

**k. 宇宙情報・エネルギー工学研究系****II -2-k-1****自由電子レーザーの研究**

教授 齋藤宏文 助教授 水野貴秀 技術職員 大島 勉

将来の宇宙エネルギー伝送用の自由電子レーザーの実験を行っている。コンパクトなディスクトロン型静電気加速器（1MV, 4A, 20ns）を用いたスミスパーセル型自由電子レーザーによるミリ波発生の実験を行っている。100GHzの発振実験を進めており、Spontaneous EmissionからStimulated Emissionへ移行する段階のミリ波放射が観測されている。

**II -2-k-2****高機能・軽量探査機開発プロジェクト “STRAIGHT”**

教授 中谷一郎 教授 齋藤宏文 教授 山本善一  
 助教授 廣瀬和之 助教授 橋本樹明 助教授 水野貴秀  
 助教授 樋口 健 助手 戸田知朗 助手 福田盛介  
 共同研究員 升本喜就

M-Vロケットによる本格的な月・惑星探査と、高精度な天文観測を行っていく上で、探査機の高機能化と軽量化は、宇宙科学研究所の最重要課題である。このためプロジェクトSTRAIGHT（Study on Reduction of Advanced Instruments Weight）を行ない、探査機の各サブシステム技術の現状をサーベイし、高機能化軽量化のための新規技術を調査した。加えて、探査機のシステム構成に関する見直しを行い、高機能化軽量化のためにあるべき探査機のシステム構成を検討した。デジタルトランスポンダー、高速RISCプロセッサ、軽量スタートラッカ、SOI（Silicon On Insulator）技術を用いた耐放射線性電子デバイス開発、ソフトコアCPUの搭載化、放射率可変素子の開発、高性能小型バッフルの開発、リチウムイオン電池の宇宙搭載化の研究、高効率太陽パネルの開発等を行っている。

**II -2-k-3****ピギーバック衛星「INDEX」の開発**

教授 中谷一郎 教授 齋藤宏文 教授 向井利典  
 助教授 水野貴秀 助教授 樋口 健 助教授 小川博之  
 助教授 笠羽康正 助手 三浦 昭 助教授 田中孝治  
 助手 奥泉信克 助手 浅村和史 助手 坂井真一郎  
 助手 福田盛介 助手 福島洋介 技術職員 大島 勉  
 技術職員 鎌田幸雄 技術職員 太刀川純孝 技術職員 池永敏憲  
 技術職員 坂井智彦 技術職員 田村 誠 共同研究員 升本喜就  
 客員助教授 平原聖文 東北大 坂野井健

ピギーバック衛星とは、重量50kg程度の小型衛星を、HA等の大型ロケットの副次的なペイロードとして打ち上げる衛星である。打ち上げコストはほとんどゼロであり、衛星開発コストは観測ロケット並の4億円を目標とする。2004年の打ち上げを目標に、その開発を行っている。大型化した科学衛星計画を補完する意味で、・所内における衛星工学のインハウル技術の確立、・STRAIGHTプロジェクトで開発した先進的な宇宙工学技術の宇宙実証、・簡便な科学観測手段の確立、等を目的としている。理学ミッションとしては、オーロラの微細構造を観測するオーロラカメラと、粒子分析器を搭載している。

## II -2-k-4

## 車載GPS受信機の衛星搭載化

教授 齋藤宏文 助教授 水野貴秀 共同研究員 黒木聖司

車載GPS受信機を衛星搭載化するための開発を行っている。軌道上でのドップラーシフトが大きくなることに対応して、GPS受信機の捕捉周波数掃引幅を最適化する試みを行ない、GPSシミュレータを用いて20分以内でコールドスタート測位ができることを確認した。また、放射線、振動、衝撃試験を実施した。本GPS受信機は「INDEX」に搭載する。

## II -2-k-5

## 黒色鏡面反射処理を用いた小型バッフルの開発

教授 齋藤宏文 技術職員 廣川英治 技術職員 山田三男

衛星搭載光学センサーのバッフルを小型化するために、新しいタイプの黒色処理を用いたバッフルの開発を行っている。この面は黒色でありながら、反射光がほとんど鏡面反射する性質を持った表面であり、これを用いると小型のバッフルが実現できる。反射光の角度依存性測定を白田の実験設備において行った。又、バッフル設計を行い、小型な1段バッフルが実現することを示した。

## II -2-k-6

## CMOSセンサを用いた小型光学センサーの開発

教授 齋藤宏文 助教授 水野貴秀 技術職員 廣川英治  
助手 三田 信

太陽、星センサーは従来はCCDセンサーを用いる事が多かった。ここにCMOS画像センサーを用いると軌道回路の簡素化による小型化と信号処理による高性能化が達成できる。本年度は高精度2次元太陽センサーの試作を行った。

## II -2-k-7

## 宇宙用マイクロマシン技術の研究

助手 三田 信 助教授 廣瀬和之 教授 齋藤宏文  
助教授 堀 恵一 助手 羽生宏人

将来の宇宙探査機技術にMEMS（マイクロエレクトロメカニカルシステム）技術を利用する基礎研究を行っている。MEMS分野の技術動向の調査をおこない、研究方針を議論している。現在、試作しているMEMSシステムとしては、以下の3項目である。1) マイクロマシン基板と集積電子回路を接続するマイクロバンプ、マイクロスルーホール製作技術の開発、2) 微小な固体ロケットを2次元上に配置したマイクロ固体ロケットアレイ、3) 角速度を検出するマイクロ振動ジャイロ

## II -2-k-8

## 太陽発電衛星の研究

教授	佐々木進	教授	高野 忠	助教授	田中孝治
助教授	樋口 健	助教授	小川博之	助手	成尾芳博
助手	奥泉信克	技術職員	橋本保成	帝京平成大	松岡秀雄
麻布大	P.コリンズ	東海大	川崎繁男	京大	篠原真毅
金沢大学	泉田 啓	北大	石村康生	東京農業大学	石井忠司
特別共同利用研究員	寺田則幸			特別共同利用研究員	岩佐 稔
特別共同利用研究員	横森信博			特別共同利用研究員	野神誠一郎
共同研究学生	田中 聡			共同研究学生	高崎紀昭

大型宇宙構造物展開とそのダイナミクスの研究, 電力システムとエネルギー伝送の研究, 実用SPSと実証SPSのシステム検討, 水サイクルエネルギーシステムの研究, 太陽発電衛星の耐環境性に関わる実験室実験を実施した. 構造物展開とダイナミクスに関しては形状記憶合金をアクチュエータとして利用した小型展開モデルの試作と試験を行うとともに, 軌道上ダイナミクスに関する計算機シミュレーションを行った. 電力システムとエネルギー伝送に関しては発電パネル内のコンポーネントの配置の検討を行うとともに熱的成立性を確認するための熱解析を行った. またマイクロ波送電の中核技術である位相制御については, マイクロ波回路を試作し基礎的な位相制御試験を行った. 実用及び実証用太陽発電衛星システムの検討については従来の問題点を改善したコンフィギュレーションと建設手順を考案した. 太陽発電衛星の建設機械としても応用可能な水電解と燃料電池を組み合わせた水サイクルエネルギーシステムの試作研究も行った. これらの研究活動と平行して, 太陽発電衛星の研究を推進するための太陽発電衛星研究会の事務局活動を行った.

## II -2-k-9

## 超高速宇宙浮遊物による薄膜構造物の破壊とその抑制に関する実験

教授	佐々木進	助教授	田中孝治	技術職員	矢守 章
				共同研究学生	齋藤陽亮

膨張硬化型の大型アンテナやトラス, 大面積の薄膜太陽電池など, これからの宇宙の大型構造物の多くは薄膜の構造様式となると考えられている. 大型の薄膜構造物では超高速の宇宙浮遊物(デブリやメテオロイド)による局所的な破損は不可避であることから, 局所的な衝突破壊を機能的に許容するような設計が要求される. 本研究はレーザガンからの高速弾を薄膜構造物に衝突させ, 高速弾による薄膜の破壊のメカニズムを解明するとともに破壊の伝搬を抑えて破壊の規模を低減するような薄膜の構造様式を見いだすことを目指している. 本年度の研究では, (1) 薄膜の破壊形態は薄膜を保持する境界条件(薄膜を全周で保持するか, 一辺でのみ保持し他を自由端とするか)に強く依存すること, (2) 薄膜に格子状に切り込みを入れることが破壊の局所化に有効であること, (3) 薄膜を2枚前後に配置した実験では前段の薄膜からのイジェクタ(フラグメント, 高温ガス, プラズマ)が後段の薄膜を大規模に破壊すること, を見いだした.

## II -2-k-10

## 飛翔体アンテナに関する研究

技術職員	鎌田幸男	技術職員	川原康介	教授	高野 忠
				共同研究学生	Arpa Thumvichit

ロケットや人工衛星に搭載する各種アンテナの形式や給電方式を, 理論的・実験的に研究している. 衛星搭載用の超広角放射アンテナの基礎検討として, 半波長ダイポールアンテナ(LGAのひとつ)を反射板に極近接して置いた時, 利得が約8 dBiとれることを理論と実験により示した. その時の電磁界分布を求め, 4重モードになっていることを示した. インピーダンス整合が懸念されたが, オフセット給電により整合をとれることを, 実験と理論で示した.

## II-2-k-11

## 深宇宙探査用通信システムの研究

教授	高野 忠	教授	齋藤宏文	助教授	山田隆弘
教授	山本善一	助手	井上浩三郎	助手	戸田知朗
				技術職員	鎌田幸男

科学衛星の通信回線は、超遠距離で使用したり大量データを伝送する場合、リソースへの制約が厳しくなる。これらに対し、通信方式、搭載機器および地上設備の検討・改良を通して、対処していく。

小惑星探査機「はやぶさ」の運用において、臼田64m大型アンテナの特性が雪及び風により劣化した。回線劣化の実測値を解析し、悪い気象に対する回線マージンを推定した。

小惑星を探査する場合の、通信システムについて検討した。距離が極めて遠いため信号低下の問題の他に、探査機運用が複雑であること、小惑星裏側で非可視になること、に対する解決方法を提案した。

## II-2-k-12

## 衛星無線回線の通信品質の研究

助手	井上浩三郎	教授	高野 忠	技術職員	山田三男
		東京電機大	星野 洋	共同研究学生	牧謙一郎

大型衛星「はるか」と地上局間の通信回線において、アンテナ背面での反射波と直接到来波による「多重波干渉」と、回線品質の劣化との相関性について検討している。衛星運用時観測された短時間（角度的に狭い）で深いレベル低下も、この現象が原因となっているようである。

また探査機「はやぶさ」の運用姿勢と使用している搭載アンテナに対し、実際に地上及び探査機で得られる受信レベル（AGC）から、アンテナパターンや回線品質の推定を行っている。

## II-2-k-13

## 光レーザ及び宇宙機間光通信の研究

教授	高野 忠	共同研究学生	矢島辰朗	共同研究学生	豊島良彦
----	------	--------	------	--------	------

光レーザシステムにおいては、標的あるいは伝搬路中の物体により光波が散乱され、スペckルパターン現象が発生する。散乱体と観測点の距離、散乱材質を変えて実験を行った。距離が離れるに従い、スペckルは著しくなる。またレーザを2台用いると、スペckルコントラストが $1/\sqrt{2}$ に、またビーム径を3倍にすると $1/3$ に、各々現減少することを示した。スペckルパターンをフーリエ変換し、空間周波数領域でも解析できるようにした。

天体着陸支援用レーザレーザにおいて、着陸機の姿勢と距離をカルマンフィルタで推定する方式を提案・検討している。信号レベルが低下した時の受信波形を解析し、SN比が3以上あれば高度誤差 $\pm 1\text{m}$ 以内、角度誤差 $\pm 2^\circ$ 以内となることを示した。

## II-2-k-14

## 光アンテナの研究

教授	高野 忠	助手	三田 信	東京大学	三田吉郎
		東京理科大・工	赤池正巳	共同研究学生	宗正 康

光ワイヤレス通信や光レーザへ応用する事を目的として、超小型光アンテナの研究をしている。

MEMS技術において、Siを酸化し $\text{SiO}_2$ にすると体積が膨張することを利用し、凸形レンズ形アンテナを設計した。またフレネルレンズ形アンテナの検討を、開始した。

## II -2-k-15

## 宇宙ごみ（スペースデブリ）と流星塵の環境に関する研究

教授	高野 忠	助教授	吉川 真	教授	藤原 顯
助手	矢野 創	国立天文台	渡部潤一	COE研究員	阿部新助
				基幹システム本部	榮樂正光

デブリ衝突の際発生するマイクロ波により、デブリ検出するシステムについて、S/Nとカバレッジの点から可能性を検討した。また宇宙ごみ観測専用のレーダ（宇宙基幹システム本部）の開発・試験に参画した。

レオニード流星群観測小研究会を発展的に解消し、始原天体観測小研究会とした。全国の流星研究家の観測と計画についてまとめ、機関間宇宙ごみ調整会議（IADC）に報告した。

## II -2-k-16

## 超高速衝突によるマイクロ波放射に関する研究

教授	高野 忠	教授	藤原 顯	助手	矢野 創
技術職員	矢守 章	共同研究学生	牧謙一郎	共同研究学生	相馬央令子
				共同研究学生	石井健太郎

先に、デブリなどの高速物体が金属板に衝突する際、電磁波が放出される現象を見いだした。今年度は衝突標的として、種々の材質について実験を行い、物質依存性について検討している。放射電力が導電率にほぼ比例することを見いだした。これらの実験事実を基にマイクロ波放出モデルについて、検討している。

## II -2-k-17

## 岩石破壊によるマイクロ波放射現象とその応用に関する研究

教授	高野 忠	共同研究学生	牧謙一郎	共同研究学生	相馬央令子
共同研究学生	石井健太郎	東大・地震研	吉田真吾	東大・地震研	中谷正生
				東大・地震研	桑野 修

静圧力により岩石を破壊して、マイクロ波検出実験を行った。この場合衝突によるプラズマ発生は無いが、衝突の場合と同じような波形で2GHzと300MHz帯で最も強く検出できた。圧電効果が強い石（硅岩）と弱い石（斑レイ岩）で、ほぼ同じ強さの放射電力が得られた。

この発生電力は4nWであり、これを基に460m半径球の岩石が破壊される場合、外挿すると $7 \times 10^6$ Wの電力が予測される。従って地震に際して発生するマイクロ波を、人工衛星で受信できる可能性があり、そのシステムの検討を行った。

## II -2-k-18

## 太陽発電衛星用送電アンテナの研究

教授	高野 忠	教授	佐々木進	能開大	花山英治
電通大	上 芳夫	共同研究学生	菅原 章	東海大・工	川崎繁男

静止軌道上の太陽発電衛星では、地上受電アンテナの直径を想定すると、直径1kmの送電用アンテナが必要となる。これを直径10m級の六角形要素開口を配列して構成すると、開口数は7651である。要素開口径、要素開口面上の電界分布、アレー全体における励振強度分布をパラメータとし、放射特性の解析を行った。その結果、アレーを最密充填構造とし、要素開口面上で一様分布、または $\cos^2$ 分布とし、アレー全体でガウス状励振とすることによって、送受電特性が改善されることを示した。

## II -2-k-19

## アンテナ間結合特性の研究

教授	高野 忠	電通大	上 芳夫	技術職員	鎌田幸男
能開大	花山英治	共同研究学生	菅原 章	共同研究学生	加茂紀征
		共同研究学生	橋川雄亮	共同研究学生	磯野泰三

開口面アンテナの配列において、無給電素子（半波長ダイポール）を装荷することにより開口間隙を埋めることができる。その開口面の給電位相を変えた場合、放射特性を解析した。

また半波長ダイポールの配列アンテナにおいて、給電素子と無給電素子を混ぜて配列する場合、アンテナ全体の放射特性と電磁界分布を解析した。素子間の結合を最大限にする方法をとれば、計6素子のうち2素子のみ給電しても利得は10.6dBiとなり、2給電素子の場合に比べ5.6dBの利得向上となる。

## II -2-k-20

## 宇宙ミッションの研究

教授	高野 忠	教授	棚次巨弘	教授	山下雅道
筑波宇宙センター	岩田 勉			総研本部	中島 厚

ロケットや人工衛星あるいは宇宙基地等の応用、すなわち宇宙ミッションについて研究を行っている。

事例を調査することにより、次のことを示した。

- (1) 宇宙ミッションの研究は、ミッション→システム→基本技術というトップダウンの流れで行うべきである。
- (2) 優れたシステム研究所は概ねこのやり方採っている。
- (3) しかし基本技術を育てることも必要であり、研究運営方針が重要となる。

立ち上げた宇宙ミッション研究会は、本年度は1回開いた。ビジネス向けや公共サービス向けの諸ミッションについて、活発な議論が行われた。研究会の開催形態について検討している。

## II -2-k-21

## 次期スペースVLBIミッションの検討

教授	平林 久	ジェット推進研究所	David Murphy		
助手	村田泰宏	助手	P. G. Edwards	助手	朝木義晴
	宇宙航空プロジェクト研究員	望月奈々子	ASIAA	澤田-佐藤聡子	
国立天文台	井上 允	国立天文台	小林秀行	国立天文台	亀野誠二
山口大学	藤沢健太	国立天文台	梅本智文	VSOPグループ	

「はるか」に続くスペースVLBI次期ミッションについて検討を行い、提案としてまとめた。「はるか」に比べて、より高周波化（43GHz帯まで）、より高感度化（VSOPの10倍）を目指す方向にある。また、戦略的基礎開発経費により、機上の展開アンテナの開発研究の4年目を続行するとともに、広帯域伝送、姿勢制御方法等も検討を行った。

## II -2-k-22

## 電波天文衛星用 低雑音受信システムの開発

法政大	春日 隆	茨城大	坪井昌人	教授	平林 久
		助手	村田泰宏	国立天文台	輪島清昭

スペースVLBI次期ミッションでは、ミリ波帯までの高周波観測を検討している。そのために、この帯域における冷却して使用できる低雑音増幅器の開発を行っている。昨年度は、低雑音増幅を実現するための冷却システムについて検討を行い提案に提案に反映した。

## II -2-k-23

## 次期スペースVLBIを目指した高精度大型展開アンテナの開発

教授	平林 久	教授	名取通弘	助手	村田泰宏
助手	朝木義晴	助手	奥泉信克	ASIAA	澤田-佐藤聡子
宇宙航空プロジェクト研究員	望月奈々子	国立天文台	近田義広	国立天文台	小林秀行
国立天文台	井上 允	国立天文台	亀野誠二	国立天文台	輪島清昭

次期スペースVLBI計画への搭載を目指した面精度0.3mm rmsの高精度メッシュアンテナについて、2000年度から引き続き、放射リブ/フープケーブル方式鏡面の開発検討を行った。7モジュール構成のアンテナのうちの、1モジュールのモデルについて、解析手法の確立と調整限界を定量的に明らかにすることを試みた。

## II -2-k-24

## 光結合型実時間電波干渉計実験

山口大学	藤沢健太	教授	平林 久	国立天文台	川口則幸
国立天文台	小林秀行	助手	村田泰宏	国土地理院	高島一宏
				通信総研	近藤哲朗

国立天文台-通信総合研究所-NTTと共に共同実験を行い、宇宙研臼田宇宙空間観測所、国土地理院つくば32mアンテナ、国立天文台三鷹キャンパス、および通信総合研究所鹿島34mアンテナを大容量(2Gbps)の光ファイバー網によって結合し、実時間のVLBI実験を行った。これによって、64mアンテナと鹿島34mの間で帯域1Gbps、同つくば32mアンテナ間で2Gbpsの実時間VLBIを実現することに成功した。これは次世代スペースVLBIシステムで目指している、1Gbpsでの観測の基礎となる技術である。さらに、この光回線を利用して、衛星・人工天体の軌道決定のためのVLBI観測を行い、準実時間相関処理も行われている。

## II -2-k-25

## 次期スペースVLBI衛星 超高速データ伝送方式の検討

教授	平林 久	教授	山本善一	助手	村田泰宏
助手	戸田知朗			宇宙航空プロジェクト研究員	望月奈々子
国立天文台	輪島清昭	国立天文台	川口則幸	国立天文台	井口 聖

スペースVLBI次期ミッションでは1Gbps以上でのデータ伝送を行うことを目標としている。伝送の周波数は、Ka帯を想定しており、そのためのリンクシステムの検討、衛星データのサンプリング方式の検討、搭載用のギガビット対応の変調器の検討等を行っている。

## II -2-k-26

## 次世代X帯デジタルトランスポンダの開発

教授	山本善一	教授	齋藤宏文	助手	戸田知朗
----	------	----	------	----	------

測距信号再生技術、ベースバンド部のデジタル信号処理化、民生部品選択に依拠した周波数合成設計、小型・軽量・省電力化を達成する深宇宙用次世代X帯トランスポンダの開発を行った。技術評価モデルの完成を受けて製作したデジタル信号処理部のプロトタイプモデルの評価試験を行い、設計通りの性能到達を確認できた。搭載化に向けた高周波送受信部、周波数合成部のプロトタイプモデルのための設計見直しを行い、その電気設計を行った。

## II -2-k-27

## 深宇宙探査機追跡用新レンジングシステムの研究開発

教授	山本善一	助教授	加藤隆二
----	------	-----	------

現在臼田64m局で採用している深宇宙探査機追跡用のレンジングシステムはシーケンシャルトーンレンジング方式と呼ばれるものであるが、同方式では変調信号のスペクトルがかなり広がるため、MUSES-Cのように中利得ア

テナでの運用を想定すると、雑音による信号の抑圧の影響が大きく出て、レンジング回線が成立しなくなる恐れがある。本研究では、帯域幅がもっとコンパクトで上記影響を低減でき、なおかつ計測精度は全く劣化させないシーケンシャルPNレンジング方式をMUSES-C以降のX帯アップリンクを使用する深宇宙探査機のために開発した。今後更なる性能改善を目指す。

### II-2-k-28

#### ロケット搭載Kuバンドテレメータ送信機の研究開発

教授	山本善一	助教授	橋本正之	部長	河端征彦
副グループ長	大島 勉	副グループ長	加藤輝雄	技術職員	太刀川純孝
		技術職員	坂井智彦	助手	大西 晃

現在ロケットテレメータの送信は、Sバンド (2.2GHz)、Pバンド (300MHz) の2つの周波数帯を用いて行っている。これらの周波数では、ロケット噴煙の影響でかなり信号が減衰するため、影響の少ないより高い周波数帯へテレメータの伝送帯を上げる必要が生じている。本研究では降雨減衰、噴煙減衰の双方でバランスの取れているKu帯 (15GHz) に将来テレメータの伝送帯域を移行させる事を目的として、伝送レート、テレメトリフォーマット、回線設計、搭載TV画像のデジタル伝送等、多角的に検討を行っており、数年後のロケット搭載を目指した送信機開発を行っている。

### II-2-k-29

#### Kuバンドロケットテレメータ受信システムの研究開発

教授	山本善一	助教授	橋本正之	部長	河端征彦
副グループ長	大島 勉	副グループ長	加藤輝雄	技術職員	太刀川純孝
		技術職員	坂井智彦	助手	大西 晃

ロケット搭載テレメータがKuバンドに移行するにあわせて、高ビットレート化、搭載TV画像データの分離・抽出・表示システムの開発等、地上のテレメータ受信システムにも様々な開発要素が発生する。本研究ではこれら地上系テレメータ受信システムの研究開発を行っている。

### II-2-k-30

#### ロケットモータ噴煙がテレメータ電波に及ぼす影響に関する研究

教授	山本善一	助教授	橋本正之	部長	河端征彦
副グループ長	大島 勉	副グループ長	加藤輝雄	技術職員	太刀川純孝
		技術職員	坂井智彦	助手	大西 晃

ロケット打ち上げ時にはモータ噴煙により電波減衰が発生し、ルックアングルによっては、テレメータの受信に深刻な影響を及ぼす危険性がある。本研究では、過去のロケット打ち上げ時に観測された各種電波の減衰量を、ルックアングル、周波数をパラメータとして統計的に処理し、減衰の発生するメカニズムの解明と、対策について調べている。

### II-2-k-31

#### 観測ロケット用高速テレメータ送信機の開発

教授	山本善一	助教授	橋本正之	部長	河端征彦
副グループ長	大島 勉	副グループ長	加藤輝雄	技術職員	太刀川純孝
		技術職員	坂井智彦	助手	大西 晃

現在の観測ロケットのテレメータ送信機はビットレートが204,8kbpsで、今後の搭載観測器で必要とする観測の時間分解能を達成するのは非常に困難である。本研究では、従来の約4倍の800kbpsという高いビットレートを達成するための新型テレメータ送信機の開発を行っている。



## II -2-k-32

## 深宇宙追跡管制システムの研究

助教授 加藤隆二 助教授 吉川 真 技術職員 市川 勉

白田の64mや内之浦の20m・34mのアンテナを用い「GEOTAIL」,「のぞみ」,「はやぶさ」の追跡を行った。「のぞみ」や「はやぶさ」については、JPL/NASAに追跡・軌道決定のサポートを依頼しており、ISASとJPLの双方の追跡データ（レンジ、レンジレート）を用いて解析を行って比較検討した。なお、「はやぶさ」に関しては、X帯の周波数での追跡管制を行う新システムを開発し、実運用を開始した。

## II -2-k-33

## 地球周回衛星の軌道決定の研究

助教授 加藤隆二 助教授 吉川 真 技術職員 市川 勉

1997年2月に打ち上げられた「はるか」は、遠地点約21000km、近地点560kmの楕円軌道で地球をほぼ6.3時間の周期で周回している。「はるか」に対しては、Sバンドの追跡データに加えて、VLBI観測を目的とした白田10mアンテナによるKuバンドのレンジレートが取得されている。このKuバンドのデータは新方式（送信周波数制御）によって計測されたものである。SバンドとKuバンドのデータを合わせて、高精度の軌道決定の研究を行っている。

## II -2-k-34

## VLBIデータを用いた軌道決定の研究

助教授 加藤隆二 助教授 吉川 真 技術職員 市川 勉

すでにミッションが終了となった「のぞみ」、現在運用中の「はやぶさ」、そしてこれからのミッションである「LUNAR-A」など、いずれのミッションでも航法に対する精度要求が厳しくなっており、それに対応すべく高精度な軌道決定システムの研究開発を行っている。しかしながら今後の惑星ミッションを考えると、レンジ・レンジレートによる電波航法では精度的に限界があるし、柔軟な軌道決定に対応することも難しい場合がある。そこで、相対VLBIによる軌道決定の検討を行った。さらに、「のぞみ」や「はやぶさ」を使ってVLBIデータの取得をし、軌道決定の解析・評価も行っている。

## II -2-k-35

## Real Time航法システムの研究

助教授 加藤隆二 助教授 吉川 真 技術職員 市川 勉

惑星探査機の航法では、軌道制御やモジュールの分離等のイベントを実施する際、その直前に正確な軌道決定が要求されることが多い。例えば、「LUNAR-A」においては、月周回軌道に探査機を投入後、2機のペネトレータを母船から離脱し月表面に投入する予定であるが、ペネトレータ離脱直前には正確な軌道推定を実施する必要がある。このために逐次型の推定理論を適用した精度の高い軌道推定システムの研究を行っている。この研究は、他のミッションにおいても軌道制御時等で逐次的推定を行う際に応用できるものである。

## II -2-k-36

## 太陽電池パドルと周辺プラズマとの相互作用及び太陽電池パドルの表面電位制御に関する研究

助教授	田中孝治	教授	佐々木進	東工大	小田原修
特別共同利用研究員	岩佐 稔	理科大	金子 聰	特別共同利用研究員	横森信博
		共同研究学生	高崎紀昭	共同研究学生	田中 聡

大電力宇宙機のための高電圧太陽電池パドル開発の基礎研究として、高電圧太陽電池パドル表面の放電を起こしにくい電位分布形成と衛星電位が周辺環境から受ける影響を解明するための基礎実験を行った。本年度は、模擬太陽電池パネルを用い、種々の印加電圧パターンに関して放電の生じやすさとリーク電流を計測した。パターンにより放電やリーク電流の変化に違いがあることがわかった。周囲プラズマへの影響を明らかにするため、エミッシブ

プローブによる電位計測にも着手した。

### II -2-k-37

#### 月・惑星探査のための遠隔SIMSに関する研究

助教授 田中孝治 教授 佐々木 進

月・惑星探査のための遠隔SIMSの基礎実験として、氷が存在すると考えられる月の永久影の領域を模擬する低温ターゲットを用い、種々のイオンビーム条件で計測を行った。本年度は質量分析系のデータ収集部の改修を行った。

### II -2-k-38

#### 水サイクル宇宙エネルギーシステムの研究と衛星・探査機太陽衛星用各種太陽電池の評価

助教授 田中孝治 教授 佐々木 進 技術職員 橋本保成  
共同研究員 石井忠司

人工衛星や惑星探査機、宇宙基地における太陽光と水を利用した宇宙エネルギーシステムとして水の電気分解と燃料電池を組み合わせたシステムの基礎検討を実施した。電気分解と燃料電池機能をリバーシブルに行うシステムと無重力を模擬する治具を製作し、性能評価試験を実施した。また、木星などの深宇宙探査を可能とするソーラーセルに太陽電池による発電機能を付加した電力セルへの応用が可能となる薄膜太陽電池の検討を行い、耐放射線特性の評価試験の準備を開始した。

### II -2-k-39

#### テレメトリ・コマンド伝送用国際標準規格の作成

助教授 山田隆弘

人工衛星のテレメトリ及びコマンドの伝送方式としては、宇宙データシステム諮問委員会（CCSDS）が国際標準規格として制定した方式が世界的に使用されている。しかし、これらの規格においては、テレメトリ・コマンドの伝送に特化した規定の仕方がなされており、一般的なネットワーク用の標準規格と組み合わせるとこれらの規格を使用することは考慮されていない。そこで、将来の宇宙システムにおけるネットワーク的な環境においても使用できるように、現在の標準規格をさらに一般化した標準規格の作成を行っている。この標準規格は、宇宙データシステム諮問委員会（CCSDS）から標準規格として既に発行されており、近い将来、国際標準化機構（ISO）からも国際標準規格として発行される予定である。

### II -2-k-40

#### 宇宙システムアーキテクチャーの研究

助教授 山田隆弘

軌道船、着陸船、ロボットなど多様な要素から構成される将来の宇宙システムは、地上で使用されているシステムよりもはるかに複雑なシステムとなる。このような複雑なシステムを効率よく構築するためには、システムのアーキテクチャーを構築することが重要になる。アーキテクチャーを精密に規定し、かつ利用しやすいものとするためには、システムの様々な局面を統一的に記述するための標準的なモデル化技法が必要になる。本研究では、国際標準化機構（ISO）が制定した分散処理システム用のモデルをベースにしながらも複雑な宇宙システムにも適用できるような新たなモデル化技法の開発を行っている。

### II -2-k-41

#### モデル記述言語の研究

助教授 山田隆弘

宇宙機の開発や運用を行うためには、宇宙機に関する各種のデータを使用する必要がある。これらのデータの形式は、データ処理システム毎に規定されていることが多く、複数のシステムでデータを共有することは、一般的に

は困難である。しかし、データを標準的な記述形式で表現すれば、複数のシステムでデータを共有することが可能になる。

このような目的のために、Extensible Markup Language (XML) を標準的な記述形式として採用するケースが増えているが、現実にはXMLの使い方がシステム毎に異なるために、複数のシステムでデータを共有することは未だに困難である。本研究では、このような問題を解決するために、宇宙機に関する情報をモデル記述言語で記述し、その言語で記述された情報をXMLに翻訳することによってデータの共有を真に可能にするための研究を行っている。モデル記述言語としては、UML (Unified Modeling Language) を宇宙機に適するような形で拡張することを考えている。

#### II -2-k-42

##### 宇宙機監視制御用標準インターフェースの研究

助教授 山田隆弘

宇宙機で使用されるテレメトリ及びコマンド等の基本的データ構造については国際標準規格が存在しているが、データの意味内容の規定に関してはプロジェクトが独自に行っており、プロジェクト間の互換性は確保されていない。本研究では、宇宙機の監視制御で使用されるデータに関して、その意味内容に関する規定も含んだ標準的なインターフェースを確立するための研究を行っている。具体的には、衛星の各サブシステムあるいは搭載機器の動作を標準的な記述方式で記述し、この記述をコマンドとテレメトリの意味内容に対応させるという方式を採用することにより、あらゆる種類の衛星に対応できる方式の開発を行っている。

#### II -2-k-43

##### 深宇宙探査機の地球スイングバイ時の光学観測についての研究

助教授 吉川 真

火星探査機「のぞみ」が地球スイングバイを行ったときに光学観測のキャンペーンを行った。残念ながら天候には恵まれなかったが、国内1箇所での観測に成功した。観測されたデータは、電波航法の結果との比較検討を行っている。小惑星探査機「はやぶさ」についても、同様な観測の可能性について検討している。

#### II -2-k-44

##### 地球接近天体の軌道解析と観測・データ処理システムの研究

助教授 吉川 真

国立天文台 磯部瑠三

日本宇宙フォーラム 寺菌淳也

現在、世界的に「スペースガード」という活動が始まっているが、日本でも岡山県美星町に「美星スペースガードセンター」が建設され、観測活動がかなり進展してきた。このような状況において、小惑星やスペースデブリの観測とそのデータ処理のシステムの開発を行っている。観測されるデータがかなり膨大なものとなるため、その処理をいかに迅速に行えるかが課題である。また、データをデータベース化し、さらに一般公開するシステム開発も行い、ほぼ完成した。

#### II -2-k-45

##### 小惑星の軌道進化の研究

助教授 吉川 真

小惑星サンプルリターンミッションである「MUSES-C」によって小惑星の表面物質が地球に持ち帰られるとその分析が行われるが、そのときに対象の小惑星がどのような軌道進化をしてきたかという情報は非常に重要なものとなる。ところが、「MUSES-C」のターゲットとなるような小惑星の場合、軌道運動がカオス的になる場合が多く、長期間にわたる軌道計算が難しい。このような天体の軌道進化を如何に推定したらよいかについて研究を進めている。

## II -2-k-46

## ASTRO-Fによる地球接近小惑星の観測のための検討

助教授 吉川 真 助手 山村一誠 特別研究員 長谷川直  
 国立天文台 黒田大介

2004年に打ち上げ予定の赤外線天文観測衛星の「ASTRO-F」では、いくつかの波長の赤外線でサーベイ観測やポインティング観測を行う。この観測で、太陽系内の小天体のデータも取得されるが、特に地球に接近する小惑星についてその観測の可能性や観測によって得られる新たな知見についての検討を行っている。また、地上からの観測もあわせることによって、地球接近小惑星についてより総合的に理解することを目指している。

## II -2-k-47

## 流星物質および隕石の軌道進化の研究

助教授 吉川 真

流星群となる流星物質は、彗星から放出された塵が母彗星の軌道に沿って運動している。最近、しし座流星群を初めとしていくつかの流星群については、流星物質の軌道についての情報がかなり得られるようになってきた。このような流星物質と母彗星との軌道進化の関連について研究を進めている。さらに、隕石のように小惑星が起源と思われる天体についても、その軌道進化の研究を行っている。

## II -2-k-48

## 22GHzラインラジオメータによる水蒸気位相揺らぎ補償法の開発

助手 朝木義晴 国立天文台 小林秀行 教授 平林 久

大気下層の水蒸気による宇宙電波の大気遅延と伝播経路上の水蒸気量とは密接な関係があり、水蒸気による大気遅延を補正する方法として分光型水蒸気ラジオメータによる水蒸気量の測定が有効な手法として期待されている。完成したラジオメータを国立天文台に設置し、大気観測を継続して行った。

## II -2-k-49

## 相VLBIによる系内天体水メーザ源までの距離測定

助手 朝木義晴 国立天文台 出口修至 鹿児島大学 今井 裕  
 国立天文台 本間希樹 国立天文台 三好 真 バレンシア大学 蜂須賀一也

地球から約2.7kpc離れたM型の晩期型S Perとその近傍の連続波源をアメリカ国立電波天文台のVLBAの相対VLBIによるモニター観測を行い、位相補償によって両者間の相対離角を求めた。S Perの水メーザの運動を星周ガスの膨張運動、水メーザ・スポットの固有運動、年周視差でモデル化しフィットし、S Perの固有運動と年周視差を求めた。

## II -2-k-50

## 電界効果半導体レーザの研究

助手 戸田知朗

従来と異なる半導体レーザ構造の採用により、新しい機能を半導体レーザに取り込むことができる。そのような新しいレーザデバイスとして4端子構造の活性領域の電流注入、印加電圧に自由度を持つ電界効果半導体レーザの試作を行い、また4端子構造用の評価実験系の構築を行った。評価実験系について、試作時に別途製作した電子デバイスのチップを用いて電気特性取得のための調整まで行った。

## II -2-k-51

## ミリ波変調光波生成技術への電界効果半導体レーザの応用

助手 戸田知朗

開発中の電界効果半導体レーザの特性を利用して、ミリ波によって変調された光波の生成が期待できる。これは、活性層またはその近傍の電子走行領域に逆バイアス印加による高電界領域が生じるのでGunn効果のような高電界効果の導入が半導体レーザで可能となるからである。このような電子遷移効果半導体レーザの可能性の解析を行った。結果として、InP系の組成でレーザを構成して上記効果が期待できる物理条件がデバイス内に成立することが示された。

## II -2-k-52

## 光-光スイッチング素子（波長変換，メモリ機能）の研究

助手 戸田知朗

電界効果半導体レーザ構造に基づく光-光スイッチング素子の研究を行っている。シミュレーションの手段で有望な構造の探索を行った。着目点としては、上記レーザのサイリスタと同様な動作遷移時の活性層への電流注入の非線形な状態変化を光で制御することを考えたが、光注入によるレベルでは現実的ではなく、通常のサイリスタのような電流OFF動作を含めねば双安定な状態間の制御が期待できないことが明らかとなった。现阶段では、完全な光制御による単純なスイッチング素子としての動作は見込めていないため、新たなモデルの探索を予定している。

## II -2-k-53

## 深宇宙通信回線のための低入力レベル対応受信機とTurbo符号復号器の開発

助手 戸田知朗

教授 齋藤宏文

標準化されたTurbo符号を将来探査機に適用することを目的とする。深宇宙探査、特に木星までを含む探査計画の実現には必須である符号利得の改善がこれで可能になる。ターボ復号器、シンボル同期、フレーム同期用の基板をVMEバスシステム上に構築し、各基板の設計、製作、個別動作確認までを行った。

## II -2-k-54

## ポーラリメトリックな合成開口レーダ画像にみられる空間的な揺らぎに関する研究

助手 福田盛介 共同研究学生 中村 徹 共同研究学生 中村聖平

地球観測や惑星探査に有用なセンサである合成開口レーダ（SAR）が供する画像は、照射するマイクロ波の偏波や周波数、あるいはシステムの分解能により異なる性質を有している。雑音（スペckル）と情報（テクスチャ）が乗法的に重畳した空間的な揺らぎの統計を理解することは、種々のSARリモートセンシングのアプリケーションにおいて重要である。特に、高分解能下での揺らぎの偏波依存性に興味があり、航空機搭載SARを用いた観測実験の機会を得て、解析やモデル化、及び地上検証を行っている。

## II -2-k-55

## 統計的な学習理論に基づいたレーダ画像のターゲット自動分類手法の研究

助手 福田盛介

共同研究学生 中村聖平

統計的な学習・識別理論を活用した、映像レーダ画像の高精度なターゲット分類手法の検討を続けている。今年度は、特に、平均化処理を経していないシングルルック画像の利用を鑑み、スペckルノイズにロバストな学習過程を実現できるBoosting法を応用して良好な分類結果を得た。

## II -2-k-56

## レーダ画像に確率的に存在する暗線構造に関する研究

助手 福田盛介

レーダにおいて本質的な強度の揺らぎは、対象が一様なシーンであっても、画像内に物理的に無意味な暗い線状模様をもたらす場合がある。ここでの研究は、メートルオーダーの高分解能システムを念頭に、テクスチャが空間的相関を有する画像における確率的な暗線模様の生起や性質を、シミュレーションを通して明らかにした。

## II -2-k-57

## 月・惑星着陸誘導に用いる電波高度速度計の反射パルスの解析

助手 福田盛介 助教授 水野貴秀

次世代の月・惑星着陸ミッションにおいて、電波高度速度計は必須である。その開発を進めるにあたり、追尾ゲートの設計等に根拠を与えるためには、反射パルスの形状や特性を十分に理解しておく必要がある。シミュレーションと実際にBBMモデルをヘリコプタに搭載した実験を通じ、高度やアンテナのビームパターン、アンテナ傾角、などに応じた反射パルス形状の比較を行った。また、異なるパルス間の位相回転（ドップラシフト）を計測することによる水平方向速度検出のフィジビリティを、反射パルスデータの解析から得ることができた。

## II -2-k-58

## 小型HDDの宇宙機搭載に関する検討

助手 福田盛介 教授 齋藤宏文 助手 三田 信  
技術職員 坂井智彦

1 インチ小型HDD（マイクロドライブ）の宇宙機への搭載を検討するにあたり、ガンマ線（Co60）照射によるトータルドーズ耐性の評価試験を行った。これは、ディスク部分や磁性体ヘッドよりはむしろ、内部で使用されているICの耐放射線性を確認するためのものである。あわせて、真空の宇宙空間での使用を鑑み、気密化の検討も進めている。

## II -2-k-59

## SELENEの4-way通信とリレー衛星構成法の研究

教授 高野 忠 教授 山本善一 教授 佐々木 進  
国立天文台 河野宣之 助教授 岩田隆浩 RSAT/VRADグループ

月探査システムSELENEでは4-way通信として、臼田地球局からリレー衛星、月周回衛星に至る往復路を、コヒーレント無線回線で接ぐ。そのため各トランスポンダの順次ロック確認法等、難しい問題がある。今年度は、SELENEのリレー衛星について環境実験を行い、いくつかの部品について特性を改善するため、技術支援を行った（平面アンテナ、SX帯コリニアアンテナ、トランスポンダ、VCO等）。