

OMOTENASHI 探査機 の現状について

2022年11月18日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

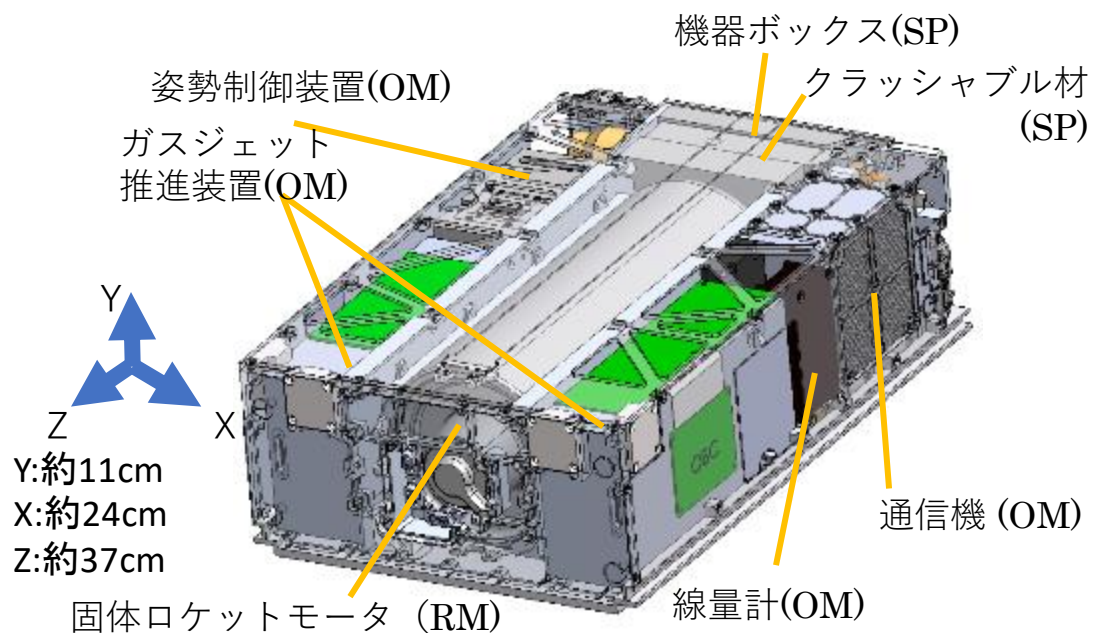
宇宙科学研究所

SLS搭載超小型探査機プロジェクト

注：本資料における時刻は注記のあるものを除いて全て日本時間（JST）で記述しております。

1. 探査機の構成図

OMOTENASHI探査機は3つの部分から構成される。
着陸直前にRM+SPがOMから分離される。



Orbiting Module (OM) 7.6 kg



Rocket Motor (RM) 4.3 kg



Surface Probe (SP) 0.7 kg

合計 12.6 kg

2. 第1可視時の探査機電源オン時の自動シーケンス（計画）

SLSロケット搭載状態では探査機の電源はオフで、ロケットから分離されるとスイッチが入り、以下の動作が自動で行われる。

- コマンド受信機オン。
- 搭載計算機オン。
- Xバンド送信機オン。
- 姿勢制御装置オン。

1. 探査機の回転が小さい場合

太陽捕捉制御（リアクションホイールで太陽電池面を太陽方向に向ける制御）開始。

2. 探査機の回転が大きい場合

レートダンプ制御（ガスジェット推進装置を起動して回転を停める制御）開始。回転数が規定値以内に入ったら制御を終了し、太陽捕捉制御を起動する。

- 放射線モニタオン。計測開始。

なお、探査機が軌道上でオフになった場合にも、探査機電源が再度規定値電圧以上になれば、以上のシーケンスが自動的に実行される。

3. 第1可視（DSNマドリード局）の実際の状況

- 可視予定時間になってもテレメトリがロックしなかった。DSN局からは電波強度が弱く、探査機が回転しているため、受信しづらいとの連絡あり。
- 送信機をハイパワーモードにしたところ、テレメトリがロックした。テレメトリを確認すると、太陽電池（+Y面）が太陽とほぼ反対側を向く姿勢になっており、探査機がY軸回りに約80度／秒で回転していた。制御モードは太陽捕捉になっていた。
- この状態ではリアクションホイールが動作せず、従って太陽捕捉制御が途中で停まっていた。姿勢制御を行うためには、探査機の回転数を規定値まで落とす必要があった。
- しかしバッテリー電圧が低下しており、通常の手順で回転数を落とす操作では間に合わないことが予想されたため、回転軸方向を変えて少しでも太陽電池に太陽をあてることを考えた。その後、バッテリー電圧低下により送信機がオフとなったので、この操作を行うコマンドが有効であったのかどうかは現時点で判明していない。

第1可視時の探査機電源オン時の自動シーケンス (計画と実績の対比)

SLSロケット搭載状態では探査機の電源はオフで、ロケットから分離されるとスイッチが入り、以下の動作が自動で行われる。

- ・ コマンド受信機オン。→コマンドは受け付けられており確認できた。
- ・ 搭載計算機オン。→テレメトリデータから確認できた。
- ・ Xバンド送信機オン。→電波が受信できたことから確認できた。
- ・ 姿勢制御装置オン。→テレメトリデータから確認できた。

1. 探査機の回転が小さい場合

太陽捕捉制御（リアクションホイールで太陽電池面を太陽方向に向ける制御）開始。

2. 探査機の回転が大きい場合

レートダンプ制御（ガスジェット推進装置を起動して回転を停める制御）開始。回転数が規定値以内に入ったら制御を終了し、太陽捕捉制御を起動する。

→テレメトリデータから、一度レートダンプ制御が起動したことは確認できたが、回転数が大きな状態で太陽捕捉制御モードになっていた。

- ・ 放射線モニタオン。計測開始。→テレメトリデータから確認できた。

なお、探査機が軌道上でオフになった場合にも、探査機電源が再度規定値電圧以上になれば、以上のシーケンスが自動的に実行される。

4. 第2可視以降の対応

- 探査機は電源オンとなると、自動的に搭載計算機、受信機、姿勢制御装置、Xバンド送信機などがオンとなり起動する。探査機の回転数が大きいときには、レートダンプモードが起動し、ガスジェットを噴射して回転数を落とすようなプログラムになっている。
- 特にXバンド送信機、ガスジェット装置の消費電力が大きいため、バッテリー充電が進み探査機の電源がオンになると、すぐにまたオフになってしまう。そのため、現在、送信機オフとガスジェット装置を使用しない制御モードへ移行するコマンドを打ち続けて、バッテリー充電を効率的に行うようにしている。
- 送信機オフの場合、探査機の充電状態等がわからないため、定期的に短時間送信機をオンにして、電波が送信されるかどうかを確認している。
- 電波の受信が確認された場合、太陽指向を目指すのが、姿勢を変更する方法としてはガスジェット装置の他、リアクションホイールをマニュアル駆動する方法も検討している。

5. 今後の予定

これまでの計画との対比

17日 22:30～

DV1（月衝突軌道投入）

→ 予定していた時刻に実施できなかった。

19日 DV1終了時刻に依存

TCM（軌道微修正）

20日

精密軌道決定

21日 23:55±1時間程度

DV2（着陸減速）

今後の対応

- ・ 太陽捕捉が完了し、復帰できた場合、DV1を実施し月着陸を目指す。

- ・ DV1が出来ない場合でも、DV2のみで月着陸を実施する方策を検討中。

- ・ 以上のシナリオ毎に軌道検討を行うことで月面へのアクセスを諦めていない。

参考

(参考) 実績との対比 (ゴールドストーン以降は運用日誌より抜粋)

計画時のシーケンス				実績
開始時刻	終了時刻	運用局	主な運用イベント	
			打上げ	11/16 15:47 打上げ
			OMOTENASHI分離、自動太陽捕捉制御開始	自動太陽捕捉確認できず
11/16 20:41	11/16 22:27	マドリード	初期チェックアウト ※データ受信開始に30分程度かかる可能性あり	テレメトリを受信し、受信機オン、搭載計算機（OBC）オン、Xバンド送信機オンを確認。
11/17 02:55	11/17 03:55	ゴールドストーン		復帰運用として、TxOFFコマンドとAOCS_NCNT移行コマンドを連続送信を行った。本可視でも復帰運用を継続したが最後まで電波は見えなかった。
11/17 03:28	11/17 14:00	臼田	3軸姿勢制御移行、推進系チェック、テストDV1、アマチュア無線実験	復帰運用として、TxOFFコマンドとAOCS_NCNT移行コマンドを連続送信、2時間おきに再スweep、レンジ変調OFF、コマンド変調OFF、Loパワー、TxON、ANT1切り替え、ANT2切り替えを実施した。本可視でも復帰運用を継続したが最後まで電波は見えなかった。
11/17 17:20	11/17 19:20	マドリード		復帰運用として、TxOFFコマンドとAOCS_NCNT移行コマンドを連続送信、AOS時を含む時間を置いた二回、変調OFF、Loパワー、TxON、ANT1切り替え、ANT2切り替えを実施、LOS30分前にはHiパワー設定コマンドを送信した上で同様の探索運用を実施した。本可視でも復帰運用を継続したが最後まで電波は見えなかった。
11/17 21:20	11/17 23:20	ゴールドストーン	DV1開始	DV1は中止し、復帰運用を継続した。
11/18 04:07	11/18 15:09	内之浦	DV1継続	
11/18 19:45	11/18 22:15	マドリード	DV1継続可能性あり	
11/19 00:55	11/19 02:55	ゴールドストーン	遅くとも01:00でDV1終了	

ミッションシーケンス

ロケットから分離後、4～6日（ロケットの打上げ日により変わる）で月面に到達する。

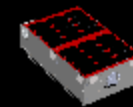
<打上げ日>

SLSロケットから分離

探査機電源オン
自動太陽捕捉

<2日目>

月衝突軌道に向けた軌道修正
(DV1:15m/s ガスジェットを使用)



Orbiting Module (OM)



Rocket Motor (RM)



Surface Probe (SP)

<4～5日目:着陸直前>

DV2姿勢へ変更。スピン開始。

固体ロケットで減速(DV2:2500 m/s)

同時にOMの分離

この間、地球～月近傍の放射線環境を計測

着陸

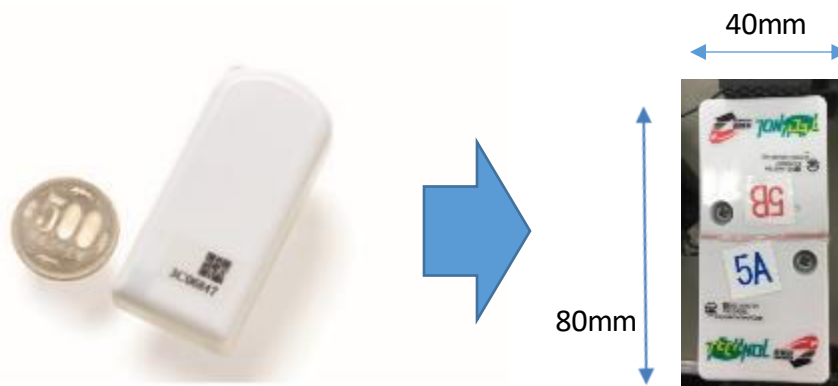
クラッシュャブル材を用いて
着地衝撃吸収

(画像クレジット:JAXA)

OMOTENASHIのミッション

• 地球磁気圏外での放射線環境の測定

- ✓ 宇宙放射線は、地球磁気圏での遮蔽効果があるため、国際宇宙ステーションの軌道ではかなり低く抑えられている。人類が月や火星に向かう際にはより強い放射線環境が想定されるので、その値を知っておく必要がある。
- ✓ 地球磁気圏外での放射線環境測定例は非常に少ない。そこで数十グラムの超小型の線量計を搭載し、放射線環境の測定を行う。超小型では高精度の観測はできないが、今後多数の探査機に搭載することができれば、多数の地点、時点での観測データを集めることができる。
- ✓ 地上での携帯型線量計を改造して搭載。陽子と重粒子のカウントを識別するため、2種類の閾値を持つセンサを搭載している。



地上用線量計

© (株)千代田テクノル



(画像クレジット: JAXA)