

# 新しい熱制御機能材料：放射率可変素子（SRD）

図1 放射率の温度特性

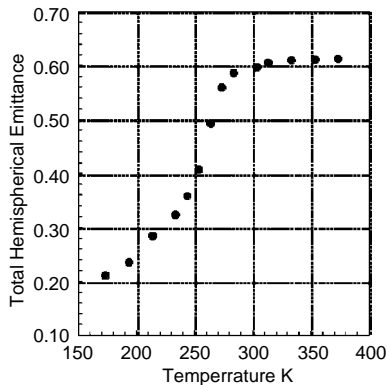


図2 SRDの外観

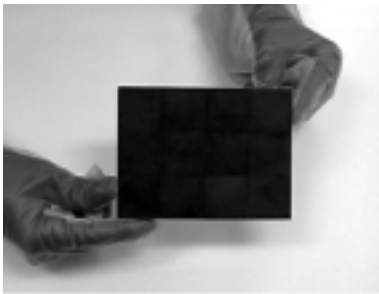
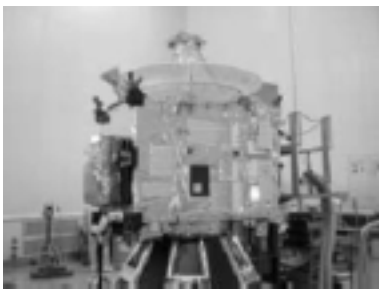


図3 小惑星探査機「はやぶさ」



## はじめに

惑星探査機は目的地に到達するまでの間に、太陽からの距離が大きく変化し、太陽から受ける熱量が大きく増減する。

例えば火星軌道上での太陽光強度は、地球軌道の約3分の1に低下する。この環境変化に対し、探査機内部の温度を適正範囲に保つことは重要な課題である。多くの惑星探査機では、窓のブラインドのように並列に配したブレードを開閉して、熱放射量を調節するサーマルルーパと呼ばれる機構が長年

使用されてきた。しかし、遠方に到達させる惑星探査機では質量の制約が厳しく、遠方では太陽電池の発生電力も低下するため、ヒータ電力の確保もままならない。これらの課題を解決するため、筆者らは、温度に応じて自発的に放射率が変化し、自己温度調整機能を持つ放射率可変素子（SRD：Smart Radiation Device）を開発した。

## SRDの働き

熱伝達のプロセスには、放射、伝導、対流の3通りがある。真空の宇宙空間では、宇宙機から外部への放熱は放射に頼っている。物質表面からの熱放射の強さを表す指標は放射率と呼ばれ、同じ温度の完全黒体の熱放射量との比で定義される。放射率は物質の電気伝導度と密接な関係があり、金属などの電気良導体の放射率は一般に低く、ガラスなどの電気絶縁体の放射率は一般に高い。冬の晴れた夜にガラス窓に霜が付きやすいのは、ガラスの高い放射率が放射冷却を促進することによる。

SRDには、ペロブスカイト構造Mn酸化物のセラミック材料 $\text{La}_x\text{Ca}_y\text{Sr}_{1-x-y}\text{MnO}_3$ を使用する。この物質は、常温付近で構造相転移し、高温側では電気伝導度が低く、低温側では電気伝導が高い性質を示すことが知られていた。筆者らは、この性質に着目し、高温側では高放射率で熱を放射しやすく、低温側では低放射率で熱を放射しにくい、すなわち自己温度調整機能を示すことを実証した。また、宇宙機熱制御に好適な転移温度をもち、かつ放射率の変化幅が最大となる組成を確定した。さらに薄板状の成型技術を確認し、宇宙の過酷な放射線、紫外線、熱サイクルなどで劣化が生じないことも検証した。図1に放射率の温度依存性の一例を、図2に製品の外観を示す。

放射率は300Kでは0.6を超えているのに対し、220Kでは0.3に半減する。製品は厚さ70 $\mu\text{m}$ の薄板状で、サーマルルーパに比べて、体積が約1/1000、

質量は約5分の一である。また組成選択により制御対象に最適な転移温度が得られることも特徴の一つである。

## SRDの応用範囲

モザイク状のSRDを宇宙機の放熱面に貼り付けることにより、自己温度調整機能を持たせ、温度低下を防ぐ。SRDは、その実証を兼ねて2003年5月に打ち上げられた宇宙航空研究開発機構の小惑星探査機「はやぶさ」（図3）に搭載された。SRDは間欠的にONされる送信機の放熱面に貼り付けられ、送信機がOFF時の温度低下を抑える。

SRDが持つ自己温度調整機能は、建物などの温度制御にも広く応用が考えられる。近年、建物の高断熱、高気密化が進んだ結果、建物内部に熱がこもる弊害も現れてきており、高温では放熱、低温では断熱の機能を合わせ持つSRDの活用による省エネ効果が期待される。

## SRDの改良

現状のSRDの欠点は黒色で太陽光を吸収しやすいことである。太陽光があたる部位に使用するとその機能を十分生かせない。この欠点を解消すべく、SRDの表面に太陽光を反射し、かつ熱放射を妨げない特殊なコーティングを施す改良を現在行っている。

## おわりに

SRDの開発は宇宙航空研究開発機構次世代探査機研究センターの大西博士、太刀川技官との共同研究で行われた。SRDが宇宙機のみならず、宇宙開発のスピノフの好例として、広く省エネに応用されることを望んでいる。（図表提供；宇宙航空研究開発機構）

（原稿受付 2003年8月19日）

〔岡本章〕

NEC東芝スペースシステム（株）

## 文献

- (1) Tachikawa, S. ほか, Development of a Variable Emittance Radiator Based on a Perovskite Manganese Oxide, AIAA2002-3017 (2002).