

未解決の問題・新しい課題

西田 篤弘 [1]
[1] 宇宙研

Unsolved Issues and New Challenges

Atsuhiko Nishida[1]
[1] ISAS

- (1) Connecting magnetic fields between IMF flux ropes and their solar sources
- (2) Role of non-linear process in auroral breakup
- (3) Thermodynamics of the radiation belt
- (4) Origin of the Magnetospheric Period Oscillation on Saturn
- (5) Generation mechanism of MSTID in high latitudes

磁気圏の活動は IMF の極性に強く依存しているから、IMF 極性を太陽表面の磁場構造と結びつけることは宇宙空間天気予報の重要な要素である。擾乱源として特に重要な CME の場合、観測される IMF は太陽面活動域の arcade 状磁力線が引き延ばされて形成される flux rope の構造と多くの場合に一致する (Marubashi et al., 2015)。しかし、太陽面磁場の構造がより複雑である場合には、CME の伝搬方向がかならずしも radial ではないとか、CME が発生後に周辺からの影響で変形するとか、更に長時間のスケールでは背景をなす磁場構造が変化する (Bisoi et al., 2016) ことも考えられ、これらの状況における IMF の予測は今後の課題である。

(2) オーロラ・ブレイクアップにおける非線形過程の役割

サブストームは、「太陽風のエネルギーが昼側磁気圏境界面におけるリコネクションによって磁気圏尾部に流入し、蓄積される」 Growth phase から、「このエネルギーが尾部の磁気中性面に発生するリコネクションによって解放される」 Expansion phase へと進行する。この過程は確立されているが、オーロラで Expansion phase の開始を告げるものとされる Breakup のメカニズムについてはまだ謎が残されている。南北共役点における発生時間が必ずしも同時でないことから見て、Breakup は尾部と夜側の磁気圏で進行する大規模なプロセスそのものではなく、そのプロセスの中で局所的に発生する非線形的なプロセスに起因しているのではないだろうか (Sato et al., 1998; Morioka et al., 2013)。その場合には沿磁力線電流と電離層のカプリングが重要であろう。また、Breakup のエネルギーが供給されるのは尾部からではなく、昼間のカスプ領域からである、という simulation 結果 (Ebihara and Tanaka, 2015) も考慮する必要がある。

(3) 放射線帯の熱力学

放射線帯電子の加速機構として、keV 域の電子から発生する波動が一部の電子を共鳴的に加速して MeV 域に押し上げる、という機構 (Omura et al., 2007) が有力視されている。電子のエネルギーが自動的に高まるという過程は、一見、熱力学第 2 法則に抵触するようである。しかし、Debye sphere 内の全粒子が電場によって結ばれているとか、波動粒子相互作用の際には共鳴粒子が集団的に振る舞うという性格を持つプラズマにおいては、エントロピーが Gibbs-Boltzmann の古典的な定義によるものではなく、多項式で表現されるという理論が提起されている (Tsallis, 1988; Livadiotis and McComas, 2009)。高エネルギー電子の速度分布関数は冪型になるということである。放射線帯電子の観測データにこの理論を適用し、熱力学的な裏付けを確認することが望ましい。

(4) 土星磁気圏内に発生する准双極子磁場 (Magnetospheric Period Oscillation) の起源

土星の磁気圏には大規模な電流系が存在し、自転軸 (= 主磁場の磁軸) と直交する磁気双極子を作っている (Andrews et al., 2010)。この電流系は南半球と北半球のそれぞれにあり、回転周期が異なる、磁気圏の形状にも影響を及ぼす、などの形態は明らかにされているものの、成因についての研究は未だ乏しい。高緯度の熱圏大気中に渦運動があり、そのダイナモ作用によって発生する電流に起因するという説 (Jia et al., 2012) は興味深い。渦の発生機構をはじめ基本的な点が説明されていない。このような准双極子磁場は地球・水星はもとより木星磁気圏でも知られておらず、極めて興味深い現象である。

(5) 中規模伝搬性電離層擾乱 (MSTID) の発生機構

MSTID の伝搬は詳細に調べられているが、高緯度における発生機構に関する研究論文は意外に少ない。大気の擾乱に起因するのか、あるいはオーロラとその関連現象によって励起されるのか。最近の論文 (Frissell et al., 2016) によれば MSTID の観測頻度は成層圏大気の極渦が強い時期に高く、極渦が弱まる (同心円状の流線が崩れる) と低下する。より直接的には、周極風が東向き of 時期に高く西向き of 時期に低い。この事実は発生条件そのものであるのか、あるいは大気重力波の成層圏から電離圏への伝搬条件を表すのか。基本的な課題が残されている。