

# 「はやぶさ」の状況と今後の予定について

2005年8月24日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究本部

教授：川口淳一郎

# 第20号科学衛星「はやぶさ」(MUSES-C)

## 目的

将来の本格的なサンプルリターン科学探査に必須となる工学技術を開発・実証する。主要技術は、イオンエンジンによる惑星間航行、自律航法・誘導、試料採取、カプセルによる試料回収、および低推力推進と地球スイングバイの併用である。

## 現在の運用状況

8年度にプロジェクト開始。15年5月打ち上げ。16年5月に地球スイングバイに成功した。現在、目標天体である小惑星「イトカワ」へ向けイオンエンジンにて航行中。

## 今後の予定

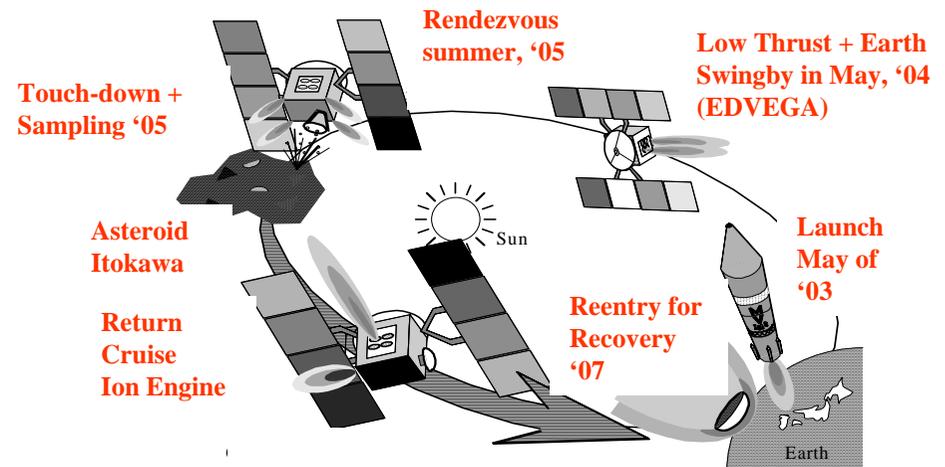
17年9月に小惑星「イトカワ」に到着の予定。同11月着陸・試料採取、12月に「イトカワ」から発進の予定。19年6月豪州で試料回収の予定。

## これまでの主な成果と効果

- 搭載の新型イオンエンジンは運転世界記録を更新中。
- 地球スイングバイとの併用に世界で初めて成功。

## 特色：世界初づくめの挑戦

- 人類は地球圏外の天体からの試料採取を行ったことはなく、有史以来の挑戦である。
- 目標天体に着陸して往復の惑星間飛行を世界で初めて挑戦する。



## 主要諸元

- ・重量 約 510 kg
- ・発生電力 約 2.5 kW
- ・打上げ 平成15年5月
- ・打上げロケット M-V#5
- ・軌道 惑星間軌道  
遠日点距離 1.7 AU
- ・ミッション期間約 4年

## 実施体制

宇宙科学研究本部、「はやぶさ」プロジェクトチームにて運用。国内大学等の惑星科学研究者およびNASA研究者からなる、共同科学者チームを組織し、観測計画・運用を行っている。NASAとMOUを交換し、追跡支援を受けている。

# 「はやぶさ」プロジェクトの目的

---

「工学技術実証」の探査機である。

将来の本格的なサンプルリターン探査に必須で鍵となる技術を実証することを目的としている。

**サンプルリターン技術とは：**

天体表面の標本を地球に持ち帰る技術である。

きわめてわずかのサンプルでも、地上の最新鋭の機器によって分析することができる。

**「5つ」の重要技術の実証：**

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突入させ、サンプルを回収すること

# はやぶさの飛行状況

---

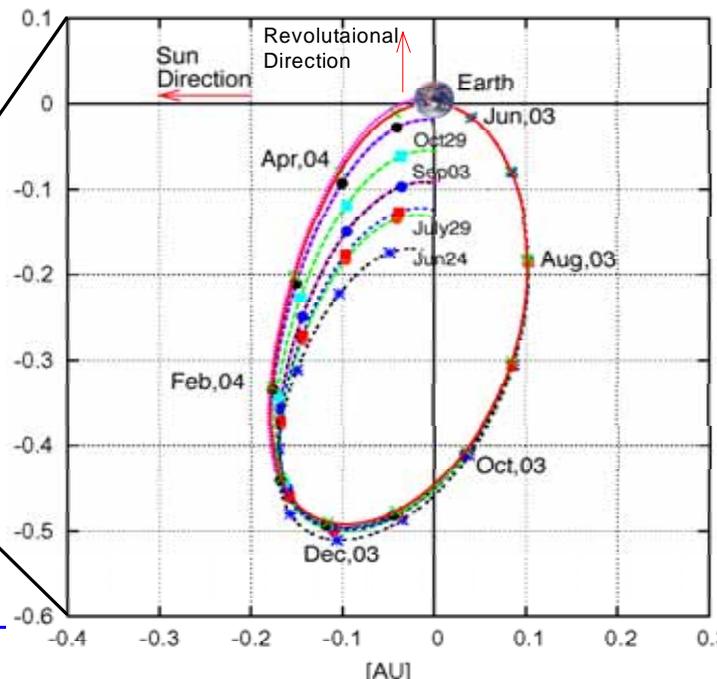
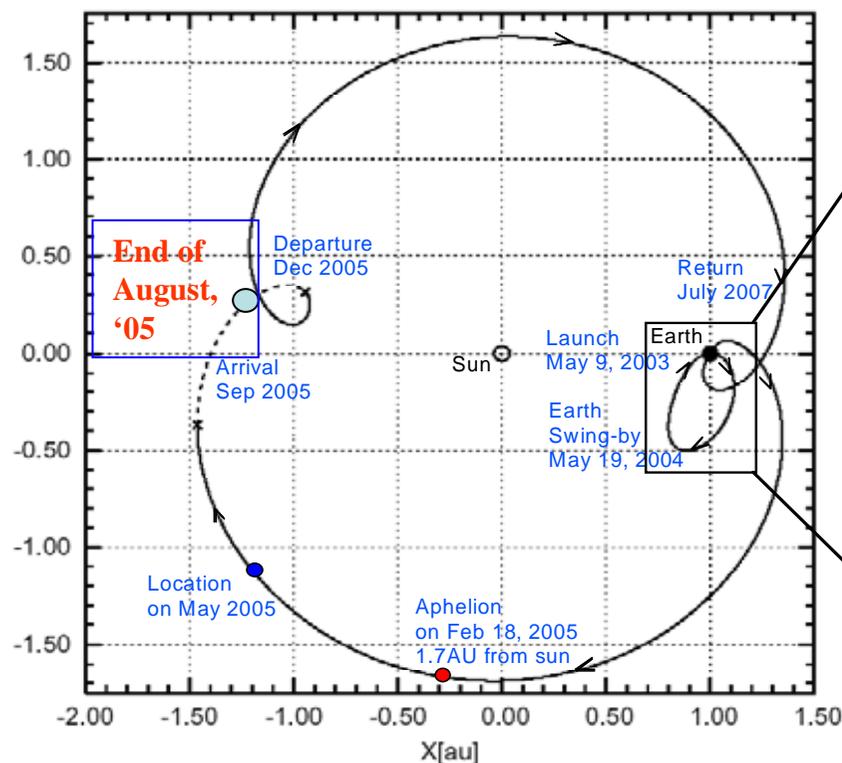
- 小惑星探査を目指す第20号科学衛星「はやぶさ」は、平成15年5月に打ち上げられて以来、平成16年5月の地球スウィングバイを経て、順調に飛行を続けている。
- 8月24日現在、「はやぶさ」探査機は、イトカワから約7千7百キロメートルの距離にあり、毎秒16メートル(時速約60km)で接近している。

# イオンエンジンによる航行と地球スイングバイの成功

平成16年第15回宇宙開発委員会  
平成17年第10回宇宙開発委員会  
にて報告。

- 平成15年5月28日 イオンエンジン稼働開始
- 平成15年7月22日 イオンエンジン延べ1,000時間稼働
- 平成16年5月19日 **地球スイングバイ成功**  
イオンエンジン+スイングバイを併用した技法は世界初
- 平成16年12月9日 イオンエンジン延べ20,000時間稼働
- 平成16年2月18日 太陽から最遠点(1.7天文単位)到達  
太陽系最遠に到達した電気推進装置となった

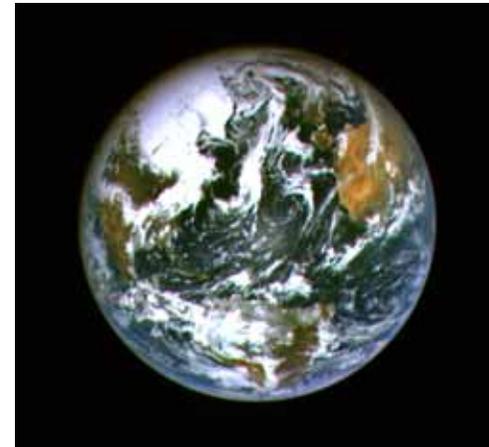
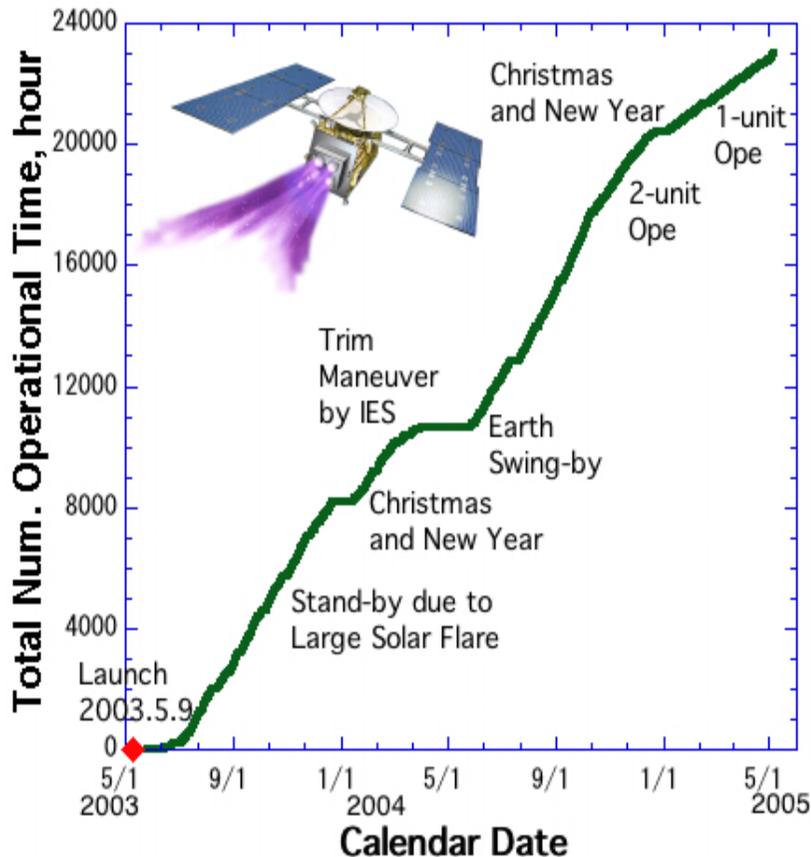
- 世界初づくめの挑戦を継続中 -



# イオンエンジン運転の履歴と地球スウィングバイ時の撮像

平成16年第15回宇宙開発委員会  
平成17年第10回宇宙開発委員会  
にて報告。

As of May 1st, 2005  
Operation: 23,000hour



スウィングバイ  
17時間前、30万  
kmで撮影された  
地球。北緯約30  
度方向から進入  
している。満月  
に見える。



スウィングバイ  
で90度進行方  
向を変えた後に  
ふりかえって撮  
影した地球。  
半月に見えてい  
る。

スィングバイ時に、航法・理学観測用の搭載カメラ3台(望遠1、  
広角2)および近赤外線分光器により、月や地球を撮影した

# 総合理工学の成果

---

- 「はやぶさ」を支える学術・技術分野  
例: スウィングバイを含む航行技術と工学複合航法の面では  
(工学) 超遠距離通信、信号処理、  
(理学) 地球物理、太陽物理、プラズマ物理、天文学
- 「はやぶさ」探査機から波及する技術例:  
イオンエンジン: プラズマ反応炉 (CVD, スパッタ)、高圧絶縁技術  
自律航法 : データ圧縮・符号化、  
産業、介護ロボット、視角認識ロボット  
再突入カプセル: 複合耐熱材料  
(極超音速航空機開発、CC タービン開発)
- 「はやぶさ」探査機で拓かれる月・惑星探査(Exploration)  
生命探査(彗星核サンプルリターン)や、小惑星資源探査など。

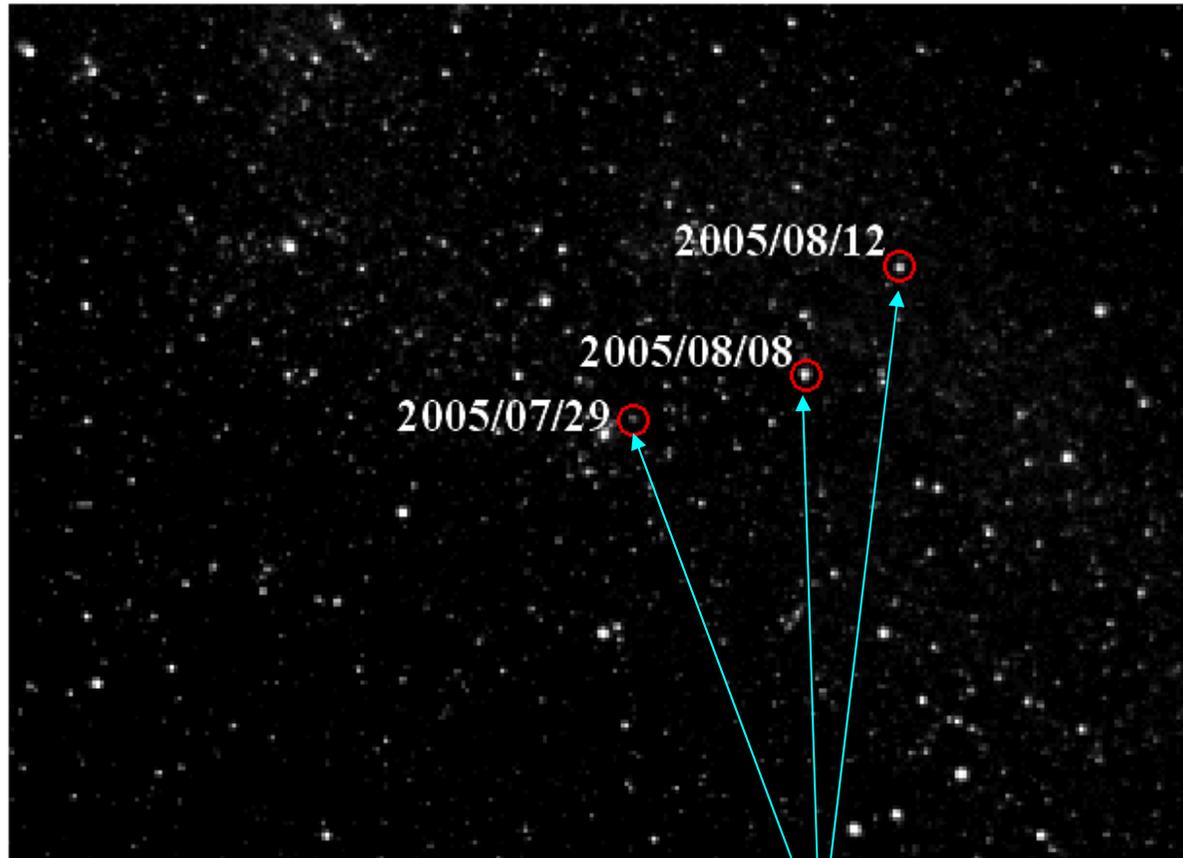
## 小惑星イトカワの撮影

---

- 7月29日から30日、8月8日から9日、および12日に、「はやぶさ」搭載の星姿勢計(スタートラッカ)で、到着目標である小惑星イトカワを捉え、のべ24枚の撮影に成功した。
- これらの画像をもとに、地上からの電波による観測を複合させて、「はやぶさ」探査機の精密な軌道決定にも成功した。低速度で接近する場合、光学複合航法では軌道決定精度を得にくく、この「はやぶさ」での実施が世界的にも初の試みである。
- 「はやぶさ」搭載の狭視野光学航法カメラ(ONC-T)でも、8月下旬に撮影を計画しており、逐次上記ページに掲載し報告する予定である。

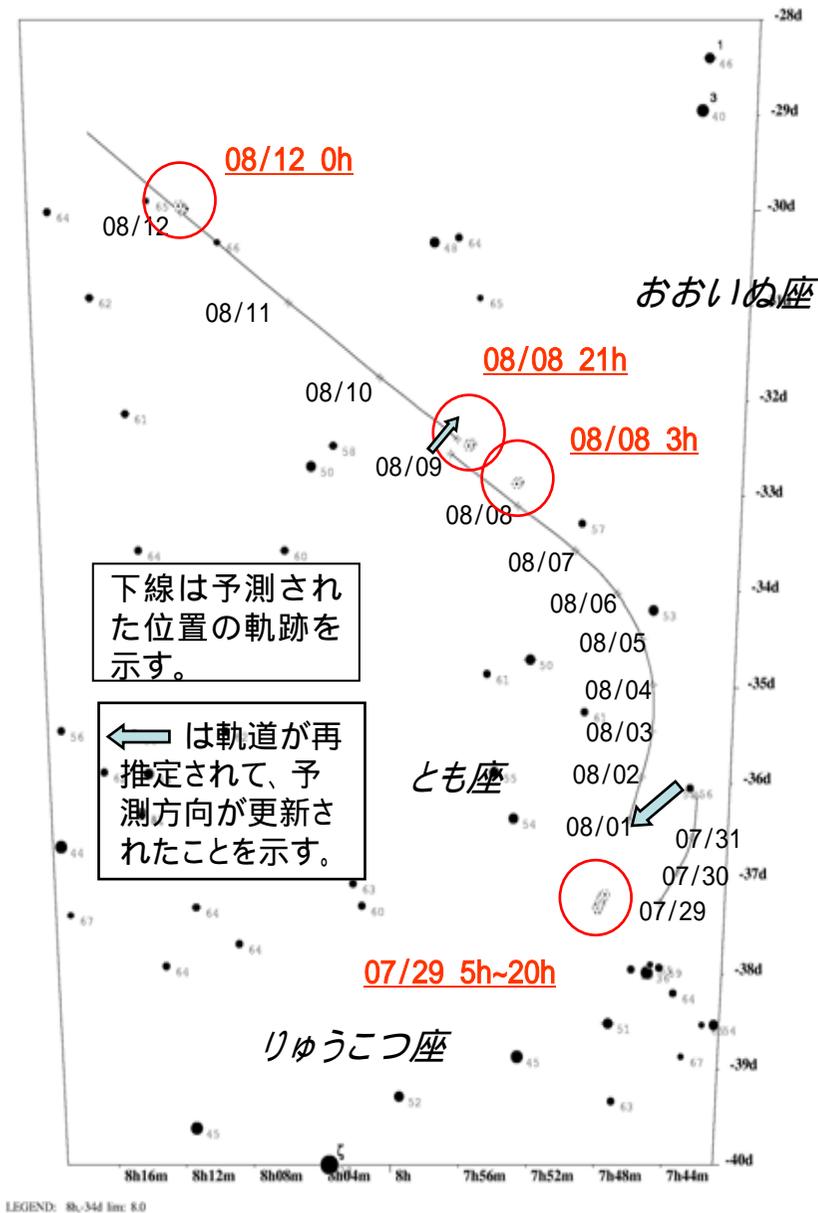
# 星姿勢計で取得されたイトカワの画像

---



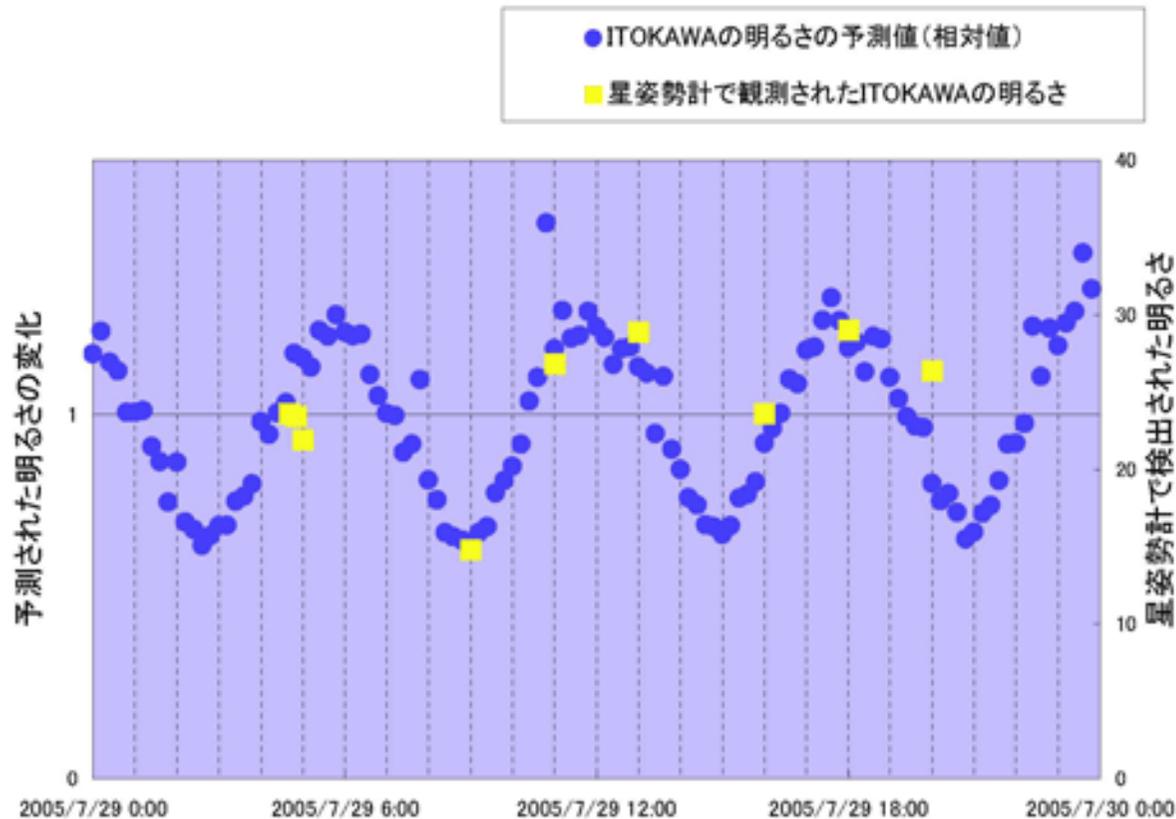
「はやぶさ」が撮影したイトカワ  
(7月29日、8月8日、12日の画像の合成)

# 撮影されたイトカワの軌跡



- 円内は、星姿勢計で撮影されたイトカワの像の位置を示す。
- 曲線は、各撮影に際して事前に計算されていたイトカワの軌跡を描いたものである。矢印で示す向きに、光学航法によって、正しく軌道推定値が更新されたことがわかる。

# 観測されたイトカワの明るさ



- 推定されている形状をもとに、観測された明るさを、予想される明るさの変化と比較したものである。
- 明暗の時間変化がよく一致しており、識別された天体がイトカワであることを示す間接的な証拠である。

## 搭載リアクションホイールの故障

---

- 本年7月31日に「はやぶさ」探査機は、リアクションホイール(姿勢制御装置)3基のうち1基が故障し、2基による姿勢維持機能に切り替えて飛行中である。
- 当初より2基での運用も想定して設計されており、運用に支障はなく、小惑星近傍での一連の科学観測とサンプル採集は可能であると考えている。

# 今後の予定

---

- 8月末、距離が約3,500キロメートル、接近速度毎秒10メートルの時点で、イオンエンジンの運転を休止する計画である。
- 9月中旬に、イトカワ近傍に静止する予定である。
- 10月中旬に太陽光が横から入射する(高位相角)位置からの観測を予定している。
- 11月には、ターゲットマーカと小型探査ロボット「ミネルバ」を投下するとともに、降下と着陸および試料採取を2回試みる予定である。
- 12月上旬に小惑星を離脱し、再度イオンエンジンを運転し、2007年6月に地球に帰還する予定である。



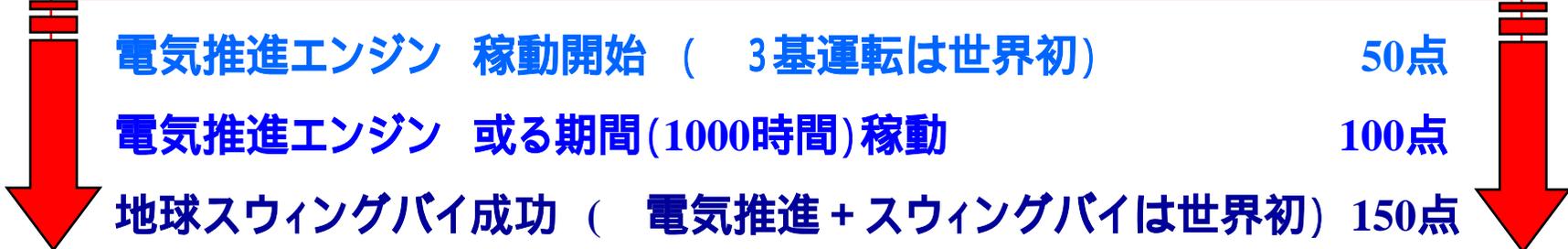
ターゲットマーカ



ミネルバ

# 「はやぶさ」計画のミッション達成度

---



電気推進エンジン 稼働開始 ( 3基運転は世界初)	50点
電気推進エンジン 或る期間(1000時間)稼働	100点
地球スウィングバイ成功 ( 電気推進 + スウィングバイは世界初)	150点
(自律航法に成功して)小惑星1998SF36とランデブー成功	200点
小惑星の科学観測成功	250点
小惑星にタッチダウンしてサンプルを採取	300点
カプセルが地球に帰還、大気圏に再突入して回収	400点
小惑星サンプル入手	500点