

宇宙開発委員会技術評価部会
M-3S II ロケット特別小委員会報告書について

宇宙開発委員会技術評価部会は、文部省宇宙科学研究所（以下、「宇宙研」という。）のM-3S II ロケット8号機（平成7年1月15日打上げ）に生じた不具合に関する原因の究明及び今後の対策等について、技術的に詳細に調査審議するため、去る2月10日、部会内に「M-3S II ロケット特別小委員会」（以下、「特別小委員会」という。）を設置した。同特別小委員会においては、2月24日以来9回の会合を重ねて報告書がとりまとめられ、技術評価部会は6月12日に同報告書を了承した。

報告書の要点

（１）不具合発生時の状況

平成7年1月15日、M-3S II ロケット8号機（図1参照）が打ち上げられたが、ロケット第1段の切離し（発射後約84秒）後、ロケット第2段の燃焼中、ロケット全体に仰角方向（ロケットの進行方向に対していわば上下方向）において每秒8回程度の曲げ振動が始まった。

直ちに姿勢制御装置がこの振動を抑えるべく制御用の噴射液を噴射し続けたが、同噴射は振動を打ち消すように効果的には行われず、最終的に噴射液が枯渇し、その後第2段燃焼中においては姿勢制御を行うことが困難となった。このため衛星は、計画軌道に乗ることができず3周回目に太平洋に落下したものと推定され、実験実施が不可能となった。

なお、ロケット第2段が切り離され（発射後約267秒）ロケット第3段が点火（発射後約269秒）した2秒後に、ロケット第4段の送信機からの電波が途絶えて追尾が困難となったが、衛星はロケット（第3段及び第4段）の自動制御により予定の時刻（発射後453秒）に切り離されたものと推定され、その後、衛星からの電波により、太平洋落下までの一定期間、衛星の位置が把握された。

(2) 不具合の原因について

本特別小委員会では、今回の不具合について考えられるすべての原因を列挙して絞り込み、宇宙研によるシミュレーション等を通じ、原因究明作業を実施。その結果、不具合の原因として以下のものが最も可能性が高いと判断された。

① ロケット第2段に曲げ振動が発生した原因

- ・ 1～7号機においては今回のような曲げ振動は全く検出されなかったが、8号機においてはEXPRESS衛星が従来よりも重いため、ロケット機体の曲げ振動が予想よりも大きくなりやすい状況となっていた。
- ・ このため、第2段先端の姿勢センサが上記の振動を検知し姿勢制御装置が頻繁に動作した。
- ・ その際、姿勢制御装置の動作のタイミングなどが8号機においては振動を抑制するのに効果的ではなくなり、むしろ結果的にその振動を増大させるような関係になっていた。(図2参照)

② ロケット第4段からの送信電波の中断の原因

- ・ ロケット第4段に搭載された機器(図3参照)のうち、送受信機、第4段タイマ(第3段や第4段の点火等を制御)、リレーボックス(第2段から第4段の送受信機に切り換えるためのリレーを内蔵)、電力分配器(電池の電力を各機器に分配)、電力配線及び高周波ケーブルが故障を起こした可能性がある。

これらの可能性をさらに絞り込むことは、第4段にテレメトリ装置が設置されておらず、電波が突然断となった以外に第4段に搭載された関連機器の状況に関する情報がないため困難。

(注) 送信機等についてはドイツ側の要請により衛星の追尾を容易にするために特別に搭載したものである。今回は、搭載機器の重量に制限があることから、テレメトリ装置は搭載されなかった。

(3) 今後の対策等

ア 宇宙科学研究所の対応についての考察

宇宙研では、1号機について振動解析等を行い姿勢制御系が十分な余裕をもって安定であることを確認しており、実際、1～7号機においては今

回のような曲げ振動は全く検知されていない。

また宇宙研は、ロケット第2段燃焼中のロケット全体の姿勢制御系の不安定性は、ロケット第3段以上（第3段、第4段及び衛星）の重量がよほど変化しない限り、同重量に直線的に比例すると考えていた。このため宇宙研は、8号機の第3段以上の重量が1号機のそれの1.2倍であったため、この程度の違いでは8号機の姿勢制御は不安定にならないものと判断し、振動解析等については特に必要とは考えず実施しなかった。

しかしながら、その後の宇宙研における解析により、姿勢制御系の不安定性は衛星の重量によっては大きく変わる場合があることが判明した。したがって、8号機の姿勢制御系の不安定性について事前に振動解析等を実施していれば今回の姿勢制御の異常が発生する可能性について予見できたものと考えられ、結果として振動解析等は特に必要ではないとした宇宙研の事前の判断が適切であったとはいえない。

イ 技術的対策

今後は、以下のような技術的な対策をとることが適當。

- ① 振動の発生に対しては、ロケット機体の振動解析等を行い、必要があれば、ロケット第2段の姿勢制御系のコンピュータプログラムに、姿勢制御装置がロケット機体の振動を効果的に抑制するようなタイミングで動作するためのプログラムを追加するなどの対策を実施すること。
- ② ロケット第4段からの送信電波の中断に対しては、従来以上に部品の信頼性管理や工程管理等に慎重を期すこと。また、より振動や衝撃に強いリレーの使用等について検討すること。

ウ 宇宙科学研究所の開発体制について（現状は図4参照）

今回の事例により、例え実績を積み重ねたロケットであっても、わずかな変更点が大きな影響を及ぼす可能性があることが判明したことから、宇宙研において以下のような用心深いチェック体制を確立する必要がある。

- ・ 従来から変更された点とその影響の可能性について考える項目を網羅し、これらの変更点に関連して従来の検討時における各種条件等の範囲とそれを越える項目を明記したチェックリストを作成して、そ

これらの項目について具体的に検討を行うこと。

- ・ 上記の場合に、信頼性等をより確実に確保するため、必要に応じて適時的確に宇宙工学委員会等の関連分野の外部専門家の助言を受ける機会を十分に確保すること。
- ・ 各担当部門がより慎重な検討を行うことはもとより、システム検討会等の場における審査体制を強化し、各担当部門が相互に検討、確認を行うこと。
- ・ なお、各号機毎の小さな変更によって生じる問題点が発見し易くなるよう、必要な地上試験設備を整備し、シミュレーションモデルの精密化を図るとともに、過去の飛行データを十分活用できるようにコンピュータによるデータベースを整備することが望ましい。

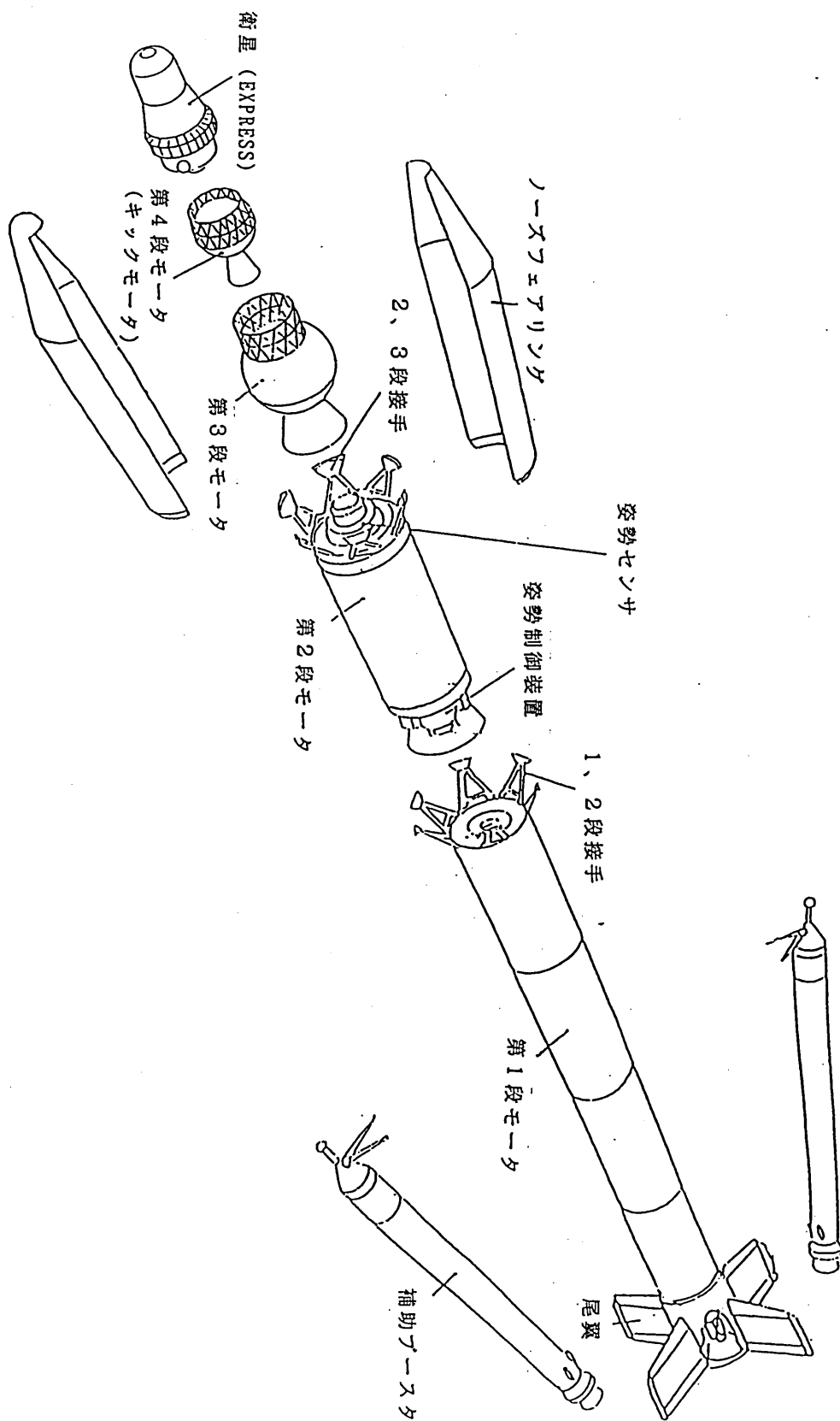
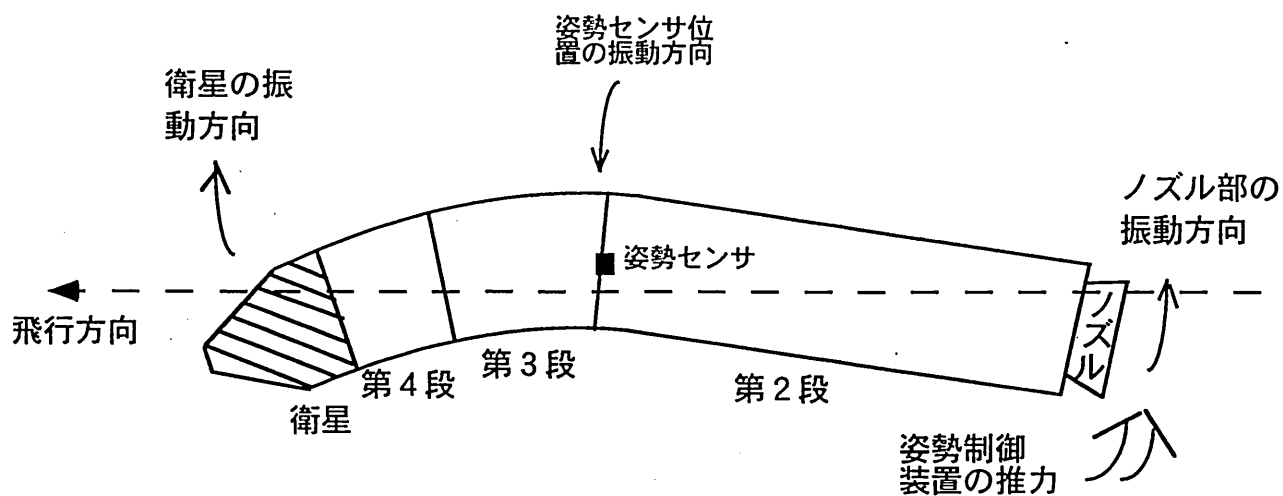


図1 M-3S II ロケット8号機外觀図



- ・ 8号機においてはEXPRESS衛星が従来よりも重いため、ロケット機体の曲げ振動が予想よりも大きくなりやすい状況となっていた。
- ・ このため、第2段先端の姿勢センサが上記の振動を検知し姿勢制御装置が動作した。
- ・ その際、姿勢制御装置の動作のタイミングなどが8号機においては振動を抑制するのに効果的ではなくなり、むしろ結果的にその振動を増大させるような関係となっていた。

図2 8号機の機体の振動と姿勢制御系の動作
(ロケットの振動は誇張して表現されている。)

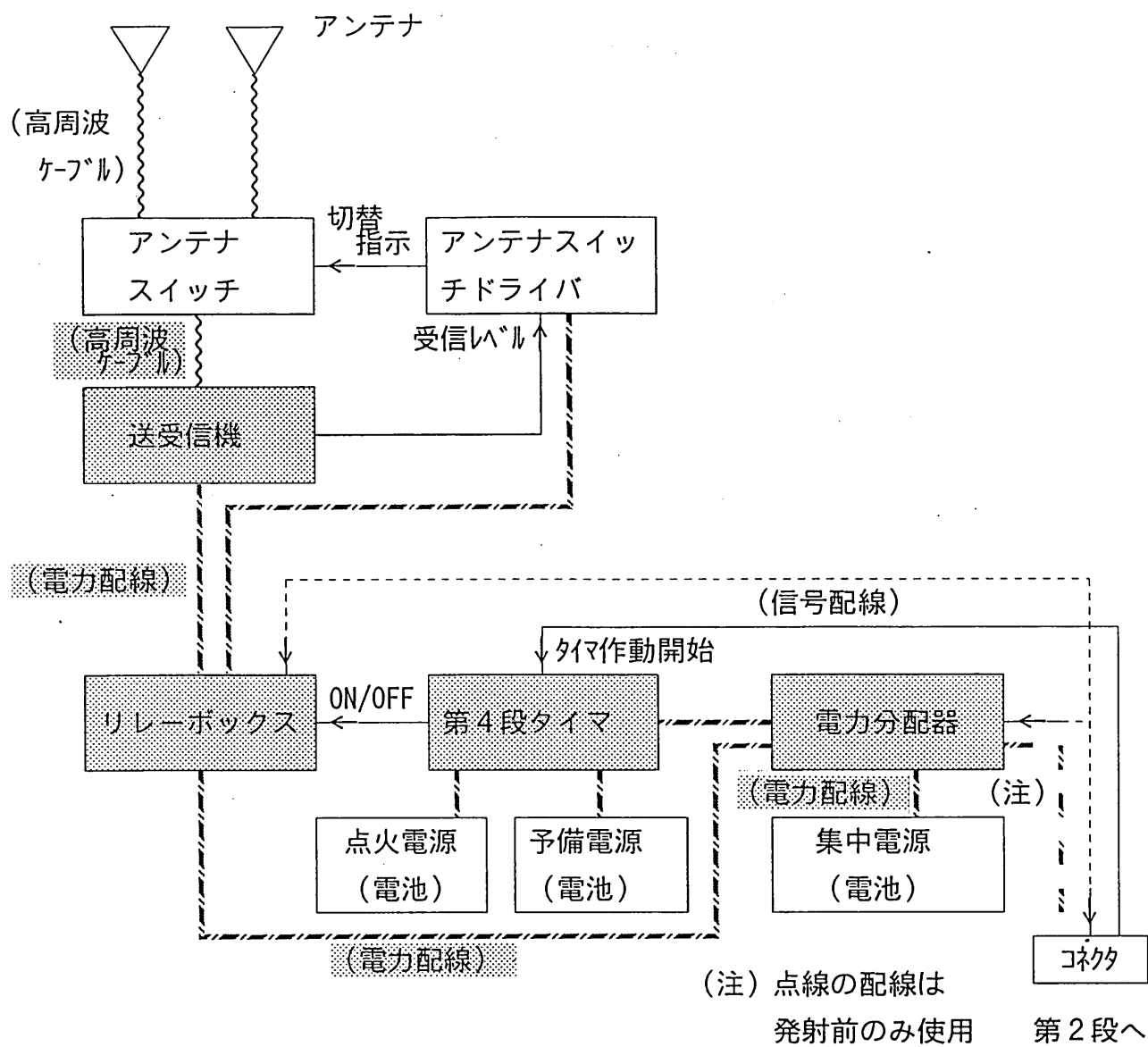


図3 ロケット第4段に設置された機器

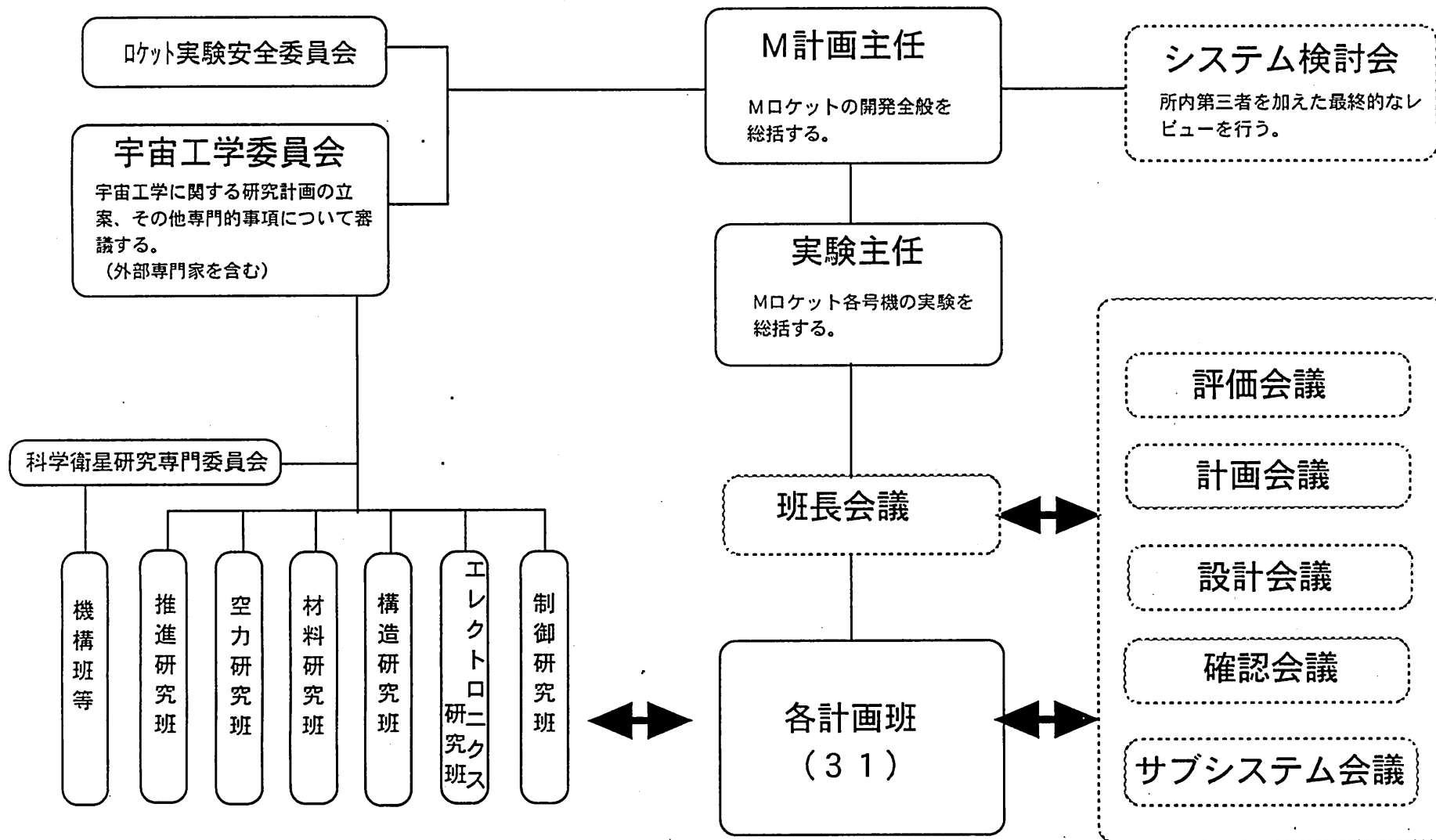


図4 Mロケットの研究開発体制