
日本惑星科学会誌 遊・星・人

第26巻 第3号

目次

巻頭言 牧野 淳一郎 81

「2016年度最優秀発表賞受賞論文」

多様な巨大惑星リングの形成過程について

兵頭 龍樹, Sébastien Charnoz, 大槻 圭史, 玄田 英典 82

一番星へ行こう!日本の金星探査機の挑戦 その32 ～データアーカイブ～

村上 真也, 山本 幸生, はしもと じょーじ, 山田 学, 山崎 敦, 佐藤 隆雄, その他4名 92

火の鳥「はやぶさ」未来編 その12 ～小惑星の形状を調べる～

平田 成, はやぶさ2形状モデルチーム 97

遊星百景 その9 ～土星の衛星エンセラダスの低温火山爆発～

佐伯 和人 105

日本惑星科学会2017年秋季講演会プログラム 佐々木 晶 108

新刊書評 野口 高明 116

2017年度宇宙科学奨励賞公募のご案内 公益財団法人 宇宙科学振興会 117

JSPS Information 118

Contents

Preface	J. Makino	81
<hr/>		
Diverse ring systems around giant planets		
	R. Hyodo, S. Charnoz, K. Ohtsuki, and H. Genda	82
<hr/>		
Road to the first star : Venus orbiter from Japan (32)		
— Akatsuki Science Data Archive —		
	S. Murakami, Y. Yamamoto, G. L. Hashimoto, M. Yamada, and 6 authors	92
Phoenix "Hayabusa": A tale of the future (12)		
— Modeling the asteroid's shape —	K. Hamano	97
My favorite topography (9)		
— Cryovolcanic eruption on Saturn's moon Enceladus —	K. Saiki	105
Program for 2017 fall meeting	S. Sasaki	108
Book review	T. Noguchi	116
Announcement of public offering for Space Science Incentive Award		
	Society for Promotion of Space Science	117
JSPS Information		118

巻頭言

大規模シミュレーションによる惑星科学研究について、惑星形成の多体シミュレーションを中心に、その過去・現在・未来を概観してみたい。1970年代おわりから80年代初めに、ケンブリッジのAarsethとその共同研究者によって小規模なシミュレーションが行われていたが、多体シミュレーションによる惑星形成研究の最初の大きな発展は、東大で1990年代に開発が進められた専用計算機GRAPEシリーズと、それを使った研究を推進した東工大・東大グループによるものであった、といっても、全く身最賃だけというわけでもないと思う。

GRAPEシリーズの開発自体は、2002年に完成した GRAPE-6で専用計算機としては一つの頂点に達した。もうちょっと違ういいかたをすると、カスタムLSIを開発するコストがあまりに巨額になったため、天体物理のなかでさらに一部の分野だけにしか使えない計算機の開発は予算規模的に難しくなった。

一方、汎用のスーパーコンピュータの開発自体も、LSI開発コストの高騰により困難になり、2002年の地球シミュレータ以降8年の時を経て2010年に「京」がようやく完成した。「京」の後継であるポスト京の開発は2014年に始まり、現在のところ2021年の稼働を目指している。「京」では科学研究プロジェクトのターゲットに惑星科学ははいつてなかったが、ポスト京では「萌芽的課題」の一つとして惑星科学が採択された。これは星形成から惑星形成、惑星表層環境、固体惑星、太陽及び太陽圏、生命の起源につながる有機分子形成等をカバーする幅広いプロジェクトであり、新しく効率的なアルゴリズムの開発・実装によって停滞していた感もあるシミュレーション研究の飛躍的な発展を目指す。惑星科学研究の成果だけでなく、その研究の基盤となるソフトウェア開発の成果を惑星科学コミュニティに還元することを目標に、プロジェクトを推進している。成果に期待してほしい。

牧野 淳一郎(神戸大学)

「2016年度最優秀発表賞受賞論文」

多様な巨大惑星リングの形成過程について

兵頭 龍樹^{1,2,3}, Sébastien Charnoz², 大槻 圭史³, 玄田 英典¹

2017年3月31日受領, 査読を経て2017年5月11日受理.

(要旨) 太陽系には多様なリングを持つ巨大惑星が存在する. 土星リングは, その質量の95%以上が氷から形成されているが, 天王星や海王星のリングには岩石成分も多く含まれていると考えられている. このように, 観測技術の発展および莫大な探査データの解析からリングの詳細な描像が明らかになる一方で, リングの起源および多様性が生まれた素過程は謎に包まれている. 本研究では, 約38億年前に起こったと考えられている後期重爆撃期に, 冥王星サイズの巨大な微惑星が巨大惑星と少なくとも数回の近接遭遇を経験しうること注目し, SPH計算とN体計算を用いて, 分化した微惑星の近接遭遇時の潮汐破壊過程, および, 惑星に捕獲された破片の長期進化を詳細に調べた. その結果, 密度の小さな土星では, 微惑星の水マントルが主に破壊・捕獲される近接遭遇しか起こらないが, 密度のより大きい天王星や海王星では, 微惑星の岩石コアまで十分に破壊・捕獲される近接遭遇が可能となり, 観測に矛盾しない多様なリングが形成されうることが明らかになった. 本研究で提案するリングの形成モデルは, 惑星形成過程で必然的に起こりうる微惑星との近接遭遇によって起こるものである. それゆえに, 現在観測が進む系外惑星系にも適応が可能となり, 将来の観測で多様なリングが系外巨大惑星周りに観測されることが期待される.

1. はじめに

太陽系には, 多様なリングが存在する. 例えば, 土星リングは, 非常に巨大であり, その質量の95%以上が氷から形成されている[1]. 一方, 天王星や海王星リングは, 土星リングに比べると低質量であり, 岩石成分も多く含まれていると考えられている[2]. リングを構成している粒子の典型的なサイズについては, μm -mサイズであると考えられている. さらに, 巨大惑星周りにはリングのみならず, リングの動径方向外側近傍に多数の衛星(inner regular satellites)も存在している[1]. この衛星群の特徴として, ほぼ惑星の赤道面上を, ほぼ円軌道で順行方向に公転していることが挙げられる. さらに, 惑星から遠ざかるほど,

より大きくなる傾向にある. また, このような衛星の一つである土星衛星Enceladusには, 内部海が存在していることが明らかになり, アストロバイオロジーの観点からもリング-衛星系の起源・進化の解明は重要性を担っている.

土星リングの形成起源は, これまでにいくつか提案されてきた. 例えば, “リングは土星の原始周惑星円盤の残り”である説[3,4]がある. しかし, この説は, リングから生まれたと考えられる(次章を参照)土星周囲の衛星と土星本体の化学組成が大きく違うことから現在では否定的に考えられている. さらに, 別の説として, 土星のロッシュ半径近傍に既に原始衛星が存在していて, それが外部からやってきた彗星との衝突で破壊され, リングになった説[3, 4]がある. しかし, 岩石と氷の混合であると考えられる原始衛星の破壊では, 観測される土星の氷リングを形成するのは難しい. 一方, 近年の研究で, 土星リングが氷主体であるという観測事実をうまく説明できた形成モデルがある

1. 東京工業大学 地球生命研究所

2. Institut de Physique du Globe/Université Paris Diderot, 75005 Paris, France

3. 神戸大学 理学研究所
hyodo@elsi.jp

[5]. このモデルでは、原始周惑星円盤内で集積したタイタン程度の分化した衛星が、ガス抵抗によって内側に落下し、ロッシュ半径の内側で潮汐破壊されたというものである。ポイントとなるのは、ガス抵抗の強さによって、氷マントル部分のみの潮汐破壊が起こり、岩石コアは潮汐破壊される前に土星に落下して、氷のみのリングが形成されうるという点である。このモデルは上述のように氷リングを形成できるという点では非常に成功しているが、いくつか問題点が指摘されている。例えば、ガス抵抗の強さにファインチューニングが必要となってくる。ガス抵抗が強すぎると、潮汐破壊された氷マントル破片も全て土星に落下してしまい、リングが形成されなくなる。逆に弱すぎると、コアも破壊される、または、コアが落下せずにリング中に残ってしまうことになる。また、潮汐破壊だけでは、観測される μm -m サイズの小粒子を形成することが

難しいという点も挙げられる。さらに、上述のモデルでは、原始周惑星円盤を持ちうる土星には当てはめることが可能であるが、天王星や海王星には適応が難しくなる。

一方、いくつかの先行研究[6,7]では、<数kmサイズの彗星が潮汐破壊されることで巨大惑星周りにリングを形成するアイデアが提案された。この説において、リングの大質量を説明するためには、無数の彗星の潮汐破壊が必要となるが、例えば、ある任意の座標系で、ある彗星は時計回りにやってきて潮汐破壊され、破片が惑星周りを時計回りに回るようになる。一方、別の彗星は反時計回りにやってきて、反時計回りの破片を形成する。それゆえに、無数の彗星を考えた場合、平均すると系の総角運動量は最終的に0になってしまいリングが形成されなくなる。これが”彗星の潮汐破壊説”における大問題であった。また、無数の彗星の潮

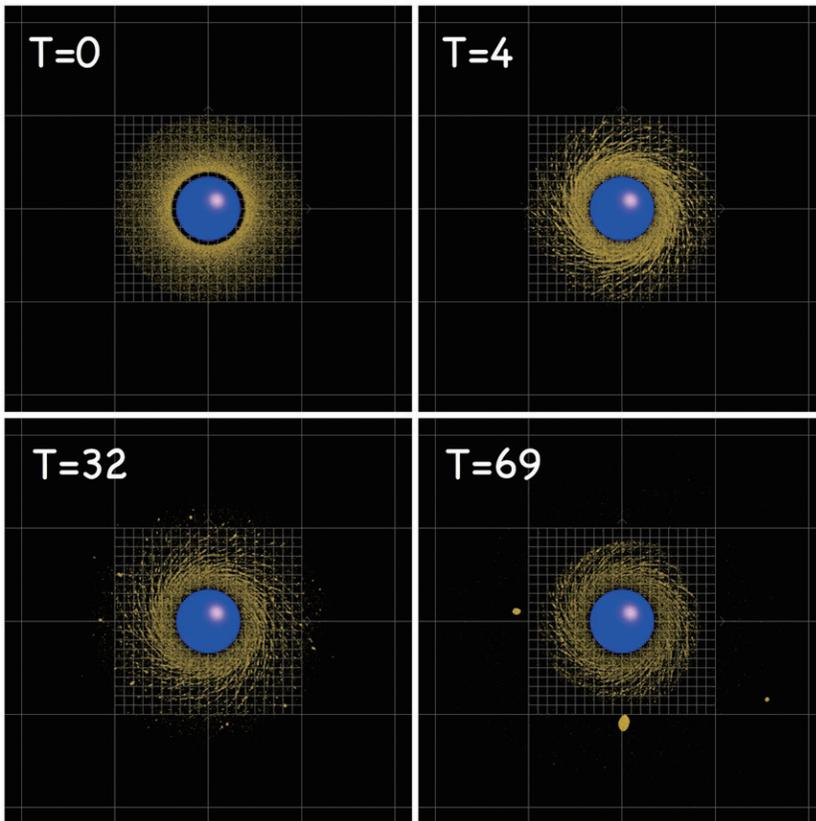


図1：N体計算の結果(リングの初期質量は惑星質量の約1%)。リングを赤道面上方から見た図。初期にリングは惑星のロッシュ半径内に存在している。図中の時間(T)は、ロッシュ半径での公転周期で規格化されている。Hyodo et al. 2015 [13]の図を借用。

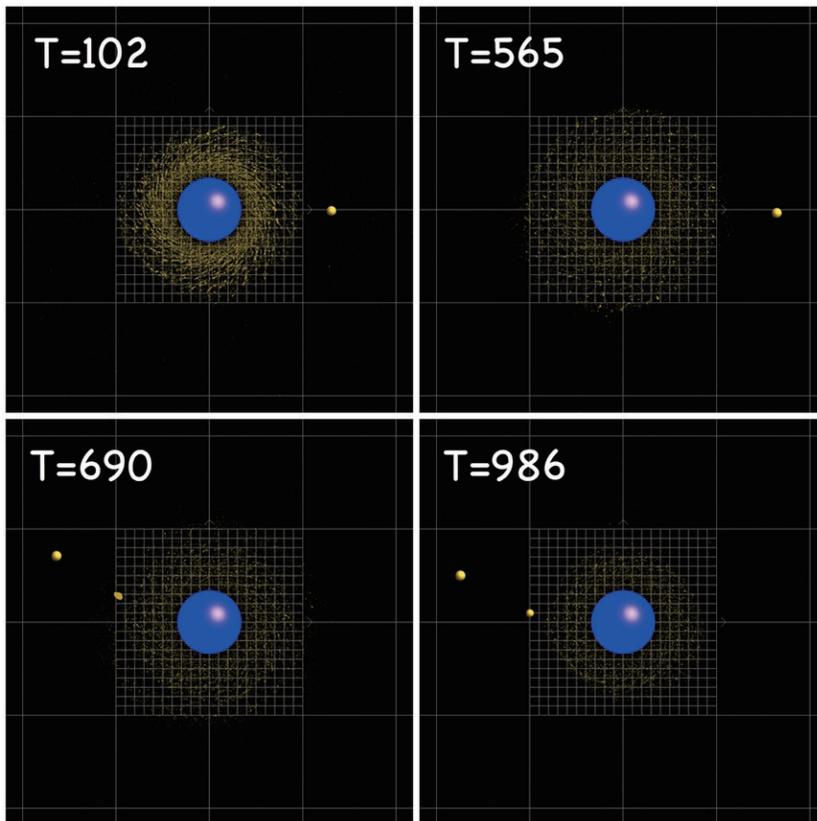


図2：図1の続き。第一衛星の形成後、第二衛星が形成されている。

汐破壊でリングが作られるということは、異なる惑星で観測される多様なリングを形成することは難しくなる。さらに、近接遭遇過程で潮汐破壊され捕獲された破片は、非常に楕円軌道になり、さらに、この軌道面は現在リングが観測される赤道面からずれている可能性がある。このような問題は未解決であり、それがゆえに、彗星の潮汐破壊説は否定的に考えられてきた。

本研究は、この“彗星の潮汐破壊説”を大きく拡張させた“巨大分化微惑星の潮汐破壊説”であり、さらに、潮汐破壊後の破片の長期進化を詳細に明らかにし、リングの形成可能性を世界で初めて導き出したものとなる。

2. リングの拡散進化による複数衛星系の形成

本研究で提案するリング形成モデルを議論する前に、土星、天王星、そして海王星周りに現在観測される複数の内側順行衛星(inner regular satellites)がリング

から形成された可能性について議論し、リングの形成当初には上述の衛星の質量を含んだ大質量リングであった可能性について説明する。

リングは、粒子間の衝突や重力的な相互作用を通して動径方向へ拡散する[8,9]。系が重力不安定である場合のリング粒子の単位時間あたりに惑星からの距離 r を通過する質量フラックス(F)は、リング(円盤)の面密度に支配されており、次式で表現される。

$$F = \pi CG^2 \sigma^3 / \Omega^3$$

ここで、 G は重力定数、 C は数値計算から求まる係数[9]、 σ はリングの面密度、 Ω は公転振動数である。リング粒子が惑星のロッシュ半径(それよりも外側では、リング粒子間の重力が惑星重力よりも卓越することで、粒子同士の重力集積が可能となる臨界距離)よりも染み出すと、粒子間の重力集積が起こり、衛星が形成される(図1) [10-13]。形成された衛星は、重力作用を通して残りのリングの拡散を一時的に抑制し、そ

の反作用として衛星は外側へ移動する(図2上図)。衛星が十分にリングから遠ざかると、再びリングが染み出してきて新たな衛星が形成される(図2下図)。近年、このような衛星の集積と外側移動を繰り返すことで、観測される複数衛星系が形成されることが明らかになった[14-16]。この時、より外側に存在する衛星がより大きくなるのは、外側衛星が形成された時の方が、よりリングに質量が残っていることから、質量フラックスがより大きかったためである。

つまり、このようなリングの拡散進化によって、土星、天王星、そして海王星周りに観測される複数衛星系が形成されたということは、過去に衛星を形成できるだけの質量をリングは最低限保持していなければならないことになる。土星系の場合、現在のリングの質量は約 $\sim 10^{19}$ kgであるが、リングの形成当初は約 $\sim 10^{21}$ kgの質量を保持していたと考えられ、その後の40億年程度をかけたリングの染み出しによって衛星 Rheaまで形成することが可能である[15]。一方、天王星の場合、現在のリング質量は 10^{15} - 10^{16} kg[17]と見積もられているが、衛星 Oberonまでリングの染み出しで形成しようとする、リングの形成当初には約 $\sim 10^{22}$ kgの質量が必要となる。海王星の場合、衛星 Triton(Tritonはその軌道から捕獲された衛星だと考えられている)よりも内側の衛星をリングの拡散で形成しようとする、約 $\sim 10^{20}$ kgの初期リング質量が必要となる。

3. 微惑星の潮汐破壊によるリング形成モデル

上述の議論を踏まえて、巨大惑星の多様なリングの形成モデルを考えるにあたって説明しなければいけない点は、1. 観測される小さなリング粒子の起源、2. 惑星によってリングの組成が違う理由、3. 複数衛星系を形成する初期リングの大質量の起源、となる。

一方、最新の惑星形成論(ニースモデル) [18]によって、約38億年前に起こったと考えられる後期重爆撃期に巨大惑星の外側にある微惑星円盤に1000-4000個の冥王星サイズの巨大微惑星(質量 $\sim 10^{22}$ kg)が存在していた可能性が明らかになった。このような巨大微惑星のほとんどは、ニースモデルで予想される不安定期に巨大惑星に衝突したり、近接遭遇をして太陽系外

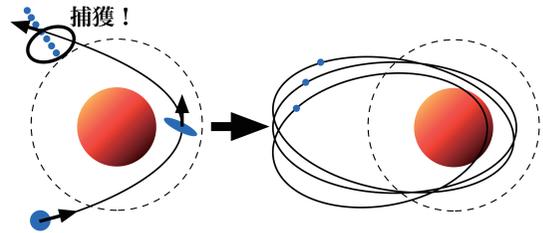


図3：SPH計算の概念図。分化した微惑星(青色)が、巨大惑星のロッシュ半径(破線)の内側を通過するような近接遭遇過程において潮汐破壊を経験し、その破片の一部が惑星の重力場に捕われる。捕獲直後の破片は数十kmサイズと大きく、軌道は非常に楕円軌道である(離心率 $e\sim 0.9$)。Hyodo et al. 2017[21]の図を改変。

に弾き飛ばされたりするが[18]、本研究では、このような微惑星が、巨大惑星と”数回の”近接遭遇を経験することに注目し、この過程におけるリングの形成可能性について詳細に調べ上げた。

3.1 微惑星の潮汐破壊と破片の巨大惑星による捕獲

まず我々は、Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) 計算(SPH計算の詳細は[19]を参照)を用いて分化した冥王星サイズの微惑星(50 w%の岩石コアと50 w%の水氷マントル)が巨大惑星のロッシュ半径以内に近接遭遇した場合の、潮汐破壊による破片の巨大惑星周りへの捕獲率を詳細に調べた(図3,4)。 10^{21-23} kgサイズの天体が分化しているかどうかは議論の余地はあるが、形成のタイムスケールが早ければ分化していることを主張している論文もみられる[20]。また、捕獲の定義としては、潮汐破壊後の破片が惑星に重力的に捕獲されている、かつ、破片の近点距離が惑星半径より大きい、かつ、破片の遠点距離が惑星ヒル半径より小さい、とする。

SPH計算の結果、微惑星は近接遭遇距離が小さいほど、より強い惑星重力を経験することで、より破壊され、より多くの質量が捕獲される傾向になることが明らかになった(図5, 6)。ここで、ロッシュ半径(自己重力=潮汐力となる臨界距離)は、惑星の密度 ρ_p 、半径 R_p 、そして微惑星の密度 ρ_s を用いて

$$a_R = 2.456 \left(\frac{\rho_p}{\rho_s} \right)^{1/3} R_p$$

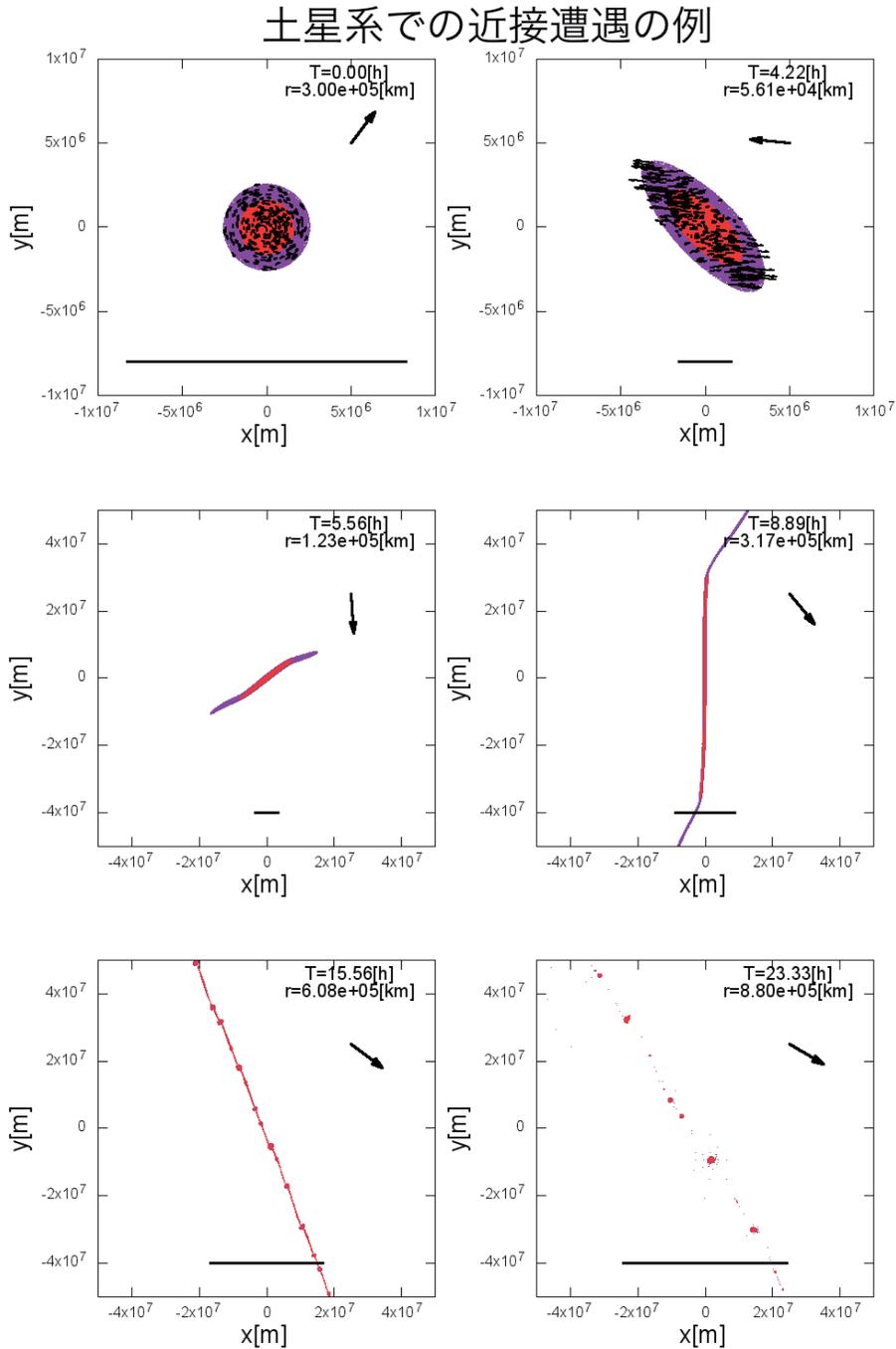


図4：土星系での潮汐破壊過程のSPH計算のスナップショット(微惑星質量 $M=10^{23}$ kg, 初期微惑星スピン8 h(順行方向), 近点距離 $q=5.6 \times 10^7$ m, 無限遠での相対速度3 km/s, の場合)。各パネルは、微惑星の軌道面の垂直方向から見た微惑星の重心系での図である。赤色は岩石コア, 青色は氷マントルを表している。各パネル上の右上の矢印は土星の方向を示している。水平の黒棒は微惑星のヒル半径を示している。一番上の二つのパネルにおいて、重心系で見た時の微惑星が持つ速度を矢印で示している。Hyodo et al. 2017 [21]の図を改変。

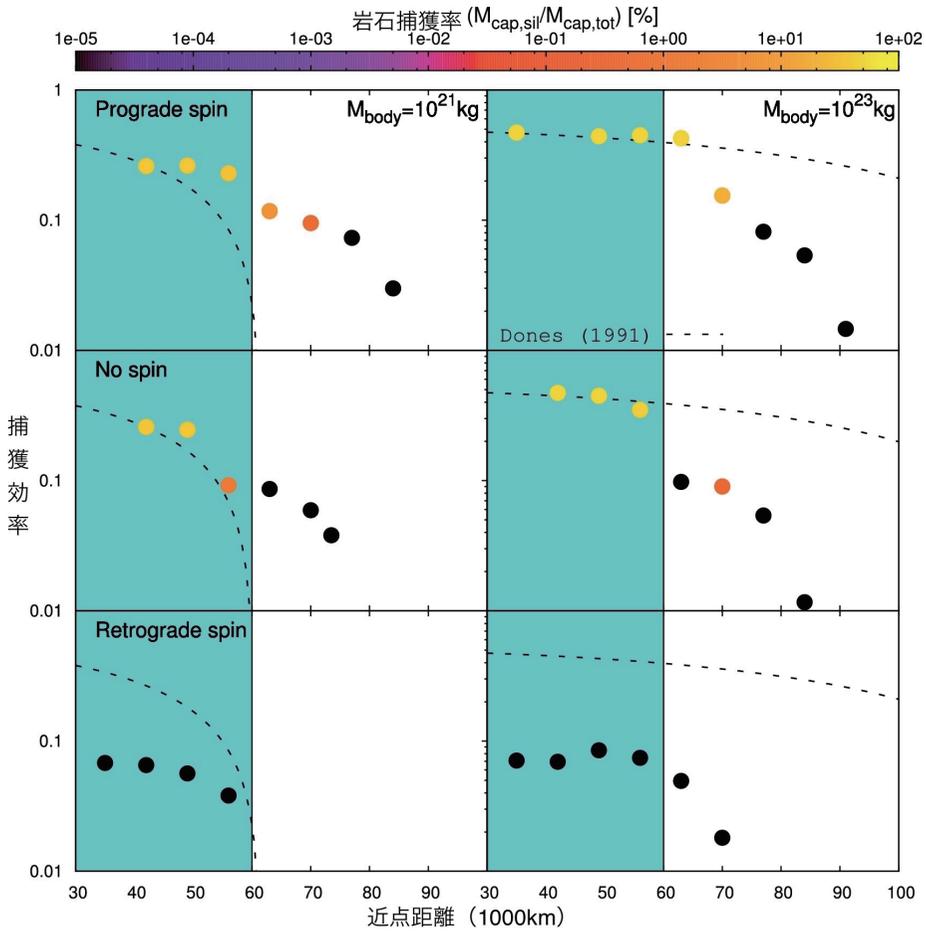


図5：異なる近点距離での分化した微惑星の潮汐破壊過程における土星周りの破片の捕獲率(100×捕獲質量/微惑星の初期質量)．各点はSPH計算の結果であり，破線は先行研究[6]で解析的に求められた理論値．各点の色は，捕獲質量における岩石質量の割合を表している(100×捕獲岩石質量/捕獲総質量)．左図は微惑星質量が 10^{21} kgの場合，右図は微惑星質量が 10^{23} kgの場合．上，真ん中，下図は微惑星の近接遭遇面に垂直方向の初期スピンの，それぞれ，近接遭遇方向と同じ(スピン周期は8 h)，スピン無し，近接遭遇方向と逆(スピン周期は8 h)の場合を示している．図中の青色領域は土星内部を表しており，実際には巨大惑星に衝突してしまうので起こりえない近接遭遇パラメータである(本研究では，巨大惑星を質点として表現しているため，データ点が存在する)．Hyodo et al. 2017 [21]の図を改変．

と表現される．それゆえに，密度が比較的小さい土星(687 kg/m³)では，微惑星は土星のロッシュ半径の約45%までしか近接遭遇ができない(それより内側を通過すると惑星に衝突してしまう)．一方，天王星や海王星の密度は土星に比べて大きく(それぞれ1270 kg/m³と1640 kg/m³)，微惑星は惑星ロッシュ半径の35%程度まで近接遭遇が可能となる．さらに，微惑星の近接遭遇速度は，土星と天王星(または海王星)を比べると，土星においてより速くなる(無限遠での相対速度は土星で3 km/s程度であるが，天王星や海王星で

は2 km/s程度となる[7,18])．また，土星と天王星(または海王星)を比較すると，潮汐力は惑星ポテンシャルの動径方向の二回微分で表現されるが，天王星および海王星の方が，その勾配が大きくなることから，土星よりも大きな潮汐力となる．以上の効果により，近接遭遇過程において微惑星は天王星や海王星において土星に比べてより強い潮汐破壊を経験することになる．それゆえに，土星系では，氷マントルのみが破壊・捕獲される近接遭遇のみが支配的に起こることになる(図5)．一方，天王星や海王星では，岩石コアまでも

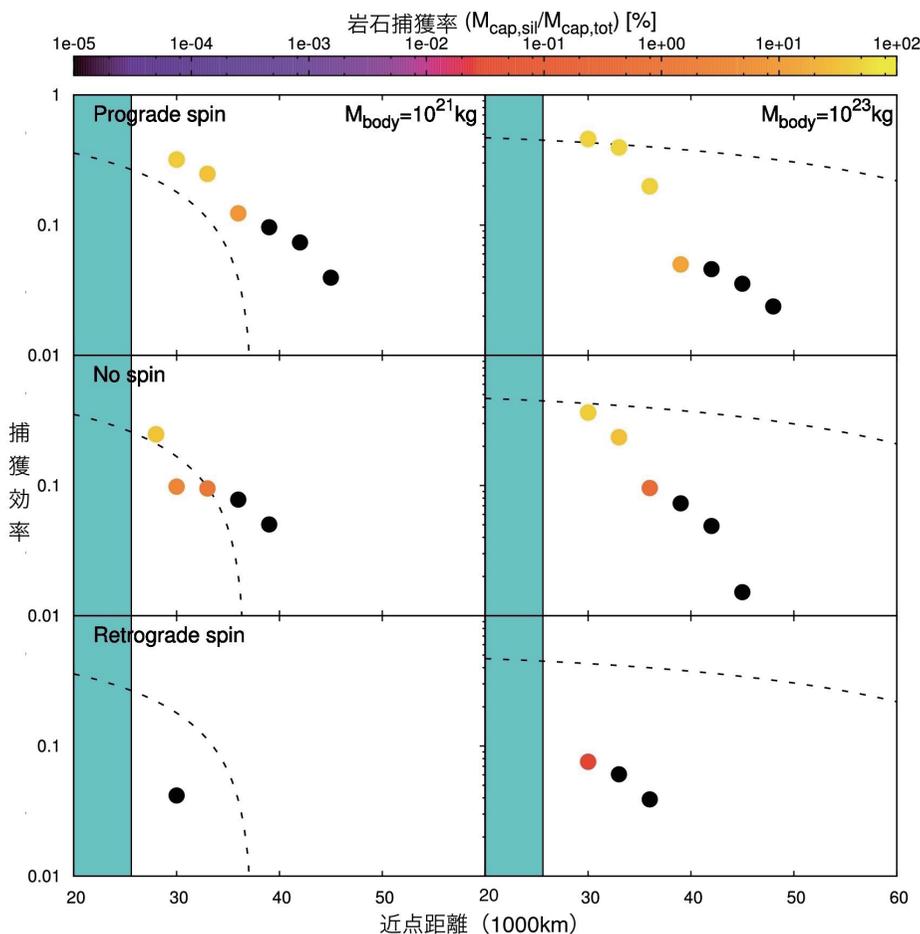


図6：図5と同じ。ただし、天王星の場合、土星の場合と比べて、岩石捕獲率が高くなっている(惑星に衝突せずに微惑星の岩石コアまで効率良く捕獲できる近接遭遇パラメータがより多くある)。Hyodo et al. 2017 [21] の図を改変。

潮汐破壊され、破片が捕獲されうることになる(図6)。つまり、観測に矛盾しない異なる組成の物質が異なる巨大惑星周りに捕獲されうるプロセスが初めて明らかになった。

3.2 捕獲破片の長期力学進化

しかし、潮汐力のみによって破壊された破片の捕獲直後のサイズは、数km-数十km程度になると考えられ(氷の物質強度と経験する潮汐力を比較した場合の最小サイズ)、観測されるリング粒子サイズに比べるとはるかに大きい。さらに、捕獲破片の軌道は離心率が0.9程度と非常に楕円軌道である[21]。また、捕獲破片の軌道面は、初期の微惑星の巨大惑星との近接遭

遇面であるため、巨大惑星の赤道面と一致していない可能性が高い。一方で、観測されるリングは巨大惑星のほぼ赤道面に位置している。これでは、観測されるリングとは似ても似つかない状況である。そこで次に我々は、巨大惑星の扁平の効果(J_2 と J_4 項を考慮)を取り入れたN体計算を用いて捕獲された破片が長期的な進化でリングへと進化しうる可能性に取り組んだ。本研究のN体計算初期条件には、SPH計算から直接得た破片の質量、位置、速度の情報を用いた。また各破片は、さらに細かいkmサイズのハードスフィア粒子からなるアグリゲイトとして表現し、粒子間の重力および衝突を考慮した。これによって、捕獲後の周惑星軌道における更なる潮汐破壊も表現することが可能

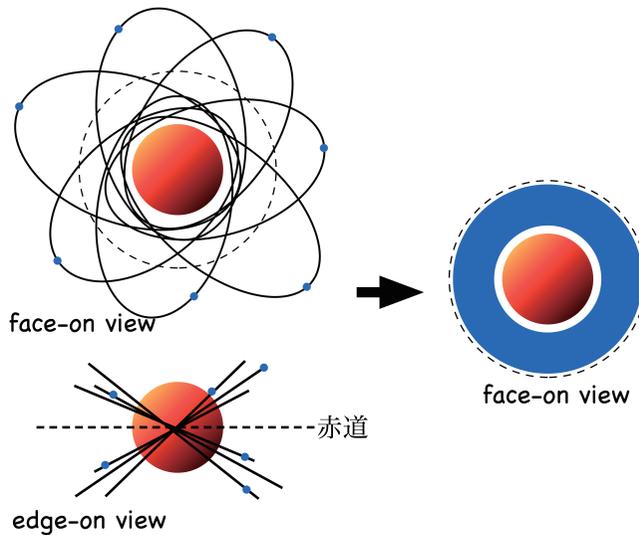


図7：N体計算の概念図。巨大惑星の扁平の効果により数百年から数千年をかけて、捕獲破片は歳差を経験することで、巨大惑星の赤道面に対象なトラス状の構造を形成する(左上図：赤道面に垂直方向から見た図、左下図：赤道面から見た図)。その後の長期的な進化で破片同士は軌道交差の結果、高速衝突を経験し、破碎され、小さな粒子を形成する。さらに、衝突ダンピングで離心率および軌道傾斜角はダンピングされ、円軌道で赤道面に落ち着いたリングが形成される(右図)。

となった。

N体計算の結果、惑星の扁平の効果によって、捕獲破片は惑星周りに歳差運動をすることで、数百年から数千年のうちに、赤道面に対象なトラス状の構造を形成することが分かった(図7左)。そして、より長期的な進化で破片同士は衝突を経験することになる。この時、破片同士の軌道は歳差によって十分にランダムな方向に向いているため、破片同士の軌道交差がおこり(図7)、衝突速度は、

$$v_{\text{col}} \sim v_{\text{Kep}}(e^2 + \sin^2 i)^{1/2}$$

程度となる(v_{Kep} は、ケプラー速度、 e と i は破片の離心率と軌道傾斜角である)。ここで、 $e \sim 1$ であるから、破片同士の衝突速度は数km/s程度になることから、破片は衝突によって細かく破碎されることが期待される。この時、衝突のタイムスケールは初期の破片の軌道面の傾き(惑星赤道面からの傾き)によるが、数千年から数万年程度だと見積もられる[21]。さらに、衝突によって離心率と軌道傾斜角がダンピングされることから、最終的に小さな粒子からなる円軌道で赤道面に落ち着いたリングが形成されることが明らかになった(図7)。

4. まとめと今後の展望

太陽系の巨大惑星には多様なリングが存在している。さらに、近年の研究[13-16]によって、リングは動径方向に拡散進化をすることで、その周囲に複数の衛星を生み出しうることも明らかになった。一方、リングは惑星本体に付随して形成されたと考えられるので、その起源解明は当時の集積環境などの惑星形成史を紐解く鍵になりうるが、多様な巨大惑星リングの起源は謎につつまれていた。

本研究では、SPH計算とN体計算を組み合わせることで、約38億年前に起こったと考えられる後期重爆撃期における冥王星サイズの分化した微惑星と巨大惑星の近接遭遇時に多様な巨大惑星リングが作られる可能性を調べ上げた。その結果、微惑星が巨大惑星のロッシュ半径の約半分よりも内側を通過した場合(先行研究[18]から、各巨大惑星において、このような近接遭遇が冥王星サイズの微惑星において少なくとも数回起こることが明らかになっている)、潮汐破壊によって、微惑星質量の0.1-10%が惑星周りに捕獲されることが明らかになった[21]。ゆえに、土星、天王星、

海王星の衛星を形成しうる初期リング質量を得るためには、 10^{23} kgの微惑星が一度近接遭遇をして、潮汐破壊されるだけで十分となる。一方、冥王星サイズの 10^{22} kg程度の微惑星の場合は、複数回の近接遭遇が必要となるが、近年のニースモデルによると[18]、各惑星は、 10^{22} kg程度の微惑星と複数回の近接遭遇を経験しうることを示唆されている。

しかし、捕獲直後の破片は、初期に巨大惑星周りを非常に歪んだ楕円軌道で運動しており(離心率 ~ 0.9)、さらに破片サイズは数十キロメートルと観測されるリング粒子のサイズに比べるとはるかに大きい。これでは観測されるリングとは似ても似つかない状況である。しかし、捕獲破片はその後の長期進化において、惑星の扁平(主に赤道面の膨らみ)の効果によって、歳差運動を経験することで、軌道方向がランダムに分布し、軌道交差がおこるようになる。軌道交差が起これと破片同士の高速衝突が発生し、捕獲破片はさらに破碎され、小さな粒子を形成することになる。さらに、このような衝突によってエネルギーの散逸が起これ、楕円軌道が円軌道化され、現在観測されるリングになりうることが明らかになった[21]。

さらに、土星と天王星(または海王星)のリングの組成の違いは、惑星本体の密度の違い、および、各惑星における近接遭遇速度の違いによって生じうるということがわかった。土星の密度は、天王星や海王星の密度に比べると小さい。潮汐破壊が起これる臨界距離は、ロッシュ半径によって特徴付けることが可能であるが、ロッシュ半径は惑星密度の $1/3$ 乗と惑星半径に比例する。それゆえに、密度のより小さい土星では、密度の大きい天王星(または海王星)と比べると、微惑星は惑星の重力ポテンシャルの深いところを通過することができない(ロッシュ半径で規格化したときの、惑星半径が土星ではより大きい)。また、天王星および海王星では、潮汐力となるポテンシャルの二回微分がより急勾配となり、より強い潮汐力が働くことになる。さらに、微惑星の近接遭遇速度は、天王星および海王星では、土星の場合に比べて遅くなることから、天王星および海王星では土星に比べて、より長く潮汐力を経験し、程度の激しい潮汐破壊が微惑星に起これる。それゆえに、土星では主に分化した微惑星の氷マントルのみが潮汐破壊され、破片が捕獲される近接遭遇しか起これないが、天王星や海王星では、岩石コアまで破壊・捕獲さ

れる近接遭遇が起これることで、観測に矛盾しない多様なリングが形成されうることが明らかになった[21]。

本研究で提案する微惑星の潮汐破壊によるリング形成モデルは、惑星形成過程で自然に起これる物理プロセスである。つまり、この物理プロセスは太陽系だけに当てはまるものではなく、他の惑星系にも適応可能となる。現在、観測技術の発達に伴って、系外惑星リングや系外惑星衛星検出プロジェクトが進んでいる[e.g. 22]。我々は、現在のところ、太陽系リングの起源のみに焦点をあててきたが、今後は、異なる惑星系で起これる、近接遭遇パラメータを用いて、系外惑星系で形成されうるリング、そして、そこから拡散進化によって形成されうる衛星系に理論的な制約を与え、将来の観測天文学に役立つような研究をしていきたいと考えている。

謝辞

本研究の遂行にあたり、長年指導して頂いた指導教官である神戸大学 大槻圭史教授には何よりも多大な感謝を申し上げます。また、フランス・パリに約二年間招待してくれ、共同研究をしてくれたパリ大学・IPGP Sébastien Charnoz教授に感謝いたします。SPH計算の指導をして頂き、多くの共同研究をして頂いた地球生命研究所 玄田英典特任准教授にも特別の感謝を致します。また、2016年日本惑星科学会最優秀発表前夜に日本惑星科学杯(フットサル大会)を開催して頂き、その後、深夜まで激励会と称した飲み会を開催して頂いた国立天文台 堀安範特任助教、日本スペースガード協会 浦川聖太郎氏、千葉工大 岡本尚也研究員、のおかげで、これまでにないリラックスした発表ができました。この場をかりて感謝いたします。本研究は、日本学術振興会の特別研究員奨励費(15J02110)の助成を受けておこないました。

参考文献

- [1] Porco, C. C. et al., 2007, *Science* 318, 1602.
- [2] Tiscareno, M. S. et al., 2013, *ApJL* 762, L28.
- [3] Pollack, J. B. et al., 1973, *Icarus* 20, 263.
- [4] Pollack, J. B., 1975, *Space Sci. Rev.* 18, 3.
- [5] Canup, R. M., 2010, *Nature* 468, 943.

- [6] Dones, L., 1991, *Icarus* 92, 194.
- [7] Charnoz, S. et al., 2009, *Icarus* 199, 413.
- [8] Lynden-Bell, D. and Pringle, J. E., 1974, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 168, 603.
- [9] Daisaka, H. et al., 2001, *Icarus* 154, 296.
- [10] Kokubo, E. et al., 2000, *Icarus* 148, 419.
- [11] Ida, S. et al., 1997, *Nature* 389, 353.
- [12] Hyodo, R. and Ohtsuki, K., 2014, *ApJ* 787, 56.
- [13] Hyodo, R. et al., 2015, *ApJ* 799, 40.
- [14] Charnoz, S. et al., 2010, *Nature* 465, 752.
- [15] Crida, A. and Charnoz, S., 2012, *Science* 338, 1196.
- [16] Hyodo, R. and Ohtsuki, K., 2015, *Nature Geoscience* 8, 686.
- [17] French, R. G. et al., 1991, In *Uranus*, 327.
- [18] Nesvorný, D. and Vokrouhlický, D., 2016, *ApJ* 825, 94.
- [19] 玄田英典, 2015, *遊星人* 24, 191.
- [20] Guilbert-Lepoutre, A. et al., 2011, *A&A* 529, 71.
- [21] Hyodo, R. et al., 2017, *Icarus* 282, 195.
- [22] Kipping, D. M. et al., 2012, *ApJ* 750, 115.

一番星へ行こう！ 日本の金星探査機の挑戦 その32 ～データアーカイブ～

村上 真也¹, 山本 幸生¹, はしもと じょーじ², 山田 学³,
山崎 敦¹, 佐藤 隆雄¹, 小郷原 一智⁴, 高木 征弘⁵,
Kevin McGouldrick⁶, 平田 成⁷

(要旨) 金星探査機「あかつき」によって取得されたデータのアーカイブを2017年7月に公開しました。本稿ではデータアーカイブの概要と今後のリリース予定について紹介します。

1. はじめに

金星探査機「あかつき」は2015年12月7日に金星周回軌道への投入に成功し、これまで継続的に観測を行ってきました。観測によって得られたデータは、当初の予定ではデータ取得の1年後を目処に公開されることになっていましたが[1]、機器チームがデータの校正と「あかつき」の運用に忙殺され取得したデータを用いて研究をするどころではなかったため、データ取得の1年半後を目処に公開する、と変更されました。そして、軌道投入成功から1年7ヶ月後の2017年7月ようやく、「あかつき」の打ち上げから軌道投入後6ヶ月後までに取得されたデータを宇宙科学研究所の科学衛星データ公開システムDARTSで公開しました(図1)。

以下では「あかつき」のデータアーカイブの概要と今後のリリース予定について紹介します。

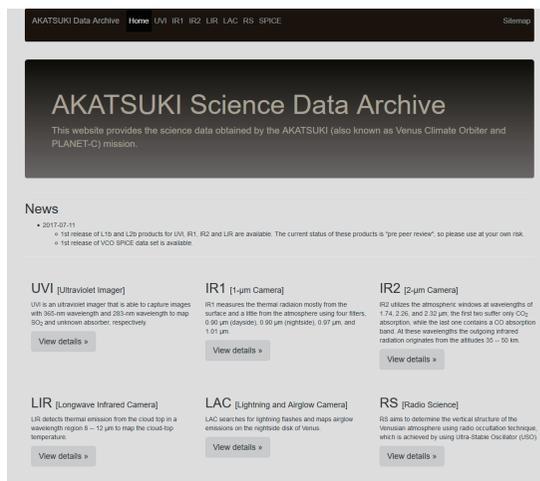


図1: JAXA宇宙科学研究所DARTSのAkatsuki Science Data Archiveのウェブサイト。

URL: <http://darts.isas.jaxa.jp/planet/project/akatsuki/>

2. データアーカイブの概要

アーカイブされる「あかつき」のデータセット群を表1に示します。2010年の記事[1]からプロダクトの種類や処理レベルを整理したため、多少の変更がありますのでご注意ください。

以下で表1の各カラムを説明します。「機器」は主にデータ取得のために使われた機器を表します。RSとSPICEは機器の名前ではありませんが、機器にあたるようなデータを表す呼称です。RS(Radio Science;

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
2. 岡山大学 大学院自然科学研究科
3. 千葉工業大学 惑星探査研究センター
4. 滋賀県立大学 工学部
5. 京都産業大学 理学部
6. コロラド大学ボルダー校 大気宇宙物理研究所
7. 会津大学 コンピュータ理工学部
murashin@gfd-dennou.org

表1:「あかつき」データアーカイブのデータセット群.

機器	プロダクト	データの説明	フォーマット	DATA_SET_ID
UVI	L1b	生データ (カウント値)	FITS	VCO-V-UVI-2-EDR-V1.0
	L2b	較正済み物理量データ	FITS	VCO-V-UVI-3-CDR-V1.0
	geo, geo4	幾何情報 (ピクセル中心と四隅)	FITS	VCO-V-UVI-3-SEDR-V1.0
	L3	較正済み物理量の緯度経度格子点データ	NetCDF	-
	L3x	視野方向補正検証用データ + 補正済み幾何情報	NetCDF, FITS	-
IR1	L1b	生データ (カウント値)	FITS	VCO-V-IR1-2-EDR-V1.0
	L2b	較正済み物理量データ	FITS	VCO-V-IR1-3-CDR-V1.0
	geo, geo4	幾何情報 (ピクセル中心と四隅)	FITS	VCO-V-IR1-3-SEDR-V1.0
	L3	較正済み物理量の緯度経度格子点データ	NetCDF	-
	L3x	視野方向補正検証用データ + 補正済み幾何情報	NetCDF, FITS	-
IR2	L1b	生データ (カウント値)	FITS	VCO-V-IR2-2-EDR-V1.0
	L2b	較正済み物理量データ	FITS	VCO-V-IR2-3-CDR-V1.0
	geo, geo4	幾何情報 (ピクセル中心と四隅)	FITS	VCO-V-IR2-3-SEDR-V1.0
	L3	較正済み物理量の緯度経度格子点データ	NetCDF	-
	L3x	視野方向補正検証用データ + 補正済み幾何情報	NetCDF, FITS	-
LIR	L1b	生データ (カウント値)	FITS	VCO-V-LIR-2-EDR-V1.0
	L2b	較正済み物理量データ	FITS	VCO-V-LIR-3-CDR-V1.0
	geo, geo4	幾何情報 (ピクセル中心と四隅)	FITS	VCO-V-LIR-3-SEDR-V1.0
	L3	較正済み物理量の緯度経度格子点データ	NetCDF	-
	L3x	視野方向補正検証用データ + 補正済み幾何情報	NetCDF, FITS	-
LAC	L1	生データ (カウント値)	テキスト	VCO-V-LAC-2-EDR-V1.0
	L2	較正済み物理量データ	テキスト	VCO-V-LAC-3-CDR-V1.0
RS	L1	生データ	テキスト	VCO-V-RS-2-OCC-V1.0
	L2	受信周波数・信号強度の時系列データ	テキスト	VCO-V-RS-3-OCC-V1.0
	L3	屈折角・中性大気密度の鉛直プロファイル	テキスト	VCO-V-RS-5-OCC-V1.0
	L4	気温・圧力・硫酸蒸気混合比の 鉛直プロファイル	テキスト	VCO-V-RS-5-OCC-V1.0
SPICE	-	軌道・探査機の姿勢 ・カメラ視野などの補助情報	SPICE カーネル	VCO-V-SPICE-6-V1.0

電波科学)はUSO(超高安定発振器)を使用して取得されたデータで、SPICEはテレメトリ・地上からの測距・地上から送信したコマンドなどを元に作成されたデータです^{*1}。

「プロダクト」はデータ処理パイプラインの処理レベルに基づくデータの種類の短い呼称です。L1b, L2bなどの“L”は(処理)レベルの略です。「データの説明」では、「機器」と「プロダクト」の組み合わせで一意に決まるデータの種類の説明をしています。「フォーマット」は格納されるデータの主なフォーマットを表わします。「DATA_SET_ID」はPDS(Planetary Data System)のDATA_SET_IDキーワードの値を示します。PDSはNASAが定めたアーカイブの規格です^{*2}。DATA_SET_IDキーワードはPDSに準拠するデータセットを一意に表す文字列です。

L3, L3x以外のプロダクトはPDSのバージョン3に準拠したデータセットとして作成し、NASAのPDSによるピア・レビューを経てレビュー済みのデータセットとして宇宙研のDARTSとNASAのPDSから公開されます。また、L3, L3xはPDSには準拠しないものの、DARTSに加えてPDSの“Annex”と呼ばれる場所からも公開される予定です。

表1に示した以外にも、「雲追跡風」(Cloud Motion Vector; CMV)のデータセットが、論文に使用されたデータについてのみですがNetCDFフォーマットでアーカイブされて公開される予定です。

個々のプロダクトの詳しい説明はここでは割愛させていただきます。データとともにアーカイブされているドキュメント、または投稿中ではありますが[3]をご覧ください。

3. データアーカイブの方針と特徴

「あかつき」のデータアーカイブの作成方針と特徴を以下に簡単に述べます。

画像データに関しては、金星が映っているかどうかに関わらず、また品質の良し悪しに関わらず、すべてのデータを公開することとしました。サイエンスチームがデータの品質によってアーカイブするデータを選別してしまうと、本当は「お宝」であったものがそれ

とは気付かれずに埋没してしまう可能性があるかもしれないと考えました。本来の目的とは違う形でデータが利用される可能性や、後世になってデータを再び吟味する可能性に配慮して、できる限りオリジナルのデータを残すようにアーカイブの設計をおこないました。カウント値のデータ(L1b)は初期には公開を計画していませんでしたが、将来的によりよい較正ができる可能性があること(少なくとも、ゼロではありません)、また、処理の透明性の観点から公開することにしました。

「あかつき」のデータアーカイブは、「あかつき」という探査機およびミッションの特徴を反映して構築されるべきです。「あかつき」ミッションでは、搭載された複数の観測機器が取得した異なる高度での面的な情報を、立体的に組み合わせで使用します。特に、UVI, IR1, IR2, LIRの4カメラはいずれも2次元の画像データを取得するものであり、これらは同一の解析プログラムで処理できるようなデータ構造を持たせることが期待されます。データアーカイブの設計においては、観測機器の違いを意識することなくデータを扱えるようにするため、ファイル名・ドキュメント・メタデータに至るまで、できるだけ同一の形式が保たれるように気を配りました。これは、データ処理とデータアーカイブの実務を筆者(村上)にほぼ集中させてもらったことの良い側面であると思います^{*3}。もし複数人でアーカイブをデザインしていたら、ここまで統一性のあるアーカイブにはならなかったのではないかと想像します。

また、SPICEカーネルのデータはかなりの労力をかけて整備しました。JPLのNAIFチームからの助言に従って、様々な点を改善したうえ、テレメトリが欠けている期間の探査機の姿勢、太陽電池パドルの向き、中利得アンテナの向きをコマンド送信履歴から抜き出してSPICEカーネル(C-Kernel; CK)を作成したりもしました。太陽電池パドルの向きと中利得アンテナの向きはサイエンスと(今のところ)関係はありませんが、これらのおかげでリアリティのある探査機の可視化が可能になります。実際、データ公開から2週間と経たないうちにSPICEカーネルを使った「あかつき」の軌

3. 初期のデータフォーマットのデザインは山田学氏により行われ、そこを出発点に村上が好き勝手に変更を施しました。もしアーカイブに不備があれば、それは村上の責任であると明記しておきます。

1. SPICEについての日本語の解説として[2]があります。

2. PDSを開発・維持している人々もPDSと呼ばれます。

表2: 「あかつき」データアーカイブのリリース予定.

(*1) リリース済みです.

(*2) リリース日は数ヶ月前倒しされる可能性があります.

対象データ	プロダクト	リリース予定日	対象データのカバーする範囲
UVI, IR1, IR2, LIR	L1b, L2b, geo, geo4	2017-07-11 (*1)	2010-05-21 - 2016-05-31
RS	L2, L3, L4	2017-09-01	2016-03-03 - 2016-05-31
UVI, IR1, IR2, LIR	L3, L3x	2017-09-01	2010-05-21 - 2016-05-31
UVI, IR1, IR2, LIR, LAC, RS	すべて	2017-12-01	2016-06-01 - 2016-11-30
	すべて	2018-06-01	2016-12-01 - 2017-05-31
	すべて	2018-12-01	2017-06-01 - 2017-11-30
	すべて	2019-06-01	2017-12-01 - 2018-05-31
SPICE カーネル	-	2017-07-11 (*1)	2010-05-20 - 2016-12-31
	-	2018-06-01 (*2)	2017-01-01 - 2017-12-31
	-	2019-06-01 (*2)	2018-01-01 - 2018-12-31

Venus Climate Orbiter (AKATSUKI, PLANET-C) UVI Calibrated Image Data

orbit r0016: 2016-05-18T01:48:32 -- 2016-05-29T05:25:55

image type: all | [283 nm](#) | [365 nm](#)
[< r0015](#) |

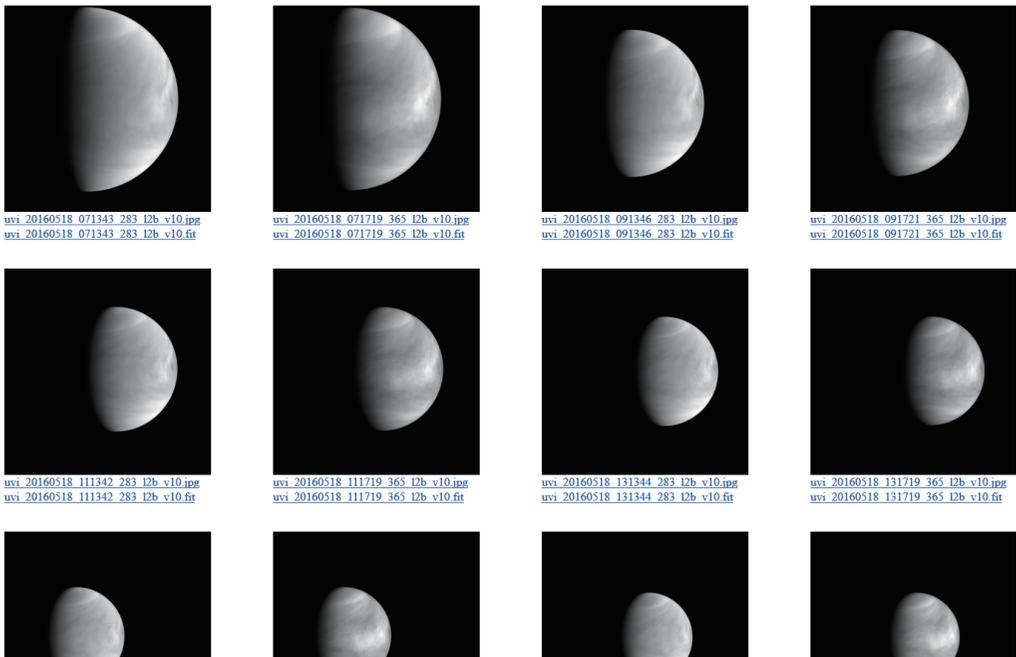


図2: 公開されているUVIの較正済みデータ (VCO-V-UVI-3-CDR-V1.0) のクイックルック用ページ.

道と観測の様子の子の可視化の動画が、(おそらく「直接の関係者ではないどなたか」によって) Youtubeとニコニコ動画にアップロードされています。個人的には先を越されて悔しいという思いもありますが、SPICEカーネルのデータセット、特に太陽電池パドルと中利得アンテナの向きはこのような可視化のために整備したわけなので、可視化の動画を発見したときには苦勞が報われる思いでした。

4. 現在のリリース状況

本稿執筆時点(2017年7月下旬)においては、UVI, IR1, IR2, LIRの4つのカメラのPDS準拠のデータセット(L1b, L2b, geo)と、SPICEカーネルのデータセットをリリースしています。データセットのカバーしている期間は、SPICEカーネルのデータセットについては打ち上げから2016年末まで、その他は打ち上げから2016年5月末までです。

SPICEカーネルのデータセットはPDSのNAIFノート⁴によるピア・レビューを終えており、DARTSとNAIF(<https://naif.jpl.nasa.gov/naif/>)にすでに正式出版としてアーカイブされています。UVI, IR1, IR2, LIRのL1b, L2b, geo, geo4プロダクトについては現在PDSによるレビュー結果を待っている状態です。"pre peer review"版としてDARTSから公開しています。

RSのデータセットは準備が遅れていますが、できるだけ早く公開できるよう、現在RSチームとともに準備を進めているところです。L3, L3xプロダクトのデータも、できるだけ早く公開できるよう準備中です。

5. これからのリリース予定

今後は、SPICEカーネルデータセットは1年ごとに1年分をリリース、他のデータセットは半年ごとに半年分をリリースする予定です。リリース予定日を表2に示します。

6. まとめ

「あかつき」のデータアーカイブの概要と、リリース状況、予定を簡単に述べました。いまのところユーザーがデータを使い始める際に読むドキュメント(ユーザーズガイド)がありませんが、今後整備していく予定です。また、気軽にどのようなデータがあるのか概観できるように、JPEGファイルと一覧用のHTMLファイルを用意しています(図2)。こちらはWebブラウザだけで簡単に閲覧できますので、ぜひご覧ください。まだPDSのピア・レビューを完全に終えたわけではありませんし、これからもアーカイブは続きます。今後も暖かい目で見守っていただけると幸いです。

謝辞

科学ミッションの行程で言えば、データアーカイブの作成・公開は科学論文の執筆・出版と同じく行程の最後段に位置するものです。この場をお借りして、ミッションに関わったすべての関係者に深くお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 山田学ほか, 2010, 遊星人 19, 157.
- [2] 山本幸生, 2017, WEB+DB PRESS 96, 98.
- [3] 小郷原ほか, 2017, Earth, Planets and Space, 投稿中.

4. NAIFはJPLの一部署で、SPICEの開発と維持・管理を行っています。

火の鳥「はやぶさ」未来編 その12 ～小惑星の形状を調べる～

平田 成¹，はやぶさ2形状モデルチーム

(要旨) 小惑星探査では、探査機の到着後に対象天体の形状を、画像を元に推定する必要がある。本稿では、まず2005年のはやぶさによる小惑星Itokawa観測の際に用いられた小惑星形状の推定の手法について述べる。さらに、来年2018年のはやぶさ2の小惑星Ryuguへの到着に備えた、はやぶさ2形状モデルチームの準備状況についても解説する。はやぶさ2形状モデルチームでは、はやぶさでも用いられた手法と、新規の手法を組み合わせ、確実な形状モデル作成を行う計画である。現在、はやぶさ2プロジェクトで実施されている着陸地点選定運用訓練を通じて、作業手順のバグ出しや、得られる形状モデルの精度評価などを進めている。

1. はじめに

はやぶさ2のような小天体探査機がその目的地にたどり着いた時、まず行うべきことは何だろうか？ 多くの人が探査機からの第一報としてイメージするのは、その天体の姿を捉えた画像であろう。小天体の姿、言い換えれば形状を地上からの、あるいは地球回りの天文衛星などによる観測であらかじめ知るのには難しい。光学観測ではごく一部の「大きな」小天体しか分解像を得ることはできない。レーダー観測は小さな天体の形状を直接計測できる強力な手法であるが、観測のチャンスは多くない。また、後述するが、レーダー観測にも限界はある。結局のところ、われわれは探査機が目的地に到着して初めて、その天体の具体的な姿かたちを知ることになるのである。

天体の形状は、その天体のごく基礎的な情報の一つであり、形状モデルの作成は、探査ミッションの最初に行うべき重要な事項である。作成された形状モデルは、それ自体が理学的な成果物であり、小惑星の全体形状やクレーターなどの表面地形の計測に使われるほか、密度や内部構造の推定を行う際にも参照されることになる。また、小惑星表面の分光観測データの正し

い解釈のためには、観測場所の日照条件などを元に、適切な測光補正を施す必要がある。ここでも形状モデルが用いられるため、他の理学的な解析の基盤としても重要なデータである。

さらに、ミッションが進行している最中、すなわち探査機が小惑星近傍に滞在している期間でも、その運用計画の策定のために形状モデルが必要とされている。周知のように、はやぶさ2ではミッション期間中に小惑星表面に着陸しての試料採取を複数回予定しているほか、着陸機の投下や衝突装置を用いた人工クレーターの形成実験も計画している。これらのイベントを安全、確実に実施するためには、地形的に探査機、着陸機の安全性が確保され、かつ期待される科学的知見を得ることができる適切な小惑星上の地点を選ぶ必要がある。形状モデルはこれらの地点選定の基礎情報となる。

本稿では、2018年夏のRyuguへの到着に向けてははやぶさ2プロジェクトで準備されている、小惑星形状推定のための手法について解説する。はやぶさ2では、その先行プロジェクトであるはやぶさ(いわゆる「はやぶさ初号機」)での経験を踏まえたミッション検討が行われてきた。そこで、まずははやぶさにおいて小惑星形状の推定がどのようにして行われたのかの説明から始めたい。

1. 会津大学先端情報科学研究センター
naru@u-aizu.ac.jp

2. はやぶさの場合

2005年9月から11月にかけて、はやぶさによって小惑星 Itokawa の探査が行われた。当時筆者はカメラとレーザ高度計 (AMICA, LIDAR) の理学チームの一員として、探査機による Itokawa の観測とそのデータの解析、そしてそれに続く着陸運用に参加した。先に述べたミッション中の形状モデル構築の重要性は、当然ながらはやぶさプロジェクトチームにおいても認識されており、複数のチームが Itokawa の形状の推定に取り組んだ (Demura et al., 2006 [1]; Gaskell et al., 2008 [2]; Maruya et al., 2006 [3])。

はやぶさの到着に先立ち、レーダー観測に基づく Itokawa 形状の推定が行われていた (Ostro et al., 2004a; 2005 [4,5])。図1は、レーダーによる Itokawa の推定形状と、はやぶさによる探査で明らかになった実際の Itokawa の形状を比較したものである (Ostro et al., 2004b [6]; Demura et al., 2006 [1]; Gaskell et al.,

2008b [7])。Itokawa の形状はよくラッコに例えられ、頭部と胴部の二大ブロックと、それを繋ぐややくびれた頸部が特徴になっており、全体としては軸比の大きな細長い天体である。レーダーモデルでは、軸比はほぼ再現できていたが、二大ブロックの存在は全く認識されていない。また、最終的にははやぶさの着陸目標地点選定の決め手になった、Itokawa 表面地形の二分性、すなわち比較的平坦な smooth terrain と数 m サイズの岩塊に覆われた rough terrain の存在もわからない。Itokawa の形状が明らかになった現在の視点で、改めてレーダー画像 ([5] の Fig. 2a など) を見直してみると、二大ブロックが存在しているとも解釈可能なパターンを見て取ることも不可能ではなく、頸部のくびれに対応する地形も見えてくるようにも思える。しかし少なくとも当時、はやぶさの近接観測によって Itokawa の形状と地形が明らかになった際には、関係者の中では「Itokawa がこのような天体であったとは全く予想していなかった」という声が驚きとともに出ていたことは確かである。

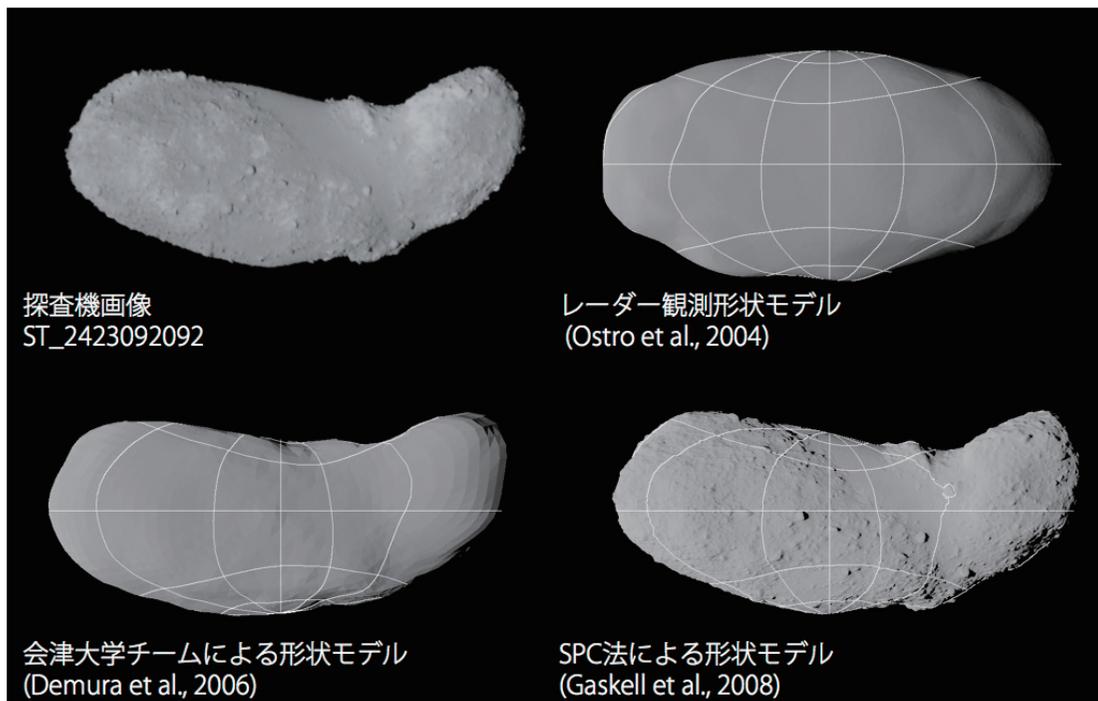


図1：はやぶさ搭載カメラAMICAによって撮影された小惑星Itokawa (左上) と、レーダー観測またはAMICA画像から各種手法によって推定されたItokawaの形状から作成した模擬画像 (左上～右下)。模擬画像は、探査機画像とほぼ同じく小惑星を緯度0度、経度90度方向から見る設定で作成されている。ただし、模擬画像における太陽位相角は地形を強調するため探査機画像より大きい30度に設定してある。また、経緯線のグリッドを30度間隔で描画している。

さて、はやぶさにおいて形状推定に使用された手法について見ていこう。まず、会津大学のチームは、シンプルなステレオ視の手法をとった。詳しくは当時の報告(小林ほか, 2004[8])を参照されたいが、1)スーザンオペレータを用いた画像中の特徴点抽出、2)画像ペア間の対応点の探索、3)エピポーラ幾何を用いたカメラパラメータと対応点の三次元座標の推定という手順によって、小惑星表面の画像的に特徴を持つ(輝度変化のパターンが明瞭であるなど)地点の三次元座標を推定し、小惑星全体の形状を復元した。オーソドックスではあるが、当時の会津大学の学生(B4～M2)がほぼスクラッチでコードを開発した、という点は特筆できる。ただし、画像中に見つけ出せる特徴点の数密度が形状モデルの解像度を決めることになることと、輝度変化が少ないsmooth terrainではあまり多くの特徴点が得られないという問題もあった。

次に紹介するのは、はやぶさプロジェクトの工学系側と協力して探査機ハードウェアを開発し、運用にも携わったNECが採用した手法である[9]。彼らは小惑星の画像からそのシルエットを抽出し、リム形状から小惑星の三次元形状を推定するリムプロファイリング法とステレオ法を組み合わせた。リムプロファイリング法は簡便であるが、原理的にItokawaの頸部のようなくびれ部分の形状の再現ができない。これにステレオ法を組み合わせることで、二つの手法の欠点を補いながら形状を推定している。

はやぶさプロジェクトは、NASAの全地球の地上局システムDSNを利用して、探査機の運用を行っていた。また、一時期はNASAの開発した超小型ローバの搭載も検討されていた(結局実際の搭載は見送られた)ことなどもあった。そのため、NASAとISASは協定を結び、はやぶさプロジェクトに米国からのCo-Iを受け入れていた。このプログラムに基づいてJPLから派遣されたR. Gaskell氏は、氏が長年開発していたStereo Photoclinometry (SPC)法を持ち込み、Itokawaの形状推定を行なった。SPCはその名の通り、ステレオ法とphotoclinometry法を組み合わせた手法である[2]。Photoclinometry(あるいはshape-from-shadingとも)はあえて和訳するならば測光斜度推定法とでもいうべき手法で、画像中の小惑星像の画素ごとの輝度変化が、その画素に対応する小惑星表面の法線方向の変化によるものと考え、法線方向、つまり斜

度の変化を推定することで、地形を復元するものである。Photoclinometryで広い範囲の地形推定を行おうとすると、原理的に誤差が蓄積するのを避けられないが、SPCでは画像を小領域に分割し、分割画像間の三次元的な位置関係はステレオ法で決定した上で、小領域内の地形をphotoclinometryで求める手順を取っている。これによって、全球的な整合性を保持しつつ、高い空間分解能で形状を推定できるのが特徴である。さらに、SPCではNECのチームも用いたリムプロファイリング法も補足的に用いている。

Itokawaの形状推定に用いられた主要な画像は、Itokawa到着後、距離約7 km(いわゆるホームポジション)まで接近し、2005年9月30日から10月1日の二日間にかけて集中的に観測を行った、グローバルマッピングの期間中に取得された。この直後にははやぶさは、姿勢制御用の装置として3機搭載されていたリアクションホイールの2機目が機能不全を起こし(1機目はItokawa到着前にすでに問題を起こしていた)、安定した姿勢をとることが難しくなった。このため、これ以降の観測の機会が大きく減少し、グローバルマッピング以後取得された画像の枚数はあまり多くない。特に、Itokawaにさらに接近して撮像された高解像度画像や、Itokawaおよび光源である太陽に対する探査機の位置関係を変えて撮像された画像の枚数が限られていたのは、Itokawaの全体形状の高精度の推定や、小スケールの地形までの復元に対してはマイナスであった。

いずれにせよ、前記のような複数の手法を準備した上で、はやぶさプロジェクトはItokawaとのランデブーに臨んだ。最初にNECのチームと会津大のチームがそれぞれの形状モデルをリリースし、やや遅れてGaskell氏のチーム(氏ただ一人のワンマンチームであったが)もモデルをリリースした。これらの複数の形状モデルを用いて、着陸地点候補の選定が行われ、最終的な着陸点目標点は10月末に決定された。当時のプレスリリースにも、3チームそれぞれの作成した形状モデルが図版の源泉として使われている[10]。その後のはやぶさのItokawaへの着陸への過程やその顛末は本稿の趣旨から離れるため省くが、探査機がItokawaへ接近する過程で時々刻々地球に転送してくる画像に見えている地形上の特徴点(グラウンドコントロールポイント、GCP)と、形状モデル上に設定さ

れたGCPの三次元座標から、Itokawaに対する探査機の相対位置を推定する光学航法も行われていたことは述べておきたい。

その後も各チームは形状モデルの改良に勤め、はやぶさの初期成果論文シリーズの中には会津大学チームの形状モデルに基づく、小惑星の地形学的解析の結果が含まれている[1]。また、Gaskell氏のチームによるSPCのモデルが、最終的には最も詳細かつ正確な形状を再現することに成功し、Itokawa形状モデルの決定版として公開され、広くコミュニティで利用されている。

この節の最後に、余談としてははやぶさのミッション期間中に筆者が体験したエピソードを一つ紹介したい。Itokawaの形状モデルが得られた直後、着陸地点の選定を行うための情報の一つとして、着陸地点候補の地表面が地球に対してどれくらいの傾きを持っているかを急いで調べて欲しい、との要請が探査機の運用チームから筆者に寄せられた。着陸の際に、探査機はアンテナを地球に向けた姿勢を維持しながら小惑星に向けて次第に高度を下げていくが、着陸直前にローカル地形に沿うように姿勢を変える必要がある。この状態でも地球との通信の成立させるため、地形の傾きには許容範囲が設定されていた。着陸地点候補がこの条件を満足するか否かを評価する必要があったわけである。本来なら、小惑星から見た時の地球の方位を計算して、着陸地点候補地点の地表面に対する地球方向角(傾斜角)を求めるべきところであったが、運用チームが非常に急いでいる様子だったため、著者はquick and dirtyな方法を取ることにした。形状モデルの断面図を作成して印刷し、そこに分度器(宇宙研の売店で急遽買って来た)を当てて、角度を測定したのである。これは、Itokawaの自転軸が黄道面に対してほぼ垂直であったことも利用した、一見冴えたやり方(もちろん自画自賛である)であった。しかし、当時は形状モデルを作成することまでで手一杯であって、それ以降に何をなすべきか、という処理・解析から判断、意思決定に至る道筋の準備が手薄だったために、このような緊急手段まで使われた、ということも言えるだろう¹。本来探査ミッションは、考える準備は可能な限り整

1. また、流星にこの分度器による計測のみで着陸地点の選定が行われたわけではなく、きちんと計算されたItokawaの対地球方向角(傾斜角)マップも作成されている。このマップは前述のリリース記事に掲載されている[10]。

えた上で、緊急・突発事態には臨機応変に対応すべきものである。このエピソードを直接教訓としたわけではないが、はやぶさ2プロジェクトではかなりの労力を割いて事前の準備を進めており、本番に備えようとしている。

3. はやぶさ2の場合

はやぶさ2の目的地である小惑星Ryuguは、地上からのライトカーブ観測と、赤外線天文衛星による観測が実施され、その物理的特性についての推定が行われている[11]。はやぶさ到着前のItokawaほどには、十分な精度での情報は得られてはいない。Ryuguを対象としたレーダー観測が行われていないことも影響しているが、その他にRyuguが球形に近い形状をしているらしいことも効いている。小惑星の形状が球形に近いと、ライトカーブの振幅は小さくなり、形状のほか、自転軸方向、自転周期といった自転状態に関するパラメータの推定に対する拘束条件も弱くなる。結果として、はやぶさ2では、これらの情報についての不確実性は大きいまま、探査機の到着を迎えることになりそうである。探査機から小惑星の画像を撮った時に小惑星表面のどの部分が観測されるのかは、小惑星の形状だけでなく、自転状態にも寄っている。つまり、形状と自転状態は、観測上相互に強く関連しているわけである。Itokawaの場合、先述のレーダー観測によって、自転パラメータは一定の精度で決定済みの状態で、近傍観測の最初から形状の推定そのものに集中することができた。しかし、Ryuguでは形状と自転パラメータの推定を同時に行うという、Itokawaより困難な課題にまず取り組まなくてはならない。

はやぶさの時と同様に、はやぶさ2でも複数の手法を併用して、Ryuguの形状の推定に取り組む予定となっている。まず、はやぶさの時にその有効性が確認された、SPCが今回も使用される。はやぶさ以後、SPCはDawnやRosetta、Messengerなど、複数の探査ミッションで使用され、その都度良質の形状モデルを作成することに成功している。また、米国の小惑星サンプルリターン計画であるOSIRIS-RExにおいても、小惑星形状推定の中核的な方法としてSPCが採用されている。今や、小天体探査における形状推定方法の第一選択として、はやぶさ2でも採用することとなった。

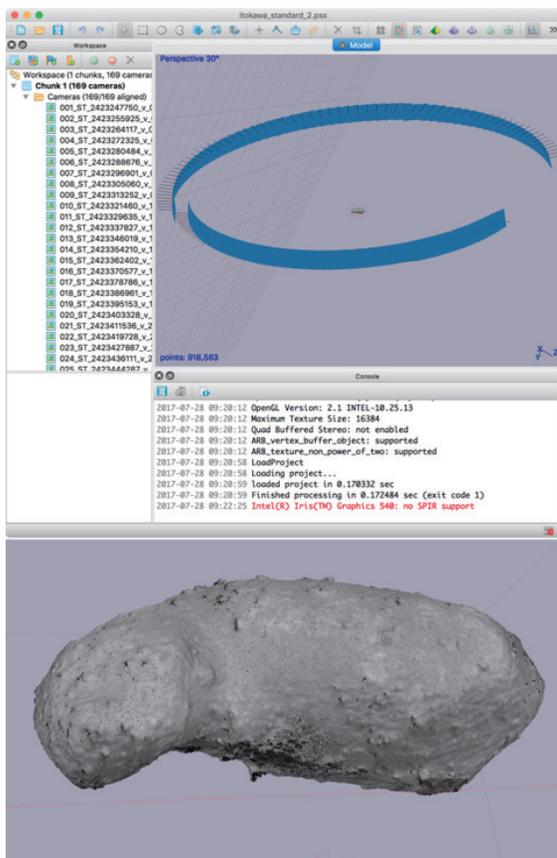


図2：Agisoft PhotoScanでははやぶさ撮像の画像を元に小惑星 Itokawaの形状モデル作成を試みた例。(上)左にリストされている画像を元に、小惑星形状(画面中央の小さな像)と撮像位置(小惑星を取り囲む正方形の連なり)が推定されている。(下)小惑星形状モデル部分を拡大したものを示す。

はやぶさの時と異なるのは、ソフトウェア自体は開発者であるGaskell氏から提供を受けるものの、それを使用するのははやぶさ2サイエンスチームの中に組織された、はやぶさ2形状モデルチームの国内メンバーである点である。はやぶさ2は、OSIRIS-RExとの間で国際的な研究協力を構築し、人的な交流や小惑星科学に関する知見の交換を行なっている。その枠組みの中で、去る2016年からOSIRIS-RExチーム内での形状推定担当者を招いたSPCの講習会なども実施し、形状モデルチームメンバーのSPC利用のスキル向上が図られている。また、講習会を通じた国内のSPCユーザー数の拡大も目指している。はやぶさ2の後も、これに続く小天体ミッションが複数国内で検討されて

いることを考えれば、小惑星形状推定のスキルを持った若手研究者の養成は極めて重要である。

もう一つ、商用ソフトウェアを活用した形状推定も、有力な方法として準備が行われている。2005年の時点では、画像からの形状推定はまだ特別な技術の一種であって、コンピュータビジョンの研究者が個別にソフトウェアを開発して自分で利用するか、需要ごとに専用のソフトウェアが多額の費用を投じて開発され、利用されているような状態であった。当時の会津大学で開発された、Itokawaの形状推定のためのツールもそのような範疇のものと考えられることもできる。しかし、その後の約10年で状況は大きく変わっている。多くの人がスマートフォンで気軽に高画質のデジタル画像を撮り、ドローンも地上物の空撮に広く使われるようになってきている。これらの画像から、様々な物体の形状を推定するための商用ソフトウェアが気軽に入手できるようになっている。多くのユーザーに支えられて開発とサポートが行われる商用ソフトウェアは、研究室レベルのものに比べて非常に高い可用性を持つ。また、コストも専用ソフトウェアに比べれば圧倒的に低い。はやぶさ2形状モデルチームでは、ロシア企業のAgisoftが開発・販売しているPhotoScanというソフトウェア[12]を、Ryuguの形状推定に用いることを計画している(図2)。PhotoScanは、Structure-from-Motion(SfM)及びMulti View Stereo(MVS)という二つの手法を組み合わせ、複数の画像から対象の形状を復元する。SfMは一般的なステレオ法の拡張ともいえるべき手法であり、画像中に設定された特徴点間の対応関係から、画像撮像時のカメラの位置、姿勢と対象物の三次元座標を同時に推定することが可能である。この段階では、特徴点に対応する対象物表面の点のみからなる疎な三次元点群が復元されるが、続くMVSによって、疎な点群の間を埋める密な点群、及び点群から構築される精細なポリゴンモデルを作成することができる。PhotoScanは教育機関向けに低価格なライセンスが設定されているためか、惑星科学に限らず自然科学分野の多方面で利用されているようである。最近では日本地球惑星科学連合の複数のセッション(主に地形学、防災関連のセッション)で、PhotoScanを使用した事例が発表されている。

はやぶさ2形状モデルチームでは、SPCとPhotoScanを二本柱として相補的に活用することで、

ミッションの進行の中で適宜Ryuguの形状モデルを作成することを計画している。SPCは過去の複数の探査ミッションでの実績により、高精度の形状モデルの作成を確実にできる。しかし、作業を進める際には、ユーザーが自分の目で画像を確認しながら、パラメータの変更や、繰り返し処理の回数設定などを行う必要があるため、モデルの完成には時間を要する。一方、PhotoScanはSPCほどの自由度はないものの、簡単かつ高速に一定の精度の形状モデルを作成することができる。これまでに行った模擬画像による試験では、小惑星の全球を撮像した100-200枚の画像から形状モデルを作成する場合、SPCでは1-2週間程度の期間を要するのに対して、PhotoScanではモデル作成の前後の作業時間まで含めても、数時間から1日で済むことがわかっている。また、基本的には画像のみをインプットとして処理を行うことができるため(補足的に解析者がGCPを与えることで、より安定した処理を行うことも可能である)、先に述べた自転パラメータの不確定性が大きい状態でも、処理を開始できる。このため、PhotoScanを小回りの利く、速報的な形状モデルの作成に用い、SPCでは腰を据えた高精度のモデルの作成を行う、という分担にする計画である。なお、いずれの手法も、はやぶさ2搭載カメラONC画像に加えて、形状モデルのスケールを決定するためにレーザ高度計LIDARのデータも使用する(SPCの場合は探査機軌道を入力データとするため、間接的にLIDARデータが入る)。

他にもいくつかの形状モデル作成の手法が準備されている。探査機の運用を担う工学系のチームでは、はやぶさの時にも使用されたリムプロファイルとステレオ法を組み合わせた手法を準備している。また、国際協力の一環として参加するドイツDLRのグループは、Stereo Photogrammetry (SPG)と呼ばれるステレオ法による地形推定を行うソフトウェアを持ち込む。実は、SPCとSPGはライバル関係にあり、米独両国が参加した探査ミッション(例えばDawn)では、それぞれの手法で作成された形状モデルがリリースされている(SPG: Preusker et al., 2014 [13]; SPC: Gaskell, 2012 [14])。はやぶさ2の中でも双方は自らの手法の優位性のアピールに余念がなく、取りまとめの立場である筆者は現場でどのように交通整理をするか、やや贅沢な悩みを抱えている。さらに、ここまで挙げた方法の他

にも、はやぶさ2が取得する画像データを技術的挑戦の素材として捉え、新たに形状モデル作成手法の開発を行うという試みも進められている。有効な手法が完成すれば、はやぶさ2のみならず、それ以降の小天体ミッションでも役立つはずである。

4. 終わりに代えて：LSS運用訓練

はやぶさ2プロジェクトでは、Ryuguへの探査機の到着直後から、搭載機器による観測とそのデータ解析を経て最初の着陸地点選定(Landing Site Selection, LSS)までの過程を模擬する大規模な運用訓練を、2017年の晩春から夏にかけて実施している。この訓練に参加するメンバーは、使用する模擬データを作成するチームと、データを解析し、科学的な価値判断や工学的な安全性、運用の成立性を評価して着陸地点を選定するチームに完全に分かれている。後者には、実際に探査機によって得ることのできるデータに対応する模擬データのみが渡され、模擬データの源泉となっている小惑星の形状、物理特性、表面地質に関する情報は隠蔽されている。模擬データ作成チームは、この訓練に備えて2016年度の後半からデータの準備を進めてきている。著者の知る限り、このような形態での運用訓練を行った月惑星探査ミッションは、国内では過去に例がなく、はやぶさ2プロジェクトが非常に慎重に事を進め、実運用に備えようとしていることが端的に表れている。

形状モデルチームも、解析チームの一員として訓練に参加して、模擬画像から形状モデルを作成するとともに、副産物として自転軸の方向や周期、探査機位置や姿勢の推定を行い、解析チーム内にリリースしている。本稿を執筆している最中も、この作業は続いているが、訓練前には思ってもみなかったトラブルが続出し、その対応に追われる日々が続いている。複数の機器チームが関わり、解析の結果得られるプロダクトが次の解析の源泉となるような、運用と解析の現場では、単に個別のソフトウェアの使用手順に習熟していただだけでは対応できないような事象がしばしば起きる。これははやぶさの際にも体験していたことではあるものの、改めて訓練の中で経験を積み、事前計画していた手順のデバッグをしておくことで、本番でのスムーズな対応ができるようになる。さらに、本番において本

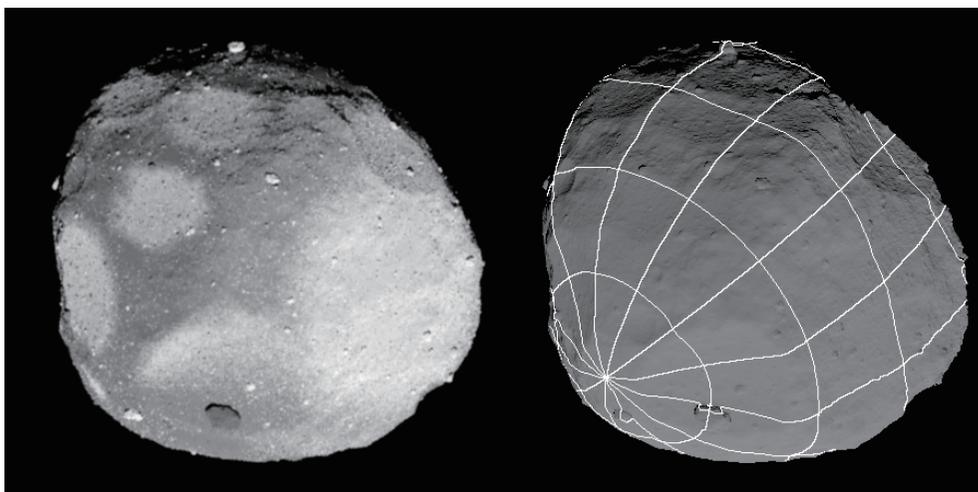


図3：LSS運用訓練用に作成された模擬Ryuguの画像と、推定された形状モデルから作成した同アングルの模擬画像。

当の意味で予期していなかった(訓練でも遭遇しなかった)問題に直面した時も、落ち着いて対処できる時間的な余裕を産むことにつながるはずである。

本稿が遊星人に掲載される頃には、訓練はひとまず終了し、模擬データ作成の源泉となった情報が、解析チームにも明かされ、答え合わせが行われることになる。現在われわれが作成している形状モデルは、正解と比べてどこが正しく、どこが間違っているのであろうか(図3)? ややビクビクしつつも、それを知るのが今から楽しみである。また、終わるのはあくまでも訓練であって、来年2018年夏にはいよいよRyuguへのはやぶさ2の到着と、本番のデータ解析が控えている。本当のRyuguはどのような姿をしているのか? これこそが訓練の(訓練データを準備してくれている方々には申し訳ないが)答え合わせとは比べ物にならないほど楽しみな、探査の醍醐味といえるだろう。

謝辞

はやぶさ及びはやぶさ2プロジェクトに関わった全ての方に心から感謝申し上げます。はやぶさ2プロジェクトの津田雄一プロジェクトマネージャ、渡邊誠一郎プロジェクトサイエンティスト、杉田精司ONCサイエンスPIには、現在進行中のLSS運用訓練に関わるデータの掲載を許していただきました。特に渡邊誠

一郎氏には、本稿の執筆機会をいただいたほか、内容について有益なコメントをいただきました。また、実際にLSS運用訓練データを作成された皆様、また訓練データの解析を現に進めている皆様にも特に感謝の言葉を述べたいと思います。はやぶさで会津大学の形状モデルチームを率いた出村裕英氏には内容の事実関係の確認をしていただきました。本稿で述べたはやぶさ2形状モデルチームの活動は、はやぶさ2プロジェクト、日本学術振興会の研究拠点形成事業「惑星科学国際研究ネットワークの構築」、科研費基盤研究25287114及び17K05639の支援を受けています。

参考文献

- [1] Demura, H. et al., 2006, Science 312, 1347.
- [2] Gaskell, R. W. et al., 2008, Meteoritics and Planetary Science 43, 1049.
- [3] Maruya, M. et al., 2005, AIAA Guidance, Navigation and Control. Conference.
- [4] Ostro, S. J. et al., 2004, Meteoritics and Planetary Science 39, 407.
- [5] Ostro, S. J. et al., 2005, Meteoritics and Planetary Science 40, 1563.
- [6] Ostro, S. et al., 2004, NASA Planetary Data System.
- [7] Gaskell, R. W. et al., 2008, NASA Planetary Data

System.

- [8] 小林慎悟ほか, 2004, 遊星人 12, 80.
- [9] 丸家誠ほか, 2012, 映像情報メディア学会誌 66, 452.
- [10] http://www.isas.jaxa.jp/j/snews/2005/1101_hayabusa.shtml
- [11] Müller, T. G. et al., 2017, A&A 599, A103.
- [12] <http://www.agisoft.com>
- [13] Preusker, P. et al., 2014, Vesta in the Light of Dawn: First Exploration of a Protoplanet in the Asteroid Belt, #2027.
- [14] Gaskell, R. W., 2012, American Astronomical Society, DPS meeting #44, id.209.03.

遊星百景 その9

～土星の衛星エンセラダスの低温火山爆発～

佐伯 和人¹

こんにちは、火山が大好きな佐伯です。今回、遊星百景に登場させていただくにあたり、どの火山地形にしようかと考えた末、火山ではないかもしれないが火山だと思いたい、エンセラダスの噴泉を取り上げることにしました。氷衛星の研究者も火山ファンにしてしまおうというたくらみです。

図1は土星探査機カッシーニがとらえた、土星の衛星エンセラダスから噴き出す水氷の画像です。この噴泉は、しばしば間欠泉(geyser)と呼ばれています。たまに低温火山爆発(Cryovolcanic eruption)と表現したのも見かけますが、これは、間欠泉でしょうか、火山でしょうか？どう呼んでも同じでしょ、というご意見もあろうかと思いますが、そこにこだわってみたいと思います。

間欠泉と火山爆発のイメージの違いを語る前に、地球の火山爆発っぽくない火山爆発をご紹介しますと思います。皆さんは、カメルーン共和国のニオス湖(図2)をご存知でしょうか。ニオス湖は火山の火口に水が溜まった火口湖です。水深230 mの湖底のどこからか、火山ガスである二酸化炭素が供給されているのですが、高い水圧のために発泡せず、しかも、二酸化炭素が溶け込んだ水は密度が高くなるので、二酸化炭素が湖底に溜まり続けます。ところが1986年、湖水に溶け込んだ二酸化炭素が何かのきっかけで突然発泡し、発生した大量の二酸化炭素によってふもとの谷筋のいくつもの村で約1800名の人命を奪いました[1]。私は昨々までの5年間、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)ではほぼ毎年ニオス湖に通って、湖水中の音速変化を利用して溶存二酸化炭素量を簡単

にモニターする方法を開発し、機材とノウハウをカメルーン政府に供与しました[2]。

それはさておき、ニオス湖の突然の発泡は、湖水爆発(Limnic eruption)と呼ばれています。普通の間欠泉とはしくみが違います。間欠泉の噴出の主な原因は水の沸騰による発泡です。液体を構成する主要物質である水そのものが地下で加熱されて水蒸気へと相転移して体積膨張を起こし、噴出の原動力となります。一方、火山の主たる爆発の原因は、マグマの中に溶けていた揮発性物質が減圧発泡することによります。つまり、マグマそのものが気体に変化するわけではありません。ちなみに、揮発性物質はほとんどが水蒸気であるとは、二酸化炭素、硫化水素などが続きます。ニオス湖では、液体を構成する主要物質の水は相転移せず、溶けていた二酸化炭素が減圧発泡して爆発します。発泡のしくみを考えると、ニオス湖はやはり、間欠泉ではなく、マグマの爆発に近いのです。

実は、火山爆発にも、地下水をマグマが加熱することで起こる水蒸気爆発というものもあります。しかし、本当にマグマが噴き出す火山爆発の代表は、マグマが発泡するマグマ爆発だといえるでしょう。ただ、水蒸気爆発は元となる熱エネルギーの割に大きな爆発になります。なぜなら、マグマ中の揮発性物質が発泡した時の体積膨張は100倍のオーダーなのに対して、水の相転移による体積膨張は1000倍のオーダーなので、効率的に爆発の運動エネルギーを発生させられるからです。元の熱エネルギーが小規模なために、御嶽山で起きたような水蒸気爆発事故の予知は難しいと言えます。

さて、私のこだわりがおわかりいただけましたでしょうか。実際のところ、「間欠泉」という言葉や、「火

1. 大阪大学大学院理学研究科
ksaiki@ess.sci.osaka-u.ac.jp

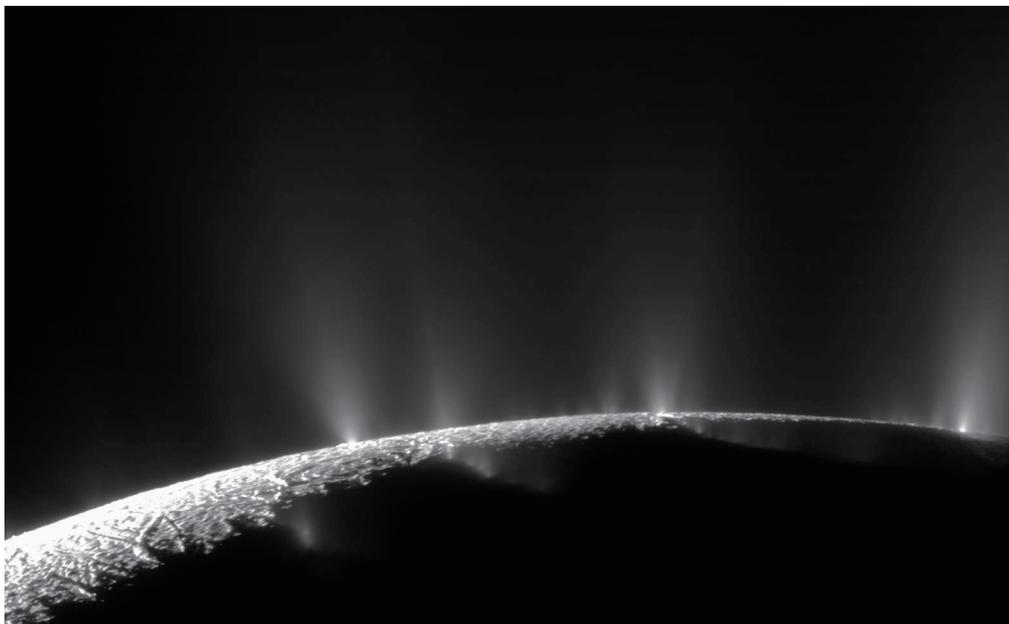


図1：土星探査機カッシーニが撮影した、土星の衛星エンセラダスの南極付近の水氷の噴出。2009年11月21日に撮影されたもの。(NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute)。



図2：ニオス湖の自噴式ガス抜きパイプの筏にのる著者。2016年3月撮影。調査プロジェクトが始まった2011年には、噴水の高さは、20mを越えていたが、深層水の順調な脱ガスにより、噴水の勢いは弱まった。

山爆発」という言葉の定義は、発泡の様式によるものではありません。しかし、間欠泉というと「液体そのものの相転移」を、火山爆発というと「液体に溶存する揮発性物質の発泡」をイメージする私の感覚もご理解いただけたのではないかと思います。エンセラダスやエウロパの噴泉は果たしてマグマ爆発的なものなのか、間欠泉的なものなのか、それとも別のしくみによるものか？それは、まだよくわかっていないようです。マグマ爆発的なものだったらいいなあと思います。だって、間欠泉よりマグマ爆発の方がそそられますから。個人の好みはさておき、実際のところ、氷衛星の噴泉の研究を始める方は、地球の間欠泉だけでなく、マグマ爆発のモデルも理解の助けになるかもしれませんよ。おためしあれ！

参考文献

- [1] Kling, G. W. et al., 1987, Science 236, 169.
- [2] Saiki, K. et al., 2016, Geological Society, London, Special Publications 437, 185.

日本惑星科学会2017年秋季講演会プログラム

佐々木 晶¹

●一般講演会(申込みは締切りました)

日時：2017年9月30日(土)14:00 - 16:00

開場・受付開始13:30

場所：アートエリアB1(京阪電車中之島線・なにわ橋駅地下1階コンコース)

一般講演会テーマ：「月の科学の最前線」

講演1：「月の風 ～月と地球の不思議な関係～」

講演者：寺田健太郎(大阪大学大学院理学研究科・教授)

講演2：「月の起源 ～巨大衝突説～」

講演者：玄田英典(東京工業大学ELSI・特任准教授)

講演3：「月の探査 ～過去、現在、未来～」

講演者：佐伯和人(大阪大学大学院理学研究科・准教授)

主催：大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、日本惑星科学会、アートエリアB1(大阪大学+NPO法人ダンスボックス+京阪ホールディングス(株))

共催：大阪大学21世紀懐徳堂

企画制作：大阪大学21世紀懐徳堂、NPO法人ダンスボックス

●秋季講演会

日程：2017年9月27日(水)～29日(金)

場所：大阪大学豊中キャンパス(〒560-0043大阪府豊中市待兼山町1-1)

口頭発表：理学研究科J棟(教育研究交流棟)2F南部

1. 大阪大学大学院理学研究科
sasakisho@ess.sci.osaka-u.ac.jp

陽一郎ホール

ポスター会場：基礎工学国際棟(南部ホールの北側)

講演数：口頭110件、ポスター72件(それぞれ最優秀発表賞選考9件を含む)
最優秀研究者賞受賞講演1件

●プログラム概要

○9月27日(水)

8:30 開場・受付
8:55 挨拶
9:00 特別セッション 最優秀発表賞選考
11:30 口頭発表セッション 超小型探査機
12:50 昼食
13:50 口頭発表セッション 系外惑星
15:00 口頭発表セッション 原始惑星系円盤
16:30 ポスターセッション1

○9月28日(木)

8:30 開場・受付
8:50 口頭発表セッション 衝突
10:20 口頭発表セッション 月
11:20 昼食
12:10 ポスターセッション2
13:20 口頭発表セッション 探査
16:40 総会
17:40 最優秀研究者賞特別講演
18:50 懇親会

○9月29日(金)

8:30 開場・受付
8:50 口頭発表セッション アストロバイオロジー、

惑星表層・大気

- 11:30 昼食
 12:30 口頭発表セッション 惑星形成
 14:00 口頭発表セッション 衛星・小天体
 17:50 閉会

●口頭発表

最優秀発表賞応募者は15分講演(3分間の質疑時間を含む)。一般講演は10分(2分間の質疑時間を含む)。時間厳守をお願いします。次ページ以降のプログラムでは講演番号、開始時間、表題、第一著者名を掲載しています。講演者につきましては、予稿集を参照下さい。

●ポスターセッション

掲示は27日(水)正午から29日(金)の正午までです。次ページ以降のプログラムでは、講演番号、表題、第一著者名を掲載しています。コアタイムは講演番号で決められています。最優秀発表賞応募ポスターのコアタイムは27日(水)16:30-18:00、一般ポスターのコアタイムは、奇数番号が27日(水)16:30-17:30、偶数番号が28日(木)12:20-13:20です。

《口頭発表プログラム》

9月27日(水)—————

8:55 LOC委員長挨拶

特別セッション 最優秀発表賞選考

座長 千秋 博紀

- S1 9:00 古海洋・厚いCO₂大気環境のもとでの火星古気候シミュレーションー水循環・熱慣性の及ぼす影響 鎌田有紘(東北大)
- S2 9:15 ALMA分光観測による原始惑星系円盤のH₂Oスノーラインの同定可能性 野津翔太(京大)
- S3 9:30 原始惑星系円盤上における巨大渦の構造と性質 小野智弘(京大)
- S4 9:45 小惑星の衝突破壊・自己重力再集積による細長い形状の形成条件 杉浦圭祐(名大)
- S5 10:00 「かぐや」連続スペクトルデータを用いた月の後期火成活動における玄武岩の鉱物量比の推定 加藤伸祐(名大)
- 10:15 休憩(5分)

- S6 10:20 中性pHにおけるFe²⁺光酸化反応の実験的研究:初期火星の表層酸性化イベントに対する示唆 田畑陽久(東大)
- S7 10:35 多面体重力場計算モデルを用いた太陽系小天体内部の密度分布推定 金丸仁明(阪大)
- S8 10:50 エウロパ内部海の熱水環境における硫酸還元反応 丹秀也(東大)
- S9 11:05 土星衛星エンセラダスのプリューム組成に対する氷・クラスレートハイドレート形成の影響 西谷隆介(阪大)
- 11:20 休憩(10分)

超小型探査機

座長 藤本正樹, 杉田精司

- I1 11:30 超小型探査機による惑星探査技術の開発 杉田精司(東大)
- I2 11:40 超小型大気圏突入探査機の可能性:EGGからsuperEGG, さらにその先へ 鈴木宏二郎(東大)
- I3 11:50 東京大学における超小型深宇宙探査ミッションの成果と将来:PROCYON・EQUULEUS 船瀬龍(東大)
- I4 12:00 超小型宇宙探査機用推進系のこれまでと今後の展望 小泉宏之(東大)
- I5 12:10 超小型深宇宙探査機EQUULEUSによる月面衝突閃光を通じた太陽系小天体探査 阿部新助(日大)
- I6 12:20 超小型探査機による光学観測手法の惑星科学への応用 吉岡和夫(東大)
- I7 12:30 超小型探査機による火星大気散逸科学へのアプローチ ~火星大気Ne同位体測定に向けた超小型質量分析装置の研究・開発 奥野衛(東大)
- I8 12:40 超小型探査機による惑星観測に向けた粒子計測器の開発 笠原慧(東大)
- 12:50 昼食

系外惑星

座長 田中佑希

- A1 13:50 岡山188cm望遠鏡/MuSCATを用いた多色トランジット観測の成果と展望 福井暁彦(国立天文台)
- A2 14:00 新しい4色同時撮像カメラMuSCAT2の開発と今後の小型低質量系外惑星探索の展望

- 成田憲保(東大)
- A3 14:10 紫外線宇宙望遠鏡 WSO-UV による系外惑星サイエンス 生駒大洋(東大)
- A4 14:20 短周期ガス惑星の質量放出と大気構造の惑星磁場強度への依存性 田中佑希(鹿児島大)
- A5 14:30 中心星近傍をまわる岩石惑星の質量損失: ミネラル大気の散逸 伊藤祐一(東大)
- A6 14:40 大気海洋海水結合モデルを用いた全球海惑星気候の太陽定数依存性に関する研究 河合佑太(神戸大)
- 14:50 休憩(10分)

原始惑星系円盤 座長 瀧哲朗

- B1 15:00 始原的炭素質コンドライト MIL090657 マトリクスにおける水質変成度の異なる岩相の TEM による微細組織観察 杉本美弥菜(京大)
- B2 15:10 粉体流中のアグリゲイト形成実験 長足友哉(神戸大)
- B3 15:20 氷マントルダストのサイズ分布とダスト付着成長への影響 田中秀和(東北大)
- B4 15:30 原始惑星系円盤内のダスト・クランプ形成と個々のダスト粒子の運動 関谷実(九大)
- B5 15:40 スノーライン近傍におけるコンドラユールの形成 城野信一(名大)
- B6 15:50 磁気流体計算に基づいた原始惑星系円盤の降着加熱 森昇志(東工大)
- B7 16:00 デッドゾーン内縁における岩石ダストの濃集不安定性 植田高啓(東工大)
- B8 16:10 磁場駆動円盤風によって進化する原始惑星系円盤中でのダスト面密度進化 瀧哲朗(国立天文台)
- B9 16:20 デブリ円盤の化学構造 岩崎一成(阪大)
- 16:30 ポスターセッション 1
- 18:00 終了

9月28日(木) _____

衝突 座長 末次竜

- F1 8:50 Ivuna 隕石(CI)に見られる複数の岩相中のマトリクスの3次元構造の研究 北山晃(京大)

- F2 9:00 天体表面でのレコリス粒子の摩耗を模擬したコンドライト隕石粒子の摩耗実験: 3次元外形の変化 小川倫弘(京大)
- F3 9:10 数10 μ mサイズ微小衝突破片の3次元形状分布~イトカワ粒子との比較 門川隆進(京大)
- F4 9:20 無隔膜開放系における衝突蒸発実験手法の開発 黒澤耕介(千葉工大)
- F5 9:30 フラッシュX線を用いた衝突破壊現象の観測 岡崎昌志(神戸大)
- F6 9:40 クレーターイジェクタのスケール則に対する衝突速度依存性 松榮一真(神戸大)
- F7 9:50 インドシナ半島における, 79万年前の小天体衝突イベント起源の衝撃変成石英の発見 多田賢弘(東大)
- F8 10:00 iSALE による重力支配域での微惑星の衝突計算 末次竜(産業医科大)
- F9 10:10 月面衝突閃光候補の超低分散スペクトル観測 柳澤正久(電通大)
- 10:20 休憩(10分)

月 座長 熊本篤志

- G1 10:30 SELENE レーダサウンダ観測に基づく月地下構造データベースの構築 熊本篤志(東北大)
- G2 10:40 衝突盆地周辺の岩石組成から推定する月マントル化学組成の推定 大竹真紀子(JAXA/ISAS)
- G3 10:50 月の地形が月震波の伝搬に及ぼす影響の評価 小野寺圭祐(総研大)
- G4 11:00 珪酸塩鉱物中におけるOH/H₂Oの温度安定性の実験的検証 仲内悠祐(会津大)
- G5 11:10 月における地下空洞の構造の解析~月レーダーサウンダー(LRS)を用いた地下空洞の探索~ 郭哲也(東海大)
- 11:20 昼食

12:10 ポスターセッション 2

探査 I 座長 小川和律

- H1 13:20 月火星の地下空洞直接探査 UZUME 計画 その2 春山純一(JAXA/ISAS)

- H2 13:30 Direct Altimetryデータを用いる新手法による「かぐや」の精密軌道決定と精度評価(序報) 石原吉明(JAXA/ISAS)
- H3 13:40 月周回衛星「かぐや(SELENE)」データの長期保存対応 山本幸生(JAXA/ISAS)
- H4 13:50 SLIM観測運用検討のための着陸地景観シミュレーション 佐伯和人(阪大)
- H5 14:00 月面水の同位体分析に向けた宇宙機搭載用光学分析装置の開発 山中千博(阪大)
- H6 14:10 DESTINY+ ミッションが目指す流星群母天体Phaethonのフライバイ観測と惑星間ダストのその場観測 荒井朋子(千葉工大)
- H7 14:20 DESTINY+ ミッション搭載用超望遠モノクロカメラ(TCAP)およびマルチバンドカメラ(MCAP) 石橋高(千葉工大)
- H8 14:30 DESTINY+搭載用ダストアナライザ 小林正規(千葉工大)
- H9 14:40 JUICE搭載ガニメデレーザ高度計(GALA)ー概要および国内開発状況 塩谷圭吾(JAXA/ISAS)

探査II

座長 石原吉明

- H10 14:50 火星表面での現場顕微鏡観察のための生命探査顕微鏡(LDM)開発の現状 山岸明彦(東京薬科大)
- H11 15:00 火星探査の新しい戦略と火星探査技術実証 藤田和央(JAXA)
- H12 15:10 火星着陸探査に向けたLIBS-QMS法を用いたその場K-Ar年代測定装置の開発 堀内美沙(立教大)
- H13 15:20 火星衛星探査機搭載用望遠カメラと広角分光カメラの設計 長田直也(立教大)
- H14 15:30 火星衛星探査計画のための分離カメラ(MMX-DCAM5)の検討状況 小川和律(神戸大)
- H15 15:40 はやぶさ2着陸地点選定運用訓練のための仮想Ryuguデータ作成 田中智(JAXA/ISAS)
- H16 15:50 はやぶさ2着陸地点選定訓練:データ解析・検討 渡邊誠一郎(名大)
- H17 16:00 はやぶさ2可視カメラの撮像模擬実験 諸井圭市(立教大)
- H18 16:10 地球外物質研究グループによるはやぶ

- さ2試料受入準備 安部正真(JAXA/ISAS)
- H19 16:20 「宇宙科学の今後20年の構想を検討する委員会」活動報告 今村剛(東大)
- 16:30 休憩(10分)
- 16:40 日本惑星科学会総会
- 17:40 最優秀研究者賞受賞講演
(座長 中本泰史)
- 観測が明かす原始惑星系円盤と惑星系の姿
秋山永治(国立天文台)
- 18:30 会場移動
- 18:50 懇親会

9月29日(金)

アストロバイオロジー・惑星表層・大気

座長 山本聡, 大野宗祐

- D1 8:50 水惑星学の創成 関根康人(東大)
- D2 9:00 地球型水惑星における暴走温室効果発現に対する表層水分分布依存性 小玉貴則(東大)
- D3 9:10 高解像度金星大気シミュレーションで再現された惑星規模のストリーク構造 樫村博基(神戸大)
- D4 9:20 地球型惑星最初期進化の惑星サイズ依存性 小河正基(東大)
- D5 9:30 火星隕石ナクライト・シャシナイト起源岩体の関係について 三河内岳(東大)
- D6 9:40 火星の地軸傾斜の変動に伴う火星二酸化炭素システムの応答の解析 渡辺泰士(東大)
- D7 9:50 放射冷却が原始火星大気の流体力学的散逸に与える影響 吉田辰哉(北大)
- D8 10:00 高解像度の火星大気ラージエディーションシミュレーションで得られた地表面応力 村橋究理基(北大)
- 10:10 休憩(10分)
- D9 10:20 大気球による成層圏微生物採取実験: Biopauseプロジェクト 大野宗祐(千葉工大)
- D10 10:30 原始惑星大気中でのアミノ酸前駆体生成におよぼす恒星エネルギー粒子の役割 小林憲正(横浜国大)
- D11 10:40 隕石母天体での星間有機物変成に関する実験的研究 平川尚毅(京教大)

- D12 10:50 南極微隕石中の可溶性有機物の検出を
目指して 山本康太(東大)
- D13 11:00 粘土鉱物存在下の低温での核酸塩基と
リボースからのヌクレオシド合成 橋爪秀夫
(物質・材料研究機構)
- D14 11:10 観測衛星による連続分光データを使っ
た月面上のD型類似スペクトルの全球搜索
山本聡(国立環境研)
- D15 11:20 火山噴火準備過程における脱ガス現象
の機構の提案 ーしゃぼん液による脱ガスアナ
ログ実験ー 桶間千遥(阪大)
- 11:30 昼食

惑星形成

座長 藤井悠里

- C1 12:30 小石集積による巨大惑星の形成
森島龍司(カリフォルニア大)
- C2 12:40 ペブル集積によるガス惑星周りの衛星
形成 芝池諭人(東工大)
- C3 12:50 磁場駆動円盤風の影響下で進化する円
盤中でのスーパーアース系形成 荻原正博(国
立天文台)
- C4 13:00 惑星移動する原始惑星へのガス降着
堀安範(自然科学研究機構)
- C5 13:10 高解像度N体計算による月形成シミュ
レーション 佐々木貴教(京大)
- C6 13:20 周惑星円盤の形成と温度構造について
藤井悠里(名大)
- C7 13:30 星雲ガス中で集積する岩石惑星内部の
D/H 齊藤大晶(高知工大)
- C8 13:40 還元的な大気下での惑星初期進化の軌
道依存性 濱野景子(東工大)
- 13:50 休憩(10分)
- E5 14:40 巨大衝突説から予測される火星衛星の
構成粒子について 兵頭龍樹(東工大)
- E6 14:50 火星原始大気回転を考慮した火星衛
星の捕獲説 鈴木智浩(東工大)
- E7 15:00 フォボスの形成仮説に応じた模擬土壌
の開発 宮本英昭(東大)
- E8 15:10 フォボスのBlueUnitと三次元形状モデ
ルを用いたイジェクタの分布 菊地紘(東大)
- E9 15:20 誘導熱プラズマ装置を用いたSi-Fe-Mg-
O-S系での微粒子合成実験: GEMS模擬粒子
の合成に向けて 河野颯(京大)
- E10 15:30 エンスタタイトへの1 keV水素イオン
照射による太陽風宇宙風化模擬実験 浅田祐馬
(京大)
- E11 15:40 宇宙風化作用に対する硫黄の影響
田中宏和(阪大)
- 15:50 休憩(10分)
- E12 16:00 Juvinas隕石の変成履歴 金丸礼(総研
大)
- E13 16:10 すばる望遠鏡HyperSuprime-Camによ
る木星トロヤ群サーベイ 寺居剛(国立天文
台)
- E14 16:20 ソーラー電力セイルによる木星トロヤ
群小惑星探査計画における着陸その場高分解能
質量分析 発生川陽子(横浜国大)
- E15 16:30 ソーラー電力セイル(SPS) ミッション
によるトロヤ群小惑星の科学観測 岡田達明
(JAXA/ISAS)
- E16 16:40 木星トロヤ群小惑星からのサンプル採
取装置の開発 岡本千里(法政大)
- E17 16:50 小惑星イトカワの表面に見られる白色
地域の成因 北里宏平(会津大)
- E18 17:00 小天体表層の振動圧密特性に関する実
験的研究ー粒子間力の効果 大村知美(神戸大)
- E19 17:10 凹凸表面のボンドアルベドの数値計算
千秋博紀(千葉工大)
- E20 17:20 地球とほぼ同じ公転周期を持つ小惑星
の軌道運動と探査の可能性 吉川真(JAXA/
ISAS)
- E21 17:30 地球衝突天体を発見した時、我々はど
のように対応すべきか 浦川聖太郎(日本スベ

衛星・小天体

座長 寺居剛, 樋口有理可

- E1 14:00 土星系氷衛星の熱進化: エンセラダス
とディオネの内部海 鎌田俊一(北大)
- E2 14:10 土星中型衛星の軌道進化とエンケラド
スの潮汐加熱 中嶋彩乃(東工大)
- E3 14:20 ガニメデ上のFurrow構造の起源に関す
る研究 平田直之(神戸大)
- E4 14:30 惑星に一時捕獲された小天体の捕獲軌
道滞在時間 樋口有理可(国立天文台)

ースガード協会)

- E22 17:40 小惑星帯の起源(マルチインパクト仮説による)~木星の重力により惑星に成れなかったと言う迷信を排し、イトカワ等の分化した小惑星の謎を解明 種子彰(SEEDSCIENCELabo.)
17:50 終了散会

《Poster発表プログラム》

ポスター展示は9月27日12:00から9月29日12:00まで

最優秀発表賞応募ポスター

コアタイム 27日(16:30-18:00)

- PS1 古海洋・厚いCO₂大気環境のもとでの火星古気候シミュレーションー水循環・熱慣性の及ぼす影響 鎌田有紘(東北大)
- PS2 ALMA分光観測による原始惑星系円盤のH₂Oスノーラインの同定可能性 野津翔太(京大)
- PS3 原始惑星系円盤上における巨大渦の構造と性質 小野智弘(京大)
- PS4 小惑星の衝突破壊・自己重力再集積による細長い形状の形成条件 杉浦圭祐(名大)
- PS5 「かぐや」連続スペクトルデータを用いた月の後期火成活動における玄武岩の鉱物量比の推定 加藤伸祐(名大)
- PS6 中性pHにおけるFe²⁺光酸化反応の実験的研究:初期火星の表層酸性化イベントに対する示唆 田畑陽久(東大)
- PS7 多面体重力場計算モデルを用いた太陽系小天体内部の密度分布推定 金丸仁明(阪大)
- PS8 エウロパ内部海の熱水環境における硫酸還元反応 丹秀也(東大)
- PS9 土星衛星エンセラダスのブリューム組成に対する氷・クラスレートハイドレート形成の影響 西谷隆介(阪大)

一般ポスター

コアタイム 27日(奇数番号16:30-17:30)

28日(偶数番号12:10-13:10)

A 系外惑星

- P1 TRAPPIST-1系地球型惑星からの水蒸気大気の流体力学的散逸 渡辺健介(北大)

B 原始惑星系円盤

- P2 CAIのAl-MgおよびLi-Be-B同位体比から探る原始太陽系円盤進化 福田航平(東大)
- P3 原始惑星系円盤での乱流拡散によるダストアグリゲイトの焼結 児玉季里子(名大)
- P4 高解像度三次元流体シミュレーションによる周惑星円盤のサイズ推定 波々伯部広隆(九大)

C 惑星形成

- P5 GPUを用いた超高解像度の惑星形成N体シミュレーション 岩澤全規(自然科学研究機構)
- P6 惑星の集積メカニズム 太陽系惑星の起源とテイティウス・ボーデの法則の検証 種子彰(SEEDSCIENCELabo.)
- P7 コンドリュールの衝突放出過程による形成と集積 松本侑士(みずほ情報総研)
- P8 地球型惑星形成:水星・金星・地球・火星の同時形成の条件の解明 ソフィア リカフィカ パトリック(近大)
- P9 周惑星円盤が微惑星の軌道とサイズの分布に与える影響 樋口有理可(国立天文台)

D アストロバイオロジー, 惑星表層・大気

- P10 たんぽぽ計画における有機物曝露実験報告(第1報) 小林憲正(横浜国大)
- P11 弱還元型惑星大気中でのアミノ酸生成のエンジェティックス 青木涼平(横浜国大)
- P12 水質変成におけるアミノ酸前駆体形成に対するガンマ線の影響 三澤柗介(横浜国大)
- P13 How diverse is macro molecular organic matter in the Solar System? 癸生川陽子(横浜国大)
- P14 金星探査機あかつきの初期成果 今村剛(東大)
- P15 金星探査機「あかつき」のデータアーカイブの現状とこれから 村上真也(JAXA/ISAS)
- P16 地上電波望遠鏡SPARTによる金星中層大気における一酸化炭素の変動起源の研究 原口大輝

(大阪府大)

- P17 金星探査機「あかつき」とALMAによる金星の連携観測プロジェクトの進捗報告 青木亮輔(大阪府大)
- P18 市民参加型の画像解析による現在の火星におけるダークパッチの形成率 宮本英昭(東大)
- P19 球殻状鉄コンクリーションの形成数値シミュレーションと形成環境の制約 柴田拓真(名大)
- P20 高分解能大気大循環モデルを用いた現在火星環境における水循環とHDO/H₂O同位体分別のシミュレーション 黒田剛史(情報通信研究機構)
- P21 地球気候の太陽定数依存性：海陸分布を考慮した大気大循環モデル実験 松田幸樹(神戸大)
- P22 高速回転する薄い球殻内の熱対流により生成される表層縞帯状構造の消滅 佐々木洋平(京大)
- P23 着陸機による火星環境探査計画の検討 白井寛裕(東工大)

E 衛星・小天体

- P24 外縁天体表面のH₂O氷結晶度測定 寺居剛(国立天文台)
- P25 氷・シリカ混合物の塑性変形・脆性破壊遷移に関する実験的研究 保井みなみ(神戸大)
- P26 世界初の流星群の4次元ダストトレール計算 佐藤勲(日本大)
- P27 低温高压下におけるH₂O-MgSO₄/NaCl系の相境界観察 原田啓多(阪大)
- P28 分裂候補地球近傍小惑星(1566) Icarusと2007MK6の分光観測 船橋和博(日本大)
- P29 フォボスのクレーター緩和評価と他天体との比較に基づく表層進化過程の検討 森田晟也(名大)
- P30 フォボスの高解像度画像の解析と数値シミュレーションによる表面のラフネスの評価 小島平(東大)

F 衝突

- P31 焼結アグリゲイトの低密度弾丸による高速度衝突実験 村上雄一(神戸大)
- P32 高空隙石膏標的に形成されたクレーターの表面下観察 山崎祐太郎(神戸大)
- P33 衝撃圧力分布から推定する重力支配クレータサ

イズ 黒澤耕介(千葉工大)

- P34 巨大氷惑星に対する衝突現象の考察 黒崎健二(名大)
- P35 雪標的に作られる衝突クレーター地形 鈴木絢子(JAXA/ISAS)
- P36 隕石衝突に起因する金属-ケイ酸塩鉱物の分化過程を模擬した衝撃回収実験 藤川勇志(阪大)

G 月

- P37 危難の海盆地エジェクタ層中の鉱物分布 我妻雄史(会津大)
- P38 月周回衛星「かぐや」による地球起源酸素の観測 寺田健太郎(阪大)
- P39 月面氷探査のための霜付き鉱物の近赤外反射スペクトル測定と機械学習による最適な観測バンド 組み合わせの決定 五十嵐優也(阪大)
- P40 ディープラーニングを用いたMI画像中の影領域検出手法の検討 伊東里保(産総研)
- P41 危難の海から回収されたルナ24号レゴリス試料の地球化学的考察 諸本成海(阪大)
- P42 月の雨の海におけるコペルニクス紀の断層活動 嵩由美子(京大)
- P43 かぐや観測データによるスミス海の地下構造 石山謙(JAXA/ISAS)
- P44 MULTUM-SNMSを用いたMurchison SiCの同位体分析 宮晃平(阪大)

H 探査

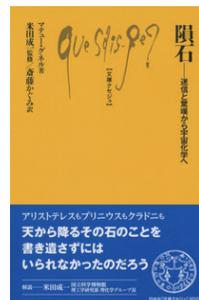
- P45 月面のレゴリスサンプリング法の開発 山中千博(阪大)
- P46 JUICE搭載ガニメデレーザ高度計(GALA)で目指すサイエンス 木村淳(阪大)
- P47 SMILES-2を用いた火星/金星大気のTHz帯リモートセンシングを見据えた放射輸送シミュレーション 西田侑治(大阪府大)
- P48 超小型火星探査機搭載THzヘテロダイン分光装置の開発検討 松本怜(大阪府大)
- P49 火星衛星探査計画MMXとそのサイエンス2017 倉本圭(北大)
- P50 MMX搭載近赤外分光撮像器MacrOmegaによるPhobosおよびDeimos観測計画 岩田隆浩(JAXA/ISAS)

- P51 宇宙線ミュオン粒子を用いたトモグラフィー観測による火星の浅部地下構造探査：超小型検出装置の検討 小池幸人(東大)
- P52 火星衛星探査機(MMX)搭載火星周回ダスト観測装置 小林正規(千葉工大)
- P53 はやぶさ2着陸点選定訓練における小惑星形状復元 平田成(会津大)
- P54 形状復元ソフトPhotoscanのはやぶさ2着陸点選定訓練における活用の成果と課題 杉山貴亮(会津大)
- P55 「はやぶさ2」中間赤外カメラTIRの軌道上運用と近傍運用計画 岡田達明(JAXA/ISAS)
- P56 はやぶさ2着陸地点選定訓練データを用いた熱慣性決定手法の評価 坂谷尚哉(明治大)
- P57 はやぶさ2 ONCデータによるRyugu表面ラフネスの推定：着陸点選定訓練データを用いた検討 諸田智克(名大)
- P58 はやぶさ2 ONCデータの処理システムとプロダクト：着陸点選定訓練データの例 杉田精司(東大)
- P59 はやぶさ2着陸候補地点選定における地上系整備 山本幸生(JAXA/ISAS)
- P60 磁気並進運動を用いた2成分粒子の質量比の計測 山口若奈(阪大)
- P61 宇宙望遠鏡搭載用高効率紫外線分光器の開発 亀田真吾(立教大)
- P62 局所U-Pb年代分析に向けたレーザーポストイオン化SNMSの開発 松田貴博(阪大)
- P63 超小型深宇宙探査機EQUULEUS搭載「月面衝突閃光カメラDELPHINUS」の性能評価 増田陽介(日本大学)

書評

隕石－迷信と驚嘆から宇宙化学へ

マテュー・グネル著 米田成一監修/齊藤かぐみ訳
 文庫クセジュ 白水社
 2017年5月 総150頁 ISBN9784560510124

野口 高明¹

隕石についての知識が手短かにまとめられた日本語の本は非常に少ない。そんな中で出版されたのが本書である。南極微隕石(宇宙塵)の研究、消滅核種に関する研究から、歴史文献を踏まえた上でのオルゲイユ隕石の彗星起源説などにいたる彼の幅広い興味の対象と知識にもとづいて、隕石についての様々な事柄が新書版サイズに凝縮されている。個人的には、人々がどのように隕石を「地球外からやって来た石」とであると認識しその重要性が認識されていったかという歴史についての章を特に興味深く読んだ。もちろん、惑星科学と宇宙化学の基礎知識、隕石の落下・採集、隕石の起源、コンドライトの構成要素(コンドルールやCAI)の形成年代と太陽系形成、母天体における衝撃や分化、隕石に含まれる有機物や水と生命の起源についての各章も、短いながらもうまく題材を選びつつ高度な議論(²⁶Alや¹⁰Beの起源など)まで到達することができている。

全体的にはとてもよく書かれている本書だが、多少気になった点が2点ある。ひとつは隕石の分類でユレイライトが分化隕石に分類されていることである(21ページ)。これは、むしろ、始原的エコンドライトに分類した方が良いという説もある。もっとも、この点については、著者も「物質進化した岩石の特徴と、始原的な岩石の特徴が共存しているわけだが(117ページ)」と述べており、どちらに入れるか悩んだのかも知れないが、また、111ページで普通コンドライトの岩石学的タイプを3から7としているが、これは3から6とすべきであろう。なぜなら、岩石学的タイプ7の多くは衝撃溶融岩と考えられるからである[1]。

とはいえ、惑星科学、特に惑星物質科学をこれから学んでみたいという学部生にとっては、手取り早く一通りのことを知るのにちょうどよい本であることはまちがいない。遊・星・人の読者層にとっても、「エポックメイキングな隕石たち」のコラムを読む際の参考になると思う。広くお勧めしたい。

参考文献

- [1] 木村真, 2011, 遊星人 20, 132.

1. 九州大学基幹教育院
 tnoguchi@artsci.kyushu-u.ac.jp

2017年度宇宙科学奨励賞公募のご案内

公益財団法人 宇宙科学振興会¹

公益財団法人宇宙科学振興会では、宇宙科学分野で優れた研究業績を挙げ、宇宙科学の発展に寄与した若手研究者を顕彰し、宇宙科学奨励賞を授与いたします。ここに2017年度の第10回宇宙科学奨励賞候補者のご推薦を募集いたします。推薦要綱の詳細は当財団のホームページ(<http://www.spss.or.jp>)に掲示しておりますが、当奨励賞の概要は以下の通りです。皆様の周りで優れた業績を挙げ将来の活躍が期待される若手研究者をご存知の際には、是非ともご推薦いただきますようお願い申し上げます。

表彰の趣旨：宇宙理学(地上観測を除く)分野及び宇宙工学分野で独創的な研究を行い、宇宙科学の進展に寄与する優れた研究業績をあげた若手研究者個人を顕彰する。

授与機関：公益財団法人 宇宙科学振興会

候補者：上記分野で優れた業績をあげた当該年度の4月1日現在37歳以下の若手研究者個人。候補者の推薦は他薦に限る。

業績の審査：業績の審査は、推薦理由となる研究業績に関連して発表された論文に基づいて、当財団が設置する選考委員会において行う。

賞の内容：授賞は原則として毎年宇宙理学関係1名、宇宙工学関係1名とする(ただし適格者のいない場合は受賞者なしとする場合がある)。受賞者には本賞(賞状と表彰楯)および副賞(賞金30万円)が贈られる。

推薦締切日：2017年10月31日(火)必着。

表彰式：選考結果は2018年1月に推薦者と受賞者に通知するとともに、当財団ホームページにおいて発表する。その後2018年3月に表彰式を行い、受賞者には受賞対象となった研究に関する講演をして頂く。

なお、推薦の手続きの詳細については財団のホームページ(<http://www.spss.or.jp>)をご覧ください。推薦書式をダウンロードして必要事項を記載の上、(1)候補者の略歴、(2)論文リスト、および(3)推薦の対象となる論文の別刷等必要書類を添付の上、電子メールにてご提出下さい。

お問い合わせ先および推薦書送付先：

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1
公益財団法人宇宙科学振興会 事務局
E-mail: admin@spss.or.jp

JSPS Information

- ◇日本惑星科学会第119回運営委員会議事録
- ◇日本惑星科学会第47回総会議事録
- ◇日本惑星科学会第120回運営委員会議事録
- ◇日本惑星科学会賛助会員名簿
- ◇日本惑星科学会主催・共催・協賛・後援の研究会情報

◇日本惑星科学会第119回運営委員会議事録

日 時：2017年5月24日(水)18:30 - 21:10
 場 所：日本地球惑星科学連合 2017年大会会場
 幕張メッセ国際会議場 202

運営委員：

出席者 20名

荒川 政彦, 倉本 圭, 中本 泰史, 中村 昭子, 渡邊 誠一郎, 千秋 博紀, 和田 浩二, 田近 英一,
 生駒 大洋, 諸田 智克, 林 祥介, 平田 成, はしもと じょーじ, 竹広 真一, 中島 健介, 寺田 直樹,
 佐伯 和人, 中村 智樹, 上野 宗孝, 藪田 ひかる

欠席者 3名

田中 智, 小久保 英一郎, 橘 省吾
 (委任状：議長3通)

オブザーバー：

押野 翔一(連合大会プログラム委員)
 関口 朋彦(2018年秋季講演会組織委員長)

1. 遊星人の発行状況報告

和田編集専門委員長より報告がなされた。

- ・遊星人はつつがなく発行されている。
- ・あかつきの連載記事が、著者校正がなされないまま掲載された。2017年6月号にお詫び記事を掲載予定。今後は、著者校正がなされていない場合、印刷所からの連絡を受けて編集委員会が著者へ連絡し校正をお願いする。
- ・J-Stageでの記事公開。査読があったかどうかの情報を収集しなければならないので、古い記事に関しては公開をペンディングしている。

Q. 学会のウェブでの記事公開は続けるのか？

A. 査読情報がないものについても公開を続ける(学会ウェブでは基本的に全記事公開予定)。

Q. 遊星人が最近薄い？

A. 自然減。記事投稿を。

2. 会計第13期下期決算

竹広財務専門委員長より報告がなされた。予算は約60万の赤字だったが、決算は約90万の黒字となった。要因としては、遊星人の印刷製本費が約70万浮いたこと、遊星人の原稿起こし予算10万円が使われなかったこと、秋季講演会でシステム使用料として約34万の収入があったこと、収入が約20万円多かったこと、などが挙げられる。監事より、収支計算に誤りのないことを確認したとの会計監査報告(書面による)がなされた。

Q. 今後も単年度で黒字になれるのか？

A. 決算の振れ幅が大きいのは遊星人なので、そこ次第。

運営委員会は会計第13期下期決算を承認した。

3. 会計第14期上期予算執行状況報告

竹広財務専門委員長より報告がなされた。収入支出は例年通り。会員費支払い済498名、未納203名。寄付金10万をいただいた。

Q. 結局、予算は厳しいのか？

A. 遊星人などの振れ幅が大きいので読めない。秋季講演会はプラスマイナスゼロを目指している。

Q. 講演会参加でサーバーを使用するので、サーバー使用料の一部を講演会費から徴収してもいいのでは？参加費は毎年一定にしたほうがいいのではないかと？

A. 検討する。

4. 第13期下期活動報告ならびに第14期上期活動計画

諸田総務専門委員長より、第13期の活動報告がなされた。

- ・2016年12月時点での学会員数は、正会員 604, 賛助会員 4, 購読会員・法人 11.
 - ・連合大会の参加者数は7240名、発表者数は4515件.
 - ・秋季講演会の参加者数は171名、発表は口頭 100件, ポスター 50件.
 - ・学会誌 遊星人は4号183ページが発行され、発行部数680部.
 - ・欧文専門誌 EPSはVol. 68が発行。2014年よりオープンアクセスに移行している.
 - ・学会の推薦していた成田憲保会員が、平成29年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞した。
続いて、第14期上期の活動計画が説明された.
 - ・2017年秋季講演会は阪大で行われる.
 - ・惑星科学フロンティアセミナー2017の日程は未定.
 - ・2017年連合大会は5月20日から25日に開催.
- 運営委員より、学会賞募集予定の期日の表記に対して修正提案があった。

5. 学会賞選考委員の入れ替え

諸田総務専門委員長より報告と提案がなされた。現委員のうち、中村智樹、大竹真紀子、中本泰史、関口朋彦会員が退任し、門野敏彦、千秋博紀、薮田ひかる、高橋芳幸会員が継続する。寺田健太郎、田中智、阿部新助、玄田英典会員が新委員として提案され、運営委員会はこれを了承した。

6. 入退会について

諸田総務専門委員長より報告がなされた。

- ・2017年5月24現在で、正会員 585, 学生会員61(去年はそれぞれ600, 70), 賛助会員 2, 一般購読会員 6, 法人購読会員 6, 名誉法人 6.

- ・ 高校生の正会員入会申請があった。正会員は、基本的には指導教員のついた学部生以上に対して認めており、高校生の前例はない。高校生や、指導教員のない学部生は準会員として認めるか、非会員登録をお願いしてはどうかという提案がなされた。これに対し、一般の人では専門性がなくても受け入れているのに、高校生だからという理由で門前払いというのはどうかという意見があった。一方、会則第5条の正会員条件を高校生が満たすのかとの意見も出された。運営委員会での議論の結果、今後の検討を総務専門委員会で検討することになり、その間は申請は保留とすることとなった。

7. その他総務からの案件(議長・書記の承認等)

諸田総務専門委員長より、議長に川村太一会員、書記に兵頭龍樹会員がそれぞれ提案され、運営委員会はこれを了承した。

8. 各専門委員会方針(各専門委員長)

千秋将来惑星探査検討グループ長より、以下の方針説明がなされた。

- ・ RFI(Request For Information)の自主改訂について。RFIとは、2014年末に宇宙研より「研究領域の目標・戦略・工程表」の募集があったもので、その提出物が慣例的に「RFI」と呼ばれている。惑星科学会は、2015年に会長名でRFIを提出し、そこからMMX, Destiny+が抽出された。ミッション提案の評価において、「業界からの指示」の傍証として参照されている。SGEPSSでは自主改訂が検討されており、惑星科学会も現状に合わせた見直し・方向整理が必要だろう。ただし方向整理は不連続であるべきでない。方向整理をグループでやるには荷が重いので、グループとしてはまずRFI見直しを提案をする。運営委員会での議論の結果、見直しを学会名で出すべきかどうかは別として、見直しの議論を学会行うことで了承された。
- ・ 荒川会長より、将来探査専門委員会(仮称)の設置検討開始の報告がなされた。これまでは将来惑星探査検討グループ、月惑星探査の来る10年に関する議論をリードしてきた。日本の惑星探査の現状では、学会は定常的に惑星探査に関与することが期待されている。常設の専門委員会で、将来探査の検討に加えて現状への対応が必要である。そこで、将来探査専門委員会(仮称)の設置を提案したい。将来惑星探査検討グループと将来計画専門委員会を中心に議論し、秋の運営委員会での提案に向けて原案を作成する予定。

田近対外協力・連携専門委員長より、科研費審査区分の改定に関して報告がなされた。小区分「宇宙惑星科学関連」が新設され、今後の審査がどのように進むか不透明。SGEPSSと連携してフォローアップを行う。

9. 連合大会プログラム委員からの報告

押野連合大会プログラム委員より、来年度惑星科学セッションコンビーナとして岡本尚也会員(正)、黒崎健二会員(副)が選出されたとの報告がなされた。また、来年度連合大会プログラム委員として黒川宏之会員(正)、濱野景子会員(副)が推薦され、運営委員会はこれを了承した。

10. 2016年度最優秀研究者賞について

中本学会賞選考委員長より、選考結果について報告がなされた。応募者は6名(前年3名)。選考委員会は書類審査の後に合議を2回行い、秋山永治会員を推薦することに決定した。運営委員会は秋山会員を受賞者として決定した。

11. 2017年秋季講演会・学会賞実施案

佐伯2017年秋季講演会組織委員より報告がなされた。一般講演は1講演につき10分前後(質疑含む)を予定。6月21日に参加発表申し込みを締め切り、7月20日に発表申し込みを締め切る。一般講演企画は9月30日。非

発表の学部生・M1の参加費を無料にする代わりに、南部ホールの使用費が無料になった。ただし、講演会終了後には、未発表の学部生・M1の参加者数および本来支払うべき参加費の金額を、阪大に報告しなければならない。

12. シニア会員制度について

中村将来計画専門委員長より、検討状況の報告がなされた。シニア会員制度は、経験豊富な会員に退職後に引き続き秋季講演会などを通じて学会活動をしていただくというもの。そのために、身分を継続しやすい会費を設定する。会費案を複数検討している。

13. EPS-PEPSの協議について

生駒欧文誌専門委員長より報告がなされた。EPS誌が現在交付を受けている科研費が平成29年度で終了する。今秋の科研費申請では、PEPS誌との共同申請が決定している。現在、EPSを運営する5学会で分担金をどう配分するかが検討されている。なお、EPSはPEPSのレター誌に移行することが検討されている。

14. 日本地球惑星科学連合の報告

倉本副会長より報告がなされた。連合の社員(代議員)に団体会員が入る仕組みが廃止される。その代わりに、学協会長会議幹事会が設けられ、学協会長会議と連合理事会との連絡調整が行われる。

15. 行事部会からの報告

中島行事部会長から、行事部会とLOCとの間で、口頭発表の時間を確保するためにパラレルセッション化や口頭発表とポスター発表の中間的な発表枠を作ることを含む議論があったことが報告された。運営委員会で議論では、シングルセッションを維持すべきとの意見が多く表明された。

16. 2018年秋季講演会について

倉本2018年秋季講演会組織委員より報告がなされた。2018年は旭川で共催する。パラレルセッションは会場的に無理なので行えない。

17. 用語研究会の設置要望について

荒川会長より、設置要望があった旨の報告がなされた。前年の用語部会設置要望に対する倉本会長(当時)からの返答に沿った内容の提案でないため、運営委員会は用語研究会の設置を見送ることに決定した。

◇日本惑星科学会第47回総会議事録

日 時：2017年5月25日(水)12:30 - 13:30

場 所：日本地球惑星科学連合2016年大会会場 東京ベイ幕張ホール A04
〒261-0021 千葉県千葉市美浜区ひび野2-3

正 会 員：585

定 足 数：59

参加人数：57名(開会時)(これに加えて非会員の傍聴者0名) > 58名(議事3.1採択時) > 58名(議事3.2採択時)

委 任 状：146通(ただし、内2通分は提出者が総会に参加したため無効)

議 長: 141 通 - 1 通
 林 会 員: 1 通 - 1 通
 生 駒 会 員: 1 通
 佐々木会員: 1 通
 小 林 会 員: 1 通
 鈴 木 会 員: 1 通

1. 開会宣言

諸田総務専門委員長が開会を宣言。

2. 議長団選出

運営委員会からの推薦で議長に川村太一会員，書記に兵頭龍樹会員が選出された。

3. 議 事

3.1. 第 13 期下期 (2016 年度) 活動報告

- ・ 基調報告(荒川会長)

2016年度連合大会および惑星科学会秋季講演会の概要報告，学会誌，欧文誌の発行状況報告，2016年度の最優秀研究者賞および最優秀発表者賞の受賞報告，フロンティアセミナーの概要報告がなされた。

- ・ 会計報告(竹広財務専門委員長)

収支の結果，今年度は黒字であった。その理由は，発行誌の値段が例年より安価で済んだこと，秋季講演会も安価で実行できたことによる等であったことが報告された。

- ・ 会計監査報告(山岸・門野会計監事(代理：川村議長))

収支決済に誤りの無いことが確認された事が報告された。

- ・ 各種専門委員会報告

特になし。

- ・ 2015年度最優秀研究者受賞者発表(中本学会賞選考委員長)

秋山永治会員が受賞されたことが報告された。

- ・ 質疑応答及び討論

特になし。

- ・ 採択

第13期下期活動報告の採択が行われ，賛成: 202(うち出席者58)，反対: 0，保留: 0により採択された。

3.2. 第14期上期(2017年度)活動方針

- ・ 基本方針(荒川会長)

運営体制，活動計画，予算，秋季講演会，学会賞に関する活動計画が報告された。また，基本方針として，シニア会員の提案，運営委員会の選出方法，惑星探査専門委員会の設置，EPS欧文誌の位置付け，予算増額の手段，等について検討していくことが説明された。

- ・ 各種専門委員会活動方針

中村将来計画専門委員長より，シニア会員制度を検討していることが報告された。今後，会費などに関したアンケート調査を行う予定である。

生駒欧文誌専門委員長より，今後のEPS誌とPEPS誌の運営方法についての報告があった。

竹広財務専門委員長より，今年度の会費の早期納入の依頼があった。匿名での寄付金があり，学生発表賞

に当てることが報告された。

- ・ 質疑応答
特になし。
- ・ 採択

第14期上期活動方針の採択が行われ、賛成: 202(うち出席者58)、反対: 0、保留: 0により採択された。

4. 報告事項

4.1. 2017年秋季講演会について(佐伯, 佐々木2017年秋季講演会組織委員)

会期(09/27-29)、一般講演の内容および講演者、総会・懇親会、会場やその周辺の内容、講演受付日程、予稿集の冊子の発行をしないこと、会費、LOC体制、などについて説明がなされた。

4.2. その他

高橋幸弘会員より、科研費の申請書の書き方および審査の方法が変わることが報告された。

5. 議長団解任

6. 閉会宣言

◇日本惑星科学会第120回運営委員会議事録

日 時：2017年6月29日(木)18:00 - 20:00

場 所：TV会議

運営委員：

出席者 18名

荒川 政彦, 倉本 圭, 中本 泰史, 中村 昭子, 渡邊 誠一郎, 千秋 博紀, 和田 浩二, 生駒 大洋,
諸田 智克, 林 祥介, 平田 成, はしもと じょーじ, 竹広 真一, 中島 健介, 寺田 直樹, 佐伯 和人,
中村 智樹, 藪田 ひかる

欠席者 5名

田近 英一, 上野 宗孝, 田中 智, 小久保 英一郎, 橘 省吾
(委任状：議長4通)

資 料：

1. 高校生の入会について20170629.pdf
2. シニア会員制度について2017年6月29日.pdf

議 題：

1. 高校生の入会について(総務専門委員会)

- ・ 資料1にもとづいて、総務専門委員会から対応案の提示があった。・ 高校生の正会員入会を認めるためには指導教員の要件を明確にする必要があるとの意見、正会員の要件(年齢制限など)を明確に定義してはどうかとの意見がだされた。
- ・ 現状では高校生が正会員(一般)を希望したときには認められるルールになっているとの指摘があった。
- ・ 案1の場合、高校生の指導教員は「惑星科学会員」であることを条件にしてはどうかとの意見がだされた。一方で、講演会への参加に関しては、共著者に惑星科学会員がいれば、非会員登録すれば発表できるので

正会員で認める必要性はないとの指摘があった。

- ・案2(準会員の再整理の部分)、案3は検討すべき点はあるが時間がかかる。今回の件に関しては早急に回答する必要があること、会員の整理は長期的課題であることから、問題を切り分けることとなった。
- ・以上の議論から今回の件に関しては、高校生は正会員としての入会は認めないこととし、会員種別の整理については総務専門委員会で引き続き検討することとなった。

2. 惑星探査専門委員会の設置について(将来惑星探査検討グループ、将来計画専門委員会)

- ・部会のような時限付きのものではなく、惑星探査に対応する専門委員会が必要であるとの意見が述べられた。
- ・引き続き、将来惑星探査検討グループおよび将来計画専門委員会で活動内容、それぞれの所掌について検討し、それをもとに設置の妥当性を運営委員会で検討することとなった。

3. シニア会員制度について(将来計画専門委員会)

- ・資料2にもとづいて、将来計画専門委員会からシニア会員制度についての検討状況の報告があった。退会される方が留まることで財政的負担は増えるので、遊星人の印刷部数や印刷回数、発送回数などを削減する案がだされた。
- ・会費の一括支払いなどを利用することによるコスト削減案、消費税増税時の会費据え置き案、講演会の参加費、懇親会費割引案などが上がった。
- ・会費を下げることでの成立性は難しいように思われ、学会をやめないことのメリットについて考えてはどうか、との意見がだされた。
- ・引き続き、将来計画専門委員会でシニアの方々への意見徴収を踏まえて検討することとなった。

4. EPS-PEPSについて(欧文誌専門委員会)

- ・欧文誌専門委員会から状況の報告があった。(経緯は第119回運営委員会議事録を参照)
- ・PEPSと伴にEPSが科研費を申請するにあたって、EPS自身が財政的に自立することが求められているので、EPSを運営する5学会で分担金をどう配分するかが検討されている。
- ・今後の検討の推移を見守ることとした。

5. その他事項

- ・学会賞選考委員会より学生発表賞の公募要領が展開されている。確認し、コメントあれば6/30までにすることとなった。
- ・将来惑星探査検討グループでRFI改定を行うための人選をすることになった。JPGU宇宙惑星科学セクションでRFI改定を秋から進める予定であり、それに意見がだせるように連携して進めることとなった。

6. 次回

- ・8月下旬～9月でTV会議で実施

◇日本惑星科学会賛助会員名簿

2017年9月25日までに、賛助会員として本学会にご協力下さった団体は以下の通りです。社名等を掲載し、敬意と感謝の意を表します。(五十音順)

有限会社テラパブ
Exelis VIS株式会社

◇日本惑星科学会主催・共催・協賛・後援の研究会情報

(a)場所, (b)主催者, (c)ウェブページ/連絡先など.

転記ミス, 原稿作成後に変更等があるかもしれません. 各自でご確認ください.

2017/09

9/27-9/29 日本惑星科学会 秋季講演会

(a)大阪大学 豊中キャンパス, 大阪府豊中市

(b)日本惑星科学会

(c)https://www.wakusei.jp/meetings/fall_meeting/

2017/10

10/25-10/27 第61回宇宙科学技術連合講演会

(a)朱鷺メッセ, 新潟県新潟市中央区

(b)日本航空宇宙学会

(c)<http://branch.jsass.or.jp/ukaren61/>

2017/11

11/3-11/4 可視化情報全国講演会(室蘭2017)

(a)室蘭工業大学, 北海道室蘭市

(b)可視化情報学会

(c)<http://www3.muroran-it.ac.jp/vsj2017/>

11/8-11/10 第58回高圧討論会

(a)名古屋大学, 愛知県名古屋市千種区

(b)日本高圧力学会

(c)<http://www.highpressure.jp/new/58forum/>

編集後記

今日は遊星人入稿日です。にも関わらず、編集後記が書き上がっていません。他の原稿は締切までにはほぼ提出されているというのに、編集後記が律速過程になっているなど本末転倒です。ネタがないネタがないとうんうん唸っている私を見かねた妻から、「面白いことを書こうと思うから書けないんじゃない?」と忠告をもらいました。もっともな話です。

実家に帰省した際、母から「リビングのルームライトをLEDに替えたら虫が寄ってこなくなった。なぜ?」と聞かれました。私も初めて聞いた話だったのですが、とっさに、「虫はある特定の波長帯の光に反応する」「蛍光灯とLEDでは発光スペクトルが違う」ということなのだろうと思い、そう答えました。ネット

で調べたところ、それっほい説明が散見されたので、おそらくそういう解釈で大間違いではないのでしょうか。発光機構によっては虫が寄ってくるタイプもあるそうですが、LEDにはそういう効能もあるのですね。勉強になりました。

さて、今年の秋季講演会は、9/27から始まります。本号には講演会プログラムが掲載されます。遊星人の発行日は25日なので、講演会前に皆さんの手にお届けできるかどうか、微妙なスケジュールです。通常よりも早めにお届けできるよう、印刷所に相談し、校正手続きを早め早めに進める予定です。間に合っ
ていればいいのですが、果たして? (三浦)

編集委員

和田 浩二 [編集長]

三浦 均 [編集幹事]

生駒 大洋, 上相 真之, 岡崎 隆司, 奥地 拓生, 木村 勇氣, 黒澤 耕介, 小久保 英一郎, 白石 浩章, 杉山 耕一朗, 関口 朋彦, 瀧川 晶, 田中 秀和, 谷川 享行, 成田 憲保, はしもと じょーじ, 本田 親寿, 諸田 智克, 山本 聡, 渡部 潤一

2017年9月25日発行

日本惑星科学会誌 遊・星・人 第26巻 第3号

定 価 一部 1,750円(送料含む)

編集人 和田 浩二(日本惑星科学会編集専門委員会委員長)

印刷所 〒501-0476 岐阜県本巣市海老A&A日本印刷株式会社

発行所 〒105-0012 東京都港区芝大門2-1-16 芝大門MFビルB1階

株式会社イーサイド登録センター内 日本惑星科学会

e-mail : staff@wakusei.jp

TEL : 03-6435-8789 / FAX : 03-6435-8790

(連絡はできる限り電子メールをお使いいただきますようご協力お願いいたします)

本誌に掲載された寄稿等の著作権は日本惑星科学会が所有しています。

複写される方へ

本誌に掲載された著作物を個人的な使用の目的以外で複写したい方は、著作権者から複写等の行使の依託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル 学術著作権協会

TEL : 03-3475-5618 / FAX : 03-3475-5619

e-mail : kammori@msh.biglobe.ne.jp

著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接日本惑星科学会へご連絡下さい。