

R007-02

C 会場 : 11/25 PM1 (13:45-15:45)

14:00~14:15:00

観測に基づく CME 磁束推定による太陽圏 MHD モデルでの地球到達時刻予測不確実性の評価

#磯貝 拓史¹⁾, 岩井 一正²⁾, 塩田 大幸³⁾, 藤木 謙一²⁾

(¹ 名大, (² 名古屋大学, (³ 情報通信研究機構

Evaluation of Uncertainty in CME Arrival-Time in SUSANOO Using Observation-Based CME Magnetic Flux Estimation

#Hirofumi ISOGAI¹⁾, Kazumasa Iwai²⁾, Daikou SHIOTA³⁾, Ken'ichi FUJIKI²⁾

(¹Graduated school of science, Nagoya univ., (²Nagoya univ., (³NICT

Coronal Mass Ejections (CMEs) are eruptions of plasma and magnetic fields into interplanetary space during solar events. When a CME with a strong southward magnetic field reaches Earth, it can cause geomagnetic disturbances and affect infrastructures such as communication and power systems. Predicting CME arrival is therefore essential, and magnetohydrodynamic (MHD) simulations are widely used. However, these models suffer from uncertainties because errors in initial conditions from solar observations directly affect forecasts.

Several studies have examined arrival-time uncertainty from initial conditions (Pizzo et al., 2011; Mays et al., 2015; Riley et al., 2018), but the magnetic flux Φ , which strongly controls propagation speed, has been insufficiently investigated. In this study, we used the heliospheric MHD model SUSANOO-CME (Shiota & Kataoka, 2016) to perform ensemble simulations by varying CME initial speed, size, magnetic flux, and speed of ambient solar wind independently. We quantified changes in arrival time due to magnetic flux and its dependence on other variables. We also introduced a parameter diagram listing combinations of initial conditions and the corresponding arrival times.

Since remote measurement of coronal magnetic fields is challenging, there is no consensus on how to determine Φ . We estimated CME flux from correlations among soft X-ray flux, flare fluence, and photospheric magnetic fields in flare regions (Kazachenko et al., 2017; Gopalswamy et al., 2018c), and then simulated CMEs associated with C-, M-, and X-class flares. Using these results and the parameter diagram, we evaluated arrival-time differences caused by flux estimation errors under different initial conditions. The results show that the impact of flux on arrival time is comparable to other parameters and becomes stronger with slow ambient solar wind or low CME speed.

For a better determination of Φ , it is necessary to consider the relationship between the photospheric flux and the flux supplied to CMEs. This issue will be discussed in this presentation. Calculating coronal magnetic fields with MHD models is also considered effective. However, the method proposed in this study, combining correlation analysis and parameter diagrams, is expected to enable faster CME forecasting by minimizing numerical simulations of active-region magnetic fields and CME propagations.

コロナ質量放出 (CME) は、太陽面爆発に伴う大規模なプラズマと磁場の惑星間空間への放出現象である。CME が強い南向き磁場を伴って地球へ到来すると、磁気圏擾乱を通じた通信・電力インフラなどへの影響が懸念される。したがって、CME の地球到来予測は重要であり、現在は磁気流体力学 (MHD) シミュレーションが広く利用されている。しかし、これらのモデルでは太陽観測に基づき与えられる初期条件に含まれる誤差が予報結果に直結し、無視できない不確実性を生じる点が課題である。

これまでにいくつかの初期条件に関する到達時刻不確実性の調査が行われてきた (Pizzo et al., 2011; Mays et al., 2015; Riley et al., 2018)。しかしながら、CME モデルに与える磁束 Φ は伝搬速度を大きく左右する変数にも関わらず、十分に調査されていない。本研究では、太陽圏 MHD モデル SUSANOO-CME (Shiota & Kataoka, 2016) を用い、CME の初速度、空間サイズ、磁束および背景太陽風速度といった変数を独立に変化させたアンサンブルシミュレーションを実施し、磁束による地球到達時刻の変化およびその他変数依存性を調査した。また、初期条件の組合せと CME の地球到達時刻を一覧できるパラメータダイアグラムを導入した。

磁束 Φ はコロナ磁場の遠隔測定が難しいことから、その決定法に統一的合意がない。そこで本研究では、フレア発生時の軟 X 線フラックス・フルエンスと、フレア領域に含まれる光球磁場の相関 (Kazachenko et al., 2017; Gopalswamy et al., 2018c) を用い、C/M/X クラスフレアに対応する CME 磁束を推定し、複数のシミュレーションを実施した。その結果とパラメータダイアグラムを用いて、実予報で想定される磁束推定誤差に起因する到達時刻差を異なる初期条件下で評価した。結果、磁束による到来時刻への影響は他の初期条件に匹敵し、低速な背景太陽風や CME 初速度によってはさらに増大する傾向があることが分かった。

磁束のより良い決定には、光球面での磁束と CME に供給される磁束という高度の異なる領域での関係式の再検討が必要と考えられ、本講演で併せて議論する。また、MHD によるコロナ磁場計算も有効と考えられるが、本研究で提案される、相関とパラメータダイアグラムを組み合わせた手法は活動領域磁場や CME の計算を最小限に抑えることで、迅速な CME 予報に寄与すると期待される。