JAXAブリーフィング JAXAの太陽系始原天体探査計画

吉川 真¹,「はやぶさ2」プロジェクト準備チーム, 小天体探査ワーキンググループ

(要旨) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)では、小惑星や彗星のような太陽系始原天体の探査について、「はやぶさ」以降のミッションを検討してきた。それは、「はやぶさ2」と「はやぶさMk2」と呼ばれる2つのミッションである。「はやぶさ」が、イトカワという S型小惑星を探査したので、「はやぶさ2」は C型の小惑星、そして「はやぶさMk2」は D型や P型小惑星ないし涸渇彗星核が探査のターゲットとなる。このようにプログラム的に探査を行うことで、効率的に太陽系や生命の起源と進化を解明することを目指すのである。特に、「はやぶさMk2」については、ヨーロッパの研究者も関心を示しており、欧州宇宙機構 (ESA)のCosmic Visionプログラムに「マルコ・ポーロ」というミッション名で共同提案し、今後、本格的な検討を進めていくことになった。

1. はじめに

太陽系の始原天体とは、太陽系が誕生したときやその後の進化の情報を持った天体のことであり、小惑星の多くや彗星は始原天体と見なすことができる。太陽系という惑星系がどのように形成されたのか、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、進化してきたのかを知ることは、科学の進展において重要なことである。

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

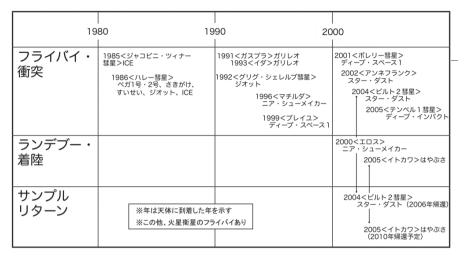
1. 宇宙航空研究開発機構

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、地球接近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。

我が国では、始原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し、小惑星探査機「はやぶさ」は、世界で初めての試みとして小惑星からのサンプルリターンに挑戦している。ここでは、これまでの経緯や現状をまとめた後、「はやぶさ」に続く始原天体探査について、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が現在考えていることを紹介する。

2. これまでの経緯と現在の状況

これまでの小天体探査としては、1986年に各宇宙機関が共同して行ったハレー彗星探査を初めとして、ガリレオ探査機による小惑星ガスプラやイダのフライバイ(1991年と1993年)、ニアシューメイカー探査機による小惑星マチルダのフライバイ(1996年)と小惑星エロスとのランデブー(2000年)、ディープスペース1探査機によるボレリー彗星のフライバイ(2001年)、スター



※目的地に向かっているもの:ロゼッタ、ニューホライズンズ、ドーン

図1: 太陽系小天体へのこれまでの主なミッション

ダスト探査機によるビルト 2 彗星のフライバイと放出 物質の捕獲(2004年), そして,ディープインパクト探 査機によるテンベル1 彗星の衝突・フライバイ(2005年) が主なものである。そして,日本の「はやぶさ」探査 機がイトカワを探査したのが2005年の秋であった。図 1に太陽系小天体へのこれまでの主なミッションを示 す。

「はやぶさ」は、小惑星まで行き、その微小重力のもとで表面物質を採取し、地球に帰還するという惑星探査技術を実証するための探査機である。もちろん、理学的な目的も重要であり、特にターゲットになった小惑星イトカワが500m程度の小さなものであったために、このような微小小惑星の特徴がどのようなものであるのかが注目された。「はやぶさ」ミッションは、現在(2008年2月)、まだ進行中であり、地球帰還を残しているのであるが、工学、理学ともにかなりの成果を挙げた。その詳細は他に譲ることにし、ここでは省略するが、「はやぶさ」による微小小惑星イトカワの探査が非常に興味深い結果となったこともあって、欧米でも同様なミッションを行おうという機運が高まってきた。

まず、ヨーロッパでは、欧州宇宙機構(ESA)を中心として、ドン・キホーテというミッションの検討が行われている。これは、地球接近小惑星(NEO)に探査機を衝突させてその軌道変更を行う試みをするものであり、スペースガードのための基礎実験となる。ま

た、後述する日本の「はやぶさMk2」計画と共同して、ESAのCosmic Visionに始原天体サンプルリターンミッション「マルコ・ポーロ」を提案し、最初の審査を通って更なる検討を行っている。なお、ESAは2004年にロゼッタ探査機を打ち上げ、2014年の彗星到着を目指して現在、飛行中である。

アメリカでは、小惑星ベスタとケレスにランデブーするドーンが2007年に打ち上げられた。また、後述する「はやぶさ2」とほとんど同じことを行うオシリスというミッションの検討がなされ、NASAのDiscoveryプログラムに提案された(2007年末の選考の結果、この提案は残念ながらミッションとして認められなかったのであるが)。さらに、有人による小惑星探査についても議論が始まっている。(アメリカでは、この他にもHERAというNEOサンプルリターンミッションや、ABEというNEO表面爆破ミッションなどの検討もある。)

このような状況において、我々としては、「はやぶさ」に続く小天体探査ミッションとして、「はやぶさ2」と「はやぶさMk2」を考えている。以下で、これらの検討内容について、その概略を述べる。

3. 我が国の始原天体探査計画

「はやぶさ」が探査した小惑星イトカワは、S型に 分類される小惑星である、小惑星はその反射スペクト

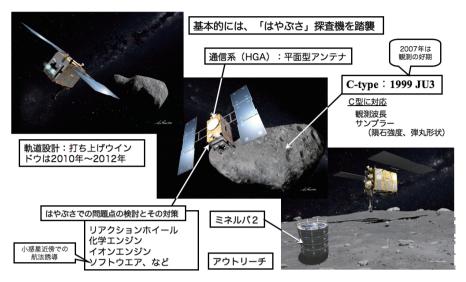


図2: 「はやぶさ2」の想像図と主な検討内容(イラストは池下章裕氏による)

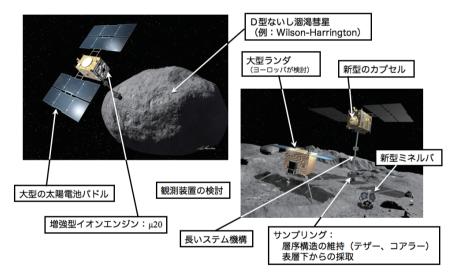


図3: 「はやぶさMk2」=「マルコ・ポーロ」の想像図と主な検討内容(イラストは池下章裕氏による)

ルのタイプによっていくつかの型に分類されているが、S型は岩石質の天体と推定されており、小惑星帯の内側の縁付近に多く存在している。これに対して、C型という有機物を多く含んでいると思われる小惑星もあり、これは小惑星帯の中央付近で多い。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」として早急にC型の小惑星探査を行いたい。これが、「はやぶさ」に続

く最初の小天体探査として検討されているものである.

「はやぶさ2」では、探査機そのものの構造は「は やぶさ」から大きく変更することはしないで、なるべく早期に打ち上げることを目指す。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。ターゲットとなる小惑星としては、1999 JU3という C型の小惑星が候補に挙がっている。この小惑星に行くための打ち上げは、2010年から2012

年が可能である.「はやぶさ2」の想像図と検討概要を図2に示す.

この探査を行うことで、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ている。また、イトカワの結果とも総合することで、小惑星帯の物質分布についての知見を得ることができる。さらに、より空隙率が高いと言われているC型小惑星について、その内部構造も興味深いところである。

「はやぶさ2」が「はやぶさ」のレプリカ的探査機だったのに対して、「はやぶさ2」の次のミッションとして検討されている「はやぶさMk2」の方は、新しい探査となる、探査の対象天体は、より始原的な天体であるP型やD型の小惑星、CAT天体、彗星核が候補となる、具体的な候補天体としては、Wilson-Harringtonが挙げられている。この天体は、以前は彗星としての活動を示していたものであるが、現在は小惑星と見なされているものである。

サンプリングとしては、層序構造を保持した採取、表面ではなくて少し深い部分からの採取、そして、できる限り多量の採取を目指したい、また、ローバやランダもより高度なものとして、例えば地震計等を積んでより積極的に内部構造を調べることを検討している。また、レーダー・サウンダー等での内部構造探査も検討している。図3が「はやぶさMk2」の想像図と検討概要である。

以上のように、我々としては、「はやぶさ」→「は やぶさ2」→「はやぶさMk2」という一連の探査を考 えている. この流れは、サイエンス的にはより始原的 な天体に向かう方向であり、技術的にはより高度化す る方向である. このように、始原天体のサンプルリタ ーンということをキーワードとして、プログラム的に 探査を行うことを考えているのである。惑星探査ミッ ション特にサンプルリターンを行うようなミッション は、1つのミッションの期間が非常に長い、したがっ て,技術や知識・経験を継承したり、アクティビティ ーを維持したりするためには、1つのミッションが終 わってから次のミッションを立ち上げるのではなく、 より短い時間間隔でミッションを行う必用ある. この ようなプログラム的探査によって、日本の惑星科学の 発展と世界への貢献, また, 太陽系探査技術の維持拡 張を目指しているのである.

4. 今後の展開

すでに述べたが、「はやぶさMk2」の検討に対して、ヨーロッパの科学者から強い関心が示された。2006年からは、日欧共同でミッションを行う可能性についての具体的な検討が始まり、2007年にESAのCosmic Visionというプログラムに「マルコ・ポーロ」というミッション名で提案した。2007年末の最初の選考で更なる検討をすべきミッションとして選ばれた。

マルコ・ポーロは、基本的には「はやぶさMk2」の考えを踏襲することになるが、100kgクラスの大型の着陸機を搭載する。この着陸機をヨーロッパが担当することになる。ヨーロッパ側は、ロゼッタミッションで着陸機を製作しており、経験を持っている。それに対して、探査機本体は、「はやぶさ」の経験がある日本が担当する。また、打ち上げロケットはヨーロッパが担当することになっている。その他、具体的な搭載機器については、今後、双方で検討を進めていくことになる。なお、マルコ・ポーロとは、ヨーロッパと日本とを交易で結びつけた人ということで、サンプルリターンにふさわしいため、ミッション名として名付けられた

今後、まずは、「はやぶさ」を無事に地球に帰還させる作業が残っている。2010年6月に向けて、この作業は粛々と行われている。それと同時に、「はやぶさ2」および「マルコ・ポーロ」を実現させるべく作業を進めていきたいと思っている。多額の費用が必用となるミッションだけに実現するのはたやすくないが、最初に述べたように小惑星や彗星といった太陽系小天体ないし始原天体は、いろいろな側面で人類にとって重要なものである。その理解へと一歩でも近づいていきたいと考えている。そのために、日本のそして世界の惑星科学者の力を結集していくことが鍵となる。

(追記)始原天体探査の国際協力を促進するために、第一回国際始原天体探査ワーキンググループ(IPEWG: International Primitive Body Exploration Working Group)を日本が主導して2008年1月13-16日に沖縄で開催した。今後の国際協力にはずみがつくことを期待している。