

サイクル24 上昇期における太陽風大規模構造の発展

徳丸 宗利 [1]; 藤木 謙一 [2]; 伊集 朝哉 [3]

[1] 名大・STE研; [2] 名大・STE研; [3] 名大・理・素粒子宇宙

Evolution of large-scale solar wind structure during the rising phase of cycle 24

Munetoshi Tokumaru[1]; Ken'ichi Fujiki[2]; Tomoya Iju[3]

[1] STE Lab., Nagoya Univ.; [2] STELab., Nagoya Univ.; [3] Particle and Astrophysical Science, Nagoya Univ

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/~tokumaru/>

Recent solar magnetic field data (<http://wso.stanford.edu/>) indicate that the heliospheric current sheet is significantly inclined to the equator, suggesting that the cycle 24 maximum is almost here. The data also indicate that the magnetic polarity reversal of the Sun is going on; The polarity at the North pole is about to change at present, while that at the South pole remains as it was in the previous cycle. Such asymmetric configuration of the Sun's magnetic field was observed in the past. Nevertheless, its evolution in cycle 24 is of great interest, since this cycle has some peculiarities such as weakening of polar fields and smaller occurrence of the sunspot. Furthermore, heliospheric response to peculiar solar activities is also an interesting subject. Evidences which suggest shrinkage of the heliosphere have been reported from recent solar wind observations. In this presentation, we will show how the solar wind has evolved during the period between the last minimum and the present using our ground-based observations.

Global observations of the solar wind have been carried out regularly since early 1980s at the Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL) of Nagoya University using the 327-MHz multi-station interplanetary scintillation (IPS) system. IPS observations which enable access to high latitude solar winds are valuable, since Ulysses measurements are no longer available at present. Our IPS data collected over more than three decades reveals that the solar wind systematically changes its large-scale structure with the solar cycle. IPS data also show that the solar wind in the extended minimum between cycles 23 and 24 has a clear difference to those in past minima; the IPS data taken in 2008 indicate a marked growth of fast wind at equator and a split of slow winds into northern and southern mid-latitude regions. This fact is considered to be closely linked with the weakening of the Sun's polar magnetic field. In order to investigate the evolution of the cycle 24 solar wind in more detail, we intend to collect good IPS data as much as possible by improving the observation system. The IPS systems at Fuji and Kiso were upgraded in 2010, and three-station IPS measurements have been made regularly since 2011, although they have often interrupted by sudden failures of the antenna driving system.

Recent IPS observations suggest that the solar wind evolves rapidly between 2009 and 2011. IPS data for 2009 show that well-developed fast winds exist over both poles, and that the slow wind is distributed along a narrow belt at the equator. This is a typical feature which has been observed in the past solar minima. Note that the latitude width of equatorial slow wind belt during May-June 2009 was very small. IPS data for 2011 indicate that polar fast winds greatly diminished particularly at North, and that the slow wind region spread to mid- and even high-latitudes. This feature is similar to what we observed in the past solar maxima, but our IPS data show low-latitude fast winds in this cycle exist more frequently than the past. We compare our IPS data with polar field data from WSO observations, and found that fast (slow) wind areas have positive (negative) correlation with polar fields. The important point to note here is that IPS data in cycle 24 change with polar fields following a different track from the past cycles. This difference is ascribed to the effect of higher-order moments of the Sun's magnetic field. In contrast to the speed data, density fluctuation level (ΔN_e) data do not show any clear dependence on the solar cycle. Instead, the IPS data show that the high (low) ΔN_e area on the source surface remains small (large) despite of progression of cycle 24. This global reduction of ΔN_e level occurred in the declining phase of cycle 23, and this fact suggest that the solar wind mass flux drops over the period spanning multiple cycles.

1. はじめに

Wilcox 太陽観測所の太陽磁場データ (<http://wso.stanford.edu/>) を見ると、サイクル24の極大期が近いことがわかる。最も端的にその事実を物語るのが、太陽圏における磁気中性面 HCS の傾きである。HCS は、極小期に太陽赤道に沿った平坦な形状を示すが、極大期には赤道面に対して大きな傾きを持つようになる。最近のデータ (2012年4月) では HCS の傾斜角は 68 度に達しており、これは過去の極大期付近と同程度である。過去の極大期では、この HCS の傾斜増大と同期して極磁場の反転が起った。現在の極磁場は北極で反転が進行する一方で、南極では未だ前サイクルの極性の磁場が残るといふ非対称な状況になっている。このような非対称は過去の磁極反転時にも見られ、それ自体は新しいことではないが極小期の極磁場の弱さ、その後の黒点出現の少なさなどと合わせて、今後の推移に関心が集まっている。本公演では、極小期から現在に至るまでのサイクル24 上昇期における太陽風のグローバルな構造変化について、名古屋大学太陽地球環境研究所 (STE 研) の観測結果を報告する。

2. 観測

STE 研では、惑星間空間シンチレーション (IPS) の多地点観測による太陽風の遠隔測定を長期にわたって実施してい

る。この観測からは太陽風速度・密度揺らぎの全球的な分布を求めることができる。これまでの観測データから、太陽磁場の周期的な変化に同期して太陽風の大規模構造も変化していることが明らかとなった。特に、太陽極磁場の強度と高速風・低速風の面積は高い相関を持ちながら変化することが判明している。さらに、最近の観測からはサイクル23/24極小期における太陽風が過去の極小期とは異なる特性をもっていたことが明らかになった。この差異の原因は、サイクル24における太陽ダイナモ活動の特異性にあると推定される。同サイクルの発展に伴って太陽風構造が如何に発展してゆくかを詳細に調べるため、我々は観測システムの更新を行って、良好なデータを連続的に取得しようとしている。昨秋の講演で報告したように、2009年より開始した富士・木曽観測所のシステム更新は、2010年11月頃に終了し、2011年からは新システムによる3地点観測が始まった。但し、富士・木曽アンテナ駆動装置の老朽化による障害は最近頻繁に発生し、木曽アンテナ駆動系の重大な障害が発生した11月6日で昨年の3地点観測は終了している。今年の3地点観測は、木曽アンテナの修理が完了後、5月5日から開始した。富士・木曽アンテナの駆動系を修理しつつ、12月初旬までデータを取得してゆく予定である。

3. これまでの観測結果と今後の課題

サイクル23/24の極小期(2008年)において過去の極小期とは異なる太陽風構造が観測された。即ち、通常低速風が占める太陽赤道付近で孤立した高速風が大規模に形成され、中緯度には低速風、さらに高緯度側に高速風が存在するという分布となっていた。この太陽風構造は、2009年の観測では見られおらず、太陽赤道は低速風が占める過去の極小期の状態に戻っている。特に2009年5~6月における低速風の緯度幅は非常に狭いのが特徴で、この頃のHCSの傾きも極小となった。一方、2011年の観測データを見ると、太陽風の構造は2009年の状況から著しく変化したことが判る(2010年はシステム更新のためデータが乏しい)。2011年の低速風は中緯度・高緯度まで広がり、極域の高速風は衰退していた。この様相は過去の極大期に見られたものに近く、HCSの傾きの増加と合わせてサイクル24の極大期の到来を示唆している。2012年のデータでは、北極の高速風は消失したが、南極にはまだ高速風があることが判る。STE研のIPSデータで求めた高速風・低速風的面積を極磁場強度と比較すると、サイクル24においても両者は良い相関をもって変化していることが判った。ここで注目すべきは、サイクル24のデータは過去の変化の仕方とは若干異なった軌跡を描いていることである。この食い違いは、高次の磁気モーメント成分の寄与によるものと考えられる。サイクル24の太陽風速度データが太陽活動の上昇に伴って変化しているのと対照的に、密度揺らぎ N_e のデータはサイクル23から続く高(低) N_e 領域の減少(増加)傾向が見られ回復する兆しはない。このことは太陽風の質量フラックスが複数のサイクルに渡って減少していることを示唆している。

今年から来年にかけて極磁場の反転がどの様に進行し、それに伴って太陽風構造がどう変わってゆくかが興味深い点である。よって今後ともサイクル24における太陽風構造の変化を観測し続けると同時にシステムの強化を図る必要がある。特に、富士・木曽アンテナの低雑音受信機の更新は急務となっている。