

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02990

研究課題名（和文）衝突剥離過程の解明：天体衝突による惑星間物質輸送への応用

研究課題名（英文）Study on impact spallation: Material transfer between planetary bodies by impacts

研究代表者

玄田 英典（Genda, Hidenori）

東京工業大学・地球生命研究所・准教授

研究者番号：90456260

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：天体衝突によって物質が高速度で放出される衝突剥離過程の詳細を明らかにするべく、衝突数値計算と衝突実験を行なった。衝突数値計算により、標的深部の物質が、浅部の低衝撃圧しか受けていない物質をトコロテン式に押し出すという加速メカニズム（後期加速）が、衝突剥離過程において重要であることを明らかにした。衝突実験においてもこの後期加速を確認することができた。後期加速は、低衝撃圧しか経験していない火星隕石の火星表面からの放出過程をうまく説明する。また、火星への天体衝突で、火星衛星へ輸送される火星表層物質の量を再検討した結果、従来よりも10倍以上輸送されることもわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天体衝突は、惑星の形成・進化過程のあらゆる場面で起こるため、惑星科学において基本かつ普遍的な現象である。衝突剥離過程は標的浅部の物質が低衝撃圧にも関わらず、高速度に放出される過程であるため、火星隕石の放出過程やパンスペルミア説の評価などに応用されてきた。それにもかかわらず、衝突剥離過程が短時間かつ限られた領域でしか起きないことから、実験的・数値計算的な困難さにより、これまで詳細は不明であった。本研究では、愚直に、超高解像度の数値計算を行い、世界最高速のビデオカメラと単一色の光源を用いた衝突実験を行うことによって、衝突剥離過程の詳細を明らかにすることができた。

研究成果の概要（英文）：We performed impact simulations and experiments in order to reveal the details of the impact spallation process. We newly found "late-stage acceleration" mechanism, where the lightly shocked surface materials near the impact point are accelerated by the pressure gradient at the root of the ejecta curtain. We also confirmed this mechanism in our impact experiments. This new mechanism can explain the ejection of Martian meteorites, which experienced relatively low peak pressures, from the Martian surface. We applied the impact simulations for the material transfer from the Martian surface to Martian moons, and found that the transferred mass was more than 10 times than previously estimated.

研究分野：惑星科学

キーワード：惑星起源・進化 地球科学 惑星探査 宇宙科学

1. 研究開始当初の背景

天体衝突は、惑星の形成・進化過程のあらゆる場面で起こる現象であり、惑星科学において基本かつ普遍的な現象である。高速度衝突による物質の放出過程に注目した場合、その過程は時系列的に次の3つに分けられる^[1](図1)。

- ① 噴射過程(jetting)：衝突天体の曲面が標的に高速で接した際に、接触面の角度に応じて、衝突速度よりもはるかに速い速度をもった物質が噴射される過程。ただし放出量は極めて少ない。
- ② 剥離過程(spallation)：衝突天体が標的の内部に貫入する際に生じる衝撃波と標的の表面から解放される膨張波が相互作用し、あまり圧縮・溶融を経験せずに標的の表面から剥がされるようにして物質が高速で放出される過程。
- ③ 掘削過程(excavation)：標的の内部を進行する衝撃波によって内部が押し出されて物質の移動が起こり、最終的には衝突クレータの形状を決定する過程。大量の物質が放出されるが、放出速度は衝突速度の10%程度と遅いため、多くの放出物は再び標的天体に集積する。

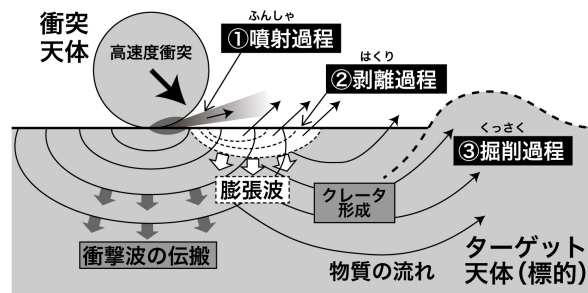


図1. 天体衝突による物質の様々な放出過程

①の過程は現象が単純であり、理論^[2]、数値計算^[3]、実験^[4]の多方面から研究が進んでいる。③の過程についても、衝突実験データ(クレータサイズ、放出物の量・速度)^[1]が豊富にあり、衝突数値計算との比較も多数行われており、理論(Zモデル・ π スケールリング)^[5]も確立している。一方、②の剥離過程は、現象が短時間かつ標的の内部で起こることから、そもそも実験的に放出過程をデータとして捉えることは難しく、数値計算においても、衝突地点近傍の衝撃波と膨張波の相互作用を高解像度で解かなければならないため、基本的なことすらわかっていないのが現状であった。衝突剥離過程に関する理論は、1980年代に提案されたが^[6]、著者であるMelosh自身が、その理論では秒速1kmを超える放出物の挙動を予測できない、ということ論文で喚起している。その後、剥離過程に関する理論はほとんど進展していない。

衝突剥離過程で生じる放出物は、衝突速度と同程度の速度で地表面を飛び出すため、惑星重力を振り切り、他天体へ集積する可能性がある。例えば、地球上で発見される火星隕石(放出速度 $> 5 \text{ km s}^{-1}$)や月隕石(放出速度 $> 2 \text{ km s}^{-1}$)がその良い例である。さらに衝突剥離過程では放出物はあまり高圧・溶融を経験しないため、物質化学的に元の天体の情報を保持しやすい特徴がある。このような惑星間の物質輸送に関わる諸問題を統一的に理解するためには、衝突剥離過程で起きている現象を詳細に明らかにする必要があった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまで、ほとんど研究がされてこなかった衝突剥離過程で起こる現象を解明し、衝突剥離の理論モデルの構築を行うことである。実験的・数値計算的な困難さを真正面から克服することによって、この目的を達成する。そして、惑星間の物質輸送に関わる諸問題に、この理論モデルを適用する。具体的な研究テーマとしては、火星隕石の放出過程の解明・決着、火星衛星フォボスに堆積している火星表層物質の定量などへの応用である。

3. 研究の方法

衝突剥離過程の詳細を解明するためには、衝突で生じた衝撃波と、標的の表面からの膨張波が干渉する狭い領域での運動を正確に捉えることのできる超高解像度の衝突数値計算が必須である。本研究では、衝突計算コードとして、iSALE(Impact Simplified Arbitrary Lagrangian Eulerian)コードとSPH(Smoothed Particle Hydrodynamics)コードの2種類を使用する。iSALEコード^[7-9]は、登録は必要だが、研究者に公開されている汎用性の高い衝突計算コードであり、主に空間に固定された格子点上で流体方程式を解いている(オイラー法)。一方、SPHコードは、流体を多数の粒子に分割し、それぞれの粒子の運動を解いており(ラグランジュ法)、今回は玄田が1から開発した計算コードを用いる^[10-11]。2種類の異なる計算コードを用いることによって、同じ衝突条件で得られた結果を比較することができ、結果の信頼性を確かめることもできる。

まずは天体の垂直衝突の計算を行う。計算の解像度の指標として、衝突天体の半径の分割数(CPPR: Cells Per Projectile Radius)を用いる。iSALEコードの方は、2次元円筒座標系で計算することができるため、2000 CPPRというこれまでに行われてきた衝突計算の10倍以上の解像度で計算を行う。SPHコードの方は、3次元の計算であるが、200 CPPR相当(200 PPPR: Particle Per Projectile Radius)で行う。物質に働く重力と強度は無視した。ここで注目する現象は短時間なため、重力の影響は無視できる。また、衝突剥離過程で起きている現象をなるべく単純に理解したいため、物質強度を無視した完全流体として扱った。物質の状態方程式としては、惑星科学分野の衝突計算でよく用いられているTillotson状態方程式^[12]を用い、物質の種類としては、玄武岩とポリカーボネートを用いた。衝突実験では、ポリカーボネートの弾丸と標的を用いるので、

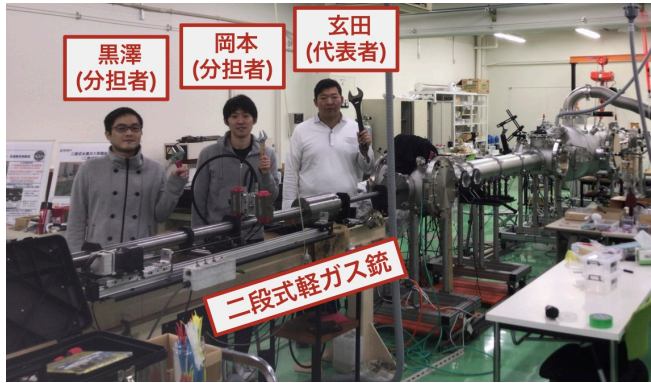


図2. 衝突実験装置 (千葉工業大学・惑星探査研究センター) と、誇らしげにたたずむ研究者ら

計算結果と直接比較することが可能である。また、3次元の斜め衝突に関しても、SPHコードで最大200CPPRの解像度で行う。

数値計算で得られた結果は、実験で検証する必要がある。剥離過程では、放出物は細かく粉碎され、一部は熔融・蒸発を経験するため、衝突実験後に試料を回収し放出過程に関するデータを取得することは現実的に不可能である。したがって、衝突剥離過程のその場撮像によるデータの取得が本研究の鍵となる。近年、千葉工大の衝突実験装置(図2)に導入された世界最高速のビデオカメラ(毎秒1000万コマ)を用いることによって、衝突剥離過程を時間的に分解し撮像することが可能となった。一方で、噴射過程で生じる飛翔体と標的の自発光が放出物のその場撮像を不可能にしていた(図3)。本研究で購入した単一波長の強力なレーザー光源を用いることによって、光源の波長以外の光をカメラ側で遮断し、自発光の影響を最大限に取り除き、衝突剥離過程の実験データを取得する。

4. 研究成果: 本研究では主に以下の4つの研究成果をあげることができた。

(1) 高解像度の衝突数値計算による後期加速メカニズムの発見

論文: **Kurosawa, K., Okamoto, T., and Genda, H.** (2018) Hydrocode modeling of the spallation process during hypervelocity impacts: Implications for the ejection of Martian meteorites, *Icarus* 301, 219–234. プレスリリース: <https://www.it-chiba.ac.jp/topics/press10171205/>

Kurosawa, K., and Takada, S. (2019) Impact cratering mechanics: A forward approach to predicting ejecta T velocity distribution and transient crater radii, *Icarus* 317, 135–147.

2D-iSALEコードと3D-SPHコードを用いて、超高解像度の垂直衝突計算を行なった。図4はiSALEを用いた計算結果の一例で、衝突天体の外周近傍の様子を時系列で示している。深部の岩石(図中の紫の点)が浅部の岩石(図中の赤の点)をおよそ10 GPa(10万気圧)で押し出している様子がわかる。このことから、高衝撃圧を経験した標的深部の物質が浅部(表面付近)の低衝撃圧しか受けられない物質をトコロテン式に押し出すことで効率よく加速される「後期加速メカニズム」を発見した(Kurosawa et al. 2018)。

地球で見つかっている火星隕石は、火星上で起こった天体衝突によって放出され地球へ飛来したと考えられている。火星隕石の岩石学的な分析によって、天体衝突時に50 GPa以下の衝撃圧を経験したとわかっているが、衝撃物理学の観点からは、天体衝突時に火星の重力から脱出する(5 km s^{-1} 以上)ためには50 GPa以上の強い衝撃波による加速が必要であることが指摘されており、火星隕石の具体的な放出メカニズムは未解明であった。今回の「後期加速」メカニズムの発見によって、衝撃圧が50 GPa以下であっても、放出物の一部が 5 km s^{-1} 以上に加速される物理機構が明らかになった。この新発見によって火星隕石における岩石学的分析結果と衝撃物理学の間の矛盾が解消された。

本数値計算で衝撃波と膨張波の運動について詳細な知見を得ることができた。この内容を衝突点から遠方の領域に適用し、掘削過程を記述する解析解を導くことができた(Kurosawa & Takada 2019)。このモデルでは解析的に放出速度分布とクレータ径の時間変化を求めることができる。

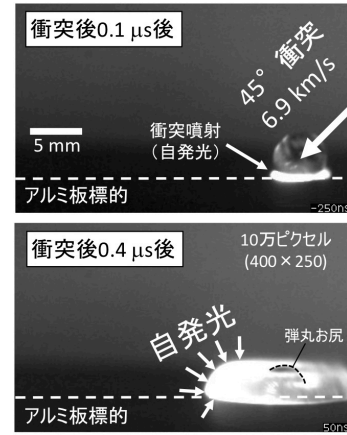


図3. 高速ビデオカメラで捉えた衝突直後のスナップショット。自発光により放出物を正確に捉えることが難しい。

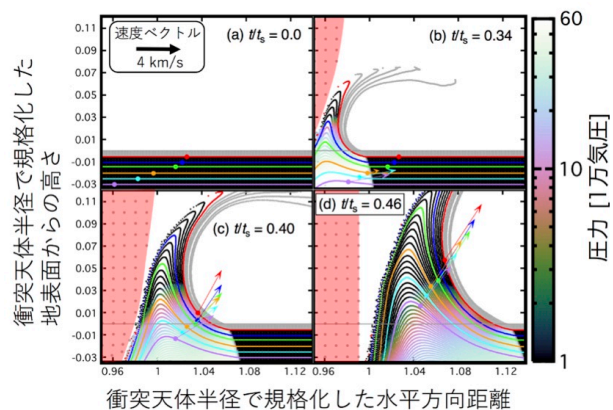


図4. 数値計算結果。衝突天体(赤いハッチ部分)が標的と接触してからの経過時刻を規格化時間 t/t_s として図中表示。 $t/t_s = 1$ は衝突天体が標的にすべて埋まる時刻。同じ軌跡をたどる追跡粒子を赤から紫の6つの点、それらと同じ深さにある地層を同じ色の線で表示。

(2) 衝突実験と衝突計算の比較

論文：Okamoto, T., Kurosawa, K., Genda, H., and Matui, T. (2020) Impact ejecta near the impact point observed using ultra-high-speed imaging and SPH simulations, and a comparison of the two methods. *Journal of Geophysical Research: Planets* 125, e2019JE005943

研究成果(1)により、衝突剥離過程において後期加速メカニズムが重要であることがわかった。しかし、この結果は、衝突数値計算で得られたものであり、衝突実験によって検証する必要がある。一方で、後期加速という現象が極めて短時間で起こること、貫入する弾丸の近くで形成されたリム内部で起きていることから、衝突実験で直接的に観察することは極めて難しい。そこで、放出物を作る陰影の形状とその時間変化を高速ビデオカメラで撮影し、同じ衝突条件で行なった衝突数値計算の結果と比較することによって、後期加速メカニズムが実際に働いているかどうかを検証した。

図5は、高速ビデオカメラで撮影した衝突実験のスナップショットである。弾丸が標的に貫入していくにつれて、衝突地点付近から物質が放出されて、放出物の陰影の形状が広がっていくことが観察できる。実験と同じ衝突条件、同じ物質を用いた数値計算の結果と比較したところ、放出物の陰影の形状が類似していることがわかった(図6)。これは衝突数値計算が高速度放出物の3次元速度分布をよく再現していることの傍証である。数値計算から、この放出物には、後期加速によって高速度・低衝撃圧で放出された物質が含まれていることを確認することができた。衝突実験と衝突計算を詳細に比較することによって衝突実験でも「後期加速メカニズム」が働いていることを確認することができた。

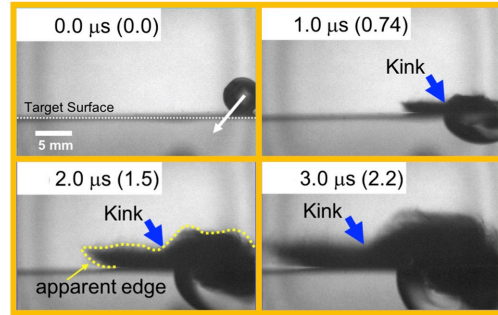


図5. 高速ビデオカメラで捉えた高速度放出物の陰影。弾丸(直径4.8mm)と標的にはポリカーボネートを使用。衝突速度3.56 km s⁻¹の45°の斜め衝突実験。括弧内の数値は弾丸貫入の典型時間(t₀)で規格化した時間を表す。

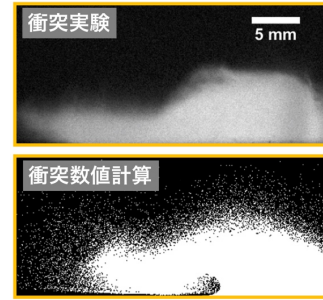


図6. 実験と計算で得られた放出物を作る形状の比較。衝突条件は図5と同じで、3.0μsの結果を使用。比較しやすいように画像処理を施している。

(3) 火星圏への応用：火星衛星に降り積もる火星表層物質の量と質を再評価

論文：Hyodo, R., Kurosawa, K., Genda, H., and Usui, T. (2019) Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history. *Scientific Reports* 9, 19833. プレスリリース：<https://www.titech.ac.jp/news/2020/046066.html>

[§]Fujita, K., Kurosawa, K., Genda, H., et al. (2019) Assessment of microbial contamination probability for sample return from martian moons I: The departure of the microbes from Martian surface. *Life Sciences in Space Research* 23, 73–84.

[§]Kurosawa, K., Genda, H., et al. (2019) Assessment of microbial contamination probability for sample return from martian moons II: The fate of microbes on Martian moons. *Life Sciences in Space Research* 23, 85–100. プレスリリース(上記[§]の2論文)：https://www.jaxa.jp/press/2019/09/20190906b_j.html

高解像度の衝突計算と破片の詳細な軌道計算を用いて、5億年前から現在までの間に火星上で起こった小天体衝突による、火星からフォボスへの衝突破片の輸送過程を定量的に評価した。具体的には、衝突時期や規模が異なる、さまざまな種類的小天体衝突によってフォボスへ輸送される火星物質量をそれぞれ算出した(図7)。それらを合計した結果、従来考えられていたよりも10倍以上の量の火星表層物質がフォボスへ運ばれたことを示した(Hyodo et al. 2019)。

JAXAが現在計画している火星衛星探査計画(Martian Moons eXploration: MMX)では、火星衛星フォボスの表土を10g程度採取するが、同時に、フォボスに混入した火星表層物質も採取できる可能性がある。今回の研究による混入量の上方修正によって、火星の全歴史が解読可能な火星表層試料を、欧米による火星本体の探査に先行してMMX計画によって火星衛星フォボスから手に入れられる可能性が高まったことを意味する。

また、現在の火星表層で生きている微生物がある一定密度で存在していたと仮定した場合、天体衝突や放射滅菌などによって微生物がどの程度滅菌されるかについても検討した(Fujita et al. 2019; Kurosawa et al. 2019)。その結果、MMX計画で持ち帰るフォボス表層の試料中に微生物が含まれる可能性が、国際的に合意されている上限値を大きく下回り、「安全」であることを科学的・定量的に示した。

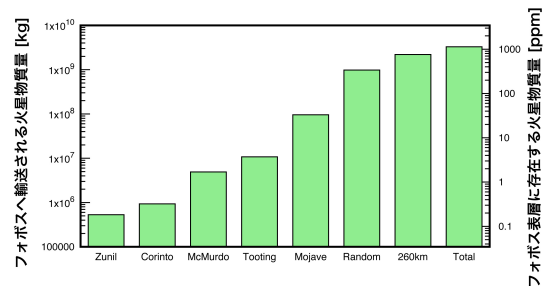


図7. 過去の小天体衝突によってフォボスへ輸送される火星表層物質の量。右の縦軸は、輸送された火星物質がフォボス表層1mに均質に混ざった場合の、火星物質の割合を示す。

(4) 延性変形による追加加熱の重要性の発見とその応用

論文: **Kurosawa, K.**, and **Genda, H.** (2018) Effects of friction and plastic deformation in shock-comminuted damaged rocks on impact heating, *Geophysical Research Letters* 45, 10.1002/2017GL07628. プレスリリース: <https://www.it-chiba.ac.jp/topics/pr20180126/>

Wakita, S., and **Genda, H.** (2019) Fates of hydrous materials during planetesimal collisions. *Icarus* 328, 58–68.

Wakita, S., **Genda, H.**, **Kurosawa, K.**, and Davison, T. M. (2019) Enhancement of impact heating in pressure-strengthened rocks in oblique impacts. *Geophysical Research Letters* 46, 10.1029/2019GL085174.

上記(1)～(3)の研究で行なった衝突数値計算は、物質の強度を無視し、完全流体を仮定していた。強度が無視できる物質や、衝突速度が速い場合は、その仮定は妥当であるが、小惑星帯などで起こる岩石物質の低速衝突 (<5 km/s) などの場合は、岩石の破壊・弾性変形・塑性変形の影響が無視できなくなる。そこで、我々は、これらの効果を考慮した衝突数値計算を行なった (Kurosawa & Genda 2018)。その結果、放出物の高速成分に関しては、それほど岩石の強度は影響を与えないが、物質の加熱度合いが大きく変わることを発見した。図 8 は、完全流体の場合 (左) と岩石の強度を考慮した場合 (右)

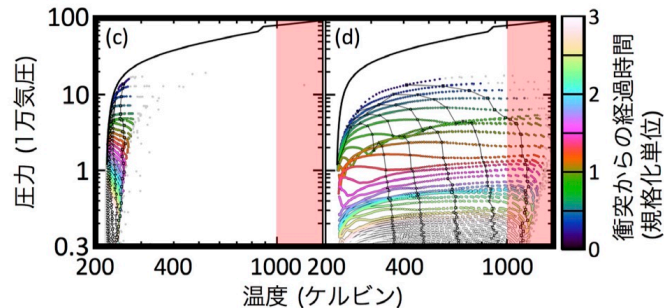


図 8. 天体衝突時における標的岩石物質の温度と圧力の履歴。衝突速度 3 km s^{-1} の垂直衝突の計算結果を示している。左図は、物質強度をなしの場合、右図は物質強度を考慮した場合の結果である。右図より、衝撃波が到達し、圧力が急上昇した直後ではなく、1 万気圧ほどまで減圧していく際に徐々に温度が上昇していることがわかる。赤いハッチをかけた温度領域では Ar 年代がリセットされる。

の、温度上昇の結果を示している。両方の計算とも衝突条件は同じで、衝突速度 3 km s^{-1} の垂直衝突である。図から明らかにわかるように、岩石強度を考慮した場合の最終的な温度上昇が大きい。これは、衝撃波の伝播で圧縮・破砕された岩石が膨張して減圧する際に、内部摩擦や塑性変形によって追加の発熱が起こったためである。

岩石の温度が 1000 K を超えると、Ar が脱ガスし、隕石に記録された Ar の放射壊変年代がリセットされることがわかっている。したがって、今回の追加加熱の発見は、隕石のふるさとである小惑帯の典型的な衝突速度である 5 km s^{-1} で、Ar 年代のリセットが起こることとなる。この新発見は初期太陽系の衝突環境が従来の推定よりも穏やかであったことを示唆する。

さらに、「はやぶさ 2」や「OSIRIS-REx」の探査小天体であるリュウグウやベンヌを形成したと考えられる母天体の破壊的な衝突によって、衝突速度によっては、部分的に含水鉱物の脱水が起こりうることも衝突計算によってわかった (Wakita & Genda 2019)。また、斜め衝突の場合、この追加加熱の影響が大きくなることも確認した (Wakita et al. 2019)。

本研究成果(4)は、基盤研究(A)「隕石に刻まれた初期太陽系衝突史の復元 (課題番号: 19H00726)」(2019～2022 年度: 黒澤代表)を開始するきっかけとなり、現在、実験・分析・数値計算の三位一体のアプローチで、詳細な研究を行なっている。

<引用文献>

- [1] Melosh (1989) *Impact cratering: A geologic process*, Oxford University Press, New York.
- [2] Vickery (1993) *Icarus* **105**, 441.
- [3] Johnson et al. (2014) *Icarus* **238**, 13.
- [4] Kurosawa et al. (2015) *Journal of Geophysical Research* **120**, 1237.
- [5] Housen & Holsapple (2011) *Icarus* **211**, 856.
- [6] Melosh (1984) *Icarus* **59**, 234.
- [7] Amsden et al. (1980) *Los Alamos Nat. Lab. Rep. LA-8095*. Los Alamos, New Mexico. 101 pp.
- [8] Ivanov et al. (1997) *Int. J. Impact Eng.* **20**, 411.
- [9] Wünnemann et al. (2006) *Icarus* **180**, 514.
- [10] Genda & Kokubo (2012) *Astrophys. J.* **744**, 137.
- [11] Genda et al. (2015) *Astrophys. J.* **810**, 136.
- [12] Tillotson (1962) *Report No. GA-3216*, July 18 (San Diego, CA: General Atomic).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 33件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Genda Hidenori, Fujita Tomoaki, Kobayashi Hiroshi, Tanaka Hidekazu, Suetsugu Ryo, Abe Yutaka	4. 巻 294
2. 論文標題 Impact erosion model for gravity-dominated planetesimals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 234 ~ 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2017.03.009	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 Genda Hidenori, Iizuka Tsuyoshi, Sasaki Takanori, Ueno Yuichiro, Ikoma Masahiro	4. 巻 470
2. 論文標題 Ejection of iron-bearing giant-impact fragments and the dynamical and geochemical influence of the fragment re-accretion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 87 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2017.04.035	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 Hyodo Ryuki, Genda Hidenori, Charnoz Sebastien, Rosenblatt Pascal	4. 巻 845
2. 論文標題 On the Impact Origin of Phobos and Deimos. I. Thermodynamic and Physical Aspects	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 125 ~ 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa81c4	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 Genda H., Brasser R., Mojzsis S.J.	4. 巻 480
2. 論文標題 The terrestrial late veneer from core disruption of a lunar-sized impactor	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 25 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2017.09.041	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, Rosenblatt Pascal, Genda Hidenori, Charnoz Sebastien	4. 巻 851
2. 論文標題 On the Impact Origin of Phobos and Deimos. II. True Polar Wander and Disk Evolution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 122 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa9984	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 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) 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 Pignatale Francesco C., Charnoz Sebastien, Rosenblatt Pascal, Hyodo Ryuki, Nakamura Tomoki, Genda Hidenori	4. 巻 853
2. 論文標題 On the Impact Origin of Phobos and Deimos. III. Resulting Composition from Different Impactors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 118 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaa23e	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 Kurosawa Kosuke, Genda Hidenori	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) 10.1002/2017GL076285	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kodama T., Nitta A., Genda H., Takao Y., O'ishi R., Abe-Ouchi A., Abe Y.	4. 巻 123
2. 論文標題 Dependence of the Onset of the Runaway Greenhouse Effect on the Latitudinal Surface Water Distribution of Earth-Like Planets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 559 ~ 574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017JE005383	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 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) 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 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) 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 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) 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 Sakuraba Haruka, Kurokawa Hiroyuki, Genda Hidenori	4. 巻 317
2. 論文標題 Impact degassing and atmospheric erosion on Venus, Earth, and Mars during the late accretion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 48 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2018.05.035	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 Suetsugu Ryo, Tanaka Hidekazu, Kobayashi Hiroshi, Genda Hidenori	4. 巻 314
2. 論文標題 Collisional disruption of planetesimals in the gravity regime with iSALE code: Comparison with SPH code for purely hydrodynamic bodies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 121 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2018.05.027	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 Hyodo Ryuki, Genda Hidenori, Charnoz Sebastien, Pignatale Francesco C. F., Rosenblatt Pascal	4. 巻 860
2. 論文標題 On the Impact Origin of Phobos and Deimos. IV. Volatile Depletion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 150 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aac024	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 Hyodo Ryuki, Genda Hidenori	4. 巻 856
2. 論文標題 Implantation of Martian Materials in the Inner Solar System by a Mega Impact on Mars	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L36 ~ L36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aab7f0	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 黒澤 耕介、玄田 英典、岡本 尚也、松井 孝典	4. 巻 27
2. 論文標題 火星隕石の放出過程	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本惑星科学会誌遊星人	6. 最初と最後の頁 197 ~ 206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14909/yuseijin.27.3_197	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 倉本 圭、諸田 智克、長岡 央、中川 広務、中村 智樹、小川 和律、大嶽 久志、尾崎 正伸、佐々木 晶、 千秋 博紀、橋 省吾、川勝 康弘、寺田 直樹、臼井 寛裕、和田 浩二、渡邊 誠一郎、MMX study team、藤 本 正樹、玄田 英典、平田 成、今村 剛、亀田 真吾、松本 晃治、宮本 英昭	4. 巻 27
2. 論文標題 太陽系ハビタブル惑星の成立を探る火星衛星探査計画MMX	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本惑星科学会誌遊星人	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) 10.14909/yuseijin.27.3_207	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 兵藤 龍樹、玄田 英典	4. 巻 27
2. 論文標題 火星衛星フォボスとディモスの起源・進化の現状理解	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本惑星科学会誌遊星人	6. 最初と最後の頁 216 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14909/yuseijin.27.3_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 -

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) 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 Wakita Shigeru, Genda Hidenori	4. 巻 328
2. 論文標題 Fates of hydrous materials during planetesimal collisions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 58 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.03.008	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 Hirose Kei, Tagawa Shoh, Kuwayama Yasuhiro, Sinmyo Ryosuke, Morard Guillaume, Ohishi Yasuo, Genda Hidenori	4. 巻 46
2. 論文標題 Hydrogen Limits Carbon in Liquid Iron	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 5190 ~ 5197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL082591	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 Woo J.M.Y., Genda H., Brasser R., Mojzsis S.J.	4. 巻 333
2. 論文標題 Mars in the aftermath of a colossal impact	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 87 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2019.05.015	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 該当する

1. 著者名 Arakawa Sota, Hyodo Ryuki, Genda Hidenori	4. 巻 3
2. 論文標題 Early formation of moons around large trans-Neptunian objects via giant impacts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 802 ~ 807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-019-0797-9	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, 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 Kodama T., Genda H., O'ishi R., Abe Ouchi A., Abe Y.	4. 巻 124
2. 論文標題 Inner Edge of Habitable Zones for Earth Sized Planets With Various Surface Water Distributions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 2306 ~ 2324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JE006037	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 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

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 Okamoto Takaya, Kurosawa Kosuke, Genda Hidenori, Matsui Takafumi	4. 巻 125
2. 論文標題 Impact Ejecta Near the Impact Point Observed Using Ultra high Speed Imaging and SPH Simulations and a Comparison of the Two Methods	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e2019JE005943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JE005943	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, 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

[学会発表] 計35件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Genda, H., Sekine, Y., Kamata, S., Funatsu, T.
2. 発表標題 Charon-forming giant impact as a source of Pluto's dark equatorial regions
3. 学会等名 International Workshop: Circumplanetary Disks and Satellite Formation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 玄田英典
2. 発表標題 地球型惑星の形成と大気・海の起源について
3. 学会等名 第19回惑星圏研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 玄田英典、荒川創太、兵頭龍樹
2. 発表標題 巨大天体衝突による連惑星形成の可能性について
3. 学会等名 第6回宇宙における生命ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Genda, H., Hyodo, R., Charnoz, S., Rosenblatt, P.
2. 発表標題 On the impact origin of Phobos and Deimos
3. 学会等名 49th Annual DPS Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Genda, H., MMX Science Team
2. 発表標題 Scientific aspects of JAXA's Martian Moons exploration mission
3. 学会等名 International Workshop on Life Detection Technology: For Mars, Enceladus and Beyond (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 玄田英典
2. 発表標題 地球形成過程から見たマントル物質の科学とダイナミクス
3. 学会等名 日本地球化学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Genda, H.
2. 発表標題 Origin of Earth's Oceans: An Assessment of the Total Amount, History and Supply of Water
3. 学会等名 Goldschmidt Conference 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Genda, H.
2. 発表標題 Pluto's Elongated Dark Regions Formed by the Charon-Forming Giant Impact
3. 学会等名 Multi-scale Planetary Science WS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Genda, H., Sekine, Y., Kamata, S., Funatsu, T.
2. 発表標題 Pluto's Elongated Dark Regions Formed by the Charon-Forming Giant Impact
3. 学会等名 European Geosciences Union General Assembly 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本尚也, 黒澤耕介, 玄田英典, 松井孝典
2. 発表標題 画像処理によるイジェクタカーテン形状の比較: 室内衝突実験 vs SPH衝突シミュレーション
3. 学会等名 天体の衝突物理の解明 (XIII) ~太陽系の進化過程におけるダストの役割~
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kurosawa, K., Takada, S.
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 2018年

1. 発表者名 Kurosawa, K., Genda, G.
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 2018年

1. 発表者名 Kurosawa, K., Okamoto, T., Yabuta, H., Komatsu, G., Matsui, T.
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 2018年

1. 発表者名 Genda, H.
2. 発表標題 Collisions during planet and satellite formation
3. 学会等名 The Eighth East Asian Numerical Astrophysics Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 玄田英典、黒澤耕介、岡本尚也
2. 発表標題 天体衝突による火星物質の放出過程について
3. 学会等名 日本惑星科学会 2018年秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kurosawa, K., K. Fujita, H. Genda, R. Hyodo, T. Mikouchi, Phobos/Deimos Microbial Contamination Assessment team
2. 発表標題 Assessment of microbial contamination probability for sample return from Martian moons
3. 学会等名 Committee on the Review of Planetary Protection Requirements for Sample Return from Phobos and Deimos (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kosuke Kurosawa, Satoshi Takada
2. 発表標題 A full-chain analytical model to connect projectile/target properties with ejecta velocity distributions and transient crater radii
3. 学会等名 9th Workshop on Catastrophic Disruption in the Solar System (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒澤耕介, 岡本尚也, 藪田ひかる, 小松吾郎, 松井孝典
2. 発表標題 The roles of hypervelocity impacts on the surface evolution of the Hadean Earth
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 黒澤耕介, 兵頭龍樹, 玄田英典, 山岸昭彦, 藤田和央
2. 発表標題 火星圏物質輸送II: 衛星上の火星物質と滅菌
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 黒澤耕介, 藤田和央, 玄田英典, 兵頭龍樹, 三河内岳, 新原隆史, 岡本尚也, 金田康正, 松井孝典
2. 発表標題 Impact-driven material transportation in the Mars system
3. 学会等名 7th Life in the Universe Workshop by Astrobiology center
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kurosawa, K. R. Moriwaki, G. Komatsu, T. Okamoto, H. Sakuma, H. Yabuta, and T. Matsui
2. 発表標題 Shock vaporization/devolatilization of evaporites in an open system
3. 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kurosawa, K., H. Genda, R. Hyodo, A. Yamagishi, and K. Fujita
2. 発表標題 Planetary protection issues: A Phobos case study
3. 学会等名 Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本尚也, 黒澤耕介, 玄田英典, 松井孝典
2. 発表標題 衝突点近傍から放出されるイジェクタの超高速撮像:SPH シミュレーションとの比較
3. 学会等名 平成30年度: 天体の衝突物理の解明(XIV)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Genda, H., Kurosawa, K., Wakita, S., and Davison, T. M.
2 . 発表標題 Impact Heating due to Friction and Plastic Deformation
3 . 学会等名 Asteroid Science in the Age of Hayabusa2 and OSIRIS-REx (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Genda, H., Kurosawa, K., Wakita, S., and Davison, T. M.
2 . 発表標題 Enhancement of impact heating due to friction and plastic deformation during collisions
3 . 学会等名 EPSC-DPS Joint Meeting 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Genda, H., Sakuraba, H., Kurokawa, H., and Ohta, K.
2 . 発表標題 Origin and evolution of Earth's H, C, and N
3 . 学会等名 Origin and evolution of planetary atmospheres - Earth, Mars, Venus (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 玄田英典
2 . 発表標題 太陽系の成り立ちと水と粘土
3 . 学会等名 第63回粘土科学討論会 (招待講演)
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, 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 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 Okamoto, T., Kurosawa, K., Genda, H., and Matsui, T
2. 発表標題 Impact Ejecta in the Vicinity of the Impact Point: A Comparison of the Laboratory Impact experiments and SPH simulations
3. 学会等名 The 2nd International Winter School for Aquaplanetology (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

新聞掲載 2020年4月3日 日本経済新聞（朝刊・25面）「火星の衛星 本格探査へ」 2020年2月20日 毎日新聞（朝刊・24面）「次の探査は火星「フォボス」」 2020年1月17日 日刊工業新聞（日刊・29面）「火星の衛星「フォボス」火星表層物質10倍超混入」 2018年2月2日 科学新聞（週刊・2面）「隕石のアルゴン年代 低速度衝突でも消去」 2018年1月26日 日刊工業新聞（日刊・27面）「隕石に刻まれた『記録』天体衝突時に消去」 2017年12月7日 日刊工業新聞（日刊・25面）「天体衝突による火星隕石 放出の仕組み解明」
--

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	黒澤 耕介 (Kurosawa Kosuke) (80616433)	千葉工業大学・惑星探査研究センター・研究員 (32503)	
研究分担者	岡本 尚也 (Okamoto Takaya) (80756130)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・特別研究員 (PD) (82645)	