

推進5-1-5

# 「はやぶさ2」プロジェクトにおける 科学コミュニティとの連携と サイエンスの全体像について

2011年11月22日

宇宙航空研究開発機構

月・惑星探査プログラムグループ(JSPEC)

はやぶさ2プロジェクトチーム

吉川 真

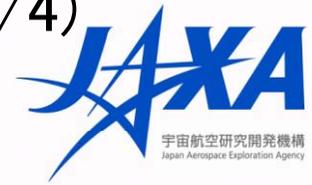
# 目次

1. はじめに
2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおける科学コミュニティとの連携
3. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるサイエンスの全体像
4. まとめ

# 1. はじめに

- 「はやぶさ2」がもたらす科学の成果を最大限とするため、「はやぶさ2」の検討が始まった2006年以降、様々な場で科学コミュニティへの情報発信と、議論を行ってきた。
- 前回(6月27日)の宇宙開発委員会推進部会以降も科学コミュニティとの議論を継続し、連携を深めている。
- 科学コミュニティとの議論の中で、小惑星サイエンスの全体像について議論を深め、その流れにおいて「はやぶさ2」が実施するサイエンスについて共有認識を深めた。
- 本資料では、それらの状況と、「はやぶさ2」プロジェクトにおけるサイエンスの全体像について説明する。
- なお、上記の活動と並行して、10月20日には宇宙理学委員会において「はやぶさ2」の報告を行い、宇宙理学委員会としてタスクフォースを立ち上げ、「はやぶさ2」のサイエンス部分についてサポートすることとなった。また、10月24日には宇宙工学委員会において「はやぶさ2」の状況を説明し、宇宙工学委員会との連携も深めていくことになった。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおける科学コミュニティとの連携 (1/4)



### 2.1 科学コミュニティへの情報発信と議論の経緯 (1/2)

---

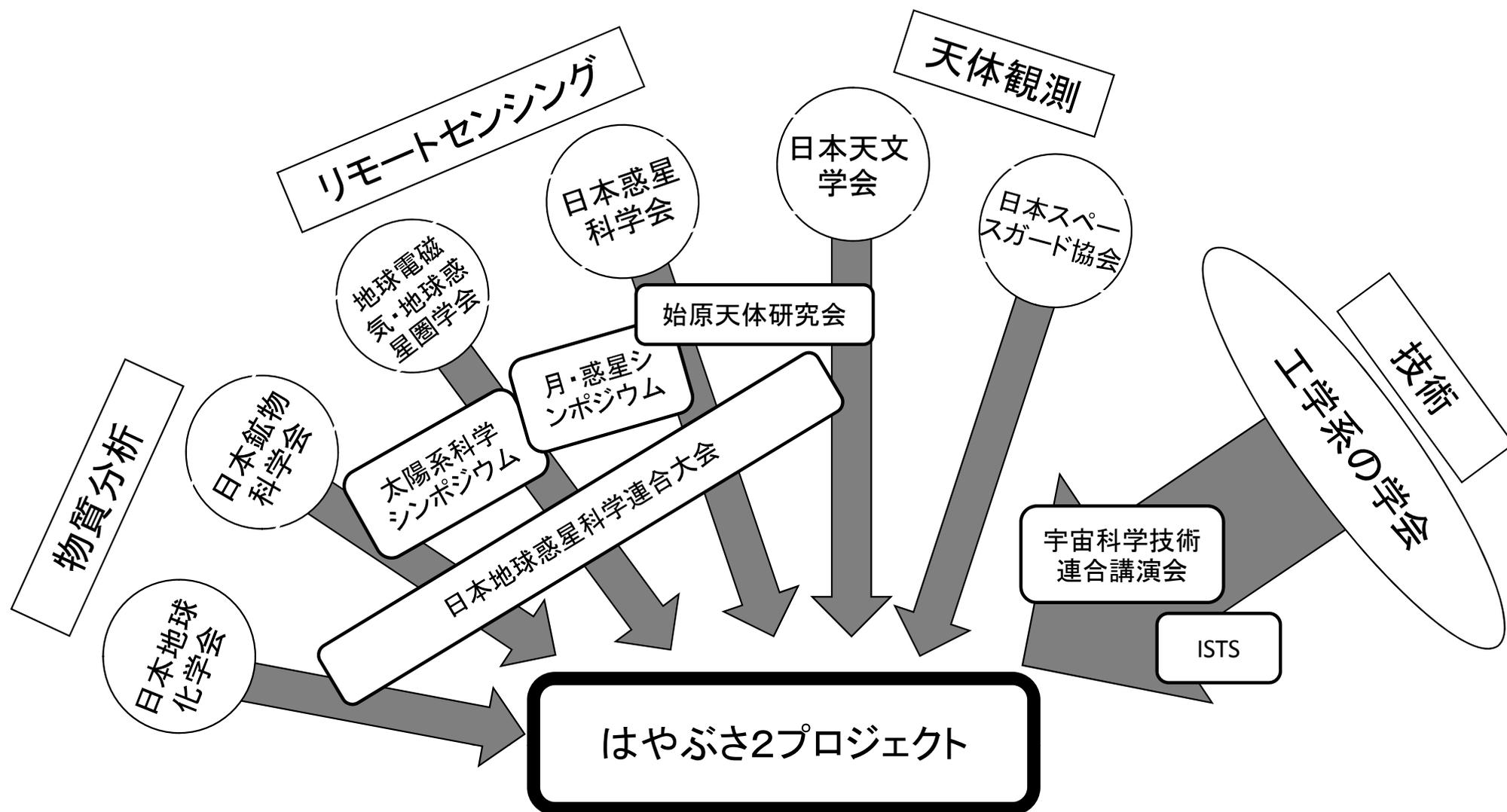
- 「はやぶさ2」の検討が始まった2006年以降、様々な場で科学コミュニティへ情報を発信し、議論を行ってきた。
- 情報発信・議論を行った主な会合は以下の通りである。また、「はやぶさ2」を取り巻く主な科学コミュニティについては次ページに示す。
  - 日本惑星科学会講演会
  - 日本天文学会年会
  - 宇宙科学技術連合講演会
  - 日本地球惑星科学連合大会
  - ISTS (International Symposium on Space Technology and Science)
  - 太陽系科学シンポジウム
  - 宇宙科学シンポジウム
  - その他、内外の関連する学会、研究会

「はやぶさ2」について報告・議論を行った主な会合(科学コミュニティ向け)を参考1に示す。また、「はやぶさ2」をサポートする学協会からの声明の一覧を参考2に示す。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおける科学コミュニティとの連携 (2/4)

### 2.1 科学コミュニティへの情報発信と議論の経緯 (2/2)

- 「はやぶさ2」を取り巻く主な科学コミュニティについて以下に示す。

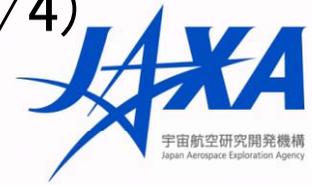


### 2.2 「はやぶさ2」から考えるサイエンス研究会 (1/2)

---

- 特に、日本惑星科学会と「はやぶさ2」プロジェクトでは、「はやぶさ2」のサイエンスの議論を深めるための研究会を共同で立ち上げ、サイエンスの議論を継続し、深化させている。
  - 研究会のコーディネーショングループは以下の通りである。  
渡邊誠一郎(名大・惑星科学会会長)、高木靖彦(愛知東邦大)、荒川政彦(神戸大)、小林直樹(JAXA)、荒井朋子(千葉工大)、橘省吾(東大)、上野宗孝(JAXA)、中村良介(産総研)、出村裕英(会津大)、安部正真(JAXA)、吉川真(JAXA・はやぶさ2プロマネ)
  - これまでの研究会の開催状況は以下の通りである。
    - 第1回:2010年11月30日(東大)
    - 第2回:2011年1月13日(東大)
    - 第3回:2011年4月6日(東大)
    - 第4回:2011年6月2日(JAXA相模原キャンパス)
    - 第5回:2011年8月2日(JAXA相模原キャンパス)
    - 第6回:2011年12月15日(神戸大):予定
- ※今後も継続して実施する予定である。

## 2. 「はやぶさ2」プロジェクトにおける科学コミュニティとの連携 (4/4)

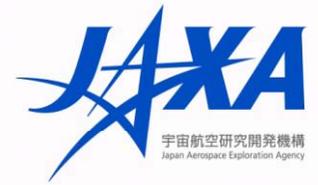


### 2.2 「はやぶさ2」から考えるサイエンス研究会 (2/2)

---

- 前回の推進部会以降、8月2日に、月惑星シンポジウムの特別セッションとして、「はやぶさ2」から考えるサイエンス研究会を実施し、小惑星サイエンスの全体像について、議論を深め、その流れにおける「はやぶさ2」が実施するサイエンスについて、共有認識を深めた。さらに12月15日に第6回の研究会を行い、議論を継続していくことになった。
- これまでの議論をまとめたものとして、以下に現在の小惑星サイエンスの全体像と、全体像の中での「はやぶさ2」のサイエンスについて紹介する。

### 3. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるサイエンスの全体像



#### 3.1 小惑星探査の科学的意義

---

小惑星は、太陽系天体の誕生から初期進化の過程の後、大きな熱変成作用を経験せずに現在に至っている天体である。このような天体を探査することで、“仮想天体”として提唱されている微惑星の形成とその進化過程についての情報を紐解き、微惑星・原始惑星の姿を解明することが小惑星探査の科学的意義である。このことは、「原始惑星系円盤～微惑星～小惑星のmissing piece」を明らかにすることなのである。

# 3. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるサイエンスの全体像

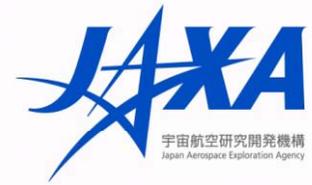
## 3.2 始原天体科学の全体像

### 太陽・小惑星・地球の歴史

小惑星に刻まれた  
初期太陽系内のイベントを紐解き、  
惑星形成過程を読み解く  
(構成物質、形成環境、物質循環、分化、変成)



## 3. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるサイエンスの全体像

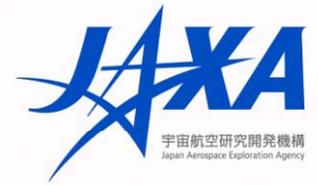


### 3.3 「はやぶさ」と「はやぶさ2」の違い

---

- 「はやぶさ」は、岩石物質主体のS型に分類される小惑星を探査した。リモートセンシングの観測により、小惑星が衝突破壊および再集積で形成されたことを明らかにした。持ち帰ったサンプルの分析からは、現在の小惑星の姿になる前の母天体のサイズや母天体内部での物質進化の状況が分かってきている。
- しかし、この母天体は仮想天体である微惑星ではなく、母天体以前の情報を残した物質の発見や研究は始まっておらず、さらに時間をさかのぼった研究を進めるには、岩石質主体のS型小惑星にはほとんど存在しない、低温凝縮物(水や有機物)の分析が必要である。
- 「はやぶさ2」では、炭素質物質主体と考えられているC型に分類される小惑星を探査する。リモートセンシングで小惑星の物質や物理状態を調査するだけでなく、水や有機物を含んだサンプルを持ち帰り、分析することで、「はやぶさ」では明らかにできなかった初期太陽系内のイベントを紐解き、惑星形成過程を読み解くことを目指す。

### 3. 「はやぶさ2」プロジェクトにおけるサイエンスの全体像



#### 3.4 「はやぶさ2」のサイエンスの整理

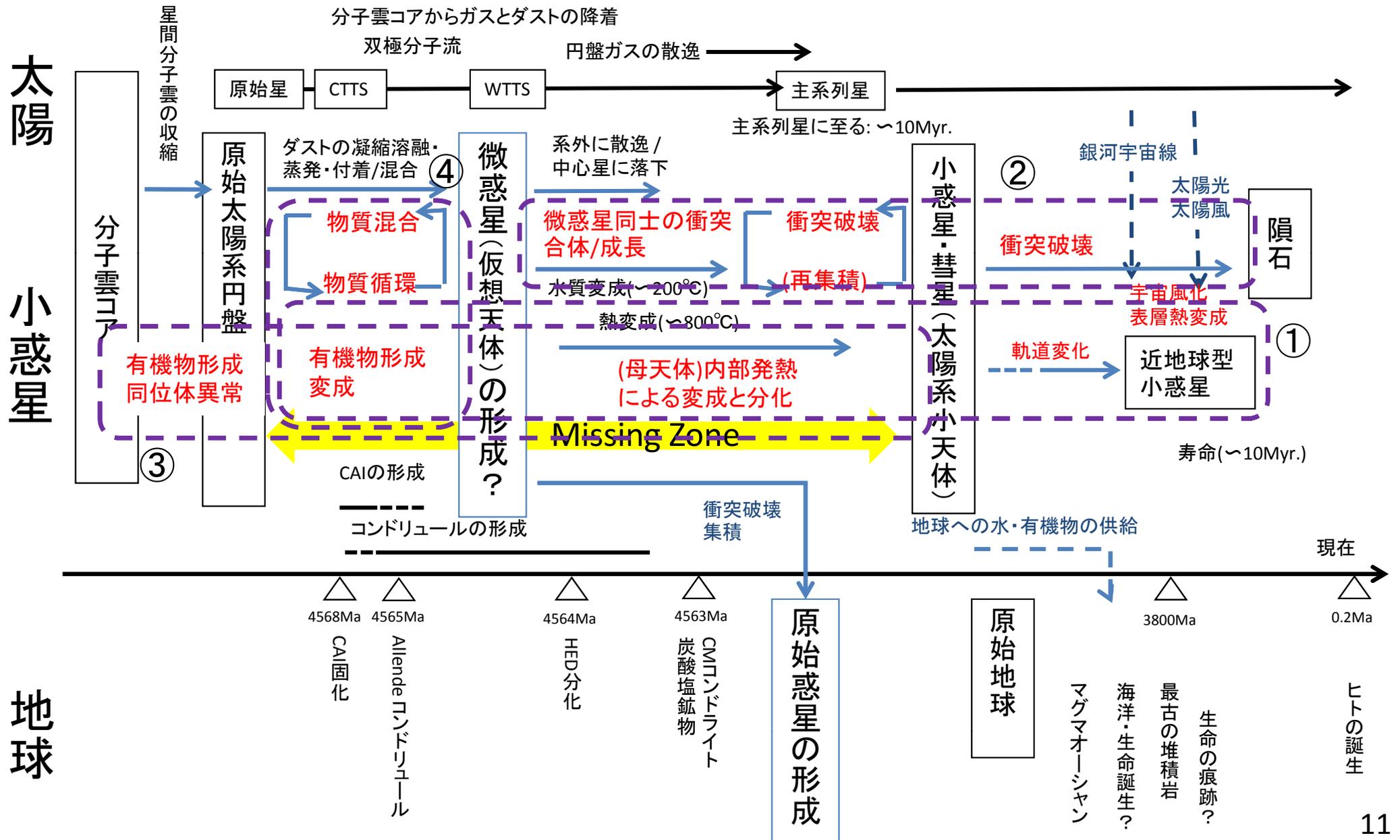
---

- ① 微惑星から小惑星に至るまでの熱変成とそれに伴う物質進化の紐解き
- ② 衝突破壊・合体のプロセスを含めた小天体物理進化の謎解き
- ③ 小惑星での鉱物・水・有機物相互作用による有機物複雑進化を探る
- ④ 原始太陽系円盤内での高温物質から揮発性物質までの物質混合・循環の解明

# 3.5 全体像の中の「はやぶさ2」のサイエンス

## 太陽・小惑星・地球の歴史

- ① 微惑星から小惑星に至るまでの熱変成とそれに伴う物質進化の紐解き
- ② 衝突破壊・合体のプロセスを含めた小天体物理進化の謎解き
- ③ 小惑星での鉱物・水・有機物相互作用による有機物複雑進化を探る
- ④ 原始太陽系円盤内での高温物質から揮発性物質までの物質混合・循環の解明



## 4. まとめ

---

- 「はやぶさ2」プロジェクトでは、「はやぶさ2」がもたらす科学の成果を最大限とするため、科学コミュニティへの情報発信と、議論を通して、科学コミュニティとの連携を深めてきた。
- 科学コミュニティとの議論の中で、小惑星サイエンスの全体像と、その流れにおいて「はやぶさ2」が実施するサイエンスについて共有認識を深めており、本資料にて説明した。
- 今後の開発フェーズや運用のフェーズにおいても、科学コミュニティとの連携を継続、強化することで、「はやぶさ2」がサイエンスの上でもより良い成果をもたらすように努めていく。

# 「はやぶさ2」について報告・議論を行った主な会合

NO	年月日	会合名	
1	2006.09.19	日本天文学会 2006年秋季年会(九州国際大)	
2	2006.10.05	Asteroid and Comet Interiors(Santa Cruz)	
3	2006.10.18	日本惑星科学会 秋季講演会(神戸大)	
4	2006.11.09	第50回宇宙科学技術連合講演会(北九州国際会議場)	
5	2007.01.24	第28回 太陽系科学シンポジウム(JAXA)	
6	2007.03.28	日本天文学会2007年春季年会(東海大学)	
7	2007.05.23	日本地球惑星科学連合2007年大会(幕張メッセ)	
8	2007.07.02	第2回宇宙ロボットフォーラム(日本科学未来館)	
9	2007.09.14	Low-Cost Planetary Missions (CalTech)	
10	2007.09.25	日本惑星科学会 秋季講演会(高知大学)	
11	2007.10.31	第51回宇宙科学技術連合講演会(札幌コンベンションセンター)	
12	2007.12.20	第29回太陽系科学シンポジウム(JAXA)	
13	2007.12.22	第4回始原天体研究会(国立天文台)	
14	2008.01.09	第8回宇宙科学シンポジウム(JAXA)	
15	2008.01.14	The First Meeting of The International Primitive Body Exploration Working Group(沖縄)	
16	2008.03.00	LPSC2008(Huston)	
17	2008.03.24	2008年春季天文学会年会(代々木)	
18	2008.05.28	日本地球惑星科学連合2008年大会-JAXAブリーフィング(幕張メッセ)	< 討論 >
19	2008.05.29	日本地球惑星科学連合2008年大会-小天体セッション(幕張メッセ)	
20	2008.06.03	26th ISTS(浜松)	
21	2008.06.13	37th COSPAR(パリ)	
22	2008.10.02	59th International Astronautical Congress(Glasgow)	
23	2008.11.02	日本惑星科学会 秋季講演会(九州大)	
24	2008.11.05	第52回 宇宙科学技術連合講演会(淡路島)	
25	2008.12.18	第30回 太陽系科学シンポジウム(JAXA)	

(議論の場を設けたものは< 討論 >と記載した。その他は通常の学会発表。)

# 「はやぶさ2」について報告・議論を行った主な会合（続き）

26	2009.01.06	第9回 宇宙科学シンポジウム(JAXA)	
27	2009.05.16	日本地球惑星科学連合2009年大会(幕張メッセ)	< 討論 >
28	2009.09.10	第53回宇宙科学技術連合講演会(京都大)	
29	2009.10.17	第2回CPS月惑星探査研究会(神戸大)	
30	2009.12.21	第2回スペースガード研究会(北大)	
31	2010.01.07	第10回宇宙科学シンポジウム(JAXA)	
32	2010.01.07	第10回宇宙科学シンポジウム(JAXA)	
33	2010.03.25	日本天文学会春季年会(広島大)	
34	2010.05.26	日本地球惑星科学連合2010年大会(幕張メッセ)	< 討論 >
35	2010.07.23	COSPAR 2010(Bremen)	
36	2010.08.04	第43回 月・惑星シンポジウム 特別セッション(JAXA)	
37	2010.09.10	月惑星探査緊急討論会—はやぶさの帰還を受けて—(神戸大)	< 討論 >
38	2010.09.23	日本鉱物科学会2010年年会(島根大)	
39	2010.10.08	惑星科学会2010年秋期講演会(名古屋大)	
40	2010.11.19	第54回 宇宙科学技術連合講演会(静岡)	
41	2010.12.25	計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(東北大)	
42	2011.01.06	第11回 宇宙科学シンポジウム(JAXA)	
43	2011.01.21	平成22年度 宇宙輸送シンポジウム(JAXA)	
44	2011.01.26	SBAG(Texas)	
45	2011.02.27	日本スペースガード協会第37回公開講演会(JAXA)	
46	2011.03.05	The importance of Solar System Sample Return Mission to the Future of Planetary Science (Texas)	
47	2011.03.14	The Second International Conference on the Exploration of Phobos and Deimos(NASA)	
48	2011.05.11	2011 IAA Planetary Defense Conference, Workshop on Future Small Bodies Missions: (Bucharest)	
49	2011.05.26	日本地球惑星科学連合2011年大会(幕張メッセ)	< 討論 >
50	2011.06.07	28th ISTS(沖縄)	
51	2011.08.23	International Primitive Body Exploration Working Group – IPEWG2011(CalTech)	

# 学協会関連からの声明・要望

## 「はやぶさ2」プロジェクトをサポートする声明

学協会	年・月・日	主要コメント
地球電磁気・地球惑星圏学会	2006年12月4日	とくに世界初のサンプルリターンへの再挑戦として“はやぶさ2”を遅滞なく計画され、実行されようとしていることは、国民の期待に応えるという意味からも重要なことです。
日本鉱物科学会	2008年10月15日	現在世界の最先端にいる我が国が、このアドバンテージを最大限活かして「はやぶさ2」によるサンプルリターンミッションを主体的・継続的に行っていくことが極めて重要なことだと思われます。
	2009年7月	内部構造探査として極めて意義深い。 太陽系の物質科学的な研究にとって新しい時代の幕開けとなる。
日本地球化学会	2008年10月28日	小惑星試料を実験室内で再び手にする機会を実現することにより、世界から尊敬される科学技術立国日本の推進を強く希望する。
	2009年7月7日	C型小惑星の実体が何であるか突き止めることは、・・・その実現は夢でもあります。 太陽系外の銀河空間にいたる銀河規模の起源をもつもの。
日本スペースガード協会	2008年11月3日	スペースガードの視点で、「はやぶさ」に続く「はやぶさ2」の計画は重要な鍵となる。
	2009年7月7日	その(=衝突回避)ための基礎実験を行うことができ、スペースガードとして、高く評価することができます。