

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：32503

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18812

研究課題名（和文）衝突雷：惑星古環境を探る新たな視点

研究課題名（英文）Impact-induced lightning: A new perspective on the paleoenvironment of planets

研究代表者

黒澤 耕介（Kurosawa, Kosuke）

千葉工業大学・惑星探査研究センター・上席研究員

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）：天体衝突時に発生する放出物カーテンの特性を実験的、解析的、数値的手法を用いて多角的に検討した。その結果、室内衝突実験の時空間スケールでは大規模放電構造は発生しないことがわかった。解析&数値モデルにより、放出物カーテン中の相互衝突過程をモデル化し、衝突実験で観察される特徴的なパターンを再現することができた。今後はこのモデルによる検討を進め、天体衝突時に雷放電が発生する可能性に迫っていく予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大気を持たない太陽系の固体惑星、衛星の表面を支配する地形は衝突クレータである。それらの形成時には必然的に放出物カーテンが発生していたであろう。放出物カーテンの発生、成長、堆積は1つの地質過程として認識されている。今回の萌芽研究によって、天体衝突で発生する放出物カーテンの様々な特性が明らかとなったことによって、地質過程の新たな理解が得られた。

研究成果の概要（英文）：Impact-generated ejecta curtains produced by hypervelocity impacts onto planets are investigated using experimental, analytical and numerical methods. It is found that no large-scale discharge structures are generated in typical spatial and time scales of laboratory impact experiments. The analytic and numerical models were developed to analysis the mutual collisions between the constituent micro particles of ejecta curtains. We have reproduced the mesh-like patterns of ejecta curtains observed in the laboratory experiments. In the future, we will investigate the possibility whether lightning discharges occur in ejecta curtain.

研究分野：惑星科学

キーワード：天体衝突 衝突雷 火山雷 放電 電荷分離 地質試料 室内衝突実験 N体数値計算

1. 研究開始当初の背景

火山噴火の際に噴煙中で放電が発生することは「火山雷(かざんらい)」としてよく知られている[e.g., Genareau et al., 2015]. これは岩石微粒子が大気中に放出され、粒子同士の相互衝突によって徐々に電荷に偏りが生じることに起因する。形成される電場が大気中での絶縁破壊電場強度を超えると電流が発生し、電荷が中和する。この際に自発光を生じる様が火山雷として観測される。天体衝突が起きた際には衝突によって粉碎された岩石微粒子が上空へ放出される。放出された物質の形状から「放出物カーテン(Ejecta curtain)」と呼ばれる。放出物カーテン中では火山雷と同様の放電現象が起こると期待される。我々はこの仮想現象を「衝突雷(しょうとつらい)」と名付け、その発生可能性を示すことを目指して研究を開始した。

2. 研究の目的

ここで我々がなぜ衝突雷に注目したのか、すなわち衝突雷の地球惑星科学における潜在的な重要性を述べる。衝突放出物は、その質量は衝突天体質量の10-100倍に及ぶものの、衝突熔融物など衝突点近辺から生じた試料と比較してその重要性が議論されることは少ない。これは高い衝撃圧力を経験しておらず、活性化エネルギーの障壁を超えるような化学反応や元素拡散を経験しないこと、その運動はただの弾道軌道、もしくは大気中での重力流的であることから熱的にも流体力学的にも“冷たい”状態にあると考えられていたからである。衝突雷が発生するとした場合、この描像は一変する。先述したように放電路周辺は急激な加熱を経験する。これは衝突放出物の「熱的再活性化」とみることができる。岩石微粒子が熔融し急冷固化するとガラス状の球粒(スフェリユール)が形成される。実際に火山性堆積物の詳細な分析によって直径0.1 mmほどのスフェリユールが発見されている[e.g., Genareau et al., 2015]. スフェリユールを見出した研究グループは電極放電による火山雷模擬実験を実施し、火山性スフェリユールと似たガラス状組織が生成されることを示している。衝突雷が起こるとすれば同様にスフェリユールを地質に残すと推定される。ここで重要なのは放電が起こる絶縁破壊電場は惑星大気圧に依存することである。これはパッシェン曲線として知られ大気圧の1.5乗というそれなりに強い依存性を示す。従って将来的に衝突雷由来のスフェリユールを堆積物中に見出すことができたとすれば、その発生量から衝突当時の惑星大気圧の情報を引き出すことができる可能性がある。また、古大気と岩石微粒子の懸濁流の急加熱・急冷を経て形成されたスフェリユールはそのガラス状組織の中に古大気を閉じ込める可能性がある。詳細な地球化学分析によって衝突時の大気組成情報をも引き出せるかもしれない。このように衝突雷は惑星古環境を探る新たな視点を提供するだろう。

3. 研究の方法

我々は「研究目的」の達成のため、(a)種々の粉体への高速度衝突実験、(b)衝突放出物を記述する解析モデルの構築、(c)N 体数値計算コードによる放出物カーテンの数値モデルの構築を実施した。(a)においては(a1)高速ビデオカメラによる放出物カーテンの撮像計測、(a2)回収物の残留磁化計測の2種類の実験を実施した。粉体への衝突実験は1970年代から数多の先行研究が存在するが、我々の実験の特徴は放出物を自発光、もしくはレーザー光源による単色光で観察したこと、回収物の残留磁化に注目したことである。(c)では公開されているN 体計算コードである「REBOUND」[Rein and Liu, 2012]を改修し、放出物カーテンの運動を扱えるようにして研究を実施した。

4. 研究成果

本章では「研究の方法」で述べた 3 つの研究内容についての成果をまとめる。現時点では天然の天体衝突における衝突雷の発生可能性を示すところには至っていないが、今回の萌芽研究を通じて目的を達成するための要素技術を確立することができた。

4.1. 室内衝突実験結果

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た縦型二段式水素ガス銃を用いて実験を行った。異なる材料特性(密度, 硬度, 組成)を持つ種々の粉体(ソーダライムガラスビーズ, ジルコンビーズ, ステンレスビーズ, 月土壌シミュラント)を用意し, 直径 30 cm の金属たらいに満たし粉体試料とした。弾丸には直径 4.8 mm のポリカーボネイト球, もしくは直径 2 mm の石英ガラス球を用いた。真空チャンバ側面に設置した高速ビデオカメラ(赤外線及び可視光線)で発生する放出物カーテンを撮影した。また衝突直下点ごく近傍(衝突点から数 cm)に可視光, 及び X 線分光計を設置して, 多色即光/分光計測も実施した。図 1 に赤外線カメラによる撮影例(Shot# 361, 6.2 km/s, 10 kPa)を示す。種々の条件での撮影から(1)室内衝突実験のスケール(10-100 cm)では大規模な放電構造は生じないこと, (2)放出物カーテンは均質でなくメッシュ状パターンを示すこと, (3)メッシュ状パターンは放出物カーテン形成の初期段階から始まっていること, (4)放出物カーテン中には可視光で自発光を放つ無数の光点が生成されること, (5)光点が放つ自発光はおよそ 2000 K の黒体放射であること, (6)「光点」は球でない形状を示し, 実験後には実験チャンバ内で回収可能であること, が明らかとなった。(1)の結果は室内衝突実験のタイムスケール(およそ 1 秒)では絶縁破壊に至るような充電が起こらないことを示唆し, 衝突雷の発生条件に制約を与えたことになる。(2)の結果はソーダライムガラスを用いた先行研究[e.g., Kadono et al., 2015, Kadono, ..., **Kurosawa**, ... et al., 2020, *Icarus*]と調和的であり, 標的の材料特性が変化してもメッシュ状パターン形成が起こることがわかった。このメッシュ状パターンの形成は放出物カーテンの構成粒子同士の非弾性衝突に起因するものであるという予測に基づき理論モデルが提案されている。(3)の結果はこの理論モデルを実験によって実証したものである。(4)の結果は自発光での放出物カーテン観察という萌芽の研究ならではの発見といえる。(5)の結果は粉体への衝突によって局所的にエネルギー集中が起きていることを示唆する。(6)の結果は光点を回収し, 電磁気学的, 化学的分析に供することが可能であることを意味する。残留磁化計測については現在進行中である。

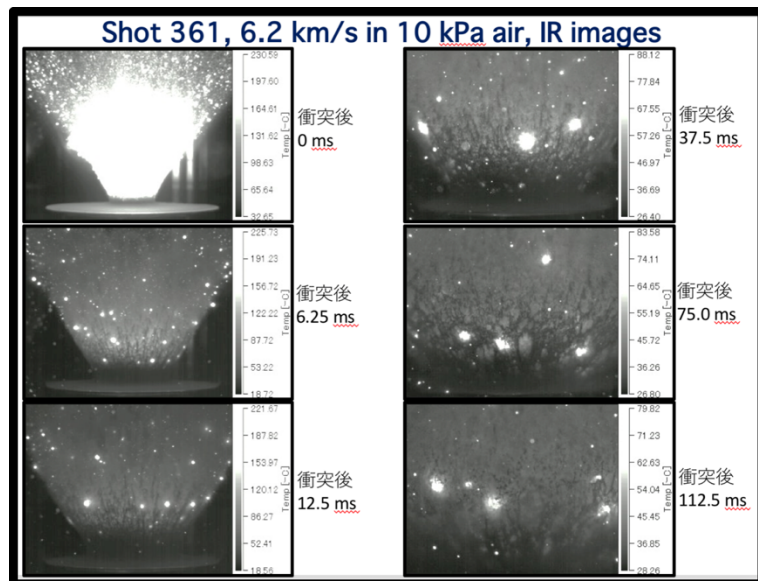


図 1. 赤外線ビデオカメラによる撮像例。

4.2. 衝突放出物を記述する解析モデル

放出物カーテンを特徴づけるため衝突物理に基づいた解析モデルを構築した。このモデルは解析計算のみで放出物の速度分布, 放出時刻, クレータ径を予測可能にするものである。過去の

室内衝突実験や数値衝突実験によるクレータ形成過程の研究とは異なるアプローチであるが、先行研究で得られているクレータ形成過程の予測と定性的、定量的によい一致を示すことを確かめた[Kurosawa and Takada, 2019, *Icarus*]. 本モデルは従来のモデルでは実験によって求めるしかなかった放出物カーテンの最高放出速度を頭に予測可能である点が優れている。

微粒子の衝突帯電実験結果[Poppe et al., 2000]を元に放出物カーテンの大局的な電荷分離度を記述する解析モデルを構築した。本モデルでは条件によっては室内衝突実験のタイムスケールでも絶縁破壊に至る解が得られ、4.1 で述べた室内衝突実験の結果とは矛盾する。この結果は放出物カーテン中の大局的な電荷分離を妨げ、局所的な電荷移動に調整する未知の物理過程が内在していることを示唆するものである。

4.3. 放出物カーテンの挙動を表現する数値モデル

多数の剛体球の運動を記述する N 体計算コードである「REBOUND」を用いて放出物カーテンを数値モデル化[岩澤, 2019; 中澤, 2020, いずれも東京工業大学 学士論文]した。その結果、(1) 反発係数や粒子の初期速度分布を変化させると、粒子集団が形成するメッシュ状パターンが変化すること、(2) 粒子集団は初期の段階でクラスター化すること、(3) 系の膨張をモデルに取り入れるとクラスタの成長が凍結し、室内衝突実験結果と定性的には調和的であること、(4) 4.2 で述べたのと同様の微粒子の衝突帯電実験結果をモデルに実装し、個々の粒子の帯電量の変化を記録させると絶縁破壊電場を超える電場が容易に形成されること、がわかった。図 2 に計算例を示す。(4)の結果と 4.1 で述べた室内衝突実験結果は単純な単一の衝突時の電荷分離を単に実装しただけでは実際の現象を再現し得ないことを意味しており、粉体の帯電過程はより複雑な物理過程で支配されていることを示唆する。現時点での放出物カーテン中の電荷移動の理解はここまでである。構築した数値モデルでは構成粒子同士の衝突周波数、衝突速度分布を得ることができるため、今後の研究で明らかとなるであろう。

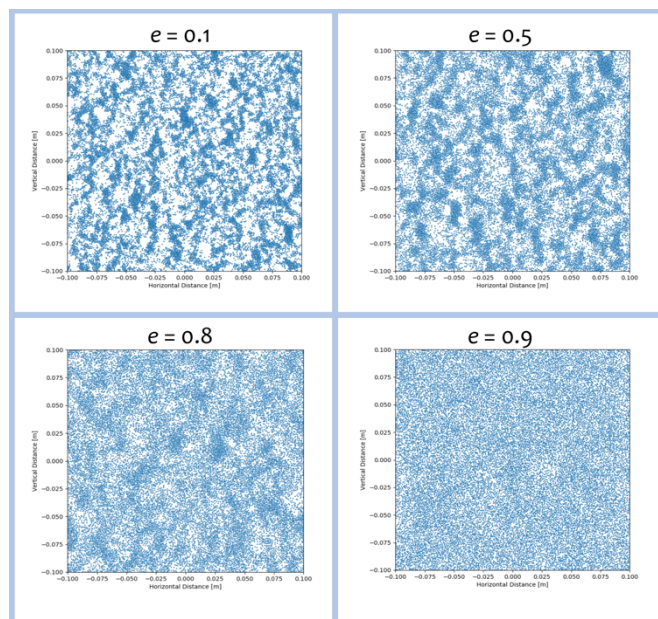


図 2. 数値モデル計算結果. 粒子集団に初期にランダム速度を与え、非弾性衝突を繰り返したある時刻後のスナップショット. 反発係数 e を変化させるとメッシュ状パターンに顕著な変化が見られる。

参考文献: [1]Genareau K. et al. (2015), *Geology* **43**, 319-322. [2]Rein H. and Liu, S. -F. (2012), *Astronomy & Astrophysics* **537**, id.A128, 10 pp. [3]Kadono, T. et al.

(2015), *Icarus* **250**, 215-221. [4]Kadono, T. et al. (2020), *Icarus* **339**, 113590. [5]Kurosawa K. & Takada, S. (2019), *Icarus* **317**, 135-147. [6]Poppe, T. et al. (2000), *The Astrophysical Journal* **533**, 472-480. [7]岩澤聖徳 (2019), 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系 卒業論文.[8]中澤風音 (2020), 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系 卒業論文。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kurosawa Kosuke, Genda Hidenori, Hyodo Ryuki, Yamagishi Akihiko, Mikouchi Takashi, Niihara Takafumi, Matsuyama Shingo, Fujita Kazuhisa	4. 巻 23
2. 論文標題 Assessment of the probability of microbial contamination for sample return from Martian moons II: The fate of microbes on Martian moons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Life Sciences in Space Research	6. 最初と最後の頁 85 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lssr.2019.07.006	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 Fujita Kazuhisa, Kurosawa Kosuke, Genda Hidenori, Hyodo Ryuki, Matsuyama Shingo, Yamagishi Akihiko, Mikouchi Takashi, Niihara Takafumi	4. 巻 23
2. 論文標題 Assessment of the probability of microbial contamination for sample return from Martian moons I: Departure of microbes from Martian surface	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Life Sciences in Space Research	6. 最初と最後の頁 73 ~ 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.lssr.2019.07.009	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.	4. 巻 46
2. 論文標題 Enhancement of Impact Heating in Pressure Strengthened Rocks in Oblique Impacts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 13678 ~ 13686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL085174	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 Hyodo Ryuki, Kurosawa Kosuke, Genda Hidenori, Usui Tomohiro, Fujita Kazuhisa	4. 巻 9
2. 論文標題 Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-56139-x	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, Moriwaki Ryota, Komatsu Goro, Okamoto Takaya, Sakuma Hiroshi, Yabuta Hikaru, Matsui Takafumi	4. 巻 46
2. 論文標題 Shock Vaporization/Devolatilization of Evaporitic Minerals, Halite and Gypsum, in an Open System Investigated by a Two Stage Light Gas Gun	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 7258 ~ 7267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL083249	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 Kadono Toshihiko, Suzuki Ayako I., Matsumura Rintaro, Naka Junta, Suetsugu Ryo, Kurosawa Kosuke, Hasegawa Sunao	4. 巻 339
2. 論文標題 Crater-ray formation through mutual collisions of hypervelocity-impact induced ejecta particles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113590 ~ 113590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.113590	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 Veras Dimitri, Kurosawa Kosuke	4. 巻 494
2. 論文標題 Generating metal-polluting debris in white dwarf planetary systems from small-impact crater ejecta	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 442 ~ 457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa621	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 Okuzumi Satoshi, Mori Shoji, Inutsuka Shu-ichiro	4. 巻 878
2. 論文標題 The Generalized Nonlinear Ohm's Law: How a Strong Electric Field Influences Nonideal MHD Effects in Dusty Protoplanetary Disks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 133 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2046	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 Okuzumi Satoshi、Tazaki Ryo	4. 巻 878
2. 論文標題 Nonsticky Ice at the Origin of the Uniformly Polarized Submillimeter Emission from the HL Tau Disk	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 132 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab204d	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、Takada Satoshi	4. 巻 317
2. 論文標題 Impact cratering mechanics: A forward approach to predicting ejecta velocity distribution and transient crater radii	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 135 ~ 147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.06.021	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 Kadono Toshihiko、Tanigawa Takayuki、Kurosawa Kosuke、Okamoto Takaya、Matsui Takafumi、Mizutani Hitoshi	4. 巻 309
2. 論文標題 Correlation between fragment shape and mass distributions in impact disruption	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 260 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.icarus.2018.03.014	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 Kosuke Kurosawa、Hidenori Genda	4. 巻 45
2. 論文標題 Effects of friction and plastic deformation in shock-comminuted damaged rocks on impact heating	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 620 ~ 626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/2017GL076285	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 Suzuki A.I., Okamoto C., Kurosawa K., Kadono T., Hasegawa S., Hirai T.	4. 巻 301
2. 論文標題 Increase in cratering efficiency with target curvature in strength-controlled craters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.10.019	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, Okamoto Takaya, Genda Hidenori	4. 巻 301
2. 論文標題 Hydrocode modeling of the spallation process during hypervelocity impacts: Implications for the ejection of Martian meteorites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 219~234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.09.015	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 Kurokawa Hiroyuki, Kurosawa Kosuke, Usui Tomohiro	4. 巻 299
2. 論文標題 A lower limit of atmospheric pressure on early Mars inferred from nitrogen and argon isotopic compositions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 443~459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.08.020	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 Mori Shoji, Muranushi Takayuki, Okuzumi Satoshi, Inutsuka Shu-ichiro	4. 巻 849
2. 論文標題 Electron Heating and Saturation of Self-regulating Magnetorotational Instability in Protoplanetary Disks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 86~86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa8e42	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 Johansen Anders, Okuzumi Satoshi	4. 巻 609
2. 論文標題 Harvesting the decay energy of ²⁶ Al to drive lightning discharge in protoplanetary discs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A31 ~ A31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201630047	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

[学会発表] 計19件(うち招待講演 3件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 黒澤耕介, 岩澤聖徳, 奥住聡, 長谷川直, 村主崇行
2. 発表標題 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Kurosawa, Hidenori Genda, Shigeru Wakita, Thomas Davison, Ryuki Hyodo, Tomoki Nakamura
2. 発表標題 Enhancement of impact heating in strength-supported media
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤耕介, 玄田英典
2. 発表標題 岩石の塑性変形加熱: 炭酸塩岩からの衝撃脱ガス量を用いた検証
3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Kurosawa, Hidenori Genda, Takafumi Niihara, Masahiro Kayama, Mizuho Koike, Takashi Mikouchi, Yuji Sano, Takafumi Matsui
2. 発表標題 Enhancement of impact heating in pressure-strengthened rocks
3. 学会等名 Annual meetings of the meteoritical society
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Okuzumi, Shu-ichiro Inutsuka, Shoji Mori
2. 発表標題 The nonlinear Ohm's law: How plasma heating changes the MHD of protoplanetary disks
3. 学会等名 14th Asia-Pacific Physics Conference (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥住 聡
2. 発表標題 惑星形成理論の課題
3. 学会等名 第32回理論懇シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 昇志, Xuening Bai, 奥住 聡
2. 発表標題 原始惑星系円盤の非効率な磁気降着加熱: スノーラインの進化への影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白井寛裕, 大坪貴文, 水木敏幸, 奥住聡, 奥谷彩香, 大野和正, 関根康人, 平野照幸, 藤井友香, 笠羽康正, 川島由依, 葵生川陽子, 小林仁美, 小林浩, 佐川英夫, 空華智子, 高橋葵, 前澤裕之, 松尾太郎, 藪田ひかる, SPICA チーム
2. 発表標題 SPICA サイエンス検討会「太陽系・系外惑星班」の活動報告
3. 学会等名 日本惑星科学会2019年秋季講演会(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森昇志, 奥住聡, Xuening Bai, 相川祐理, 野津翔太, 中川貴雄, 野村英子, 本田充彦, SPICA サイエンス検討会惑星形成班
2. 発表標題 SPICA の水輝線観測が明らかにする原始惑星系円盤の熱・力学構造
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤耕介
2. 発表標題 Impact simulations by using iSALE shock physics code: Its applications to planetary sciences
3. 学会等名 天文シミュレーションプロジェクトユーザーズミーティング(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤耕介, 森脇涼太, 鈴木宏二郎, 大田準一郎, 安川和孝, 黒川宏之, 多田隆二, 松井孝典
2. 発表標題 Hypervelocity oblique impacts onto planets with N ₂ -rich atmosphere: Characteristics of chemical reaction fields for reactive N-bearing species
3. 学会等名 8th Life in the Universe Workshop by Astrobiology center
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kurosawa, K. H. Genda, S. Azuma, and K. Okazaki
2. 発表標題 The roles of strength on shock-induced devolatilization from calcite
3. 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kurosawa, K. R. Moriwaki, H. Yabuta, K. Ishibashi, G. Komatsu, and T. Matsui
2. 発表標題 Shock devolatilization of Cl chondrite simulants
3. 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒澤耕介, 岩澤聖徳, 奥住聡, 村主崇行, 長谷川直
2. 発表標題 粉体への衝突実験で発生する光点の特徴
3. 学会等名 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒澤耕介, 岩澤聖徳, 奥住聡, 長谷川直
2. 発表標題 粉体への衝突実験で自発的に発生するラグランジアン追跡粒子
3. 学会等名 天体の衝突物理の解明(XIV)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩澤聖徳, 黒澤耕介, 奥住聡, 長谷川直, 村主崇行
2. 発表標題 粉体実験及びN体計算による放出物カーテン中での粒子衝突の研究
3. 学会等名 日本惑星科学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kosuke Kurosawa, Satoshi Takada
2. 発表標題 An analytical model to predict the ejecta velocity distribution and transient crater radii
3. 学会等名 49th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Kosuke Kurosawa, Hidenori Genda
2. 発表標題 The roles of friction and deformation on impact heating
3. 学会等名 49th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Kosuke Kurosawa, Takaya Okamoto, Hikaru Yabuta, Goro Komatsu, Takafumi Matsui
2. 発表標題 Shock vaporization and post-impact chemistry in an open system without any diaphragms
3. 学会等名 49th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

〔図書〕 計0件

〔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	奥住 聡 (Okuzumi Satoshi) (60704533)	東京工業大学・理学院・准教授 (12608)	
研究 分担者	村主 崇行 (Muranushi Takayuki) (50599149)	国立研究開発法人理化学研究所・計算科学研究機構・特別研究員 (82401)	