

宇宙地球電磁気学 電磁気学で観る太陽地球系 -宇宙天気から地震まで-

スタッフ

教授

吉川 顕正

准教授

河野 英昭

今日、人類の宇宙空間利用は着実に進められてきており、私たちの生活に身近なものとなりつつあります。例えば、地球近傍の宇宙空間(宙空領域)における様々な人工衛星の運用は通信・情報化社会における基盤的な役割を担っています。同時にこの領域は太陽活動によって磁気嵐が発生し、高エネルギー粒子による放射線帯が形成される領域であり、宇宙機や生体にとって非常に過酷な環境です。このような宙空環境の変化(宇宙天気)を的確に把握、さらには予測・予報することは多くの研究者にとっての関心事であり、また社会からも大いに期待されていることです。

宇宙天気現象の多くは惑星規模の空間スケールで生じる電磁気学的現象です。それらを正しく捉え、理解すべく当研究分野では“観測・解析・理論”に基づく総合的な視点から研究を行っています。具体的には以下のような現象について研究を行っています。

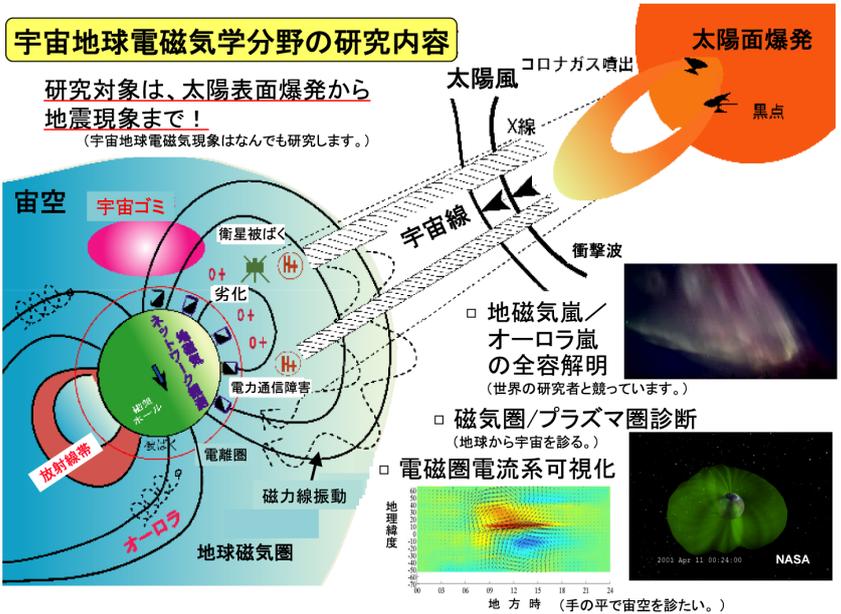


図1. 太陽地球システムにおける宇宙地球電磁気学分野

(1) オーロラ嵐

オーロラ嵐とは夜側の高緯度帯においてオーロラが急激に輝き出す現象です。この現象は、夜側地球磁気圏尾部に蓄えられた太陽風起源のプラズマ粒子が、何らかの理由で突然解放され、極域の高層大気における酸素・窒素の原子・分子と衝突することにより生じる発光です。しかしながら、何が最終的な引き金(トリガー)となってオーロラ嵐が始まるのか、その発生機構については長年の研究にも関わらずほとんどわかっていません。そのため、オーロラ嵐の発生メカニズム解明は“磁気圏物理最大の問題”とされています。私たちはオーロラ嵐開始時に汎世界的に観測される磁気波動現象(Pi2型地磁気脈動)の生成・伝搬特性を調べ、オーロラ嵐の監視・原因解明に取り組んでいます。

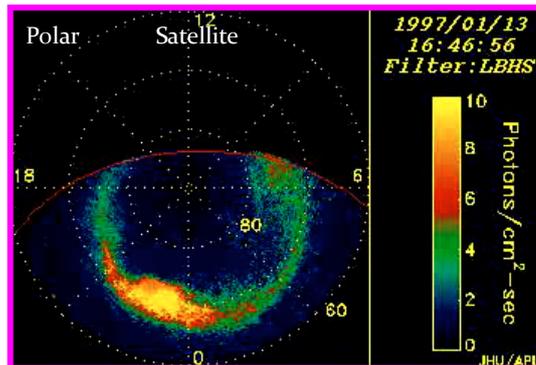


図2. 人工衛星からのオーロラ画像. 宇宙空間から地球の極域を観たところ

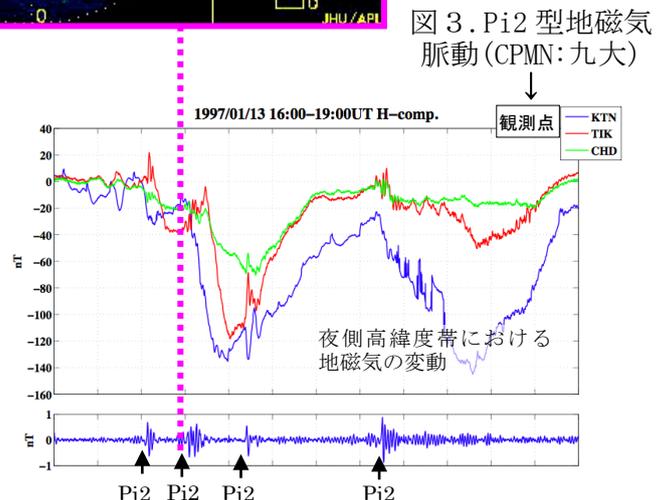


図3. Pi2型地磁気脈動(CPMN:九大)

(2) プラズマ圏診断

電磁流体力学に基づき、地球近傍の宇宙空間(プラズマ圏; 図4)におけるプラズマ密度を地上磁場(磁力計で観測)や電離圏プラズマ速度(地上レーダーで観測)から推定する研究を行っています。これら地上観測データと宇宙空間で衛星観測されたデータを組み合わせることで、より精度の高いリモート観測手法の確立を目指しています。このような研究を発展させることは宇宙空間におけるプラズマ環境の監視やその変動を支配している物理解明に大変役立ちます。

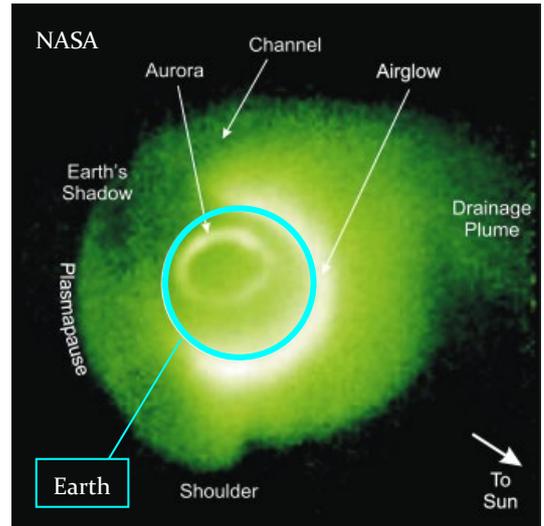


図4. Image衛星によるプラズマ圏の撮像。

(3) 大規模電離圏電流系

地上約100kmの高層大気(電離圏)では、中性大気の循環運動とプラズマの運動が相互に作用し、大規模な電流系(Sq電流系と赤道ジェット電流)が生成されます(図5)。従って電離圏電流の研究は様々な宇宙天気現象と密接に関係しているばかりではなく、高層大気運動の問題としても重要です。最近の研究では、下層大気(対流圏や成層圏)で生じた大気波動が高層大気(電離圏)におけるプラズマの分布を決める重要な要因であるということがいわれています。研究室では大規模電離圏電流系に見られる上層からの影響(太陽からの光エネルギー及び電磁エネルギー侵入過程)と下層からの影響を正しく評価し、高層大気の長期的気候変動を調べる研究を行っています。

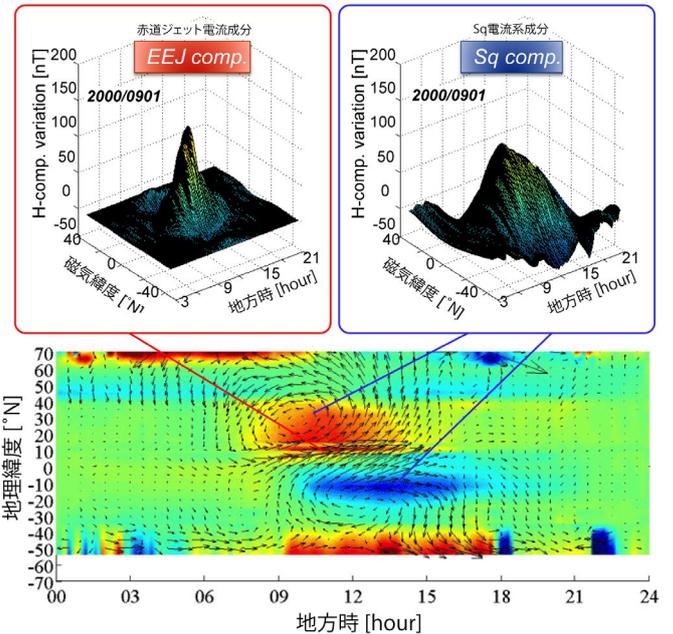


図5. 大規模電離圏電流系の可視化

(4) 地震電磁気学現象

これは宇宙天気研究以外で本研究室が取り組んでいる研究課題の一つです。近年、地震に伴った前兆現象として、電磁気学的現象が数多く報告されています。たとえば、地磁気・地電位差変動、震源域上空の電離圏変動による電波の伝播異常などの現象が確認されています。そのなかでもULF波動の異常変動については、比較的信頼のある結果が得られており“地震予知”の観点から大変注目を集めています。地上で観測されるULF波動は太陽風を起源とし、その伝播過程において磁気圏・電離圏・地圏の影響を受けます。そこで、地震前後で観測されたULF波動を地球内部起源の成分と太陽起源の成分とに正しく分離し、それが実際に地震と関係しているかどうかを調べる解析研究を行っています。

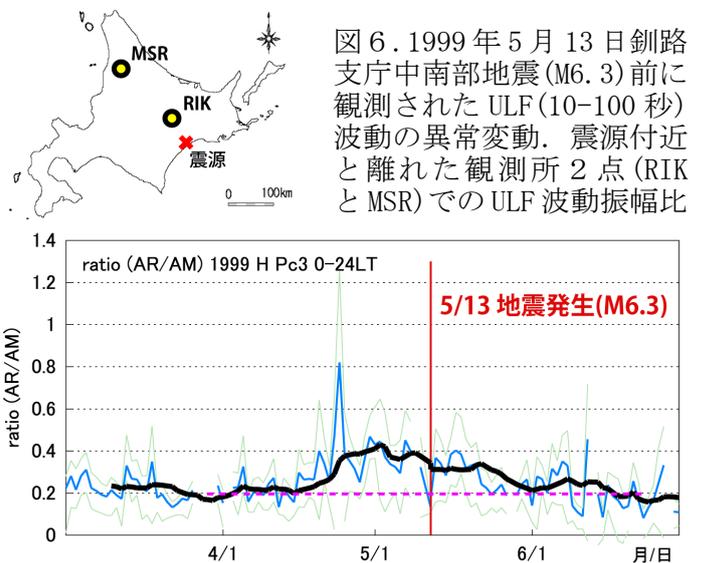


図6. 1999年5月13日釧路支庁中南部地震(M6.3)前に観測されたULF(10-100秒)波動の異常変動. 震源付近と離れた観測所2点(RIKとMSR)でのULF波動振幅比