

327MHzで観測された惑星間空間シンチレーションのスペクトルフィッティングによる解析とその結果

#長島 陸冬^{1,2)}, 岩井 一正²⁾, 藤木 謙一²⁾, 千葉 翔太²⁾

(¹名古屋大学 理学研究科, ²名古屋大学 宇宙地球環境研究所)

Analysis of interplanetary scintillation observed at 327 MHz by spectral fitting and its results

#Rikuto Nagashima^{1,2)}, Kazumasa IWAI²⁾, Ken'ichi FUJIKI²⁾, Shota CHIBA²⁾

(¹Nagoya University, (²Institute for Space-Earth Environmental Research

The Sun constantly emits a stream of plasma known as the solar wind, which acts as a background field that transports the effects of solar activity to Earth. Therefore, understanding the solar wind is an important factor in improving the accuracy of space weather forecasts. The speed of the solar wind can be measured remotely from the ground by observing how radio waves emitted from compact radio sources scatter within the solar wind. This technique is called interplanetary scintillation (IPS) observation.

Currently, Nagoya University is conducting IPS observations of the solar wind using up to three radio telescopes, and the solar wind speed is derived by cross-correlating the data from multiple stations. With this technique, it is possible to accurately measure the speed of the solar wind when a clear correlation is obtained across the antenna baselines. On the other hand, it is thought that the speed of the solar wind can be estimated even from the observation data of a single-station observation, in which case the speed is calculated as a parameter of spectral fitting. In single-station analysis, fitting is performed using a theoretical model that assumes a single velocity distribution along the line of sight. However, when multiple velocity distributions exist along the line of sight, the shape of the spectrum itself is affected, and it has been pointed out that the accuracy of velocity analysis may be lower than that of multi-station observations (e.g., Chang et al., 2019). The velocity derived from single-station observations is effective even when correlations cannot be obtained between multiple stations, so enabling single-station analysis will make it possible to supplement data that was previously missing due to the inability to obtain correlations regarding the velocity of the solar wind.

In this study, we successfully derived the solar wind velocity by performing spectral fitting on data from the antenna (SWIFT) installed in Toyokawa City, Aichi Prefecture, based on the techniques used in previous studies (e.g., Mejia et al., 2015). The derived velocities showed good agreement with those from multiple-station observations within the uncertainty range, particularly for the data from 3C273 in September 2019 and 3C48 in June 2024. However, there were also some cases where the derived velocities did not match the multiple-station observations, such as for 3C147 in July 2022, where the derived velocity was approximately 200 km/s faster than that from multiple-station observations. The accuracy of the derived velocity requires further validation by comparing it with satellite in-situ observation data, and by combining it with velocity data derived from ISEE multi-point observations using cross-correlation, it will be possible to compare the accuracy of velocity analysis using single-station and multi-station observations.

太陽からは太陽風と呼ばれるプラズマの流れが常に吹き出しており、これは太陽活動の影響を地球まで運搬する背景場として機能するため、宇宙天気予報の精度向上にあたっては太陽風の理解が重要なファクターとなる。太陽風の速度は、電波天体から放射された電波が太陽風内で散乱される様子を観測することで地上から遠隔的に測定することが可能であり、このような手法は惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測と呼ばれる。

現在、名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE) では最大 3 局の電波望遠鏡を使用した太陽風の IPS 観測が行われており、複数局の観測データから相関を取ることで太陽風速度の算出がされている。この手法では、複数のアンテナの基線でデータの相関が取れている場合には太陽風の速度を正確に測定できる可能性がある。一方で、単局だけの観測データからでも太陽風の速度を見積もることができると考えられており、この場合にはスペクトルフィッティングのパラメータとして速度が算出される。単局での解析では視線上の速度分布が単一であるという近似を用いた理論モデルによりフィッティングが行われているため、視線上に複数の速度分布が存在する場合にはスペクトルの形状自体が影響を受け、複数局の観測よりも速度の解析精度が落ちる可能性が指摘されている (e.g. Chang et al., 2019)。単局観測により算出された速度は複数局間で相関が取れない場合にも有効であるため、単局解析を可能にすることでこれまで太陽風の速度について相関が取れずにデータが欠けていた部分を補完することができるようになる。

本研究では、愛知県豊川市に設置されたアンテナ (SWIFT) でのデータに対して、先行研究 (e.g. Mejia et al., 2015) の手法を参考にスペクトルフィッティングを行い、太陽風の速度を算出することに成功した。算出された速度については、特に 2019 年 9 月の 3C273、2024 年 6 月の 3C48 のデータで複数局観測による速度と不確かさの範囲内で一致する結果

を得られたが、一方で一致しないデータも得られており、例えば 2022 年 7 月の 3C147 では複数局観測の速度と比べて 200km/s 程度速い速度が算出されている。今回算出した速度については、衛星のその場観測のデータとの比較によりその精度を考察する余地があり、さらに ISEE の複数点観測による相互相関から算出された速度のデータを合わせることで、単極観測と複数局観測による速度解析の精度を比較することができるようになる。