

小惑星から帰ってきた「はやぶさ」 …7年間の軌跡と奇跡…

“はやぶさ講演会”

城西国際大学観光学部

2010年8月1日

吉川 真 (JAXA)

はやぶさプロジェクトサイエンティスト
はやぶさ2準備チーム長

1

長い夢の実現

打ち上げ：2003年5月9日

→打ち上がってから7年1ヶ月

探査機の開発：1996年頃から

→すでに14年

そもそものアイディア：1985年頃

→四半世紀



2

「はやぶさ」 ミッション・シナリオ



打ち上げ
2003.05.09



表面物質の採集



小惑星到着
2005.09.12



地球スイングバイ
2004.05.19



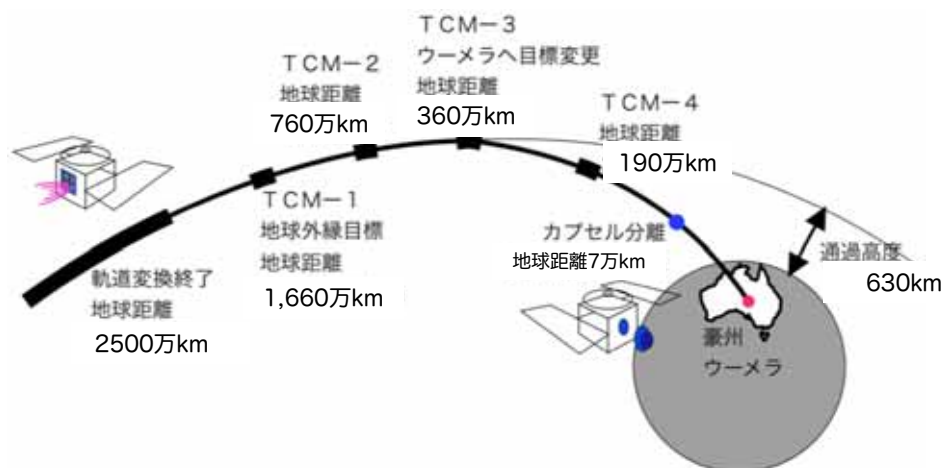
地球帰還

~~2007.06~~

⇒ 2010.06.13

3

地球帰還に向けた軌道修正



TCM : Trajectory Correction Maneuver

2010年4月	6日	TCM-0終了	地球外縁部への誘導
5月	1-4日	TCM-1終了	地球外縁部への誘導
5月23-27日		TCM-2	地球外縁部への誘導
6月	3-5日	TCM-3	豪州への誘導 (地球リム→着陸想定地域へ)
6月	9日	TCM-4	豪州への誘導 (着陸想定地域への詳細誘導)

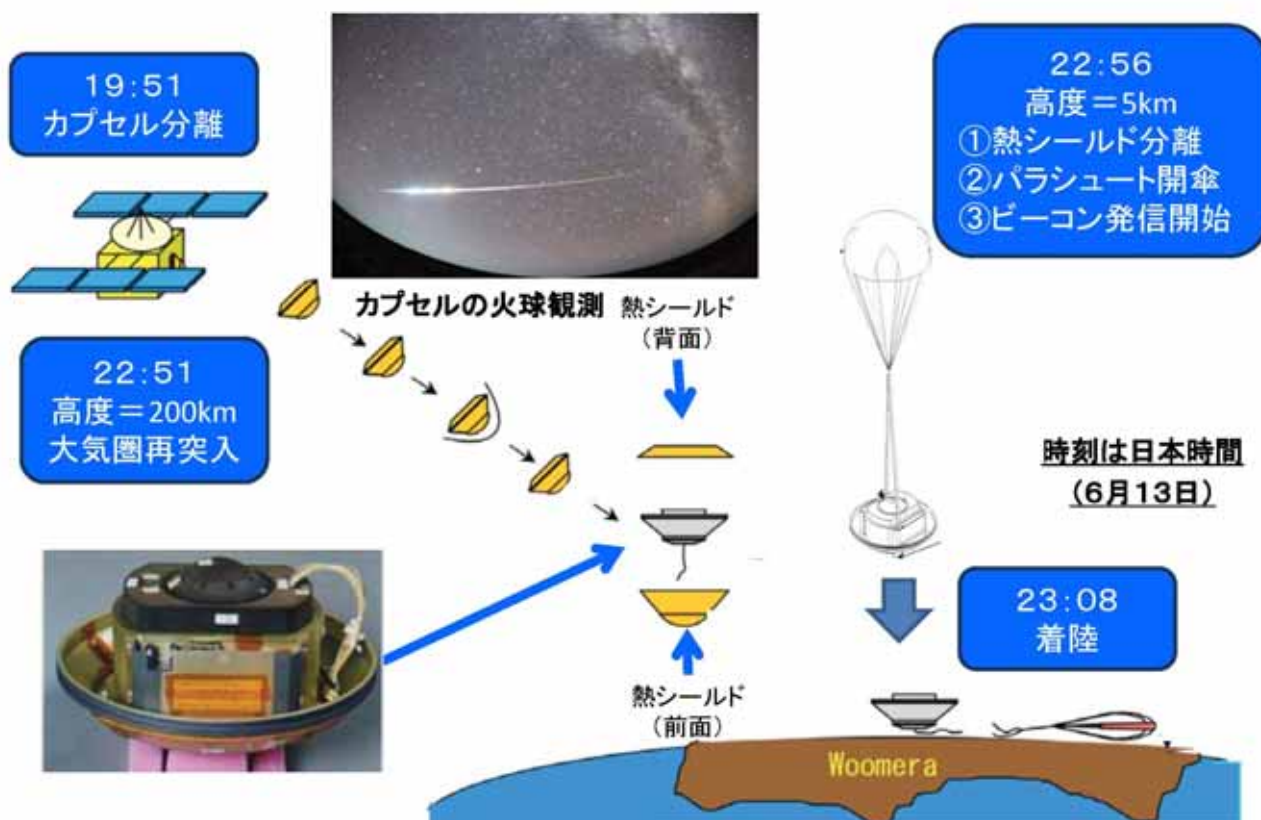
4

カプセル回収地点



図「はやぶさ」試料回収カプセル着地点

カプセル帰還・回収までのタイムライン



カプセル回収フロー

6月13日23時56分 ヘリ捜索によりカプセル本体発見
・上空からカプセル捜索(ビーコン受信、照明で確認)
(ヘリコプターは着陸しない)



発見されたカプセル本体



6月14日14時頃 ヘリ捜索により熱シールド発見
・上空から熱シールド捜索
(ヘリコプターは着陸しない)

発見された熱シールド
(背面/前面)

6月14日17時10分 カプセル本体回収作業完了
・カプセル外観確認、安全化作業、簡易コンテナへの梱包
・RCCへの輸送

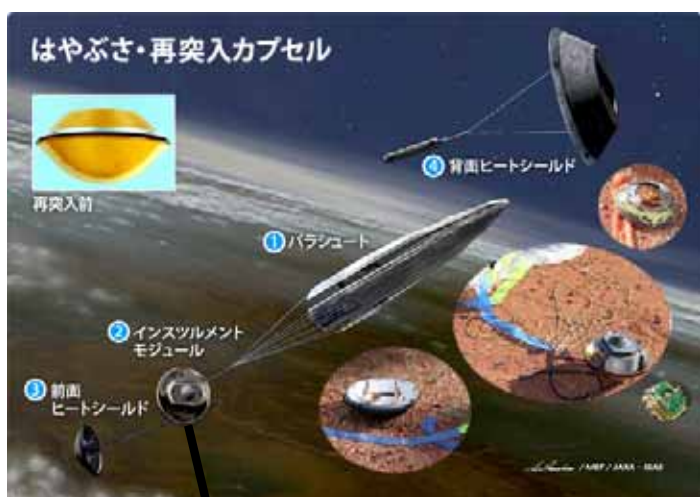


カプセル本体の回収作業

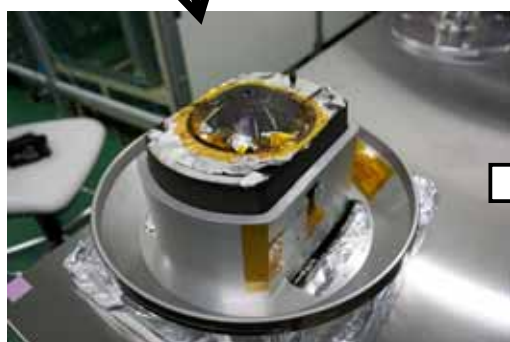
6月15日13時2分 熱シールド回収作業完了
・簡易コンテナへの梱包、RCCへの輸送

4

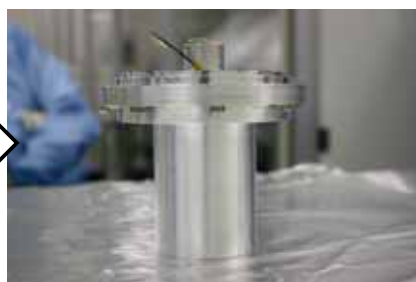
再突入カプセル



着地したカプセル



インスツルメント・モジュール

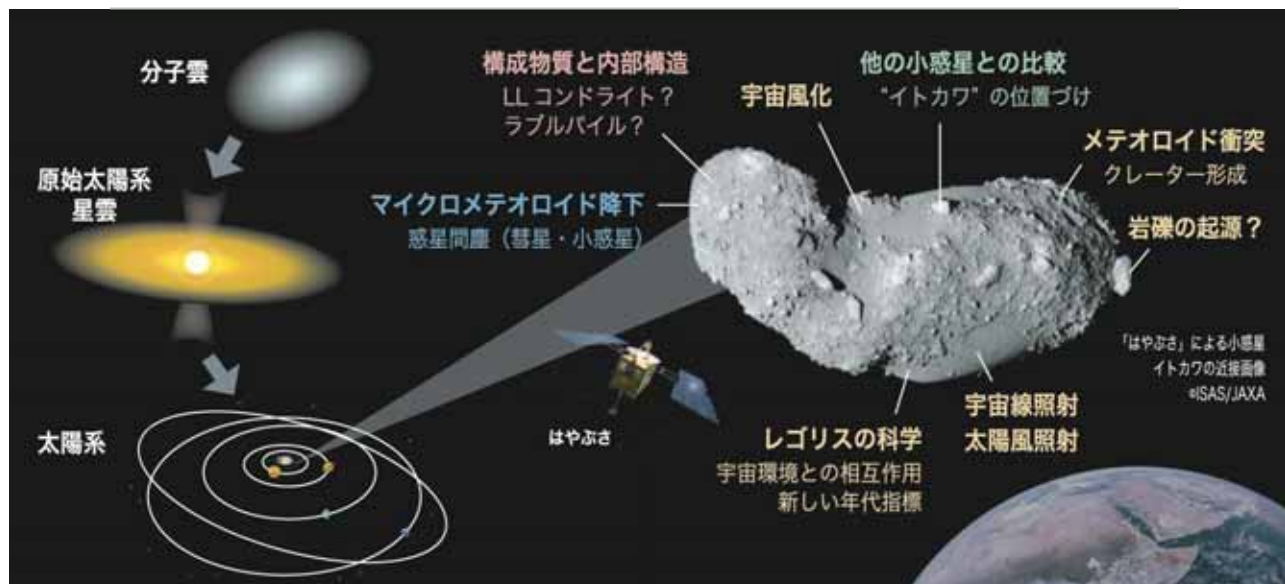


コンテナ



キャッチャー

はやぶさサンプルのサイエンス



(1) イトカワの表面物質

- ・ 分類 (LL5/6 chondrite?)
- ・ 年代
- ・ 密度

(3) 宇宙環境との相互作用

- ・ 宇宙風化
- ・ レゴリス年代
- ・ 太陽風組成

(2) 母天体でのプロセスと集積

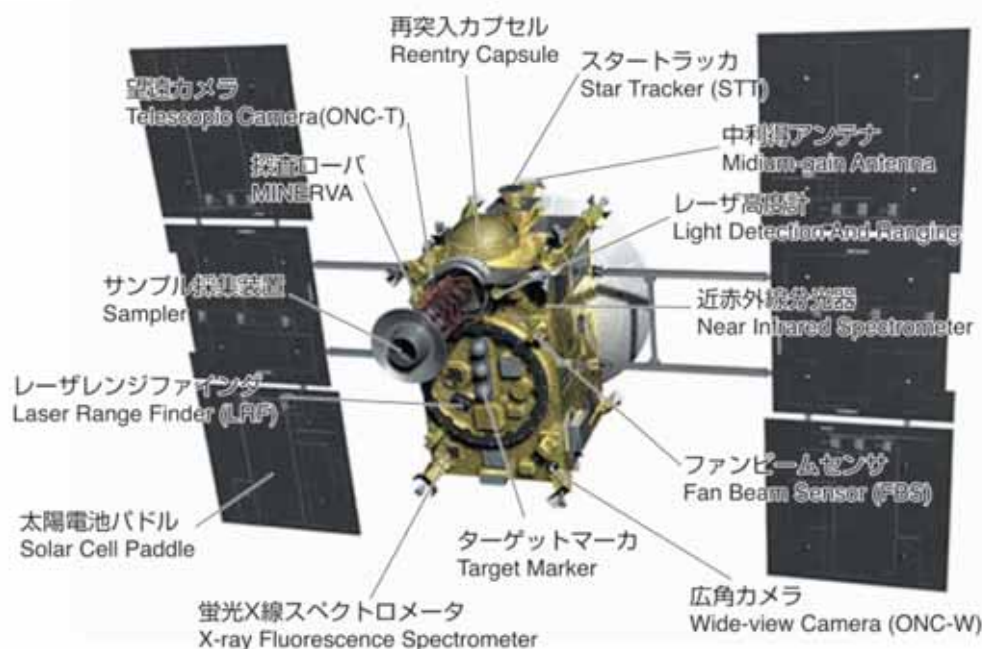
- ・ 角礫岩 (角礫化の質と量) ?
- ・ 衝撃の程度

(4) イトカワに落下した外来物質

- ・ 始原的な物質 (有機物 etc)
- ・ 分化した物質 (felsic mat. etc.)
- ・ 塩化物?

9

はやぶさ探査機

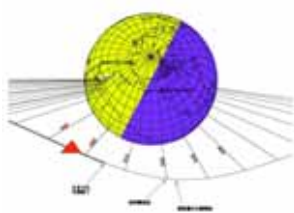


10

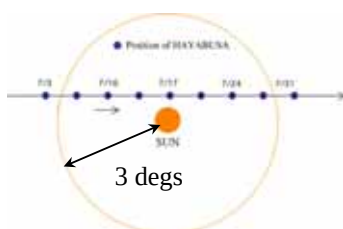
はやぶさ：エンジニアリング



打ち上げ



地球スイングバイ



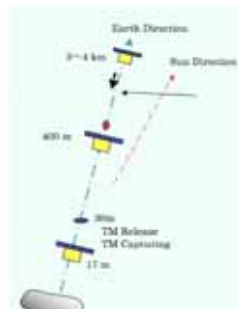
合



光学航法



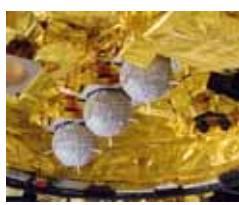
イトカワ
接近運用



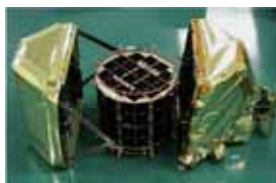
タッチダウン



イオンエンジン ターゲットマーカ



サンプラー



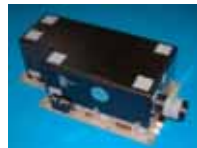
ミネルバ



AMICA



LIDAR



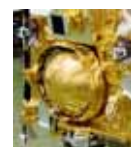
NIRS



XRS



再突入カプセル



11

イオンエンジン



- ・キセノンをプラズマ化して、高速で噴射。
- ・推力は小さいが長時間作動させる。
- ・エネルギー源は太陽。



11

ターゲットマーカ



フラッシュをあてない時



フラッシュをあてた時

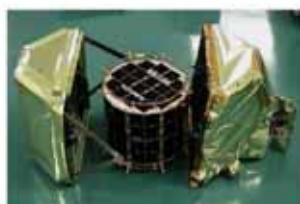
88万人の署名
入りシート



12

ロボット着陸機 (MINERVA)

- 超小型ローバ (600g、10cm)
- ホップして移動
- 自律型
- カメラ3台を搭載
- 探査機本体と通信



13

サンプル収集装置



上部金属ホーンと射出装置



下部柔軟ホーンと伸展マスト

14

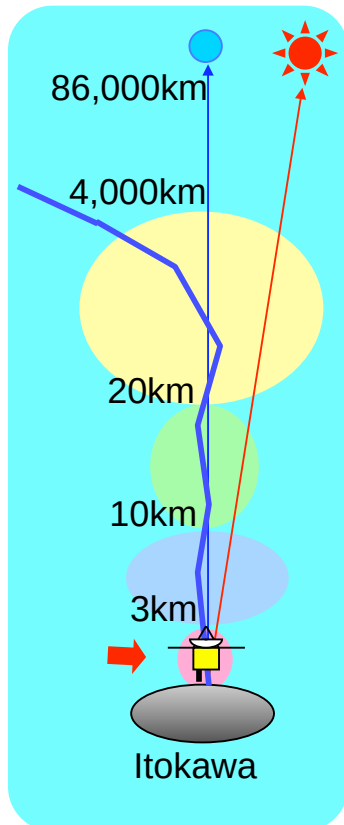
15

「はやぶさ」が経験した困難と関連する運用

- 2004年 秋： 史上最大の太陽フレア X25
- 2005年 8月： Reaction Wheel 1台故障.
- 2005年 10月： Reaction Wheel 2台目故障.
- 2005年 11月： wheel 故障の下での離着陸運用.
- 2005年 11月： 着陸#2時 離陸後, 燃料漏洩
- 2005年 12月： 噴出ガスにより, 姿勢喪失.
7週間の通信途絶. 奇跡的な復旧運用.
化学エンジン使用不能に. バッテリ故障
- 2006年 1月： 新たな軌道計画で3年帰還延期. 1台運転へ.
- 2006年 1月： 通信復旧. Xe cold gas jet 姿勢制御.
- 2006年： Refurbish運用. 光圧利用の新姿勢制御開始.
バッテリ充電運用
- 2007年 1月： カプセル蓋閉め.
- 2007年： 帰路イオンエンジン運転第1期
- 2009年： 帰路イオンエンジン運転第2期
- 2009年11月： イオンエンジン劣化で非常停止.
- 2009年11月： 新複合形態でイオンエンジン運転再開

13

降下試験と着陸



2005年

- | | |
|------------------|--------|
| 1. リハーサル 1 | 11月4日 |
| 2. 航法誘導試験 | 11月9日 |
| (ターゲットマーカー分離試験) | |
| 3. リハーサル 2 | 11月12日 |
| (ミネルバ分離) | |
| 4. タッチダウン1 | 11月20日 |
| (ターゲットマーカーの投下) | |
| (2回の接地と1回の着陸) | |
| 5. タッチダウン2 | 11月26日 |
| (1回のタッチダウン) | |



1回目

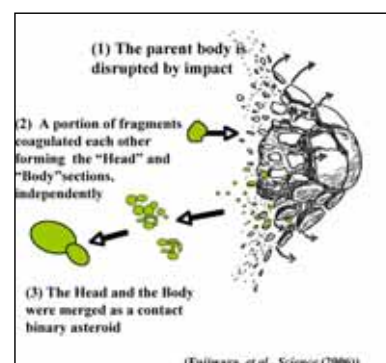
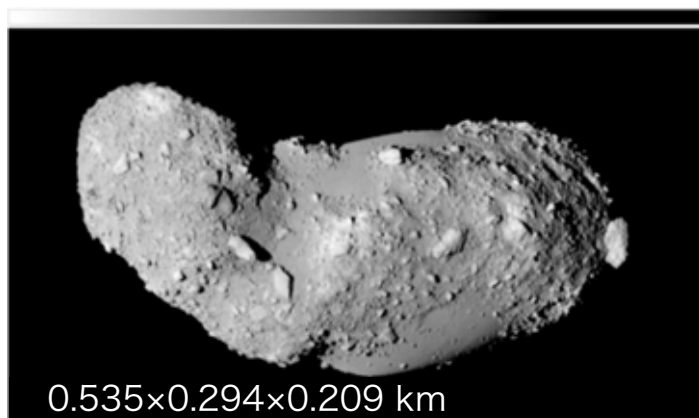
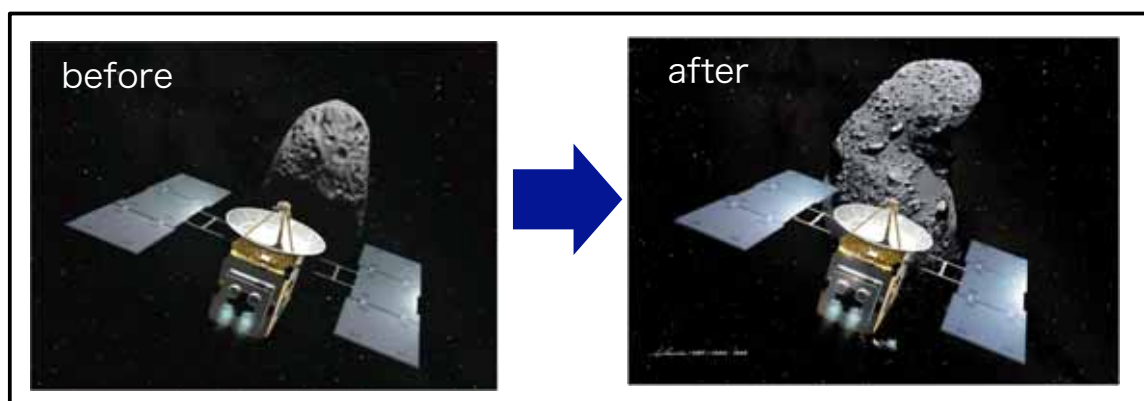


2回目

14

「はやぶさ」の科学的成果

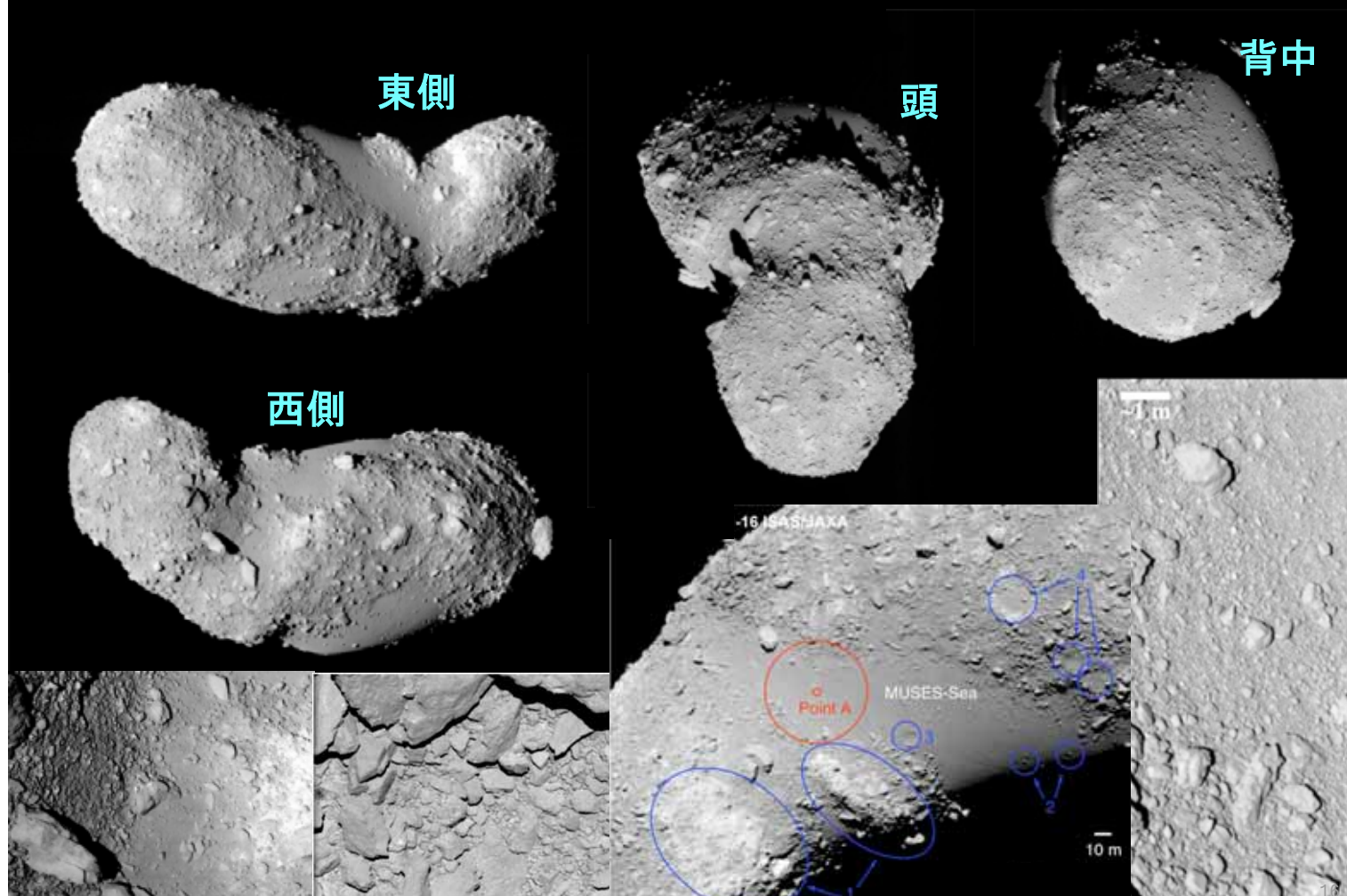
微小NEO（地球接近小惑星）の概念が変わった！



イトカワは“がれき”の集まり
=“Rubble Pile”

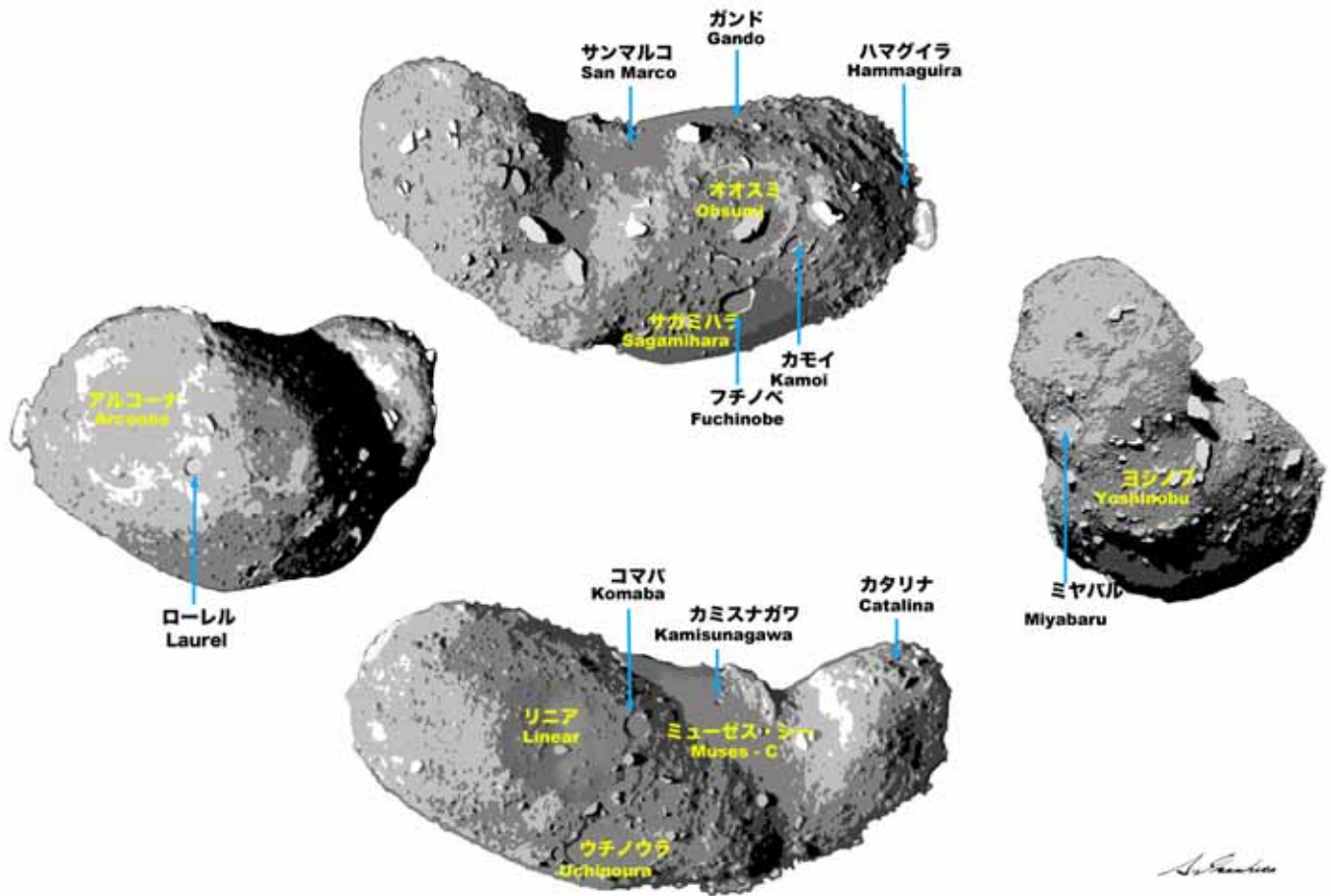
15

これがイトカワ



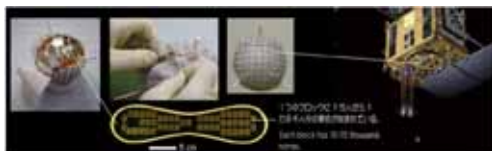
16

イトカワ表面に付けられた名前



17

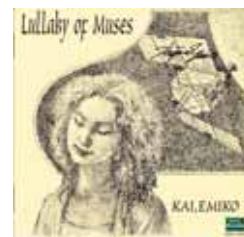
「はやぶさ」のアウトリーチ活動



ターゲッマーカー
に名前



Web上で迅速
に情報公開



ジャズ



音楽ビデオ



プラネタリウム



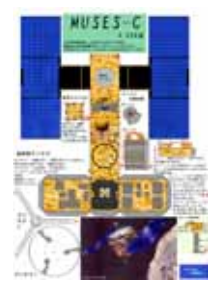
イトカワの精密模型



バーチャルイトカワ



やさしい物語



ペーパークラフト

18

始原天体のプログラムの探査の構想

はやぶさ後継機

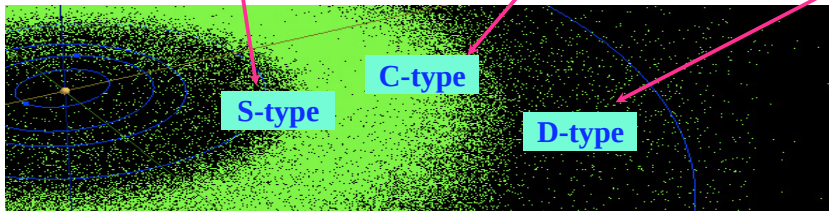
はやぶさ



はやぶさ 2



はやぶさ Mk2



小惑星帯

19

はやぶさ 2 の構想

打上げ

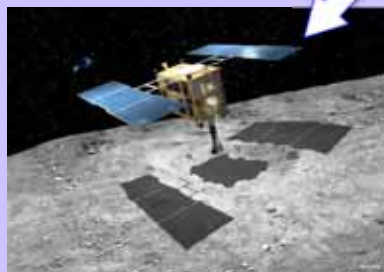


探査機によるリモートセンシング観測では、光学カメラ、赤外線分光計、LIDAR（距離測定）などの機器を用いて、小惑星の特性を調べる。その後小惑星の近接観測、小型ローバの投下、表面試料の採取を行う。



衝突体によって人工的なクレーターを形成。

衝突体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探査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

探査機が地球に戻り、カプセルを地上で回収する。

サンプル分析

20

小天体探査の意義



21

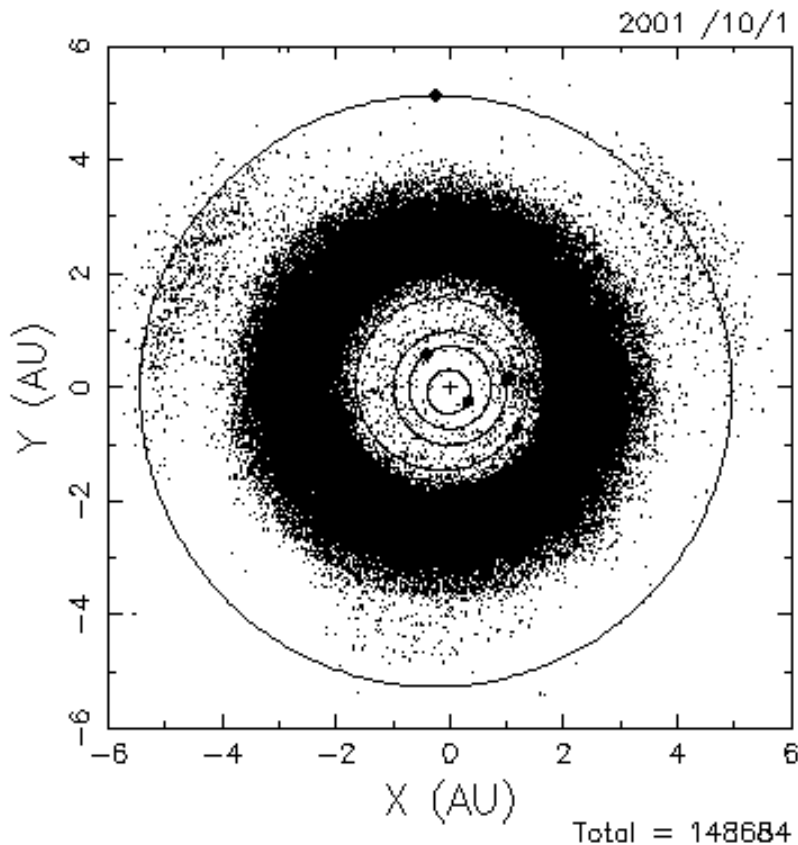
世界の太陽系小天体探査

	1980	1990	2000	2010
フライバイ	1986 <ハレー彗星> ベガ1号・2号、さきがけ、すいせい、ジオット、ICE 1985 <ジャコビニ・ツィナー彗星> ICE	1991 <ガスプラ>ガリレオ 1992 <グリグ・シェレル彗星> ジオット 1993 <イダ>ガリレオ 1996 <マチルダ> ニア・シューメイカー 1999 <ブレユ> ディープ・スペース1	2001 <ボレリー彗星> ディープ・スペース1 2002 <アンネフランク> スター・ダスト 2008 <シュテインス> 2010 <ルデティア> ロゼッタ 2004 <ビルト2彗星> スター・ダスト 2005 <テンペル1彗星> ディープ・インパクト	2015 <冥王星> ニューホライズンズ 2011 <テンペル1> NExT 2010 <ハートレイ2>EPOXI
衝突				2019 <1999 JU3> はやぶさ2
ランデブー・着陸			2000 <エロス> ニア・シューメイカー	2014 <チュルモフ・ゲラシメンコ> ロゼッタ 2011 <ベスタ> 2015 <セレス> ドーン
サンプルリターン			2005 <イトカワ>はやぶさ (2010年帰還) 2004 <ビルト2彗星> スター・ダスト (2006年帰還)	2018 <1999 JU3> はやぶさ2

*はやぶさ2以外は、過去・現在に宇宙で運用されている探査プロジェクトのみを記載。

22

小惑星の分布・数



2010年3月の時点で、発見され軌道が求められている小惑星

約48万個

確定番号付き

約23万個

地球軌道に接近するもの

約6700個

23

探査機が見た小惑星

マチルダ (Mathilde)



66×48×46 km

イダ (Ida)



60×25×19 km

ガスプラ (Gaspard)

18×11×9 km

エロス (Eros)

38×15×14 km

シュテインス (Steins)



直径約4.6 km

ルテティア (Lutetia)

約130 km



イトカワ (Itokawa)

0.535×0.294×0.209 km



24