

小惑星探査機「はやぶさ2」による 小惑星「トリフネ」フライバイに関する 記者説明会 資料

2026年7月30日

JAXA はやぶさ2拡張ミッションチーム



本日の内容



はやぶさ2拡張ミッション(はやぶさ2#)の小惑星トリフネフライバイ探査に関連して、7月6日に速報としてご報告した後に行ったデータ解析の結果についてご説明します。

1. トリフネフライバイ探査の概要
2. フライバイの最接近距離
3. フライバイにおける航法誘導制御の状況
4. トリフネの大きさと軌道精度
5. LIDARによる距離計測
6. 地球防衛(プラネタリーディフェンス)に関する所見

参考資料

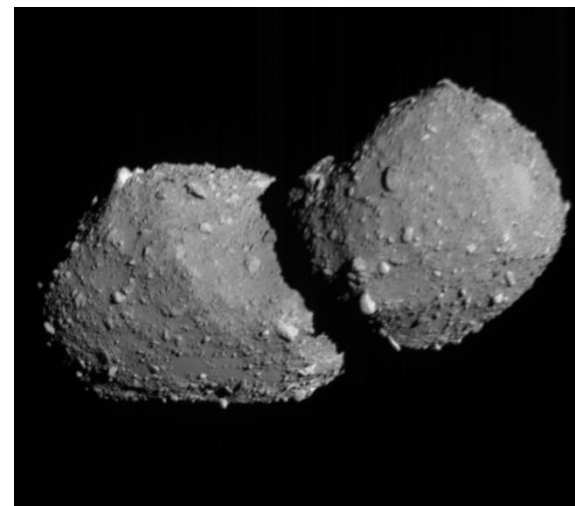


本日のポイント

- 「はやぶさ2」のトリフネフライバイは、過去のフライバイ探査の中で最小距離となった。
- おおよそ想定された精度で探査機の航法誘導制御を行うことができた。
- トリフネの大きさが推定された。
- 小惑星フライバイ探査において、世界で初めてレーザ高度計(LIDAR)による計測に成功した。
- プラネタリーディフェンス(地球防衛)において、大きな進展となった。

1. トリフネフライバイ探査の概要

- 「はやぶさ2」は、2026年7月5日に小惑星トリフネのフライバイ探査を行い、成功した。
- 設定された最接近距離はトリフネ中心から800m。相対速度は約5.3km/s。
- サイエンス観測については、搭載されている4つの機器(ONC-T、TIR、NIRS3、LIDAR)で観測を行い、すべての機器でデータ取得に成功した。
- 重要な観測データは、地上に伝送済み。残りのデータは、運用の合間に地上に伝送するが、全てのデータを取得するのは今年末になる見込み。
- 次の目標(2027年12月の地球スイングバイ)に向けてイオンエンジンの運転を7月9日から開始。



ONC-T最高解像度画像。撮影時刻:2026年7月5日 18:29:59UT (画像のクレジット: JAXA、東京大学、千葉工業大学、東京科学大学、産業技術総合研究所、パリ天文台、カナリア天体物理研究所)

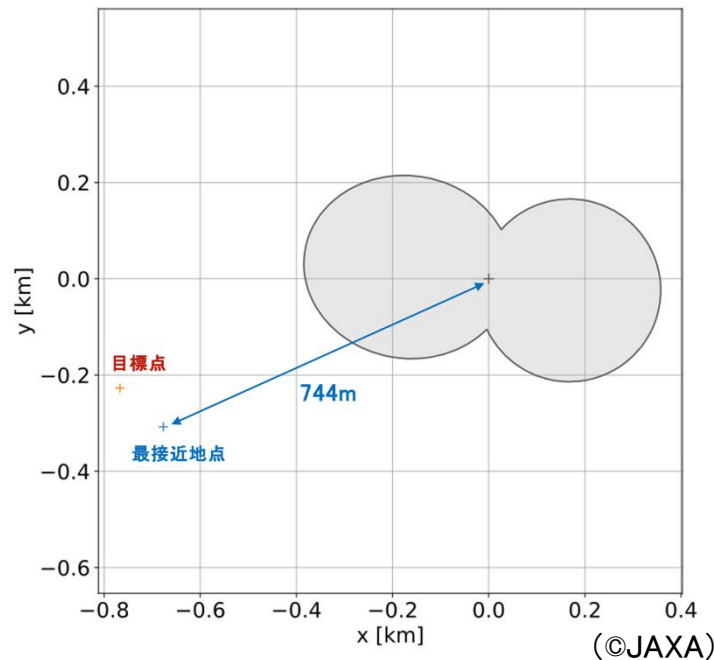


2. フライバイの最接近距離

- トリフネの中心から: 約744m
 - トリフネの表面から: 約400m
 - これまでのフライバイ探査において最小の距離である。
-
- 最接近地点の通過時刻:
2026年07月05日、18:30:00.31 ± 0.03秒

(JST)

注) 数値は、今後のサイエンスデータ解析により改定される可能性があります。



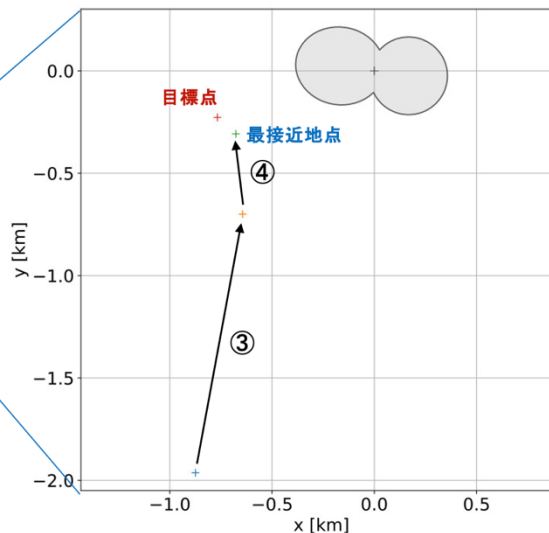
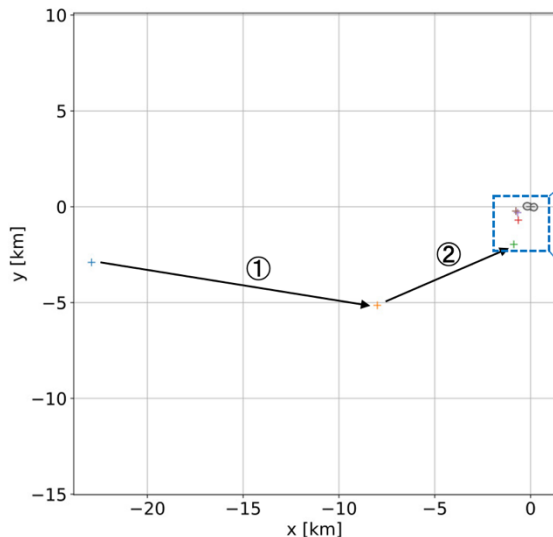
フライバイの目標点と実際にフライバイした位置
この図では、探査機は紙面に垂直に移動している。



3. フライバイにおける航法誘導制御の状況



- 最接近の位置は、目標点から約120mずれたところ
(トリフネ中心からの距離のずれは-56m)
- おおよそ想定された精度で探査機をトリフネ近傍に誘導できた



航法誘導制御の履歴

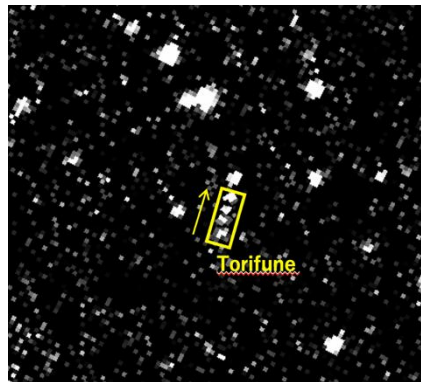
探査機の軌道制御をすることによるトリフネへの最接近位置の変化を示した図。①：TCM-Bによる制御（2026年7月1日、14:50JST） ②：TCM-Cによる制御（2026年7月4日、17:50JST） ③：TCM-Dによる制御（2026年7月5日、15:27JST） ④：オンボードによる制御

TCM: Trajectory Correction Maneuver、軌道制御

(©JAXA)

電波光学複合航法の概要

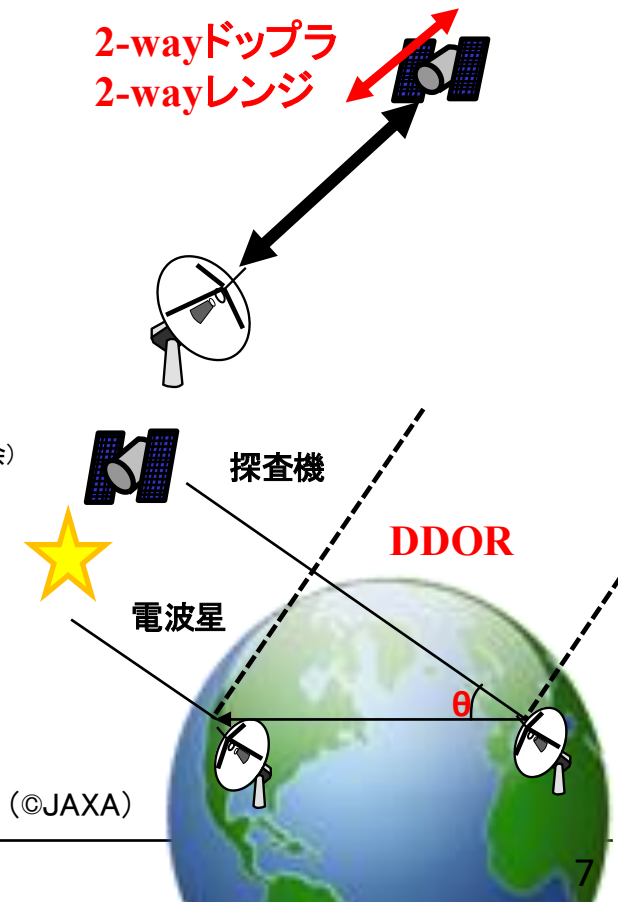
- 探査機(はやぶさ2)の軌道決定のための観測手法
 - 2-wayドップラ観測
 - 2-wayレンジ観測
 - Delta Differential One-way Ranging (DDOR) 観測
- 小惑星(トリフネ)の軌道決定のための観測手法
 - Astrometry 観測
 - 恒星掩蔽観測
- 探査機-小惑星間の相対軌道決定のための観測手法
 - OP-NAV観測
 - LIDAR観測



Astrometry/OP-NAV

(©JAXA、千葉工業大学、日本スペースガード協会)

Astrometry : 天体位置測定法
OP-NAV : 光学航法 (Optical Navigation)



(©JAXA)



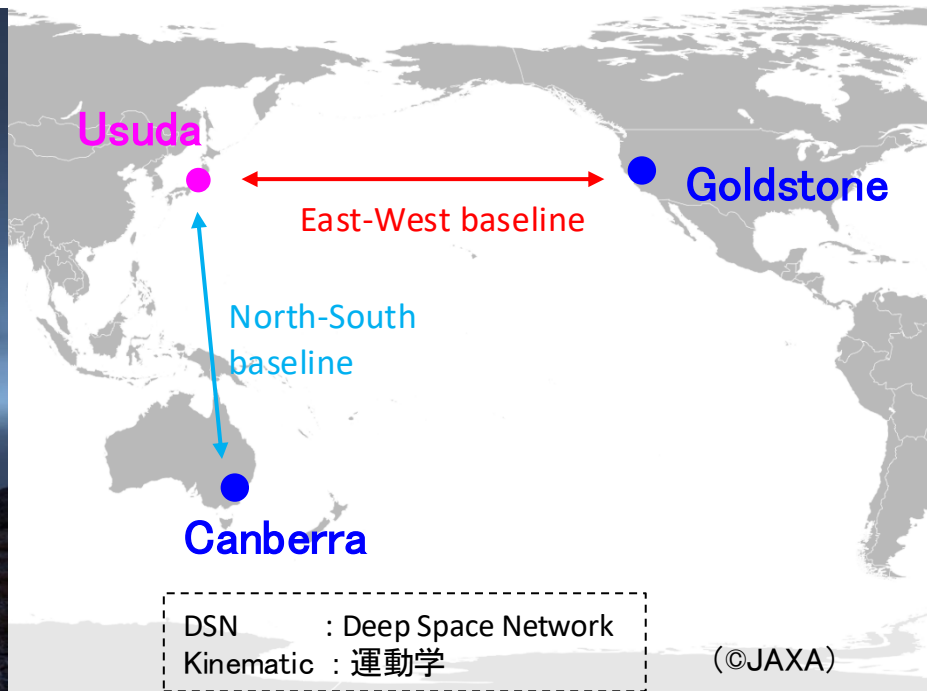
NASA DSN局による運用サポート



- DSN深宇宙アンテナ合成アレイモードによる高精度追跡データの提供
- 日米豪 同時DDORによる深宇宙Kinematic軌道決定を毎日実施

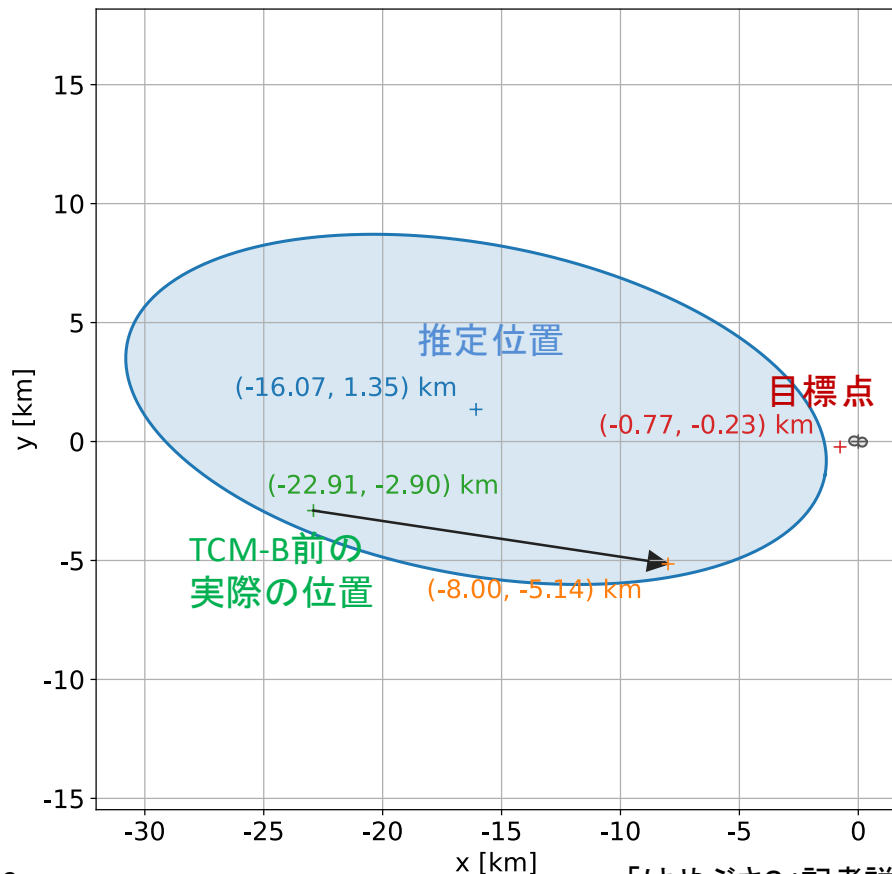


Credit: NASA/JPL-Caltech





TCM-B(2026-07-01 14:50)の実績



TCM-B

2026-06-29 15:00 までのデータを利用して軌道修正量を計算

TCM-B実施前

目標点までの距離: 23 km

推定されていた距離: 16.1 km

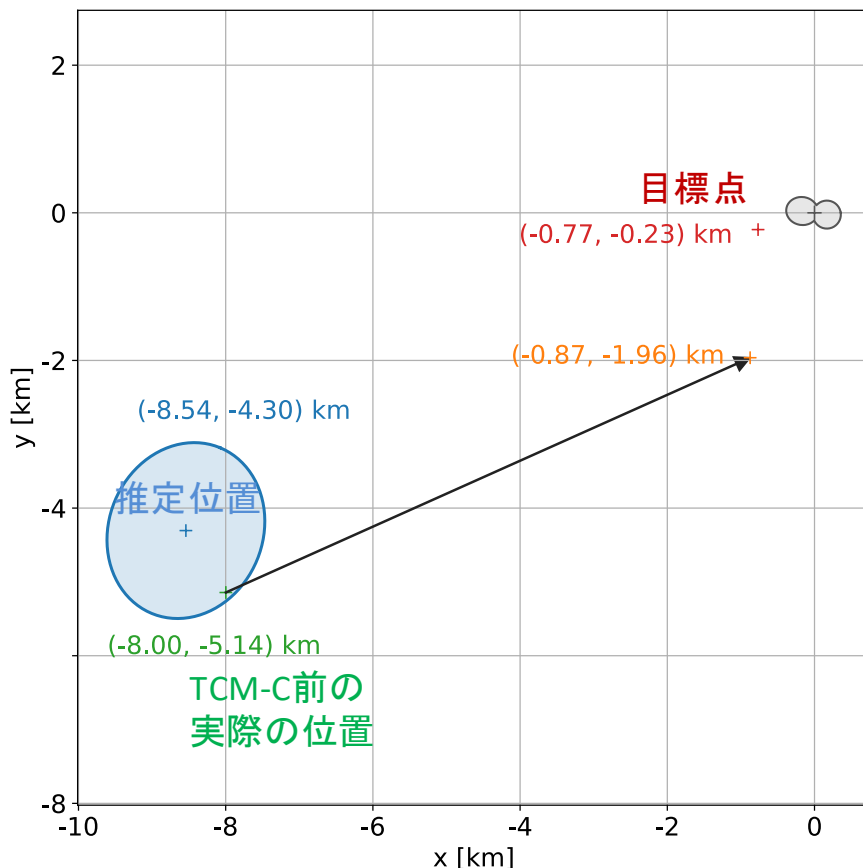
TCM-B実施後

目標点までの距離: 9.58 km

(©JAXA)



TCM-C(2026-07-04 17:50)の実績



TCM-C

2026-07-04 10:20 までのデータを利用して軌道修正量を計算

TCM-C実施前

目標点までの距離: 9.58 km

推定されていた距離: 9.56 km

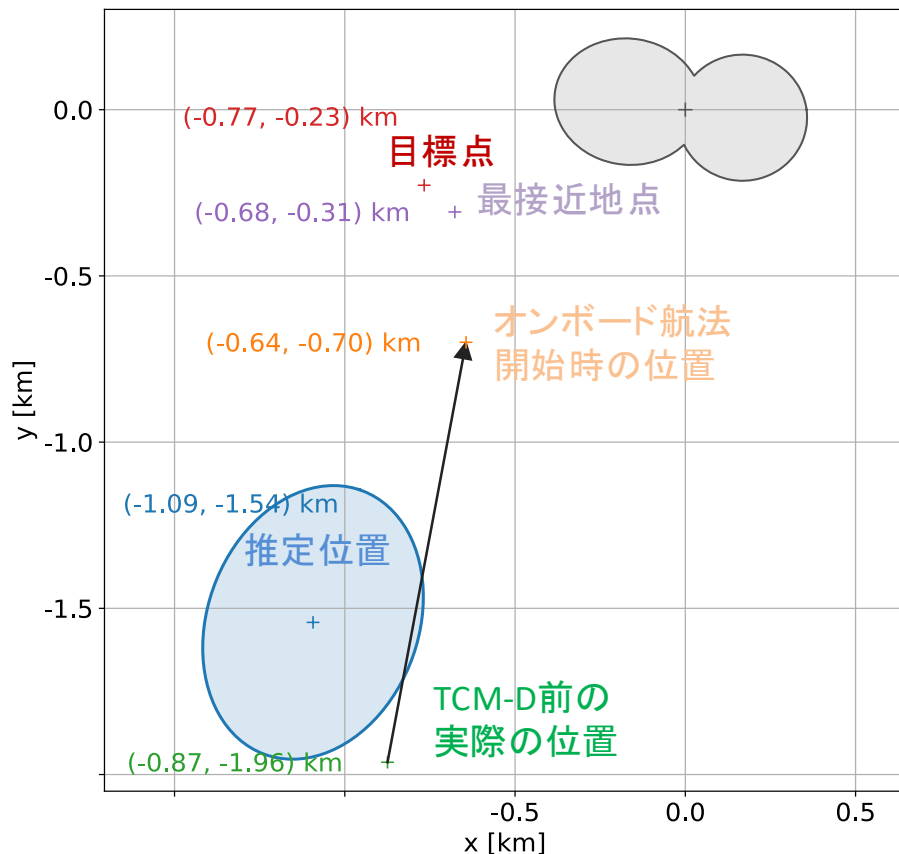
TCM-C実施後

目標点までの距離: 2.14 km

(©JAXA)



TCM-D(2026-07-05 15:27)の実績



TCM-D

2026-07-05 12:47 までのデータを利用して軌道修正量を計算

TCM-D実施前

目標点までの距離: 2.14 km

推定されていた距離: 1.89 km

TCM-D実施後

(オンボード航法開始時)

目標点までの距離: 950m

(©JAXA)



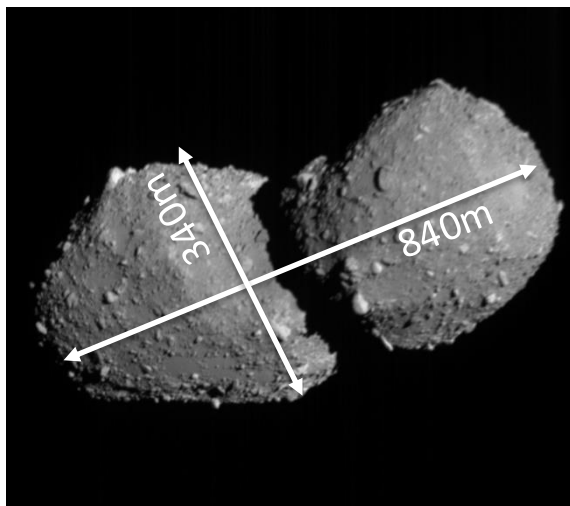
フライバイ航法誘導制御運用を行った機関



- 宇宙技術開発株式会社
- NECネットエスアイ株式会社
- NPO法人 日本スペースガード協会
- 株式会社セック
- 国立高等専門学校機構松江工業高等専門学校
- DAIKO XTECH株式会社
- 千葉工業大学
- 東芝電波テクノロジー株式会社
- 日本電気航空宇宙システム株式会社
- 日本電気株式会社
- 富士通株式会社
- 富士通ディフェンス&ナショナルセキュリティ株式会社
- NASA/JPL/DSN

4. トリフネの大きさと軌道精度

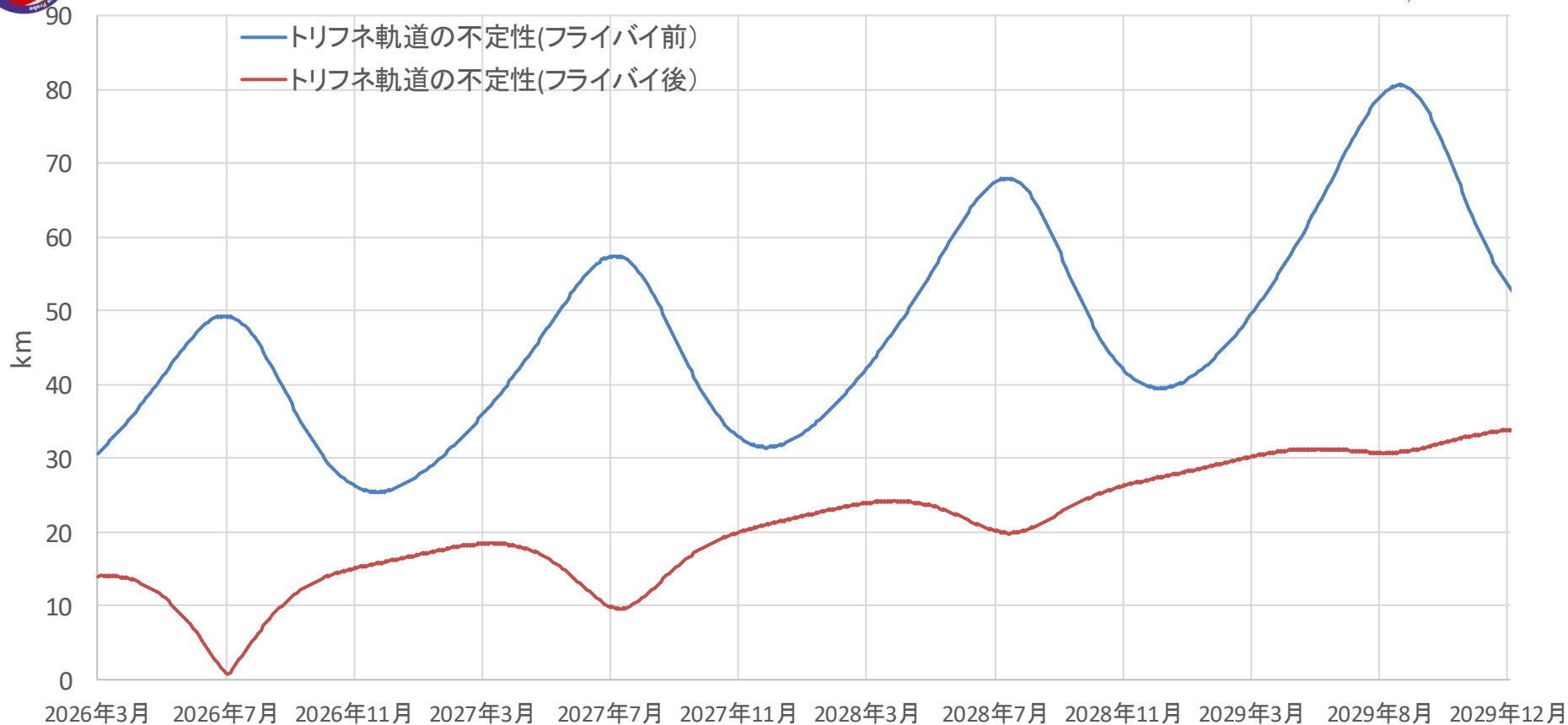
- トリフネの大きさ: 長軸 約840m、短軸 約340m、平均直径 約540m
- トリフネの軌道の推定精度(フライバイ時刻における位置誤差):
フライバイの前: 49.5km(3 σ) → フライバイ後 0.78km(3 σ)



ONC-T最高解像度画像。撮影時刻: 2026年7月5日 18:29:59UT (画像のクレジット: JAXA、東京大学、千葉工業大学、東京科学大学、産業技術総合研究所、パリ天文台、カナリア天体物理研究所)



トリフネ軌道の不定性の改善





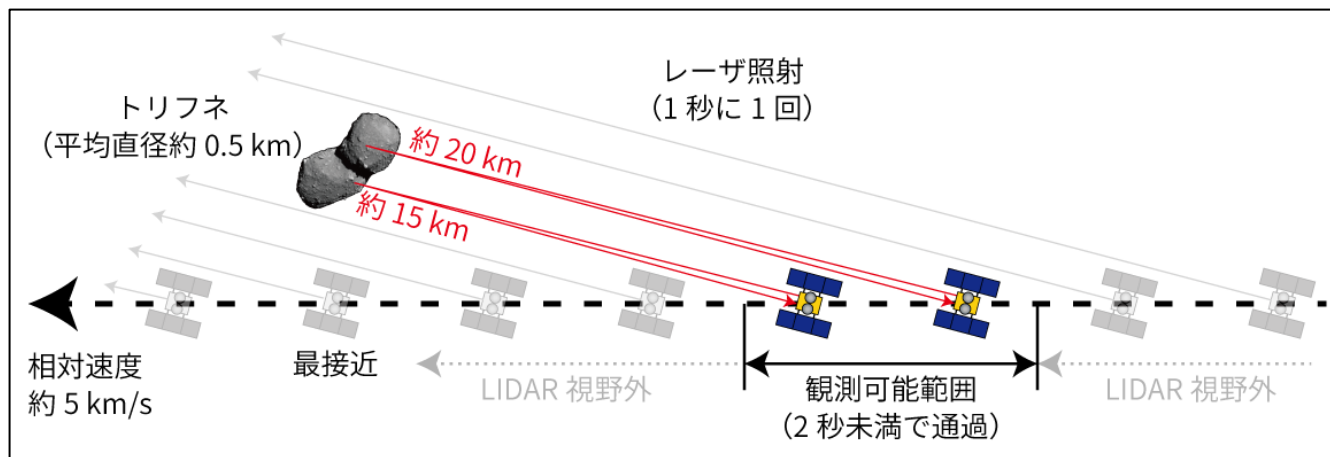
5. LIDARによる距離計測

- 世界で初めて、はやぶさ2に搭載されたレーザ高度計(LIDAR)が、小惑星フライバイ中に探査機と小惑星の間の距離を測定することに成功した。
- 得られた距離データと他のデータと合わせることで、惑星探査だけでなく地球防衛の観点でも重要となる小惑星の大きさや運動を高精度で求めるための技術を実証することができた。
- 今回の測距成功は、日照条件に依らないアクティブな小惑星フライバイ探査の幕開けとなった。

アクティブな小惑星フライバイ探査:
光学観測などのように小惑星からの情報を取得するのではなく、探査機側から小惑星に働きかけることで情報を取得する探査。

5. LIDARによる距離計測

トリフネフライバイにおける探査機とトリフネの位置と観測姿勢の関係



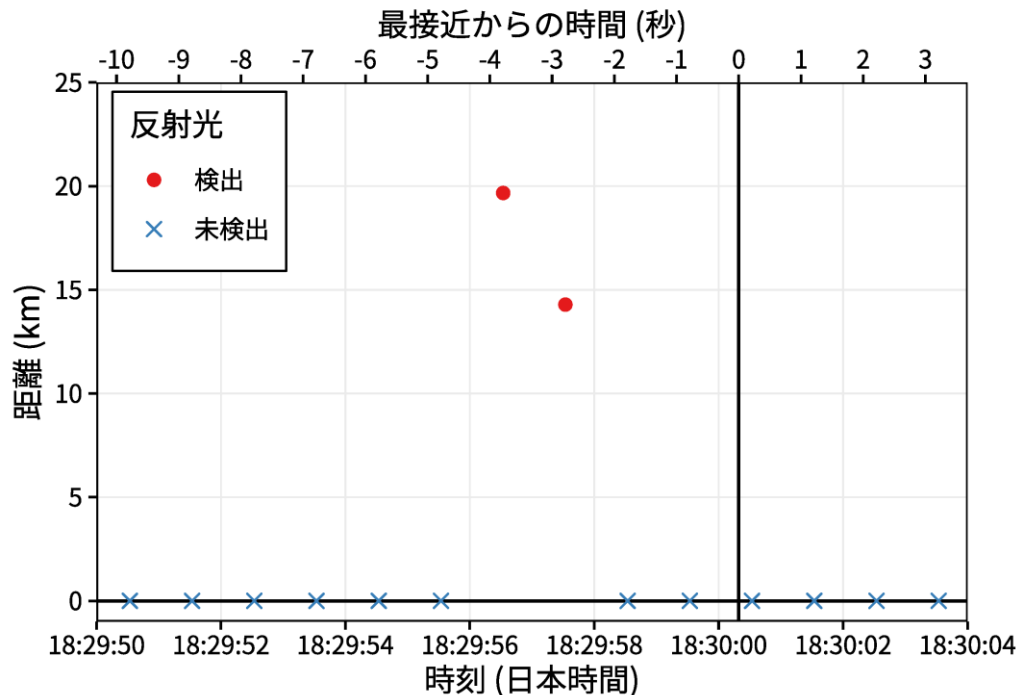
「はやぶさ2」は毎秒約5kmという高速でトリフネの中心から約744mの位置まで接近し、そのまま通り過ぎた。LIDARは最接近の4分前から1分後まで1秒に1回レーザを照射した。予定通りの軌道と姿勢なら、距離が20km前後、最接近の約4秒前から2秒に満たない時間帯のみ、レーザがトリフネに当たることになる(赤線)。

(図のクレジット: JAXA、北海道大学、大島商船高等専門学校、千葉工業大学、国立天文台、総合研究大学院大学、京都産業大学)



5. LIDARによる距離計測

レーザ高度計(LIDAR)による測距値とデータ取得時刻



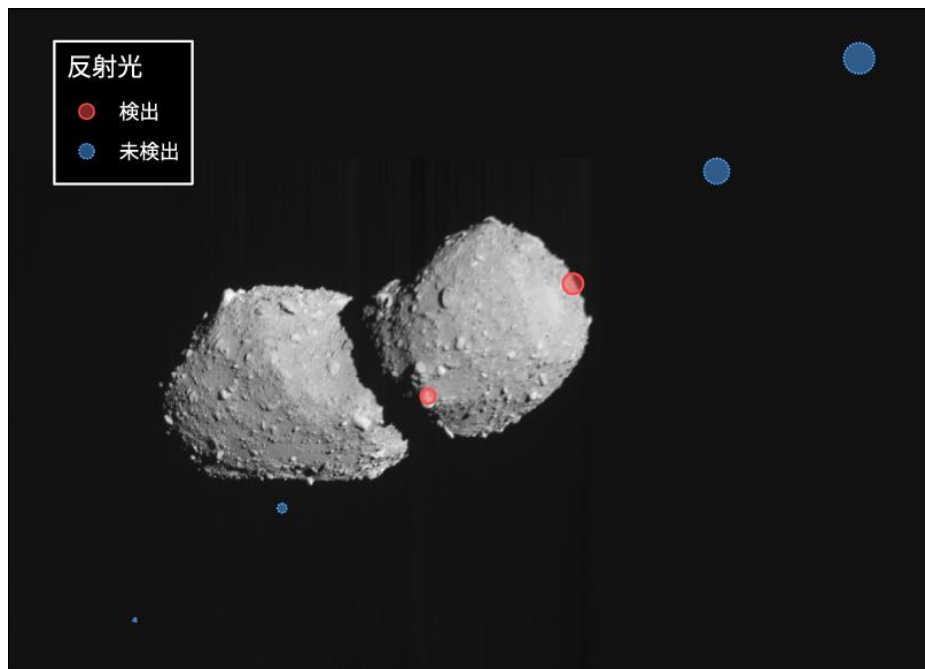
トリフネがLIDARの視野内に入ると予測された時間帯において、それぞれ約20km、15kmの測距値(赤丸)を取得、それ以外の時刻では測距値は0(青バツ)となった。縦線は最新の解析に基づく最接近時刻。

計測できた時刻は、18時29分56.5秒と57.5秒(トリフネ最接近の約4秒前と約3秒前)。

(図のクレジット: JAXA、北海道大学、大島商船高等専門学校、千葉工業大学、国立天文台、総合研究大学院大学、京都産業大学)

5. LIDARによる距離計測

レーザの照射された領域



測距に成功したときのレーザ照射領域(赤)と測距できなかったときの照射領域(青)。右上から左下に向かって時間が進み、トリフネに近づくにつれ照射面積は小さくなっていった。この解析に必要となる、機器間での精密な時刻合わせは現在進行中であるため、今後改訂される可能性がある。

(図のクレジット: JAXA、北海道大学、大島商船高等専門学校、千葉工業大学、国立天文台、総合研究大学院大学、京都産業大学)



6. 地球防衛 (プラネタリーディフェンス) に関する所見



■ 小惑星の軌道を変更する技術の獲得となった

- 小惑星の至近距離を高精度で探査機を通過させることに成功した。
(特に、フライバイ用ではない探査機で実行できた意義は大きい)
- 探査機を小惑星に衝突させ小惑星軌道を変更する手法(インパクト法)の技術の獲得となった。

■ 緊急調査※の一つの実証となった(※fast reconnaissance concept = “ファースト・レコン”)

- 短時間(実質、10秒以下)の観測で、小惑星の大きさを把握できた。物理的性質も今後の解析である程度解明できる見込み。
- トリフネの軌道推定精度を格段に向上できた。
- 別目的の探査機を利用して、小惑星についての情報を得ることができたことは、緊急調査の実証となった。



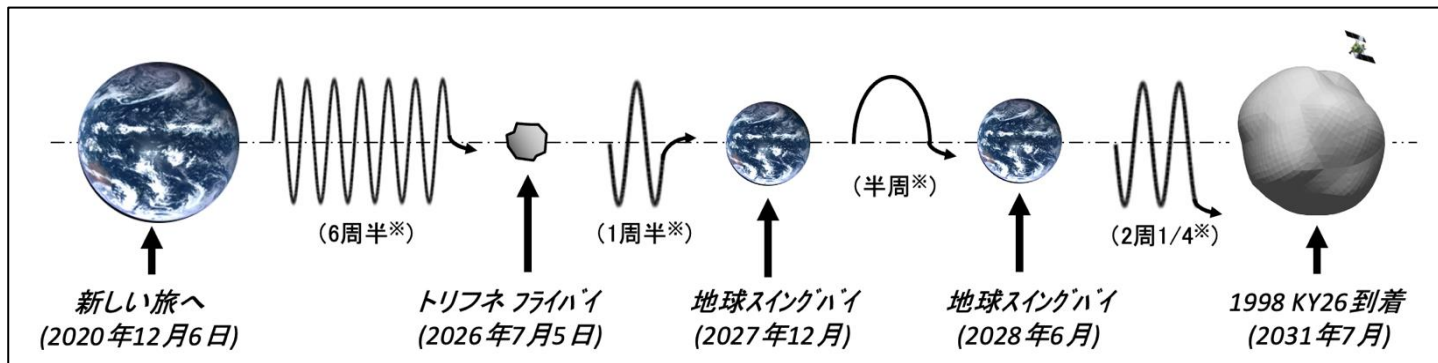
参考資料



はやぶさ2拡張ミッション概要



- 2020年12月6日に小惑星リュウグウのサンプルが入ったカプセルを地球に届けた後、ミッションを延長して探査機の運用を継続。
- 2022年6月30日に、はやぶさ2プロジェクトは解散し、はやぶさ2拡張ミッションチームに移行。
- はやぶさ2拡張ミッションの愛称は「はやぶさ2井」(はやぶさツーシャープ)。シャープ(Sharp)は Small Hazardous Asteroid Reconnaissance Probe のアクリニム。地球に衝突する可能性がある小さいが危険な小惑星を調査する探査機の意)
- 探査対象天体: 小惑星(98943)トリフネ、1998 KY26

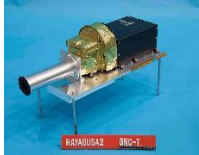
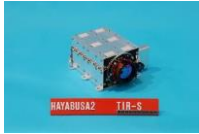
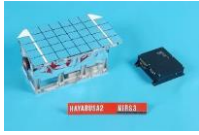
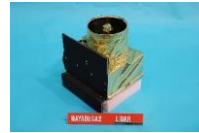


※太陽の周りの周回数を示す

(©JAXA)



サイエンス機器

略称	名称	目的	仕様	外観
ONC-T	光学航法カメラ(望遠)	天体の写真の撮影 航法や科学のデータ取得	・視野角 $6.35^{\circ} \times 6.35^{\circ}$ ・ピクセル数 1024×1024	
TIR	中間赤外カメラ	小惑星表面の温度の計測 熱慣性、表面の粗さ	・視野角 $16^{\circ} \times 12^{\circ}$ ・観測波長 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ ・画素数 328×248	
NIRS3	近赤外分光計	構成物質の調査 水や水酸基(-OH)の存在	・視野角 0.1° ・観測波長 $1.8 \sim 3.2 \mu\text{m}$ ・波長分解能 20nm	
LIDAR	レーザ高度計	小惑星までの距離の測定	・波長 $1.064 \mu\text{m}$ のパルス YAGレーザー ・測距距離 30m $\sim$ 25km	

(©JAXA)



過去のフライバイ探査の実績

Table 3
List of Flyby Distances Performed by Spaceflight Missions

Mission	Target	Distance (km)	Reference
Lucy	(52246) Donaldjohanson	961.4	Marchi et al. (under review)
Hera	Deimos	~1000	ESA website ^a
Lucy	(152830) Dinkinesh	431	H. F. Levison et al. (2024)
New Horizons	(486958) Arrokoth	3,538	S. A. Stern et al. (2019)
Chang'E-2	(4179) Toutatis	0.77 ± 0.12 (from surface)	X. Zou et al. (2014)
EPOXI	103P/Hartley 2	694	C. Snodgrass et al. (2024)
Deep Impact	9P/Tempel 1	575	C. Snodgrass et al. (2024)
Rosetta	(21) Lutetia	3170	R. Schulz et al. (2012)
Rosetta	(2867) Steins	802	C. Leyrat et al. (2010)
Stardust-NExT	9P/Tempel 1	181	C. Snodgrass et al. (2024)
Stardust	81P/Wild 2	237	C. Snodgrass et al. (2024)
Stardust	(5535) Annefrank	3078.5	R. L. Newburn et al. (2003)
Deep Space 1	19P/Borrelly	2171	C. Snodgrass et al. (2024)
Deep Space 1	(9969) Braille	26	J. Oberst et al. (2001)
NEAR	(253) Mathilde	1212	J. Veverka et al. (1997)
Galileo	(243) Ida	2391.2	M. J. Belton et al. (1996)
Galileo	(951) Gaspra	1600	J. Veverka et al. (1994)
Suisei	1P/Halley	152,400	C. Snodgrass et al. (2024)
Giotto Extended Mission	26P/Grigg-Skjellerup	<200	C. Snodgrass et al. (2024)
Giotto	1P/Halley	605	C. Snodgrass et al. (2024)
Sakigake	1P/Halley	7×10^6	C. Snodgrass et al. (2024)
Vega 2	1P/Halley	8030	C. Snodgrass et al. (2024)
Vega 1	1P/Halley	8889	C. Snodgrass et al. (2024)
ICE	21P/Giacobini-Zinner	7862	C. Snodgrass et al. (2024)

Notes. The listed distances are for small body flybys at high speeds, which are beyond 1 km s^{-1} . International Cometary Explorer (ICE).

^a https://www.esa.int/Space_Safety/Hera/Hera_asteroid_mission_spies_Mars_s_Deimos_moon

Hirabayashi et al. The Planetary Science Journal, 7:121 (11pp), 2026 May