

資料37-5

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第37回) H29. 9. 5

SS-520 5号機の進捗状況について

平成29(2017)年9月5日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

超小型衛星打上げ機開発プロジェクト

目次

1. 経緯
2. 5号機における4号機からの対策
 - 2-1. 5号機の目的
 - 2-2. 5号機の開発方針
 - 2-3. 設計・信頼性・品質保証
 - 2-4. 更なる改善事項への対処
 - 2-5. 対策・改善内容
3. 5号機の開発進捗状況
 - 3-1. 開発スケジュール
 - 3-2. 開発試験の状況
4. まとめ

1. 経緯

平成29(2017)年2月14日に開催された第33回宇宙開発利用部会において、「SS-520 4号機実験失敗の原因究明結果および対策について」、以下の通り報告を行った。

1. 打ち上げ後約20秒でテレメータ、コマンドデコーダなど一部の搭載機器が電源を喪失し、テレメータの通信が途絶えたと推定される。
2. 1. の原因として、電線自身の損傷により、ケーブルダクト周辺の電線(ハーネス)において短絡が発生し、短時間に上流側電源付近の電源分配機能を有する機器内外の部品の損傷または断線に至り、電源を喪失をした可能性がある。
3. その他の機器の故障が異常の発生に結びついた可能性は低いと判断される。
4. 今回の事象に対する原因を絞り込んだ結果として、ロケットの設計および組立に関し、信頼性の高いシステムとすべく細部に渡って見直しを図る。

今回、今年度打上げを予定しているSS-520 5号機への対策反映状況と進捗状況の報告をさせていただく。

2. 5号機における4号機からの対策

2-1. 5号機の目的

SS-520 5号機は、4号機での実験失敗の原因対策を施し、当初の目的である超小型衛星打上げ機に係る技術の先行実証の再実験として行う。

2-2. 5号機の開発方針

1. 衛星打上げシステムとしての成立性を満たす設計とする。
 - SS-520 4号機失敗からの対策を実施する。背後要因を分析した上で、SS-520 5号機計画の実行上の制約、実現可能性、機体システムへの影響等、諸条件の優先度を考慮してトレードオフを行い、処方として妥当と評価した対策を実施する。
2. SS-520 4号機失敗対策からの信頼性向上を図る。
 - 民生部品を使った機器については、従来の宇宙機基準を適用しない場合でも、環境試験・解析によってミッションサクセスを担保する。
 - 各システムの品質保証、コンフィギュレーション管理を確実に実施し、全ての搭載機器の信頼性評価の可視化を行うことで、設計の妥当性を確認する。

2-3. 設計・信頼性・品質保証

SS-520 5号機の設計、信頼性、品質保証については、以下のとおり。

- 民生品を適用する当該ロケットに適切な機械系・電気系設計基準、計装・艀装基準を設定する。
- 最終的には、実機試験(コンポーネント単体の環境試験、フライトソフトウェア/誘導制御系の検証試験、総合システム試験、およびフライトオペレーション)にて検証を行い、設計の妥当性を確認する。
- 製造においては5号機向けの検査方法を設定する。

2-4. 更なる改善事項への対処

失敗の直接要因ではない項目の対策については、「改善」と分類（不具合対策、技術リスクの低減方策、信頼性・運用性向上策）し、必要性や優先度を勘案して実施する。

- 運用上影響がない、もしくは運用で回避可能な技術的な改善案は、設計変更をせずに対処する。
- 設計に影響のない運用面の改善は、積極的に実施する。
- 改善案が設計変更を伴う場合は、5号機計画の制約、優先度、リスク等を勘案して対処する。

2-4. 更なる改善事項への対処

4号機を打上げた結果として、以下の項目から対策・改善内容および背後要因を網羅的に整理した。

- 失敗に対するFTAで△以上として残った項目
- インターフェースFMEA結果で致命度Ⅱ以上の項目
- 不具合リスト
- 気づき・改善リスト

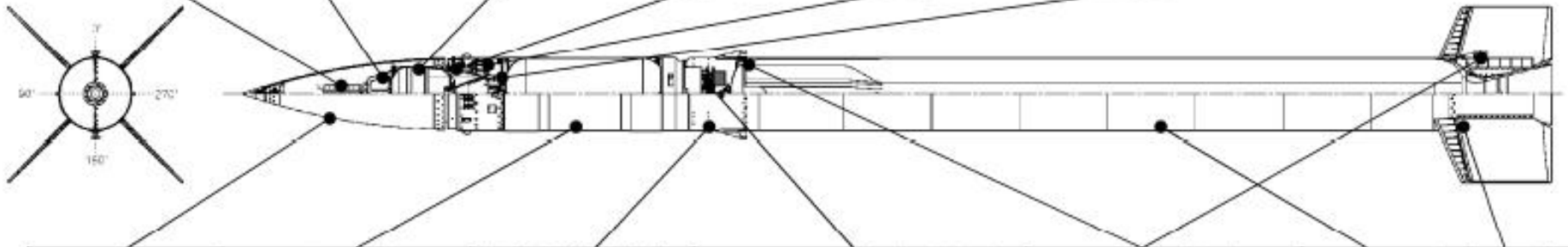
整理した事項については、恒久的な対策を講じる観点から、4号機の推定原因への対策を含め46件の改善を行うこととした。

実施項目	4号機の原因対策	更なる改善事項
46件	5件	41件

2-5. 対策・改善内容

対策の設計方針をもとに、下図赤字の様に改修を行う。

衛星(東大)	衛星接手	3段モータ	2/3段接手	2段上部外筒	アビオニクス
3U衛星	<ul style="list-style-type: none"> ・薄肉アルミ製 ・GPSレコーダ搭載 ・基板一体化 ・NC接触受け 	<ul style="list-style-type: none"> ・延時機能付イグナイタ 薬量: 78[kg] ISP: 282.6[s] イナート質量: 12.5[kg] 	<ul style="list-style-type: none"> ・薄肉アルミ製 (軽量最適化設計) ・ハーネス艤装改善 	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量化: 一部アルミ化 ・ハーネス部艤装用孔見直し 	<ul style="list-style-type: none"> ・超小型低コストアビオ実証 ・ハーネス艤装改善 ・電源短絡故障の保護



ノーズコーン	2段モータ	1/2段接手	ラムライン制御系	スリッパ	1段モータ	尾翼筒
<ul style="list-style-type: none"> ・一部改修 (接触部すり板追加) 	<ul style="list-style-type: none"> ・既開発モータ ・ケーブルダクト部改修 	<ul style="list-style-type: none"> ・一部改修 (後部接手一体化) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ノズル方向の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> ・一部改修 (空力抵抗低減用カウル追加) 	既開発	既開発

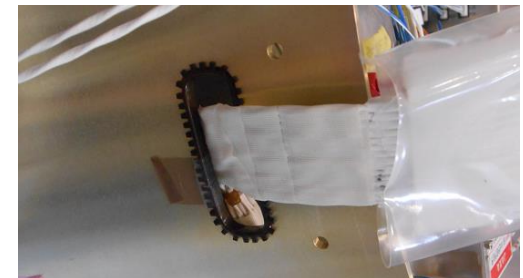
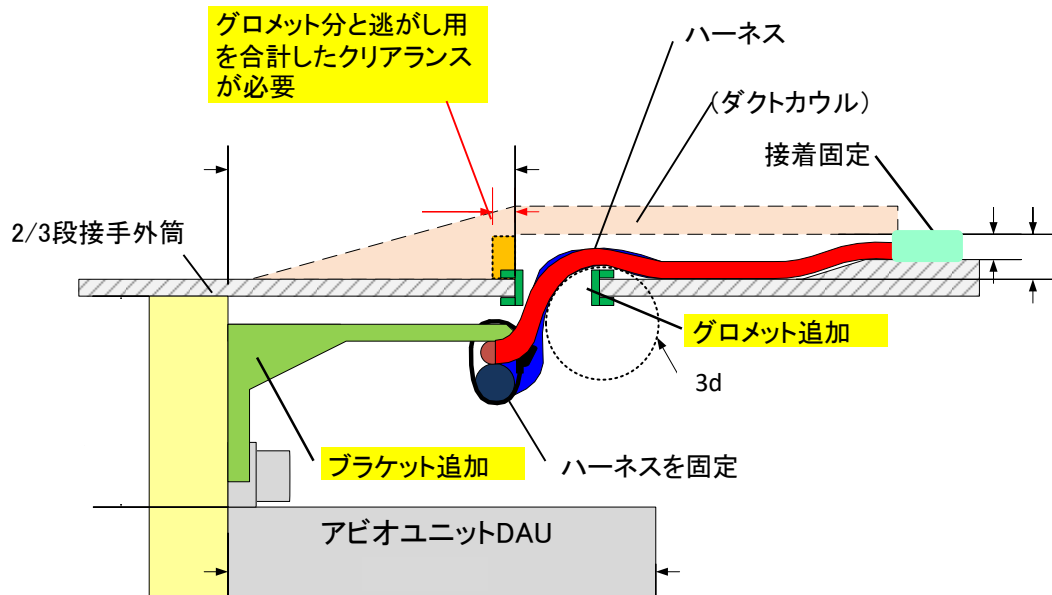
凡例: 一部改修、 4号機で開発、 既開発
 赤字: 対策による変更点

φ 0.524 × 約9.5[m]、全備約2.6t

2-5. 対策・改善内容

① ダクト引き出し孔部でのハーネス保護（引出し孔部のハーネス振動防止）

- ダクトカウル内部にグロメット分と逃がし用のクリアランス確保
- 2/3段接手外筒部のハーネス用開口部寸法：グロメット厚み分、及びコネクタ挿入時のクリアランス確保。
- 2/3段接手外筒とアビオユニットDAU間にハーネス固定用ブラケットを追加。

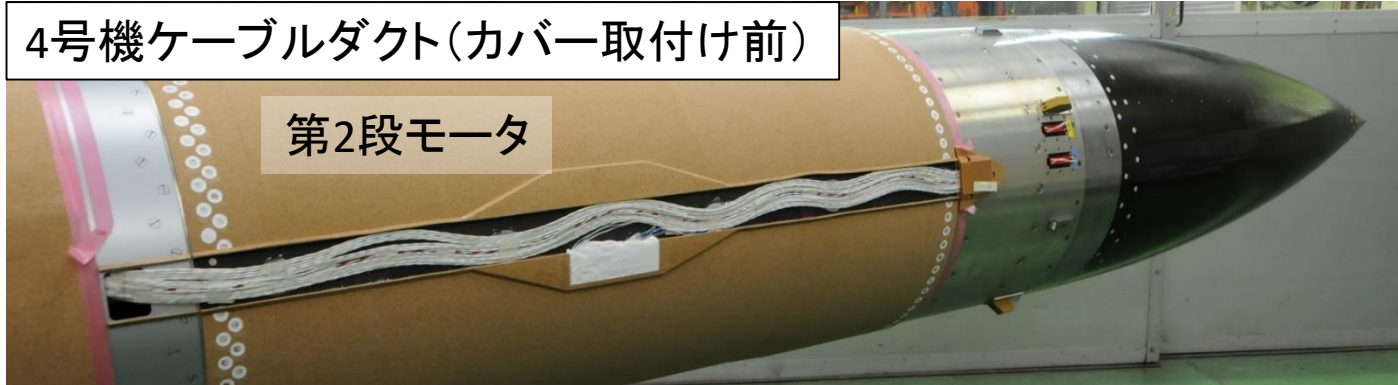


2-5. 対策・改善内容

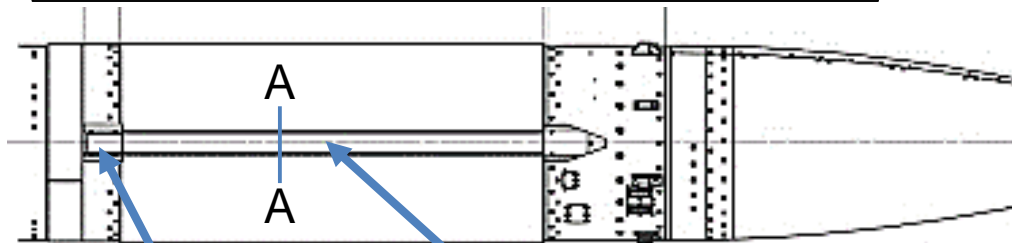
②ケーブルダクト本体の耐環境性向上

1. 内部の空間を充填し、耐荷重/耐熱性能を向上させる。
2. 歪センサを移設しダクト形状を変更することで、空力荷重/加熱を低減させる。
3. 1/2段側ハーネス引出し孔に対しても、耐圧性向上のためのカウリングを設置する。

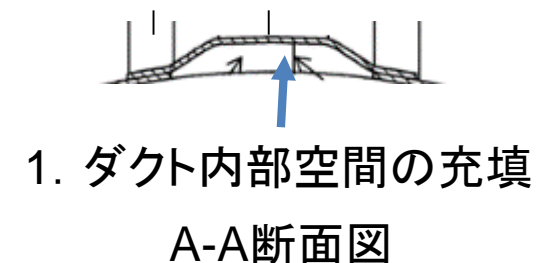
4号機ケーブルダクト(カバー取付け前)



5号機ケーブルダクト(耐環境性の向上)



3. カウルの追加 2. ダクト形状の変更

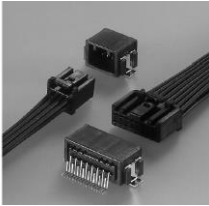
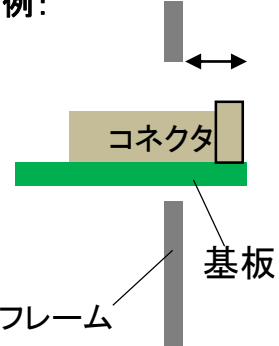


1. ダクト内部空間の充填

A-A断面図

2-5. 対策・改善内容

③28V電源系電源喪失の防止：電源系の対策・改善

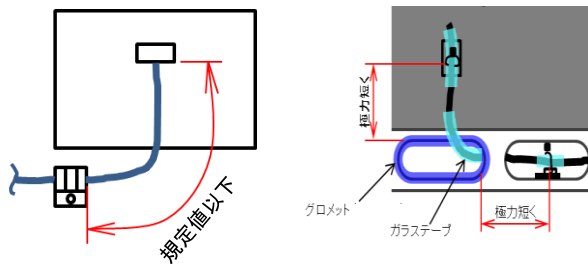
項目	28V電源喪失の防止				
	③-1. ハーネス断線・短絡事象への対策	③-2. ハーネス断線・短絡事象の防止策			
対策案	短絡による2次被害防止	ア) 艦装作業性・再現性向上		イ) 信頼性向上	
	アビオ内部に保護回路を追加する。	コネクタの種類を変更する。	設置方法を変更する。	第一クランプ点を2/3段アビオ搭載板にする。	設計標準化と信頼性可視化を行う。
対策詳細 対策例	各負荷機器周辺での短絡が、TLMに波及を及ぼさないようにするため、各負荷機器へ供給する28V系に過電流保護回路を追加。	 <ul style="list-style-type: none"> ・背の低さ(AVIO高さに収まる) ・摘みが大きく作業性が良い ・車載用(耐振性、繰返し挿抜を想定) 	<p>例:</p>  <p>フレームよりも前に出す</p>	<p>例:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラスチックコネクタ使用ハーネスは、あらかじめ艦装方向に合わせフォーミング成形 ・プラスチックコネクタ使用ハーネスは第一固定点までの間にハーネス同士の結束を行わない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ハーネス・艦装設計標準の策定。 ・標準策定の為の要素試験実施 ・設計、及び製作作業工程・の可視化

2-5. 対策・改善内容

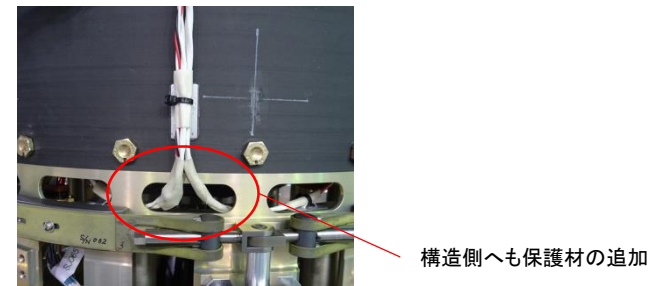
③28V電源系電源喪失の防止：計装系の対策・改善（艤装再現性の向上）

コネクタ接続に対する荷重条件管理と再現性確保のために、第一クランプ点までの艤装を見直す。ハーネス艤装方法を事前に試験で問題のない事を評価し、その施工方法に対する再現性を確保するための手法について以下に示す。

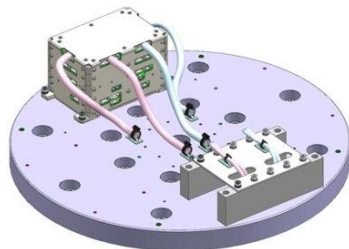
A) 艤装基準(案)の策定
(設計の標準化)



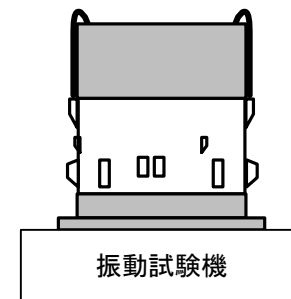
B) 4号機艤装改善点の抽出
(細部設計への反映)



C) 部分模擬による要素試験
(QTLレベル印加など)



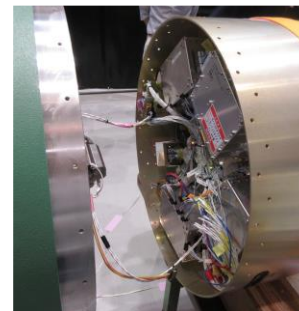
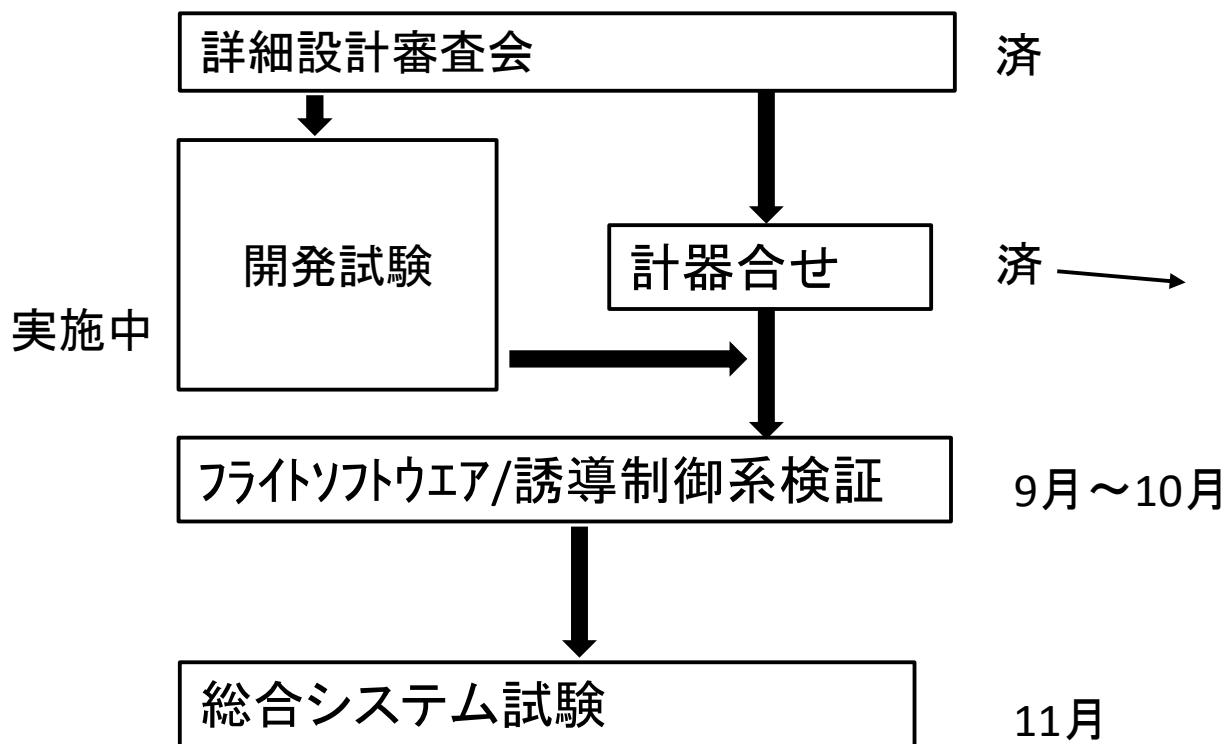
D) 全体模擬による確認試験
(QTLレベル印加など)



3. 5号機の開発進捗状況

3-1. 開発スケジュール

- 要素試験、5号機の製作は計画に基づき順調に実施されている。
- フライトソフトウェア/誘導制御系検証を開始する。完了後、総合システム試験を実施する。



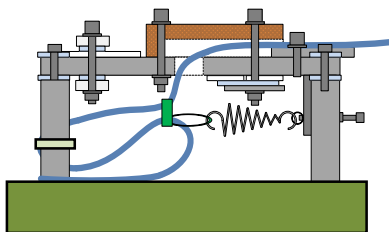
3-2. 開発試験の状況

失敗の推定原因への対策の有効の確認のため、以下に示す試験を実施し、対策の有効性確認、設計基準への反映、製造工程の確認を実施している。(一部は実施予定)

試験状況(一例)と対応する対策内容

1. ケーブルダクト引出し孔部ハーネス振動試験 : 実施済み
→ ① ダクト引き出し孔部でのハーネス保護
2. ケーブルダクト要素試験・試作試験 : 実施済み
→ ② ケーブルダクト本体の耐環境性向上
3. ハーネス艤装確認試験(設計基準用) : 実施済み
4. フライト艤装耐環境性評価試験(フライト品艤装評価) : 実施予定
→ ③ア) 信頼性を担保する設計(不具合の防止)
→ ③イ) 適用基準の再考

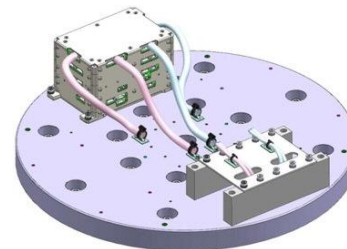
1. ケーブルダクト引出し孔部ハーネス振動試験



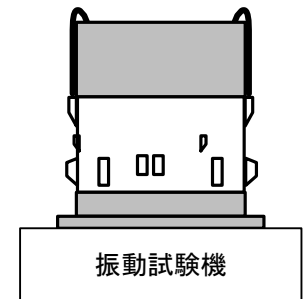
2. ケーブルダクトの要素/試作試験



3. ハーネス艤装確認試験



4. フライト艤装の耐環境性評価試験



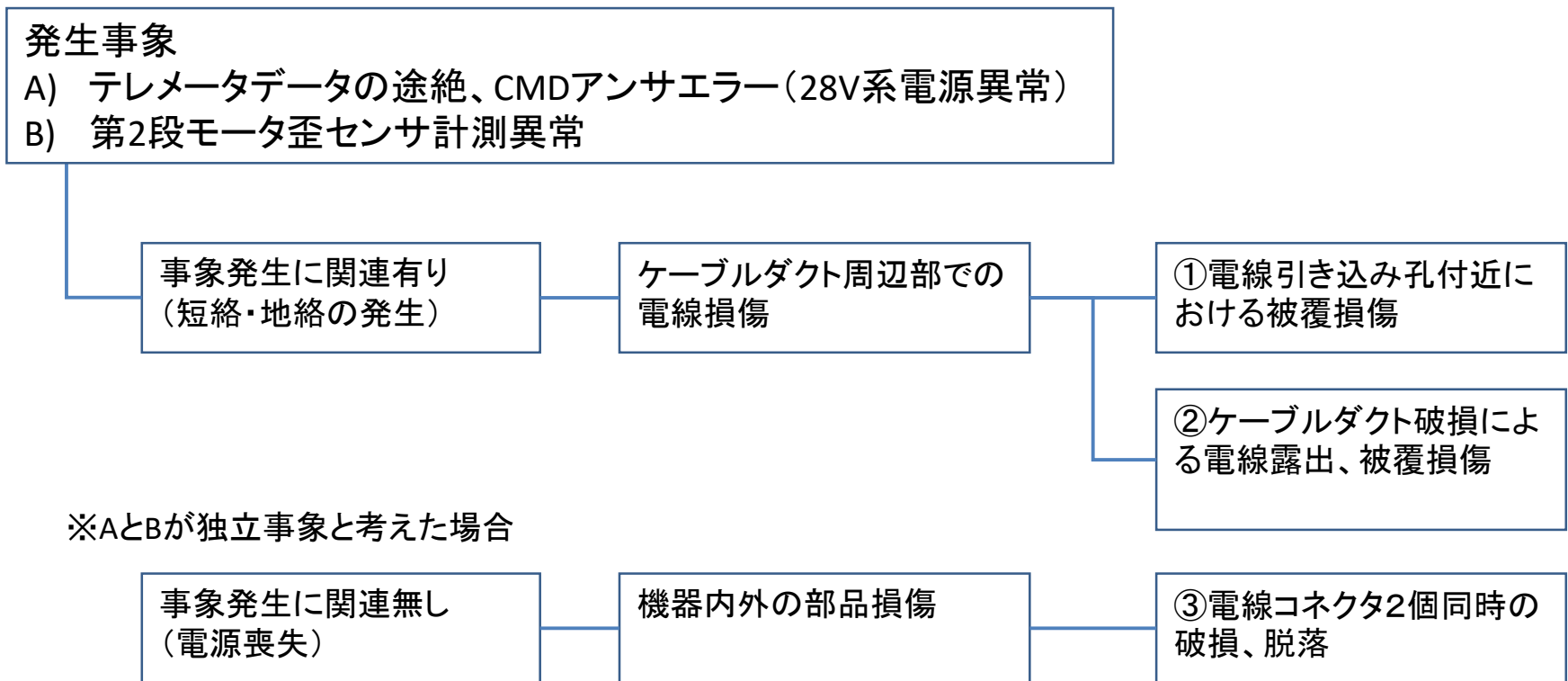
4. まとめ

- 4号機の失敗原因に対する対策とその他の改善点を、5号機の設計に反映し、その内容を詳細設計審査会にて確認した。フォローアップ確認会を設置して、開発状況を定期的に確認している。
- 上記の対策、改善内容にかかる検証試験は順調に実施されており、結果も良好である。
- 5号機の開発は、計画どおりに進んでいる。
- 今後、フライトソフトウェア/誘導制御系検証、総合システム試験を行い、射場作業前までの機能確認を11月までに行う。
- 打上げに係る安全対策については、今後、調査・安全小委員会へ諮る。

補足資料

(補足)4号機の推定原因(第33回宇宙開発利用部会にて報告済み)

確認された発生事象およびFTAによって抽出された発生要因に基づき、発生事象の関連性の有無を考慮した発生部位および原因を以下の通り推定した。



(補足) 推定原因への対策案 (第33回宇宙開発利用部会にて報告済み)

① 電線被膜の損傷対策

- 電線引込み孔については、これまでの実績を踏まえて位置、形状等の見直しを行い、信頼性を向上させる。
- 電線と金属部を直に接しないような設計に見直す。当該部位の振動損傷試験等を事前に実施して保護効果を確認する。
- さらなる信頼性向上策として、電線および被覆材質、保護施工を見直し、振動損傷に対する耐性を向上させる。

② ケーブルダクトの破損対策

- 軽量化、打上げ能力向上を目指した設計変更を実施したが、実績を踏まえた設計仕様に見直し、信頼性を確保する。

③ 電線コネクタの脱落、破損

- 電源喪失に至らないよう各機器への電源系冗長策について再検討する。