

## II -2-b-31

## 赤外線モニター観測装置による赤外線天体の観測

名誉教授	奥田治之	教授	村上 浩	客員教授	芝井 広
教授	中川貴雄	助教授	松原英雄	研究支援推進員	成田正直
金沢大・理	村上敏夫	金沢大・理	米徳大輔	国立天文台	小林行泰

2003年度は、赤外線モニター観測装置（口径1.3m反射望遠鏡）を、ガンマ線バーストのアフターグロー観測に用いるために必要な改修を完了し、ガンマ線バースト観測を開始した。

## II -2-b-32

## 北黄極領域の多波長サーベイ観測による銀河・銀河団進化の研究

教授	中川貴雄	助教授	松原英雄	助手	和田武彦
助手	松浦周二	客員外国人研究員	C.P. Pearson	宇宙利用推進本部	度會英教
大学院学生	金 宇征	大学院学生	藤代尚文	大学院学生	今井弘二
国立天文台	有本信雄	国立天文台	児玉忠恭	岩手大・人文	花見仁史
東大・理	大内正己	東大・理	大藪進喜	東北大・理	田中 壱
ソウル大	H.M. Lee	ソウル大	D.C. Kim	韓国天文台	S.J. Pak
ケント大	高木俊暢	ケント大	S. Serjeant	ケント大	G. White
				ハワイ大	P. Henry

銀河の誕生とその進化、銀河団の形成とその進化、そして大規模構造形成の歴史の解明を目標として、可視光・近赤外線から電波にわたって連携した多波長広域サーベイ観測プロジェクトを開始した。2003年度は、国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡を用いて、北黄極付近の28分×34分の領域にわたり、可視光4バンド (B,R,i,z') での非常に深い撮像サーベイ観測を実施した。またこの領域では、2005年の打ち上げを目指すわが国の赤外天文衛星ASTRO-Fにより近～遠赤外ディープサーベイを行う予定である。

## c. 宇宙プラズマ研究系

## II -2-c-1

## 内部プラズマ圏の電子温度モデル

教授	小山孝一郎	ブルガリア・地球物理研究所	I. Kutiev	助教授	阿部琢美
----	-------	---------------	-----------	-----	------

1989年に打ち上げられた「あけぼの」により蓄積されつつある電子温度データを用いて磁力線に沿う高度8000kmまでのモデルがつくられた。

## II -2-c-2

## 極域電離圏からのプラズマ流出に関する研究

助教授	阿部琢美	カルガリー大学	A.W. Yau	北大・理	渡部重十
				通信総研	佐川永一

1960年代後半に初めて提唱された極域電離圏からのプラズマ流出（ポーラーウインド）は、「あけぼの」によって本格的に観測されるようになった。最近の統計的解析結果としてイオン加速の太陽活動度依存性が低高度（<4000km）と高高度（>5000km）で異なることが示された。この結果はイオン加速のプロセスが高度によって異なることを示している。

## II -2-c-3

## 磁気嵐に伴うプラズマ圏熱電子の加熱に関する研究

助教授 阿部琢美 共同研究学生 中島桂子

内部プラズマ圏 (L=1.5-2.0) における電子温度変動に着目し、磁気嵐の各位相に伴って熱的電子温度の分布がどのように変化するのか、について研究を行なっている。温度分布の変化は熱エネルギーの流れを直接反映するため、外部・内部境界との熱収支を考える上で重要なデータを提供している。

## II -2-c-4

## 「あけぼの」(EXOS-D) によるオーロラ粒子観測

教授	向井利典	京大・理	町田 忍	通信総研	小原隆博
助教授	齋藤義文	神戸大	賀谷信幸	通信総研	佐川永一
通信総研	三宅 互	客員助教授	平原聖文	極地研	江尻全機
		極地研	山岸久雄	極地研	宮岡 宏

1989年(平成元年)2月22日に打ち上げられた「あけぼの」には、オーロラ粒子の加速機構の解明を主たる目的とした低エネルギー粒子観測器(LEP)が搭載されている。LEPの主要機能は、電子(10eV~16keV)及びイオン(13eV/e~20keV/e)のエネルギー・ピッチ角分布を測定し、イオンについてはその質量分析を行うことである。また、波動、粒子相互作用の研究の為、粒子フラックスのHF及びVLF帯における変動スペクトルの計測も行う。現在まで、観測器の機能は全て順調で磁気圏物理に関する幾つかの新しい知見が得られているが、なかでもカスプの粒子降下現象に関する物理機構、電離層起源のイオン加速機構、極冠域の粒子降下と磁気圏構造、沿磁力線電流の担体荷電粒子の同定について大変興味ある結果が得られている。

## II -2-c-5

## 「あけぼの」による極域現象の研究

助教授	早川 基	名誉教授	西田篤弘	教授	向井利典
本部長	鶴田浩一郎	通信総研	小原隆博	教授	中村正人
		助教授	齋藤義文	助手	松岡彩子

1989年2月打ち上げ以来、「あけぼの」は順調に飛行を続けている。我々は、電場計測器、プラズマ粒子計測器を搭載し観測を実行すると同時に衛星の運用、観測データの処理に関するマネジメントを担当している。現在研究が進められている主な研究課題に以下のものがある。

- ・極冠域の対流電場の太陽風磁場依存性に関する研究
- ・午後側サブオーロラ帯の高速流の研究
- ・オーロラ帯上空で見られる磁場に平行な電場による粒子加速の研究
- ・降下イオンと大規模対流の関係に関する研究
- ・オーロラ粒子加速域と磁気圏構造に関する研究

1992年度には「GEOTAIL」が打ち上げられ「あけぼの」との同時観測も可能となった。「GEOTAIL」は磁気圏尾部の現象の発生源近くで観測し、一方「あけぼの」は極域現象として磁気圏の下端での観測を行うことによって磁気圏の理解を一層進めることが出来る。

## II -2-c-6

## 「あけぼの」電場データの評価と経年変化

助手	松岡彩子	助教授	早川 基	本部長	鶴田浩一郎
				富山県立大学・工	岡田敏美

「あけぼの」には電場を計測する目的で30m長のアンテナを用いた2対のダブルプローブが搭載されている。科学目的の観測を精度良く行なうためには、較正係数であるGainとOffsetを精度良く求める必要がある。「あけぼの」

は打ち上げ後14年経過しているが、飛翔中のデータを用いて較正係数の計算を行なったところ、較正係数が経年変化し、科学観測に大きな影響を与えていることがわかった。時間の経過と共に、Gainは劣化しOffsetの絶対値は大きくなっていった。原因は、電気回路部が放射線を受けて部品の特性が変化したためであると推定される。

### II -2-c-7

#### 「GEOTAIL」による磁気圏プラズマの観測

教授 向井利典 京大・理 町田 忍 助教授 齋藤義文  
客員教授 星野真弘 客員助教授 平原聖文 東大・理 寺沢敏夫

「GEOTAIL」に搭載されている低エネルギー粒子観測装置（LEP）は、初期観測で素晴らしい結果を見せた直後に電子回路の一部がラッチアップするという不慮の事故のために観測不能の状態が続いていたが、1993年（平成5年）9月1日に行われた特殊オペレーションによって回復し、9月中旬から観測を再開した。その後、磁気圏尾部及びその境界面、磁気圏前面の境界層、衝撃波、磁気シース領域、上流の太陽風におけるプラズマ観測から多くの新しい現象が発見され、同衛星に搭載されている他の観測装置をはじめ、他衛星/地上観測との同時観測による共同研究が行われている。所内教官が中心になって行った研究概要は他項にも述べられているが、その他に特記すべき研究項目を挙げると、例えばプラズマシート境界層近傍のプラズマ波動現象、昼間側の低緯度境界層、磁気圏境界面における磁力線再結合過程、上流の湾型衝撃波、等の研究が本プラズマ観測データを用いて行われている。

### II -2-c-8

#### 磁気圏尾部電流の研究

教授 向井利典 助教授 齋藤義文  
オーストリア宇宙科学研究所 浅野芳洋

磁気圏尾部において、朝方から夕方側に尾部を横切る電流が磁気中性面に流れていることは磁場観測の結果から明らかであるが、「GEOTAIL」による電子とイオンの速度差から求めることを試みている。ローブ磁場の観測結果はシート面全部にわたる全電流を示しているのに対し、後者は局所的な電流であるので、その比から電流層の厚みを評価した結果、磁気圏サブストームの発生時に尾部の電流層が局所的に薄くなり、電流密度が異常に高くなり、不安定が発生するという理論的な推定を観測的に実証することに成功した。これらの結果は、電子とイオンの速度差に起因するホール効果が重要な役割を果たしていることを示している。

また、磁気リコネクション領域近傍でのホール電流の直接同定に世界で初めて成功し、その電流構造の詳細を明らかにした。

### II -2-c-9

#### 地球近傍プラズマシート中の物質およびエネルギー輸送

教授 前澤 洸 APL 堀 智昭 教授 向井利典  
助教授 齋藤義文

磁気圏尾部プラズマシートは、サブストーム時に大量のエネルギーが放出される場所であり、また、オーロラ粒子の粒子源として重要な場所である。しかしながら、太陽風から具体的にどのような道筋でエネルギーや粒子が流入し、またそのうちのどれだけの部分が再び他の領域に放出されるのか明確になっていない。我々は、「GEOTAIL」によって観測されたプラズマシートプラズマの速度、密度、温度、電磁エネルギー束（ポインティングフラックス）のデータから、平均的な質量、運動エネルギー、熱エネルギー、磁場エネルギーの輸送量の空間マップを作成することにより、定量的にそれぞれの輸送量と輸送経路を見積った。それによると、近地球プラズマシートへの質量輸送で重要なのは、遠方テイルで流入したプラズマの地球向き輸送であり、エネルギー輸送で重要な役割を果たしているのは、高緯度テイル（テイルローブ）からの電磁エネルギー束であることがわかった。ひきつづきサブストーム時と非サブストーム時に分けた統計を行ない、全体像の把握を目指している。

## II -2-c-10

## 地球プラズマシートに出現する高エネルギー粒子とサブストームの関連

教授 前澤 洸 APL 堀 智昭 教授 向井利典  
 助教授 齋藤義文

地球プラズマシート中で高エネルギー粒子束が急激に増大するイベントがしばしばあることが知られている。我々は「GEOTAIL」の観測によって、このようなイベントがエネルギー分散を伴って出現する例と、伴わない例の2つに分類できることを見出した。エネルギー分散を伴う例は、粒子が加速された領域が衛星から遠いために、観測地点まで粒子がドリフトしてくる時間にエネルギー依存性が生じたためと解釈できる。エネルギー分散の値から加速領域までの距離を求めることができ、また加速された時刻も同時に求めることができるから、時刻と場所が直接求められる。このような観点から、「GEOTAIL」で観測された粒子イベントの出現位置、出現時刻、エネルギー分散を統計的に調べ、非常に首尾一貫した描像を得た。

## II -2-c-11

## 科学衛星による宇宙空間探査とデータ解析

客員教授 松本 紘 教授 向井利典

「GEOTAIL」に搭載された「プラズマ波動観測装置」の主任研究員 (PI) として、わが国や米国IOWA大学の共同研究者を取りまとめる一方、「GEOTAIL」から伝送される宇宙プラズマ波動のデータ解析を担当している。波動データと他の機器の情報を組み合わせ、磁気圏尾部のマイクロ物理の研究を行う。また、「のぞみ」のプラズマ波動受信機の開発及びそれによる火星プラズマ圏のマイクロプロセスの研究を行う。

## II -2-c-12

## 「GEOTAIL」のダブルプローブ電場計測器データの評価

助教授 早川 基 助教授 笠羽康正 助手 松岡彩子  
 教授 向井利典 本部長 鶴田浩一郎 助教授 齋藤義文  
 富山県立大・工 石坂圭吾 京大・理 町田 忍

ダブルプローブ法は、飛翔体から伸展した1対のアンテナのそれぞれの先端における電位の差を測ることにより電場を計測する手法である。現在運用中の衛星では、「GEOTAIL」及び「あけぼの」においてこの方法を用いた電場計測を行っている。「あけぼの」の観測領域のように数十個/ccのプラズマ密度を持つ空間においては、プローブの周囲にできるシース（電子雲）のサイズがアンテナ長に比べて十分に小さいため、比較的簡単な手法によって測定値を較正することが出来る。一方「GEOTAIL」の観測領域である磁気圏遠尾部や磁気圏を取り囲む太陽風領域等の0.1~10個/cc程度のプラズマ密度を持つ空間では、実際の電場からの計測値のずれはシースを形成する電子の振る舞いにより大きく左右される。「GEOTAIL」に搭載されたダブルプローブのデータを、同じく「GEOTAIL」に搭載されている磁場計測器・粒子計測器のデータから計算される $-V \times B$ 電場と比較することにより、シース中の電子が計測に与える影響について研究を行っている。

## II -2-c-13

## 「GEOTAIL」搭載電子ブーメラン法による電場計測

助教授 早川 基 本部長 鶴田浩一郎 教授 中村正人  
 名大・STE研 家田章正

「GEOTAIL」には我々が開発した電子ブーメラン法による電場計測器が搭載されている。この方法は現在のところ宇宙空間内の大部分の場所で最も精度良く電場を測定できると考えられている。「GEOTAIL」が近地点付近 (~ 9 Re) にいる時に電子ブーメラン法による電場計測器を運用する事により、地球近傍における電場の低周波変動成分に関しての研究を行っている。

## II -2-c-14

## 「GEOTAIL」による地球磁気圏尾部磁気衝撃波の研究

助教授 齋藤義文 教授 向井利典 京大・理 町田 忍  
東大・理 寺沢敏夫 名誉教授 西田篤弘

地球磁気圏尾部において磁気リコネクションが起き、X-typeの磁気中性線が存在する場合、X-typeの磁気中性線を囲むプラズマシートとロープの境界はslow-mode shockとなることが理論的に予測されていたが、これまでの磁気圏尾部探査衛星「GEOTAIL」の観測によって地球磁気圏遠尾部のプラズマシートとロープの境界がslow shockになっている場合のあることが観測的にも確認された。「GEOTAIL」は運用初期の地球磁気圏遠尾部を観測する軌道から、地球磁気圏近尾部を観測する軌道に入りこれまでに約9年間の地球磁気圏近尾部のデータが得られている。この期間のデータを解析することによって地球磁気圏近尾部のプラズマシートとロープの境界もslow-mode shockとなる場合のあることがわかった。更に、プラズマシートとロープのslow shock境界ではX-typeの磁気中性線周囲の構造及びslow-mode shockの分布を反映していると考えられる、2種類のイオンビームが同時に観測された。

## II -2-c-15

## 「GEOTAIL」による磁気圏の構造と圧力平衡の研究

助手 松岡彩子 教授 向井利典

衛星観測によって、磁気圏尾部における全圧（プラズマ圧と磁気圧の和）は、地球からの距離と太陽風の状況に大きく依存することが知られている。磁気圏のダイナミクスを研究する上では、全圧の空間的な分布ならびに時間的変動について理解を深めることが必要である。「GEOTAIL」のデータを使って地球からの距離が30Reから220Re（Reは地球半径）における磁気圏内の全圧を統計的に解析した。その結果、150Reより近くにおいては、地球からの距離の効果を除けば、全圧は主に太陽風の動圧に依存するのに対し、150Reより遠くでは全圧が太陽風の静圧とほぼ等しくなることがわかった。

## II -2-c-16

## 「GEOTAIL」による磁気圏遠尾部領域を伝播する大振幅圧縮波の研究

助手 松岡彩子 教授 向井利典

磁気圏のダイナミクスを理解する上では、磁気圏内の電場・磁場・圧力の時間変化について理解を深めることが重要である。磁気圏遠尾部領域における全圧は、太陽風の静圧とつりあっていることが明らかになっているが、サブストームなどの磁気圏内で起こる擾乱によってこのつりあいが破られる事例が見つかっている。例えば、近地球領域において発生したプラズモイドが遠尾部領域まで伝播すると周囲のロープ領域を圧縮するために全圧が太陽風の静圧に比べて上昇する。この時の電場・磁場の変化を調べ、Fast modeの磁気流体波によって生じる変化と一致することが示された。

## II -2-c-17

## 地球磁気圏境界面近傍での地磁場脈動現象に伴う低温多成分イオンの観測と太陽風パラメータとの相関に関する研究

客員助教授 平原聖文 名古屋大・STEL 関華奈子 助教授 齋藤義文  
教授 向井利典

「GEOTAIL」では従来観測出来なかったエネルギーの低い熱的イオンが、地磁気脈動現象により大きな速度成分を持つ事で、「GEOTAIL」のプラズマ観測器でたびたび検出されている。これらはしばしば明確な多成分エネルギー分布を呈し、これらは、太陽風起源のプロトン以外に電離圏起源であることを示す酸素やヘリウムのイオンの混合イオンであることが分かってきた。一般に、これらの熱的イオンのエネルギーは搭載用プラズマ分析器のエネルギー範囲や衛星電位よりも低く測定は困難であるが、太陽風と磁気圏の相互作用により、磁気圏境界面で励起され内部磁気圏まで伝播する長周期磁力線振動運動により、衛星静止系ではプラズマバルク速度が数十km/sになる

為、検出エネルギー下限を越えて観測されるという現象として解釈される。2000年の太陽活動極大期以前の1996～1998年ではまだ太陽活動がそれほど活発ではなく電離圏からのイオン流出も少ない為、このような多成分イオンの観測頻度は非常に限られていたが、1999、2000年と太陽活動度が増大すると観測頻度が高くなり、磁気圏への電離圏プラズマの供給が増加したと解釈される。しかも月別に太陽風パラメータと比較すると、太陽風速度と電離圏起源の熱イオンの観測頻度が相関関係にあるという傾向が最近の統計的研究により示されつつある。今後の「GEO-TAIL」による長期観測は、このような太陽活動度・太陽風パラメータと磁気圏プラズマの供給過程の明確な相関関係を、より明らかにしていくと期待される。

### II-2-c-18

#### 「のぞみ」搭載磁力計データの評価と解析

助手 松岡彩子 「のぞみ」 MGF班

1998年7月に打ち上げられた「のぞみ」には、火星における太陽風と上層大気の相互作用を解明する上で重要な磁場データを取得する目的で3軸フラックスゲート磁力計が搭載されている。「のぞみ」の打ち上げ後より断続的に磁力計による磁場観測を行い、良好なデータを取得している。「のぞみ」は火星軌道投入までの5年余り、地球軌道と火星軌道の間の惑星間空間を観測するが、この間は基本的に連続して磁場データを取得する予定である。このデータをもとに磁力計の各軸のアライメントを算出し、磁場データを絶対系へ変換するための基礎パラメータを得る。また、「のぞみ」磁力計は弱磁場計測を目的としており、探査機本体による磁場干渉に対しては打ち上げ前に様々な対策を行っているが、特に伸展マストを収納している状態ではある程度の磁場干渉は避けることができない。この磁場干渉の影響を正確に算出し、宇宙空間の磁場成分のみを抽出する手法を確立する。

### II-2-c-19

#### 「のぞみ」搭載PSA-ISA（イオンエネルギー分析器）による太陽風の研究

助教授 齋藤義文 助教授 早川 基 教授 向井利典  
京大・理 町田 忍 東大・理 寺沢敏夫

1998年（平成10年）7月に打ち上げられた「のぞみ」には、火星周辺イオン、太陽風イオンなどのエネルギー分析を行うイオンエネルギー分析器（PSA-ISA）が搭載されている。火星近傍へ到着した2004年1月までの約6年間、地球-火星の惑星間空間における太陽風の観測を行ってきた。地球-火星間での太陽風の観測については、これまでのところ「GEO-TAIL」搭載低エネルギーイオンエネルギー分析器（LEP-EAi）との太陽風の同時観測を行った他、月スイングバイ時には太陽風イオンと同時に、太陽風イオンが月表面から反射されたと考えられるイオンの観測結果も得られている。更に太陽フレアに伴うCME（Coronal Mass Ejection）の観測を行い、CME中のヘリウムイオンの特徴的な分布を見出した。

### II-2-c-20

#### 「INDEX」搭載用プラズマ粒子観測器の開発

助手 浅村和史 客員助教授 平原聖文 助教授 齋藤義文  
教授 向井利典 教授 齋藤宏文

「オーロラ微細構造の解明」を理学目的として、H-IIAロケットでピギーバック衛星として打ち上げられる予定の小型衛星「INDEX」搭載用「電子・イオンエネルギー分析器」の各コンポーネント製作が完了した。そして、これら2つの粒子センサーに関する特性取得実験を真空チャンバー及びイオンビーム発生装置を用いて行った。センサーは検出器であるMCP（マイクロチャンネルプレート）上で粒子が検出された場所を知ることによって粒子の到来方向を弁別する。この検出場所を知るために電気信号が伝送線路上を伝播する時間が有限であることを利用し、信号伝播時間を計測することとした。本年度はMCP、高圧電源、時間計測用の電子回路をセンサーに組み付け、その特性を取得した。その結果を得て回路内部の信号形状の改善、及び時間計測ロジックの一部変更など電子回路の改修を行った。

## II -2-c-21

## 「INDEX」搭載用理学機器制御・データ取得ユニットの製作・試験

客員助教授	平原聖文	助手	浅村和史	助教授	笠羽康正
		教授	向井利典	教授	齋藤宏文

「オーロラ微細構造の解明」を理学目的とする小型衛星「INDEX」には3つの観測機器、「多波長単色オーロラカメラ」、「電子・イオンエネルギー分析器」、それに「プラズマ電流モニター」が搭載される。これらの観測機器を同時に制御し、更にシステム機器としての地磁気センサーからも高速サンプリングでデータを取得する理学機器制御・データ取得装置（SHU）について、システム機器及び観測機器とのインターフェース試験を行った。SHUと接続されるシステム機器には、地磁気センサーと電源供給装置、そして衛星全体を制御する統合化制御装置（ICU）がある。ICUはCPUを用いて時分割で各装置を制御してゆくが、その中のSHU制御ソフトウェアについても開発を行った。このソフトウェアにはテレメトリ/コマンド/データ記憶機能も含まれる。また、地上系テレメトリデコード/QLツールの開発も行った。

## II -2-c-22

## 「INDEX」搭載用多波長単色オーロラカメラの開発・製作

		客員助教授	平原聖文	東北大・理	坂野井健
電気通信大・情報通信工	山崎 敦	東北大・理	岡野章一	東北大・理	小淵保幸
	助手	浅村和史	極地研	江尻全機	助教授
				教授	齋藤宏文

2004年度にH-IIAロケットでピギーバック衛星として打ち上げられる予定の小型衛星「INDEX」は、「オーロラ微細構造の解明」を理学観測目的とする。この目的達成の為に、「INDEX」には理学機器として「多波長単色オーロラカメラ」と「電子・イオンエネルギー分析器」、それに「プラズマ電流モニター」を搭載する。2003年度、多波長単色オーロラカメラに関しては、フライトモデルの筐体とエレクトロニクス部を組み上げて、単体ならびに理学機器統合試験により動作確認と性能評価を行った後、衛星全体の一次噛合せ試験を実施した。この試験を通じて、電源投入時の突入電流の測定ならびに対策を実施し、理学機器の電源正常投入、ならびに他機器との電磁干渉がない事が確認された。一方、レンズと干渉フィルターのフライトモデルが完成し、精密な性能評価を行った。また、それらをカメラ筐体に取り付けた際に、焦点の位置を厳密に決定するための特殊な治具を製作した。さらに、動作時に高温になる基板上の素子に対する熱パスを製作し、熱真空試験を実施してその性能評価を行った。

## II -2-c-23

## 「INDEX」搭載用プラズマ電流モニターの開発・製作

客員助教授	平原聖文	極地研	岡田雅樹	極地研	江尻全機
		東北大・理	坂野井健	助手	浅村和史

2004年度に打ち上げ予定の小型衛星「INDEX」では、オーロラ微細構造の解明に重要となる背景プラズマのパラメータ（密度、温度）を高い空間解像度で観測を行う為、インピーダンスプローブによる簡易型のプラズマ電流モニターを開発中である。衛星構体の電位による測定への影響を最小限にする為、2つのセンサーを1対として差動型とする方式を採用し、衛星のラム側、側面、ウェイク側にそれぞれ1対のセンサーを配置する事によって、ウェイク、光電子等の影響を取り除く事が出来る様に考慮した設計となっている。2003年度については、エレクトロニクスの試験、特にセンサ電極間に抵抗を接続して疑似電流を測定する実験から、理学機器間のインターフェース回路ならびに得られたデータの評価を行った。一方、打ち上げ後の軌道、姿勢からプラズマパラメータを決定する為のシミュレーションコードが完成し、観測データ評価のための計算機実験環境を整えつつある。

## II -2-c-24

## 「SELENE」搭載視野角掃引型電子・イオンエネルギー分析器の開発

助教授	齋藤義文	助教授	早川 基	教授	向井利典
助手	浅村和史	大学院学生	横田勝一郎	京大・理	町田 忍
				客員助教授	平原聖文

宇宙空間におけるプラズマの観測は、地球の電離層に始まり地球周辺の空間そして太陽系の他惑星周辺へとその領域を広げつつある。これらの様々な宇宙空間の多くの領域は熱的に非平衡、非定常なプラズマで満たされており、そのプラズマの自由エネルギーが宇宙空間における電磁的環境の変動を生み出している。人工飛翔体を用いてプラズマの三次元分布を高い時間分解能、高い角度分解能で直接観測することはこれらのプラズマの起源、移動、変化を理解して宇宙空間の電磁的環境、基礎的なプラズマ物理の諸過程を解明する上で非常に重要である。従来、プラズマエネルギー分析器は数秒の周期でスピンを行うスピン型の衛星に搭載されてきた。しかし今後惑星探査を進めていくにあたり三軸制御の非スピン型衛星にプラズマエネルギー分析器を搭載する必要が生じるものと考えられる。この場合、できる限り少ない重量で三次元の観測視野を確保するには、観測器自体が広い（例えば半球面： $2\pi$ ）視野を持つ必要がある。本研究は2006年度（平成18年度）打ち上げ予定の「SELENE」に搭載する、観測視野方向を電氣的に掃引することによって $2\pi$ の視野を確保するプラズマエネルギー分析器の開発を行うものである。

## II -2-c-25

## 「SELENE」搭載LEF-TOF型質量分析器の開発

助教授	齋藤義文	助教授	早川 基	教授	向井利典
助手	浅村和史	大学院学生	横田勝一郎	京大・理	町田 忍
				客員助教授	平原聖文

近年、地上からの光学観測によって月や水星の大気にナトリウム、カリウムなどの元素がかなりの量で含まれていることが明らかとなってきた。これらの大気は天体表面を起源とするものと考えられているが、その定量的な分布や時間変動を明らかにし、成因を特定するためには人工飛翔体を用いた天体周辺空間におけるプラズマのエネルギー質量分析の結果を待たざるを得ない。このような地球外天体周辺におけるイオンのエネルギー質量分析には、高質量数のイオンの質量を十分な精度で分解可能であるような質量分析器の開発が必須である。LEF (Linear Electric Field) -TOF型イオン質量分析器は従来用いられてきたTOF型の質量分析器やその他の質量分析器に比べてはるかに高い質量分解能 ( $m/\Delta m \sim 50$ ) を実現することが可能である。本研究は2006年度（平成18年度）打ち上げ予定の「SELENE」に搭載するLEF-TOF型イオン質量分析器の開発を行うものである。

## II -2-c-26

## 「SELENE」搭載用極端紫外光望遠鏡の開発

助手	吉川一朗	教授	中村正人	客員助教授	平原聖文
----	------	----	------	-------	------

月探査周回衛星「SELENE」に極端紫外光望遠鏡UPI (Upper Atmosphere and Plasma Imager) を搭載し、月周回軌道から地球プラズマ圏の撮像を試みる。地球プラズマ圏からの散乱光は非常に微弱なため、どの程度まで検出器固有のノイズを軽減できるかが観測の成否を決める。我々は、米国ガリレオ社から低ノイズ型MCPを購入し、ノイズの特性、パルスハイト分布とそれらの経年変化、温度依存性などを詳細に調査し、従来型MCPとの比較を現在行っている。

## II -2-c-27

## 「SELENE」搭載高エネルギー粒子計測器の開発

助手	高島 健	神奈川大・工	柏木利介
----	------	--------	------

高エネルギー粒子の生成は、超新星爆発から始まり、太陽活動に伴うフレア現象、さらに地球放射線帯でもおこっている。高エネルギー粒子の観測は、粒子の加速された時点の情報と共に、伝搬過程の情報も示してくれる。例



えば、同位体の存在比は粒子が加速されるまでにかかった時間の情報を持っている。これらの観測を行うために、不感層が小さいSi (Li) 検出器をスタック上に積み重ねた“粒子望遠鏡”の開発を行った。現在、エネルギー校正試験を実施中である。また、測定粒子が電子からXeまで、エネルギー範囲が100keV~250MeV/nと非常に広範囲におよぶため、読出し回路のダイナミックレンジが数1000倍にもおよび、新規に専用のプレアンプ (HIC) 開発と回路設計を行った。その結果、数 nFの静電容量負荷がかかった状態で約80keVのエネルギー分解能を得ることができた。これらの検出器は、2005年打ち上げ予定の「SELENE」に搭載する。

### II -2-c-28

#### 水星探査機搭載用高速中性粒子観測器の開発

助手 浅村和史 助教授 齋藤義文 教授 向井利典

水星周回探査衛星 BepiColombo/MMO搭載用に高速中性粒子観測器を開発している。水星は自身の持つ固有強度が小さく、地表を取り巻く大気も極めて希薄であると考えられている。このため、太陽風や磁気圏プラズマ粒子が容易に地表にまで到達すると考えられ、結果として地表から二次的な粒子がたたき出される (スパッタリング)。スパッタリング過程によってたたき出された粒子は、降り込み粒子の運動量によって高いエネルギーを持ち得る。このことは光子や電子の衝突による脱ガス過程には見られない現象であり、エネルギー選別によってスパッタリング粒子を選択的に観測することが可能であることを示している。ほとんどが電氣的に中性であるスパッタリング粒子の観測により、磁気圏プラズマ現象のモニタリング、及び水星大気の生成過程にせまる。本年度はセンサー部の設計を行った。特に高速中性粒子に比べ、ノイズ源となる光子フラックスが圧倒的に多いと考えられるため、黒色塗装による光除去、及び飛行時間計測法による光除去を用いることとした。

### II -2-c-29

#### 「Bepi-Colombo MMO」搭載磁力計の検討

助手 松岡彩子 Bepi-Colombo/MMO MGF ワーキンググループ

これまでの水星周辺の磁場観測は、マリナー10による2回のフライバイによるもののみで、水星磁気圏の形状・ダイナミクスを決定するには至っていない。水星の磁気圏探査衛星である「Bepi-Colombo/MMO」による磁場観測では、水星の磁気圏はどんな形をしているのかという基本的な課題からまず解明していかなければならない。「Bepi-Colombo/MMO」搭載の磁場測定システムとして、衛星本体からマストを伸展し、その先端と途中にそれぞれ3軸のフラックスゲート磁力計を載せたものを考えている。フラックスゲート磁力計は、日本では「さきがけ」「あけぼの」「GEOTAIL」「のぞみ」他ロケット等での実績があり、また国際的にも広く採用されている。ブームを用いるのは、磁場測定上深刻な問題となる、衛星本体からの磁場の干渉をなるべく小さくするためであり、磁力計を2つ搭載するのは、磁場干渉の評価を容易にするためである。水星周辺の厳しい熱環境下でも磁場を精度よく測るための要件を検討し、基礎的な実験を行なっている。

### II -2-c-30

#### 「Bepi-Colombo / MMO」搭載プラズマ/粒子計測装置の検討

助教授 齋藤義文 客員助教授 平原聖文 名大・理 高島 健  
助手 浅村和史 教授 向井利典

水星磁気圏を理解する為には磁気圏に存在するプラズマ及び高エネルギー粒子の直接測定を行うプラズマ/粒子計測装置が必須である。プラズマ/粒子計測装置の主な科学目的は、大きく分けて (1) 水星磁気圏構造 (2) 水星磁気圏粒子加速機構 (3) 水星・太陽風相互作用 (4) 水星大気 (電離大気) (5) 0.4AUにおける太陽風 (6) 太陽起源高エネルギー粒子等を解明することにある。これらの目的のために5種類6台の観測器でプラズマ/粒子計測装置を構成することを考えている。これら5種類の観測器はMSA (Mass Spectrum Analyzer), ESA (Electron Spectrum Analyzer), SWA (Solar Wind Analyzer), HEP-ele (High Energy Particle analyzer-electron), HEP-ion (High Energy Particle analyzer ion) であり、ESAは2台の搭載を考えている。水星周辺は熱的に厳しい環境である

ため、各観測器の発熱量は極力減らす必要があると共に、各観測器の開口部からの熱入力を極力減らすように熱設計を行う必要がある。

### II-2-c-31

#### 水星探査機搭載用 極端紫外-遠紫外光スペクトロメータの開発

助手 吉川一朗 教授 中村正人 COE 野澤宏大  
東北大・理 岡野章一

水星大気の組成・分布を測光するイメージングスペクトロメータの開発を行なう。この測器は、極端紫外光から遠紫外光領域まで（30nm～330nm）の広範囲な波長域をカバーする。特に、多層膜コーティングを反射と回折格子に施すことにより、極端紫外光領域においても、効率のロスが少ないことが特徴である。

### II-2-c-32

#### 国際水星探査衛星計画「BepiColombo」の磁気圏探査周回衛星「MMO」搭載用高エネルギー粒子観測器の開発

客員助教授 平原聖文 助手 高島 健 助手 浅村和史  
助教授 齋藤義文 助教授 笠羽康正 助教授 早川 基  
教授 向井利典

ESAとの国際協同計画となった水星探査衛星「BepiColombo」には、衛星計画を構成する衛星の一つとして、水星磁気圏の構造、及びダイナミクスを解明する目的を持ち、日本が担当する磁気圏探査周回衛星「MMO」がある。この衛星計画に対して、我々は高エネルギー粒子観測器の搭載を提案している。これは、TOFとSSDによるイオンのエネルギー・質量分析とイオン除去用フォイル付SSDによる電子のエネルギー分析により、水星磁気圏とその周辺での高エネルギー粒子の速度分布関数を取得する事を目的としている。2003年度には、小型・軽量・低電力を条件として高エネルギーイオン観測器の詳細設計を行い、TOFユニットを構成するカーボンフォイル、2次電子引き出しメッシュと電極の具体的な配置を決定した。また、PMに向けた詳細なセンサー構造の設計と製作メーカーとの協議を行いつつあり、2004年度には試作品による性能評価を行う予定である。

### II-2-c-33

#### 次期磁気圏衛星「SCOPEミッション」の検討

教授 前澤 洵 教授 向井利典 助教授 齋藤義文  
助教授 篠原 育 助教授 笠羽康正 助手 浅村和史

地球磁気圏のプラズマのダイナミクスにおいて、尾部に蓄積される磁場エネルギーのもつ重要性と、そのエネルギーの解放過程において磁気リコネクションのはたす役割は、「GEOTAIL」により大きく理解が進んだ。しかしながら同時にわかってきた問題は、非常に空間スケールの大きなプラズマ構造の生成のメカニズムが、非常にマイクロなプラズマプロセスの進行を抜きにしては理解できないことである。この問題を解決するためには、(1) 今までよりはるかに時間分解能の高い観測器を開発し、それを搭載した衛星によってマイクロ（電子運動スケール）のダイナミクスを解明すること、(2) ミクロスケールの現象が周囲の磁気圏大規模構造をいかに支配するかを知るために、複数（編隊飛行）の衛星を配置して観測すること、の2点が必要である。次期磁気圏衛星WGでは、これらを実現するための次期衛星ミッションを検討している。本年は、編隊飛行達成のための技術開発、特に親子複数衛星のM-Vへの搭載のための衛星構造の検討、衛星分離方法、衛星の軽量化、親子間通信方法、軌道擾乱による編隊のくずれの修正予測など、計画実現に向けて具体的な検討が進んだ。

## II -2-c-34

## 次期磁気圏観測衛星「SCOPE」用高時間分解能電子計測センサーの開発

助教授 齋藤義文 大学院学生 佐々木慎太郎 大学院学生 田中宏樹  
 助手 浅村和史 教授 向井利典

従来、磁気圏観測衛星で用いられて来た低エネルギー電子・イオンの計測センサーは数秒程度の時間をかけて電子やイオンの3次元速度分布を計測するものであった。数秒の時間分解能で計測を行った場合、地球磁気圏尾部の領域では水素イオンのジャイロ周期がほぼ数秒であることからイオンの微視的な分布を明かにすることができる。次世代磁気圏観測衛星「SCOPE」においては低エネルギー電子の微視的分布とその時間・空間変化を計測することが大きな目的となる。電子は質量が水素イオンの約1840分の1であるため、電子の特性時間はイオンの特性時間に比べてはるかに短く従来の1000倍強の時間分解能での電子観測が必要となる。今回開発を開始した低エネルギー電子計測センサーでは10ミリ秒の時間分解能（3次元速度分布関数1スペクトルの計測時間）の達成を目指している。

## II -2-c-35

## 熱圏下部の中性大気の力学と構造

教授 小山孝一郎 大学院学生 栗原純一 教授 安部隆士

S-310-31号機によって得られた高度100~140kmの窒素密度および回転温度に議論を集中した。窒素密度は高度約110kmでこれまで考えられていた窒素密度より約40%も低い。この現象は定常的に存在している（すなわちモデルが大気密度を大きく見積もっている）可能性がある。一方得られた回転温度は窒素密度と自己矛盾しない。

## II -2-c-36

## 熱圏下部の中性大気と電離大気の結合

教授 小山孝一郎 大学院学生 吉村玲子 東大・理 岩上直幹  
 通信総研 村山泰啓

WAVE2000キャンペーンにより得られた酸素原子密度、電子密度の高度分布、MFレーダにより得られた中性風、および地上からの大気光イメージのデータを総合的に解析した。この中で電子密度の高度プロファイルをもとにして推定した中性大気風は中性大気密度のプロファイルおよびMFレーダの風を自己矛盾なく説明した。

## II -2-c-37

## S-310-31号機搭載FLP観測による下部電離圏電子温度・密度構造に関する研究

助教授 阿部琢美 教授 小山孝一郎 大学院学生 日比野和基

S-310-31号機観測ロケットに搭載されたFast Langmuir Probeが観測した電子温度、電子密度データをもとに下部電離圏に存在するプラズマのダイナミクス、および電子密度構造に関する研究を行なっている。

## II -2-c-38

## 高時間分解能プラズマ観測による磁気圏カスプ領域の荷電粒子加速の研究

助教授 齋藤義文 大学院学生 田中宏樹 助手 浅村和史  
 教授 向井利典

SS-520-2号機ロケットが2000年12月にノルウェー・スバルバード島から極域のカスプ領域に向けて打ち上げられた。我々はこの観測ロケットに、電子とイオンのエネルギーをこれまででない高い時間分解能（20msec/spectrum）で測定する観測器（LEP-ESA/ISA）を搭載した。この観測器によって得られたデータを解析した結果、一秒周期で変動する磁力線方向への電子加速が数十秒以上続く現象を発見した。また加速領域はオーロラ粒子加速領域と同じ高度4000km付近であった。加速のメカニズムとして、通常用いられる理想的なアルフベン波に電子の慣性を考慮することで発生する沿磁力線電場と、ローカルに存在する電子が共鳴し加速されることで観測結果を説明できることが分かった。またすでに、これらの時間変動の速い電子加速現象の近くでは、典型的な沿磁力線電場が高度

4000km付近で時間的に成長していると考えられる現象が本観測器のデータの解析より発見されている。従って、時間変動の早い電子の加速メカニズムは依然その生成メカニズムが不明であるオーロラ領域での沿磁力線電場との関係を強く示唆している。

### II -2-c-39

#### D層のシミュレーションと差動排気型正負イオン質量分析計の開発

教授 小山孝一郎 共同研究員 徳山好宣 北大・理 渡部重十  
金沢工大 作道訓之 共同研究員 川口聡美

NO/H<sub>2</sub>O大気に紫外線を照射することによりD層のシミュレーションを行っている。2003年度に得られた極めて新しい知見は以下の2点に要約される。

1. 最初に生じたNO<sup>+</sup>イオンは徐々に衝突しながら大きなクラスターイオンを生成する。定常状態に達するまでに我々のチェンバーの場合には約10分を要する。
2. クラスターイオンを生成している紫外線光源をオフすると、クラスターイオンを中性クラスターとして約40分存在する。

差動排気型正負イオン質量分析計の開発を最終目的として始められたこの実験はD層シミュレーション自体が大きな成果をだしつつある。

### II -2-c-40

#### 惑星電離圏からの大気・プラズマ流出に関する研究

助教授 阿部琢美

火星・金星の電離圏からは大量の大気およびプラズマが流出していることが過去に行われた探査機による観測で報告されている。これらの現象と、地球電離圏からのプラズマ流出との類似点、相違点を取り上げ、比較惑星学の立場から惑星大気の進化に対する大気・プラズマの散逸現象が与える影響について研究を行っている。

### II -2-c-41

#### 太陽風と火星の相互作用の電磁流体シミュレーション

教授 前澤 洵 大学院学生 久保田康文

太陽風と惑星の相互作用については、すでに多くの電磁流体近似シミュレーションが行われているが、3次元シミュレーションではリソースの関係から格子間隔をすべての領域で十分小さくすることが困難なため、全領域で精度を保つことが難しい。特に金星、火星など電離層の構造が太陽風との相互作用に重要な役割をはたしているにもかかわらず、3次元シミュレーションでは電離層に十分な空間精度を与えることができない。現在の計算機リソースでなるべくこの問題を回避するためには、非構造格子を計算目的に最適な形に配置設計することが重要である。現在火星、および地球の磁気圏電離圏相互作用に対する適用を目指して、それぞれに最適と思われる非構造格子の形成を行なった。現在の段階で、これまで2次元で行なわれたSimulation結果を再現しており、これからクラスト起源の磁場などを入れた本格的な3次元シミュレーションを行なう。

### II -2-c-42

#### 火星に存在する地殻起源磁場の太陽風火星相互作用への影響

教授 前澤 洵 大学院学生 久保田康文

MGS火星探査機によって、火星地殻に局所的に大きな磁場があることがわかった。我々は、この磁場が局所的とはいえ、太陽風と火星電離層の相互作用にも大きな影響を与えると考え、解析を行っている。まず、MGSが高度400kmでマッピングした磁場ベクトルのデータを球関数展開し、その高度より外側ではポテンシャル磁場になっているという近似のもとに外部磁場配置を求めた。これにより、磁場強度の3次元マップ(火星に固定した座標系)を描くことができる。これに基づいて、2次元シミュレーションコードを使って、バイキング着陸機が観測した電

離層の圧力分布を再現することに成功した。

### II -2-c-43

#### 計算機実験と理論解析

客員教授 松本 紘 助教授 篠原 育

スーパーコンピュータなどの高速演算装置を用い、宇宙プラズマ現象に関する大規模計算機実験を行う。具体的なテーマとしては、磁気圏尾部の広帯域静電ノイズを構成している非線形静電孤立波 (ESW) や、それに関連した電子・イオンビーム不安定性の非線形発展の研究、バウショック領域におけるプラズマ波動現象の解析などを行う。

### II -2-c-44

#### 火星上層大気と太陽風の相互作用

大学院学生 陣 英克 教授 前澤 洸 教授 向井利典

固有磁場を持たない惑星 (火星, 金星) では、電離層に直接太陽風が吹き付けている。この研究では、電離層と太陽風が相互に影響を及ぼす系において起こる現象を、計算機シミュレーションを用いて調べている。

火星は電離層密度が小さいため、しばしば太陽風の動圧が電離層圧を上回る。頻度は火星より少ないが、金星でも太陽風動圧が電離層圧を上回ることがある。そのような場合、ionopauseの高度は下がり、さらに厚みの増すことが、過去の金星探査衛星で観測されている。また、電離層内に太陽風磁場が侵入するのが見られる。電離層内に侵入した磁場は、電離層のエナジェティクスやダイナミクス、イオン構成に影響を及ぼし、非常に重要である。しかし、その侵入過程や太陽風-電離層間の圧力バランスとの関係はあまりよく解っていない。我々は、以上の問題を理解するため、電離層の物理プロセスを含めた電磁流体コードを開発してきた。そして、太陽風領域と電離層を含めて十分に広い範囲を計算領域にとる一方で、従来の数値計算モデルよりも電離層内の格子を細かく取り、ionopauseや電離層内の構造を調べるのに必要な空間分解能を持つ数値コードを完成させた。この電磁流体計算により、太陽風動圧がある程度大きくなると、太陽風プラズマが電離層手前で減速しきれず、いくらか電離層内に侵入するということが解ってきた。また、この時太陽風-電離層境界も不明瞭になることが確認され、ionopauseの振る舞いについても解りかけてきた。

### II -2-c-45

#### ランダウ減衰によるイオン波衝撃波の形成

助教授 中村良治 外国人招聘研究員 Heremba Bailung

直流放電で生成されるプラズマでは電子温度とイオン温度の比が大きいので、イオン音波のランダウ減衰は小さい。すると、衝撃波は形成しにくいので、以下の二つの方法で、ランダウ減衰を増大させた。1) アルゴンプラズマ中に軽い水素ガスを混入させ、共鳴粒子 (水素イオン) を増加させた。2) グリッドに1.5MHzの高周波を0.2V程度印加してイオンを加熱した。ランダウ減衰の増大により、振動衝撃波と単調衝撃波の伝搬に成功した。

### II -2-c-46

#### イオン波に対するイオンビームの効果

助教授 中村良治 外国人招聘研究員 Heremba Bailung

プラズマ中にイオン音波を伝搬させて、伝搬方向にイオンビームを入射する。この系を流体モデルで考えると、ビームの密度がどんなに小さくても、ビームの速度を零から大きくしてゆくと、イオン音波は、ビームの早い空間電荷波に変化する。しかし、運動論モデルの予言は異なる。ビーム密度にしきい値があり、それ以下では、イオン音波は音波のまままでとどまる。これを実験で確かめた。

## II -2-c-47

## 高度600kmにおける電離圏擾乱時の電子温度のふるまい

教授 小山孝一郎      インド・オスマニア大 D. Lakshim  
ブルガリア地球物理研究所      I. Kutiev      ブラジル宇宙科学研究所 M. A. Abdu

1981年2月～1982年6月に高度600kmの軌道にあった「ひのとり」により得られた電子密度，温度は蓄積されたデータから作られたモデルと共に広く使われている．ここでは約40個の磁気嵐について地磁気擾乱時における地磁気静穏時に対する電子温度変化を調べた．結果として以下の2点が見出された．

1. 電子温度上昇は地磁気擾乱主相時に激しく（200～300K），また地磁気擾乱の大きさ（Dst）が負であるほどに電子温度上昇は大きい．
2. 電子温度上昇は時間とともに減少する．

## II -2-c-48

## 日本上空全電子数の平均的描像

教授 小山孝一郎      京大・理 齊藤昭則

ユーザからの要求が高かった日本上空の全電子数の平均的描像を構築した．使用したデータは国土地理院が全国に設置した約1000台のGPS受信機により得られたものである．

## II -2-c-49

## 高度100kmにおける電子温度理論の見直しと電子温度測定の誤差要因

教授 小山孝一郎      大学院学生 下山 学

高度100km付近で測定される高い電子温度の理由については既にこの問題が明らかにされて以来，いまだ明瞭な説明がなされていない．私たちは考えられる測定上の誤差のひとつとしてロケットシース抵抗に関する実験を行っている．一方ではこれまで受け入れられてきた電子温度に関する議論の見直しを行っている．

## II -2-c-50

## 固体検出器による1-100keV電子計測技術の研究

大学院学生 小笠原桂一      教授 向井利典      助教授 齋藤義文  
助手 浅村和史

本研究ではAPD（Avalanche Photodiode）素子という光検出素子を用いて，今日まで検出素子の技術上の問題から正確な観測が困難だった1-100keV電子をターゲットにした新型電子センサー開発を目指している．我々が行ってきた基礎実験の結果，APD素子は単体で電子のエネルギーを分解することができ，高い検出効率で電子を測定可能であることがわかった．現在我々はこのAPD素子を用いて，2004年12月にアンドーヤロケット実験場から打ち上げられるS-310型観測ロケット（35号機）に搭載される，ディフューズオーロラ中の降下電子に的を絞った電子計測器を開発中である．カーテン状に激しく輝くディスクリットオーロラの降下電子は地球近傍の強い加速電場によって加速されているのに対し，ディフューズオーロラを起こす電子の分布関数はその源である磁気圏尾部内のプラズマシート電子に酷似している．このことは，ディフューズオーロラを起こす電子がほとんど加速を受けずにプラズマシートの中心部から直接降下してくることを示している．加速を受けずに電子がオーロラ領域まで降下する機構としては，磁気圏内の波動による電子のピッチ角散乱がある．またディフューズオーロラの発光強度は1秒程度の周期で増減することが知られており，この波動との関連が示唆されている．このオーロラ電子センサーは高時間分解能で電子を直接観測し，個々の電子のエネルギーとピッチ角を測定して降下電子のメカニズムを観測面から明らかにすることを目的とする．

## II -2-c-51

## 宇宙太陽発電所用マイクロ波無線送電に関するプラズマ非線形応答の研究

客員教授 松本 紘

人類を未来のエネルギー危機から救う手段の一つとして、宇宙太陽発電が有望である。これは、宇宙空間に巨大な太陽電池板を築きマイクロ波によって、そこで発電されたエネルギーを地上に伝送しようとするものである。本研究は主として、送受電アンテナの設計やマイクロ波と電離層の相互作用に関する問題を計算機モデリング及びシミュレーションやロケット実験によって解析する。また宇宙空間プラズマを通過するエネルギー伝送用のマイクロ波ビームの送受電システムの開発をする。

## II -2-c-52

## 飛翔体搭載用中性ガス質量分析機の開発

助教授 早川 基 本部長 鶴田浩一郎 大学院学生 竹内広和

地球及び惑星の上層大気を研究する上で、中性ガスの質量、密度、平均速度、温度等を測定する技術が必要であるが、現在のところ満足のいく計測装置がない。特に、酸素を主体とする金星、地球、火星の上層の大気の測定には、装置の壁面に吸着した酸素との2次元的な反応物質である酸素分子、酸化窒素の分離が難関となる。我々は、過去のプラズマ計測技術の拡張として、飛行時間測定、位置検出技術を併用することによってこの難関を切り抜けるアイデアを得た。実験室試験用モデルの試作を行いチェンバー内の残留ガスの温度計測が可能である事を検証した。

## II -2-c-53

## 荷電アンプ搭載型多チャンネルMCPアノードの開発

助教授 齋藤義文 大学院学生 齊藤実穂 助手 浅村和史  
教授 向井利典

宇宙空間における数eVから数10keVのエネルギー範囲の荷電粒子計測には、偏向型静電エネルギー分析器がよく用いられている。これらの分析器でエネルギー分析された荷電粒子を検出するための検出器について、現状では満足できる性能のものが無い。そこで本研究ではこれまでに無い高い時間分解能で荷電粒子の検出が可能な、新しい検出器の開発を行う。検出器は2次元の広がりを持ち、その2次元上の位置情報が測定荷電粒子の到来方向やエネルギーの情報を持つ。従来の技術では検出したい位置の分解能を増やせば増やすほど信号処理電子回路の回路規模や、消費電力が人工衛星搭載に許容できないレベルとなってしまうという問題があった。本研究では、最新の技術で製作された非常に小型で高性能のアナログASICチップ（荷電アンプとカウンタを含む）をアノード上に直接搭載することでこの問題の解決を目指す。

## II -2-c-54

## 科学衛星搭載観測機器の耐放射線性能評価に関する研究

助手	高島 健	教授	高橋忠幸	教授	早川 基
助教授	今村 剛	助教授	小川博之	助教授	笠羽康正
助手	吉川一朗	助手	浅村和史	東北大学・理	三澤浩昭
北大・理	渡部重人	極地研	田口 真	東大・理	岩上直幹
		東大・総	上野宗孝	熊本大・理	佐藤毅彦

放射線医学総合研究所 内堀幸夫

衛星にとって重量と電力のリソースは非常に貴重であるため、放射線シールドについて、適切な対策を行う知識を共有することが重要である。衛星機器において過剰な放射線対策は、リソースを減らすこととなりサイエンスデータの質を下げることとなりかねない。宇宙環境では、圧倒的にプロトンが支配する世界であるが、放射線試験では、その簡便さから<sup>60</sup>Coが使用されることが多い。放射線試験の対象とする試料の材質や衛星内での配置を考慮した上で、プロトンかγ線を照射するかを決定・評価し、放射線（特に宇宙空間で支配的なProton）と物質の相互作用

用を正しく理解することが重要である。その結果として最適化された放射線対策が可能となる。本年度は水星探査と金星探査関連のプロトン照射試験を実施した。照射試料は、光学系ガラス材を中心に、CCD、衛星表面白色塗料、電子部品関連であった。ガラス材については、プロトン照射による透過率変化がほぼ $\gamma$ 線と同じ傾向であることを示した。塗料については、水星探査を想定した約300kRadのプロトン照射を実施したが、特に問題がない結果を得ている。

## II -2-c-55

### 次世代高分解能粒子検出器の開発

助手 高島 健 教授 高橋忠幸 助手 中澤知洋  
 スタンフォード大 田島宏康 大学院生 三谷烈史 大学院生 田中孝明

高効率率、高温、高放射線環境下での高エネルギー粒子測定が、今後の太陽系・惑星探査等を考えた時必要になってくる。現在まで高エネルギー粒子測定には、非常に高いエネルギー分解能を持っていることより、Si検出器が広く使用されている。しかし、上記の厳しい環境下で、高エネルギー分解能を持った測定を実施するには、検出器のリーク電流を押さえ込むことと、複数粒子がほぼ同時に同一読み出しチャンネルに入射（パイルアップ）しないようにする必要がある。現在使用されているタイプのSi検出器では、これらの条件を満たすことができない。そこで、新たにピクセル型のSi検出器の開発しチャンネルあたりのリーク電流を減らし、VLSIを用いた高速でS/Nの高い読み出し回路の開発を行うことによって、極限環境下で動作する粒子検出器の開発を行う。

## d. 固体惑星科学研究系

### II -2-d-1

#### 惑星表層の地形および物質による太陽光反射率の変化

助手 飯島祐一 高知大・理 本田理恵 研究機関研究員 横田康弘  
 教授 水谷 仁

「クレメンタイン」や「ガリレオ」による月画像データを用いた太陽光反射強度分布と、表面の状態や表層地形との関連を調べている。また、散乱強度には太陽と表面と探査機との位相角による依存性についても画像データの解析から調査している。これは「LUNAR-A」や「はやぶさ」におけるカメラ系の光量調整などの情報としても有益である。

### II -2-d-2

#### 月面小型クレータの形態、密度と月の表層進化との関連

助手 岡田達明 特別共同利用研究員 本田親寿 九大・理 並木則行

月面の小型クレータの形態から、表層下の地質の層状構造を調べることができる。また、地下構造の特徴は小型クレータのサイズ分布に反映されることが知られる。小型クレータの検出と分布の調査には、デジタル画像データに対する自動抽出方法を研究開発する。一方、小型クレータの頻度分布はローカルな地質の年代を表すと考えられ、それを基に表層進化の過程を調べる試みを行っている。将来は「LUNAR-A」搭載カメラLICで行う予定の観測項目であるが、惑星画像解析センターの画像を用いて研究している。

### II -2-d-3

#### 月面の反射率の位相角依存性の研究

助手 飯島祐一 研究機関研究員 横田康弘 教授 水谷 仁

LICのゲインの最終決定のため、月面の反射率の位相角依存性を過去の理論モデルとクレメンタインデータで確認した。また、ピクセルスケールでの月面の凹凸を、クレメンタイン画像を用いて調べた。