

惑星間空間から星間媒質へ広がる宇宙空間プラズマ観測の最前線 Frontier of space plasma observations expanding from interplanetary space to interstellar medium

徳丸 宗利^{1*}
TOKUMARU, Munetoshi^{1*}

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所
¹ Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

太陽は超音速のプラズマ流、太陽風を吹き出すことで星間媒質の中に太陽圏 (heliosphere) と呼ばれる領域を形成している。その広がりには約 100AU にも達する。太陽圏の内部ではプラズマと電磁場の相互作用を通じて太陽風の生成、衝撃波の励起・伝搬、高エネルギー粒子の加速などの興味深い物理現象が発生することから、そこは宇宙空間プラズマの実験場として様々な観測研究が展開されてきた。その一つが、惑星間空間シンチレーション (interplanetary scintillation, IPS) を使った太陽風の遠隔測定に基づいた研究である。これまでの IPS 観測からは、太陽風のグローバルな分布が太陽活動に密接に関係しながら短期・長期の時間スケールで大きく変動することが明らかになっている (Tokumaru et al., 2013)。

現在、太陽圏の観測研究には大きな展開が起こっている。その新展開の一つは、Voyager 1,2 (V1,V2) や IBEX 探査機による太陽圏境界域の探査によってもたらされた (Gurnett et al., 2013, McComas et al., 2009)。V1 は 2004 年に終端衝撃波を 94AU で通過していたが、2012 年 8 月に 121AU で太陽圏境界面 (heliopause) に達し、星間空間へ突入した。V2 は 2007 年に 83AU で終端衝撃波を通過、目下、heliopause を目指して航行中である。一方、IBEX 衛星は高エネルギー中性原子 (ENA) の撮像観測により太陽圏をとりまく大規模なリボン構造の存在が明らかになっている。これらの観測データを解釈しようとするとき不可欠となるのが、太陽圏境界域の 3 次元構造に関する情報である。先述した IPS 観測からは内部太陽圏における太陽風のグローバルな分布が得られることから、そのデータに基づいた MHD シミュレーションにより太陽圏境界域の構造を精度よく決定することができる。この IPS 観測による太陽圏シミュレーションデータを Voyager や IBEX の研究チームに提供することで、太陽圏境界域の共同研究が進められている。

もう一つの新展開は特異な太陽活動の到来によってもたらされた。今サイクルは太陽活動が過去 100 年来の低調さであり、これに伴って太陽風密度の顕著な低下や高速風・低速風の分布が従来と異なるなどの変化が起きていることが IPS 観測から判明している (Tokumaru et al., 2009, 2010, 2012)。この事実は太陽圏境界域や惑星磁気圏への影響 (宇宙天気) に関する研究において重要である他、太陽風加速機構の謎を解く手がかりを与える。また、今回の特異な太陽活動における観測結果は、17 世紀のマウンダー極小期における地球寒冷化の謎を解明する手がかりともなる。

数年後に予想される V2 の星間媒質への到達により、太陽圏を取りまく星間プラズマ雲 (Local Interstellar Cloud) について詳細な議論が可能になるだろう。太陽圏は Local Bubble と呼ばれる低密度 (但し高 β) な領域内にあり、そのプラズマ特性についてパルサー電波観測などから議論されている (Spiegel, 2009)。今後は Local Bubble と太陽圏を一体とした領域で、探査機の直接測定と地上からの電波観測を組み合わせた宇宙空間プラズマの研究が発展しゆくであろう。

キーワード: 太陽風プラズマ, 惑星間空間シンチレーション, 太陽圏, 恒星間媒質, 太陽活動周期
Keywords: solar wind plasma, interplanetary scintillation, heliosphere, interstellar medium, solar cycle