

R007-01

C 会場 : 11/25 PM1 (13:45-15:45)

13:45~14:00:00

次世代太陽風観測装置の開発状況と太陽風観測への応用

#岩井 一正¹⁾, 藤木 謙一¹⁾

(¹ 名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

Development Status of the Next-Generation Solar Wind Observation System and Its Application to Solar Wind Studies

#Kazumasa Iwai¹⁾, Ken'ichi FUJIKI¹⁾

(¹ISEE, Nagoya University)

Coronal mass ejections (CMEs) and high-speed solar wind streams released from the Sun cause significant disturbances in the near-Earth space environment. These disturbances lead to geomagnetic storms and variations in the radiation environment, thereby affecting satellites and ground-based infrastructures. To understand and predict such space weather phenomena, it is essential to grasp the solar wind structures over a wide region from the Sun to the Earth. Interplanetary scintillation (IPS) observations, which utilize the scintillation of radio waves from distant radio sources caused by the solar wind, have a long history as a unique method that enables wide-field and continuous monitoring of solar wind speed and density irregularity. The Institute for Space – Earth Environmental Research (ISEE) at Nagoya University has operated dedicated IPS observation systems for more than 50 years, continuously supporting international heliospheric and space weather studies. However, aging instruments and limitations in observational capability have become major issues, and the establishment of a next-generation observation system is urgently required. To advance heliospheric research and improve space weather forecasting accuracy, we are promoting the development of a next-generation solar wind observation system at 327 MHz, and here we report its recent progress.

One of the most significant achievements in the past year has been the progress in the digital backend system. The design study has been completed, and the system has been ordered. To reduce development costs, the frequency resolution was changed from the initially planned 12.25 kHz to 24.5 kHz, which has been confirmed to have negligible impact on IPS observations. The system will be able to digitize 256 input channels simultaneously and form eight beams. Moreover, it can be combined with the existing 64-channel digital backend to form a 320-channel digital beamformer. On the other hand, it was found that the design of the antenna and receiver system needs to be reconsidered, and we are currently conducting component studies and optimization. We are also exploring industry – academia collaboration with a communications equipment company to accelerate the system development.

Regarding the operation of existing IPS systems, operational efficiency has reached nearly 100% since 2024, and IPS observations during major solar activity events have been largely successful. For instance, the IPS observation of the May 2024 CME event was successful, and its scientific analysis is now being prepared for publication. In addition, IPS data were obtained during the large flare event in October 2024, and the possibility of CME detection is under investigation. Future efforts will include compiling a catalog of major events and performing comparative analyses with magnetohydrodynamic (MHD) simulations to improve the accuracy of solar wind propagation forecasts. As part of the infrastructure development for collaborative research using the IPS data, a prototype of a new NetCDF-based data format has been developed and is already being utilized in research applications.

Meanwhile, radio frequency interference (RFI) has recently become an increasingly serious issue for IPS data. The presence or absence of RFI significantly affects the quality of raw data, and this has been identified as a critical challenge for the stability of future observations. For the next-generation system, it is essential to incorporate receiver designs and signal-processing techniques that take RFI into account, which will become key elements in the forthcoming development.

太陽から放出されるコロナ質量放出 (CME) や高速太陽風は、地球近傍の宇宙環境に大きな擾乱をもたらし、磁気嵐や放射線環境の変化を通じて人工衛星や地上インフラに影響を及ぼす。このような宇宙天気現象の理解と予測のためには、太陽から地球に至る広い領域における太陽風構造の把握が不可欠である。遠方天体からの電波シンチレーションを利用する惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測は、広視野かつ連続的に太陽風速度や密度擾乱をモニタリングできる手法として長い歴史を有している。名古屋大学宇宙地球環境研究所では、IPS 観測専用の独自の電波観測装置群を展開し、50 年以上にわたり太陽風の観測を継続してきた。これにより国際的に太陽圏研究や宇宙天気研究を支えてきたが、既存装置の老朽化や観測性能の制約が課題となっており、次世代観測体制の整備が急務である。本研究では太陽圏研究の発展と宇宙天気予報の精度向上を目的として、327 MHz 帯における次世代 IPS 観測装置の開発を推進しており、その進捗を報告する。

本年度に入り、特に大きな進展があったのはデジタルバックエンド系統である。設計検討を完了し、発注に至った。コ

スト削減のため周波数分解能を当初予定の 12.25 kHz から 24.5 kHz に変更したが、IPS 観測には大きな影響を与えないことが確認された。完成後は 256 チャンネルの入力信号を同時にデジタル化し、8 ビームを合成できる。さらに既存の 64 チャンネルデジタルバックエンドと連結することが可能で、合計 320 チャンネルのデジタルビームフォーマーを構成できる。一方、アンテナおよび受信系については当初設計から再検討が必要と判明し、現在は要素検討と最適化を進めている。また、通信機器企業との共同研究も視野に入れ、産学連携による装置開発の加速も模索している。

既存装置の観測運用に関しては、2024 年以降の運用効率ほぼ 100 %に達し、顕著な太陽活動イベント時の IPS 観測も概ね成功している。たとえば 2024 年 5 月の CME イベントでは IPS 観測に成功し、現在論文化を進めている。また、2024 年 10 月の大規模フレア期間にも IPS 観測データを取得しており、CME 検出の可能性が期待される。今後は顕著イベントのリスト化や MHD シミュレーションとの比較解析を進め、太陽風伝播予測の精度向上を目指す。さらに、これらのデータを用いた共同利用研究を支える基盤整備として、新しいデータフォーマット（NetCDF 形式）の試作も進められており、研究への活用が始まっている。一方で近年、観測データへの電波干渉（RFI）の影響が顕著になりつつある。実際に RFI の有無によって生データの品質が大きく変化することが確認されており、今後の観測安定性にとって重要な課題である。次世代装置には RFI を考慮した受信系設計や信号処理技術の導入が必須であり、今後の開発における重要な要素となると考えられる。