

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 γ 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

高係数率、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。

II -2-d-4

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	教授	水谷 仁	研究機関研究員	横田康弘
		招聘研究員	武田 弘	大学院学生	恩田 靖

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-5

惑星内部構造の研究

教授	藤村彰夫	助教授	田中 智	助手	早川雅彦
教授	水谷 仁	助手	白石浩章	大学院学生	疋田 肇

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-6

月の地殻熱流量の再解析

教授	水谷 仁	教授	藤村彰夫	助教授	田中 智
助手	早川雅彦	助手	白石浩章	大学院学生	疋田 肇
				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ので、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かと推定される。

II -2-d-7

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
				大学院学生	森沢祐介

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、月の熱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-8

月震データベースの研究

助手	早川雅彦	教授	水谷 仁	教授	藤村彰夫
				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ろ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-9

月のシニユアス・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 シニユアス・リルの研究から開始している。現在までにシニユアス・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、シニユアス・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-10

月熱流量解析の研究

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

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-11

月面画像校正法の研究

研究機関研究員 横田康弘 助手 飯島祐一 高知大・理 本田理恵
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-12

衛星観測及び数値実験による磁気圏電波・電磁波動の研究

助教授 笠羽康正 教授 向井利典 客員教授 松本 紘
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2 fp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。

II-2-d-13

木星周回ミニオービターによる「木星電磁圏」探査の基礎検討

助教授 笠羽康正 助手 高島 健

「ソーラーセイル計画」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た。

II -2-d-14

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の評価を行ってきた。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検討・開発を行うとともに、次期磁気圏探査計画SCOPEへの発展的検討を行いつつある。また、この成果に基づき、「GEOTAIL」によって磁気圏尾部のサブストーム発生時における大局電場特性について解析を行い、プラズマの地球方向輸送におけるモデルとの差を示した。

II -2-d-15

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

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-16

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った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られる。

II -2-d-17

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-18

衝突による発光現象の物理的研究

東大・理	杉田精司	IFREE	門野敏彦	大学院学生	大野宗祐
大学院学生	冬木正紀	特別研究員	長谷川直	教授	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-19

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 矢野 創 教授 藤原 顯
 総研本部 M. J. Neish 特別共同利用研究員 北澤幸人 航技研 木部勢至朗

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マイ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。

II -2-d-20

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 矢野 創 教授 藤原 顯 航技研 木部勢至朗
 総研本部 M. J. Neish

1996年1月にスペースシャトルで回収された日本初の再利用型人工衛星SFU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-21

超高感度ハイビジョンカメラを使った、航空機・高山からのしし座流星雨観測

助手 矢野 創 研究機関研究員 阿部新助 国立天文台 渡部潤一
 理化学研 海老塚昇 通信総研 門脇直人 助教授 吉川 真
 国立天文台 春日敏測

母彗星の回帰に伴い、1998-2001年に流星雨を降らせたしし座流星群を、高度12kmの航空機ないし2000-4000m級の高山から、独自の可視・紫外域光学系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た。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、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-22

近地球型小惑星の地上観測

助手 安部正真 国立天文台 渡部潤一 東邦学園大学 高木靖彦
 研究機関研究員 石黒正晃 特別研究員 長谷川直 大学院学生 菅野 愛

近地球型小惑星はその軌道の特徴から、地球に衝突する可能性を潜在的に持っていると同時にエネルギー的に探査機の到達しやすい天体であることから地上観測によってその物理データ（自転、表面物質・状態に関する情報）を得ることが重要である。今年度は探査候補天体の中の一つであるNEREUS・ITOKAWAの観測を行った。

II -2-d-23

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 助手 安部正真
 特別研究員 長谷川直 東邦学園大学 高木靖彦 サンプラー検討グループ

小惑星探査では、微小重力下のレゴリス層や岩盤でできた表面のサンプルを、短時間に採取する技術が必要であ

る。その一案として、小惑星表面に向けて小物体を射出し、衝突破壊によって飛散した破片を捕獲採取する手法を自主開発した。独自の装置を製作し、様々な標的に対して、地上での基本動作テスト、落下塔等を用いた微小重力環境での捕集実験を行った。その結果は「はやぶさ」サンプラーのFM品設計に反映され、微小重力下ではレゴリス層、岩盤共に数100mgから数gのサンプルが採集できる性能を獲得した。

II -2-d-24

「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	特別研究員	長谷川直	大学院学生	西原説子
		大学院学生	北里宏平	大学院学生	猿楽祐樹

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。今年度から来年度にかけて観測好期であり、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-25

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	特別研究員	長谷川直	大学院学生	西原説子
大学院学生	北里宏平	大学院学生	猿楽祐樹	大学院学生	野中秀紀

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シュミット望遠や30cm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-26

「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	教授	藤原 顯	特別研究員	長谷川直
				国立天文台	関口朋彦

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の表面温度を見積も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。今後地上観測などで小惑星からの熱輻射の情報が得られ次第このモデルを改良しさらに正確な温度・サイズ・アルベドを行う予定である。

II -2-d-27

地球一月系の力学進化

助手	安部正真	教授	水谷 仁
----	------	----	------

地球一月間に働く潮汐作用によって地球の自転は遅くなり、月は地球から遠ざかっていることが知られている。これまでの我々の研究によってこれらの力学的な進化の速さの変化には地球の海洋・大陸分布の変化が大きく効いていることがわかっている。我々はさらに地球史における海洋・大陸分布の変化の情報を用いて研究を進めている。現在は地球一月系の力学進化のうち月の軌道斜角と離心率の進化に注目して研究を行っている。

II -2-d-28

サンプルリターン回収試料の分析手法の開発・受け入れ施設の設計

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2006年の完成を目指した、日本初の宇宙物質キュレーション・初期分析施設ならびに初期分析用作業チェンバーの設計と基礎開発を行っている。本施設は「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

を備える予定である。また、日本全国の様々な分析手法の専門家を「分析検討委員会」に招き、適宜アドバイスを頂いている。

II -2-d-29

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

教授 藤原 顯 助手 矢野 創 JAMSTEC 久城育夫
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、所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。第一回コンペには11チームの応募があり、国内外の複数の専門家を招いて、プロポーザルと小惑星模擬資料の分析結果の評価を行い、6チームが十分な能力があると承認された。同様のコンペは今後も少なくとも1回行い、「はやぶさ」の採取試料が帰還する1年以上前に、チームを最終決定する。

II -2-d-30

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 助手 矢野 創 教授 藤原 顯
秋田大 秋山演亮

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-31

小惑星探査機搭載用赤外線検出器の開発

助手 安部正真 教授 藤原 顯 東邦学園大学 高木靖彦
大学院学生 北里安平

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-32

ハイブリッド型ダスト計測・捕集器の開発

助手 矢野 創 大学院学生 奥平恭子 教授 藤原 顯
茨城大・理工 野口高明 九大・理 中村智樹 千葉大・理 河合秀幸
東大・理 杉田精司 早稲田大学 道家忠義 早稲田・理工 長谷部信行

低密度物質エアロジェルに超高速度で衝突する固体微粒子を、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・試料摘出技術の開発、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。今後3年間で開発要素を全て克服し、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-33

衝突電離型ダスト分析器の開発

東京水産大学	大橋英雄	独協医大・物理	河村 享	独協医大・物理	野上謙一
東大・理	佐々木晶	京都大・工	柴田裕実	助手	矢野 創
				特別研究員	長谷川直

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当研究所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-34

ダスト音響素子検出器の開発

東大・理	宮地 孝	早稲田・理工	長谷部伸行	大学院学生	増村考洋
大学院学生	吉岡秀樹	大学院学生	伊藤浩巳	独協医大・物理	野上謙一
特別研究員	長谷川直	助手	矢野 創		

水星探査など、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。当研究所では、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-35

微粒子静電加速器の開発

特別研究員	長谷川直	教授	藤原 顯	助手	矢野 創
東京水産大・海洋環境	大橋英雄	独協医大・物理	野上謙一	独協医大・物理	河村 享
東大・理	佐々木晶	東大・原セ	小林紘一	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。さらに当研究所にて100kV静電気加速器を新規に製作し、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-36

金星オービター近赤外カメラによる惑星間ダスト、太陽系小天体観測可能性の検討

助手	矢野 創	研究機関研究員	石黒正晃
----	------	---------	------

金星オービター・「Planet-C」に搭載予定の近赤外線カメラIR2を使った、太陽系天体の観測について検討を行った。地上からは観測しにくいアテン型小惑星・サングレーザの観測については探査機運用上困難であると思われるが、彗星を地上と同時、または地上で観測し難い位置でフォローアップ観測に用いることは有用であると考えられる。更に、惑星間ダストの観測については、日心距離依存性や、金星周りのダスト環境を研究する上で重要な情報をもたらすものと期待される。

II -2-d-37

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	教授	藤原 顯	助教授	山川 宏
助教授	吉川 真	助手	安部正真	助手	吉光徹雄
		助手	川勝康弘	大学院学生	森本睦子

「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個のナイサーポラーナ族小惑星へ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-38

微小重力天体上で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	特別研究員	長谷川直
-------	------	----	------	-------	------

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。そこでそ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-39

弾性波による小惑星内部構造の探査方法の実験的検討

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マイ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、減衰率とガラスビ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ている。

II -2-d-40

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	阪大・理	土山 明	SPring-8	上杉健太郎
産総研	中野 司	茨城大・理	野口高明	九州大・理	中村智樹
				大学院学生	岡澤隆宏

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。非熔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うることが突き止めた。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-41

ロッククライマー型・微小重力天体上移動ロボットの開発

助手	矢野 創	東北大・工	吉田和哉	大学院学生	丸木浩志
----	------	-------	------	-------	------

表面重力のわずかな小惑星表面で、任意の目標地点まで自律的に移動し、その場計測ないし試料採集が可能なロ

ーバとして、昆虫のようにボールダー表面にしがみつきながら瓦礫の上を移動するロボットの概念設計と基礎開発を行った。同時に科学探査システムとして成立させための課題の抽出も行った。

II-2-d-42

赤外線天文衛星による小天体の観測可能性の検討

特別研究員 長谷川直 研究機関研究員 石黒正晃 教授 藤原 顯

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バイドで観測されるであろう小天体の個数も算出した。

II-2-d-43

近地球型小惑星の軌道データの収集と探査候補天体の搜索

助手 安部正真 助教授 山川 宏

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-44

スペクトル既知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検討

助手 矢野 創 助手 安部正真 教授 藤原 顯
特別研究員 長谷川直 助教授 山川 宏 大学院学生 森本睦子

「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実現性を検討した。9年程度で1989MLと1999303それぞれに訪問し、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。

II-2-d-45

黄道面脱出ミッションの検討

特別研究員	長谷川直	助手	矢野 創	助手	松浦周二
研究機関研究員	石黒正晃	特別研究員	中村良介	金沢大・理	村上敏夫
通信総研	秋岡真樹	名大・STE	小島正宜	名大・STE	徳丸宗利
助手	高島 健	東大・理	佐々木晶	国立天文台	野田寛大
東大・理	尾中 敬	国立天文台	関井 隆	東北大	船橋 豪
東工大	河合誠之	青山学院大	吉田篤正	北大・低温研	山本 聡

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、まず各分野でどのような観測が可能であるどうかを検討している。

II-2-d-46

黄道光および彗星ダストトレイルの地上観測

研究機関研究員	石黒正晃	助手	矢野 創	神戸大・理	向井 正
東大・教養	上野宗孝	特別研究員	中村良介	特別研究員	白井文彦
大学院学生	猿楽祐樹			韓国・Kangwon大学	Suk Minn Kwon

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光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、サーバイド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。本年度は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-47

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	助教授	今村 剛	助教授	笠羽康正
助手	松浦周二	研究機関研究員	石黒正晃	教授	川口淳一郎
特別研究員	長谷川直	特別研究員	白井文彦	金沢大・理	米徳大輔

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ミッションとして、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。

II -2-d-48

「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	大学院学生	北里宏平	研究機関研究員	阿部新助
東邦学園大学	高木靖彦	教授	藤原 顯	ブラウン大	廣井孝弘
東大・理	上田祐司	NASA	Faith Vilas	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-49

隕石物質の光散乱特性の研究

助手	安部正真	大学院学生	北里宏平	神戸大学・理	中村昭子
				西松建設	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-50

宇宙リターン物質の一時処理施設における反射スペクトル測定方法検討

助手	安部正真	助手	矢野 創	秋田大・工学資源	秋山演亮
会津大・コンピュータ理工	出村裕英	特別研究員	中村良介	ブラウン大	廣井孝弘
東大・理	上田祐司	RESTEC	山本 彩	西松建設	齋藤 潤

「はやぶさ」が持ち帰ったサンプルの一次処理施設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-51

次期小天体探査計画の検討

教授	藤原 顯	助手	安部正真	助手	矢野 創
助手	吉光徹雄	助手	川勝康弘	東邦学園大学	高木靖彦

小天体探査WG

「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。今年度は理学委員会にWGの設置を申請し認められた。

II -2-d-52

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

「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-53

「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

研究機関研究員	山本幸生	助手	岡田達明	共同利用研究員	白井 慶
大学院学生	荒井武彦	大学院学生	小川和律	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-54

「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	助手	岡田達明	共同利用研究員	白井 慶
研究機関研究員	山本幸生	大学院学生	小川和律	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。これまでに蠍座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-55

「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	研究機関研究員	山本幸生	大学院学生	菊地宣陽
共同利用研究員	白井 慶	大学院学生	荒井武彦	大学院学生	小川和律
				教授	加藤 學

「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-56

「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	共同利用研究員	白井 慶	研究機関研究員	山本幸生
				教授	加藤 學

小惑星の形状、表面物性を与えた時の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-57

「SELENE」搭載用蛍光X線分光計の開発

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

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100cm²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-58

「SELENE-B」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	助教授	久保田孝	助手	岡田達明
阪大・理	佐伯和人	北大・理	杉原孝充	助手	大竹真紀子
千葉工大	武田 弘	秋田大・工学資源	秋山演亮	明治大・工	黒田洋司
		中央大・工	國井康晴	教授	加藤 學

「SELENE-B」月着陸実験では、科学的重要な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-59

「SELENE-B」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	助教授	久保田孝	北大・理	杉原孝充
		中央大・工	國井康晴	教授	加藤 學

SELENE-Bローバ・サイエンス分科会

「SELENE-B」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ゆく。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-60

「SELENE-B」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	共同利用研究員	白井 慶	大学院学生	小川和律
研究機関研究員	山本幸生	大学院学生	荒井武彦	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。小型試験装置を製作し、測定性能、センサ構成、必要電力の見積、機上データ処理方法の検討を実験を通じて行っている。現在はとくに、「SELENE-B」搭載用に概念設計を進めている。

II -2-d-61

「SELENE-B」月着陸実験用総合分析パッケージの検討

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

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ゆく。

II -2-d-62

「ベピ・コロombo」水星探査計画での蛍光X線分光計の検討

助手	岡田達明	教授	加藤 學
		ラザフォード・アプルトン研究所	M. Grande
		ラザフォード・アプルトン研究所	S. K. Dunkin

国際共同水星探査計画「ベピ・コロombo」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 (CIXS)、太陽X線モニタ (SXM)、標準試料を用いた蛍光X線較正器 (XFC) の3種類のセンサ構成とし、XFCを担当する方向で進めている。

II -2-d-63

「ベピ・コロombo」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」と「ベピ・コロombo」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-64

S310-28号機搭載用蛍光X線分光装置の観測と解析

教授	加藤 學	助手	岡田達明	共同利用研究員	白井 慶
----	------	----	------	---------	------

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に設定した。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

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 名大・理 鎌田祐一 広島大・理 寺田健太郎
 国立天文台 渡部潤一 東大・理 佐々木晶
 NASAゴダード宇宙飛行センター 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採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、ハールボップ彗星での観測を行った。

II -2-d-66

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 研究機関研究員 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-67

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-68

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 名大・理 山口 靖 助手 岡田達明
 京大・理 山路 敦 東大・理 佐々木晶 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。

II -2-d-69

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 日野聡史

将来の火星探査のサイエンスタージョットの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ヤーやマーズオデッセイからの観測によって、火星には水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、 γ 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-70

「SELENE」リレー衛星搭載中継器 (RSAT) の開発

助教授	岩田隆浩	教授	高野 忠	九大・理	並木則行
国立天文台	野田寛大	国立天文台	花田英夫	国立天文台	河野宣之
				国立天文台	浅利一善

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。本機器のフライト品について、臼田局適合性試験、単体環境・性能試験、「SELENE」主衛星との一次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-71

小型衛星用軽量型平面アンテナの開発

助教授	岩田隆浩	教授	高野 忠	国立天文台	河野宣之
		国立天文台	浅利一善	国立天文台	鶴田誠逸

「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ている。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ンの影響を低減するために、送受信を分離して衛星スピン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、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-72

ドプラデータを用いた中継器捕捉状態推定法の研究

国立天文台	野田寛大	国立天文台	浅利一善	国立天文台	河野宣之
				助教授	岩田隆浩

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-73

「SELENE」相対VLBI用衛星電波源 (VRAD) の開発

国立天文台	花田英夫	国立天文台	河野宣之	助教授	岩田隆浩
-------	------	-------	------	-----	------

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。本機器のフライト品について、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-74

ドブラ観測による衛星姿勢推定法の研究

大学院学生 菊池冬彦 国立天文台 河野宣之 国立天文台 花田英夫
国立天文台 河野裕介 助教授 岩田隆浩

スピン衛星の姿勢変動を、ドブ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-75

「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 佐々木健 副主任開発部員 南野浩之
開発部員 岩山曜介 グループ長 高橋道夫
プロジェクトマネージャ 滝澤悦貞 助教授 曾根理嗣

「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型バッテリーの特性試験により、電源運用の成立性を確認した。

II -2-d-76

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 副主任開発部員 佐々木健 開発部員 中澤 暁
特別研究員 中村良介 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機の小型衛星のための、伸展スプリング式軽量型分離機構を開発している。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-77

月回転変動計測のための月面天測望遠鏡 (ILOM) の研究

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

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-78

「SELENE」搭載地形カメラの開発

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

「SELENE」月探査計画では、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ようになる。また全球の立体視データは世界初となる。これまで、耐環境試験、「SELENE」バス機器、他ミッション機器との干渉試験などを通し、その性能達成、向上を図ってきた。

II -2-d-79

「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	開発部員	吉澤 明
		特別研究員	中村良介	国立環境研	松永恒雄

「SELENE」月探査計画では、可視域に5バンド、近赤外域に4バンドでの撮像を行うマルチバンドイメージャを搭載する。マルチバンドイメージャは、可視域で20m/画素、近赤外域で60m/画素で月全球を撮像し、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。これまで、耐環境試験、「SELENE」バス機器、他ミッション機器との干渉試験などを通し、その性能達成、向上を図ってきた。

II -2-d-80

「SELENE」搭載スペクトルプロファイラの開発

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

「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、6～8nm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。これまで、耐環境試験、「SELENE」バス機器、他ミッション機器との干渉試験などを通し、その性能達成、向上を図ってきた。

II -2-d-81

「SELENE」搭載月面撮像/分光機器のレベル2A処理システムの開発

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

「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いる。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55Gbit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データベース登録をおこなう処理（レベル2A処理）システムの開発をおこなっている。

II -2-d-82

「SELENE」地形カメラの輝度校正処理システムの開発

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

「SELENE」に搭載される地形カメラについて、大量のデータについて、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処理システムの構築の検討をおこなっている。地形カメラの場合、非可逆圧縮の影響をどのように校正するかが特に課題となっている。

II -2-d-83

「SELENE」マルチバンドイメージャの輝度校正処理システムの開発

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

「SELENE」に搭載されるマルチバンドイメージャでは、地形カメラと同様に大量のデータに処理が必要であるほか、解析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処理システムの構築の検討をおこなっている。特にマルチバンドイメージャの場合、フレームトランスファー補正をいかに精度よく効率よくおこなうかが重要なテーマのひとつとなっている。

II -2-d-84

「SELENE」スペクトルプロファイラの輝度校正処理システムの開発

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

「SELENE」に搭載されるスペクトルプロファイラについて、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-85

「SELENE」地形カメラの幾何補正処理システムの開発

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

「SELENE」に搭載される地形カメラについて、大量のデータについて、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-86

「SELENE」搭載マルチバンドイメージャの幾何補正処理システムの開発

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

「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。マルチバンドイメージャでは特に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、マルチバンドイメージャに最も適した幾何補正処理アルゴリズムの検討とシミュレーションによる検討により得られたアルゴリズムの幾何補正精度推定および幾何補正処理システム構築に向けたシステム検討を行っている。

II -2-d-87

「SELENE」搭載マルチバンドイメージャの重点解析領域の研究

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

「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。マルチバンドイ

メージャ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」 γ 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-88

「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	松永恒雄	名大・理	児玉信介	助手	大竹真紀子
助手	春山純一	開発部員	吉澤 明	特別研究員	中村良介
				神戸大・理	平田 成

「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」 γ 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-89

「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	助手	大竹真紀子	開発部員	吉澤 明
特別研究員	中村良介	国立環境研	松永恒雄	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視観測データから、月の全表面について数値地形モデルの生成を行う。このステレオ視データは、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にもほ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のシステムの開発を目指している。

II -2-d-90

「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	助手	大竹真紀子	開発部員	吉澤 明
特別研究員	中村良介	国立環境研	松永恒雄	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、オプション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-91

「SELENE-B」搭載望遠カメラの基礎開発

助手	大竹真紀子	助手	春山純一	北大・理	杉原孝充
		阪大・理	佐伯和人	秋田大・工学資源	秋山演亮

「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。

「SELENE」回転速度とマルチバンドイメージャの蓄積時間をパラメータとして各恒星観測時のS/N値を求めた。その結果をもとに恒星観測による絶対輝度校正精度を推定した。

II -2-d-101

輝石の化学組成と可視～近赤外波長域における反射スペクトルの関係についての研究

東北大・理 尾張厚史 助手 大竹真紀子 東北大・理 大谷栄治

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、合成した一部化学組成の輝石サンプルの反射スペクトル測定を行ってデコンボリューションをかけることにより、輝石の化学組成と反射スペクトルの吸収位置の関係を求めた。

II -2-d-102

「SELENE」搭載マルチバンドイメージャで期待される月面画像圧縮率の推定

会津大・コンピュータ理工 出村裕英 助手 大竹真紀子

「SELENE」搭載マルチバンドイメージャでは、可視5バンドの画像にはJPEGに準拠した非可逆圧縮を施す。実際の月面においてマルチバンドイメージャのデータにどの程度の圧縮率が期待されるのかを知ることは、マルチバンドイメージャの発生データ量からマルチバンドイメージャの運用を考える上で非常に重要である。アポロ画像(空間分解能約20m)をスキャナーで電子化し、ビニングした後にマルチバンドイメージャの圧縮模擬処理を施して圧縮率を求める。異なる圧縮テーブル、地質、太陽高度、影の面積など様々な条件で同様の処理を行って圧縮率を推定し、各条件に適した圧縮テーブルを選定した。

II -2-d-103

可視～近赤外波長域鉱物反射スペクトルの温度依存性に関する研究

助手 大竹真紀子 助手 春山純一

可視～近赤外波長域鉱物反射スペクトルは温度により吸収形状などが変化することが知られている。このような変化を正確に把握するため、また氷など低温で安定な物質の反射スペクトルを得るためにサンプルを真空に引いた状態で温度変化をさせる装置を開発し、様々な鉱物の反射スペクトル温度依存性を調べる研究を行っている。

II -2-d-104

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-105

「SELENE」搭載マルチバンドイメージャ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 大竹真紀子 助手 春山純一
特別研究員 中村良介 神戸大・理 平田 成 北大・理 杉原孝充

「SELENE」搭載マルチバンドイメージャ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

II -2-d-110

太陽風から惑星間塵への運動量輸送

客員教授 山本哲生 名大・環境学研究所 湊 哲則
 ミュンスター大学惑星科学研究所 I. Mann
 ミュンスター大学惑星科学研究所 木村 宏
 ミュンスター大学惑星科学研究所 M. Koehlert

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ダスト粒子中での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。その結果、放射圧と比べて太陽風動圧は小さいが、ポインティングーロバートソン効果は放射に比べて太陽風が充分大きいことを示した。またピックアップ・イオンの生成メカニズムについての効果について論じた。

II -2-d-111

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 名大・環境学研究所 千貝 健 名大・環境学研究所 木村友香
 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 香内 晃 北海道大学低温科学研究所 渡部直樹

星間分子の生成機構の一つとして、従来よく研究されていない固体表面での反応についての研究を行ないつつある。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の解析、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いつつある。

II -2-d-112

原始大気組成の検討

客員助教授 阿部 豊 大学院学生 玄田英典

原始惑星が暴走成長、寡占成長を経て形成される際の原始大気について検討した。従来は脱ガスによってできる大気か、太陽組成ガスの重力捕獲によってできる大気のどちらかしか考えられていなかった。本研究では単純な大気モデルを使って両者の混合大気を検討した。太陽組成ガスの捕獲による大気は希ガスの過剰から地球型惑星大気には直結できないとされていたが、混合大気の場合にはそのような制約は実際には必ずしもないことが示された。

II -2-d-113

ジャイアントインパクトによる大気散逸:熱的散逸の検討

客員助教授 阿部 豊 東大・理 玄田英典

昨年までにジャイアントインパクトの際の衝撃波では大気がほとんど散逸しないことを示してきた。一方、ジャイアントインパクトでは地球全体が非常に加熱されるために、熱的なハイドロダイナミックエスケープが起こる可能性もある。ここではその問題を検討した。結論的には、このハイドロダイナミックエスケープもあまり重要ではないことが示された。これは加熱が激しいために地球を構成する岩石自体が蒸発し、その結果として大気が重くなって散逸が起らないためである。

II -2-d-114

衝突による大気はぎ取りの再検討

客員助教授 阿部 豊 東大・理 濱野景子

MeloshとVickery (1989) は、天体衝突による大気のはぎ取りが火星大気の散逸機構として有力であると結論したが、その後の研究では当初考えられたほど有力ではないと考えられるに至ったものの、定量的にはその影響は吟味されていなかった。この点を改善するために成層大気中での爆発による衝撃波とそれに伴う運動を再検討した。大気が少ない状況では従来の考えとは全く違って、散逸量が大量量によらなくなることが示された。まだ検討結

果は完全ではないが、MeloshとVickeryによる結果ほど寄与は大きくないものの、その後の推定よりは大きな量の散逸が起これると考えられる。

II -2-d-115

生存可能惑星のサイズ依存性の検討

客員助教授 阿部 豊 東大・理 渡辺周吾

地球では二酸化炭素循環によって地表環境が安定化されていると考えられている。天体が小さい場合には、マントルが早く冷却するために、この安定化機構は有効ではない可能性がある。熱史研究と組み合わせることによって、惑星表層が安定化される期間の推定を試みた。状況によっても若干の差があるものの、火星サイズの天体では多くの場合46億年間は安定化が続かないことが示された。

II -2-d-116

Hf-W 年代の再検討

客員助教授 阿部 豊 東大・理 佐々木貴教

消滅核種 ^{182}Hf を用いた年代決定法は惑星の核形成の年代決定法として有効である。従来の研究では、ジャイアントインパクトの際には金属鉄とシリケートマントルが完全に平衡化すると考え、それによって現在のマントル中のW同位対比を解釈することによってコア形成の時刻は隕鉄形成から3000万年後とされてきた。しかし、ジャイアントインパクトの際には完全な平衡化は期待できないことを示すとともに、完全な平衡化が期待できない場合の年代決定への影響を吟味した。

II -2-d-117

系外木星型惑星の多様性と系外地球型惑星の存在確率

客員助教授 井田 茂

これまでに発見された系外惑星は木星のようなガス惑星である。固体コアの形成後に原始惑星系円盤のガスがコアに流入したとする標準的なモデルにのっとり、惑星形成の初期条件である原始惑星系円盤の質量分布を考慮して、系外木星型惑星の質量、軌道長半径の分布の理論的予測を行ない、観測結果との比較検討を行なった。また、系外地球型惑星の存在確率の議論も始めた。

e. 宇宙科学共通基礎研究系

II -2-e-1

収縮磁気ループ内でのベータトロン加速による太陽コロナ硬X線源の解釈

教授 小杉健郎 客員教授 Marian Karlicky

「ようこう」硬X線望遠鏡が発見したコロナ硬X線源の出現メカニズムについては、希薄な太陽コロナ中での制動放射の効率の低さのため、いまだに定説ができてはいない。磁気ループのはるか上空で磁気リコネクションが起きると、つなぎ変わった磁力線はアルフベン速度で収縮しつつ磁場強度を急速に増大させることが予想される。リコネクションで生成された高エネルギー粒子は、磁力線に垂直方向に再加速され収縮磁気ループの中央部付近に捕捉される。この過程を数値シミュレーションで検証し、コロナ硬X線源の出現には収縮磁気ループ内でのベータトロン機構が有効であることを提唱した。