

2020 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)

2021 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、2020年度は特に以下の4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、「京」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、ポスト「京」(「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. 惑星探査コンソーシアム推進事業

太陽系探査計画におけるミッションの企画・創出とそれを担う人材育成を目的とした「惑星探査コンソーシアム」計画をリードする。

### 3. 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。

### 4. ネット図書館事業

上記1-3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。さらに、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」を設置し、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、文部科学省委託研究事業「富岳成果創出加速プログラム」に新規に採択され、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「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「系外惑星大気の観測とモデリング」(2021年3月1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10・11日、15

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、2020 年 6 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。

太陽系探査計画を推進するための環境整備やこれを担う人材育成に向けての活動については、日本学術会議の大型計画 2020 の一つとして日本惑星科学会と地球電磁気・惑星圏学会が連名で申請した「惑星探査コンソーシアム」計画の提案幹事として貢献しました。提案後も、JAXA/宇宙科学研究所並びに東北大学惑星プラズマ・大気研究センターや国立天文台等と関係諸機関と連携し、計画の具体化に向けての議論検討を続けています。

今年度は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 3 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。

2021 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 人事異動 .....	5
1.5 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 .....	9
3.1 概要 .....	9
3.2 業績リスト.....	13
3.2.1 査読つき論文 .....	13
3.2.2 査読なし論文 .....	16
3.2.3 著書.....	17
3.2.4 国際集会発表 .....	17
3.2.4.1 招待講演 .....	17
3.2.4.2 招待講演以外 .....	18
3.2.5 国内集会発表 .....	20
3.2.5.1 招待講演 .....	20
3.2.5.2 招待講演以外（学会） .....	20
3.2.5.3 招待講演以外（一般） .....	23
3.3 外部資金獲得状況.....	24
3.4 特記事項 .....	27
3.4.1 受賞 .....	27
3.4.2 広報.....	27
3.4.3 解説・記事.....	27
3.4.4 共催企画 .....	28
3.4.5 取材協力 .....	28
3.5 共同研究・研究交流（地域との連携を含む） .....	28

# 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* (8月-)	瀬戸 雄介 山崎 和仁 保井 みなみ 檜村 博基	笥 楽磨 臼井 文彦* (-7月) 平田 直之 野村 昂太郎* (-1月) 細野 七月* (4月-)	上野 宗孝	岩澤 全規 (5月-)	上田 翔士* (4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
石渡 正樹	北海道大学大学院理学研究院理学院 教授
伊藤 孝士	国立天文台 助教
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
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理学院 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	東京工業大学大学院理工学研究科 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システム自然科学研究科 准教授
観山 正見	広島大学 学術室 特任教授
村上 真也	慶應義塾大学 自然科学研究教育センター 研究員
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  
 山口 良恵  
 木村 由記子 (惑星学専攻計算惑星学教育研究分野) 2月まで  
 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 人事異動

内容	氏名	役職	異動月日	異動元/先機関・職
着任	細野 七月	特命助教	2020. 04. 01	海洋研究開発機構 特任技術研究員
着任	上田 翔士	教育研究補佐員	2020. 04. 01	京都大学 特定研究員
退職	臼井 文彦	特命助教	2020. 07. 31	JAXA 宇宙科学研究所 主任研究開発員
着任 (兼任)	永井 智哉	特命准教授	2020. 08. 01	高エネルギー加速器研究機構 特別技術専門職 (クロスアポイントメント)
退職	野村昂太郎	特命助教	2021. 01. 31	インテル株式会社

### 1.5 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, 上井 進也

## 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
2020年6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1回） オンライン開催 参加人数：30名
2020年8月19日	FDPS 初級講習会 オンライン オンライン開催 参加人数：27名
2020年9月2日・30日	理研データ同化オンラインスクール（基礎編） オンライン開催 参加人数：69名
2020年9月8日	第1回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：27名
2020年9月23日	第2回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：32名
2020年10月14日	第3回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：29名
2020年10月27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2回） オンライン開催 参加人数：30名
2020年11月16日	第4回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：32名
2020年11月25日	第5回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：25名
2020年12月4日	第6回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：31名
2020年12月7日	第7回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：19名
2020年12月25日	第8回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：20名
2021年1月12日	第9回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：19名

2021年1月21日	第10回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：10名
2021年1月28日 - 29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：124名
2021年3月1日	CPS & ABC ワークショップ「系外惑星大気の観測とモデリング」 オンライン開催 参加人数：41名
2021年3月10日-11日, 15日	金星大気の観測・シミュレーション・データ同化に関する研究会 オンライン開催 参加人数：53名
2021年3月10日-12日 22日-23日	国立天文台・天文シミュレーションプロジェクト (CfCA) 2020年度流体学校 オンライン開催 参加人数：115名
2021年3月18日	第11回 金星大気「温故知新」セミナー オンライン開催 参加人数：36名
2021年3月24日 - 26日	第13回探査データ解析実習会 オンライン開催 参加人数：19名
2021年3月29日 - 31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：57名

## 2.2 セミナー

年月日	講演者	所属	セミナータイトル
2020年 4月22日	安藤 紘基	京都産業大学理学部宇宙物理気象学科	複数の小型衛星を用いた金星衛星間電波掩蔽観測に関する検討
2020年 6月9日	中川 広務	東北大学大学院理学研究科・理学部地球物理学専攻	予想外に温かい火星夜側中間圏
2020年 6月16日	野村 昂太郎	神戸大学大学院理学研究科惑星科学研究センター	相互作用計算カーネルジェネレータ PIKG の開発と N 体および SPH カーネルの富岳向け最適化
2020年 6月22日	伊藤 祐一	ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン	過酸化水素による酸化的古火星環境における温暖化
2020年 6月25日	齊藤 大晶	北海道大学大学院理学研究院宇宙理学専攻 惑星宇宙グループ	ray tracing 法を用いた爆発的噴火により励起されたインフラサウンド観測信号の同定
2020年 7月10日	TASKER Elizabeth	JAXA 宇宙科学研究所	Filling in the gaps: imputing the missing properties of exoplanets with machine learning

2020年 7月20日	平居 悠	理化学研究所 計算科学研究センター	銀河シミュレーションで探る元素の起源と銀河進化
2020年 8月3日	石橋 俊之	気象庁気象研究所 気象観測研究部 第3研究室	数値天気予報のための全球大気解析の高精度化に関する研究
2020年 10月6日	今村 剛	東京大学大学院新領域創成科学研究科	惑星大気のスーパーローテーション
2020年 10月8日	堀之内 武	北海道大学 地球環境科学研究院	金星大気の超回転の維持機構について: あかつきからの示唆
2020年 10月22日	藤井 友香	国立天文台科学研究部	系外惑星の大気観測と地球型惑星への展開: 中間赤外領域の可能性
2020年 11月27日	佐川 英夫	京都産業大学理学部	金星大気微量成分の観測: 近年の観測成果と今後の展開
2020年 12月3日	成田 憲保	東京大学大学院総合文化研究科 附属先進科学研究機構	TESSによるトランジット惑星探査の最新成果
2020年 12月10日	佐藤 薫	東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻	ブリュワー・ドブソン循環のクライマトロジーと重力波の寄与
2020年 12月16日	相木 秀則	名古屋大学 宇宙地球環境研究所	大気と海洋の波動エネルギーのライフサイクル解析による熱帯気候変動メカニズムの解明

## 3 研究活動と成果

### 3.1 概要

(牧野)

#### 計算惑星学

今年度は、富岳成果創出加速プログラム「計算宇宙惑星」の代表として、惑星科学・宇宙科学における大規模シミュレーション研究を推進した。さらに、スーパーコンピュータ「富岳」向けの銀河形成シミュレーションコード、惑星形成シミュレーションコードの最適化を共同研究者と進めた。また、NEDO からの委託研究「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」を株式会社 Preferred Networks と共同で進めている。

(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を継続して主催している。モデルの開発研究は高橋芳幸准教授・樫村博基講師に加え全国の関係者と共同して行っており、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/dcmoel/> に公開している。今年度は、上記枠組みの上で長年推進している水惑星気候学を中核とする地球型惑星の多様性に関する数値実験を進め、その天文観測可能性に関する考察をまとめた。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、樫村博基講師の協力も得て、その活動を立ち上げた。さらに、牧野淳一郎教授と協力して計算惑星科学の振興につとめ、その一環として「富岳」の活用を念頭に置いた、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組織して活動を展開した。特に、その惑星気象計算においては樫村博基講師らとともに火星大気の全球非静力高解像度計算を進めた。

(荒川)

#### リング粒子や小天体の衝突現象に関する実験的研究

小惑星探査機「はやぶさ2」が行った小型搭載型衝突装置による宇宙衝突実験の結果を解析して、弾丸衝突時に発生した衝突励起振動の領域を明らかにした。さらに、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、低強度粗粒レゴリス層、起伏を持つレゴリス層への衝突実験やクレーター形成時の巨大ボルダーの移動に関する研究を行った。また、小天体やリング粒子の衝突の物理素過程を明らかにするため、フラッシュ X 線や高速カメラによる DIC 法を用いた衝突破片の質量・速度分布の計測、低強度天体や雪天体の衝突破壊実験及び雪球の反発係数の測定を行った。

(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、国際研究会で招待講演を担当した。また土星リングの最小粒子サイズが吸着で説明できる可能性があることを明らかにした。この他、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、すばる望遠鏡の広視野カメラ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)”を開始し、第一成果として木星トロヤ群小惑星の自転角速度分布に関する論文を投稿した。

(播磨)

#### 多極子伝導系の物理の推進

(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。

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発足させ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として採択された(「月面インフラ構築のコア技術に関する研究開発」)研究開発活動を開始した

(大道)

#### 磁性体・超伝導体の強磁場物性の研究

(斎藤)

#### 銀河形成過程のシミュレーション研究

今年度、富岳を用い、恒星スケールまで分解した超高分解能銀河形成シミュレーションを行うためのコード開発を共同研究者とともにおこなった。コードパフォーマンス測定のために富岳全系利用に申請し、富岳全系での実行に成功した。

(高橋)

#### 惑星大気放射モデルの構築

惑星大気の鉛直構造を支配する主要な過程の一つは放射伝達であり、その効果を正確に評価する必要がある。しかし、そのためには気体の放射特性の実験室データが必要であり、また、高い波数解像度での計算が必要となるため膨大な計算コストがかかる。本研究では、近年取得された実験室データと大型計算機を用いて、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を構築した。今後さらなる計算量の削減に取り組むことで惑星の気候の研究に利用していく予定である。

(永井)

#### 富岳加速・計算宇宙惑星プロジェクトのマネジメント

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協定を結び、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。

(中村)

#### フラッシュ X線を用いたダストクラスターの充填率の研究

フラッシュ X線透過画像を用いて球形及び不規則形状粒子の自由落下粒子流中に形成されるクラスターの充填率を推定した。この充填率から、クラスターを構成する粒子同士の配位数が6以下であることが示唆された。また、不規則な粒子の流れは、球形粒子の流れよりも速くクラスターに進化し、より低い充填率でより大きなサイズのクラスターを形成することがわかった。クラスターの充填率は、粒子流の落下距離とともに指数関数的に減少し、その特徴的な落下距離が粒子同士の反発係数によることを解析的に示した。

(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) の開発および高密度星団シミュレーションソフトウェア PETAR の開発

本年度は主に FDPS の開発を行うとともに、積分法に Particle-Particle

Particle-Tree 法を用いた高密度星団のためのソフトウェア、PETAR の開発を行った。PETAR では相互作用の遠距離力成分は FDPS を用いた並列 Tree 法を用いている。また、近傍粒子探索も FDPS で行っており、そのために FDPS に新しい近傍粒子探索のモードを付け加えた。PETAR を用いて行った高密度星団のシミュレーションの結果は従来から、広く使われてきたコード NBODY6++GPU を用いた時の結果と非常によく一致し、また百万体の星団のシミュレーションでは 10 倍程度高速に動作する事が分かった。PETAR を用いることで現実的な高密度星団のシミュレーションが可能になると考えられる。

(樫村)

### 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、大型計算機「富岳」上での試計算を実施した。また金星大気の全球非静力学の開発にも着手した。静力学モデルとして実績のある AFES-Venus で用いられている太陽加熱・赤外放射過程を、非静力学の力学コア SCALE-GM に導入し、水平格子点間隔約 52 km の全球非静力学計算を実施した。結果、実際の金星および AFES-Venus で見られるような筋状構造が現れることが確認できた。

(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 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。また、太陽系始原天体における水質変質過程を解明するために、透過型電子顕微鏡を用いて始原的隕石中の水質変質組織を観察し、初生の金属鉄が硫化物や層状ケイ酸塩鉱物に変化していくプロセスを観察した。SPring-8 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)

### 小惑星及び氷衛星のクレーター形成過程に関する実験的研究

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として、模擬粉粒体のクレーター形成実験を行った。小惑星表面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や衝突励起震動に対するビーズサイズ分布と弾丸密度依存性を明らかにした。また、氷衛星表面を模擬した雪の実験では、熱電対を取り付けて衝突時の温度上昇を計測し、衝突速度や雪の空隙率・焼結時間と温度履歴の関係を明らかにした。

(山崎)

### ダグラステンソルに基づくカタストロフィックシフト過程中の非平衡安定性解析

非線形力学系のカタストロフィックシフトでは、支配パラメータ (例えば応力値) などが増加から減少に転じた場合、同じパラメータ値でも系の状態が質的に異なる (座屈など) ヒステシス現象が観察される。この時、系はある平衡状態から別の平衡状態へと遷移するので、その遷移中は非平衡状態にある。実際の自然現象も遷移中の非平衡状態にあることが多いので、その安定性解析は重要である。そこで安定性解析をダグラステンソルに基づいておこなった。

(白井)

### 近赤外線分光観測による小惑星の含水鉱物探査

赤外線天文衛星「あかり」を用いた小惑星の近赤外線分光観測から、数多くの小惑星に水の存在を検出した。これは昨年度に出版した論文(Usui et al. 2019)において発表したが、ここで得られた小惑星の

スペクトルと隕石分析の結果を比較検討することで小惑星の物質学的な解釈を与える研究を、東北大学やフランス・Institute for Planetary sciences and Astrophysics, Grenoble (IPAG)のグループと共同で進めた。東京大学アタカマ天文台や英国の次世代宇宙望遠鏡を用いた小惑星の観測計画を、JAXA、東京大学、国立天文台のグループと共同で検討した。

#### (寛)

##### 北海道で発生する深い地震による強震動と島弧の減衰構造に関する研究

北海道で発生する深い地震による揺れと島弧の減衰構造の関連を論じるために、(1) 2020年根室半島南東沖の地震 (Mw 5.4, 深さ 96.0km, スラブ内地震), (2) 2007年胆振中東部の地震 (Mw 5.5, 126.18km, スラブ内地震), (3) 2015年青森県東方沖の地震 (Mw 6.1, 66.07km, プレート境界地震)の3地震による高密度強震観測データの解析, 比較を行った。東北日本では3地震に共通して, 背弧側の加速度振幅が前弧側に比べて小さいという明瞭な特徴がみられ, これは背弧側の低 Q 値の媒質による高周波地震波の減衰によって解釈できる。前弧側と背弧側のコントラストは北海道の強震動分布にも見られるが, 北海道の場合, 東北日本よりやや複雑で, 日高山脈 (日高衝突帯) 西側では前弧側であっても加速度振幅が小さくなるという特徴が3地震に共通して見られる。日高衝突帯では, 減衰構造を含む地下構造が複雑なものとなっており, 日高衝突帯西側には前弧側であるにもかかわらず例外的に低 Q 値領域が存在することが, 先行研究によって報告されている。この前弧側の低 Q 値領域の存在により, 北海道での強震動分布は東北日本に比べて複雑なものとなると解釈することができる。

##### 東北日本で発生するスラブ内地震, プレート境界地震, アウターライズ地震による強震動と島弧の減衰構造に関する研究

東北日本弧で発生するスラブ内地震, プレート境界地震, アウターライズ地震を対象に, それぞれの地震の島弧の背弧側での高周波地震波の減衰に関する特徴を見出し, その原因について考察した。陸から遠く震源の浅いアウターライズ地震の背弧側の減衰が, 陸に近く震源の深いスラブ内地震と同様に明瞭であるという不可解な特徴が見られるが (これについては昨年度で既に指摘していた), その原因についての検討を進め, アウターライズ地震による地震波の高周波レベルが高く, かつ震源が浅いにも関わらず長周期の表面波の振幅レベルが小さいことによるものと推定した。

#### (野村)

##### 粒子系シミュレーションの高速化

N 体や分子動力学 (MD) などの粒子間の相互作用を計算し, 粒子の運動方程式を時間積分する粒子系シミュレーションでは, シミュレーションできる現象の拡大やシミュレーションの解像度を上げるためには, 計算の高速化が必要となる。一般に用いられる Intel や AMD 製の CPU や, スーパーコンピュータ「富岳」で採用されている A64FX などのさまざまな CPU, その他のプロセッサに向けて一般の研究者がそれぞれが用いる計算コードを最適化することは, 困難やそれにかかる労力が非常に大きい。粒子系シミュレーションで最も時間のかかる相互作用計算の最適化コードを, 単一の簡単な記述から様々なアーキテクチャ向けに最適化して生成するプログラムを作成し, 評価した。

#### (平田)

##### 小惑星リュウグウの表層進化ほか

小惑星リュウグウ上におけるクレーターエジェクタの集積によって, リュウグウの赤道リッジが形成される可能性があることに気が付いた。衝突クレーターから飛び出るエジェクタの軌道について計算機を用いて解析した。その結果, 赤道にエジェクタが堆積すること, 小惑星の寿命以下の時間で十分な赤道リッジができることについて確かめた。またリュウグウの赤道には青い帯状の部分が存在するが, それも同じ計算に基づいて, 衝突エジェクタで説明できることを示した。現在それらの成果をまとめた論文 2 報が査読中。かねてより進めていた木星衛星ガニメデの Furrow についての論文が受理された。土星環粒子の粒径を小さくするメカニズムとして熱応力の効果を提唱した。環粒子に働く熱応力を計算した論文を投稿し, 査読中である。ハッブル望遠鏡の画像データを解析することによる小惑星検出を新たな研究として始めた。

(細野)

### 巨大衝突による月形成シナリオ

地球の月がどのように形成されたかは、地球科学及び惑星科学において非常に重要なトピックである。この月形成シナリオにおいて最も有力な物は、巨大衝突と呼ばれる現象であり、これまで主に数値計算によってその妥当性が検証されてきた。しかしながら、現在この巨大衝突現象には、数値計算結果と地球/月岩石の同位体比測定の間には矛盾が存在しており、大きな問題として扱われている。今年度は、この矛盾を解決するべく、マグマオーシャン仮説と呼ばれる、新しい巨大衝突のシナリオを提唱し、その妥当性を数値計算にて検証した。

## 3.2 業績リスト

### 3.2.1 査読つき論文

- Takeshi Horinouchi, Yoshi-Yuki Hayashi\*, Shigeto Watanabe, Manabu Yamada, Atsushi Yamazaki, Toru Kouyama, Makoto Taguchi, Tetsuya Fukuhara, Masahiro Takagi, Kazunori Ogohara, Shin-ya Murakami, Javier Peralta, Sanjay S. Limaye, Takeshi Imamura, Masato Nakamura, Takao M. Sato, and Takehiko Satoh How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere *Science* 2020.4 368 巻 6489 号 pp.405-409
- M. Arakawa\*, T. Saiki, K. Wada, K. Ogawa, T. Kadono, K. Shirai\*, H. Sawada, K. Ishibashi, R. Honda, N. Sakatani, Y. Iijima, C. Okamoto, H. Yano, Y. Takagi, M. Hayakawa, P. Michel, M. Jutzi, Y. Shimaki, S. Kimura, Y. Mimasu, T. Toda, H. Imamura, S. Nakazawa, H. Hayakawa, S. Sugita, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, M. Matsuoka, M. Yamada, T. Kouyama, C. Honda, Y. Tsuda, S. Watanabe, M. Yoshikawa, S. Tanaka, F. Terui, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, T. Iwata, M. Ozaki, M. Abe, N. Namiki, K. Kitazato, S. Tachibana, H. Ikeda, N. Hirata, N. Hirata\*, R. Noguchi, A. Miura An artificial impact on the asteroid (162173) Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime *Science* 2020.4 368 巻 6486 号 pp. 67-71
- Yuichi Ito, George L. Hashimoto, Yoshiyuki O. Takahashi\*, Masaki Ishiwatari, Kiyoshi Kuramoto H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced Greenhouse Warming on Oxidized Early Mars *The Astrophysical Journal* 2020.4 893 巻 2 号 68 (8pp)
- T. Morota, S. Sugita, Y. Cho, M. Kanamaru, E. Tatsumi, N. Sakatani, R. Honda, N. Hirata\*, H. Kikuchi, M. Yamada, Y. Yokota, S. Kameda, M. Matsuoka, H. Sawada, C. Honda, T. Kouyama, K. Ogawa, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, N. Hirata, M. Hirabayashi, H. Miyamoto, T. Michikami, T. Hiroi, R. Hemmi, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, K. Kitazato, T. Nakamura, L. Riu, H. Senshu, H. Kobayashi, S. Sasaki, G. Komatsu, N. Tanabe, Y. Fujii, T. Irie, M. Suemitsu, N. Takaki, C. Sugimoto, K. Yumoto, M. Ishida, H. Kato, K. Moroi, D. Domingue, P. Michel, C. Pilorget, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, Y. Nakauchi, K. Tsumura, H. Yabuta, Y. Ishihara, R. Noguchi, K. Matsumoto, A. Miura, N. Namiki, S. Tachibana, M. Arakawa\*, H. Ikeda, K. Wada, T. Mizuno, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, H. Yano, M. Ozaki, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, K. Shirai\*, Y. Iijima, H. Noda, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, S. Nakazawa, F. Terui, S. Tanaka, M. Yoshikawa, T. Saiki, S. Watanabe, Y. Tsuda Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution *Science* 2020.5 368 巻 6491 号 pp.654-659
- Iori Sumida, Yuya Ishizawa, Natsuki Hosono\*, Takanori Sasaki N-body Simulations of the Ring Formation Process around the Dwarf Planet Haumea *The Astrophysical Journal* 2020.6 897 巻 1 号 21 (11pp)
- Long Wang, Masaki Iwasawa, Keigo Nitadori, Junichiro Makino\* PETAR: a high-performance N-body code for modelling massive collisional stellar systems *Monthly Notices of the Royal*

Astronomical Society 2020.7497 卷 1 号 pp. 536-555

- Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Yusuke Seto\*, Akira Miyake, Masaoki Uno, Jun Muto, Simon R. Wallis Crystallographic preferred orientation of talc determined by an improved EBSD procedure for sheet silicates: Implications for anisotropy at the slab–mantle interface due to Si-metasomatism *American Mineralogist* 2020.6 105 卷 6 号 pp. 873-893
- Ohtsuki, K\*, Kawamura, H, Hirata, N\*, Daisaka, H, Kimura, H Size of the smallest particles in Saturn's rings *ICARUS* 2020.7 344 卷 113346 号 (11pp)
- Yuta Nakagawa, Takanori Kodama, Masaki Ishiwatari, Hajime Kawahara, Yasushi Suto, Yoshiyuki O. Takahashi\*, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Kensuke Nakajima, Shin-ichi Takehiro, Yoshi-Yuki Hayashi\* Obliquity of an Earth-like Planet from Frequency Modulation of Its Direct-imaged Lightcurve: Mock Analysis from General Circulation Model Simulation *The Astrophysical Journal* 2020.7 898 卷 2 号 95 (18pp)
- Toshihiko Kadono, Masahiko Arakawa\*, Rie Honda, Ko Ishibashi, Kazunori Ogawa, Naoya Sakatani, Hirotaka Sawada, Yuri Shimaki, Kei Shirai\*, Seiji Sugita, Koji Wada Impact Experiment on Asteroid (162173) Ryugu: Structure beneath the Impact Point Revealed by In Situ Observations of the Ejecta Curtain *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS* 2020.8 899 卷 1 号 L22 (6pp)
- Yuri Shimaki, Hiroki Senshu, Naoya Sakatani, Tatsuaki Okada, Tetsuya Fukuhara, Satoshi Tanaka, Makoto Taguchi, Takehiko Arai, Hirohide Demura, Yoshiko Ogawa, Kentaro Suko, Tomohiko Sekiguchi, Toru Kouyama, Sunao Hasegawa, Jun Takita, Tsuneo Matsunaga, Takeshi Imamura, Takehiko Wada, Kohei Kitazato, Naru Hirata, Naoyuki Hirata\*, Rina Noguchi, Seiji Sugita, Shota Kikuchi, Tomohiro Yamaguchi, Naoko Ogawa, Go Ono, Yuya Mimasu, Kent Yoshikawa, Tadateru Takahashi, Yuto Takei, Atsushi Fujii, Hiroshi Takeuchi, Yukio Yamamoto, Manabu Yamada, Kei Shirai\*, Yu-ichi Iijima, Kazunori Ogawa, Satoru Nakazawa, Fuyuto Terui, Takanao Saiki, Makoto Yoshikawa, Yuichi Tsuda, Sei-ichiro Watanabe Thermophysical properties of the surface of asteroid 162173 Ryugu: Infrared observations and thermal inertia mapping *ICARUS* 2020.9 348 卷 113835 号 (15pp)
- Shota Kikuchi, Sei-ichiro Watanabe, Takanao Saiki, Hikaru Yabuta, Seiji Sugita, Tomokatsu Morota, Naru Hirata, Naoyuki Hirata\*, Tatsuhiro Michikami, Chikatoshi Honda, Yashuhiro Yokota, Rie Honda, Naoya Sakatani, Tatsuaki Okada, Yuri Shimaki, Koji Matsumoto, Rina Noguchi, Yuto Takei, Fuyuto Terui, Naoko Ogawa, Kent Yoshikawa, Go Ono, Yuya Mimasu, Hirotaka Sawada, Hitoshi Ikeda, Chikako Hirose, Tadateru Takahashi, Atsushi Fujii, Tomohiro Yamaguchi, Yoshiaki Ishihara, Tomoki Nakamura, Kohei Kitazato, Koji Wada, Shogo Tachibana, Eri Tatsumi, Moe Matsuoka, Hiroki Senshu, Shingo Kameda, Toru Kouyama, Manabu Yamada, Kei Shirai\*, Yuichiro Cho, Kazunori Ogawa, Yukio Yamamoto, Akira Miura, Takahiro Iwata, Noriyuki Namiki, Masahiko Hayakawa, Masanao Abe, Satoshi Tanaka, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Yuichi Tsuda Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety *SPACE SCIENCE REVIEWS* 2020.10 216 卷 7 号
- K. Yamasaki\*, T. Yajima KCC analysis of a one-dimensional system during catastrophic shifts of the Hill function: Douglas tensor in the non-equilibrium region *International Journal of Bifurcation and Chaos* 2020.10 30 卷 11 号 2030032-1
- Takanao Saiki, Yuto Takei, Yuya Mimasu, Hirotaka Sawada, Naoko Ogawa, Go Ono, Kent Yoshikawa, Fuyuto Terui, Masahiko Arakawa\*, Seiji Sugita, Seiichiro Watanabe, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Yuichi Tsuda Hayabusa2's kinetic impact experiment: Operational planning and results *Acta Astronautica* 2020.10 175 卷 pp.362-374
- Toru Homma, Keiji Ohtsuki\*, Natsuho Maeda, Ryo Suetsugu, Masahiro N. Machida, Takayuki Tanigawa Delivery of Pebbles from the Protoplanetary Disk into Circumplanetary Disks *The Astrophysical Journal* 2020.11 903 卷 2 号 98p
- Masaki Iwasawa, Daisuke Namekata, Ryo Sakamoto, Takashi Nakamura, Yasuyuki Kimura, Keigo Nitadori, Long Wang, Miyuki Tsubouchi, Jun Makino\*, Zhao Liu, Haohuan Fu, Guangwen Yang Implementation and Performance of Barnes-Hut N-body algorithm on

Extreme-scale Heterogeneous Many-core Architectures The International Journal of High Performance Computing Applications 2020.11 34 卷 6 号 pp.615-628

- Balázs Bradák, Yusuke Seto\*, Martin Chadima, József Kovács, Péter Tanos, Gábor Újvári, Masayuki Hyodo Magnetic fabric of loess and its significance in Pleistocene environment reconstructions Earth-Science Reviews 2020.11 210 卷 103385
- Naoyuki Hirata\*, Ryo Suetsugu, Keiji Ohtsuki\* A global system of furrows on Ganymede indicative of their creation in a single impact event ICARUS 2020.12 352 卷
- Takanao Saiki, Yuya Mimasu, Yuto Takei, Manabu Yamada, Hirotaka Sawada, Kazunori Ogawa, Naoko Ogawa, Hiroshi Takeuchi, Akira Miura, Yuri Shimaki, Koji Wada, Rie Honda, Yasuhiro Yokota, Kei Shirai\*, Naruhisa Sano, Hirohito Ohtsuka, Go Ono, Kent Yoshikawa, Shota Kikuchi, Chikako Hirose, Yukio Yamamoto, Takahiro Iwata, Masahiko Arakawa\*, Seiji Sugita, Satoshi Tanaka, Fuyuto Terui, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda Motion reconstruction of the small carry-on impactor aboard Hayabusa2 Astrodynamic 2020.12 4 卷 4 号 pp.289-308
- Naoyuki Hirata\*, Noriyuki Namiki, Fumi Yoshida, Koji Matsumoto, Hirotomo Noda, Hiroki Senshu, Takahide Mizuno, Fuyuto Terui, Yoshiaki Ishihara, Ryuhei Yamada, Keiko Yamamoto, Shinsuke Abe, Rina Noguchi, Naru Hirata, Yuichi Tsuda, Sei-ichiro Watanabe Rotational effect as the possible cause of the east-west asymmetric crater rims on Ryugu observed by LIDAR data ICARUS 2021.1 354 卷
- Ayako I. Suzuki, Yoichi Fujita, Shunya Harada, Masato Kiuchi, Yasunari Koumoto, Eri Matsumoto, Tomomi Omura, Sae Shigaki, Erine Taguchi, Sayaka Tsujido, Kosuke Kurosawa, Sunao Hasegawa, Takayuki Hirai, Makoto Tabata, Hideki Tamura, Toshihiko Kadono, Akiko M. Nakamura\*, Masahiko Arakawa\*, Seiji Sugita, Ko Ishibashi Experimental study concerning the oblique impact of low- and high-density projectiles on sedimentary rocks Planetary and Space Science 2021.1 195 卷
- E. Tatsumi, C. Sugimoto, L. Riu, S. Sugita, T. Nakamura, T. Hiroi, T. Morota, M. Popescu, T. Michikami, K. Kitazato, M. Matsuoka, S. Kameda, R. Honda, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, Y. Yokota, C. Honda, H. Suzuki, Y. Cho, K. Ogawa, M. Hayakawa, H. Sawada, K. Yoshioka, C. Pilorget, M. Ishida, D. Domingue, N. Hirata\*, S. Sasaki, J. de León, M. A. Barucci, P. Michel, M. Suemitsu, T. Saiki, S. Tanaka, F. Terui, S. Nakazawa, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, Y. Yamamoto, T. Okada, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, T. Mizuno, T. Iwata, H. Yano, M. Ozaki, M. Abe, M. Ohtake, N. Namiki, S. Tachibana, M. Arakawa\*, H. Ikeda, M. Ishiguro, K. Wada, H. Yabuta, H. Takeuchi, Y. Shimaki, K. Shirai\*, N. Hirata, Y. Iijima, Y. Tsuda, S. Watanabe, M. Yoshikawa Collisional history of Ryugu's parent body from bright surface boulders Nature Astronomy 2021.15 卷 1 号 pp.39-45
- Rina Noguchi, Naoyuki Hirata\*, Naru Hirata, Yuri Shimaki, Naoki Nishikawa, Sayuri Tanaka, Takaaki Sugiyama, Tomokatsu Morota, Seiji Sugita, Yuichiro Cho, Rie Honda, Shingo Kameda, Eri Tatsumi, Kazuo Yoshioka, Hirotaka Sawada, Yasuhiro Yokota, Naoya Sakatani, Masahiko Hayakawa, Moe Matsuoka, Manabu Yamada, Toru Kouyama, Hidehiko Suzuki, Chikatashi Honda, Kazunori Ogawa, Masanori Kanamaru, Sei-ichiro Watanabe Crater depth-to-diameter ratios on asteroid 162173 Ryugu ICARUS 2021.1 354 卷
- Ayako I. Suzuki, Yoichi Fujita, Shunya Harada, Masato Kiuchi, Yasunari Koumoto, Eri Matsumoto, Tomomi Omura, Sae Shigaki, Erine Taguchi, Sayaka Tsujido, Kosuke Kurosawa, Sunao Hasegawa, Takayuki Hirai, Makoto Tabata, Hideki Tamura, Toshihiko Kadono, Akiko M. Nakamura\*, Masahiko Arakawa\*, Seiji Sugita, Ko Ishibashi Experimental study concerning the oblique impact of low- and high-density projectiles on sedimentary rocks Planetary and Space Science 2021.1 195 卷 105141(12 pp)
- Tomomi Omura, Akiko M. Nakamura\* Primordial Porous Structure of Chondrite Parent Bodies Due to Self-gravity The Planetary Science Journal 2021.2 2 卷 41(12 pp)
- K. Wada, K. Ishibashi, H. Kimura, M. Arakawa\*, H. Sawada, K. Ogawa, K. Shirai\*, R. Honda, Y. Iijima, T. Kadono, N. Sakatani, Y. Mimasu, T. Toda, Y. Shimaki, S. Nakazawa, H. Hayakawa,

T. Saiki, Y. Takagi, H. Imamura, C. Okamoto, M. Hayakawa, N. Hirata, H. Yano Size of particles ejected from an artificial impact crater on asteroid 162173 Ryugu *Astronomy and Astrophysics* 2021.3 647 巻

- K. Kitazato, R. E. Milliken, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, S. Matsuura, Y. Takagi, T. Nakamura, T. Hiroi, M. Matsuoka, L. Riu, Y. Nakauchi, K. Tsumura, T. Arai, H. Senshu, N. Hirata, M. A. Barucci, R. Brunetto, C. Pilorget, F. Poulet, J.-P. Bibring, D. L. Domingue, F. Vilas, D. Takir, E. Palomba, A. Galiano, D. Perna, T. Osawa, M. Komatsu, A. Nakato, T. Arai, N. Takato, T. Matsunaga, M. Arakawa\*, T. Saiki, K. Wada, T. Kadono, H. Imamura, H. Yano, K. Shirai\*, M. Hayakawa, C. Okamoto, H. Sawada, K. Ogawa, Y. Iijima, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, N. Sakatani, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, N. Namiki, T. Mizuno, K. Matsumoto, H. Noda, Y. Ishihara, R. Yamada, K. Yamamoto, F. Yoshida, S. Abe, A. Higuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, R. Noguchi, A. Miura, N. Hirata\*, S. Tachibana, H. Yabuta, M. Ishiguro, H. Ikeda, H. Takeuchi, T. Shimada, O. Mori, S. Hosoda, R. Tsukizaki, S. Soldini, M. Ozaki, F. Terui, N. Ogawa, Y. Mimasu, G. Ono, K. Yoshikawa, C. Hirose, A. Fujii, T. Takahashi, S. Kikuchi, Y. Takei, T. Yamaguchi, S. Nakazawa, S. Tanaka, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu *Nature Astronomy* 2021.3 5 巻 3 号 pp246-250
- Yuuya Nagaashi, Akiko M. Nakamura\*, Sunao Hasegawa, Koji Wada Packing fraction of clusters formed in free-falling granular streams based on flash x-ray radiography *Physical Review E* 2021.3 103 巻 3290(36 pp)

### 3.2.2 査読なし論文

- Seiji Sugita, Rie Honda, Tomokatsu Morota, Shingo Kameda, Eri Tatsumi, Shogo Tachibana, Kohei Kitazato, Tatsuaki Okada, Noriyuki Namiki, Masahiko Arakawa\*, Patrick Michel, Deborah Domingue, Satoshi Tanaka, Makoto Yoshikawa, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda Mission Status of Hayabusa2, Science Highlights, and Outlook for Sample Analyses *European Planetary Science Congress* 2020.9 EPSC2020-995
- Stefania Soldini, Takanao Saiki, Hitoshi Ikeda, Koji Wada, Masahiko Arakawa\*, Yuichi Tsuda The effect of "MASCONS" Sphere Packing onto the Dynamical Environment around Rubble-Pile Asteroids: Application to Ryugu *European Planetary Science Congress* 2020.9 EPSC2020-808
- M Arakawa\*, R Honda, Y Yokota, Y Shimaki, K Shirai\*, T Kadono, K Wada, K Ogawa, K Ishibashi, N Sakatani, M Yasui\*, T Morota, S Kameda, E Tatsumi, M Yamada, T Kouyama, Y Cho, M Matsuoka, H Suzuki, C Honda, M Hayakawa, K Yoshioka, H Sawada, S Sugita, N Hirata, N Hirata\* Resurfacing processes on asteroid (162173) Ryugu caused by an artificial impact of Hayabusa2's Small Carry-on Impactor AAS/Division for Planetary Sciences Meeting Abstracts 2020.10 405.01
- Toshimori Sekine, Tomoko Sato, Norimasa Ozaki, Kohei Miyanishi, Ryosuke Kodama, Yusuke Seto\*, Yoshinori Tange, Subodh C. Tiwari, Aiichiro Nakano, Priya Vashishta Fast deformation of shocked quartz and implications for planar deformation features observed in shocked quartz SHOCK COMPRESSION OF CONDENSED MATTER - 2019: Proceedings of the Conference of the American Physical Society Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter 2020.11 2272 巻 80002 号
- Yasui M.\*, Arakawa M.\*, Okawa H., Hasegawa S. Impact Cratering Experiments on Granular Targets Simulating Surface Layer on Asteroid 162173 Ryugu: Crater Scaling Law and Impact-Induced Seismic Shaking *Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference* 2021.3 #1158
- Okawa H., Arakawa M.\*, Yasui M.\*, Hasegawa S., Yokota Y., Yamamoto Y. Three-Dimensional Tracking of Various Sized Glass Beads Ejected from Impact Crater *Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference* 2021.3 #1780
- Yamamoto Y., Arakawa M. \*, Yasui M.\*, Hasegawa S., Yokota Y., Okawa H., Sugimura R.

Crater Size Scaling Law and Impact-Induced Seismic Shaking on Rubble-Pile Asteroids  
Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1979

- Sasai H., Yasui M.\*, Arakawa M. \*, Shirai K.\* High Velocity Impact Experiments on Porous Ice Aggregates Simulating Cometary Nuclei Surface: Measurements of Post Shock Temperature around Impact Crater Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1773
- Yokota Y., Arakawa M.\*, Yasui M.\*, Yamamoto Y., Okawa H., Hasegawa S. Experimental Study on Impact Craters Formed on Mountain-Like Surface Topography of Asteroids Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3#1815
- Toyoda Y., Arakawa M.\*, Yasui M.\* Experimental Study on Restitution Coefficients of Porous Ice Ball Simulating Saturn's Ring Particles Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3#1903
- Yasui M.\*, Arakawa M.\*, Okawa H., Hasegawa S. Impact Cratering Experiments on Granular Targets Simulating Surface Layer on Asteroid 162173 Ryugu: Crater Scaling Law and Impact-Induced Seismic Shaking Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1158
- Okawa H., Arakawa M.\*, Yasui M.\*, Hasegawa S., Yokota Y., Yamamoto Y. Three-Dimensional Tracking of Various Sized Glass Beads Ejected from Impact Crater Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1780
- Yamamoto Y., Arakawa M.\*, Yasui M.\*, Hasegawa S., Yokota Y., Okawa H., Sugimura R. Crater Size Scaling Law and Impact-Induced Seismic Shaking on Rubble-Pile Asteroids Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1979
- Sasai H., Yasui M.\*, Arakawa M. \*, Shirai K.\* High Velocity Impact Experiments on Porous Ice Aggregates Simulating Cometary Nuclei Surface: Measurements of Post Shock Temperature around Impact Crater Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1773
- Yokota Y., Arakawa M.\*, Yasui M.\*, Yamamoto Y., Okawa H., Hasegawa S. Experimental Study on Impact Craters Formed on Mountain-Like Surface Topography of Asteroids Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3 #1815
- Toyoda Y., Arakawa M.\*, Yasui M.\* Experimental Study on Restitution Coefficients of Porous Ice Ball Simulating Saturn's Ring Particles Proceedings of 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021.3#1903

### 3.2.3 著書

なし

### 3.2.4 国際集会発表

#### 3.2.4.1 招待講演

- Yukiko Fujisawa, Shin-ya Murakami, Norihiko Sugimoto, Masahiro Takagi, Takeshi Imamura, Takeshi Horinouchi, George HASHIMOTO, Masaki Ishiwatari, Takeshi Enomoto, Takemasa Miyoshi, Yoshi-Yuki Hayashi\* Trials toward first Venus analysis product by data assimilation of Akatsuki observation JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.5 ポスター
- Masato Nakamura, Atsushi Yamazaki, Ryoma Yamashiro, Nobuaki Ishii, Tomoaki Toda, Yoshifumi Futaana, Sanjay S. Limaye, Naoki Terada, Hiroki Ando, Toru Kouyama, Takehiko Satoh, Takeshi Imamura, Makoto Taguchi, Yoshi-Yuki Hayashi\*, Takeshi Horinouchi, Yeon Joo Lee, Masahiro Takagi, Masataka Imai, Tetsuya Fukuhara, Norihiko Sugimoto, Hiroki Kashimura, Shigeto Watanabe, Takao M. Sato, George L. Hashimoto, Shin-ya Murakami,

Kevin McGouldrick, Takumi Abe, Chikako Hirose, Manabu Yamada, Kazunori Ogohara, Ko-ichiro Sugiyama, Shoko Ohtsuki, Javier Peralta, Seiko Takagi, Naomoto Iwagami, Munetaka Ueno, Takeshi Sakanoi, Shingo Kameda, Yasumasa Kasaba, Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Yoshihisa Matsuda, Masaru Yamamoto Next generation Japan's Venus Exploration in 2020s JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.5 口頭

- Masahiko Arakawa\*, Rie Honda, Yasuhiro Yokota, Yuri Shimaki, Kei Shirai\*, Toshihiko Kadono, Koji Wada, Kazunori Ogawa, Ko Ishibashi, Naoya Sakatani, Minami Yasui\*, Tomokatsu Morota, Shingo Kameda, Eri Tatsumi, Manabu Yamada, Toru Kouyama, Yu-ichiro Cho, Moe Matsuoka, Hidehiko Suzuki, Chikatoshi Honda, Masahiko Hayakawa, Kazuo Yoshioka, Hirotaka Sawada, Seiji Sugita, Naru Hirata, Naoyuki Hirata\* Resurfacing processes on asteroid (162173) Ryugu caused by an artificial impact of Hayabusa2's Small Carry-on Impactor 52nd Meeting of the AAS Division for Planetary Science オンライン 2020.10 口頭
- Akiko M. Nakamura\* Laboratory impact experiments: Ejection of dust PERC Int'l Symposium on Dust & Parent Bodies 2021 (IDP2021), virtual オンライン 2021.2 口頭
- Keiji Ohtsuki\* Delivery of solids from the protoplanetary disk onto circumplanetary disks Circumplanetary Disk and Satellite Formation II Conference オンライン 2021.3 口頭

### 3.2.4.2 招待講演以外

- Ko-ichiro SUGIYAMA, Kensuke Nakajima, Kiyoshi Kuramoto, Yoshi-Yuki Hayashi\* Inhibition of moist convection in the atmospheres of Jovian planets: the case of NH<sub>4</sub>SH formation by chemical reaction of NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.5 ポスター
- Yoshi-Yuki Hayashi\*, Yoshiyuki O. Takahashi\*, Masaki Ishiwatari, Kensuke Nakajima, George HASHIMOTO Parameter experiments of climates of various planets by the use of a general circulation model JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.5 ポスター
- Masaki Ishiwatari, Yoshiyuki O. Takahashi\*, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Yoshi-Yuki Hayashi\* Numerical experiments of climate of early Mars by the use of DCPAM JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.5 ポスター
- Yasumaro Kakehi\* Strong ground motions from deep earthquakes in Hokkaido and attenuation structure of island arc JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.5 ポスター
- N. Maeda, K. Ohtsuki\*, R. Suetsugu, M. N. Machida Accretion of gas and solid materials into the circumplanetary disk of a growing giant planet: Dependence on planetary mass JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- Yuya Yamamoto, Masahiko Arakawa\*, Minami Yasui\*, Sunao Hasegawa, Ryo Sugimura, Yusaku Yokota, Hatsune Okawa Impact experiments for crater scaling laws and impact-induced seismic shaking on rubble-pile asteroids JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- Nakamura, A. M\*, Nakahata, J, Nagaashi, Y Laboratory penetration experiments conducted at low effective gravity II JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- Michel, P, Okada, T, Kueppers, M, Carnelli, I, Martino, P, Campo Bagatin, A, Carry, B, Charnoz, S, de Leon, J, Fitzsimmons, A, Green, S, Guettler, C, Herique, A, Jutzi, M, Karatekin, O, Murdoch, N, Pravec, P, Sierks, H, Snodgrass, C, Tortora, P, Tsiganis, K, Ulamec, S, Vincent, J.-B, Wuenemann, K, Cheng, A, Rivkin, A, Chabot, N, Barnouin, O, S, Ernst, C, Richardson, D. C, Stickle, A, Arakawa, M\*, Nakamura, A\*, Miyamoto, H, Sugita, S, Yoshikawa, M The ESA Hera mission: rendezvous with a binary asteroid and planetary defense JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- Yusaku Yokota, Masahiko Arakawa\*, Minami Yasui\*, Yuya Yamamoto, Hatsune Okawa, Sunao Hasegawa Effects of surface topography on ejecta growth and crater formation process JpGU-

AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター

- Kiuchi, M, Okamoto, T, Hasegawa, S, Nakamura, A. M\* Experimental study of high-velocity impacts into granular material in reduced gravity JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- Hatsune Okawa, Minami Yasui\*, Masahiko Arakawa\*, Sunao Hasegawa, Yusaku Yokota, Yuya Yamamoto Three-dimensional tracking of various sized glass beads ejected from crater formed by high-velocity impact JpGU-AGU Joint Meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- Horinouchi, T. Y.-Y. Hayashi\*, S. Watanabe, M. Yamada, A. Yamazaki, T. Kouyama, M. Taguchi, T. Fukuhara, M. Takagi, K. Ogohara, S. Murakami, J. Peralta, S. S. Limaye, T. Imamura, M. Nakamura, T. M. Sato, and T. Satoh How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere ? results from Akatsuki, Science Congress (EPSC) 2021 オンライン 2020.7 口頭
- Masahiko Arakawa\*, Rie Honda, Yasuhiro Yokota, Yuri Shimaki, Kei Shirai\*, Toshihiko Kadono, Koji Wada, Kazunori Ogawa, Ko Ishibashi, Naoya Sakatani, Minami Yasui\*, Tomokatsu Morota, Shingo Kameda, Eri Tatsumi, Manabu Yamada, Toru Kouyama, Yu-ichiro Cho, Moe Matsuoka, Hidehiko Suzuki, Chikatoshi Honda, Masahiko Hayakawa, Kazuo Yoshioka, Hiroataka Sawada, Seiji Sugita, Naru Hirata, Naoyuki Hirata\* 52nd Meeting of the AAS Division for Planetary Sciences オンライン 2020.10 ポスター
- Nakamura, A. M\*, Ogawa, R, Hasegawa, S Impact cratering experiments with metallic targets: Ejecta COSPAR-2021-HYBRID, 43rd COSPAR Scientific Assembly オンライン 2021.1 口頭
- Zhang, M. Jutzi, P. Michel, S. D. Raducan, M. Arakawa\* A HYBRID SPH-SSDEM FRAMEWORK FOR END-TO-END IMPACT CRATERING MODELING 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 口頭
- N. Maeda, T. Terai, K. Ohtsuki\*, F. Yoshida, K. Ishihara, T. Deyama Size distributions of bluish and reddish small main belt asteroids 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Yamamoto Y., Arakawa M.\*, Yasui M\*., Hasegawa S., Yokota Y., Okawa H., Sugimura R. Crater Size Scaling Law and Impact-Induced Seismic Shaking on Rubble-Pile Asteroids 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Sasai H. Yasui M\*, Arakawa M.\*, Shirai K\*. High Velocity Impact Experiments on Porous Ice Aggregates Simulating Cometary Nuclei Surface: Measurements of Post Shock Temperature around Impact Crater 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Yasui M\*., Arakawa M.\*, Okawa H., Hasegawa S. Impact Cratering Experiments on Granular Targets Simulating Surface Layer on Asteroid 162173 Ryugu: Crater Scaling Law and Impact-Induced Seismic Shaking 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Okawa H., Arakawa M.\*, Yasui, M.\*, Hasegawa S., Yokota Y., Yamamoto Y. Three-Dimensional Tracking of Various Sized Glass Beads Ejected from Impact Crater 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Yokota Y., Arakawa M.\*, Yasui M.\*, Yamamoto Y., Okawa H., Hasegawa S. Experimental Study on Impact Craters Formed on Mountain-Like Surface Topography of Asteroids 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Toyoda Y., Arakawa M\*., Yasui M.\* Experimental Study on Restitution Coefficients of Porous Ice Ball Simulating Saturn's Ring Particles 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 ポスター
- Nagaashi, Y, Aoki, T, Nakamura, A. M\* Cohesive force measurements of meteorite powders 52nd Lunar and Planetary Science Conference オンライン 2021.3 口頭
- N. Maeda, K. Ohtsuki\*, R. Suetsugu, M. N. Machida Supply of solid materials into a circumplanetary disk via vertical accreting gas flow Circumplanetary Disk and Satellite

### 3.2.5 国内集会発表

#### 3.2.5.1 招待講演

- 山崎和仁\* 不適合度条件の双対性 日本金属学会2020年秋季講演 オンライン 2020.9 基調, 口頭
- 細野七月\* 月形成の数値計算における近年の発展と展望 国立天文台 CfCA ユーザーズミーティング オンライン 2021.1 口頭

#### 3.2.5.2 招待講演以外 (学会)

- 松村 和樹, 杉山 耕一朗, 村橋 究理基, 石渡 正樹, 林 祥介\* Web 地図技術を用いた大規模惑星大気数値シミュレーションデータの可視化 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 家本あかね, 瀬戸雄介\*, 三宅亮 5つのCMコンドライト中のTCIの微細組織観察とCMコンドライト母天体の水質環境の推定 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020 ポスター
- 藤林凜, 櫻村博基\*, 高橋芳幸\*, 林祥介\* 1.5層浅水系における加熱冷却が生成する赤道スーパーローテーション JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 塩本純平, 中村昭子\*, 長谷川直, 宮本英昭, 新原隆史 D型小惑星模擬標的の衝突破壊実験 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- 斎藤貴之\*, 岩澤全規, 牧野淳一郎\*, 行方大輔, 平居悠, 野村昂太郎\*, 坪内美幸 Star-by-star simulations of galaxy formation on Fugaku JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 櫻村博基\*, 八代尚, 西澤誠也, 富田浩文, 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によるダスト巻き上げ輸送計算 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 保井みなみ\*, 尾山鈴乃, 高木希, 荒川政彦\* 極低温下における多孔質氷のクレーター形成実験: 重力支配域のクレータースケール則の構築 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- 長足友哉, 中村昭子\*, 長谷川直, 和田浩二 自由落下ダスト流に形成するクラスター間衝突過程の観測 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 杉村瞭, 荒川政彦\*, 保井みなみ\*, 千秋博紀, 長谷川直 弱い強度を持つ表面への衝突クレーター形成実験とクレータースケール則の構築 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- 笹井遥, 保井みなみ\*, 荒川政彦\*, 中村誠人 多孔質氷上のクレーター形成に伴う衝突残留温度の計測 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 堀川和洋, 荒川政彦\*, 保井みなみ\*, 杉村瞭 低強度標的を用いた衝突破壊実験: 引張強度と衝突破壊強度の関係 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- 豊田優佳里, 保井みなみ\*, 荒川政彦\* 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: 反発係数に対する空隙率依存性と非弾性衝突のメカニズム JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 ポスター
- 中村誠人, 保井みなみ\*, 荒川政彦\* 氷微惑星の衝突破壊強度に対する斜め衝突の効果 JpGU-AGU Joint meeting 2020 オンライン 2020.7 口頭
- 山崎和仁\* カタストロフィックシフト中における生態系の安定性: 非平衡領域におけるダグラステンソル 2020年度日本数理生物学会例会 オンライン 2020.9 口頭、一般
- 牧野 淳一郎\* 東日本大震災後の環境放射線研究と科学コミュニケーションの問題点 日本物理学会

シンポジウム オンライン 2020.9 口頭

- 牧野 淳一郎\* A64fx アーキテクチャ向けアプリケーションチューニング-差分法を例に 第14回 アクセラレーション技術発表討論会「COVID-19 と戦うアクセラレーション技術」 オンライン 2020.9 口頭
- 中村昭子\* デブリの固着力：隕石粉の固着力測定新学術領域「星惑星形成」大研究会 2020 オンライン 2020.10 口頭
- 筧楽磨\* 東北日本で発生したスラブ内、プレート境界、アウターライズ地震による北海道での地震動の比較 日本地震学会秋季大会 オンライン 2020.10 口頭
- 大川初音,荒川政彦\*,保井みなみ\*,長谷川直,横田優作,山本裕也 クレーター形成時のエジェクタ放出過程におけるサイズごとの三次元粒子追跡 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 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 で検出された微小メインベルト小惑星のサイズ分布測定 日本惑星科学会 2020 年秋季講演会 オンライン 2020.11 ポスター
- 塩本純平,中村昭子\*,長谷川直,宮本英昭,新原隆史 フォボスシミュラント (UTPS-PB) 標的の衝突破壊実験 日本惑星科学会 2021 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 ポスター
- 長野巧,荒川政彦\*,保井みなみ\*,堀川和洋 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 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 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 ラブルパイル天体に適用可能なクレータースケール則と衝突励起振動に関する実験的研究 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 木内真人,岡本尚也,長足友哉,長谷川直,中村昭子\* 簡易的な落下装置を用いた高速度クレーター形成実験：クレーターサイズの重力依存性 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 ポスター
- 野村啓太,中村昭子\*,長谷川直 斜め衝突による高速度岩石エジェクタのサイズ-速度同時計測 日本惑星科学会 2022 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 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 小惑星の起伏地形上に形成するクレーターに関する実験的研究 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 池谷蓮,平田直之\* 小惑星の赤道リッジ形成へのエジェクタ堆積物の寄与 日本惑星科学会 2020 年秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 笹井遥,荒川政彦\*,保井みなみ\*,白井慶\* 多孔質氷天体を模擬したクレーター形成実験：衝突残留熱の計測 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 堀川和洋,荒川政彦\*,保井みなみ\* 低強度標的を用いた高速度衝突破壊実験：衝突破壊強度と引っ張り強度の関係 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 本田理恵,荒川政彦\*,横田康弘,寫生有理,白井慶\*,門野敏彦,和田浩二,小川和律,石橋高,坂谷尚哉,中澤暁,保井みなみ\*,諸田智克,亀田真吾,巽瑛理,山田学,神山徹,長勇一郎,松岡萌,鈴木秀彦,本田親寿,早川雅彦,吉岡和夫,澤田弘崇,杉田精司,平田成,平田直之\* はやぶさ 2SCI による人工クレーター形成に伴う小惑星リュウグウの再表面化過程 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 保井みなみ\*,田澤拓,橋本涼平,荒川政彦\*,小川和律 衝突残留熱と小惑星母天体の熱変成過程に関する実験的研究 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 檜村博基\*,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による鉛直対流とダスト巻き上げ輸送の計算 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 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非弾性衝突メカニズムに関する実験的研究 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭
- 長足友哉,青木隆修,中村昭子\* レゴリス粒子の固着力：粒子の形状と塑性変形の効果 日本惑星科学会 2020 年度秋季講演会 オンライン 2020.11 口頭

- 牧野 淳一郎\*シミュレーションによる宇宙物理—「京」、「富岳」、さらにその先へ 日本物理学会大阪支部 2020 年度公開シンポジウム「AI で切り拓く物理の世界」 オンライン 2020.12 口頭
- 牧野 淳一郎\*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 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2021.1 口頭
- 寛楽磨\* 宮城県沖で発生する 3 種類の地震による東北と北海道での揺れ 神戸大学都市安全研究センター 第 1 回災害復興・災害科学シンポジウム 東日本大震災から 10 年 ～わかってきたこと、今伝えたいこと～ オンライン 2021.1 一般
- 長足友哉 ダストアグリゲイトの衝突付着成長に関する実験的研究：自由落下ダスト流クラスター間衝突実験 惑星系形成若手研究会 オンライン 2021.2 口頭
- 前田夏穂,大槻圭史\*,末次竜,町田正博 3 次元ガス流を考慮した周惑星円盤への衛星材料物質供給 惑星系形成若手研究会 オンライン 2021.2 口頭
- 塩本純平,榛沢悠樹,中村昭子\*,長谷川直 タギシュ・レイク模擬物の衝突実験:キャビティー成長の観察令和 2 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 2021.3 口頭
- 長足友哉,中村昭子\*,長谷川直,和田浩二 フラッシュ X 線によるダストアグリゲイトからなる粉体流の観測 令和 2 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 2021.3 口頭
- 長野巧,荒川政彦\*,保井みなみ\*,堀川和洋,長谷川直 フラッシュ X 線による衝突破片の速度一質量分布の計測 令和 2 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 2021.3 口頭
- 野村啓太,中村昭子\*,長谷川直 斜め衝突による高速度岩石エジェクタの測定 令和 2 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 2021.3 口頭
- 保井みなみ\*,大川初音,荒川政彦\*,横田優作,長谷川直 小惑星リュウグウ表層を模擬した粉粒体層に対するクレーター形成実験 令和 2 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 2021.3 口頭
- 笹井遥,保井みなみ\*,荒川政彦\*,白井慶\* 多孔質氷天体のクレーター形成における衝突残留温度計測 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 12 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～オンライン 2021.3 口頭
- 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 低強度レゴリスにおける衝突エジェクタ速度スケール則に対する実験的研究 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 12 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～ オンライン 2021.3 口頭
- 木内真人,岡本尚也,長足友哉,長谷川直,中村昭子\* 低重力下での高速度衝突クレーター形成実験 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 13 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～オンライン2021.3 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依存性 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 12 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～ オンライン 2021.3 口頭
- 野村啓太,中村昭子\*,長谷川直 二次標的を用いた高速度岩石エジェクタの計測 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 14 回スペースガード研究会オンライン 2021.3 口頭
- 保井みなみ\*,荒川政彦\* ガラスビーズを用いた低速度クレーター形成実験：学生実験のデータ統計解析 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 14 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～ オンライン 2021.3 ポスター
- 中村昭子\*,榛沢悠樹,長谷川直,大村知美 コンドライト模擬物の衝突圧密 天体の衝突物理の解明 (XVI)/第 12 回スペースガード研究会 オンライン 2021.3 口頭
- 檜村博基\*,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 金星大気の観測・シミュレーション・データ同化に関する研究会 オンライン 2021.3 口頭
- 石田紗那,荒川政彦\*,保井みなみ\*,堀川和洋,白井慶\* 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 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 12 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～ オンライン 2021.3 ポスター
- 塩本純平,榛沢悠樹,中村昭子\*,長谷川直 多孔質隕石模擬物質の衝突実験：キャビティー成長の観察 天体の衝突物理の解明 (XVI)/第 12 回スペースガード研究会～プラネタリーディフェンスの現

況～ オンライン 2021.3 口頭

- 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 天体の衝突物理の解明 (XVI) / 第 12 回スペースガード研究会 ～プラネタリーディフェンスの現況～ オンライン 2021.3 ポスター
- 斎藤貴之\*,行方大輔,野村昴太郎\*,岩澤全規,平居悠,岡本崇,牧野淳一郎\* ASURA-FDPS による銀河形成シミュレーション：富岳向けチューニングの現状 日本天文学会 2021 年春季年会 オンライン 2021.3 口頭
- 檜村博基\*,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\* 火星大気大循環の全球非静力学高解像度シミュレーションに向けて 日本天文学会 2021 年春季年会 オンライン 2021.3 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 オンライン 2021.3 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

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）	J-Physics：多極子伝導系の物理の研究総括（20H05610）	播磨 尚朝	1,900	570
新学術領域研究（研究領域提案型）	粉体流を用いたダスト集合体の衝突進化の実験的研究（19H05081）	中村 昭子	1,900	570
新学術領域研究（研究領域提案型）	ミルフィーユ構造のキंक強化理論：砂泥互層褶曲の微分幾何学的考察（19H05129）	山崎 和仁	1,700	510
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	11,250	3,375
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	6,400	1,920
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	1,600	480
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	600	180
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	1,000	300
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	2,350	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	2,500	750

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 線トモグラフィー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	1,100	330
基盤研究(A)	高強度中性子散乱と高分解能電顕によるマントル鉱物の水素配置と水素輸送の統合解析（17H01172）	奥地 拓生（岡山大学）	瀬戸 雄介	300	90
基盤研究(A)	新しい時代の太陽系物質科学：マルチスケールで見た含水小惑星の形成進化過程（20H00188）	中村 智樹（東北大学）	臼井 文彦	1,500	450
基盤研究(A)	彗星塵とされてきた宇宙塵は彗星起源なのか？：分析と分光観測からのアプローチ（19H00725）	野口 高明（九州大学）	臼井 文彦	500	150
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緒量の推定（19H01947）	石渡 正樹（北海道大学）	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)	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	100	30
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	100	30
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	190	57

基盤研究(C)	銀河系の大局的物質混合史の 解明：何がいつどのように星 の大移動を引き起したのか？ (18K03711)	馬場 淳一 (国 立天文台)	斎藤 貴之	150	45
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)	臼井 文彦	170	51
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	250	75

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 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		33,712
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一的描像の 構築」	牧野 淳一郎	林 祥介、 斎藤 貴之	8,663
共同研究 (株) テラピクセル・ テクノロジーズ	高性能プロセッサコデザイン部門	牧野 淳一郎		22,770
共同研究 (株) Preferred Networks	AI 向けプロセッサ上の高性能 HPC アプリケーション・アプリケーシ ョンフレームワークの開発	牧野 淳一郎		15,000
共同研究 先端加速システムズ (株)	バイオインフォマティクス解析の 高速化	牧野 淳一郎		6,000
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 公益財団法人計算科学 振興財団研究教育拠点	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		620
奨学寄附金 2020 年度笹川科学研究 助成	「原子惑星系円盤ダストのサイズ 成長に関する実験的研究—自由落 下ダスト流を用いた新手法—」に	中村 昭子		690

	対する研究			
奨学寄附金 公益財団法人ひょうご 科学技術協会	土星系氷衛星の熱進化史の解明： 将来探査に向けての画像解析に基 づく研究	平田 直之		1,000
奨学寄附金 尾林 優	理学研究助成金	牧野 淳一郎		10
奨学寄附金 2020 年度天田財団助成 金	一般研究開発助成 AF-2020208- B2 レーザー加工によるテラヘル ツ帯フォトニックジェットレンズ の作製	大道 英二		2,700
奨学寄附金 SCES 寄付金	若手育成と強相関電子系研究振興 のため	播磨 尚朝		500

### 3.4 特記事項

#### 3.4.1 受賞

荒川 政彦、保井 みなみ 令和 2 年度学長表彰 2020.10.15  
はやぶさ 2 SCI/DCAM3 神戸大学チーム

#### 3.4.2 広報

牧野 淳一郎 Preferred Networks の深層学習用スーパーコンピュータ MN-3 がスーパーコンピ  
ュータ省電力性能ランキング Green500 で世界 1 位を獲得 21.11 Gflops/W の超省電力  
性能を実現 2020.6.23

[https://www.kobe-u.ac.jp/research\\_at\\_kobe/NEWS/collaborations/2020\\_06\\_23\\_01.html](https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/collaborations/2020_06_23_01.html)  
神戸新聞 NEXT 神戸ゆかりのスパコン、また快挙 省エネで世界一 2020.6.24

Preferred Networks の深層学習用スーパーコンピュータ MN-3、省電力性能の前回  
記録を 23.3%更新 2020.11.17

[https://www.kobe-u.ac.jp/research\\_at\\_kobe/NEWS/collaborations/2020\\_11\\_17\\_02.html](https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/collaborations/2020_11_17_02.html)  
PC Watch PFN のスパコン「MN-3」、省電力性能ランキングで世界 2 位に  
~26.04Gflops/W の省電力性能を実現 2020.11.17

平田 直之 Icarus 論文掲載 “A global system of furrows on Ganymede indicative of their  
creation in a single impact event”, DOI : 10.1016/j.icarus.2020.113941. 2020.7.27  
[https://www.kobe-u.ac.jp/research\\_at\\_kobe/NEWS/news/2020\\_07\\_27\\_02.html](https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2020_07_27_02.html)  
読売新聞・神戸新聞・日本経済新聞・東京新聞・共同通信・時事通信・Universe  
Today (カナダ) 「木星衛星ガニメデ表面に太陽系最大の巨大クレーターを発見」  
紙面、オンライン掲載 2020.7-8

#### 3.4.3 解説・記事

牧野 淳一郎 岩波書店『科学』 3.11 以後の科学リテラシー 2020.4~2021.3 毎月連載

中央公論新社『中央公論』 2020 年 12 月号「富岳」の正体⑦ 富岳を使えば銀河形成  
の過程を忠実に再現できる 聞き手：小林雅一 2020.12

中央公論新社 中公新書ラクレ『「スパコン富岳」後の日本』（小林雅一著）「富岳」の正体⑦ 富岳を使えば銀河形成の過程を忠実に再現できる 2021.3

樫村 博基 夢ナビ 講義 No.10253「火星は明日の朝から猛烈な砂嵐」宇宙の気象を読み解く惑星気象学（高校生向け研究紹介記事）  
<https://yumenavi.info/lecture.aspx?GNKCD=g010253>

### 3.4.4 共催企画

保井 みなみ 神戸アストロクラブ第3回 太陽系研究の最前線 講師 バンドー神戸青少年科学館 2020.10.17

冬の企画展「神戸でシル！ミル！宇宙展」ワークショップ「砂にクレーターをつくろう」講師 バンドー神戸青少年科学館 2020.12.5

### 3.4.5 取材協力

荒川 政彦 山陰中央新報 はやぶさ 2 太陽系を知るカギ 2020.11.28

中日新聞 小惑星「りゅうぐう」に亡き研究者の名 2020.12.6

山陰中央新報 おうちで学ぼう まなぶん学園 はやぶさ 2 カプセル帰還 2020.12.12

アエラ 「完璧な旅」はまだ続く 2020.12.21

## 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		堀之内武, 石渡正樹, 小高正嗣, 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, 樫村博基, 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		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 他多 数