

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。

II -2-e-2

「ようこう」が観測した太陽コロナ硬X線源の上昇運動の観測的研究

教授 小杉健郎

助教授 坂尾太郎

モスクワ大学 Boris V. Somov

モスクワ大学 Sergei A. Bogachev

名大・STE研 増田 智

太陽フレアに伴ない磁気ループ上空のコロナ中に硬X線源が出現することがある。この硬X線源がゆっくりと上昇する(秒速10-30 km/s)ことを「ようこう」硬X線望遠鏡により観測的に確認した。この上昇運動を磁気ループ上空でのリコネクションの進行に伴なう現象と考えると、標準的な磁気リコネクションモデルが要請するアルフベン速度で流れ出すリコネクションアウトフローの速さと一見矛盾するように見える。この矛盾を解消するためには三次元的なりコネクションモデルを導入することが必要だと思われる。

II -2-e-3

高エネルギー太陽分光撮像衛星 (RHESSI) 計画への参加

教授 小杉健郎

助教授 坂尾太郎

助手 松崎恵一

大学院学生 宮腰 純

名大・STE研 佐藤 淳

RHESSI望遠鏡は太陽フレアからの硬エックス線～ガンマ線放射を分光撮像する回転「すだれ」コリメータ方式の望遠鏡であり、ピッチの異なる9個の「すだれ」コリメータを通過する個々の光子をコリメータの背後に置かれたゲルマニウム検出器で検出する。検出される光子数は回転「すだれ」により入射方向ごとに異なる変調を受けるので、この情報を集めて「フーリエ逆変換」を施すことにより画像が合成される仕組みとなっている。このRHESSI望遠鏡の撮像性能を、観測対象である太陽フレア自身を較正源として用いて、評価した。またその結果を踏まえて、これまで詳しい観測的研究ができていなかった太陽フレアのプレインパルス相を研究した。

II -2-e-4

第22号科学衛星「SOLAR-B」の開発及び試作

教授 小杉健郎

客員教授 渡邊鉄哉

国立天文台 常田佐久

「SOLAR-B」チーム

2006年度夏季の打上げを目指して、「SOLAR-B」フライトモデルの詳細設計を終了し、搭載品の製作を進めた。「SOLAR-B」は、0.2秒角の分解能で光球面のベクトル磁場を測定する可視光磁場望遠鏡、コロナの構造とその変動を約1秒角で観測する軟X線望遠鏡、コロナ域のプラズマ診断、速度場診断を行う極紫外線撮像分光装置の3つの観測機器を搭載し、コロナと光球とを結びつけて観測することで太陽大気における磁気活動現象の総合的な研究を進め、超高温コロナの形成、太陽磁場コロナ活動の起源、天体プラズマの素過程を解明する。これらの観測機器はいずれも日米または日英米の国際協力で製作している。衛星運用・データ解析には、欧州宇宙機関 (ESA) がノルウェー宇宙センターのスパルバード局を提供して参加することが決まった。

II -2-e-5

第22号科学衛星「SOLAR-B」搭載極紫外線撮像分光装置 (EIS) の開発及び製作

客員教授 渡邊鉄哉

教授 小杉健郎

国立天文台 原 弘久

「SOLAR-B」チーム

「SOLAR-B」搭載の極紫外線撮像分光装置 (EIS) は、特定の極紫外域における高感度を利して、彩層/コロナ/同遷移層の分光診断を、高い時間分解能で行うことのできる観測機器である。この機器の開発・製作は、基本となる日英協力に基づいて進められているが、米国が日米協力を通じて、分光素子及びその駆動機構等の開発・製作を担当し、更にノルウェーが地上支援系、データ解析ソフトの開発等を通じて参加する多国間国際協力により成り立っている。現在、FMの製作がほぼ完了し、平成16年度夏期に予定されている第一次噛合試験の搬入に向け、最終的な単体試験が実施されている。所期の性能が確認された分光素子、検出器がEIS構体内に組上げられ、総合的な光学試験を実施、機械・熱真空の環境試験を施し、その前後における光学性能、アライメントの確認などを行って

いるところである。

II-2-e-6

「ようこう」WBSが観測した硬X線・ γ 線フレアのアーカイブデータの作成

客員教授	渡邊鉄哉	教授	小杉健郎	モンタナ州立大	吉村圭司
名大・STE研	佐藤 淳	名大・STE研	増田 智	「ようこう」WBSチーム	

「ようこう」の観測期間にHXS（硬X線スペクトル計）、GRS（ガンマ線スペクトル計）によって観測された太陽フレアのカatalogを作り、そのタイムプロファイル並びにスペクトル、同時に観測されたSXS（軟X線スペクトル計）のタイムプロファイルを生成した。今回新たに、HXSの感度・エネルギー較正を、10年間にわたるデータを用いて行うことができた。これらの結果は、硬X線望遠鏡（HXT）・軟X線望遠鏡（SXT）のフレア画像カatalogと合わせて、「ようこう」のフレアカatalogとして出版の予定である。

II-2-e-7

SOLAR-B搭載X線望遠鏡CCDカメラの開発

助教授	坂尾太郎	助手	松崎恵一	教授	小杉健郎
国立天文台	常田佐久	国立天文台	鹿野良平	国立天文台	原 弘久
国立天文台	下条圭美	国立天文台	柴崎清登	他「SOLAR-B」チーム	

「SOLAR-B」X線望遠鏡の焦点面CCDカメラは、(1)長波長の軟X線（XUV光）にまで感度を持たせるために裏面照射型CCDを採用、(2)放射冷却により軌道上でCCDを $\sim 80^{\circ}\text{C}$ まで冷却可能、かつCCDのベーク機能を持つ、(3)斜入射X線光学系の結像特性を活かす焦点調節機構（CCD可動機構）、などの特長を持つ。

このCCDカメラは国立天文台との密接な協力のもとに開発しており、今年度、フライト品の組み立て・試験・較正を行ない、8月に米国へ輸出した。CCDが分子コンタミ、粒子コンタミを極端に嫌うため、組み立てにあたっては各構成部品に対して徹底したベークおよびTQCMによるアウトガス測定を行ない、かつ輸出までの全工程をクラス100以下のクリーン環境で実施している。

II-2-e-8

SOLAR-B搭載X線望遠鏡の開発

助教授	坂尾太郎	助手	松崎恵一	教授	小杉健郎
国立天文台	常田佐久	国立天文台	鹿野良平	国立天文台	原 弘久
国立天文台	下条圭美	国立天文台	柴崎清登	他「SOLAR-B」チーム	

国立天文台および米国スミソニアン天文台（SAO）と協力して、「SOLAR-B」に搭載するX線望遠鏡（XRT）の開発を進めている。この望遠鏡は、「ようこう」に搭載された軟X線望遠鏡と比べて、太陽コロナ中の100万度程度の低温プラズマにも感度を持つこと、2倍以上の高空間分解能化（1秒角）を図っていること、などの特徴を持っており、日本側は焦点面CCDカメラの開発を担当している。

本年度はフライトCCDカメラをSAOに輸出し、当地でのフライト鏡筒への結合と電気動作試験、およびNASAゴダード宇宙飛行センター（GSFC）での望遠鏡全体に対する機械環境試験ならびに熱環境試験を日米共同で実施した。

II-2-e-9

原始惑星系円盤に関する観測的研究

助教授	北村良実	茨城大・理	百瀬宗武	神戸大・理	横川創造
国立天文台	川辺良平	国立天文台	田村元秀	客員助教授	井田 茂
国立天文台	齋藤正雄	東工大・理	塚越 崇	東大・理	黒野泰隆

太陽系や発見が続く多様な系外惑星系の母体は、分子雲内部での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であると考えられている。従って、円盤形成過程や円盤の物理的性質を観測的に詳細に調べる事は、惑星

系形成過程にとっての初期条件を理解することにつながる。我々は、原始星周囲での円盤形成過程や、Tタウ型星のまわりの円盤の物理的性質、特に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、国立天文台・野辺山のミリ波干渉計を用いて、円盤のイメージング観測を行っている。本年度の主な成果は以下の通り。代表的な低質量原始星L1551 IRS 5とHL Tauを取り囲む、回転しながら落下しているエンベロープの中心部を観測し、そこで形成されつつある円盤の撮像を行った結果、連星と単独星での円盤形成の違いが見えてきた。

II -2-e-10

原始惑星系円盤に関する理論的研究

助教授 北村良実 客員助教授 井田 茂 東工大・理 田中秀和

惑星は、Tタウ型星のまわりの原始惑星系円盤の中で形成されると理論的に予想されている。そのような惑星形成過程には、円盤内の固体微粒子が集まってできる微惑星が重要な役割を果たす。我々は、円盤内での固体微粒子の合体成長や沈殿の理論計算に基づき、観測量である円盤全体のエネルギースペクトル分布 (SED) がどのように進化していくかを明らかにし、微惑星形成過程に迫ろうとしている。この研究は、ISAS/JAXAが打ち上げ予定のASTRO-F衛星を用いた円盤の全天サーベイデータから惑星形成を含む円盤進化を議論する際に必要不可欠である。本年度は、サーベイデータ解析のための基礎的な研究として、理論計算結果とサーベイによる観測可能量との関係について議論した。

II -2-e-11

分子雲コアの形成・進化に関する観測的研究

助教授 北村良実 COE研究員 河村晶子 国立天文台 砂田和良
 国立天文台 宮崎敦史 国立天文台 澤田剛士 国立天文台 梅本智文
 東工大・理 池田紀夫 神戸大・理 小山 洋 京大・理 犬塚修一郎

星は分子雲内部で特に密度が大きい領域である分子雲コアが重力収縮して形成される。しかし、誕生する星の質量分布や形成領域ごとの違いについては、まだよく理解されていない。特に、キーポイントとなる分子雲コアの起源は、分子雲全体にわたる階層構造の中で考えなければならない。我々は分子雲コアの形成・進化を明らかにする目的で、25マルチビーム (BEARS) を搭載した国立天文台・野辺山の45m電波望遠鏡を用いて、異なる進化段階にあるいくつかの分子雲の広域・高分解能マッピング・サーベイを行っている。本年度は、オリオン座、へびつかい座両分子雲でのコアの質量関数が星の初期質量関数とよく一致すること、コアの質量関数は単一のべき乗則ではなく折れ曲がりを持ち、その折れ曲がり領域によって変わることを見いだした。

II -2-e-12

分子雲の内部構造に関する観測的研究

助教授 北村良実 COE研究員 河村晶子 国立天文台 砂田和良
 国立天文台 齋藤正雄 国立天文台 澤田剛士 国立天文台 宮崎敦史
 東大・理 亀谷和久 東大・理 岡 朋治 東大・理 山本 智
 東工大・理 池田紀夫

分子雲は星間物質の中で比較的低温・高密度の領域であり、その内部は複雑な階層構造を成し、その最下層のスケールあたりで星が誕生していると考えられている。最近のサブミリ波での観測によって、分子雲は従来考えられてきた孤立した分子ガスの塊の状態にあるのではなく、その周囲の原子ガスと動的に相互作用している状態であることが認識されつつある。我々は、原子ガスと分子ガスの物理的関係を明らかにする目的で、東大・富士山頂サブミリ波望遠鏡と国立天文台・野辺山45m電波望遠鏡を用いて、代表的な原始星が位置するL1551領域や星形成の兆候がない希薄な高銀緯分子雲のマッピング観測を行っている。本年度は、低質量星しか誕生していないL1551領域においても、大質量星を生み出している巨大分子雲と同じ割合で、原子ガスと分子ガスがよく混ざっていることが明らかになった。

II -2-e-13

原始星に関する観測的研究

助教授	北村良実	カリフォルニア工科大学	古屋 玲
ハーバード・スミソニアンセンター	新永浩子	国立天文台	川辺良平
		国立天文台	梅本智文

分子雲コアの中心部で誕生したばかりの原始星は、ジェットで大量の物質を周囲に放出することが知られている。ジェットには、コア物質の余分な角運動量を抜き中心星への落下を促進する働きと、周囲物質を吹き飛ばし星の質量を決める重要な働きがある。我々は、水レーザー輝線をプローブとして、VLBI技術による超高空間分解能観測を行い、原始星ジェットの進化について研究している。さらに、ジェットを放出する直前の最も若い段階にある原始星を探る目的で、高密度ガスをトレースする種々の分子輝線を用いて、原始星コアの物理・化学状態についての観測も行っている。本年度は、我々が発見した、水レーザー輝線は受かるがアウトフローが見られない非常に若い段階にある原始星GF 92のコアの詳細観測を行った。

II -2-e-14

水星外圏ナトリウムの地上観測

教授	中村正人	東北大	三澤浩昭	助手	吉川一朗
		研究員	野澤宏大	大学院学生	亀田真吾

2003年4月、6月に東北大学惑星圏観測所にて、水星外圏ナトリウムの分光観測を行なった。天候が悪くナトリウムの空間分布は捉えられなかったが、平均密度を求める事が出来た。今後さらに継続的な観測を行ない、ナトリウムの密度と太陽活動の相関の有無を明らかにしていきたい。

II -2-e-15

金星探査機の検討

教授	中村正人	助教授	石井信明	助教授	今村 剛
助教授	阿部琢美	教授	中谷一郎	教授	小山孝一郎
				助教授	山川 宏

金星の雲の下に隠された気象現象を、最新の赤外線観測技術により金星周回軌道から観測する探査機システムの検討を行った。このミッションにより、地球気象学の常識を超えた高速の大気循環「超回転」を始めとする金星大気力学のメカニズムを解明し、地球気候変動理解の鍵となる惑星気象学の確立に資する。平成15年度には、多波長にわたる観測装置と金星探査に必要な探査機のシステム開発を行った。

II -2-e-16

地上観測による金星下層大気中一酸化炭素分布の研究

教授	中村正人	助教授	笠羽康正	助教授	今村 剛
		神戸大	はしもとじょーじ	大学院学生	佐川英夫

2002年12月に国立天文台岡山天体物理観測所において、金星夜側下層大気中の近赤外分光観測を行なった。観測結果を、金星大気中の多重散乱を取り入れた放射伝達計算と比較することで、下層大気からの熱放射スペクトルの空間分布を把握した。その結果、金星下層大気中の高緯度では、一酸化炭素が濃集していることが分かった。これは過去に飛翔体観測でしか得られていない金星下層大気中の一酸化炭素分布を、地上観測でも検証できることを示したものである。

II -2-e-17

太陽風対流電場と関連した金星ionopauseにおける非対称性の研究

教授	中村 正人	助教授	阿部 琢美	助手	吉川 一朗
大学院学生	金尾 美穂	名大・STE研	寺田 直樹	電通大	山崎 敦

Pioneer Venus Orbiterのデータを解析し、金星夜側ionopauseについて研究した。観測データからionopauseの位置及びK-H instabilityの波構造のスケールが太陽風対流電場によって非対称であり、太陽風動圧による依存性があることを示した。またデータ解析によるionopauseの位置やK-H instabilityの空間スケールをハイブリッドシミュレーションによる予測と比較した。

II -2-e-18

酸素イオン撮像用の光学系開発

教授	中村 正人	助教授	阿部 琢美	助手	吉川 一朗
大学院学生	金尾 美穂	大学院学生	村地 哲徳	名大・STE研	寺田 直樹
				電通大	山崎 敦

酸素イオンの共鳴散乱光 (834 Å) の観測にノイズ成分となる水素ライマン α (1,216 Å) を除去する光学系開発を行った。開発要素はMo/MgF₂ on Alの単層膜反射鏡である。RFスパッタ法では達成されなかったMgF₂の蒸着に、電子ビーム法を用いて成功した。製作したMgF₂ on Alの反射鏡の極端紫外波長光における反射率を測定し光学定数を求め、ライマン α を酸素イオンの共鳴散乱光に比べて 10^{-1} 倍除去できるような反射鏡の設計を行った。

II -2-e-19

地上望遠鏡による金星夜側の近赤外線観測

助教授	笠羽 康正	助教授	今村 剛	教授	中村 正人
-----	-------	-----	------	----	-------

金星雲層以下の高温大気の熱放射が特定の近赤外波長の光として漏れ出ることを利用し、岡山天体物理観測所(OAO)の口径188cm望遠鏡などを用いた高空間分解能を目標とした金星夜側大気地上観測のデータ解析を進め、一酸化炭素の緯度分布の不均等についての新知見を得た。

II -2-e-20

統計的推測手法を用いた惑星雲移動ベクトルの誤差評価法

大学院学生	村地 哲徳	助教授	今村 剛	統計数理研	樋口 知之
				教授	中村 正人

過去の雲移動ベクトルを求める研究では雲移動ベクトルの誤差は周囲のベクトルとの比較から求めていたため、解析対象とする物理現象の空間的・時間的スケールが誤差に含まれて物理現象より誤差が大きくなっていった。本研究では、統計モデルを作ることで限られた情報からより詳細な情報を統計的に推測する手法を用いて、雲の形の変化や空間分解能の影響を評価する方法を考えた。この方法をテストパターンを使った計算に適用して誤差評価の適切さを調査した。また、金星の雲画像にも適用して過去の誤差評価方法によって見積もられた値よりも4分の1程度小さい値が得られ、解析対象とする物理現象の大きさを誤差が下回る事ができた。

II -2-e-21

極端紫外光分光撮像用の多層膜回折格子の開発

大学院学生	村地 哲徳	大学院学生	金尾 美穂	大学院学生	亀田 真吾
通信総合研	山崎 敦	助手	吉川 一朗	教授	中村 正人

極端紫外光領域で反射率が高まるように設計した多層膜回折格子を設計・製作し、分子科学研究所UVSORやISASの極端紫外光実験施設で光学特性を調査した。その結果、極端紫外光領域で最も反射率が高い物質の一つであるAuやPtを表面にコーティングした回折格子よりも高い反射率が得られた。

II -2-e-22

宇宙空間での劣化を模擬した薄膜フィルタの極端紫外光領域における透過率調査

大学院学生 村地哲徳 助手 吉川一朗 助手 高島 健
放射線医学総合研究所 内堀幸夫 放射線医学総合研究所 北村 尚 教授 中村正人

太陽風プロトンや太陽紫外線を多量に照射して、宇宙空間での劣化を模擬した金属薄膜フィルタを製作し、極端紫外光領域での透過率の調査を行った。プロトンの照射では透過率の変化は見られなかったが、紫外線の照射では透過率が変化することが解った。

II -2-e-23

金星探査機に搭載する観測機器の放射線耐性に関する研究

放射線医学総合研究所 内堀幸夫 放射線医学総合研究所 北村 尚 東大・理 岩上直幹
東大・教養 上野宗孝 東北大・理 高橋幸弘 北大・理 渡部重十
助教 今村 剛 助手 高島 健
極地研 田口 真 熊本大 佐藤毅彦

放射線医学総合研究所において、金星ミッションPlanet-Cの観測機器で採用を検討している光学材料やエレキ部品に高エネルギーの陽子を照射し、宇宙空間での放射線被曝による性能の劣化を評価した。その結果をもとに、採用する部品の選別や機器の設計の見直しなどを進め、ミッション完了まで十分な性能を維持する観測機器を製作できる目処が立った。

II -2-e-24

惑星大気における赤道波の伝播に関する研究

助教 今村 剛 京大・RASC 堀之内武

惑星の自転効果によって赤道域に捕捉された大気波動（赤道波）について、波がハドレー循環などの子午面循環の中を伝播する際に生じる力学効果を理論的に考察した。そのような状況下では波が南北方向の角運動量再分配をもたらすことが初めて示されたが、この効果は金星大気の高速回転が維持されるために重要な寄与をしている可能性がある。

II -2-e-25

金星における惑星スケールの雲模様の成因に関する研究

助教 今村 剛 京大・RASC 堀之内武

金星の雲頂を紫外線で見ると、Y字模様と呼ばれる惑星規模の不可思議な模様が観察されるが、この模様の形成メカニズムは未だわかっていない。そこで、ケルビン波という惑星規模の波動とハドレー循環によって紫外吸収物質が輸送されることで模様が形成されるという仮説のもとに、数値シミュレーションを行い、観測されるパターンをうまく再現した。

II -2-e-26

オゾンゾンデデータによる成層圏の物質混合過程の研究

大学院学生 野口克行 助教 今村 剛

全世界のオゾン観測ネットワークによるデータベースを用いて、成層圏オゾンの鉛直微細構造の緯度・季節依存性を調べた。そのことによって、通常の客観解析気象データでは再現されない微細な輸送・混合過程のグローバルな分布と成因を明らかにした。

II -2-e-27

スプライトにおける電子加速と準安定酸素原子O (1D) の生成

助手 市村 淳 東北大・理 平木康隆 東北大・理 福西 浩
通信総研 笠井康子

雷雲のはるか上空（中間圏）でスプライトと呼ばれる放電発光が観測されている。雷放電に伴って瞬時的（～1 ms）に強い電場が生じ、それによって電子が加速（ $>10\text{eV}$ ）されることが発光の原因である。この過程は、大気を電離・励起するので、微量気体の化学にも少なからず影響を及ぼす可能性がある。さまざまな大気化学過程の引き金になる準安定酸素原子O (1D) は、太陽紫外線による酸素分子の解離励起で生成されるが、解離励起は加速電子によっても起こるから、スプライトが夜間における生成源になり得る。この興味で数値シミュレーションを実行し、O (1D) の生成率を評価した。電子は、大気分子（数密度N）との衝突による緩和が速いので、静電場（E）のもとで、パラメータE/Nのみから定まる非平衡エネルギー分布を取る（準静的モデル）。一回のスプライトハローにおいて $10^{14}/\text{cm}^3$ という、太陽紫外線による生成率に匹敵する値を得た。この生成率は昼間よりも夜間の方が大きいこと、高度分布はE/Nのそれを反映して70～80kmでピークを取り、発光の観測結果と重なることがわかった。

II -2-e-28

強い場における分子の多重電離ダイナミクス

助手 市村 淳 都立高専 山口知子

分子標的に、高強度レーザーや低速多価イオン衝突によって強い場をかけると、多数の電子と核が同時に絡む非摂動ダイナミクスが現れ、最終的に多価に電離しクーロン爆発を起こす。多中心性を考慮した電場電離モデルを開発し、強レーザー場中の2原子分子（2中心2鞍点系）、直線3原子分子（3中心3鞍点系）、多価イオンと2原子分子の衝突（3中心2鞍点系）という3通りの多重電離過程を調べた。レーザー場中では、半周期ごとに電場の向きが逆転するため、電子が分子内鞍点近傍に非断熱的に励起してから分子外鞍点を越えて電離することを導いた。その結果、2原子分子では、生成イオン対の電荷が異なる方が小さな核間距離でクーロン爆発を起こすという実験事実を説明した。3原子分子では、実験結果との比較を通じて、解離イオンの電荷がほぼ等しい過程が支配的であることを導いた。一方、多価イオン衝突では、共有結合分子と希ガス2量体とで分子配向依存性が全く異なることを予言した。いずれの過程においても、電子が分子内で原子サイトに局在する仕方に応じて特徴的なダイナミクスが現れるという理解を与えた。

II -2-e-29

イオン・分子衝突における振動・回転励起とエネルギー損失スペクトルの形

助手 市村 淳 日大・理工 中村正人

原子が分子に近づいて電子雲が重なるようになると強い斥力が働く。その力のレンジは分子の大きさよりもずっと小さいので、衝突において、分子は不可侵の表面を持つという近似的描像が成立する。この描像に基づいて振動・回転励起を統一的に扱う古典力学的モデルを開発した。このモデルは、大きな散乱角でのエネルギー損失スペクトルの形を、分子の形との関係で説明する。特に、等核2原子分子において二重ピーク構造が現れることを一般的に導く。モデルと古典軌道計算によって、衝突エネルギーが4～100eVのリチウムイオンと窒素分子の衝突を解析し、実験で観測されていたスペクトルのエネルギー・角度依存性を系統的に説明した。広いエネルギー範囲にわたって二重ピーク構造が現れること、エネルギーが高いほど衝突の瞬間性がよくなるために回転励起に加えて振動励起が関与するようになること、振動励起の効果はピークの位置のシフトとして現れること、それらは分子間力に敏感であることを示した。

II -2-e-30

気体中での陽電子の直接消滅と共鳴散乱

助手 市村 淳 理 研 山中信弘 東北大・理 木野康志

陽電子は電子の反粒子であり，気体分子に衝突すると電子と一緒に対消滅をする．そこでは，ポジトロニウム形成を経由する間接過程の他に，衝突の途中で消滅する直接過程がある．高密度気体中では，直接消滅とポジトロニウム形成は独立な素過程であり，波束の散乱理論によってそれらの断面積が定義される．水素原子との衝突における直接消滅の断面積を時間依存チャネル結合法によって計算し，それが10eV付近でピークを取ることを示した．また，ヘリウムイオンによる陽電子の散乱を同じ方法で計算し，理論的なパズルになっていた2つの共鳴の存在を導いた．共鳴では，エネルギーの関数として散乱波束の時間遅れが極大になることを実証し，その極大構造から，ヘリウムイオンの内部状態（主量子数 $n=1, 2, 3$ ）が関与する多チャンネル共鳴としての性質を解析した．これらの研究を通じ，「断面積」や「共鳴」という散乱現象の最も基本的な概念をめぐり，不注意に定常状態の理論から出発すると混乱を招く問題があり得ること，波束の理論に立ち戻ることがその解決の指針になることを学んだ．

II -2-e-31

電子・イオンと分子の散乱による非弾性散乱過程の理論的研究

共同利用研究員 山口大・理工 季村峯生

電子・陽電子と分子との衝突過程の比較研究を行った．電子・陽電子と分子との相互作用，およびその結果としてのダイナミクスについての理解を深め，陽電子散乱において，電子散乱で一般に見られる共鳴過程についての知見を深めた．イオンと分子との衝突による電子捕獲過程について，分子基底理論を用いて研究を行った．標的分子の配向効果，振動励起状態効果，同位体効果，異性体効果などについての知見を深めた．

II -2-e-32

反陽子と原子・分子の衝突による反陽子原子生成反応の研究

助手 崎本一博

反陽子と水素分子イオンの衝突による電離過程，反陽子水素原子（プロトニウム）生成過程について調べた．まず断熱ポテンシャルエネルギー曲面を計算した．このポテンシャル曲面上での反応過程を古典軌道モンテカルロ法を用いて計算した．生成反陽子水素の状態分布，励起状態にある分子からの反応を調べた．

反陽子トリチウム原子の衝突による反陽子リチウム原子生成過程を半古典論を用いて調べた．水素原子との衝突よりも反応断面積がかなり大きくなることがわかった．

II -2-e-33

高エネルギー化学反応の量子反応力学の研究

助手 崎本一博

燃焼や衝撃波といった高温あるいは非平衡ガス中では，高振動状態にある分子の反応や解離反応が重要である．一方，解離反応の逆過程である三体結合反応は，アルカリ原子のボーズアインシュタイン凝縮などでも知られているように，低温で重要な過程である．これらの反応過程を量子力学的に厳密に解くために，波束伝達法による計算プログラムの開発を行った．

II -2-e-34

原子分子衝突素過程の研究

共同利用研究員 恩田邦藏

星間雲の主成分である H_2 は，近くの星からの紫外線を吸収し，電子状態が励起されたり，解離する．そのような星間雲の中では， H_2 は振動励起状態にあると考えられ，振動励起状態の放射寿命は， $10^6 \sim 10^8$ sと長い．従って，星間雲の中で振動励起状態にある H_2 およびそのイオンは，他の原子や分子と衝突し，原子の組み替えや分子の解

離が起こる可能性が高い。衝突前の H_2 およびそのイオンの振動状態が高く励起されている衝突素過程を理論的に研究することは、原子の組み替え反応に加えて、分子の解離過程が関与し、現在の電子計算機の能力を考えても大変難しく、研究が大変遅れている。現在、並列処理が可能な大型計算機の能力を最大限に活用できる並列処理プログラムの開発を進めている。1ノード8cpuの計算機では、1cpuの計算機に比べて、演算時間は1/5程度に短縮される。しかし、ノード数を増やしても、演算時間は期待した通りに短縮されない。現在、原因を究明中である。この問題が解決されれば、応用上重要な衝突素過程について、信頼できるデータを提供できるようになる。

II-2-e-35

「LUNAR-A」計測・運用ソフトウェア開発

客員助教授 村上英記 月探査ワーキンググループ

「LUNAR-A」における月震計測に必要なソフトウェアの開発ならびに運用支援ソフトウェアの開発を進めている。ペネトレータ搭載ソフトウェアのシミュレーションによる評価、月震計の特性評価等に利用した。

II-2-e-36

月震活動シミュレータの開発

客員助教授 村上英記 東工大・理 小林直樹 助手 白石浩章
月探査ワーキンググループ

「LUNAR-A」において効率的に月震観測をおこなうには、事前に得られている唯一のデータであるアポロ計画による月震データを有効に利用する必要がある。これまで、アポロ計画により取得されたデータが有効に利用できる計算機環境の整備をおこなってきた。ハード面での環境整備に加えて、ユーティリティの開発（月震計特性変換、半波シミュレータなど）をおこない、地上での月震計の特性の長期安定性の評価、アポロ月震波形を「LUNAR-A」の観測モードの1つである半波取得とした場合の月震分類のシミュレーションを進めている。

II-2-e-37

「あけぼの」および「GEOTAIL」観測データによる磁気圏・電離圏結合過程の研究

客員教授 福西 浩 東北大・理 高橋幸弘 教授 向井利典
助教授 早川 基 助手 松岡彩子 名大・STE研 藤井良一
通信総研 長妻 努 東海大・理 遠山文雄

あけぼの衛星（EXOS-D）は、1989年2月にオーロラ現象の総合的な解明を目指し宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所より打ち上げられ、14年を経過し、順調に観測を続けている。本研究グループは磁場観測を担当し、そのデータ解析を進めるとともに、衛星運用にも参加している。また、あけぼの衛星で同時に観測されている荷電粒子、低エネルギーイオン、電場データと比較し、磁気圏と電離圏を結合する沿磁力線電流の構造やオーロラ粒子の加速機構、電離圏イオンの加熱・流出過程に関し数々の新しい知見を得つつある。特に本年度は、大量の磁場データの統計解析から、小規模沿磁力線電流領域は地磁気活動度に関係なく、カuspおよびその近傍に集中することを明らかにした。

II-2-e-38

「のぞみ」搭載紫外撮像分光計による星間風と惑星大気の研究

客員教授 福西 浩 東北大・理 高橋幸弘 教授 向井利典
助教授 早川 基 北大・理 渡部重十 極地研 田口 真
信州大・理 川原琢也

わが国初の火星探査衛星「のぞみ」は太陽風と火星大気・プラズマの相互作用の解明を目的とし、1998年7月4日に鹿児島県宇宙空間観測所より打ち上げられた。本研究グループは火星超高層大気の組成、水素コロナ、酸素コロナ、重水素・水素比（D/H比）等を観測するD/Hセル付き紫外撮像分光計（UVS）を担当している。「のぞみ」

は1998年12月20日の地球離脱までは地球パーキング軌道にあったが、この間にUVSの各種の動作試験と地球水素コロナおよび月面アルベートの観測を行った。さらにUVSによる水素ライマンアルファ線観測によって、星間風（太陽系に流入する星間水素ガスの流れ）を1998年9月から3年以上にわたりモニタした。これらの長期観測データから星間風の全天分布速度、温度を求め、また太陽自転にともなう27日周期変動の様子を明らかにした。さらに、SOHO衛星EUV観測から得られた太陽活動領域分布とUVS観測から得られるライマンアルファ線全天強度分布の比較を行い、太陽活動領域を表側と裏側の両面でUVS観測によってモニタできることを明らかにした。

II-2-e-39

高高度気球によるオゾン層観測

客員教授	福西 浩	東北大・理	岡野章一	東北大・理	村田 功
教授	小山孝一郎	教授	矢島信之	助教授	山上隆正
				極地研	田口 真

オゾン層は高度10–50kmに存在するが、30km付近よりも上部ではオゾンの生成消滅速度が速いため、オゾン密度は力学過程よりも主に光化学過程に支配される。従って、この高度でのオゾン観測はオゾン破壊の化学反応過程の研究にきわめて重要であるが、従来のゴム気球を使用したオゾンゾンデ観測では高度30km以下しか観測できなかった。しかし、1992年度に宇宙科学研究所が高度42km付近まで上昇できる高高度気球の開発に成功した。本研究グループはこの高高度気球に搭載するオゾン測定用紫外センサーの開発を行い、毎年1–2回の観測を継続して行うことにより、高高度でのオゾン年々変動の様子を明らかにしてきた。2003年度は、三陸大気球観測所にて9月13日に気球実験を実施し、高度38.3kmまでのオゾン分布の観測に成功した。三陸での過去10年間のデータと合わせ、太陽活動度の変化に伴うオゾン量変化をとらえた。また、大気動波による高度方向の2–3 kmスケールの波状構造をとらえた。さらに国立極地研究所との共同研究として実施している南極成層圏オゾンの高高度気球観測を南極昭和基地で2003年9–12月の間4度実施し、オゾンホール形成と崩壊に関する興味深いデータを得た。

II-2-e-40

金星探査衛星「PLANET-C」搭載雷・大気光カメラの開発研究

東北大・理	高橋幸弘	客員教授	福西 浩	教授	小山孝一郎
助教授	阿部琢美	助教授	今村 剛	極地研	堤 雅基

金星大気の大循環とメソスケールの気象現象の解明を目指し、PLANET-C計画が平成13年度より始まった。この衛星には5種類のカメラが搭載され、紫外線から赤外線まで異なる波長域の撮像観測が行われるが、本研究グループはその中の一つ、可視域の雷・大気光カメラ（LAC）の開発を進めている。金星大気中の雷放電現象や大気光現象は未解明の問題として残されており、本格的な観測が待たれている。LACは検出部にマイクロチャンネルプレートを採用し、夜側での雷放電発光の高速度撮像と大気光観測を実施する。来年度は太陽光の迷光を除去するための光学系の設計、検出部の設計、雷発光をイベント的にとらえるトリガー回路の試作、検出感度とS/Nの見積もり等を行った。

II-2-e-41

地球外有機物研究と小惑星サンプルリターン

客員助教授 奈良岡浩

はやぶさプロジェクトなどで回収される地球外サンプル中有機物の分析を念頭に置き、炭素質隕石中に含まれる超微量の酢酸や多環芳香族炭化水素の安定炭素・水素同位体比分析を行った。酢酸については分子内炭素同位体比分布（メチル基とカルボキシル基）も世界で初めて測定した。さらにイオンプローブによって隕石中有機物の空間分布を明らかにするためにTOF-SIMS（飛行時間型二次イオン質量分析計）を用いた予備分析を行った。