

磁気嵐に伴うジオスペース擾乱

Geospace disturbances associated with geomagnetic storms

小野 高幸[1]; 新堀 淳樹[2]; 西村 幸敏[3]

Takayuki Ono[1]; Atsuki Shinbori[2]; Yukitoshi Nishimura[3]

[1] 東北大・理; [2] 東北大・理・地球物理学; [3] 東北大・理・地球物理

[1] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Geophys. Inst., Tohoku Univ.; [3] Geophysics Sci., Tohoku Univ

磁気圏とりわけ太陽活動変動に伴う多様な変動現象を呈する Geospace は、Space Weather の視点から、放射線帯粒子の消失と加速、プラズマ密度構造の変動、電離圏・磁気圏間の物質輸送、環電流の発達に伴う汎世界的な地磁気変動等に強い影響を与える重要な領域である。Geospace はまた、宇宙プラズマの基礎物理過程にとっては実験場として粒子加速、波動粒子相互作用などの素過程研究にとってかけがえのない実験場でもある。ここでは、近年の Geospace 観測結果の内、特に SC や磁気嵐に関わる次の 4 トピックスを紹介しつつ、今後の研究の展望をみたい。

(i) SC の発生と伝搬

SC は太陽風擾乱に対する Geospace の応答を理解する上で有用な現象として位置づけられる。15 年を超えるあけぼの衛星観測結果中に見いだされる SC 応答を解析することから、Geospace 全領域において SC に 1 対 1 対応を持ったプラズマ擾乱がとらえられている。赤道域においては、約 400km/s の伝搬速度を持ち、極域電離圏では約 50km/s の速度を持っている。このことはプラズマ圏内イオンの観測例や、地上観測での観測事実とも照合する結果となっている。また SC に伴い、極域では SC 開始後約 5 分の短時間内に AKR の発達あるいは発生が見いだされ、サブストームと等価の磁気圏現象が発生していることが示されている。また SC に伴い、プラズマ圏内に、一時的に西向きの数 10mV/m の電場が発生していること。

(ii) 磁気嵐中の電離圏 - 磁気圏結合

これまで、プラズマポーズ形成理論を基に考えられてきた Geospace プラズマ分布は、磁気嵐中に引き起こされる特異なプラズマ分布である、プラズマ圏構造の崩壊現象やロバの耳現象が指摘されるに至り、再検討を要する段階にある。特に Major Storm の主相においては、高度 6000-10000km のトラフ領域においてプラズマ密度が通常の 10-100 倍にも増大する事実が明らかにされており、Geospace 背景プラズマ密度は、波動粒子相互作用を通じての粒子加速あるいは散逸における役割の観点からも重要な研究課題となっている。

(iii) 内部磁気圏電場の応答

Geospace プラズマダイナミックスの解明の鍵を握るパラメータとして、Storm 中の電場は重要な役割を持っている。あけぼの衛星による電場観測では、上に示された SC に伴う特異な電場形成の他に、主相において L=2-4 付近に数 mV/m を越える朝-夕方向の電場が配位することが見いだされた。これまでも夕方側で同様の電場の報告例はあるが、朝方における観測結果とも整合性し、Geospace 全体を支配する現象であることが解ってきた。

放射線帯電子加速

相対論的粒子による放射線帯の形成と消滅過程は、1970 年代の研究成果から理解されてきた。しかし 1990 年代に入り Akebono 衛星 CRRES 衛星などによる詳細な衛星観測結果が公表されるに至り、放射線帯は従来考えられてきた以上に活動的で、磁気嵐の発達と回復に伴って放射線帯粒子はいったん消失後、回復する過程で磁気嵐以前の状態を越える flux にまで成長する様相が示された。特に再構成の物理過程は動径方向拡散、再循環、波動粒子相互作用によるエネルギー拡散などが提唱されている。これらは放射線帯形成の外部要因説と内部加速説に分かれるが、現在なおこれらの寄与・役割分担についての定量的な理解には至っていない。

Geospace の太陽活動変動に対する応答の研究は、特に Space Weather としての重要性から、今後は、磁気嵐の解明に向けての地上観測、衛星観測、理論・シミュレーションを通じて新たなモデルを構築する方向に向かう必要があると考えられる。詳細にわたる観測事実の理解を通じて新しい Geospace のパラダイムを構築する事を目指したい