

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11610

研究課題名（和文）コンテンツ制作者のための宇宙科学データ整備手法

研究課題名（英文）A Study on Space Science Data Suitable for Contents Creation

研究代表者

三浦 昭 (Miura, Akira)

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・助教

研究者番号：40280557

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：コンテンツ制作に適した宇宙科学データについて、模擬データ、観測データの両面から検討した。観測データとしては、早見画像を宇宙科学データブラウザに追加すると共に、独自フォーマットのデータについてもデータ構造を解析し、一般的なCGソフトに適したフォーマットや座標系への変換手法を検討した。また宇宙科学データをコンテンツ制作に活用するための情報収集・公開を行なった。小惑星モデル等の模擬データとしては、モデリング・レンダリング手法の改善を行なった。また観測データ・模擬データ双方の知見を生かして、観測データの3D CGモデル化やWebアプリケーションへの適用等についても見通しが得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来研究者向けに提供されてきた宇宙科学データを、研究者のみならず、広く一般のコンテンツ制作に供するための検討を行なった結果として、観測データや形状モデルを一般的なコンテンツ制作用アプリケーションに導入するための見通しが得られた。一方で学術面を考えると、模擬データについては、旧来特定ミッション向けに開発された要素技術が、広く今後の類似ミッションへの応用も可能となる見通しが得られた。観測データについても、本研究の手法で可視化されたデータは研究者向けの早見画像として応用可能であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：We examined space science data suitable for content creation from two points of view, i.e., observation data and simulation data. Regarding observation data, we arranged quick-look data into a web-based user interface. Since some of these data have unique data formats, we analyze such data in order to convert them into data formats suitable for commonly used CG software with well-known coordinate systems. We also curated information to produce content using space science data. Regarding simulation data, e.g., shape models of asteroids, we developed advanced methods to create and render such models. In conjunction with these viewpoints, we developed methods for applying observation data into 3D CG models, web-based 3D applications, and so forth.

研究分野：可視化、モデリング

キーワード：宇宙科学データ コンテンツ制作 可視化

## 1. 研究開始当初の背景

### 観測データの観点から

筆者らの経験として、宇宙映像関係のプロダクションや科学館等のコンテンツ制作関係の方々には、必ずしも宇宙科学研究所が提供する観測データの利用に積極的ではなかった。その理由の一つは、そのようなデータの難解さやアクセス方法にあり、また研究者が興味深いと感じるデータと一般の方々が興味深いと感じるデータにも往々にして相違があった。

### 模擬データの観点から

各種コンテンツ内に見受けられる天体の表現等は、現実の天体として想定されるものとは異なる様相になっている場合があった。これについては、研究者の間で進められている模擬データ関連のアルゴリズムや、その過程で得られる模擬データを適用することにより、一層現実に近い映像表現が可能になると考えられた。

筆者らはこのような状況に鑑み、コンテンツ制作者向けに、科学データの提供方法を考え直し、またミッション関係者向けのモデリング・描画手法を、一般のコンテンツ制作も想定した手法として捉え直して発展させる必要があるとの発想に至った。これはコンテンツ制作に寄与するだけでなく、関連するミッションへのフィードバックを行うことで、関連分野の研究・開発にも寄与するものと考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、宇宙科学にまつわる各種データや関連アルゴリズムを見直し、学術研究だけでなく、コンテンツ制作にとっても役に立つような形式で整備するための手法検討を行う。またその結果を、コンテンツ制作者向けデータアーカイブや、各種デモンストレーションとして提示する。

### 観測データについて

観測データは研究者の立場で解釈され、多くの研究成果が発表されているところであるが、これをコンテンツ制作の立場で見直し、コンテンツ制作者にとって魅力的なデータを見出す。そのためのアルゴリズムの開発・実行やその結果の解釈、結果に基づくデータの再構築や分類を行う。理学研究者の観点を尊重しつつも、コンテンツ制作を見通したアルゴリズムを検討する。またデータ形式は研究者向けフォーマットに拘らず、コンテンツ制作の利便性を考慮した形式を採用する。このようにして再構築されるデータについては、適宜コンテンツ制作者をも対象とするようなデモンストレーションに努める。

### 模擬データについて

「はやぶさ 2」では模擬データに基づいた CG を用いた研究成果が出始めていたところであり、これを広範囲の類似分野にも拡張し、汎用化を目指す。関連する理工学研究者の観点を尊重しつつも、制作現場に生かせるような方式を検討する。併せて、一般のコンテンツ制作のみでなく、様々なミッションに応用が可能となるよう、専門性の高いアルゴリズムも検討する。この過程で構築されたアルゴリズムや模擬データの内、コンテンツ制作に寄与すると判断されるものについて、観測データと同様の整備やデモンストレーションを検討する。

## 3. 研究の方法

コンテンツ制作者にとって魅力的で利用しやすいデータを想定して、観測データの再解釈手法や模擬データの生成手法の検討を行う。それら手法に基づいてデータアーカイブや、関連アルゴリズムの整備を行い、係るデータやアルゴリズム等の利用方法について例示を行う。

### 観測データについて

コンテンツ制作者・一般の利用者等からの興味も取材しつつ、その傾向等を考慮して、観測データの解析・再構築やアーカイブの方法を検討する。本研究においては、データ再整備の自動化率が高い(研究者の専門的判断を必要とする程度が低い)手法がとれるものを優先することとする。また観測データは膨大な量となるため、本研究では、その一部を対象とすることとする。

### 模擬データについて

複数のミッションでの模擬データの利用条件やデータ生成の条件等を調査し、係るアルゴリズムを検討する。その過程で、ミッション共通に利用可能なアルゴリズムと、個々のミッション固有となるアルゴリズムの選別をする。この内、共通性の高いアルゴリズムについてはミッシ

ン横断的な効率化を検討し、同時に一般的なコンテンツ制作に適したデータやアルゴリズムの再構築や整理・分類検討する。特定のミッションに固有と判断されるようなアルゴリズムは、コンテンツ制作向けの検討としては優先度を下げる。

#### 4. 研究成果

##### 観測データについて

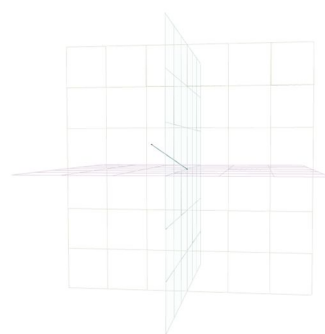
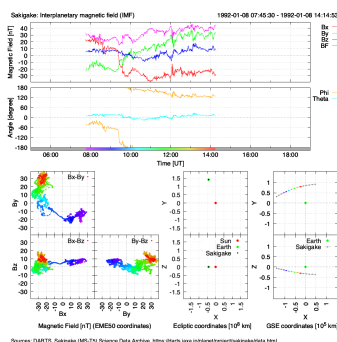
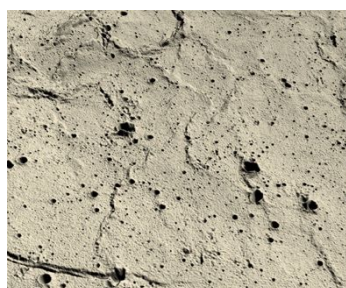
観測データの中には、研究者の間で広く用いられているフォーマットで提供されているデータの他に、そのミッション固有のフォーマットで提供されているものがある。前者は関連する解析ツールも開発されており、画像データとして扱うことが容易なものや、既に早見画像等が公開されているものも存在している。これに対して、後者は、データを利用するためにはフォーマットを読み解くことから始めなければならない状況にある。

取り扱いが容易なデータもしくは早見画像等が公開されているデータについては、アウトリーチ素材として、広報サイトである「宇宙の小箱」のコンテンツを拡充した。

画像形式で提供できるデータについては、カレンダー形式の宇宙科学データブラウザに新たな早見画像データを追加した。

コンテンツ制作への橋渡しとしては、宇宙と VR 等のコンテンツ制作に関連するような情報を収集し、公開した。そのひとつとして、「かぐや」地形データの取扱説明を公開した。これは、2018 年に開催された「月面スポーツ VR ハッカソン」の共催者や参加者らの知見を元に、月面の形状データをゲーム開発やスクリプト言語に取り込む手法についてとりまとめたものである。いくつかの形状データをサンプルとして、データの取得方法から 2D、3D CG の生成手法までを解説したものであり、ハッカソンで使用した科学データの導入にとどまらず、同一フォーマットで提供されている各種科学データにも応用可能なものとなっている。

個別のデータ解釈が必要となるような、観測データ固有のフォーマットで提供されている事例として、「さきがけ」の観測データを検討した。この事例では一般的な形式での QL 画像等も提供されていない。まず時系列データや 2 次元、3 次元映像として、コンテンツ制作者が利用可能な形式でのデータ生成を試みた。続いて早見画像としての時系列表示や座標軸上の重ね合わせ表示と併せて、WebGL の技術を用いた 3D 表示についても検討した。データ全体を一瞥するには早見画像が有利である一方で、Web ブラウザ上の 3D 表示も立体視等の応用が可能であり、直感的な把握のためには両者の併用が有効であるとの見通しが得られた。



月面形状モデルの利用

「さきがけ」データの早見  
観測データの検討

同、3D 表現

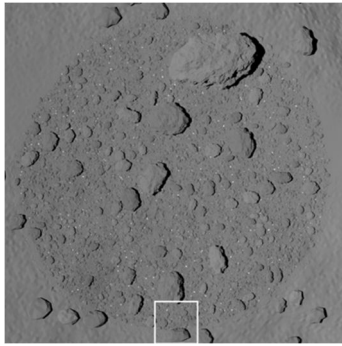
##### 模擬データについて

小惑星探査で、タッチダウン等の運用にあたっては事前の計画・評価や得られたデータの解析等の場面で、リアリティの高い撮像機器の模擬が有用な手段の一つとなる。本研究では、小惑星のモデリング手法を含めた、3D CG 生成手法を検討した。

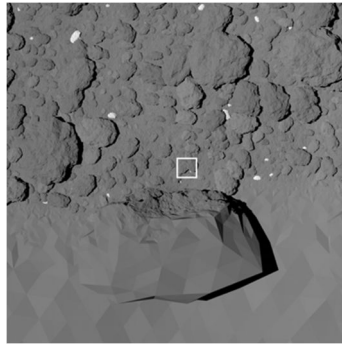
「はやぶさ 2」向けの模擬小惑星モデルは小惑星全体を均等にモデリングしていたのに対し、本研究においては、局所的にモデリングの解像度を変更することにより、タッチダウン等の運用で必要となるような詳細形状モデルを必要範囲だけ生成することが可能となった。これはリュウグウよりも大型の天体など、全体を均等にモデリングすることが困難な天体にも応用可能なものである。

また搭載カメラの撮像模擬手法として、基本的な画素値の計算手法、フラッシュランプ光源の模擬手法、小惑星特有の反射モデルを考慮した間接光の計算手法等について検討した。

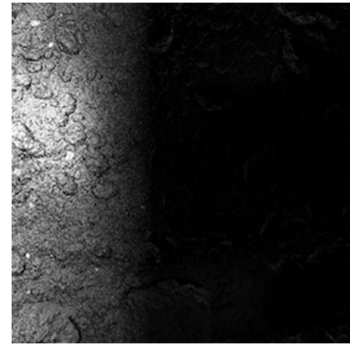
これらの手法は、「はやぶさ 2」や関連分野の研究において、理学観測とシミュレーションの比較や将来ミッションのシミュレーション等に寄与する成果が得られている。



局所的な解像度変更



局所的な解像度変更 (拡大)  
模擬データについて



間接光計算の例

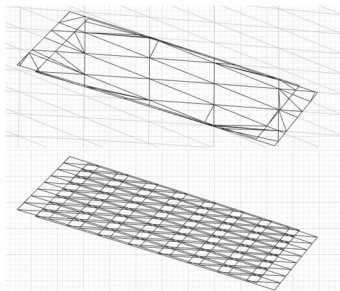
### 固有フォーマットで提供されている科学データと形状モデルの組合せについて

模擬データの検討で得られた知見を元にして、「れいめい」のオーロラ観測データの変換を試みた。「れいめい」は地球のオーロラ現象等を観測してきた小型の科学衛星であり、その搭載カメラはオーロラの観測に適した3つの波長で衛星軌道上から撮影を続けた。観測データは時系列画像として、各フレームの各ピクセルに対応する緯度・経度情報等が添えられて公開されているが、いずれもミッション固有のフォーマットである。また「れいめい」の観測データは、理学現象を解明するための貴重なデータである一方で、街明かりや地形等、理学で想定する以外の情報も捉えられている。これら地表付近の現象は、理学データと共に提供されている座標情報のみを参照したのでは、正確に再現することができない。

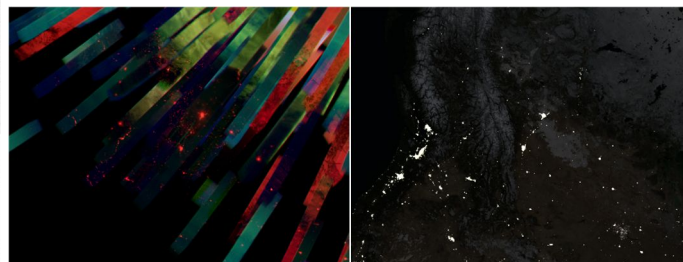
本研究では、オーロラ観測データの3Dモデルを一般の3D CGソフトウェアに導入するための手法を検討した。これには、次の各手法が含まれる。これらの各要素は、他の観測データをコンテンツ制作に提供する際にも有用であると考えられる。

- ・観測に付随して提供されている、衛星の位置・姿勢等の情報を一般のCGソフトに取込可能な形式に変換すること。これらのデータには様々な座標系が用いられており、その中には一般的な3DCGソフトで扱うのが困難な座標系も含まれている。
- ・変換された位置・姿勢情報に基づいて、観測データの視野を計算すること。
- ・観測されたそれぞれのフレームをCGソフトで取り込み可能なHDR画像に変換すること。HDR画像を用いることで、元データの精度を維持しつつコンテンツ制作にも与し易いデータの提供が可能となる。
- ・観測されたそれぞれのフレームに対応する形状モデルを生成すること。また形状モデル同士の重ね合わせで生じる不整合を解消すること。
- ・これらを結合して3D CG化するためのUVマッピングデータを生成すること。

このような手法で生成した3DCGモデルと画像データを用いることで、元データからは推定が困難であった街明かりなどが再現可能であることを、3DCG映像で例示した。



形状モデル分割例



左: 「れいめい」合成画像、右: 対応領域の夜景(NASA画像)  
「れいめい」データ

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 三浦 昭, 坂谷尚哉, 横田康弘, 本田理恵	4. 巻 9
2. 論文標題 局所的に高解像度化した小惑星形状モデルの生成について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 宇宙科学情報解析論文誌	6. 最初と最後の頁 33-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20637/JAXA-RR-19-006/0004	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 T.Okada, T.Fukuhara, S.Tanaka, M.Taguchi, T.Arai, H.Senshu, N.Sakatani, Y.Shimaki, H.Demura, Y.Ogawa, K.Suko, T.Sekiguchi, T.Kouyama, J.Takita, T.Matsunaga, T.Imamura, T.Wada, S.Hasegawa, J.Heibert, T.G.Muller, A.Hagermann, J.Biele, M.Grott, M.Hamm, M.Delbo, N.Hirata, N.Hirata, Y.Yamamoto, A.Miura, et al.	4. 巻 579
2. 論文標題 Highly porous nature of a primitive asteroid revealed by thermal imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 518 ~ 522
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2102-6	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 三浦 昭, 武井 悠人, 山口 智宏, 高橋 忠輝, 佐伯 孝尚	4. 巻 8
2. 論文標題 「はやぶさ2」ハードウェアシミュレータに係るレイトレーシングソフトウェアの開発と評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宇宙科学情報解析論文誌	6. 最初と最後の頁 27-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20637/JAXA-RR-18-008/0004	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 Saiki Takanao, Mimasu Yuya, Takei Yuto, Yamada Manabu, Sawada Hiroataka, Ogawa Kazunori, Ogawa Naoko, Takeuchi Hiroshi, Miura Akira, et al.	4. 巻 4
2. 論文標題 Motion reconstruction of the small carry-on impactor aboard Hayabusa2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astrodynamics	6. 最初と最後の頁 289 ~ 308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42064-020-0077-6	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 Morota T., Sugita S., Cho Y., Kanamaru M., Tatsumi E., Sakatani N., Honda R., Hirata N., Kikuchi H., Yamada M., Yokota Y., Kameda S., Matsuoka M., Sawada H., Honda C., Kouyama T., Ogawa K., Suzuki H., Yoshioka K., Hayakawa M., Hirata N., Hirabayashi M., Miyamoto H., Michikami T., Hiroi T., Hemmi R., Miura A., et al	4. 巻 368
2. 論文標題 Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 654 ~ 659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz6306	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 Arakawa M., Saiki T., Wada K., Ogawa K., Kadono T., Shirai K., Sawada H., Ishibashi K., Honda R., Sakatani N., Iijima Y., Okamoto C., Yano H., Takagi Y., Hayakawa M., Michel P., Jutzi M., Shimaki Y., Kimura S., Mimasu Y., Toda T., Imamura H., Nakazawa S., Hayakawa H., Sugita S., Morota T., Kameda S., Miura A., et al.	4. 巻 368
2. 論文標題 An artificial impact on the asteroid (162173) Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 67 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz1701	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18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 S. Tanaka, A. Miura, N. Sakatani, Y. Shimaki, T. Okada, H. Senshu, J. Takita, S. Kikuchi, T. Arai, H. Demura, K. Suko, Y. T. Sekiguchi, T. Fukuhara, M. Taguchi, T. Kouyama, E. Morikawa, M. Ito, J. Helbert, T. G. Mueller, A. Hagermann, J. Biele, M. Grott, M. Hamm, M. Delbo, N. Hirata, and N. Hirata
2. 発表標題 Nature of Roughness of Ryugu Revealed by Thermal Simulation of High Resolution Digital Elevation Model
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 N. Sakatani, S. Tanaka, T. Okada, H. Senshu, T. Arai, H. Demura, K. Suko, Y. Shimaki, T. Sekiguchi, J. Takita, T. Fukuhara, M. Taguchi, T. Muller, A. Hagermann, J. Biele, M. Grott, M. Hamm, M. Delbo, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, M. Yamada, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Yokota, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, K. Ogawa, M. Hayakawa, K. Yoshioka, M. Matsuoka, Y. Cho, H. Sawada, A. Miura
2. 発表標題 Fine-grained region with low thermal inertia in craters on Ryugu
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	R. Honda, Y. Yokota, M. Yamada, Y. Yamamoto, S. Murakami, K. Crombie, E. Tatsumi, T. Kouyama, T. Morota, M. Matsuoka, S. Sugita, S. Kameda, H. Suzuki, N. Sakatani, Y. Cho, M. Hayakawa, C. Honda, K. Yoshioka, H. Sawada, N. Hirata, N. Hirata, A. Miura, H. Ohtake, H. Sato, H. Kikuchi
2. 発表標題	PLANS OF HAYABUSA2 ' s ONC IMAGE ARCHIVING AND PUBLIC RELEASE
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	H. Yabuta, S. Watanabe, T. Nakamura, N. Hirata, S. Sugita, T. Okada, K. Kitazato, Y. Ishihara, T. Morota, N. Sakatani, K. Matsumoto, K. Wada, S. Tachibana, M. Komatsu, E. Tatsumi, M. Matsuoka, C. Honda, T. Hiroi, H. Senshu, R. Honda, Y. Yokota, R. Noguchi, Y. Shimaki, D. L. Domingue, L. L. Corre, A. Barucci, E. Palomba, S. Kikuchi, A. Miura, et al.
2. 発表標題	"Landing Site Selection for Hayabusa2: Scientific Evaluation of the Candidate Sites on Asteroid (162173) Ryugu
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	三浦 昭, 坂谷 尚哉, 横田 康弘, 本田 理恵
2. 発表標題	小惑星探査における近接運用時の撮像模擬手法
3. 学会等名	第18回情報科学技術フォーラム
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	三浦 昭, 井藤 良幸, 内野 康司, 中澤 哲明, 筒井 芳典, 北野 和宏, 松尾 建, 武井 悠人, 尾川 順子, 横田 康弘, 生田 ちさと, 吉川 真, 津田 雄一
2. 発表標題	リュウグウ近接運用における「はやぶさ2」の準リアルタイム・高精細可視化
3. 学会等名	宇宙科学情報解析シンポジウム
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 三浦 昭
2. 発表標題 宇宙科学データの可視化に関連する現状報告
3. 学会等名 第10回国際科学映像祭ドームフェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦 昭
2. 発表標題 Mapping Space Science Data
3. 学会等名 第10回国際科学映像祭ドームフェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦 昭
2. 発表標題 宇宙科学データとアウトリーチコンテンツ
3. 学会等名 データアーカイブワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦 昭
2. 発表標題 3D映像制作のための宇宙科学データ変換 - 太陽地球科学データにおける試行 -
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会論文集
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Akira Miura, Naoya Sakatani, Yasuhiro Yokota, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Tomokatsu Morota, Manabu Yamada, Tatsuhiro Michikami, Naoko Ogawa, Hirotaka Sawada, Seiji Sugita
2. 発表標題 Simulation of proximity imaging of Ryugu ' s surface during Hayabusa2 touch-down sequence
3. 学会等名 The 50th DPS meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akira Miura, Naoya Sakatani, Yasuhiro Yokota, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Tomokatsu Morota, Manabu Yamada, Tatsuhiro Michikami, Naoko Ogawa, Hirotaka Sawada, Seiji Sugita
2. 発表標題 Simulation of proximity imaging of Ryugu ' s surface during Hayabusa2 touch-down sequence
3. 学会等名 The 2nd joint meeting of Regolith and Multi-scale science
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三浦昭, 坂谷尚哉, 横田康弘, 本田理恵
2. 発表標題 小惑星モデルについての検討 - 局所的詳細化及び係るレンダリング手法
3. 学会等名 平成30年度宇宙科学情報解析シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦昭
2. 発表標題 Hayabusa2 --- Intermission ---
3. 学会等名 第9回国際科学映像祭ドームフェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦昭
2. 発表標題 宇宙科学研究所における宇宙科学データの現状
3. 学会等名 第9回国際科学映像祭ドームフェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 SAKATANI Naoya, TANAKA Satoshi, OKADA Tatsuaki, KOUYAMA Toru, MIURA Akira, HIRATA Naru, SENSHU Hiroki, ARAI Takehiko, SHIMAKI Yuri, DEMURA Hirohide, SUKO Kentaro, SEKIGUCHI Tomohiko, TAKITA Jun, FUKUHARA Tetsuya, TAGUCHI Makoto, MUELLER Thomas G., HAGERMANN Axel, BIELE Jens, GROTT Matthias, HAMM Maximilian et al.
2. 発表標題 Thermophysical property of the artificial impact crater on asteroid Ryugu
3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦昭
2. 発表標題 宇宙科学データの形状モデリングおよびマッピング手法
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三浦 昭
2. 発表標題 コンテンツ制作のための宇宙科学データ活用
3. 学会等名 2020年度 宇宙科学情報解析シンポジウム
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

宇宙の小箱 / Space Science Showcase  
<http://www.isas.jaxa.jp/home/showcase/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------