

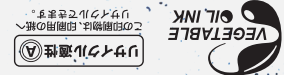
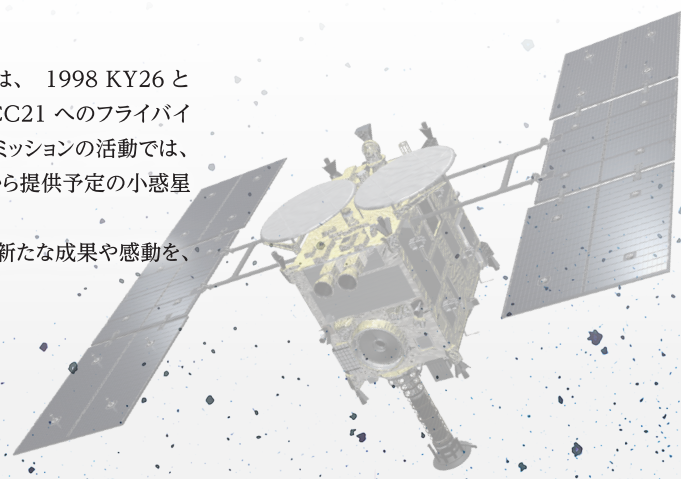
# はやぶさ2拡張ミッション はやぶさ2#

2020年12月6日、はやぶさ2は新たな深宇宙の旅へと飛び立ちました。次の目的地は、1998 KY26 という直径30m程度の非常に小さな天体で、到着は2031年。その間、小惑星 2001 CC21 へのフライバイ (2026年) や、2回の地球スイングバイ (2027、28年) を予定しています。また、拡張ミッションの活動では、リュウグウ探査で得られた科学的知見をより深めることや、NASAのOSIRIS-REx から提供予定の小惑星 Bennu のサンプルを分析することで、新たな科学成果を創出することにも挑戦します。既に全ミッションをやり切ったはやぶさ2ですが、拡張ミッションの活動の中でも、きっと新たな成果や感動を、我々にもたらしてくれるでしょう。



## ミッションロゴマーク

ロゴマーク中の複数の軌道は、探査機運用だけでなく、拡張ミッション全体の活動が相互に作用しながら未来へ向かっていく様子を表現したものとなっています。



はやぶさ2の拡張ミッション

Hayabusa2#  
Small  
Hazardous  
Asteroid  
Reconnaissance  
Probe

その未来

拡張するのはその未来

小惑星探査機はやぶさ2  
拡張ミッション

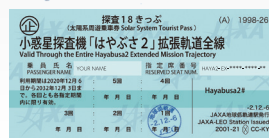
## 拡張ミッションの意義

はやぶさ2は、地球帰還時、1.7 km/s 相当の軌道制御能力を残して深宇宙飛行を継続できる状態にありました。探査機の当初の目的は全て達せられており、延長して運用すれば挑戦的な軌道上運用技術を磨く稀有な機会となります。また、新しいミッションを一から仕立てるより遥かに良いコストパフォーマンスで、新たな科学成果を創出できる可能性があり、拡張ミッションを実施することとしました。この拡張ミッションの新たな天体を探査する上で以下のようなミッション目的を掲げています。

1. 太陽系長期航行技術の進展
2. プラネタリーディフェンスに資する科学と技術の獲得
3. 高速自転小型小惑星探査の実現

## 星の王子さまに会いにいきませんが ミリオンキャンペーン 2#

「星の王子さまに会いにいきませんが ミリオンキャンペーン」の第三弾となる「ミリオンキャンペーン2#」を行っています。皆さんからのメッセージをはやぶさ2に送り、探査機のメモリーに格納します。また、メッセージを送っていただいた方には「はやぶさ2拡張ミッション(はやぶさ2#)」の乗車券である「探査18きっぷ」を発券します。詳しくは、Webをご覧ください。



# 未踏の地を拓くのは あくなき探究心

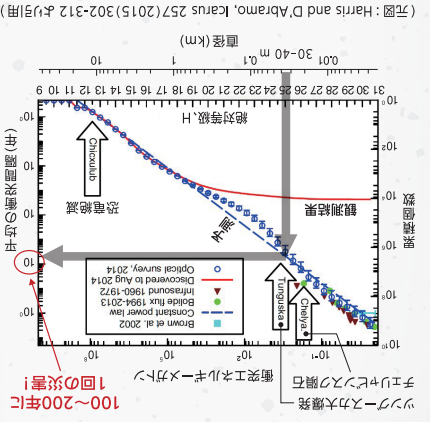
クワサー探査天体	
軌道長半径	1.23 au
離心率	0.20
軌道傾斜角	1.5°
公転周期	500 日
絶対等級	25.6 等
直径	30 ±10 m
形状	球形に近い
特徴	レーザー・可視分光がやや低く、水の存在の疑いがある。
観測	1998年6月8日に、地球から約80万kmの距離を通過。米国防衛省のローザーで観測
[S.J. Ostro et al. 1999, Science 285, 557]	
※クワサーは推定された形状に基づく想像図	

## クワサー・クワサーに 賢る科学と技術の獲得

天体の地球衝突問題を検討している「クワサー・クワサー」という活動によって、直径数十メートルの天体はまさにその地球衝突を考慮しなければいけない天体である。たとえば、ロシアで大きな被害を生じた1908年のウソツカ大爆発や2013年のチェリャブシク隕石が1998 KY26のような直径30m程度の天体の地球衝突頻度によると考えられている。

衝突による被害は、これはそれだけ大きさが60mや17mの天体のウソツカ大爆発や2013年のチェリャブシク隕石が1998 KY26のような直径30m程度の天体の地球衝突頻度によると考えられている。

天体の力学特性(軌道・自転運動)や物理的特性(大きさ、形状、密度、物性など)を把握しておくことは、このようなる天体の地球衝突を検討するときに必要なことである。また、このような天体のまわりの探査機運用の技術の獲得もクワサー・クワサーに必要なことである。



見据える先は人類の未来

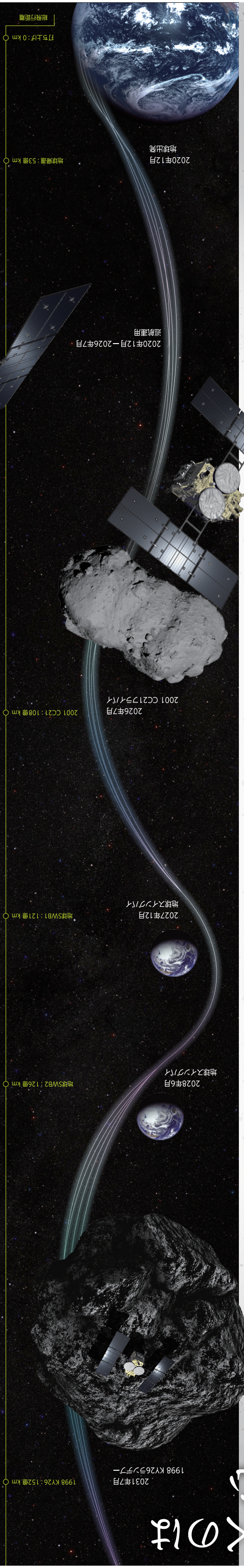
## 太陽系長期航行技術 の進展

地球圏までのミッションの工学成果を踏まえ、より遠方への探査をめざす上で必要な運用技術を獲得する。具体的には、日本特有のマイクロ波電力システムの実運用実績を蓄積し、性能向上を長期にわたって取得する。また、日本初の太陽系マルチプルイオン航行(複数天体をクワサー・クワサー)を実現すること、超長期航行に欠かせない超低温燃料運用や探査機システムの超長期維持技術を確立する。

工学技術だけでなく、巡航エースを活用し、搭載機器による長期間観測を実施することは、理学的価値がある。異星や小惑星から放出されたプラズマの散乱光である異星光の観測は、銀河系外背景光の前景光を取り除き、見かけ上の光度が、また、系外惑星が恒星の前面を通過すること(トランジット)による恒星の見かけの減光を、はやびさ2で観測することも意義深い。トランジット系外惑星探査衛星によって観測された公転周期の長い系外惑星のクワサーを、はやびさ2搭載のONC-Tで行うことが可能であり、公転周期の精度向上を実現できる。

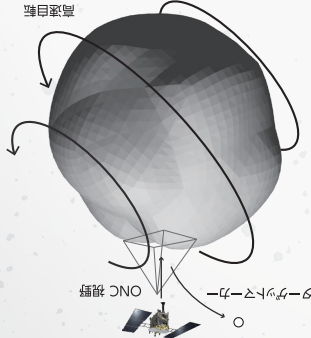
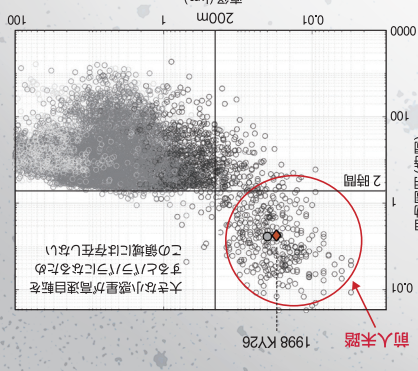
1998 KY26到着までに必要なミッションの増速量は

期間	増速量(彗星)
2020年12月地球出発～2022年まで	約600 m/s
～2026年2001 CC21接近まで	約800 m/s
～2031年1998 KY26到着まで	約1300 m/s



## 高速自転小型小惑星探査 の実現

小惑星1998 KY26は、自転速度が非常に速く、小惑星表面では極付近を除いて重力に対して遠心力が卓越した環境となっている。そのため、クワサー-クワサーのような目印を小惑星表面に置くことができない。つまり、はやびさ2が小惑星リコウワで実施したクワサー運用は適用できないことを意味しており、新たな機能追加が必要となる。例えば、自然地形の特徴点を利用するような導制御機能を搭載したクワサーに追加するようになると、小惑星リコウワでの近傍運用でも得られるような、新たな高速自転小型小惑星の探査技術の獲得を目指す。



© Auburn University, JAXA

## 超接近クワサー運用

クワサー時のはやびさ2と小惑星2001 CC21との相対速度は、5 km/s程度であることが判明している。搭載されたONCカメラは、クワサー-クワサー運用で十分な範囲に対して100km程度の距離まで接近しなければ、良い画像が得られない。そのため、どの程度の領域まで接近できるか検討中であり、基本的に探査機の軌道精度から安全な接近距離を決めることによる。この運用で得られる高速接近物体に対する探査機の高精度の誘導技術は、クワサー-クワサーにおける小惑星への航法誘導技術にも応用できると期待される。また、クワサー時の観測では小惑星を可能な限り追尾する必要がある。姿勢を直接動かす必要がある。クワサー観測をより確実なものにするため、ONC画像から得られる小惑星の相対位置をクワサー運用の制御機能が付加できないか、検討を進めている。

## クワサー探査天体 小惑星(98943) 2001 CC21

軌道長半径 1.03 au	
離心率 0.22	
軌道傾斜角 4.8°	
公転周期 383 日	
絶対等級 18.8 等	
自転周期 5.02 時間	
直径 700 m (700 m ±0.15 を仮定)	
形状	不明
特徴	スピン型は L 型
[Binzel, R. et al. 2004, Meteorit. Planet. Sci. 39, 351]	

※クワサーカメラに基づく軸比を考慮した想像図

超高速自転型小惑星の探査

状況	
項目	状況
イトワタリ燃料	35.2 kg (打ち上げ時の52.9%)
化学エネルギー燃料	13.9 kg (打ち上げ時の29.2%)
クワサー-クワサー	1個
クワサー-クワサー(弾丸)	1個
無線機	無し
クワサーカメラ	正常

地球出発時(2020年12月)の探査機の状態

探査機・小惑星・星空クワサー：地下実験  
探査機全体の背景：ONC撮影の星空画像を加工  
地球の画像：地球クワサー、地球観測時ONCが撮影

※ONC：光学航法カメラ

見据える先は人類の未来

見据える先は人類の未来

見据える先は人類の未来

見据える先は人類の未来

見据える先は人類の未来