

## d. 固体惑星科学研究系

### II-2-d-1

#### 系外惑星系の中心星依存性

客員教授 井田 茂

太陽系外の惑星はすでに150個以上発見され、現在ではその軌道や質量の統計的性質についての議論が始まっている。特に、系外惑星の検出確率が中心星の金属量や質量に強く依存することが観測的に知られている。この依存性を説明するために、標準的な木星型惑星の形成プロセスを一般的な形でモデル化し、惑星形成の初期条件である原始惑星系円盤の観測データをもとにして、モンテカルロ計算を行い、系外惑星の質量・軌道半径分布を理論的に予測した。この理論結果は観測データの傾向を定量的に説明する。この理論モデルのブラッシュアップにより、現在では観測不可能な系外地球型惑星の分布の予測も可能となる。

### II-2-d-2

#### 「SELENE」リレー衛星搭載中継器（RSAT）の開発

助教授	岩田 隆浩	国立天文台	野田 寛大	国立天文台	浅利 一善
教 授	高野 忠	国立天文台	花田 英夫		
九大・理	並木 則行	国立天文台	河野 宣之		

リレー衛星搭載中継器（RSAT）は、「SELENE」のリレー衛星と主衛星に搭載して、4ウェイドプラ観測により月の裏側の重力場マッピングを行うための観測機器である。本機器のフライタ品について、地上局適合性試験、単体環境・性能試験、「SELENE」小型衛星搭載後の総合電気性能試験、「SELENE」主衛星との噛合試験を実施して、地上系を含む4ウェイシステムとしての性能を評価した。これにより、世界初となる月周回軌道における4ウェイリンク運用が実現できること、月重力場展開係数の高次項において推定精度の十分な改善が達成でき、月の裏側の重力場構造の解明が期待できることを明らかにした。

### II-2-d-3

#### 小型衛星用軽量型平面アンテナの開発

助教授	岩田 隆浩	国立天文台	河野 宣之	国立天文台	鶴田 誠逸
教 授	高野 忠	国立天文台	浅利 一善	国立天文台	劉 慶会

「SELENE」のリレー衛星に搭載するためのS帯平面アンテナを開発した。同アンテナは、重力場計測のための4ウェイドプラ観測データにおいて衛星スピinnの影響を低減するために、送受信を分離して衛星スピnn軸対象に配置するものであり、従来宇宙機アンテナより軽量化を実現した。環境試験等を行って耐環境性を確認すると共に、模擬構体を用いたビームパターン計測によって所定の通信性能を満足すること、位相パターン測定によって重力場観測での十分な計測精度が達成し得ることを確認した。

### II-2-d-4

#### ドプラデータを用いた中継器捕捉状態推定法の研究

助教授	岩田 隆浩	国立天文台	浅利 一善
国 立 天 文 台	野田 寛大	國 立 天 文 台	河野 宣之

宇宙機に搭載された受信機の捕捉ステータスを、ドプラ観測データから推定する手法の研究を行った。これは、ダウンリンク信号の周波数安定度の比較と、周波数掃引への応答から状態を決定する方法であり、「SELENE」用搭載機器の臼田局適合性試験において実現性を確認した。これにより、「SELENE」における月の裏側の重力場観測時に、実時間での受信機ステータスの確認を可能とした。

## II-2-d-5

## 「SELENE」相対 VLBI 用衛星電波源（VRAD）の開発

助教授 岩田隆浩 国立天文台 花田英夫 国立天文台 河野宣之

相対 VLBI 用衛星電波源（VRAD）は、「SELENE」のリレー衛星と VRAD 星に搭載して、多周波相対 VLBI 観測により月の表側及び縁辺部の重力場マッピングの高精度化を達成するための観測機器である。本機器のフライトイについて、単体環境・性能試験、VRAD 衛星へのインテグレーション・総合性能試験を実施して、VRAD 衛星を含むシステムとしての性能を評価した。これにより、従来の測距距離変化率計測より 2 桁以上の位置決定精度が向上すること、月重力場展開係数の低次項において推定精度の十分な改善が達成でき、月のコアの物理状態の解明が期待できることを明らかにした。

## II-2-d-6

## ドプラ観測による衛星姿勢推定法の研究

助教授 岩田隆浩 国立天文台 河野宣之 国立天文台 河野裕介

総合研究大学院大学 菊池冬彦 国立天文台 花田英夫

スピニ衛星の姿勢変動を、ドプラ観測データから推定する手法の研究を行った。これは、アンテナ位相中心の運動を姿勢変動の要因から解く方法であり、擬似データを用いて成立性を確認した。これにより、姿勢テレメトリーを持たない「SELENE」小型衛星の姿勢を推定して、重力場データの校正と自動運用計画への反映を行うことを可能とした。

## II-2-d-7

## 「SELENE」小型衛星：リレー衛星（Rstar）/VRAD 衛星（Vstar）の開発

助教授 岩田隆浩 副主任開発部員 岩山曜介

副主任開発部員 南野浩之 グループ長 高橋道夫

副主任開発部員 佐々木健 プロジェクトマネージャ 滝澤悦貞

「SELENE」で測月ミッションを行うための 2 機の小型衛星であるリレー衛星（Rstar）/VRAD 衛星（Vstar）の開発を行っている。これらの衛星は、重力場計測精度の向上と軽量化のために姿勢・軌道マヌーバを行わないことから、ミッション期間中に十分安定に姿勢を維持できる設計を行った。この内、分離時の姿勢については、分離機構の地上試験により確認した。また分離後の姿勢では、衛星上搭載機器に対する太陽輻射圧による変動が支配的であるため、これを低減する構造設計を行った。また、ミッション機器の観測モードを模擬した NiMH 型バッテリの特性試験により、電源運用の成立性を確認した。

## II-2-d-8

## 小型衛星用軽量型分離機構の開発と軌道上実証

助教授 岩田隆浩 プロジェクトマネージャ 滝澤悦貞

副主任開発部員 佐々木健

「SELENE」で測月ミッションを行うための 2 機の小型衛星のため、伸展スプリング式軽量型分離機構を開発した。ショックコードによる重力キャンセル装置を用いた地上試験と、熱振動環境を与えた要素試験によって把握した分離性能について、ピギーバック衛星「μ-Lab Sat」による宇宙実証を行った。そのテレメトリデータと画像の解析により、軌道上特性が地上試験からの予報値に一致することを確認した。

**II-2-d-9****月回転変動計測のための月面天測望遠鏡（ILOM）の研究**

助教授	岩田隆浩	国立天文台	河野宣之	国立天文台	野田寛大
副主任開発部員	青木 滋	国立天文台	鶴田誠逸		
国立天文台	花田英夫	国立天文台	荒木博志		

月面天測望遠鏡（ILOM）は、月の極域に設置する PZT（写真天頂筒）型の位置天文観測用光学望遠鏡の計画である。月の秤動等の回転変動を初めて直接計測することにより、月の内部状態を高精度で観測することを目的としている。本観測システムでは、星像重心を CCD において 1/1000 ピクセルの高精度で決定する必要があることから、セントロイド試験により実現可能性を示した。また月面での姿勢の高安定性を要するため、模擬鏡筒を用いた熱歪み試験と月レゴリス沈降試験を実施している。

**II-2-d-10****月面低周波電波天文（LLFAST）の研究**

助教授	岩田隆浩	国立天文台	野田寛大	情報通信研究機構	近藤哲朗
副主任開発部員	宮原 啓	東北大・理	森岡 昭	名古屋大・STE 研	徳丸宗利
総合技術研究本部・主任研究員	松本甲太郎	東北大・理	三澤浩昭		
国立天文台	河野宣之	東北大・理	土屋史紀		

低周波（短波帯以下）の電波観測は、地上及び地球周回では地球の電離層の影響を受けるため、月の裏側が最適な観測サイトである。そこで将来の月裏側の大型電波干渉計を目指して、その第1段階としての月面低周波電波観測システムの設計を行っている。木星 Io-DAM（イオのデカーメータ波）等の惑星電波の観測を目標に、特に、アンテナ及びその展開機構、越夜のための機器耐低温性について設計検討を進めた。

**II-2-d-11****探査機を用いた小天体重力場探査の研究**

助教授	岩田隆浩	国立天文台	河野裕介	国立天文台	松本晃治
-----	------	-------	------	-------	------

太陽系内小天体の重力場は、強度と構造が微小であるため、これを観測する計測手法について研究している。これまでに、多周波 SST（衛星間測距）による高精度位相比較や、SST による多周波逆 VLBI が有効であることを示した。この研究結果に基づいて、将来の小惑星重力場探査ミッションの設計検討も行っている。

**II-2-d-12****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	研究機関研究員	横田康弘
高知大・理	本田理恵	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の間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-13****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。

## II-2-d-14

## 月ソイルの反射率の位相角依存性に関する実験的研究

助 手 大竹真紀子	研究機関研究員 横田康弘
教 授 水谷 仁	招聘研究員 武田 弘

アポロ16号地点で採取された5種類のソイルサンプルについて、その反射率の位相角依存性、化学組成依存性、密度依存性を実験的に求めた。この結果、クレメンタイン衛星データを使って横田らが得た反射率依存性は、密度が極めて低い状態のサンプルについてのみ再現されることが判明した。これらは惑星表面の反射率を実験室データと比較するときに、サンプルの密度について十分な注意を払う必要があることを示している。

## II-2-d-15

## 惑星内部構造の研究

教 授 藤村彰夫	助 手 早川雅彦	助 手 白石浩章
助教授 田中 智	教 授 水谷 仁	大学院学生 板垣義法

地球以外の天体で地震学的な情報が得られている月について、サイズ、質量、慣性能率の密度分布、地震波速度分布、温度分布から岩石学的内部構造を推定した。今後は月の地震学的データの見直しを含め、モデルの精密化を進めると共に他の惑星や衛星についても研究を進める予定である。

## II-2-d-16

## 月の地殻熱流量の再解析

教 授 水谷 仁	助教授 田中 智	助 手 白石浩章
教 授 藤村彰夫	助 手 早川雅彦	大学院学生 斎藤靖之

月の地殻熱流量計測はこれまでアポロ計画で2地点で行われている。このデータ解析には地形補正など多くの点で不十分であることが言わされている。最近のクレメンタイン、ルナープロスペクタのガンマ線スペクトルデータや高度データを使えば、これまでの熱流量データの解析を一新できると思われる所以、再解析を進めている。特にレゴリス層の厚さの水平方向不均質を考慮すると、表面で観測される熱流量値は局所的に大きな変化があり得ることを数値的に示した。この影響のため、アポロ計画で得られた観測値はその地域の代表的平均値から20%程度ずれる可能性があると推定される。

## II-2-d-17

## 潮汐加熱を取り入れた月の熱的歴史の研究

教 授 水谷 仁	助教授 田中 智	助 手 安部正真
----------	----------	----------

月誕生初期には月と地球はきわめて接近していたと考えられるので、月の歴史に潮汐加熱が影響を与えていた可能性がある。月の軌道進化についてはまだ不確定な要素もあるので、これまでに得られている3つの軌道進化モデルについての結果を使って、月の熱的歴史を数値的に再検討した。これらから安部の軌道進化モデルに従うと、月の誕生から107年の間は潮汐加熱は放射性元素による発熱を上回り、45億年間で月の中心部の温度を数百度上昇させる効果をもっていることが判明した。

## II-2-d-18

## 月震データベースの研究

助 手 早川雅彦	教 授 藤村彰夫
教 授 水谷 仁	助教授 田中 智

アポロ地震計ネットワークで得られた月震データは合計で約125GB程度の膨大なものであるために、その検索、解析には大変めんどうな手続きを必要としている。本研究ではこのアポロ月震データを効率的、高速に解析するために、データベース化を行いさらにその検索、解析に必要なソフトウェアの開発を行っている。

## II-2-d-19

## 月のシニュアス・リルの成因と固体惑星の進化過程の研究

特別共同利用研究員 本田親寿 教授 藤村彰夫  
 教授 水谷 仁

月誕生直後の火成作用について明らかにする事を目指した研究であるが、月面の溶岩地形であるシニュアス・リルの研究から開始している。現在までにシニュアス・リルについて観測されている形態、構造、分布についての解析を実施したので、今後はこの解析結果を踏まえて、岩石学的、惑星物理学的拘束条件の下で、シニュアス・リル形成の物理過程について数値シミュレーションによって研究を進める。

## II-2-d-20

## 月熱流量解析の研究

助教授 田中 智 教授 水谷 仁 助手 早川雅彦  
 共同研究員 吉田信介 教授 藤村彰夫

月面にペネトレータを設置して熱流量計測を実施する場合の諸問題を、実験的、解析的、理論的に研究している。ペネトレータの各構成部毎について熱真空条件での熱物性の計測、熱数学モデルの構築と数値解析、ペネトレータ全熱物性の熱真空データ取得と数値解析は終了している。今後、これらを統合したペネトレータ全機熱数学モデルと月面環境を反映したモデル構築と数値解析を実施する。

## II-2-d-21

## 月面画像校正法の研究

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

月探査機で得られる画像をモザイクマップ作成や地質解析に用いるためには、月の明るさが位相角に応じて変化する効果を除去する必要がある。クレメンタイン探査機による月面画像を用いて、そのための画像校正法の開発を行った。ついで、いくつかの月面についてモザイクマップを作成して適用性を試験した。

## II-2-d-22

## 地震計の非線形バネ特性と長周期化用磁気力の研究

教授 藤村彰夫 教授 水谷 仁  
 大学院学生 山田竜平 助手 白石浩章  
 助教授 田中 智 研究機関研究員 横田康弘

「LUNAR-A」ペネトレータ用月震計は小型・軽量・省電力であって、長周期化のために磁場を利用した磁気力制御と非線形ダイヤフラムバネを採用している。この月震計の振子端周囲の磁場と、振子の変位と力の関係を精密に3次元計測するシステムを構築し、これ等が地震計センサー特性に与える影響についての実験的研究を進めている。磁場の軸対称性の重要性や振子の中立位置が非線形ダイヤフラムバネに与える影響について明らかとなってきている。今後は月震や実際の小さな規模の地震などで期待される、振子の変位量が少ない場合についての動作について研究を進める予定である。

## II-2-d-23

## 回収型衝撃実験装置の開発研究

助教授 田中 智 共同研究員 吉田信介 教授 水谷 仁  
 助手 白石浩章 大学院学生 山田竜平  
 研究機関研究員 横田康弘 教授 藤村彰夫

落下型衝撃印加装置を製作して、発生する衝撃加速度、継続時間、衝撃波形について、種々のターゲット物質と

その形状を変えた実験を実施し、8000G レベルの衝撃加速度を制御するための物理条件を取得した。衝撃を印加する電子回路基板などは落下容器内で非接着性粒子で埋設して保護するが、この非接着性粒子（ガラスピーズなど）の充填方法についても実験的に検討した。さらに、充填した容器内の衝撃時の粒子の移動パターン、容器内部での衝撃加速度分布、コンデンサーなど電子回路素子の衝撃時の電気的応答について明らかにした。

## II-2-d-24

**小惑星内部構造探査用ペネトレータシステムの開発研究**

助教授	田中 智	助 手	矢野 創	教 授	藤村彰夫
東京工業大	小林直樹	助 手	白石浩章		
助教授	石井信明	教 授	水谷 仁		

未分化小天体は予想に対して平均密度が小さく、その理由を明らかにするために内部構造の解明が始原天体研究における最重要課題の一つである。我々は地震学的に内部構造を解明するために小天体にペネトレータを貫入させ、人工地震観測を行なうためのシステム開発研究を行っている。本研究は、ESA が2011年に打ち上げを目指す小惑星探査ミッション「通称：ドンキホーテ」にペネトレータシステムを搭載することを前提として行った。我々は LUNAR-A ペネトレータ開発成果を踏まえ、搭載機器や製造技術をできるだけ活用することをベースにした検討を行い、ペネトレータの諸元（重量やサイズ、構造など）や投下システム（投下方法、貫入速度など）の概念検討を行った。また、地震観測システムに求められる性能、仕様を決定するために人工地震源のエネルギーで励起される小惑星の振動モードに対する地動振幅を推定した。

## II-2-d-25

**惑星探査機搭載用小型可視・近赤外分光計の基礎開発**

助 手	安部正真	教 授	藤原 顯	大学院学生	二村徳広
-----	------	-----	------	-------	------

ローバ搭載を考えている小型分光計で得られるデータは、地上観測やオービタ観測に比べ、局所的な地形による入出射角の変化やレゴリスの粒径の影響が大きくなる。そのため、入射角、出射角が可変である可変角反射測定装置を用いて小惑星に存在する鉱物の可視・近赤外反射率測定を行っている。

## II-2-d-26

**小天体衝突で放出される破片の速度分布に関する実験**

教 授	藤原 顯	共同利用研究員	小野瀬直美
-----	------	---------	-------

太陽系内の惑星、衛星は微惑星が衝突しあい次第に合体しながら成長していくものと考えられている。微惑星が衝突を受けたときに大量に放出される破片のなかで 脱出速度を越えるものは飛散してしまい、脱出速度以下のものはもとの天体に降り積もる。すなわち、破片の速度分布は惑星の成長速度を支配する重要な量である。そこで岩石や石膏などのターゲットに高速度固体粒子を打ち込んで破壊させ放出される破片群の速度分布をカメラによる撮影などの方法によって調べている。これらの情報は小天体上にレゴリスが存在するかどうかを考えられるのに役立てる。

## II-2-d-27

**小天体上のクレーターの形態学的研究**

教 授	藤原 顯	共同利用研究員	小野瀬直美
-----	------	---------	-------

小天体上のクレーターの形状は大惑星上に見られるクレーターと異なっている。衝突実験をとおして、これらの成因をさぐっている。

## II-2-d-28

**衝突による発光現象の物理的研究**

東大・理 IFREE	杉田精司 門野敏彦	大学院学生 大学院学生	大野宗祐 冬木正紀	招聘研究員 教 授	長谷川直 藤原 顯
---------------	--------------	----------------	--------------	--------------	--------------

惑星表層における超高速度衝突に伴う発光現象は数多く観測されており、また、現在探査機による観測計画も立てられているが、定量測定的な観測およびその計画の例はほとんどない。本研究では衝突閃光の波長・空間・時間を分離した情報を分光観測にて取得し、それぞれのプロセスごとに物理的理理解に基づいた絶対発光強度式を求める事を行っている。

## II-2-d-29

**メテオロイド及びスペースデブリの超高速衝突に関する基礎実験**

助 手 教 授	矢野 創 藤原 顯	AES 特別共同利用研究員	M. J. Neish 北澤幸人	総合技術研究本部 技術開発部員	木部勢至朗 長谷川直
------------	--------------	------------------	---------------------	--------------------	---------------

宇宙空間に曝露された各種材料の表面上に残されたクレーターから入射粒子に関する物質情報を引き出す基礎データを得るために、実験室で衝突シミュレーション実験を行っている。分割サボを使って数十～数百ミクロンサイズの微粒子を二段式軽ガス銃で撃ち、様々な人工衛星、惑星探査機、国際宇宙ステーションなどの宇宙機の材料へのダメージを評価している。成果はJAXA宇宙機設計基準の文案にも役立てている。

## II-2-d-30

**地球回収型人工衛星へ超高速衝突する惑星間塵の物理的・化学的分析**

助 手 教 授	矢野 創 藤原 顯	AES	M. J. Neish	総合技術研究本部 木部勢至朗
------------	--------------	-----	-------------	-------------------

日本初の再利用型人工衛星 SFU や国際宇宙ステーション曝露部の表面にメテオロイドやスペースデブリによって形成された衝突痕を調査し、地球近傍の宇宙空間におけるダスト環境を評価している。衝突フラックスの算出、クレーター形状から導かれる衝突物の運動量の見積り、各材料の衝突残留物の化学分析による粒子の起源の同定等を行う。これらの結果は彗星や小惑星等メテオロイドの起源を探ると共に、宇宙ステーション等将来の宇宙機器の安全設計にも生かされる。データベースは CD-ROM として研究者に配布したり、WWW 上で世界に公開されている。

## II-2-d-31

**超高感度ハイビジョンカメラを使った、航空機・高山からの流星群観測**

助 手 神戸大学 国立天文台	矢野 創 阿部新助 渡部潤一	理化学研究所 通信総合研究所	海老塚昇 門脇直人	国立天文台	春日敏測
----------------------	----------------------	-------------------	--------------	-------	------

1998-2001年に流星雨を降らせたしし座流星群を始めとする様々な流星群についてを、高度12km の航空機ないし2000-4000m 級の高山から、独自の可視・紫外域光学計を付けた超高度ハイビジョンカメラを用いて測光・分光観測、最微光流星のフラックス計測、立体軌道計測を行っている。その成果は、人工衛星への彗星塵の衝突危険性評価、流星痕の化学発光プロセスの解明、流星群出現モデルの検証、ダストチューブ内の空間分布の導出、異なる流星群間の組成比の比較、エルプス・スプライト現象の解析など、流星科学に多様な貢献をしている。「宇宙生物学」の課題としては、紫外分光により彗星塵中に含まれる水酸基を世界で初めて同定し、さらに有機物の検出も試みている。

## II-2-d-32

## 次期小惑星サンプルリターン計画用サンプラーの開発

教 授	藤原 顯	助 手	矢野 創	技術開発部員	長谷川直
助 手	安部正真	東邦学園大学	高木靖彦	助 手	森 治
助 手	羽生宏人	東工大	松永三郎	茨城大	野口高明

サンプリングサブグループ

「はやぶさ」に次ぐ次期小惑星探査を想定して、微小重力下のC型小惑星の表面および地下のサンプルを採取する技術を検討している。「はやぶさ」での採集技術を踏襲発展させた打込み方式と、火薬による掘削式について開発を進めている。

## II-2-d-33

## 「はやぶさ」ミッションターゲットの地上観測

助 手	安部正真	大学院学生	西原説子	大学院学生	猿楽祐樹
技術開発部員	長谷川直	大学院学生	北里宏平		

2003年打ち上げに成功した「はやぶさ」ミッションの探査ターゲット小惑星である Itokawa に関するデータを収集するために地上観測を行っている。東京大学木曾観測所の1.05mのシュミット望遠鏡などを用いて Itokawa の観測を行っている。海外の研究者にも観測の協力を呼びかけ、Itokawa の自転周期、形状、可視近赤外域の反射スペクトルに関する情報を取得することができた。

## II-2-d-34

## 次期小天体探査計画探査候補天体の地上観測

助 手	安部正真	大学院学生	西原説子	大学院学生	猿楽祐樹
技術開発部員	長谷川直	大学院学生	北里宏平		

次期小天体探査計画探査候補天体のスペクトルタイプや自転周期を推定するために、東京大学木曾観測所の1.05m シュミット望遠鏡や30cm 望遠鏡及び海外の望遠鏡を用いて多色測光や連続測光などの観測を実施している。

## II-2-d-35

## 「はやぶさ」ミッションターゲット熱モデルの構築

助 手	安部正真	技術開発部員	長谷川直
教 授	藤原 顯	国立天文台	関口朋彥

2003年5月打ち上げに成功した「はやぶさ」ミッションの探査ターゲット小惑星である Itokawa の表面温度を見積るために小惑星熱モデルの構築を行い、温度分布予測を行った。2001年と2004年に行った地上観測などで小惑星からの熱幅射の情報が得られ Itokawa の温度・サイズ・アルベド推定を行った。

## II-2-d-36

## サンプルリターン回収試料の分析手法の開発・惑星物質受入れ設備の設計

助 手	矢野 創	教 授	藤原 顯	大学院学生	奥平恭子
-----	------	-----	------	-------	------

「はやぶさ」が回収する小惑星試料から、できるだけ多くの科学情報を取り出すため、汚染管理の計画立案、微小試料のハンドリング、分析技術の検討、初期分析のフローの策定、さらに2007年の完成を目指した、日本初の宇宙物質キュレーション・初期分析設備ならびに初期分析用作業チャンバーの設計と基礎開発を行っている。本設備は「はやぶさ」以降のサンプルリターン計画や海外のミッションからもたらされるサンプルにも対応できる拡張性を備えている。また、はやぶさサンプルの初期分析チームに選抜された日本全国の研究者諸氏からも、適宜アドバイスを頂いている。

## II-2-d-37

## 「はやぶさ」小惑星物質初期分析チーム（HASPET）の公募分析コンペの実施

教 授 藤原 顯	JAMSTEC 久城育夫	北大 山本哲生
助 手 矢野 創	NASA/JSC Michael E. Zolensky	

「はやぶさ」が回収する小惑星試料の初期分析を行い、国際的に門戸を開く公募分析に利する基本的な情報を取り出す「オールジャパン」体制のチームを、本部内研究者と共に形成する研究者を、国内の競争公募で選ぶこととした。第一回コンペに基づくナンバーは決定されて、現在第二回コンペの審査中である。最終チーム構成は2005年度中に決定する予定である。

## II-2-d-38

## 小惑星分光型と宇宙物質試料の可視・近赤外分光データの比較

助 手 安部正真	教 授 藤原 顯	助 手 矢野 創
大学院学生 北里宏平	大学院学生 二村徳広	

隕石中に含まれる代表的な鉱物や普通コンドライトの粉末などの試料について、位相角やサイズ分布による可視・近赤外分光プロファイルの依存性を評価している。その結果は、小惑星の地上観測データと比較評価されている。

## II-2-d-39

## 小惑星探査機搭載用赤外線検出器の開発

助 手 安部正真	東邦学園大学 高木靖彦
教 授 藤原 顯	大学院学生 北里宏平

小惑星探査機搭載用の赤外分光器は地球周回衛星搭載用の分光器に比べて軽量であることが要求される。しかし、探査機自身が対象天体に接近するため一般の天文観測に比べて感度を必要としない。そのような点を考慮して電子冷却程度で使用可能な宇宙用の赤外線検出器の開発を行っている。

## II-2-d-40

## ハイブリッド型ダスト計測・捕集器の開発

助 手 矢野 創	茨城大・理工 野口高明	東大・理 杉田精司
大学院学生 奥平恭子	九大・理 中村智樹	教 授 藤原 顯
千葉大・理 河合秀幸		

低密度物質エアロジェルに超高速度で衝突する固体義微粒子を、出来るかぎり変質させないで捕獲し、かつ衝突発光などの物理現象を利用して、時刻・エネルギー・速度もその場計測する、ハイブリッド型ダスト計測・捕集装置を開発している。これまで、エアロジェル上での衝突発光分光による到達温度の測定、宇宙塵アナログ鉱物の衝突変成の評価、ミクロンオーダーの衝突痕の検出分析・試料取出技術の開発、宇宙実験に最適化したより低密度のエアロジェルの調合などを実施してきた。次世代の小天体サンプルリターンや国際宇宙ステーションなどへの搭載を目指している。

## II-2-d-41

## 衝突電離型ダスト分析器の開発

東京水産大学 大橋英雄	東大・理 佐々木晶	技術開発部員 長谷川直
独協医大・物理 河村 享	京都大・工 柴田裕実	
独協医大・物理 野上謙一	助 手 矢野 創	

近い将来の月惑星探査ミッションに搭載を検討している宇宙塵検出器の開発を行っている。探査機へのダストの超高速衝突によって発生したイオンを使って飛行時間型質量分析を行い、衝突粒子各々の組成や元素比を測定す

る。これによって、彗星、小惑星、月、ベータメテオロイド、星間塵など、これまで唱えられてきた様々な宇宙塵の起源とその比率をその場観測で決定する。ISAS では特に低速度領域 ( $\leq 5 \text{ km/s}$ ) の衝突較正実験を行っている。

#### II-2-d-42

##### ダスト音響素子検出器の開発

東大・理 宮地 孝	大学院学生 吉岡秀樹	技術開発部員 長谷川直
早稲田・理工 長谷部伸行	大学院学生 伊藤浩巳	助 手 矢野 創
大学院学生 増村考洋	独協医大・物理 野上謙一	

ベピコロンボ水星探査機など、将来の惑星探査ミッションに搭載する軽量な宇宙塵検出器の開発を行っている。本検出器は音響素子を応用して、衝突した宇宙塵の質量と速度を測定する事を目指している。また、衝突方向と時刻を記録できる配置をすることにより、宇宙塵の起源にも制約を与える。ISAS では、特に低速度領域 ( $\leq 5 \text{ km/s}$ ) で数十ミクロン程度の微粒子衝突の較正実験を行っている。

#### II-2-d-43

##### 微粒子静電加速器の機能向上

技術開発部員 長谷川直	東京水産大・海洋環境 大橋英雄	東大・理 佐々木晶
教 授 藤原 顯	独協医大・物理 野上謙一	東大・原セ 岩井岳夫
助 手 矢野 創	独協医大・物理 河村 亭	京大・工 柴田裕実

東京大学原子力研究総合センターと協力して、同センター保有の3.75MV ヴァン・デ・グラーフ型静電加速器を使って微粒子加速実験を行っている。これは高速度領域 ( $> 5 \text{ km/s}$ ) のダスト分析器の実験に活用している。さらに ISAS にて100kV 静電気加速器を製作し、大型ヴァン・デ・グラーフ用の予備実験等、小回りの効く運用も行っている。

#### II-2-d-44

##### 小惑星族複数フライバイ・サンプルリターンミッション検討

助 手 矢野 創	助教授 吉川 真	助 手 川勝康弘
教 授 藤原 顯	助 手 安部正真	大学院学生 森本睦子
助教授 山川 宏	助 手 吉光徹雄	

「はやぶさ」に続く小天体探査の候補として、同一の原始惑星を起源とする小惑星族に属する小天体複数個を訪れ、母天体の内部構造や衝突破壊、再凝集の履歴を調べるミッションの実現性を検討した。化学推進を使い、3年間で3個または6年間で5個コロニス族小惑星、あるいは3年間で2個のナイス・エラスチック・アソシエーション族小惑星へ1tほどの探査機でフライバイし、サンプルリターンを行って、地球に帰還できる解が複数個存在することが判った。さらに工学的検討も加え、ミッション成立への開発要素を明らかにした。

#### II-2-d-45

##### 微小重力天体上の粉体表面への衝突現象に関する研究

東邦学園大 高木靖彦	助 手 矢野 創	技術開発部員 長谷川直
大学院学生 寺元啓介		

近年の小惑星探査によって、表面重力の弱い小惑星表面にも無視できない厚さのレゴリス層が堆積しうることが実証されている。そこでこうした小天体表面での超高速衝突によるクレーター形成および放出物の振る舞いの素過程を理解すべく、落下塔を使った微小重力環境下での実験的研究を行っている。

## II-2-d-46

## 弾性波による小惑星内部構造の探査方法の実験的研究

助 手 矢野 創 大学院学生 寺元啓介 秋田大・工学資源 秋山演亮

小惑星探査機によるバルク密度測定から、未分化小惑星の内部にはミクロないしマクロなスケールでの空隙が多く存在しうると推測される。さらに巨石や細粒のレゴリス層が表面で同時に存在する小惑星は、さらにその不均一な内部構造が示唆される。地球での地下構造の物理探査方法は土壤中の水分や導電を利用したものが多いが、小惑星では期待できない。そこで次期小天体探査計画でのローバによる内部構造探査に適した物理計測手法を検討すべく、レゴリス層地下における弾性波のピーク波長、減衰率とガラスピーズの模擬レゴリスのサイズ分布の相関に注目した予備実験を行った。音速と粒径の相関に対する物理モデルを構築した。

## II-2-d-47

## 宇宙塵の非破壊 3 次元内部構造分析法の確立

助 手	矢野 創	産業技術総合研究所	中野 司	大学院学生	岡澤隆宏
阪大・理	土山 明	茨城大・理	野口高明	九州大・理	中村智樹
SPring-8 上杉健太郎					

南極氷床より採集された100ミクロン未満の宇宙塵を、SPring-8の放射光を用いたX線コンピュータトモグラフィー技術によって、空間分解能1ミクロン未満の精度で内部構造を非破壊分析することに成功した。非溶融宇宙塵でもサブミクロンスケールの空隙が存在してバルク密度に支配的な影響を与えることを突き止めた。これは宇宙塵の母天体である彗星核や小惑星の内部構造・空隙率を考える上での重要な観点となる。現在さらに空間分解能を高める光学系とSPring-8の研究者と協力して推進している。最終的にはIDP粒子のモノマーのフラクタル次元を実測することで、原始太陽系での宇宙塵の合体成長モデルに実証的制約を与えることを目指す。

## II-2-d-48

## 赤外線天文衛星による小天体の観測可能性の検討

技術開発部員	長谷川直	教 授	藤原 顯
研究機関研究員	石黒正晃		

日本で打ち上げが予定されている赤外線天文衛星「ASTRO-F」と「SPICA」によって観測可能である小天体の等級・大きさを求めた。特に「ASTRO-F」については全天サーベイで観測されるであろう小天体の個数も算出した。

## II-2-d-49

## 近地球型小惑星の軌道データの収集と探査候補天体の検索

助 手 安部正真 助 手 川勝康弘

年間500個近く発見されている近地球型小惑星の軌道情報の入手及び整理をすばやく行い、エネルギー的に探査機の到達しやすい小惑星の早期発見を行っている。

## II-2-d-50

## 次期近地球型小天体ランデブー・サンプルリターンミッションの設計・開発

助 手	矢野 創	教 授	藤原 顯	助教授	山川 宏
助 手	安部正真	技術開発部員	長谷川直	大学院学生	森本睦子
助 手	川勝康弘	助 手	森 治	助 手	吉光徹雄
助教授	吉川 真	助教授	岩田隆浩	茨城大	野口高明
東大・工	宮本英昭	東邦学園大	高木靖彦	会津大	出村裕英

小天体探査ワーキンググループ

「はやぶさ」に続く小天体の候補として、既にスペクトル型が判明している近地球型小天体で、それぞれタイプの異なる天体にランデブーし、全球マッピング後にタッチ&ゴー式でサンプル採集をし、地球帰還するミッションの設計と基礎開発を行っている。9年程度で二つの小惑星に訪問し、サンプルリターンする例を始め、複数の解が存在する事が分かった。また、サンプリング装置、小惑星表面探査ローバ、オービターからの科学観測、誘導、制御、航法の課題等もサブグループ単位で開発・研究を進めている。

## II-2-d-51

## 黄道面脱出ミッションの検討

技術開発部員	長谷川直	名大・STE	小島正宜	東北大	船橋 豪
助 手	矢野 創	名大・STE	徳丸宗利	東工大	河合誠之
助 手	松浦周二	助 手	高島 健	青山学院大	吉田篤正
学振 PD	石黒正晃	国立天文台	佐々木晶	専大・新領域	山本 聰
産総研	中村良介	国立天文台	野田寛大		
金沢大・理	村上敏夫	東大・理	尾中 敬		
通信総合研究所	秋岡眞樹	国立天文台	関井 隆		

惑星科学・太陽物理学・惑星間空間物理学・赤外線天文学において、科学的に重要な観測が出来る黄道面脱出探査機の検討を行った。観測分野が多岐に渡る故、各分野でどのような観測が可能かを検討している。

## II-2-d-52

## 黄道光および彗星ダストトレイルの地上観測

学振 PD	石黒正晃	東大・教養	上野宗孝	大学院学生	猿楽祐樹
助 手	矢野 創	産総研	中村良介	韓国・Kangwon 大学	Suk Minn Kwon
神戸大・理	向井 正	特別研究員	臼井文彦		

黄道光観測専用カメラ WIZARD の開発と、ハワイ・マウナケアにおける地上観測を実施し、惑星間ダストの起源と進化について研究している。更に、東京大学木曾観測所のシュミット望遠鏡を用いた黄道雲の微細構造の検出にも取り組んでいる。WIZARD は安定した性能を発揮し、サーベイデータを蓄積している。木曾の観測では、2002 年 2 月以来、地上観測によって次々と彗星ダストトレイルの検出に成功している。スターダスト探査機の探査天体・ヴィルド第二彗星にも大きなダストがトレイルを形成していることを発見した。

## II-2-d-53

## ソーラーセイル探査機を使った惑星探査・天文観測の検討

助 手	矢野 創	助 手	松浦周二	技術開発部員	長谷川直
東海大	田中 真	学振 PD	石黒正晃	特別研究員	臼井文彦
助教授	笠羽康正	助 手	高島 健	教 授	川口淳一郎
金沢大・理	米徳大輔	助 手	津田雄一		

次期工学試験宇宙機の候補であるソーラー電力セイルによる科学観測の学問的意義、観測機器候補および運用要求を検討した。黄道面脱出以外でのレファレンスマッisionとして、木星軌道付近まで行って宇宙背景放射および太陽系外縁ダストの構造を極低ノイズで観測する「ダストフリー赤外線天文学」、木星極軌道への小型オービタの投入、木星トロヤ群小惑星への訪問、クルージング時の宇宙塵連続観測とガンマ線バースト連続モニターを組み合わせた観測案を作り上げた。本年度は PVDF 薄膜を使ったダスト計測装置の開発衝突実験を進めた。

## II-2-d-54

## 「はやぶさ」搭載近赤外分光器による天体の観測および性能モニタ

助 手	安部正真	東邦学園大学	高木靖彦	東大・理	上田祐司
大学院学生	北里宏平		藤原 顯	NASA	Faith Vilas
神戸大	阿部新助	プラウン大	廣井孝弘	イサカ大	Beth Clark

2003年打ち上げに成功した「はやぶさ」に搭載されている近赤外線分光器を用いて、クルージングフェーズにおける観測および機器の性能モニタを行った。観測は複数の恒星および惑星に対して実施され、性能も打ち上げ前と変化がないことが確認された。

## II-2-d-55

## 隕石物質の光散乱特性の研究

助 手	安部正真	神戸大学・理	中村昭子
大学院学生	北里宏平	プロジェクト研究員	齋藤 潤

「はやぶさ」の探査対象天体である Itokawa の表面物質と関連があると考えられる普通コンドライトの粉末に対して位相角やサイズ分布による可視・近赤外分光プロファイルの依存性を評価した。

## II-2-d-56

## 惑星物質受入れ設備における反射スペクトル測定方法検討

助 手	安部正真	会津大・コンピュータ理工	出村裕英	東大・理	上田祐司
助 手	矢野 創	特別研究員	中村良介	RESTEC	山本 彩
秋田大・工学資源	秋山演亮	プラウン大	廣井孝弘	プロジェクト研究員	齋藤 潤

「はやぶさ」が持ち帰ったサンプルの初期分析段階における反射スペクトル測定の方法について検討している。本年度は、光の導入方法や標準サンプルの検討と評価、測定装置のスペック検討を行った。

## II-2-d-57

## 次期小天体探査計画の検討

教 授	藤原 顯	助 手	吉光徹雄	小天体探査 WG
助 手	安部正真	助 手	川勝康弘	
助 手	矢野 創	東邦学園大学	高木靖彦	

「はやぶさ」ミッションに続く次の小天体探査計画の検討を行っている。理学委員会の下で WG 第 1 年目の活動を行った。科学目標の明確化、ミッション候補案の検討、試料採取法の検討を進めた。

## II-2-d-58

## 衝突蒸気雲中の化学反応速度の測定実験

客員助教授	杉田精司	東北大学・理	五十嵐丈二	JAMSTEC	門野敏彦
-------	------	--------	-------	---------	------

惑星の表面環境の進化には、天体衝突が非常に重要な役割果たしていることが分かっている。また、天体衝突過程の中でも、衝突蒸気現象は大気の組成を変化させるなど特に重要な意義を持っている。しかし、超高温高圧条件の衝突蒸気雲中で起きる化学反応過程には未知の問題が多く、理論モデルの構成が困難な場合がほとんどである。そこで、衝突蒸気雲中の化学反応を測定するための実験手法と実験装置の開発を行い、この問題の解決を目指している。具体的には、高出力 Nd : YAG レーザーの照射による模擬衝突蒸気雲の生成、光速度分光装置による蒸気雲の熱力学的測定、4 重極質量分析計による最終生成ガスの測定の 3 つを組み合わせた測定システムを構築した。現在までのところ、着目した分子種の正味の絶対反応率を温度の関数として得ることに成功した。

## II-2-d-59

## クレーター成長過程の高時間分解観測のためのレーザープロファイルラーの開発

東大・新領域 山本 聰 客員助教授 杉田精司

東大・新領域 O. S. Barnouin-Jha 東大・新領域 松井孝典

「はやぶさ」による小惑星 Itokawa の観測、また「SELENE」による月面の観測により、多数のクレーターが詳細に観測されることが予想されている。しかし、Itokawa のような微少重力下でのクレーター形成過程や月面に見られる数百～数千 km スケールの衝突盆地の形成過程には不明な点が多い。しかし、これらのクレーター地形の解析は、「はやぶさ」および「SELENE」がもたらす多くの画像・地形データの解釈に不可欠である。そこで、クレーターの形成過程とくに掘削過程を従来不可能であった高時間・空間分解能でその場観測できる測定システムを開発している。このシステムは、シート状のレーザーを標的面に垂直方向から照射し、標的面の掘削に伴い、レーザーシートと標的面の交叉線が蛇行・移動する状況を高速カメラで側方から観測し、交叉線の形状の時間変化から形成途上にあるクレーターの垂直プロファイルを計測するという物である。現在までのところ、2.5ms の時間分解能で測定が実現している。

## II-2-d-60

## マイクロ重力条件下でのクレーター形成実験

東邦学園大学 高木靖彦 研究機関研究員 長谷川直 客員助教授 杉田精司  
助手 矢野 創 助手 安部正真

「はやぶさ」による小惑星 Itokawa の表面上のクレーターの観測をする際には、微少重力をもつた小惑星表面におけるクレーター形成過程の理解が非常に重要になる。そこで、落下実験塔を用いて微少重力条件下において実際に衝突実験を行い、クレーターの形成過程の観測を行っている。実験結果は、従来の予想に反して微少重力下においても 1G 条件下でできるクレーターとほとんど同じ大きさのクレーターができる事を示している。これは、従来仮定されてきた重力スケーリング則が小惑星表面では成り立たない可能性をしており、小惑星の表面年代推定に大きな影響を与える可能性がある。

## II-2-d-61

## 惑星間塵のエアロジェル衝突の際の発光観測実験

助手 矢野 創 研究機関研究員 長谷川直 客員助教授 杉田精司

惑星間空間には、太陽系の内外から飛来する種々の微小粒子が漂っている。これらは、惑星探査機に搭載されたダスト計測器で、その大きさや速度、存在度などが測られており、太陽系内の物質の流れを知る上で非常に大きな情報源となっている。実際、現在進行中の NASA の探査機「Star Dust」が、精密な化学分析のためにエアロジェルによる星間塵の捕獲を目的として探査飛行をしている。しかし、「Star Dust」方式の探査では、惑星間飛行中に捕獲された惑星間塵の化学組成を知ることはできず、全てが地球への帰還後の分析に依存するという問題がある。また、エアロジェルでの捕獲の過程で惑星間塵がどの程度衝突変成をおこすかも定量的に分かっていない。そこで、エアロジェルへの微小粒子の高速打ち込み実験を行い、その際に生じる発光を分光観測し、衝突加熱の程度や分子発光の有無を調べるための研究を行っている。現在までのところ、微小粒子からの黒体放射を定量測定することに成功している。

## II-2-d-62

## 隕石重撃期における火星大気中でのメタン発生過程の解明

客員助教授 杉田精司 Brown University P. H. Schultz

現在、NASA の「MER」や ESA の「Mars Express」計画による探査によって、火星の古環境の状況が飛躍的な勢いで明らかになりつつある。しかし、依然として未解決の重大な問題として残っているのが、火星の流水地形や赤鉄鉱堆積物などが示す液体の水の存在と温暖湿潤気候の存立の難しさを示す惑星気候理論の計算結果の矛盾である。

この問題は、広く惑星の表層環境の進化を考える上で中心的な問題でもある。この問題の解決の一つの手懸かりが、メタンである。これまでにも幾つかのメタンの生成機構が提案されてきたが、火星の古環境において十分に高い効率でメタンを生成できる機構は提案されていない。本研究では、火星の古環境下において鉄質小惑星が極冠などのH<sub>2</sub>Oの氷を多く含む場所に衝突した場合に衝突蒸気雲中でどのような化学反応が起きるかを理論的に推定する試みを行った。予備的な計算の結果は、直径が30km程度の鉄質小惑星が極冠や永久凍土層に衝突すれば、大量のメタン(～200ppm)が発生し、一時的に火星の表面気温が液体の水の存在を許す温度にまで上昇しうることを示す結果を得た。

#### II-2-d-63

##### 「はやぶさ」搭載用蛍光X線スペクトロメータの開発と初期観測

教授	加藤 學	大学院学生	荒井武彦	阪大・理	宮田恵美
助 手	岡田達明	大学院学生	小川和律	教 授	藤村彰夫
共同利用研究員	白井 慶	客員教授	常深 博		
研究機関研究員	山本幸生	立教大・理	北本俊二		

「はやぶさ」小惑星探査計画では、太陽系始原天体である小惑星のひとつ25143 Itokawa (1998SF36) にランデブーし、小惑星の近傍から小惑星の探査を行う。蛍光X線観測スペクトロメータは太陽X線が小惑星表面に照射することで励起される元素に固有なエネルギーをもつ蛍光X線を観測し、小惑星表面の主要元素組成を調べる。本機器は、エネルギー分解能の良好なCCDをX線検出器に用いること、極薄ベリリウム窓を使用すること、標準試料を用いて機上で太陽X線による蛍光X線励起の較正を行うことによって、エネルギー検出範囲の拡大、元素組成の決定精度の向上を図っている。2003年5月9日に打上げに成功し、以後は初期動作確認、宇宙X線の観測を行いながら機上での調整を進めている。

#### II-2-d-64

##### S310-28号機搭載用蛍光X線分光装計の観測と解析

教授	加藤 學	共同利用研究員	白井 慶
助 手	岡田達明		

S310-28号機搭載のX線観測装置は2台のCCD検出器が搭載されており、地球大気および標準試料を指向するよう設定した。地球大気側は太陽X線の散乱および、地球大気中で励起発光する蛍光X線と、上層大気に浮遊するダスト成分からの蛍光X線が検出されるため、大気組成やダスト浮遊量の検出ができる。後者は、太陽X線強度の時間変動を模擬的に検出することと、CCDの機上較正を行うことができる。今後の探査機搭載X線装置の基礎開発、新しい研究手法の導入的な実験である。

#### II-2-d-65

##### 「はやぶさ」搭載用蛍光X線スペクトロメータの運用と軌道上較正

教授	加藤 學	共同研究員	白井 慶	大学院学生	荒井武彦
助 手	岡田達明	共同研究員	山本幸生	大学院学生	小川和律
				大学院学生	細野 梢

小惑星探査機「はやぶさ」は、太陽系始原天体である小惑星のひとつ25143 Itokawa (1998SF36) にランデブーし、近傍から小惑星探査を行う。蛍光X線スペクトロメータは太陽X線が小惑星表面に照射することで励起される元素に固有なエネルギーをもつ蛍光X線を観測し、小惑星表面の主要元素組成を調べる装置である。本機器は、エネルギー分解能の良好なCCDをX線検出器に用いること、極薄ベリリウム窓を使用すること、標準試料を用いて機上で太陽X線による蛍光X線励起の較正を行うことによって、エネルギー検出範囲の拡大、元素組成の決定精度の向上を図る。本年度は小惑星に向かう軌道上におり、宇宙X線の観測を行いながら較正を進めている。

## II-2-d-66

## 「はやぶさ」搭載蛍光X線スペクトロメータによる月観測

助 手	岡田達明	共同研究員	山本幸生	教 授	加藤 學
大学院学生	荒井武彦	共同研究員	白井 慶		
大学院学生	細野 梢	大学院学生	小川和律		

「はやぶさ」は2004年5月19日に地球スイングバイを行ったが、その直前には月の観測を実施した。蛍光X線スペクトロメータは月から発生した蛍光X線を背景宇宙X線から分離に成功し、世界初の月裏側からのX線検出を行った。月裏側の平均組成が斜長岩的であることとよく一致する結論が得られた。

## II-2-d-67

## 「はやぶさ」搭載用蛍光X線スペクトロメータの機上データ処理法の開発

共同研究員	山本幸生	共同研究員	白井 慶	大学院学生	小川和律
助 手	岡田達明	大学院学生	荒井武彦	教 授	加藤 學

「はやぶさ」搭載の蛍光X線スペクトロメータでは、テレメトリ回線の厳しい条件で最大限の科学的成果を引き出せるように、機上でのデータ処理方法の検討・試験・実装を行った。ハードウェア機能として、CCDの生出力の記憶、各画素の読み出しノイズや暗電流ノイズの平均値算出、X線イベント抽出を行う。SH-OBCを用いたソフトウェア処理として、グレード判定、ホットピクセル除去、ヒストグラム作成、データ圧縮、などを行い、データのCCSDS準拠のパケットを生成する。

## II-2-d-68

## 「はやぶさ」での機上較正およびX線天体の観測とシミュレーション

大学院学生	荒井武彦	共同研究員	白井 慶	大学院学生	小川和律
助 手	岡田達明	共同研究員	山本幸生	教 授	加藤 學

「はやぶさ」は小惑星到着までの2年、小惑星出発から地球帰還までの1.5年の期間中に宇宙X線の観測を行うため、観測対象天体の選出と、観測予測シミュレーションを行っている。科学観測のほか、検出器の較正にも用いる。これまでに歟座X1、ケプラー超新星残骸、かに星雲、IC443などのX線天体の観測を実施している。

## II-2-d-69

## 「はやぶさ」における小惑星蛍光X線元素組成マッピング法の研究

助 手	岡田達明	共同研究員	白井 慶	教 授	加藤 學
共同研究員	山本幸生	大学院学生	荒井武彦		
大学院学生	小川和律	大学院学生	細野 梢		

「はやぶさ」搭載蛍光X線スペクトロメータの観測視野は約3.5度であり、ランデブー時のホームポジションからほぼ小惑星全体を観測する。小惑星の自転によって自転位相による元素分布を調べることができる。任意形状の小惑星に対して、太陽X線を照射した場合に観測されるX線スペクトルの算出、逆問題として元素組成を推定する手法を考案し、解析ツールを構築している。

## II-2-d-70

## 「はやぶさ」搭載蛍光X線スペクトロメータの熱設計と小惑星熱モデルの構築

助 手	岡田達明	共同研究員	山本幸生
共同研究員	白井 慶	教 授	加藤 學

小惑星の形状、表面物性を与えた時的小惑星表面温度分布を算出するツールを作成している。一方、「はやぶさ」搭載蛍光X線スペクトロメータの熱モデルは単体熱真空試験、システム熱真空試験で検証している。探査機が小惑星タッチダウンを行う際に、小惑星からの熱放射を受けて温度上昇するプロファイルから、小惑星表面の温度特

性を知ることができる。その際の温度シミュレーションを行っている。

#### II-2-d-71

##### 「SELENE」搭載用蛍光X線分光計の開発

教 授	加藤 學	大学院学生	荒井武彦	阪大・理	宮田恵美
助 手	岡田達明	大学院学生	小川和律	教 授	藤村彰夫
共同研究員	白井 慶	客員教授	常深 博		
共同研究員	山本幸生	立教大・理	北本俊二		

月周回探査「SELENE」に搭載する蛍光X線分光計の開発を行っている。本機器は、月面の極域を除くほぼ全域を、主要元素Mg, Al, Siについては空間分解能20km, その他Ca, Ti, Feについても高い分解能でマッピング探査を行う。「はやぶさ」用の蛍光X線スペクトロメータの後継機であり、基本原理は同じであるが、総有効面積を100cm<sup>2</sup>と大口径化している。また、PIN型フォトダイオードによる太陽X線直接モニタも実施する。2002年において設計確認会を終え、FMの製作・試験を行っている。

#### II-2-d-72

##### 「SELENE-2」月着陸実験での月クレータ中央丘の地質調査の検討

東大・理	佐々木晶	JAMSTEC	杉原孝充	明治大・工	黒田洋司
助教授	久保田孝	助 手	大竹真紀子	中央大・工	國井康晴
助 手	岡田達明	千葉工大	武田 弘	教 授	加藤 學
阪大・理	佐伯和人	秋田大・資源	秋山演亮		

「SELENE-2」月着陸実験では、科学的重要地点にピンポイントかつ障害物回避をして安全に軟着陸した後、地質探査を行うことを前提に科学探査ミッションを検討している。現状では、クレータ中央丘近傍に着陸地点を設定し、ランダとローバを用いて月面深部物質を採取し、表面を研磨して観察・分析を行うという探査について、科学探査目標や搭載機器検討、技術的課題について検討している。

#### II-2-d-73

##### 「SELENE-2」月着陸実験におけるサイエンスシステムの検討

助 手	岡田達明	中央大・工	國井康晴
助教授	久保田孝	教 授	加藤 學
JAMSTEC	杉原孝充	SELENE-2ローバ・サイエンス分科会	

「SELENE-2」のサイエンスを実現するためのシステム設計を進めている。現状ではミッションが成立する最小限必要なシステムの検討を行ってきたが、今後はリソース的に許容される範囲で最適化していく。また、越夜による低温対策についての検討も行っている。

#### II-2-d-74

##### 「SELENE-2」月着陸実験用X線蛍光・回折分析装置の基礎開発

助 手	岡田達明	大学院学生	小川和律	大学院学生	荒井武彦
共同研究員	白井 慶	共同研究員	山本幸生	教 授	加藤 學

将来の惑星着陸探査用の小型ランダ・ローバ搭載X線蛍光・回折分析装置の基礎開発を進めている。X線蛍光による主要元素分析、X線回折による結晶構造解析は、惑星表面物質のその場分析として最も基本的な測定項目である。本装置はX線CCDを用いることによって、1つのセンサで同時に実施することができる。現在は特に、「SELENE-2」搭載用に概念設計を進めている。

## II-2-d-75

## カーボンナノチューブを用いた FE 型小型 X 線管球の基礎開発

助 手	岡田達明	共同研究員	白井 慶	大学院学生	荒井武彦
大学院学生	小川和律	共同研究員	山本幸生	教 授	加藤 學

将来の月惑星探査用として、小型 X 線管球の開発を進めているが、とくにカーボンナノチューブを用いた電界放射型（FE 型）の管球は将来有望であるため、実験室モデルを試作し、性能評価を進めている。岩石の蛍光 X 線分析等が十分可能なことまでは確認できた。岩石の結晶ごとの分析を可能とするマッピング型管球の研究に取り組んでいる。

## II-2-d-76

## 「SELENE-2」月着陸実験用総合分析パッケージの検討

助 手	岡田達明	北大・理	杉原孝充	助教授	久保田孝
中央大・工	國井康晴	阪大・理	佐伯和人	教 授	加藤 學
助 手	大竹真紀子	明治大・工	黒田洋司		

小型のローバやランダに搭載する分析装置は、試料の採取後に搬送・加工を施した後で複数の分析装置にかける必要があるため、これらをパッケージ化するのがリソース的に効率がよい。そこで、パッケージ化の方式の概念検討を行っている。今後は試作を行っていく。

## II-2-d-77

## 「ベピ・コロンボ」水星探査計画での蛍光 X 線分光計の検討

助 手	岡田達明	ラザフォード・アブルトン研究所	M. Grande
教 授	加藤 學	ラザフォード・アブルトン研究所	S. K. Dunkin

国際共同水星探査計画「ベピ・コロンボ」の水星周回探査機 MPO に搭載する蛍光 X 線分光計についての機器提案、検討を行っている。水星からの X 線観測 (MIXS)、太陽 X 線モニタ (SIXS) の 2 種類のセンサ構成とし、データ解析用データベース構築や熱試験に関して担当する。

## II-2-d-78

## 「ベピ・コロンボ」における水星表面・内部構造の研究

助 手 岡田達明

水星は原始太陽系の太陽系内縁部の特徴をもった形成過程や進化過程を経たと考えられており、それらを反映する特徴が現在の水星表面や内部構造に現れていると考えられる。そこで、水星探査によって、これらの謎を解明する糸口がつかめる。今後、NASA の「メッセンジャー」と「ベピ・コロンボ」による観測結果から得られると考えられるデータから判定し得る水星の起源と進化について検討している。

## II-2-d-79

## 地球・惑星上層大気における蛍光 X 線の強度と大気組成・浮遊ダスト組成の研究

助 手	岡田達明	国立天文台	渡部潤一
名大・理	鎌田祐一	東大・理	佐々木晶
広島大・理	寺田健太郎	NASA ゴダード宇宙飛行センタ	竹島敏明

惑星表面からの X 線放射を X 線天文衛星から観測することで、月と彗星をターゲットにした観測・解析を行っている。また、これらの観測結果を説明するため、表面組成、大気組成、浮遊ダスト量や太陽風との相互作用を考慮したモデル計算を実施している。「あすか」による月観測では、X 線強度が平坦な場合に比べて 2 ~ 3 分の 1 程度であることが分かったが、これは太陽位相角が約 90° で実施したため、粒子サイズ効果によると思われる。また、ヘルボップ彗星での観測を行った。

## II-2-d-80

## 惑星表面からの蛍光 X 線スペクトルの鉱物粒子効果の研究

助 手 岡田達明 COE 研究員 山本幸生 教 授 加藤 學

惑星表面はレゴリスに覆われており、ガラス質や合金などの均質組成ではなく、粒子レベルの規模で表面組成は不均質である。蛍光 X 線観測によって元素定量分析を行うには、その効果を詳細に調べる必要がある。複数の鉱物の混合物と、それをガラス化し均質な試料とで、蛍光 X 線スペクトルの変化を実験的に調べた。また、モデル計算も実施し、鉱物粒子効果の定量化・定式化を行っている。

## II-2-d-81

## 惑星表面の粒子サイズ効果による蛍光 X 線強度・スペクトル形状変化の研究

助 手 岡田達明 教 授 加藤 學

惑星表面は平滑な面ではなく、レゴリスの代表的粒子サイズである数10ミクロン程度の微小凹凸で覆われている。この微小凹凸によって、各元素ごとの蛍光 X 線強度比が太陽位相角によって大きく影響を受けることが分かった。さらに実験およびモデル計算を進めることによって、粒子サイズ効果の定量化・定式化を進めている。

## II-2-d-82

## 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-83

## 電波エコー観測による惑星表面・表層下構造の研究

東北大・理	小野高幸	助 手	岡田達明	東大・理	佐々木晶
名大・理	山口 靖	京大・理	山路 敦	助 手	春山純一

惑星表層下の構造を調べる手段に電波エコー観測がある。惑星表層が乾燥したレゴリスやメガレゴリス層に覆われているため電気伝導度が極めて低く、電波の透過性が高い性質を利用する。アポロ17号でもこの手法が試験的に行われ、月の数箇所で地下構造の探査に成功した。われわれは「SELENE」搭載レーダサウンダー (LRS) でこの電波エコー観測を行う予定であり、その観測の対象、解析手法、そのフィージビリティについて検討を進めている。また、「のぞみ」では表面からのエコー強度を調べることができる。地上からの S, X 帯の電波エコー強度がほぼゼロであるスタイルスと呼ばれる地域の特徴、火星にかつて存在した水や氷による地形、地下水探査の可能性について検討している。さらに、「Mars Express」搭載の MARSIS との共同研究を視野に入れた検討も進行している。

## II-2-d-84

## パラフォイルによるゆっくり飛行観測による火星地下水脈探査の検討

助 手 岡田達明 助教授 澤井秀次郎 大学院学生 日野聰史

将来の火星探査のサイエンスターゲットの1つは、火星の水脈探査である。近年のマーズグローバルサーベイやマーズオデッセイからの観測によって、火星には氷を含む凍土層があることや、火星の地下水脈が存在することはほぼ確実となってきた。しかし、噴出した水はすぐに乾燥した地面に浸透したり、蒸発するため、表層水を直接探査することは難しい。そこで、水脈を調査する。火星着陸探査機を送る際、着陸途中でパラフォイルによるゆっ

くり飛行、および誘導制御によって最終目標地点に着陸する。ゆっくり飛行中に崖面の近傍を飛行し、望遠分光探査、 $\gamma$ 線観測、および電波エコー探査を実施することを検討中である。

#### II-2-d-85

##### 地中レーダによる月惑星表層探査の基礎研究

助 手 岡田達明	助 手 西堀俊幸	東北大・東南アジア研究センター	小林敬夫
助 手 春山純一	東大・工 宮本英昭		

地中レーダは月惑星表層数10mから1km程度の構造を探査する有力な手法であるが、今後主流となる表面探査においてその重要性が増大するため、特に月面での表層下探査での有用性の検討とアンテナ方式の最適化のための基礎開発を開始した。ビバルディアンテナ等の比較的広帯域かつ周波数を任意に取れる方式の試作を行い、また砂箱での室内実験、フィールド実験を通じて評価を進めている。

#### II-2-d-86

##### 衛星観測及び数値実験による磁気圏電波・電磁波動、粒子加速現象の研究

助教授 笠羽康正	客員教授 松本 紘
教 授 向井利典	客員教授 星野真弘

磁気圏は、いくつかの領域において特徴的な電波・電磁波動を生成・放射している。この中でも太陽電波バーストと同様の機構で生成される電子フォアショック起源の2fp電波活動、および衝撃波における電子の加速・加熱の基礎的過程について、波動・粒子観測と電磁粒子コードによる数値実験を用い空間構造や微視的素過程、物理機構の研究を進めている。また、「GEOTAIL」衛星によるガンマ線バースターの検出に協力している。

#### II-2-d-87

##### プローブによる宇宙空間電場計測法の定量的研究

助教授 笠羽康正	助教授 早川 基
----------	----------

プローブの開発を理論的・数値的モデルに基づく信頼度の高いプロセスとすることを最終目的として、1) 宇宙プラズマ中におけるプローブ特性のモデル化、2) 衛星電場観測データの再評価、3) 数値シミュレーション環境の構築と各種プローブ、ビーム法測定との比較評価を行っている。また、これを基礎として、国際水星探査計画BepiColombo/MMOに搭載する予定の電場／プラズマ波動計測装置の設計・開発を行っているとともに、ロケット実験、小型放射線帶観測衛星ERG、次期磁気圏探査計画SCOPEへの発展的検討を行っている。

#### II-2-d-88

##### 衛星搭載観測機器統合データ処理システムの開発

助教授 笠羽康正	助 手 高島 健
----------	----------

衛星の小型化・インテリジェント化の向上および開発難易度の低下を実現するためには、デジタル処理系の性能向上が鍵を握る。新しい汎用データインターフェース「Spacewire」の採用などを含めた、衛星搭載観測機器統合データ処理システムの開発を進めており、水星探査機への搭載を目指している。

#### II-2-d-89

##### 木星周回オービターによる「木星電磁圏」探査の基礎検討

助教授 笠羽康正	助 手 高島 健
----------	----------

「ソーラーセール計画」の一環として、小型探査機を木星周回軌道へ投入する可能性が検討されている。この探査機を極軌道に投入することを想定した「木星電磁圏」探査について、その科学目標および観測装置パッケージについて、基礎構想の検討を行っている。また、この延長として大型木星探査将来計画について、基礎的な検討を合わせて行っている。

**II-2-d-90****リモートセンシングデータを用いた月の海の火成活動の研究**

宇宙航空プロジェクト研究員 児玉信介 名大・理 山口 靖

月内部の組成分布や熱進化を明らかにするため、クレメンタインの分光画像データを用いて月の海の領域について地質解析を行い、海の玄武岩の組成分布や火成活動の時空変遷を調べた。

**II-2-d-91****月画像望遠鏡「ALIS」の開発と月表層地質の研究**

阪大・理 佐伯和人 研究員 中村良介 助手 大竹真紀子

宇宙航空プロジェクト研究員 児玉信介 千葉工大 武田 弘 神戸大・自然 平田 成

地上からの望遠鏡観測により月面の連続分光画像を取得し、月面分光特性（反射スペクトルの位相角依存性など）や月面の化学組成を研究する目的で開発が進められている地上分光望遠鏡について、光学性能試験（感度特性、MTF、視線ベクトル、S/N等）と実観測による校正データを取得し、評価を行った。また、得られた月面分光画像データを用いて月面の地質解析を行った。

**II-2-d-92****「SELENE」搭載月面撮像／分光機器（LISM）の光学性能評価**

助手 春山純一 国立環境研究所 松永恒雄 研究員 中村良介

助手 大竹真紀子 宇宙航空プロジェクト研究員 児玉信介 神戸大・理 平田 成

月探査周回衛星「SELENE」に搭載される月面撮像／分光機器（LISM）のライトモデルについて光学性能試験を行い、感度特性（輝度変換係数、リニアリティー）、MTF、視線ベクトル、S/N等を測定し、観測機器の光学特性評価を行った。

**II-2-d-93****「SELENE」搭載マルチバンドイメージの重点解析領域の研究**

助手 大竹真紀子 開発部員 吉澤 明 神戸大・理 平田 成

招聘研究員 武田 弘 特別研究員 中村良介

助手 春山純一 国立環境研究所 松永恒雄

「SELENE」搭載のマルチバンドイメージでは、可視・近赤外2本の直下視望遠鏡より得られる9バンド画像を用い、月面上における鉱物・岩層分布を知ることによって月全体の水平（多地点観測）および垂直方向（異なるクレータサイズの中央丘=異なる深さの岩層）の化学組成について調べることを目的としている。マルチバンドイメージの重点解析領域を過去の「クレメンタイン」分光画像データや「ルナープロスペクタ」 $\gamma$ 線による元素分布データ、反射スペクトル実験データなどを用いて選定する研究を行っており、これまでに始原的地殻の化学組成推定に向けて月裏側の特定地域や中央丘等いくつかの重点領域を選定した。

**II-2-d-94****「SELENE」搭載スペクトルプロファイラの重点解析領域の研究**

国立環境研究所 松永恒雄 助手 春山純一 神戸大・理 平田 成

名大・理 児玉信介 開発部員 吉澤 明

助手 大竹真紀子 特別研究員 中村良介

「SELENE」搭載のスペクトルプロファイラでは可視から近赤外域にかけて約300点のスペクトルデータを取得することによって月面上における詳細な鉱物・岩層の同定を行い、月の化学組成について知ることを目的としている。スペクトルプロファイラの重点解析領域を過去の「クレメンタイン」分光画像データや「ルナープロスペクタ」 $\gamma$ 線による元素分布データ、反射スペクトル実験データなどを用いて選定する研究を行っており、特定の海における

る玄武岩溶岩の判別などいくつかの重点領域を選定した。

#### II-2-d-95

##### 「SELENE」搭載月面撮像/分光機器の月面数値地形モデル作成システムの開発

助 手 春山純一	開発部員 吉澤 明	国立環境研究所	松永恒雄
助 手 大竹真紀子	特別研究員 中村良介	神戸大・理	平田 成

「SELENE」に搭載される地形カメラによって得られたステレオ観測データから、月の全表面について数値地形モデルの生成を行う。このステレオ観測データは、月の地形構造を系統的に整理するうえで重要なデータとなるとともに、分光機器の輝度校正精度を向上させるために要される。一日あたり55Gbit にものぼる大量のデータを迅速にかつ、精度よく処理して、全球の3次元情報を得るためにシステムの開発を目指している。

#### II-2-d-96

##### 「SELENE」搭載地形カメラの重点解析手法、解析領域の研究

助 手 春山純一	開発部員 吉澤 明	国立環境研究所	松永恒雄
助 手 大竹真紀子	特別研究員 中村良介	神戸大・理	平田 成

「SELENE」搭載地形カメラによってもたらされる膨大なデータについて、解析手法や解析領域を重点化、整理することで、より効率よい解析を目指すとともに、実運用における撮像パラメータや、オプショナルな観測可能時期における撮像優先順位の選定に資することを念頭に、研究を行っている。

#### II-2-d-97

##### 「SELENE-B」搭載望遠カメラの基礎開発

助 手 大竹真紀子	海洋研究所 杉原孝充	秋田大・工学資源	秋山演亮
助 手 春山純一	阪大・理 佐伯和人		

「SELENE-B」月着陸実験では、科学的な重要地点にピンポイントかつ障害物回避による軟着陸をした後、地質探査を行うことを検討している。「SELENE-B」の着陸機には地質探査において最も基礎となる地形着陸地点（例えばクレータ中央丘）の地形および鉱物・岩層判読を行うための望遠分光望遠カメラの搭載が必須であり、このような装置の検討および基礎開発を行っている。分光方式としてはAOTF素子（音響光学素子）を用い、AOTFに印加する超音波の周波数を変動させることによって2次元の連続分光画像を取得することを検討しており、観測目的に適した望遠レンズの光学設計やAOTF素子の開発を行っている。

#### II-2-d-98

##### 「SELENE-B」搭載マクロ分光カメラの基礎開発

助 手 大竹真紀子	海洋研究所 杉原孝充	秋田大・工学資源	秋山演亮
助 手 春山純一	阪大・理 佐伯和人		

「SELENE-B」月着陸実験では、科学的な重要地点にピンポイントかつ障害物回避による軟着陸をした後、地質探査を行うことを検討している。「SELENE-B」の着陸機には着陸地点で採取されたサンプルやローバにより様々な地域から採取されたサンプルについて鉱物組織の判別や詳細な鉱物同定を行うためのマクロ分光カメラを搭載することが必須である。このようなマクロ分光カメラの検討および基礎開発を行っている。分光方式としてはAOTF素子（音響光学素子）を用い、AOTFに印加する超音波の周波数を変動させることによって2次元の連続分光画像を取得することを検討しており、観測目的に適したマクロレンズの光学設計やAOTF素子の開発を行っている。

## II-2-d-99

**アポロレゴリスサンプルを用いた「SELENE」搭載マルチバンドイメージヤの較正サイト研究**

助 手 大竹真紀子 招聘研究員 武田 弘 国立極地研究所 荒井朋子

「SELENE」搭載のマルチバンドイメージヤによる正確な鉱物・岩層分布の把握にはデータの校正精度が非常に重要であるが、月など固体惑星上の反射スペクトルにおける反射率校正においてはグランドトゥルースが取れないなどの理由からこと較正精度に問題のあることが知られている。そのため、アポロソイルサンプルを用いてマルチバンドイメージヤに最も適した標準サンプルおよび校正サイトの選定と、これまでの「クレメンタイン」における反射率データ精度について研究を行った。結果、実験室における標準サンプル測定時の表面粗さ特性が実際の月面と異なる事により較正誤差を生んでいることを解明した。

## II-2-d-100

**月隕石を用いた月地殻化学組成進化に関する研究**招聘研究員 武田 弘 国立極地研究所 山口 亮  
助 手 大竹真紀子 阪大・理 佐伯和人

近年砂漠で見つかった Dho489 と呼ばれる月高地起源の隕石は、放射線元素による年代測定によってアポロサンプルのほとんどの地殻物質年代である39億年よりも古い年代を持つ事が知られている。この Dho489 について EPMA 等による鉱物化学組成分析を行ったところ、通常の月高地岩石に比べて鉱物中 Mg の含有量が高く、かつ地下深部で生成した鉱物を含む事が明らかとなった。これら結果より、本隕石は従来考えられて来た Fe に富んだ地殻生成以前の月地殻物質であり、それら月地殻がより Mg に富んでいた可能性があることを示唆している。

## II-2-d-101

**月高地物質を模した分光特性シュミラントの作成に向けた検討**

助 手 大竹真紀子 招聘研究員 武田 弘

月レゴリスの粒子サイズなど工学特性を模したシュミラントは数種類が製品化されており、地上実験などに広く利用されている。しかしながら、月シュミラントのほとんどは玄武岩溶岩を模して製造されていることから、分光観測を行う観測機器検討などの目的で玄武岩溶岩とは大きく異なる高地物質の分光特性を模擬できるシュミラントの作成が求められている。月の典型的な高地物質に近い化学組成と冷却過程を持つことが知られている地球上岩石を用い、粒子サイズを似せる、不透明鉱物を加えるなどすることで月高地分光特性シュミラントの作成に向けて検討を進めている。

## II-2-d-102

**「SELENE」搭載マルチバンドイメージヤと地上分光望遠鏡による同時月観測に向けた検討**阪大・理 佐伯和人 助 手 春山純一 神戸大・理 平田 成  
助 手 大竹真紀子 特別研究員 中村良介 海洋研究所 杉原孝充

「SELENE」搭載マルチバンドイメージヤにおいてはデータの輝度校正精度を向上させるため、マルチバンドイメージヤと較正済みの地上分光望遠鏡による同時月観測を行うことを計画しており、そのために適した太陽高度等の観測条件について検討を行っている。

## II-2-d-103

**月極における有機物の安定性の研究**

助 手 春山純一 助 手 大竹真紀子 横浜国立大学・工 小林憲正

月の極の氷は、資源の観点からだけでなく科学的にも重要な探査対象である。月の極の氷が彗星から持ち込まれたとして、彗星などにより月に持ち込まれた有機物の安定性について模擬実験により検討している。これまでに、アミノ酸関連分子の水溶液を種々の条件下で  $\gamma$  線照射した場合、遊離アミノ酸よりも結合型アミノ酸が、水溶液よ

りも凍結乾燥した場合の方が、また、模擬月レゴリスを加えない場合よりも加えた場合の方が安定であることがわかつた。本実験結果より、「模擬星間物質」のような複雑なアミノ酸前駆体が月面上の乾燥状態で存在した場合、数百万年以上にわたり存在しうることが示唆されたことになる。

## II-2-d-104

## 「SELENE-B」搭載電波探査機器の研究

助 手	春山純一	東京大学	宮本英昭
副主任開発部員	西堀俊幸	秋田大・工学資源	秋山演亮

「SELENE-B」では月面に着陸し地質探査を行う。本研究では、「SELENE-B」さらには将来の月着陸探査機搭載用の、表層（数mから数十m）の地下探査が可能な電波探査機器の可能性や課題を研究している。これまで、電波探査の有効性を確認するためのスケーリングした実験や富士山ろくの溶岩チューブなどを対象に調査を行い、データを集めている。

## II-2-d-105

## 月面の可視・近赤外波長域における分光特性の研究

助 手	大竹真紀子	千葉工大	武田 弘
国立極地研究所	荒井朋子		

月探査周回衛星「SELENE」搭載のマルチバンドイメージャによる正確な鉱物・岩層分布の把握にはデータの較正精度が非常に重要であるが、月など固体惑星上の反射スペクトルにおける反射率較正においてはグランドトゥルースが取れないなどの理由から較正精度に問題のあることが知られている。そのため、アポロソイルサンプルの地上反射スペクトル測定結果や化学組成の詳細測定値を用いてマルチバンドイメージャに最も適した標準サンプルおよび較正サイトの選定と、これまでの「クレメンタイン」における反射率データ精度について研究を行った。結果、可視・近赤外波長域における反射スペクトルデータから得られる化学組成の精度が求められ、また月面分光観測における新たな標準値（領域）を提案した。

## II-2-d-106

## 輝石の化学組成と可視・近赤外波長域における吸収位置に関する研究

東北大 大学院生	尾張厚史	助 手	大竹真紀子	東北大・理	大谷栄治
----------	------	-----	-------	-------	------

月、火星、小惑星など固体惑星に広く分布し、それら固体惑星の起源と進化過程を知る上で最も重要な鉱物の1つである輝石では、輝石中に含まれるCaの量に応じ、輝石に特徴的な $1\ \mu\text{m}$ と $2\ \mu\text{m}$ 付近の吸収の中心位置が移動することは以前より良く知られている。しかしながら、以前の研究においては月など固体惑星の化学組成進化を考える上で重要な鉱物（輝石）中のMgとFeの量比と吸収位置の関係が不明瞭であった。今回、実験により幅広い化学組成でかつ純粋な輝石を合成し、これら合成した輝石の化学組成と地上における可視・近赤外波長域での反射スペクトル測定結果とを比較することにより、輝石の化学組成と可視・近赤外波長域における吸収位置との関係を明らかにした。

## II-2-d-107

## 「SELENE」搭載マルチバンドイメージャの開発

助 手	大竹真紀子	助 手	春山純一
SELENE プロジェクト研究員	児玉信介	国立環境研究所	松永恒雄

月探査周回衛星「SELENE」に搭載される観測機器の1つであるマルチバンドイメージャは、可視および近赤外波長域それぞれに1組の集光系と検出器を持ち合計で9つの波長における月面分光画像を取得する。このマルチバンドイメージャのフライトモデルについて光学性能試験を行い、感度特性（輝度変換係数、リニアリティー）、MTF、視線ベクトル、S/N等を測定し、観測機器の光学特性評価を行った。また、これら光学特性の評価結果を

もとに「SELENE」打ち上げ後に本観測機器のデータを用いて行う研究項目の詳細化・再評価を行った。

#### II-2-d-108

##### 地上分光望遠鏡を用いた月面分光特性の研究

阪大・理 佐伯和人	研究員 中村良介	神戸大・自然 平田 成
助 手 大竹真紀子	SELENE プロジェクト研究員	児玉信介

地上からの望遠鏡観測により月面の連続分光画像を取得し、月面分光特性（反射スペクトルの位相角依存性など）や月面の化学組成（Fe や Ti 量の分布など）を研究する目的で開発が進められている地上分光望遠鏡について、光学性能試験（感度特性、MTF、視線ベクトル、S/N 等）と実観測による較正データを取得し、評価を行った。

#### II-2-d-109

##### 「SELENE」搭載地形カメラの開発

助 手 春山純一	開発部員 吉澤 明
助 手 大竹真紀子	研究員 中村良介

国立環境研究所 松永恒雄

月探査周回衛星「SELENE」には3次元立体視可能な高空間分解能カメラである地形カメラを搭載する。地形カメラは10m／画素の空間分解能で月全球を撮像し、これまでに得られている月画像の解像度を一桁以上あげることになる。また全球の立体視データは世界初となる。地形カメラのフライトイモデルについて耐環境試験、「SELENE」衛星バス機器、他ミッション機器との干渉試験、光学性能試験などを通し、その性能評価を行った。

#### II-2-d-110

##### 「SELENE」搭載スペクトルプロファイラの開発

国立環境研究所 松永恒雄	助 手 春山純一	研究員 中村良介
助 手 大竹真紀子	開発部員 吉澤 明	

月探査周回衛星「SELENE」月探査計画では、可視域から近赤外領域にかけての連続分光をおこなうスペクトルプロファイラを搭載する。スペクトルプロファイラは、6～8 nm の波長分解能で月全球にわたって観測をおこなう。探査機搭載連続分光装置による月面観測は世界初である。スペクトルプロファイラのフライトイモデルについて耐環境試験、「SELENE」衛星バス機器、他ミッション機器との干渉試験、光学性能試験などを通し、その性能評価を行った。

#### II-2-d-111

##### 「SELENE」搭載 LISM（月面撮像／分光機器）のレベル 2 A 処理システムの開発

助 手 大竹真紀子	開発部員 吉澤 明	国立環境研究所 松永恒雄
助 手 春山純一	研究員 中村良介	神戸大・自然 平田 成

月探査周回衛星「SELENE」に搭載される地形カメラ、マルチバンドイメージヤ、スペクトルプロファイラは、電源やデータ処理部を共通化することで、小型軽量化を図っており、3機器を総称して月面撮像／分光機器と称している。3機器からのデータは月面撮像／分光機器として衛星から地上局へ下ろされるが、そのデータ量は1日55 Gbitにも達する。こうした大量データについて、迅速に圧縮解凍、デパケット処理、初期画質情報抽出、「SELENE」データベースへの登録をおこなう処理（レベル 2 A 理）システムの開発をおこなっており、仕様確定および設計を終了した。

## II-2-d-112

## 「SELENE」搭載 LISM（月面撮像／分光機器）の輝度較正処理システムの開発

助 手 大竹真紀子	研究員 中村良介
助 手 春山純一	国立環境研究所 松永恒雄
開発部員 吉澤 明	神戸大 理工学部 平田 成

月探査周回衛星「SELENE」に搭載される地形カメラ、マルチバンドイメージャ、スペクトルプロファイラは、電源やデータ処理部を共通化することで、小型軽量化を図っており、3機器を総称して月面撮像／分光機器と称している。マルチバンドイメージャとスペクトルプロファイラではそれぞれに解析においてそれぞれの観測機器において最も重要な輝度変換、フォトメトリック補正および反射率変換といった輝度校正処理を迅速におこない、良質の科学データを出すためのそれぞれの観測機器に最適な処理システムの構築の検討を行い、仕様確定および設計を行っている。

## II-2-d-113

## 「SELENE」搭載 LISM（月面撮像／分光機器）の幾何補正処理システムの開発

助 手 大竹真紀子	研究員 中村良介
助 手 春山純一	国立環境研究所 松永恒雄
開発部員 吉澤 明	神戸大・自然 平田 成

月探査周回衛星「SELENE」に搭載される地形カメラ、マルチバンドイメージャ、スペクトルプロファイラは、電源やデータ処理部を共通化することで、小型軽量化を図っており、3機器を総称して月面撮像／分光機器と称している。マルチバンドイメージャでは、可視・近赤外2本の直下視望遠鏡より得られる9バンド画像の各画素が見ている月面上位置を正確に把握するために衛星軌道高度・姿勢や視線ベクトルなどの幾何補正が必要となるため、1枚の画像内での幾何補正に加えて9つのバンド間での画像マッチングを行う必要があることから、最も適した幾何補正処理アルゴリズムについて仕様確定と設計を行っている。地形カメラについては、大量の高空間分解能データについて、ラインごとの撮像時刻、衛星位置情報、衛星姿勢情報、天体歴、センサ指向情報などを考慮した幾何補正処理を迅速におこない、良質の科学データを出すための処理システムの構築の検討をおこなっている。

## II-2-d-114

## 「SELENE」搭載マルチバンドイメージャによる月面における最も始原的な地殻探査の研究

助 手 大竹真紀子	開発部員 吉澤 明	研究員 中村良介	神戸大・自然 平田 成
千葉工大 武田 弘			
助 手 春山純一	国立環境研究所 社会環境システム研究領域		松永恒雄

月探査周回衛星「SELENE」搭載のマルチバンドイメージャでは、可視・近赤外2本の直下視望遠鏡より得られる9バンド画像を用い、月面上における鉱物・岩層分布を知ることによって月全体の水平（多地点観測）および垂直方向（異なるクレータサイズの中央丘=異なる深さの岩層）の化学組成について調べることを目的としている。過去の「クレメンタイン」分光画像データや「ルナープロスペクタ」 $\gamma$ 線による元素分布データ、最も始原的な化学組成を持つと考えられている月隕石の反射スペクトル実験データと化学組成測定結果などを用い、マルチバンドイメージャの重点解析領域を選定する研究を行っており、これまでに始原的地殻の化学組成推定に向けて月裏側の特定地域や中央丘等いくつかの重点領域を選定した。

## II-2-d-115

## 将来の月探査に向けたマルチバンドカメラの基礎開発

助 手 大竹真紀子	海洋研究開発機構 地球深部探査センター	杉原孝充
-----------	---------------------	------

将来の月探査においては科学的な重要地点にピンポイントかつ障害物回避による軟着陸をした後、地質探査を行うことが必須である。また、これら探査では着陸地点における地質探査だけ無く、ローバ等の移動手段を用いて

より広い領域における地質探査とサンプル採取を行うためにマルチバンドカメラの搭載が重要である。マルチバンドカメラは小型・軽量化が求められるローバにおいて必要な地質探査と採取するサンプルの選定を行うのに最適なカメラであり、このような観測目的に適したレンズの光学設計やバンド変更に用いるフィルタホイール用モータの選定、フィルタホイール用モータの詳細仕様および試験項目洗い出しなど基礎開発を行っている。

#### II-2-d-116

##### 月極における有機物の安定性の研究

助 手 春山純一 横国大・工 小林憲正

月の極の氷は、資源の観点からだけでなく科学的にも重要な探査対象である。月の極の氷が彗星から持ち込まれたとして、彗星などにより月に持ち込まれた有機物の安定性について模擬実験により検討している。これまでに、アミノ酸関連分子の水溶液を種々の条件下で $\gamma$ 線照射した場合の安定性について検討を進めている。また、将来の月極有機物探査ミッションについても検討を進めている。

#### II-2-d-117

##### 次期月探査用電波探査機器の研究

助 手 春山純一 東大・工 宮本英昭

副主任開発部員 西堀俊幸 東北大 小林敬生

将来の月着陸探査機搭載用の、表層（数mから数十m）の地下探査が可能な電波探査機器の可能性や課題を研究している。これまで、電波探査の有効性を確認するためのスケーリングした実験や富士山ろくの溶岩チューブなどを対象に調査を行い、データを集積するとともに、解析手法についても研究している。また、搭載用アンテナを試作し、基礎データの収集を行っている。

#### II-2-d-118

##### 「はやぶさ」試料を想定した低ブランク極微量同位体分析法の開発

客員教授 中村栄三 岡山大学地球物質研究センター 教 授 牧嶋昭夫

岡山大学地球物質研究センター 助教授 森口卓也 岡山大学地球物質研究センター 助教授 小林 桂

小惑星探査機「はやぶさ」によって採集される ITOKAWA 試料は、極めて少量であり 1 グラム前後と予想されている。この場合、初期分析に用いることのできる試料量はその 15% と決められており、実際に無機地球化学分析用としては 50~70mg しか期待できない。従って、分析環境からの汚染を極力抑えることは言うまでもなく、分析感度を向上させなければならない。極微量試料の解析を目的としてこれまでに岡山大学地球物質科学研究センターで構築してきた総合地球化学分析システムに最新鋭の表面電離型質量分析計 TRITON とマルチコレクター型 ICP-MS を導入し、技術開発を行うことによって、従来法よりも 1 衍以下の試料量で高精度同位体分析を可能にした。特に年代測定に用いられる鉛同位体分析においては従来の 5 分の 1 以下のブランクを達成するだけでなく 100 分の 1 以下の量で分析ができるようになった。更に、MC-ICP-MS によるハフニウム (Hf) 同位体の分析を可能にした。これらの技術革新によって、期待される ITOKAWA 試料に対して我々の総合無機分析は現段階において十分に耐えうる技術に到達したといえる。今後の更なる努力によって、より総合的な分析が可能になることは明らかである。

#### II-2-d-119

##### 太陽風から惑星間塵への運動量輸送

客員教授 山本哲生 ミュンスター大学惑星科学研究所 木村 宏

名大環境学研究科 湊 哲則 ミュンスター大学惑星科学研究所 M. Koehlert

ミュンスター大学惑星科学研究所 I. Mann

ケプラー運動している惑星間塵への太陽風からの運動量輸送断面積を太陽風イオンの阻止能を考慮して導出し

た。これをもとに、惑星間塵の運動に及ぼす太陽風の動圧および抵抗力を求めた。単体の球粒子についての研究を完成させた。これに続いて、より現実的なグレイン集合体（アグレゲート）について、その幾何学を定式化し、それに基づいて運動量輸送断面積を計算する方法を開発した。

## II-2-d-120

**星間雲内でのダスト表面における分子反応**

客員教授	山本哲生	カイロ大学	O. M. Shalabiea	カイロ大学	Z. Awad
		北海道大学低温科学研究所	千貝 健	北海道大学低温科学研究所	香内 晃
		名古屋大学大学院環境学研究科	木村友香	北海道大学低温科学研究所	渡部直樹

星間分子や星間塵表面の氷の生成機構の一つとして、固体表面での反応についての研究を行なった。水と一酸化炭素からなる氷表面における水素付加反応の実験的解析、およびこれをもとにした分子反応定数と水素原子の内部拡散係数の決定を行なった。

## II-2-d-121

**宇宙塵の結晶化**

客員教授	山本哲生	北海道大学低温科学研究所	千貝 健
------	------	--------------	------

近年、多種の天体で、量的にはアモルファス・ダストと比べて少ないものの、結晶質のシリケート・ダストが普遍的に存在することが赤外線天文観測から明らかになりつつある。結晶化ダストはそれが経てきた熱史のプローブとなる可能性がある。プローブの理論的検討をしつつある。

**e. 宇宙科学共通基礎研究系**

## II-2-e-1

**原始惑星系円盤に関する観測的研究**

助教授	北村良実	国立天文台	川辺良平	東工大・理	塙越 崇
茨城大・理	百瀬宗武	客員助教授	井田 茂	東大・理	黒野泰隆
神戸大・理	横川創造	東工大・理	田中秀和		

太陽系や多様な系外惑星系は、星形成に必然的に伴う若い星のまわりの原始惑星系円盤から誕生すると考えられている。従って、円盤の形成・進化過程を観測的に明らかにすれば、惑星系の多様性の起源や惑星系形成の初期条件を理解することができる。我々のグループは数年間、原始星周囲での円盤形成過程や、Tタウリ型星周囲での円盤進化過程を明らかにする目的で、国立天文台・野辺山のミリ波干渉計を主に用いて、円盤のイメージングサーベイを行っている。本年度の主な成果は以下の通り。1) 連星である原始星 L1551 IRS5 の星周ガスは、単独星である原始星 HL Tau の星周ガスに比べ、高速回転していることが明らかとなった。この高速回転が連星を生み出す主要因であるという可能性が示唆された。2) 惑星形成直前の段階にあると推定される IQ Tau の星周円盤について、惑星形成過程を大きく左右する面密度分布を明らかにする目的で、野辺山レインボーアーチ干涉計を用いて高感度・高分解能イメージングを行った。現在データ解析中である。3) クラス0原始星 L1448 C の周囲に、回転落下エンベロープを発見し撮像した。

## II-2-e-2

**原始惑星系円盤に関する理論的研究**

助教授	北村良実	東工大・理	田中秀和
客員助教授	井田 茂	東工大・理	塙越 崇

Tタウリ型星のまわりの原始惑星系円盤内で惑星が形成されるためには、最初に円盤内のダスト微粒子が集積して微惑星にまで成長する必要がある。我々は、円盤内でのダスト粒子の合体成長や沈殿の理論計算に基づき、直接