

第2次国際微小重力実験室（IML-2）搭載実験に係る開発結果の評価及びH-Ⅱロケット試験機3号機による静止気象衛星5号（GMS-5）の打上げ結果の評価について（宇宙開発委員会技術評価部会報告書概要）

平成7年9月27日

宇宙企画課

宇宙開発委員会技術評価部会においては、8月4日から9月14日にかけて標記の事項について調査審議を行ってきたが、この度報告書を取りまとめた。その概要は、別添1及び別添2のとおりである。

別添1 第2次国際微小重力実験室（IML-2）搭載実験に係る開発結果の評価について

別添2 H-Ⅱロケット試験機3号機による静止気象衛星5号（GMS-5）の打上げ結果の評価について

第2次国際微小重力実験室（IML-2）搭載実験に係る開発結果の評価について

1. 実験の概要

国際微小重力実験室（IML）は、米国航空宇宙局（NASA）がスペースシャトル／スペースラブの飛行機会を提供し、各国が実験装置を提供することで、各国共同で微小重力環境等でのライフサイエンス系や材料系の実験を行うものである。

IML-2は、IML計画の2回目のものであり、1994年7月9日～23日の15日間行われたが、この中で我が国は、宇宙開発事業団が6台の実験装置及び3台の実験支援装置を提供し、日本の12テーマ及び米国の4テーマの実験を行った（別紙1参照）。

2. 総合意見

日本が提供した6台の実験装置とその他の実験支援装置はほぼ全てが順調に稼働した。当初の計画どおりライフサイエンス系の実験及び材料系の実験を合わせて16テーマ（その内米国が4テーマ）の実験が実施され、多くの貴重なデータが取得された。わずかではあるが実験中に不具合や不測の事態が生じたが、搭乗員による対処も適切であった。

IML-2の特徴は国際ミッションにある。打上げ準備と運用期間中、各国の研究者及び実験運用者が、互いに協力し合って作業を進めたことは、宇宙ステーション時代に向けた国際協力の推進に寄与するものであった。

また、向井千秋宇宙飛行士がペイロードスペシャリストとしてスペースシャトル「コロンビア号」に搭乗し、15日間にわたって各国の搭載実験を実施したことは、我が国の有人宇宙技術の蓄積に寄与したのみならず、日本人搭乗員が国際ミッションへ貢献したという意義を有することでもある。

以上のことから、IML-2の所期の目的は達成されたと評価する。

なお、今回の搭載実験で、電気泳動装置が不具合を起こし、また、恒温恒湿槽の減湿器の機能が不良であった（別紙2参照）。これらの原因については推定され、今後の対策が提案された。原因の中には、冷却水への気泡の混入等基礎的な技術に類するものがあつた。同様の問題の再発を避けるためには、今後、設計・製作・試験・運用の過程で、細心の注意が払われる必要がある。さらに、航空機等を利用した機能の検証を一層充実させることにより、第1次微小重力科学実験室（MSL-1）、ニューロラブ、宇宙ステーション計画等にIML-2の成果が確実に反映されることを期待する。

I M L - 2 搭載実験装置と実験テーマ

	実験装置名	日本の実験テーマ	米国の実験テーマ
ライフサイエンス系実験	①水棲生物飼育装置	<ul style="list-style-type: none"> ・微小重力下における魚の前庭順応機構の研究 ・イモリの宇宙における産卵及び受精卵の発生 ・メダカの宇宙における交尾・産卵行動 	<ul style="list-style-type: none"> ・微小重力下での重力感受器官の初期発生の研究
	②細胞培養キット	<ul style="list-style-type: none"> ・骨由来培養細胞の増殖・分化機能発現に及ぼす微小重力の影響 ・宇宙空間における細胞性粘菌の分化 	<ul style="list-style-type: none"> ・植物胚芽の分化状態の安定性への重力関与の研究
	③電気泳動装置	<ul style="list-style-type: none"> ・電気泳動による線虫 <i>C.elegans</i> の染色体 DNA の分離 ・微小重力環境における高密度動物細胞培養液の分離精製実験 	<ul style="list-style-type: none"> ・ラット脳下垂体細胞及び細胞内顆粒の電気泳動分離実験
	④放射線モニター装置	<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙船内における重粒子線による線量計測とその生物効果実験 	
材料系実験	⑤高温加圧型電気炉	<ul style="list-style-type: none"> ・微小重力下におけるTiAl系金属間化合物の組織制御とその機械的性質 ・多元系化合物半導体融液の均一分散・混合化 	<ul style="list-style-type: none"> ・液相焼結における重力の効果
	⑥制振実験装置	<ul style="list-style-type: none"> ・自然対流と拡散に対する重力加速度ゆらぎ (g ジッタ) の影響 ・微小重力下での熱駆動流の研究 	

なお、実験支援装置として、恒温恒湿槽、ビデオシステム、顕微鏡を搭載

実験結果と不具合原因

各実験装置ともほぼ計画どおり稼働し、実験は順調に実施されたが、一部に電気泳動装置の不具合、恒温恒湿槽の減湿機能不良等の不具合があった。

(1) 電気泳動装置の不具合について

装置起動不良、泳動検出データ異常、分取容器分取不良の3つの不具合が発生した。

ア 装置起動不良

状況：装置を起動させようとしたところ、圧力異常で冷却水ポンプが起動しないか、起動しても冷却水温度異常で装置が停止するかであった。2日間にわたる軌道上修理により冷却水の置換等を行い、その後は順調に動作した。

原因：打上げ前2ヶ月間の保管期間におけるリーク等により冷却水ラインに圧力低下を生じたことや、冷却水充填時における配管内の空気の残留により冷却水ポンプが空転したことが原因と推定される。

対策：クイックディスクコネクタの気密性の劣化防止、空気がたまりにくい構造の採用、空気の混入を防ぐ流体充填方法の開発、膜分離等による気泡除去技術の開発等を行う。

イ 泳動検出データ異常

状況：電気泳動の実験を開始したところ、吸光度検出器のデータが地上データと大きく異なっていた。

原因：軌道上修理時のバッファパイピングの着脱の際、電気泳動槽内に空気が混入したためと推定される。

対策：バッファパイピング着脱時の空気混入量の低減、軌道上で空気を抜くことができる機能の追加等を行う。

ウ 分取容器分取不良

状況：電気泳動後の試料を規定値分取できたものは5%程度しかなく、分取量が不足した。また、一部は規定値を大きく超えた。

原因：地上整備時の加熱加圧滅菌作業等の際に分取容器の結合部にゆがみが発生したことや、軌道上での分取容器の取付け不良と推定される。

対策：人間工学的観点からの分取容器の取付け機構の簡略化、容器の剛性の向上による変形の防止等を行う。

(2) 恒温恒湿槽の減湿機能不良について

状況：起動後しばらくして湿度が規定値よりわずかに上昇したので、搭乗員による槽内の結露の拭き取りを行った。

原因：減湿ラインの空気フィルタ等に結露により生じた水が滞留し、減湿ラインに空気が循環しなくなったのが原因と推定される。

対策：空気配管の保温等を行う。

H-Ⅱロケット試験機3号機による静止気象衛星5号（GMS-5）の打上げ結果の評価について

1. 打上げの概要

H-Ⅱロケット試験機3号機は、H-Ⅱロケット試験機の最終機であり、ペイロードとして静止気象衛星5号（GMS-5）及び宇宙実験・観測フリーフライヤ（SFU）を搭載して、平成7年3月18日、宇宙開発事業団種子島宇宙センターから打ち上げられた。打上げは順調に行われ、SFU及びGMS-5はそれぞれ周回軌道及びトランスファ軌道に投入された。

GMS-5は円筒型のスピン安定方式の衛星であり、ロケットから分離後、アポジモータ点火等を経て、6月15日に東経140度の静止衛星軌道に投入された。

また、SFUは平成8年初頭にスペースシャトルで回収される予定である。

2. 総合意見

宇宙開発事業団のH-Ⅱロケットについては、既に試験機1号機においてロケット及び打上げ管制システムの機能・性能が、さらに、2号機において静止トランスファ軌道への打上げ性能が確認されている。今回の試験機3号機において複数衛星打上げ技術及び大型フェアリング技術が実証され、H-Ⅱロケットの最終的な性能確認が行われたことから、H-Ⅱロケット試験機の目的は全て達成されたと評価する。これによりH-Ⅱロケットは、国際的水準の技術を確立したものとする。

また、H-Ⅱロケット試験機3号機により打ち上げられた静止気象衛星5号（GMS-5）については、所定の静止衛星軌道への投入に成功し、機器もほぼ正常に動作していることから所期の目的は達成されたと評価する。

しかしながら、GMS-5については、可視赤外走査放射計（VISSR）の赤外校正用シャッタに動作不安定が見られた（別紙参照）。この動作不安定の原因は、シャッタ駆動回路の振幅基準用パルスが出力されていないためと推定される。また、この動作不安定の現象には、衛星の温度環境の変化が影響している可能性も考えられる。

現在、VISSRが地球画像を走査していないときにだけ赤外校正用シャッタを動作させることにより、必要な赤外校正用データを取得しつつ良好な地球画像を得られるように運用方法を変更し、気象観測業務は支障なく行われている。今後、蝕期間等温度環境の変化が想定される場合には、これまでのシャッタの動作不安定の経緯に十分配慮して動作状況の監視を続けていくことが必要である。

なお、今後は電子部品・回路について設計、品質管理、性能確認を一層充実させるとともに、機械的な部分についても地上と軌道上の重力環境の差を十分考慮して製作・調整・試験を行うことが必要である。

GMS-5の可視赤外走査放射計(VISSR)の赤外校正シャッタの動作不安定について

(1) VISSRの概要

VISSRは、衛星の自転(西から東)と走査鏡の傾き角変化(北から南)を利用して、2,500本の細いラインで地球を走査することにより、地球の可視光線及び赤外線画像を取得するものである。このうち北側端と南側端の約150ラインずつは深宇宙データであり、地球画像自体は中央の約2,200ライン部分である(図-1参照)。

VISSRで得られる地球の赤外線画像を気象データとして利用できる温度データに換算するため、VISSR内部の基準温度源を検出器に向けて校正データを取得するための反射鏡(赤外校正シャッタ)が設けられている(図-1参照)。なお、VISSRが地球を走査しているときにシャッタが光軸を遮らないようにするため、シャッタ動作は、衛星のスピンに同期した往復運動をするようにシャッタ駆動回路により制御されている。

(2) 不具合の状況

① 5月28日までの現象

シャッタの電源をオンしても、テレメトリ表示がロック(シャッタ動作が衛星のスピンに同期)となるべきところが、アンロック(同期外れ)表示のままであった。そして、地球画像データは取得できるが、3.8時間程度の周期で最長3分間程度、地球画像データに校正用データが混入するという状態であった。

② 5月28日以降の現象

シャッタの電源オンにより、テレメトリがロックを表示するようになり、校正用データも正規のタイミングで取得されていることが確認された。しかしながら、シャッタのアンロックを示すテレメトリ表示や地球画像データへの校正用データの混入が不定期に発生した(図-2参照)。

③ 8月9日以降のシャッタの運用方法

8月9日に運用方法が変更され、画像データ取得中は必要な校正用データを取得後直ちにシャッタをオフすることにより、地球画像データへの校正用データの混入を避ける運用方法が採られている。

(3) 不具合原因

F T A解析及び地上でのシミュレーション結果から、動作不安定の原因は、シャッター駆動回路の振幅基準用パルスが出力されていないためと推定される。

なお、(2)②のアンロックの発生状況とシャッター駆動回路部分の温度テレメトリの対照から、衛星の温度環境の変化がシャッター駆動回路の動作不安定に影響している可能性も考えられる。

(4) 今後の対策

V I S S R赤外校正シャッターの動作不安定の原因は、シャッター駆動回路の振幅基準用パルスが出力されていないことと推定されたので、今後は、電子部品・回路の設計はもとより品質管理・性能確認の一層の充実を図ることが必要である。

また、不具合の直接的な原因ではないが、シャッターのレストポジションがオフセットしていることも推定されたので、今後は、地上と軌道上の重力環境の差を十分考慮して調整・試験を行うとともに、組立時の精度管理にも十分配慮し、シャッターの位置設定を適切に行うことも必要である。

なお、シャッター駆動回路の動作状態が衛星の温度環境により変化することも考えられるので、今後のGMS-5の運用においては、蝕期間等衛星の温度環境の変化が想定される場合には、これまでのシャッターの動作不安定の経緯に十分配慮して動作状況の監視を続けていくことも必要である。

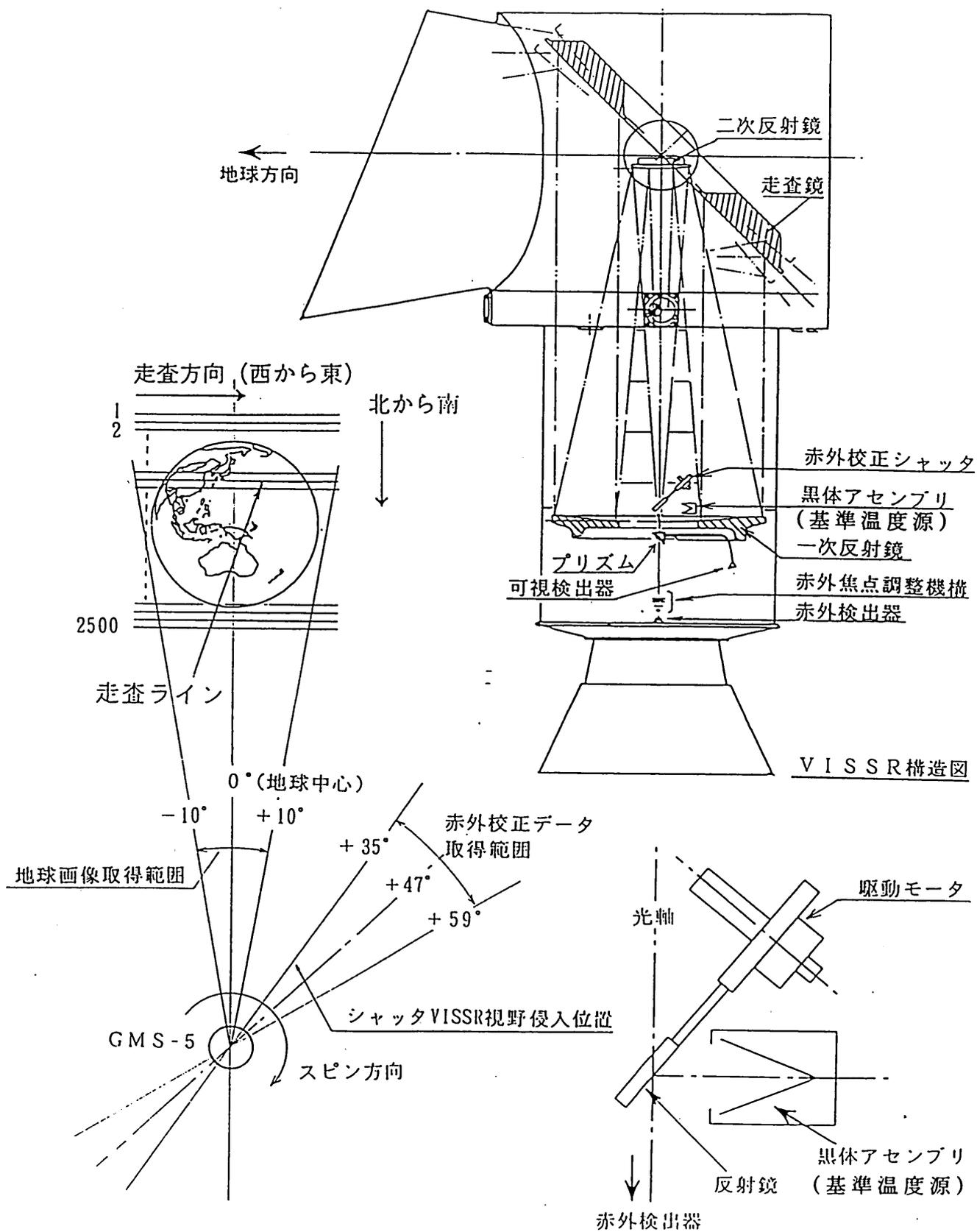
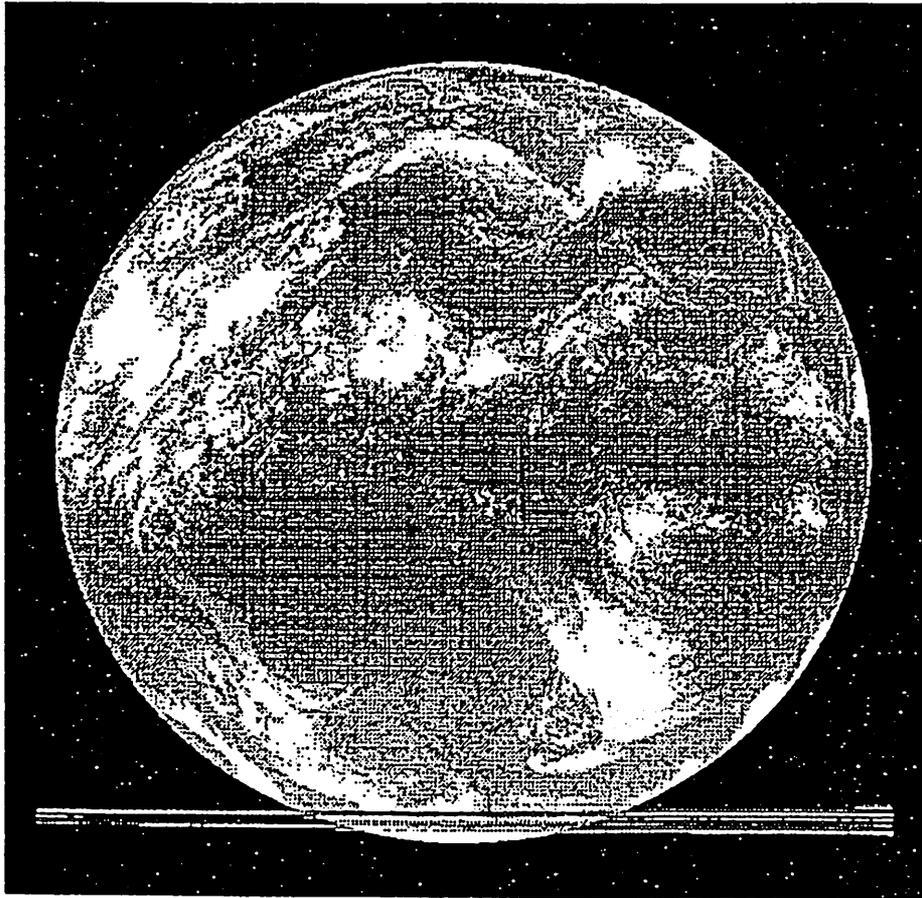


図-1 地球画像と赤外校正用データの取得原理図

赤外校正シャッタ拡大図



平成7年8月7日18時（日本時間）の画像
気象庁提供（モニター画面のハードコピー）

図-2 赤外校正用データの地球画像への混入例