

内惑星熱真空環境シミュレーター

High Intensity Space Simulator

北山 尚男* 永見 将和* 猪俣 甚悦**
 KITAYAMA Hisao NAGAMI Masakazu INOMATA Jinetsu

1. はじめに

国際水星探査計画「BepiColombo」は宇宙航空研究開発機構 (JAXA) と欧州宇宙機関 (ESA) の大型共同ミッションであり、水星表面探査機 MPO と水星磁気圏探査機 MMO の 2 基の探査機から構成され JAXA は MMO を担当する。

水星は、地球より内側の太陽に最も近い軌道を周回する惑星 (内惑星) である。このため探査機は、地球軌道上と比較して 11 倍の太陽光 (11 ソーラー: 15.4 kW/m²) を受ける厳しい環境に曝される。

このように過酷な環境下に投入される探査機は緻密な熱設計が行われるが、地上における実証試験も不可欠となる。水星軌道上の熱真空環境を模擬し、探査機の構成要素を地上で試験する設備 (スペースチェンバー) を JAXA へ納入した (図 1)。

本設備は上記の条件を実現するため、一般的なスペースチェンバーの機能 (高真空、冷暗黒) に加え、国内最高強度を有するソーラー光照射装置 (模擬太陽光照射装置)、供試体 (探査機の構成要素) を固定しソーラー光軸と供試体の角度を試験中に変更可能とす



図 1 内惑星熱真空環境シミュレーター外観図

* オンサイト・プラント事業本部宇宙・低温機器統括部技術部

** オンサイト・プラント事業本部宇宙・低温機器統括部営業部

る電気駆動式回転ベースプレート (液化窒素冷却・温調機能付) を備えている。

2. 仕様

主要仕様を表 1, 概略系統を図 2 に示す。

2.1 電気駆動式回転温調ベースプレート

本ベースプレートは LN₂ (液体窒素) による冷却機能とヒーターによる加温機能を利用して、温度指示調節計により -100 ~ +100℃ の範囲で制御が可能である。

本設備では、このベースプレートに電気駆動による回転機能を付加し、温度制御を行っている状態で回転することを可能とした。

本機能により供試体のスピン状態 (スピン周期: 20 rpm) を真空・極低温下で模擬して、さらに精度の高い地上実証試験を行うことを可能とした。

また、ベースプレートが回転することで、供試体のソーラー光受面方向を変更するための真空容器大気圧

表 1 主要性能

真空容器	
型式	横型円筒型片側扉開閉式
直胴部内寸法	φ1200 × L1000mm
到達真空度	4 × 10 ⁻⁵ Pa (5時間以内)
シュラウド定常温度	100K 以下
電気駆動式回転温調ベースプレート	
型式	液体窒素, ヒーター温調式
寸法	600 × 600 × 125mm
駆動方式	ステッピングモーター駆動
回転角	±90°
回転角精度	±1° 以内
ソーラー光照射装置	
ランプ型式	キセノンショートアークランプ
放射照度	1 ~ 11 s.c.* ¹ (1.4 ~ 15.4 kW/m ²)
有効照射面	φ250mm
平行度	±7° 以内 (コリメーション角)
照射均一度	±10% 以内

*¹ s.c : Solar Constant (地球付近の太陽照射照度 1 する単位)

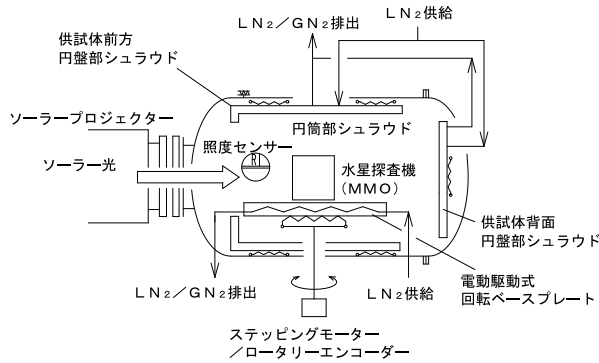


図2 概略系統図

戻し、及びベースプレートへの取り付け方向の変更作業を行う必要性がなくなり、設備の運用性を向上させることができた。

電気駆動部にはステッピングモーターとロータリーエンコーダー(角度検出器)を組み合わせて使用することで、円滑で精度の高い角度調節とプログラム機能による連続回転動作を提供している。

回転機構シャフト部シールには、供試体とベースプレートの回転に必要な駆動力を伝達するため磁性流体シールを採用し、要求真空圧力を満足できる気密性を実現している。(本ベースプレートは特許出願中)

2.2 シュラウド

本シミュレーターは真空容器内に円筒状の胴部と円盤状扉部(供試体背面円盤部)シュラウドを備えている(図2)。本シュラウドは二重構造のLN₂溜め込み式を採用し、ソーラー最大出力(11s.c)を受けた場合でも温度を100K以下に維持することができる構造である。特に供試体背面円盤部シュラウドは、受けたソーラー光の反射を軽減するために表面に特殊な加工を施している。

また、LN₂供給ラインには真空二重フレキシブルホースを用いて扉の開閉に支障をきたさない構造としている。

2.3 ソーラー光照射装置

光源には、太陽光スペクトルによく近似するキセノンショートアークランプを使用している。キセノンショートアークランプより放射される光は、集光鏡により効率よくインテグレータに入射する(図3)。インテグレータは蜂の巣状に配置されたレンズ群(レンズ材質:石英ガラス)で、それぞれのレンズに入射

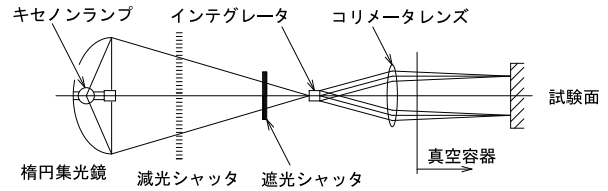


図3 ソーラーシミュレーター光学系統図

した光をコリメータレンズ全体に入射させる。キセノンショートアークランプの光源プラズマの不均一さを補正して、試験面上で均一な照射光を得ることができるよう光源を変換するものである。

インテグレータを通過した光はコリメータレンズ(凸レンズ、レンズ材質:合成石英ガラス)により平行光に変換される。宇宙の冷暗黒を模擬するシュラウド(図2参照)内に設置された照度計は、放射照度の測定とその自動制御に使用される。

放射照度の設定は、1~11s.cの範囲で変更可能となっている。ランプ電源の出力調整では、定格出力の約50%が調整限界であるが、集光鏡とインテグレータの間に2種類の減光シャッター(水冷式穴明型シャッター)とインテグレータの組み合わせを採用することで調整範囲を広げた。それぞれ3~11s.c(4.2~15.4kW/m²)と、1~3s.c(1.4~4.2kW/m²)の範囲で使用される。

また、広範囲の波長域(可視分光:250~1000nm, 近赤外分光:1000~1950nm)での光の分布を計測することのできる分光計を納入した。光源の強度が大きいため、拡散板ユニットを使用し、2種類の光学センサーを測定領域に合わせて自動的に切り替える方式を採用している。

3. まとめ

米国の深宇宙探査計画をはじめ近年世界の宇宙開発は多岐に渡っている。我が国でも水星探査や月、金星探査が計画されているが、惑星の周回のみならず惑星のサンプル収集までも目的とされているものもある。

本設備もこのような宇宙関連機器に必要とされる特殊環境の地上模擬に十分対応した製品である。

今後も多様なニーズ・期待に応えるべく製品付加価値を向上させていく予定である。