

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Propagation of Coronal Mass Ejections in the Interplanetary Space
(惑星間空間中でのコロナ質量放出の伝搬)

氏 名 伊 集 朝 哉

論 文 内 容 の 要 旨

コロナ質量放出(CME)は、太陽コロナ底部から惑星間空間に向かって濃密な磁化プラズマが突発的に噴出する現象である。噴出した CME は太陽風中を伝搬し、太陽系天体の大気および磁気圏に大きな影響を与える。特に地球に到達する CME は、大規模な地磁気嵐の駆動源であることが知られており、その伝搬過程の理解は磁気嵐発生時刻の予測をめざす宇宙天気の研究において極めて重要である。太陽近傍での CME は飛翔体搭載コロナグラフによって、地球近傍での CME は飛翔体による直接測定によって、その運動が研究されてきた。惑星間空間における CME(ICME)伝搬の物理をより詳しく理解するためには、これらに加えて太陽-地球間での観測データが必要となる。これまでの研究では、数少ない探査機による直接測定または散乱光によるリモートセンシングによって、太陽-地球間における ICME の運動が個別に調べられているのに過ぎない。ICME 伝搬の一般的特性を正確に理解するには、より多くの観測に基づいた統計解析が不可欠となる。惑星間空間シンチレーション(IPS)観測は、地上の電波望遠鏡を用いた太陽風プラズマのリモートセンシングであり、長期間観測が可能であるため多数の ICME 同定とその統計解析に最適である。

本研究において申請者は、IPS 観測を用いて内部太陽圏における ICME の伝搬を多数のイベントについて調査し、ICME の運動が主に太陽風の相互作用によって生ずる drag force によって制御されるとする仮説を検証した。ここで用いたのは 1997 年から 2011 年までの期間に取得された SOHO 搭載 LASCO コロナグラフ、太陽地球環境研究所の IPS 観測、探査機搭載プラズマ測定器のデータである。これらのデータから申請者は 46 例の ICME を同定した。これらの ICME イベントについて、その初速 V_{SOHO} と背景太陽風の速度 V_{bg} の差によって高速 ICME ($V_{\text{SOHO}} - V_{\text{bg}} > 500 \text{ km s}^{-1}$)、中速 ICME ($0 \text{ km s}^{-1} \leq V_{\text{SOHO}} - V_{\text{bg}} \leq 500 \text{ km s}^{-1}$)、低速 ICME ($V_{\text{SOHO}} - V_{\text{bg}} < 0 \text{ km s}^{-1}$) に分類してそれらの運動を統計解析した結果、次のことが明らかになった: i) 太陽から遠ざかるにつれて高速 ICME は急速に減速、中速 ICME はわずかに減速、低速 ICME は加速しつつ、それらの速度は背景太陽風の速度に近づいてゆく。ii) ICME の加速および減速運動は、それぞ

れ 0.34 ± 0.03 天文単位(AU)と 0.79 ± 0.04 AU までにはほぼ終了し、ICME の速度が $479 \pm 126 \text{ km s}^{-1}$ に達した後は等速運動する。これらの結果は、drag force による ICME 運動制御の仮説を支持する。ICME の加速度 a と伝搬速度 V 、 V_{bg} の関係について drag force model と観測結果の比較から、 $0 \text{ km s}^{-1} \leq V - V_{bg} < 1000 \text{ km s}^{-1}$ の ICME の運動は係数 $\gamma_1 = 6.58 (\pm 0.23) \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ とする linear drag model $a = -\gamma_1(V - V_{bg})$ でよく説明されることを見つけた。一方で、低速 ICME の運動は係数 $\gamma_2 = 2.36 (\pm 1.13) \times 10^{-12} \text{ m}^{-1}$ とする quadratic drag model $a = -\gamma_2(V - V_{bg})|V - V_{bg}|$ でよく説明できる。また申請者は、高速 ICME と中速 ICME の運動を記述する改良版の drag force model として $a = -2.07 \times 10^{-12} (V - V_{bg})|V - V_{bg}| - 4.84 \times 10^{-6} (V - V_{bg})$ を提案した。申請者は流体力学の観点からこのモデルの物理的意味を議論し、大質量 CME ($10^{12} - 10^{13} \text{ kg}$) の運動は $0 \text{ km s}^{-1} \leq V - V_{bg} < 2300 \text{ km s}^{-1}$ の範囲では速度差に比例する hydrodynamic Stokes drag force が支配的な影響を及ぼしており、 $V - V_{bg} > 2300 \text{ km s}^{-1}$ の領域では速度差の 2 乗に比例する aerodynamic drag force の作用が卓越すると結論した。

本研究結果は、従来謎であった惑星間空間における CME の伝搬過程を明らかにしたもので、宇宙天気の高精度な予測につながる他、無衝突状態での磁化プラズマ間の相互作用について重要な知見を提供している。