

# 「はやぶさ2の現場から - 史上初のサンプルリターンへの挑戦 -」 ＜第0回＞「世界の最前線へ～『はやぶさ』と『はやぶさ2』～」

## 質問・回答集



回答者 第0回講師  
的川 泰宣 館長  
※一部科学館スタッフが回答

おしえて！  
的川館長！



### はやぶさ全般に関する質問

**的川先生、はやぶさ3の計画もあるのですか？**

**的川先生は「はやぶさ3」に関わる予定ですか？今わかっている「はやぶさ3」について教えてください。**

計画はありますが、承認は得ていません。はやぶさ初号機は岩だらけのところに行きました。はやぶさ2は水や有機物があるに違いないところに行ったわけですね。次は別の小惑星、たとえば金属ばかりできているところにするとか、色々な小惑星のタイプがあるので、別の小惑星に行きたいという計画を作っている人たちがいます。そういう計画もありますが、承認はいずれ受けるのかもしれない。これははやぶさ2のグループに聞けば非常に詳しいことを教えてくれると思いますから、第6回の津田プロジェクトマネージャに聞いてください。はやぶさ3ではお金が出ると思いますね。(的川先生)

**アメリカのオサイリスレックスのサンプルの取り方はたくさん取れそうだと思いますが、失敗するとやり直しができるのかな？と疑問に思っています。はやぶさ・はやぶさ2と、オサイリスレックスのサンプル採取のやり方の違いで良い所、心配な所を教えてください。**

オサイリスレックスは、チューブのようなものを伸ばして窒素ガスを吹き付けて、その勢いで舞い上がるものを

回収してくるというものです。弾丸発射方式は、弾丸を打ち込んだ時にどうしてもその部分の砂は温度が上がってしまい、サンプルを変質させる心配がありますが、窒素ガスを吹き付ける方式であれば変質が少ないまま回収できると思います。でも弾丸発射方式の方が大きなかけらをたくさん回収できる可能性がありますよね。そういう一長一短があるんだと思います。(的川先生)

**はやぶさとははやぶさ2のサンプラーホーンは同じように見えますが、改良されていたところがあれば教えてください。**

いちばん大きな違いは、はやぶさ2のサンプラーホーンは、先端に爪をつけて、いったんホーンの内部に入ると、もう外に出さないようにして、少しでもたくさんサンプルをとろうとしていること。(的川先生)

**はやぶさとははやぶさ2は、宇宙空間で、なにをしましたか？**

小惑星を調べて、小惑星の砂や石を地球に持ち帰ってくこと(サンプルリターン)をしました。(科学館スタッフ)

**はやぶさとははやぶさ2は、どんな星を研究していますか？**

はやぶさは初号機は小惑星イトカワを探索し、はやぶさ2は小惑星リュウグウを探索しました。(科学館スタッフ)  
<http://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/past/hayabusa.html>  
<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/mission/>

### はやぶさに関する質問

**はやぶさの命令は、どこから出ていますか？**

JAXA 宇宙科学研究所の管制室です。(科学館スタッフ)  
[https://twitter.com/haya2\\_jaxa/status/1149256788606238720](https://twitter.com/haya2_jaxa/status/1149256788606238720)

**どうしてはやぶさは、バウンドするのですか？**

地球に落ちたものが弾むという事はありますが、地球に落ちたものは地面から跳ねあがって飛んでいってしまうことはないですね。小惑星の場合も、落ちればものは弾みますが、弾んだら小惑星の重力を飛び出してしまうことがあります。物と物が衝突したら跳ね返りますよね、それと同じことが小惑星でも起きているということですね。(的川先生)

**何という星に着地したんですか？**

はやぶさ初号機は小惑星イトカワ、はやぶさ2は小惑星リュウグウに着陸しました。(科学館スタッフ)

**サンプラーホーンはあの形になるまでに他にどんな形を試しましたか？**

サンプラーホーンの形は、弾丸を発射ということが決めてからはあの形でしたが、その前にいろいろなことがありました。電気掃除機のようにしたらとか、シャベルがいいのではとか、UFOキャッチャーのようにすくったらいいのではとか、いろんな案が出ました。(的川先生)

**はやぶさは、2003年と2014年に打ち上げた。で、合っていますか？**

はやぶさ初号機は 2003年5月9日、はやぶさ2は2014年12月3日に打ち上げられました。(科学館スタッフ)

**やはりはやぶさは問題が多かったのですか？**

はやぶさ初号機で起きたトラブルについては、ぜひ第0回ご講演をご視聴ください。(科学館スタッフ)

**はやぶさで何をしますか？**

はやぶさ初号機は、近地球型とよばれる小惑星イトカワを探索しました。(科学館スタッフ)  
<http://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/past/hayabusa.html>

**オペレータとは何ですか？**

オペレータとは操作する人のことです。はやぶさでは、はやぶさの姿勢制御をつかさどるリアクションホイールが故障したため、はやぶさの動きや姿勢を手動でコントロールしていました。(科学館スタッフ)

**はやぶさはどのくらい燃料が漏れたのでしょうか？**

燃料ね、100%漏れたんですよ…。全部漏れたために、ガスジェットは一切使えなくなりました。ちなみに、故障を起こしたリアクションホイールは、日本では安くて性能のいいものがなかなか作れなかったの、アメリカ製です。それから燃料が漏れたバルブ、これもアメリカ製です…。(的川先生)

**リモートコントロールではどの程度の遅延があるのでしょうか？**

相手の星の位置によりますが、片道で17分かかりますから、返事が返ってきたら、そのまま2倍すると34分、向こうにちょっと考える時間があれば40分かかります。お月様だったら往復で2秒ちょっとでいきますから、あまり遅れはないんですけど。だから、オペレーションをやっている時は、それに慣れるのが大変だったと思います。でも、ボイジャーなんかは20時間くらい片道でかかるので、それに比べればまだ近い方だと思います。(的川先生)

**リアルタイム制御は無理なのでしょうか？**

無理です。光の速さというのがあるのでね。無理ですね。(的川先生)



## はやぶさに関する質問

### はやぶさが2回目でサンプル採取できたのはどう確認できたのでしょうか？

サンプラーホーンから弾丸が発射されませんでした。担当者は、小惑星のような弱い重力のところでは、降りたときの衝撃で舞い上がるものがあるはずだとのことでした。みんなちょっと半信半疑だった

けれども、おそらく取れているんだろうということで帰ってきました。でも帰ってきて蓋を開けたら見えなかったわけですね。でも、見えにくいくらいの大きさかもしれないという話があったので、調べてみたら千数百粒のすごく小さな粒があったということでした。(的川先生)



## はやぶさ2に関する質問

### 以前開催された「はやぶさ2は今いづこ」に参加しました。その時にスイングバイも利用してリュウグウに行くと聞きましたが、帰りはどのようにして地球に向かうのでしょうか？リュウグウを出発する時と、途中でするロケットエンジンとイオンエンジンの噴射のみで帰還できるのですか？

スイングバイを使うと燃料をそれほど使わなくても軌道変更ができます。ただし、帰りはリュウグウからイオンエンジンに基づいて制御していれば地球に戻ってこれるためスイングバイは全く必要ありません。スムーズに帰れるうまい軌道を見つけたということだと思いますね。(的川先生)

### はやぶさ2を作り上げるのにどのくらいの時間がかかったんですか？

はやぶさ2は2012年1月に認可されて、打ち上げたのが2014年12月3日ですから3年たらずですね。でも設計段階から数えればもっと長くかかっていますね。(的川先生)



### はやぶさに乗っている時、速さを感じますか？

はやぶさ2は科学探査が目的の探査機ですから、人間は乗っていないんですよ。でも地上の管制室で、常にスピードは分かっています。もし人間が乗っていたらどうでしょうか。まわりの物体がそんなに速くすれ違うわけではないから、実感としてはそんなに速いとは思わないのではないかと想像します。ISSの飛行士たちも、新幹線に乗っている方が「スピード感はある」と言っていますね。(的川先生)

### はやぶさ2を作るのにどのくらいかかりましたか？

探査機の値段はいろいろな計算方法があるから簡単には言えませんが、大雑把に言うと、1機160億円あまりです。質問が開発期間のことを訊いているのだったら、2012年1月に認可されて、打ち上げたのが2014年12月3日ですから3年たらずですね。でも設計段階から数えればもっと長くかかっていますね。(的川先生)

### はやぶさ2に人は乗れますか？

小さすぎてちょっと乗れませんね。目的が科学探査なので、その目的にあった動きができるように工夫すれば、その方がいっぱい仕事ができますね。人間が乗っていると、機械ができないこともできることがあるけど、その命を守るために冒険や活動のかたちに大きな制限がかかります。それでは思い切った探査ができないですね。(的川先生)

## どうやって電波を送っているのですか？

地球局からははやぶさ2に向かって指令を出すときは、地球上で命令の中身を作ってそれを電気信号に変え、地球上にある巨大アンテナの送信機からははやぶさ2めがけて狙いを定めて放ちます。それははやぶさ2のアンテナが受け止めます。逆にはやぶさ2は姿勢制御をして自分のアンテナを地球に向け、報告したい内容を搭載コンピューターが電気信号に変えて地球に向かって放ちます。それを受けた地上局の巨大アンテナの受信機から地上局の人々に情報が届き、それを読み解くという形でははやぶさ2と会話をします。(的川先生)

## はやぶさ2のミッションが順調なその要因は何でしょうか？

はやぶさ初号機よりも多少お金があったというのもあるでしょうけれども、はやぶさ2のチームというのは、はやぶさ初号機のことを大変よく勉強してくれて、はやぶさ初号機が残した教訓はことごとくマスターしていたと思いますね。はやぶさ2で初挑戦したミッションというのがありますが、大変立派なチームワークで乗り切っていたというふうに思います。一人一人の素晴らしさもさることながら、やっぱりチームワークがよかったと思いますね。第1回～第6回の講演の中でもしっかり味わってもらえたらと思いますね。(的川先生)

## はやぶさ2でもこれから問題が起こると思いますか？

油断はできないと思います。頼りはイオンエンジンですが、イオンエンジンが不調を起こしたらやっぱり厳しいですよ。イオンエンジンについては第5回で細田先生が話してくれますが、イオンエンジンがダメになったらもうアウトというのはプロジェクトマネージャも言っています。次に注目しているのは、おそらく再突入カプセルを出すときに、はやぶさ初号機より遠くから出すと思うんですが、うまく制御して放出されてスピンしながら地球に近づいてくるその工程です。そこが不安定ではカプセルが戻ってこないですね。(的川先生)

## はやぶさ2は、何センチくらいですか？

はやぶさ2プロジェクトHPをご覧くださいと、はやぶさ2の大きさが掲載されています。約1m×1.6m×1.25mです。センチメートルで表すと、約100cm×160cm×125cmですね。(科学館スタッフ)  
<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/mission/spacecraft/>

## はやぶさ2が光の速さだったら、どれくらいでリュウグウに到着するのですか？

地球から小惑星リュウグウまでの距離は約3億kmあります。光の速さは約30万km/秒(299792458m/s)のため、片道17分程度かかる計算になります。(科学館スタッフ)

## はやぶさ2はなぜリュウグウにいったんですか？

リュウグウはC型の小惑星ですが、太陽系が生まれた頃(今から約46億年前)の水や有機物が、今でも残されていると考えられています。地球の水はどこから来たのか、生命を構成する有機物はどこでできたのか。そのような疑問を解くのがはやぶさ2の目的です。(はやぶさ2プロジェクトHPより引用)(科学館スタッフ)  
<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/mission/>

## はやぶさ2の真ん中についている2つの丸いものは何ですか？

探査機と地球との通信に使うアンテナです。X帯とKa帯の電波を用いています。(科学館スタッフ)  
<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/mission/spacecraft/>

## 小惑星には、なにを落としました？

ターゲットマーカー、小型探査機(ミネルバ、マスコット)、サンプラーホーンから発射された弾丸、インパクトから発射された銅の塊(←落とすというより発射したのものもありますが)です。(科学館スタッフ)



### 何がきっかけで、宇宙が好きになったのですか？

特に宇宙が大好きというわけではなく、星は好きでしたけど。小さい頃、瀬戸内海のほとりで生まれたので釣りが好きだったから、ボートを浮かべながら海釣りにずいぶん行きましたから星は大好きでしたけど、宇宙をやるって気持ちは大学に入るまであまりありませんでした。でも、専門課程に進む2年生の秋に、自分の生きていた時代が、宇宙を地球の人たちみんな目指しているような錯覚ではないけれども、ガガーリンが飛んだというのもあり、スプートニクが飛んで、ガガーリンが飛んでという思い出を考えると、宇宙に人類が進んでいく時代に自分が生きていくような感覚があって、宇宙をやるという気持ちになりました。だから、宇宙マニアではありませんでした。(的川先生)

### 小学生の時にどのような勉強をしていましたか？どのようなことをしていると良いですか？

勉強した記憶あまりないですね…すみません。でも一番勉強したのは遊びの時だと思いますね。遊んでいる時に、人間って一番勉強するんだと今でも思いますけどね。小学生にどんな勉強をしたらいいですかって聞かれたら、いや、いっぱい遊んでくださいって。宇宙飛行士になるためにはどんな訓練したらいいですかって聞かれたら、いや宇宙飛行士になるためにいっぱい遊んでくださいって私はいつも言います。宇宙飛行士に限らず研究者でもそうですけれども、なんかいろいろなアイデア出したり少々のことではへこたれない人たちというのは、間違いなく小さいときにいっぱい遊んでいる人です。そういう人が色々な経験の中で答えの見つからないものに出会いながらたくましくなっていくんだと思いますので、あまりがりがりやらないで、いろんなことから自分の学んでいるのやってみようと思います。(的川先生)

### 的川先生は、最後の写真の時泣きましたか？

いや、あの映画の俳優さんは泣いてましたけど、私は泣いてないですね。(的川先生)

### 館長は、もう一度はやぶさを打ち上げたいですか

うーん。漁業交渉を思い出すともう嫌だなとも思いますが…でも、7年間で感じた興奮は、私自身が携わった人工衛星が30基ぐらいありますが、その中では一番最初に打ち上げに成功した「おおすみ」と、ハレー彗星の探査機2基と、「はやぶさ」は大体同じくらいの興奮度でした。非常に興奮したのを覚えています。もう1回経験できるなら、もうちょっと冷静にできるのかなという感じもするので、できれば経験してみたいですね。(的川先生)

### 的川館長は、最近は何を勉強していますか？

宇宙のこともひきつづき勉強していますが、宇宙のことをやっていた時にはやりたくてもできなかったことがいっぱいあって、それをやっています。その中には、言葉の勉強とか、人間や生き物の歴史とか、社会の仕組みとか、いろいろありますね。いちばん関心があるのは、人類がどうすれば幸せになれるのかということ。自分のこれまでの生き方には、いっぱい反省することがあって、それも見つめながらいろいろと考えることが多いです。(的川先生)

### 科学館に行けば館長にお会いできますか？

運が良ければ、ですかね。コロナウイルスの影響でなかなか足を運べない人もいると思いますが、科学館にはいろんなおにいさん、おねえさん、ボランティアの人たちがいっぱいいます。ボランティアの人たちは、これまでいろんなお仕事をされてきて、自分の経歴を生かして非常に立派な仕事をやっていただいています。そういった人たちにも会いにぜひ科学館に来てください。遊ぶこともできますし、勉強することもできますからね。(的川先生)

### 的川館長が一番いいと思う宇宙映画は？

2001年宇宙の旅 (的川先生)

### いろいろ大変なこともあると思いますが、それでも続けてこれたのはなぜですか？

これも人によって違うと思いますが、学問が本当に好きで、あることをするためにはどんな苦労も惜しくないというタイプの人もいますよね。でも研究者の中には、一緒にみんなでやっているうちに励まし励まされて元気が出てくるタイプの人もいます。宇宙に関して私が感じるのは、プロジェクトというものの魅力です。目標をみんなで決めて、それに向かって努力を続けていくことの楽しさや素晴らしさというのは、言葉に尽くせないものがあります。個人戦での優勝のときの喜びと10人くらいのチームでの優勝のときの喜びとは全くレベルが違います。10倍どころではないですよ。そういう、みんなである目標を定めて、みんなで苦しいことも乗り越えながら努力していくということの魅力が、おそらく団体戦の大きな魅力になっていて、科学の世界も技術の世界も、それが最も大きな「続けられる動機」じゃないかと私は思います。そういう団体戦の最も大事なものが、国づくりとか、世界の政治とかそういうものですよ。だからいい地球をつくっていく、みんなで住みやすい社会をつくっていくというのは、人間が持っている団体戦の最も規模が大きいものなので、今コロナ禍の中ですけど、みんなで助け合いながら頑張っていきたいと思いますね。(的川先生)

### 館長はどうして科学館を作ったのですか？

作ったのは横浜市の人たちです。私は途中から参加しただけです。ただし、これまでになかったような科学館をみんなで苦労しながら作って、学校の先生たちや子どもたちや科学者の人たちと協力しながら、大いに未来の社会づくりに役立つようにしたいと思っています。(的川先生)

### 科学館の魅力は何ですか？

学校や科学の現場と連携しながら、学校ではできない事柄を工夫して子どもたちと楽しむこと。自然は魅力にあふれているから、すべての子どもたちが自然を好きになってくれる大きなきっかけづくりができるのかなと思っています。日本にある数百の科学館が協力しながら、そのような雰囲気づくりの「広場」になれるよう頑張りたいですね。(的川先生)

### はやぶさの打ち上げが一番大変だったことは？

人によって違うんだろうと思いますが、やっぱりお金がないことなんじゃないでしょうかねえ。お金がないってのは大変苦労が多いんです。でもその中から得たものというのは大変大きいとは思いますが。まあ、私が一番大変だったのは何かというと、ロケットを打ち上げるために漁業者の方たちと交渉しなければいけなかったことですかね。ロケットの一段目が海に落ちるときに、漁業を止めてもらう必要があったんですが、はやぶさを打ち上げた時期というのが実はマグロがものすごく獲れる時期だったんです。鹿児島、宮崎、大分、高知、愛媛の5つの県の県漁連の方たちに、許可をもらうためには何とか交渉して。まあ許可をもらったんですけど、漁師さんたちと交渉するって結構大変なんです。漁師さんはお酒が強いんだよね。で、カラオケが好きなんですよ。2週間ずっと仕事で飲んだりカラオケで歌ったりっていうのは結構大変なことですよ。で、帰ってきたら糖尿になっていたんです…。(的川先生)

### はやぶさが出発してから帰ってくるまでの中で何が一番うれしかったですか？

嬉しかったのはやっぱり帰って来たときでしょうね。数々の困難を乗り越えた後の成功というのは何にも増して嬉しいですよ。打ち上げたときには、所長としての最後の探査機ということでそれぐらいの感じだったんですよ。まさかこんなことになるとは思わなかったんですよ。だからその落差は大きいかもしれませんね。(的川先生)

### 釣りと宇宙、つながりを感じることはありますか？

いつも感じています。釣りに限らず、生きているということは宇宙に生きていることだという実感がありますね。(的川先生)

### 的川館長は宇宙人はいると思いますか？

こんなにたくさん星があるし、そのほとんどの星のまわりに惑星があることも分かってきましたね。宇宙人がいることは確実だと思っています。ただし、われわれ地球人が他の星から来た人たちに会えるかどうかは分かりませんが。(的川先生)

## はやぶさに関する宇宙の質問

### どうして遠くの惑星に炭素があるかもしれないってわかるんですか？

惑星からやってくる光を波長によって分けて（分光して）分析すると、どのような成分を含んでいるかが大体はわかります。あんなに遠くにある物体がどんな成分を含んでいるかを認識する「分光技術」というのはすごいですね。分光技術は、18世紀から19世紀にかけて確立してきた方法ですが、光が電磁波の一種で、電波やX線などと親戚関係にあることが分かった19世紀以降は、こうした電磁波の発生や吸収を測定して自然現象を研究する方法を、広く「分光法」と呼ぶようになっていきます。（的川先生）

### ペンシルロケットは、どんなことをしましたか？1955.4.12のです。

1955年4月に29基のペンシルロケットを打ちました。ただし横に向かって水平飛行させたんですね。その当時、日本には立派なレーダーがなかったため、横に打ってロケットの飛び方を調べるといって、世界でも初めてのユニークなアイデアで実験しました。飛び方を調べるロケットだったため観測する機器は一切乗せていませんでしたが、ロケットの飛び方はほとんどこのペンシルロケットで調べることができたと、29基全部成功して大変いいデータが取れたということでした。（的川先生）

### ペンシルロケットはどのような大きさだったのですか？

長さ23cm、直径1.8cmで重さが200gです。文字通りのえんぴつよりは大きいですが、お土産屋さんにあるような大きなえんぴつみたいな感じですね。（的川先生）



## その他 宇宙に関する質問

### 流れ星がすぐに消えてしまうのは何故ですか？

宇宙から地球大気に突入した物体は非常に高速なので、空気と触れ合うことで「空力加熱」という現象（よく言われている空気との摩擦とはちょっと違うのですが）を受けて高温になり、さらに空気の抵抗を受けて高い圧力がかかるのでどんどん壊れながら溶けていきます。ほとんどの成分は空気中で消滅してしまいますが、溶けきれないで地上まで達するものもあります。これが「隕石」ですね。（的川先生）

### 重力って地球のどこまであるんですか？

原理としてはどこまでもあります。ただし、地球から100万キロくらいまで遠ざかると、太陽の重力のほうに圧倒的に大きくなって、探査機に与える影響は小さくなってしまいます。遠くに行けば行くほど小さくなっていくから、実際にはあまり関係なくなるのですが、でも確かに細々と遠くまで重力はありつづけます。（的川先生）

### 流れ星はどうして速いの？

流れ星は太陽系の空間を飛んでいる天体やチリが、地球が太陽を回る軌道と交わって地球大気に飛び込んできたものです。いわば天体やチリと大気との衝突事件なんですね。お互いに太陽を高速で回っているもの同士がぶつかるので、衝突のスピードはすごく速くなってしまいます。（的川先生）



## その他の質問

### にんげんのじだいがおわったら、なんのじだいになるの？

私も知りたいですね。でもやはり他の生き物と仲良く助け合いながら長く人類が生き続けるといいですね。とはいっても将来にはいずれ人類も最期を迎えるときが来るでしょう。どんな原因で最期を迎えたとしても、確実に生き残るのは小さな生き物たちでしょうね。恐竜が減った6500～6600万年前ごろ、人類の先祖の哺乳類は小さな生き物だったらいいですね。恐竜が怖いから夜だけコンコン外に這い出して餌をあさっていたらいいけど、恐竜たち大きな生き物がなくなったために大威張りで屋間から堂々と活動し始めたみたいですよ。人間は、小さな生き物や植物たちも大事にしながら、一緒に長く生き続けるといいですね。（的川先生）

### 今年のJAXAの特別公開はあるのでしょうか？

わかりません。インターネットで「JAXA 一般公開」とお調べいただくと、JAXA 各施設の最新情報がわかるはずですよ。（科学館スタッフ）

## 科学館に関する質問

### 科学館にある隕石はどのくらい大きさですか？

5F 展示フロアに500kg 隕石、9kg 隕石があります。（科学館スタッフ）

### 今開いてる？

6月1日より段階的に開館をしております。ご入館の際のお願いや現在休止中の展示物等、詳細は科学館HPをご覧ください。（科学館スタッフ）  
<https://www.yokohama-kagakukan.jp/news/detail/24/>



## ここまでご覧いただきありがとうございました。

こちらの質問・回答集は、2020年6月13日に配信したトークイベント「新型コロナウイルスに負けない！ はまぎんキッズ・サイエンス YouTube トークイベント Vol.7 「はやぶさ2の現場から - 史上初のサンプルリターンへの挑戦 -」 <第0回> 「世界の最前線へ～『はやぶさ』と『はやぶさ2』～」の配信時、事前質問受付にて寄せられた質問をもとに作成しております。

気になることがあったら、本や、はやぶさ2プロジェクトのホームページなどでどんどん調べてみよう！



参考：「はやぶさ2」プロジェクトウェブサイト  
URL：<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/>

過去の配信はこちらからご覧ください。  
（科学館公式HP イベントページ）

