

2024年5月のCME群の惑星間空間シンチレーション観測と到来予測の可能性

#岩井 一正¹⁾, 塩田 大幸²⁾, 藤木 謙一¹⁾, 磯貝 拓史¹⁾

¹⁾ 名大 ISEE, ²⁾ 情報通信研究機構

Interplanetary scintillation observation and predictability of coronal mass ejections in May 2024

#Kazumasa Iwai¹⁾, Daikou Shiota²⁾, Kenichi Fujiki¹⁾, Hirofumi Isogai¹⁾

¹⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ²⁾National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

Coronal mass ejections (CMEs) cause various disturbances in the solar-terrestrial system. However, their propagation in interplanetary space has not been understood well. In early May 2024, multiple CMEs were generated and some of them arrived at the Earth, that caused severe solar-terrestrial storms. We have investigated these CMEs using the Interplanetary scintillation (IPS) observations. The IPS is a radio scattering phenomenon generated by the disturbances in the solar wind. IPS observation has been one of the most important tools for observing CMEs propagating in interplanetary space. The Institute for Space and Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University has observed IPS at 327 MHz using an observation system consist of three large radio telescopes. We found that an increasing number of large-amplitude IPS responses on 10 May, just before the shock arrival at the Earth. Large-amplitude IPS responses were detected especially in the line of sight in the direction of large solar separation angles, where the ICMEs of interest supposed to be located. Enhancements on IPS responses can be associated with the high-density region where the fast-propagating ICMEs pile up the background solar wind.

The propagation of CMEs observed during this period have been reproduced using the magnetohydrodynamic simulations (SUSANOO-CME). The results suggest that multiple CMEs were generated in a short period of time in the inner heliosphere, forming a dense region with multiple CME-CME interactions. These high-density regions are considered to scatter radio waves significantly and can explain the enhanced IPS response. These results suggest that IPS observations are effective in predicting the time of arrival of the complex CMEs observed in this study. On the other hand, the line of sight of the observed IPS responses were located ahead of the high-density region suggested by the simulation. This discrepancy could be explained by some possibilities, for example, (1) small-scale CMEs that are not included in the magnetohydrodynamic simulations preceded the interplanetary space, (2) the actual CMEs may have been more pushed in the direction of travel than the spheromak used in the modelling, (3) CME propagation could not be reproduced correctly due to poor model accuracy of the background solar wind.

コロナ質量放出 (CME) は、太陽地球系に様々な擾乱を引き起こす一方、惑星間空間におけるその伝播については十分に理解されていない。2024年5月初旬、複数のCMEが発生し、その一部が地球に到達したことで顕著な磁気嵐を発生させた。本研究では惑星間空間シンチレーション (IPS) 観測を用いて、これらのCMEの伝搬を調査した。IPSは太陽風の擾乱によって発生する電波の散乱現象であり、惑星間空間を伝播するCMEを検出できる有効な観測手法の一つである。名古屋大学宇宙地球環境研究所では、3台の大型電波望遠鏡からなる観測システムを用いて、327MHz帯域においてIPS観測を連続的に実施している。その観測結果からCMEが地球に到達する直前の5月10日には、多くの天体から大振幅のIPS反応が得られていたことがわかった。大振幅のIPS反応は、観測時間帯にCMEが存在すると考えられる太陽離角の大きい視線方向で検出された。観測されたIPS反応の増大は、高速で伝播するCMEによって太陽風が圧縮されて形成される高密度領域を検出したものと考えられる。

観測されたCMEの伝播を電磁流体シミュレーション (SUSANOO-CME) を用いて再現した。その結果、複数のCMEが短期間に発生したことで、複数のCME-CME相互作用を伴う高密度領域が内部太陽圏に形成されていたことが示唆された。このような高密度領域は電波を大きく散乱させると考えられ、強いIPS反応を説明できる。本結果から、IPS観測は今回観測された複合したCME群の観測および到来予測にも効果があることが示唆された。一方、実際観測されたIPS反応の視線は、シミュレーションで示唆された高密度領域に対して前方に位置していた。この違いは例えば、(1) 磁気流体シミュレーションに含まれていない小規模なCMEが惑星間空間に先行して存在した、(2) 実際のCMEはモデリングで使用したスフェロマクよりも進行方向に押しつぶされた形をしていた、(3) 一部の領域で背景太陽風のモデル精度が悪くCMEの伝搬が正しく再現できなかった、などの要因で説明できると考えられる。