

新任教員紹介

航空宇宙学科航空宇宙学専攻・教授 三宅 互

略歴

- 1958.2 神戸市生まれ
- 1981.3 東北大学理学部天文及び地球物理学科第2卒業
- 1986.4 郵政省電波研究所入所
- 1988.3 東北大学大学院理学研究科博士後期課程修了
- 2007.4 現職

担当科目

宇宙電磁気学、大気圏科学、航空宇宙応用実験（共担）、応用力学及び演習（共担）、宇宙電磁力学特論、太陽惑星環境科学特論



研究活動内容

衛星搭載プラズマ計測機器の開発

宇宙空間はプラズマで満たされた世界であり、そこで生じるさまざまな電磁現象の理解にはプラズマの動態の観測研究が不可欠である。宇宙空間プラズマの観測には、電磁波によるリモート計測手法も存在するが、観測対象は非常に希薄なため、そこから得られる情報は、いろいろな面で「荒く」、制限が多い。人工衛星の誕生以来50年にわたり、地球周辺の宇宙空間の探査が行われ、衛星搭載計測機器による直接 (in-situ) 計測により、その理解は飛躍的に進んだ。

地球周辺の宇宙空間が実利用の時代を迎つつある一方で、人類は直接計測による探査の対象を、太陽系空間、他の惑星へと拡大している。筆者自身が取り組んだのも、L5点（地球、太陽からともに1AUの距離のラグランジュ第5点。）に展開を想定した太陽風プラズマ計測器の基礎開発であり、現在取り組んでいるのも、日欧共同水星探査機のイオン計測機器の基本設計であり、いずれも深宇宙ミッション用である。ここでは、上述のL5点での太陽風計測器について紹介する。

プラズマ計測法としては、ラングミュアプローブやファラデーカップ(Retarding Potential Analyzer)などの、あるエネルギー以上の荷電粒子流の電流を計測する積分法もあるが、筆者らが取り組んできたのは、ある狭いエネルギー範囲を取り出すエネルギー分析（微分）型である。この型としては大きく分類して、(I) E/q （エネルギー／電荷）を計測する静電分析器、(II) P/q （運動量／電荷）を計測する磁界分析器、(III) v （速度）を計測するTOF(Time Of Flight)法がある。

ここで紹介するのは (I) の静電分析器で、これは、衛星周辺の荷電粒子を分析器に取り込み、静電界中を飛翔させ、検出器に到達する粒子軌道（固定）と印加した静電界（可変）との関係から粒子の E/q を知るものである。図1 (a)には代表的な静電分析器であるTop-Hat型の断面図を示した。2つの曲板とその間に

けられた電位により生じる軌道の曲率が一致したもののみ、出口へと到達し、そこに置かれた検出器で検出される。この型は 2π の視野を実現したが、プラズマの3次元速度分布を得るには、衛星スピンなどを利用して視野の向きを変えてやる必要がある。

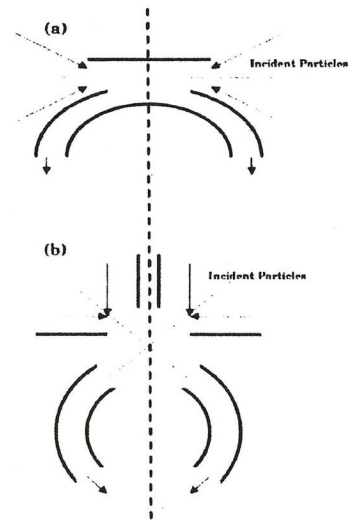


図1、(a)Top-Hat型と(b)本研究の型の分析器概念図。縦の破線を軸として円柱対称形である。

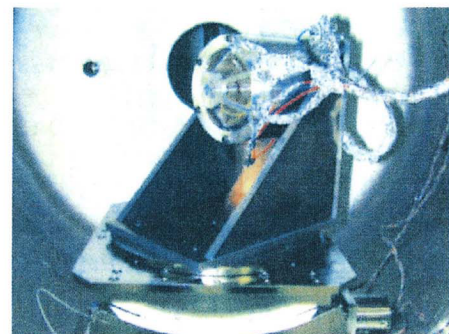


図2、較正試験用チャンバー内に設置された分析器

L5点での観測では、太陽などの撮像観測が主要なミッションとなるため、衛星は3軸制御を前提とし、スピンをしない。このため筆者らは、(b)のような形状とし、さらに分析器の入口に静電偏向電極を配することで、静電的に視野を振り、 2π strの視野を確保することとした(1)(2)。図2にはそのような分析器の試作品の室内試験の写真を示す。この分析器は、ほぼ設計通りの性能であることが確認されている。

参考文献

- 1) **W. Miyake** and Y. Kazama, Solar wind plasma instrument for the L5 mission, *J. Commun. Res. Lab.*, vol. 49, no. 4, 27-45, 2002.
- 2) **W. Miyake** and A. Yamazaki, Calibration experiment of all-sky electrostatic analyzer, *J. NICT*, vol. 51, 177-191, 2004.

宇宙環境実時間モニタリング・予測システムの開発

衛星による通信、放送、測位などは、今日の社会活動・経済活動にとって不可欠なものとなっている。また、国際宇宙ステーションの利用などによる有人宇宙活動が活発になり、一般人の有人宇宙旅行も夢ではなくなっている。宇宙における放射線環境の変動をはじめとする太陽活動に起因する宇宙環境の変動、その社会インフラへの影響(放射線被爆や表面・深部帯電による衛星異常、電離圏擾乱による電波伝搬障害等)を総称してSpace Weather(宇宙天気)と呼ばれている。

人類の社会活動・経済活動への悪影響を軽減する「減災」を目的として、宇宙環境の変動を監視・予測するシステムの開発が、近年、宇宙先進国を中心に進められている。宇宙環境の変動の監視には、太陽から地球超高層大気までの広大な空間における様々な観測データが実時間で必要であり、新たな観測装置の開発から、衛星/地上観測点の展開、データ収集網の構築、高次処理の高速アルゴリズムの開発など、多くの課題を個々の観測対象について、克服していく必要がある。

前述したL5点での太陽定点観測では、地球から見て東側経度 60° に位置する利点から、(I) 太陽活動領域の先行監視(太陽の自転により裏側の活動領域が地球から見えるようになる約4日前にL5点では見える)。

(II) 地球に向かって飛翔するCME(Coronal Mass Ejection:磁気嵐や放射線増大の元凶)の撮像(地球から見ると太陽地球間にある物の位置などの詳細は分かりにくい、太陽地球間の側面からみれば、一目瞭然)

(III) 太陽とともに共回転する惑星間空間構造の先行監視((I)と同様に地球で変動が起こる約4日前に分かる)、が可能になると期待されている。

筆者らはこのうち(III)について、惑星間空間を飛翔した火星探査機「のぞみ」のデータを用いて、L5点での観測からどの程度の精度で地球での太陽風変動の予測が可能であるかを、定量的に検討した。その結果は、地球で観測される太陽風速度(通常は $300\sim 800$ km/s程度)がおよそ80%の確率で ± 100 km/s以内の誤差で予測可能であることがわかった(3)。

また、衛星測位の誤差要因となる電離圏全電子数(TEC)の日本上空における実時間導出アルゴリズムを開発し、全電子数変動監視システム(4)を構築してwebで公開した(<http://wdc.nict.go.jp/IONO/>)。図3にその2次元マップを示す。緯度・経度で $2^\circ \times 2^\circ$ のメッシュ内では一様性を仮定している。

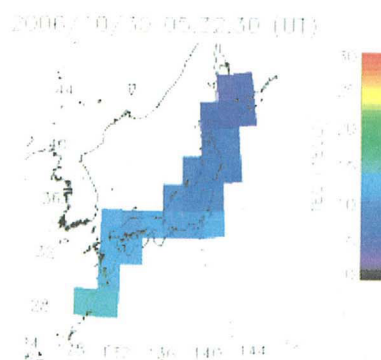


図3、実時間処理・表示された日本上空のTEC

参考文献

- 3) **W. Miyake**, Y. Saito, H. Hayakawa, and A. Matsuoka, On the correlation of the solar wind observed at the L5 point and at the earth, *Adv. Space Res.*, Vol. 36, 2328-2332, 2005.
- 4) **W. Miyake**, Prompt derivation of TEC from GEONET data for space weather monitoring in Japan, *J. Atom. Sol. Ter. Phys.*, vol. 69, 803-816, 2007.

衛星観測データによる宇宙空間プラズマ諸現象の研究

オーロラ帯には、磁気圏からのエネルギーが集中して降下しており、さまざまなプラズマ現象が生起している。そのうち注目すべきは、粒子加速であり、特に電離圏イオンの加速・加熱・流出現象は、ここ20年くらいにわたって精力的に研究されてきた。

極域における粒子加速としては、磁力線平行電場による加速機構が有名であるが、磁力線垂直方向の加速・加熱も多くみられる。これは、プラズマ波動のエネルギーの吸収として説明がなされるが、問題はその波動のエネルギー源である。通常のオーロラ活動においては、DC的な沿磁力線電流がそのエネルギーの供給を担っているが、イオンの磁力線垂直加速・加熱においては沿磁力線電流との相関は乏しい。

そこで磁力線方向に伝搬し、エネルギーを伝えうる低周波の磁気流体波(Alfvén waves)が注目されてきた。第12号科学衛星「あけぼの」のイオン計測器と電場計測器のデータの解析から、低周波の波動エネルギーとイオン加速・加熱に関する著しい相関が見出され、その定量的な高度変化についてもモデル計算からの予測とよく一致することが分かった(5)(6)。

この磁気流体波の極域上空での役割については、沿磁力線電子加速やオーロラの微細構造の成因など、近年、特に注目されてきているところであるが、イオンの垂直加速・加熱について、そのエネルギー源となっていることが明らかとなった。

参考文献

- 5) **W. Miyake**, A. Matsuoka, and Y. Hirano, A statistical survey of low-frequency electric-field fluctuations around the dayside cusp/cleft region, *J. Geophys. Res.*, 108(A1), 1008, doi:10.1029/2002JA009265, 2003.
- 6) **W. Miyake**, A. Matsuoka, and T. Mukai, Relationship between low-frequency electric-field fluctuations and ion conics around the cusp/cleft region, *Ann. Geophys.*, vol. 24, 667-677, 2006.