

## 太陽風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

徳丸 宗利<sup>1\*</sup>, 藤木 謙一<sup>1</sup>, 伊集 朝哉<sup>1</sup>  
Munetoshi Tokumaru<sup>1\*</sup>, Ken'ichi Fujiki<sup>1</sup>, Tomoya Iju<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>1</sup>Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

### 1. はじめに

太陽風の南北非対称性は、in situ 観測から Heliospheric Current Sheet (HCS) の太陽赤道面からのずれとして研究されてきた。初期の in situ 観測では探査機が黄道面にあるため、緯度変化が1年で赤道を中心にして $\pm 7$ 度しか無く、HCSのずれを明瞭に捉えるのは難しかったが、極軌道探査機 Ulysses の観測では明瞭に HCS のずれが観測され、その原因として太陽磁場の南北非対称性が議論されている。また、Ulysses の観測からはサイクル 22/23 極小期における極域高速風の速度が僅かに異なることが報告された。一方、SOHO による Lyman- $\alpha$  観測から南北非対称性が報告されているが、これは太陽風質量 flux の違いを反映したものである。このような南北非対称性が長期にわたりどのように変化しているかは、未だによくわかってない。但し、in situ や地磁気の長期データから $\pm 7$ 度の範囲での南北非対称性が議論されている。また、南北非対称の原因として太陽磁場の quadrupole 成分の寄与が指摘されている。本報告では、STE 研の IPS データを用いて太陽風のグローバル分布に見られる南北非対称性について調査した結果を紹介する。

### 2. IPS 観測にみられる南北非対称性

STE 研 IPS 観測データから 1985 年～2011 年について太陽風速度のグローバルな分布を決定した。得られた分布について、南北半球にわけて高速風・中速風・低速風の占める面積を計算し、それぞれの速度成分毎に南北の差を求めた。その結果、極大期(極性反転時)に大きな南北非対称性が現れていることがわかった。またサイクル 2 3 の極大期以降、高緯度の高速風において顕著な非対称性が長期間発生し、サイクル 2 3 では北半球が優勢だったのに対して、サイクル 2 4 に入ると南半球が優勢になっていた。

### 3. Ulysses 観測との比較

極域高速風の南北非対称性について、これまで IPS データと Ulysses 観測の比較が行われたのは、Ulysses の 1st Fast Pole-to-Pole Scan (1994～95年、サイクル 2 2 / 2 3 極小期)であった。その時、Ulysses 探査機では北極の高速風が 19km/s 速かったが、IPS データでもこれと同程度の速度差があった。今回、2nd/3rd Fast Scan (2000～01年、サイクル 2 3 極大期/2007～08年、サイクル 2 3 / 2 4 極小期)について調べた。2nd scan の場合、IPS 観測と傾向は一致しているが、その絶対値は IPS より大きかった。これは、極大期のデータなので時間的な変化が Ulysses データに含まれていると考えられる。3rd scan の場合は、IPS 観測と誤差の範囲で一致していた。

### 4. 極磁場強度および多重極子成分との比較

まず Wilcox 観測所で測定している極磁場強度の南北差を IPS データと比較した。その結果、有意な相関は得られなかった。次に、同観測所データの解析から得られた磁場の多重極子成分と比較した。その結果、dipole 成分に対する quadrupole 成分の比の変化に、IPS データとよく似たパターンが存在することがわかった。即ち、サイクル 2 3 の後半にはこの比は正の値であるが、サイクル 2 4 には負の値へ変化している。しかし、年平均値をとって比較したところ両者に有意な相関は得られなかった。

### 5. B/f との比較

Kitt-Peak 観測所の磁場データをポテンシャルモデルで解析し、Source Surface から磁力線を追跡して磁力線拡率  $f$  と根本での磁場強度  $B$  を求める。次に、太陽風速度データと同様に  $B/f$  値に応じてグループに分け、それぞれのグループについて南北半球の面積の差を求めた。その結果、 $B/f$  値に IPS データに似た南北非対称性が存在することがわかった。 $B/f$  値の大きい領域と高速風、 $B/f$  値の小さい領域と低速風の組み合わせで両者の相関をとったところ有意な相関が見られ、特にサイクル 2 3 以降の  $B/f$  値の小さい領域と低速風の相関は高い値 (0.75) を示した。

### 6. まとめ

IPS 観測データから見られたサイクル 2 3 以降の大きな南北非対称性について解析を行ったところ、次の結果が得られた。(1) IPS データの南北非対称性は Ulysses 観測と矛盾しない、(2) 極磁場の非対称や多重極子成分の変化とよい相関はなかった。但し、Quadrupole/dipole 値に一部似たような変化が見られる。(3)  $B/f$  値にも同様な南北非対称性があり、IPS データとよい相関があった。以上のことから、太陽風の非対称性は単に quadrupole 成分の寄与というより、様々な成分を含んだ Source surface の磁場特性を反映していると考えられる。

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