

# 「はやぶさ」の残した光

2010年6月13日22時52分(JST)ごろ、南オーストラリアの砂漠の夜。西の空に小さな光点が現れ、分裂しながら数回にわたり爆発的に輝いた。小惑星探査機「はやぶさ」が大気圏に再突入し燃え尽きた最期の時、イトカワの物質を運んできた帰還カプセルは星空にパラシュートを開いた。日本中が「はやぶさ」に声援を送った喪失と歓喜の夜から1年、「はやぶさ」の成果と7年の旅を、もう一度振り返ることにしよう。



1 「はやぶさ」の7年の軌跡 — 20  
打ち上げから帰還までの60億kmの旅程  
構成／星ナビ編集部+大川拓也

2 「はやぶさ」からの贈り物 — 38  
太陽系のタイムカプセルを手に入れた  
解説／安部正真（宇宙科学研究所 固体惑星科学研究所）

3 C型小惑星に向かう「はやぶさ2」 — 46  
動き出した「はやぶさ」後継ミッション  
解説／吉川 真（宇宙科学研究所「はやぶさ2」プロジェクトマネージャー）

4 燃え上がる「はやぶさ」 — 114  
史上最も愛された国民的探査機  
構成／星ナビ編集部

5 「はやぶさ」が残してくれたもの — 124  
2館のプラネタリウム上映から始まった渾身の映像詩  
独白／上坂浩光（「HAYABUSA - BACK TO THE EARTH -」監督）

小惑星イトカワに88万人の名前を届け、  
数々の世界初の工学実験と科学探査を成し遂げて  
日本中に感動と勇気をもたらした不屈のミッション「はやぶさ」。  
旅立ちから飛翔、イトカワへの接近、着陸、離脱。  
たびかさなるトラブルを乗り越えて、地球へ帰還した  
その遙かなる7年の旅程を追う。

# 1 「はやぶさ」の 7年の軌跡

写真・資料提供／宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部（JAXA・ISAS）  
イラスト／池下章裕、MEF、JAXA・ISAS CGイラスト／有限会社ライブ 構成／編集部＋大川拓也

## 打ち上げから帰還までの60億kmの旅程

2003年5月9日13時29分、鹿児島県内之浦の鹿児島宇宙空間観測所（現・内之浦宇宙空間観測所）からM-Vロケット5号機で打ち上げられた「はやぶさ」は、2010年6月13日22時52分過ぎに地球大気圏に再突入して燃え尽きた。その間約7年。総旅程60億kmの長い道程だった。

## 第1章

## 星の王子様に会いに行く遙かな旅の始まり

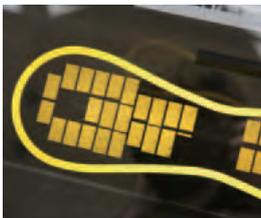
## 新生JAXAを祝うM-V起死回生の一発

2003年5月9日、鹿児島宇宙空間観測所（現・内之浦宇宙空間観測所）。天候は晴れ、東の風2.5m/秒。MUSES-C探査機を載せたM-V（ミュウ・ファイブ）5号機は、13時29分25秒、ランチャ設定上下角80.8°、方位角90.2°で発射された。第1段ならびに第2段の飛翔は正常で、発射205秒後に第3段モーターに点火、第3段の飛翔も正常で、発射350秒後に第4段が分離された。探査機MUSES-Cは予定通りの惑星間軌道に投入され、太陽電池パドルの展開、サンプラーホーンの伸展、太陽捕捉など一連のシーケンスが予定通り行われた。

軌道に乗ったMUSES-Cの国際標識は2003-019Aとなり、「はやぶさ」と命名された。小惑星にタッチダウンし、サンプルを採取する様が、獲物を狩るハヤブサを連想させるというのが命名理由である。タッチダウンする直前に探査機から小惑星の表面に投下されるボール状のターゲットマーカを包む薄膜には、日本惑星協会が事前に呼びかけた「星の王子様に会いに行きませんかミリオンキャンペーン」で集まった88万人の名前が刻まれていた。星の王子様の絵に出てくるような、小さいながらも地面のある天体へ、多くの人の夢を乗せて旅立った第一歩となったのだ。

1970年、L-45ロケットによって日本初の人工衛星「おおすみ」の打ち上げに成功して以来、科学衛星打ち上げ用に開発されたMロケットシリーズは、過去25年間にわたって改良を重ねてきた。M-Vロケットは直径2.5m、全長は30.8m、質量は約140トンで地球低軌道に1.8トンの衛星を打ち上げることができる。M-V5号機までの打ち上げでは、1機ごとに少しずつ改良を加えてきており、特に2000年2月に、X線天文観測衛星ASTRO-Eを載せた4号機の打ち上げに失敗した後は、原因となったノズル内部の材質を全段にわたって変更し、第2段のモーターケース材質を金属からカーボン・カーボン複合材にして性能を向上させるなど、大がかりな改修が行われた。

この打ち上げ成功によって、M-Vロケットはその基本性能の



0189 Kristoffer Kanoho Maria  
0190 Christian M. Jones Andre  
0191 Kenneth Baker Aleksei Z  
0192 Michelle O'Healy Jim Da  
0193 Jeremy Bradney Matt Nov  
0194 徳永 啓一 徳永 典子 程  
0195 LAND PATRICIO LAND LARA  
0196 Alex Cruz DAPHNE CRUZ  
0197 東 悟 東 壮一郎 東 徳  
0198 Gregory Myra Denise Myr

## 「はやぶさ」に託された88万人の署名

2個投下されたターゲットマーカの2個目は、世界149か国877490人の名前が裏面にエッチングで印字された署名入りで、2005年11月20日朝、無事イトカワに着地した。写真左はターゲットマーカの模型で、表面を覆うアルミの薄膜は、野球のボールのように2枚のヒョウタン形に展開できる（写真左上）。



高さが実証的に確認され、4号機の失敗を見事に乗り越えて起死回生の雪辱を果たした。これが同年10月、3機関統合によるJAXA発足を目前に控えた、旧宇宙科学研究所による最後のロケット打ち上げとなった。M-V 5号機の打ち上げ成功は、単に「はやぶさ」の軌道投入というだけでなく、日本の宇宙科学研究の輝かしい未来への道標となる一発だったのである。

## 地球⇒イトカワ⇒地球 「はやぶさ」7年の旅程

2003年	
5月9日	内之浦宇宙空間観測所より打ち上げ「はやぶさ」と命名
2004年	
5月19日	地球スウィングバイによる加速に成功
2005年	
7月	リアクションホイール1台目故障
9月12日	小惑星イトカワに到着。科学観測を開始
10月	リアクションホイール2台目故障
11月4・9・12日	リハーサル降下試験実施
11月20日	1回目のタッチダウン ターゲットマーカの投下に成功
11月26日	2回目のタッチダウンに成功 サンプル採取の成否は不明 イトカワ離脱後燃料漏洩、姿勢を崩す
12月14日	帰還の延期を余儀なくされ 2010年帰還計画を発表
12月9日	通信途絶
2006年	
1月26日	「はやぶさ」と地上との通信が一部復活
3月6日	3か月ぶりに正確な位置と速度を計測
6月	太陽光の圧力を利用した姿勢制御
2007年	
1月18日	故障したバッテリーを使っの カプセルのフタ閉め運用を実施
4月	帰還に向け第1期軌道変換開始（～同年10月）
2009年	
2月	第2期軌道変換開始
11月4日	中和器が故障、全イオンエンジンが停止 再起動に至らず
11月19日	2基のイオンエンジンによる 「クロス運転」に成功 帰還再開
2010年	
3月27日	帰還に向けた軌道変換完了 イオンエンジンの連続運転終了
4月16日	オーストラリア政府からの着陸許可を得て、 大気圏再突入に向けた軌道修正が始まる
6月9日	再突入に向けた軌道修正を完了
6月13日	大気圏再突入、地球帰還

## 第2章 「はやぶさ」の目標天体＝小惑星イトカワはNEO

### 小惑星25143番 Itokawa (イトカワ)

太陽系を構成する主な天体は、太陽、惑星や惑星の周りをまわる衛星、太陽系空間を旅する彗星、惑星に成長しきれなかった、あるいは破片のような小惑星たちだ。小惑星は、太陽系の歴史の中でさまざまな作用を受けて変化し続けている惑星とは異なり、太陽系が形成されてから間もない頃の情報を現在まで保存していると考えられている。小惑星を探査することは、惑星形成の謎を解く上で重要な手がかりを与えてくれるわけだ。

現在、小惑星として登録されている天体は20万個以上あり、観測技術の向上によりその数はさらに増え続けている。現在発見されている小惑星の大半は、太陽との平均距離が2～3.5AU (AU＝天文単位、1AUは太陽－地球間の平均距離)である。そこは火星軌道と木星軌道の間の小惑星帯(メインベルト)と呼ばれる領域で、太陽を中心とした、火星と木星の間にある幅の広いリングのように広がっている。

しかし、小惑星の中には、火星軌道よりもずっと内側にまで入り込んでくる軌道を持つものも存在する。特に地球軌道に近くものは、地球接近天体(Near Earth Objects)と呼ばれている。「はやぶさ」が探査した小惑星25143番 Itokawa (イトカワ)も、NEOのひとつである。イトカワは、1998年9月26日に、NEOの探索を目的とした米MITリンカーン研究所のLINEAR(リニア)プロジェクトで1998 SF36として発見された。小惑星イトカワの名は、半世紀前にペンシルロケットで日本の宇宙開発を切り拓いた故・糸川英夫博士(右写真)にちなんでいる。

イトカワのサイズはこれまで探査機が調べたどんな小惑星よりも小さい。小さいということは重力も弱く、それ故に惑星探査とはまた違った探査計画の難しさもある。自転周期は約12時間、ほぼ地球軌道と火星軌道の間の楕円軌道を約1.5年周期で公転していることはわかっていたが、「はやぶさ」がその姿を撮影するまでは、地上からのレーダー観測でその輪郭がおぼろげながらとらえられていたに過ぎず、表面状態に関する確実な情報は事前にはほとんど何もわかっていなかった。小さな小惑星の世界は、「はやぶさ」以前は想像の世界だったのである。さらに人類は未だ、小惑星の物質を直接採取したことがなかった。

### 小惑星は太陽系生成時のタイムカプセル

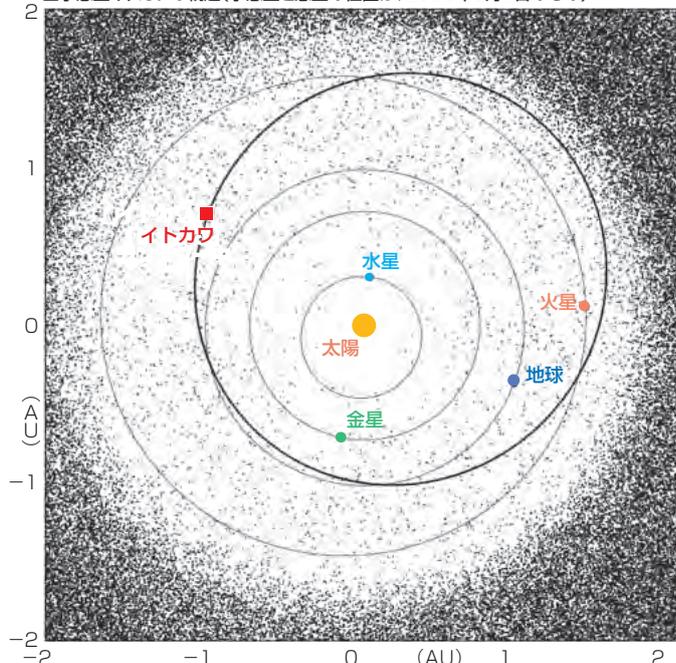
小惑星の詳細な探査とともに、ほんのひとつかけらでも、小惑星のサンプルを地球に持ち帰ることができれば、それを詳しく分析することができる。「はやぶさ」の小惑星サンプルリターン計画は、そうしたアイデアから生まれ、実現に至ったのである。

さらにサンプルリターンは、イトカワというひとつの小惑星についての知見をもたらすだけにとどまらない。これまで謎の多かった、地球に落ちてきた隕石と、隕石の起源天体と考えられている小惑星との関係を明らかにするものとしても期待されていた。

小惑星は、そのスペクトルから大まかにC型、S型、M型に分類される。C型は小惑星の75%以上を占め、反射率が低く黒っぽい。S型は小惑星の約16%で、反射率が高く比較的明るい。残りのほとんどがM型で、ニッケルと鉄のみからなる明るい小惑星だ。この分類ではイトカワはS型である。地球に落ちてきた隕石の起源はほとんどすべて小惑星であるとされており、最もありふれた存在である石質隕石はS型小惑星の破片ではないかとも考えられているが、こうした隕石との対応を探ることも、イトカワ探査の目指すところだった。

また、小惑星の中には、明らかに固体の岩石と金属からなる密度3～5g/cm<sup>3</sup>の重いタイプと、破片が集まってできた比較的軽い小さな密度のタイプがある。イトカワ(～2.3g/cm<sup>3</sup>)は後者の例だ。こうした分類上の特徴、そして探査から得られたデータは、太陽系の歴史について何を物語るのか。ケイ酸塩や鉄の豊富な小惑星は、過去に大きな天体にまで成長し、一度融けてマントルと鉄の核に分かれた原始惑星が、その後の天体衝突によって小さな破片になったものかもしれない。イトカワにはその当時の情報が保存されているに違いない。

■小惑星イトカワの軌道(小惑星と惑星の位置は、2005年9月1日のもの)



この図にはイトカワ以外的小惑星もプロットされているが、イトカワが火星と木星の間にある小惑星のメインベルトから大きく内側に入り込むNEOのひとつであることがわかる。太い線で描かれているのがイトカワの軌道で、公転周期は1.52年。軌道面は地球の軌道面に対し、わずかに約1.6度傾いているが、地球や火星の軌道とほとんど交差するといってもよく、現在の軌道上にイトカワがあると、計算上約100万年に一度の確率で地球に衝突することわかっている。(図版提供/吉川 真)



**ベスタ**

578×560×458km  
2011年夏 探査機ドーンが接近観測予定

**ケレス (準惑星)**

975×909km  
未探査



**アイダ**

(243) Ida  
59.8×25.4×18.6 km  
S型  
右下は衛星ダクティル  
(1.2×1.4×1.6km)  
1994年 木星探査機  
「ガリレオ」が接近



**マチルダ**

(253) Mathilde  
66×48×46km  
C型 非常に暗い  
1997年 「ニア・シューメーカー」 探査機が接近

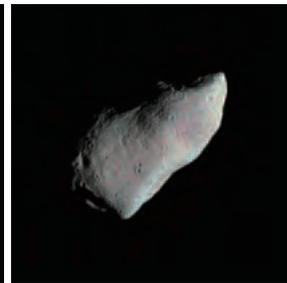
**これまでに探査機  
が訪れた小惑星**

(全てほぼ同縮尺で掲載)

**エロス**

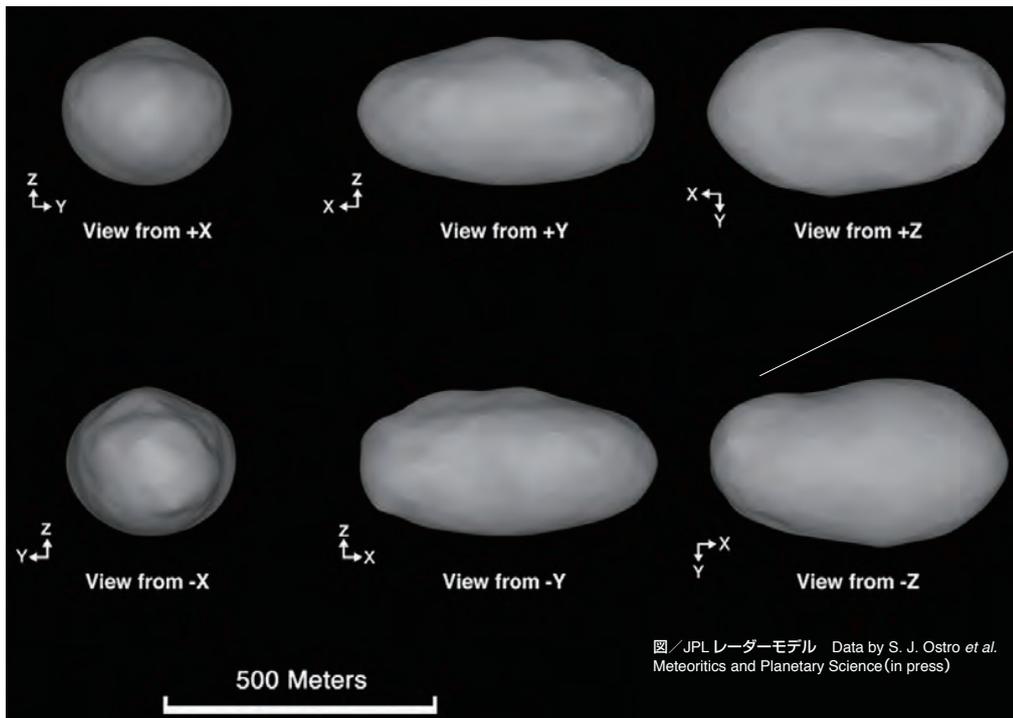
(433) Eros  
33×13×13km  
S型

2001年 「ニア・シューメーカー」 探査機が着地



**ガスプラ**

(951) Gaspra  
18.2×10.4×9.4km  
S型  
1992年 木星探査機  
「ガリレオ」が接近



**イトカワ**

(25143) Itokawa  
0.54×0.27×0.21km  
S型  
2005年 「はやぶさ」 が着地

**「はやぶさ」探査以前に  
知られていたイトカワの姿**

NASA・JPLのS. Ostro氏らのグループによって、中米プエルトリコにあるアレシボ天文台の大型電波望遠鏡を使って行われたレーダー観測結果。電波をイトカワに向けて発射し、戻ってくる電波の時間のずれなどを利用して、実際のイトカワの形を調べた。イトカワは球形ではなく、いびつであることがわかった。

図/JPL レーダーモデル Data by S. J. Ostro et al.  
Meteoritics and Planetary Science (in press)

# 第3章 小惑星サンプルリターンを目指す野心的探査機

## 先進の宇宙工学技術を実証する実験機

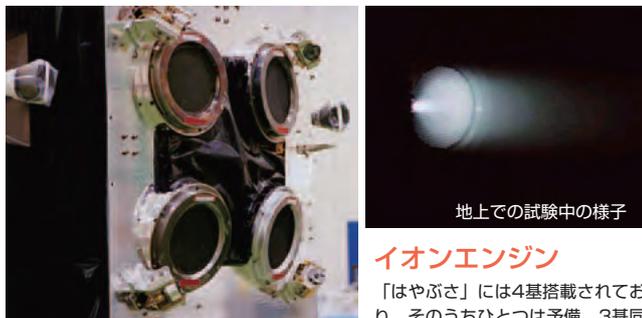
2005年秋は、小惑星に到達した「はやぶさ」のニュースに注目が集まった。しかし「はやぶさ」の果敢なるチャレンジは、20年以上前から始まっていたのだ。

ハレー彗星の回帰が話題になっていた1985年、当時の宇宙科学研究所（現JAXA宇宙科学研究所）で小惑星サンプルリターン小研究会が開かれた。研究会は小惑星ランデブーの検討を進め、1986年には小惑星1943番アンテロスのサンプルリターンが構想された。1990年には工学実験衛星MUSES（ミューゼス）の3つの提案（金星エントリ気球、月面ローバ、小惑星ランデブー）のひとつに挙げられ、1995年にはMUSES-C計画として予算の概算要求をしている。かくしてMUSES-Cプロジェクトは、小惑星1989 MLをターゲットとして、1996年4月に6年計画としてスタートした。

ところが2000年にはM-Vロケットの事情で打ち上げ延期、目標の小惑星が1998 SF36（のちにイトカワと命名）に変更された。そして2002年には、打ち上げの再延期。検討を始めた小研究会から小惑星到着まで、すでに20年以上が経過した。

その間にNASAは、探査機「ニア・シューメーカー」で小惑星との初ランデブー、探査機「ディープスペース1」ではイオンエンジンの実証を果たし、探査機「スターダスト」では彗星のダストを採取して地球に帰還させた。いずれも「はやぶさ」よりも早い実現だが、これらはどれも「はやぶさ」が掲げてきた目標であり、NASAは後からこれらを立ち上げて計画に組み入れたのである。日本は決して他国の模倣により探査機を開発してきたわけではなく、早くから小惑星ランデブー、サンプルリターン、イオンエンジンなど、本格的な惑星探査技術を実現する道を、着々と歩んでいたのだ。

「はやぶさ（MUSES-C）」ミッションの目的は、太陽系小天体のサンプルを採取して地球に持ち帰るために必要なさまざまな



地上での試験中の様子

### イオンエンジン

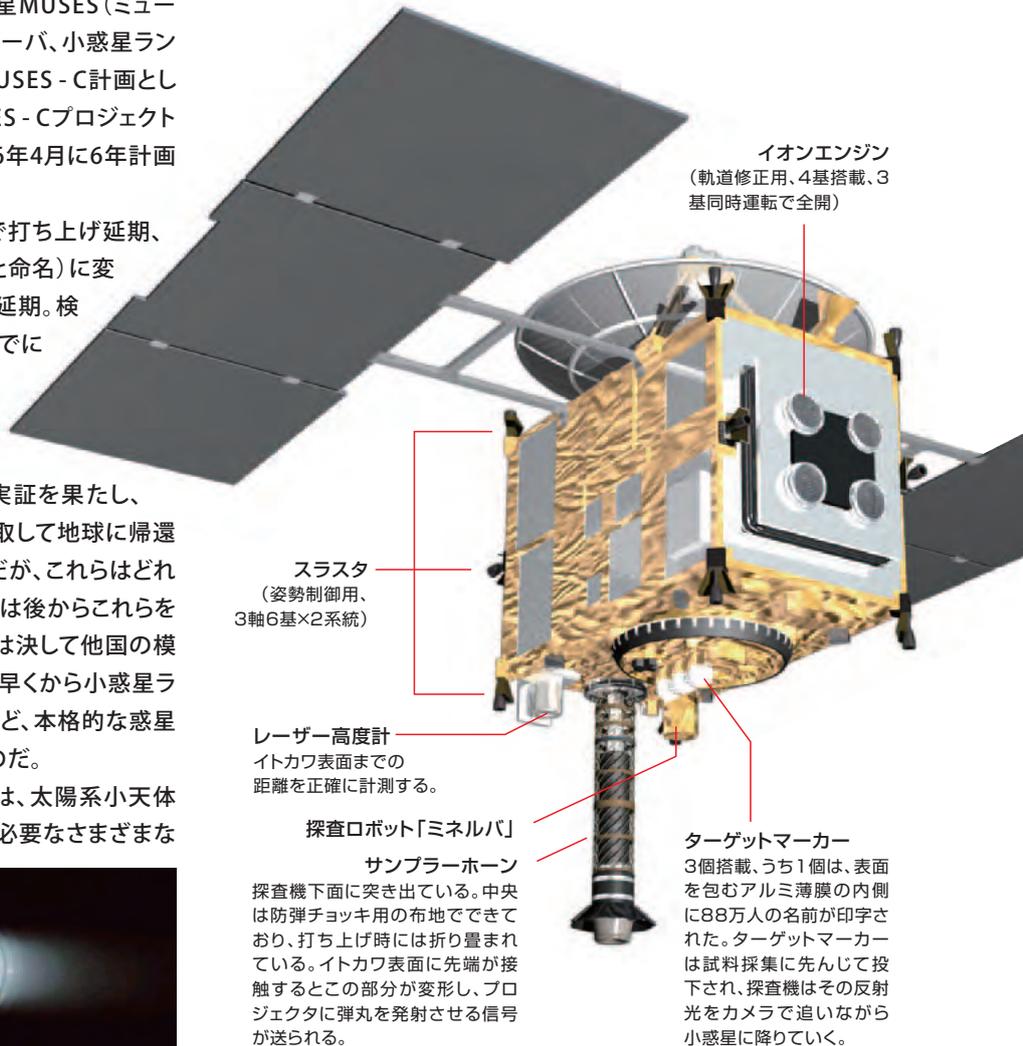
「はやぶさ」には4基搭載されており、そのうちひとつは予備、3基同時作動で全開となる。燃料を燃やしてガスを噴出する化学エンジンとは原理的に異なり、マイクロ波を当ててイオン化した物質（キセノンを使用）を電磁的に加速して噴射することでその反作用で推進力を得る方式。小さい推力で長時間作動させることによって、大きな速度変化を実現できる。円形の金網状の電極の脇にマイナスイオンを出す中和器がある。イオンエンジンは本来軌道修正用だが、緊急時には中和器からキセノンを噴き出して姿勢制御を行うという想定外の運用も行われた。

宇宙工学技術を、地上ではなく軌道上でテストすること。

技術的課題は大きく分けて4点。それぞれが決して簡単には成し遂げ得ない内容だった。

## 「はやぶさ」の4つのチャレンジ

その第1は抜群の燃費を誇る新開発のイオンエンジンを実際に稼動して、太陽系探査の将来計画にも使える技術であることを実証すること。イオンエンジンは推力は小さいが、燃料を節約できる電気推進エンジンの一つである。このエンジンで探査機



イオンエンジン  
(軌道修正用、4基搭載、3基同時運転で全開)

スラスタ  
(姿勢制御用、3軸6基×2系統)

レーザー高度計  
イトカワ表面までの距離を正確に計測する。

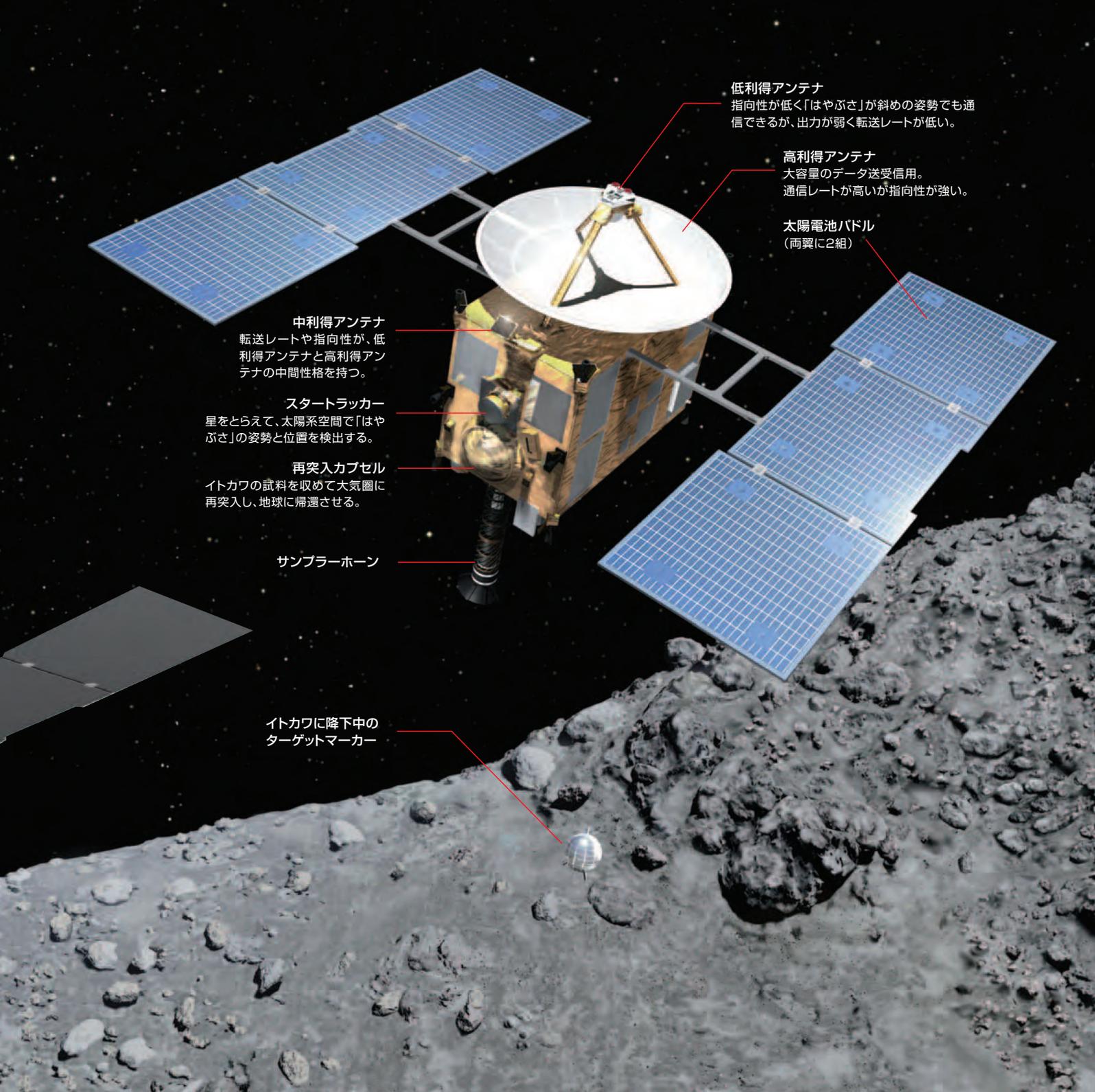
探査ロボット「ミネルバ」

サンプラーホーン  
探査機下面に突き出ている。中央は防弾チョッキ用の布地でできており、打ち上げ時には折り畳まれている。イトカワ表面に先端が接触するとこの部分が変形し、プロジェクタに弾丸を発射させる信号が送られる。

ターゲットマーカー  
3個搭載、うち1個は、表面を包むアルミ薄膜の内側に88万人の名前が印字された。ターゲットマーカーは試料採集に先んじて投下され、探査機はその反射光をカメラで追いつながら小惑星に降りていく。

を徐々に加速して遠くまで運ぶことが本当にできるということをし、3台同時稼動、長時間連続稼動、地球スウィングバイを実際に行った「はやぶさ」が身をもって実証した。

第2は、高度な自律型の探査だ。小惑星に降りるとき、地球と探査機の距離は3億km、電波は往復30分以上もかかってしまい、地上からの指令で探査することは現実的でない。そこで「はやぶさ」は、自らの判断をたよりに小惑星への降下を実現でき



**低利得アンテナ**  
指向性が低く「はやぶさ」が斜めの姿勢でも通信できるが、出力が弱く転送レートが低い。

**高利得アンテナ**  
大容量のデータ送受信用。  
通信レートが高いが指向性が強い。

**太陽電池パドル**  
(両翼に2組)

**中利得アンテナ**  
転送レートや指向性が、低利得アンテナと高利得アンテナの中間性格を持つ。

**スタートラッカー**  
星をとらえて、太陽系空間で「はやぶさ」の姿勢と位置を検出する。

**再突入カプセル**  
イトカワの試料を収めて大気圏に再突入し、地球に帰還させる。

**サンブラーホーン**

**イトカワに降下中のターゲットマーカー**

るように設計された。実際のリハーサル降下、試料採取時にも、イトカワ表面に対する探査機の傾斜や近づく速度を監視、姿勢制御を自律的に行い、障害を察知したときには自らの判断で危険を回避するモードに入った。

第3は、独創的な方法を採用したサンプル採取の実施。小惑星の表面に弾丸(プロジェタイル)を高速で撃ち込み、舞い上がった破片をカプセルに収納するという世界初の試みの成否

が注目を集めた。小惑星表面の微小重力下で、サンプルを回収するために考えられた方法だ。

そして第4は、惑星間空間から直接地球に帰還させる技術の確立だ。探査機から試料の入ったカプセルを放出し、大気圏再突入の後、パラシュートで降下させるという方法だ。

「はやぶさ」はこれらの新技术を、約510kgのコンパクトな機体に凝縮した挑戦的な仕様となっていた。

第4章

# 惑星間飛行技術を実証したイオンエンジン

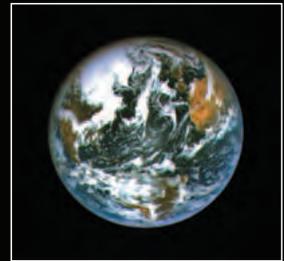
## 先進の宇宙工学技術を実証する実験機

地球接近天体 (NEO) へは、ちょうどよいタイミングで打ち上げれば、比較的少ない燃料でたどり着くことができる。「はやぶさ」はNEOのひとつである小惑星イトカワ(1998 SF36)をターゲットの天体として、少ない燃料で到達できるコースを採用し、推力が小さいエンジンでも長期間にわたり連続的に稼働させれば、軌道計画はやや複雑にはなるものの、惑星間飛行が十分に可能であるということを証明した。また、「はやぶさ」のイオンエンジンのような高い効率の推進機関を利用すれば、ターゲットの天体に着いてからも、サンプルの収集など高度な探査や実験を行うことが可能であることも実証的に示した。

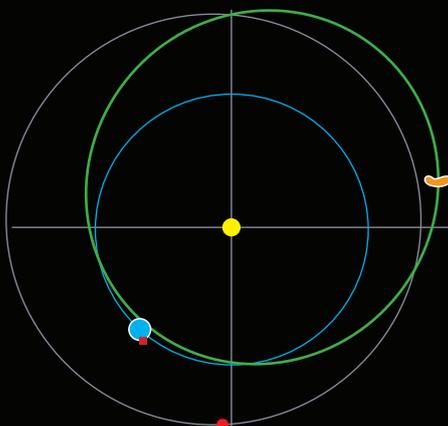
「はやぶさ」は2003年5月9日の打ち上げ後、イオンエンジン

を使ってゆっくりと加速し、約1年後の2004年5月19日に地球スウィングバイに成功した。地球スウィングバイとは、地球の重力を利用して、探査機の軌道の方向や速度を大きく変更する技術のことだ。

「はやぶさ」は、19日15時22分(日本時間)に地球に高度約3700kmまで接近し、スウィングバイによって太陽周回軌道から小惑星へ向かう軌道へと移った。イオンエンジンによる加速を地球スウィングバイと組み合わせて用いるのは、構想、実施の両面で世界初の技術実証であった。

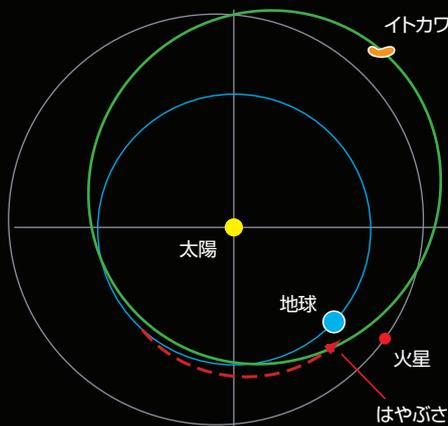


「はやぶさ」がとらえた地球。スウィングバイ前の2004年5月18日22時(日本時間)、29万5000kmの高度より撮影。



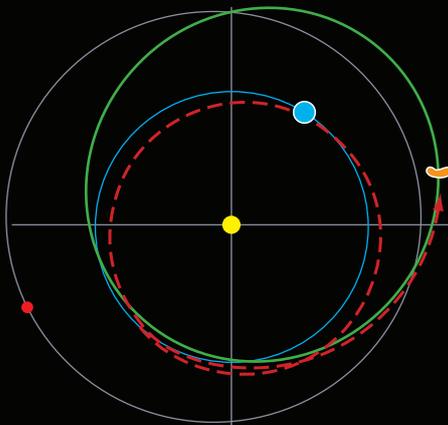
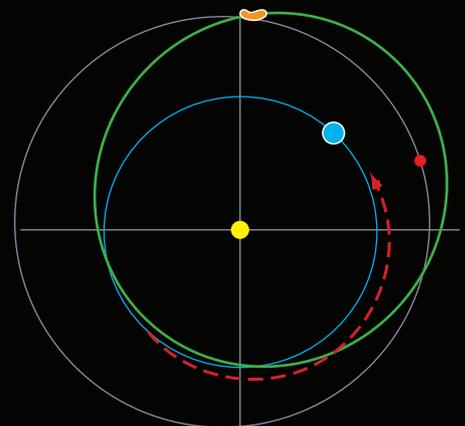
### 2003年5月9日打ち上げ

MUSES-C探査機は2003年5月9日13時29分25秒、鹿児島宇宙空間観測所よりM-V5号機で打ち上げられ、「はやぶさ」と命名された。ここからイトカワへの約2年半の長い旅路が始まった。



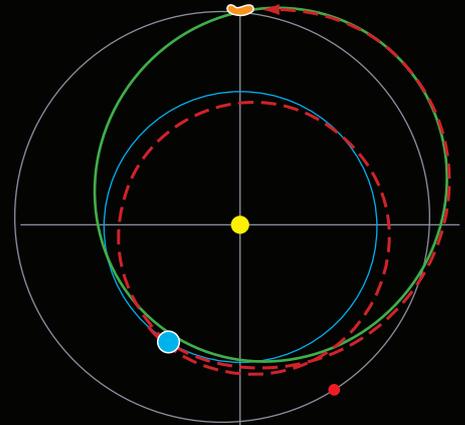
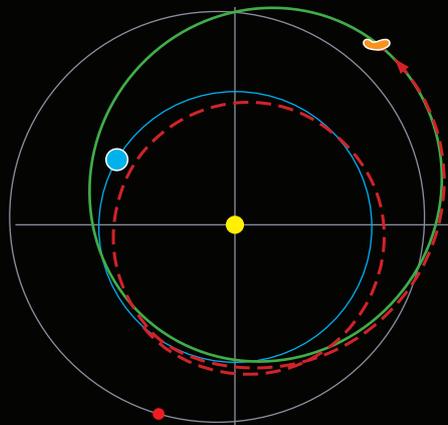
### 地球を離れ、3基のイオンエンジンで順調に加速

2003年5月27日にイオンエンジンに初めて火を入れ、6月25日には3基のエンジンを同時に作動させて順調に加速を開始。1日あたり秒速約4mずつの増速が行われた。9月1日から12日にかけて3基のエンジンそれぞれの作動時間が1000時間に到達、2003年末には延べ8000時間を突破した。11月末には史上最大規模の太陽フレアも経験したがこれを乗り越えた。図は打ち上げから3か月ごとの位置。



### イオンエンジン稼働2万時間超、小惑星イトカワへ向かう

地球スウィングバイを順調に終えた後、再びイオンエンジン2基に火を入れ、以降到着まで2基、1基、2基、3基と切り替えられた。イオンエンジンの延べ作動時間は2004年12月9日には2万時間を突破。2005年2月18日には、その軌道において最も太陽から遠ざかる点である「遠日点」を通過した。この時の太陽から探査機までの距離は1.7AUで、イオンエンジンを搭載した探査機としては、世界で最も太陽から遠方に到達した。図はスウィングバイから3か月ごとの位置。

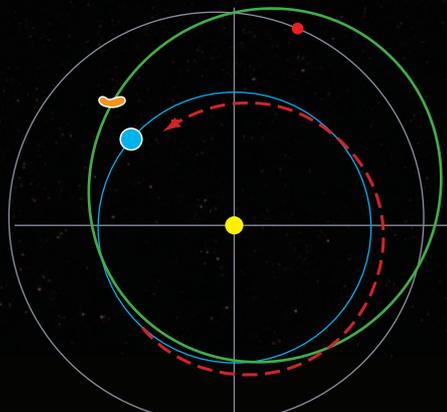


### 2005年夏、イトカワに接近

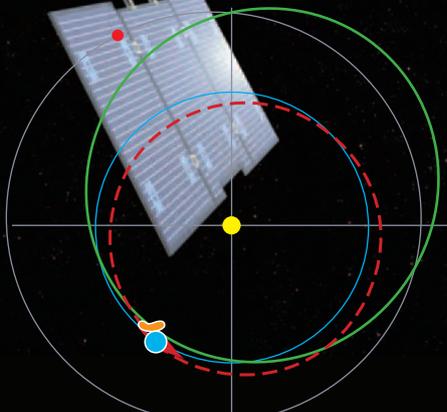
2005年8月28日、イトカワから4800kmの位置で往路のイオンエンジンの作動を終了。ここまでの積算作動時間は25800時間に達した。以降、スラスタを用いて徐々に減速し、イトカワから20kmのゲートポジションに向かった。



地球スイングバイを経て、大きく軌道を変える「はやぶさ」 イラスト／池下章裕

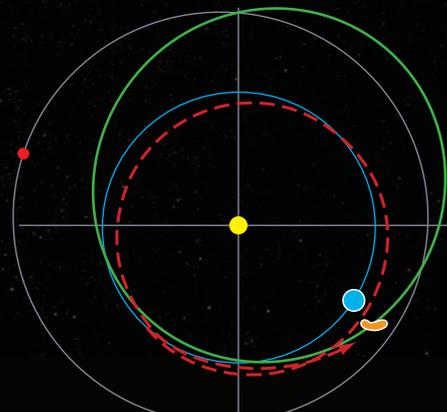


2004年2月／打ち上げから9か月後

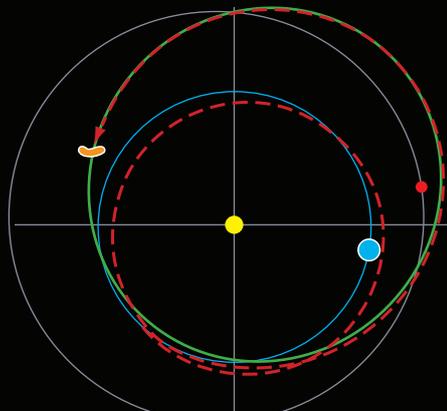


2004年5月19日地球スイングバイ

イオンエンジンを使わず地球の重力だけを利用して軌道の方向と速度を大きく変更、小惑星へ向かう軌道へと投入された。イオンエンジンを搭載して地球スイングバイに成功したのは世界初。

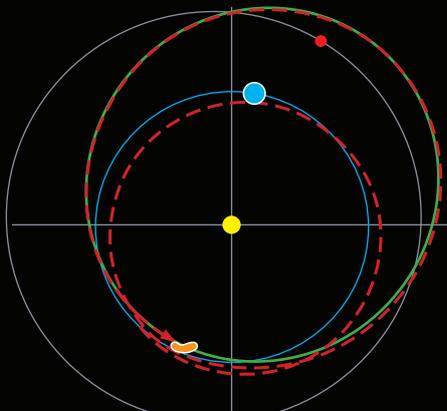


2004年8月／スイングバイ3か月後



2005年9月12日イトカワに到着

光学情報を用いた接近を続け、9月に入るとイトカワの形状がしだいに大きくはっきりと撮影されるようになった。2005年9月12日午前10時、「はやぶさ」はゲートポジションに到達しイトカワとの相対速度がほぼゼロになった。



イトカワに着陸、科学探査を実施

ゲートポジションから全球マッピングなどを行ったのち、2005年9月30日にはイトカワから6.8kmのホームポジションに到着。以降3回のリハーサル降下を経て11月20日と26日のタッチダウンに挑んだ。姿勢の乱れで12月9日からしばらく通信が途絶した。



一路地球を目指す帰還軌道に入る

2006年1月26日、地上との通信が一部復活。同年3月6日には正確な位置と速度を把握。同年6月には光圧を利用した姿勢制御方法を確立。2007年4月から地球帰還に向けて軌道変換を開始。当初のスケジュールより3年遅れの2010年6月13日に地球に帰還した。

# 第5章 イトカワの外観は“ピーナッツの殻”型だった

## 岩塊や小石、レゴリスで覆われた表面

地球を旅立ってから2年4か月後の2005年9月4日、地球スウィングバイを経て、イトカワの軌道を追いかけるように接近していった「はやぶさ」は、ついにそのカメラにイトカワの形状を捉えた。その姿は単なる楕円形体ではなく“ピーナッツの殻”のようなくびれた形だった。地上からの観測でもイトカワは球体ではなく楕円体だとわかっていたが、このような複雑な形は想定外であった。このことから、イトカワは一枚岩ではなく2つの小惑星が合体したものと考えることもできる。

「はやぶさ」は、この後さらにゆっくりとイトカワに接近し、9月12日にはイトカワから約20kmの「ゲートポジション」と呼ばれる位置に着いた。ここから擬似カラー画像(右ページ)が撮影され、9月30日にはイトカワから約6.8kmの「ホームポジション」にたどり着いた。以後「はやぶさ」は、イトカワの表面を子細に観察し、試料採取適地を探す作業に入った。

ところで、これまでNASAによってガスプラやマチルダなど4個の小惑星が探査されているが、どれも数十kmクラスの大きさで、イトカワよりもずっと大きい(23ページ)。一方、イトカワは $0.54 \times 0.27 \times 0.21$ kmと、大きさにして2桁、体積にして数桁小さい。「はやぶさ」は、こうした小さいサイズの小惑星を、初めてクローズアップで調べたことになる。

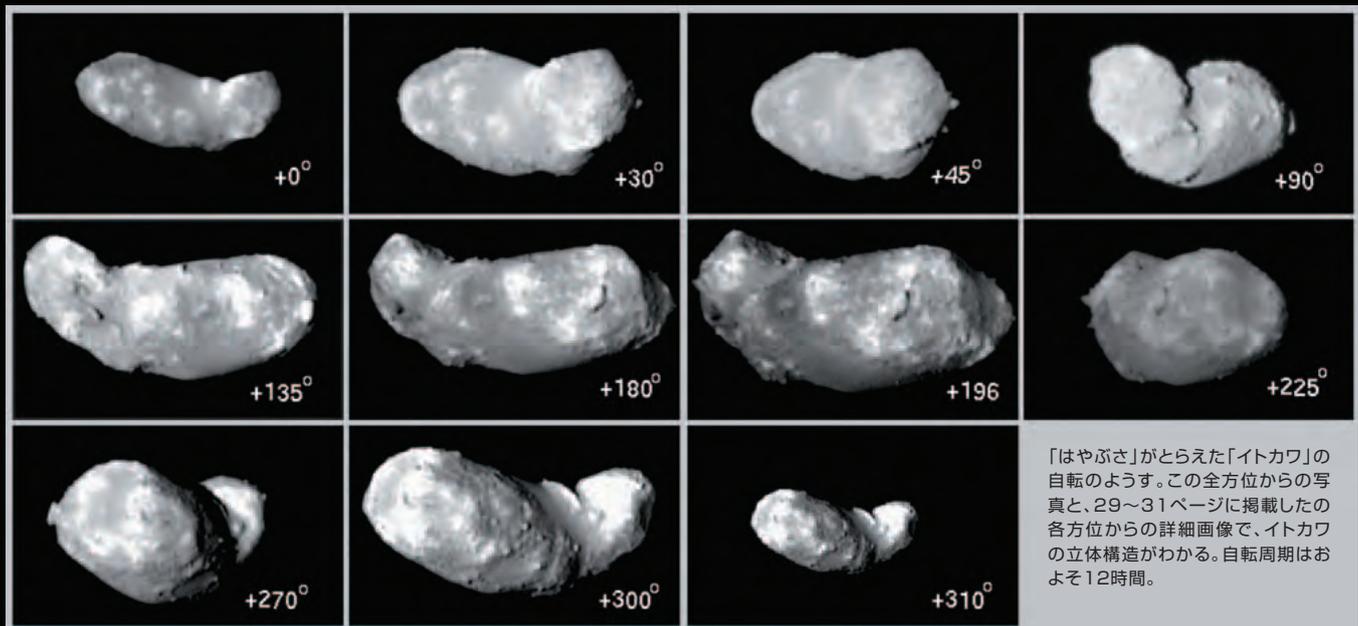
このようなサイズの小惑星は、もっと大きな小惑星同士の衝突によってはじき出された破片と考えられる。そのような天体では、表面への衝突で生じた砂のような小さな破片(レゴリス)は重力が弱くて保持できず、岩盤がむき出した単調な姿だと想像されていた。ところが、予想に反してレゴリスが降り積もった砂浜のような場所や、大きな岩塊が河原のようにごろごろしている

場所など、その表面は変化に富んでいた。

レゴリスや岩塊は、イトカワ表面への他の天体の衝突で生じたには明らかに多く、クレーターを作るような強い衝突ではなく、ただ落下して割れたような低速衝突を示唆する岩塊がいくつも見られた。これらの多すぎる岩塊はイトカワをはじき出した衝突で生じた、いわばイトカワの兄弟たちではないか、と考えられる。高速で吹き飛ばされたもの同士は相対速度が小さく、ゆっくりと降り積もることができるからだ。

また、イトカワが現在見られるような姿になってからは、これら岩塊が吹き飛ばされるような大きな衝突を経験していないようだ。こうした直径1km以下の小惑星には、衝突で母天体から同時にはじき出された兄弟たちをまとったイトカワのようなものや、その後の衝突で岩塊をはぎ取られた裸の小惑星もあるのだろう。少なくとも、これまで探査された小惑星では見られなかった顕著な地域差、滑らかな場所と粗い場所の2つに分けられること、は大きな発見であった。

イトカワのいくつかの大地形には地名が提案された。くびれのあたりに広がる平原「ミュゼスの海」や、「はやぶさ」が打ち上げられた鹿児島県の「内之浦」、サンプル回収地点であるオーストラリアの「ウーメラ砂漠」など、「はやぶさ」に因んだものだった。北極域にも平原があり、非公式ながら「相模原の海」と呼ばれている。ここには埋まりかけたクレーター、割れ目のある大岩塊、そして特徴的な砂の盛り上がりが見られ、ミュゼスの海よりも厚めにレゴリスが溜まっているとみる研究者もいる。ふたつの「海」以外はどこもかしこも岩塊だらけで、極めて凹凸の激しい世界が広がっている。クレーターらしきものもいくつか見られるが、イトカワを局所的に特徴づけるものは凹地形ではなく岩塊と凸地形である。



「はやぶさ」がとらえた「イトカワ」の自転のようす。この全方位からの写真と、29～31ページに掲載したの各方位からの詳細画像で、イトカワの立体構造がわかる。自転周期はおよそ12時間。



2005年9月12日に、イトカワから約20kmの地点で撮られた画像。これは狭視野光学航法カメラ(ONC-T)によるイトカワの擬似カラー画像で、人間の目で見える波長域に属する3色のフィルターを通して撮像された3枚の画像を、赤・緑・青に1:1:1の比率で合成したもの。それまで楕円体しか見えなかったが、後に「ミューゼスの海」と呼ばれるようになった部分でくびれている様子や、表面の起伏などがより詳細に見えるようになった。



### ポツンと目立つ黒い岩塊が 経度0度と定義された

「はやぶさ」はイトカワに接近してからすぐに着陸するのではなく、まずはイトカワの表面を詳しく調べ、着陸に適した場所を探した。

上はイトカワの経度0度、かつ北極方向からみた画像で、距離4.4kmからの撮影したものだ。白線を延ばした交点が、経度0度を定義する目印となった黒い岩塊である。

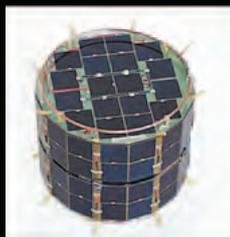
左は経度+180度からみた画像。「ウーメラ砂漠」と呼ばれていたごつごつした一帯。右下には表面に乗ったような大岩塊(矢印)も見られる。当初、この地域にある盆地も試料採取の候補地としてあげられていたが、最終的にはより平坦な「ミューゼスの海」が着陸ポイントとして選ばれた。

## 着陸地点に選ばれたのはミュゼスの海

ピーナッツ型のイトカワは、見ようによっては水面で貝を割るラッコのようにも見える。下の画像では、うつむいたラッコの頭と、くびれた首の部分がよく見えている。この頭の中央に見える黒い岩塊が経度0度の目印と定義された。IAU(国際天文学連合)が2003年に定義した小惑星座標系に従い、自転方向右ねじの進む向きを北とした。このラッコの背中側が北となる。小惑星には黄道面に対して横倒しに自転しているものが珍しくないため、北がこう定義された。しかしこのため、イトカワ自転軸は黄道面とほぼ垂直で、黄道面の南側にイトカワの北が向いている、ちょっとややこしいことになる。ラッコは黄道面を海面に見立てて浮いていることになるわけだ。イトカワの北が写る29ページ

## 「ミネルバ」はイトカワに届かず、宇宙空間へ……

イトカワの表面をホップして探査予定だった600gの超小型ロボット「ミネルバ」。イトカワ上空約200mから放たれたが、上昇中に分離されたためイトカワに着地できなかった。初の電気二重層コンデンサの性能実証や各種機能の動作確認はできおり、工学実験としては一定の成果をあげた。右は「はやぶさ」のカメラがとらえた「ミネルバ」と思われる光点。

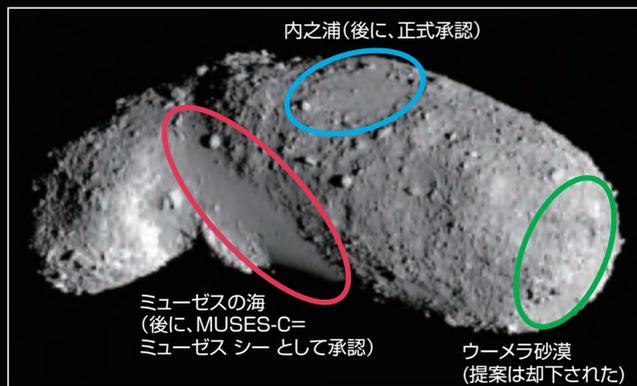


右上の画像では、太陽系の南側＝海中からラッコの頭と背中を見ていることになる。

下画像を上下逆さまにしてみると、ふだん見るような仰向けのラッコの姿となり、右がラッコの頭で、左が胴体、全体で左側を見せている。代表的な地形には地名の候補が挙げられている。あごの下あたりに貝のような高まりが見え、そこから胴体にむけて滑らかな平原が広がり、そこは「ミュゼスの海」と呼ばれた。イトカワの試料採取地点としては、できるだけ滑らかな場所が適しているためミュゼスの海が選ばれた。試料採取予定地点を拡大しても、理想的な着地候補地域は狭かった。地球に通信アンテナを向けながら降下するため、赤道近くの平坦面しか選べないのだ。そこには岩塊の山や、平坦な面に落ちてきたらしい小岩塊、いくつかクレーターらしき凹みも散見された。

## イトカワの地名の提案

はやぶさプロジェクトの提案した代表的地形の名称。「はやぶさ」にちなんだ名称が選ばれた。太陽系天体の大地形には、神の名や国際的に著名な地名を付けるべき、というIAU(国際天文学連合)の指針がある。

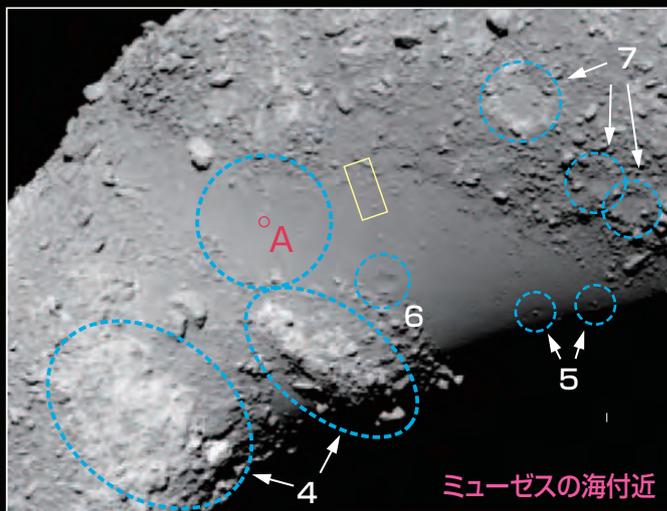


誌面を逆さまにすると見慣れたラッコの姿の向きになる。



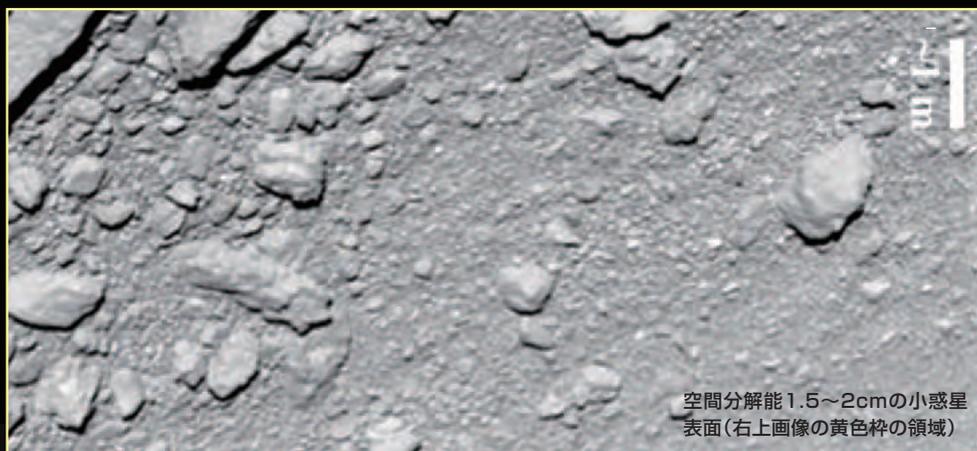


北極付近



ミュゼスの海付近

イトカワの北極付近のレゴリスに覆われた平原は「相模原の海」と呼ばれている。埋没クレーター(1)、割れ目のある大岩塊(2)、特徴的な砂の盛り上がり(3)が見られる。「ミュゼスの海」は比較的平坦な場所で、サンプル採取地点の候補(A)となった。岩塊の山(4)や、平坦な面に落ちてきたらしい小岩塊(5)、いくつかクレーターらしき凹み(6・7)も見られる。



空間分解能1.5~2cmの小惑星表面(右上画像の黄色枠の領域)



# 第7章 太陽系探査史上初、小惑星へのタッチダウン成功

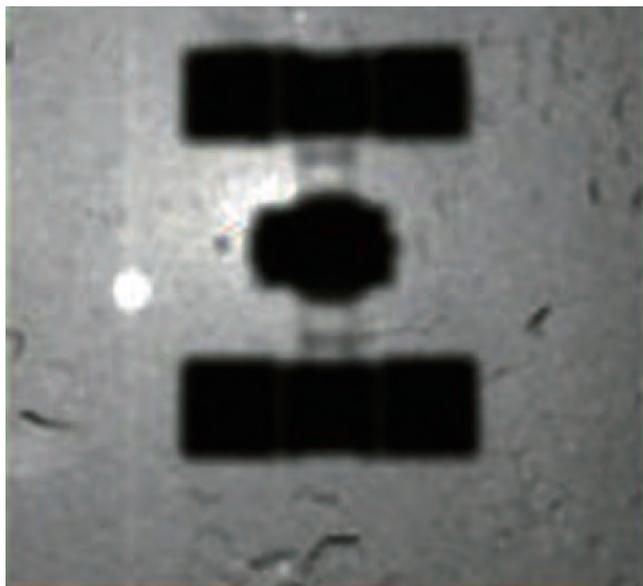
## 不時着状態だった1回目のタッチダウン

「はやぶさ」が3度のリハーサル降下を行ったのち、いよいよ本番のタッチダウンに挑戦したのは日本時間の2005年11月20日。前日から降下を開始し、高度約40mで、88万人の署名が入ったターゲットマーカ―を正常に投下した。姿勢制御用のスラストを小刻みに噴射させながら姿勢を保ち、いよいよイトカワ到達最終段階の高度約17mに達した。以降はアンテナの向きが変わるため地上との交信を中断。自律航行によるサンプル採取モードに移行し、地上の管制室は再び交信が確立するのを待つことになった。

ところが、予定の時刻になっても交信は回復しなかった。タッチダウンの後、上昇に転じているはずなのに、ビーコン通信で得られる「はやぶさ」の高度データが、逆にイトカワに沈み込んでいるかのような値を示したのだった。その後、危険回避のためにイトカワ表面からの緊急離脱指令を発した。交信回復後に得られたデータによると、「はやぶさ」は30分間にわたり着陸状態にあり、少なくとも2回バウンドしたことを示していた。「はやぶさ」はこの時点で世界初の、小惑星に着陸と離陸を果たした探査機となった。残念ながら弾丸（プロジェクティル）は発射された形跡がなく、サンプル採取は行われなかった。

## 発射されなかった弾丸

そして2回目のタッチダウンは11月26日。1回目の着陸時の結果を受けて、自ら過剰な中断を判断することのないように、障害物検出機能を用いず、またレーザ距離計の使用条件などを見直し、確実な着地をめざして前日夜から降下を始めた。前回投



タッチダウンに先立って、イトカワへの自律降下を助ける目印としてターゲットマーカ―を投下した。画像は落下中のターゲットマーカ―を「はやぶさ」が撮ったもの。白く光るターゲットマーカ―の右上には「はやぶさ」自身の影が見えている。

下した署名入りターゲットマーカ―が無事着地しているのを見つけたため、さらなるターゲットマーカ―の投下は行わず、着地しているターゲットマーカ―を目標として降下を続行した。そして高度7m。タッチダウンの体勢に入り地上への状況報告を中断、自律制御に任せる時間が過ぎた。

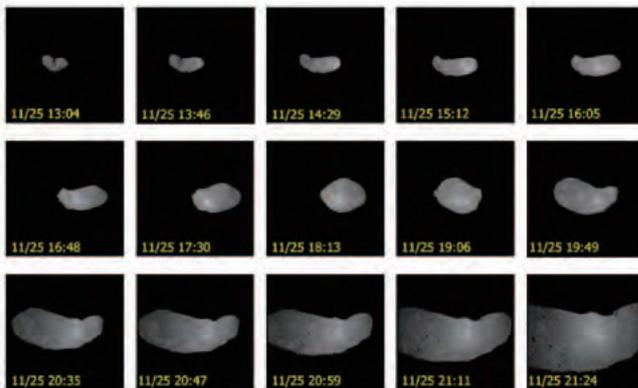
そしてみごと、サンプラーホーンが何かに触れた変形を察知し、弾丸発射のコマンドが実行済との信号が送られてきた。「はやぶさ」は上昇に転じ、サンプル採取は成功と思われた。

しかしその後の分析の結果、弾丸発射の安全装置が解除されていなかったため、火薬が爆発せず、実際には弾丸が発射されていなかったことが判明した。

## 着地時に舞い上がった砂

弾丸が発射されなかったとしても、サンプル採取の望みが絶たれたわけではなかった。着地時にサンプラーホーンの変形が検知されており、イトカワに触ったことはほぼ確実とみられていたからだ。重力の小さいイトカワでは、いったん舞い上がったものはそのまま上昇を続けやすい。弾丸で表面を撃ち砕いていなくても、サンプラーホーンの内側に微小な砂粒が舞い込んでいる可能性があると考えられた。

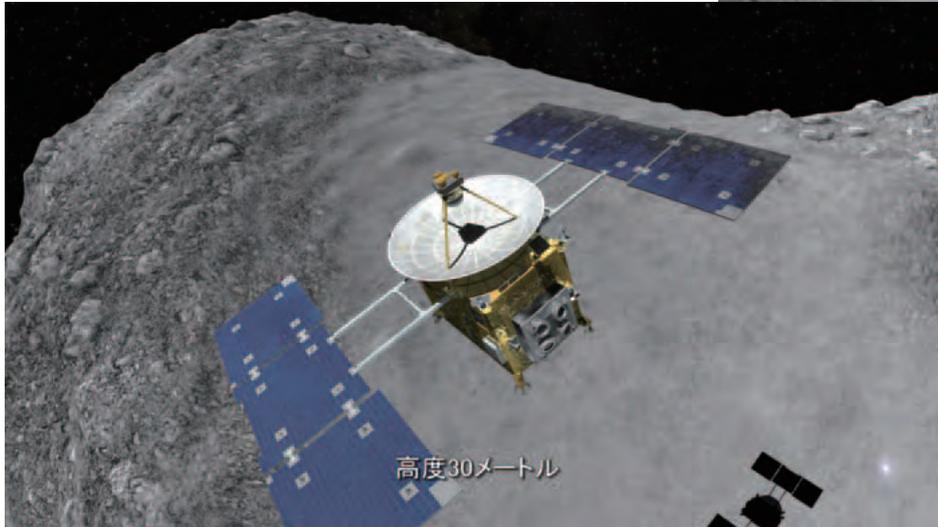
たとえ砂粒ひとつでも、それは人類が初めて小惑星の表面が



イトカワに向かって降下中(上)。ミュゼスの海に「はやぶさ」本体の影が見える(下)。



ら確実に直接採取した貴重なサンプルであり、持ち帰ることさえできれば最新鋭の機器で分析することが可能だ。はたして、地球帰還後の2010年6月24日、宇宙科学研究所のキュレーション施設にてコンテナの開封作業が始り、7月6日になって微小な粒子が発見されたとの発表があった。予備的な分析の結果、岩石質の粒子は確かにイトカワの物質だと判断されたとの発表があったのは、同年11月16日になってからだ。



### 小惑星イトカワへ降りる

「はやぶさ」は2005年11月26日に、ミーゼスの海付近への2回目のタッチダウンを試みた。11月25日の午後10時ごろにイトカワから高度約1kmの地点で降下を開始。ミーゼスの海の西方を目指して、画像にもとづく航法と誘導が行われた。降下点は、ミーゼスの海のやや西方であったと推定される。さまざまな事態に見舞われたが、自律的な航法と誘導による画期的に新しい惑星探査の手法を実証できたといえる。画像左と下は、「HAYABUSA -BACK TO THE EARTH-」のタッチダウンシーン(「はやぶさ」大型映像制作委員会提供)。



## 第8章

## 伝説となった「はやぶさ」の救出運用

## 最後まで諦めない

「はやぶさ」にこれほど大きな関心が集まったのは、たび重なるトラブルを乗り越えてきたエピソードがあったからだ。とくに、イトカワを発ってから、地球に戻ってくるまでの帰路に「はやぶさ」が陥った危機的状況と、それを解決していったプロジェクトメンバーの不屈の運用は末永く語り継がれることだろう。

「はやぶさ」は、イトカワにタッチダウンする前から姿勢制御に問題が発生していた。3つのリアクションホイール(コマを回す原理で姿勢を制御する装置)のうち2つが故障したため、残る1つのリアクションホイールとジェット(化学エンジン)を併用して姿勢を維持していた。化学エンジンは細かい姿勢制御には向いていないが、トラブルを乗り越える緊急手段として使われた。

2回目のタッチダウン直後の事態の急変は危機的だった。化学エンジンの燃料が漏れ、漏れた燃料が気体となって噴き出して姿勢が乱れた。姿勢を制御できないと、地球へ向かう軌道に予定通り投入できないばかりか、太陽電池による発電量も維持できなくなる。姿勢の異常で探査機が首振り運動のスピン状態になってしまうと、アンテナが地球に対して傾いて回転するため、地上との通信はたびたび中断してしまう。なんとか復旧した低利得アンテナで探査機の状態が取得されると、電源系が広い範囲でリセットされていたこともわかった。

探査機の姿勢は大問題だった。燃料漏れによって化学エンジンによる姿勢制御ができなくなり、今度は「はやぶさ」の推進力を得るためのイオンエンジンの燃料であるキ

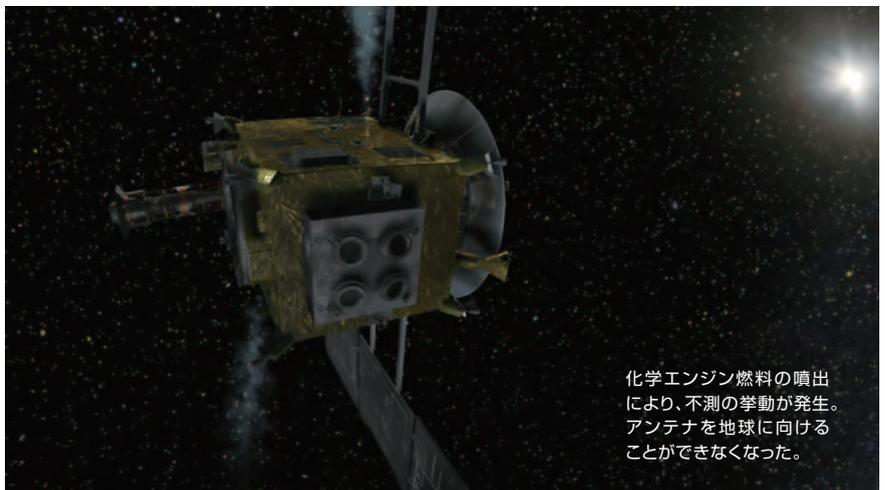


「時間をかければ復旧できる」と、「はやぶさ」帰還延期を発表する川口淳一郎プロジェクトマネージャー(中央)。左は、的川泰宣 JAXA 執行役(当時)。会見後も記者に囲まれ質問攻めに。科学衛星の一連の発表がこれほど注目されたのは、日本初の人工衛星「おおすみ」以来のことだ。

セノガスを、イオンエンジンの中和器からそのまま噴射して推力を得るという“奇策”が考え出された。この対応策は、姿勢を立て直す手段として実行され、数日間は姿勢を持ちこたえることができたが、根本解決には至らなかった。探査機内部で凍りついた化学エンジン推進剤の昇華は、引き続き姿勢を乱し続けていた。作用・反作用という単純にして逃れ難い力学法則は非情だった。ついに2005年12月8日、交信が完全に途絶するという、探査機の運用において最悪ともいえる事態に陥ってしまった。



イトカワ表面で、3回接地したとされる1回目のタッチダウンを描いた「HAYABUSA-BACK TO THE EARTH-」の不時着シーン。この時、以降のトラブルにつながるダメージを受けていたのかもしれない。「はやぶさ」大型映像制作委員会提供、下の2カットも同。



化学エンジン燃料の噴出により、不測の挙動が発生。アンテナを地球に向けることができなくなった。



2基のイオンエンジンBとDに火を入れ、イトカワを離れ地球を目指したが、Bの中和器に異常が発生、不調のCの再点火と残るDで運転したが、Dは航行中に寿命を迎えた。

## 通信途絶からの回復

「はやぶさ」の姿勢は、たとえ首振り運動のスピン状態のまま放置しておいたとしても、回転軸（高利得アンテナの向き）は時間がたてば自然と一定の方向に落ち着いてくる。回転軸が地球へ向けば救出の可能性がある。「はやぶさ」はどこでどう回っているのか、慣性という力学法則が運命を支配していた。通信途絶で送信機が起動しないため、「はやぶさ」は電波を出して状況を発信することはない。通信復旧の見通しが確率として計算されたが、最低半年はかかるとも考えられた。地上では周波数を変えながら繰り返し「はやぶさ」に指令を送り続け、応答を待つ日が続いた。

行方不明は45日間だった。「はやぶさ」からの電波は2006年1月23日にとらえられ、ビーコン通信が回復。奇跡的な救出劇の始まりだった。2月には低利得アンテナ、そして3月には中利得アンテナの通信が回復した。3月6日には「はやぶさ」の位置と速度がわかり、地球から3億3000万キロメートル、イトカワから1万3000キロメートルのところ「いる」ことが特定された。地球帰還は予定より3年遅れの2010年6月に変更された。極度の低温にさらされ設計寿命を超える機器類の状態がひとつひとつ慎重にチェックされ、キセノンガスの噴射に代わって太陽光圧を利用した姿勢制御方法も試行された。

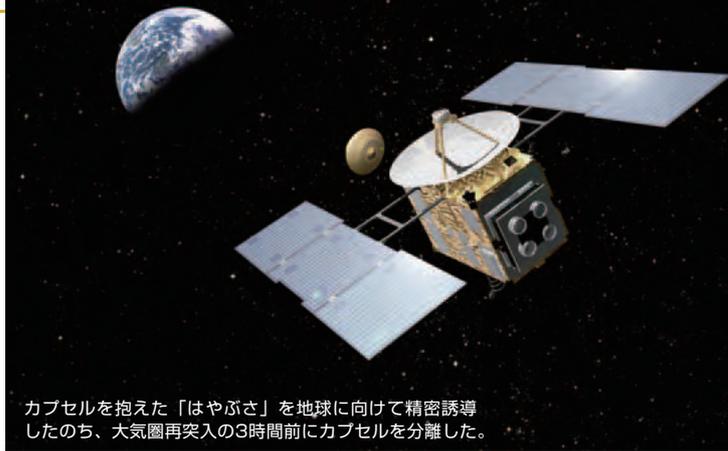
## イオンエンジンのクロス運転

地球へ向けての出発は2007年4月25日だった。この時点で4基あるイオンエンジンのうちAとCが不調で、残るBとDを用いて地球をめざした。しかし、そのイオンエンジンにも最期が訪れる。「はやぶさ」は最大の危機に直面した。

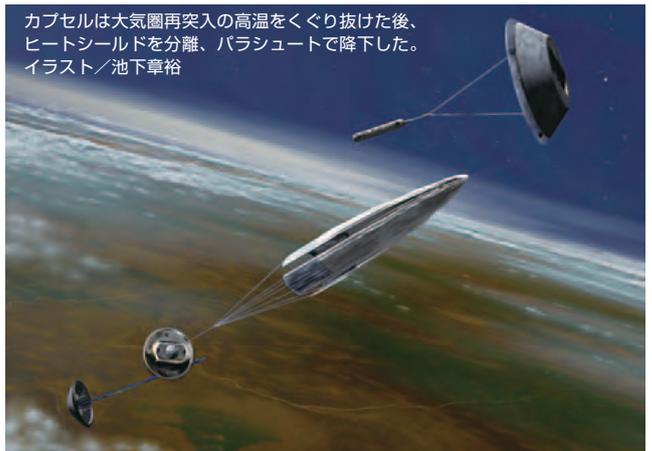
地球帰還までようやくあと半年あまりの2009年11月4日、稼働中のエンジンDが緊急停止してしまい、地球帰還が絶望的となった。

「はやぶさ」の命を救ったのは、「こんなこともあるかと」と組み込まれていたクロス運転を可能にする回路だった。生きていたAの中和器とBのイオン源を接続し、Bのイオン源から放出したイオンビームをAの中和器から噴射した電子で中和するという「裏技」で窮地を脱した。

ハワイの「すばる望遠鏡」の主焦点で、2010年6月13日14時59分から15時06分（日本時間）に、35～50秒間隔で5秒露出してとらえた「はやぶさ」の姿。この時、「はやぶさ」の推定等級は約21等で、かに座の方向約17万kmを、秒速12kmで飛翔していた。じつに、大気圏突入8時間前のことだった。薄明の残る西北西の空を、地平線に向かって飛び去って行ったとのこと。画像提供／国立天文台



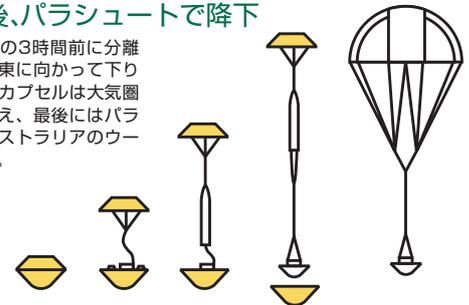
カプセルを抱えた「はやぶさ」を地球に向けて精密誘導したのち、大気圏再突入の3時間前にカプセルを分離した。



カプセルは大気圏再突入の高温をくぐり抜けた後、ヒートシールドを分離、パラシュートで降下した。イラスト／池下章裕

## 大気圏再突入後、パラシュートで降下

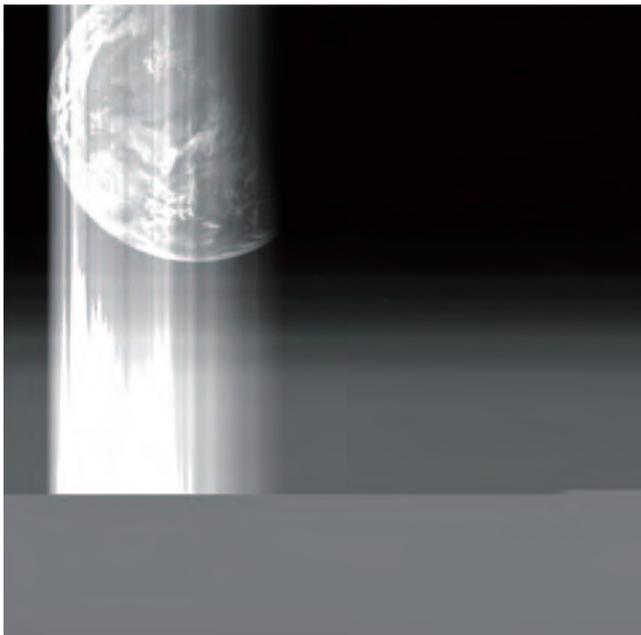
カプセルは大気圏突入の3時間前に分離され、西北西から東南東に向かって下りてくる。直径40cmのカプセルは大気圏突入時の激しい熱に耐え、最後にはパラシュートを開いてオーストラリアのウーメラ砂漠に軟着陸した。



## 「はやぶさ」本体の喪失

そして、「はやぶさ」は本当に地球に帰ってきた。だが、相次ぐトラブルによってイオンエンジンの推進剤であるキセノンの残量が少なく、姿勢制御も不安定なことから、再突入カプセルを正確な軌道に乗せるために、地球帰還直前まで軌道修正を続けることが必要になった。このことは、カプセルの帰還と引き換えに、「はやぶさ」本体も秒速12kmで地球大気圏に再突入するということを意味する。ヒートシールドに守られた再突入カプセルは、大気中で減速され、最後はパラシュートを開いて地上に降下するしくみになっているが、「はやぶさ」本体は大気圏再突入時の衝撃と熱に耐えることはできない。

当初は、カプセルを地球帰還軌道に正確に乗せた後、「はやぶさ」本体はさらなる軌道修正を行って地球を通り過ぎ、延長ミッションに移行させるという計画もあったが、それはかなわず「はやぶさ」本体の喪失は避けられないこととなった。



大気圏再突入の3時間前、日本時間6月13日19時51分にカプセルを切り離した後、「はやぶさ」本体が最後に撮影した地球。画像の途中でデータ送信が途切れている。

### 「はやぶさ」のラストショット

よくぞ帰ってきた、おかえり! と、「はやぶさ」を拍手で迎えた1年前。7年間におよぶ旅の最後、人それぞれの思いで2010年6月13日のその瞬間を迎えたことだろう。地球帰還は記憶に新しく、以来、「はやぶさ」は人びとの心の中に生き続けている。

帰還前、イオンエンジンの連続運転が終了したのは、2010年3月27日のことだった。わずかな推力のイオンエンジンでも太陽系を航海できることを、「はやぶさ」はみごとに証明してくれた。4月4日、地球帰還へ向けて精密誘導が開始され、いよいよ本当に地球に帰ってくることが確定的となった。6月5日、オーストラリア・ウーメラへの軌道誘導に成功。6月13日、大気圏再突入の3時間前にカプセルを切り離した。

カプセル分離後、「はやぶさ」本体は最後の動作として故郷・地球を撮影して、その画像を送ってきた。

イトカワへの着陸後、4年半の間、低温で放置されていた航法用カメラを起動させての撮影だった。その撮影は探査機の運用上は無用なものだが、川口淳一郎プロジェクトマネージャーは、このラストショットに関して、「自分たちが見たかったし、「（「はやぶさ」が）感情を持っていたとしたら（地球を）見たかっただろう」と語っている（HAYABUSA -BACK TO THE EARTH- 帰還バージョンBD・DVDに収録されたインタビュー）。

「はやぶさ」が再び地球を見ることができたとの深い感慨をこの一枚の写真は雄弁に物語っている。「はやぶさ」ミッションは工学・科学分野のインパクトにとどまらず、多くの人びとの心を揺さぶるストーリーとして完結したのだ。

### 「はやぶさ」最後の光

2010年6月13日深夜、オーストラリアの砂漠の上空に「はやぶさ」は帰ってきた。日本時間22時51分、大気圏再突入。カプセルが暗く冷たい宇宙空間から地球大気に突入し、地球大気との激しい衝突によって生じる数千度の高温のプラズマに包まれた。またそのすぐ後ろから追いかけるようにして、「はやぶさ」本体も巨大な火球となって砂漠の夜空に現れた。

当初はカプセルだけが再突入するものとして計画され、「はやぶさ」本体の再突入は想定されていなかったが、カプセルの分離を3時間前に行うという運用上の判断の結果として本体も再突入することとなった。熱に耐える設計ではない本体は、上空で爆発的に明るくなり、ある瞬間は青く、ある瞬間はオレンジ色に強く輝いた。瞬間的には満月を超える明るさの火球として観測された。本体が砕け散り、火球は数千個もの光に分裂し、そのひとつひとつが流れ星のように光り、スーッと消え、「はやぶさ」本体の物質の多くは大自然の中に還っていった。一方、カプセルは最大光輝の金星を少し上回るほどの輝きを放ち、高温に耐えて力強く戻ってきた。

### 「はやぶさ」の残した光

「はやぶさ」の旅は終わった。日本時間6月14日16時08分、カプセルは砂漠の大地からJAXAの回収班によって回収された。カプセルは、近くに落下したヒートシールドなどとともに日本各地で一般公開された。イトカワの物質を運んできたコンテナは、宇宙科学研究所のキュレーション施設で開封され、いまでも多くの研究者により試料の分析が進められている。

そして、「はやぶさ」帰還から1年を目前にした5月20日、米アラバマ州ハンツビルで開催された、第30回国際宇宙開発会議にて、「初の太陽周回天体表面への往復と試料の帰還」に成功したとして、アメリカ宇宙協会から、「はやぶさ」プロジェクトチームにフォン・ブラウン賞が贈られた。

小惑星イトカワへの着陸・離陸後に「はやぶさ」が通信途絶と



「はやぶさ」帰還は、運用チームの実作業終了の時でもあった。7年間おつかれさま。

なっていた中で、——たとえ帰還できないとしても、「はやぶさ」ミッションの類まれなる革新性は、挑戦的で創意あふれる宇宙技術の灯を掲げるという重要なものを地球にもたらす(概略)——と称賛したアメリカの宇宙アナリストの論評を紹介しながら、川口プロジェクトマネージャーは、受賞に関して、以下のようなコメントを、5月23日の宇宙科学研究所トピックスで発している。

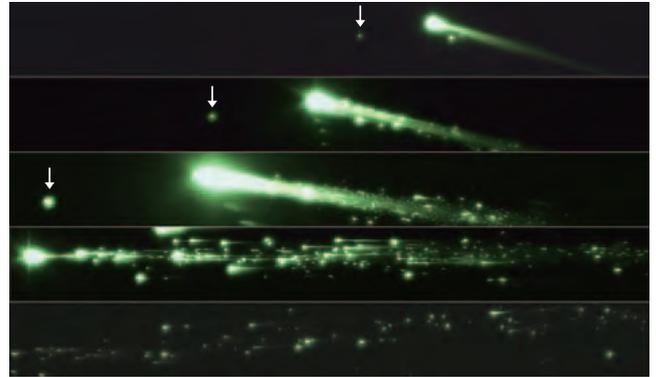
かりに帰還が果たせなくても、地球に持ち帰られるものがある。それは、(世論の)宇宙への関心が、独創的な大いなる宇宙技術への挑戦へと一新されたこと、と述べているのです。挑戦することこそを評価していただいたと思います。

今、日本は、未曾有の大震災に見舞われ、なお多くの方が苦難を強いられています。「はやぶさ」プロジェクトは、多くの困難に対したとき、帰還へのこだわり(意地)と、あきらめない心(忍耐)で切り抜けてきました。「はやぶさ」が、震災からの復興を目指す方々に伝えるべきメッセージは、この忍耐であるかもと、一時期考えていました。しかし、それは違っていたかもしれません。忍耐を求めることよりも、我々日本、日本人は出来るのだという力、ポテンシャルへの自信と、復興に挑戦する勇気を持っていただくことこそが、「はやぶさ」プロジェクトからの何よりもの励ましとなるものと思います。

今回、フォン・ブラウン賞を受賞したこと、それは、宇宙という狭い世界だけのことではなく、世界が認めた日本の実力を、日本人である我々が発揮し、自信をもって更なる高いレベルの復興をめざして、勇気をもって取り組み、と示唆しているものと思います。

がんばりましょう。日本。

「はやぶさ」プロジェクトマネージャー 川口 淳一郎



南オーストラリア州、クーバーベディの西20km地点で捉えた「はやぶさ」の帰還。「はやぶさ」本体は、何度も爆発的な光を放ちながら燃え尽きたが、カプセル(上の赤外線領域に感度のあるビデオカメラで撮影した画像の矢印↓)は、無事地上に軟着陸した。下はデジタルカメラの長時間露光での撮影。爆発を繰り返しながら、まばゆい光を放つ太い(明るい)火球が「はやぶさ」本体。その下側で、細く長く伸びているのが再突入カプセルの光跡。撮影/国立天文台「はやぶさ」観測隊 大川拓也



太陽系の「タイムカプセル」を手に入れた

2010年6月13日、地球大気圏に再突入した「はやぶさ」は、

最期にわれわれにプレゼントを届けてくれた。

オーストラリアの砂漠で回収されたカプセルには多数の微粒子が入っていた。

そして、2010年11月16日、カプセル内部からピックアップされた微粒子が、イトカワの物質だと発表された。

人類が初めて手に入れた確かな小惑星のカケラは、太陽系生成の謎を解くヒントを与えてくれる。

# 2 「はやぶさ」からの贈り物

解説／安部正真（JAXA宇宙科学研究所固体惑星科学研究系准教授）

画像提供／JAXA

大気圏再突入後、カプセルは高度5kmのところで前面と背面のヒートシールドを切り離し、パラシュートを開いて位置を知らせる電波を発信しながらゆっくりと降下、日本時間6月13日23時08分にほぼ想定どおりの地点に着陸。その48分後にはヘリコプターから発見され、翌14日にはカプセル本体、15日にはヒートシールドが回収された。

## 第1章

## 史上初、小惑星からのサンプルリターンに成功

## オーストラリアの砂漠でカプセルを回収

「はやぶさ」がオーストラリア上空に姿を現したのは6月13日の真夜中のこと。地球大気突入の3時間前にはカプセルを切り離し、自らの使命を終えた。カプセルは地球大気突入後パラシュートを開傘し、電波信号（ビーコン）を出しながらゆっくりと地上に降下した。その間、地上で待ち構えていた複数地点の方探チームはビーコンの出る方角を本部へ報告し続け、本部はその報告をもとに、カプセルの落下地点を割り出した。カプセルの着地を確認してから、ヘリコプターは着地予想点まで飛んでいき、上空よりカプセルの存在を確認した。ヘリコプターからのカプセル発見の無線報告を聞いた本部は大いにわきあがった。

カプセルの落下地点はオーストラリアの砂漠地帯の真ん中で危険でもあるため、夜間のヘリコプター着陸は認められていなかった。また、現地住民にとって神聖な領域でもあることから、翌朝明るくなってから現地住民の代表とともに視察フライトを行い、ヘリコプターの着陸許可をもらってようやく、回収隊がカプセル着地点付近に降り立つことができた。

私もその回収隊の一人としてカプセル着地点へ向かうヘリコプターに同乗した。ヘリコプターで砂漠地帯を1時間程フライトする。砂漠といっても低木（ブッシュ）がところどころ生い茂った箇所があり、雨期に形成された池も点在している。カプセル着地点が茂みの中や池の中でなくて本当によかった。

すでにヘリコプターは着地点の緯度経度をGPS記録しているため、迷うことなく着地点に到着した。すでに第1陣が装備を展開してわれわれの到着を待っている。豪州の安全審査官の立ち会いのもと、まず防護服を着た安全処理班がカプセルに近づく。カプセルが着地に失敗して破損していた場合に備えて、滅菌薬の準備もしている。私も科学記録担当として安全処理班の後に続く。安全処理班がガイガーカウンターで放射線計測をしながらカプセルに近づき、パラシュートの開傘と分離が正常に動作したことの確認と、電池の接続ラインおよび火工品ケーブルの切断を行う。またカプセルに目立った破損がないことを目視で確認する。この作業を無事完了することによって、安全審査官の許可があり、われわれもカプセルに近づくことが許された。



まず近くでカプセルを見て感じたのは、カプセルが非常に綺麗だったことである。宇宙空間では常に真空保管されていたわけだから当たり前なのかもしれないが、7年以上も前に打ち上げられたものかと疑いたくなるくらい綺麗な状態であった。またパラシュートが開傘される前に外周部で加熱を受けたはずの背面のアプレータには、焼け焦げずに残っているテープもあり、また「はやぶさ」から分離される直前まで探査機とカプセルの間の電源や信号のやり取りを行っていたケーブルの切断部もほぼそのまま残っている状態であった。

カプセルを拾い上げる前に、カプセルやその周辺の状態を写真に記録。その後、カプセルを二重のプラスチックパックに梱包し、準備した輸送箱に封入してヘリコプターに搭載した。

本部に戻ると、回収隊以外に多くの報道関係者の出迎えにあった。しかし、われわれはまず大切なカプセルを本部の安全な場所に移動させることに集中した。ほっとしたのは、輸送箱を本部の建物中に搬入し、扉を閉めた後であった。

本部に持ち帰った後、カプセルから電池と火工品を取り外す作業を最初に行った。これは、航空機による輸送の際の安全のためと、その後のサンプルの汚染管理を容易にするためである。カプセルチームによる安全化処理を施したあと、カプセルは科学班に受け渡され、再度写真撮影と周囲の簡易清掃を行った。簡易清掃の後には、本部に仮設したクリーンブースの中で作業を行った。クリーンブースの中で再度念入りにカプセル表面の汚れを落とし、プラスチックパックの二重梱包をして、窒素封入できる輸送箱に収納した。輸送箱の中には、温湿度モニターや汚染物モニターもあり、輸送中の環境のモニターができるように対処してある。分解や清掃の作業は日をまたいで行われた。夜間作業休止の際には、輸送箱に鍵をかけ、豪州の検疫官が封止テープを張り、翌日まで誰も開封しないよう厳重な管理下に置かれた。



カプセルの安全化処理作業

安部正真(あべ まさなお JAXA 宇宙科学研究所 固体惑星科学研究系准教授)

1967年、神奈川県生まれ 東京大学理学部地球惑星物理学科卒、専門は惑星科学。小惑星探査、太陽系小天体の観測、地球・月系の力学進化などの研究を行っており、現在は「はやぶさ」サンプルのキュレーション作業に携わっている。左画像で写真を撮っているのが筆者。

## ウーメラから羽田、そして相模原へ

カプセルの搬出準備と並行して、他の着地物の搜索作業や、取得したデータの整理、本部の撤収準備などを行い、6月17日の昼に最寄りのウーメラ空港にカプセルが輸送された。

ウーメラ空港は、本部から車で1時間程度の距離にある軍用空港である。航空機の輸送の際に気をつけなければならないのは、離着陸による気圧の変化である。輸送箱は窒素封入されているが、気圧の変化に伴い、輸送箱内部に大気が混入し、カプセルを汚染する心配がある。航空機の離着陸回数は極力少なくしなければならない。また輸送時間も短くし、できる限り早く、日本のキュレーション設備内のコントロールされた環境に搬入し

なければならない。そのため、ウーメラ空港から羽田空港まで直行できる航空機を手配し、他の回収隊に先駆けて日本へ輸送することになっていた。また通関・出国手続きも国際空港ではないウーメラ空港で行えるよう事前に調整を行い、輸送に手間取ることがないようにした。

9時間程度のフライト中は、私も含めた同行の科学班2人交代で随時輸送箱の安全確認を行い、羽田空港に到着したのは夜の11時過ぎであった。羽田で多くの報道陣に囲まれつつ、荷物を飛行機より降ろし、トラック輸送で相模原に到着したのは翌日の2時ごろであった。相模原でも市役所の職員の方や多くの報道陣に出迎えていただいた。この後、受入れ班の待つキュレーション設備によろやく搬入を行うことができた。

## 惑星物質試料受入れ設備(キュレーション設備)

相模原キャンパスのキュレーション設備のクリーンルーム清浄度はカプセルのアプレータの取り外しを行う部屋がクラス10000、開封機構の組み換えを行った部屋がクラス1000、開封作業を行うクリーンチャンバーがある部屋がクラス100~1000の部屋になっている。「クラス」の後の数字は0.5マイクロメートル(1マイクロメートルは1000分の1ミリメートル)以上の粒子が1フィート立法(約3万立方センチメートル)の中に何個あるかを表している。通常の衛星の組立室がクラス1000000のレベルと言われているので、最初の部屋でも十分な清浄度である。

外からクリーンルームの中に入るまでに、履物を2回履き替える。手袋も2重(内側は汗取り)にはめ、試料に触れる可能性のある器具類を操作する場合は、さらにもう1重新しい手袋(パウダーフリー)を用いる。マスクをして、ヘアネットの上にクリーンフードをかぶり、つなぎのクリーンスーツを着て、クリーンブーツを履く。外部に露出しているのは目だけである。この状態でエアシャワーを浴びてクリーンルーム内に入室可能になる。

クリーンルーム内を汚染するのは人間自身であるため、さまざまな制約を実施している。入室前30分以内の喫煙は禁じられており、化粧や整髪料をつけた状態での入室は認められない。クリーンルームではない前室の普通の部屋にも飲食物の持ち込みは禁止している。クリーンルームの中には、クリーンスーツの中であってもクリーンペーパー以外の紙類(お札やティッシュペーパーなど)は持ち込まないようにしている。

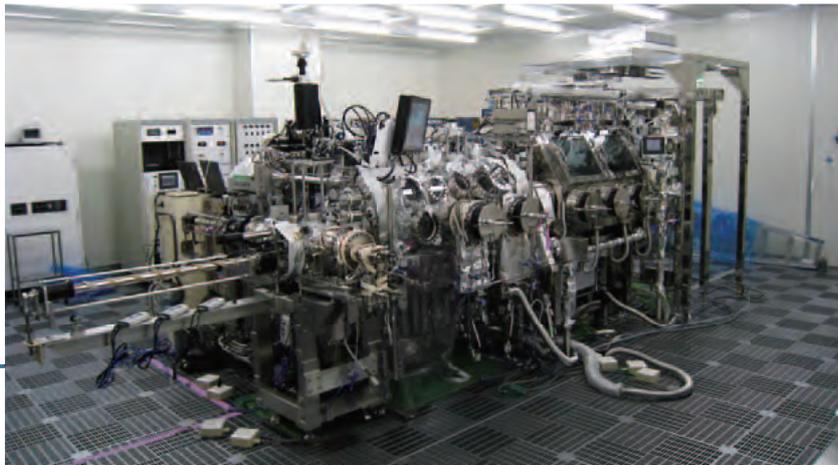
クリーンルームは粒子的な汚染だけでなく、化学的な汚染も気にしているので、粒子のろ過フィルターだけでなく、化学フィルターも通した空気をクリーンルーム内に取り込んでいる。クリーンルーム内で使用する水は水道水を3重ろ過し

てできた純水をさらに清浄化した超純水を用いている。超純水は、クリーンルーム内で用いる器具の清浄だけでなく、クリーンルーム内の清掃にも用いている。実際にサンプルをハンドリングするクリーンチャンバー内は、さらに汚染管理に注意を払っている。

クリーンチャンバーに導入するガスには高純度の窒素ガスを用いている。日本で一番高純度の液体窒素を工場から直送してもらい、キュレーション設備内で気化した後、純化器で水分や酸素を除去した後、クリーンチャンバーに導入している。クリーンチャンバーに導入した後も、純化器とクリーンチャンバーの間を循環させながら再度水分や酸素などを取り除き続けて、クリーンチャンバー内の環境を高純度窒素雰囲気維持している。

このような環境の中でカプセルの開封や観察を行えるようにすることで、地球の物質による汚染が起きないように細心の注意が払われている。もちろん、開封や観察を行うためには、さまざまな道具をチャンバー内に導入しなければならないが、その材質や清浄度にも気を使っている。材質

についてはサンプラーで用いている素材(アルミ、ステンレス、テフロン)以外には原則石英のみとしている。石英は酸アルカリ処理をすることで、粒子汚染だけでなく化学的な汚染を少なくする洗浄処理が可能である。とくにサンプルが触れる回収容器や、保管容器には純度の高い合成石英を用いている。サンプルが触れる容器については、チャンバーに導入する前に、有機溶媒による超音波洗浄、超純水による超音波洗浄のあと、酸による煮沸洗浄、アルカリによる煮沸洗浄を行い、さらに超純水による煮沸洗浄を行う工程を通し、3日以上かけて徹底的に洗浄を行っている。



## 第2章

## 準備万端整えて「はやぶさ」の帰りを待つ

## 「はやぶさ」カプセルを迎え入れる

ここで、「はやぶさ」が持ち帰ったイトカワの試料を分析するJAXA相模原キャンパスのキュレーション設備を紹介しよう。

キュレーション設備の正式名称は、「惑星物質試料受入れ設備」という。「はやぶさ」に限らず、惑星物質試料の受入れおよび、それに関する研究を目的とした施設であり、クリーンな環境で物質のキュレーション作業が行える機能を備えている。キュレーション作業とは試料の受入れ、記載、分配、保管の一連の作業をさす。大学共同利用設備としての位置付けもあり、国内の研究者の利用も将来受け付けることを考えている。2007年度に完成し、「はやぶさ」のサンプルの受入れが最初の大きな業務である。そのために、2008年度に設備の機能性能確認を行った後、2009年度から1年以上かけて、「はやぶさ」カプセルの受入れを想定したリハーサルを繰り返し実施してきた。

相模原キャンパスのキュレーション設備は、惑星物質試料の受入れ設備でもあるため、その貴重な試料を、汚染することなく、無くすことなく、作業できるように設計していることが特徴である。汚染しないというのは、地球物質の混入だけでなく、試料が地球大気成分に触れたり、水や酸素による試料の変成を起こさないように、高純度の窒素雰囲気または高真空状態で試料のハンドリングや保管ができるようにすることである。無くさないというのは、試料を取り扱う治具類にいたるまで、清浄管理されたもののみを使っているだけでなく、微小な粒子に対しても、回収ハンドリングできるようにシステムを作り上げることである。

## 10マイクロメートルサイズの粒子に対応

ここまで粒子汚染に気を使うのは、「はやぶさ」が持ち帰るサンプルのサイズが小さいと予想されていたためである。当初のサンプリング計画では、探査機が小惑星の表面に着陸すると同時に、5グラムの弾丸を秒速300メートルで小惑星表面に撃ち込み、破碎されて舞い上がる破片をサンプルキャッチャーで回収することになっていた。しかし、着陸に際して、弾丸の発射は不履行に終わっており、着陸の衝撃で舞い上がった表面物質がキャッチャーに入っていることに期待していた。そのため、回収されるサンプルサイズは当初考えていたミリメートルサイズよりも2ケタ小さい10マイクロメートルサイズレベルまで考えなければならず、装置の設計変更も必要になった。

この程度のサイズになると、目視では粒子を確認すること自体が難しく、チャンバー内に顕微鏡を導入する必要がある。またサンプルのハンドリングも生命工学で用いられているようなマニピュレータシステムを導入する必要がある。これらの装置の導入は、チャンバーの汚染源になりうるが、素材や洗浄レベルに気を使い、導入することを決定した。機構品なので、摺動(しゅうどう)部が必要になる。摺動部の滑りをよくするために、潤滑剤

を塗布すると汚染源になる。潤滑剤を揮発性の低いフッ素系にして、かつバイトン(フッ素ゴム)製のOリングで密閉したり、接合面を異種金属にして固着しないように工夫をしている。

クリーンチャンバーの内面も電解研磨という手法でステンレスの表面をピカピカにして、さらにベーキングを行って脱ガスを行っている。また仮に粒子がチャンバーにこぼれた場合も、真空回収器などを用いて粒子を探索回収できるようにバックアップ体制を構築している。以上のように、万全の準備をし、かつ10名程のメンバーで1年以上かけてリハーサルを行い、カプセルの到着を待っていたのである。



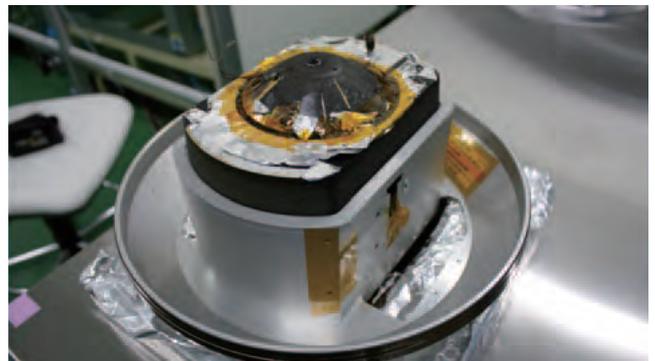
貨物室に運び込まれたインストゥルメントモジュールおよびヒートシールドボックス。



6月17日 羽田空港に到着後、インストゥルメントモジュールを航空機より搬出。



6月18日 相模原にてインストゥルメントモジュールを開梱し、カプセルを回収。



## 顕微鏡下で進む微小粒子のピックアップ

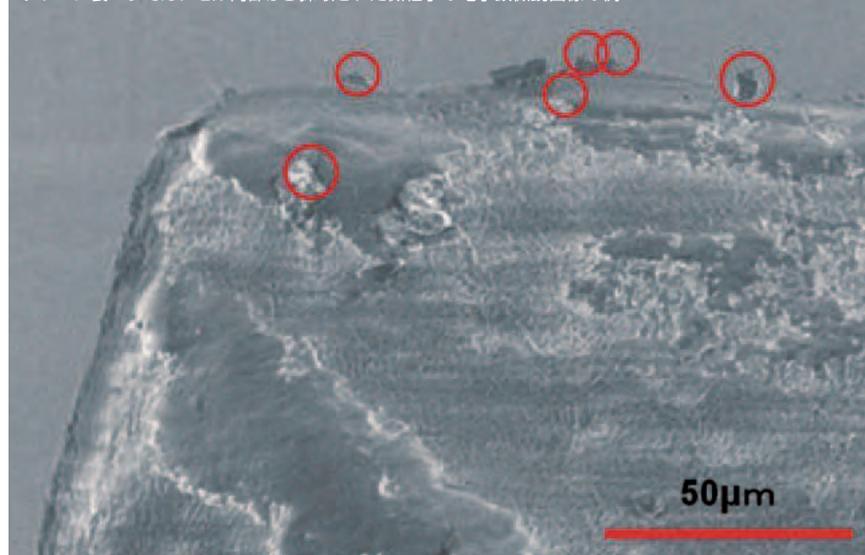
「はやぶさ」カプセルが、ヒートシールドとともに相模原のキュレーション設備に搬入されたのは、2010年6月18日の午前2時ごろである。その後、ほぼ24時間態勢でカプセルの分解やサンプルコンテナのCT画像取得および外部の洗浄を行い、6月20日の午後5時ごろには地球大気から完全に隔離されたクリーンチャンバー（第1室）の中に無事搬入された。「はやぶさ」が地球大気に突入したのが6月13日午後11時ごろなので、1週間以内でサンプルを地球物質による汚染の心配のない環境に収納することができたことになる。これは決して短い時間ではないが、輸送中も極力窒素雰囲気を維持し、それ以外も極力粒子的な汚染を低くするように制御していたので、地球物質による汚染を最低限にとどめることができたと自信を持っている。

サンプルコンテナは、サンプル収集後バイトン製のOリングを用いて宇宙空間で密封（シール）される構造になっている。コンテナの開封は、クリーンチャンバー内で、開封時の蓋にかかる荷重と蓋の変位の変化をモニタしながら、またチャンバー内のガス成分と圧力をモニターしながら、慎重に行った。事前のコン



サンプルコンテナの開封や微小粒子の確認作業は、キュレーションセンターで慎重に行われている。画像上の光る筋がマニピュレータ、先端の黒っぽい粒が微小粒子である。黒い筋はマニピュレータの影。

テフロン製ヘラでカプセル内部から採取された微小粒子の電子顕微鏡画像の例



テナ内圧推定作業で、コンテナ内は大気圧より減圧されていると予想されたため、クリーンチャンバー内は真空環境で開封している。コンテナ開封後、サンプルコンテナと「はやぶさ」サンプルが入っていると思われるサンプルキャッチャーは分離され、キャッチャー部のみが、キャッチャーハンドリング容器内にセッティングされた後、第1室と結合された隣のクリーンチャンバー（第2室）に移送された。

第2室に移送されたキャッチャーハンドリング容器は、グローブ操作によって、高純度窒素ガス雰囲気において再び開封され、チャンバー内部および外部からの光学顕微鏡観察によってキャッチャー内部の観察が実施されている。キャッチャー内部の観察は第1室での開封時にもチャンバー内の窓越しに目視で行うことができたが、その時点では全くと言ってよいほどサンプルらしき物質は確認できなかった。プロジェクトイル撃ち込みによる通常のサンプリング手法が実施されず、粒子サイズも小さいことを想定してはいたが、厳しい状況からのスタートであった。

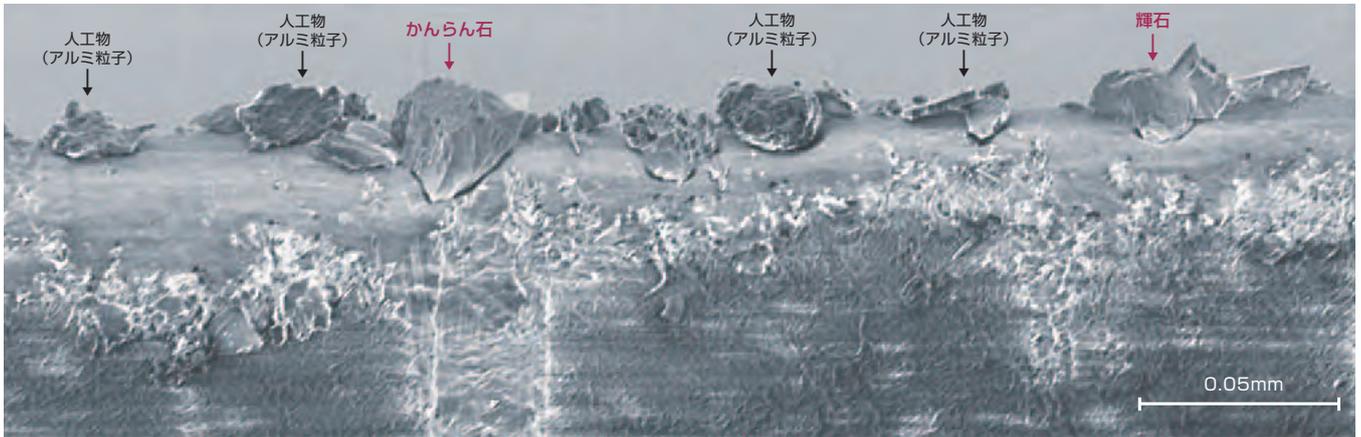
第2室には、回収粒子サイズが小さいことを想定して、前述のように、10マイクロメートル程度の粒子まで認識できるようキャッチャー内部観察用の顕微鏡を事前に準備していた。

粒子のピックアップには、今回新たに開発された静電制御型マニピュレータシステムが使用されている。このマニピュレータも微小粒子回収を想定して事前に準備されたものである。マニピュレーションに用いる針はサンプルの汚染を最小限にするために、合成石英を用いている。

マニピュレータ用の針の内部は金属線を仕組んである。金属線やサンプルステージにかける電圧をコントロールすることで、静電気で付着している微小粒子を持ち上げて移動したり、任意の場所から離したりすることができる。マニピュレータによる粒子のハンドリングについては、現在まだ習熟段階であり、1日に数粒ピックアップできることもあれば、1粒もピックアップできないこともある。ピックアップした粒子は、保管用のスライドガラスに置かれるか、すぐに走査型電子顕微鏡観察にかかる場合は、専用のホルダーにマニピュレータを用いて移動させる。

粒子保管用のスライドガラスは表面に1.5ミリメートルピッチのマス目が10×10つけてある。マス目の中に粒子を置き、1枚のスライドガラスで最大100粒の粒子が保管できるようにしている。

粒子の組成を調べるには、電子顕微鏡を



用いている。電子顕微鏡は電子線を粒子に照射して、光学観測では見ることのできない、さらに細かい構造の観察を可能にする装置であるが、電子線を照射した際に発生する特殊なX線をエネルギー分解して測定する機能を付加することで、粒子の大きな組成を調べることができる。この電子顕微鏡は、クリーンチャンバーとは別の場所に置かれているため、クリーンチャンバー内で、高純度ガス雰囲気専用ホルダー内に密封した後、チャンバー外に取り出し、再び電子顕微鏡内で高純度ガス雰囲気にした状態で開封できるように特別仕様のホルダーを用いている。

## 岩石質粒子はイトカワ起源

粒子のピックアップ作業はキャッチャー内部からの直接ピックアップで開始したが、粒子ピックアップ作業の効率の悪さが予想されたため、事前に別途用意していたテフロン製のヘラによる掻き出しも実施している。1回目の掻き出しでヘラ先に粒子を付着させて採集できることがわかったが、準備したヘラは大きく、直接電子顕微鏡で観察することができなかつたため、急遽ヘラを新たに製作し、電子顕微鏡まで移送するホルダー形状も変更して新規に製作した。またテフロンは電子線の照射に弱いため、電子線の照射条件の再検討も実施した。

このような準備を行って、新しいヘラによる掻き出しを実施することができたのは9月下旬のことである。ヘラで掻き出した場所はキャッチャーA室内の回転筒側面と呼ばれる場所の一部である。

現時点でヘラの片面の観察までしか実施できていないが、すでに3000粒以上の粒子が確認され、その半分程度がアルミニウム等の人工物（アルミニウムはキャッチャーの内面にコーティングされているものである）で、残りが岩石質であることがわかっていく。この岩石質の粒子の分析結果を検討したところ、「そのほぼ全てが地球外物質であり小惑星イトカワ起源である」と判断された。

2010年11月のプレスリリースで公表されたのは、約1500粒の岩石質粒子の電子顕微鏡による分析のまとめである。現在までに公開されている情報をもとにすると、かんらん石、低カルシウム輝石、高カルシウム輝石、斜長石、硫化鉄、クロム鉄鉱、カル

▲ヘラ先端部の一部を拡大した電子顕微鏡画像。「かんらん石」と「輝石」はイトカワ起源とみられているが、アルミ粒子（人工物）も数多く写っている。

▶開封されたカプセル内部のサンプルキャッチャーA室から微粒子を取り出しているようす。白い棒状のものが掻き出し用のヘラ。



シウムリン酸塩鉱物、鉄ニッケル金属、複数鉱物の混合粒子などが発見されている。

また、かんらん石や輝石の中の鉄とマグネシウムの含有率なども測定されており、鉱物種および鉱物化学組成を総合的に鑑みて、ヘラ先に付着した粒子の構成鉱物は普通コンドライトと一致することがわかっている。一方「はやぶさ」探査機に搭載された近赤外線分光器や蛍光X線スペクトロメータによる観測結果からも、イトカワの表面物質が普通コンドライト的な物質であると予想されていたことから、「はやぶさ」が回収したサンプルはイトカワ起源であると総合的に判断したのである。

ヘラ先の付着粒子サイズは、最大でも40マイクロメートルで大部分が10マイクロメートル以下である。10マイクロメートル以下の粒子はクリーンチャンバー内の光学顕微鏡では視認するのが難しく、そのひとつひとつをピックアップしてより分けることはできない。そのため、電子顕微鏡内でのピックアップが可能なマニピュレータを新規に開発することになっている。現在マニピュレータシステムは製作が完了し、操作習熟中である。

ヘラ先の付着粒子の電子顕微鏡観察と並行して、キャッチャーA室内の光学顕微鏡観察を実施する中で、A室とB室の仕切り板付近で多数の粒子を発見した。サンプルキャッチャーは2回のタッチダウンの際のサンプリング試料を別の部屋に収納されるよう設計されており、それぞれA室B室と呼ばれている。仕切り板はキャッチャー開口部から見て奥深い場所にあるため、粒子の観察やピックアップは困難を極めたが、A室の中には多数の粒子が存在し、その中には100マイクロメートルを超えるサイズの粒子があることもわかった。

一方、初期分析の開始前にキャッチャーB室の観察も行う必要があり、そのためにはこれまで観察してきたA室開口部にいったん蓋をして、上下反転し、B室の開口部を開封する必要があった。反転時にA室内の粒子が落下してくることが予想され、その粒子の視認性と回収効率を向上させるために、石英板を準備してキャッチャーハンドリング容器の開口部にかぶせてから容器を反転し、石英板に付着した粒子を確認しながらピックアップする方法を選択した。石英板表面を鏡面研磨加工したこともあり、

キャッチャー内での観察に比べて、石英板表面での粒子の識別が楽になり、10マイクロメートル以上の粒子が1000個以上あることがわかった。ただし、この中には半分程度（あるいはそれ以上）のアルミニウム粒子等の人工物が含まれていることや、石英板表面等の傷を誤認している可能性もあることに注意したい。いずれにしても、石英板に付着させることで、粒子の回収および電子顕微鏡観察のめどが立ち、この中から最初の初期分析粒子を選択することになった。

「はやぶさ」の残した光 第2部 「はやぶさ」からの贈り物

## 第4章

# 全国の研究者がサンプルを多角的に分析中

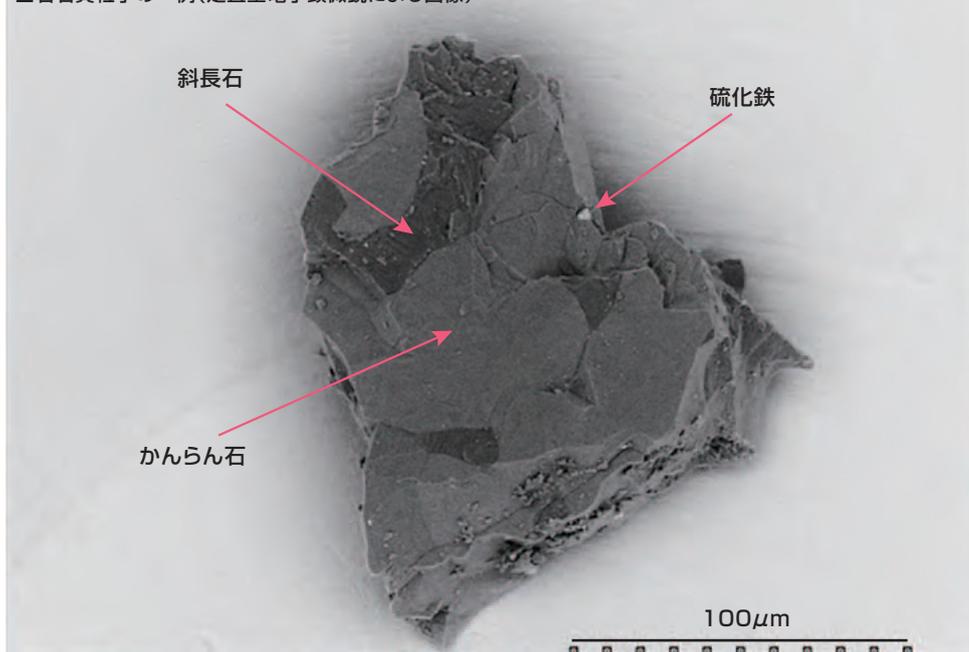
### 初期分析が始まった

初期分析の分析チームは全国の研究者から公募によって選ばれている。サンプルの分配割合についても事前に決まっていたが、サンプルの全容が確認できていないため、これまでに回収された粒子の中からある割合の粒子を順次初期分析に分配することになっている。キャッチャーA室の粒子回収と走査電子顕微鏡による観察がひとつおりの実施された段階で、1月下旬からキャッチャーA室の粒子について粒子の分配を行い、初期分析が開始されている。初期分析の分析内容と分析チームは右ページの一覧表に示したとおりである。

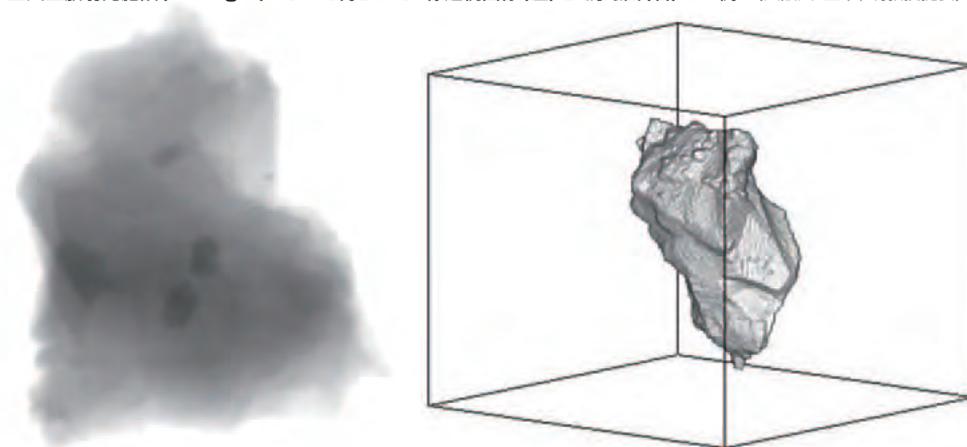
途中、キュレーション設備内の機器定期メンテナンスや震災およびその後の計画停電の影響により、一部のチームへの分配に遅れが生じたが、4月初旬までに1回目のサンプル分配が一通り開始できたところである。

回収された粒子のサイズが当初予定していたサイズより小さかったことは、その後のキュレーション作業を困難にしたが、小さくとも多数の粒子が発見され、イトカワの粒子であると判断することができたのは幸いである。キャッチャーB室の粒子もA室同様石英板による採集は行われているが、

■岩石質粒子の一例(走査型電子顕微鏡による画像)



■大型放射光施設(SPring-8)によって得られたX線透視画像(左)と、鳥瞰図(右)の一例 (大阪大・土山 明教授提供)



2011年1月下旬より開始された「はやぶさ」カプセル内の微粒子(50個程度)の初期分析の結果、以下の事実が明らかになった。岩石質と同定された微粒子(0.03 ~ 0.1mm)の3次元構造ならびに主要元素組成、酸素同位体比の分析結果により得られた物質科学的特徴は特定種の石質隕石の特徴と合致する。宇宙風化作用の痕跡ならびに希ガスの分析結果から、微粒子はイトカワ表面に由来することが明らかにされた。ひとつの岩石には複数の鉱物種が存在し、複雑な3次元構造をしている(写真参照)。現在のところ、有機物の証拠は同定されていない。

分析代表者と主要メンバー	所属	分析法、使用設備	得られる情報
海老原 充 関本 俊	首都大・理工 京都大・原子炉	中性子放射化分析法 （京都大学原子炉実験所研究用原子炉）	元素組成
北島 富美雄 小淵 真人 大河内 拓雄	九州大・理 JASRI/SPring-8 JASRI/SPring-8	顕微ラマン分光法／顕微蛍光分析法、 顕微赤外分光法（九州大） X線光電子顕微鏡（SPring-8）	高分子有機物質の有無と構造
土山 明 上杉 健太郎	大阪大・理 JASRI/SPring-8	X線CT（SPring-8）	粒子の3次元形状および3次元内部構造
中村 栄三	岡山大・地球物質 科学研究センター	分析方針の決定（岡山大）	データの総括
辻森 樹		光学顕微鏡・実体顕微鏡（岡山大） 走査型電子顕微鏡（岡山大） 電子線プローブマイクロアナライザ（岡山大）	粒子表面・内部構造情報 粒子の構成鉱物の同定、組織構造解析 鉱物種モード、主要元素化学組成
国広 卓也		高分解能二次イオン質量分析計（岡山大）	酸素同位体組成、リチウム同位体組成 （粒子径15μm以上の場合）
森口 拓弥		二次イオン質量分析計（岡山大）	H, B, C, F, Cl濃度組成、希土類など微量元素化学組成
小林 桂		透過型電子顕微鏡（岡山大）	微細構造観察、結晶構造同定、局所化学分析、 主要元素分布、有機物の存在の有無
神崎 正美		顕微レーザーラマン分光分析装置（岡山大）	高分子有機物質の構造解析 （有機物の存在が確認された場合）
田中 亮史		安定同位体質量分析システム（岡山大）	対象粒子にマッチした元素濃度および同位体組成標準試料の作成。上記同位体分析、微量元素化学組成分析は、これら標準試料に基づいて実施。
牧嶋 昭夫		表面電離型質量分析計（岡山大） 誘導結合プラズマ質量分析計（岡山大）	
中村 智樹 野口 高明 田中 雅彦	東北大・理 茨城大・理 物質・材料研究機構	X線回折、蛍光X線分析 （高エネルギー加速器研究機構放射光施設） 走査型電子顕微鏡（東北大、九州大、茨城大） 透過型電子顕微鏡（茨城大、日立ハイテック） X線回折（SPring-8）	鉱物の種類と存在度、全岩元素組成 岩石組織と鉱物元素組成 鉱物微細組織、局所化学組成、宇宙風化の状況 鉱物の結晶構造
長尾 敬介 岡崎 隆司	東京大・理 九州大・理	希ガス質量分析法（東京大）	太陽風および宇宙線起源希ガスの存在量と 同位体組成に基づくイトカワ表面環境
奈良岡 浩 三田 肇 浜瀬 健司 福島 和彦	九州大・理 福岡工大・工 九州大・薬 名古屋大・農	ガスクロマトグラフ質量分析計（九州大） 液体クロマトグラフ蛍光検出法（九州大） 飛行時間型二次イオン質量分析計（名古屋大）	有機化合物の有無と種類
込本尚義	北海道大・理	同位体顕微鏡／二次イオン質量分析計 （北海道大）	同位体組成、微量元素組成

注：この表は数か月程度にわたる全体計画を示す。Michael Zolensky(NASA)、Scott Sandford(NASA)及び Trevor Ireland(ANU、オーストラリア)が外国人研究者として参加する。

ピックアップ作業はこれからである。B室粒子についてもピックアップ作業により、ある程度粒子数が確保できた段階で、初期分析への分配が行われる予定である。

初期分析への分配を終えた後は、事前の協定によりNASAにも粒子を分配することが決まっている。またその後は「はやぶさ」サンプルの分析を国際公募することも決まっており、そのため粒子ピックアップ作業も並行して進めている。

キュレーション作業では、この小さくとも貴重なサンプルを汚さず、かつ無くさないことに最重点を置いてピックアップ作業、および記載作業を行っている。現時点では1日平均1～2粒のペースでピックアップ・記載・保管作業が進められているため、遅々とした作業になっているが、あせりは禁物である。毎日が緊張の連続ではあるが、高いモチベーションで作業をしている。

## 汚染のほとんどない純粋な小惑星物質

初期分析で現在までに得られた結果は、これまで多くの研究者が予想してきたことが確かめられたというものがほとんどである。しかし、これまで多くの科学者がどうやっても確かめること

ができなかったことを、「はやぶさ」が地球に持ち帰った貴重なサンプルを分析することで初めて確かめることができる。

「はやぶさ」が持ち帰ったサンプルは、隕石とは異なり、地球大気の汚染をほとんど受けていない物質である。隕石では、大気突入の際やその後に地球物質と触れることにより消失してしまっている情報も、「はやぶさ」の持ち帰ったサンプルから抽出できることが期待されている。

持ち帰ったサンプルの分析から、イトカワの表面における年代やイトカワが形成される前の状況なども見えてくると期待している。隕石の分析から読み解く情報と違い、イトカワという太陽系の中の特定できる場所（天体）から得られる情報であることから、さまざまな情報を組み合わせて、分析の結果を解釈することができる。得られた情報を通して、小惑星の形成過程やその後の太陽系での出来事がひもとかれ、太陽系の形成シナリオに新たな情報が加わることになる。今までのシナリオを支持するデータが得られるのか、矛盾するデータが得られて、その矛盾を説明する新たなシナリオの作成をする必要が出てくるのか、研究者はワクワクドキドキしているところである。

# 3

## 動き出した「はやぶさ」後継ミッション

解説／吉川真（JAXA「はやぶさ2」プロジェクトマネージャー）  
イラスト／池下章裕

# C型小惑星に向かう 「はやぶさ2」計画

「はやぶさ」を改良した探査機で、イトカワとは異なるタイプの小惑星のかけらを地球に持ち帰る計画だ。「はやぶさ2」の目標天体は有機物や含水鉱物をより多く含むと考えられるC型小惑星。太陽系空間にある有機物がどのようなものなのか、そして地球生命の原材料との関係はあるのかというテーマに挑戦する。

「はやぶさ」に続くミッションとして「はやぶさ2」が始動した。

「はやぶさ2」では、金属塊を小惑星に衝突させて人工クレーターを作ることも試みられるが、その時四散した破片を避けるため、小惑星の裏側に退避する。

# 第1章 「はやぶさ」の意思を継いだ「はやぶさ2」が始動

## 「はやぶさ」から「はやぶさ2」へ

2010年6月13日。小惑星探査機「はやぶさ」が地球に帰還した。7年余りにわたる「はやぶさ」のミッションが終了したのである。その結末は、華麗でかつ壮大な人工流星だった。自分自身は燃え尽きながらも、その使命であるカプセルを地球に戻すことに成功した「はやぶさ」。単なる機械なのに、その姿に多くの人が感動した。その後、カプセルの中にイトカワからの物質があることが確認され、現在、分析が進められている。

「はやぶさ」は小惑星から物質を持ち帰るといって、世界初の小惑星サンプルリタールのミッションである。非常に挑戦的なミッションであったので、打ち上げ前でも打ち上げ後でも、忙しいときにはかなりハードな作業が続いていた。

そのような中で、「はやぶさ」が打ち上がる前から、「はやぶさ」の次世代となるミッションについての検討が開始されていた。打ち上げ前の「はやぶさ」はMUSES-C（ミューゼス・シー、Mu Space Engineering Spacecraft -Cの略称で、ミューロケットを使った工学実験探査シリーズの3番目という意味）と呼ばれていた。この「次世代となるミッション」は「ポストMUSES-C」と呼ばれた。これは「はやぶさ」よりも技術的に進んだ探査機を用い、より高度な探査を行おうとするもので、旧宇宙科学研究所の小惑星探査ワーキンググループで検討が進められた。

2003年5月9日、MUSES-Cが打ち上がり、「はやぶさ」が誕生した。そして、「ポストMUSES-C」ミッションは、「ポストはやぶさ」

ミッションと名前を変えて検討が続いた。2005年11月、イトカワに到着した「はやぶさ」が、サンプル採取のタッチダウンを試みた。ところが、予定されたようにはサンプル採取ができなかった。それどころか、燃料が漏れてしまい、通信も途絶えるという最悪の状況になってしまったのである。この状況からどのように抜け出したかは別の話を読んでいただくとして、「はやぶさ」がうまくいかなければ「はやぶさ」の次世代となる「ポストはやぶさ」はありえない。

そこで、2006年、小惑星サンプルリターンに再挑戦するミッションを提案することになり、そのミッションを「はやぶさ2」と呼ぶことにした。そうすると、「ポストはやぶさ」として検討していた次世代ミッションとの区別がややこしくなる。そのために、「ポストはやぶさ」の方は、名称を「はやぶさMk2」とすることにした。Mk2とは“マークツー”であるが、これは「モデルチェンジをした」という意味がある。「はやぶさ」と「はやぶさ2」は同型機であるが、「はやぶさMk2」は異なる探査機であるという意味を名前に込めたわけである。このようにして、宇宙航空研究開発機構（JAXA）では、「はやぶさ」に続く小惑星探査ミッションとして、「はやぶさ2」と「はやぶさMk2」と呼ばれる二つのミッションが検討されることになったのである。

日本では太陽系小天体の探査が重要視されており、日本で初めての惑星間ミッションである「さきがけ」と「すいせい」はハレー彗星の探査であった。そして、「はやぶさ」の目覚ましい成果に続いて、今、「はやぶさ2」が本格的に動き出したのである。ここ

では、「はやぶさ2」について少し詳しく紹介することにする。



「はやぶさ2」は、「はやぶさ」と同じように、イオンエンジンと地球スウィングバイを組み合わせる目的の小惑星まで航行する。「はやぶさ2」の機体の基本構造は「はやぶさ」と同じだが、いくつか変更する点もある。まず、C型小惑星の表面のようすは、「はやぶさ」が探査したS型小惑星とは異なっていると予想されるので、分光観測や試料採取の装置をC型小惑星に適したものに改良する。また、「はやぶさ」初号機の運用で問題が発生したリアクションホイールや化学スラスタなどに改良を施し、平面アンテナを用いるなど、「はやぶさ」以降に進化した技術も導入している。

## 第2章 太陽系の起源と進化、生命の原材料物質を探る

### 小惑星探査の意義

そもそも、小惑星のような小天体を探査する理由は何だろうか。小惑星や彗星のような天体は、別名「始原天体」と呼ばれることがある。地球のような惑星も、元は小さな天体が集まって生まれたと考えられているが、いったんどろどろに溶けて固まったものであるため、初期の物質についての情報がかなり失われてしまっている。始原天体は、そのように溶けることなく存在してきた天体で、太陽系が誕生したときの情報を多く保存している天体なのである。太陽系という惑星系がどのように生まれたのか、そして、どのように進化してきたのかを調べるためには、このような始原天体が非常に重要である。また、生命の誕生や進化にとっても、これらの天体は何らかの手がかりを与えてくれるものと思われている。太陽系そして地球がどのように生まれ、進化してきたのか、生命はどのような物質から生まれたのかを知ることは、現代の科学の1つのブレークスルーになる可能性がある。

始原天体のような太陽系小天体を研究するのは、科学目的のためだけではない。小惑星や彗星といった天体は、地球に衝突しうる天体としても無視できないものである。小さなものでも仮に地球に衝突すれば、非常に大きな災害となる。天体の地球衝突を考えるスペースガードも重要なテーマである。また、未来に人類が太陽系空間に飛び出していくようになった場合、資源としての有用性もある。今すぐに小天体を資源として利用するのはコスト的に見合わないが、資源としての利用可能性を調べておくことは将来の人類にとって有用な情報となろう。さらに、特

に地球に接近するような軌道を持った小惑星については、月の次の有人ミッションのターゲットとして注目されるようになってきた。月の次は火星と言われていた有人ミッションであるが、月から火星というのはやはり飛躍が大き過ぎるのである。火星の前に、地球に接近しているときの小惑星に向かうというのが現実的な路線であるという考えが出てきた。

このように単に科学にとどまらない多様な意義を持った天体が小惑星や彗星といった太陽系小天体なのである。

### 「はやぶさ2」の経緯と意義

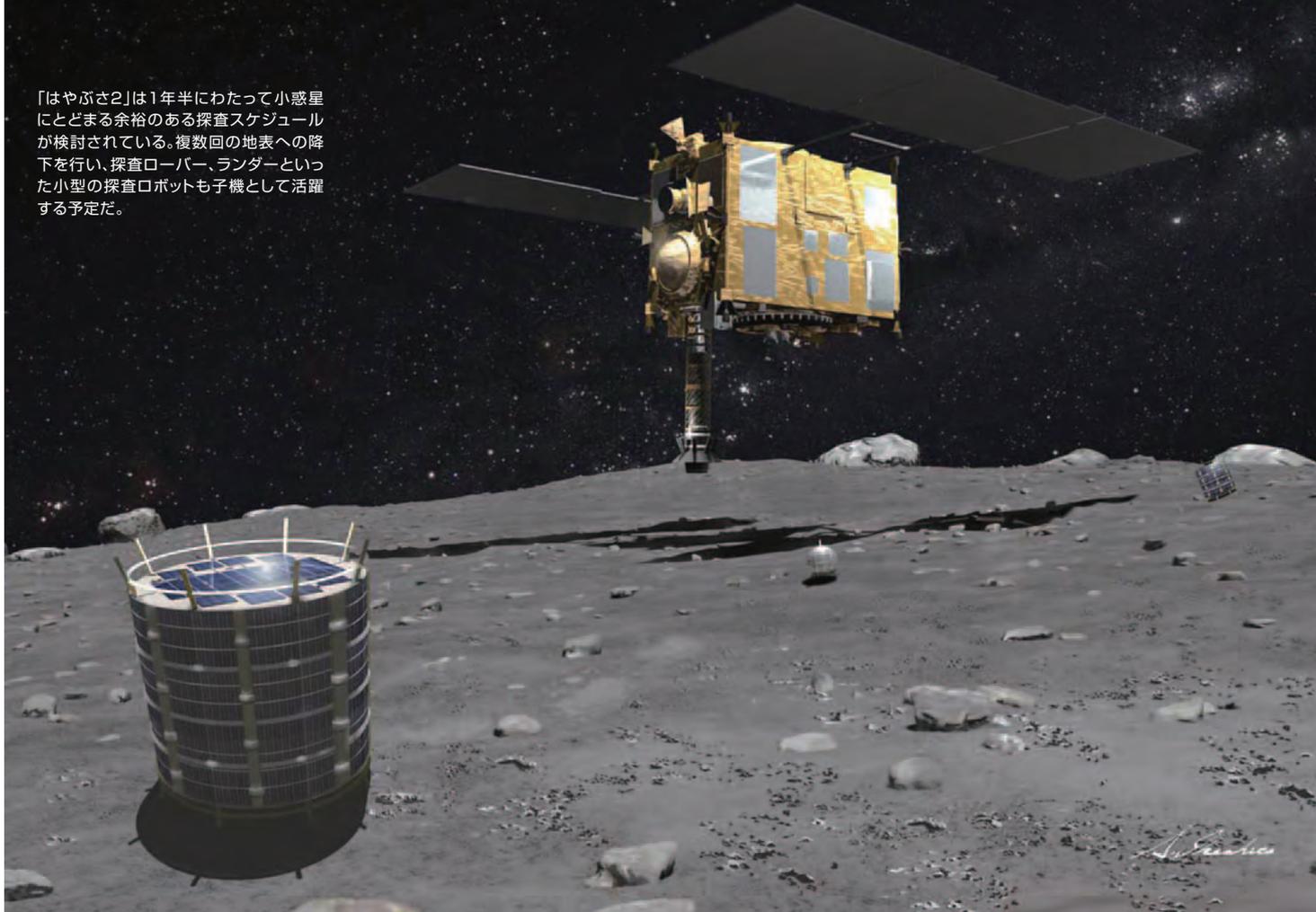
もう少し詳しく「はやぶさ2」の経緯を見てみよう。すでに述べたように、「はやぶさ2」が最初に提案されたのは2006年である。「はやぶさ」の再挑戦のミッションとして提案されたので、最初の案では、探査機そのものの構造は「はやぶさ」とほぼ同じで、なるべく早期に打ち上げることを目指した。もちろん、「はやぶさ」で問題点があったところについては、修正なり再検討を行う。また、ターゲットとなる小惑星としては、より多くの科学成果を挙げるためにも、イトカワとは別の種類の小惑星が選ばれた。1999 JU3という仮符号が付いた小惑星である。

「はやぶさ」が探査した小惑星イトカワは、S型というタイプに分類される小惑星である。小惑星はその反射スペクトルによっていくつかの型に分類されているが、S型は「普通コンドライト」と呼ばれる隕石の母天体であると考えられている。実際、「はやぶさ」の探査で、S型小惑星であるイトカワの表面は普通コンドライトと同じ成分であることが確認された。これに対して、C型と

宇宙科学研究所相模原キャンパスのエンタランスに展示されている「はやぶさ」の原寸大模型(右奥)と、「はやぶさ2」の10分の1模型(左手前)。



「はやぶさ2」は1年半にわたって小惑星にとどまる余裕のある探査スケジュールが検討されている。複数回の地表への降下を行い、探査ローバー、ランダーといった小型の探査ロボットも子機として活躍する予定だ。



いうタイプの小惑星は「炭素質コンドライト」という隕石の母天体ではないかと考えられており、表面物質には有機物や水が多く含まれている可能性がある。S型とC型は、小惑星の代表的な型であるので、この2つをまず探査する必要がある。「はやぶさ」がS型小惑星の探査を行ったので、「はやぶさ2」としてC型の小惑星探査を行いたい。そこで「はやぶさ」と同型の探査機でサンプルリターンが可能となるC型小惑星がないか検討したところ、この1999 JU3という小惑星が適している天体であることがわかったのである。一般的にはC型の小惑星はS型よりも地球から遠いところにあるのだが、1999 JU3は例外的に地球軌道近傍にあるC型小惑星なのである。

この小惑星に行くためには、打ち上げの時期が2010年か2011年となる。2006年に早急に検討を行い予算の要求をしたが、残念ながら予算としては研究費程度しか確保できず、ミッションの実現は不可能となった。しかし、次の打ち上げ時期が、2014年ないし2015年にある。そこで、当初の検討よりも4、5年遅らせた打ち上げを再検討することになった。時間的な余裕ができたので、「はやぶさ」とほぼ同じことをやる方向で検討していた内容を一部変更して、新しいことにも挑戦することにした。それが、この後紹介する「衝突装置」と呼ばれるものである。この衝突装置を使って、小惑星表面に人工的なクレーターを作り、可能ならばクレーター内部の物質（あるいは地下から放出された

物質）の採取を試みるのである。2009年に、この新しい試みを追加したミッションとして「はやぶさ2」を再提案し、その後、「はやぶさ」の地球帰還を経て「はやぶさ2」の実行が認められ、現在、2014年の打ち上げを目指して作業が進められている。

以上のような経緯で進められることになった「はやぶさ2」であるが、その意義は科学・技術・探査の3本柱となる。科学としては、「太陽系の起源と進化、生命の原材料物質を探る」ということである。地球、海、生命の原材料物質は、太陽系初期には同じ母天体の中で、互いに密接な関係を持っていた。この相互作用を現在でも保っている始原天体からのリターンサンプルを分析することで、太陽系の起源・進化の解明や生命の原材料物質を調べるのである。技術としては、「日本独自の深宇宙探査技術を確認し、技術で世界をリードする」ということになる。「はやぶさ」は世界初の小惑星サンプルリターンミッションとして、数々の新しい技術に挑戦した。その経験を継承し、より確実に深宇宙探査を行える技術を確認する。さらに、新たな技術にも挑戦し、今後の新たな可能性を開くことを目指す。

最後に、探査としての意義であるが、地球から太陽系天体を往復してくる技術を確認し、さらに新たな試みも行うことで、人類の活動領域を広げることを目指す。また、スペースガード、資源利用、有人探査のターゲット等の観点から小天体を理解することも探査としての意義である。

## 第3章

## 金属の塊を撃ち込み、人工クレーターを作る

## 「はやぶさ2」ミッションの概要

すでに述べたように、現時点では2014年の打ち上げを目指している。これまでの軌道検討によると、1999 JU3に行くための打ち上げウィンドウは、2014年と2015年に合計4回存在する。このうち、最初の3回は、いずれの場合も2015年12月に地球に戻ってきて地球スウィングバイをすることで小惑星に向かうことになる。最後の打ち上げウィンドウは、まさにこの2015年12月の地球スウィングバイのときを打ち上げとするものである。いずれの場合も、地球軌道から離れるのは2015年12月になるので、それ以降のスケジュールはほぼ同じとなる。小惑星1999 JU3への到着は2018年、小惑星からの出発は2019年末、そして地球帰還が2020年末である。このように、地球に戻ってくるのが今から約10年後となる。やはりサンプルリターンのミッションは時間がかかる。

「はやぶさ2」の探査機本体は、「はやぶさ」とほぼ同じ規模となる。打ち上げは、H-IIAロケットを予定しているので、探査機の質量は「はやぶさ」よりも少しだけ重くすることは可能であるが、大きく増やすことはできない。これは、質量の上限がイオンエンジンの能力で決まってしまうためである。搭載される機器も、ほぼ「はやぶさ」と同じであるが、「はやぶさ」で不具合があったものは改良するし、すでに部品が無くなってしまったものについては代替品を使う。「はやぶさ」と異なる機器としては、以下で述べる科学観測機器の一部と衝突装置、そしてKaバンドの通信装置である。探査機との通信は、Xバンドと呼ばれる8ギガヘルツ帯の周波数の電波を用いるが、「はやぶさ2」では、さらにKaバンドという32ギガヘルツ帯の電波も使ってより高速な通信を行う予定である。なお、最も大きいアンテナであるハイゲインアンテナは、金星探査機「あかつき」に搭載したものと同様の平面アンテナとなるが、探査機の形状は「はやぶさ」に似たものとなる。

小惑星に着いてからどのようなことを行うかをまとめてみよう。まず、初めて至近距離で見ることになる小惑星1999 JU3を詳しく観測する。観測をする装置としては、多バンド可視カメラ、近赤外線分光計、中間赤外カメラ、レーザー測距装置がある。この中で、多バンド可視カメラとレーザー測距装置は「はやぶさ」で搭載したものとほぼ同じ装置を想定している。これらは、小惑星の写真を撮ったり探査機から小惑星までの距離を測ったりするので、サイエンスの観測機器であると同時に、航法用の機器でもある。一方、近赤外線分光計と中間赤外カメラは科学観測用の装置で、

近赤外線のスペクトルを取得したり、小惑星表面の温度を調べたりする。近赤外線分光計は、「はやぶさ」でも搭載していたが、「はやぶさ2」では分光できる波長帯を少し変更して、波長が3マイクロメートル付近にある水による吸収を調べられるようになっている。中間赤外カメラは、「はやぶさ」には搭載されていなかったが、金星探査機「あかつき」とほぼ同じものを搭載する。波長10マイクロメートル前後の赤外線で見守る装置である。

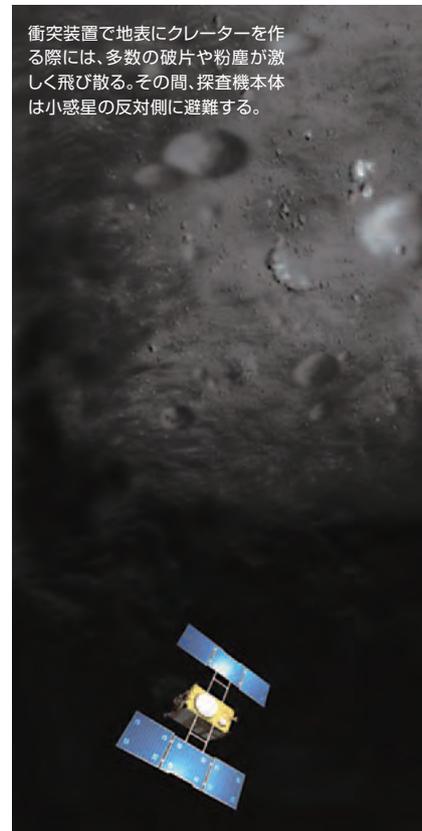
これらのリモートセンシング観測に加えて、「はやぶさ2」では、小型のローバーや着陸機についての検討も行っている。小型のローバーについては、「はやぶさ」に搭載したミネルバと似たものを検討しているし、着陸機についてはドイツの宇宙機関を中心としたグループが搭載を希望しており、現在、協議中である。これらのローバーや着陸機が実際に搭載されれば、リモートセンシングでひと通り観測を行った後、これらを表面に降ろして観測を行うことになる。

そして、本機でタッチダウンを行い、表面物質(サンプル)を採取する。サンプルの採取方法は、基本的に「はやぶさ」のやり方を踏襲する。つまり、探査機にはサンプル採取装置があり、それが表面に触った瞬間に弾丸が撃ち出され、砕かれた表面物質がサンプル採取装置の中を上昇していき、サンプルの格納ケースに入るというやり方である。「はやぶさ」の場合、弾丸の撃ち出しができずに実際に採取されたサンプル量が少なくなってしまった。「はやぶ

本体から切り離れた衝突装置を上空で爆発させ、金属の塊を打ち出す。



衝突装置で地表にクレーターを作る際には、多数の破片や粉塵が激しく飛び散る。その間、探査機本体は小惑星の反対側に避難する。



「はやぶさ2」では、人工クレーターによって小惑星の一部分を破壊して風化の少ない内部の物質を露出させ、衝突クレーター内部にタッチダウンしてサンプル採取を行うことを計画している。



さ2」ではそのようなことがないよう、慎重に運用を進めたい。また、弾丸の形状など細かい点は、「はやぶさ2」が探査する小惑星で想定される表面物質に合ったものに調整する予定である。

### 人工クレーターの底から新鮮なサンプルを得る

表面のサンプル取得に成功した後、最後に新たな試みを行う。それは、小惑星表面に人工的なクレーターを作るということである。そのために、「はやぶさ2」には衝突装置というものを搭載する予定である。衝突装置は、爆薬が詰められた小型のボックスで、小惑星上空数百メートルの所で切り離されて、上空で爆発する。すると、2キログラムくらいの金属の塊（銅を想定）が秒速2キロメートルくらいで飛び出していき、小惑星表面に衝突し、クレーターを作るのである。実際にできるクレーターは、直径が数メートルの小さなものだと考えられる。クレーターを作る目的は、地下の物質を露出させることである。クレーターができれば、まずそれを上記のリモートセンシング機器で観測し、次に、そのクレーターにタッチダウンをして物質を採取することを試みるのである。小惑星表面の物質は、太陽からの電磁波や放射線に変質している可能性があるが、地下の物質を採取すれば、あまり変質していない物質が取得できる可能性がある。また、人工的に作ったクレーターの外見や物質の飛散の仕方などを調べることで、小惑星の構造や物質の集積などについても研究を行う予定である。



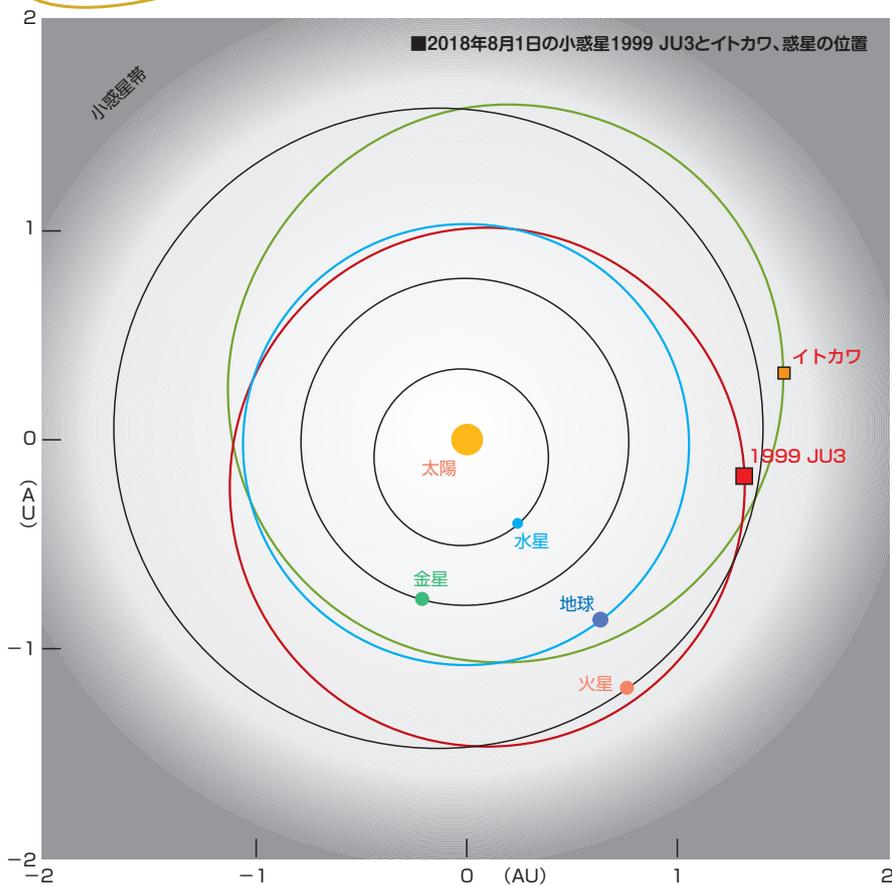
「はやぶさ2」と探査目標の小惑星 1999 JU3

以上のミッションを行った後、「はやぶさ2」は地球に帰還する。地球に接近したところでカプセルを切り離し、カプセルが地球大気に飛び込んで回収されることになる。ここは、「はやぶさ」と同様に行く。ただし、探査機本体は地球に衝突することは避けて、探査機の状態が問題なければ、別の目的地に向かわせたいと考えている。まだ具体的には決まっていないが、可能性としては別の小天体にフライバイさせるとか、太陽-地球系のラグランジュ点に向かうなどが候補になっている。もちろん、ミッションはここで終わりではなく、地球に戻されたカプセルの中の物質の分析が続くことになる。

### 第3部 C型小惑星に向かう「はやぶさ2」

## 第4章

# 探査ターゲットは、C型小惑星 1999 JU3



### ターゲット天体

「はやぶさ2」の探査ターゲットとして選ばれた1999 JU3という小惑星は、まずC型の小惑星であるということがポイントであるが、サンプルリターンを可能にするためにはその軌道も重要である。1999 JU3の軌道は、小惑星イトカワに似ていて、地球の軌道から火星の軌道に達するような軌道である。イトカワ同様に軌道の傾きも小さく、ほぼ黄道面に沿ったものになっている。「はやぶさ2」のような小型の探査機によるサンプルリターンは、このような軌道を持つ天体をターゲットとすることで可能になる。

2007年から2008年にかけて、1999 JU3の観測キャンペーンが行われた。その結果、得られた物理情報を整理したものが表1である。探査として重要な情報は、大きさ、自転周期、自転軸の方向、反射率である。直径は900メートル程度で、イトカワの2倍近くの大きさとなる。自転周期は7.6時間であり、イトカワの12時間に比べると少し短い。自転周期が短いとタッチダウンが難しくなるが、7時間程度であれば問題はない。また、自転軸の向きは、黄道面に垂直方向に対してかなり傾いている可能性がある。自転軸については、さらなる観測が必要であるが、自転軸が傾いている場合には、探査機の運用

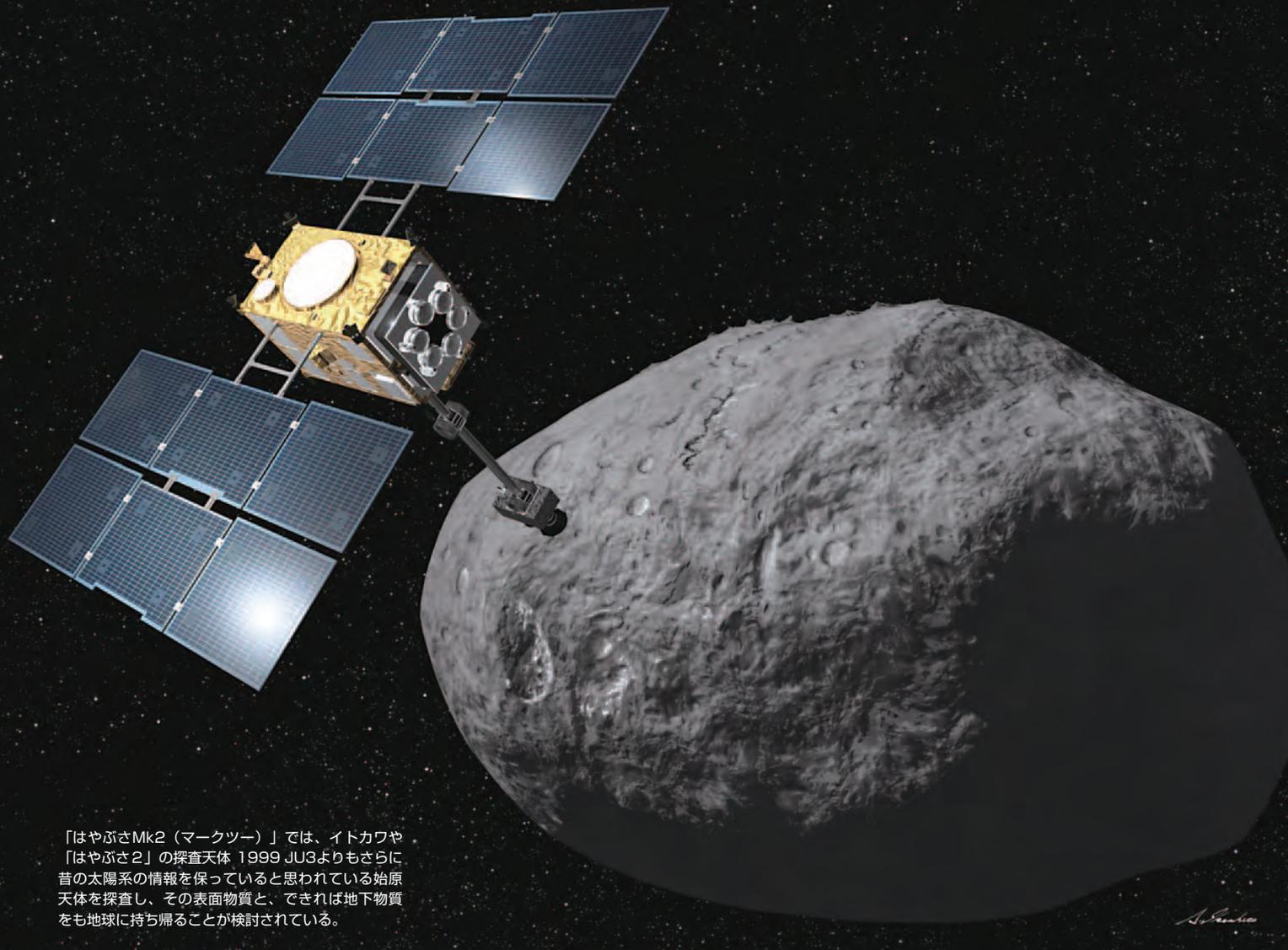
小惑星イトカワと1999 JU3の公転軌道（惑星と小惑星の位置は、2018年8月1日のもの）。どちらも多数の小惑星が存在する小惑星帯よりも内側に存在し、地球に接近する軌道をもつ小惑星である。地球と1999 JU3までの距離は、地球から太陽までの距離の2倍（2AU、約3億km）以上離れる時期がある。

■表1 小惑星 1999 JU3の物理情報  
観測キャンペーン（2007、2008）により得られた情報

自転周期: 0.3178day (~7.6h)  
 自転軸の方向: (l,b)=(331,20)  
 軸比=1.3 : 1.1 : 1.0  
 大きさ: 0.922±0.048 km  
 アルベド: 0.063±0.006  
 等級等: H=18.82±0.021、G=0.110±0.007  
 タイプ: Cg

■小惑星 1999 JU3 の光度変化の観測から推定された小惑星の形状（川上恭子氏による）





「はやぶさMk2（マークツー）」では、イトカワや「はやぶさ2」の探査天体 1999 JU3よりもさらに昔の太陽系の情報を保っていると思われる始原天体を探査し、その表面物質と、できれば地下物質をも地球に持ち帰ることが検討されている。

方法を工夫する必要がある。

表面の反射率（アルベド）は0.063と推定されておりかなり小さい。つまり、表面が黒っぽいことになる。これは、C型小惑星の特徴である。反射率が小さいと、写真を撮影するときの露出時間の検討が必要であるし、距離測定のためのレーザー光の反射が弱くなるなど着陸のセンサーについても検討を行っておく必要がある。なお、1999 JU3の形状については、現在までの観測によると、どちらかという球形に近い形が推定されている。これは、小惑星の変光観測から推定されたものであり、まだレーダーによる観測は行われていない。

以上のようにこれまで得られている情報で、小惑星1999 JU3はサンプルリターンを行うにあたって、特に問題はないことが確認された。あとは、実際に「はやぶさ2」が接近したときに、どのような素顔を見せてくれるのかが楽しみである。

## さらに将来に向けて

「はやぶさ2」では、「はやぶさ」で経験したことを踏まえて、より確実なミッションができるような技術を目指す。いろいろな不具

合や失敗があり、それを乗り越えたのが「はやぶさ」だったが、「はやぶさ2」は、「はやぶさ」のようなドラマティックなミッションにはならないはずである。探査技術としては、確実性やロバスト性を追求することが「はやぶさ2」の目的であるからだ。科学としては、C型の微小小惑星についてその表面の状態や物質を調べ、有機物や水についての情報が得られることが期待される。イトカワの結果ともあわせて検討することで、小惑星帯の物質分布について詳しい知見が得られることになるだろう。また、より空隙率が高いと言われているC型小惑星について、その内部構造がわかると、微小天体の構造についても理解が深まるはずである。探査技術としては、ドラマティックにならないにしても、探査対象天体である1999 JU3は人類が初めて行く天体であり、そこには驚きが待っていることを期待している。

最初に述べたように、「はやぶさ」→「はやぶさ2」→「はやぶさMk2」という一連のミッションを想定して検討を進めている。これらは、ホップ・ステップ・ジャンプと言ってもよい。将来の大きな“ジャンプ”を目指して、「はやぶさ2」ではより確実な“ステップ”を刻みたい。



# 4

## 燃え上がる「はやぶさ」

### 史上最も愛された国民的探査機

オーストラリアの夜空に火球となって散った「はやぶさ」は翌日の朝刊各紙でトップを飾り、文字通り一夜にしてヒーローになった。「はやぶさについてもっと知りたい」「もっとみんなに知ってもらいたい」そんな思いが空前的「はやぶさ」ブームを呼び起こした。

構成／編集部

2010年7月31日、神奈川県相模原市にある宇宙科学研究所相模原キャンパスの一般公開で「はやぶさ」の実物大模型に見入る見学者たち。例年の倍近い人々で賑わった。

## 第1章

## 全国で51万人が出迎えた帰還カプセル

## 「はやぶさ」の運んだカプセル、日本へ

51万2410——これは昨年7月末から今年の5月中旬までに全国各地で開催された「はやぶさ」帰還カプセルの展示に訪れた人の数だ。実に日本の総人口の4%にあたる人々が、「はやぶさ」の成果をその目で確かめるために会場まで足を運んだのである。

昨年6月13日に地球帰還を果たしたカプセルは、17日にチャーター機でオーストラリアを出発、同日23時23分には羽田空港へ到着した。そして翌18日にプロジェクトチームの本拠地であるJAXA相模原キャンパスへ7年ぶりに戻ってきた。カプセル内にある、イトカワのサンプルが収められたコンテナ(このときはまだサンプルの有無は確定していなかったが)の開封作業が始まったのは6月24日になってからであった。

## カプセルの全国行脚がスタート

コンテナ部分を取り外したカプセルが、国民の前に初めて姿を見せたのは帰還から1か月半後。相模原キャンパスの年一度の一般公開日に合わせて、隣接する相模原市立博物館で展示が行われた。コンテナの開封・分析が少しずつ進んでいた時期であり、「イトカワのかげら」が入っているのかどうか、日本中が結果に注目していた。公開当日は夏休み中ということも手伝って、老若男女を問わずあらゆる世代の人々がひと目カプセルを見ようと長い列を作ったのだった。夜空に散った「はやぶさ」の記憶が新しい中、大気と反応して燻されたように黒くなったヒートシールドや、まったく高温の影響を受けていない内部の様子、砂漠で回収されたときにカプセルと一緒に写っていたパラシュートの実物などを目の当たりにした見学者たちは、日本のすばらしい技術力を改めて感じ、賞賛と誇りに胸を熱くした。

JAXAは科学館やイベント会場へのカプセル貸し出しを発表。宇宙科学研究所を飛び出したカプセルは全国で公開展示され、そのつど長蛇の列で歓迎を受けた。51万2410という数字はすなわち、「はやぶさ」の蒔いた種から顔を出した芽の数といえる。



撮影 / 佐賀県立宇宙科学館



佐賀県立宇宙科学館では昨年11月末にカプセル展示を行った。グラスで見学に訪れた子どもたち(上)と、館入口前の階段にできた長蛇の列(下)。ちょうどイトカワ由来の微粒子が見つかったと発表があり、新たな注目の波が来たころだった。

相模原市立博物館では、カプセルのほかにもミッションに関連する模型やパネルが展示され、人だかりができていた。施設が用意したメッセージボードは「お疲れさま」「イトカワの砂が入っているといいね!」「ありがとう」などの文字とイラストで埋めつくされている。



カプセルやヒートシールドの一般公開は現在も続いており、ほぼ週末ごとに各地の施設を巡っている。JAXAのホームページで随時スケジュールが発表されているので、行きそびれた人はチェックしてみてください。

撮影／釧路市こども遊学館



釧路市こども遊学館では今年2月に展示が行われ、5日間で計6766名の見学者があったという。JAXAの吉川真准教授を招いて講演会を企画したが、応募者が殺到したため定員を増やして対応したとのこと。

大阪市立科学館主催の展示は、動員数の多さを考慮して近鉄百貨店で行われた。カプセル前の壁には「はやぶさ」実物大パネルが掛けられ、探査機の大きさを実感できるようにになっている。 撮影／大阪市立科学館

## 「はやぶさ」とずっと 広報担当者の1年半

小甲由美 (JAXA 月・惑星探査プログラムグループ 広報担当)

「はやぶさ」が地球帰還を目前にした2010年2月、私は月・惑星探査プログラムグループの広報担当に配属されました。プロジェクトチームは回収に向けたミッションの佳境に突入、オーストラリア政府から着陸許可をもらうべく慌ただしく動き回っていた頃の話です。

私の主な仕事のひとつに、「はやぶさ」プロジェクトチームへ届いた依頼の調整があります。取材や講演などの要望を受け、川口プロジェクトマネージャーをはじめとする研究者のスケジュールの確認をします。依頼者との調整がうまくいけば新聞・雑誌の記事やテレビ放送となって皆さんの目に触れることとなります。

2010年、5月。TCM(軌道補正マヌーバ)完了後の記者説明会には以前から「はやぶさ」を見守っていた記者の方々がありました。川口プロジェクトマネージャーがイオンエンジンのクロス運転を「スペアタイヤで走行している状態」と説明していたのをよく覚えています。今思うと、決して静かではありませんが、まだ嵐が訪れる前だったと思います。

6月13日に「はやぶさ」が帰還するや否や、科学雑誌や新聞などに加え、テレビ局からの取材依頼が加わり賑やかになりました。この頃のスケジュールを見ると、1日で10件近くの取材を受けた日もありました。

オーストラリアで回収されたカプセルが日本に戻ってきた時点で、「はやぶさ」への注目はひと段落すると思っていたのですが、それはまったく

の見当違いでした。帰還カプセルの展示が始まると、プロジェクトチームには多くの講演依頼も届くようになりました。お受けした講演数は300件を超えており、一般からは「『はやぶさ』について」「ものづくりの現場」、企業からも「プロジェクトを束ねるには」「経営論」等のリクエストがあり、こういったお話をすべく、先生方は全国各地を飛び回っています。現在、川口プロジェクトマネージャーは相模原で顔を見ることが少なく感じるほど、スケジュールは取材や講演会でびっしりです。

「はやぶさ」に関する依頼で1日に届くメールは150件以上になっていました。どれだけ頑張っても終わりが見えず、最終バスがなくなった相模原キャンパスから駅まで、どうしてよいかかわらず泣きながら帰ったこともあります。そんな時期もなんとか乗り越えてきました。

5月21日、この原稿をアメリカのハンツビルで書いています。昨夜、「はやぶさ」プロジェクトチームが「フォンブラウン賞」を受賞しました。その意義に優れ成功した宇宙プロジェクトにおいて、自らが築いた強い絆のチームを献身的に率いたという点で、優れたマネジメントとリーダーシップに対して贈られる賞です。「はやぶさ」が帰還してもうすぐ1年。まだまだ慌ただしくも、こうして「はやぶさ」と一緒にいられることを幸せに思います。

フォンブラウン賞の授賞式にて川口プロジェクトマネージャー(右)、上杉邦憲氏(中央)と。



広報に寄せられた、「はやぶさ」へのたくさんのメッセージ。どれも心のこもったものばかりだ。

## 第2章

## 銀幕のスターになった「はやぶさ」

## 1本が公開中、3本が製作中という驚きの人気

今年のはじめ、いくつかの映画会社から企画中の作品が発表されたが、その中に「はやぶさ」の文字を見つけて驚いた。しかも複数の製作会社がそれぞれの「はやぶさ」を作るといふ。実写映画で、仮にも「はやぶさ」と銘打っているのだから、やはりプロジェクトチームの動きを追ったものになるのだろうか？ 疑問が渦巻く中、少しずつ作品の内容が公開されてきた。

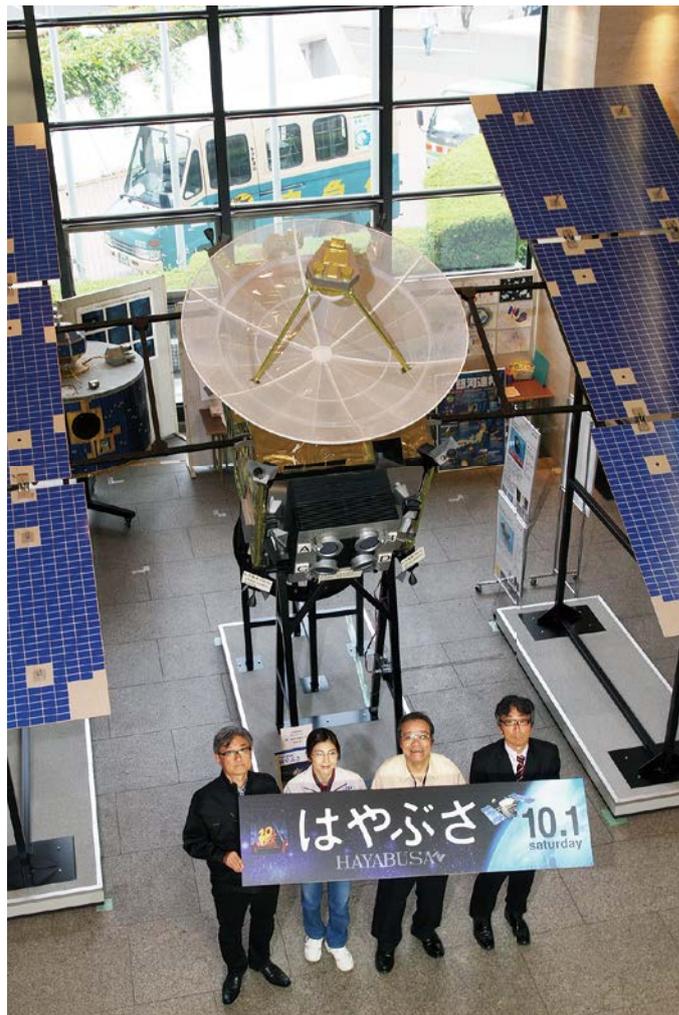
実写とは路線は異なるが、真っ先に映画館で上映されたのはプラネタリウム番組を映画用に再構成したフルCG作品『はやぶさ HAYABUSA BACK TO THE EARTH』である。実写映画に関しては、20世紀FOXによる『はやぶさ／HAYABUSA』が今年10月1日からの全国ロードショーであることが発表された。松竹の『おかえり、はやぶさ(仮)』は2011年公開、東映による『小惑星探査機 はやぶさ 一遙かなる帰還 - (仮題)』は2012年の上映予定としている。

実際の出来事の直後に、同じ題材から同時に何本もの映画が製作されるというのは前代未聞といつていい。それだけ「はやぶさ」とそれを支えた人々のストーリーがドラマチックな魅力にあふれているということなのだろう。「はやぶさ」が銀幕でどんな姿を見せてくれるのか、ドキドキしながら待つことにしよう。

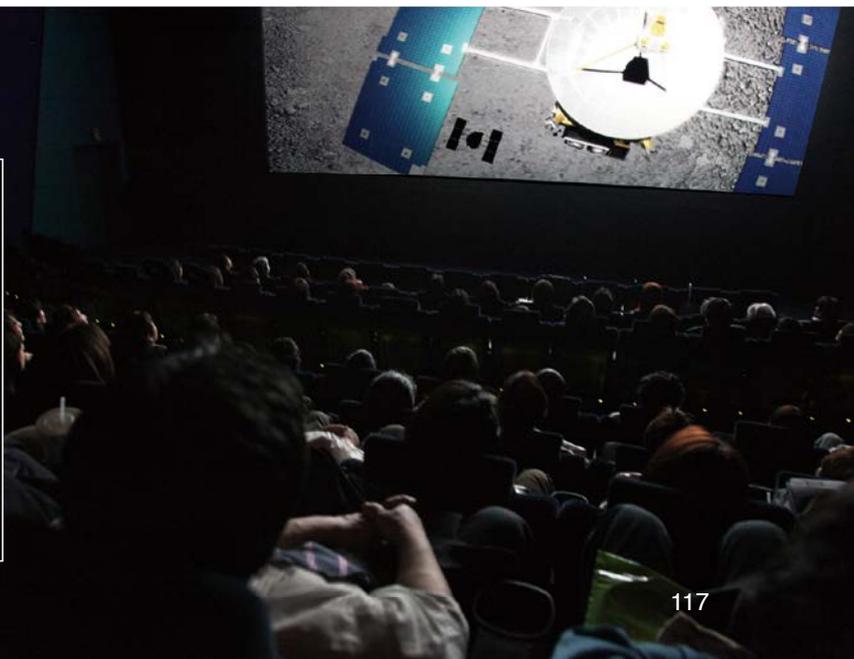


東映の製作・配給が決定した『小惑星探査機 はやぶさ 一遙かなる帰還 - (仮題)』は、山根一眞氏によるノンフィクション『はやぶさの大冒険』を原作としている。監督は『星守る犬』の瀧本智行氏、川口淳一郎プロジェクトマネージャーの役を演じるのは渡辺謙氏だ。

5月14日から上映している『はやぶさ HAYABUSA BACK TO THE EARTH』。全国のプラネタリウムでロングラン投影している番組を、平面スクリーン用に作り直した作品だ。5月10日の先行試写会では、監督の上坂浩光氏を招いてトークショーも行われた。当初は2週間限定の上映予定だったが、好評につき延長が決まったという。



5月23日に相模原の宇宙科学研究所で行われた「はやぶさ／HAYABUSA」製作報告記者会見。左から監督の堤幸彦氏、主演の竹内結子氏、西田敏行氏、JAXAの國中均教授。竹内結子氏が、悩みを抱えつつも「はやぶさ」の広報に携わり、成長していく女性研究者を演じる。



## これほど多方面へのグッズ展開は前代未聞

「はやぶさ」の人気は関連グッズの多さからも伺い知ることができる。書籍やポスターだけでなく、ぬいぐるみやクリアファイル、日本酒、カードゲーム、写真立てなど、これまで「宇宙機」というジャンルでは考えられなかった製品が続々と発売されたのだ。

その中でも関連書籍の多さは群を抜いている。プロジェクトの始まりから帰還やサンプル分析までを追ったオーソドックスなドキュメンタリーが多いが、他にも子ども向けの図説、プロジェクトマネージャーに焦点を当てたビジネス本、または「はやぶさ」とはあまり関係のない深宇宙のトピックスに探査機コーナーを付け加えたようなものまで、ムックや漫画を含めれば20点を軽く超える。

どれを読めばいいか迷ったときに指針のひとつとなるのが「外側から書かれたか」「内側から書かれたか」ということだ。「外側」の代表として挙げておきたいのが、ジャーナリストの山根一眞氏による『小惑星探査機 はやぶさの大冒険』（マガジンハウス）と、朝日新

聞取材班による『「はやぶさ」からの贈り物—全記録・小惑星イトカワの砂が明かす地球誕生の秘密』。前者は関係者との対話と状況の解説を交互に登場させ、7年にわたる運用を客観的、かつ臨場感たっぷりに紹介している。後者のポイントは帰還する「はやぶさ」をオーストラリアで迎える部分だ。燃えながら落ちてくる「はやぶさ」を実際に見た記者による記録は、書籍になっているものではおそらくこれが唯一である。

「内側」の書籍としては、プロジェクトマネージャーの川口淳一郎氏自らが筆をとった『はやぶさ、そうまでして君は～生みの親がはじめて明かすプロジェクト秘話』（宝島社）と、プロジェクトに貢献した技術者たちによる共著『小惑星探査機「はやぶさ」の超技術』（講談社）、JAXA的川泰宣氏による『小惑星探査機 はやぶさ物語』（日本放送出版協会）の3冊がおすすめ。プロジェクトの解説が充実している点では同じだが、チーム内での他愛のないエピソードや個人的な思い入れの記述が多く、まさに当事者でしか語りえない生の言葉が満載である。入門書としては『そうまでして君は～』と『は

【書籍・ムック・雑誌】『小惑星探査機「はやぶさ」宇宙の旅』（汐文社）／『小惑星探査機 はやぶさの大冒険』（マガジンハウス）／『はやぶさ、そうまでして君は～生みの親がはじめて明かすプロジェクト秘話』・「永久保存版 はやぶさの軌跡 NHKとJAXAの貴重なビジュアル250点収録!」（宝島社）／『「はやぶさ」式思考法 日本を復活させる24の提言』（飛鳥新社）／『小惑星探査機 はやぶさ物語』（日本放送出版協会）／『小惑星探査機「はやぶさ」の奇跡』（PHP研究所）／『探査機はやぶさ7年の全軌跡—世界初の快挙を成し遂げた研究者たちのドラマ』・「はやぶさが開く宇宙新時代—宇宙探査の最前線に立つ15人のリーダー」（ニュートンプレス）／『はやぶさLOVE講座』（徳間書店）※



※『日経サイエンス』（日本経済新聞）／『「はやぶさ」からの贈り物—全記録・小惑星イトカワの砂が明かす地球誕生の秘密』（朝日新聞出版）／『はやぶさと宇宙の果てを探る』（洋泉社）【漫画】『帰還せよ—探査機はやぶさに賭けた男達』（竹書房）【DVD】『HAYABUSA—BACK TO THE EARTH—帰還バージョン』（ライブ）／『おかえりなさい、はやぶさ』（ポニーキャニオン）／『NHK-DVD 小惑星探査機「はやぶさ」の軌跡』（日本コロムビア）【音楽CD】『HAYABUSA—BACK TO THE EARTH—オリジナルサウンドトラック』（ライブ）／『星の歌集』（タワーレコードディストリビューション）【模型】『1/32 スペースクラフトシリーズ No.SP 小惑星探査機 はやぶさ 特別メック版』（青島文化教材社）／『大人のプラモランドVOL.3 小惑星探査機はやぶさ（夜光Ver.）』（徳間書店）／『はやぶさレジンキット』（宇宙科学振興会）【その他】『HAYABUSA—BACK TO THE EARTH—クリアファイル（ライブ）』／『黒曜石の宇宙 はやぶさ』置物（十勝工芸社）／『はやぶさ君』ぬいぐるみ（WIZ）／『はやぶさ 迎え酒』日本酒（企画日本酒造）

販売が終了したものもあり、すべてのグッズを網羅することは叶わなかったが、これだけでもなかなかの数だ。一時の勢いはないが、これからも新しい製品が発売されていくだろう。

## HAYABUSA -BACK TO THE EARTH- 帰還バージョン



話題になったプラネタリウム番組のDVD・BD。帰還前に完成したバージョンから、帰還シーンやエンドロールを差し替えた「帰還バージョン」は、上坂浩光監督のこだわりが満載。「はやぶさ」へ強い思い入れのある方には特におすすめだ。サウンドトラックやクリアファイルも発売中。  
DVD版3,400円(税込)・BD版5,900円(税込)／6月6日発売／帰還バージョンDC版(ロング45分・ショート28分)+特典映像24分



特典として、川口プロジェクトマネージャーへのインタビューなど、豪華な映像プログラムが収録する。



はやぶさプロジェクトマネージャー・川口淳一郎さん

©有限会社ライブ ©「はやぶさ」大型映像制作委員会



オーストラリアで見た光景をもとに実際の突入の様子を忠実に再現するべく、帰還シーンを差し替えている。



### おかえりなさい、はやぶさ

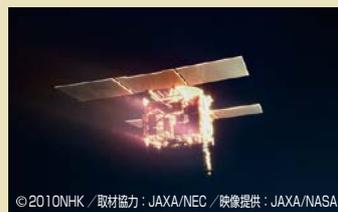


関係者へのインタビューとCG映像でプロジェクトを振り返る。池下章裕氏によって新たに描き起こされたCGの数々は必見。3,990円(税込)／本編75分+特典映像9分／発売元：関西テレビ放送・ポニーキャニオン



提供：池下章裕

### 小惑星探査機「はやぶさ」の軌跡



©2010NHK / 取材協力：JAXA/NEC / 映像提供：JAXA/NASA

「はやぶさ」プロジェクトの概要から、重なるトラブルを乗り越えて地球へ帰還するまでの軌跡を追いかける。3,990円(税込)／本編42分+特典10分／発行：NHKエンタープライズ／発売：日本コロムビア



やぶさ物語」が、技術的に深い話題なら『超技術』が最適だ。

ビジュアルの豊富さでいち押しなのが、ムック『永久保存版 はやぶさの軌跡 NHKとJAXAの貴重なビジュアル250点収録！』（宝島社）だ。NHKが放送した「はやぶさ」関連番組をまとめたもので、プロジェクト全体を映像で追っているような雰囲気を楽しめる。変わったところでは、「はやぶさ」のファンともいえる人々（p122参照）の活動や、ファンから見た「はやぶさ」の魅力をファン自身による漫画やエッセイ、対談の形で紹介している『はやぶさLOVE講座』（徳間書店）が面白い。「はやぶさ」への愛が詰まった一冊である。

さて、書籍に続いて種類の多さで際立つのは模型である。スペースシャトルやオービターの模型はこれまででも販売されてきたが、宇宙機がプラモデルとして複数社から出されるとするのは初めてといってよい。それぞれに特徴があるので、クオリティや価格などを吟味してマイ「はやぶさ」を手に入れてみたい（p120コラム参照）。

関連製品を語る上では、映像メディアもはずせない。全国でロングランとなった全周プラネタリウム番組『HAYABUSA -BACK TO THE EARTH-』がその筆頭だろう。帰還のシーンを作り直した「帰還バージョン」のDVD・BDは、6月6日の発売が決定。すでに予約がいっぱいになるほどの反響を呼んでいる。監督である上坂浩光氏は帰還を見届けにオーストラリアへ自から赴いた（p124参照）。「帰還バージョン」のDVD・BDは特典映像としてこのときの旅程を監督自身のナレーションで綴った映像『はやぶさ最後の光 -オーストラリア帰還ドキュメント-』が収められている。「はやぶさ」の最後を鮮やかに切り取った貴重な資料としておすすめだ。

DVD『小惑星探査機「はやぶさ」の軌跡』は、2010年8月にNHKで放送された番組をもとにしたドキュメンタリー。DVD『おかえりなさい、はやぶさ』は、関係者へのインタビューと新しく描き起こされたCGで「はやぶさ」プロジェクトを振り返っている。

## 歌にゲーム、そして列車にまでなった「はやぶさ」

「はやぶさ」の活躍はアーティストにも刺激を与えた。作家の寮美千子氏が作詞し、清田愛未氏が歌った『はやぶさ2010』（「星の歌集」収録）は、「はやぶさ」の帰還を優しく受けとめるバラード。歌手のつるの剛士氏が作詞も手がけた『はやぶさ』（「つるばむ」収録）は、「はやぶさ」の挑戦を高らかに歌い上げる応援歌となっている。また、「はやぶさ」をテーマにした映画も4本製作されている（p117参照）。

「はやぶさ」ミッションのカードゲーム『はやぶさ君の冒険』（ワンドロー）も登場した。「はやぶさ」運用チームの一員になりイオンエンジンカードで旅を進めながら、エンジン停止などのトラブルをアクションカードで乗り越え、イトカワへの到達、地球への帰還を目指すというゲームだ。対戦ではなく、皆で協力してピンチを乗り越えるというスタイルが新しく、かつ「はやぶさ」らしくておもしろい。

製品ではないが、他業界(?)とのコラボレーション企画もある。

今年3月から5月にかけて埼玉県鉄道博物館で開催された、東北新幹線E5系「はやぶさ」と小惑星探査機「はやぶさ」のダブル公開イベント『はやぶさ～鉄道と宇宙～』展である。ふたつの「はやぶさ」のたどってきた軌跡、使われている技術、今後の発展などを並べて展示することで、それぞれのプロジェクトについてより明確にわかる



『はやぶさ～鉄道と宇宙～』展開催中は、埼玉新都市交通線の大宮と内宿駅間でふたつの「はやぶさ」をデザインした車両が運行した。写真/鉄道博物館

## 自分だけの「はやぶさ」をこの手に 模型に燃え上がる

レポート◎しきしまふげん

### ■レジンキット (宇宙科学振興会) ※販売終了

1/35スケールのレジンキット。「はやぶさ」が帰還する2010年6月までは唯一無二の国産宇宙機の本格的モデルであった。部品点数も少なく合もよいので、レジンキットに抵抗がないのであればとても組みやすい。細かい部品がかなり省略されてしまっているのが残念であるが、フォ

ルムは正確で雰囲気も良い。強度が気になる太陽電池パドルはアルミ製のしっかりしたもので塗装のアレンジ次第では面白い効果を狙うこともできると思う。

ただし、組みやすい反面、入り組んだ細かい部分の塗装の難易度がかなり高い。うっかり太陽電池パドルを接着した後だと本体の塗装は不可能に近いので、部品の接着と塗装の工程をうま

く調整しながら作業を行う必要がある。ピンバイスを用いてレーザー高度計やサンプラーホーン先端を開口すればなお良いし、塗装については宇宙科学研究所相模原キャンパスに展示されているモデルが参考になる。

2006年7月発売と、あまりに発売時期が早すぎたために今ひとつ知名度を得られなかった不遇なモデルであるが(実は「はやぶさ」打ち上げと同時に1/12スケールの大型モデルも発売されていた)、これまでは望むべくも無かった「宇宙機の模型」をいち早くキット化してくれたことは高く評価したい。



はやぶさ レジンキット

1/32 スペースクラフトシリーズ No.01 惑星探査機 はやぶさ



プラモデルの自主改造のようす。現在でも詳細がわからない「Z面」を数少ない資料を参考にそれらしく改造する。「はやぶさ」はギリギリまで設計が変更されていたことから、公式イラストも展示模型も実物と微妙に違っている点が多い。

レジンキット(税込6,000円)とプラモデル(税込2,100円)を組み立てたところ。どちらも部品数が少なく、初心者でも楽に組むことができる。左下は特別出演のフィギュア「はやぶさたん」(青島文化教材社)。



新幹線E5系「はやぶさ」の模型(手前)と、小惑星探査機「はやぶさ」(奥)との夢の競演。写真/鉄道博物館

まだまだ「はやぶさ」は終わらない  
地球帰還1周年講演会



帰還1周年を記念し、JAXA 宇宙科学研究所准教授の吉川真氏らを招いて「はやぶさ」をテーマに講演会を行います。  
 ■6月12日(日)  
 13:00~17:00  
 ■会場 三輪田学園高等学校講堂  
 ■無料 ■要申込  
 ■定員 500名  
 ■詳細 <http://libra-co.com/syunen/>

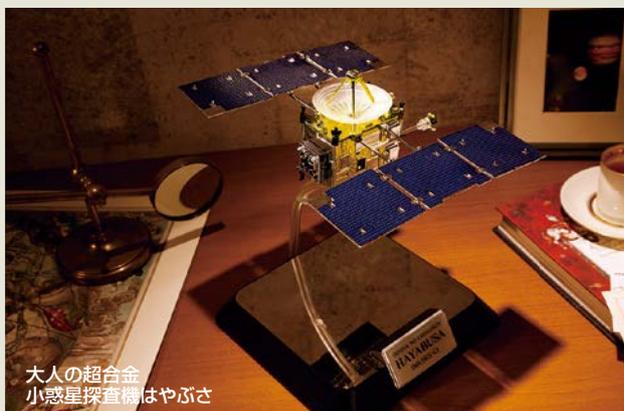
という仕組みだ。訪れた鉄道ファンと宇宙ファンは、それぞれもう一方の分野へ興味を抱いたに違いない。これからも「はやぶさ」が「はやぶさ」だけで終わらず、さらにその次の関心へとつなげられる、このようなイベントが企画されることを期待したい。

■プラモデル(青島文化教材社)

こちらは1/32スケール。「はやぶさ」の地球帰還に間に合うように発売され、プラモデルとしては異例の売れ行きを記録した。価格も手ごろで部品点数も少なく、組み立ても容易。初心者でも2~3時間あれば形にできるので、手軽に「はやぶさ」というエントリーモデルとしては最適といえる。コツとしては部品を切り離した際に切り口をヤスリがけて平らにする、太陽電池パドルを十分な乾燥時間をとってしっかり接着してやる、の2点さえ心がければ良い。ただ部品点数が少ないということは、組み立てやすい反面、宇宙科学振興会のモデルと同様のデメリットがある。つまり塗装と部品の接着の順番は説明書を参考としつつも、自分なりに組み立ての工程を考える必要がある。

本キットの形状の再現については、メーカー独自のアレンジが色々入っているために完璧を求めようとすると多少の覚悟が必要だが、とりあえずレーザー高度計と姿勢制御エンジンの先端を開口してやるだけでも十分格好良くなる。また塗装に関しても説明書だけでは心細いので、こちらも相模原キャンパスに展示されている「はやぶさ」を参考にすると良いものができる。

資料が多少増えてきた今の状況で見ると物足りない面もあるものの、アオシマの決断の早さのおかげで、全国のモデラーは同じキットを同じ日に向けて一斉に組み立てるといった模型史上おそろく例のないイベントに参加することができた。このスペースクラフトシリーズには「はやぶさ」に引き続き「あかつき」やHTVなどのラインナップがあり、7月にはH-II/Bロケットの発売も予定されている。



大人の超合金  
小惑星探査機はやぶさ

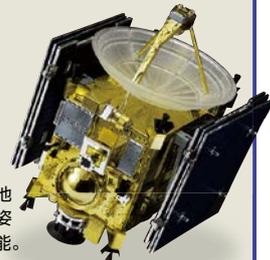
■大人の超合金(バンダイ)

バンダイが満を持して発売する「大人の超合金」シリーズ第3弾。塗装済み完成品であることはいうまでもなく、太陽電池パドルは開閉可能でイオンエンジンが光り、ターゲットマーカーやリエントリーカプセルは磁石によって取り外しが自由など、おおよそできることを全て盛り込んだ本命中の本命。「はやぶさ」のフラッグシップモデルといえる。

形状も正確であり、金属部品特有のずっしり感もあり、メッキや金属パーツが多用されている恩恵で塗装では再現できない宇宙機特有の輝きと質感が上手く再現されているのも良い。試作品ではクリアパーツで再現されていたハイゲインアンテナは量産品では仕様が変わり、より雰囲気の良いものに変更されている。

ただし残念ながら、近赤外線分光器、広角光学航法カメラなど一部の観測装置が省略されて

24,150円(税込・初回特典付)/6月24日発売予定  
 初回限定版には1/144スケールのミニ「はやぶさ」が付属する。同シリーズのスペースシャトルと縮尺が同じなので、二体を組み合わせれば、シャトルに回収されて地球に帰還する「はやぶさ」という“夢のミッション”をシミュレーションできる。



打ち上げ時の太陽電池パドルを広げる前の姿を再現することも可能。



LEDを内蔵し、リモコンでイオンエンジンの運転状態を選ぶ。

画像提供/バンダイ

しまっているなど、どうしても手が回りきらなかったであろう部分があるのも確か。腕に覚えのある人は資料を見ながらこれらを追加加工して自分だけの理想の「はやぶさ」モデルとして追求していくのも良いだろう。

もちろん価格もそれなりだけれども、手軽に「はやぶさ」探査機の格好良さを実感することができるのは素晴らしい。

まとめ ししまふげん

## 前代未聞の宇宙機ブーム到来

国産の宇宙機が世の注目を集め、社会現象となる。それは一昔前であれば到底想像できない現象でした。宇宙開発に対してスポットライトが当たるというだけでも凄いですが、今回特筆すべきは観測対象である天体以上に探査機そのものに熱い視線が注がれているという点にあるといえます。

「はやぶさ」がなぜこれほど注目されたのか。あえて私がひとつだけ選ぶとすれば「最後まで筋書きがわからなかった」こと。これは国の税金を使って行われるミッションとしては異例のことだと思います。どんなプロジェクトであれ、税金が投入されるのであれば厳しい審査を受け、投入される税金分の成果を求められます。つまりは、おおよその人工衛星の一生は多少のブレはあっても想像の範囲内に留まるものです。しかし「はやぶさ」は違いました。あまりに野心的であり、一部で成功が疑問視されるほどであったにも関わらず、バブルが弾けた1996年に宇宙開発委員会から見事に承認を勝ち取ります。以来帰還まで15年、そのミッションは多くのトラブルと成功とストーリー性に溢れ、それまで宇宙開発に興味を持たなかった人までを引き込むまでになったのです。

「はやぶさ」は偶然や時代をも味方につけていました。たとえば「はやぶさ」の帰還は2007年から2010年へとずれ込みますが、この

3年の間に日本における宇宙開発への認識は、国際宇宙ステーション「きぼう」モジュールの完成+HTVの打ち上げ+「かぐや」の成功+日本人飛行士の活躍を経て大きく変わっており、遅れた3年の間に日本では“衛星を愛する”という環境が整いつつありました。

また、2008年に「宇宙基本法」が制定され、「宇宙開発は技術開発から実利用へ」という政策へ舵を



「はやぶさ」のコスプレで知られる秋の「」（あきの）さんと「はやぶさ」実物大模型。この模型、肌附裕矢さんという方が個人で作上げたという大作である。科学館で展示されるほどのクオリティと規模に、ただただ感嘆。多くのサポーターたちが「「はやぶさ」をもっと応援したい、みんなに知ってもらいたい！」という気持ちから、それぞれの方法で「はやぶさ」を精一杯応援してきた。そこまでさせてしまう魅力が、「はやぶさ」には宿っている。

### 「はやぶさ」サポーターの活動とブームの流れ（年表制作 秋の「」）

- 2003年5月 ● 打ち上げ。「星の王子様に会いに行きませんかミリオンキャンペーン」(公式)
- 2005年7月 ● イトカワ到着。リアルタイムの情報が伝えられてインターネットの掲示板などで盛り上がる。レベルの高い美少女擬人化の絵が掲示板に複数登場
- 2005年末~2006年 ● 通信途絶。その後発見されるも、ファンの間では失敗ムードが漂う  
「はやぶさ」ミッションについて理解なしに安易な評価をされないようにという願いも込めて、個人によるFLASHアニメがいくつも作られる
- 2009年6月 ● 『萌え衛星図鑑』（ししまふげん著）発売
- 2009年11月 ● 動画投稿サイトで、「宇宙戦艦ヤマト」の有名なセリフ「こんなこともあろうかと！」を「はやぶさ」ミッションに絡めた動画（通称真田動画）公開
- 2010年4月 ● 公式twitterアカウント始動。同時に帰還特設サイト開設
- 5月 ● 「実物大はやぶさ作ってみた」(肌附裕矢製作)動画公開
- 6月13日 ● 帰還。「ニコニコ動画」での大気圏突入生放送で閲覧者数が22万人を超えるなど、リアルタイムで注目される
- 14日 ● 朝刊各紙一面トップに、大気圏突入時の写真掲載。一躍話題に



「はやぶさ」に続いて愛された宇宙機「あかつき」。昨年末にJAXA-iで行われた応援キャンペーン「千のあかつき」はペーパークラフトを1000個作って探査の安全を祈ろうというものだったが、最終的に目標を大幅に超えた4323個が届けられた。

カルチャーカフェで行われた宇宙機イベントで登場した「はやぶさ」ケーキ。



(上)キャラクターデザイン・しきしまふげん、製作・アスワノヒロスケによるオリジナルフィギュア。(右)キャラクターデザイン・梅仁丹、作画・すこっち・もるとによるイラスト。擬人化のデザインは作者ごとに解釈があり正解はない。こうした自由度の高い環境がクリエイターを呼び、更に大きな創作のサイクルを作り上げていった。

切ったことで広報のスタイルが変わり、2009年には秋葉原で月探査衛星「かぐや」のイベントを開催するなど、これまでにない展開がありました。このイベントをはじめとした広報の方向性が広く受け入れられたことで、官民間問わず「はやぶさ」ブームを受け入れる下地ができあがっていたものと考えます。

そして感動の帰還劇は、運用当事者側でも想像していなかったいくつかの要因がプラスに働いたお陰でもありました。たとえば「はやぶさ」が地球帰還時にカプセルのみならず母船ごと落ちてくること(本当はカプセルだけ落として、さらに別天体の探査に赴くはずであった)や、その母船には大量に推進剤が残されており、これが大気圏突入時の発光の一助になったことなどです。

「はやぶさ」ブームとは、「はやぶさ」とそのプロジェクトチームの執念ともいえる頑張り、時代の変化、一般の宇宙熱の高まりという要因を上手に取り込み、それら3つのピースがうまくはめ込まれた好例といえましょう。

## 死せる「はやぶさ」ファンを走らす

動画共有サイトの出現や動画作成ツールの充実、twitter、高速回線によるインターネット中継の実現など、インフラが充実したことで、ここ数年の間に宇宙機を愛でる人々の活動は大きく変わりました。その特徴は大きく分けて「発信すること」「創ること」「集まること」の3つです。

ブームを語る上で欠かせないのが「はやぶさ」の非公式応援集団(仮にサポーターと呼びます)の存在です。探査機が好きという人々は以前から存在はしていましたが、「はやぶさ」のサポーターたちは情報を集積したり個人的に応援したりするだけでなく、自らが広報の役目をも担っていたことが大きな特徴です。宇宙イベントの実況を行ったり、「欲しい物は自分で作れ」とばかりに同人誌や動

画や模型を作ったりと活動は多岐にわたり、「はやぶさ」の周知に大きな役割を果たしました。

そうした創作物において、探査機を“擬人化”するという表現方法が定着したのも大きな変化のひとつです。ネット上では「はやぶさ」をひとりの人間としてアレンジした可愛い女の子や男の子が作者の数だけ生まれ、擬人化は、探査機を語る新たな表現手法として幅広く用いられるようになりました。

サポーターが一堂に会するようになったことも昨今の新しい傾向です。JAXAや文部科学省の枠の外で有志による宇宙イベントが企画され、トークイベントや同人誌即売会などが行われました。どのイベントも「はやぶさ」帰還の熱気のままに大きく盛り上がりました。もちろん、JAXA-iで精力的に行われたパブリックビューイングやマンズリートークなどの公式イベントの数々が、「何かが起こったら皆で集まって時間を共有する」という宇宙サポーターの方向性を大きく決定づけたであろうことも忘れてはなりません。

## 「感動した！」の一步先へ

「はやぶさ」ブームで大きく変わったこと、それは宇宙開発を語るハードルが大きく下がったことだと思います。これまでのような「なんか難しそう」「いい加減なことを喋ったら怒られそう」といったとっつきにくい印象が薄くなり、様々な人のざっくばらんな反応が聞かれるようになったのはとても喜ぶべきことです。

日本初の衛星「おおすみ」が打ち上げられてから40年。宇宙開発にはまだ夢もロマンも確かにありますが、それだけに全ての税金が注がれているわけではありません。宇宙開発がどう日常生活に関係するのか、今回のブームがそれを国民全体で議論できるキッカケになるのであれば、「はやぶさ」ミッションは小惑星探査以上の多大な成果を残したと、胸を張って言えるのではないのでしょうか。

# 5

独白／上坂浩光（「HAYABUSA -BACK TO THE EARTH-」監督）

## 「はやぶさ」が 残してくれたもの



「はやぶさ」は単なる機械でしかないが、  
私たちはそこに命を感じている。  
そういう人の心の働きはとても素晴らしいものだと思う。  
なぜなら、それは、人が人を思いやる気持ちの根本だと思うからだ。  
僕は自分の中に湧き上がったこの感情に、すなおに従った作品を作ろうと思った。

### 2館のプラネタリウム上映から始まった渾身の映像詩

## 第1章

## 作品を見ているあなたと「はやぶさ」の物語

HAYABUSA制作のきっかけは単純だった。JAXA制作の「祈り」のエンディングシーンで、地球に帰還する「はやぶさ」のカットを描いた時、地球に向かって飛ぶ、その1メートル足らずの四角い箱の背中を覗いて、なぜか涙が出そうになった。ふるさとに帰る感慨、その背中にそういう想いを重ねてしまった自分がいたのだ。「はやぶさ」は単なる機械でしかないが、私たちは、いや、JAXAのミッション関係者でさえも、そこに命を感じている。そういう人の心の働き、それはとてもすばらしいものだと思う。なぜなら、それは、人が人を思いやる気持ちの根本だと思うからだ。僕は自分の中に湧き上がったこの感情に、すなおに従った作品を作ろうと思った。HAYABUSAは、単なるミッション紹介の映像ではない。僕はそういう人の心の働きを示したかった。そしてそのすばらしさ、大切さに、気付いてほしかったのだ。

## HAYABUSA公開開始

フルドーム作品 HAYABUSA —BACK TO THE EARTH— が公開されたのは、2009年4月。全国でたった2

館、大阪市立科学館と、日立シビックセンター

—での上映スタートだった。作品を公

開した直後、僕は強度の恐怖感に

襲われた。「はたしてこれを観た

人がどんな風に僕のメッセー

ジを受け取ってくれるの

か?」どこから文句が来

ないかと、怖くて会社に

いられない程だった。桜が

咲くころ、会社近くの上野

公園を一人さまよったり

したこともあった。出口の

無い不安感、制作者は作

品を公開すると、皆こうなる

のだろうか?

しかもこのころ発生した新型

インフルエンザの影響で、観客数

も大きく伸びない。安定した集客人

数を誇る大阪市立科学館でさえ、1万人

を突破したのは、6月末になってからだった。

しかし、関東でも東京都府中市郷土の森博物館で6

月6日に上映が始まる。そこで驚いたのは、その上映を待ちわび

ていた人たちがたくさんいたことだ。ちょうどこの時、僕はバリ島

で休暇中だったのだが、あちらからネットを通してその反応をう

かがっていた。午後2時の上映開始に対し、ネット上でおもしろ

いメッセージが往き来していた。「府中市郷土の森博物館にお

ける“HAYABUSA BACK TO THE EARTH”初日初回上映までX

マイナス12時間。定時の項入ります!」。みんなでカウントダウン

をしている。思わず笑ってしまったが、こんなにも待ち望んでくれている人たちがいたのか!と驚き、少し安堵した。

そして作品を観た人たちが、その良さを口コミで周りに広めていってくれるという行動を起こした。自分が作品から感じた感動を、また別の人に伝えたいと思ってくれたのだ。こうして輪が広がっていった。やがてその声は、他の科学館への上映リクエストという形に結実していく。その年の夏に千葉市科学館に伺った際、「たくさんの方から上映してくださいというリクエストが来ていますよ。もしかして、上坂さんの知り合いですか?」と言われ、苦笑しつつ、嬉しくなったのを覚えている。

作品は、作っただけでは完結しない。それを観る人がいること、そして作品に込めたメッセージのいくばくかが、観ていただいた方の心に届いてこそ、初めて「作品を作った」と言えると思っている。このころからだ、僕の心の中にその手応えが芽生え始めたのは……。こうしてHAYABUSAには、アリバイができていった。

## 科学未来館での講演

2009年10月、ひとつの節目が訪れる。科

学未来館で開催された「デジタルコン

テンツエキスポ」で、HAYABUSA

が上映されることになったのだ。

しかもひょんなことから、僕に

作品の講演をするチャンス

が巡ってきた。

「HAYABUSAのメイ

キング —いかにして4 k

映像を作ったか—」。今

思えば、この講演が

HAYABUSAを次のステッ

プに推し進めるきっかけ

になったと思う。講演には、

HAYABUSAを観て興味を持

ってくれた人たちがたくさん集

まった。“なぜJAXAのミッシ

ョン関係者が出てこない映像を作

ったのか?”。映像の緻密さには共感を覚え

つつも、これを疑問に思っている方がじつは

たくさんいた。僕はこの講演で、はじめてその理由を

告げた。「「はやぶさ」とこの作品を観ているあなたの物語を作り

たかった」。それは「どうせJAXA関係者と、「はやぶさ」の話、自

分には関係ない」と思わせたくなかったからだ。会場でこの意

図を伝えた時のことを、今でもハッキリと覚えている。制作者と

観客がこの講演で初めて出会えた、とても大切な一歩だった。

この講演に参加された方とは、今でも個人的に交流が続いて

いて、とてもすてきな出会いをもらったと思っている。



HAYABUSA —BACK TO THE EARTH— はプラネタリウムのフルドーム映像として公開が始まった。画像提供 / 「はやぶさ」大型映像制作委員会

## 第2章

## 日本人の心に深く刻まれた「はやぶさ」の帰還

## 「はやぶさ」が帰ってくる!

明けて2010年、エンジン停止という困難も乗り越えて、「はやぶさ」の地球帰還がハッキリしてきたころ、「はやぶさ」を取り上げるメディアの活動が活発になってくる。今までHAYABUSAのことなど見向きもしなかったワイドショーが、作品のことを大きく取り上げてくれるようになり、僕にもテレビ局からインタビューの申し込みが来るようになった。真夜中、自宅に取材クルーが来て、インタビュー撮影2時間。そして実際に使われたのは10秒ということもあった。メディアに振り回されたが、その力は大きい。HAYABUSA帰還まで1か月を切るころには、上映館は日本全国に広がって行き、各地での講演回数も増えていった。

そして、「はやぶさ」が帰還する6月13日。僕は新聞記者の人たちと共に、オーストラリアにいた。「はやぶさ」を追いかけてきた彼らも、僕と同じように、「はやぶさ」が他人事ではなくなっていた。同じ想いを抱く仲間として、僕らはどこまでも広がる砂漠の暗闇の中で待ち続けた。その僕らの前に、「はやぶさ」は、時刻通りに小さな光の点となって現れる。地平線に星のような光。それは見る間に大きくなり、大きな爆発を2度起こした後、光の粒となって、地球の大気に溶け込んでいった。その混沌の中から放たれたカプセルの光。なんとという美しい荘厳な光景であったか。そこに居あわせた誰もが、歓喜の雄叫びをあげた。

僕にとっては、仮想の「はやぶさ」が現実僕の前に現れ、そしてすぐに消えた瞬間だった。喜んでいいのか、悲しんでいいのか、自分の感情の限界を完全に超えた体験だった。不思議に涙は出なかった。

## ブームで終わらなかった「はやぶさ」

「この“はやぶさ”騒ぎも、帰還日が過ぎたらウソのようにおさまりますよ」と予言した人がいた。日食や彗星など、天文ブームの体験から、経験則として確固たる自信があったようだ。がしかし、「はやぶさ」はブームでは終わらなかった。帰国した僕を迎えたのは、超過密なスケジュールだった。講演、番組制作の協力、インタビュー、原稿執筆など、目の回るような忙しさが待っていた。

『はやぶさ』の文字が、不思議な引力を持ち始める。「世界初の快挙」「困難を乗り越えた「はやぶさ」」「あきらめない大切さ」いろいろな言葉でその偉業がたたえられた。さまざまな人が、「はやぶさ」の行為に自分を投影し、その距離を縮める。もはや

「はやぶさ」の帰還の撮影準備中。砂漠の夜はとても冷え込むので完全な冬装備。「はやぶさ」は本当に現れるのだろうか? それを思うだけでドキドキしてくる。



それは自分そのもの。「はやぶさ」ミッションは、深く日本人の心に刻みつけられた。

人は自分の想いをたくさんの人と共有したいと願う。共有するには、その想いのコアとなる何かが必要となる。言葉での共有、文章での共有、いろいろな手段があるが、僕は映像が一番大きな、許容範囲の大きいコアになり得るのではないかと考えている。もしかしたら、HAYABUSAはそんな役割も果たしたのかもしれない。こうして、HAYABUSAを観てくれる人の数はどんどん増えていった。「はやぶさ」の帰還は科学者に研究のチャンスを与え、僕には、作品をより多くの人に見てもらえる機会を作ってくれた。

## 帰還バージョンへの想い

1か月半後、日本に帰ってきたカプセルが一般に公開される。僕もこの時、その列に並び、カプセルと対面した。そしてその焼け焦げた姿を見た時、オーストラリアでは流れなかった涙があふれ出た。「これが60億kmを旅した「はやぶさ」が届けたもの、あの夜空を、尾をひきながら駆け抜けたカプセルだ」。実物のみが持つ重み、そして再会できた喜び、強い感情が胸の内から湧きだした。周りに誰もいなかったら、号泣して泣き崩れていたと思う。

そんなこともあり、僕は、オーストラリアで観た「はやぶさ」帰

還の感動を、どうしても作品として残しておきたいと思った。HAYABUSA帰還バージョンをぜひ作りたいと思ったのだ。しかしここに、大きな壁が立ちはだかった。「はやぶさ」大型映像制作委員会の中で反対意見が出る。

「2009年バージョンで充分である」「観客のみなさんそれぞれにHAYABUSAに対するイメージができあがっている」「作っても、もう一度

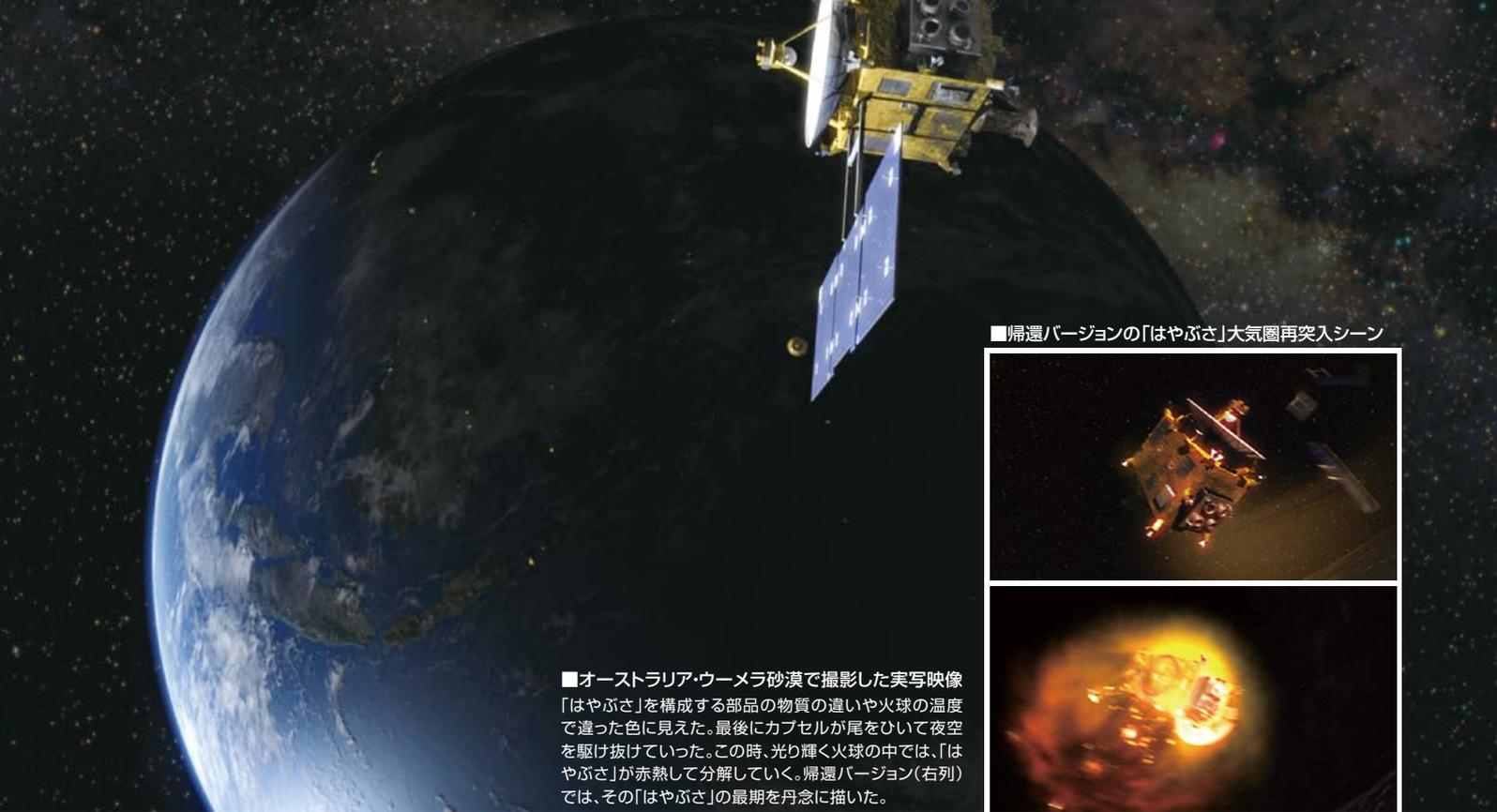


アストロアーツとの共同企画で生まれた「はやぶさ最後の光(「星年鑑2011」収録)のナレーション録音中。ディレクションも兼ねていたので、自分自身でOKを出しながらの進行。

観に来るといえることはないのではないか?」

確かに一度発表した作品を、一部といえども書き換えるのは、非常に困難な作業となる。新しく作品を作るよりもそれは何倍も難しい。スイートスポットが狭くなるからだ。そういう困難さは、制作する自分が一番良くわかっていて、しかし、あえてそこに挑戦したかった。あの感動をどうにかして伝えたかったのだ。

帰還バージョンでは、地球でカプセルを温かく迎え入れたたくさんの方の姿を、どうしても登場させたいと思った。それは、「はやぶさ」ミッションを支えたのは、ミッション関係者だけではないという強い思いがあったからだ。エンディングの最後に出てくるメッセージ、「この作品をはやぶさプロジェクトに係わった全ての人にささげます」の意味を、もっと広い意味に変えたかったのだ。



■帰還バージョンの「はやぶさ」大気圏再突入シーン



■オーストラリア・ウーメラ砂漠で撮影した実写映像  
「はやぶさ」を構成する部品の物質の違いや火球の温度で違った色に見えた。最後にカプセルが尾をひいて夜空を駆け抜けていった。この時、光り輝く火球の中では、「はやぶさ」が赤熱して分解していく。帰還バージョン(右列)では、その「はやぶさ」の最期を丹念に描いた。

■「帰還ドキュメント「はやぶさ」最後の光」から「はやぶさ」を追いかけていなければここに来ることもなかった……と思ひながらオーストラリアの平原をドライブ。2コマ目は、JAXAプレスセンターで、旧知の朝日新聞記者である東山正宜さんと、「はやぶさ」突入の様子を検討しているところ。僕らメディアチームは、スチュワートハイウェイ北側の封鎖地点で、「はやぶさ」を迎えた。そこで待っていたのはすばらしい星空。黄道光、光る雲のような天の川、そして肉眼でもハッキリ見える星雲たち。天体写真を趣味とする僕にとって、それはそれは得難い体験だった。



帰還バージョンのエンディングにはカプセルを迎えた人たちの姿を登場させた



プロデューサー 上坂 浩光  
田部 一志

シナリオ 高島 規子

音楽プロデューサー 安念 透

作曲 酒井 義久

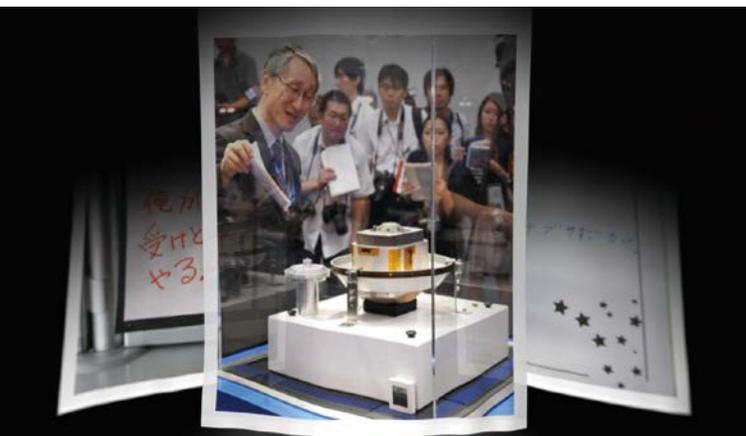
音楽録音 小幡 幹男



写真提供 JAXA  
共同通信社  
毎日新聞社  
大塚 実  
松尾 陽功

協力 embryo inc.  
株式会社 エス・シー・アライアンス  
田止事務所  
大阪市立科学館  
科学技術館  
葛飾区郷土と天文の博物館  
高常 俊之 (オリハルコンテクノロジーズ)  
秋田 健一郎  
野口 優代

技術協力 日本アイ・ビー・エム株式会社  
マイクロソフト株式会社  
株式会社オーク  
株式会社Top



「はやぶさ」帰還が近づいて来たころの某ワイドショーの取材風景。夜中にカメラマンとディレクターの二人で取材に来られて、2時間のインタビュー。「はやぶさ」ミッション全体の説明までさせられましたが、使われたのはたった10秒(笑)



山陽放送「イブニング5時」にスタジオ生出演。映画公開のこと、講演のこと、いろいろ取り上げてくれました。テレビ生出演って初めてだったのですが、とても面白い体験でした。リハーサルと本番で、出演者のみなさんのテンションが全然違うんです。

「はやぶさ」帰還・カプセル回収祝賀会にて、感謝状をいただきました。「はやぶさ」関係者が一堂に会した素晴らしい祝賀会。そして全員で、HAYABUSA—BACK TO THE EARTH—を見ました。至福の時間でした。



第52回科学技術映像祭受賞式の様子。科学教養部門で、文部科学大臣賞をHAYABUSAが受賞しました。プラネタリウム作品がこうした映画祭で受賞するのは初めてのことでした。

山梨県立科学館、トークイベント後のサイン会の一コマ。お母さんと親に来てくれた小学生の男の子。サインをしながら、ファンの方という話せるのが楽しい時間です。



倉敷科学センターでの講演。雨の中たくさんの方が集まってくれました。HAYABUSAのことを「起」、「承」、「転」、「結」に分けて、話させていただきました。最後の「結」では、作品をご覧になった方からのメッセージも紹介。涙ぐむ方もいらっしゃいました。ファンの方からのメッセージ、僕はつらい時、いつも見返しています。

## 第3章

## 胸の奥でいつまでも光り続けるたいせつな宝物

## 英語版HAYABUSA

そんな中、ハワイのイミロアフィルムフェスティバルで、HAYABUSA 英語バージョンのプレミア公開が行われた。世界から52作品のフルドーム映像が集まり、5日間をかけて、上映が行われた。僕もその公開に立ち会うべく、現地に向かった。

HAYABUSAの英語版を制作するには、実は大きな懸念があった。それは擬人化の問題。「物にいのちがあると考えるのは日本人特有の文化で、海外では受け入れられない」というもの。英語版ナレーションを作る際には、擬人化の部分を全て書き換えた方が良くとまで言われた。しかしそこを変えたら、この作品のコアが変わってしまう。なので、断固反対し、オリジナルのまま押し通した。

上映中の暗がり、たくさんの方といっしょに作品を鑑賞しながら、「はたして擬人化という感情移入は受け入れられるのか?」と、僕はドキドキしながら作品が終わるのを待った。

しかし、上映が終わった途端、大拍手が起こる!一瞬間が起きたのかわからなかった。握手を求めて来る人が後を絶たない。みんなの笑顔が印象的だった。言葉はあまり通じなくても感情は伝わってくる。「ブラボー、すごかった、本当によかったよ」と言って30秒以上も僕の手を離さない人もいた。後でわかったが、この方がヨーロッパでは有名なフルドーム映像作家であるトーマス・クラベさんだった。彼は本当に感激してくれた。

民族の文化を超えて、人の根源的な感情に迫れたのであれば、とても嬉しく思う。その後、数か月して擬人化には否定的な意見も海外から出ていると聞かすが、一個人としてならば、僕はこの感情を理解しえない人はいないと思う。イミロアフィルムフェスティバルで、あるイギリス人の方がとても力強いことを言ってくれた。「この作品はパーフェクトだ。映像も、シナリオも、そのタイミングも何も変える必要はない。えっ、擬人化が理解されないだって?もしそうだったら観客の方を変えればいいさ」。僕は、この言葉を聞いて涙が出そうになった。そしてHAYABUSAは、観客投票によって決定される“Audience Choice Award”に輝いた。

## 帰還バージョン公開

イミロアから帰国して、すぐに帰還バージョンの詰めの作業に入る。エンドロールには、Twitterで呼びかけたカプセル展示の写真が集まった。もうこの作品は僕一人で作っているのでは無い。この作品の主旨に賛同するたくさんの方が協力してくれた。もうそれだけで帰還バージョンには意義があると思った。

そして作品が完成間近の11月上旬、「はやぶさ」が地球に持ち帰ったかけらが、イトカワ由来のものと発表される。再びメディアでは大報道がなされ、帰還バージョンもその勢いを得て、大々的に上映が開始された。コスモプラネタリウム渋谷では、連日満席の状態が続き、たくさんの方が帰還バージョンを観に詰めかけ

た。完成したバージョンを制作委員会のメンバーも観て、その出来に納得。全てがよい形で収まった。ここでも「はやぶさ」自身に助けられた思いがする。

## 「はやぶさ」が残してくれたもの

HAYABUSAは、今年4月に第52回科学技術映像祭の科学技術教養部門で、文部科学大臣賞を受賞する。また、角川映画配給により、5月14日から全国67館で劇場公開されるに至った。劇場公開では、プラネタリウムと観客動員の規模の差を実感した(当初は2週間の上映予定だったが、延長された)。たった2館から細々と始まったこの作品が、よくぞここまで来られたものだと驚きを禁じ得ない。またプラネタリウム作品が劇場でロードショー公開されるのはHAYABUSAが初となった。

こんな風にHAYABUSAという作品は、たくさんのすばらしい成果を残してくれた。しかし、僕にとって、一番大切な結果はなんだったのだろうと思う。それは賞を取ることでもなく、観客動員数を誇ることでもない。もちろんそれらも重要なことではあるが、僕にはもっとすばらしい記憶が残っている。

「はやぶさ」帰還直後の講演で、目を真っ赤にしながら僕の話に耳を傾ける真剣なまなざし。いつも部屋の片隅で、「はやぶさ」のことを思って泣いていた女の子。亡くなったおばあちゃんのことを思い、「宙よ」を歌ってくれた少年。心臓病にくじけそうになった自分を、「はやぶさ」に重ねて奮い立たせた彼。将来、宇宙飛行士になると決めた女の子。そして、僕も星が好きですと言ってくれた男の子……。一人一人の心に、この作品のメッセージが届いた実感。それこそが、僕にとってかけがえのない一番の宝物だ。

「はやぶさ」は確かに科学的なすばらしい成果を挙げた。理学的、工学的な世界初をたくさん成し遂げた。しかし、それ以上に、「はやぶさ」はもっと大切なものを僕たちに残してくれた。「はやぶさ」との心のやりとりをした者同士だけが知り得る感情。「はやぶさ」は、それによってたくさんの人を結びつけ、新しい出会いを作ってくれた。それは未来に繋がるすてきな力。「はやぶさ」が残してくれたもの……それは、1年経った今でもこの胸の奥にあって、そしていつまでも光り続けるだろう。



上坂浩光 (こうさか ひろみつ 有限会社ライブ代表取締役)

イラストレーター、アニメーターなど手書きの映像制作を経験の出発点とするが、CG黎明期のころから、独自に3Dソフトウェアを開発し、CG映像制作を行ってきた。プラネタリウムフルドーム映像、CM、ゲーム映像、企業VPなど、その制作分野は多岐にわたる。子どものころから宇宙に憧れ、現在は、那須にリモート天文台を持つアマチュア天体写真家としても活躍。