

しょう わく せい たん さ き
小惑星探査機
はやぶさの^{ぼう けん}冒険

2014年7月



しょうわくせい たんさ き ぼうけん
小惑星探査機はやぶさの冒険

今日のお話で知ってほしいこと…

- ・^{たいようけい}太陽系（^{たいよう}太陽や^{ちきゅう}地球など）の^{はじ}始まり
- ・^{しょうわくせい}小惑星とはどんな^{てん たい}天体か？
- ・^{わくせい}惑星の^{たんさ}探査での^{さまざま}様々な^{くふう}工夫



今日のお話で感じてほしいこと…

- ・^{こんなん}困難があっても^の乗り越える^こ素晴らしい^{すば}しさ
- ・^{うちゅう}宇宙の^{たんさ}探査の^{おもしろ}面白さ



「はやぶさ」計画とは、どんな計画？

「イトカワ」という名前の小惑星しょうわくせいに近づいて、観察かんさつするだけでなく、着陸ちやくりくして表面の物質ぶつしつ（サンプル）を地球に持ち帰りぶんせき分析する。

「はやぶさ」

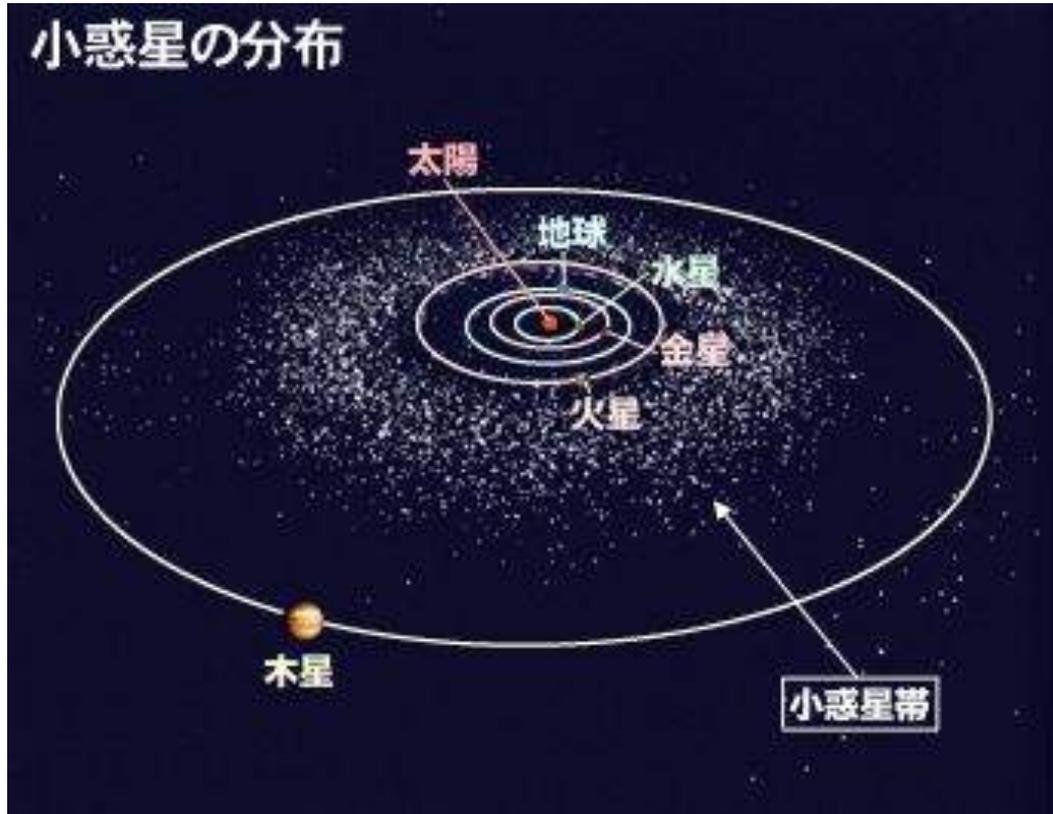
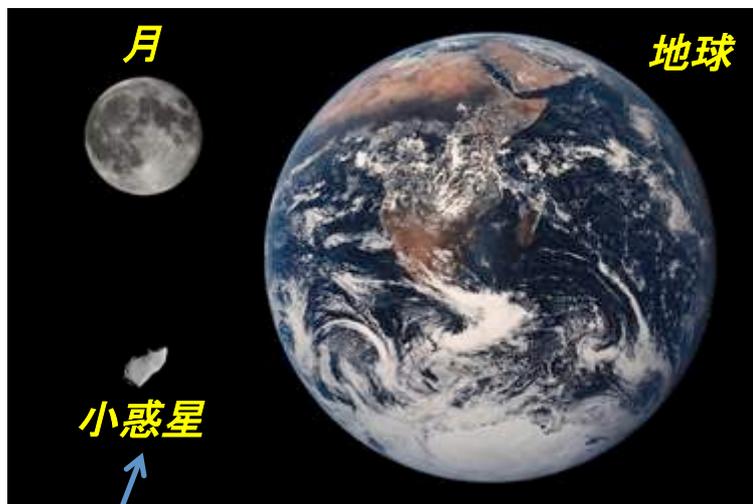


小惑星「イトカワ」



しょう わくせい 小惑星とは？

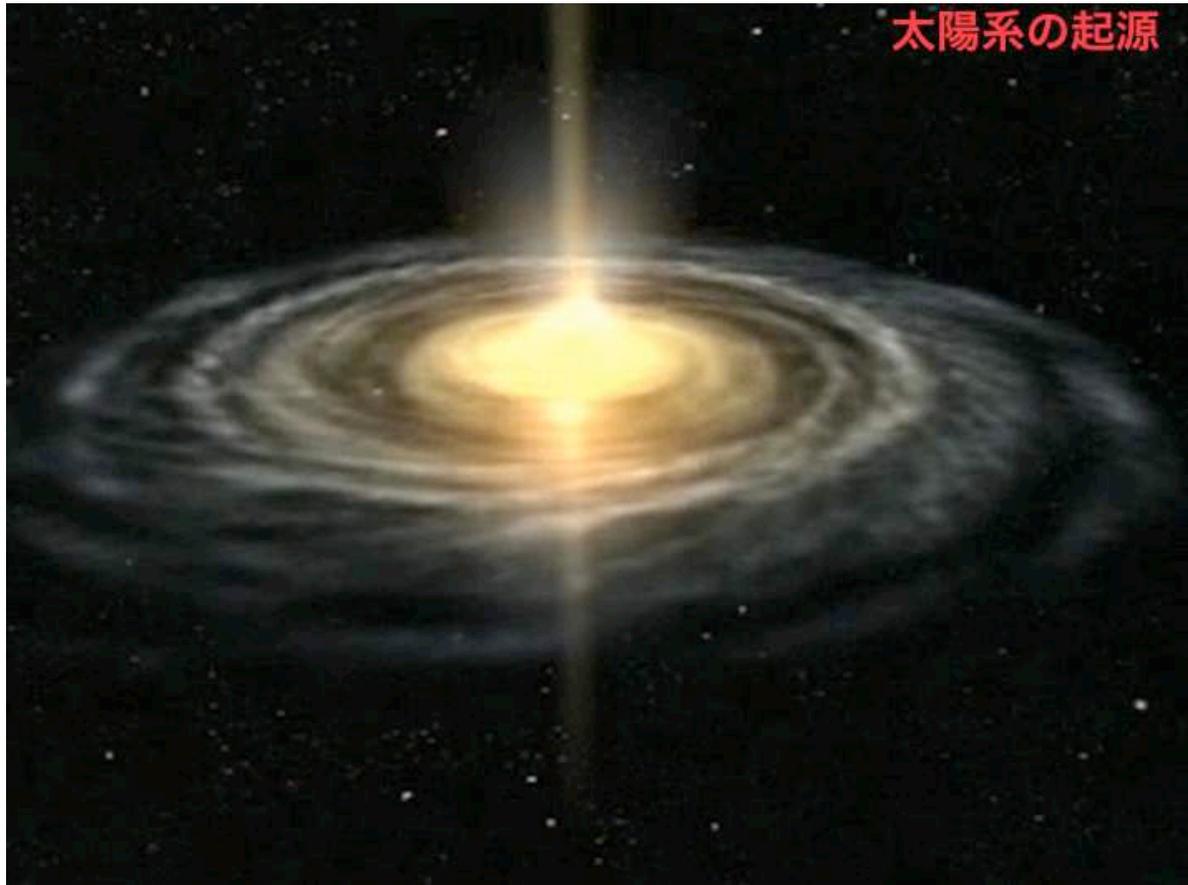
ち きゅう たいよう まわり わくせい
地球と同じように太陽の周りを回っている惑星。大きさが
100km以下程度の小さな天体。大きいものでも月の1/3以下。
か せい もく せい き どう どうちやく
主に火星と木星の軌道の間にあるが、はやぶさが到着したの
ち きゅう しょうわくせい
は地球に近い小惑星。



大きさも形も様々
しょうわくせい かくにん
30万個以上の小惑星が確認さ
れている(軌道が確定したもの)。
き どう かくてい

しょう わくせい なぜ小惑星をめざしたのか？

まず、^{たいよう}太陽や^{ちきゅう}地球が生まれたころの様子(^{おくねん}46億年位前)を見てみよう。



^{ぶんし}分子の^{くも}雲
(星のゆりかご)



集まって原始^{げんしたい}太陽と小さな^{わくせい}惑星



小さな^{わくせい}惑星が集まって大きな^{わくせい}惑星

はやぶさが小惑星をめざした理由

たたくと熱がでる

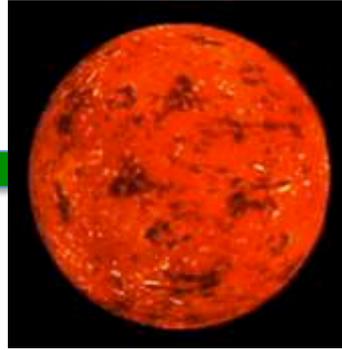


マグマの海の時代
全てが熱で溶けた

たくさんの衝突



地球のよう
な大きな
惑星



原始太陽系時
代の記憶を
失った。

衝突は少ない



小惑星

温度が高くなり
溶けなかった



原始太陽系時
代の記憶をま
だ持っている。

小惑星のサンプルを持ち帰り分析することにより、「惑星や小惑星を作るも
なった材料がどんなものだったか」、「惑星が誕生するころの太陽系の様子がど
うだったか」について知ることができる。

「はやぶさ」の^{かいほつ}開発と打ち上げ

1985年頃から^{かがくしゃ}科学者達が^{けんとう}検討^{かいし}開始

1996年にプロジェクト^{かいし}開始

その後、^{えいせい}衛星^{かいほつ}開発、^{くみたて}組立、^{しけん}試験を行った。



^{かいしゅう}サンプル回収カプセルの取り付け
作業の様子

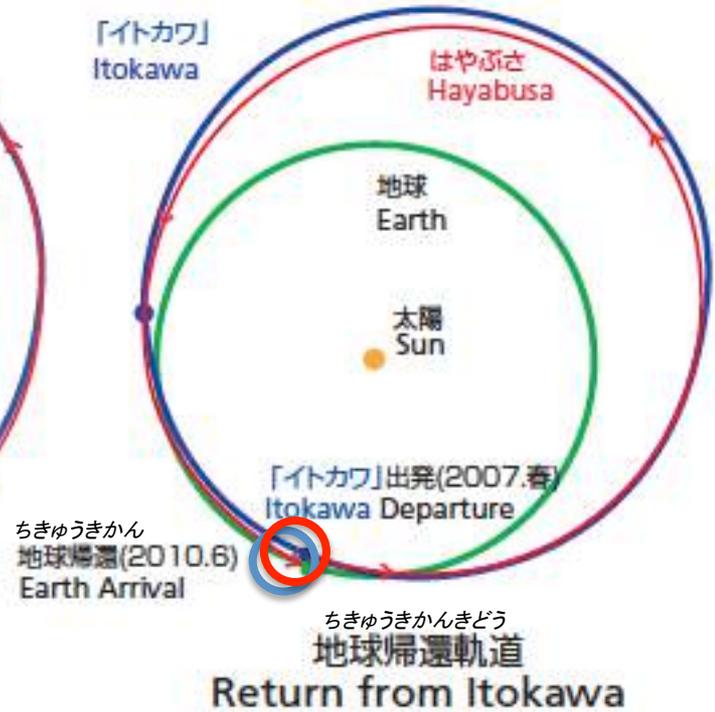
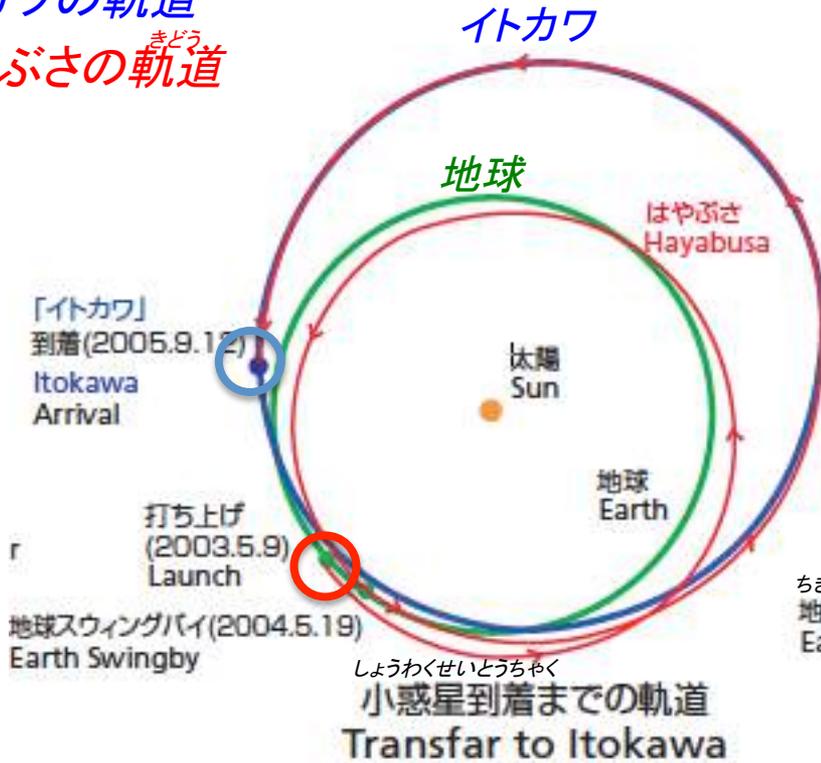


^{うちのうらうちゅう}内之浦宇宙センターからの^{こたい}固体ロケットM5による打ち上げの様子(2003年)

「はやぶさ」の軌道 き どう

緑: 地球の軌道 ちきゅう きどう
 青: イトカワの軌道 きどう
 赤: はやぶさの軌道 きどう

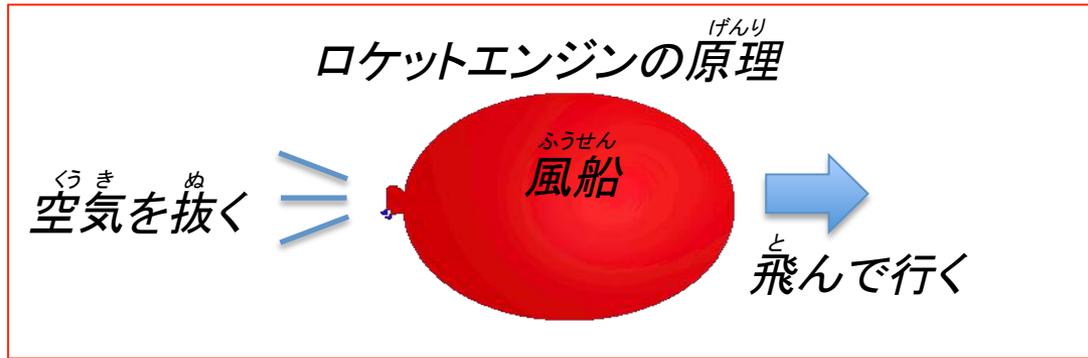
○: 出発 しゅっぱつ
 ○: 到着 とうちやく



ちきゅう
 地球からイトカワへ
 (2年4ヶ月)

ちきゅう
 イトカワから地球へ
 (3年5ヶ月)

「はやぶさ」の宇宙航行用エンジン



はやぶさ

ねんしょう ほうしき 燃焼方式のロケットエンジン



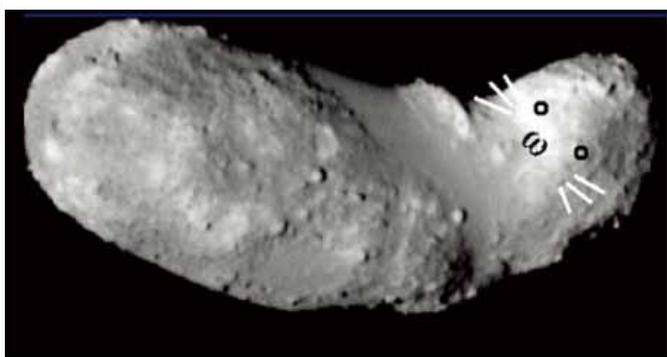
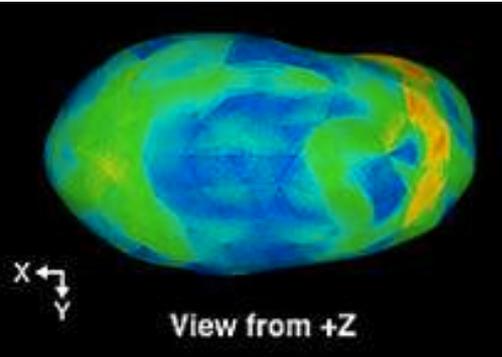
ねんしょうほうしき
燃焼方式のロケットエンジン

でんき すいし はやぶさの電気推進エンジン



でんきすいしん
はやぶさの電気推進エンジン

「はやぶさ」のイトカワへの到着と観測 とうちやく かんそく

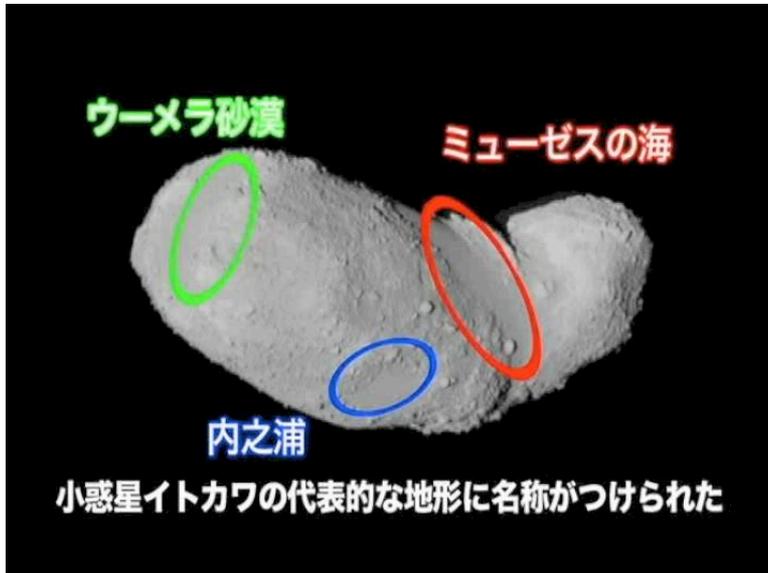


ちじょうかんそく
地上観測からのモデル

かんそく
はやぶさが観測したイトカワ

に
らっこに似ていたの
で
“イトカワラッコ”と呼ばれた。
よ

に
↑ ↓
似ている！



小惑星イトカワの代表的な地形に名称がつけられた

ちけい なまえ
イトカワの地形に名前がついた

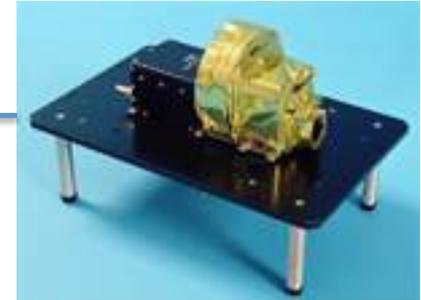


“イトカワ”の^{かんさつ}観察のために「はやぶさ」で使われた^{かんそく き}観測器

AMICA (可視分光撮像カメラ)

7つの色フィルタを使って、小惑星表面のわずかな色の違いを見分ける。

^{ひょうめん}表面の色を^{かんさつ}観察



LIDAR (レーザ高度計)

レーザの光を発射して探査機と小惑星の距離(50kmから50m)を測定。表面の形を調べる。

^{ひょうめん}表面の^{こぼこ}でこぼこを^{かんさつ}光で観察



NIRS (近赤外線分光器)

太陽光がイトカワの表面で反射した光を分光する装置。小惑星表面の鉱物の種類や表面の状態を知る。

^{ひょうめん}表面の^{こうぶつ}鉱物(岩の種類)を^{かんさつ}観察



XRS (蛍光X線スペクトロメータ)

主な元素(岩石の分類に重要なマグネシウム、アルミニウム、ケイ素など)の組成を調べる。

^{ひょうめん}表面の^{げんそ}元素を^{かんさつ}観察



「はやぶさ」の着地とサンプル採取

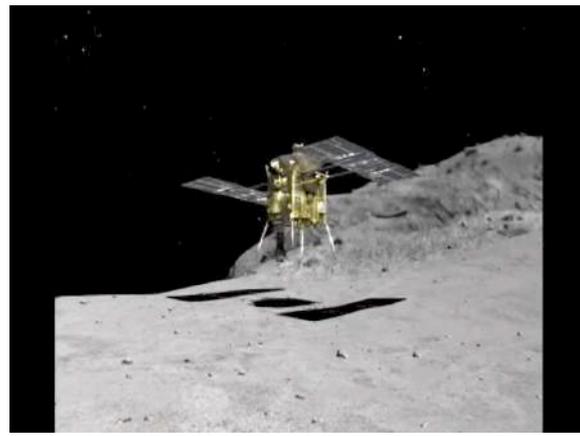
こうど
高度30m



かがや じんこう
明るく輝く人工
の灯台を落下



じんこう どうだい
人工の灯台を
めじるし ちやくち
目印に着地

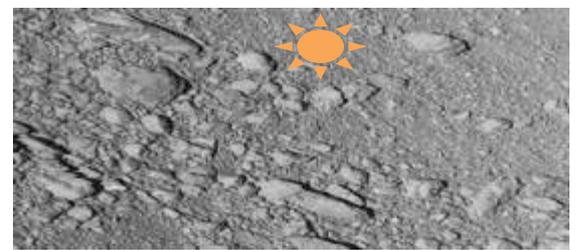
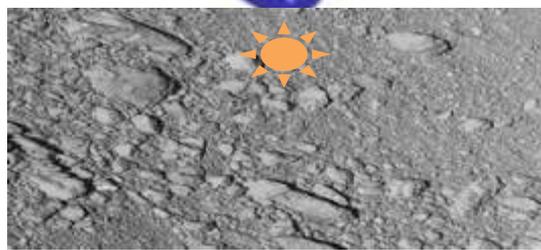
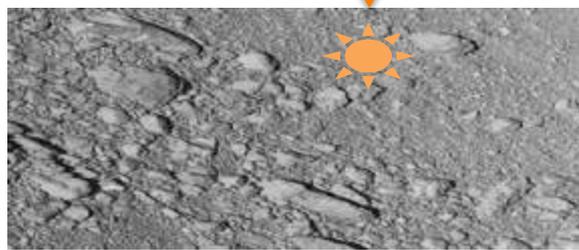


ちやくち
着地



さいしゆ こ
サンプル採取後
ただちに離陸

ちやくち どうじ
着地と同時に
サンプル採取



サンプルの採取方法 さいしゆ ほうほう

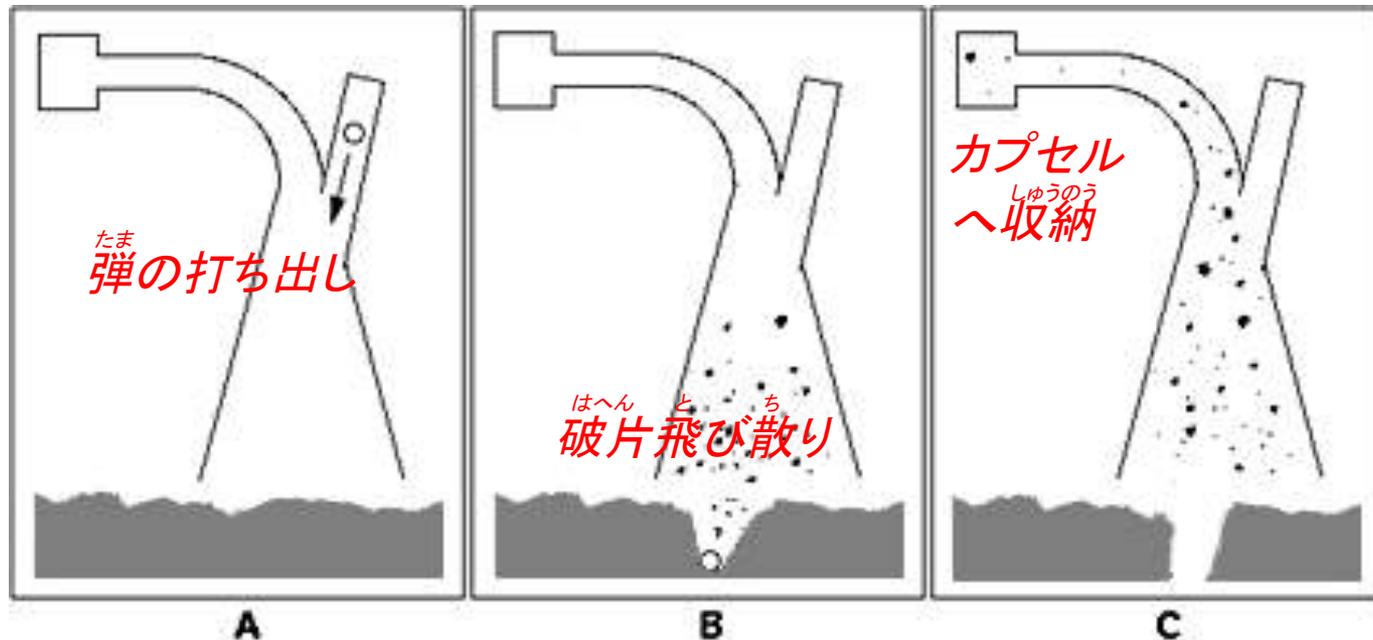
重さ数グラムの金属球を秒速300m位の速度で打ち出す。

金属球は、小惑星の表面をくだき、その結果、かけらが飛び散る。

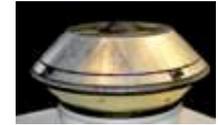
小惑星の重力はとても小さいため、飛び散った破片は、サンプラー・ホーンに導かれ、探査機内の回収カプセルへのぼっていく。



サンプル装置 そうち



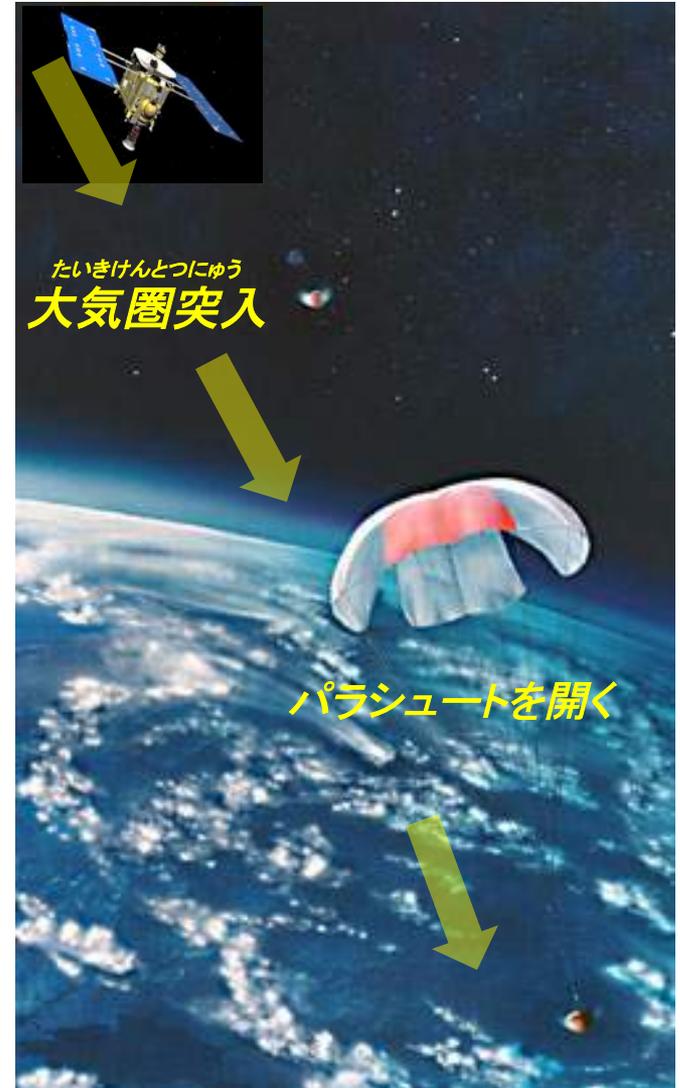
はやぶさの帰還とサンプル回収



小惑星のサンプルを入れた回収カプセルは、はやぶさ本体から切り離され、宇宙から秒速12kmをこえる速度で地球大気圏に突入。

突入中にカプセルは大気との摩擦によりスペースシャトルの場合より何十倍も大きい加熱を受けるが、耐熱構造のため生き残ることができた。はやぶさ本体は燃え尽きた。

カプセルはパラシュートを放出して地上に軟着陸。カプセルが出す電波を用いてその位置を割り出し回収した。



はやぶさの冒険/たくさんのトラブルを乗り越えて

- 2003年5月 鹿児島宇宙空間観測所より打上げ
- 2005年7月 探査機の姿勢を保つ装置が不具合(3台の内1台)
- 2005年9月 イトカワに到着(20km地点)
- 2005年10月 探査機の姿勢を保つ装置(2台目)が不具合
- 2005年11月 1回目タッチダウン(想定外の着陸)
2回目のタッチダウン(燃料漏れ)
- 2005年12月 姿勢が不安定、地球との交信不能
- 2006年1月 通信が復活
- 2007年2月 イオンエンジンの再始動
- 2007年4月 地球帰還に向けた本格的なエンジンの運転開始
- 2009年2月 第2期軌道変換開始・イオンエンジン再始動
- 2009年11月 イオンエンジンに異常発生
- 2009年11月 2台のイオンエンジンを組み合わせて推進力を得る
- 2010年3月 第2期軌道変換完了・イオンエンジン連続運転終了
- 2010年6月 地球帰還・カプセル回収
- 2010年7月 カプセル内のサンプルコンテナに微粒子を確認



はやぶさの^{ぼうけん}冒険/たくさんのトラブルを^の乗り越^こえて

2005年11月 1回目タッチダウン(想定外^{そうていがい}の着陸^{ちゃくりく})

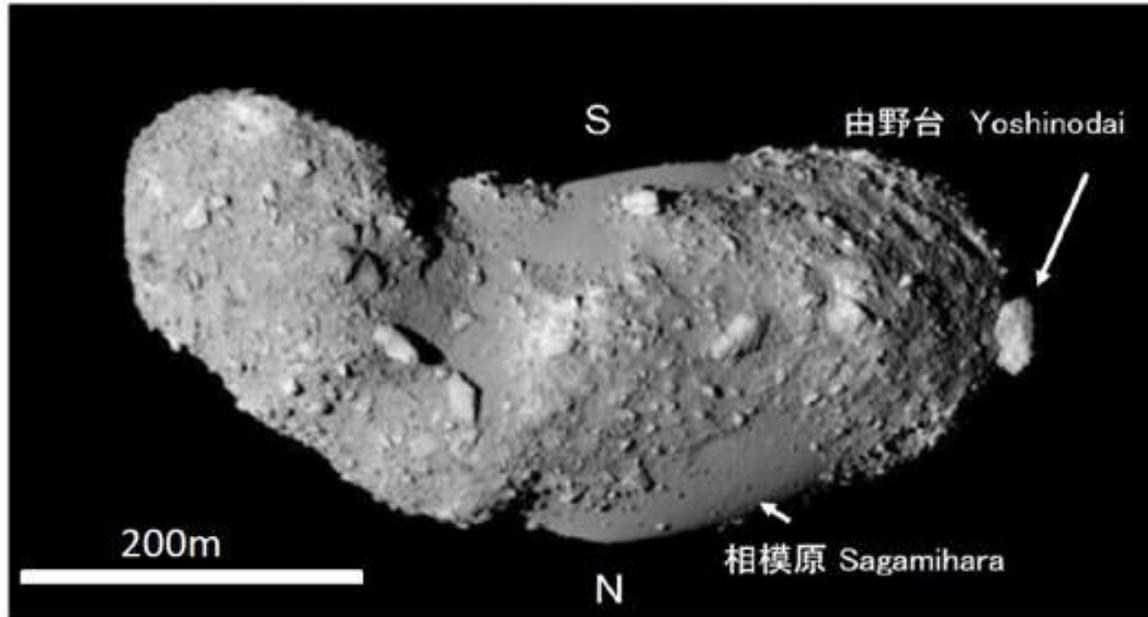
2回目のタッチダウン(燃料^{ねんりょう}漏れ^も)

2005年12月 姿勢^{しせい}が不安定^{ふあんてい}、地球^{ちきゅう}との交信^{こうしん}不能^{ふのう}

2009年11月 イオンエンジンに異常^{いじょう}発生^{はっせい}



太陽系における天体の形成、進化、衝突の歴史の理解が大きく進んだ(近くでの観測の結果)



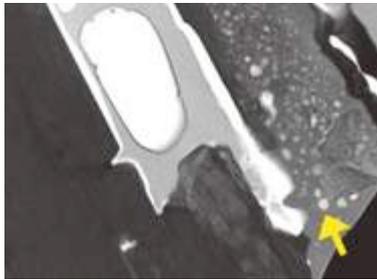
- いびつな形 → 天体の全溶融を経験していない証拠
- 大きな岩塊の存在 → 大規模な衝突を経験している証拠
- 低い密度(重力測定) → 内部に空隙が残っている証拠
- ラブルパイル(瓦礫の寄せ集め)天体がイトカワの姿であり、太陽系初期の天体の姿である

(Fujiwara et al. 2006 Science)

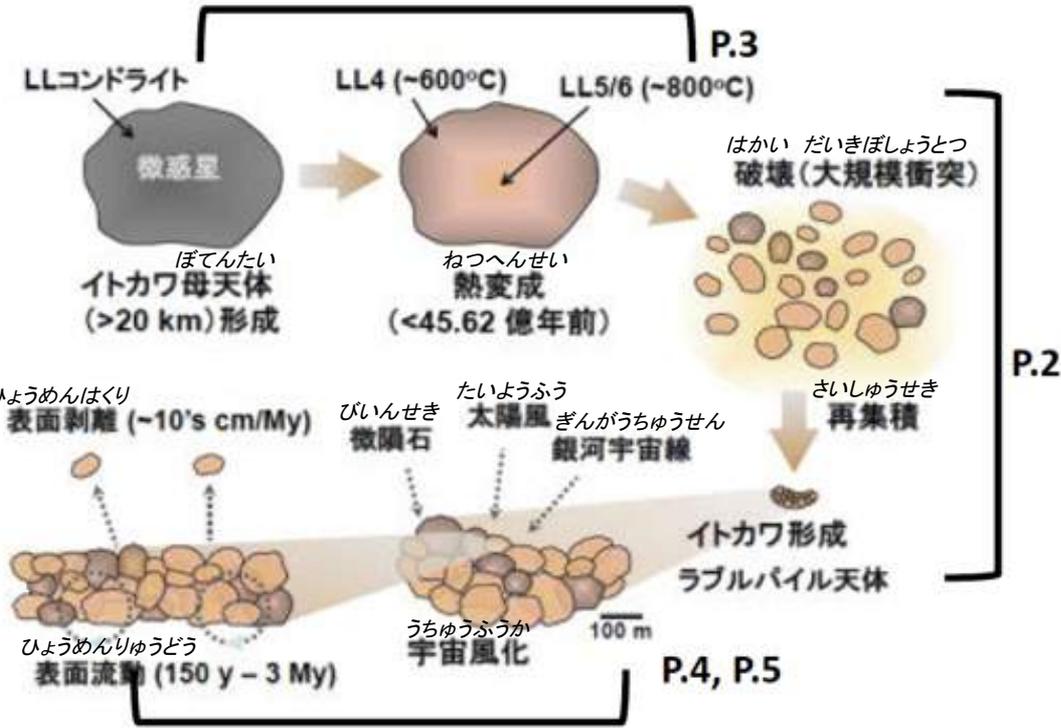
太陽系における天体の形成、進化、衝突の歴史の理解が大きく進んだ(持ち帰った資料の分析の結果)



持ち帰ったサンプルの分析



電子顕微鏡による画像。白い粒(矢印)は泡が発生したあと(提供: 東北大学/JAXA)。



- 衝突破壊・再集積過程という微惑星から惑星への進化過程が明らかになった。
- 仮想天体であった微惑星の姿について、瓦礫の寄せ集めである「ラブルパイル天体」と類似であるという認識が強まった。
- 今後は、天体形成年代や大規模な衝突イベントが起きた時代がいつだったのかを明らかにするための研究の成果が期待されている。
- また、初期分析で見つけれられていない熱変成度の低い始原物質や有機物や水の存在の検証も今後進む予定である。

「はやぶさ2」…今年打ち上げ予定

—太陽系の起源・進化と生命の原材料物質の解明を目指して—



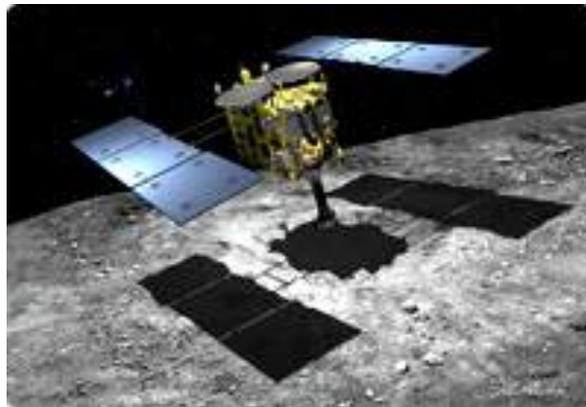
小惑星1999 JU3 (C型、大きさ900m程度) 到着



小さな着陸機 (移動探査機) の投下

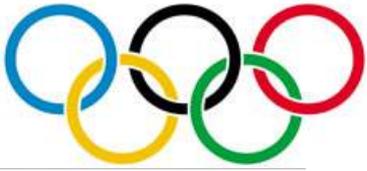


“衝突装置” (2kg程度) を切り離し、人工的なクレーター生成 (直径数m)



人工クレーターの様子を観察、可能ならばその近辺からの物質採取。

「はやぶさ2」スケジュール (予定)

2014年度	打ち上げ	
2018年	1999JU3到着	
2020年	地球帰還	
2020年～	サンプル分析	

HAYABUSA 2

みなさんも、「はやぶさ」のように、いろいろな^{こんなん}困難に^ま負けな
ように、それぞれのゴールをめざし、^{ゆめ}夢を^{じつげん}実現して下さい！

今日のお話は、おわりです。

