes both effects of high-speed solar wind and CME, which may correspond to enhancements of the occurrence rate at solar minimum and maximum, respectively. The lower occurrence rate for SC24 (particularly at solar maximum), compared to that for SC23, is ascribed to the weaker solar activity of SC24.

太陽から噴き出す超音速のプラズマ流、太陽風は様々な時間・空間スケールで絶え間なく変動している。この変動は地球周辺の宇宙環境や超高層大気（宇宙天気）に大きな影響を与えており、その影響は現代社会の基盤設備にまで及ぶことから、太陽風の常時監視と予測が重要な課題となっている。宇宙天気を変動させる太陽風の主な要因として、高速風とCMEがある。特に、後者は磁気ロープと呼ばれる磁場構造を伴っており、これが長時間にわたって南向きIMFを生じ、さらに地磁気嵐を引き起こすことが知られている。しかし、南向きIMFは高速風や高速なCMEの前面に形成されるシース領域でも生じ、地磁気嵐の要因となる。シース領域では先行する太陽風との相互作用でプラズマが圧縮され、太陽風の高密度化、加熱、揺らぎ増大が起こる。ここで高速風の前面にできるシース領域は、Stream Interaction Region (SIR)、また複数の太陽自転にわたって存在する場合はCorotating Interaction Region (CIR)と呼ばれる。このプラズマの圧縮領域は、天体電波源の“またたき”現象、Interplanetary Scintillation (IPS)の観測から効率よく検出することができる。即ち、IPSの強度は視線に沿った密度揺らぎの積分量に比例するので、高速風やCMEに伴う圧縮領域を視線が横切るとIPS強度の指標であるg-valueの増大となって現れる。名大ISEEでは、1997年より周波数327MHzのIPS観測からg-valueデータが得られるようになり、g-valueデータの解析からCMEの3次元構造や伝搬特性の研究が行われてきた。ISEEにおけるg-valueデータ収集は現在も継続中で、これまでに2つの太陽活動周期（サイクル23-24）をカバーするデータが得られている。本研究では、ISEEのg-valueデータを使って、サイクル23-24における太陽風擾乱の発生頻

度の時間変動を調査した。このような長期間にわたって g-value データを解析した研究は過去にはなく、本研究からは太陽活動に伴って太陽風擾乱の発生頻度がどのように変化し、それが2つのサイクルでどの様に違うかが明らかにできる。本研究では、g-value データから3種類の IPS 指数を計算し、それを用いて太陽風の擾乱を検出した。g-value は1日に数多くの電波源について得られ、内部太陽圏の様々な場所の情報を伝えているが、このままでは情報量が多すぎて解析しづらい。IPS 指数は g-value データから日毎に計算され、内部太陽圏全体に対する密度揺らぎの増減を示す便利な指標となる。JpGU2022 では、IPS 指数は太陽風密度・速度の増加に対して弱いが有意な正の相関があることを示した。このことは IPS 指数によって SIR または CME に伴う圧縮領域を捉えることができることを示している。我々は、IPS 指数が閾値を超えた日を年ごとに数えることで、太陽風擾乱の発生頻度の年変化を求めた。閾値は各 IPS 指数の平均値から $+1\sigma$ で与えた。その結果、サイクル 23 では発生頻度が極大期で増加し、下降期で減少し、続く極小期で増加していたことがわかった。最も高い頻度は 2009 年（極小期）、続くピークは 2001 年、1999 年（極大期）で起こっている。また、2004 年（下降期）で最小になった。一方、サイクル 24 では全サイクルから続く極小期～上昇期で高い発生頻度が見られ、極大期から下降期にかけて頻度が低くなり、次の極小期に再び増加した。発生頻度の最大値は 2011 年（上昇期）、最小値は 2014 年（下降期）で見られる。ここで、2つのサイクルに共通して極大を過ぎた直後の下降期で発生頻度が最小になっているのは興味深い。飛翔体観測でも同様な下降期における太陽風擾乱の発生頻度の低下がみられている。IPS 指数で検出された太陽風擾乱の変動は SIR と CME の影響を含んでおり、それぞれ極小期と極大期に増加する傾向に対応していると考えられる。サイクル 24 の発生頻度はサイクル 23 に比べ低いが（特に極大期）、これは太陽活動度を反映したものと考えられる。