

2021 年度

年次報告書

神戸大学

大学院理学研究科

惑星科学研究センター

Center for Planetary Science (CPS)

2022 年 4 月

はじめに

センター長 牧野 淳一郎

惑星科学研究センター(CPS)では、天文学から地球科学にわたる全国の研究者の連携融合を促し、惑星・惑星系の形成進化多様性と惑星表層環境の可能な姿を探究する総合的な研究を推進し、生命の発生と生存の議論につなげるべく運営しており、2021年度は特に以下の3点を軸に活動を行いました。

1. 計算惑星学分野の研究推進事業

実験が不可能な惑星の起源・進化や惑星環境の変動といった現象を、富岳などのスーパーコンピュータを活用した大規模数値シミュレーションを実現することによって解明する。また、「富岳」など今後の計算環境の進展に応じたソフトウェア開発を推進するとともに、計算ハードウェアの開発にも関与する。

2. 研究交流事業

国内外の著名講師による惑星科学一般の最先端講義と国際交流の場を提供する。また、多数の実習・セミナー等を支援する。

3. ネット図書館事業

上記1-2の活動で得られた知見をウェブ上に集積公開し、分野横断的な教育研究活動を奨励する。これらによって、CPSという我が国の当該分野には他に類を見ないユニークな機能を維持し、コミュニティの中核としてこれを機能させ、神戸大学のプレゼンス向上に当該分野から寄与してきました。

惑星科学・地球科学・宇宙生物学で扱う現象は観測・実験だけでは探求不可能な対象を多々有するため、計算科学やデータ科学の手法を用いたアプローチが必須であります。これについて、次世代高機能計算機を含む様々な計算資源の活用による惑星・惑星系の形成進化多様性の研究、データ同化に象徴される観測とシミュレーションの融合、また、これらに必要となる計算環境やソフトウェアの開発を主な目的として活動を展開するとともに、全国の関連研究者との連携を促進しました。さらに、これまで行ってきた知見の集積・シミュレーション・データに、AIコンピューティングの手法を導入することで融合進化していくことを意図した専用アーキテクチャの開発も推進しました。超並列プロセッサ PEZY-SC2を採用した高性能スーパーコンピューター「アジサイ」を利用した並列アプリケーションの開発を推進しました。

既存の計算資源の活用としては、2020年度に引き続き文部科学省委託研究事業「富岳成果創出加速プログラム」を受託し、国内16か所の大学研究機関と連携して理化学研究所のスーパーコンピューター「富岳」による大規模シミュレーションの研究開発、それに関連した研究会やソフトウェア講習会を開催しました。

系外惑星を含む地球型惑星大気研究について、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターとの共催でCPS & ABCワークショップ「火星から諸惑星：表層環境の多様性」(2022年3月30日、オンライン)を開催、また、科学研究費補助金・基盤研究S「あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌」(代表：林祥介)をコアとして、金星大気の構造解明に迫るセミナー群と年度末研究会(3月28-29日)を開催するなど、研究交流の場を提供するとともに、金星・火星から系外惑星に至る汎惑星気象学・気候学のためのシミュレーションモデルの研究開発を推進しました。

新たな計算アーキテクチャ開発事業としては、新エネルギー・産業技術総合開発機構による「高効率・高速処

理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発プロジェクト (1) 革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発」に基づき、株式会社 Preferred Networks との共同研究で高効率・高速処理を可能とする AI チップの開発に向けた研究を進め、特に電力性能向上のための回路方式の検討を行いました。この成果に基づいて開発された MN-Core プロセッサを使った MN-3 システムは、2021 年 6 月及び 11 月の Green500 ランキングで 1 位となり、世界最高の電力あたり演算性能を実現しました。

計算科学振興財団による研究教育拠点 (COE) 形成推進事業「ポスト「京」、ポスト・ポスト「京」をみすえたハードウェア・アルゴリズム・ソフトウェアの総合的研究」では、理化学研究所と共同で地球惑星数値シミュレーションに関する情報収集を行い、さらに気象気候共通ライブラリ等の PEZY-SC プロセッサ使用のサーバ等の超メニーコアプロセッサへの移植可能性について検討を行ってきました。株式会社テラピクセル・テクノロジーズとの共同研究部門である高性能プロセッサコデザイン部門では、大規模シミュレーション・人工知能・データサイエンス応用に特化した高性能プロセッサを、アプリケーション開発・それによる惑星学を中心とするサイエンス研究と一体となって推進し、シミュレーションやデータサイエンス等の手法による惑星学・計算科学の発展を推し進めました。

今年度は昨年度に引き続きコロナウイルス流行の影響下で、本プロジェクトで主催・共催した全ての研究会・ワークショップや実習会をオンライン開催としました。CPS ではかねてよりテレビ会議やウェブ会議システム Zoom を積極的に取り入れてきたことから、大きな負担もなく遠隔参加を受け入れることが可能でした。この知見は学内外へ提供し、遠隔講義等に活用されました。

令和 4 年度も、CPS は全国の惑星科学研究のハブとして活動を続けていきます。これによって、神戸大学の惑星科学研究の推進力となると同時に、全国の惑星科学のコミュニティと連携した活動を続けていきたいと思えます。

2022 年 4 月

目 次

1 センターの構成.....	4
1.1 スタッフ	4
1.2 協力研究員	4
1.3 事務スタッフ	5
1.4 組織	5
2 センターの活動	6
2.1 開催集会	6
2.2 セミナー	7
3 研究活動と成果	7
3.1 概要	7
3.2 業績リスト.....	11
3.2.1 査読つき論文	11
3.2.2 査読なし論文.....	15
3.2.3 著書	15
3.2.4 国際集会発表.....	15
3.2.4.1 招待講演	15
3.2.4.2 招待講演以外.....	15
3.2.5 国内集会発表.....	16
3.2.5.1 招待講演	16
3.2.4.2 招待講演以外（学会）	17
3.2.4.3 招待講演以外（一般）	20
3.3 外部資金獲得状況.....	21
3.3.1 科学研究費：研究代表者	21
3.3.2 科学研究費：研究分担者	22
3.3.3 その他の研究助成	23
3.4 特記事項	24
3.4.1 プレスリリース	24
3.4.2 記事	24
3.4.3 総説・解説	24
3.4.4 取材協力他	25
3.5 共同研究・研究協力（地域との連携を含む）	25

1 センターの構成

1.1 スタッフ

専任スタッフ (*) ・センター研究員

教授	准教授	講師	助教	客員教授	客員准教授	教育研究補佐員
林 祥介 荒川 政彦 大槻 圭史 牧野 淳一郎 播磨 尚朝	高橋 芳幸 中村 昭子 斎藤 貴之 大道 英二 永井 智哉*	瀬戸 雄介 (-3月) 山崎 和仁 保井 みなみ 檜村 博基	筧 楽磨 平田 直之 細野 七月*	上野 宗孝 (-3月)	岩澤 全規	上田 翔士* (-2月)

1.2 協力研究員

氏名	所属・身分
相川 祐理	東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 教授
石岡 圭一	京都大学大学院理学研究科 教授
石渡 正樹	北海道大学大学院理学研究院 教授
伊藤 孝士	国立天文台 講師
井田 茂	東京工業大学 地球生命研究所 教授
岩山 隆寛	福岡大学理学部地球圏科学科 教授
臼井 英之	神戸大学大学院情報学研究科 教授
臼井 寛裕	JAXA 宇宙科学研究所 教授
臼井 文彦	JAXA 宇宙科学研究所 主任研究開発員
梅村 雅之	筑波大学計算科学研究センター 教授
大淵 済	大阪物療大学 教授
尾崎 正伸	JAXA 宇宙科学研究所 准教授
木村 淳	大阪大学大学院理学研究科 助教
きむら ひろし	千葉工業大学惑星探査研究センター 研究員
草野 完也	名古屋大学宇宙地球環境研究所 所長・教授
倉本 圭	北海道大学大学院理学研究院 教授
玄田 英典	東京工業大学 地球生命研究所 准教授
小久保 英一郎	国立天文台科学研究部 教授
佐々木 晶	大阪大学大学院理学研究科 教授
塩谷 雅人	京都大学生存圏研究所 教授
杉山 耕一郎	松江工業高等専門学校 准教授
千秋 博紀	千葉工業大学惑星探査研究センター 上席研究員
田川 雅人	神戸大学大学院工学研究科 准教授
谷川 享行	一関工業高等専門学校 准教授
田村 元秀	東京大学大学院理学系研究科 教授
寺田 直樹	東北大学大学院理学研究科 教授
富田 浩文	理化学研究所計算科学研究センター チームリーダー
中村 正人	JAXA 宇宙科学研究所 教授
中本 泰史	東京工業大学理学院 教授
竝木 則行	国立天文台 教授
西澤 誠也	理化学研究所 計算科学研究センター 研究員
納田 明達	東京工業大学 地球生命研究所 技術支援員
野村 英子	国立天文台 教授
はしもと じょーじ	岡山大学大学院自然科学研究科 教授

三浦 均	名古屋市立大学大学院理学研究科 准教授
観山 正見	岐阜聖徳学園大学 学長
村上 真也	JAXA 宇宙科学研究所 研究開発員
諸田 智克	東京大学理学系研究科 准教授
山田 耕	安田女子大学現代ビジネス学科 准教授
和田 浩二	千葉工業大学惑星探査研究センター 主席研究員
渡邊 誠一郎	名古屋大学大学院環境科学研究科 教授
渡部 重十	北海道情報大学宇宙情報センター 教授
渡部 潤一	国立天文台 教授

1.3 事務スタッフ

遠藤 みゆき (惑星学専攻事務3号館 CPS 対応)
 中西 順子 7月まで
 山口 良恵
 小川 里香 4月～
 坪内 美幸 (理化学研究所/研究部門課題プロジェクトマネージャー)

1.4 組織

センター長 牧野 淳一郎
 副センター長 林 祥介
 運営委員会 林 祥介 (委員長), 牧野 淳一郎, 播磨 尚朝, 島 伸和, 大西 洋

2 センターの活動

本センターが推進する活動も従前にも増して惑星地球としての地球の認識、その普遍性特殊性の考察を促進するべく、国内外の地球科学者との連携を進め、惑星および惑星系の起源・進化・多様性に関する理解の深化と共有を促す活動を進めた。

2.1 開催集会

日程	行事名
2021年5月21日	第1回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年6月11日	第2回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年6月25日	第3回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年7月13日	第4回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年8月5日	富岳計算宇宙惑星・計算資源利用に関する課題内ワークショップ（第3回） オンライン開催 参加人数：33名
2021年8月6日	第5回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年9月9日	FDPS講習会（C++、Fortran 対応） オンライン開催 参加人数：27名
2021年9月15日	第6回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年10月1日	第7回金星大気入門セミナー（主催：京都産業大学）オンライン開催
2021年10月26日	富岳計算宇宙惑星・計算資源利用に関する課題内ワークショップ（第4回） オンライン開催 参加人数：29名
2021年11月9日	惑星科学と情報基盤シンポジウム オンライン開催 参加人数：54名
2021年11月26日	金星データ同化研究会：あかつきデータによる試行 オンライン開催 参加人数：6名
2021年12月2日-3日	掩蔽観測ワークショップ 惑星科学研究センター（ハイブリッド開催） 参加人数：14名
2022年1月17日-18日	「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム オンライン開催 参加人数：119名
2022年3月1日-3日	第14回探査データ解析実習会 オンライン開催 参加人数：35名
2022年3月8日-10日 3月22日-23日	国立天文台天文シュミレーションプロジェクト（CfCA）2021年度流体学校 オンライン開催 参加人数：48名
2022年3月28日-29日	金星大気の観測・シュミレーション・データ同化に関する研究会 オンライン開催 参加人数：63名
2022年3月30日	CPS/ABCワークショップ「火星から諸惑星：表層環境の多様性」 オンライン開催 参加人数：38名

2022年3月31日- 4月1日	地球流体データ解析・数値計算ワークショップ オンライン開催 参加人数：48名
---------------------	--

2.2 セミナー

年月日	講演者	所属	セミナータイトル
2021年 5月11日	吉川 耕司	筑波大学 計算科学研究センター	富岳における無衝突自己重力系の Vlasov シミュレーション
2021年 5月28日	八代 尚	国立環境研究所 地球システム領域	「富岳」における気象・気候シミュレーションの挑戦
2021年 7月22日	石岡 圭一	京都大学 大学院理学研究科	球面調和関数変換ライブラリ (ISPACK) の高速化について
2021年 8月20日	関根 康人	東京工業大学 地球生命研究所	変動する初期火星環境
2021年 10月12日	福島 登志夫	国立天文台	ケプラー方程式の高速高精度解法
2021年 11月12日	村山 泰啓	情報通信研究機構 NICT ナレッジハブ	オープンサイエンス、オープンデータの国際潮流と日本における現状について
2021年 12月14日	片岡 章雅	国立天文台	ALMA による原始惑星系円盤観測の進展と惑星形成過程への示唆
2022年 1月14日	郷田 直樹	国立天文台	JASMINE (赤外線位置天文観測衛星)
2022年 3月1日	高本 将男	理化学研究所 光子工学研究センター	光格子時計の実現と相対論的測地応用

3 研究活動と成果

3.1 概要

(牧野)

計算宇宙惑星科学

今年度主に行った研究は、スーパーコンピュータ富岳での多体シミュレーションの高速化である。富岳で起こる様々な性能上の問題に対応し、粒子系シミュレータ開発フレームワーク **FDPS** に基づいた計算コードの効率・スケーラビリティを大きく改善した。また、そのためにサンプルソートアルゴリズムに基づく並列ソートライブラリを開発した。そのほか、深層学習むけプロセッサ **MN-Core** の後継プロセッサの開発や **MN-Core** を有効利用できるアプリケーションの開発等を進めた。

(林)

惑星大気シミュレーションモデルの開発と大気循環構造の解明

太陽系ならびに太陽系外の惑星大気を念頭に、それらが置かれたパラメタ空間を覆うことのできる、対象時空間スケールや構成素過程の複雑度において階層的に構成された、大気循環モデルの構築、ならびに、そのデータ処理と可視化に必要なソフトウェア群の開発と数値実験の推進を主催している。モデルの開発研究は高橋芳幸准教授をはじめとして全国の関係者と共同で行っており、その同人組織である「地球流体電脳倶楽部」のモデル開発領域 <http://www.gfd-dennou.org/library/dcmode/> に公開している。これらの延長上に、データ同化手法の惑星気象学コミュニティへの導入展開を **CPS** を核として推進している。今年度は、上記枠組みの上で長年推進している地球型惑星多様性に関する

研究の中核、水惑星に関してその気候レジームダイアグラムの再検討を行い、その考察を出版した。また、「あかつき」観測と「地球シミュレータ」による数値計算の連携によるデータ同化研究グループを組織し、榎村博基講師の協力も得て、基盤研究S課題としてこれを進めた。牧野淳一郎教授とは「富岳」の活用を中核とする計算惑星科学の振興につとめ、岩石惑星の内部ならびに表層およびガス惑星大気の大規模数値計算を展開するグループを率い活動を展開した。特に、その惑星気象計算においては榎村博基講師らとともに火星および金星大気のグローバル高解像度計算を実現した。

(荒川)

小天体の衝突現象に関する実験的研究

小惑星表面の様々な状態を模擬したクレーター形成実験を行った。特にラブルパイル天体を想定した低強度粗粒レゴリス層や起伏を持つレゴリス層へのクレーター形成実験を行った。また、はやぶさ2のSCIクレーター形成時に起きた巨大ボルダーの移動に関する研究を行い、クレーター内からのボルダー放出に関するスケール則を提案した。また、層構造天体や氷天体の衝突の物理素過程を明らかにするため、フラッシュX線、高速カメラ、高速赤外線カメラにより、衝突破片の質量・速度分布の計測、衝突残留熱の測定、弾丸から標的への運動量輸送効率の測定を行った。

(大槻)

衛星-リング系の起源および太陽系小天体観測に関する研究

巨大惑星の衛星形成に関して衛星材料物質の供給過程の詳細を明らかにし、学生を主著者とする論文を投稿した。また、産業医科大・吉田二美氏、国立天文台ハワイ観測所・寺居剛氏と共同ですばる望遠鏡の広視野カメラを用いたメインベルト小惑星および木星トロヤ群小惑星のサイズ分布データ解析研究を実施し、指導する大学院生を主著者とする論文を投稿した。このうち前者は掲載され、後者は掲載受理となった。この他、吉田氏、寺居氏のほか、カナダ、台湾、韓国等の研究者と共同で、すばる望遠鏡を用いた木星以遠の小天体の国際共同サーベイ観測プロジェクト”Formation of the Outer Solar System: Icy Legacy (FOSSIL)”を遂行し、木星トロヤ群小惑星およびヒルダ群小惑星の自転角速度分布に関する国際共著論文2編を発表した。

(播磨)

強相関電子系の電子状態計算

(大道)

強磁場とナノ計測技術を用いた精密物性実験

(斎藤)

銀河及び星・星団形成の研究

化学進化を考慮した銀河形成シミュレーションから形成される星団の化学進化の起源を明らかにする研究を行った。また、孤立系の星団の形成と進化のシミュレーション研究を行い、恒星の軌道進化を精密に解くことの重要性やその結果としてのフィードバックの利き方についての研究を行った。富岳を用いた大規模銀河形成シミュレーションを行うためのASURA-FDPSの開発を進めた。主にバリオン物理の導入と試験を行った。

(高橋)

惑星大気放射モデルの構築

惑星大気の構造を決定する第一の要因は放射伝達であり、放射場の正確な評価が必要となる。しかし、そのためには紫外線から赤外線に至る広い波長範囲の放射伝達を正確かつ高速に計算することが必要である。これまでに、二酸化炭素を主成分とする(現在)火星、30-40億年前の火星(古火星)、金星の放射場を計算できる放射モデルの構築に取り組んできた。本年は特に、客観的な指標を用いて精度を確保した上で計算の高速化(計算量の削減)に取り組んだ。

(永井)

富岳加速・計算宇宙惑星プロジェクトのマネージメント

スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築」のプロジェクトマネージャーとして、研究代表者をサポートしサブ課題

代表や協力機関の研究者とプロジェクトを効率よく推進し、研究目標を中心とした研究成果の創出や情報発信に寄与した。また、計算基礎科学連携拠点の構成機関として、クロスアポイントメントにより素粒子・原子核・宇宙物理・惑星科学にまたがる計算基礎科学分野の研究連携および広報などの活動を行った。プロジェクトで得られた成果については、ウェブページでの研究紹介記事2本やプレスリリース4本など随時情報発信を行い、一般に紹介するための「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウムを開催するなど積極的に公表し、今後の展開に役立てた。

(中村)

鉄質小天体クレーター形状の衝突速度と温度依存性の研究

JAXA 宇宙科学研究所の二段式軽ガス銃と神戸大学の火薬銃を用いた実験結果と、衝突クレーター形成の数値シミュレーションの結果をあわせて、常温と低温の鉄質天体上のクレーターの直径と深さのスケリング則を決定した。クレーターの深さ直径比の衝突速度と標的溫度依存性を明らかにし、鉄質小天体上のクレーターの形状観測をもとに、どのような衝突条件（衝突速度・標的溫度）が推定できるかについて議論し論文として発表した。

(櫻村)

火星および金星大気の全球非静力学モデルの開発と高解像度計算

火星大気で観測される水平十数 km スケールの鉛直対流を陽に表現した高解像度数値シミュレーションを実現するため、全球非静力学火星大気モデルの開発を進めた。今年度は、火星の急峻で大規模な地形を取り入れるためのモデル開発および大型計算機「富岳」を用いた地形入り計算を実施した。金星大気に関しては、全球非静力学モデルに太陽加熱の日変化成分を導入した。水平格子点間隔 6.5 km までの高解像度計算を試行し、高解像度になるほど南北非対称な構造が現れやすいことを見いだした。

(瀬戸)

惑星構成物質の微細組織に関する鉱物学・結晶学的研究

前年度に引き続き科研費プロジェクトとして、コンドリュール模擬物質の浮遊実験システムの開発および合成試料の評価を行った。また、X線・電子線結晶学の統合解析ソフトウェアの開発に取り組み、OpenGL テクノロジーによる結晶構造の高速な可視化、ベータ法による動力学的効果を考慮した正確な回折強度のシミュレーションなどのアルゴリズムを開発した。SPring-8/SACL A において X 線自由電子レーザーと衝撃レーザーを組み合わせた惑星物質の動的圧縮過程の解明を目指す研究も行った。

(保井)

ラブルパイル小天体のクレーター形成に関する実験的研究

多孔質の小惑星や氷衛星上の衝突クレーター形成過程を調べる研究を行った。小惑星リュウグウを模擬したガラスビーズの実験では、クレーター形成効率に対する標的ビーズのサイズ依存性を明らかにした。また、氷衛星を模擬した雪を用いてクレーター形成実験を行い、衝突後の標的の重心速度を計測し、角運動量輸送効率に対する雪の空隙率と衝突速度の依存性を調べた。

(山崎)

非平衡性の度合いと力学系の安定性

「平衡か非平衡か」という二元論的視点から、平衡状態からどの程度離れているかといういわば「非平衡性の度合い」へと視点を移し、そこから力学系の幾何学的安定性を考察した。応用例として、Belousov-Zhabotinsky 反応を記述する最も簡単なモデルのひとつ：2種類の反応物からなるBrusselatorを考え、その安定性の質が、平衡領域からどれだけ離れているかによって連続的に変化することを示し、系の多様性が特に増す非平衡領域の範囲を算出した。

非平衡領域における特異点の存在と性質

従来の分岐曲線が得られる条件：「N 安定性が平衡状態で中立」を、「全ての幾何学的安定性が中立」へと拡張した。後者の場合、平衡か非平衡かという条件は含まれていない。従って、従来の平衡状態における分岐曲線だけでなく、非平衡状態におけるそれも導出される。この分岐曲線は特異点を含むので、いわば、非平衡特異点の存在を意味する。結果として、(1)系が平衡から非平衡に移るだけで、bistable 状態を与えるパラメタの範囲は広がる(2)パラメタが一定であったとしても、平衡特異点と非平衡特異点の「種類」は異なることがわかった。

(寛)

福島県沖で発生する地震による波動場の比較

2021年2月13日の福島県沖のスラブ内地震(MW 7.1, 深さ 55.4 km) の強震動の特徴を高密度強震データの解析によって調べ、その特徴が 2003年5月26日の宮城県沖のスラブ内地震(MW 7.0, 深さ 72.03 km) と共通することを見出した。また、福島県沖の M5 クラスの 3つの地震(それぞれプレート境界地震, スラブ内上面の地震, スラブ内下面の地震) の強震動の特徴, 震源特性の違いの比較を, 高密度強震データの解析によって行い, 詳しく論じた。

島弧の地下構造が強震動に与える影響の震源深さによる違いに関する研究

西南日本から九州弧にかけて発生した深さの異なる 3つのスラブ内地震(深さ 46.46km の 2001年芸予地震, 深さ 78.04km の 2014年伊予灘の地震, 深さ 145.17km の 2006年大分県西部地震) による高密度強震データの詳しい解析を行い, 西南日本及び九州弧の島弧の減衰構造が強震動に与える影響が, 震源深さによって大きく異なることを示し, その原因について詳しく論じた。

2018年北海道胆振東部地震による強震動に関する研究

2018年北海道胆振東部地震(Mw 6.6, 深さ 37.0 km) による強震動の特徴を, 高密度強震データの解析により詳しく調べた。比較のために震源深さの異なる 2地震(深さ 66.07km の 2015年青森県東方沖のプレート境界地震, 深さ 126.18km の 2007年北海道胆振東部のスラブ内地震) による強震動の解析も合わせて行った。東北日本弧では高周波地震波の振幅は島弧の前弧側で大きく, 背弧側で著しく小さくなるという単純な特徴が見られ(背弧側の媒質の減衰が強いことによる), それは北海道においても同様に見られるが, 北海道にはそれに加えて, 日高山脈の西方で前弧側であるにもかかわらず高周波地震波の振幅が小さくなるという特異な地域が見られ, その結果強震動の空間分布が東北日本弧の場合より複雑になる。これは日高衝突帯の地下構造が特異な構造になっていて, 前弧側であるにもかかわらず減衰が強い領域が存在することによると考えられる。

2021年青森県東方沖地震による強震動に関する研究

2021年7月26日に青森県東方沖で発生したプレート境界地震(Mw 5.2, 深さ 52.5km) の高密度強震データを解析し, その特徴を詳しく調べた。その結果, 東北日本弧では高周波地震波の振幅は島弧の前弧側で大きく, 背弧側で著しく小さくなるという単純な特徴が見られ(背弧側の媒質の減衰が強いことによる), それに対し北海道では日高山脈の西方で前弧側であるにもかかわらず高周波地震波の振幅が小さくなるという特異な地域が見られることがわかった。これは前項の 2018年北海道胆振東部地震の解析の場合と同様に, 日高衝突帯の特異な地下構造(前弧側にも減衰が強い領域が存在する) によると解釈することができる。

(平田)

土星環形成の包括的理解への取り組みおよび小惑星リュウグウにおけるコリオリ効果に関する取り組み

これまで取り組んできた土星環のスポークの形成を説明する新たな理論を述べた論文が受理された。土星環の粒子の粒形分布が小さいことを説明する新たな理論として熱応力を取り扱った論文が受理された。小惑星リュウグウの赤道上に認められる blue unit を説明する理論としてコリオリ効果に着目した論文が受理された。また, リュウグウの赤道リッジ(赤道のふくらみ部分) を説明するモデルとしてコリオリ効果に着目した論文が受理された。また卒業生の豊川広晴君の主著論文が出版された。

(細野)

月形成における、巨大衝突現象の数値計算

R3年度は, 月形成において最も広く信じられているシナリオである, 巨大衝突という現象の数値計算を行う事に主に従事した。巨大衝突の数値計算を行うには, 固体の物性を表現した状態方程式と呼ばれるものが重要である。近年, この固体の物性の状態方程式がいくつか提唱されたため, それらの状態方程式を用いて巨大衝突の数値計算を行い, その結果がどうなるかを調べた。本研究は査読付き欧文雑誌に提出済みであり, 現在査読中である。

(上野)

宇宙科学・太陽系探査に関わるミッションの創出に関わる研究と、将来要素技術の開拓

宇宙科学・太陽系探査に関わる創出研究として、各種ミッション創出に関わる研究を行った。

宇宙理学・宇宙工学委員会の宇宙科学ミッションの立ち上げ方法に関わる検討TFとして、今後の進め方について方針を決定した。さらに、それを受けて設置された、宇宙科学の戦略的中型ミッションを創出するボディーであるGDIの座長として、ミッションの創出に関わる議論をリードした。

理化学研究所と協力し、地下の元素分析を実現する中性子検出器の共同開発研究を進めている。

同志社大学・堀場製作所と共同研究の形で、将来の惑星探査に適用可能な超小型蛍光X線分析装置の開発を始めた。

物質材料研究機構と、将来の月面拠点の建設に必要となる、超々膨張型のシリカエアロゲルの宇宙適用性に向けた研究を開始した。

神戸大学の木村健次郎教授と共同研究の形で、地下の三次元情報を取得するための、弾性波分析装置の共同研究開発を開始した。

また将来の国際有人探査に向けた必要となる、多くの新規の共同研究に向けた活動を行った。

上記と合わせ、ムーンショット型研究開発事業において、PIとして「月面インフラ構築のコア技術に関する研究開発」に関わる研究開発を進めている。

(岩澤)

並列粒子シミュレーションコード開発フレームワーク (FDPS) の惑星系リング対応

本年度は主に惑星系リングシミュレーションを tree 法で効率的に動作させるためのアルゴリズム開発と開発アルゴリズムをFDPSへ導入した。細いリング状の構造を計算する際、FDPSが従来用いていた計算領域を直方体で分割する方法(MultiSection法)では非常に細長い領域ができてしまい、通信量が非常に増大してしまう。そこで、円柱座標系を用い、なるべく領域が正方形に近い形になるようなアルゴリズムを開発し、FDPSに実装した。さらに、この機能を用いた大規模惑星系リングシミュレーションコードの開発も行った。これらのアルゴリズムに対応させたFDPSはver7として2021年8月にリリースした。

3.2 業績リスト

3.2.1 査読つき論文

- K. Katagiri, N. Ozaki, S. Ohmura, B. Albertazzi, Y. Hironaka, Y. Inubushi, K. Ishida, M. Koenig, K. Miyanishi, H. Nakamura, M. Nishikino, T. Okuchi, T. Sato, Y. Seto*, K. Shigemori, K. Sueda, Y. Tange, T. Togashi, Y. Umeda, M. Yabashi, T. Yabuuchi, R. Kodama “Liquid Structure of Tantalum under Internal Negative Pressure” *Physical Review Letters*, 2021.4, Vol.126(17)
- S. Kikuchi, N. Ogawa, O. Mori, T. Saiki, Y. Takei, F. Terui, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, S. Van Wal, H. Takeuchi, H. Ikeda, A. Fujii, Y. Takao, T. Kusumoto, Naru Hirata, Naoyuki Hirata*, K. Shirai, T. Kouyama, S. Kameda, M. Yamada, S. Nakazawa, M. Yoshikawa, S. Tanaka, S. Sugita, S. Watanabe, Y. Tsuda “Ballistic deployment of the Hayabusa2 artificial landmarks in the microgravity environment of Ryugu” *ICARUS*, 2021.4, Vol.358, 114220
- Minami Yasui*, Taku Tazawa, Ryohei Hashimoto, Masahiko Arakawa*, Kazunori Ogawa “Impacts may provide heat for aqueous alteration and organic solid formation on asteroid parent bodies” *COMMUNICATIONS EARTH & ENVIRONMENT*, 2021.5, Vol.2, 1, pp1-8
- Yuuya Nagaashi, Takanobu Aoki, Akiko M. Nakamura* “Cohesion of regolith: Measurements of meteorite powders” *ICARUS*, 2021.5, Vol.360, 114357
- Balázs Bradács, Yusuke Seto*, Thomas Stevens, Gábor Újváride, Katalin Fehérf, Chiara Költringerc “Magnetic susceptibility in the European Loess Belt: New and existing models of magnetic enhancement in loess” *PALAEOGEOGRAPHY PALAEOCLIMATOLOGY PALAEOECOLOGY*, 2021.5, Vol.569, 110329
- Yasuyoshi Yamamoto, Takashi Okamoto, Takayuki R Saitoh* “Testing the effect of resolution

- on gravitational fragmentation with Lagrangian hydrodynamic schemes” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2021.5, Vol.5040(3), pp3986-3995
- Akimasa Suzumura, Noriyuki Kawasaki, Yusuke Seto*, Hisayoshi Yurimoto, Shoichi Itoh “Origin of minerals in akermanite-rich patch texture and oxygen isotopic evolution of compact Type A Ca-Al-rich inclusions from the Northwest Africa 7865 CV chondrite” *GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA*, 2021.6, Vol.303, pp51-65
 - Takuma Suda, Takayuki R Saitoh*, Yuki Moritani, Tadafumi Matsuno, Toshikazu Shigeyama “First star survivors as metal-rich halo stars that experienced supernova explosions in binary systems” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2021.6, Vol.73 (3), pp609-629
 - Yota Ishigaki, Junko Kominami, Junichiro Makino*, Masaki Fujimoto, Masaki Iwasawa “Particle-particle particle-tree code for planetary system formation with individual cut-off method: GPLUM” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2021.6, Vol.73, 3, pp660-676
 - Masaki Ishiwatari, Kensuke Nakajima, Shin-ichi Takehiro, Yoshi-Yuki Hayashi*, Yuta Kawai, Yoshiyuki O. Takahashi* “Revision of “Dependence of Climate States of Gray Atmosphere on Solar Constant: From the Runaway Greenhouse to the Snowball States” by Ishiwatari et al. (2007)” *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2021.6, Vol.126, 11, e2019JD031761
 - Ryo Ogawa, Akiko M. Nakamura*, Ayako I. Suzuki, Sunao Hasegawa “Crater shape as a possible record of the impact environment of metallic bodies: Effects of temperature, impact velocity and impactor density” *ICARUS*, 2021.7, Vol.362, 114410
 - N. Sakatani, S. Tanaka, T. Okada, T. Fukuhara, L. Riu, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, Y. Yokota, E. Tatsumi, K. Yumoto, Naru Hirata, A. Miura, T. Kouyama, H. Senshu, Y. Shimaki, T. Arai, J. Takita, H. Demura, T. Sekiguchi, T. G. Müller, A. Hagermann, J. Biele, M. Grott, M. Hamm, M. Delbo, W. Neumann, M. Taguchi, Y. Ogawa, T. Matsunaga, T. Wada, S. Hasegawa, J. Helbert, Naoyuki Hirata*, R. Noguchi, M. Yamada, H. Suzuki, C. Honda, K. Ogawa, M. Hayakawa, K. Yoshioka, M. Matsuoka, Y. Cho, H. Sawada, K. Kitazato, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, S. Matsuura, K. Matsumoto, H. Noda, Y. Ishihara, K. Yamamoto, A. Higuchi, N. Namiki, G. Ono, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, S. Nakazawa, Y. Iijima, M. Arakawa*, K. Wada, T. Kadono, K. Ishibashi, F. Terui, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, M. Ozaki, S. Tachibana, H. Ikeda, M. Ishiguro, H. Yabuta, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda “Anomalously porous boulders on (162173) Ryugu as primordial materials from its parent body” *Nature Astronomy*, 2021.8, Vol.5, 8, pp766-774
 - Yutaka Hirai, Michiko S Fujii, Takayuki R Saitoh* “SIRIUS project. I. Star formation models for star-by-star simulations of star clusters and galaxy formation” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2021.8, Vol.73, 4, pp1036-1056
 - Michiko S Fujii, Takayuki R Saitoh*, Long Wang, Yutaka Hirai “SIRIUS project. II. A new tree-direct hybrid code for smoothed particle hydrodynamics/N-body simulations of star clusters” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2021.8, Vol.73, 4, pp1057-1073
 - Michiko S Fujii, Takayuki R Saitoh*, Yutaka Hirai, Long Wang “SIRIUS project. III. Star-by-star simulations of star cluster formation using a direct N-body integrator with stellar feedback” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2021.8, Vol.73, 4, pp1074-1099
 - Naoyuki Hirata*, Ren Ikeya “Ejecta distribution from impact craters on Ryugu: Possible origin of the bluer units” *ICARUS*, 2021.8, Vol.364, 114474
 - R. Honda, M. Arakawa*, Y. Shimaki, K. Shirai, Y. Yokota, T. Kadono, K. Wada, K. Ogawa, K. Ishibashi, N. Sakatani, S. Nakazawa, M. Yasui*, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, M. Yamada, T. Kouyama, Y. Cho, M. Matsuoka, H. Suzuki, C. Honda, M. Hayakawa, K. Yoshioka, Naru Hirata, Naoyuki Hirata*, H. Sawada, S. Sugita, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, C. Okamoto, Y. Tsuda, Y. Iijima, “Resurfacing processes on asteroid (162173) Ryugu caused by an artificial impact of Hayabusa2's Small Carry-on Impactor” *ICARUS*, 2021.9, Vol.366(6), 405.01
 - Ren Ikeya, Naoyuki Hirata* “Ejecta emplacement as the possible origin of Ryugu's equatorial ridge” *ICARUS*, 2021.10, Vol.367, 114590

- Chan-Kao Chang, Ying-Tung Chen, W. C. Fraser, F. Yoshida, M. J. Lehner, Shiang-Yu Wang, JJ Kavelaars, R. E. Pike, M. Alexandersen, T. Ito, Young-Jun Choi, A. Paula Granados Contreras, Youngmin JeongAhn, Jianghui Ji, Myung-Jin Kim, S. M. Lawler, Jian Li, Zhong-Yi Lin, Patryk Sofia Lykawka, Hong-Kyu Moon, S. More, Marco A. Muñoz-Gutiérrez, K. Ohtsuki*, T. Terai, S. Urakawa, H. Zhang, H. Zhao, Ji-Lin Zhou “FOSSIL. I. The spin rate limit of Jupiter Trojans” *The Planetary Science Journal*, 2021.10, Vol.2 (5), pp191
- C. Sugimoto, E. Tatsumi, Y. Cho, T. Morota, R. Honda, S. Kameda, Y. Yokota, K. Yumoto, M. Aoki, D. N. DellaGiustina, T. Michikami, T. Hiroi, D. L. Domingue, P. Michel, S. E. Schröder, T. Nakamura, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, C. Honda, M. Hayakawa, M. Matsuoka, H. Suzuki, K. Yoshioka, K. Ogawa, H. Sawada, M. Arakawa*, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, Y. Tsuda, S. Nakazawa, Y. Iijima, S. Sugita “High-resolution observations of bright boulders on asteroid Ryugu: 1. Size frequency distribution and morphology” *ICARUS*, 2021.11, Vol.369, 114529
- C. Sugimoto, E. Tatsumi, Y. Cho, T. Morota, R. Honda, S. Kameda, Y. Yokota, K. Yumoto, M. Aoki, D. N. DellaGiustina, T. Michikami, T. Hiroi, D. L. Domingue, P. Michel, S. E. Schröder, T. Nakamura, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, C. Honda, M. Hayakawa, M. Matsuoka, H. Suzuki, K. Yoshioka, K. Ogawa, H. Sawada, M. Arakawa*, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, Y. Tsuda, S. Nakazawa, Y. Iijima, S. Sugita “High-resolution observations of bright boulders on asteroid Ryugu: 2. Spectral properties” *ICARUS*, 2021.11, Vol.369, 114591
- Yuri Shimaki, Masahiko Arakawa* “Tensile strength and elastic properties of fine-grained ice aggregates: Implications for crater formation on small icy bodies” *ICARUS*, 2021.11, Vol.369, 114646
- Takashi Shibata, Eiichiro Kokubo, Natsuki Hosono* “Merging Criteria for Planetary Collisions” *The Astrophysical Journal*, 2021.11, Vol.921 (2), pp163
- Norihiko Sugimoto, Yukiko Fujisawa, Hiroki Kashimura*, Katsuyuki Noguchi, Takeshi Kuroda, Masahiro Takagi, Yoshi-Yuki Hayashi* “Generation of gravity waves from thermal tides in the Venus atmosphere” *Nature Communications*, 2021.12, Vol.12(1), pp3682
- T. Okuchi, Y. Seto*, N. Tomioka, T. Matsuoka, B. Albertazzi, N. J. Hartley, Y. Inubushi, K. Katagiri, R. Kodama, T. A. Pikuz, N. Purevjav, K. Miyanishi, T. Sato, T. Sekine, K. Sueda, K. A. Tanaka, Y. Tange, T. Togashi, Y. Umeda, T. Yabuuchi, M. Yabashi, N. Ozaki “Ultrafast olivine-ringwoodite transformation during shock compression” *Nature Communications*, 2021.12, Vol.12(1), pp4305
- E. Tatsumi, N. Sakatani, L. Riu, M. Matsuoka, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, T. Nakamura, M. Zolensky, R. Brunetto, T. Hiroi, S. Sasaki, S. Watanabe, S. Tanaka, J. Takita, C. Pilorget, Julia de León, M. Popescu, Juan Luis Rizos, J. Licandro, E. Palomba, D. Domingue, F. Vilas, H. Campins, Y. Cho, K. Yoshioka, H. Sawada, Y. Yokota, M. Hayakawa, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, K. Ogawa, K. Kitazato, Naru Hirata, Naoyuki Hirata*, Y. Tsuda, M. Yoshikawa, T. Saiki, F. Terui, S. Nakazawa, Y. Takei, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, K. Shirai, S. Sugita “Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu” *Nature Communications*, 2021.12, Vol.12, 1, pp5837
- H. Miyamoto, T. Niihara, K. Wada, K. Ogawa, H. Senshu, P. Michel, H. Kikuchi, R. Hemmi, T. Nakamura, A. M. Nakamura*, N. Hirata*, S. Sasaki, E. Asphaug, D. T. Britt, P. A. Abell, R. Ballouz, O. S. Banouin, N. Baresi, M. A. Barucci, J. Biele, M. Grott, H. Hino, P. K. Hong, T. Imada, S. Kameda, M. Kobayashi, G. Libourel, K. Mogi, N. Murdoch, Y. Nishio, S. Okamoto, Y. Ota, M. Otsuki, K. A. Otto, N. Sakatani, Y. Shimizu, T. Takemura, N. Terada, M. Tsukamoto, T. Usui, K. Willner “Surface environment of Phobos and Phobos simulant UTPS” *Earth, Planets and Space* 2021.12, Vol.73, 1, pp214
- Natsuho Maeda, Tsuyoshi Terai, Keiji Ohtsuki*, Fumi Yoshida, Kosuke Ishihara, Takuto Deyama “Size Distributions of Bluish and Reddish Small Main-belt Asteroids Obtained by Subaru/Hyper Suprime-Cam*” *The Astronomical Journal*, 2021.12, Vol.162, 6, pp280
- Sunao Hasegawa, Michaël Marsset, Francesca E. DeMeo, Schelte J. Bus, Masateru Ishiguro, Daisuke Kuroda, Richard P. Binzel, Josef Hanuš, Akiko M. Nakamura*, Bin Yang, Pierre Vernazza “The Appearance of a “Fresh” Surface on 596 Scheila as a Consequence of the 2010

- Impact Event” *The Astrophysical Journal Letters*, 2022.1, Vol.924, 1, pp L9
- T. Yada, M. Abe, T. Okada, A. Nakato, K. Yogata, A. Miyazaki, K. Hatakeda, K. Kumagai, M. Nishimura, Y. Hitomi, H. Soejima, M. Yoshitake, A. Iwamae, S. Furuya, M. Uesugi, Y. Karouji, T. Usui, T. Hayashi, D. Yamamoto, R. Fukai, S. Sugita, Y. Cho, K. Yumoto, Y. Yabe, J. Bibring, C. Pilorget, V. Hamm, R. Brunetto, L. Riu, L. Lourit, D. Loizeau, G. Lequertier, A. Moussi-Soffys, S. Tachibana, H. Sawada, R. Okazaki, Y. Takano, K. Sakamoto, Y. N. Miura, H. Yano, T. R. Ireland, T. Yamada, M. Fujimoto, K. Kitazato, N. Namiki, M. Arakawa*, Naru Hirata, H. Yurimoto, T. Nakamura, T. Noguchi, H. Yabuta, H. Naraoka, M. Ito, E. Nakamura, K. Uesugi, K. Kobayashi, T. Michikami, H. Kikuchi, Naoyuki Hirata*, Y. Ishihara, K. Matsumoto, H. Noda, R. Noguchi, Y. Shimaki, K. Shirai, K. Ogawa, K. Wada, H. Senshu, Y. Yamamoto, T. Morota, R. Honda, C. Honda, Y. Yokota, M. Matsuoka, N. Sakatani, E. Tatsumi, A. Miura, M. Yamada, A. Fujii, C. Hirose, S. Hosoda, H. Ikeda, T. Iwata, S. Kikuchi, Y. Mimasu, O. Mori, N. Ogawa, G. Ono, T. Shimada, S. Soldini, T. Takahashi, Y. Takei, H. Takeuchi, R. Tsukizaki, K. Yoshikawa, F. Terui, S. Nakazawa, S. Tanaka, T. Saiki, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda “Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu” *Nature Astronomy*, 2022.2, Vol.6, 2, pp214-220
 - Masahiko Arakawa*, Masashi Okazaki, Masato Nakamura, Martin Jutzi, Minami Yasui*, Sunao Hasegawa, “Dispersion and shattering strength of rocky and frozen planetesimals studied by laboratory experiments and numerical simulations” *ICARUS*, 2022.2, Vol.373, 114777
 - Satoko Motai, Juri Kawano, Saki Harii, Yusuke Seto*, Tsuyoshi Watanabe, Takaya Nagai “Mineral Components of Scleractinian Coral Skeletons Cultured Without Symbionts” *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2022.2, Vol.127, 2
 - Kento Katagiri, Norimasa Ozaki, Daichi Murayama, Kotaro Nonaka, Yoshiyuki Hironaka, Yuichi Inubushi, Kohei Miyanishi, Hirotaka Nakamura, Takuo Okuchi, Takayoshi Sano, Yusuke Seto*, Keisuke Shigemori, Keiichi Sueda, Tadashi Togashi, Yuhei Umeda, Makina Yabashi, Toshinori Yabuuchi, Ryouzuke Kodama “Hugoniot equation-of-state and structure of laser-shocked polyimide C₂₂H₁₀N₂O₅” *Physical Review B*, 2022.2, Vol.105, 5, 054103
 - Kazuhito Yamasaki*, Takahiro Yajima “Kosambi-Cartan-Chern Stability in the Intermediate Nonequilibrium Region of the Brusselator Model” *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2022.2, Vol. 32, 2
 - C. Pilorget, T. Okada, V. Hamm, R. Brunetto, T. Yada, D. Loizeau, L. Riu, T. Usui, A. Moussi-Soffys, K. Hatakeda, A. Nakato, K. Yogata, M. Abe, A. Aléon-Toppani, J. Carter, M. Chaigneau, B. Crane, B. Gondet, K. Kumagai, Y. Langevin, C. Lantz, T. Le Pivert-Jolivet, G. Lequertier, L. Lourit, A. Miyazaki, M. Nishimura, F. Poulet, M. Arakawa*, N. Hirata, K. Kitazato, S. Nakazawa, N. Namiki, T. Saiki, S. Sugita, S. Tachibana, S. Tanaka, M. Yoshikawa, Y. Tsuda, S. Watanabe, J. P. Bibring “First compositional analysis of Ryugu samples by the MicrOmega hyperspectral microscope” 2022.2, Vol.6, 2, pp221-225
 - Shoji Ueta*, Natsuki Hosono*, Ryusuke Kuroki, Yosuke Yamashiki “Numerical Simulation Study of Debris Particles Movement Characteristics by Smoothed Particle Hydrodynamics” *Journal of Disaster Research*, 2022.2, Vol.17, 2, pp237-245
 - Chan-Kao Chang, Ying-Tung Chen, W. C. Fraser, M. J. Lehner, Shiang-Yu Wang, M. Alexandersen, Young-Jun Choi, A. Paula Granados Contreras, T. Ito, Y. JeongAhn, J. Ji, J. J. Kavelaars, Myung-Jin Kim, S. M. Lawler, J. Li, Zhong-Yi Lin, Patryk Sofia Lykawka, Hong-Kyu Moon, S. More, Marco Muñoz-Gutiérrez, K. Ohtsuki*, R. E. Pike, T. Terai, S. Urakawa, F. Yoshida, H. Zhang, H. Zhao, Ji-Lin Zhou “FOSSIL. II. The Rotation Periods of Small-sized Hilda Asteroids” 2022.3, Vol.259, 1, pp7
 - Kazuhito Yamasaki*, Takahiro Yajima “Kosambi - Cartan - Chern Analysis of the Nonequilibrium Singular Point in One-Dimensional Elementary Catastrophe” *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2022.3, Vol32, 4
 - S. Tachibana, H. Sawada, R. Okazaki, Y. Takano, K. Sakamoto, Y. N. Miura, C. Okamoto, H. Yano, S. Yamanouchi, P. Michel, Y. Zhang, S. Schwartz, F. Thuillet, H. Yurimoto, T. Nakamura, T. Noguchi, H. Yabuta, H. Naraoka, A. Tsuchiyama, N. Imae, K. Kurosawa, A. M. Nakamura*, K. Ogawa, S. Sugita, T. Morota, R. Honda, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, M. Hayakawa, M. Matsuoka, N. Sakatani, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, T.

Yoshimitsu, T. Kubota, H. Demura, T. Yada, M. Nishimura, K. Yogata, A. Nakato, M. Yoshitake, A. I. Suzuki, S. Furuya, K. Hatakeda, A. Miyazaki, K. Kumagai, T. Okada, M. Abe, T. Usui, T. R. Ireland, M. Fujimoto, T. Yamada, M. Arakawa*, H. C. Connolly, A. Fujii, S. Hasegawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, C. Hirose, S. Hosoda, Y. Iijima, H. Ikeda, M. Ishiguro, Y. Ishihara, T. Iwata, S. Kikuchi, K. Kitazato, D. S. Lauretta, G. Libourel, B. Marty, K. Matsumoto, T. Michikami, Y. Mimasu, A. Miura, O. Mori, K. Nakamura-Messenger, N. Namiki, A. N. Nguyen, L. R. Nittler, H. Noda, R. Noguchi, N. Ogawa, G. Ono, M. Ozaki, H. Senshu, T. Shimada, Y. Shimaki, K. Shirai, S. Soldini, T. Takahashi, Y. Takei, H. Takeuchi, R. Tsukizaki, K. Wada, Y. Yamamoto, K. Yoshikawa, K. Yumoto, M. E. Zolensky, S. Nakazawa, F. Terui, S. Tanaka, T. Saiki, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda “Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth” Science, 2022.3, Vol.375, 6584, pp1011-1016

- Takanao Saiki, Hirotaka Sawada, Kazunori Ogawa, Yuya Mimasu, Yuto Takei, Masahiko Arakawa*, Toshihiko Kadono, Koji Wada, Atsushi Fujii, Fuyuto Terui, Naoko Ogawa, Go Ono, Kei Shirai, Rie Honda, Ko Ishibashi, Naoya Sakatani, Kent Yoshikawa, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Yuichi Tsuda “Hayabusa2’s kinetic impact experiment Hayabusa2 Asteroid Sample Return Mission” Hayabusa2 Asteroid Sample Return Mission, 2022, pp291-312
- Yuichi Tsuda, Satoru Nakazawa, Makoto Yoshikawa, Takanao Saiki, Fuyuto Terui, Masahiko Arakawa*, Masanao Abe, Kohei Kitazato, Seiji Sugita, Shogo Tachibana, Noriyuki Namiki, Satoshi Tanaka, Tatsuaki Okada, Hitoshi Ikeda, Sei-ichiro Watanabe “Mission objectives, planning, and achievements of Hayabusa2” Hayabusa2 Asteroid Sample Return Mission, 2022, pp5-23

3.2.2 査読なし論文

- Yasumaro Kakehi* “Characteristics of the strong ground motions from the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake from the analysis of high-density strong ground motion data” 17WCEE, 2021.9, 1d-0060, pp1-9

3.2.3 著書

- Junichiro Makino* Principles of High-Performance Processor Design For High Performance Computing, Deep Neural Networks and Data Science, Springer, ISBN: 978-3-030-76871-3 2021.9
- 井田 茂, 渡部 潤一, 佐々木 晶, 大槻 圭史* 他 (分担執筆)
「太陽系と惑星」日本評論社 ISBN:9784535607613 2021.8

3.2.4 国際集会発表

3.2.4.1 招待講演 なし

3.2.4.2 招待講演以外

- 横田優作, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 山本裕也, 長谷川直, 大川初音 “小惑星のレゴリス起伏地形に形成されるクレーターに関する実験的研究” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Oral
- 大川初音, 戸田瑞乃, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 長谷川直, 横田優作, 山本裕也 “Three-dimensional tracking of ejecta particle: Effects of boulder size on ejecta velocity distribution” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Poster
- 山本裕也, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 長谷川直, 横田優作, 大川初音, 杉村瞭 “低強度粗粒レゴリス層における衝突エジェクタ速度スケール則に関する実験的研究” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Poster

- Masato Kiuchi, Takaya Okamoto, Yuuya Nagaashi, Sunao Hasegawa, Akiko Nakamura* “High-velocity impact experiments in reduced gravity: The effect of cohesive strength of particle layers” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Oral
- Akiko Nakamura*, Sae Shigaki “Static and impact strength of brittle regolith” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Poster
- Yuuya Nagaashi, Akiko Nakamura* “Surface roughness and cohesion of impact fragments of meteorite targets” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Oral
- Natsuho Maeda, Tsuyoshi Terai, Keiji Ohtsuki*, Fumi Yoshida, Kousuke Ishihara, Takuto Deyama “Color and size distributions of main belt asteroids obtained by the Subaru/Hyper Suprime-Cam” Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.6, Oral
- Yasumaro Kakehi* “Effect of island arc structure on distribution of strong ground motions by the analysis of high-density observation network data: variation with source depth” The 6th IASPEI/IAEE International Symposium: The Effects Of Surface Geology On Seismic Motion, Online, 2021.9, Poster
- Yasumaro Kakehi* “Characteristics of the strong ground motions from the 2018 Hokkaido Eastern Ibari earthquake from the analysis of high-density strong ground motion data” 17th World Conference On Earthquake Engineering, Online, 2021.10, Poster
- Minami Yasui*, Taku Tazawa, Ryohei Hashimoto, Masahiko Arakawa*, Kazunori Ogawa “High-Velocity Impact Experiments of Simulated Porous Asteroids and Measurements of Post Impact Temperature around Impact Crater” 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022), Online, 2022.3, Poster
- Haruka Sasai, Minami Yasui*, Masahiko Arakawa*, Kei Shirai “Post Shock Heat Induced by High Velocity Impact on Porous Icy Bodies” 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022), Online, 2022.3, Poster
- Masahiko Arakawa*, Takumi Nagano, Sana Ishida, Minami Yasui*, Kei Shirai, Sunao Hasegawa “Impact Strength of Porous- and Ductile-Rocky Planetesimals in Gravity Dominated Regime” 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022), Online, 2022.3, Poster
- Martin Jutzi, Sabina D Raducan, Yun Zhang, Patrick Michel, Masahiko Arakawa* “Constraining Asteroid Ryugu’s Surface Properties from Numerical Simulations of the SCI Impact” 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022), Online, 2022.3, Oral
- C. Pilorget, T. Okada, V. Hamm, R. Brunetto, T. Yada, D. Loizeau, L. Riu, T. Usui, A. Moussi-Soffys, K. Hatakeda, A. Nakato, K. Yogata, M. Abe, A. Aléon-Toppani, J. Carter, M. Chaigneau, B. Crane, B. Gondet, K. Kumagai, Y. Langevin, C. Lantz, T. Le Pivert-Jolivet, G. Lequertier, L. Lourit, A. Miyazaki, M. Nishimura, F. Poulet, M. Arakawa*, N Hirata, K. Kitazato, S. Nakazawa, N. Namiki, T. Saiki, S. Sugita, S. Tachibana, S. Tanaka, M. Yoshikawa, Y. Tsuda, S. Watanabe, J.-P Bibring, “First NIR Hyperspectral Imaging of Hayabusa2 Returned Samples by the MicrOmega Microscope within the ISAS Curation Facility” 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022), Online, 2022.3, Oral
- R. Honda, Y. Yokota, M. Arakawa*, S. Sugita, K. Shirai, K. Ogawa, S. Ishibashi, N. Sakatani, T. Kadono, K. Wada, Y. Shimaki, E. Tatsumi, D. Domingue, S. E. Schröder, T. Saiki, H. Imamura, S. Nakazawa, M. Hayakawa, H. Yano, Y. Takagi, N. Hirata, H. Sawada, T. Morota, S. Kameda, M. Yamada, T. Kouyama, Y. Cho, M. Matsuoka, K. Yoshioka, H. Suzuki, C. Honda “Apparent Brightness Change of Hyabusa2’s Artificial Crater Ejecta Observed by the ONC-T at Different Phase Angles and Implications for the Physical State of Natural Crater Ejecta” 53rd Lunar and Planetary Science Conference (2022), Online, 2022.3, Poster

3.2.5 国内集会発表

3.2.5.1 招待講演

- 斎藤貴之* “銀河衝突、爆発的星形成、星団形成” 様々なスケールの衝突流による誘発的星形成 ~大質量星から超大質量星団まで~, オンライン, 2021.7, 口頭
- 大川初音, 戸田瑞乃, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 長谷川直 “ラブルパイル天体上の衝突クレーターから

- のボルダー放出過程” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, 口頭
- ・斎藤貴之*, 行方大輔, 岩澤全規*, 平居悠, 細野七月*, 野村昂太郎, 坪内美幸, 牧野淳一郎*, 岡本崇, 藤井通子, 平島敬也 “次世代銀河形成シミュレーションへ向けて” 第 15 回アクセラレーション技術発表討論会「富岳による高度科学技術計算」, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・細野七月* “富岳で行う月形成シミュレーション” STE シミュレーション研究会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・中村昭子* “塵・レゴリス模擬物の圧密実験” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, 口頭
 - ・牧野淳一郎* “スーパーコンピューター「富岳」と宇宙物理・惑星科学” 日本天文学会 2021 年春季年会企画セッション Z3, オンライン, 2022.3, 口頭

3.2.5.2 招待講演以外 (学会)

- ・堀川和洋, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 白井慶, 長谷川直 “小惑星衝突時の運動量輸送に関する実験的研究” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・塩本純平, 長足友哉, 中村昭子* “タギシュ・レイク隕石微小片の衝突破壊実験に向けて” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・樫村博基*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 高木征弘, 杉本憲彦, 小郷原一智, 黒田剛史, 中島健介, 石渡正樹, 高橋芳幸*, 林祥介* “全球非静力学金星大気モデルの開発: 簡易金星計算” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, 口頭
- ・石田紗那, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 白井慶, 堀川和洋 “層構造試料を用いた衝突破壊実験: デジタル画像相関法による衝突破片速度分布の計測法の開発” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・中村昭子*, 榛沢悠樹, 大村知美, 長谷川直 “弾丸衝突実験によるコンドライト模擬物の空隙率変化の研究” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・江口裕樹, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 笹井遥 “低空隙多孔質氷標的を用いた高速度衝突実験: 運動量輸送およびクレーター形成過程に関する実験的研究” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・野村啓太, 中村昭子*, 長谷川直 “天体の脱出速度に達する高速度岩石エジェクタに関する実験的研究” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・豊田優佳里, 荒川政彦*, 保井みなみ* “土星リング粒子を模擬した多孔質氷球の低速度衝突実験: 反発係数及び付着特性に対する空隙率依存性” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, 口頭
- ・細野七月* “富岳で行う天体衝突の SPH 計算” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, ポスター
- ・笹井遥, 保井みなみ*, 荒川政彦*, 白井慶 “彗星核を模擬した多孔質氷に対する高速度衝突実験: 衝突残留熱へのエネルギー分配率” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, 口頭
- ・前田夏穂, 大槻圭史*, 末次竜, 町田正博 “巨大惑星系へのガス・微小粒子供給と衛星形成” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, 口頭
- ・笈楽磨* “福島県沖で発生する地震による波動場の比較” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会, オンライン, 2021.6, 口頭
- ・中村昭子* “Experimental study of size and composition dependence of dust cohesion and collision process” 新学術領域「星惑星形成」後半戦キックオフミーティング, オンライン, 2021.7, 口頭
- ・前田夏穂, 寺居剛, 大槻圭史*, 吉田二美, 石原昂将, 出山拓門 “すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam を用いたメインベルト小惑星の観測とサイズ分布の測定” 2021 年度 第 51 回天文・天体物理若手夏の学校, オンライン, 2021.8, 口頭
- ・長野巧, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 石田紗那, 長谷川直 “フラッシュ X 線による衝突破片の速度-質量分布の計測: 粘土を用いた延性標的の衝突破壊実験” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
- ・横田優作, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 山本裕也, 大川初音 “レゴリス起伏地形の緩和に対するクレータ

- 一と非対称エジェクタカーテンの影響” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
- ・野村啓太, 中村昭子*, 白井慶, 長谷川直 “高速度衝突による微小クレーターの形状” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
 - ・山本裕也, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 長谷川直, 横田優作, 大川初音 “小惑星上の低強度粗粒レゴリス層を伝播する衝突励起地震波” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
 - ・樫村博基*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 小郷原一智, 黒田剛史, 中島健介, 石渡正樹, 高橋芳幸*, 林祥介* “全球非静力学火星大気大循環モデルの開発：地形あり計算” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・石田紗那, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 白井慶, 長谷川直, 長野巧, 堀川和洋 “層構造含水微惑星の模擬物質への衝突実験：デジタル画像相関法による標的内部の粒子速度分布の計測” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
 - ・豊田優佳里, 荒川政彦*, 保井みなみ* “多孔質氷球の超低速度衝突における非弾性衝突メカニズムと付着境界速度” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・中村誠人, 保井みなみ*, 荒川政彦* “熱進化した氷微惑星の斜め衝突に関する実験的研究” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
 - ・笹井遥, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 白井慶 “氷微惑星上の高速衝突により発生する衝突残留熱の定量的評価” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
 - ・長足友哉, 中村昭子* “隕石粒子の低付着力が示唆する小惑星表面粒子の可動性” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・前田夏穂, 大槻圭史*, 末次竜, 町田正博, 谷川享行 “鉛直降着流による巨大惑星の周惑星円盤への衛星材料物質供給” 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021.9, ポスター
 - ・樫村博基*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 高木征弘, 杉本憲彦, 小郷原一智, 黒田剛史, 中島健介, 石渡正樹, 高橋芳幸*, 林祥介* “全球非静力学金星大気モデルの開発” 日本流体力学会 年会 2021, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・奥地拓生, 富岡尚敬, 瀬戸雄介*, 梅田悠平, 山田武, 玉造博夢, 柴田薫 “非晶質微粒子の高温水質変成過程の中性子準弾性散乱” 日本鉱物科学会 2021 年会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・藤井通子, Long Wang, 斎藤貴之*, 服部公平, 平居悠 “Formation of the Orion Nebula Cluster” 日本天文学会 2021 年秋季年会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・平島敬也, 森脇可奈, 藤井通子, 斎藤貴之*, 牧野淳一郎* “深層学習を用いた超新星爆発によるシェル膨張の予測” 日本天文学会 2021 年秋季年会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・山崎和仁*, 谷島尚宏 “非平衡特異点と分岐：数理生物学への応用” 2021 年度 日本数理生物学会 年会, オンライン, 2021.9, 口頭
 - ・大内智博, 肥後祐司, 丹下慶範, 瀬戸雄介*, 入船徹男 “高圧下における破壊現象の解明を目指した応力・歪の高速時分割測定技術の開発” 第 62 回高圧討論会, アクリエひめじ, 2021.10, 口頭
 - ・尾崎典雅, 佐藤友子, 瀬戸雄介*, 新田蒼真, 片桐健登, 中村浩隆, 佐野孝好, 兒玉了祐, 奥地拓生, 宮西宏併, 末田敬一, 富樫格, 犬伏雄一, 藪内俊毅, 矢橋牧名, 大村訓 “レーザー衝撃圧縮による液体金属シリコンに関する研究” 第 62 回高圧討論会, アクリエひめじ, 2021.10, 口頭
 - ・瀬戸雄介* “衝撃圧縮下における多結晶試料の格子歪み解析” 第 62 回高圧討論会, アクリエひめじ, 2021.10, 口頭
 - ・梅田悠平, 奥地拓生, 関根利守, 佐野孝好, 犬伏雄一, 片桐健登, 兒玉了祐, 宮西宏併, 瀬戸雄介*, 清水健二, 篠田圭司, 末田敬一, 富樫格, 富岡尚敬, 藪内俊毅, 尾崎典雅 “レーザー衝撃圧縮法で再現する高速天体衝突極限環境における含水鉱物の高圧物性計測と時間分解構造観察” 第 62 回高圧討論会, アクリエひめじ, 2021.10, 口頭
 - ・片桐健登, 尾崎典雅, DRESSELHAUS-MARAIS Leora, EGGERT Jon H, 犬伏雄一, 松岡健之, 宮西宏併, 西山宣正, 末田敬一, 関根利守, 瀬戸雄介*, 丹下慶範, 入船徹男, 富樫格, 梅田悠平, 矢橋牧名, 藪内俊毅, 兒玉了祐 “X 線自由電子レーザーによるナノ多結晶ダイヤモンド超高速変形その場観察” 第 62 回高圧討論会, アクリエひめじ, 2021.10, ポスター
 - ・高木壮大, 一柳光平, 興野純, 川 伸明, 野澤俊介, 尾崎典雅, 瀬戸雄介*, 奥地拓生, 新田蒼真, 岡田慧, 宮西宏併, 末田敬一, 富樫格, 藪内俊毅 “Phase transition and melting in zircon by nanosecond shock loading” 第 62 回高圧討論会, アクリエひめじ, 2021.10, ポスター

- ・中村浩隆, 小倉広之, 上林大介, 上村拳生, 村山大輔, RAPP Ludovic, GAMALY Eugene, RODE Andrei, 松岡健之, 寒河江大輔, 瀬戸雄介*, 菖蒲敬久, 染川智弘, 富永亜希, PIKUZ Tatiana, 兒玉了祐, 尾崎典雅 “ベッセルビーム微小爆発による透明結晶内部での高压物質凍結に関する研究” 第 62 回高压討論会, アクリエひめじ, 2021.10, ポスター
- ・笈楽磨* “青森県東方沖の地震があぶり出す東北日本と北海道の減衰構造の違い” 日本地震学会秋季大会, オンライン, 2021.10, 口頭
- ・塩本純平, 中村昭子*, 野村啓太, 長足友哉, 長谷川直 “タギシュ・レイク隕石微小片及び模擬物 (UTPS-TB) の衝突破壊実験” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, 口頭
- ・木内真人, 岡本尚也, 長足友哉, 長谷川直, 中村昭子* “模擬低重力下での高速度衝突クレーター形成実験 II” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, 口頭
- ・野村啓太, 中村昭子*, 長谷川直 “10 km/s 越高速衝突による微小クレーター形成実験” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, 口頭
- ・豊田優佳里, 荒川政彦*, 保井みなみ* “土星リング粒子を模擬した多孔質氷球の低速度衝突実験: 反発係数及び付着特性に対する空隙率の影響及び非弾性衝突のメカニズム” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, 口頭
- ・江口裕樹, 保井みなみ*, 荒川政彦*, 笹井遥 “熱進化した氷微惑星を模擬した圧密標的上のクレーター形成実験” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, ポスター
- ・山口祐香理, 野村啓太, 中村昭子* “蛇紋岩・氷標的からの高速度エジェクタの観察” 天体の衝突物理の解明 (XVII) ～小天体進化における圧密過程の役割～, オンライン, 2021.11, ポスター
- ・樫村博基*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 高木征弘, 杉本憲彦, 小郷原一智, 黒田剛史, 中島健介, 石渡正樹, 高橋芳幸*, 林祥介* “全球非静力学金星大気モデルの開発: 簡易金星計算” 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 150 回講演会, オンライン, 2021.11, 口頭
- ・高橋芳幸*, はしもとじょーじ, 石渡正樹, 倉本圭, 樫村博基*, 林祥介* “金星大気の放射計算と放射対流平衡実験” 日本気象学会 2021 年度秋季大会, 三重大学 (ハイブリッド), 2021.12, 口頭
- ・樫村博基*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 小郷原一智, 黒田剛史, 中島健介, 石渡正樹, 高橋芳幸*, 林祥介* “全球非静力学火星大気大循環モデルの開発: 地形あり計算” 日本気象学会 2021 年度秋季大会, 三重大学 (ハイブリッド), 2021.12, ポスター
- ・細野七月* “スーパーコンピュータ富岳上での MPI 集団通信性能の評価” 第 182 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, オンライン, 2021.12, 口頭
- ・樫村博基*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 小郷原一智, 黒田剛史, 中島健介, 石渡正樹, 高橋芳幸*, 林祥介* “全球非静力学火星大気計算: 地域性・季節性の解析” 「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム, オンライン, 2022.1, 口頭
- ・笈楽磨* “島弧の地下構造が生み出す偏ったゆれ” 第 275 回神戸大学 RCUSS オープンゼミナール, オンライン, 2022.2, 口頭
- ・中村昭子*, 塩本純平, 長足友哉 “Tagish Lake 隕石片の空隙率と衝突破壊閾値: D 型小惑星の衝突進化への示唆” 令和 3 年度 高知大学海洋コア総合研究センター共同利用・共同研究成果発表会, オンライン, 2022.2, 口頭
- ・細野七月*, 富田賢吾, 牧野淳一郎* “Parallel performance of FDPS and Athena++ on Fugaku” The 4th R-CCS International symposium, オンライン, 2022.2, ポスター
- ・長足友哉, 中村昭子*, 長谷川直, 和田浩二 “粉体流中のダストクラスター成長に対するダストサイズの効果” 令和 3 年度 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, オンライン, 2022.2, 口頭
- ・保井みなみ*, 山本裕也, 柿木玲亜, 横田優作, 大川初音, 荒川政彦*, 長谷川直 “ラブルパイル小惑星模擬層のクレーター形成実験” 令和 3 年度宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, オンライン, 2022.3, 口頭
- ・平島敬也, 森脇可奈, 藤井通子, 平居悠, 斎藤貴之*, 牧野淳一郎* “銀河形成シミュレーション高解像度化に向けた深層学習・CV による超新星爆発のシェル膨張予測” 日本天文学会 2022 年春季年会, オンライン, 2022.3, 口頭
- ・藤井通子, Long Wang, 斎藤貴之*, 服部公平, 平居悠 “Orion Nebula の形成と大質量星の運動について

- て” 日本天文学会 2022 年春季年会, オンライン, 2022.3, 口頭
- ・大槻圭史* “巨大惑星周惑星円盤へのガス降着の解析及び原始惑星 hit-and-run 衝突のシミュレーション” 新学術領域「星・惑星形成」2021 年度大研究会, 名古屋大学 (ハイブリッド), 2022.3, 口頭
 - ・野村啓太, 中村昭子*, 長谷川直 “多孔質標的への高速度衝突による微小クレーター形成実験” 令和 3 年度 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, オンライン, 2022.3, 口頭
 - ・木内真人, 岡本尚也, 長足友哉, 長谷川直, 中村昭子* “微小重力下での高速度衝突クレーター形成実験 III” 令和 3 年度 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, オンライン, 2022.3, 口頭
 - ・石田紗那, 荒川政彦*, 保井みなみ*, 長野巧, 白井慶, 長谷川直 “熱進化する微惑星の衝突破壊とそのフラッシュ X 線観測” 令和 3 年度宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, オンライン, 2022.3, 口頭

3.2.5.3 招待講演以外 (一般)

なし

(*は神戸大学大学院理学研究科教員)

3.3 外部資金獲得状況

科学研究費など研究助成一覧

3.3.1 科学研究費：研究代表者

研究種目	研究課題名（課題番号）	研究代表者	直接経費配 分額 (千円)	間接経費配 分額（千 円）
新学術領域研究（研究領域提案型）	巨大惑星近傍でのガスと固体粒子の相互作用（21H00043）	大槻 圭史	1,500	600
新学術領域研究（研究領域提案型）	ダスト付着力のサイズ・組成依存性と衝突過程の実験的研究（21H00044）	中村 昭子	4,000	1,200
新学術領域研究（研究領域提案型）	カッシーニ画像データ解析による土星中型氷衛星の熱進化史の解明（20H04614）	平田 直之	2,000	600
基盤研究(S)	あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌（19H05605）	林 祥介	28,300	8,490
基盤研究(A)	衝突破壊の超高速 X 線トモグラフィーによる小惑星族の多様性に関する研究（19H00719）	荒川 政彦	7,900	2,370
基盤研究(B)	原始太陽系を模擬した浮遊溶融システムの新規開発（18H01268）	瀬戸 雄介	1,400	420
基盤研究(B)	専用装置による小天体衝突過程重力依存性の実証的研究（21H01148）	中村 昭子	9,400	2,820
基盤研究(C)	アクセラレータ上で動作する粒子系シミュレータ開発フレームワークの開発（21K11930）	牧野 淳一郎	100	30
基盤研究(C)	微小重力実験による小天体レゴリス上のクレータースケール則の構築（18K03723）	中村 昭子	9,400	2,820
基盤研究(C)	球状星団の元素組成異常の起源の解明（21K03614）	斎藤 貴之	1,200	360
基盤研究(C)	金星下層大気の大規模構造の数値的探究（21K03644）	高橋 芳幸	1,300	390
基盤研究(C)	非静力学金星大気大循環モデルの開発と雲層大規模構造における熱対流の役割解明（20K04062）	檜村 博基	500	150
基盤研究(C)	アクセラレータ上で動作する粒子系シミュレータ開発フレームワークの開発（21K11930）	細野 七月	100	30

挑戦的研究 (萌芽)	デジタル画像相関法を用いた衝突破片速度分布の解析と氷接触連星の形成過程への応用 (21K18654)	保井 みなみ	2,300	690
若手研究	原始地球のマグマオーシャンが、巨大衝突と地球-月系の形成に与える影響の評価 (19K14826)	細野 七月	300	90
若手研究	はやぶさ2画像データをつかった、現在・過去の自転状態の解析と表層進化の解明 (20K14538)	平田 直之	4,000	120

3.3.2 科学研究費：研究分担者

研究種目	研究課題名 (課題番号)	研究代表者 (所属機関)	研究分担者	直接経費配分額 (千円)	間接経費配分額 (千円)
新学術領域研究 (研究領域提案型)	水惑星学創成に向けた太陽系探査 (17H06459)	臼井 寛裕 (宇宙航空研究開発機構)	荒川 政彦	800	240
新学術領域研究 (研究領域提案型)	太陽系天体における水・物質循環のモデリング (17H06457)	玄田 英典 (東京工業大学)	高橋 芳幸	800	240
基盤研究(A)	衝突破壊の超高速 X線トモグラフィによる小惑星族の多様性に関する研究 (19H00719)	荒川 政彦 (神戸大学)	保井みなみ	1,400	420
基盤研究(B)	「福島を伝える」ICT教材開発と評価 (20H01625)	土井 妙子 (金沢大学)	牧野淳一郎	300	90
基盤研究(B)	地球型系外惑星の気候多様性の解明および気候状態に基づく惑星積量の推定 (19H01947)	石渡 正樹 (北海道大学)	高橋 芳幸	50	15
基盤研究(B)	地球流体力学的アプローチによる木星型惑星大気の研究 (21H01155)	竹広 真一 (京都大学)	高橋 芳幸	200	60
基盤研究(B)	銀河シミュレーションで探る星団起源ブラックホール連星の宇宙史 (19H01933)	藤井 通子 (東京大学)	斎藤 貴之	50	15
基盤研究(C)	量子振動による遍歴する $j=3/2$ フェルミオンの検出 (21K03448)	野原 実 (広島大学)	播磨 尚朝	300	90
基盤研究(C)	計算機の中の惑星探査：計算機の中の惑星リングの実現にむけて (18K11334)	台坂 博 (一橋大学)	牧野淳一郎	50	0
基盤研究(C)	計算機の中の惑星探査：計算機の中の惑星リングの実現にむけて (18K11334)	台坂 博 (一橋大学)	大槻 圭史	50	0

基盤研究(C)	分化小惑星上の水から読み解く太陽系衝突の歴史 (20K04055)	長谷川 直 (宇宙航空研究開発機構)	中村 昭子	250	75
基盤研究(C)	銀河中心考古学：天の川銀河の棒状構造はいつ形成され、どのように進化してきたのか？ (21K03633)	馬場 淳一 (国立天文台)	斎藤 貴之	300	90
国際共同研究強化(B)	EBSD の新展開によって拓く断層岩の微細組織学 (20KK0079)	Wallis R・Simon (東京大学)	瀬戸 雄介	150	45

3.3.3 その他の研究助成

研究助成・委託機関	研究題目	研究代表者	研究分担者	金額 (千円)
受託研究 文部科学省高性能汎用計算機高度利用事業費補助金	「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統合的描像の構築」	牧野 淳一郎	林 祥介	40,340
受託研究 国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構	高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発 革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発・FPGA IP と可変精度演算コアの融合による超低消費電力エッジヘビーコンピューティング向け SoC の研究開発	牧野 淳一郎		38,000
受託研究 宇宙航空研究開発機構	有人と圧ローバ構造評価に向けた高速衝突試験の実施	荒川 政彦		858
受託研究 宇宙航空研究開発機構	HTV-XG 構造評価に向けた高速衝突試験の実施	荒川 政彦		858
受託研究 宇宙航空研究開発機構	HTV-XG 構造評価に向けた高速衝突試験の実施 (その2)	荒川 政彦		858
共同研究 大学共同利用機関法人自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター	CPS と推進する惑星科学研究における新グループ形成プログラム	牧野 淳一郎 林 祥介		4,000
奨学寄附金 国立研究開発法人理化学研究所 公益財団法人計算科学振興財団研究教育拠点(COE) 形成推進事業	ポスト「京」、ポスト・ポスト「京」をみすえたハードウェア・アルゴリズム・ソフトウェアの総合的研究	林 祥介		5,100
奨学寄附金 日揮・実吉奨学会 2021年度研究助成	小惑星への小天体衝突により発生する地震動を用いた内部構造探査に関する実験的研究	保井 みなみ		2,000
奨学寄附金 尾林 優	理学研究科奨学寄附金	牧野 淳一郎		110

3.4 特記事項

3.4.1 プレスリリース

- ・保井 みなみ
「小惑星で起こった衝突残留熱が、地球の水や生命材料を生み出す水質変成や有機物合成を引き起こすか」 2021.5.18
https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2021_05_18_01.html
- ・林 祥介、櫻村 博基
「金星大気中の自発的な波の励起を初めて再現」 2021.6.18
https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2021_06_18_01.html
- ・牧野 淳一郎
「PFN の深層学習用スーパーコンピュータ MN-3、省電力性能ランキング Green500 で再び世界 1 位を獲得」 2021.6.28
https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/collaborations/2021_06_28_02.html
「PFN の深層学習用スーパーコンピュータ MN-3、39.38GFlops/W の電力効率を記録し Green500 ランキングで 3 度目の世界 1 位を獲得」 2021.11.16
https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/collaborations/2021_11_16_01.html
- ・瀬戸 雄介
「天体衝突を記録する結晶の生成を超高速度計測 —レーザー衝撃圧縮実験による太陽系史の読解—」 2021.7.14
https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2021_07_14_01.html

3.4.2 記事

- ・保井 みなみ
Mycom・Mirage News・AlphaGalileo・Innovation News Network・Phys.org・EurekAlert!・Bioengineer.org・ScienMag・Universe Today 「神戸大、小惑星の表面でも小天体の衝突で有機物の合成が起こることを確認」, 「Did heat from impacts on asteroids provide ingredients for life on Earth?」 他
- ・牧野 淳一郎
マイナビ Tech+、MONOist 「PFN、深層学習用プロセッサ「MN-Core」用コンパイラを開発」 他 2021/6/14
IT Leaders、HPC wire JAPAN 「Preferred Networks のスパコン「MN-3」が電力当たり性能の「Green500」で 3 度目の 1 位に」 他 2021/11/16
- ・林 祥介、櫻村 博基
マイナビ Tech+ 「神戸大など、シミュレーションで金星大気中の“波”の励起の再現に成功」 2021/6/20
- ・荒川 政彦
東京新聞夕刊 「小惑星の衝突から地球を守れ 9 月に米探査機の体当たりで軌道を変える世界初の実験」 2022/1/4

3.4.3 総説・解説

万田 敦昌, 西本 秀祐, 雨宮 新, 川畑 拓矢, 伊藤 純至, 樫村 博基* 「第 21 回非静力学モデルに関するワークショップ開催報告」日本気象学会 学会誌「天気」 68 巻 5 号 pp263 2021.5
 Akiko M. Nakamura, Patrick Michel 9th workshop on Catastrophic Disruption in the Solar System (CD9), Planetary and Space Science 202 巻 2021.8

保井 みなみ 「惑星ラボからこんにちは! その 3 ～神戸大学 実験惑星科学研究室～」
 遊・星・人 (日本惑星科学学会学会誌) 30 巻 2 号 pp74-76 2021.6

牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.100)」 科学 91 巻 4 号 pp365-368 2021.4
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.101)」 科学 91 巻 5 号 pp497-500 2021.5
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.102) (特集 被曝影響評価をめぐる問題群)」 科学 91 巻 6 号 pp592-594 2021.6
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.103)」 科学 91 巻 7 号 pp655-658 2021.7
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.104)」 科学 91 巻 8 号 pp807-811 2021.8
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.105)」 科学 91 巻 9 号 pp861-863 2021.9
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.106)」 科学 91 巻 10 号 pp946-949 2021.10
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.107)」 科学 91 巻 11 号 pp1034-1038 2021.11
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.108)」 科学 91 巻 12 号 pp1127-1131 2021.12
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.109)」 科学 91 巻 1 号 pp19-22 2022.1
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.110)」 科学 91 巻 2 号 pp159-162 2022.2
 「3.11 以後の科学リテラシー(no.111)」 科学 91 巻 3 号 pp191-195 2022.3

3.4.4 取材協力 他

・ 樫村 博基

fromページ社 夢ナビ講義 Video 「惑星天気予報：金星は今日も曇り、火星は砂嵐でしょう。」
 2021.6

第 15 回神戸大学ホームカミングデー 理学部惑星学科研究紹介ビデオ「金星大気の巨大筋上構造：金星探査機『あかつき』による発見と数値シミュレーションによる再現」 2021.10.30～11.30

兵庫県立長田高校 高大連携講座講師 「惑星天気予報：金星は今日も曇り、火星は砂嵐でしょう。」
 2021.11.19

・ 荒川 政彦

fromページ社 夢ナビ講義 TALK 「惑星探査から明らかにされる小惑星の起源」 2021.7

・ 大槻 圭史

NHK コズミックフロント NEXT 出演 2021.7

3.5 共同研究・研究交流（地域との連携を含む）

研究代表者名	研究課題	共同研究先	研究分担者名
牧野 淳一郎	高性能コンピュータシステム PEZY-SC2 の性能評価、ソフトウェア実装に関する研究	株式会社 ExaScaler	山浦 優気
林 祥介	AFES を用いた金星・火星大気の高解像度大循環シミュレーション	(JAMSTEC 地球シミュレータ利用課題)	松田佳久, 石渡 正樹, 杉本 憲彦, 高木 征弘, はしもと じょーじ, 高橋 芳幸, 樫村 博基, 中島 健介, 藤澤 由貴

			子, Jianyu Liang, 上田 翔士
林 祥介	地球流体における、知見集積、数値モデル開発、データ解析可視化ツール開発とそれらの研究教育活動への提供	地球流体電脳倶楽部	堀之内武, 石渡正樹, 杉山耕一郎, 石岡圭一, 塩谷雅人, 竹広真一, 高橋芳幸, 西沢誠也, 中島健介, 乙部直人, 檜村博基, はしもとじょーじ, 村上真也, 佐々木洋平
林 祥介	系外惑星も含めた惑星気候多様性に関する数値実験	地球流体電脳倶楽部	林祥介, 竹広真一, 高橋芳幸, 中島健介, 倉本圭, 石渡正樹, 佐々木 洋平, 杉山耕一郎, はしもとじょーじ, 河合佑太, 大淵済
石渡 正樹 (北海道大学)	系外惑星も含めた惑星気候多様性に関する数値計算: 陸惑星のハビタビリティに関する考察	(国立環境研究所スーパーコンピュータ利用課題)	林祥介, 中島健介, 河合佑太
中村 正人 (宇宙科学研究所)	「あかつき」科学チーム	宇宙科学研究所 / JAXA	中村正人, 佐藤毅彦, 檜村博基他多数