

科学カフェ2010-11-13

はやぶさ とその前後

藤原 顕

- ・ はやぶさ以前
- ・ はやぶさとは
- ・ はやぶさの見たイトカワ
- ・ トラブルと帰還
- ・ 今後の探査

日本の月・惑星探査に至る流れ

1955 東京大学生産技術研究所、都下国分寺において
ペンシルロケット水平試射

秋田県道川海岸に秋田ロケット実験場開設、

1957 人工衛星スプートニク（ソ連）

1958 アメリカ 人工衛星

1961 ガガーリン（ソ連）初の宇宙飛行

1962 鹿児島宇宙空間観測所の開設

1969 宇宙開発事業団発足(NASDA)

アポロ有人月探査 ? 基研 太陽系の起源 研究会

1969 わが国初の人工衛星「おおすみ」打上げ
（ソ、米、仏 についで4番目）

1977 ボエジャー1. 2号打ち上げ



ペンシルロケットを手
にとる糸川英夫。
1912-宇宙科学研究
所提供

- 1981 宇宙科学研究所の創設（大学共同利用機関として設置
文部省所管）
- 1985 わが国初の惑星間試験探査機「さきがけ」,
「すいせい」 打上げ（ハレー彗星）
- 1990 工学実験衛星「ひてん」 打上げ（月）
1992 日本惑星科学会
デイスカバリー計画（Near,Stardust,Deepimpact,）
- 1998 火星探査機「のぞみ」 打上げ
- 2003 工学実験・小惑星探査機「はやぶさ」 打上げ
宇宙3機関（宇宙科学研究所ISAS、航空宇宙技術研究
所NAL、宇宙開発事業団NASDA）が統合し、
独立行政法人「宇宙航空研究開発機構」=JAXA 発足
- 2007 月探査機「かぐや」 打ち上げ
- 2010 金星探査機「あかつき」 打ち上げ
- 2014 水星探査機「ベピコロンボ」 打ち上げ予定
「はやぶさ2」？

小天体（始原天体）

惑星は微惑星が衝突を経て合体成長して出来上がった。

小天体は惑星になりきれなくて途中で成長が止まってしまった。

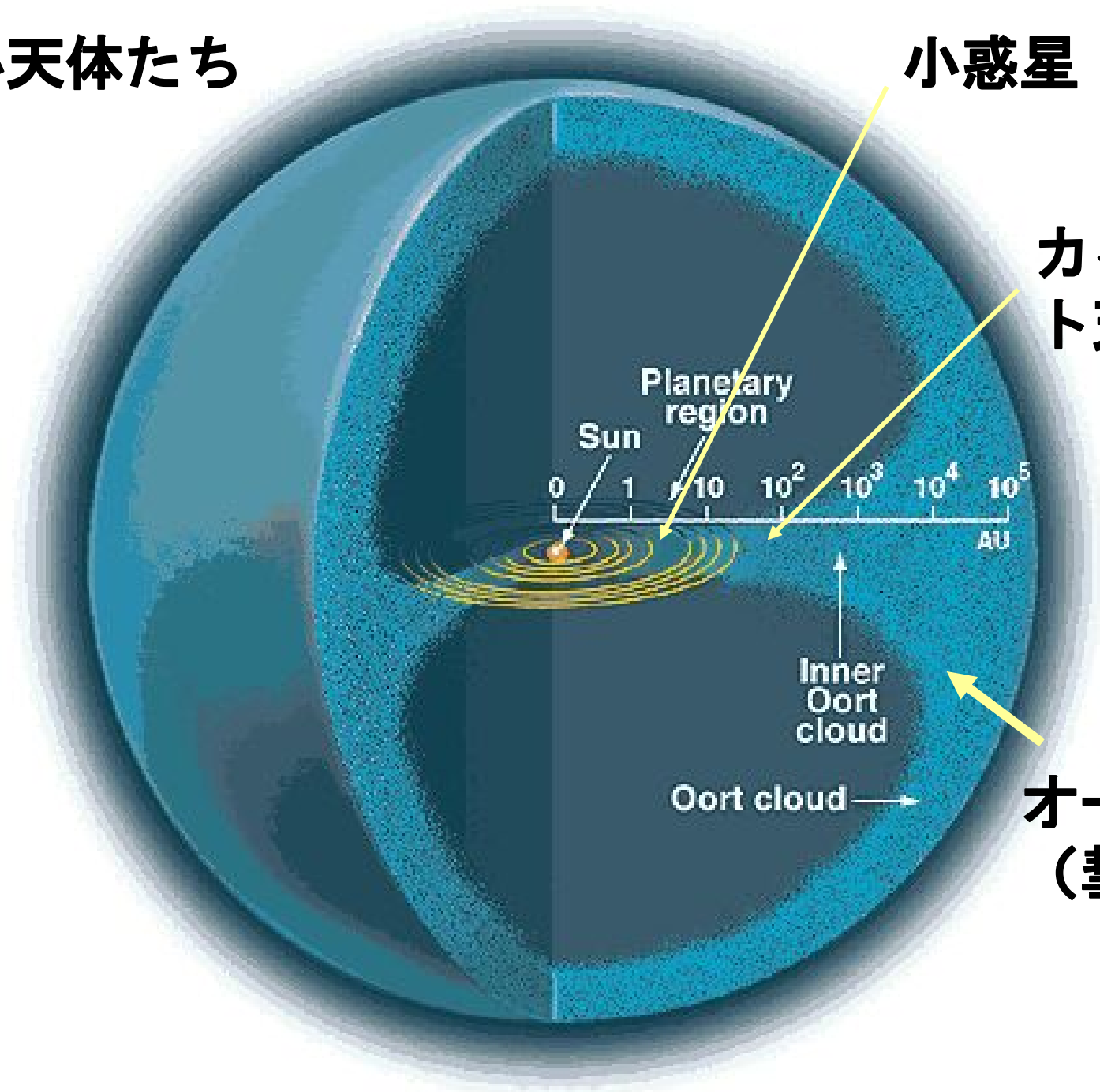
小天体を調べることによって過去の状態を探ることができる（太陽系の化石）。

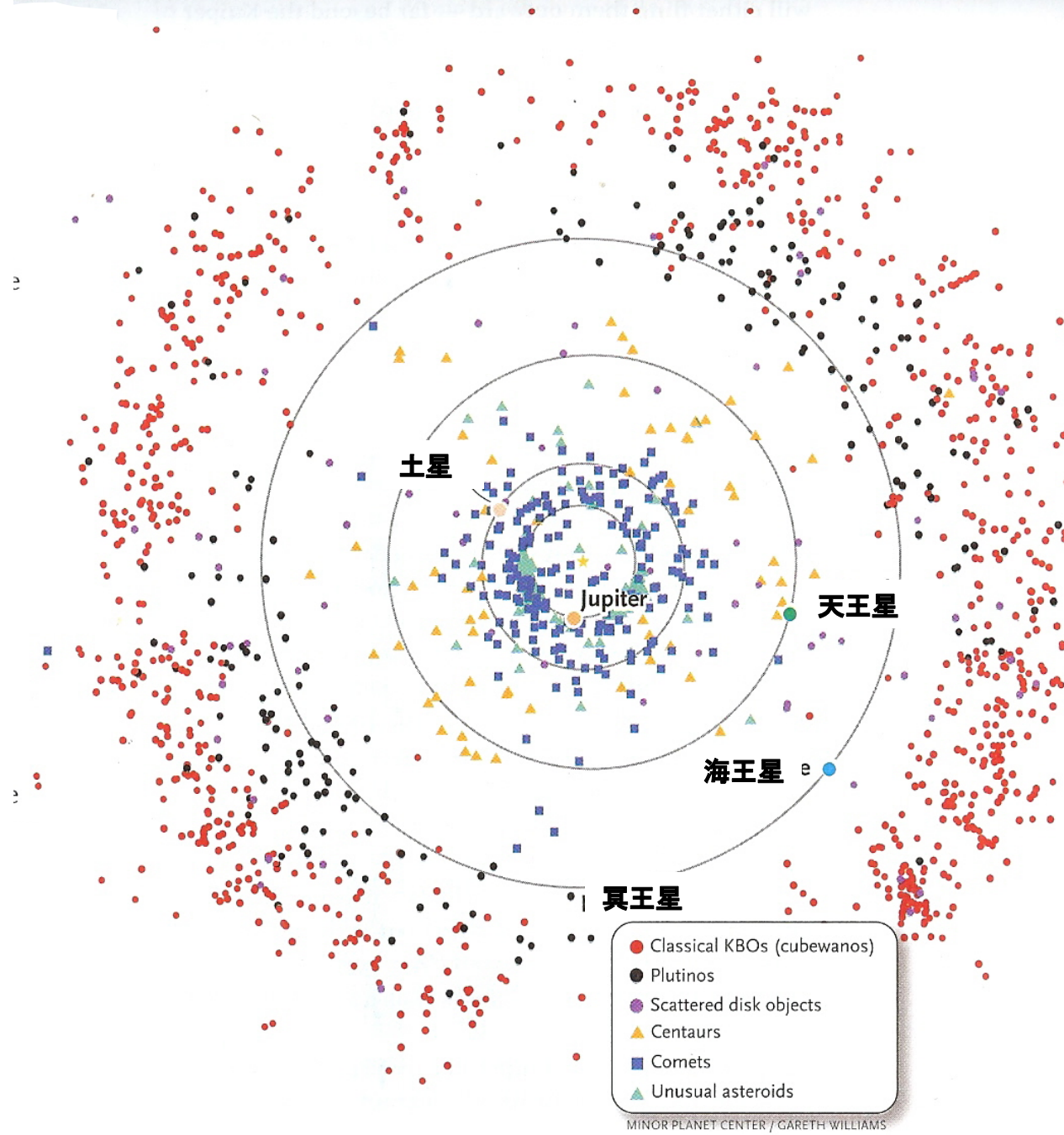
小天体たち

小惑星

カイパーベルト天体

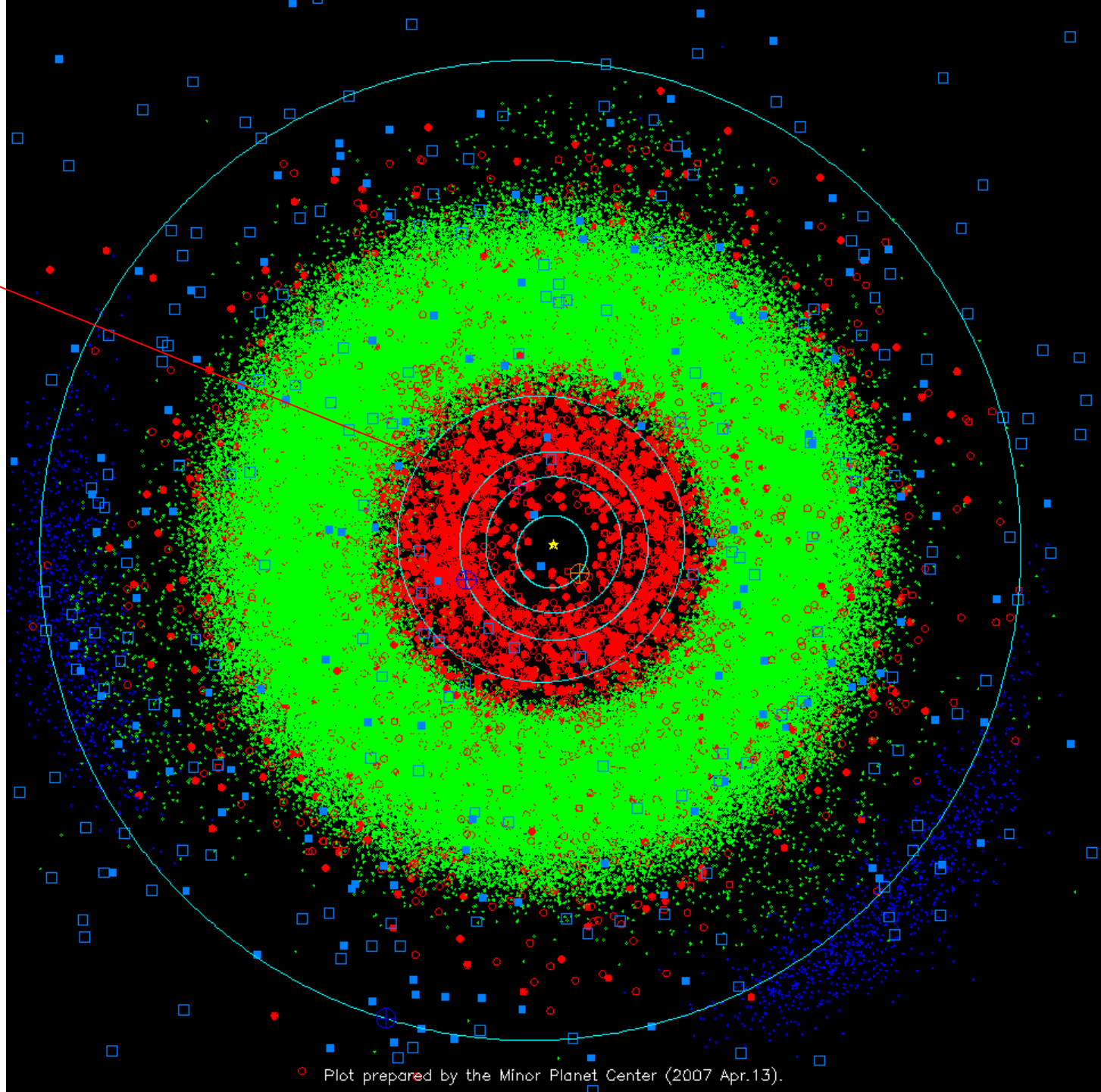
オールトの雲
(彗星の巣)





小惑星 40万個

地球の近くにく
るものも多い
(イトカワはこ
のグループ)



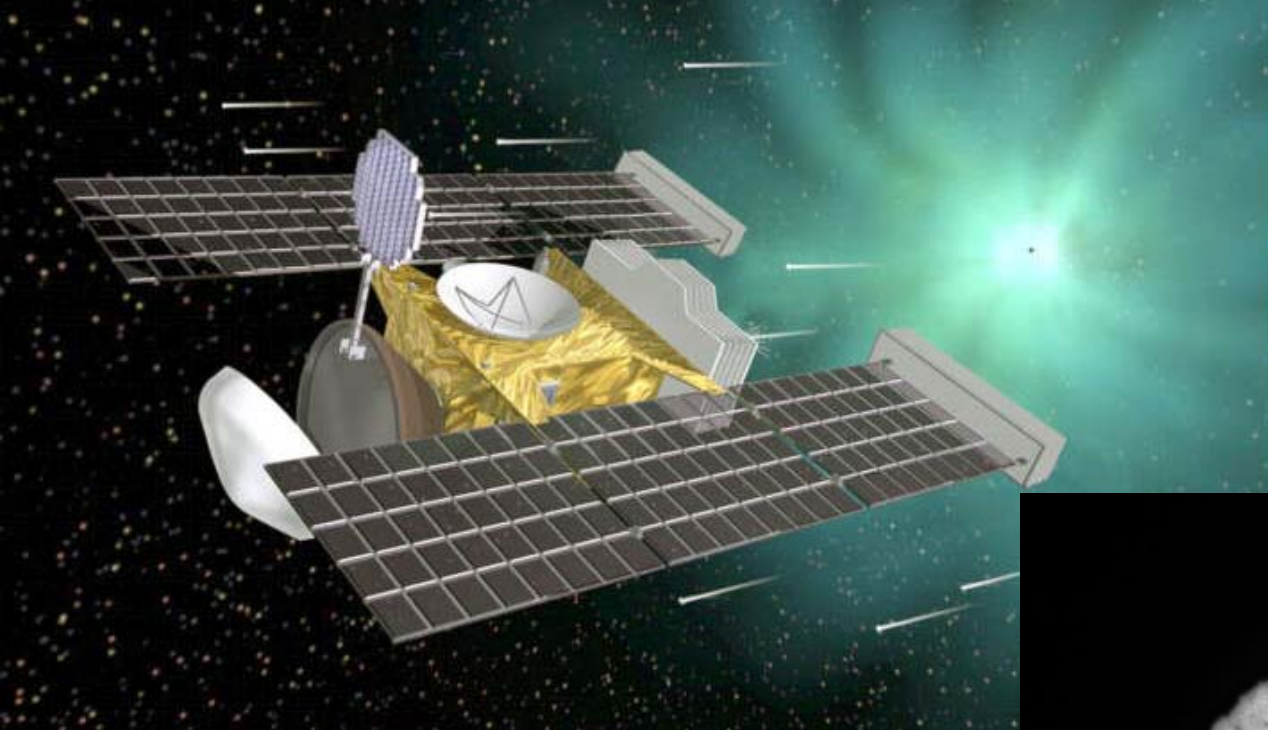


NEAR

1996 打ち上げ

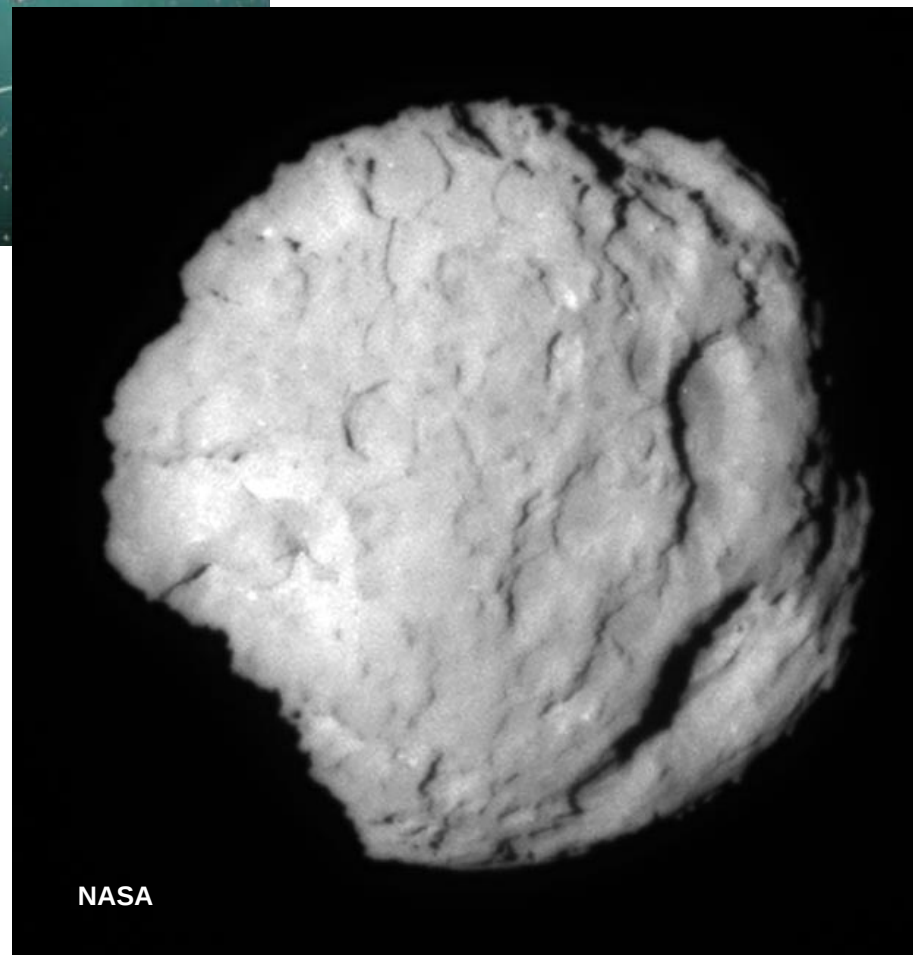
2000 Eros 軌道へ

NASA



2004

Stardustによる
Wild2彗星からのダス
トサンプルリターン

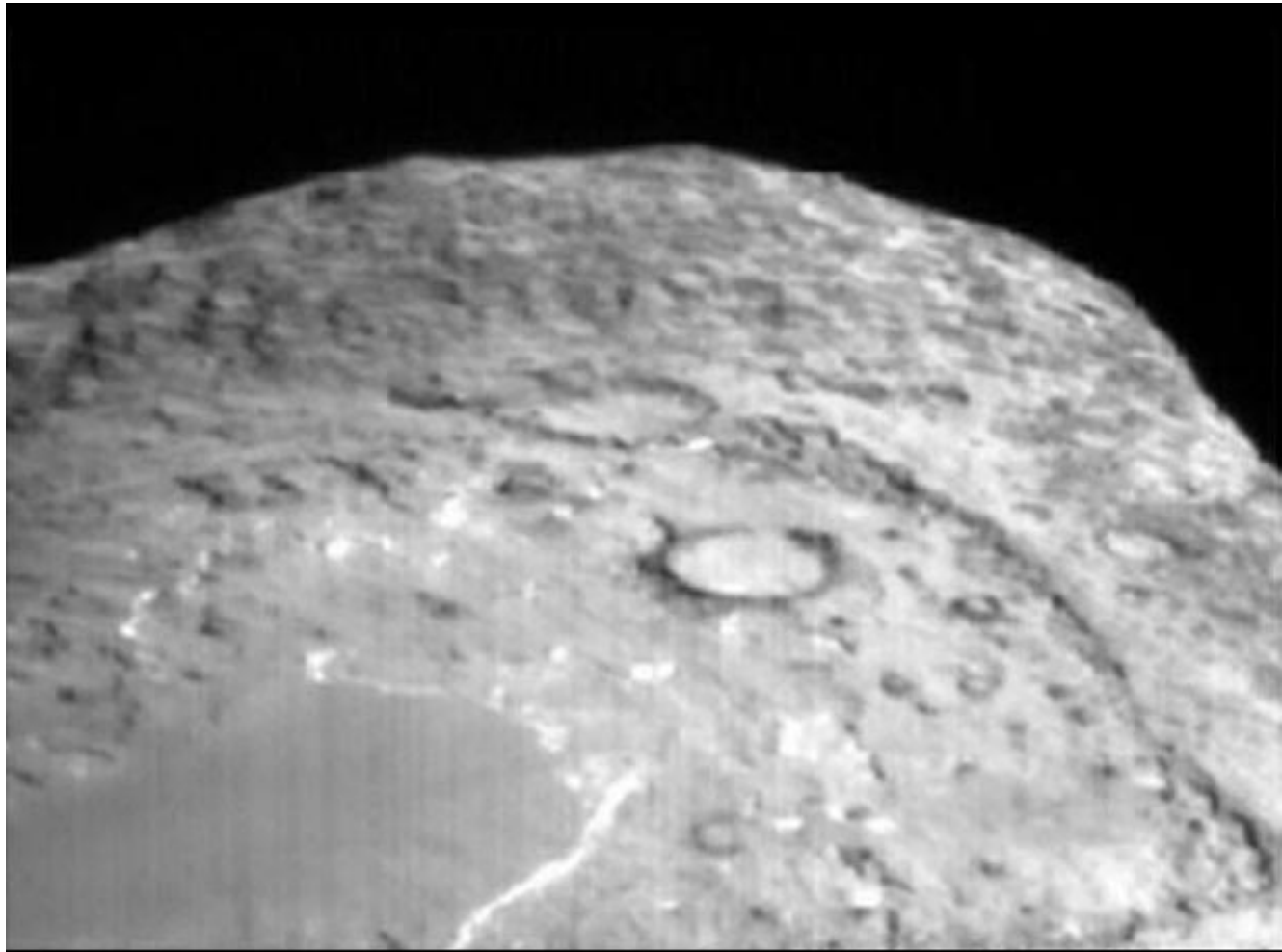


2005DEEP IMPACT (NASA)

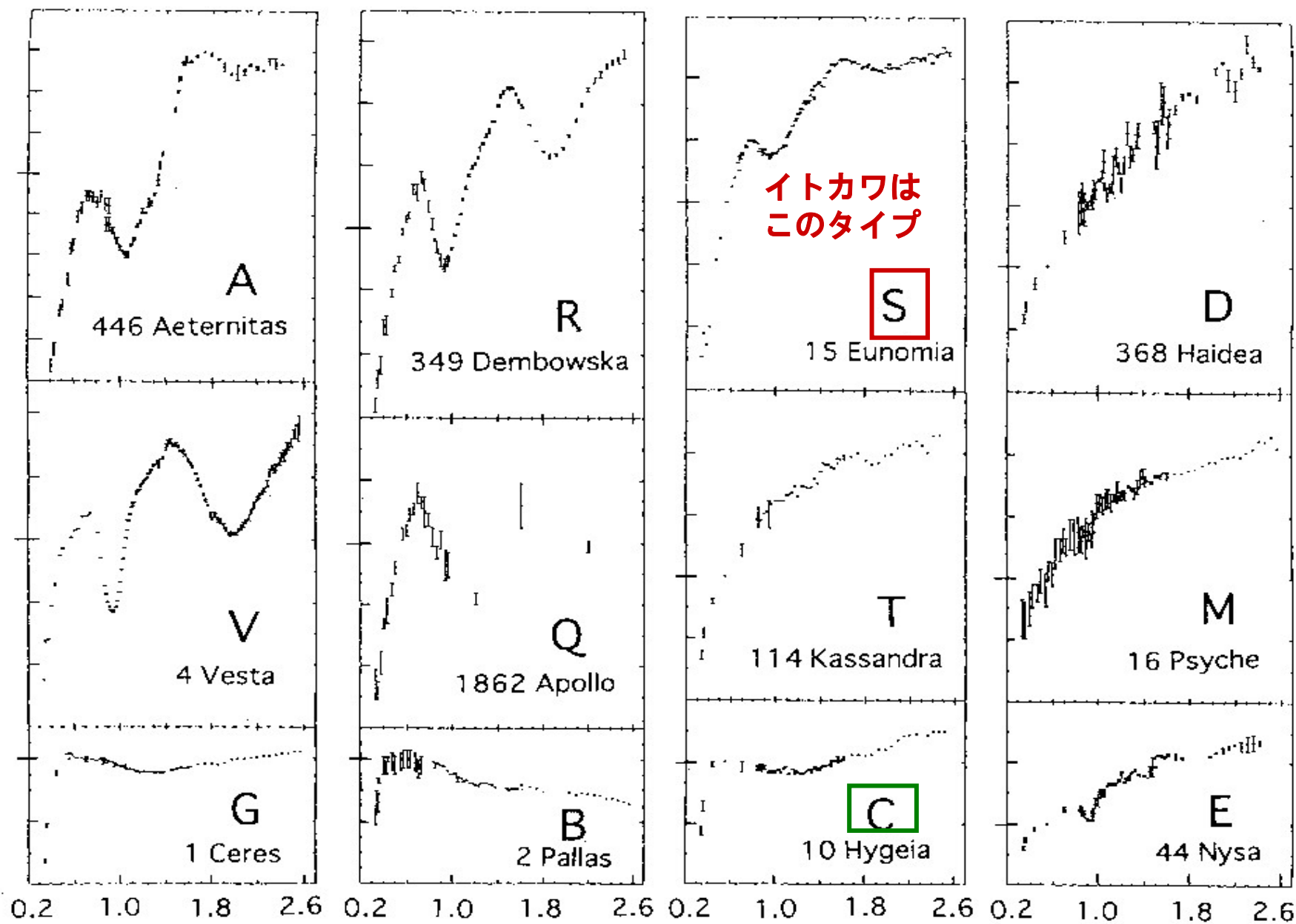
370kgの物体を10.2km/sで衝突させた

Tempel 1 彗星

衝突体に載せたカメラによる彗星表面画像



反 射 率

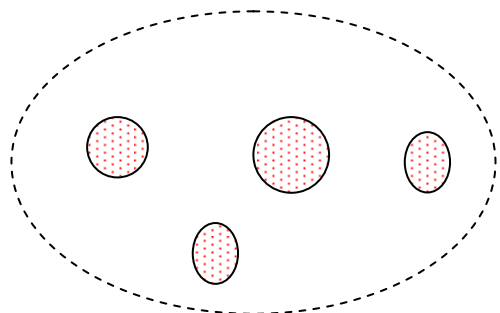


反射分光スペクトルによる分類

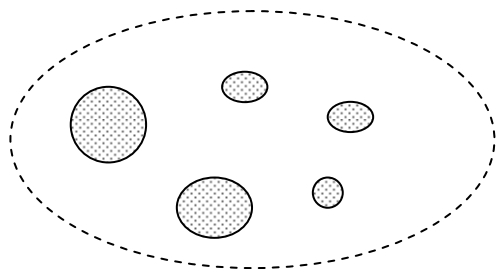
波 長 (ミクロン)

望遠鏡観測によるスペクトル・反射率で分類

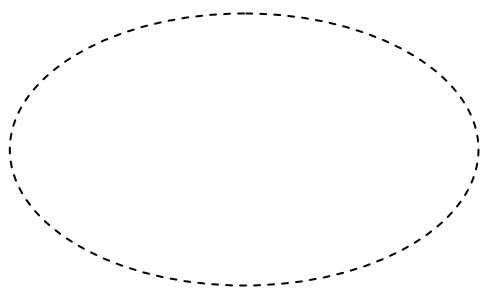
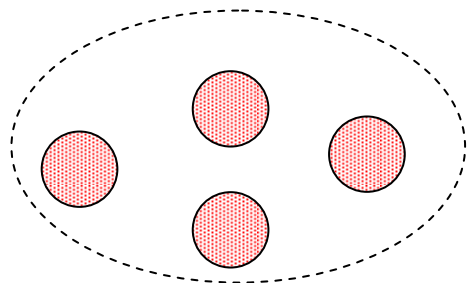
S型



C型



D型



対応は？

地球にやって来る隕石たち



それでは・・・

- 主要グループから代表小惑星を選んで、その表面からかけらを採取し。それらがどのようないん石に対応しているか調べよう。

サンプルリターン

- 望遠鏡でみただけでは色(スペクトル)や光の強さしかわからない。

本当はどんな天体だろう？

小惑星の近接探査

望遠鏡でわかった
知識



隕石でわかった
知識

打ち上げ直前のはやぶさ

はやぶさ 探査機 とは？

世界初の小惑星サンプルリターン
まずは地球の近くのS型小惑星へ

工学実証探査機

- ・ イオンエンジン(電気推進機)
- ・ 自律航法
- ・ 低重力環境下での試料採取
- ・ 太陽系空間軌道からの直接帰還



1994年プロジェクトスタートするも・・・

行き先は2度変更された.

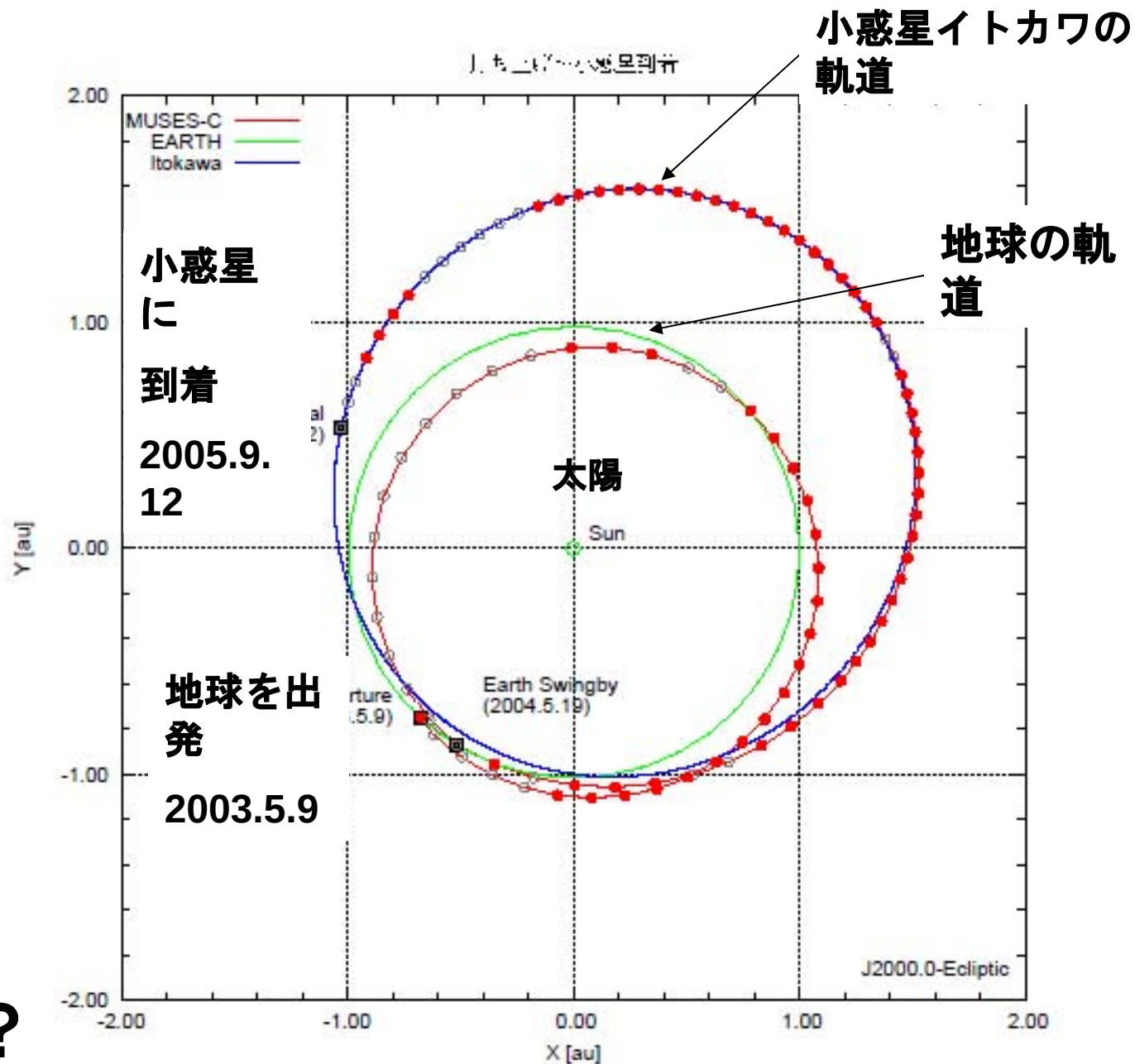
4660 Nereus 過積載

1989 ML 乗物事情悪し

1998 SF36 (25143 Itokawa) 3度目の・・・！



ハワイ大学2.2m 望遠鏡



光では？

帰還カプセル

地球と通信する
ためのアンテナ

Reentry Capsule

望遠カメラ
Telescopic Camera
(ONC-T)

スタートラッカー
Star Tracker (STT)

中利得アンテナ
Midium-gain Antenna

ISASロボットランダ
MINERVA

レーザ高度計
Light Detection And Ranging
(LIDAR)

小惑星
試料採
取装置

サンプル採集装置
Sampler

近赤外線分光器
Near Infrared Spectrometer

レーザレンジファインダ
Laser Range Finder (LRF)

ファンビームセンサ
Fan Beam Sensor (FBS)

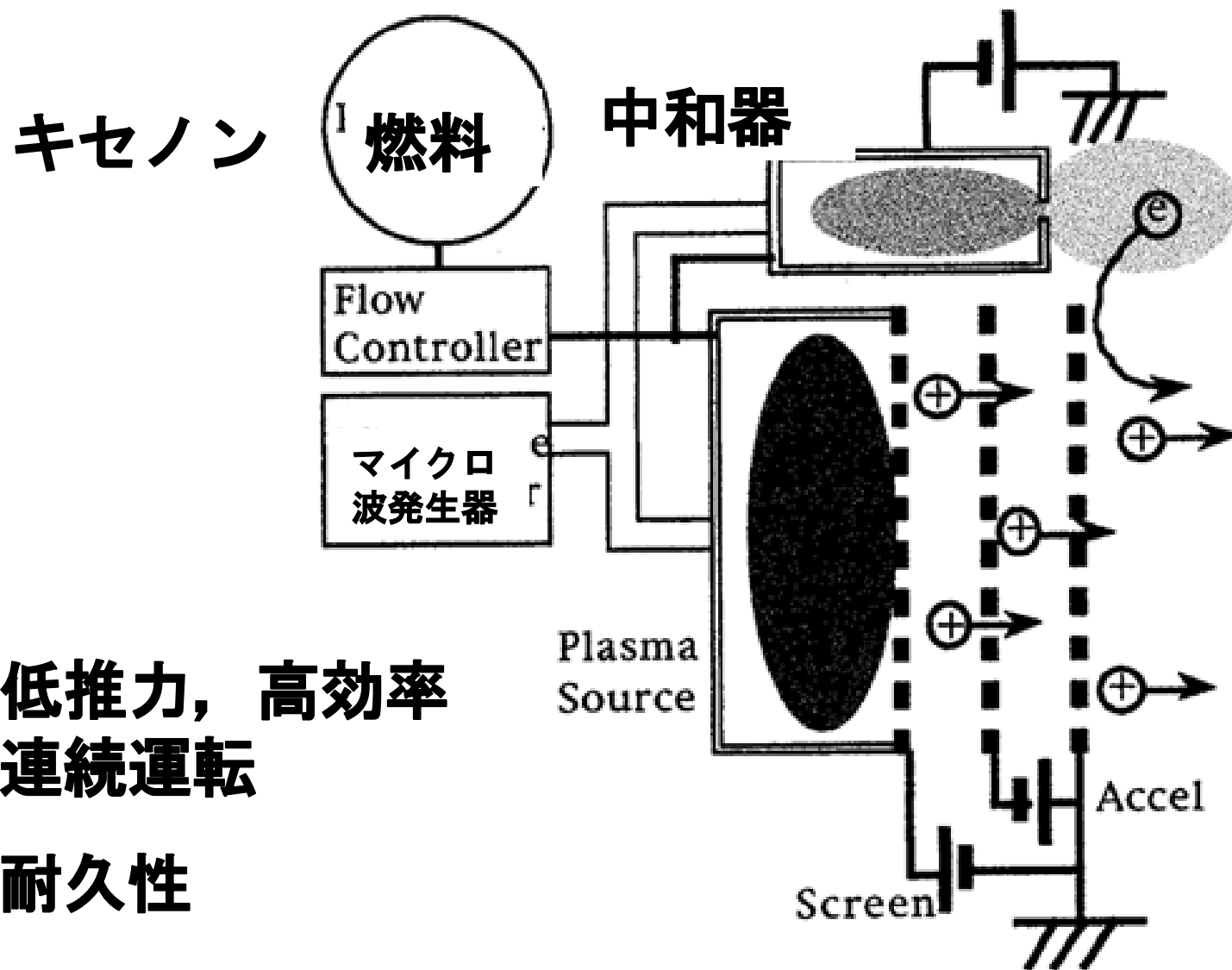
蛍光X線スペクトロメータ
X-ray Fluorescence Spectrometer

ターゲットマーカ
Target Marker

カメラ
(ONC-W)

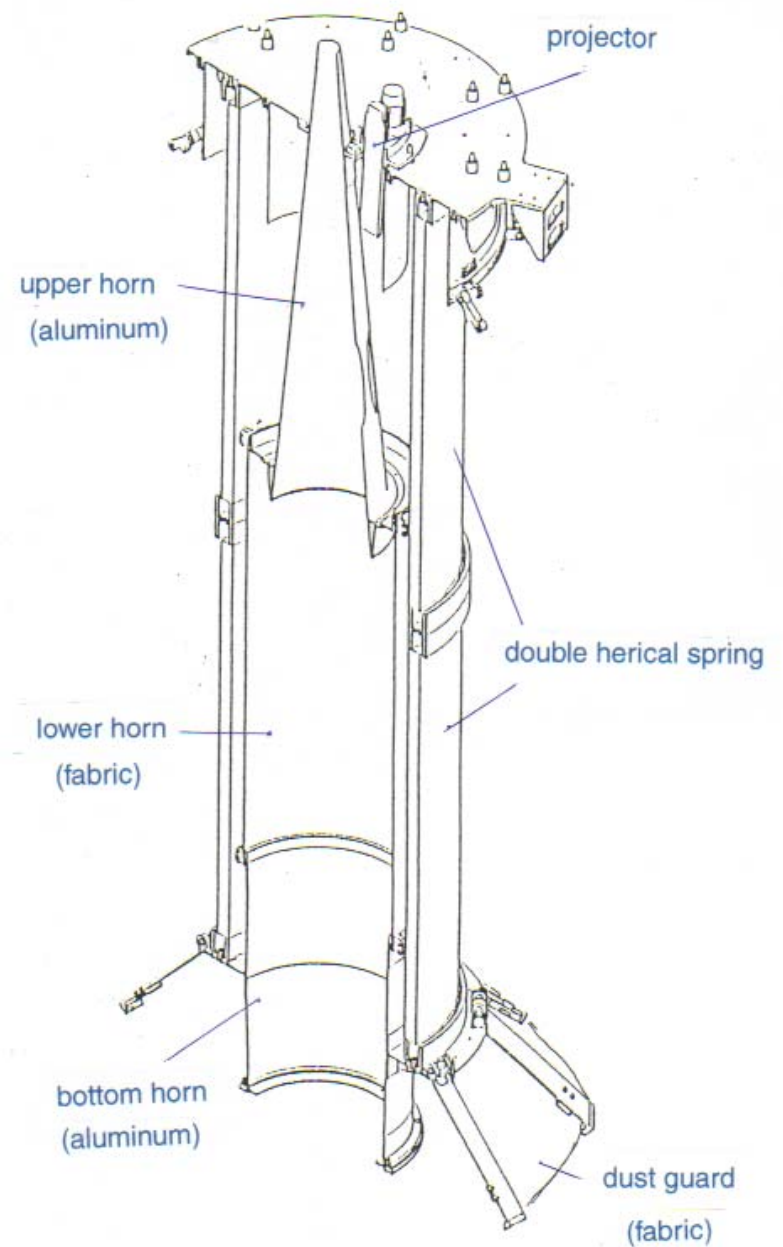
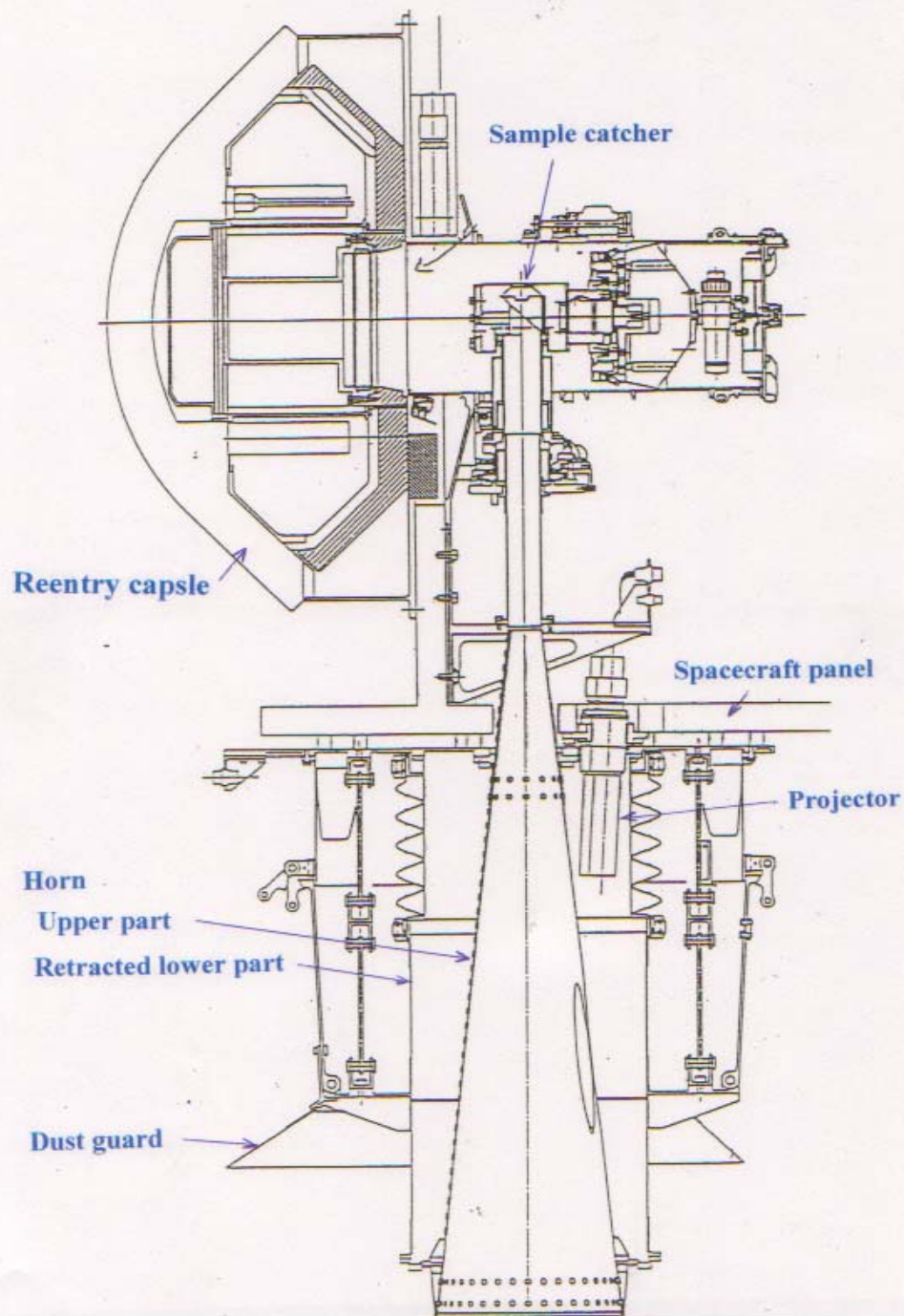
太陽電池

イオンエンジン（電気推進）



低推力，高効率
連続運転

耐久性

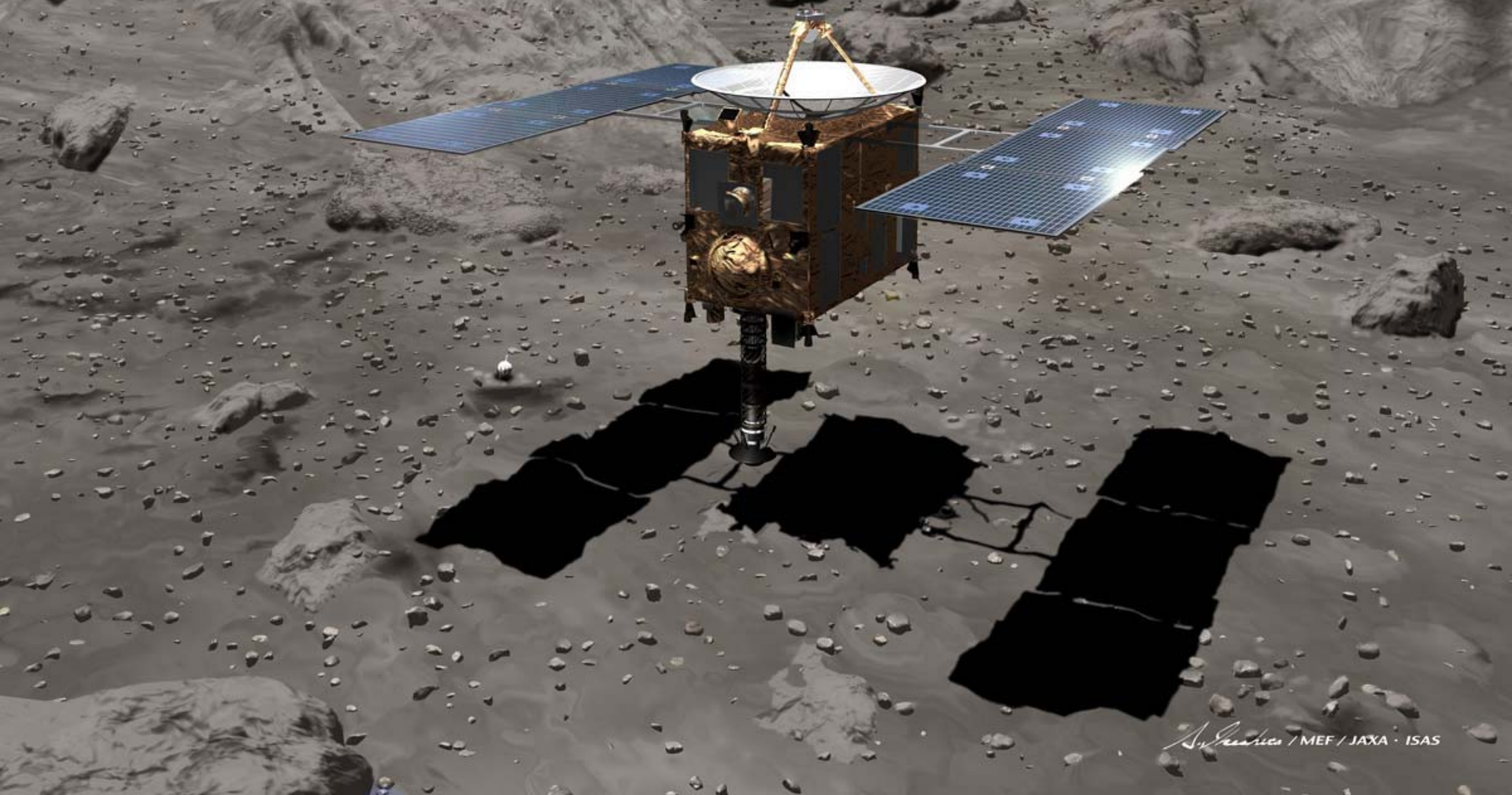


JAXA

2003年, 5月9日 M5型ロケットにより鹿児島県内之浦から打ち上げ。



小惑星上で弾丸を打って舞い上がった砂をと
る・・・つもりだった。





はやぶさが求めたイトカワの基本物理量

史上最小の天体は、内部がスカスカ

軌道要素: 長半径= 1.3238AU 離心率=0.2801 傾斜角=1.6223°

近日点=0.953AU 遠日点=1.6947AU (AU=地球~太陽間距離)

サイズ(m): 主軸 X=535, Y=294, Z=209 (±1m)

取り囲む箱のサイズ 550x298x244 (±1m)

自転周期: 12.1324 時間

自転軸の向き: 慣性空間 [128.5, -89.66] (黄道面にはほぼ垂直)

小惑星 [90.53, -66.30] (逆スピン)

自転軸のふらつきは測定誤差内

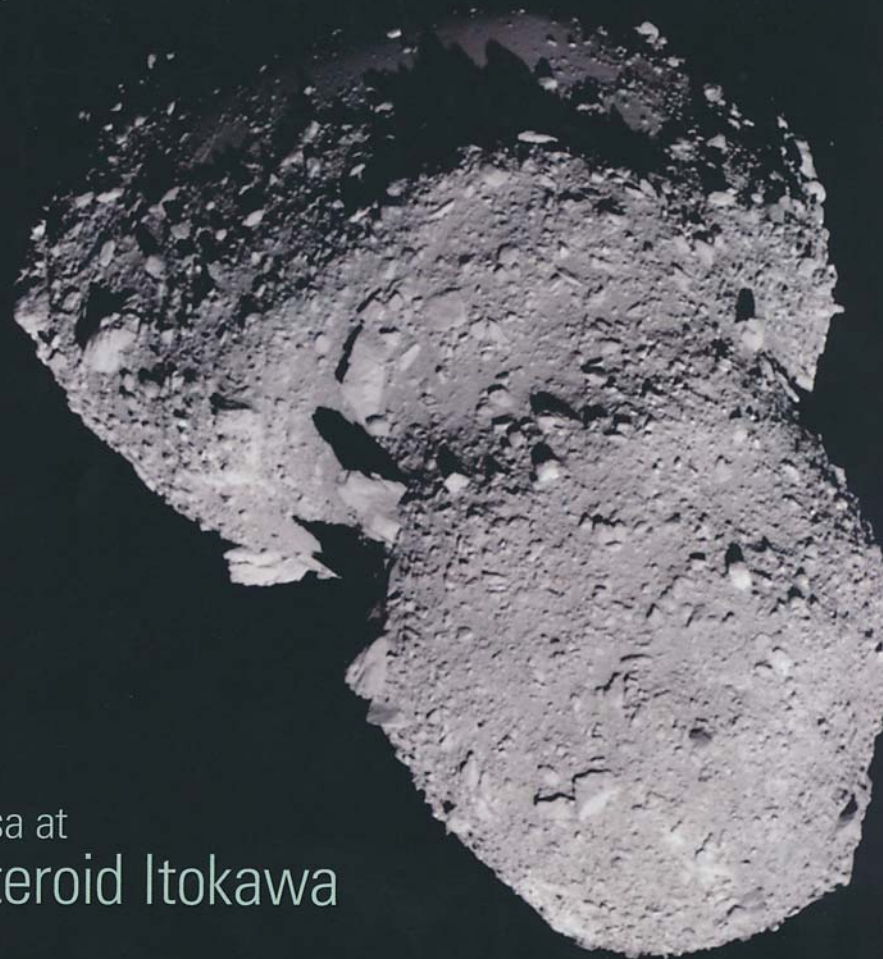
質量: $3.510 \times 10^{10} \pm 0.105 \times 10^{10}$ kg

密度: 1.90 ± 0.13 g/cm³ (これまでのS型小惑星は2.6)

(注) 経度は「ラッコ」の頭にある黒いボールダーを起点に取った東経で測定
青色は地上観測によって予めわかっていた値

Science

2 June 2006 | \$10



Hayabusa at
Asteroid Itokawa

 AAAS

2558581440v 1480m

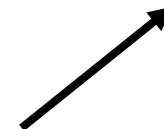
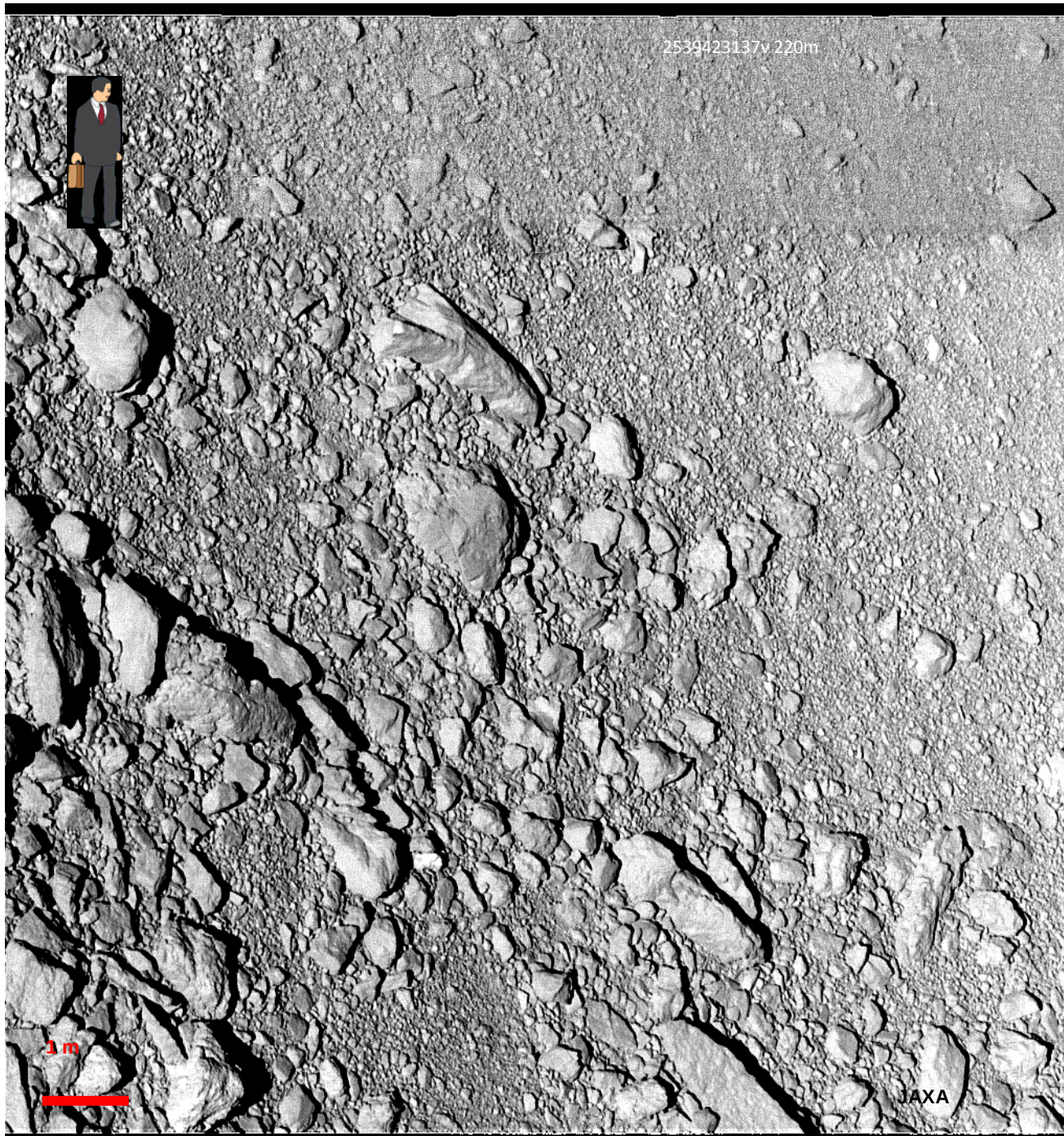


10 m



JAXA

あらい地域
からなめら
か地域へう
つりかわる
あたり



2539451609v 78m



1 m

JAXA

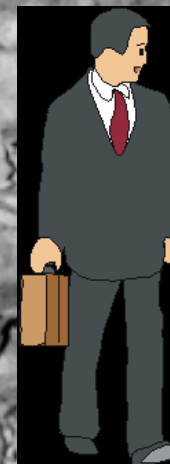
2539429953v 160m



1 m



2539444467v 60m



1 m

JAXA

253943177v 113m

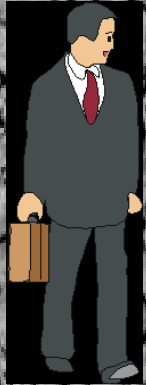


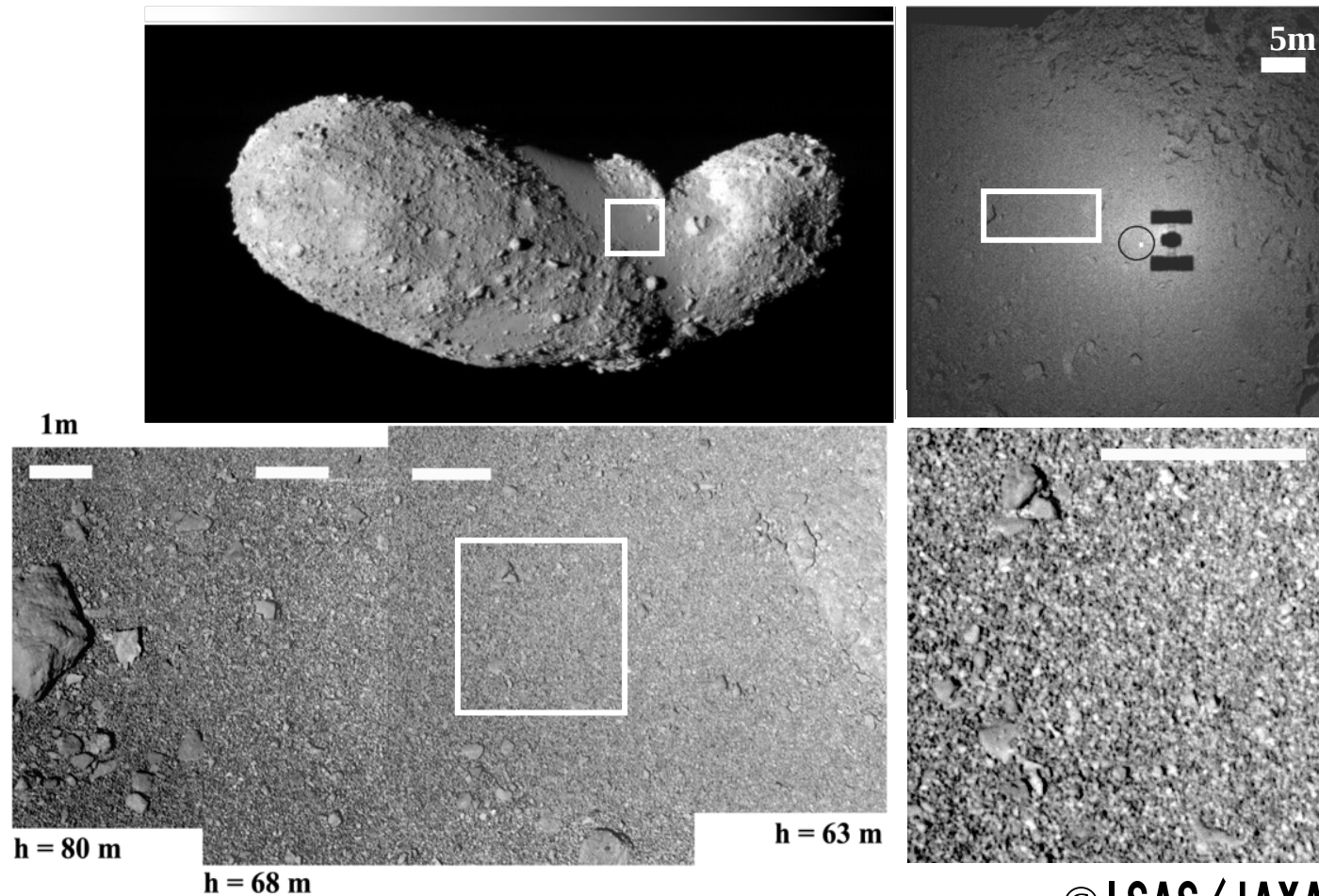
Plate
fragments

1 m

JAXA

第一回着陸地点付近の表面の性質

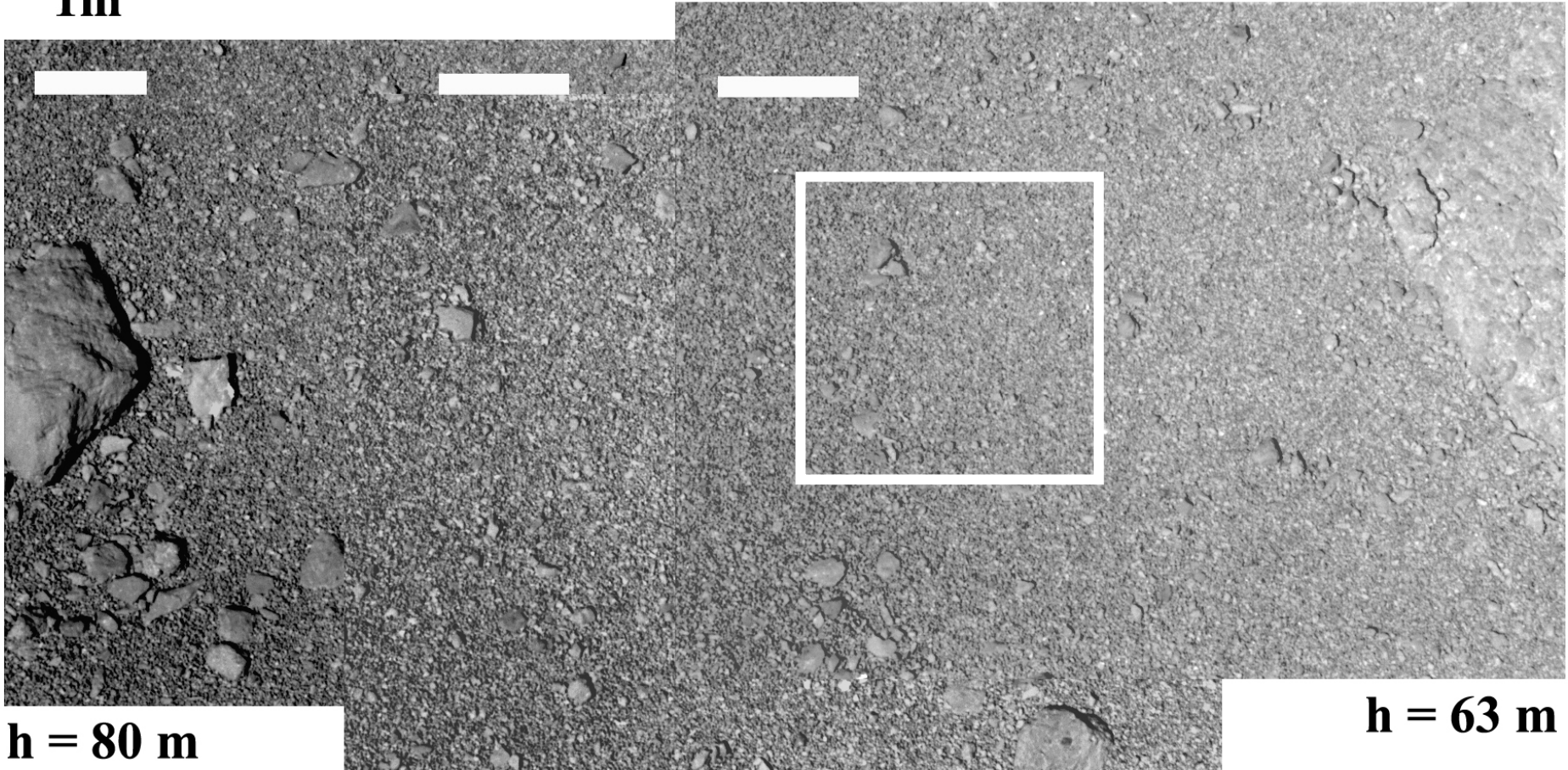
ミューゼスの海は「小石の平原」だった



© ISAS/JAXA

空間分解能6-8mmの着陸地点最接近画像 史上最も詳しい小惑星表面の画像

1m



$h = 80 \text{ m}$

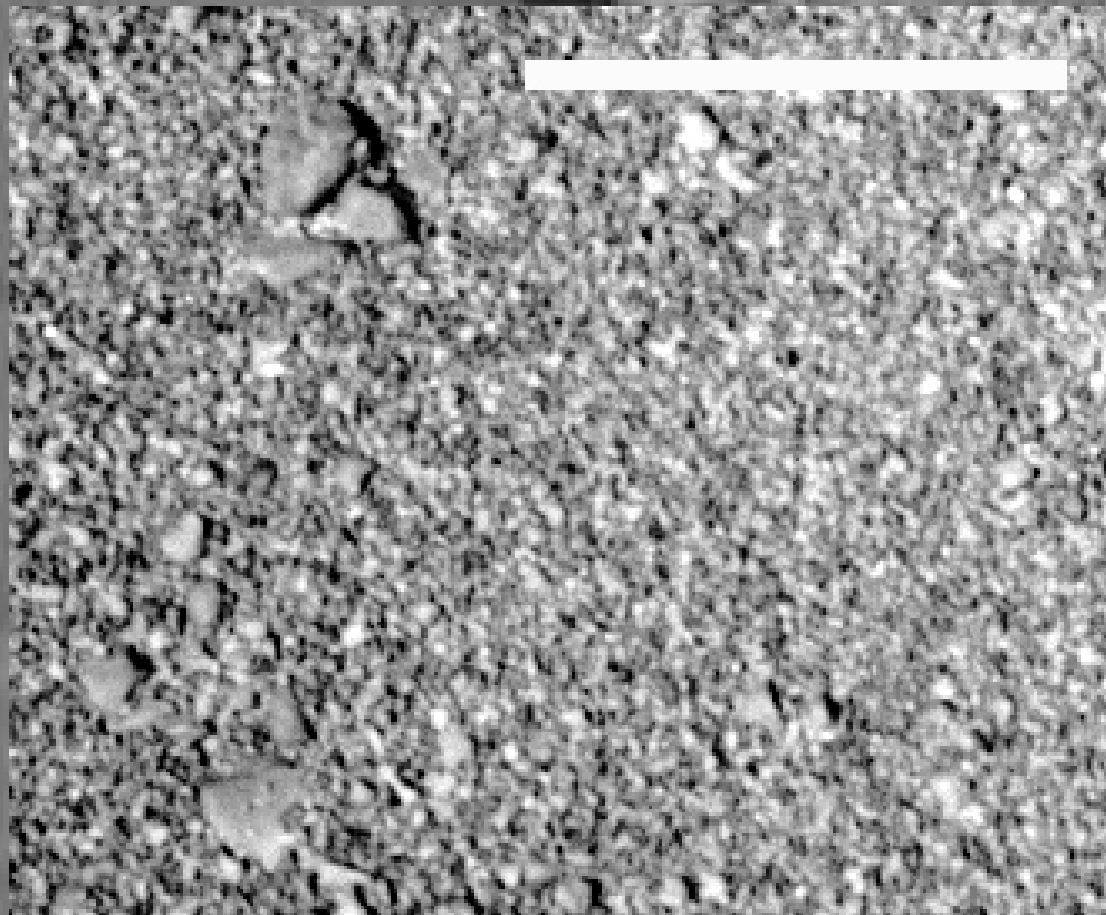
$h = 68 \text{ m}$

$h = 63 \text{ m}$

Yano, et al., *Science* (2006)

- 高度80~63 mまでおりると中にとらえた「ミューゼスの海」の様子
- 数cmに大きさがそろった小石が、まるでほそ道路のようにつまっている。
- 6-8 mmのこまかいところまで見える。

同じ縮尺の表面： 小わく星エロス、イトカワ、地球上の比較



「はやぶさ」がとった、イトカワ
表面の着陸地点付近



じゃりをしきつめた
ほそう道路

人間のくつ

NASAの「ニアシューメイカー」探査機による、
小わく星エロス表面

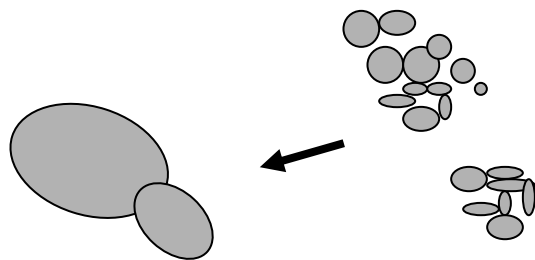
© NASA and JAXA, Science (2006)

がれきを寄せ集めて作られた？ラッコのかたち

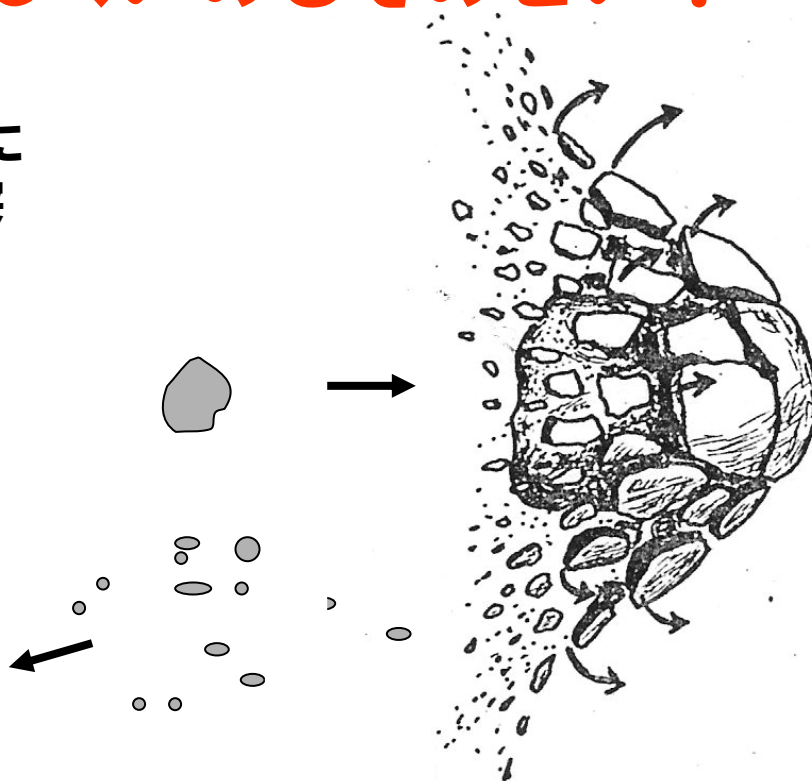
密度がひくいのもそのせい？

(1) その昔、イトカワよりはるかに大きな天体に、他の天体が衝突してこわれた

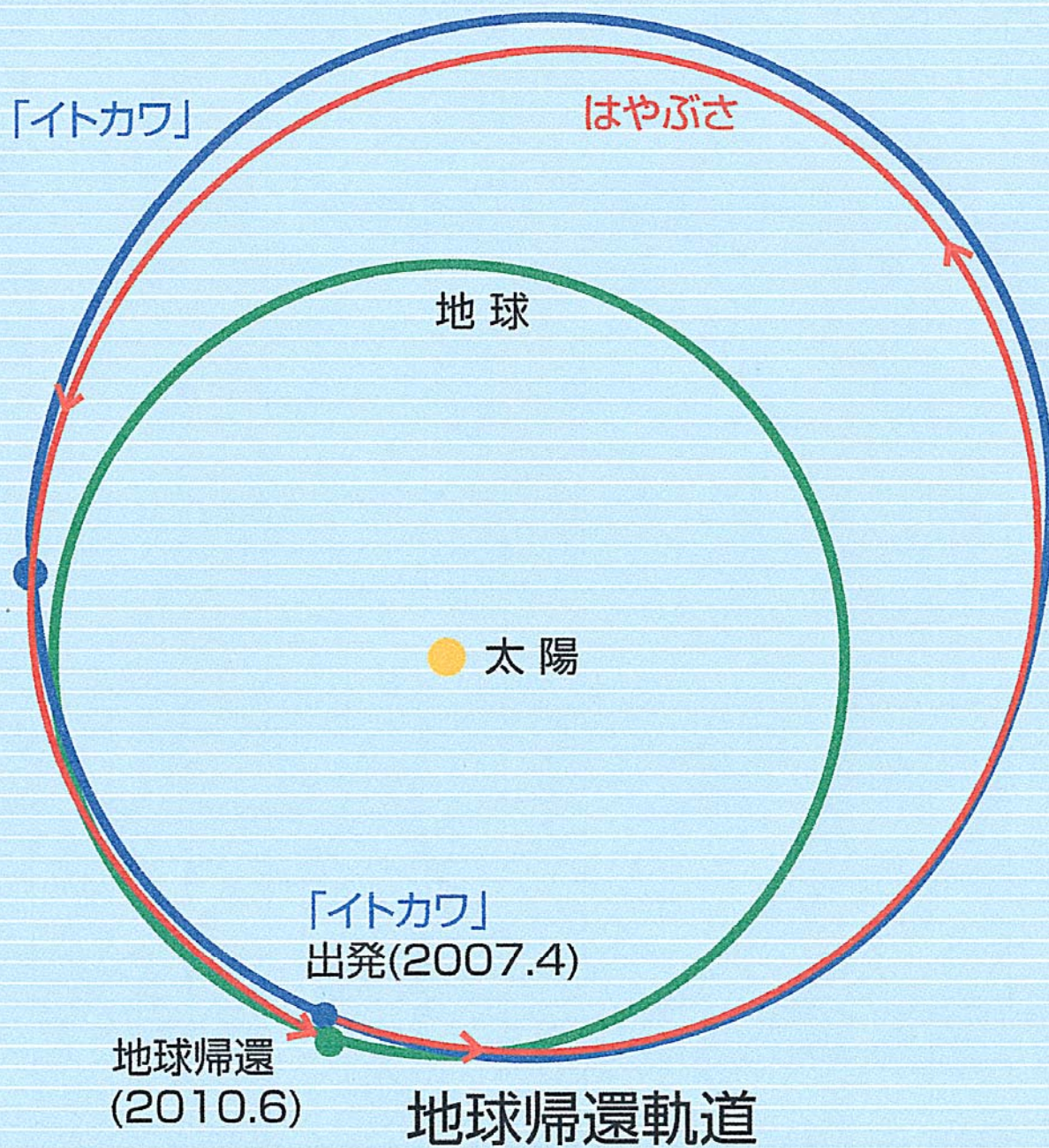
(2) いくつかの破片がたがいに集まって「頭」と「胴体」を作った

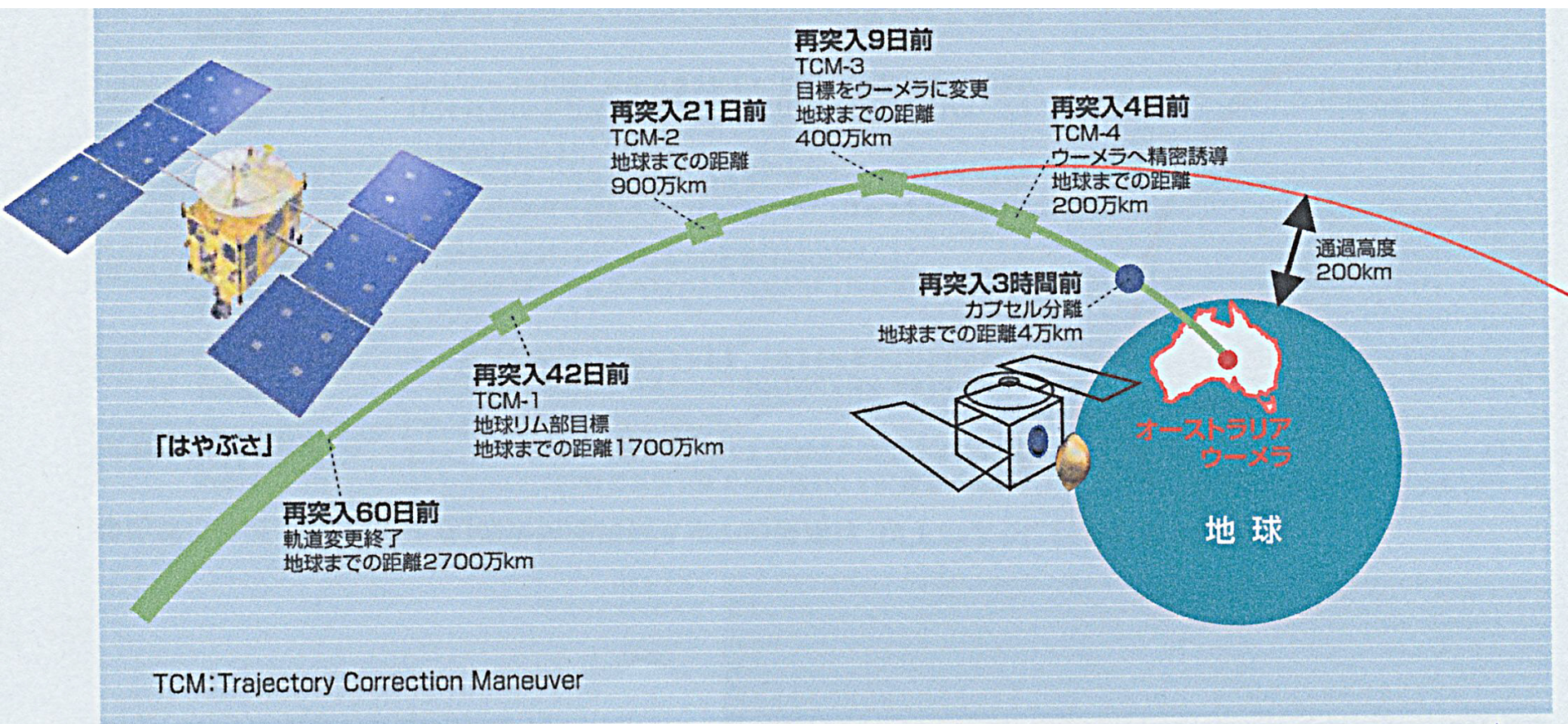


(3) 頭と胴体がついて、今のイトカワらっこ型になった

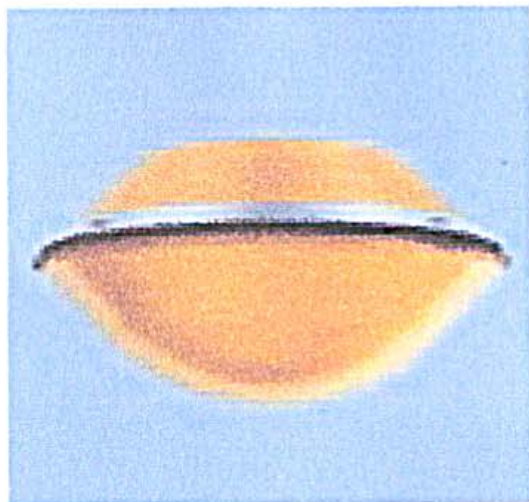


- 2005 7 リアクションホイール 1台故障
- 9 イトカワ近傍に到着
- 10 2台目故障 1台だけになる
- 11 2回の着陸後化学エンジンの燃料もれ 姿勢喪失
通信途絶（7週間）
- 2006 1 ビーコン信号を受信
イオンエンジンからのキセノン生ガス噴射で姿勢制御
- 2006 1 新たな軌道計画で2010年地球帰還みとおし
イオンエンジン1台で地球をめざす
- 6 太陽光の圧力を利用して姿勢制御
生ガスによる姿勢制御の必要がなくなった
- 2007 4 地球に向けてイトカワを出発
- 2009 11 イオンエンジン劣化で停止
Bイオン源とAの中和器をつないで運転再開
- 2010 6/13 地球に帰還



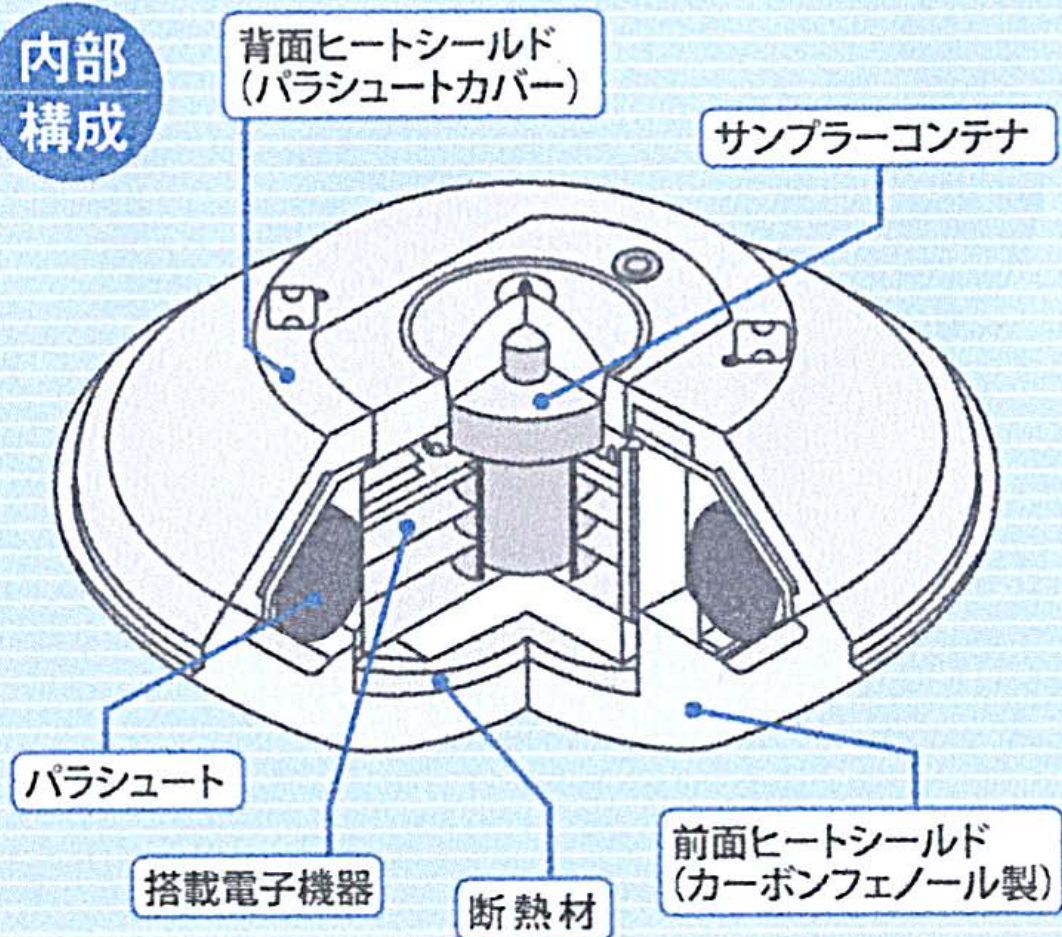


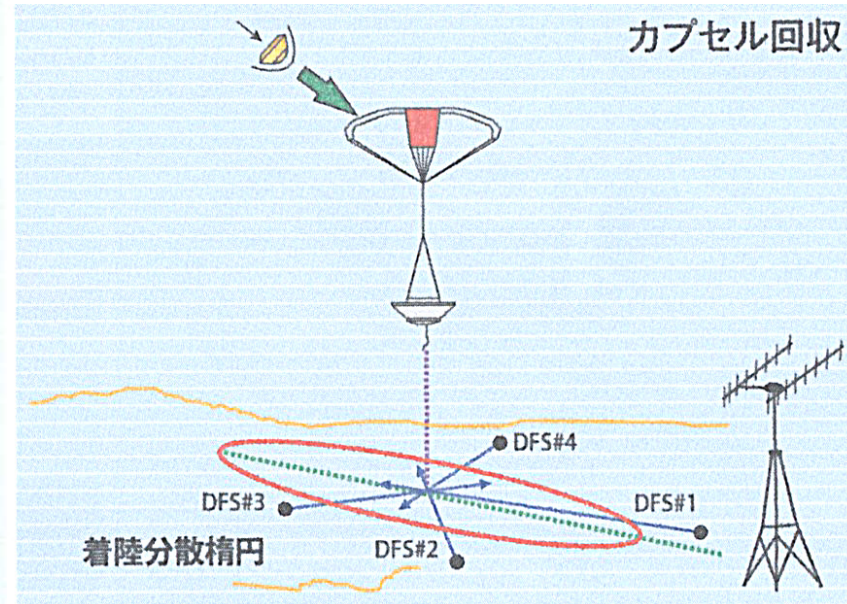
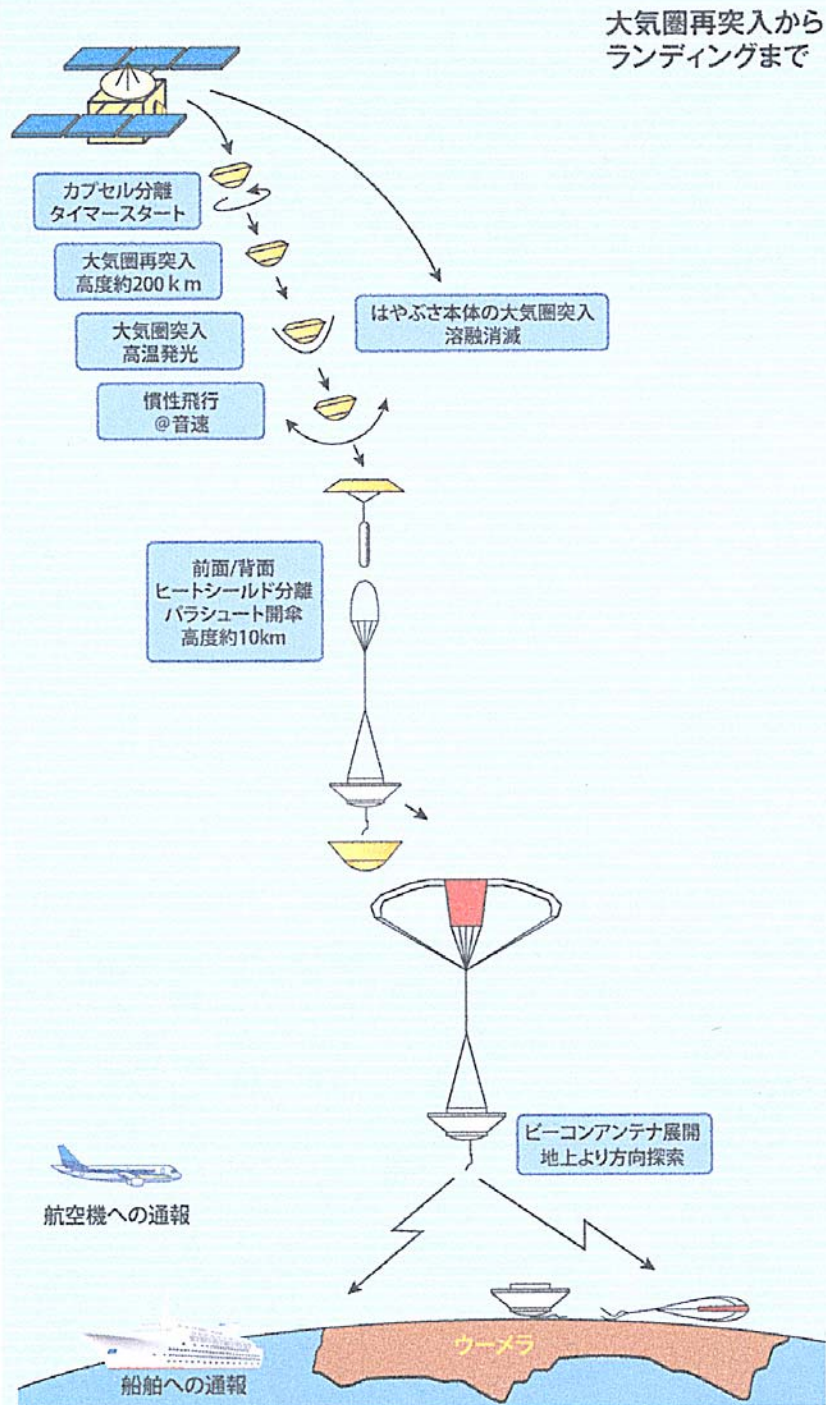
「はやぶさ」 カプセル



重さ.....17kg
直径.....40cm
高さ.....20cm

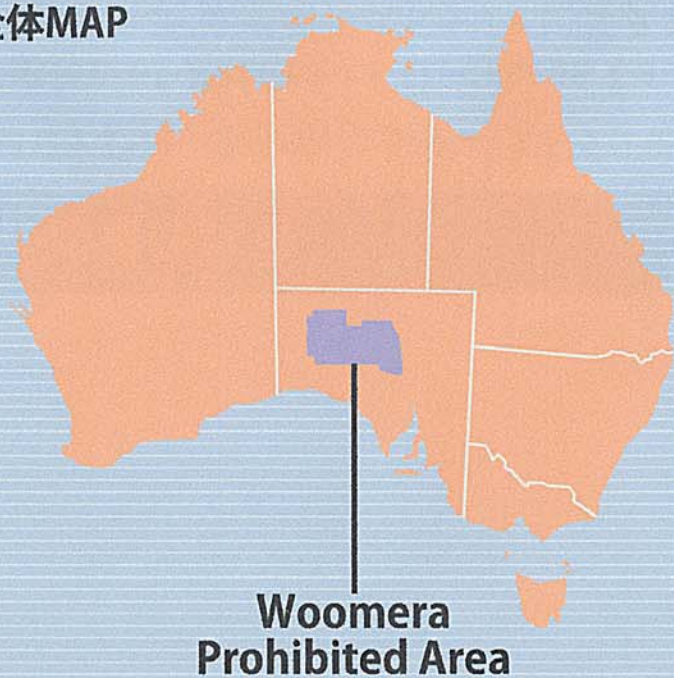
内部 構成



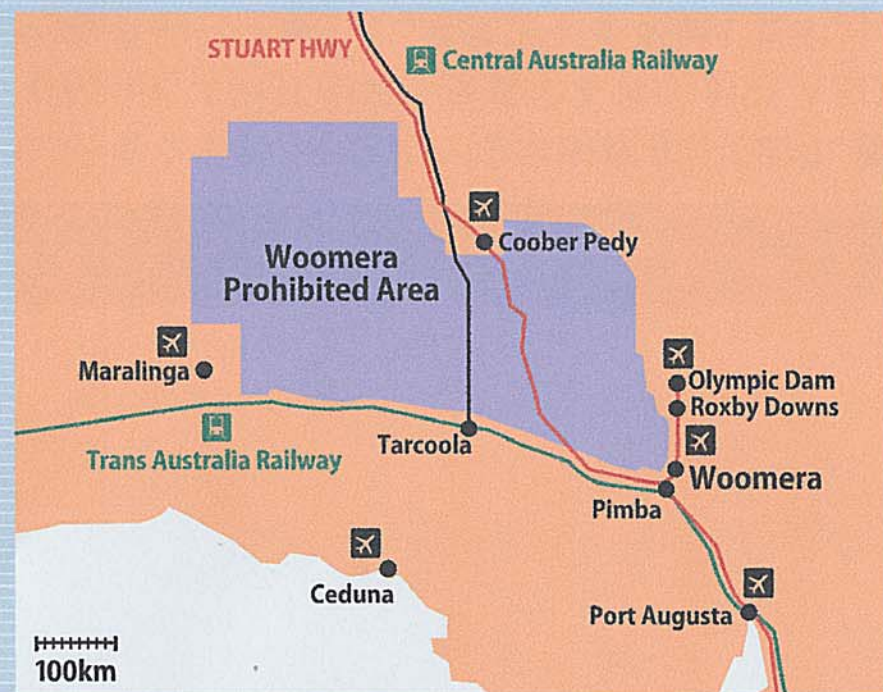


JAXA

●全体MAP



●詳細MAP



はやぶさを出迎えに オーストラリア ウーメラ砂漠へ



2010-6-13



読売オンラインより



カプセルの着地状況

JAXA提供



JAXA提供



発見されたヒートシールド（前面） JAXA提供



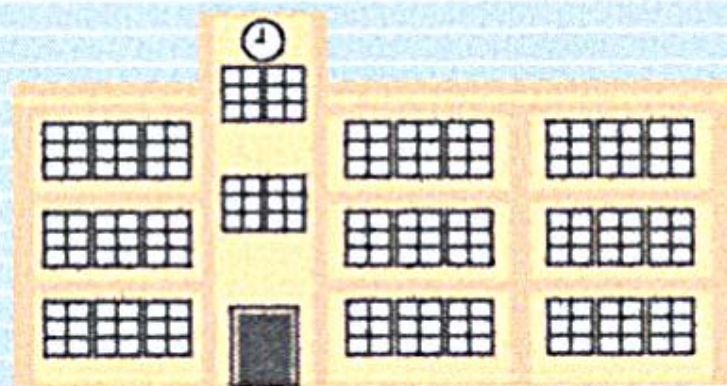
カプセル
日本へ空輸



ウーメラ管理区域
ウーメラ空港

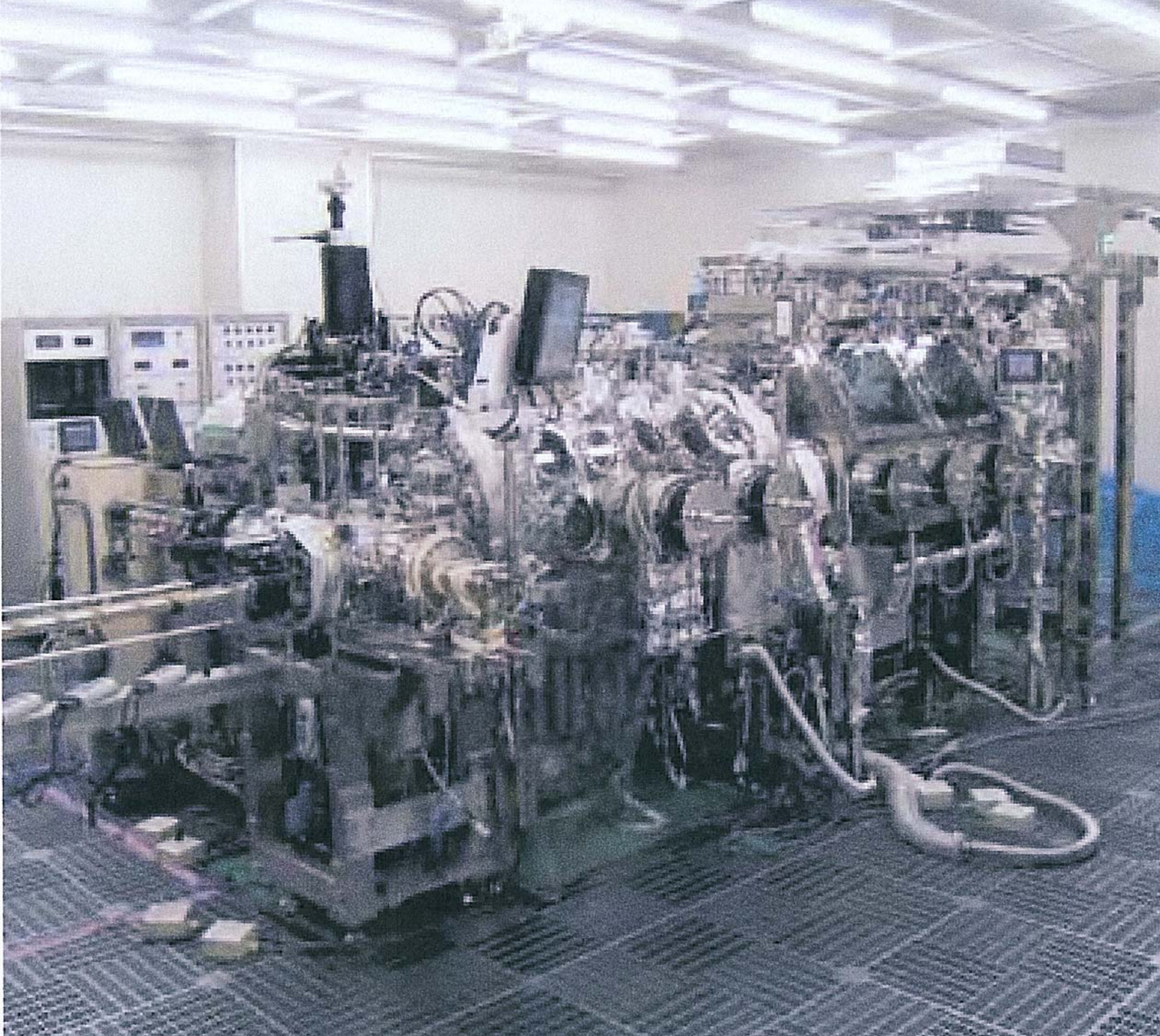


空 輸

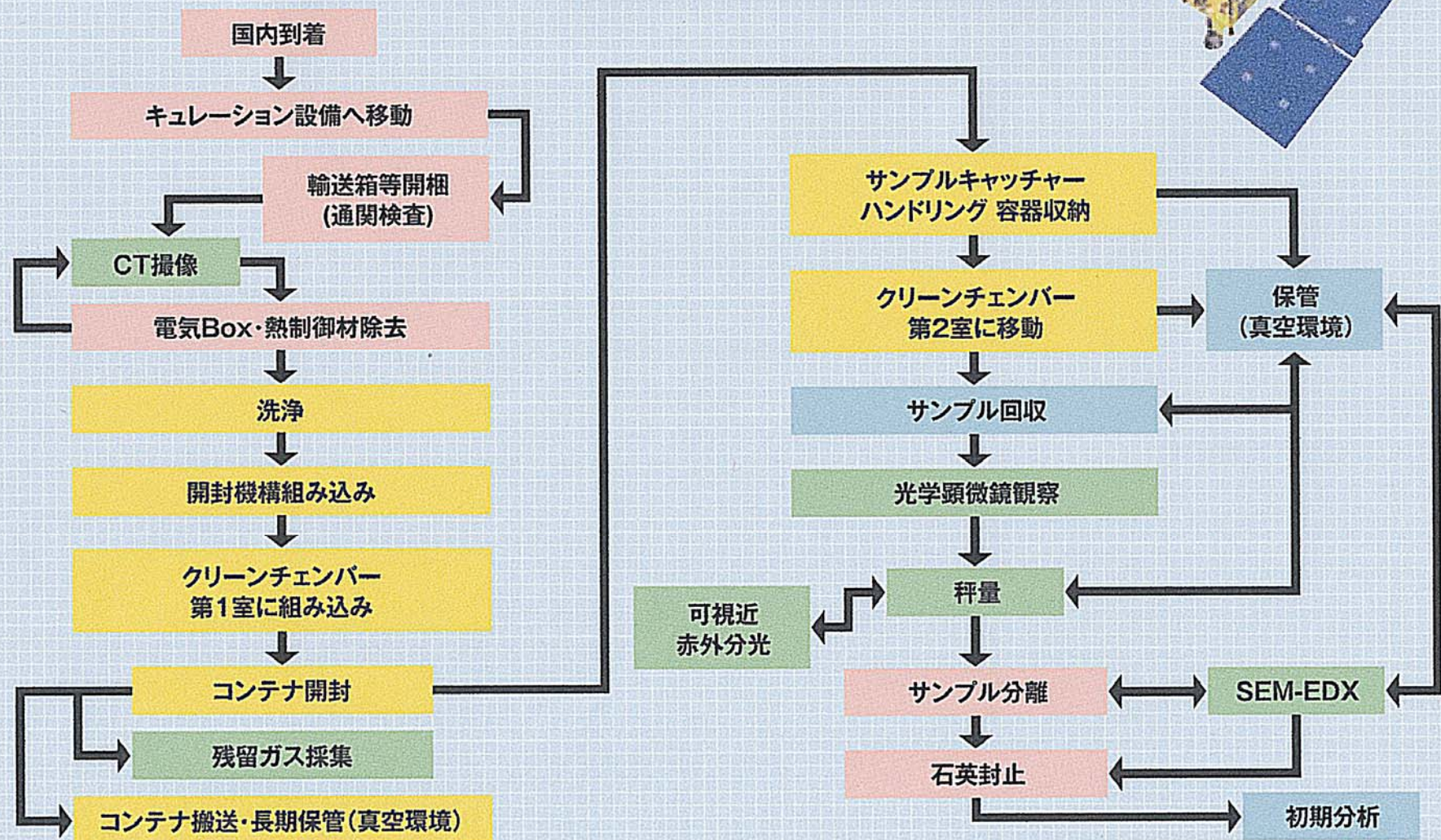


相模原キュレーションセンター





キュレーション施設での作業フロー



始原天体のプログラムの探査構想

◆第1段階:

「はやぶさ」の探査(**S型**)で主に内側の小惑星の性質が分かる。

◆第2段階

「はやぶさ2」の探査(**C型**) 内部構造 有機物

◆第3段階:

さらに遠方の小惑星の性質を調べ、小惑星帯の全貌を知る。

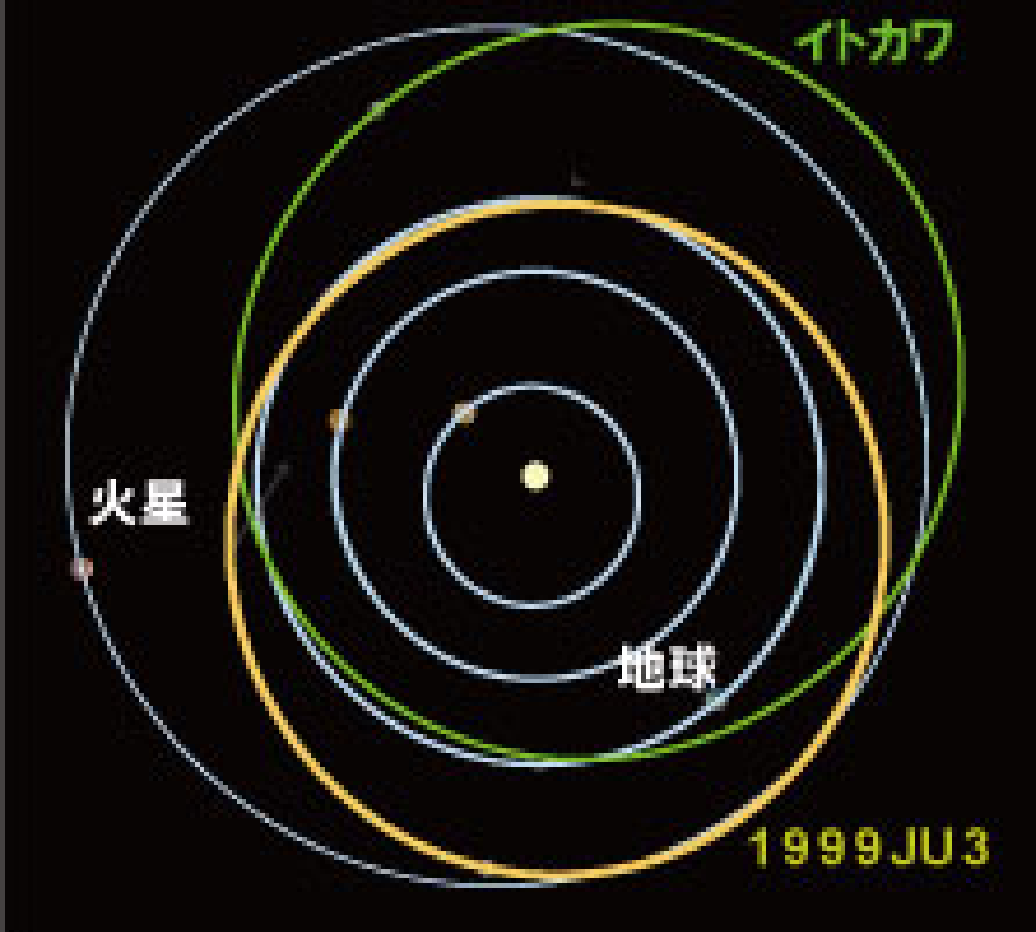
◆第4段階

彗星やカイパーベルト天体などより始原的な天体を調べる。



はやぶさ2 2014打ち上げをめざして





C型
 直径はおよそ 922m
 およそ 7 時間半で自転

有機物と内部構造は？

赤外線天文衛星「あかり」がみた画像

