

### 第3章 軽くて強くて省エネで！ 小惑星探査 MINERVA-II-2

# 宇宙探査ロボットの テクノロジー

永岡 健司 Kenji Nagaoka

本稿では、「はやぶさ2」に搭載された超小型探査ロボット MINERVA-II-1 と同じく、MINERVA-II-2<sup>(3)</sup> の技術について紹介します。写真1に MINERVA-II-2 の機体を、表1に質量を示します。

MINERVA-II-2 のロボット質量は877 g と非常に軽量で、直径15 cm、高さ13.5 cm の八角柱構造をしています。開発に際して、MINERVA-II-2 に許された質量上限は、分離カバーを含めて全体で1616 g と提示されており、最終的には合計1607 g で要求を満たすシステムを開発しました。

#### 小惑星探査ロボットへの厳しい開発要求 軽く・大きく・省エネで・強く！

MINERVA-II-2 開発にあたり、それまでの宇宙探査機で用いられてきた宇宙放射線への耐性を備えた高価で高信頼な電子部品は、コストや重量の点で使用することが難しかったため、民生部品を個別に放射線試験(MINERVA-II-2 の場合、群馬県高崎市にある日本原子力研究開発機構の施設を利用)で評価することで、信頼性を担保しました。

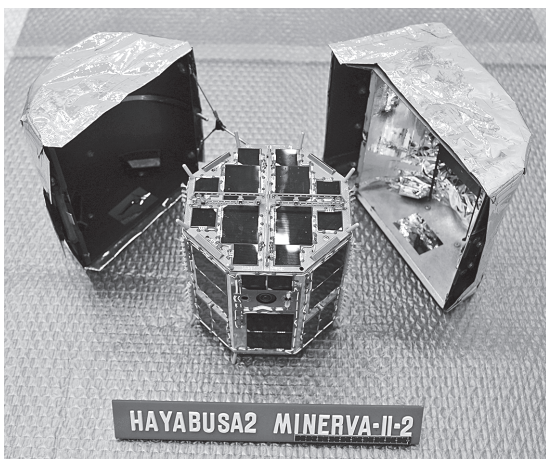


写真1 小型で軽量の探査ロボット MINERVA-II-2  
フライト・モデル。ロボット(中央)と分離カバー(左右)の外観 © JAXA

このような民生部品の活用は、大学や民間による超小型人工衛星開発の現場ではしばしば行われる方法です。民生部品の中にも宇宙環境で十分に使用できるものがあります。

#### ● 小型軽量と高い剛性の両立

MINERVA-II-2 開発の難敵の1つは、厳しい質量制約と高剛性の両立でした。最も小さい超小型衛星規格の CubeSat (1 U) のサイズ 10×10×10 cm、質量 1.33 kg と比較しても、MINERVA-II-2 のロボットに許された質量は分離カバーを除いて 0.886 kg で(ただし、実際は分離カバーの開発も同時並行で進めており、ロボット開発中はこの数値すら曖昧)、サイズは太陽光発電のために表面積を最大化する理由から、φ15×13.5 cm の正八角柱構造を採用しました。この上限質量を容積で割って平均体積密度を単純計算すると、CubeSat のわずか 31% の容積密度でロボットを開発することが設計要求でした。そのため、1 g を削る工夫を随所に施す必要がありました。

表1 軽量が求められる探査ロボット MINERVA-II-2 の全体質量

ロボット	質量 [g]	分離カバー	質量 [g]
CFRP 構体	152	OME-B2 (+MLI)	337
太陽電池 (+接着剤)	113	OME-B2-I/F (+MLI)	87
アンテナ (×2)	34	OME-C2 (+MLI)	196
通信機 (+治具)	92	ワイヤーカッター	92
ピン (×14)	6	断熱スベーパー (×4)	18
データ処理基板 (+ケース)	115		
MICAM (×2)	78		
電源基板 (+ケース)	51		
電気二重層コンデンサ (×2, +治具)	57	—	—
移動機構 (×4種)	93		
計装	44		
その他	42		
小計	877	小計	730
合計 1607 [g]			