

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05636

研究課題名(和文) 小惑星における水文学：「あかり」衛星の近赤外線分光観測による小惑星の含水鉱物探査

研究課題名(英文) Exploring hydrated minerals on asteroids --- AKARI near-infrared asteroid spectroscopic survey

研究代表者

臼井 文彦 (Usui, Fumihiko)

神戸大学・理学研究科・特命助教

研究者番号：30720669

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)：日本の赤外線天文衛星「あかり」を用いて小惑星の近赤外線分光観測を行い、地上の天文台からは観測できない波長2.7マイクロメートル付近にある含水鉱物の存在を示す特徴を、数多くの小惑星について世界で初めて捉えることに成功した。特にC型小惑星と呼ばれる天体は可視光では黒っぽく見える天体で、水や有機物に富むと考えられていたが、実際に多くのC型小惑星に、水と岩石が反応して生成される含水鉱物が含まれていることが、今回初めて明らかになった。また、得られたデータの詳しい解析から、C型小惑星の加熱脱水という進化の過程も明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小惑星には含水鉱物として水が存在しているが、これを検出できる近赤外線の波長帯は地球大気の影響により地上の天文台からは観測できなかった。赤外線天文衛星「あかり」による観測で、数多くの小惑星について含水鉱物の存在を世界で初めて検出した。

「はやぶさ2」などの小惑星探査機と望遠鏡による天文観測は相補的であり、望遠鏡による多数の天体の網羅的な観測によって、探査機が詳しく調べた天体が一般的なのか例外的なのかという太陽系の中での位置付けを示すことができる。これにより、小惑星の起源と進化だけでなく、地球の水や生命の起源への理解も進むと期待される。

研究成果の概要(英文)：Using the Japanese infrared satellite AKARI, we have detected the existence of water in the form of hydrated minerals in a number of asteroids for the first time. AKARI had the capability to obtain spectra at near-infrared wavelengths from 2 to 5 micron. Using this unique function, the spectroscopic observations of 66 asteroids were carried out. This provides the first opportunity to study the features of hydrated minerals in asteroids at around the wavelength of 2.7 micron. The observations detected absorption for 17 C-type asteroids. C-type asteroids, which appear dark at visible wavelengths, were believed to be rich in water and organic material, but the present observations with AKARI are the first to directly confirm the presence of hydrated minerals in these asteroids.

This discovery will contribute to our understanding of the distribution of water in our solar system, the evolution of asteroids, and the origin of water on Earth.

研究分野：赤外線天文学，惑星科学

キーワード：小惑星 含水鉱物 近赤外線分光観測

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

我々の住む太陽系には様々な形態の水が存在することがわかってきている。水の存在は生命を育む環境としてもっとも重要な要素の1つであり、系外惑星探査においても重要な意味を持つ。そして、水は太陽系の進化、特に温度環境の変遷を解き明かすにあたって重要な情報をもたらす。ここで、現時点で地球の水の起源については、いまだ確固たる結論は得られていない。少ないサンプル数から彗星起源説は不利であり、そこから消去法的に小惑星起源説が有力であるとする向きがあるが、これが真実であるかどうかは今のところ確証はない。したがって小惑星における水の存在量を調べる必要がある。太陽系の固体物質としては珪酸塩鉱物が大きな割合を占めるが、木星以遠の太陽系小天体には氷として水が存在している。また、天体内部で液体の水と珪酸塩鉱物は水質変成作用によって含水鉱物を生成する。含水鉱物は氷の昇華温度以上になっても安定に存在するので、生成後の温度変化でリセットされない水の存在を示す重要なマーカーになる。小惑星は大部分がその形成以降に大規模な熱的進化をしておらず、太陽系形成時の状態をよく保持していると考えられる。そこで、現在の太陽系における水の存在の探査には、多様な小惑星について含水鉱物および水氷の存在を調べる必要がある。ここで含水鉱物とは、その構造中に OH 基もしくは  $H_2O$  を含む鉱物である。この含水鉱物は、OH 基の伸縮振動によってスペクトルの波長  $2.7 \mu m$  付近に顕著な吸収フィーチャを持つことが知られている。一方、水氷は  $3.1 \mu m$  付近に吸収フィーチャを示す。

しかし、小惑星の含水鉱物や水氷を検出するのは容易ではない。地上で採集される隕石は小惑星から飛来したものが多く、小惑星の物質学的研究ではきわめて有用な知見をもたらすが、隕石が落下してから地球の水や水蒸気で汚染されているので水の含有量を正しく測定するのは難しい。地球の水に影響されない状態で小惑星を調べるには望遠鏡による観測が必要になるが、含水鉱物や水氷の特徴的なフィーチャが現れる波長  $2.7 \mu m$  付近には地球大気の水蒸気による吸収帯があり、地上からの観測は非常に困難である。今までの地上観測はこの大気吸収の波長帯以外でしか行われていない。例えば、Takir & Emery (2012)では標高 4200 m のハワイ・マウナケア山頂の NASA/IRTF 望遠鏡を用いて小惑星約 30 個の分光サーベイ観測を行ったが、 $2.5\text{--}2.85 \mu m$  のデータが欠けており、それに基づいた解析では小惑星表面の含水鉱物の形態には迫っていなかった。

### 2. 研究の目的

2006 年に打ち上げられた日本の赤外線天文衛星「あかり」には、波長  $2\text{--}5 \mu m$  の分光機能が搭載されていた。「あかり」は 2011 年にその運用を終了しているが、膨大な観測データが取得されており、解析が待たれている状況であった。本研究ではこれまでに他分野の研究から蓄積されてきた「あかり」分光観測データの詳細解析に関するノウハウと太陽系小天体の解析技法を結集させて、「あかり」で観測された小惑星の近赤外線分光データの徹底解析を行い、地球大気の影響を受けない  $2\text{--}5 \mu m$  帯の小惑星のスペクトルカタログを完成させることを目的とした。

近赤外線の波長域に感度を持つ宇宙望遠鏡としては、1995 年打ち上げの赤外線宇宙天文台 (Infrared Space Observatory, ISO) や 2003 年打ち上げの Spitzer 宇宙望遠鏡が挙げられるが、 $2\text{--}5 \mu m$  の波長域において連続的かつ十分な精度で良質なスペクトルを取得できたのは「あかり」だけである。そのため「あかり」の近赤外線分光観測は、世界初のユニークなデータを提供できるものとして大きく期待された。

### 3. 研究の方法

本研究では、「あかり」による小惑星の分光観測データの徹底解析を行い、得られたスペクトルから小惑星の性質を明らかにする。

- (1) 「あかり」分光データの徹底解析を行い、小惑星の近赤外線スペクトルカタログを完成させる。
- (2) 隕石のスペクトルとの比較を行い、小惑星表層の構成物質の鉱物種の推定を行う。含水鉱物・水氷の吸収フィーチャに着目し、その吸収強度やピーク波長について詳細に検討する。

### 4. 研究成果

「あかり」近・中間赤外線カメラ (Infrared Camera, IRC) を用いて、2008 年 5 月から 2010 年 2 月にかけて小惑星 66 天体について分光観測が行われている。本研究では、これによって得られたスペクトルデータを詳細解析し、その結果、C 型小惑星 17 天体について、波長  $2.7 \mu m$  付近に含水鉱物に起因する顕著な吸収の特徴を発見した (図 1)。C 型小惑星は可視光では黒っぽく見える天体で、水や有機物に富むと考えられていたが、実際に多くの C 型小惑星に含水鉱物が含まれていることが、今回初めて明らかになった。観測された  $2.7 \mu m$  付近の吸収の深さは天体ごとに異なり、さらに  $3.1 \mu m$  付近に氷やアンモニア化合物など他の物質の特徴を示すもの、あるいは  $2.7 \mu m$  にも  $3.1 \mu m$  にも吸収を示さないもの、というように、スペクトルの特徴の現れ方にいくつかのパターンがあることもわかった。

このC型小惑星のスペクトルについてさらに詳細な検討を行ったところ、2.7  $\mu\text{m}$  付近の吸収がもっとも深くなるピーク波長と、吸収の深さとの間に明確な関係性が見いだされた(図2)。吸収の深さは含水鉱物の量、すなわち水を含む割合を示すと考えられる。これは、水質変成によって生成された含水鉱物が、何らかのエネルギーによって加熱されて、徐々に水を失っていく傾向(加熱脱水)を示すものだと考えられる。小惑星における加熱のエネルギー源としては、太陽からのプラズマ(太陽風)の影響、微小隕石の衝突、岩石中の放射性同位体の崩壊熱などが候補として考えられる。これまでに隕石の測定からこのような傾向が示唆されていたものの、実際の小惑星で確認されたのは初めてである。多くのC型小惑星のスペクトルが、図2に示されるような系統的な傾向を示すことから、小惑星から徐々に水が失われていくという加熱脱水作用は、C型小惑星において普遍的に起こる現象であると考えられる。本研究によって含水鉱物の存在が数多くのC型小惑星で確かめられたことから、C型小惑星は太陽系形成初期に岩石と氷が集まって作られた天体であり、その天体内部での化学反応によって含水鉱物が生成されており、さらに小惑星が形成されたのちに二次的な加熱を経験しているということが明らかになったと言える(図3)。

一方、岩石質のS型小惑星は、C型小惑星と異なり水を含まないと思われていた。本研究でも、観測したほとんどのS型小惑星には含水鉱物は検出されなかったものの、例外的にわずかな含水鉱物の兆候を示す天体がいくつか存在することが新たにわかった。このようなS型小惑星に発見されたわずかな水の兆候については、C型小惑星のようにその天体内部での水質変成で生成されたのではなく、含水鉱物を含んだ別の小惑星の衝突によってもたらされた外因的なものだと考えられる。現在でも小惑星同士の衝突はまれに起こっているが、太陽系形成初期には小惑星のような小さな天体の数は現在よりもっと多く、衝突現象はより頻繁だったと考えられる。地球も多くの小惑星との衝突を経験してきたであろうことから、地球に存在する水の少なくとも一部は、このような衝突によって小惑星からもたらされたことが想像される結果である。

本研究によって、これまで不明確であった小惑星における水の存在が明らかになり、さらに水の存在を手がかりにしてC型小惑星の進化の過程を示すことができた。今回観測された小惑星のスペクトルには、特徴の現れ方にいくつかのパターンがあることも発見された。その違いを引き起こす要因として、小惑星の大きさや太陽からの距離などが考えられるものの、これを解明するには、地球で採取される隕石の測定結果との詳細な比較を行うとともに、さらに多くの小惑星の観測を積み重ねることが必要である。それによって、地球の水の起源や太陽系の形成史をひもとくヒントが得られると期待される。日本の小惑星探査機「はやぶさ2」とアメリカの「オサイリス・レックス」(OSIRIS-REx)が、それぞれ小惑星リュウグウ(162173 Ryugu)とベヌー(101955 Bennu)の探査を行い、天体表層のサンプル回収が進行している。このような探査機による小惑星の「その場」観測では、地上の天文台や地球周回の宇宙望遠鏡では見ることのできない天体表面のクレーターや地形、表面物質の分布の地域差など非常に詳しく調べることができる。一方で、望遠鏡による多数の天体の網羅的な観測によって、探査機が詳しく調べた天体の性質が一般的なものな

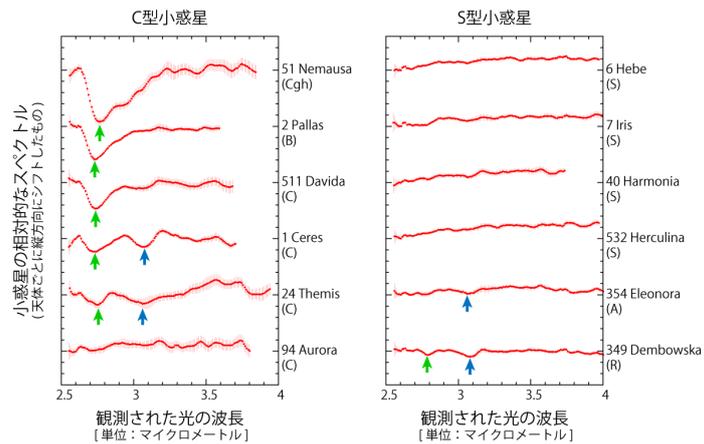


図1. 「あかり」で得られた小惑星の近赤外線反射スペクトル。C型小惑星とS型小惑星それぞれ6天体ずつの例を示す(Usui et al. 2019を改変)。2.7  $\mu\text{m}$  付近(緑矢印の位置)に含水鉱物に起因する吸収の特徴が見られる。3.1  $\mu\text{m}$  付近(青矢印の位置)には、氷やアンモニア化物など他の物質の存在の特徴が見られる。

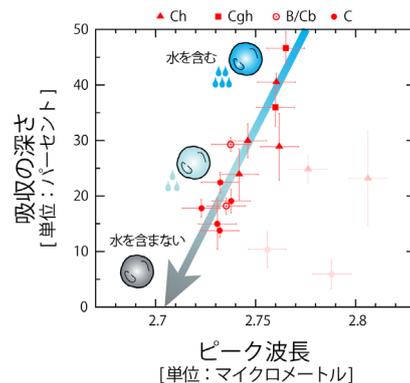
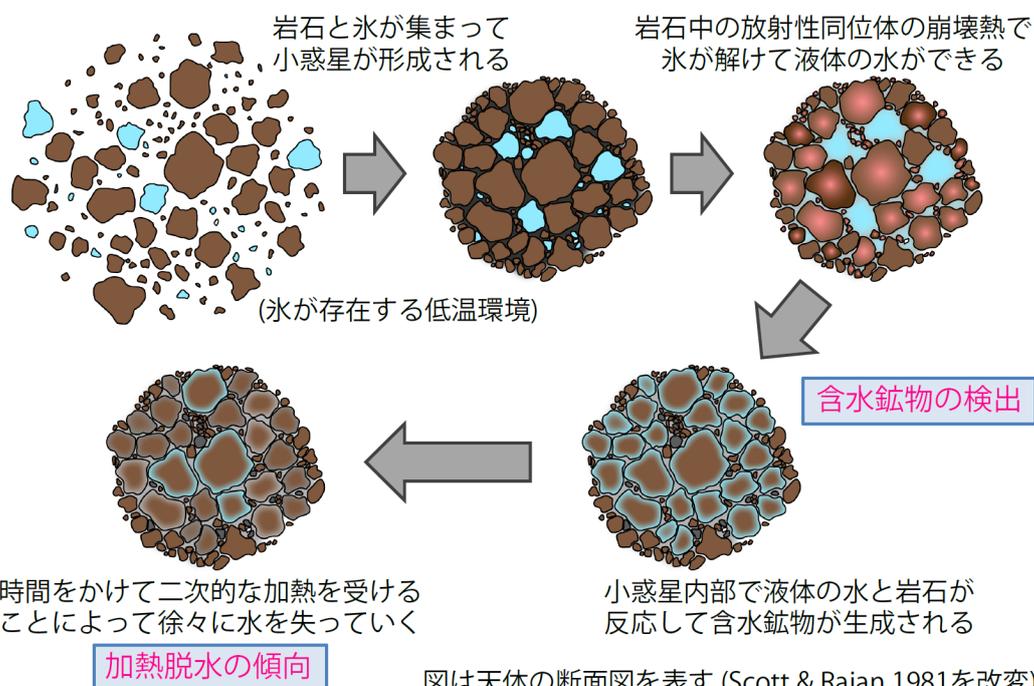


図2. C型小惑星の、2.7  $\mu\text{m}$  付近の吸収がもっとも深くなるピーク波長(図1の緑矢印の位置)と、吸収の深さの関係(Usui et al. 2019を改変)。マークの違いはC型小惑星の種類の違いを表す(Bus-DeMeoスペクトル分類による)。含水鉱物に起因する吸収が検出された17天体のうち13天体は矢印で示されるように右上から左下にかけて分布しており、小惑星が形成された後に経験した二次的な加熱(加熱脱水作用)の痕跡を反映したものと考えられる。

のか、あるいは例外的なのか、という太陽系の中での位置付けを示し、全体的な進化のシナリオを考えることができる。その意味で、小惑星探査と天文観測は相補的な関係にある。本研究の成果は、小惑星リュウグウやベヌーがどういった天体であるかを理解し、またこれらの探査によって得られるデータの価値を一層高めることのできる、きわめて重要な意味を持つものであると言える。

本研究による成果をまとめた論文(Usui et al. 2019)は、論文評価指標の1つである Altmetric に登録されている掲載誌(日本天文学会欧文研究報告)論文 746 編のうち 9 位(同時期に出版された論文の中では 1 位)という高スコアを記録している。また、研究成果は 2018 年 12 月 JAXA 東京事務所にて記者発表を行い、NHK ニュース「おはよう日本」をはじめ大手報道各社に掲載された。



図は天体の断面図を表す (Scott & Rajan 1981を改変)

図3. 本研究の成果から考えられる C 型小惑星の形成と進化の過程の概念図 (2018 年 12 月 17 日記者発表資料より)。C 型小惑星は水が氷として存在する太陽系の比較的遠方において、岩石と氷が凝集して形成された天体であり、形成後に放射性同位体の崩壊熱によって氷が融解し液体の水と岩石が一定の温度・圧力環境下で共存したことで水質変成が進行し含水鉱物が生成され、さらにその後時間をかけて二次的な加熱によって徐々に水を失った(加熱脱水作用)天体であると考えられる。本研究によって、数多くの C 型小惑星に含水鉱物が検出されたこと、および加熱脱水作用の傾向が見られたことから、この形成と進化の過程のシナリオを強固にサポートするものである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hasegawa Sunao, Hiroi Takahiro, Ohtsuka Katsuhito, Ishiguro Masateru, Kuroda Daisuke, Ito Takashi, Sasaki Sho	4. 巻 71
2. 論文標題 Q-type asteroids: Possibility of non-fresh weathered surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 103_1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psz088	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 Potin S., Beck P., Usui F., Bonal L., Vernazza P., Schmitt B.	4. 巻 348
2. 論文標題 Style and intensity of hydration among C-complex asteroids: A comparison to desiccated carbonaceous chondrites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 113826 ~ 113826
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.icarus.2020.113826	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 S. Hasegawa, et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 Physical properties of near-Earth asteroids with a low delta-v: Survey of target candidates for the Hayabusa2 mission	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114-1 ~ 29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psy119	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 Usui Fumihiko, Hasegawa Sunao, Ootsubo Takafumi, Onaka Takashi	4. 巻 71
2. 論文標題 AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey: AcuA-spec	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1-1 ~ 41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pasj/psy125	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 D. Kuroda, M. Ishiguro, M. Watanabe, S. Hasegawa, T. Sekiguchi, H. Naito, F. Usui, M. Imai, M. Sato and K. Kuramoto	4. 巻 611
2. 論文標題 Significantly high polarization degree of the very low-albedo asteroid (152679) 1998 KU2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A31 ~ A31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201732086	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 Hasegawa Sunao, Kuroda Daisuke, Yanagisawa Kenshi, Usui Fumihiko	4. 巻 69
2. 論文標題 Follow-up observations for the Asteroid Catalog using AKARI Spectroscopic Observations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 99(1~17)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1093/pasj/psx117">https://doi.org/10.1093/pasj/psx117</a>	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 Bach Yoonsoo P., Ishiguro Masateru, Usui Fumihiko	4. 巻 154
2. 論文標題 Thermal Modeling of Comet-like Objects from AKARI Observation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 202 ~ 202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3847/1538-3881/aa8dfe">https://doi.org/10.3847/1538-3881/aa8dfe</a>	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 Ali-Lagoa V., Mueller T. G., Usui F., Hasegawa S.	4. 巻 612
2. 論文標題 The AKARI IRC asteroid flux catalogue: updated diameters and albedos	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A85 ~ A85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1051/0004-6361/201731806">https://doi.org/10.1051/0004-6361/201731806</a>	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 Kuroda Daisuke, Ishiguro Masateru, Watanabe Makoto, Hasegawa Sunao, Sekiguchi Tomohiko, Naito Hiroyuki, Usui Fumihiko, Imai Masataka, Sato Mitsuteru, Kuramoto Kiyoshi	4. 巻 611
2. 論文標題 Significantly high polarization degree of the very low-albedo asteroid (152679) 1998 KU2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A31 ~ A31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1051/0004-6361/201732086">https://doi.org/10.1051/0004-6361/201732086</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, T. Ootsubo, and T. Onaka
2. 発表標題 AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey: AcuA-spec
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Hasegawa, D. Kuroda, K. Yanagisawa, and F. Usui
2. 発表標題 Follow-up observations for AKARI/IRC near-infrared asteroid spectroscopic survey (AcuA-spec)
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Potin, P. Beck, L. Bonal, F. Usui, P. Vernazza, and B. Schmitt
2. 発表標題 Investigation of the Hydration Features of Asteroids with Carbonaceous Chondrites: Experimental Analysis and Comparison with Astronomical Observations
3. 学会等名 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumihiko Usui
2. 発表標題 Search for Water on Asteroids with TAO/MIMIZUKU
3. 学会等名 Mid-infrared Astronomy --- Past 20 years & Future 20 years ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumihiko Usui, Sunao Hasegawa, Takafumi Ootsubo
2. 発表標題 Near-Infrared Asteroid Spectroscopic Survey with AKARI: Dehydration process of C-complex asteroids revealed by spectral features in 2.7 um band
3. 学会等名 EPSC-DPS Joint Meeting ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白井 文彦、長谷川 直、大坪 貴文
2. 発表標題 近赤外線分光観測による小惑星族母天体の内部構造探査計画
3. 学会等名 日本惑星科学会2019年秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川 直、廣井 孝弘、大塚 勝仁、石黒 正晃、黒田 大介、伊藤 孝士、佐々木 晶
2. 発表標題 Q型小惑星：風化した表層である可能性
3. 学会等名 日本惑星科学会2019年秋季講演会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, T. Ootsubo, K. Amano, and T. Nakamura
2 . 発表標題 Dehydration Process of C-Complex Asteroids Revealed Through Near-Infrared Spectroscopy
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 S. Hasegawa, T. Hiroi, K. Ohtsuka, M. Ishiguro, D. Kuroda, T. Ito, and S. Sasaki
2 . 発表標題 Q-type asteroids: Possibility of having non-fresh weathered surfaces
3 . 学会等名 51st Lunar and Planetary Science Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 白井 文彦、長谷川 直、大坪 貴文、塩谷 圭吾、宮田 隆志、上塚 貴史、高遠 徳尚、北里 宏平
2 . 発表標題 近赤外線分光観測による小惑星母天体の内部構造探査
3 . 学会等名 日本天文学会2020年春季年会
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Ootsubo, F. Usui, S. Hasegawa, T. G. Mueller, V. Ali-Lagoa, J. Pyo, A. Takahashi, D. Ishihara, S. Takaba, and H. Kawakita
2 . 発表標題 Comets, asteroids and interplanetary dust as seen in near- to far-infrared with AKARI
3 . 学会等名 42nd COSPAR Scientific Assembly ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Hasegawa, et al.
2. 発表標題 Spectroscopic, spectrophotometric, and periodic observations for low delta-v near-Earth asteroids
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, T. Ootsubo, and T. Nakamura
2. 発表標題 Toward an innovative asteroid mineralogy: comparative study of asteroid and meteorite spectra in the 3-micron band
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川直 他4名
2. 発表標題 はやぶさ2のバックアップ天体搜索の為の観測：近地球小惑星の物理特性
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 臼井文彦、長谷川直、大坪貴文
2. 発表標題 赤外線天文衛星「あかり」近赤外線分光観測による小惑星の含水鉱物探査
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 臼井 文彦、長谷川 直、大坪 貴文、中村 智樹
2. 発表標題 天文観測と隕石分析で探るC型小惑星の熱的進化過程
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼井 文彦
2. 発表標題 天文観測による小惑星の水関連物質探査
3. 学会等名 第62回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fumihiko Usui
2. 発表標題 AKARI Near-Infrared Asteroid Spectroscopic Survey
3. 学会等名 Thermal Models for Planetary Science III (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, T. Ootsubo, T. Onaka
2. 発表標題 Exploring Hydrated Minerals on Asteroids with AKARI
3. 学会等名 50th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, and T. Ootsubo
2. 発表標題 Near-infrared asteroid spectroscopic survey with AKARI
3. 学会等名 Asteroids, Comets, Meteors 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川直、黒田大介、柳澤顕史、白井文彦
2. 発表標題 Bus-DeMeo分類と物理観測から推定される小惑星表層組成: C,Cb,B型小惑星表層における水氷の存在の可能性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, and T. Ootsubo
2. 発表標題 Investigation of hydrated minerals on the main belt asteroids from the AKARI near-infrared spectroscopy
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 F. Usui
2. 発表標題 A Review of the Infrared Asteroid Survey with AKARI
3. 学会等名 From Lijiang to the Oort Cloud: International Workshop on Solar System Small Bodies Exploration (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 F. Usui, S. Hasegawa, T. Ootsubo, and T. Onaka
2. 発表標題 Search for Water on Asteroids with the AKARI Near-infrared Spectroscopy
3. 学会等名 The Cosmic Wheel and the Legacy of the AKARI archive: from galaxies and stars to planets and life (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>赤外線天文衛星「あかり」、小惑星に水を発見  <a href="http://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2018_12_17_01.html">http://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2018_12_17_01.html</a>          水を湛たたえた小惑星たち 「あかり」による小惑星の含水鉱物探査  <a href="http://www.isas.jaxa.jp/feature/forefront/190325.html">http://www.isas.jaxa.jp/feature/forefront/190325.html</a></p>
---

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	長谷川 直  (Hasegawa Sunao)  (10399553)	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・主任研究開発員    (82645)	