

太陽風磁気ロープ構造解析の問題点：フォースフリーモデル対GS法

Problems in determining structures of interplanetary magnetic flux ropes

*丸橋 克英¹、久保 勇樹¹、西村 信彦²、徳丸 宗利²、Nada Al-Haddad³

*Katsuhide Marubashi¹, Yuki Kubo¹, Nobuhiko Nishimura², Munetoshi Tokumaru², Nada Al-Haddad³

1. 情報通信研究機構、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. アメリカカソリック大学

1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. ISEE, Nagoya University, 3. IACS, Catholic University of America

太陽風磁気ロープ (IFR) はコロナガス噴出 (CME) にともなって太陽コロナから惑星間空間に放出され、特徴的な構造をもっている。その磁場構造はCME発生機構を考えるうえで重要な手がかりを与える研究課題である。また、IFRは強い南向き磁場をもち、Dstが -100 nTを超えるような磁気嵐の駆動源としても広く関心もたれている。いずれの面からもIFRの3次元形状と内部磁場構造を決めることが研究の第一歩である。太陽風磁場の観測からこの問題にとりくむには、IFRのモデルを仮定して観測と比較する手法が必要になる。これまでの研究で広く使われている代表的な方法として次の2つがあげられる。(1) IFRにforce-freeの磁場構造をあてはめる解析と(2) Grad-Shafranov (GS) 方程式から磁場構造を構築する解析である。Al-Haddad et al. (Solar Phys. 2018) は13例のIFRについて検討し、2つの方法から得られるIFRの形状・内部構造には完全な一致が見られないことを示した。そこでは、「イベント毎に各モデルの適合性が異なるのであろう。」という不確かな結論が述べられている。

本研究はAl-Haddad et al.の研究を一步進めようとする試みである。まず、2つの方法について制限条件を考えると、現在のGS法では磁場構造の2次元性とこの完全な対称性を仮定する。この条件から2次元構造(基本的には円筒型)の軸を決定し、GS方程式を数値的に解くことによりIFRの内部磁場構造を求めることができる。これに対してforce-freeモデルでは、内部構造を仮定し、これを横切ることにより観測されるはずの磁場変化がIFR磁場の観測を再現するように軸を決定する。もしIFRの磁場構造がforce-free型であるならば、2つの方法で得られた磁場構造は一致するはずである。実際はGS法ではプラズマ圧を考慮に入れているので、磁場構造は厳密にはforce-freeからずれる。このずれの程度をイベント毎に算定すれば、モデルの適合性検討の材料になるはずである。このような考えに基づいて、2つの方法によるIFRの軸がどれだけ異なるかを調べ始めたが、実状はそんなに簡単ではない。今のところ、太陽風磁場変化からIFRとして選ぶ時間間隔の不確かさが一番の問題である。発表では、いろいろな時間間隔について解析結果を比較する。特にGS法では対称性の条件から、IFRの時間間隔を不自然に選ばなければならない場合があることを指摘したい。

キーワード：太陽風磁気ロープ、フォースフリーモデル、グラッド・シャフランフ方程式

Keywords: interplanetary flux rope, force-free model, Grad-Shafranov equation