

宇宙探査機 (Space Probe)

— 「はやぶさ」とその仲間たち —



徳島県農林水産部農林水産基盤整備局農業基盤課

井形 圭治

Igata Keiji

(農業部門／総合技術監理部門)

1. はじめに

2010年6月13日、日本の小惑星探査機「はやぶさ」が地球に帰還した。

当日は、日曜日であったので夕方から始まった、JAXA（宇宙航空研究開発機構）のインターネット中継で管制室の様子などを見ながら、刻一刻と近づく「はやぶさ」の地球帰還の様子を見守った。

午後8時20分、「はやぶさ」とカプセルが無事に分離。管制室内では、拍手が起こっていた。

午後10時51分頃大気圏に再突入、そして、午後11時21分、「はやぶさ」の帰還時刻。

和歌山大学宇宙教育研究所が行ったオーストラリア・ウーメラ近郊からの超高感度カメラを使ったライブネット中継を見守った。

「来たー、ほら来たよ、帰ってきた。おかえり。」という女性の声からしばらくして、白い光の筋が見えてきた。

予定時刻どおりに「はやぶさ」は地球に帰還し、想定着地点のほぼ中心に、カプセルは着地した。

30分後の午後11時56分に、探索ヘリコプターがカプセルを発見し、ひっくり返ったカプセルとパラシュートの写った画像が公開された。翌日の14日にカプセルは無事に回収された。

この感動的な、出来事をきっかけに、その後、出版される「はやぶさ」関連書籍を次々と購入し読み続けた。気がつく買った本は10冊を超えていた。

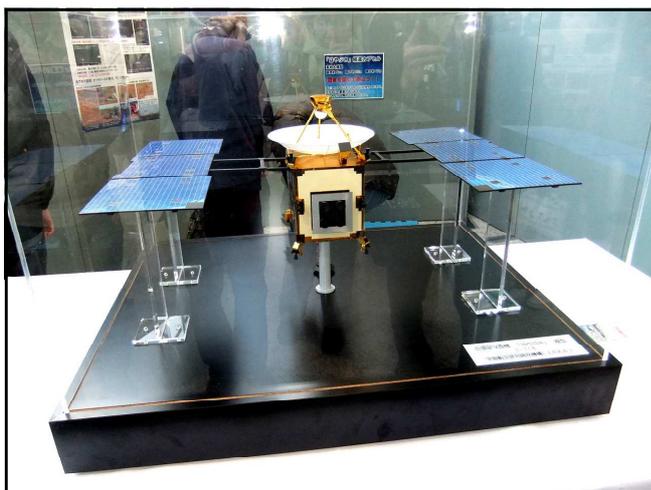


写真.1 「はやぶさ」の模型
(あすたむらんど徳島)

今年の2月に、「はやぶさ」のプロジェクトマネージャ川口淳一郎氏の講演を聴く機会があった。この講演の中で、川口淳一郎氏からおすすめの本を紹介いただいた。

フィリップ・セゲラ著、「宇宙探査機」ルナ1号からはやぶさ2まで50年間の探査史、飛鳥新社発行である。

早速購入し、ざっと目を通した。宇宙が好きな私にとって、胸がうきうきする宇宙探査機の話が次々と写真と図表により丁寧に解説されていた。月探査機のルナ、火星探査機パイキング、木星・土星探査のパイオニア10号・11号、木星・土星に加え天王星・海王星を探査するボイジャー1号・2号など、現在までの宇宙探査機の話が全て書かれていた。

今回は、小惑星探査機「はやぶさ」と現在運用中の探査機の中で、私が今年特に興味を持った探査機について、紹介させていただきます。

2. はやぶさ

「はやぶさ」(MUSES-C)は、小惑星探査を目的にJAXAが開発した探査機である。

探査対象は、小惑星「1998SF36」、日本のロケット開発の先駆者の故系川英夫博士にちなんで「ITOKAWA」(イトカワ)と名付けられた小惑星である。

「はやぶさ」は、開発名「ミューゼス (MUSES-C)」(Mu Space Engineering Satellite-C: ミュー・ロケットで打ち上げる工学実験探査機の3番目)が示すように、世界初の数々の先駆的な技術の確立・実証を目的としていた。

小惑星「イトカワ」までイオンエンジンを使った飛行を行い、自律的に小惑星に近づき、その表面から、物質のサンプルを持ち帰る。

「はやぶさ」の技術的特徴には以下のようなものがある。

1. イオンエンジン ($\mu 10$) による宇宙航行技術を実証すること
2. 光学情報を用いた自律的な航法と誘導で、接近・着陸すること
3. 微小重力下の天体表面の標本を採取すること
4. 試料の入ったカプセルを、直接地球の大気圏に突入させて回収すること

「はやぶさ」は、2003年5月9日に内之浦宇宙空間観測所からM-Vロケット5号機によって打ち上げられ、小惑星「イトカワ」に向かって出発。2004年5月に地球スウィングバイを行なって加速・軌道変更。2005年9月に小惑星「イトカワ」に到着。2005年11月26日には小惑星イトカワへの降下着陸を行い、試料採取のためのタッチダウンに成功。

その後、数々の大きなトラブルが発生し、地球帰還が何度も危ぶまれた。化学推進スラスタの燃料噴出による電源喪失や姿勢の大きな乱れ、通信途絶(行方不明)、全イオンエンジン停止など。

これら絶体絶命の危機を、川口淳一郎プロジェクトマネージャはじめ、「はやぶさ」プ

プロジェクトチームのメンバーや関係者が一体となり、粘り強くあきらめずに対応し、何とか乗り切ることができた。

地球への帰還は3年遅れたが、無事カプセルを分離し、2010年6月13日22時51分頃に大気圏に突入した。大気圏に再突入したカプセルの回収作業は、6月14日16時8分に完了し、7月にはカプセル内に微粒子が確認され、11月にはその微粒子が「イトカワ」由来であることが判明した。

「はやぶさ」地球帰還の7ヶ月後、2011年1月21日（金）～24日（月）、あすたむらんど徳島において、「はやぶさ」帰還カプセル巡回展示が行われた。

待ちに待った「はやぶさ」カプセルとの対面、土・日の2日間通って、3度見学した。展示されていたのは、(1) パラシュート、(2) インstrumentモジュール、(3) 前面ヒートシールド、(4) 背面ヒートシールドなどであった。

Instrumentモジュールの金属はピカピカで、約7年間、60億kmもの宇宙を航海してきたとは思えないほどきれいであった。一方、焼け焦げた背面ヒートシールドは、惑星間遷移軌道からの再突入のため、およそ12km/sという超高速で大気圏に再突入したため、1万度を超える超高温の環境にさらされたことを生々しく物語っていた。



写真.2 「はやぶさ」のカプセル展示
(あすたむらんど徳島)

「はやぶさ」は数々の困難を乗り越え、地球に帰還したことから、複数の映画が製作されテレビで特集番組の放送や多くの書籍の出版、関連商品も販売された。

【はやぶさ関係書籍】

多くの「はやぶさ」関係の本を読んだ。次の3冊が特に印象に残っている。

1. 「はやぶさの超技術」川口淳一郎監修 ブルーバックス
衛星をはじめとする技術に関しては一番詳しく、満足の一冊でした。
2. 「小惑星探査機はやぶさ 「玉手箱」は開かれた」川口淳一郎 中公新書
カラー版で図表も多く、川口淳一郎教授の専門である軌道計算（スイングバイ）のことなどが詳しく書かれている。
3. 「はやぶさ、そうまでして君は」川口淳一郎 宝島社
川口淳一郎教授から見たはやぶさプロジェクトの全容。

この他に的川泰宣さんや山根一眞さんの本も読みやすい内容です。

【はやぶさ 映画一覧】

1. 「HAYABUSA -BACK TO THE EARTH- 帰還バージョン」ライブ社
プラネタリウムで上映、フルCG全天周映画ドキュメンタリー。
ナレーション：篠田三郎
2. 「はやぶさ／HAYABUSA」20世紀FOX
セットや登場人物などをできるだけ忠実に再現した内容。
出演：竹内結子、佐野史郎、西田敏行
3. 「はやぶさ 遙かなる帰還」東映
プロジェクトマネージャのリーダーシップや技術者達の葛藤を描いた骨太な内容。
出演：渡辺謙、江口洋介、藤竜也
4. 「おかえり、はやぶさ」松竹
担当者とその息子を描き、家族ドラマに焦点を当てた内容。3D映画。
出演：藤原竜也、杏、三浦友和

【テレビ】

「追跡！A to Z」NHK など

【関連商品】

1. はやぶさ君・ぬいぐるみ

JAXAのWebサイトで公開されている、「はやぶさ」をより多くの人々に知ってほしいとの考えで、宇宙科学研究所の学生だった小野瀬直美氏、奥平恭子氏が制作した小冊子が原型となった物語、「はやぶさ君の冒険日誌」の主人公をキャラクター化したもの。



写真.3 「はやぶさ君」ぬいぐるみ

2. 大人の超合金 小惑星探査機 はやぶさ

バンダイの大人の超合金シリーズ。1/24スケール。値段は高いが、精密にできている。サイズ 268(幅)×129(高)×185(奥)mm。

3. レゴ クーソー はやぶさ

一般ユーザーがレゴ製品のアイデアを提案し、そのアイデアへの投票獲得数によ

りに商品化を検討するWEBサイト「LEGO(R)CUUS00」から、「はやぶさ」が発売された。「はやぶさ」本体にプロジェクトマネージャーの川口淳一郎氏のレゴ(R)ミニフィギュアが含まれる全369ピース。完成モデルサイズ、高さ約23 cm、幅約26cm、奥行約18 cm。

【Webサイト】

- ・ JAXA | 小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C)
http://www.jaxa.jp/projects/sat/muses_c/index_j.html
- ・ ISAS | 小惑星探査機「はやぶさ」MUSES-C / 科学衛星
<http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/missions/hayabusa/index.shtml>

3. はやぶさ2

「はやぶさ2」は、「はやぶさ」に続く小惑星探査プロジェクトとして現在進行中のプロジェクトである。「はやぶさ2」は、「はやぶさ」で挑戦した技術を基に、改良を加えて作られた探査機である。

探査対象は、小惑星「1999JU3」。「イトカワ」(S型小惑星)とは違う種類(C型小惑星)の小惑星からのサンプルリターンを行う。C型小惑星の表面物質には水や有機物が含まれていると考えられており、地球の海の水の起源や生命の原材料について知ることができると考えられている。

小惑星「1999JU3」は、2015年10月5日に「Ryugu (リュウグウ)」と名付けられたことが発表された。

「はやぶさ2」は、2014年12月3日に種子島宇宙センターからH-II Aロケット26号機で打ち上げられた。2018年に小惑星に到着し、2020年に地球に帰還する予定となっている。

打ち上げからちょうど一年後の2015年12月3日に「はやぶさ2」は、地球に接近し、小惑星「Ryugu」に向かうために、地球の引力を利用して軌道制御を行う地球スイングバイを行う予定。地球に最も近づく時刻は19時7分ごろで、そのときの高度は約3100km、場所は太平洋上空。探査機の明るさは非常に暗い可能性があり、大きめの望遠鏡でないと観測できないようで、残念ながら肉眼では見えないようである。

【Webサイト】

- ・ JAXA はやぶさ2プロジェクト
<http://www.hayabusa2.jaxa.jp/>
- ・ はやぶさ2特設サイト | ファン!ファン!JAXA!
<http://fanfun.jaxa.jp/countdown/hayabusa2/index.html>

4. あかつき

金星探査機「あかつき」(PLANET-C)は、日本初の金星探査機で、金星の大気の大謎を解明することが目的で、複数の観測波長を使って金星大気の様子を詳しく観測することとなっている。

「あかつき」は、2010年5月21日、種子島宇宙センターからH-II Aロケット17号機で打ち上げられた。

2010年12月7日、金星周回軌道への投入が行われたが、化学推進エンジンの重大トラブルにより失敗した。その後、トラブル原因の究明や金星周回軌道再投入及び観測計画について検討しつつ、再び金星に接近する機会を待っていた。

計画を検討していたJAXAは、2015年12月7日、金星周回軌道への再投入の実施を決定した。これに先立ち、7月下旬には軌道修正制御が実施されている。

今回は是非とも成功してもらいたいと願っている。

【Webサイト】

- ・ ISAS | 金星探査機「あかつき」金星周回軌道投入へ

<http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/missions/akatsuki/compile/index.shtml>

5. ニュー・ホライズンズ

NASAの探査機「ニュー・ホライズンズ」は、冥王星及び太陽系外縁天体(エッジワース・カイパーベルト)の探査を行う無人探査機である。ジョンズ・ホプキンス大学応用物理研究所(APL)のミッションチームが管制を行っている。

2006年1月20日に打ち上げられ、9年半かけて冥王星に接近した。9年ぶりに探査機の機能が目覚めた今年の2月から、関係するWebサイトを見てきた。

今年2015年7月14日、午後8時49分に「ニュー・ホライズンズ」は冥王星に最接近した。冥王星に近づくとつれて、段々と詳細な画像が送られてくるのが楽しみであった。冥王星には、ハート型をした明るく見える地形があるということが最接近の前の画像でわかってきた。

最接近の日は、早く帰宅し

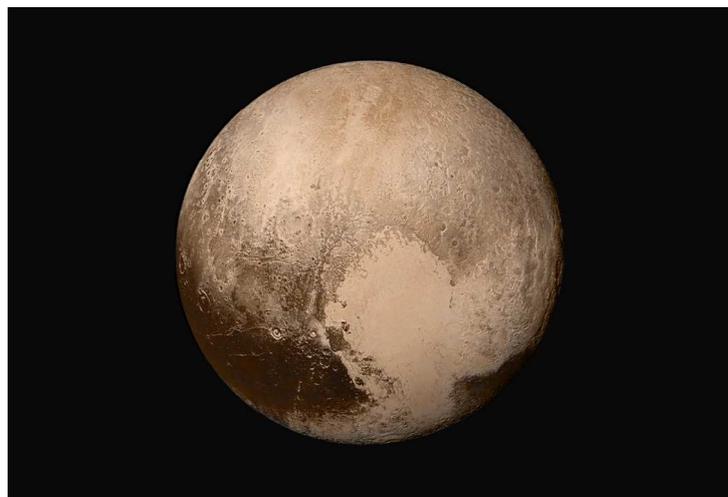


図.1 冥王星のハート型の地形 (NASA HP)

てインターネットでNASA-TVの生中継を見ていた。

冥王星の観測は、フライバイ（接近通過）といって高速で接近し通過しながら、膨大な画像やデータの取得が行われた。しかし、最接近の画像が届くのは、地球からおよそ49億kmも離れているため4時間半後となってしまった。その後、最接近前後の画像が順次送られてきている。

最接近時の画像の解析により、氷の山や谷、平原などの地形があることがわかってきている。ハート型をした地形は、氷の平原で「Sputnik Planum（スプートニク平原）」と呼ばれている。

今後およそ1年かけて送られてくる、画像やデータにより冥王星のことが少しずつ解明されることを期待している。

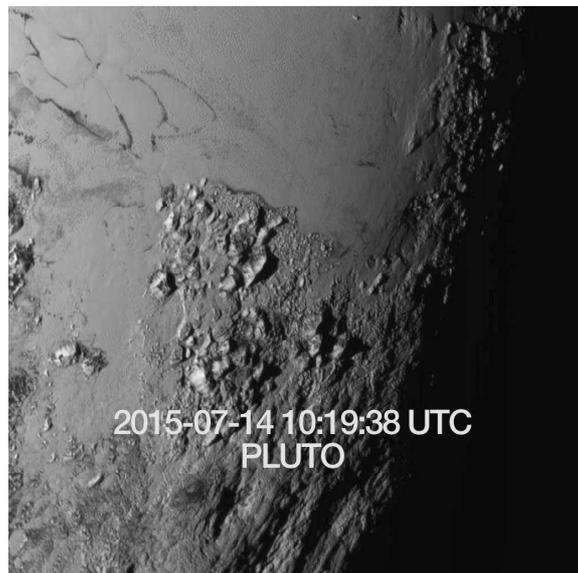


図. 2 冥王星 最接近時の画像 (NASA HP)

【Webサイト】

- ・ NASA (New Horizons)
http://www.nasa.gov/mission_pages/newhorizons/main/index.html
- ・ ジョンズ・ホプキンス大学 (New Horizons)
<http://pluto.jhuapl.edu/>

6. ディープスペースネットワーク

ディープスペースネットワーク (DSN : Deep Space Network) とは、NASAが深宇宙探査の為に立ち上げた深宇宙通信情報網の総称である。ジェット推進研究所 (JPL) に所属し、探査機と地球の交信を担っている。宇宙の全方向との通信を可能とするためにアメリカのゴールドストーン、スペインのマドリード、オーストラリアのキャンベラの3カ所に複数のパラボラアンテナにより構成される深宇宙通信施設がある。

日本では、長野県佐久市にある臼田宇宙空間観測所 (地球局 64mパラボラアンテナ) がその機能を担っているが、探査機が通信できない方向にあるとき、DSNの支援をもらっている。

Webサイトで、「ニュー・ホライズンズ」をはじめ探査機と地球との間でデータを送受

信する、パラボラアンテナ群の通信状況をリアルタイムで見ることができる。

「ボイジャー1号・2号」との通信や日本の金星探査機「あかつき」との通信も見ることができる。

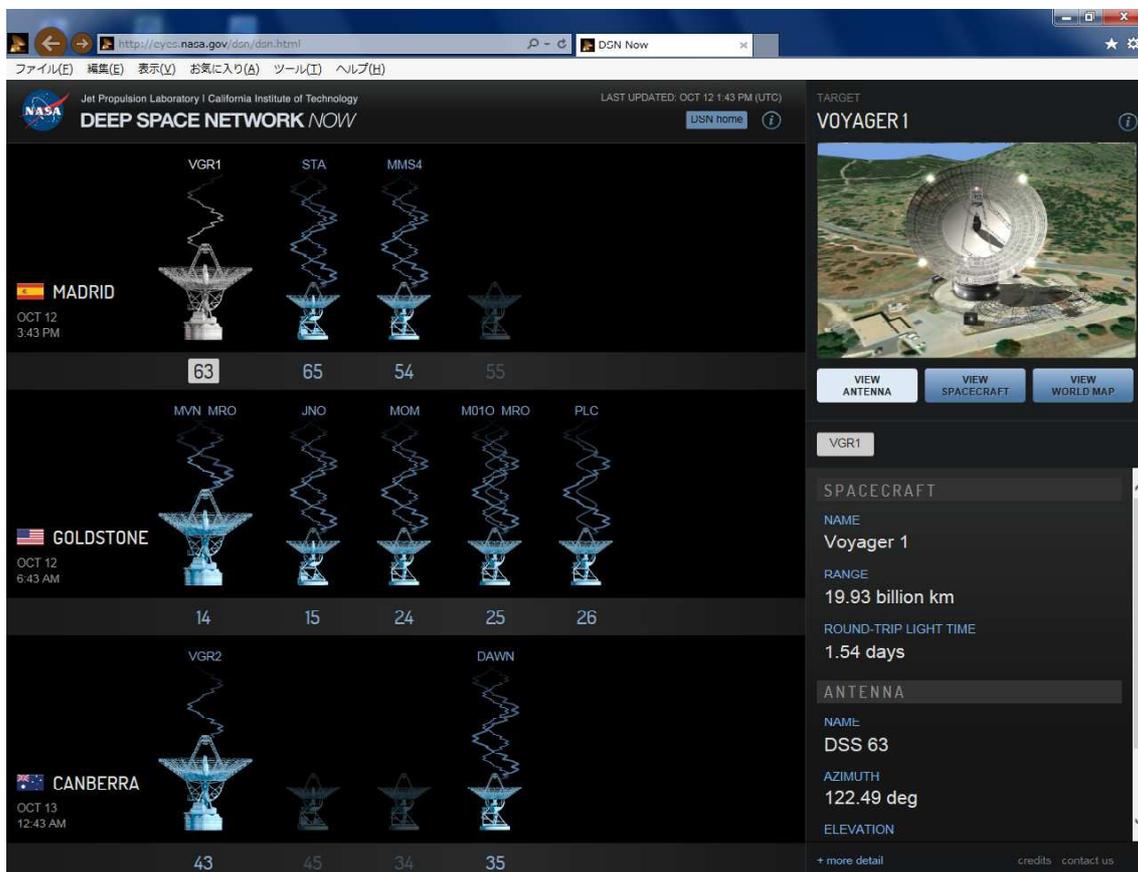


図.3 NASA JPL DEEP SPACE NETWORK NOW (NASA HP)

図.3は、2012年8月25日頃に太陽圏を脱出し星間空間の航行に入っている「ボイジャー1号」との2015年10月12日の通信の状況である。図の右下の表示から、探査機との距離は、約199億3千万kmあり、通信の往復に1.54日かかることがわかる。

【Webサイト】

NASA JPL DEEP SPACE NETWORK Now

<http://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>

7. おわりに

本年度の会報が発行される頃には、「はやぶさ2」の地球スイングバイ、「あかつき」の金星軌道投入が行われていることと思う。どちらも無事に成功し、日本の技術力を世界に示してもらいたいと願っている。