

R007-04

C会場：9/25 AM1 (9:00-10:30)

9:45~10:00

SUSANOO-CMEにおける初期磁束パラメータによるCME到達時刻の不定性評価

#磯貝 拓史^{1,2)}, 岩井 一正²⁾, 徳丸 宗利²⁾, 藤木 謙一²⁾

⁽¹⁾名古屋大学大学院理学研究科,⁽²⁾名古屋大学宇宙地球環境研究所,⁽³⁾名大 ISEE,⁽⁴⁾名大・ISEE

Evaluation of Uncertainty in Arrival Time of CME given by initial magnetic flux parameters in the SUSANOO-CME model

#Hirofumi Isogai^{1,2)}, Kazumasa Iwai²⁾, Munetoshi Tokumaru²⁾, Kenichi Fujiki²⁾

⁽¹⁾Graduate school of science, Nagoya University, ⁽²⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ⁽³⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ⁽⁴⁾Institute for Space-Earth Environmental Research

An interplanetary disturbance associated with a transient solar plasma ejection, called Coronal Mass Ejection (CME), sometimes arrives at Earth with a strong southward magnetic field. It is concerned that various communication infrastructure and electrical systems can be damaged through magnetospheric disturbances. To predict the time of arrival (ToA) of the CME accurately in advance of their arrival to the Earth, global heliospheric MHD models have been applied to forecast the ToA. Today, some space weather forecast models have been developed and operated such as WSA-ENLIL (Riley et al., 2018), EUHFORIA (Pomoell & Poedts, 2018) and SUSANOO-CME (Shiota & Kataoka, 2016). In these models, the ToA is known to be sensitive to the initial parameters of the injected CME and some particularly important CME parameters in several models have been investigated (e.g., May et al., 2015; Riley et al., 2018, 2021). In SUSANOO-CME, it is also important to quantitatively estimate the contribution of CME parameters to the ToA in order to achieve a more accurate forecast model. However, it has been suggested that in models that include flux rope structures observed in real ICMEs such as SUSANOO-CME, the additional variables might be causes of further ToA uncertainty (Riley et al., 2021). In addition, some of the SUSANOO-CME parameters, such as the magnetic flux, that their validity of the initial value assumptions has not been fully verified because of difficulties to observe despite their importance. Recently, correlations between the EUV dimming region of the corona associated with CMEs and the photospheric flux contained at their footpoints (Dissauer et al., 2019), and reconnection flux at flare sites and a lower limit for the flux contained in CMEs (Temmer et al., 2017) have been reported from the solar observations. Based on these studies, the assumption of the amount of magnetic flux contained in the initial CME can be constrained. In this study, then, we aim to quantitatively estimate the contribution of CME parameters such as the magnetic flux in SUSANOO-CME to the ToA and constrain the parameters by comparing them with solar observation data and interplanetary scintillation (IPS) data provided by ISEE, Nagoya University. As a preliminary analysis, we simulated propagation of CME associated with the M1.0 flare on March 28, 2022. Ten CMEs given five different initial velocities (600, 700, 800, 900, and 1000 km/s) and two magnetic fluxes (2×10^{21} Mx and 3×10^{21} Mx) were injected. As a result, we found that while the maximum ToA difference with initial speed of CMEs was about 4-5h, it was observed that the ToA changed by about 6h at all initial speeds for CMEs with different magnetic fluxes. However, since ToA variations are known to vary significantly with the order of the magnetic flux. For example, the ToA difference becomes smaller when the input magnetic flux is set to $\sim 10^{20}$ Mx. The flux parameter characteristics of ToA should be investigated in more detail over a wider parameter range. In addition, this analysis included conditions unsuitable for this study, such as the interaction of the CME structure with the background solar wind, which causes reproduced shock arrival at the earth position to be more complex. Although this interaction is important in terms of actual forecasting, we will remove these effects by methods such as uniformizing the background solar wind to simplify the conditions.

過渡的な太陽プラズマ放出であるコロナ質量放出 (CME) に伴う惑星間空間擾乱である ICME が大きな南向き磁場を伴って地球へ到達すると、磁気圏擾乱を通じて通信インフラや電気システムに様々な障害をもたらすことが危惧されている。その到達時刻 (ToA) を地球到達以前に余裕をもって予測するため、グローバルな太陽圏 MHD モデルによる予報が盛んに試みられ、今日では WSA-ENLIL (Pizzo et al. 2011) や EUHFORIA (Pomoell & Poedts, 2018)、SUSANOO-CME (Shiota & Kataoka, 2016) などの宇宙天気予報モデルが開発・運用されている。これらのモデルでは注入する CME の初期パラメータにより ToA が敏感に変化することが知られ、これまでいくつかのモデルで特に重要な CME パラメータが調査されてきた (e.g. May et al., 2015; Riley et al., 2018, 2021)。SUSANOO-CME においても、CME パラメータの ToA への寄与を定量的に見積もることはより正確な予報モデルを実現するために重要である。しかし、SUSANOO-CME のような実際の ICME で観測されるようなフラックスロープ構造を含んだモデルでは、その追加変数がさらなる ToA 不定性の原因となることが示唆されている (Riley et al., 2021)。また、SUSANOO-CME のパラメータのなかには、磁束量のように観測が困難ゆえに、重要でありながらその初期値の仮定が妥当であるか十分に確かめられていないパラメータも存在する。近年では、太陽観測から CME に伴うコロナの EUV 減光領域と、その足元に含まれる光球面磁束との相関 (Dissauer et al., 2019) や、フレアサイトでのリコネクションフラックスが CME に含まれる磁束の下限を示唆する報告 (Temmer et al., 2017) がなされている。これらに基づき、初期の CME に含まれる磁束量を仮定することで入力する磁束パラメータ範囲に制限を与えられる可能性がある。

そこで、本研究では SUSANOO-CME の磁束量をはじめとした CME パラメータの ToA への寄与を定量的に評価し、さらに太陽観測データや名古屋大学 ISEE の IPS の観測データと比較することでパラメータに制限を与えることを目指す。

2022 年 3 月 28 日に発生した M1.0 フレアに伴う CME に 5 つの異なる初速度 (600, 700, 800, 900, 1000 km/s) と 2 つの磁束 (2×10^{21} Mx, 3×10^{21} Mx) を与え、計 10 個の CME の伝播をシミュレートした予備的な解析では、初速度による ToA 差が最大で 4-5h 程度であったのに対し、磁束が異なる CME ではすべての初速度で ToA がおよそ 6 h 変化することが認められた。しかし、入力する磁束を $\sim 10^{20}$ Mx にすると ToA 差が小さくなるなど、ToA 変動が磁束のオーダーによって有意に変化することが知られるため、ToA の磁束パラメータ特性をさらに広いパラメータ範囲で詳細に調査する必要がある。また、この解析では CME 構造が背景太陽風と相互作用することで地球位置でのショック到達が完全に再現されないなど、本研究に適さない条件が含まれた。実際の予報の観点ではこの相互作用は重要であるが、ToA のパラメータ感度に重点を置いた本研究では、条件の単純化のために背景太陽風を一様化するなどによりこれらの影響を取り除く予定である。