

平成 22 年 5 月 18 日

文 部 科 学 大 臣 殿

大学の設置者の所在地	〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1	
大学の設置者の名称	国立大学法人神戸大学	
(職名) フリガナ 代表者氏名	(神戸大学長) フクダ ヒデキ 福田 秀樹 (記名押印又は署名)	
大学名 及び機関番号	神戸大学	14501

平成 21 年度研究拠点形成費等補助金 (研究拠点形成費 (機関補助)) 実績報告書
(拠 点 形 成 実 績 報 告 書)

整理番号	G11	開始年度	20 年度	学問分野	数学、物理学、地球科学
拠点のプログラム名称	惑星科学国際教育研究拠点の構築		拠点リーダー名	中川 義次	
			専攻等名 (拠点となる大学)	理学研究科地球惑星科学専攻	
連携先の大学名	北海道大学				
事業推進担当者	計 20 名				
フリガナ 氏名 (年齢)	所属部局・職名	現在の 専門・学位	役割分担 (本年度の教育研究実施計画における分担事項) 等		
カガリ ヨシツグ 中川 義次 (60歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・教授	惑星科学・理学博士	総括、運営委員会委員長、社会交流CGリーダー		
オウキ ケイジ 大槻 圭史 (47歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・教授	惑星科学・理学博士	惑星・小天体起源の理論・数値的研究国際連携CG		
アヅリ ヨシ 相川 祐理 (39歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・准教授	天文学・博士 (理学)	惑星系の起源に関する化学理論の研究 スクールプログラムリーダー		
イトウ ヨシイ 伊藤 洋一 (40歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・准教授	天文学・博士 (理学)	原始惑星系円盤、系外惑星の観測的研究 実習プログラム		
ムカイ タカシ 向井 正 (64歳)	神戸大学・名誉教授	惑星科学・理学博士	惑星系の起源に関する探査・実験的研究 国際連携CGリーダー		
フジモト マサキ 藤本 正行 (62歳)	神戸大学理学研究科惑星科学研究センター協力研究員/北海道大学理学研究科物理学部門・教授	宇宙物理学・理学博士	惑星系始原物質生成、恒星内元素合成の理論的研究 理論・モデル研究プログラムリーダー		
トモカ カズシゲ 留岡 和重 (58歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・教授	惑星物質科学・理学博士	惑星系始原物質進化の実験的研究 探査・実験プログラムリーダー		
ナカムラ アキコ 中村 昭子 (45歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・准教授	惑星科学・博士 (理学)	惑星系始原物質進化の探査・実験的研究 実習プログラムリーダー		
ヤマモト テツオ 山本 哲生 (60歳)	神戸大学理学研究科惑星科学研究センター協力研究員/北海道大学低温科学研究所雪氷新領域部門・教授	惑星科学・理学博士	惑星系始原物質進化の理論的研究 将来構想CGリーダー		
ハヤシ ヨシキ 林 祥介 (51歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・教授	地球流体力学・理学博士	惑星大気多様性の理論・数値的研究 基盤CGリーダー		
イノヤマ タカヒロ 岩山 隆寛 (43歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・准教授	地球流体力学・博士 (理学)	惑星大気多様性の理論的研究 教育研究CG		
ヒロ ヨシタカ 瀬戸 雄介 (32歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・助教	惑星物質学・博士 (理学)	惑星系始原物質進化の実験的研究探査・実験プログラム		
ヤマナカ マサフミ 山中 大学 (54歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・客員教授/海洋研究開発機構・主任研究員	大気水圏科学・理学博士	惑星大気圏・水圏多様性の観測・理論的研究 エクステンジブプログラム		
ボツフ ヨシイロウ 乙藤 洋一郎 (60歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻・教授	地球物理学・理学博士	惑星固体圏多様性の解析・モデリング研究 探査・実験プログラム		

シマ 島 伸和 (49歳)	神戸大学自然科学系先端融合研究環、 内海環境教育研究センター・准教授	海底物理学・博士 (理学)	惑星固体圏多様性の探査・実験的研究 探査・実験プログラム
ゲンゾ 郡司 幸夫 (51歳)	神戸大学理学研究科地球惑星科学専 攻・教授	理論生命科学・理学 博士	惑星多様性に関する理論・室内模擬実験 スクールプログラム
カフ 加藤 幾芳 (62歳)	北海道大学 理学研究院物理学部門・教授	宇宙核物理学・理学 博士	元素合成の理論的研究、核反応データアーカイブ 国際連携CG
ワカハ 渡部 重十 (56歳)	北海道大学 理学研究院自然史科学部門・教授	超高層物理学・理学 博士	惑星大気圏・磁気圏多様性の探査・実験的研究 エクステンジブプログラムリーダー
ケモト 倉本 圭 (43歳)	北海道大学 理学研究院自然史科学部門・教授	惑星科学・博士 (理学)	惑星大気圏・固体圏多様性の理論的研究 教育事業統括リーダー
タカ 田中 秀和 (43歳)	北海道大学 低温科学研究所雪氷新領域部門・准教 授	惑星科学・博士 (理学)	惑星系始原物質進化の理論的研究

拠点全体の補助金交付額			
直接経費及び間接経費の合計		直接経費	間接経費
① + ②	(千円)	①	②
236,119		181,630	54,489
(拠点大学：神戸大学)			
130,884		100,680	30,204
(北海道大学)			
105,235		80,950	24,285
拠点大学の直接経費に占める拠点大学で使用した直接経費の割合 ③ / (① + ④) × 100%			(%)
			55.4
拠点大学の直接経費	連携機関への委託費	拠点大学で使用した直接経費	他の大学の直接経費の総額
① = ② + ③	②	③	④
(円)	(円)	(円)	(円)
99,044,100	0	99,044,100	80,950,000

教育研究拠点形成実績の概要

本プログラムでは、神戸大学大学院理学研究科に設立された惑星科学研究センター(CPS)を実質化し、企画運営・情報化・国際連携などへの対応力を持ち、国内外の惑星科学研究者やグループによる教育研究活動のネットワーク化を支援するコーディネーションセンターとして確立することを目的とする。コーディネーションセンターとしてのCPSは、惑星科学コミュニティにおける人材育成や研究活動の触媒となり、惑星科学の様々な領域から人々が集い知見情報が集積される場を形成し、惑星科学の広がりを経済的に捉えるための基盤として機能する。本プログラムではこのような場を形成することを介して惑星系の起源・進化・多様性を統合し普遍化した汎惑星系モデルの構築を目指す。

上記目的を達成するために本プログラムでは以下のような事業を計画した。

- **開かれた運営体制の確立**: 惑星科学コミュニティに開かれたCPSの運営体制ならびにCPSの事業をささえる業務支援体制の確立を行う。
- **コーディネーション機能の形成**: 惑星科学コミュニティにおける様々な教育研究活動のネットワーク化を多面的に支援する5つのコーディネーショングループ(CG)、すなわち、**教育研究CG、基盤CG、国際連携CG、社会交流CG、将来構想CG**を創設する。
- **多様な人材教育**: これらのCGの支援とそれを介しての惑星科学コミュニティによる協力により、**スクールプログラム、実習プログラム、エクステンジブプログラム**からなる教育事業を展開し、惑星科学の知見情報を集積提供し発展させる場を形成する。若手研究者・院生はCGの形成・運営に参画することによって、研究能力のみならず惑星科学の展開に必要とされる企画力、組織力、運営力、基盤構築力などを備えた人材として育成される。
- **汎惑星系モデルの構築に向けた研究の推進**: 我々は「惑星および惑星系の起源・進化・多様性の整合的全体像」あるいはその把握の仕方の提案を「汎惑星系モデル」と定義している。当然、「汎惑星系モデル」と称されるべき成文的記述をただちに得ることが本事業での目的ではない。CPSが提供するスクール、研究会、実習等の教育研究プログラムの実行を介して、惑星系の起源・進化・多様性の全体を俯瞰する活動を促進し、最先端の知見の集積とその総合化に努めるのが目的である。同時に、我々もまた個々の活動を担う一員としてそこに提供されるべき質の良い知見を生み出していく。

本年度の達成状況は以下のようにまとめられる。

- **「惑星科学研究センター共同事業専門委員会」の設置**: 惑星科学コミュニティの共同利用センターとしてCPSを実質的に機能させるために昨年度設立した「惑星科学研究センター共同利用委員会」を、神戸大学の組織内において正式に位置づけるため、センター設置要項を改定し、同委員会を再定義した。結果として平成22年4月に「惑星科学研究センター共同事業専門委員会」がCPSに設置されることとなった。
- **評価の実施**: 平成21年10月に理学研究科によるCPSの評価を受けた。結果、本事業期間中のCPSの設置継続が認められた。また平成22年1月に開催した国際プラネタリクスールに招聘した講師陣による助言や評価を受けた。加えて、惑星科学研究センター共同事業専門委員会の外部委員からは常時、助言、評価を得ている。
- **各種CG活動の本格展開**: 5つのCGがその活動の本格的展開を開始した。以下特筆すべき活動をあげる。各CG活動の詳細は後述。
- **基盤整備**: 支援体制の人的配置と基盤CGによる会議システムの導入・講義撮影システムの導入と改善・ネットワークサーバシステムの開発と活用を開始した。CPSとして必要となる機動

的な活動を支援するネットワークサーバーソフト環境の構築を進めつつある。

- **教育実習プログラムの展開**: 教育研究CGの活動の一環として、今年度は国際プラネタリスクール”Planetary Atmospheres - Sisters, relatives and ancestors of our own”を平成22年1月に神戸において開催した。各種スクールプログラム・実習プログラムを実施した(詳細は後述)。
- **国際連携プログラムの展開**: 海外の研究教育機関との人材交流を通じて惑星科学の中・長期的展望にたった活動への支援をより充実させるべく、国際連携CGは3つのプログラムを実施し計10件の企画を支援した。

なお、これらのCPSの活動に関してはホームページ<http://www.cps-jp.org/>に詳述している。

教育研究拠点形成に係る具体的な成果

【拠点形成へ向けての成果】

本事業に関連して、世界的な教育研究拠点形成に向けて、今年度は以下のような改善・整備等がなされた。

● 研究拠点体制の整備

神戸大学理学研究科惑星科学研究センター設置要項を改正し、昨年度設立した「惑星科学研究センター共同利用委員会」を「惑星科学研究センター共同事業専門委員会」として再定義し、神戸大学の制度上に正式に位置づけた。当該委員会は、惑星科学コミュニティーに開かれた運営体制をCPSに実現し、コミュニティーの共同利用センターとしてCPSを実質的に機能させるために存在する。共同事業専門委員会メールリストならびにネット会議システムの活用により、全国に分散する委員メンバーによる実質的かつ常時的な諮問活動および評価活動を担保している。PDならびに特命(特任)教員の人事はこの共同事業専門委員会の下に人事委員会を組織して行っている。

さらに昨年度に引き続き、関連分野の指導的な立場にある委員や識者との懇談会を開催し、CPSの理念や活動の理解を図ることを通じて、当該コミュニティーへの普及の方策を検討するとともに、関連分野での同種の理念を持った活動に関する情報の提供と、今後のCPSの活動の展開ならびにCPSの恒久化へむけての助言と提言をいただいた。CPSの具体的なコーディネート活動を担うべく創設した教育研究CG、基盤CG、国際連携CG、社会交流CG、将来構想CGの今年度の活動に関しては以下で詳述する。CPSのような組織の在り方を研究すること、それに必要となる情報基盤や事務支援基盤を検討しあるいは研究すること、そしてそれが行える人材を育成することも本事業の重要な目的であり、各CGの活動としてこれを実行しつつある。

● 教育研究環境

教育研究CGを中心に、スクールプログラムの整備、実習プログラムの整備を行い、実際にプログラムを運営することによって、運営支援体制の構築を進めた。教育研究CGの項に詳述する。

● 人材確保

CPSの活動を指揮する教員として、今年度は神戸大から学長裁量ポストして新たに特命(特任)助教1の提供を受け、PD1名を昇進させた。また、昨年度に雇用した北大の特命(特任)准教授1は東京工業大学に転出した。平成22年度予算に余裕がないため補充は見合わせ、北大PDの1名を特命(特任)助教に昇格させた。その結果、現在のPD数は、神戸大2名、北

大2名となっている。

● 人材育成

今年度もRAを公募し、神戸大12名、北大10名を採用した。RAは日常の個々の研究活動に加えて、CG活動に参加することにより教育研究基盤の構築や惑星科学を展開する上での多様な専門性への導入を実地訓練(OJT)として行っている。

● 国際化等の改善・整備状況

昨年に引き続き国際プラネタリスクールを開催した。今年度は惑星大気をテーマにとり、”Planetary Atmospheres - Sisters, relatives and ancestors of our own”を平成22年1月に神戸において開催した。講義資料および講義のビデオアーカイブをウェブ上で公開した。海外の教育研究期間への院生の派遣、CPSへの海外の研究者の招聘を展開しつつある。さらに海外の教育研究機関との人材交流を推進するエクステンジプログラムを今年度は計6件実行した。加えて、滞在型海外研究者招聘プログラム、および短期招聘プログラムを推進した。この際、招聘者も参加する国際研究集会をあわせて開催した。詳細は後述の「国際連携CG」の項を参照。

● 基盤CG

基盤 CG では、CPS の全ての活動の支援および活動成果の蓄積・公開のための情報基盤整備を行う。以下に、平成21年度に行った基盤 CG の各事業について概略を述べる。

1. CPS サーバ(<http://www.cps-jp.org/>)の運用

平成20年度に導入した CPS 基盤サーバのサーバソフトウェア群の開発を継続して行い、平成21年度より CPS 基盤サーバを本グローバル COE プログラムの拠点形成および運営活動をサポートするものとして運用を開始した。CPS基盤サーバは、情報発信の為のホームページ、情報共有の為の Wikiページ、情報交換の為のメーリングリスト、プログラムやドキュメント等の管理の為のバージョン管理システム、会議・セミナー・研究会・スクール開催の支援システム、等を提供する。サーバ機器は、北海道大学に2台、神戸大学に1台を導入した。北海道大学の1台をマスターサーバ、のこりの2台をバックアップサーバならびに開発サーバとし、非常時にも対応できる体制とすることを目指した。しかし、運用開始後、基盤サーバのハードウェアとOSに予期されていなかった障害が発生し、運用体制の再考察とハードウェア・ソフトウェアの再設計が余儀なくされた。現在は応急システムを構築し、日常運用に支障のないようにしているが、本格的な展開を可能とする安定運用のためのシステム設計およびその設計に基づく修正は、もともと計画されていた、本事業期間全般にわたる基盤サーバ環境の開発計画(CPSのような共同利用センターが必要とする情報基盤の考察)に組み込み、次年度に行う。

2. セミナー・研究会・スクールにおける講演撮影システムの構築

各種セミナー・研究会・スクールの講演内容を収録し、その講演資料・映像・音声コンテンツをインターネットを通して公開するために、平成20年度に導入した講演撮影システム p4web に基づく撮影システムの構築を行った。このシステムにより、講演者の様子と講演資料を同時に収録することが可能となった。これらコンテンツを公開することで、セミナー・研究会・スクールの開催後に参加者が自由に復習することができ、かつ参加していない人でも時間と場所を選ばずに内容を視聴することが可能となる。しかしながら、現状のシステムでは収録には過大な労力が必要となってしまうことが問題点として残された。そこ

で、平成22年度以降は、他研究所(ニュートン研究所等)のシステムの長所を取り入れるなどにより、より効率的に、より利用価値の高いコンテンツが作成できるシステムを設計・構築し、より多くのセミナー等の収録を可能にする予定である。

3. 教育計算機環境を用いた情報リテラシー教育

平成20年度に導入した、教育用パーソナルコンピュータ群およびストレージサーバを活用した大学院生向けの情報リテラシー教育を推進した。またストレージサーバは、数値モデルの開発・数値実験の実行・データ解析などの研究面における使用に加え、上記項目1で記述したCPS基盤サーバの障害の問題解明作業にも活用された。これによりサーバ管理技術の実地教育も施されることにもなった。平成22年度以降も、今後のCPSサーバの維持と発展のために必要とされる、高水準の情報技術レベルを有する人材育成を目指して、情報リテラシー教育を継続する予定である。

● 国際連携CG

国際連携CGでは、海外の研究教育機関との人材交流を通じて惑星科学の中・長期的展望にたった活動への支援をより充実させるべく、本CGが進める3つのプログラムに沿って計10件の企画を支援することで、CPSと国際研究拠点間ネットワークを強化した。以下に各プログラムの活動をまとめる。

1. エクスチェンジプログラム

6件の企画を支援し、個々の研究交流を通じてCPSと海外研究機関との連携を強化した。フリードリヒ・シラー大(Friedrich-Schiller-University, ドイツ・イェナ)から院生が3ヶ月、フランス・ミディピレネー天文台から院生が1ヶ月、ハーバード大学から研究者と院生が1週間、それぞれ主にCPSへ滞在し、また南アフリカへ神戸大院生を半年間、台湾国立中央大学へCPS研究者を6週間派遣した。また、ウッズホール海洋研究所(Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI)の夏のGFDプログラム(10週間)へ1名の大学院生を、全国公募・WHOI選考委員会による選考の上、派遣した。

2. 滞在型海外研究者招聘プログラム

2件の企画を支援し、CPSを国際研究ネットワークのハブとしての機能強化を進めた。オランダ・香港から1ヶ月前後招聘・滞在した2名の研究者と国内関連研究者が集中的に原始惑星系円盤中の磁気回転不安定性について議論を行うとともに、滞在期間中に研究会を開催した。また、ドイツから研究者を1ヶ月招聘し、ユーロプラネットに関する情報提供を受けるとともに、宇宙塵その場観測装置開発に関する技術交換、水戸の重照射研究設備(HIT)で微粒子加速実験への参加、CPS宇宙塵研究会への参加などを行った。

3. 短期招聘派遣プログラム

2件の企画を支援し、CPS研究者の海外での活動を支援した。アジア太平洋天文学キャンプ(Asia-Pacific Astronomy Camp)の講師としてCPSの研究者を1人派遣した。アジアオセアニア地球科学会議(AOGS, Asia Oceania Geosciences Society)2009で招待講演となった神戸大院生を派遣した。

● 将来構想CG

国内の惑星科学およびその関連分野の有識者との懇談会を行い、CPSの理念と活動を紹介し、助言を得る機会を数回にわたって継続してきた。また国際的には、CPSと同様な理念のもとに活動しているISSI(International Space Science Institute、ベルン)とニュートン研究所(I.

Newton Institute for Mathematical Sciences、ケンブリッジ)を訪問し、両研究所所長を始め、研究所スタッフにCPSの理念と活動を紹介し、CPSの今後の展開についての議論を通じて評価と助言を得た。また、個別的な知見集積を試みている例として、ワシントン大学のGFD研究室(the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory of the University of Washington、シアトル)を訪問し、主として地球流体力学を対象に、流体実験に関する知見集積とその公開、教育研究環境の維持などについて意見交換を行った。

● 社会交流CG

社会交流CGでは、将来構想CGの活動と連携し、CPSの理念を広く科学コミュニティーに訴え、その必要を社会に問うていくべく、さまざまな交流活動を行うことを目指している。同時に若手研究者の多様なキャリアパスを開拓するべく人脈の形成をもくろんでいる。本年度は企業や他機関への広報を念頭においた基本資料(パンフレット等)の整備を進め、企業人との交流を実施した。また、一般向けの広報活動や科学技術コミュニケーションのノウハウの紹介にも協力した。

1. 企業の人との交流会

CPSと企業との連携の可能性に関する意見交換を行った。

2. 一般向け広報活動への協力と科学コミュニケーション技術の紹介

神戸大学サイエンスカフェ、神戸市火星パネル展示会(DLR、ドイツ航空宇宙センター提供)などの一般向けの広報活動に参画するとともに、科学技術コミュニケーションに関するセミナーと勉強会(早稲田大学政治学研究科との共催)も実施した。また、科学文章の書き方に関する実習を実施した。

3. キャリアパス紹介

理学系の専門的訓練を受けた後社会の様々な分野で活躍する人々の例として、今年度はマスメディアの方によるセミナーを実施し、狭い意味での学術領域に閉じないキャリアパスの可能性を紹介した。

● 教育研究CG

大型国際スクールプログラムであるプラネタリスクールをはじめ、様々な実験実習やスクールを10件開催した。また国内外研究者との研究会・セミナー企画を公募し、それらを調整のうえ9件の企画について主催あるいは支援を行い、個々の研究活動を活性化させる環境の提供と汎惑星系モデルへの知見情報のアーカイブを進めた。それぞれの会の内容や実績については別資料に示す。以下に全体についてまとめる。

1. 惑星科学の広範な対象をカバー

惑星科学は、天文学、地球科学、生命科学と接する総合学問分野である。そこで、惑星としての地球、惑星形成環境としての宇宙大構造、生命科学なども含め、狭い意味の惑星科学に限定せず幅広く先端的対象をカバーし、汎惑星系形成論の確立に向けた研究の促進を図った。

2. 手法トレーニングによる人材育成

惑星科学の次代の発展に必要な手法を身につけた人材養成を図るために、現在の惑星科学分野において人材が手薄となっている探査、実験、観測、数値実験についての実習プログラムを実施・支援し、全国から多数の院生・若手研究者の参加を得た。また実習だけでなく、研究会、スクールの企画運営について、若手研究者や大学院生が主体

的に参加し、企画力と運営力の養成を図った。

3. アーカイブ

教育研究環境の整備の一環として、基盤CGが整備を進めている収録・公開システムを用いて、すべてのスクール企画5件について講義をマルチメディアコンテンツとして収録し、これらをオンデマンド教材として整備してインターネット上に公開した。

4. 国際的スクール活動

国際的に活躍できる人材養成を図るために、外国人講師陣による大型・中型のスクールをそれぞれ1件ずつ主催・後援した。またそれらの講義録をインターネット上に公開することにより、わが国からだけでなく世界中から惑星科学を学習できる環境の構築に供した。

【研究等によって得られた新たな知見】

● 原始星から噴出するジェット

英国赤外線望遠鏡やNASA IRTF望遠鏡を用いて、おうし座分子雲の原始星を赤外線分光観測した。電波観測によって、これらの天体からは分子流が出ていることが既にわかっている。観測の結果、多くの原始星から水素分子輝線を検出した。一方で、古典的Tタウ型星で頻繁に検出される鉄の禁制線は、ほとんどの天体から検出できなかった。このことから、分子流の駆動源は高速で低密度のジェットではなく、低速で比較的高密度のアウトフローであることが判明した。

● 連星系に付随する周連星系円盤の探査

すばる望遠鏡のステラーコロナグラフを用いて、おうし座分子雲に属する若い連星系を観測した。その結果FS Tauに複雑な形状をした星周構造を発見した。今までの探査観測から、周連星系円盤が近赤外線検出できる天体は、中間赤外域の連続光の強度が長波長に向かい増大する天体であることが明らかとなった。この観測結果を理解するための理論構築が今後必要である。

● 宇宙黎明期の恒星の研究と宇宙開闢史の解明

宇宙初期の超金属欠乏星について、低・中質量星のヘリウム核燃焼段階で発生するヘリウム・フラッシュの対流層への水素混合とそれに伴う中性子捕獲反応による核種合成を系統的に調べた。あわせて、階層的構造形成理論に基づくmergingtreeの計算コードを開発、超金属欠乏星から求めた特性を適用して、銀河系ハローの恒星の誕生と化学進化を調べ、銀河系形成の新たなモデルを提唱した。また、観測面では、一昨年公開した金属欠乏星データベースを整備するとともに、宇宙の初代星や宇宙黎明期の恒星探査のためのすばる望遠鏡の集約プロジェクト(PI国立天文台青木和光助教)を推進した。

● 原始惑星系円盤内縁部においてガス降着が及ぼす化学構造への影響

ダストの氷マントル蒸発に伴って引き起こされる気相化学反応で生成されるメタノール分子に注目し、その存在度や輝線放射・プロフに及ぼすガス降着の影響を明らかにした。そして、メタノールはALMA観測において円盤内縁部領域のガス降着を調べるのによい指標となることを示した。

● 衝突破壊を考慮した原始惑星系円盤におけるダスト進化

原始惑星系円盤におけるダストの成長と輸送に、ダストの衝突破壊過程が及ぼす影響を調べた。その結果、コンドリュールの典型的サイズが前駆体ダストの衝突破壊により自然に説明

されることを示した。また、円盤内のダスト分布について、円盤外縁部では天文観測と調和的な中心からの距離依存性の緩やかな分布となる一方、内側領域では太陽系や系外惑星系の惑星質量分布から示唆される、より急峻な依存性をもつ分布となることが分かった。

- 破壊を考慮した、原始惑星系円盤のダスト層の構造

原始惑星系円盤の赤道面に形成されるダスト層の構造を、ダストの沈殿・合体・破壊を考慮して求めた。ダストがcmサイズに成長し破壊が始まると、ダストのそれ以上の成長は阻害されること、衝突破壊でできた μm サイズのダストが、赤道面に集中した構造をとること、を明らかにした。また、ダストの破壊モデルによって、最終的なダストサイズ分布がどのように依存するかを調べ、カタストロフィック破壊が始まるエネルギーには、ほとんどよらないが、破片の最大サイズ、破片分布のべきを変えると、ダストサイズ分布は変わることが分かった。

- 原始惑星系円盤における固体成分の再配置

数値計算コードを用いて円盤内の固体成分分布の進化をシミュレートした。原始惑星系円盤の天文観測、始原的隕石の酸素同位体組成の進化、現在の太陽系惑星の質量配置と整合的な固体成分の面密度分布は、円盤形成の開始からおよそ百万年～2百万年後に得られることが分かった。これは今後進展の期待される、より空間分解能の高い原始惑星系円盤の天文観測に理論予測を与えるものである。

- 低質量YSO周囲の星間氷組成

赤外線衛星AKARIで観測したedge-on YSO(Young Stellar Object)のスペクトルを解析した。H₂O, CO, CO₂バンドについては、国際会議集録論文にまとめた。より弱い吸収バンドである13CO₂, OCN⁻, OCSおよびCO gasの吸収バンドも同定し、柱密度を評価した。OCN⁻は従来の観測でも例があるが、本研究で得られたスペクトルは従来よりもかなり強く、YSO周囲での紫外線による反応が大きく寄与していると考えられる。OCSのバンドは、観測波長域の端近くなので慎重に議論必要があるが、今までに観測されていないバンドであり、本研究が初検出の可能性はある。これらの結果はH₂Oなどの解析とともに、現在、学術論文にまとめている。

- ダスト合体成長による微惑星形成

サブミクロン氷粒子からなるダストアグリゲイトは数10m/s の高速衝突でも成長可能であることが我々の研究成果で示されたことにより、微惑星形成のダスト直接合体成長説は有力なものとなった。そのため、ダスト直接合体成長による微惑星形成モデルの再検討を行った。原始惑星系円盤において中心星から10AU以上離れた領域では、ダストの急速な落下のため微惑星はつくられない。それに対し、木星軌道以内では落下よりも成長が卓越し微惑星が形成される。これらの結果から、大量のダストが外側領域から落下し内側領域で微惑星になるため、原始惑星系円盤内の固体成分は木星軌道以内で桁で増加することが明らかになった。従来の惑星形成の標準モデルではガス成分と固体成分の質量比は宇宙存在度のまま一定と仮定されていたが、本研究で示された固体成分の大幅な増加は微惑星形成後の惑星形成過程の描像を大きく変更する可能性がある。

- 原始惑星系円盤ダストの合体成長に対するダスト帯電の効果

原始惑星系円盤は宇宙線などによって弱電離状態にあり、ダストも電荷を持つことが知られている。本研究では原始惑星系円盤ダストの合体成長に対するダスト帯電の効果調べた。原始惑星系円盤ではダストは負の電荷をもつため、ダスト同士の静電反発効果により合体成長は著しく阻害される。この阻害効果は原始惑星系円盤の数十AU以内の領域でダスト成長初

期に重要とであることを示した。一方、100AU以遠である程度成長したダストが内側に移動した場合には静電反発効果は効かない。このため、ダスト帯電効果は「円盤外側領域から大量のダストが内側に移動し惑星の固体材料物質となる」というシナリオを補強するものとなっている。

- **タイプI惑星移動と円盤構造との関係**

原始惑星系円盤中にある惑星の軌道角運動量は、円盤ガスとの重力相互作用によって、一般的に惑星の軌道角運動量が失われると考えられている。この過程はタイプI惑星落下問題として知られており、惑星系形成に対して重要な問題となっている。しかし、今までこの問題を扱った多くの研究は、等温の状態方程式を使っていた。最近、断熱円盤と惑星の間の重力相互作用が調べられ、惑星付近におけるエントロピー分布の非対称性により惑星へのトルクのかかり方が変わることがわかってきた。本研究ではより現実的な円盤構造を考え、エントロピーの非対称性の効果の他に輻射輸送によるタイプI惑星落下への影響について調べた。我々の結果によると、惑星の落下速度が遅くなることが示唆された。

- **分子雲での炭素同位体分別**

電波観測では分子雲の高密度領域を観測する際に ^{13}C などの同位体を含む分子をよく用いる。星間空間において炭素の元素同位体存在比 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ は約60である。しかし炭素を含む分子の同位体存在比 $^{12}\text{CX}/^{13}\text{CX}$ は60からずれることがある。これを同位体分別という。さらに最近 $\text{C}^{13}\text{CH}/^{13}\text{CCH}$ などの異性体の存在比が1より高いことも観測的に分かってきた。そこで炭素同位体を含む同位体分子や異性体を含む反応ネットワークを構築し、同位体と異性体の時間進化および分別過程を理論的に調べた。その結果、分子雲程度の低温(10K)領域ではCO以外の分子では $^{12}\text{CX}/^{13}\text{CX}$ が60よりも高くなることを示した。また水素原子を介した交換反応を考慮すると、観測されている $\text{C}^{13}\text{CH}/^{13}\text{CCH}$, $\text{C}^{13}\text{CS}/^{13}\text{CCS}$ の異性体比を説明できることが分かった。

- **星形成コアにおける重水素分別**

星間空間において水素の元素同位体存在比 D/H は 10^{-5} である。しかし分子の同位体存在比(XD/XH)は10K程度の低温下では交換反応によって 10^{-2} 程度にまで高まることが観測的にも理論的にも知られている。これを重水素濃縮といい、低温なコアの進化段階を探る観測的指標にもなっている。本研究では、低温な星なしコアにおいて重水素濃縮が進行したのち、星形成にともなう加熱によって濃縮度が下がっていく過程を数値計算によって求めた。

- **原始惑星系円盤における暴走的低温結晶化の理論の実証実験のモデリング**

宇宙ダストの暴走的低温結晶化の理論の実証実験のモデリングを完成した。最近、著者らが提唱した、従来のアニーリングによる結晶化の常識を覆す室温程度で起こる新しい結晶化メカニズムの場内らによる実証実験をモデル化し、暴走的低温結晶化の物理的描像を明らかにした。

- **原始惑星系円盤における微惑星衝撃波による粒子形成**

東北大、東工大グループと共同で、原始惑星系円盤における衝撃波による隕石や惑星間塵中の微小結晶粒子の起源について論じた。円盤ガス中を運動する微惑星の前面に生じる衝撃波による加熱によって蒸発したダストの再凝縮で生じた粒子は隕石や惑星間塵中の微小結晶粒子の特性をよく再現することを見出した。またコンドルール形成シナリオとの整合性についても論じた。

- **ダスト集合体の光学**

ダスタグリゲートの光散乱・吸収の計算方法の一つである DDA (discretedipole approximation)の適用範囲に関する研究, およびアグリゲートによる光散乱と吸収に関する研究を行った.

- **系外惑星デブリ円盤および太陽系ダストの力学**

惑星系が存在すると考えられる主系列星周りのダスト円盤の力学進化の解析的モデルを完成するとともに, これを太陽系の惑星間氷ダストの集積に適用した.

- **画架座 β 星における系外惑星系の存在予言**

画架座 β 星の測光/偏光赤外観測データの精密解析から, 画架座 β 星はその惑星軌道が太陽系のそれと相似形である惑星系が存在することを予言した.

- **水星の熱史**

水星マントル対流の流体力学計算に向けて, 表面境界条件の検討を進め, 日射の時間・緯度変化に加えて熱伝導率の温度依存性を考慮した表面の熱収支モデルを構築し, これを数値的に解くことによって水星表面の長時間平均温度分布を求めた.

- **水素を主成分とする惑星大気放射対流平衡計算コードの構築**

水素を主成分とする惑星大気放射対流平衡構造を求める数値コードの開発を行い, 現在の木星大気温度プロファイルと対流強度の決定機構, 集積期の地球型惑星の大気構造とマグマオーシャンの発生条件について知見を得た.

- **階層的数値モデル群および入出力ライブラリの整備**

地球流体力学的観点での地球および惑星大気の運動の理解を目指して, 階層的モデル群と称する 1-3 次元の様々な方程式系に基づく数値モデル, およびそれらのモデルのための入出力ライブラリを整備している. モデルの開発としては, 大気大循環モデル, 対流解像モデルの開発を進め, 入出力ライブラリに関しては入出力設定の簡素化および並列化対応を行った.

- **大気大循環モデルを用いた惑星大気の数値計算**

開発中の大気大循環モデルを用いて, 陸と海のある惑星や, 自転周期と公転周期が等しい惑星 (以下, 同期回転惑星と呼ぶ) の大気循環の計算を行った. 陸と海のある惑星の計算においては, 海陸分布のある地球と, 海がなく半径の小さな火星を念頭に, 湿潤過程や惑星半径が子午面循環構造に及ぼす影響を調べつつある. 同期回転惑星の計算においては, どのような循環が形成されるかについて調べつつある.

- **高解像度モデルを用いた火星大気大循環計算**

これまでに一般に用いられてきたよりも高い解像度で, 火星大気大循環の計算を行った. この計算により, これまでにモデルでは表現されていなかった, 水平スケール 40-200 km の中小規模擾乱が表現された. また, 計算結果の解析により, これらの中小規模擾乱の生成に日変化が重要な役割を果たしていることが示唆された.

- **木星大気雲対流の直接数値計算**

昨年度行った H₂O, NH₃, NH₄SH の凝結を考慮した雲対流の数値実験の結果の解析を行った. これまでの数値実験では, 対流強度は準周期的に変動し, その周期は水の存在量に依存することが示されていた. エネルギー収支解析により, 対流強度の変動の周期は, 湿

潤有効位置エネルギーの振幅と放射冷却率によって記述可能であることが示された。

- 大気大循環モデルを用いた水惑星国際比較実験

全球表面が海に覆われた水惑星という理想化された条件での大気循環を大気大循環モデルを用いて調べる国際プロジェクトに参加し、実験結果の解析を進めた。プロジェクトに参加した多数のモデルの結果に基づき、東西一様条件での熱帯降水活動の時空間構造や赤道上の暖水域に対する降水分布の応答や熱帯域降水構造の解像度依存性について比較検討を進めている。

- 「あかつき」による金星探査

日本が開発を進める金星探査機(Planet-C)の理学観測機器として5台のカメラが搭載されるが、このうち、紫外イメージャ(UVI)、中間赤外カメラ(LIR)、および雷・大気光カメラ(LAC)の3台のカメラの開発責任を北海道大学が担っている。これらの搭載理学観測機器のフライトモデルの製作が完了し全ての環境試験・機能試験を無事に終了した。衛星本体への統合と総合試験も完了し、現在衛星はH-IIAロケットに組み付けられ、種子島の射場から打ち上げにむけカウントダウンを進めている。2010年12月には金星に到達し、観測を開始する予定である。

- 北海道大学附属天文台の建設

惑星観測専用の大口径1.6m光学望遠鏡を、北海道大学大学院理学院附属天文台(名寄市)に建設中である。この望遠鏡計画は、北海道大学と北海道名寄市との連携事業として進められており、北大は望遠鏡の製作に、名寄市は望遠鏡ドームの建設にそれぞれ責任を負っている。現在まで、望遠鏡の光学パラメタを決める基礎設計が完了し、残す経緯台や焦点面の詳細設計に入っている。2010年12月の完成を目指しており、科学成果を最大限に引き出すため、5月18日打ち上げ・2010年末に金星到達予定のPlanet-Cとの同時観測を実現させる予定である。このための望遠鏡に搭載する赤外分光計や可視CCDカメラなどの開発も急ピッチで進めている。

- 地球の気候における海陸共存の意義に関する研究

インドネシア「海大陸」観測網を維持し、国際協同赤道気象・海洋学研究施設(仮称「海大陸COE」)を構築するための5ヶ年計画の予算を大部分外務省(JICA)から獲得することに成功した。これを機に過去の観測・研究の総括と新たな課題発掘に着手し、特に赤道域表面の海陸混在(熱容量コントラスト)の惑星の気候・大循環への意義、年周期モンスーンと日周期海陸風の相似性(自転・公転速度比との関係)、大循環と台風の相似性などについて理論面を含めた研究を開始した。気象衛星11年連続毎時観測データの周波数スペクトル解析による準2年・年・季節内・日変化の地域依存性に関する研究も継続し、これと数値大循環モデルとの比較も計画している。以上を背景に、インドネシアのバンドン工科大学(京大科振費)、ウダヤナ大学、(JAXA-CRESOS講座)、BMKG(気象地球物理庁)、LAPAN(航空宇宙庁)、ベトナムのVNHMS(水文気象局)、台湾NCU(URSI(国際電波科学連合)国際レーダー学校などで集中講義を行い、その中で当GCOEの活動にも触れて、ともすれば実用研究に傾きがちなアジア諸国でも、将来発展を考えれば基礎研究が重要であることを力説した。うちLAPANからは2名がPlanetary Schoolに参加した。

- 回転球殻 MHD ダイナモにおける初期磁場及び力学的境界条件の影響に関する考察

回転球殻ブシネスク磁気流体モデルを用いてダイナモ解の構造を数値的に調べた。上下境界ともに滑り無し条件を課した場合には、初期に与える磁場エネルギーの大きさによらず、従

来の研究で良く知られた α^2 ダイナモ解が得られた。これに対して、上端に応力無し条件を課した場合には、初期に与える磁場エネルギーが運動エネルギーに比して小さいと、これまでは知られていなかった弱磁場ダイナモ解が得られることが示された。

- 2次元非一様楕円渦の軸対称化過程に関する研究

非一様な渦度分布を持つ2次元楕円渦の軸対称化過程に対するフィラメントの影響を、数値実験によって定量的に調べた。その結果、フィラメントは初期に大きく軸対称化に寄与し、また、ほぼ全ての時刻について軸対称化を促進するセンスに寄与することが分かった。このことは、過去の研究で定性的に説明されていたフィラメントの役割と整合的である。数値実験の結果は初期には渦度場の鏡像非対称の度合いが大きいこと、またコアの回転に比べてフィラメントは遅れて回転することによって解釈できる。

- 一般化された2次元流体に関する理論的研究

地球流体力学で知られた複数の2次元流体系を統一的に記述できる方程式系としての、一般化された2次元流体系に関して、系のグリーン関数を調べた。グリーン関数は、特定のパラメータを除いて、Rieszポテンシャルで与えられる。グリーン関数を用いて、この系の持ついくつかの基本的特徴について議論した。移流される物理量の小スケールでの振る舞いが、系に含まれるパラメータ α の値が2を境にして転移すること、物理的に理にかなった系は、 α が3以下であることなどを導いた。

- 衝撃波を伴う圧縮性流れの数値計算法開発

一般に圧縮性流れの数値計算法では、人工粘性などを入れないと数値解が不安定になり非物理的な振動が生じる。特に衝撃波などの解の不連続を含む問題では不安定性が顕著に現れるため、衝撃波近傍で人工粘性を加えて解の振動を抑制する工夫が必要である。本研究では、リーマンソルバー法とTotal Variation Diminishing法を組み合わせ、衝撃波を伴う流れを正確に記述する数値計算コードを構築した。このコードには、惑星重力、粘性の効果、輻射の効果も考慮されており、多くの物理状況に対応することができる。さらに、このコードをGPGPUで計算できるコード開発を現在行っている。

- 地球照の偏光撮像観測

表面が海で覆われている系外惑星反射光の偏光度は、土・砂漠・雪の場合に比べて、大きくなる計算により予想されている。したがって、系外惑星の偏光観測は、海の探査に使える可能性がある。この可能性を検証するために、地球照の偏光撮像観測を行った。神戸大学理学研究科太陽系科学研究室が独自に開発した同時偏光撮像分光装置に集光系を導入し、試験的な観測を行い、地球照の偏光度を導出できることを確認した。今後、西はりま天文台60cm望遠鏡を用い、さらなる観測を行う予定である。

- 衛星イアペタスのアルベド二分性とその時間変化

土星の衛星イアペタスには、半球間の明瞭なアルベド二分性が存在する。これは暗い物質が進行側半球を覆っているためであるが、その起源は分かっていない。カッシーニ探査機による観測からは、暗い物質の存在に伴う温度上昇とそれによる氷の昇華によって、表面のアルベド分布が変化する可能性が示唆されている。そこで本研究では、イアペタス上での日射の変化と表面温度の変化に伴う氷の昇華量を見積もり、長期的なアルベドとその分布の変化を数値シミュレーションによって調べた。その結果、現在のアルベド分布には氷の昇華が本質的な寄与を果たしているとともに、初期のイアペタスが持っていたアルベド分布が現在と全く異なる

可能性があることを示した。

- 衛星ガニメデにおける固有磁場の生成と内部構造・熱史

木星の衛星にして太陽系最大の衛星であるガニメデは、衛星で唯一の大規模な固有磁場を持っている。しかし従来の理解では、磁場発生機構の詳細はおろか内部層構造の理解も不十分であり、特に金属核についてはその存在の有無さえ決定できていない。そこで本研究では、内部構造自体をパラメタとした内部熱史の数値シミュレーションを行い、現在のガニメデが固有磁場を持つために必要な内部構造の範囲を、従来よりも狭い範囲で制約した、また現在の磁場は、最近数億年間の内に発生した可能性も示唆された。

- 氷衛星が持つ地下海の化学組成や物理過程に関するレビュー

探査機ボイジャー、ガリレオ、そしてカッシーニと続いた巨大惑星系探査は、巨大惑星が従える多くの衛星が多様な個性を持つことを明らかにした。中でも特に多くの衛星の表層や内部でその存在が強く推測された液体の海「内部海」は、惑星科学に新たな視点を与える重要な発見であった。これを受け、内部海の存在が天体の進化に与える物理的・化学的寄与について最近の研究成果のレビューを海外の研究者と共同で行い、他のレビュー論文とともに教科書“Moons of the Outer Solar System: Exchange Processes Involving the Interiors”として出版した。

- 月裏側北半球領域の火成活動史

月の海玄武岩の年代決定は、月の熱史の理解に本質的に重要である。そこで、月探査機SELENE(かぐや)搭載の地形カメラを用いて裏側北半球の海玄武岩における衝突クレータのサイズ頻度分布を調査した。その結果、当該領域の海玄武岩の推定年代は35-27億年前であり、この領域の海を形成した火成活動は39-26億年前の期間において継続していたことが分かった。この年代は南極エイテン盆地の推定年代と同程度であることから、この領域での火成活動が南極エイテン盆地を形成した巨大衝突によって引き起こされたという従来の仮説は、積極的に支持できるものではないことも分かった。

- 月裏側モスクワの海における火成活動

月裏側にあるモスクワの海は、表側に比べて数少ない裏側の海のひとつであり、月の火成活動史を読み解く上で重要なサイトである。月探査機SELENE(かぐや)搭載の地形カメラを用いて、海の玄武岩年代とその厚さを推定したところ、少なくとも15億年前まで火成活動が継続しており、海玄武岩の厚さは600m以上あることが分かった。この火成活動の長期性と溶岩噴出の多量さは、モスクワの海下部の地殻厚さが他の裏側の海に比べて極めて薄いことに起因していると考えられる。また、モスクワの海と同サイズの表側海とで噴出溶岩の体積を比較した結果、裏側でのマグマ生成率は表側の約3.1倍小さいことが見いだされた。

- 月ジョルダーノブルーノクレータの形成年代

月面裏側に存在する衝突クレータ「ジョルダーノ・ブルーノ」は、その新しさや古文書の記述もあって、歴史時代にその衝突が目撃された唯一のクレータと言われてきた。しかし、月探査機SELENE(かぐや)搭載の地形カメラが得た画像からその年代を改めて精査した結果、このクレータの形成年代は100-1000万年前であることが分かり、古文書にある1178年の衝突はこのクレータの形成と関係ないことが判明した。

- 非線形次元削減法による非線形システムにおける確率分布およびレジームの検出

複数の非線形次元削減法により、非線形システムである気候システムの状態空間における確

率密度分布および気候レジームの検出を行っている。局所線形埋込, Isomap, Laplacian Eigenmap, および主成分分析のそれぞれについて、多様体を埋め込んだ人工的な低次元理想化データを用いてそれぞれの手法の特徴を調べた。また、それぞれの手法を冬季極域成層圏気温データに適用し、極夜ジェット振動の抽出を行った。それぞれ抽出された多様体の構造や多様体上の時間発展をしらべ、非線形手法では、変動の正負の偏差に対応する領域での違いが抽出可能であることを示した。

- 天体上のレイの起源

太陽系の固体天体の上には印象的なレイ・光条を持つクレーターが多く見られる。レイの形成条件や形状パターンとの関係を明らかにするため、粉体への衝突実験を行った。形成条件やパターンは、衝突速度には依らず、粉体のサイズやバルク空隙率に依存することがわかった。

- 両義図形のラフセット誘導束を用いた図地解析

図地分離は、イメージ知覚の全てにおいて、基本的役割を果たしている。ただしエッジの検出や肌理のグルーピングなど、図の抽出についての研究は多々あるものの、得られた図と地の関係については殆ど議論されない。我々は、両義図形が、図地の補完関係を二重に持つことに注目し、この場合の図地関係を解析した。実際、図形を二通りの解釈に従って分割し、これを用い、我々が考案したラフセット誘導束によってその論理構造を抽出、解析した。その結果両義図形において、他に見られない論理構造を見出した。

- 彗星塵による光散乱のモデル化

原始太陽系円盤内でサブミクロンの塵(ダスト)が付着成長することによって形成された微惑星の生き残りである彗星の形成・進化を理解するために、サブミクロン粒子凝集体ダストの光散乱特性を決定した。T-matrix法を用いて凝集体ダストの構成粒子であるサブミクロン粒子同士の相互作用が偏光特性に及ぼす影響を調べ、偏光度の波長依存性と凝集体ダストの空隙率との関連性を明らかにした。彗星ダストの空隙率は母天体である彗星の変成度と関係があることから、偏光観測することによって彗星の進化・変成に関する情報が得られることがわかった。

- 衛星系の起源: 周惑星円盤への固体物質供給プロセス

木星・土星など巨大ガス惑星の周りの主な衛星は、軌道が惑星の赤道面付近でかつ円軌道に集中していることから、惑星周りにかつて存在していた円盤(周惑星円盤)から形成されたと考えられている。しかし、衛星の材料物質である固体成分が周惑星円盤へどのように供給されたかは分かっていない。そこで、衛星の材料となる固体物質が周惑星円盤へ供給・捕獲される軌道を解析的に計算し、固体物質の供給率およびその分布を明らかにした。

- Neptune Trojansの起源と力学進化の研究

海王星と太陽が作るラグランジュ点に局在する太陽系外縁天体(Neptune Trojans)が発見され、その数は小惑星帯の小惑星数を上回ると予想されている。数値シミュレーションに基づいて、海王星形成時にラグランジュ点に取り残された外縁天体は、海王星の惑星移動時に消滅し、現在観測されているものは、惑星移動時に円盤領域から捕獲されたものである事を示した。また、木星以遠のガス惑星の起源と軌道進化が、Neptune Trojansの形成に大きな影響を与える事も明らかにした。

- 衝突破壊による小惑星自転進化

小惑星は様々な自転速度を持っており、光度変化の観測より自転速度のサイズ依存性など

が求められている。小惑星の自転の起源を明らかにすることは、その形成史の解明に繋がる。我々は小惑星を多数の粒子の集合体と近似して衝突過程のN体シミュレーションを行ない、自転角速度変化を調べた。その結果、多くの場合に衝突破壊により自転角速度が減速されることを明らかにした。

- 土星リング力学理論に関するレビュー

土星リングの力学理論に関するレビュー論文を執筆した。2004年の土星到着後、現在も土星周回軌道で探査を続ける探査機カッシーニによる最新のデータや数値シミュレーションの進歩により、土星リングの起源や力学進化に関する理解は大きく進展した。これに関してリング力学理論の最近の研究成果のレビューを海外の研究者と共著で執筆し、他のレビュー論文とともに教科書”Saturn after Cassini-Huygens”として出版された。

- 惑星集積率における原始大気の効果

惑星形成過程における、大気をもった原始惑星への微惑星衝突確率を軌道数値計算により調べた。得られた衝突確率の表式を用いて原始惑星成長の簡単な数値計算も行なった。その結果、微惑星サイズが1km以下で原始惑星質量が地球質量程度以上の場合、大気により微惑星を捕獲する効果により、惑星成長時間が大幅に短縮され得ることが明らかになった。

- ラブルパイル構造をもつ氷小天体模擬物体のバルク強度とネックサイズの関係

小惑星や氷小天体、彗星核はラブルパイル構造をもつと考えられている。氷小天体や彗星核は多量の氷を含むため、太陽系内を漂う間に焼結する可能性がある。焼結の起こると、ラブルパイル構造をもつ氷小天体は接し合う小塊間が結合し、バルク強度が強くなると考えられる。そこで、ガラスビーズを用いてラブルパイル氷小天体を模擬した多粒子集合体を焼結させ、焼結体を作成した。多粒子焼結体のバルク強度を測定し、2粒子焼結体のネック破壊に必要な引張力と比較した。その結果、多粒子焼結体の1ネック当たりにかかる引張力は2粒子焼結体の破壊に必要な引張力とほぼ等しいことが確認された。

- 流紋岩質マグマ水蒸気爆発の発生プロセス

第四紀姫島火山群の流紋岩質マグマ水蒸気爆発噴出物の野外地質調査を行い、マグマ水蒸気爆発の発生プロセスを検討した。噴出中には泥岩で満たされた不規則な割れ目を持つ本質岩片が確認され、マグマ貫入により流動化した未固結状態の母岩が火道中のマグマを水圧破碎しながら侵入したことが示唆された。このようなマグマと未固結堆積物の混合様式は高粘性マグマによるマグマ水蒸気爆発発生の原因のひとつとして考えられる。

- 流紋岩質溶岩にみられる破碎構造の成因

第四紀姫島火山群の流紋岩質溶岩流中の黒曜岩質部にみられる脆性破壊と延性変形の両方の特徴を持つ破碎組織の成因を検討した。その結果、それらが溶岩流と基盤岩との間に生じた剪断応力によって形成されたこと、その産状がガラス転移点付近でのマグマの破壊様式を示すことを明らかにした。

- テキストにおける図地情報認識の解析

ゲシュタルト心理学では、人が対象を捉える際の認知モデルとして、図と地の関係を中核の一つとしている。この研究で提案するのは文学における登場人物間の図地関係である。登場人物間の図地関係は、束の補元で表現される。補元は図と地を合わせると全体が構築できることを表すのに適している。各場面に適応した束を得るために、テキストの登場人物の主語とそれらの属性(動詞、形容詞、名詞等の同値類)をラフセット理論で捉える。結果がブール束の場合は図地の関係が明確に表れる。一つの束に複数の図地関係を含むことができる。分配

束では分配性が保たれ、図地関係は存在するが、ブール束の様に全ての可能な図地関係を含有しているわけではない。排除される図地関係が出てくるのである。

【本事業によって得られた研究成果等を発表した雑誌論文】

● 論文(査読あり)

- Balan, N., Super plasma fountain and equatorial ionization anomaly during penetration electric field, *J. Geophys. Res.*, Vol. 114, A03310, doi:10.1029/2008JA013768, 2009
- Fujii, Y., Compaction and fragmentation of porous gypsum targets from low-velocity impacts, *ICARUS*, 201, 795-801, 2009
- Fujino, K., Stability of the perovskite structure and possibility of the transition to the post-perovskite structure in CaSiO₃, FeSiO₃, MnSiO₃ and CoSiO₃, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 177, 147-151, 2009
- Fukagawa, M., H-Band Image of a Planetary Companion Around HR 8799 in 2002, *The Astrophysical Journal*, 696, L1-L5, 2009
- Goto, M., SPATIALLY RESOLVED 3 μ m SPECTROSCOPY OF ELIAS 1: ORIGIN OF DIAMONDS IN PROTOPLANETARY DISKS, *The Astrophysical Journal*, 693, 610-616, 2009
- Gunji, Y.-P., A Non-Boolean Lattice Derived by Double Indiscernibility, *Lecture Notes in Computer Sciences, Transactions for Rough Sets*, 印刷中
- Gunji, Y.-P., Lattice derived by double indiscernibility and computational complementarity, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 5589, 46-51, 2009
- Gunji, Y.-P., Subjective spacetime derived from a causal histories approach, *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 238, 2016-2023, 2009
- Haruna, T., Double approximation and complete lattices, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 5589, 52-59, 2009
- Haruna, T., Wholeness and Information Processing in Biological Networks: An Algebraic Study of Network Motifs, *Natural Computing, 2nd Internal Workshop on Natural Computing*, 70-80, 2009
- Hidaka, H., Hydrogen isotope exchange and H(D) atom addition reaction of solid formaldehyde on amorphous solid water at low temperatures, *XXVI International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions, Journal of Physics: Conference Series*, 194, 132024, 2009
- Hidaka, H., Reaction routes in the CO-H₂CO-dn-CH₃OH-dm system clarified from H(D) exposure of solid formaldehyde at low temperatures, *Astrophys. J.*, 702, 291-300, 2009
- Hioki, T., High-Resolution Near-Infrared Images of the T Tauri Binary System XZ Tauri, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 61, 1271-1279, 2009
- Hirata, N., Surface morphology of the asteroid Itokawa: Survey for impact structures, *ICARUS*, 200, 486-502, 2009
- Hirota, A., Determination of the Pattern Speed of Barred Spiral Galaxies, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.61, No.3, 441-450, 2009

- Horinouchi, T., Gfdnavi, Web-based Data and Knowledge Server Software for Geophysical Fluid Sciences, Part I: Rationales, Stand-alone Features, and Supporting Knowledge Documentation Linked to Data, DIEW2010 Workshop LNCS Proceedings, accepted
- Jutzi, M., Numerical simulations of impacts involving porous bodies: II Comparison with laboratory experiments, ICARUS, 201, 802-813, 2009
- Kadono, T., Impact experiments with projectiles at velocities higher than 10 km/s, AIP Conference Proceedings, 1195, 875-877, 2009
- Katsura, T., P-V-T relations of MgSiO perovskite determined by in situ X-ray diffraction using a large volume high pressure apparatus, Geophys. Res. Lett., 36, L01305, doi:10.1029/2008GL035658, 2009
- Kawada, Y., A review on the oceanic crustal structure and the seafloor hydrothermal circulation, Journal of Geography, 118, 1037-1063, 2009
- Kidane, T., Paleomagnetism of the Fentale-magmatic segment, main Ethiopian Rift: New evidence for counterclockwise block rotation linked to transtensional deformation, Phys. Earth Planet. Int. 176, 109-123, 2009
- Kidane, T.B., Shipboard paleomagnetic age estimates for an acoustic basement emplacement in Marion Plateau, off northeast Australia, Australian J. Earth Sci. 57, 231-242, 2010
- Kikuchi, Y., Coulomb breakup reactions in Complex-scaled solutions of the Lippmann-Schwinger equation, Prog. Theor. Phys. 122, 499, 2009
- Kimura, H., Planets in orbit around β Pictoris formed the orbital architecture of planetesimal belts?, Earth, Planets and Space, 62, 111-116, 2010
- Kimura, J., Size and compositional constraints of Ganymede's metallic core for driving an active dynamo, Icarus 202, 216-224, 2009.
- Kobayashi, H., Fragmentation Model Dependence of Collision Cascades, Icarus in press.
- Kobayashi, H., Dust ring formation due to sublimation of dust grains drifting radially inward by the Poynting-Robertson drag: An analytic model Icarus, 201, 395-405, 2009
- Kobayashi, H., Ice sublimation of dust particles and their detection in the outer solar system Earth, Planets and Space, 62, 57-61, 2010
- Kolokolova, L., Comet dust as a mixture of aggregates and solid particles: model consistent with ground-based and space-mission results, Earth, Planets and Space, 62, 17-21, 2010
- Kolokolova, L., Effects of electromagnetic interaction in the polarization of light scattered by cometary and other types of cosmic dust, Astronomy & Astrophysics, in press, 2010
- Komiya, Y., Early-Age Evolution of the Milky Way Related by Extremely Metal-Poor Stars, The Astrophysical Journal, Volume 694, Issue 2, pp. 1577-1594, 2009
- Komiya, Y., Hierarchical Formation of the Galactic Halo and the Origin of Hyper Metal-Poor Stars, The Astrophysical Journal Letters, Volume 696, Issue 1, L79-L83, 2009
- Kurita, N., The relationship between the isotopic content of precipitation and the

precipitation amount in tropical regions., *J. Geochem. Explor.*, 102, 113–122, 2009

- Liu, H., A solar terminator wave in thermospheric wind and density simultaneously observed by CHAMP, *Geophys. Res. Lett.*, VOL. 36, L10109, doi:10.1029/2009GL038165, 2009
- Liu, H., Fast thermospheric wind jet at the Earth's dip equator, *Geophys. Res. Lett.*, VOL. 36, L08103, doi:10.1029/2009GL037377, 2009
- Maeda, M., Early aqueous alteration process in the QUE97990 and Y791198 CM carbonaceous chondrites, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 92–96, 2009
- Matsui, H., Effects of Minor Mergers on the Coalescence of a Supermassive Black Hole Binary, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.61, No.3, 421–428, 2009
- Morlok, A., Mid-infrared spectra of the shocked Murchison CM chondrite: Comparison with astronomical observations of dust in debris disks, *Icarus*, In press, 2009
- Morota, T., Formation age of the lunar crater Giordano Bruno, *Meteoritics & Planetary Science* 44, Nr 8, 1115–1120, 2009.
- Morota, T., Mare Volcanism in the Lunar Farside Moscoviense Region: Implication for Lateral Variation in Magma Production of the Moon, *Geophys. Res. Lett.* 36, L21202, doi:10.1029/2009GL040472, 2009.
- Myo, T., One-neutron removal strength of ^7He into ^6He using the complex method, *Phys. Rev. C* 80, 014315, 2009
- Nagai, T., Pressure-induced spin transition in FeCO_3 -siderite studied by X-ray diffraction measurements, *Journal of Physics: Conference Series*, in press, 2009
- Namekata, D., Mass Supply to Galactic Center due to Nested Bars in the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, Volume 691, Issue 2, 1525–1539, 2009
- Niizato, T., A model of network formation by Physarum plasmodium: Interplay between cell mobility and morphogenesis, *BioSystems*, 印刷中
- Nishimura, T., OXYGEN and Light-Element Synthesis by Neutron-Capture Reactions in Metal-Free and Extremely Metal-Poor AGB Stars, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.61, No.5, 909–929, 2009
- Nishizawa, S., Gfdnavi, Web-based Data and Knowledge Server Software for Geophysical Fluid Sciences, Part II: Restful Web Services and Object-Oriented Programming Interface, *DIEW2010 Workshop LNCS Proceedings*, accepted
- Niwa, T., Millimeter-wave survey of molecular clouds around the W5-East triggered star-forming region, *Astronomy and Astrophysics*, 500, 1119–1129, 2009
- Nomura, H. Effects of accretion flow on the chemical structure in the inner regions of protoplanetary disks, *Astronomy and Astrophysics*, 495, 183–188 2009
- Oba, Y., Formation of compact amorphous H_2O ice by codeposition of hydrogen atoms with oxygen molecules on grain surfaces, *Astrophys. J.*, 701, 464–470, 2009
- Ogino, S.-Y., Detailed structure and variation of temperature inversions over the inland Indochina revealed by the GAME-T enhanced rawinsonde observations., *SOLA*, 6, 5–8, 2010

- Oktariani, F., Global Disk Oscillations in Binary Be stars, PASJ, Vol. 61, No.1, 57-64, 2009
- Okuzumi, S., Numerical Modeling of the Coagulation and Porosity Evolution of Dust Aggregates, Astrophysical J. 707, 1247-1263, 2009
- Otofujii, Y., Paleomagnetic versus GPS determined tectonic rotation around eastern Himalayan syntaxis in East Asia, J. Asian Earth Sci, 37, 438-451, 2010
- Sakai, M., A Partial Width Calculation of OZI-Allowed Charmonium Decays in a Coupled Channel Framework , Few-Body Systems 46 , 189-198, 2009
- Sakurai, N., Internal structure of precipitating cloud system migrating with diurnal cycle over Sumatera Island during CPEA-I campaign observations., J. Meteor. Soc. Japan, 86, 157-170, 2009
- Sawa, K., Dynamical Logic Driven by Classified Inferences Including Abduction, AIP Conference Proceedings on Computing Anticipatory Systems ,印刷中
- Schmidt, J., Dynamics of Saturn's dense rings., Saturn from Cassini-Huygens, 413-458, 2009
- Seto, T. H., Comparison study of lower-tropospheric horizontal wind over Sumatera, Indonesia using NCEP/NCAR reanalysis, operational radiosonde, and the Equatorial Atmosphere Radar., SOLA, 5, 21-24, 2009
- Seto, Y., Synchrotron X-ray diffraction study for crystal structure of solid carbon dioxide CO₂-V, Journal of Physics: Conference Series, in press, 2009
- Setoh, M., High and low-velocity impact experiments on porous sintered glass bead targets of different compressive strengths: outcome sensitivity and scaling, ICARUS, 205, 702-711, 2010
- Shirakawa, T., Anticipatory aspect in the cell motility of Physarum plasmodium, Journal of Computing Anticipatory Systems, 印刷中
- Sugita, M., Sodium-metasomatism of Ca-Al-rich inclusions in the anomalous carbonaceous chondrite Ningqiang, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 104, 296-300, 2009
- Sugiyama, K., Development of a Cloud Convection Model to Investigate the Jupiter's Atmosphere, Nagare Multimedia, 2009, <http://www.nagare.or.jp/mm/2009/sugiyama/> (online journal).
- Taguchi, Y., High-Resolution Spectroscopy of T Tauri Stars, Publications of the Astronomical Society of Japan, 61, 251-258, 2009
- Takeda, T., Mass dispersal and angular momentum transfer during collisions between rubble-pile asteroids. II. Effects of initial rotation and spin-down through disruptive collisions, ICARUS, 202, 514-524, 2009
- Tanigawa, T., Accretion Rates of Planetesimals by Protoplanets Embedded in Nebular Gas, Icarus, 205, 658-673, 2010
- Tatsumi, S., A Model of Music: Self-Navigating Robot as an Interface between Haptic and Auditory Information, International Journal of Computing Anticipatory Systems, 印刷中
- Tatsumi, S., Musicking Sel-Motivated System: As an Interface between Haptic and

Auditory Information, 音楽情報研究会(情報処理学会研究報告雑誌),印刷中

- Togashi, T., “Cluster Structure Study based on Realistic Nuclear Force: Brueckner-AMD”, Int. J. Mod. Phys. A 24, 2142-2149, 2009
- Togashi, T., “Description of Nuclear Structures with Brueckner-AMD plus $J\pi$ Projection”, Prog. Theor. Phys. 121, 299-317, 2009
- Wada, K., Collisional Growth Conditions for Dust Aggregates” Astrophysical J. 702, 1490-1501, 2009
- Watabe, K., Crystal structure $3\text{MgO}\cdot 2\text{CO}_2$ solved by Monte Carlo simulation, Journal of Computer Chemistry, 8, 179-182, 2009
- Watanabe, N., Nonenergetic reactions between atomic hydrogen and molecules on interstellar grain surfaces, XXVI International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions, Journal of Physics: Conference Series, 194, 012044, 2009,
- Wu, P.-M., The impact of orographically-induced gravity wave on the diurnal cycle of rainfall over southeast Kalimantan Island., Atmos. Ocean. Sci. Lett., 2, 35-39, 2009
- Wu, P.-M., Why heavy rainfall occurs frequently over the sea in the vicinity of western Sumatra Island during nighttime., J. Appl. Meteor. Climatol., 48, 1345-1361, 2009
- Yamamoto, K., “Radiative Capture Cross Section for $^{16}\text{O}(n, \gamma)^{17}\text{O}$ and $^{16}\text{O}(p, \gamma)^{17}\text{F}$ below Astrophysical Energies”, Prog. Theor. Phys. 121, 375-390, 2009
- Yamamoto, S., Collisional process on Comet 9/P Tempel 1: Mass loss of its dust and ices by impacts of asteroidal objects and its collisional history, Earth, Planets and Space, 62, 5-11, 2010
- Yamamoto, T., Nonthermal crystallization of amorphous silicates in comets, Earth, Planets and Space, 62, 23-27, 2010
- Yang, T., Multiple rapid polarity swings during the Matuyama-Brunhes (M-B) transition from two high-resolution loess-paleosol records, J. Geophys. Res, in press, 2010
- Zubko, E., Effect of absorption on light scattering by agglomerated debris particles, Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 110, 1741-1749, 2009
- Zubko, E., Validity criteria of the discrete dipole approximation, Applied Optics, vol.47, iss.8, 1267-1279, 2010
- 郡司ペギオ幸夫, ミクロとマクロの齟齬:クラス4をつくる, 日本コンピューター化学会学会誌, 印刷中
- 門野敏彦, 高出力レーザーを使った弾丸飛翔体加速および衝突実験:秒速10kmを越える衝突”, 遊星人(日本惑星科学会誌), 18,4-9, 2009
- 香内晃, 宇宙雪氷に関する研究の進展, 「雪氷研究の系譜」 日本雪氷学会北海道支部編, 85-86, 2009
- 香内晃, 宇宙における水分子生成過程の解明に至るまで, 雪氷 71, 395-401, 2009

●論文(査読なし)

- Aikawa, Y., Observation of interstellar and circumstellar ice, Astronomical Society of the Pacific, Conference Series, (AKARI, a light to illuminate the misty Universe,), 418, 47-54, 2009
- Aikawa, Y., Observations of interstellar and circumstellar ice, AKARI, a light to

illuminate the misty Universe, 418, 印刷中

- Inaba, S., EVOLUTION OF AN ACCRETION DISK WITH A DEAD ZONE, Proceedings of the 42th ISAS Lunar and Planetary symposium, AM7-1-AM7-4, 2009
- Kato, K., Nuclear Reaction Data Center Network; International and Asia, First International Ulaanbaatar Conference on Nuclear Physics and Applications, Ulaanbaatar, Mongolia, 8-11 September 2008, AIP Conf. Proc. 1109, 157-164, 2009
- Kimura, J., KAGUYA image gallery guide, Planetary People (in Japanese), vol. 18, 31-34, 2009
- Kimura, J., Grand tour to Jovian system again: Toward the realization of international mission, Planetary Geology News (in Japanese), 20, 2, 37-41, 2009
- Komiya, Y., Near field cosmology with binary, high mass IMF, and hierarchical galaxy formation Understanding Confinement from Deconfinement, AIP Conference Series, in press
- Larsen, H.C., Oceanic Crustal Structure and Formation: IODP and ODP Achievements November 2002 - December 2005, Thematic Review, 2, 1-65, 2009
- Machii, N., Impact disruption experiments of sintered glass beads aggregate consisting of millimeter-size particles, 41st LPSC, LPI Contribution No. 1533, 2010
- Myo, T., TENSOR CORRELATION IN He AND Li ISOTOPES BASED ON TENSOR OPTIMIZED SHELL MODEL WITH UNITARY CORRELATION OPERATOR, KGU Yokohama Autumn School of Nuclear Physics Kanto Gakuin University, Yokohama, Japan, 9-10 October, 2008. Int. J. Mod. Phys. A 24, 2150-2158, 2009
- Nakamura, A. M., Porosity change in parent bodies due to impact, Meteoritics and Planetary Science Supplement, 5396, 2009
- Noble, J.A., Probing the Chemistry of Molecular Cores: 2.5-5mm AKARI Grism Spectroscopy of Young Stellar Objects in B35A, Astronomical Society of the Pacific, Conference Series, (AKARI, a light to illuminate the misty Universe), 418, 411-414, 2009
- Nomura, H., Distributions of hot molecules in young circumstellar disks. EAS Publications Series, Volume 41, 177-180, 2010
- Nomura, H. Molecular hydrogen emission from protoplanetary disks: UV and X-ray irradiated disk model with dust evolution. EAS Publications Series, Volume 41, 181-184, 2010
- Seama N., Realistic Mohole using D/V Chikyū, White paper for IODP New Ventures in Exploring Scientific Targets (INVEST), 1-5, 2009.
- Suda, T., An Overall Pictures of EMP Stars Using the Stellar Abundances for Galactic Archaeology (SAGA) Database, The IAU Symposium 265 proceedings, in press
- Suda, T., Pan Binary Scenario for the Origin of Extremely Metal-Poor Stars in the Galactic Halo, ASP Conference Series, in press
- Suda, T., The Effect of the Triple-Alpha Reaction Rate on Stellar Evolution at Low-Metallicity, AIP Conference Series, in press
- Takasawa, S., Ejecta size distribution from hypervelocity impact cratering of planetary materials, 41st LPSC, 2010

- Takeuchi, T., Growth of Settling Dust Particles in Turbulent Disks, in “Exoplanets and Disks: Their Formation and Diversity”, eds. T.Usuda, M. Ishii, and M. Tamura, 163-164, 2009
 - Tanaka H., Dust Growth in Protoplanetary Disks, Proceedings of the international conference: Exoplanets and Disks, 97-102, 2009
 - Yamada, K., TYPE I MIGRATION IN A RADIATIVELY INEFFICIENT DISK, Proceedings of the 42th ISAS Lunar and Planetary symposium, AM6-1-AM6-4, 2009
 - Yamashita, T., A two dimensional numerical experiment of atmospheric convection with condensation of the major component, Proceedings of the 42th ISAS Lunar and Planetary Symposium, in print, 2009
 - 相川祐理, 観山正見, 現代の天文学第11巻, 評論社, 2章 星間化学の節
 - 加藤亮平, 木星大気大規模渦の数値モデリング, 第23回 大気圏シンポジウム講演集 (JAXA 宇宙科学研究本部), 2009
http://www.isas.ac.jp/j/researchers/symp/2009/image/0226_proc/5-4.pdf
 - 倉本圭, ハビタブル惑星の起源, 進化, 多様性, 天文月報, 102, 184-189, 2009
 - 瀬藤真人, 多孔質模擬天体における圧力減衰率測定実験, スペースプラズマ研究会, 平成20年度収録, 58-60, 2009
 - 中川義次, 日本天文学会百年史編纂委員会, 日本の天文学の百年, 恒星社厚生閣
 - 中村昭子, 鉄隕石母天体の衝突破壊模擬実験, スペースプラズマ研究会, 平成20年度収録, 39-41, 2009
 - 中村昭子, 第1回CPS衝突実験実習報告, 遊・星・人, 18(2), 111-118, 2009
 - 長谷川直, 2008年度の超高速衝突実験設備の現状, スペースプラズマ研究会, 平成20年度収録, 108-111, 2009
 - 山下達也, 大気主成分の凝結を考慮した二次元雲対流モデルによる火星大気の数値計算, 第23回 大気圏シンポジウム講演集 (JAXA 宇宙科学研究本部), 2009
http://www.isas.ac.jp/j/researchers/symp/2009/image/0226_proc/5-2.pdf
- 著書
- Takeuchi, T., From Protoplanetary Disks to Planetary Disks: Gas Dispersal and Dust Growth”, chapter in “Small Bodies in Planetary Systems” eds. I. Mann, A. Nakamura, & T. Mukai, Springer-Verlag GmbH, 1-35, 2009
 - 相川祐理 (代表者: 観山正見), 現代の天文学第11巻 第2章, 評論社, 2009
 - 藤本正行 (代表者: 観山正見), シリーズ現代の天文学 第11巻 天体物理学の基礎, 日本評論社, 16-54, 105-134, 2009

【本事業で得られた成果に係る特許権等の知的財産権】

特許等は特になし。CPSサーバ用として開発されたソフトウェアはフリーウェアとして広く一般に公開する予定である。様々な組織・グループでの研究教育用情報基盤の確立に貢献することが期待される。

(注) 本様式は拠点大学のみが記入。交付申請書の「拠点形成の目的・必要性」, 「本年度の教育研究拠点形成実施計画」と対応させて分かりやすく記入すること。