

惑星間空間シンチレーション観測による宇宙天気の研究

Space weather reaserch from interplanetary scintillation measurements

徳丸 宗利[1], 小島 正宜[1], 藤木 謙一[1], 横辺 篤史[2], 大見 智亮[1], 東山 正宜[3], 山下 真弘 [4]

Munetoshi Tokumaru[1], Masayoshi Kojima[1], Ken'ichi Fujiki[1], Atsushi Yokobe[2], Tomoaki Ohmi[1], Masanobu Higashiyama[3], Masahiro Yamashita[4]

[1] 名大・STE研, [2] 名大・理・素粒子宇宙物理/STE研, [3] 名大・理・物理・STE, [4] 名大・理・素粒子宇宙物理学

[1] STE Lab., Nagoya Univ., [2] Particle and Astrophysical Sci./STE Lab., Nagoya Univ., [3] STELab, Nagoya Univ, [4] Particle and Astrophysical, Nagoya Univ

<http://stesun5.stelab.nagoya-u.ac.jp/~tokumaru>

名大 STE 研では定常的に IPS 観測を実施し、太陽風の 3 次元構造とダイナミクスの研究を行ってきた。最近、計算機トモグラフィ法を IPS データの解析に用いることで、静的な（共回転する）大規模構造については飛翔体に匹敵する精度で速度・密度を推定できるようになった。一方、コロナ質量放出（CME）に伴って励起された擾乱現象（惑星間空間衝撃波）についても、日々の IPS データから擾乱の 3 次元構造が推定できるようになった。これらの発展により、IPS 観測は宇宙天気研究にとって一層重要な観測手段になってきている。本報告では、STE 研の IPS 観測における最新の成果と今後の課題について紹介する。

1. 宇宙天気研究と IPS 観測

宇宙の高度利用が進む現在、宇宙環境擾乱の予報（宇宙天気予報）が不可欠であることが広く認識されるようになった。宇宙環境擾乱の源は太陽にあるので、宇宙天気予報の実現のためには太陽活動を監視することが重要である。しかし、現在、我々が持つ最良の知識を結集しても、太陽観測から宇宙環境擾乱を正確に予測できないことも事実である。その原因の一つが、太陽風中での擾乱の 3 次元構造と伝搬機構がよく解っていないことにある。そして、その太陽風物理の解明を阻んできたのは、観測データの不足である。ISTP 時代になって、確かに良好な in situ 太陽風データは豊富に入手できるようになった。

しかし、それらの大半は 1AU 付近の黄道面に限られ、太陽風の全体像を議論するには不十分である。そこで最近、注目されてきたのが天体電波源を用いた惑星間空間シンチレーション（IPS）による太陽風観測である。IPS 観測は短時間で太陽風の様々な領域（探査機で直接測定できない太陽近傍や極域を含む）が可能という利点があり、太陽風の 3 次元構造とダイナミクスに関する理解を改善するのに有用なデータを提供できる。名古屋大学太陽地球環境研究所（STE 研）では、定常的に周波数 327MHz での IPS 観測を実施してきている。以下では、STE 研の IPS 観測による最近の成果と今後の課題について述べる。

2. 計算機トモグラフィ法を用いた太陽風 3 次元構造の解析

これまで IPS 観測には視線積分によるバイアスがかかっているため、測定値の精度は直接観測に比べ劣っていた。このバイアスを除去する計算機トモグラフィ（CAT）解析法が、数年前に米国カリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）との共同研究で開発された。これによって、IPS 観測から直接測定に匹敵する精度の測定値が得られるようになってきている（Jackson et al., 1998; Kojima et al., 1998; Asai et al., 1998）。UCSD と STE 研の共同研究は目下進行中で、CAT 解析法の改良が行われている。その成果の一つが Time-dependent Tomography (TDT) と呼ばれる解析法で、IPS データから準定常的な（共回転する）太陽風構造をリアルタイムで推定することができる。この TDT 解析法を実証するため、STE 研で取得した IPS データを即時的に UCSD へ送る実験が行われており、解析結果は WWW で公開されている。これまでの実験結果から、大規模構造に関して IPS データの TDT 解析で得られる速度・密度は直接観測データとよい一致を示し、数日前に太陽風の予報が可能であることがわかった。

3. IPS g 値データによる太陽風擾乱の研究

通常の CAT 解析法では、異なる方向から観測したデータを使って立体構造を推定するため、ある程度のデータ蓄積が必要となる。よって、STE 研の IPS データのように 1 日 40 個程度の場合、CAT 解析の解析対象は原則的に準静的な構造に限られる。惑星間空間衝撃波のような過渡的な擾乱現象も IPS データから解析できるように、UCSD-STE 研の共同研究では新たな CAT 解析方法を開発中である（目下、試験段階）。それと平行して STE 研で研究しているのが、日々の IPS データにモデル計算を最適化することで、擾乱の 3 次元構造を推定しようという試みである。ここで用いる IPS データは g 値と呼ばれるもので、視線に沿った太陽風密度ゆらぎの度合いを表す指数である。1997 年以降、STE 研の IPS 観測から速度と同時に g 値データが得られている [Tokumaru et al., 2000]。これまでに数例のイベントについて、シェル状の擾乱モデルを仮定して、STE 研の g 値データから擾乱の 3 次元的な場

所、拡がり、密度増加の程度などが推定された。得られた推定値からは、擾乱の伝搬速度の距離依存性（減速傾向）や地球近傍の太陽風データとの相関などが明らかにされている。

4．将来へ向けて

解析法の進歩によって、IPS データから精度よく太陽風パラメータが決定できるようになった。そこで問題となってきたのが、STE 研の IPS 観測から 1 日に取得できるデータ数が少ないことである。データ数を増加させれば、それに比例して IPS データの空間分解能を改善できる。このため、STE 研では大型電波望遠鏡（太陽圏イメージング装置）の建設を計画している。この装置は従来のアンテナに比べ 5 倍の受信感度を持ち、これを用いることで 1 日のデータ数を現在の 2 ～ 3 倍に増加させることができる。本装置の導入により、より細かな太陽風の構造や短時間で変化する擾乱などが研究が期待される。