

令和 6 年 6 月 2 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18660

研究課題名（和文）超高速衝突の爆心地：極限環境経験物質の無飛散回収

研究課題名（英文）Shock recovery of the material immediately below the impact point during hypervelocity impacts

研究代表者

黒澤 耕介（Kurosawa, Kosuke）

神戸大学・人間発達環境学研究科・准教授

研究者番号：80616433

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：地球上で発見される隕石のほとんどは程度の差はあるものの過去に天体衝突を経験した痕跡を有している。この痕跡を解読するには宇宙物質内を伝播する衝撃波の素性を知っている必要があるが、粒界や空隙が無数に存在するため既存のモデルを適用することの妥当性を検証しなければならない。我々は天然衝突と同様の幾何学条件で、高速度衝突の衝突直下点極近傍の物質を回収&分析し、複雑物質に衝撃波が伝播した際の最大圧力と最大温度の分布を復元する方法論を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国の小惑星探査はやぶさ、はやぶさ2の成功を受け、各国で小惑星探査が計画されている。今後10年から20年にわたって定期的に宇宙試料が地球に持ち帰られるであろう。我々の手法はこれまで難しかった岩石という複雑物質中に衝撃波が伝播したときに鉱物レベルでどのような応答を示すのか?を実証する唯一無二の実験試料を提供する。本研究の成果は多額の予算に支えられた小惑星探査計画の科学成果を最大化するために参照されることであろう。

研究成果の概要（英文）：Most meteorites found on Earth exhibit traces of past mutual collisions with a variety of the degrees of shock metamorphism. To decipher these traces, it is necessary to understand the nature of shockwaves propagating through asteroidal rocks. However, due to the numerous grain boundaries and voids, the applicability of existing models must be validated. We constructed a new method to recover and analyze the shocked materials from the vicinity directly below the impact point in hypervelocity impacts under the same geometry as natural impacts. In addition, we established a methodology to reconstruct the distribution of maximum pressure and temperature when shock waves propagate through such complex materials.

研究分野：惑星科学

キーワード：天体衝突 隕石 衝撃変成 鉱物 岩石 二段式水素ガス衝撃銃 衝撃回収 顕微観察

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

太陽系の天体は相互衝突を繰り返して成長してきた。木星を始めとする巨大天体の形成後に原始太陽系円盤ガスが散逸すると小天体の軌道が励起されただろう、と考えられている。その後の衝突速度は秒速数kmを超えたはずである。今日我々が手にしている隕石は程度の差はあるものの、そのような衝突の痕跡が衝撃変成組織として刻まれている[Stöffler et al., 2018]。この痕跡を紐解くことで、初期太陽系の衝突環境を復元することができるかと期待されている[e.g., Marchi et al., 2013]。

上記の復元作業を行うためには衝撃変成組織の発生条件(天体衝突で発生する温度、圧力など)が既知である必要がある。理想均質媒体を仮定し、その物質の機械的、熱的応答を記述する状態方程式が得られていれば、衝撃波の伝播過程を解き、衝撃波背面の温度-圧力-密度の関係を一意に決定することが可能である[e.g., Ahrens and O'Keefe, 1972]。ところが隕石は異なる密度、サイズを持つ鉱物粒子の集合体であり、その隙間には空隙が存在する。このような複雑系では衝撃波背面の温度、圧力に空間不均質が生じ得る。近年のMesoscaleでの数値衝突計算ではその不均質の程度を定量化するに至っている[e.g., Bland et al., 2014; Davison et al., 2016]が、一般に数値計算は物質境界の扱いが難しく、特に物質境界面近傍では数値振動が起きやすいことも知られており、実験による妥当性検証が求められていた。また複数の小惑星表層物質の採集計画が実行中(JAXA はやぶさ2, NASA OSIRIS-REx)または計画中(JAXA MMX)であり、既存の衝撃変成を記述するモデルの妥当性の検証が必要であった。

2. 研究の目的

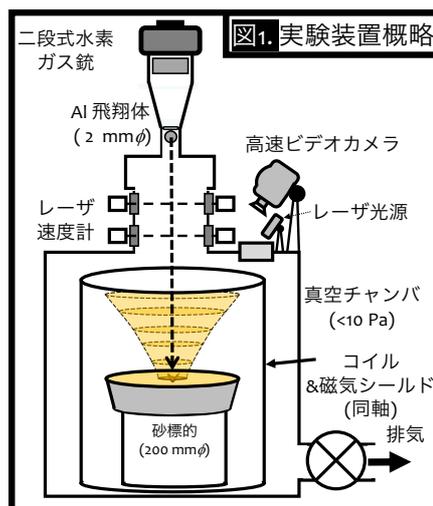
我々は複雑物質中の衝撃波伝播過程を調べるには、そのような物質を標的にした高速度衝突実験を行い、試料を回収し、それを詳細に分析するのが最善であると考えた。天然岩石の衝撃回収実験として閉鎖系と開放系の2通りの手法が知られている。前者は金属コンテナなどに試料を封入し、コンテナの表面に金属飛翔体を衝突させ、内部の試料に衝撃波を作用させる[e.g., Bell, 2016]。この手法では最大到達圧力を解析的に算出できること、衝撃を受けた試料を初期の層序を保ったまま回収可能であることが利点である。ところがコンテナの壁から反射してくる圧縮波が試料に複数回作用すること[Ivanov and Deutsch, 2002]や、近年注目されている剪断塑性変形による加熱度が小さい[e.g., Kurosawa and Genda, 2018; Melosh and Ivanov, 2018]ことが指摘されている。つまり天然衝突とは異なる幾何学条件で標的に衝撃波が作用してしまうことが問題である。後者はいわゆるクレータ形成実験で飛び散った放出物を回収し、分析する方法[Wünnemann et al., 2016]である。天然衝突と全く同じ幾何学条件で衝撃波が伝播するが、回収物が初期にどの位置にあったのかを特定することが難しく、試料に作用した衝撃波の素性が明らかではないという問題がある。以上から既存の手法では岩石のような複雑物質を用いて検証用のデータを得ることは難しい。衝撃回収実験を行うのであれば、(1)天然衝突と同様の幾何学条件(完全開放系)、(2)回収試料の初期位置が既知であることの2点が求められる。また化学組成や空隙をある程度制御可能な粉体試料を用いることができると望ましい。

2017-2019年度に支援を受けた挑戦的研究(萌芽)「衝突雷: 惑星古環境を探る新たな視点」(JP17K18812)に係る別目的の研究において、我々は様々な粉体試料を用いた実験[Nakazawa, Okuzumi, **Kurosawa** et al.]を行っていた。その中で密度が大きい粉体を用いると形成したクレータ底の中心に、顕著なおわん状の組織(以下、おわん形状組織と呼ぶ)が形成されることを見出した。その産状から衝突直下点の極近傍の物質が「凍結」されたものである可能性が高かった。す

なわち、回収したおわん形状組織は上述の2つの要求を満たし、目的を達成するための最適な実験試料であった。当時は異なる目的で実験を行っており、重要な物理量は構成粒子の真密度のみであったので、安定した品質で安価に手に入るジルコンビーズを使用していた。結晶質とガラス質が入り交じる工業製品であり、その試料の詳しい素性は不明で、惑星物質ともかけ離れている。したがって、そのままでは詳細分析を行っても惑星科学応用は困難であった。本研究では、惑星科学応用に適した試料をおわん形状組織組織として回収し、分析する方法を確立すること、そして、詳細な組織観察から試料中の温度圧力分布を復元することを目的とした。

3. 研究の方法

衝撃回収実験は宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 超高速衝突実験施設に設置されている縦型二段式水素ガス衝撃銃を用いて行った。試料には岩石を粉砕してふるい分けした砂を用いた。主にイタリア産カッラーラ大理石(方解石の凝集体)を粉砕しふるいで分別した方解石砂を使用した。この大理石は若干の変形双晶を含むものの、きれいな結晶構造の方解石から形成されており、衝突前後の変化がわかりやすい、という理由で選択した。試料をたらいに満たし真空チャンバ内に設置した。実験前には標的を入れたチャンバを<10 Paまで減圧した。チャンバ上部の覗き窓から高速ビデオカメラで観察した。図1に実験装置の概略を示す。実験後にクレータ中心に残ったおわん形状組織を回収した。実体顕微鏡下で写真撮影後に樹脂埋めして薄片にし、偏光顕微鏡で観察した。

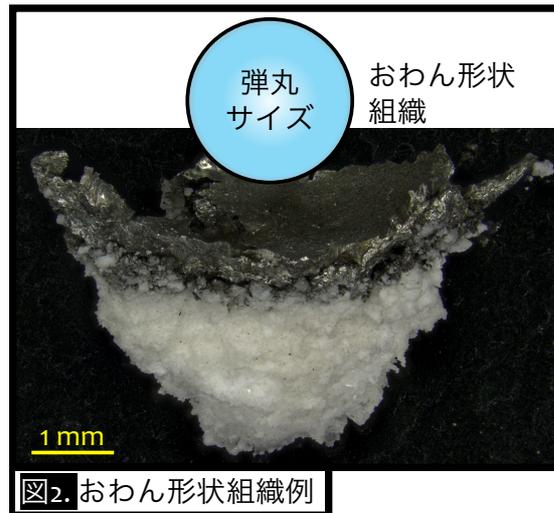


我々は別件で同じ大理石試料に衝撃を加えた後に詳細に分析し、方解石の衝撃変成表を作成中 [Kurosawa et al., 2022] である。近年では透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて粒子一粒ずつの衝撃変成の評価も進めている[Tomioka, Kurosawa et al., in prep.]. 数値衝突計算コード iSALE [Amsden et al., 1980; Ivanov et al., 1997; Wünnemann et al., 2006]を用いて試料中の衝撃圧力分布を求めてあるので、圧力と微細変成組織の対応関係を確立しつつある。本研究ではその予察的成果と合わせ、おわん形状試料が経験した圧力とその分布を推定した。

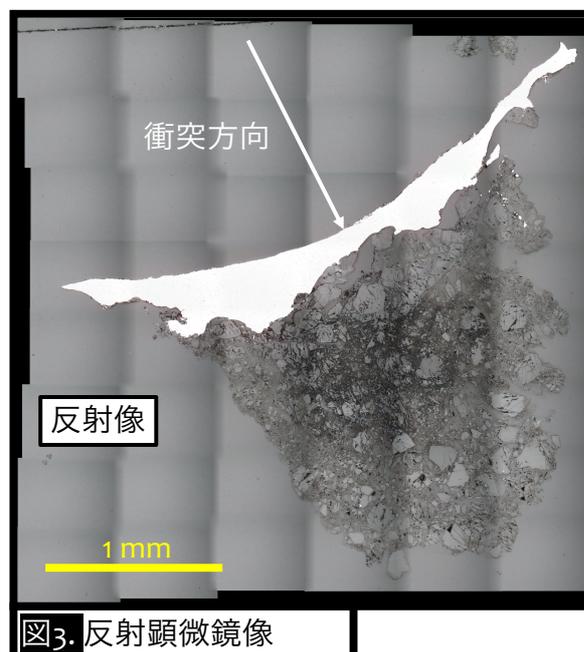
4. 研究成果

大理石砂以外にも長石砂や石英砂を用いた実験も実施したが、飛翔体の材質、速度を適切に選べば、密度の大きい粉体でなくてもおわん形状組織を回収可能であることを確かめた。また同条件で実施した場合、同程度の質量のおわん形状組織が形成され、再現性があることもわかった。図2に大理石砂を用いて回収したおわん形状組織の実体顕微鏡像を示す。上部に付着している金属光沢のある物体は変形した飛翔体であり、その下部に結合した大理石砂が付着している。この産状から、おわん形状組織は衝突直下点の極近傍に位置していた粉体から構成されている

ことが改めて確認された。試料は薄片に加工して偏光顕微鏡下で観察した。図3に図2で示した試料の薄片の反射像を示す。弾丸直径程度の空間スケールで結晶の変形度が変化していくことがわかった。



同じ産地の大理石を用いた衝撃回収実験[Kurosawa et al. 2022; Tomioka, Kurosawa et al., in prep.]では方解石が >4 GPa の衝撃圧を受けると顕著な損傷として容易に判別可能になることがわかっている。回収試料中には綺麗な結晶も残されていたことから試料中で圧力が減衰し、4 GPa を下回ったと考えられる。飛翔体と方解石の状態方程式を用いて衝突直下点圧力を計算したところ、14-24 GPa であった。つまり、弾丸直径程度の空間スケールで ~ 20 GPa から ~ 4 GPa まで衝撃圧力が減衰したと推定される。



今後は TEM や電子線後方散乱回折法(EBSD)を用いた結晶損傷度の低定量的評価を進め、おわん形状試料中の衝撃圧力分布を復元し、複雑物質に衝撃波が伝播した際の挙動を明らかにしていく。また鉱物内に離溶した磁性鉱物を持つ試料を用いて人工磁場中で同様の実験を行うことも計画している。これにより熱残留磁化を用いておわん形状試料中の衝撃温度分布の復元を行うことも計画している。簡易的な試料を用いて、すでに方法論の確立はできている [Kurosawa, Sato et al., 2022]. 研究期間中に、実験を担当するメンバの異動が立て続けに決まったこともあり、まだ実際の隕石組織との比較を行うには至っていないが、これまでの衝撃回収実験の弱点を解決し、複雑系の衝撃波伝播素過程を明らかにできる可能性を持つ試料の回収と分析

の方法論を確立することができた。

謝辞

本研究は宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所の共同利用制度を利用して実施されました。共同利用実験において実験補助をしていただいた畠生有理氏, 木内真人氏, 山本裕也氏に感謝致します。方解石の衝撃変成表の作成には試料にかかる圧力を定量化するために数値衝突計算コード iSALE を用いています。iSALE の開発者である Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausen, Tom Davison の各氏に感謝致します。

参考文献

- Ahrens, T. J. & O'Keefe, J. D. (1972), Shock melting and vaporization of lunar rocks and materials, *The Moon*, **4**, 214-249.
- Amsden, A., Ruppel, H., and Hirt, C. (1980), SALE: A simplified ALE computer program for fluid flow at all speeds, *Los Alamos National Laboratories Report*, LA-8095:101p.
- Bland, P. A. et al. (2014), Pressure-temperature evolution of primordial solar system solids during impact-induced compaction, *Nature Communications*, **5**, 5451.
- Ivanov, B. A., Deniem, D. and Neukum, G. (1997), Implementation of dynamic strength models into 2-D hydrocodes: Applications for atmospheric breakup and impact cratering, *Int. J. Impact Eng.* **20**, 411-430.
- Ivanov, B. A. & Deutsch, A. (2002), The phase diagram of CaCO₃ in relation to shock compression and decomposition, *Physics of the Earth and Planetary Interior*, **129**, 131-143.
- Kurosawa, K. et al. (2022), Shock recovery with decaying compressive pulses: Shock effects in calcite (CaCO₃) around the Hugoniot elastic limit, *Journal of Geophysical Research Planets*, e2021JE007133.
- Kurosawa, K., Sato, M., Ono, H., Tomioka, N., Niihara, T., and Hasegawa, S. (2023), Temperature of granular materials immediately beneath the impact point, *LPS LIX*, #1889.
- Kurosawa, K. & Genda, H. (2018), Effects of friction and plastic deformation in shock-comminuted damaged rocks on impact heating, *Geophysical Research Letters*, **45**, 620-626.
- Marchi, S. et al. (2013), High-velocity collisions from the lunar cataclysm recorded in asteroidal meteorites, *Nature Geoscience*, **6**, 303-307.
- Melosh, H. J. & Ivanov, B. A. (2018), Slow impacts on strong targets bring on the heat, *Geophysical Research Letters*, **45**, 2597-2599.
- Nakazawa, K., Okuzumi, S., Kurosawa, K., and Hasegawa, S. (2021), Modeling early clustering of impact-induced ejecta particles based on laboratory and numerical experiments, *The Planetary Science Journal*, **2**, 237.
- Stöffler, D., Hamann, C., and Metzler, K. (2018), Shock metamorphism of planetary silicate rocks and sediments: Proposal for an updated classification system, *Meteoritics & Planetary Science*, **53**, 5-49.
- Wünnemann, K., Collins, G. S., and Melosh, H. J. (2006), A strain-based porosity model for use in hydrocode simulations of impacts and implications for transient crater growth in porous targets, *Icarus*, **180**, 514-527.
- Wünnemann, K., Zhu, M.-H., and Stöffler, D. (2016), Impacts into quartz sand: Crater formation, shock metamorphism, and ejecta distribution in laboratory experiments and numerical models, *Meteoritics & Planetary Science*, **51**, 1762-1794.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件／うち国際共著 15件／うちオープンアクセス 21件）

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 Tomioka, N., Yamaguchi, A., Ito, M. et al. (黒澤を含む) | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 A history of mild shocks experienced by the regolith particles on hydrated asteroid Ryugu | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Nature Astronomy | 6. 最初と最後の頁 669_677 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-01947-5 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Christopher Hamann, Kosuke Kurosawa, Haruka Ono, Toshihiro Tada, Falko Langenhorst, Kilian Pollak, Hidenori Genda, Takafumi Niihara, Takaya Okamoto, Takafumi Matsui | 4. 巻 128 |
| 2. 論文標題 Experimental Evidence for Shear-Induced Melting and Generation of Stishovite in Granite at Low (<18 GPa) Shock Pressure | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 JGR Planets | 6. 最初と最後の頁 e2023JE007742 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JE007742 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Masahiko Sato, Kosuke Kurosawa, Sunao Hasegawa, Futoshi Takahashi | 4. 巻 129 |
| 2. 論文標題 Effects of Pressure and Temperature Changes on Shock Remanence Acquisition for Single-Domain Titanomagnetite-Bearing Basalt | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 JGR Planets | 6. 最初と最後の頁 e2023JE007864 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JE007864 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Matsumoto, T., Noguchi, T., Miyake, A. et al. (富岡を含む) | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Influx of nitrogen-rich material from the outer Solar System indicated by iron nitride in Ryugu samples | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Nature Astronomy | 6. 最初と最後の頁 207_215 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-02137-z | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 UMEDA Yuhei, NAGAI Yuma, TOMIOKA Naotaka, SEKINE Toshimori, MIYAKAWA Masashi, KOBAYASHI Takamichi, YUSA Hitoshi, OKUCHI Takuo | 4. 巻 119 |
| 2. 論文標題 Deformation microstructures in shock-compressed single crystal and powdered rutile | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences | 6. 最初と最後の頁 n/a ~ n/a |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.230706 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 富岡尚敬, Phase 2キュレーション高知チーム | 4. 巻 65 |
| 2. 論文標題 小惑星リュウグウ粒子の衝撃圧力推定 | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 日本結晶学会誌 | 6. 最初と最後の頁 216_217 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5940/jcrsj.65.216 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Ono, H., K. Kurosawa*, T. Niihara, T. Mikouchi, N. Tomioka, J. Isa, H. Kagi, T. Matsuzaki, H. Sakuma, H. Genda, T. Sakaiya, T. Kondo, M. Kayama, M. Koike, Y. Sano, M. Murayama, W. Satake, T. Matsui | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 Experimentally shock-induced melt veins in basalt: Improving the shock classification of eucrites | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Research Letters | 6. 最初と最後の頁 e2022GL101009 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL101009 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Yoshii Kiwamu, Takada Satoshi, Kurosawa Kosuke, Poschel Thorsten | 4. 巻 35 |
| 2. 論文標題 Rheology of dilute granular gas mixtures where the grains interact via a square shoulder and well potential | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Physics of Fluids | 6. 最初と最後の頁 013327 ~ 013327 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0132127 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Manske Lukas、Wunnemann Kai、Kurosawa Kosuke | 4. 巻 127 |
| 2. 論文標題 Quantification of Impact Induced Melt Production in Numerical Modeling Revisited | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets | 6. 最初と最後の頁 e2022JE007426 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JE007426 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|------------------------|
| 1. 著者名 Nakamura T., ..., Kurosawa K. et al. | 4. 巻 379 |
| 2. 論文標題 Formation and evolution of carbonaceous asteroid Ryugu: Direct evidence from returned samples | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Science | 6. 最初と最後の頁 eabn8671 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abn8671 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 Wakita S., Genda H., Kurosawa K., Davison T. M., Johnson B. C. | 4. 巻 127 |
| 2. 論文標題 Effect of Impact Velocity and Angle on Deformational Heating and Postimpact Temperature | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets | 6. 最初と最後の頁 e2022JE007266 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JE007266 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Kadono T., Arakawa M., Tsujido S., Yasui M., Hasegawa S., Kurosawa K., Shirai K., Okamoto C., Ogawa K., Iijima Y., Shimaki Y., Wada K. | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 Effect of projectile shape and interior structure on crater size in strength regime | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Earth, Planets and Space | 6. 最初と最後の頁 132 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-022-01690-7 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Kadono Toshihiko, Ogawa Kazunori, Shirai Kei, Arakawa Masahiko, Kurosawa Kosuke, Okamoto Takaya, Matsui Takafumi, Hasegawa Sunao, Suzuki Ayako I., Kobayashi Hideyuki | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Experimental Investigation of Visible-Light and X-ray Emissions during Rock and Mineral Fracture: Role of Electrons Traveling between Fracture Surfaces | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Minerals | 6. 最初と最後の頁 778 ~ 778 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min12060778 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Kurosawa Kosuke, Ono Haruka, Niihara Takafumi, Sakaiya Tatsuhiko, Kondo Tadashi, Tomioka Naotaka, Mikouchi Takashi, Genda Hidenori, Matsuzaki Takuya, Kayama Masahiro, Koike Mizuho, Sano Yuji, Murayama Masafumi, Satake Wataru, Matsui Takafumi | 4. 巻 127 |
| 2. 論文標題 Shock Recovery With Decaying Compressive Pulses: Shock Effects in Calcite (CaCO ₃) Around the Hugoniot Elastic Limit | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets | 6. 最初と最後の頁 e2021JE007133 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JE007133 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------|
| 1. 著者名 Ohtani Eiji, Sakurabayashi Toru, Kurosawa Kosuke | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Experimental simulations of shock textures in BCC iron: implications for iron meteorites | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science | 6. 最初と最後の頁 24 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-022-00482-7 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Ito Motoo, Tomioka Naotaka and 100 co-authors | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 A pristine record of outer Solar System materials from asteroid Ryugu 's returned sample | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Nature Astronomy | 6. 最初と最後の頁 1163_1171 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01745-5 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Noguchi Takaaki, Matsumoto Toru, Miyake Akira, Igami Yohei, Haruta Mitsutaka, Saito Hikaru, Hata Satoshi, Seto Yusuke, Miyahara Masaaki, Tomioka Naotaka and 100 co-authors | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 A dehydrated space-weathered skin cloaking the hydrated interior of Ryugu | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Nature Astronomy | 6. 最初と最後の頁 170_181 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-022-01841-6 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Yamaguchi Akira, Tomioka Naotaka and 32 co-authors | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Insight into multi-step geological evolution of C-type asteroids from Ryugu particle | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Nature Astronomy | 6. 最初と最後の頁 398_405 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-023-01925-x | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Sato Masahiko et al. | 4. 巻 127 |
| 2. 論文標題 Rock Magnetic Characterization of Returned Samples From Asteroid (162173) Ryugu: Implications for Paleomagnetic Interpretation and Paleointensity Estimation | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets | 6. 最初と最後の頁 e2022JE007405 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JE007405 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Sato Masahiko, Kurosawa Kosuke, Kato Shota, Ushioda Masashi, Hasegawa Sunao | 4. 巻 48 |
| 2. 論文標題 Shock Remanent Magnetization Intensity and Stability Distributions of Single Domain Titanomagnetite Bearing Basalt Sample Under the Pressure Range of 0.1-10 GPa | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Geophysical Research Letters | 6. 最初と最後の頁 e2021GL092716 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL092716 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Kurosawa Kosuke, Moriwaki Ryota, Yabuta Hikaru, Ishibashi Ko, Komatsu Goro, Matsui Takafumi | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Ryugu 's observed volatile loss did not arise from impact heating alone | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Communications Earth & Environment | 6. 最初と最後の頁 146 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43247-021-00218-3 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Nakazawa Kanon, Okuzumi Satoshi, Kurosawa Kosuke, Hasegawa Sunao | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Modeling Early Clustering of Impact-induced Ejecta Particles Based on Laboratory and Numerical Experiments | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The Planetary Science Journal | 6. 最初と最後の頁 237 ~ 237 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/PSJ/ac3a6d | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 KUROSAWA Kosuke, KOMATSU Goro, YABUTA Hikaru, MORIWAKI Ryota, OKAMOTO Takaya, SAKUMA Hiroshi, MATSUI Takafumi | 4. 巻 31 |
| 2. 論文標題 Thermodynamics of Shock Vaporization/Devolatilization of Volatile-Bearing Rocks and its Experimental Investigation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The Review of High Pressure Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 140 ~ 148 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4131/jshpreview.31.140 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Nakamura Tomoki et al. (including Kurosawa Kosuke) | 4. 巻 375 |
| 2. 論文標題 Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Science | 6. 最初と最後の頁 1011 ~ 1016 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abj8624 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------|
| 1. 著者名 Miyahara Masaaki、Tomioka Naotaka、Bindi Luca | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Natural and experimental high-pressure, shock-produced terrestrial and extraterrestrial materials | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science | 6. 最初と最後の頁 59 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-021-00451-6 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Wittmann Axel、Cavosie Aaron J.、Timms Nicholas E.、Ferriere Ludovic、Rae Auriol、Rasmussen Cornelia、Ross Catherine、Stockli Daniel、Schmieder Martin、Kring David A.、Zhao Jiawei、Xiao Long、Morgan Joanna V.、Gulick Sean P.S. | 4. 巻 575 |
| 2. 論文標題 Shock impedance amplified impact deformation of zircon in granitic rocks from the Chicxulub impact crater | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters | 6. 最初と最後の頁 117201 ~ 117201 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2021.117201 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Yoshida Masashi、Miyahara Masaaki、Suga Hiroki、Yamaguchi Akira、Tomioka Naotaka、Sakai Takeshi、Ohfuji Hiroaki、Maeda Fumiya、Ohira Itaru、Ohtani Eiji、Kamada Seiji、Ohigashi Takuji、Inagaki Yuichi、Kodama Yu、Hirao Naohisa | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 Elucidation of impact event recorded in the Iherzolitic shergottite NWA 7397 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science | 6. 最初と最後の頁 1729 ~ 1743 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13735 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Miyahara Masaaki、Yamaguchi Akira、Ohtani Eiji、Tomioka Naotaka、Kodama Yu、Righter Kevin | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 Complicated pressure-temperature path recorded in the eucrite Padvarninkai | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science | 6. 最初と最後の頁 1443 ~ 1458 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13724 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 Okuchi Takuo, Seto Yusuke, Tomioka Naotaka et al. | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Ultrafast olivine-ringwoodite transformation during shock compression | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 4305 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-24633-4 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Niihara Takafumi, Yokoyama Tatsunori, Arai Tomoko, Misawa Keiji, Goodrich Cyrena | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 Petrology and mineralogy of an igneous clast in the Northwest Africa 1685 (LL4) chondrite: Comparison with alkali rich igneous clasts in LL chondritic breccias | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science | 6. 最初と最後の頁 1619 ~ 1625 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13719 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計48件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 21件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tada, T., K. Kurosawa, J. Isa, H. Ono, C. Hamann, T. Okamoto, T. Niihara, and T. Matsui |
| 2. 発表標題 Shock recovery of granite: Implications for feather features formation |
| 3. 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ruj, T., M. Kameyama, K. Kurosawa, K. Kawai, T. Usui, G. Komatsu |
| 2. 発表標題 Is the Hellas impact responsible for extensional structures and volcanism in and around the southern highlands of Mars? |
| 3. 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Kurosawa, K., M. Sato, H. Ono, N. Tomioka, T. Niihara, and S. Hasegawa |
| 2 . 発表標題 Temperature of granular materials immediately beneath the impact point |
| 3 . 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Kurosawa, K., G. S. Collins, T. M. Davison, T. Okamoto, K. Ishibashi, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Thermal decomposition of magnetite due to impact heating |
| 3 . 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Stewart, S. T., R. T. Daly, Cj., Cline, A. M. Stickle, S. J. Jaret, P. J. Carter, K. Kurosawa, R.I. Citron, J. Dou, M. Harwell, K.M. Amodeo, A.N. Postema, G. S. Collins, D.K. Spaulding and the Wiki Editors Team |
| 2 . 発表標題 The planetary impacts community wiki project |
| 3 . 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Niihara, T., Tuduiki, T., Misawa, K., Yokoyama, T., Yoneda, S. |
| 2 . 発表標題 PETROLOGY AND MINERALOGY OF THE BEARDSLEY H5 CHONDRITE: IMPLICATIONS FOR IMPACT MELTING |
| 3 . 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference |
| 4 . 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Sato, K. Kurosawa, S. Hasegawa, F. Takahashi |
| 2. 発表標題 Shock remanence distribution of single-domain titanomagnetite-bearing basalt sample: implications for magnetic anomaly over impact crater |
| 3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 多田賢弘, 黒澤耕介, 伊佐純子, 大野遼, Christopher Hamann, 岡本尚也, 新原隆史, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 花崗岩の衝撃回収実験: 石英中のFeather Features形成機構への示唆 |
| 3. 学会等名 衝突研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 黒澤耕介 |
| 2. 発表標題 ナイロン66の状態方程式モデルの作成 |
| 3. 学会等名 衝突研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 玄田英典, 兵頭龍樹, 富岡尚敬, 木村勇氣, 菊入瑞葉, 中村智樹 |
| 2. 発表標題 リュウグウの状態方程式モデル作成と炭素質小惑星上の衝突過程への応用 |
| 3. 学会等名 衝突研究会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | Miyahara Masaaki, Noguchi Takaaki, Matsumoto Toru, Tomioka Naotaka, and 12 co-authors |
| 2. 発表標題 | Slickenside as a record of shock metamorphism on asteroid Ryugu |
| 3. 学会等名 | Hayabusa Symposium 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | Matsumoto Toru, Noguchi Takaaki, Miyake Akira, Igami Yohei, Haruta Mitsutaka, Seto Yusuke, Miyahara Masaaki, Tomioka Naotaka, Harries Dennis, the Min-Pet Fine sub-team and the Hayabusa 2 initial analysis core |
| 2. 発表標題 | Nitrization of magnetite on the surface of C-type asteroid Ryugu |
| 3. 学会等名 | Hayabusa Symposium 2022 |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | 佐藤雅彦, 黒澤耕介, 長谷川直, 高橋太 |
| 2. 発表標題 | Shock remanence distribution of single-domain titanomagnetite-bearing basalt sample |
| 3. 学会等名 | 地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 黒澤耕介, 松島亘志, 荒川創太, 辰馬未沙子, 中村昭子, 長足友哉, 高田智史, 吉井究 |
| 2. 発表標題 | 土質力学データを用いた空隙圧密モデルのパラメータ決定方法 |
| 3. 学会等名 | 日本惑星科学会秋季講演会 |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 佐藤雅彦, 大野遼, 富岡尚敬, 新原隆史, 長谷川直 |
| 2. 発表標題 粉体への高速度衝突: 爆心点周辺物質の回収 |
| 3. 学会等名 地球化学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tomioka Naotaka, Miyahara Masaaki, Bindi Luca, Okuchi Takuo |
| 2. 発表標題 High-pressure minerals in planetary materials: Witnesses of asteroid impact events |
| 3. 学会等名 23rd International Mineralogical Association General Meeting (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 富岡 尚敬、山口 亮、伊藤 元雄、上相 真之、今栄 直也、白井 直樹、大東 琢治、木村 眞、Liu Ming-Chang、Greenwood Richard 他20名 |
| 2. 発表標題 小惑星リュウグウ表層粒子の衝撃変成 |
| 3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Okuchi Takuo, Tomioka Naotaka |
| 2. 発表標題 Laser-driven shock experiments of planetary silicate minerals for finding evolution history of the solar system |
| 3. 学会等名 2022 IUCr High-Pressure Workshop "Advanced High-Pressure Crystallography" (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 木村駿太, 鈴木志野, 藤田和央, 大野遼, 岡本尚也, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 高速度衝突時の微生物滅菌過程の再評価に向けた取り組み |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鎌戸隆行, 東真太郎, 岡崎啓史, 藤崎俊平, 黒澤耕介, 玄田英典 |
| 2. 発表標題 炭酸塩岩の高歪速度変形実験と衝突現象における降伏強度と昇温の推定 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 佐藤雅彦, 黒澤耕介, 長谷川直, 加藤翔太, 潮田雅司, 高橋太 |
| 2. 発表標題 Pressure, temperature, and magnetic field dependence of shock remanence properties of single-domain titanomagnetite |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 大野遼, Christopher Hamann, 多田賢弘, 新原隆史, 三河内岳, 富岡尚敬, 境家達弘, 近藤忠, Felix Kaufmann, 鍵裕之, 玄田英典, 松崎琢也, 鹿山雅裕, 小池みずほ, 佐野有司, 村山雅史, 佐竹渉, 岡本尚也, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 減衰衝撃波を用いた衝撃回収実験: 大理石, 花崗岩, 玄武岩の衝撃変成 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 田中智, ..., 佐藤雅彦, 黒澤耕介 他 |
| 2 . 発表標題 Physical Properties of Constituent Material of the Regolith of Ryugu |
| 3 . 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Kurosawa, K., R. Moriwaki, H. Yabuta, K. Ishibashi, G. Komatsu, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Do hypervelocity impacts on carbonaceous asteroids cause significant volatile loss? |
| 3 . 学会等名 15th Europlanet Science Congress (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Ono, H., K. Kurosawa, T. Niihara, T. Mikouchi, H. Genda, N. Tomioka, T. Sakaiya, T. Kondo, M. Kayama, M. Koike, Y. Sano, W. Satake, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Shock recovery of rocks with a variety of shock-induced pressure at a single shot |
| 3 . 学会等名 15th Europlanet Science Congress (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Kurosawa, K., H. Ono, T. Niihara, T. Mikouchi, T. Sakaiya, T. Kondo, N. Tomioka, H. Genda, T. Tada, R. Tada, M. Kayama, M. Koike, Y. Sano, T. Matsuzaki, M. Murayama, W. Satake, T. Okamoto, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Shock recovery of macro blocks of rocky materials with decaying shock waves |
| 3 . 学会等名 84th Annual Meeting of the Meteoritical Society (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 小松吾郎, 藪田ひかる, 森脇涼太, 石橋高, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 リュウグウの衝突乾燥説の実験的検証 |
| 3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 多田賢弘, 黒澤耕介, 大野遼, Christopher Hamann, 岡本尚也, 新原隆史, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 減衰衝撃波を利用した花崗岩の衝撃回収実験: 石英中のFeather Featuresの形成圧力 |
| 3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 小池みずほ, 玄田英典 |
| 2. 発表標題 天体衝突時の塑性変形加熱が隕石の同位体時計に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鳥生有理, 黒澤耕介, 福原哲哉, 木内真人, 長谷川直 |
| 2. 発表標題 弾丸アスペクト比がクレーター形状に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大野遼, 黒澤耕介, 三河内岳, 岡本尚也, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 リュウグウ模擬物質を用いた衝撃回収実験 |
| 3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 小松吾郎, 藪田ひかる, 森脇涼太, 石橋高, 大野遼, 三河内岳, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 炭素質隕石様物質の脱ガス様式 |
| 3. 学会等名 日本地球化学会年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大野遼, 黒澤耕介, 新原隆史, 三河内岳, 玄田英典, 富岡尚敬, 鹿山雅裕, 小池みずほ, 佐野有司, 佐竹涉, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 玄武岩質岩石の衝撃溶融脈発生条件 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤雅彦, 黒澤耕介, 加藤翔太, 潮田雅司, 長谷川直 |
| 2. 発表標題 Shock remanent magnetization intensity and stability structures of single-domain titanomagnetite-bearing basalt sample |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 黒澤耕介, 玄田英典, 東真太郎, 岡崎啓史, 大野遼, 新原隆史, 三河内岳, 富岡尚敬, 境家達弘, 近藤忠, 鹿山雅裕, 小池みずほ, 佐野有司, 松崎琢也, 村山雅史, 佐竹渉, 松井孝典 |
| 2. 発表標題 炭酸塩岩の高歪速度変形時の挙動 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 富岡尚敬 |
| 2. 発表標題 隕石中の高密度ケイ酸塩の形成過程解明にむけてのレーザー衝撃圧縮時間分解X線回折 |
| 3. 学会等名 第62回高圧討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 奥地拓生、尾崎典雅、富岡尚敬、瀬戸雄介、兒玉了祐、宮西宏併、関根利守、梅田悠平、藪内俊毅 |
| 2. 発表標題 パワーレーザー/XFEL利用によるフォルステライトの高速相転移と高速融解 |
| 3. 学会等名 第62回高圧討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 富岡尚敬 |
| 2. 発表標題 高差応力下におけるカンラン石の無拡散高圧相転移メカニズム |
| 3. 学会等名 第8回HiPeRシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 N. Tomioka et al. |
| 2 . 発表標題 Transmission electron microscopy of Hayabusa2 particles: How shocked is asteroid Ryugu? |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 T. Niihara , K. Misawa, and Y. Kusaba |
| 2 . 発表標題 CALCIUM DISTRIBUTION IN ELEPHANT MORaine A79001: COMPARISON WITH OTHER MARTIAN METEORITES. |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Hamann, C. K. Kurosawa, H. Ono, T. Tada, T. Niihara, T. Okamoto, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Shock recovery of granite with a decaying shock wave: Fragmentation, formation of stishovite, and onset of melting at low (<20GPa) shock pressure |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Tada, T., K. Kurosawa, H. Ono, C. Hamann, T. Okamoto, T. Niihara, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Shock recovery of granite with a decaying shock wave: Feather features formation in quartz |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Ono, H., K. Kurosawa, T. Niihara, T. Mikouchi, N. Tomioka, T. Okamoto, and T. Matsui |
| 2 . 発表標題 Shock effects in pre-heated basalt: Search for the criteria for producing mosaicism |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Genda, H. K. Kurosawa, S. Wakita, R. Hyodo, K. Sugiura, S. Tanaka, T. Nakamura, H. Yurimoto, T. Noguchi, R. Okazaki, H. Yabuta, H. Naraoka, K. Sakamoto, S. Tachibana, S. Watanabe, and Y. Tsuda |
| 2 . 発表標題 Formation of Ryugu: Approach from numerical simulations with physical properties measured in Ryugu samples |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Nakamura T., ... , K. Kurosawa et al. |
| 2 . 発表標題 Early history of Ryugu ' s parent asteroid: Evidence from return sample |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Kurosawa, K., H. Genda, R. Hyodo, T. Nakamura, S. Tanaka, K. Sugiura, H. Yurimoto, T. Noguchi, R. Okazaki, H. Yabuta, H. Naraoka, K. Sakamoto, S. Tachibana, S. Watanabe, and Y. Tsuda |
| 2 . 発表標題 An equation of state model for Ryugu based on thermo-elastic properties of the returned samples |
| 3 . 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kurosawa, K., S. Tanaka, Y. Ino, D. Nakashima, T. Nakamura, T. Morita, M. Kikuri, K. Amano, E. Kagawa, H. Yurimoto, T. Noguchi, R. Okazaki, H. Yabuta, H. Naraoka, K. Sakamoto, S. Tachibana, S. Watanabe, and Y. Tsuda |
| 2. 発表標題 Tensile (flexural) strength of Ryugu grain C0002 |
| 3. 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tanaka, S., ... , K. Kurosawa et al. |
| 2. 発表標題 Physical properties of the returned sample of Ryugu by Hayabusa2 mission |
| 3. 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 入舩 徹男・舟越 賢一・近藤 忠・関根 利守・清水 克哉・長谷川 正・保科 貴亮・木村 佳文・加藤 稔・松木 均(編), 黒澤耕介(部分執筆) | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 朝倉書店 | 5. 総ページ数 480 |
| 3. 書名 高圧力の科学・技術辞典 | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|--|----|
| 研究分担者 | 佐藤 雅彦 (Sato Masahiko) (50723277) | 東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・特任研究員 (12601) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|--|----|
| 研究分担者 | 新原 隆史 (Niihara Takafumi) (20733679) | 岡山理科大学・理学部・准教授 (35302) | |
| 研究分担者 | 富岡 尚敬 (Tomioka Naotaka) (30335418) | 国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・主任研究員 (82706) | |

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|--|----|
| 研究協力者 | 大野 遼 (Ono Haruka) (10880320) | 京都大学・理学研究科・特別研究員(RPD) (14301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | |
|---------|---------------------------------|---|--|
| ドイツ | Museum für Naturkunde Berlin | Friedrich-Schiller- Universität Jena | |