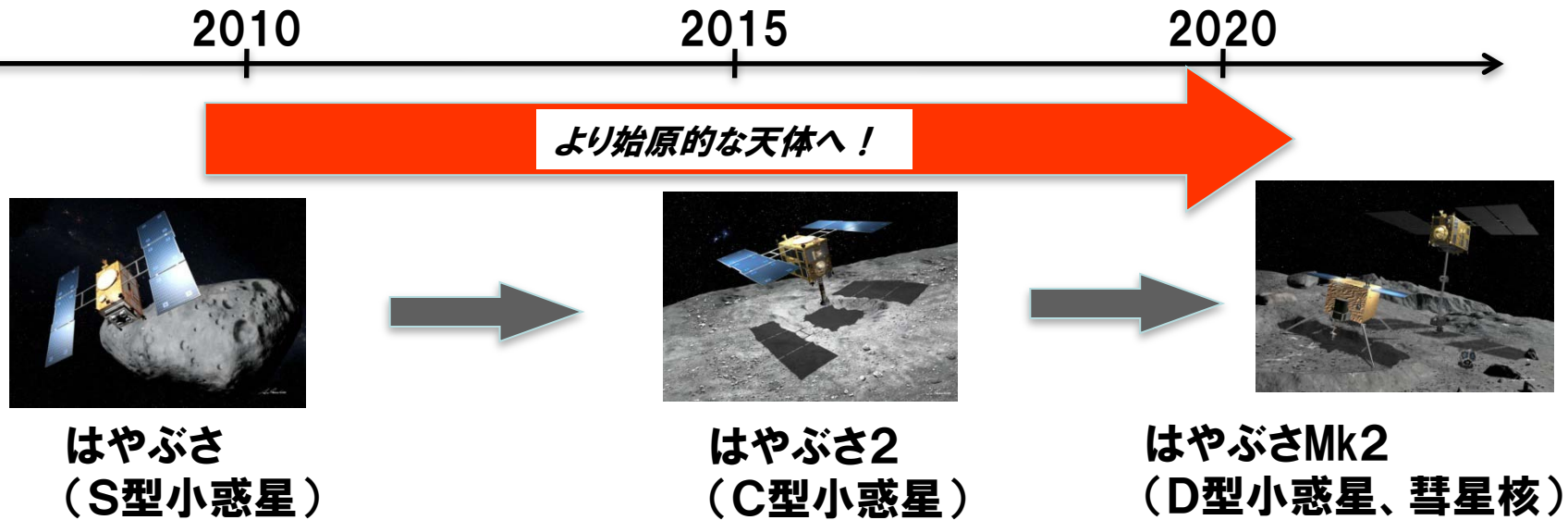


はやぶさ2プロジェクトについて

宇宙航空研究開発機構
月・惑星探査プログラムグループ(JSPEC)
吉川 真

1. 「はやぶさ2」計画の位置づけと経緯 「はやぶさ2」の位置づけ

< 始原天体探査プログラム >



〔 「太陽系探査科学の進むべき方向」(平成19年3月)より
月惑星探査推進チーム・太陽系探査ロードマップ検討小委員会報告 〕

プログラムの 探査

- 太陽系の起源・進化を知るためには、代表的なタイプであるS型、C型、D型の小惑星を調査する必要がある。
- S型、C型、D型の順により始原的になり、太陽系の初期に迫ることになる。
- 一般的にS型、C型、D型の順に太陽から(あるいは地球軌道から)遠ざかる傾向にあるので、サンプルリターンを行うには、より高度の技術が必要になる。

1.「はやぶさ2」計画の位置づけと経緯

「はやぶさ2」の経緯

- 2007(H19)年6月、プロジェクト準備審査が行われ、2007(H19)年8月29日、プリプロジェクトに移行。
- 2008(H20)年11月、H2A相乗り打ち上げや、海外機関との打ち上げ協力など、経費節減について検討をしつつ、従来のミッションからスコープを拡大する検討を開始。
- 2009(H21)年6-7月、スコープ変更後のはやぶさ2計画について、外部評価を経て△MDR審査(ミッション定義審査)でミッション要求の妥当性が審査され、「小惑星探査機 はやぶさ2」プロジェクト準備審査(デルタ審査)で一部のスコープ拡大に伴う変更が決定。
- 2009年12月、システム要求の審査(SRR)を実施し、了承された。
- 2010年6月、「はやぶさ」地球に帰還。帰還カプセル内のサンブラコンテナを無事に回収し、初期分析作業を開始。

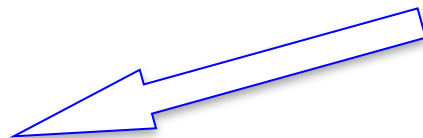
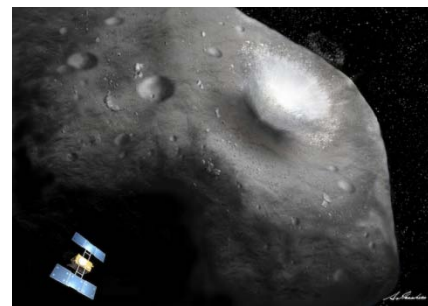
2. ミッション概要

打上げ

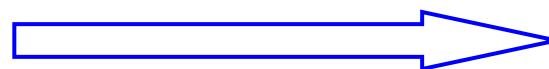


着陸帰還機によるリモートセンシング観測では、光学カメラ、赤外線分光計、LIDAR(距離測定)などの機器を用いて、小惑星の特性を調べる。その後小惑星の近接観測、小型ローバの投下、表面試料の採取を行う。

衝突体が小惑星に衝突する。



衝突体の衝突による小惑星表面地形の変化や形成された人工クレーターなどを着陸帰還機が観測することで、小惑星の地下物質、内部構造、再集積過程に関する新たな知見を得る。安全が確認できれば、人工クレーター近傍での試料採取にも挑む。



地球帰還

着陸帰還機が地球に戻り、カプセルを地上で回収する。



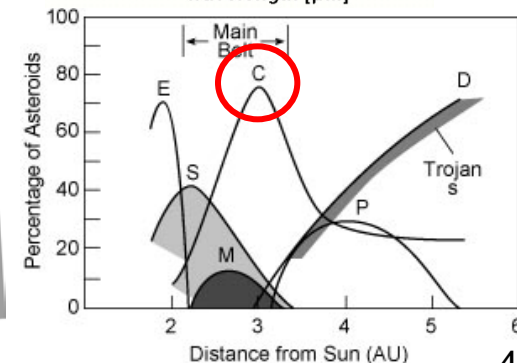
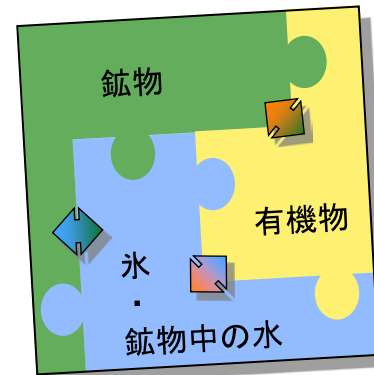
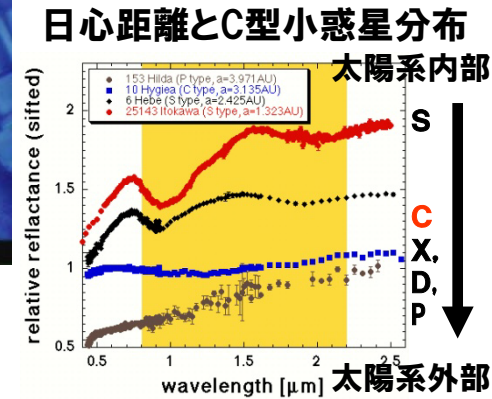
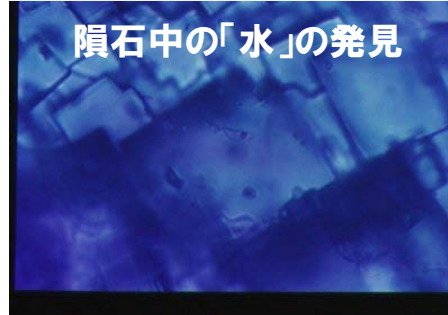
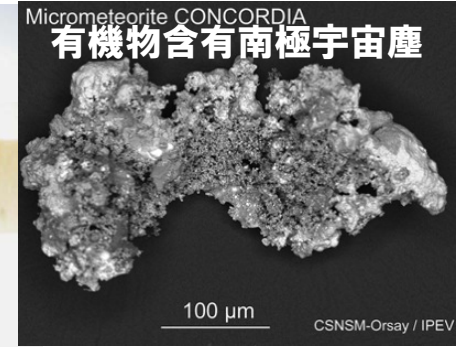
サンプル分析

3. 期待される成果(1/4)

期待される成果(リターンサンプルの分析)

- **鉱物・水・有機物の相互作用**
小惑星起源の鉱物・水・有機物(生命前駆体)がミクروسケールでどのように相互作用し、共存しているかを探り、地球、海、生命との関連を明らかにする。
 - **太陽系・小惑星帯の物質分布**
小惑星帯の中心から外縁部に多く分布するC型小惑星の構成物質を解明し、はやぶさの成果と合わせて、原始太陽系における日心距離と鉱物・水・有機物といった物質の分布を明らかにする。
- 研究テーマ例: 回収試料の熱変成、元素(同定・分布)、鉱物(同定・分布)、「水」の存否、有機物、同位体(C,H,O,N)、C型宇宙風化等の分析など。

炭素質コンドライト隕石



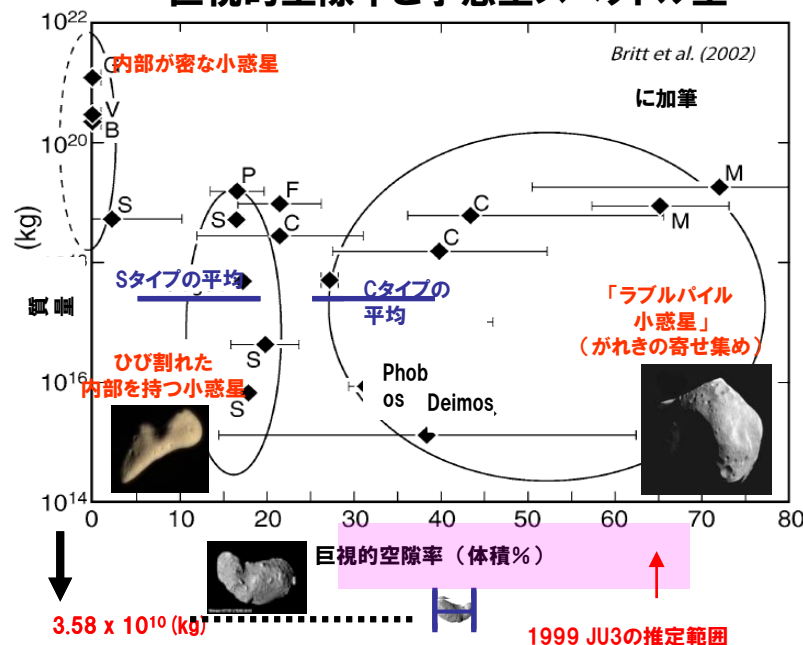
3. 期待される成果(2/4)

期待される成果(その場観測):

- **微小小惑星の内部構造、形成過程**
 全球、マクロスケールでのC型微小小惑星の表層地形、物性、内部構造、構成物質を直接探査し、マクロスケールでの鉱物-水-有機物相互作用を明らかにする。

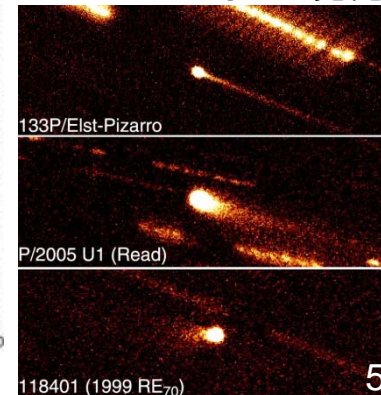
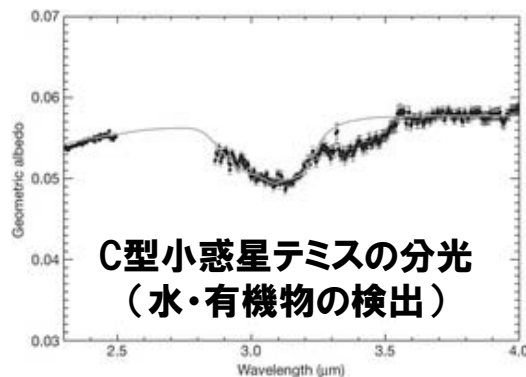
→研究テーマ例: 重力・質量・密度・空隙率の導出、全球地形・鉱物分布、表面温度・熱慣性の測定、含水鉱物・有機物採取候補地点の選定、人工クレータ-形状・地形、特徴地形の変化、再集積物の確認、新鮮な地下物質(水・含水鉱物・有機物分子種)など。

巨視的空隙率と小惑星スペクトル型



イトカワ(S)

メインベルト彗星の発見



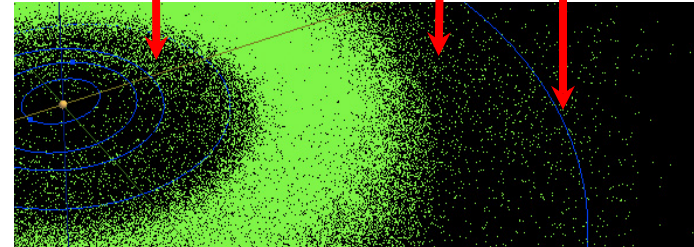
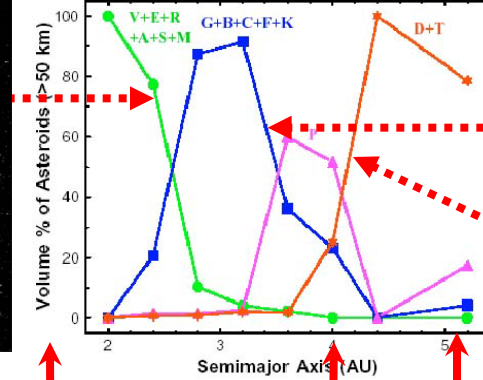
3. 期待される成果 (3/4)

期待される成果

(深宇宙往復探査技術):

- **「はやぶさ」技術の成熟**
はやぶさで実証できた技術は継承し、修正点はロバスト性、確実性、運用性を向上させて、太陽系小天体の往復探査を行う技術を成熟させ、日本がこの分野を先導する。
- **将来の探査技術の基盤**
これにより、地球近傍小天体や火星圏など内惑星領域の往復探査の継続的な実施と、木星圏など外惑星領域の日本独自の探査に挑戦できる、技術的・運用上の基盤が得られる。また、深宇宙港構想についてのアプローチともなる。

始原天体探査プログラム構想



太陽系内側

地球軌道

木星軌道

太陽系外側



3. 期待される成果(4/4)

期待される成果(衝突装置):

- **微小小惑星の進化過程**

小惑星は衝突破壊と合体を繰り返して成長したが、衝突(衝突装置)による天体の変化を観察することを通じて、微小小惑星の進化過程の理解を深める。

- **微小小惑星の内部構造**

「はやぶさ」が探査したイトカワよりも一回り大きく、空隙率も低いと見込まれているC型の微小小惑星の内部構造と物質を調べる。

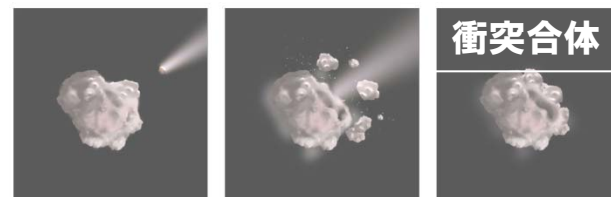
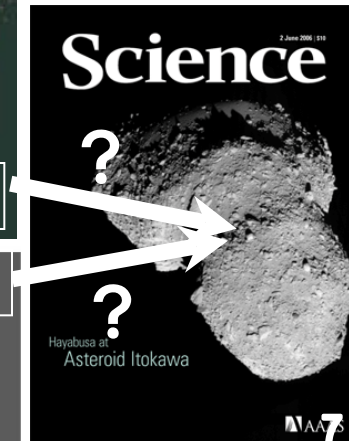
- **地下物質の調査**

衝突体により露出した表面を、その場観測およびサンプルリターンすることで、宇宙風化や熱慣性の影響を受けていない新鮮な地下物質の調査ができる。

→研究テーマ例: 人工クレーター形状・地形、特徴地形の変化、内部構造の推定、再集積物の確認、新鮮な地下物質(水・含水鉱物・有機物分子種)など。



微小小惑星の
衝突進化の研究



4. まとめ

はやぶさ2の計画について検討を行った。更に開発に向けて必要なフロントローディング等の作業を識別した。

現時点において、JAXAとして開発研究段階に移行できる設計段階に到達したと判断する。

(参考1) なぜC型小惑星を探查するのか？



2006.09.13「はやぶさ後継機」外部評価委員会(水谷仁委員長)第一回説明資料の抜粋

C型小惑星は、日心距離ではメインベルトの中程に多く存在し、S型小惑星よりも始原的で、炭素質コンドライトの母天体と考えられる。はやぶさ直後の探查対象としては、以下の意義がある。

<科学目標1>はやぶさがサンプルリターンするS型小惑星と並んで主要なタイプであるC型小惑星の物質と構造を理解し、メインベルト(小惑星帯)の物質分布マップを作成する。(科学観測のみでも、将来の資源利用可能性を調査する際の第一歩にもなる。)

<科学目標2>地球とその生命の誕生・進化に不可欠な「宇宙起源の水と有機物」の化学進化を調べる。(Stardust彗星塵のサンプルリターンとは相補的な情報。)

<科学目標3>C型特有の、空隙率の高い内部構造を調査して、始原天体の成長・破壊プロセスを解明する。(科学観測のみでも、地球衝突天体の軌道変更技術を検討する際の最重要情報になる。)

(参考2) 「はやぶさ」と「はやぶさ2」の比較

● 「はやぶさ」の技術確立に加え、新たな科学を目指す。

	はやぶさ	はやぶさ2
目的	 <p>深宇宙往復探査に必要な五つの工学実証</p>	 <p>C型小惑星サンプルリターンおよび確実な深宇宙往復探査技術の確立</p>
探査天体	S型小惑星	C型小惑星 (より始原的な小惑星。有機物や含水鉱物に富んでいる。)
ミッション機器	<ul style="list-style-type: none"> • 近赤外分光計 • XRS分光計 • 多バンド可視カメラ • レーザー測距 	<ul style="list-style-type: none"> • 近赤外分光計の観測帯域を長波長側に変更し、水の検出を行う。 • 蛍光X線分光計から中間赤外カメラに変更し、熱慣性計測を行う。 • 衝突装置を追加し、地下物質を露出させる。
打ち上げ年	2003年	2014年