

小惑星探査機 「はやぶさ」



小惑星探査計画とは

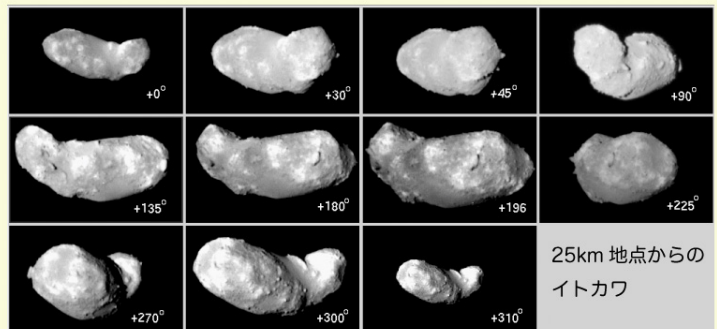
「はやぶさ」が探査する天体は、地球接近型とよばれる小惑星です。JAXA 宇宙科学研究本部は、この計画を通して、小惑星から表面の物質を地球に持ち帰る技術（サンプル・リターン）を確立します。最先端の工学的技術を習得することに成功すれば、未来の野心的なサンプル・リターンを可能にします。

「5つ」の重要技術：

1. イオンエンジンを主推進機関として用い、惑星間を航行すること
2. イオンエンジンとスウィングバイの併用による加速操作を実証すること
3. 光学情報を用いた自律的な航法と誘導で、接近・着陸すること
4. 微小重力下の天体表面の標本を採取すること
5. カプセルを、惑星間飛行軌道から直接に大気に入らせ、サンプルを回収すること

小惑星とはどんな天体か

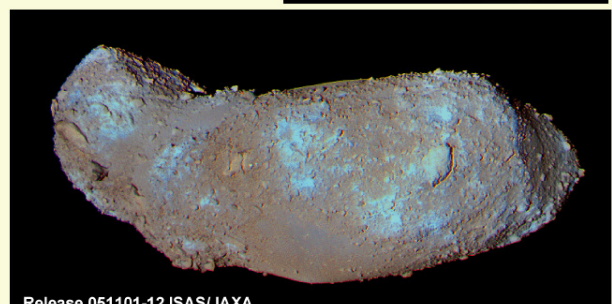
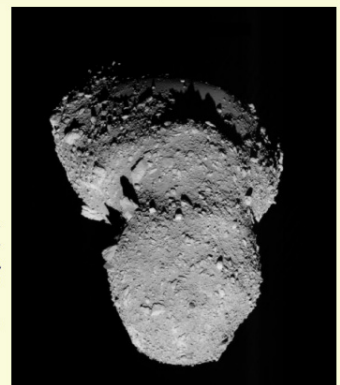
私たちの太陽系は、太陽および9つの惑星とその衛星、そして多くの小惑星や彗星などの小天体で構成されています。小惑星は軌道がわかっているものだけでも1万個以上あり、主に火星と木星の軌道の間が存在します。「はやぶさ」が探査した小惑星イトカワは、地球に近づく軌道を持つ小惑星で、その大きさは約500mです。「はやぶさ」による詳細な科学観測で、イトカワの数々の謎を解き明かしました。



25km 地点からのイトカワ

なぜ小惑星をめざすのか

太陽系の9つの惑星や月のように大きな天体は変成してしまったため、太陽系の初期のころの物質について知ることができません。小惑星は惑星が誕生するころの記録を比較的よくとどめている化石のような天体だといわれています。そこで、小惑星からサンプルを持ち帰る技術が確立されれば、「惑星や小惑星を作るもとになった材料がどんなものであったか」「惑星が誕生するころの太陽系星雲内の様子はどうであったのか」についての手がかりを得ることができます。



小惑星を調べる探査機には どんな技術が使われているの？



「はやぶさ」が小惑星から石のかけらを拾ってくるためには、いろいろな技術の開発が必要になりました。主なものは、

- 1) 地球と小惑星の移動に使う電気推進エンジン
- 2) 小惑星に自動で降りたり離れたりする技術
- 3) 小惑星の表面から石のかけらを採る技術
- 4) ものすごいスピードで地球の大気圏に突入してくるカプセルを熱から守る技術です。

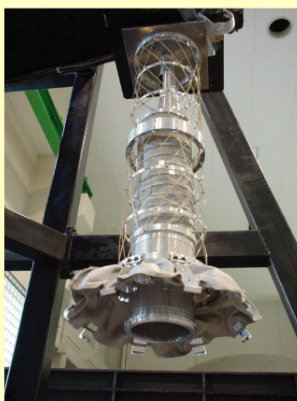
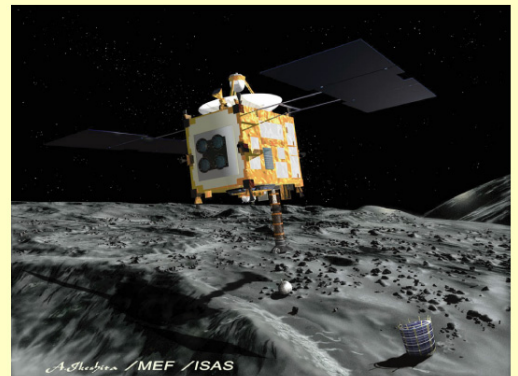


電気推進エンジンは省エネタイプ

電気推進エンジンは力は弱いけれど効率が良いので、宇宙空間での長時間飛行には最適です。「はやぶさ」は電気推進エンジンを4つ積んでいます。

小惑星に安全に接地する方法

小惑星に近付いた探査機は10kmほど上空からいろいろなデータを調べて、接地に適切な場所を探します。探査機は自分でカメラやレーザ高度計を使って100m位まで降りてゆき、ターゲットマーカを落として、これを目印にいろいろなセンサを使って接地します。サンプルをとったら10kmの高さまでもどって地球からの連絡を待ちます。



サンプルを採る方法

小惑星の表面は重力が地球の10万分の1くらいしかないので、小さな玉を打ち込むと、とびちったかけらは表面に落ちずに「サンプラーホーン」(左の写真)の中に入ります。それをカプセルの中の収集箱に入れて持ち帰ります。

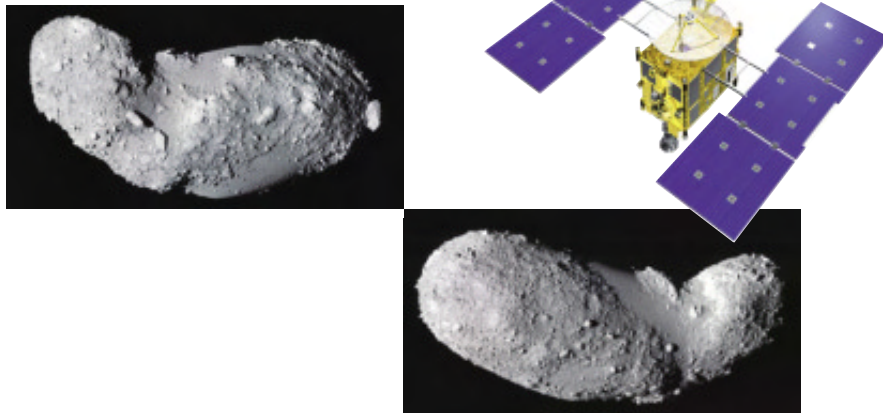
地球への再突入

探査機は地球に戻ってきて、カプセルだけを切り離して地上に落下させます。そのときカプセルはスペースシャトルの何十倍の熱にたえなければなりません。最先端技術の材料を使っています。



小惑星「イトカワ」の地名

イトカワは、1998年9月、マサチューセッツ工科大学リンカーン研究所・地球近傍小惑星研究チーム（LINEAR）により発見された小惑星（小惑星番号25143、発見当時の仮符号は1998SF36）です。地上観測では、大きさや形、ましてや表面の地形はまったく分かりませんでした。「はやぶさ」が2005年9月に小惑星イトカワの姿を初めてとらえたときの画像は衝撃的でした。「はやぶさ」チームは、そのユニークな地形に対して、「はやぶさ」プロジェクトないしは日本の宇宙開発にかかわる地名などにちなんだ名称を付けました。いくつかの地名は、すでに国際天文学連合（IAU）によって正式に承認されています。その他の地名についても現在、承認を受けるための準備中です。（詳細は『ISASニュース』2007年6月号参照）



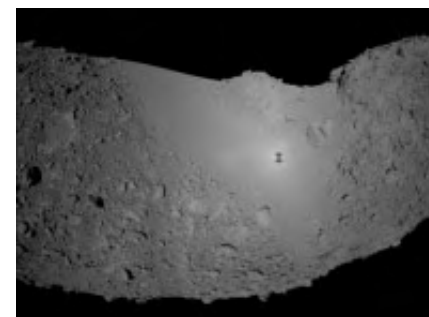
「はやぶさ」がとらえた小惑星イトカワ

2003年5月に打ち上げられた小惑星探査機「はやぶさ」は、2005年9月に小惑星イトカワに到着し、約3ヶ月間にわたってイトカワの詳細な観測や表面へのタッチダウンなどを行いました。現在、「はやぶさ」は、2010年6月の地球帰還に向けて航行中です。「はやぶさ」は、搭載カメラを用いてさまざまな方向から「イトカワ」の撮影に成功し、取得した画像は1600枚以上にもなります。イトカワの素顔を明らかにし、さらには太陽系の起源に迫りました。

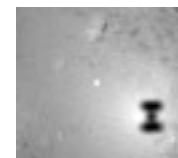
「イトカワ」の地名リスト <small>赤字は正式に承認された地名</small>			
地名	由来		
IAU登録済み地名			
M	MUSES-C	ミューゼスの海	「はやぶさ」のコードネーム
SA	Sagamihara	相模原	宇宙科学研究本部（ISAS）所在地、神奈川県相模原市
U	Uchinoura	内之浦	「はやぶさ」が打ち上げられた内之浦宇宙空間観測所の所在地、鹿児島県内之浦町（現・肝付町）
ボルダー（岩塊）			
B1	Yoshinodai	由野台	ISAS所在地、神奈川県相模原市由野台
B2	Kakuda	角田	宇宙航空研究開発機構（JAXA）角田宇宙センター、宮城県角田市
B3	Kokubunji	国分寺	最初のロケット実験地、東京都国分寺市
B4	Pencil	ペンシル	日本初のロケット、ペンシルロケット
B5	M-V	エムファイブ	「はやぶさ」打上げロケット、M-V
B6	SUBARU	すばる	小惑星イトカワの事前観測を行った国立天文台ハワイ観測所の「すばる」望遠鏡（旧称Hilo）
B7	Mountainview	マウンテンビュー	「はやぶさ」再突入カプセルの試験を行ったNASAエームズ研究所所在地、アメリカ・カリフォルニア州
B8	Usuda	臼田	「はやぶさ」の運用、追跡を行った臼田宇宙空間観測所、長野県南佐久郡臼田町（現・佐久市）
B9	Hoyoshi	甫与志	内之浦宇宙空間観測所近隣の甫与志岳
B10	The Black Boulder	黒いボルダー	ボルダーの外観より
各種地形			
L1	Noshiro	能代	JAXA能代多目的実験場、秋田県能代市
L2	The North Vertex	北極頂点	地形の外観より
L3	Sanriku	三陸	JAXA三陸大気球観測所、岩手県大船渡市三陸町
L4	Shirakami	白神	能代近傍の山地
L5	Yatsugatake	八ヶ岳	臼田近傍の山地
衝突クレーター候補			
C1	Yoshinobu	吉信	JAXA種子島宇宙センター吉信射場
C2	Arcoona	アルコーナ	「はやぶさ」再突入カプセル回収予定地近隣の地名、オーストラリア・南オーストラリア州（旧称Woomera）
C3	Oosumi	大隅	内之浦宇宙空間観測所のある大隅半島、および日本初の人工衛星「おおすみ」（旧称Tsukuba）
C4	LINEAR	リニア	小惑星イトカワを発見したマサチューセッツ工科大学の研究チーム名
C5	Uchinoura	内之浦	「はやぶさ」が打ち上げられた内之浦宇宙空間観測所、鹿児島県内之浦町（現・肝付町）
C6	Komaba	駒場	ISAS旧所在地、東京大学駒場キャンパス
C7	Fuchinobe	淵野辺	ISAS最寄り駅、JR淵野辺駅
C8	Kamoi	鴨居	「はやぶさ」を製造したNEC東芝スペースシステムの旧拠点最寄り駅、JR鴨居駅
C9	Kamisunagawa	上砂川	「はやぶさ」ターゲットマーカの試験を行った微小重力実験施設の所在地、北海道砂川町

はやぶさポイント

「はやぶさ」は、サンプル採取のため、2005年11月に降下着陸（タッチダウン）を2回試みしました。2回目の着陸降下中に撮像した画像を右に示します。1回目の降下着陸時に投下した88万人の署名入りターゲットマーカがイトカワ表面にあることが確認できます。「はやぶさ」がタッチダウンした地点は、ターゲットマーカの近傍になります。公募により「イトカワ着陸点」は「はやぶさポイント」と命名されました。この地名は、正式な名前として国際天文学連合（IAU）に申請されるものではありませんが、今後イトカワ上に「はやぶさ」の名前が永久に残り、「はやぶさ」の探査を記録するものとして呼び習わされることとなります。



2005年11月26日6時24分に高度約250mから撮像したイトカワの表面



ターゲットマーカ地点近傍の拡大（中央の白い点がターゲットマーカ、黒は探査機自身の影）

イトカワの大きさ

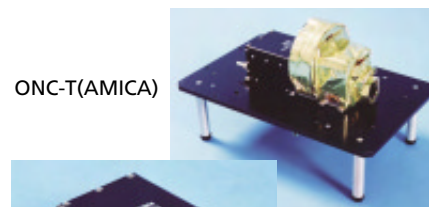
カメラ画像とほかの観測データをもとに、イトカワの大きさや質量などを求めました。下の表に示します。地上観測では得られない貴重なデータです。最も驚くべきことは、イトカワの密度が1.9g/cm³という小さい値であることです。イトカワは、がれきの積み重なった構造を持っている空隙の多い天体と考えられ、今まで考えられてきた小惑星の形成理論が正しいことを示すことができました。

イトカワのパラメータ	
軌道要素	a = 1.3238 AU e = 0.2801 i = 1.6223° 近日点0.953 AU 遠日点1.6947 AU
主軸サイズ	X = 535 m Y = 294 m Z = 209 m
外接する直方体のサイズ	550×298×244 m
自転周期	12.1324時間
自転軸の向き	J2000 黄道座標系 [128.5, -89.66] J2000 赤道座標系 [90.53, -66.30] (黄道面にはほぼ垂直で地球などとは逆方向の自転)
質量#	(3.510±0.105) × 10 ¹⁰ kg
密度	1.90±0.13 g/cm ³
<small>青字は「はやぶさ」によって初めて分かった値 #複数の測定者による平均値</small>	

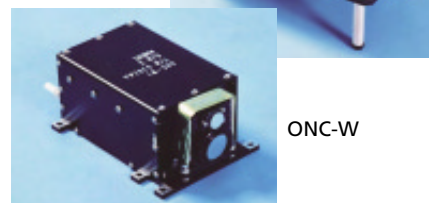
「はやぶさ」に搭載したカメラ

「はやぶさ」には、カメラが3台搭載されています。目標の小惑星をカメラでとらえ、相対的な位置と速度を検出して探査機を誘導します。そのためONC（Optical Navigation Camera）と呼ばれています。3台のONCのうち、1台は望遠カメラ（ONC-T）、2台は広角カメラ（ONC-W1、W2）です（下写真参照）。

ONC-Tの視野角は5.7度、解像度は1000×1024 pixelです。小惑星への接近



ONC-T(AMICA)

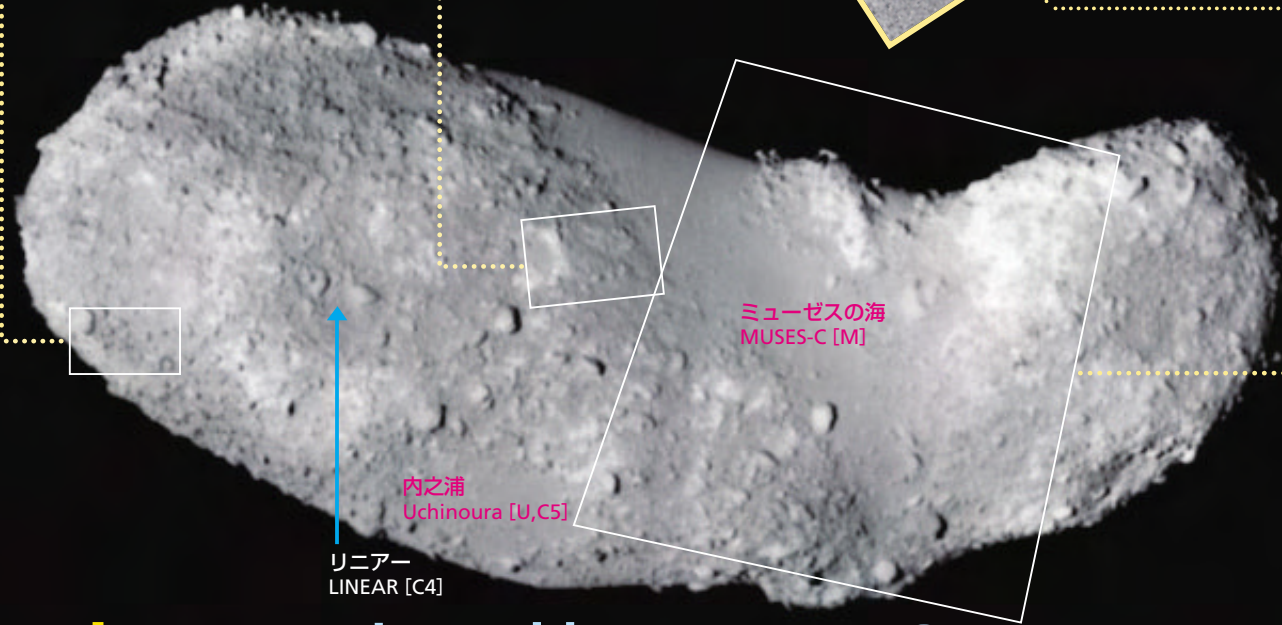
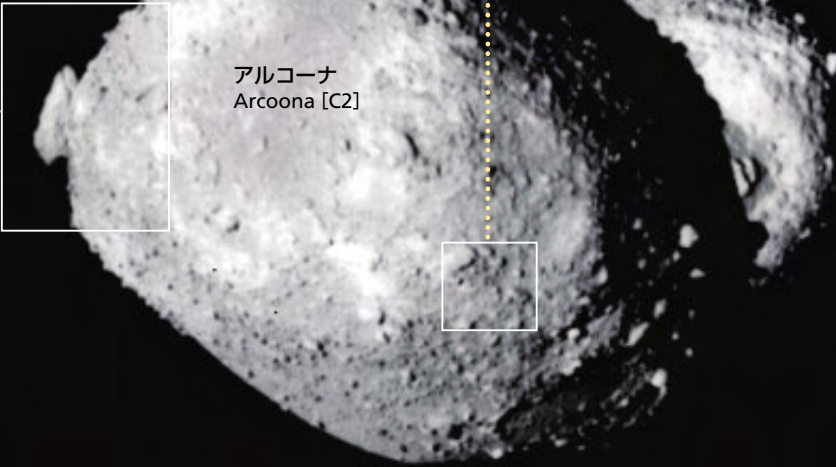
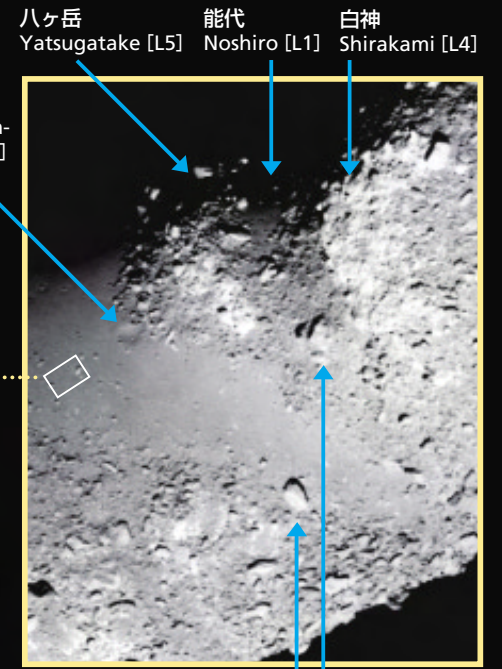
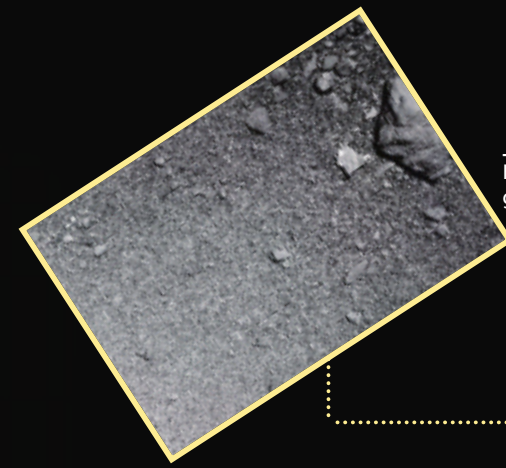
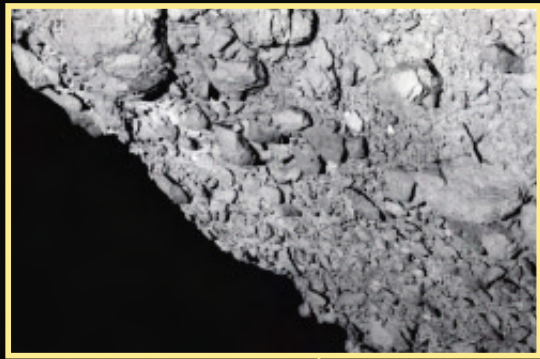


ONC-W

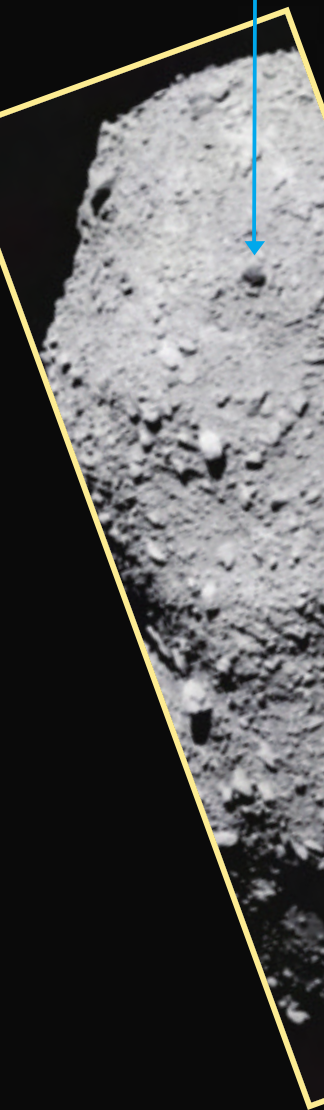
時の光学航法および小惑星近傍での科学観測に用いました。このカメラにより撮像された小惑星画像を用いて小惑星の詳細地形モデルを構築し、着陸地点選定や着陸降下時に使用する誘導パラメータの取得に利用しました。また、ONC-Tには7バンドの色フィルタと偏光子が取り付けられており、小惑星表層のわずかな色の違いも判別することができます。そのため、ONC-Tにはマルチバンド分光カメラ（AMICA：Asteroid Multi-band Imaging Camera）という別名が付いています。

ONC-W1、W2の視野角は60度で、解像度は1024×1024 pixelです。ONC-W1は、ホームポジションでの小惑星方向検出、着陸降下時の航法誘導、地上画像モニタ、最終降下時でのターゲットマーカの追尾に用いました。ONC-W2は、小惑星への接近時の光学航法および小惑星近傍での科学観測に用いました。





黒いボルダー
The Black Boulder [B10]

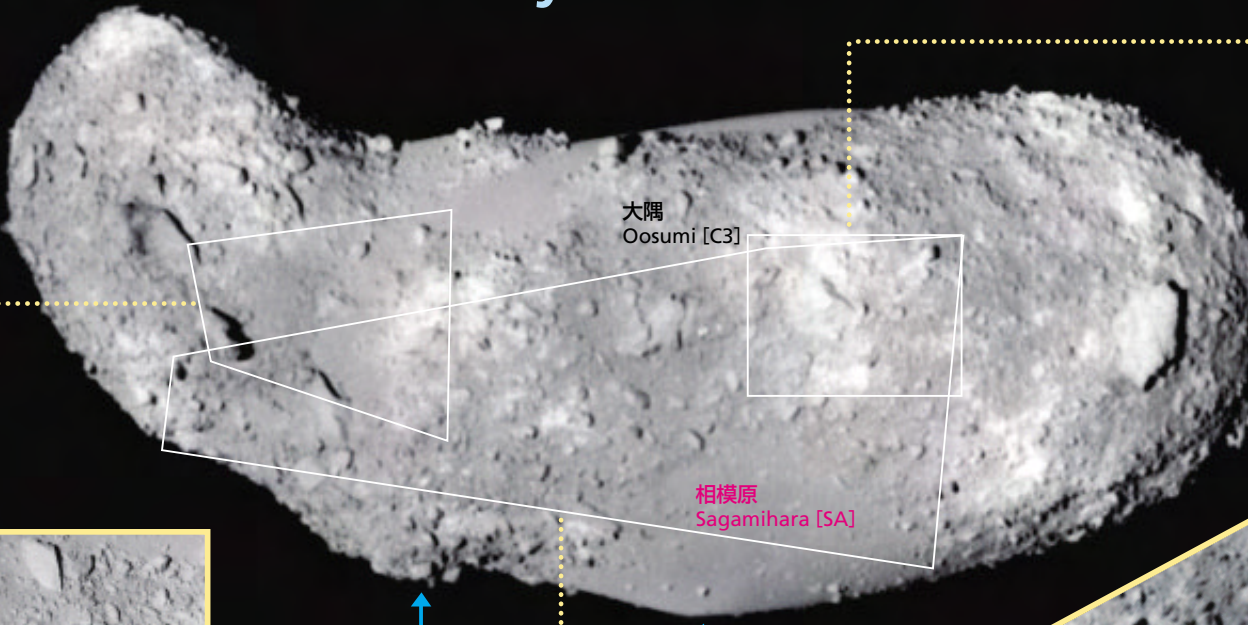


Asteroid 25143 Itokawa Viewed by HAYABUSA



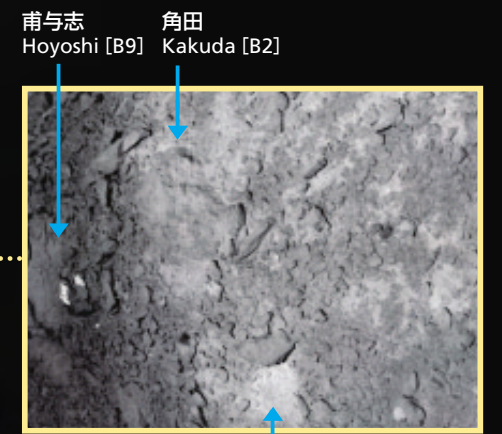
エムファイブ
M-V [B5]

すばる
SUBARU [B6]

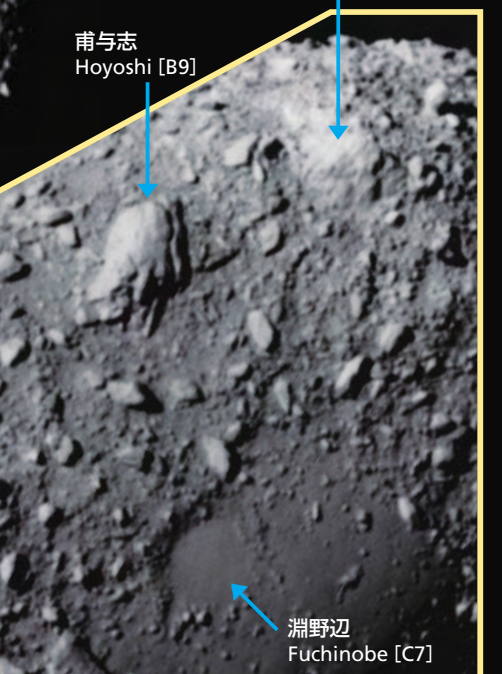


大隅
Oosumi [C3]

相模原
Sagamihara [SA]

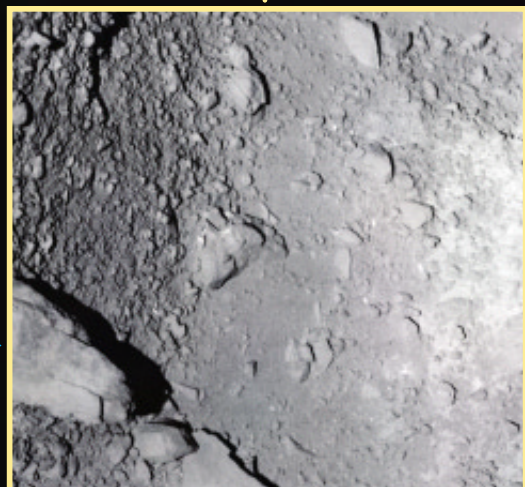


角田
Kakuda [B2]



南与志
Hoyoshi [B9]

淵野辺
Fuchinobe [C7]



ペンシル
Pencil [B4]

三陸
Sanriku [L3]

北極頂点
The North Vertex [L2]

国分寺
Kokubunji [B3]

太陽観測衛星「ひので」



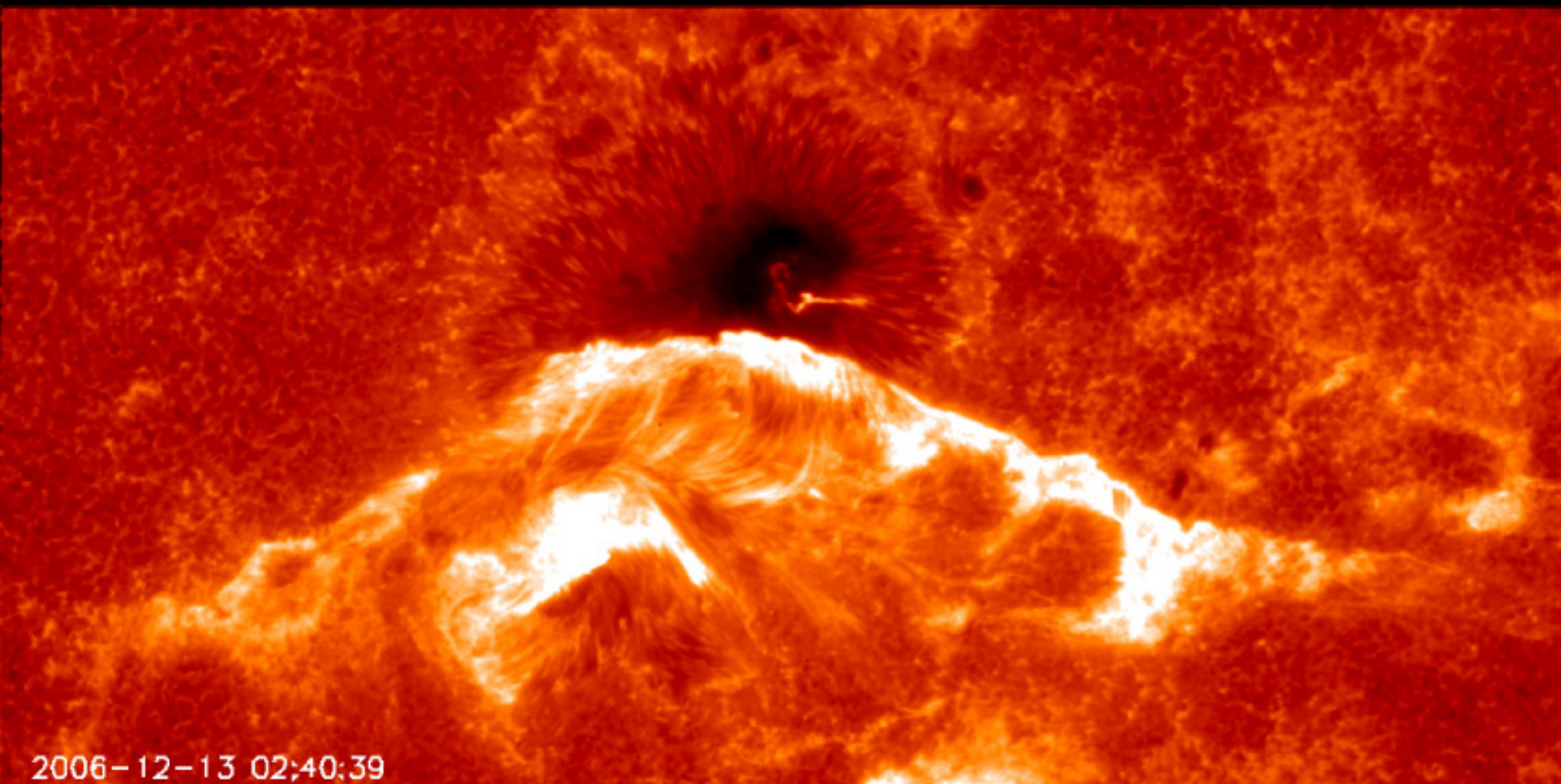
2006年9月23日打上げ
高度680kmで地球を回りながら太陽を観測
日本、アメリカ、イギリスの観測装置を搭載



「ひので」のX線望遠鏡がとらえた太陽

JAXA, NAOJ

太陽観測衛星「ひので」



2006-12-13 02:40:39

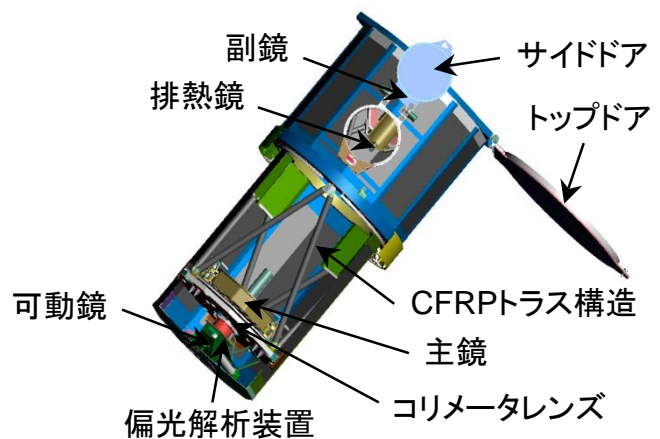
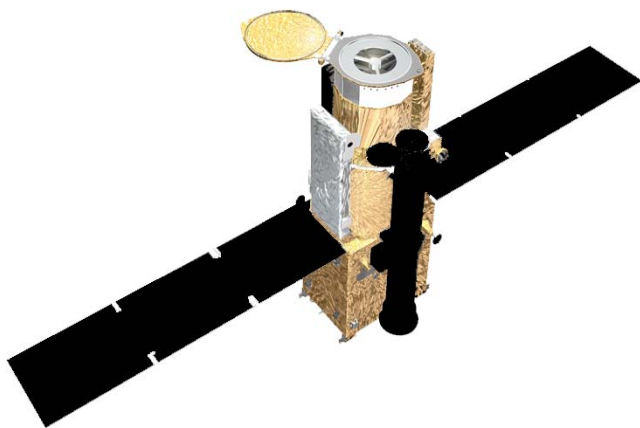
「ひので」の可視光磁場望遠鏡 (SOT) によるフレア画像

ISAS, NAOJ

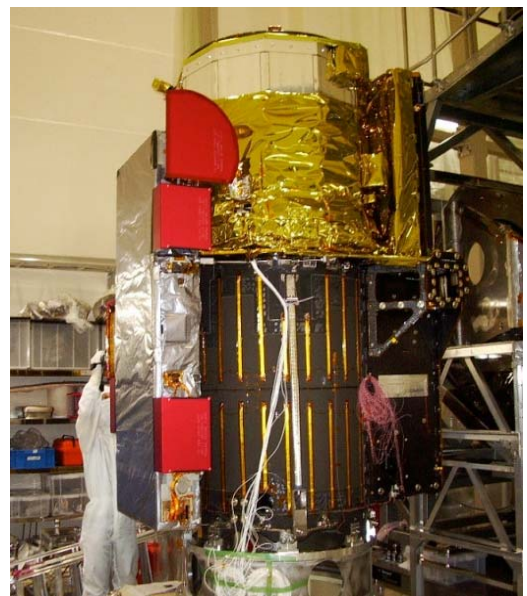
太陽観測衛星ひので

可視光磁場望遠鏡 (SOT)

宇宙空間から太陽を観測する世界最大の高性能望遠鏡



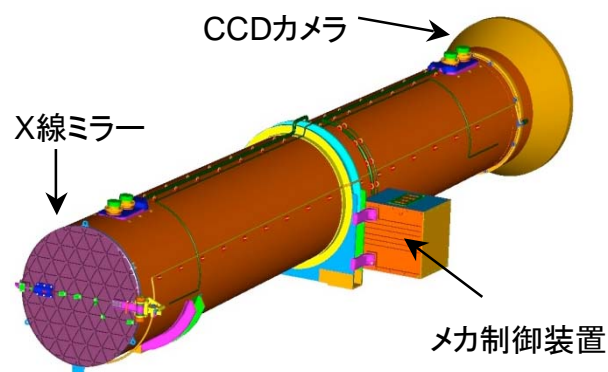
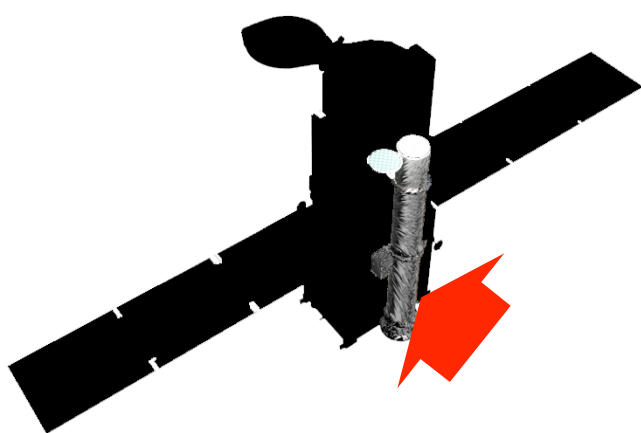
- 大気圏外からの太陽観測用としては世界最大の口径・最高解像度を誇ります。
→ 太陽面上を150-200 kmの分解能で観測出来ます。
- 偏光を分析して太陽表面の磁場の強さと向きを測定する望遠鏡です。
→ 大気圏外から世界初の試みです。



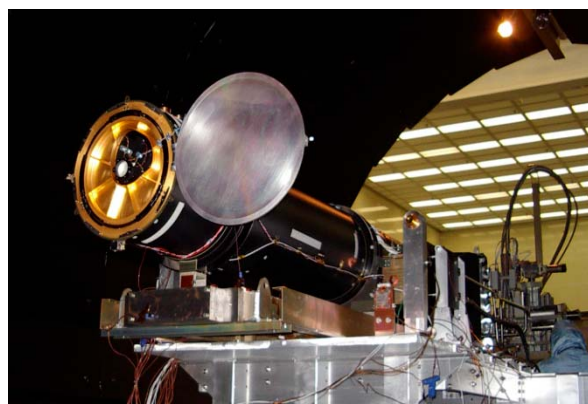
太陽観測衛星ひので

X線望遠鏡 (XRT)

コロナの構造と変動、コロナ加熱の謎に挑む望遠鏡



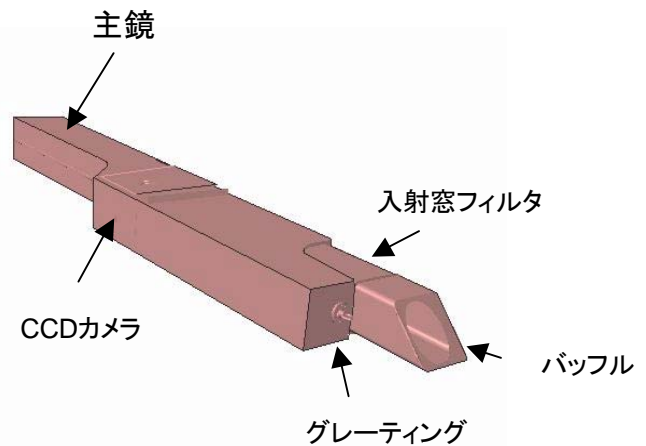
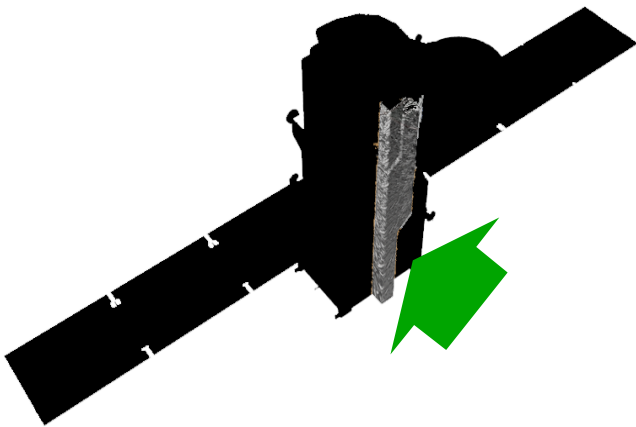
- 斜入射反射鏡と 2000×2000 素子の CCD 検出器で軟 X 線コロナ画像を取得します。
→ 解像度は約 1 秒角。
「ようこう」軟 X 線望遠鏡の 3 倍です。
- 100 万度から 1000 万度のプラズマを選択的に撮像する能力を持ちます。
→ コロナにおけるダイナミックな活動・加熱の様子を捉えます。



太陽観測衛星ひので

極端紫外線撮像分光装置(EIS)

コロナ・遷移層起源の輝線スペクトルを取得する撮像分光装置



- 極端紫外線領域にある輝線を観測します。
→ 太陽大気の広い範囲(遷移層~コロナ)を観測することができます。
- 高い感度・高い波長分解能を持っています。
→ 大気の運動・温度・密度などを詳細に診断することができます。

