

H - A ロケット 6 号機 打上げ失敗の
原因究明状況について

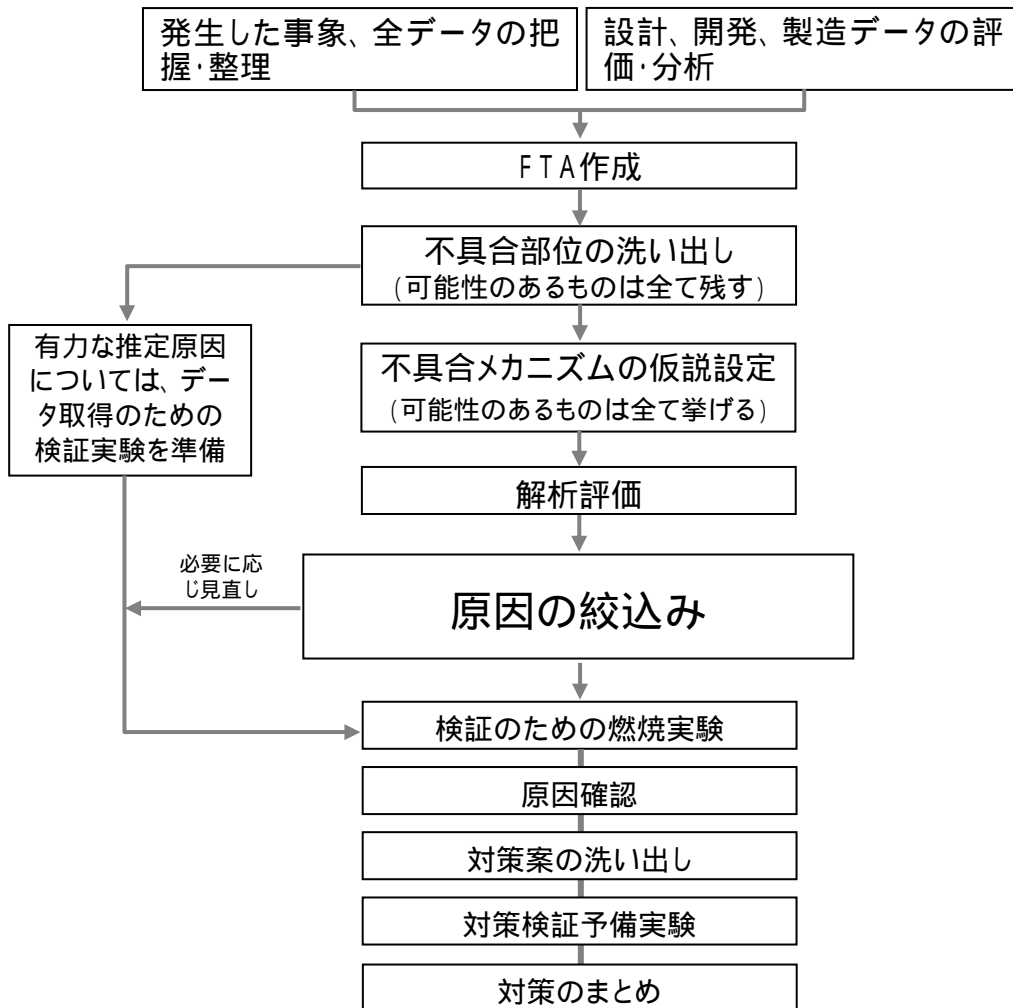
平成 15 年 12 月 9 日
宇宙航空研究開発機構

目次

1. 打ち上げ結果の概要	…	1
1.1 飛行状況		
1.2 テレメータデータの受信状況		
1.3 各サブシステムの飛行結果概要		
2. 飛行データ	…	12
2.1 計測項目		
2.2 異常事象の時系列整理		
2.2.1 時系列整理		
2.2.2 センサ取り付け場所、方法		
2.2.3 各事象の物理的意味		
3. 機体搭載カメラ画像データ	…	32
3.1 計測概要		
3.2 解析結果		
4. 異常事象の原因検討	…	34
4.1 故障の木解析(第1次FTA)		
4.1.1 分離シーケンス異常		
4.1.2 分離機構異常		
4.2 現状の整理		

調査にあたって

(1) 当面の作業の進め方(案)



(2) 調査対象の一覧

	分類	調査対象
発生した事象、全データの把握・整理	全飛行データ	(1) テレメトリーデータ <ul style="list-style-type: none"> - イベントデータ - 機体各部状態量 - 機体搭載カメラ画像 - 航法データ
		(2) 光学データ <ul style="list-style-type: none"> - リフトオフ時光学映像
設計、開発、製造データの評価・分析	製造・検査データ (可能性のある部位)	(1) 品質保証プログラム等計画書 (2) 各種仕様書 (3) 図面 (4) 作業標準書 (5) 検査実施要領書 (6) 検査成績書 (7) 品質保証用ログブック (8) 不具合記録 (9) 整備作業検査記録 (10) 記録写真
	設計・開発データ (可能性のある部位)	(1) 設計基準 (2) 設計計算書 (3) 業務委託成果報告書 (4) 開発仕様書・インターフェース仕様書

← 本日の範囲

1. 打上げ結果の概要

1.1 飛行状況

飛行中の主要イベントについて表1.1-1に示す。H-A6号機は打上げ後予定された飛行経路に沿って正常に飛行した。

打上げ後約105秒にロケット搭載の第1段誘導制御計算機(GCC1)から固体ロケットブースタ(SRB-A)分離信号が送出されたが、2本の内1本(R側:右側)が分離しなかった。

その後、徐々に慣性速度が不足し始め、固体補助ロケット(SSB)、上部衛星フェアリング分離、第1段分離後、第2段が燃焼を開始したが、このままでは衛星の軌道投入に必要な高度および速度が不足することから、13時43分53秒(打上げ後約10分53秒)に指令破壊信号をロケットに送信した。

ロケットは太平洋上に落下したものと推定される。

飛行時の慣性速度を図1.1-1に示す。

表1.1-1 H-Aロケット6号機主要イベント(打上げ後の時間)

No	主なイベント	実測値	計画値	備考
	固体ロケットブースタ(SRB-A)点火 リフトオフ(13時33分)	0秒	0秒	
	固体補助ロケット(SSB)第1ペア点火	10秒	10秒	
	固体補助ロケット(SSB)第1ペア燃焼終了	1分 8秒	1分 9秒	
	固体補助ロケット(SSB)第2ペア点火	1分 16秒	1分 16秒	
	固体ロケットブースタ(SRB-A)燃焼終了	1分 38秒 (*1)	1分 39秒	
	固体ロケットブースタ(SRB-A)分離 (2本中1本については分離できなかった)	1分 45秒	1分 45秒	(*2)
		1分 47秒	1分 46秒	(*3)
	固体補助ロケット(SSB)第1ペア分離	1分 48秒	1分 47秒	
	固体補助ロケット(SSB)第2ペア燃焼終了	2分 14秒	2分 15秒	
	固体補助ロケット(SSB)第2ペア分離	2分 24秒	2分 24秒	
	上部衛星フェアリング分離	4分 46秒	4分 10秒	
	第1段エンジン燃焼停止	6分 33秒	6分 28秒	
	第1 / 2段分離	6分 40秒	6分 36秒	
	第2段エンジン点火	6分 46秒	6分 42秒	
	指令破壊コマンド送信	10分 53秒	-	

(*1) 実測値(L側)の最大燃焼圧力(ノミナル値)の2%到達時点

尚、10%到達時点は1分31秒

(*2) 前/後方プレス分離時刻

(*3) スラスト・ストラット分離信号送出時刻

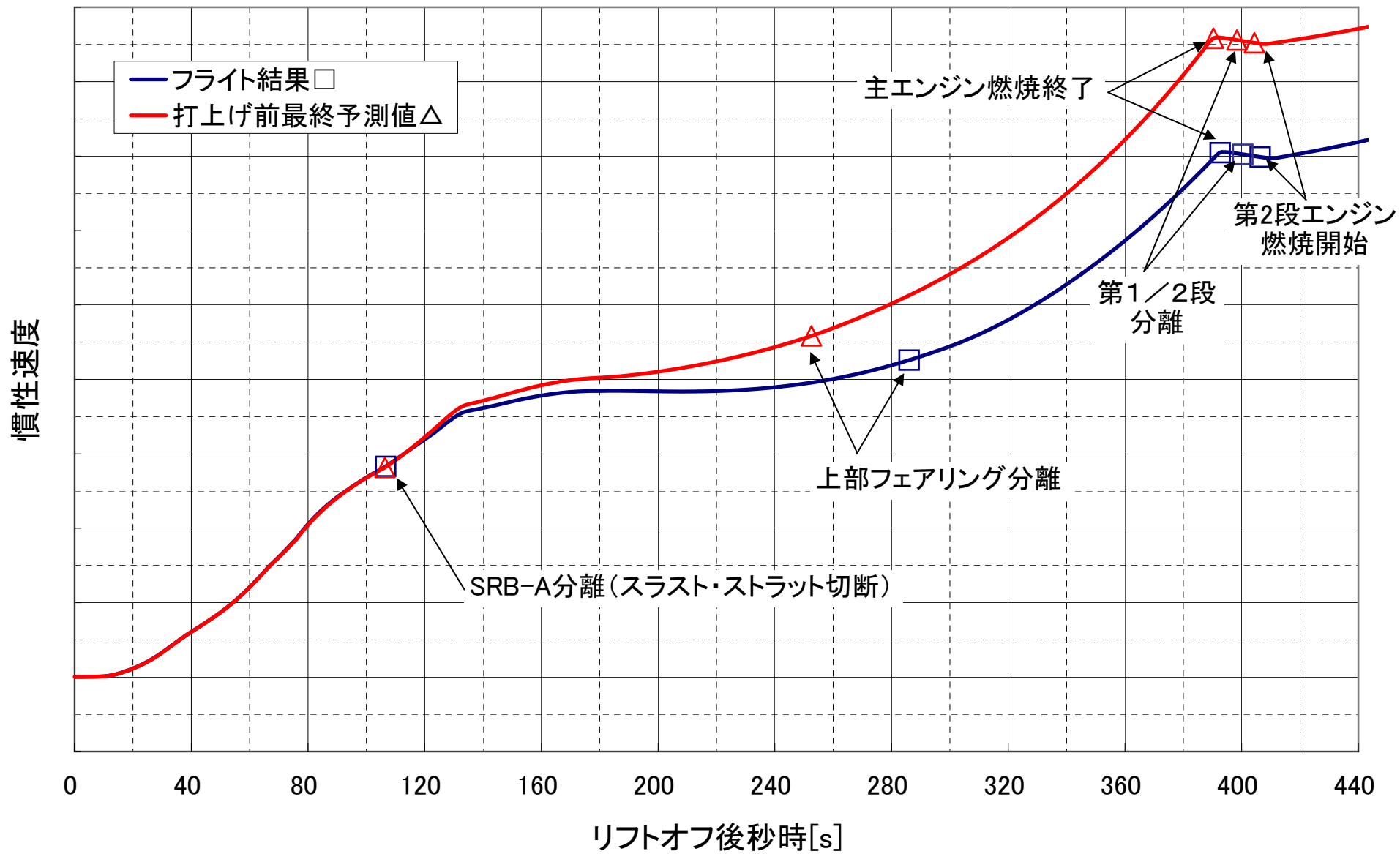


図1. 1-1 慣性速度

1.2 テレメータデータの受信状況

飛行中のテレメータデータは、地上局でほぼ正常に受信できた。

尚、従来号機と同様、リフトオフ直後において、第2段機体のテレメータデータに断続的に受信途絶が発生しているが、飛行データ評価に支障はない。特に、今回異常が見られた60秒から70秒前後においては、すべてのデータが取得できた。

打上げ後約62秒以降、固体ロケットブースタ(SRB - A)のR側に発生した異常に起因して影響を受けたと見られるデータが取得されている。

テレメータデータ(約1700項目)の内、表1.2 - 1に示す数項目のデータに計測不良が発生している。

表1.2 - 1 計測不良データ

サブシステム	計測項目	データの状況
SRB - A	モータケース歪(2ch)	L側(左側)の歪センサが断線
1段	メイン燃焼圧力(1ch)	2つの内1つのセンサが氷結
フェアリング	内外差圧(1ch) 内部音響(1ch)	打上げ後20秒付近から計測異常 打上げ直後にほとんど出力しない
2段	液酸・液水噴射器温度(2ch) メインバルブ閉モニタ信号(2ch)	燃焼開始+4.5秒付近以降 計測異常

1.3 各サブシステムの飛行結果概要

飛行データに基づく各サブシステムの飛行結果について、継続して詳細評価中であるが、現時点での評価結果を以下に示す。

(1) リフトオフ時の状況

リフトオフ時の機体環境(機械的環境、熱的環境)、地上設備との接触および脱落物等による異常の有無について、飛行データ及び地上で計測したビデオ画像で確認した結果、現時点異常は見当たらない。

(2) 固体ロケットブースタ(SRB - A)

リフトオフ後、固体ロケットブースタは正常に作動していたが、打上げ後約62秒付近にR側SRB - Aノズル温度の異常が発生した。その後、R側後部アダプタに搭載している各機器のデータに異常が順次発生し、約68秒時点からL側のSRB - A舵角量が増加した。

(3) 固体ロケットブースタ(SRB - A)の分離

打上げ後約105秒～約107秒に、第1段機体から分離モータ点火、前方/後方プレス分離、スラストストラット切断の各信号が送信され、L側SRB - Aは正常に分離した。しかしながら、R側については、前方プレス2本がいずれも分離せず、第1段機体に取り付いたままであった。

SRB - Aの分離概念図を図1.3 - 1に、分離火工品系統図を図1.3 - 2に示す。また、SRB - A分離に係るイベントとその作動/不作動の評価を表1.3 - 1に示す。

(4) 固体補助ブースタ(SSB)

4本の固体補助ブースタは58秒間正常に燃焼し、第1段機体から正常に分離した。

(5) 第1段推進系

第1段推進系については打上げ前のエンジン予冷、エンジン始動シーケンス、定常燃焼、停止シーケンスが正常であり、エンジンの機能・性能は正常であったと考えられる。

SRB - A(R側)の異常発生時点以降(打上げ後約68秒付近)、エンジン舵角が増大した。また、補助エンジンが従来号機と異なり、SRB - A分離前に作動し姿勢制御を行った。

(6) 第2段推進系

SRB - A (R側) が分離しなかったことから、第1段飛行中の加速度が計画に比べ低くなり、機体に搭載されたコンピュータにより1段飛行中のシーケンス開始時刻の補正が行われた。(シーケンス開始時刻が計画秒時より遅くなった)

その結果、第2段エンジンの着火前予冷開始が遅れ予冷不足状態で始動した。このため、噴射器への酸素流入遅れによるエンジン始動遅れ、混合比の低下などにより、始動過渡時に発生する振動が従来に比べ大きくかつ持続時間が長くなった。

第2段エンジンは飛行中断まで安定して作動したが、燃焼圧力の変動が従来号機よりやや大きめである。

第2段エンジン燃焼中の圧力変動については従来号機からの検討項目であり別途詳細評価を実施する計画である。

(7) 航法・誘導系

異常発生時点(打上げ後約62秒)までの電子機器のデータに異常は無く、正常に作動していた。異常発生後の状況を以下に示す。

1段誘導制御

打上げ後約68秒以降、姿勢変動の増加に応じた制御を行い第1段エンジン舵角、SRB - A (L側) 舵角が増大した。SRB - A 分離以降はSRB - A (R側) が分離していないものの、安定した姿勢制御が行われた。

フェアリング分離

SRB - A (R側) が分離しなかったことから、第1段飛行中の加速度が計画に比べ低くなり、機体に搭載されたコンピュータにより1段飛行中のシーケンス開始時刻の補正が行われた。(シーケンス開始時刻が計画秒時より遅くなった)

その結果、約36秒遅れて上部衛星フェアリング分離指令信号を送信し正常に分離した。

1 / 2段分離

機体に搭載されたコンピュータにより1段推進薬枯渇を検知し、1段燃焼停止指令信号及び1 / 2段分離信号を送出した。1 / 2段分離において、SRB - A (R側) が1段機体から分離していないことによるアンバランスのため、1段と2段が接触したと推定される加速度変動が観測されている。

2段誘導制御

SRB - A (R側) が分離せず1段フェーズでの獲得エネルギーが不足したこ

とから、補正のため機体に搭載されたコンピュータから誘導開始直後に大きな誘導操舵信号が出ている。姿勢制御は安定して行われており正常に機能したと考えられる。

(8) 電力・電装系

電池電圧・電流値ともに負荷に追従しており正常に機能した。SRB - A (R側)の制御系機器に電力供給している1段コントロール用電池については、打上げ後約69秒付近～打上げ後約105秒付近の間SRB - A (R側)の異常に起因した電流増加及び電圧低下が発生した。

(9) 構造系

異常発生時点(打上げ後約62秒)までの構造系データ(加速度、音響・ランダム振動及び温度)には一部のデータ計測不良を除き異常は見られない。

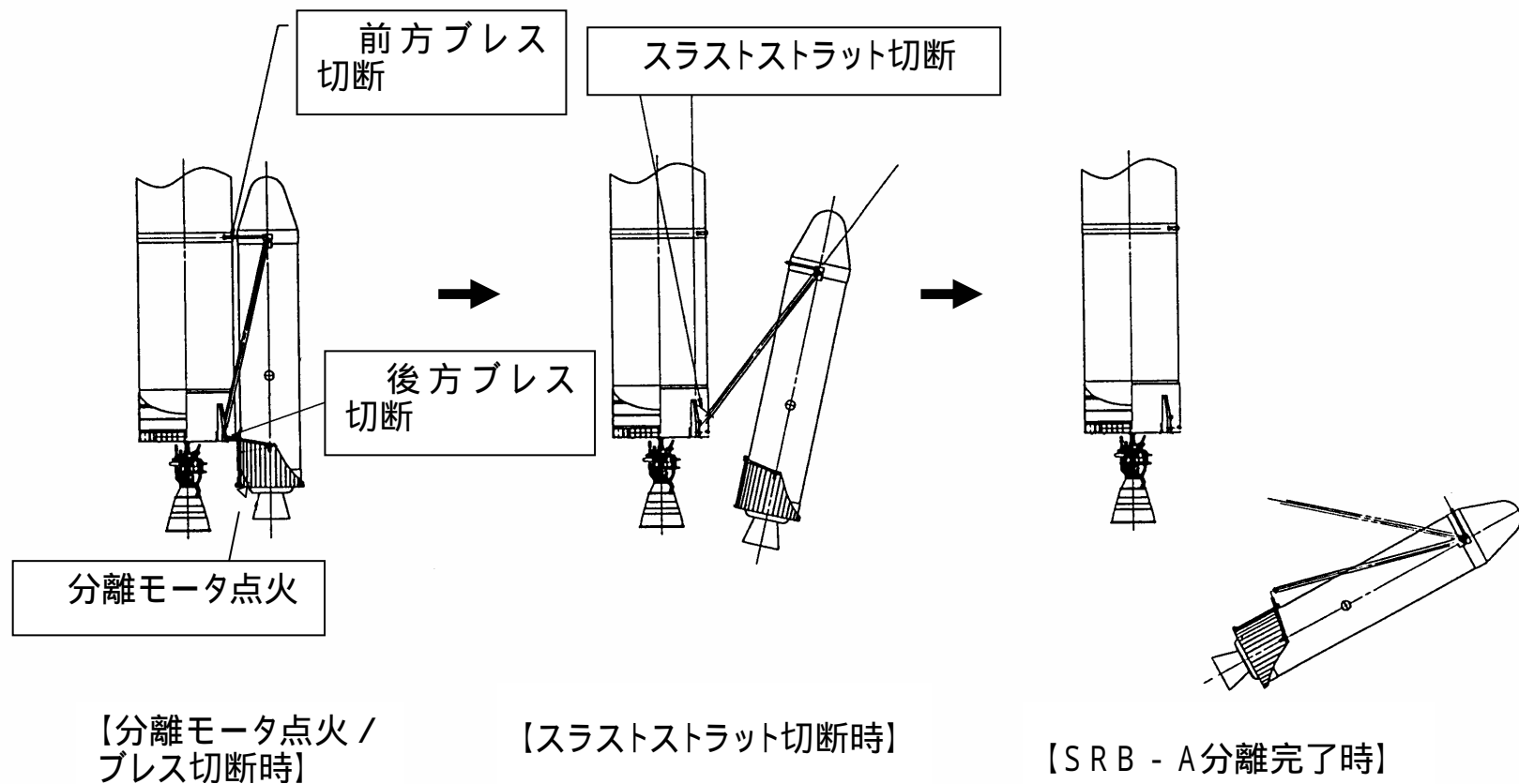
異常発生以降の状況を以下に示す。

低周波振動加速度・ランダム振動

打上げ後約68秒～約90秒にSRB - A及び1段機体の各部の加速度センサデータに従来号機より大きい変動が観測されている。

温度

1段エンジン・カバー(SRB - A R側に近い)の加熱率センサデータが従来号機より大きめの値を示している。



イベント	時間差
分離モータ点火	- 0.1秒
前方 / 後方プレス分離	0秒
スラストストラット切断	1.4秒

図1.3 - 1 SRB - A分離概念図

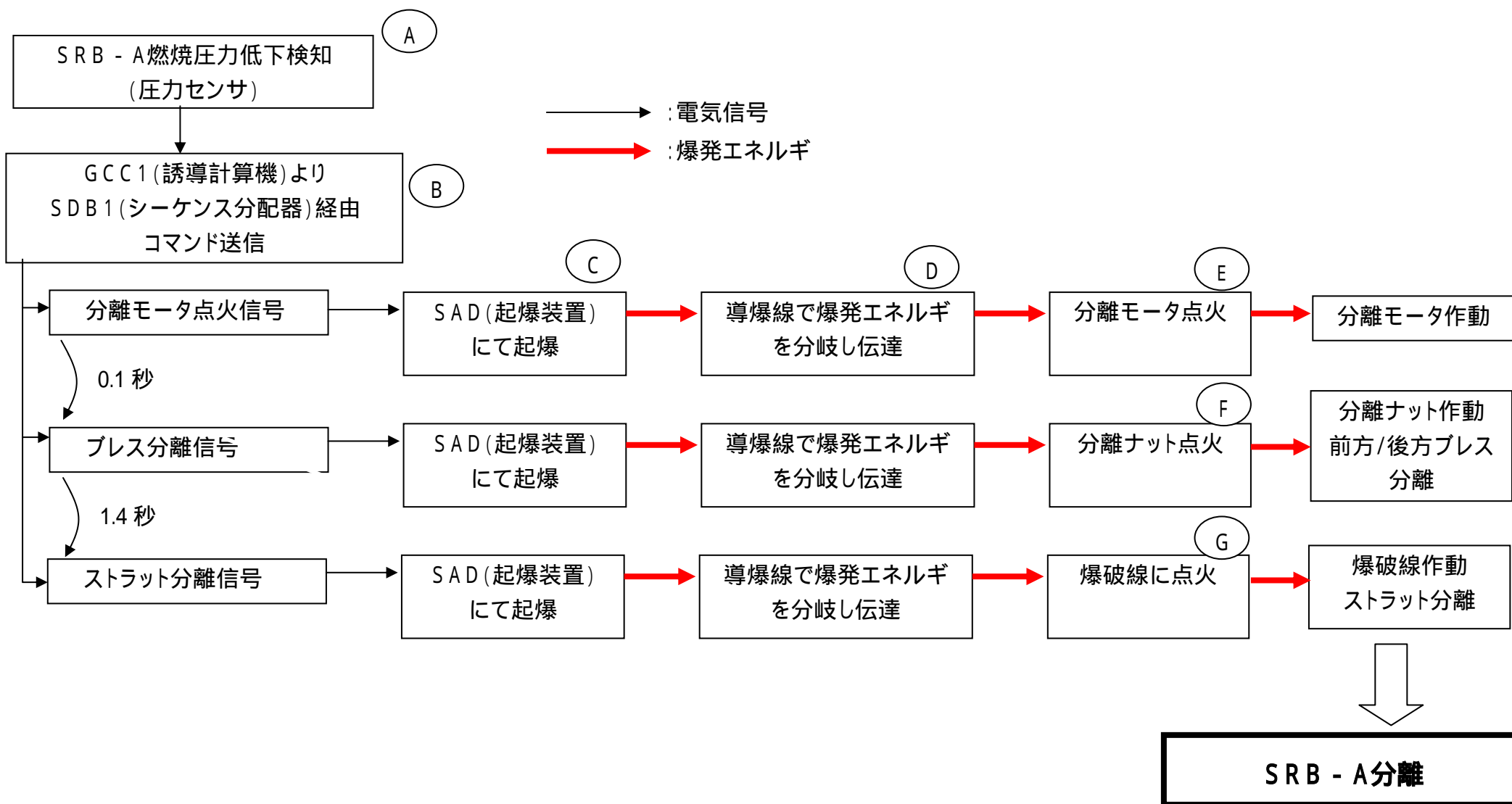


図1.3-2(1/2)SRB-A分離用火工品系統図

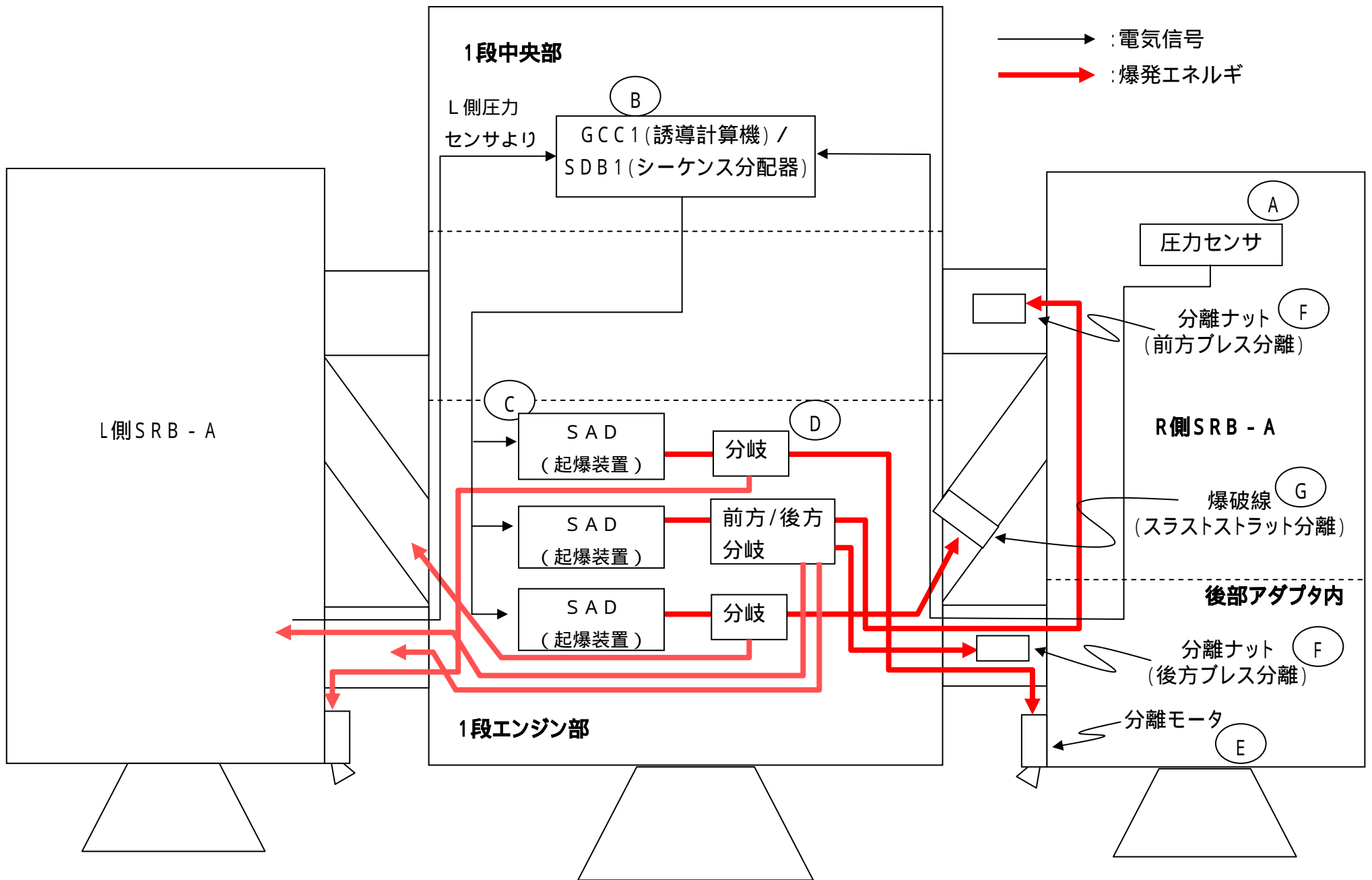


図1.3-2(2/2) SRB-A分離用火工品系統図

表1.3 - 1 SRB - A分離に係るイベントとその評価

SRB - A分離主要イベント	イベント時間(*1) (打上げ時刻基準)	イベントの直接データ	作動 / 不作動の評価		
			R側	L側	
分離モータ点火 (燃焼秒時 約1.5秒)	1分45.1秒	分離コマンド		分離画像によるSRB - A挙動 (後方が第1段機体から離れる 運動)から分離モータは作動。	分離画像による分離運動評 価から分離モータは作動。
前方プレス / 後方プレス 分離	1分45.3秒	分離コマンド (前 / 後とも同一コマンド) 分離信号 (後方プレス切断検知)	前 ×	分離画像から不作動。	分離信号検知、分離画像か ら作動。
			後	分離信号検知、分離画像(後方 が一度第1段機体から離れる 運動)から作動。	
スラストストラット切断	1分46.6秒	分離コマンド		第1段機体エンジン部加速度に 複数の衝撃を確認。 切断衝撃に加え、切断後の再 接触を示すものと判断。(F6特 有データ)	分離画像から作動。

* 1: コマンド送出時間

2. 飛行データ

ここでは1項で整理した飛行結果の中で特に異常が集中しているSRB-A(R側)に関係した飛行データについて、異常事象の発生状況の整理を行った。ここではその整理結果について概要を示す。

2.1 計測項目

表2.1-1にSRB-A(R側)に関係した計測項目リストを示す。SRB-Aのノズル方向を制御する電動アクチュエータ関係、その電源となる駆動用電池関係、異常飛行時の安全を確保するために使用する機器関係データの他、ノズルの温度・歪、燃焼圧力等の計測を行っている。

2.2 異常事象の時系列整理

2.2.1 時系列整理

テレメータデータにより観測された異常事象を時系列で整理したのが表2.2.1-1である。

これまで分かった範囲で最も早くに起きている事象はSRB-A(R側)内のノズル温度の上昇である。打ち上げ後約62秒から上昇が観測されているが、1秒経たないうちに計測範囲の上限値を示している。

この後主としてSRB-A(R側)内部での異常が時間とともに発生しているが、第一段機体系データにも幾つか異常が見られている。

SRB-A(R側)内では最初の事象に引き続いて主にノズル周辺での信号異常(1群)が発生している。その後ノズル駆動用電池モニタの異常(2群)、アクチュエータ系データの異常(3群)、燃焼圧力センサデータの異常、電力分配装置系データの異常(4群)と進行している。

第一段機体系では約64秒に1段エンジンカバー外部圧力が0出力を示すのが最初の現象であり、その後約68秒の機体姿勢制御関係データの異常、約68.5秒の1段コントロール電池電圧の低下と進行している。1段コントロール電池電圧は約104秒の電動アクチュエータ制御装置オフと圧力センサオフに伴って段階的に復帰・正常となった。105秒から107秒には予定通りSRB-A分離の信号が出力されている。

2.2.2 センサ取り付け場所、方法

SRB-A(R側)を中心とした概要図を図2.2.2-1に示す。また、SRB-A(R側)内の温度センサ及び歪センサの取り付け場所は図2.2.2-2に示す通りである。

最初に異常が見られたノズル温度はノズルの180°方向上部に取り付けられている。2番目に温度上昇が見られたサーマルカーテン温度は、搭載機器をノズルの熱から保護するためのサーマルカーテンの0°方向中央部

に取り付けられている。その後0出力となったノズル歪センサはノズルの上部の0°方向に、ノズル温度センサはノズルの270°方向の上部やや下に2箇所および45°方向の下部に1箇所に取り付けられている。

2.2.3 各事象の物理的意味

前項で整理した異常事象について、物理的意味を踏まえた現象の整理を実施している。

(1) 最初の事象

最初に発生したSRB-A(R側)内ノズル温度センサは図2.2.3-1に示す通り62.2秒から上昇を始めており、62.9秒には上限値に達している。設計上センサ又はその信号線が断線した場合にも上限値を示すことから、実現象か断線かの識別は困難である。その後、64.2秒には下限値を示している。これは-100以下と言う大変低い温度を示すこととなり実現象とは考えにくく、センサまたはその信号線が短絡したものと考えられる。

上限値に達するまでのデータについて拡大したものが図2.2.3-1(2/2)である。この62.2秒~62.7秒の間のデータは実現象を示しているものと考えられるが詳細については現在検討中である。

(2) ノズル周辺での信号異常(1群)

最初の事象に引き続き図2.2.3-2に示すとおりサーマルカーテン温度の上昇とその後の下限値出力、ノズル歪信号の0出力、その他のノズル温度センサの下限値出力という異常事象が次々と発生している。これらの下限値出力及び0出力は設計上いずれもセンサ又は信号線が短絡した場合に発生するものであり、かつ温度が-100以下にもなることは考えにくいことから、短絡現象が発生したものと推定している。

また、これらのセンサの取り付け位置はそれぞれ離れているが、信号線は一番最初に現象の現れた温度センサも含めノズル上180°方向で一ヶ所に集まり、そこから束になって後部アダプタにつながっている。

なお、63.0秒~64.7秒の間のサーマルカーテン温度上昇は実現象を示しているものと考えられるが詳細については現在検討中である。

(3) ノズル駆動用電池モニタの異常(2群)

その後約66秒には図2.2.3-3に示すとおりアクチュエータ駆動用電源電圧の異常、及び駆動用電池起動確認信号の異常が発生しているが、この事象についても1群と同様機器内又は機器間配線の短絡によると考えられる。これらの機器及び機器間配線は210°方向~30°方向に配置されている。

(4) アクチュエータ系データの異常(3群)

2群の事象に続いて67.6秒に図2.2.3-4に示すとおりNo.1 アクチュエータ駆動用パワートランジスタの温度が上昇を始め、その約1秒後に下限値を出力している。この温度上昇を示すデータは実現象を示しているものと考えられるが詳細については現在検討中である。また、この温度計測部は約135°方向に配置されている。

また、これに前後して消費電流モニタ、操舵信号モニタ、ポジション・フィードバック・モニタ等アクチュエータ関係信号が連続して0を示すという異常事象が発生している。消費電流モニタ関係の機器及び機器間配線は90°方向～240°方向に配置されており、操舵信号モニタ、ポジション・フィードバック・モニタは90°方向～120°方向に配置されている。

さらに同じ頃に図2.2.3-5に示すとおり3つある燃焼圧力センサデータが相次いで0を示すという異常事象が発生している。これについてもセンサ又は信号線が短絡したと推定している。本センサに関係する機器及び機器間配線は60°方向～330°方向に配置されている。

(5) 電力分配装置系データの異常(4群)

約69秒から約70秒にかけて電力分配装置系の異常が発生しており、いずれもモニタ信号の短絡と推定している。これらの機器及び機器間配線は270°方向～360°方向に配置されている。

この段階でSRB-A(R側)の全ての計測信号が異常となった。

(6) 第1段機体での事象

第1段機体では約64秒に1段エンジン部及びエンジンカバー外部圧力が0を示しているが、この現象はSRB-A(R側)のノズル歪出力が0になるタイミングと一致している。さらにこれらのセンサは第1段機体内の同一の部品から電力を供給しており、この2つの事象は強く関係していると考えられる。

続いて発生している機体姿勢制御関係の異常はSRB-A(R側)内のアクチュエータ系データ異常に同期していること、第1段機体側の姿勢制御機器の他のデータは正常であることから、SRB-A(R側)内アクチュエータ系の異常の影響を受けたものと考えられる。

この後約68.5秒には図2.2.3-6に示すとおり1段コントロール電池の電圧が低下するとともに電流が上限値となる事象が見られる。SRB-A(R側)内の一部の機器はこの電池から電力を供給していることと、この事象が約104秒の電動アクチュエータ制御装置オフと圧力センサオフに伴って段階的に復帰・正常となっていることから、電動アクチュエータ制御装置及び圧力センサまでの間の線が両方とも短絡したと考えられる。

表 2.1 - 1 SRB - A(R側)関連計測項目リスト

No.	計測項目	計測範囲	サンプリング レート[Hz]
1	アクチュエータNo.1操舵信号モニタ	-10 ~ +10V	32
2	アクチュエータNo.2操舵信号モニタ	-10 ~ +10V	32
3	アクチュエータNo.1ポジション・フィードバック・モニタ	-5度 ~ 5度	32
4	アクチュエータNo.2ポジション・フィードバック・モニタ	-5度 ~ 5度	32
5	アクチュエータ駆動電圧モニタ	0 ~ 500V	32
6	アクチュエータNo.1消費電流モニタ	-50 ~ +110A	32
7	アクチュエータNo.2消費電流モニタ	-50 ~ +110A	32
8	アクチュエータNo.1自己診断結果	ON: 正常 OFF: 異常	64
9	アクチュエータNo.2自己診断結果	ON: 正常 OFF: 異常	64
10	駆動用電池起動確認信号	ON: 起動 OFF: 非起動	32
11	アクチュエータNo.1駆動パワートランジスタ温度	-100 ~ 100	8
12	アクチュエータNo.2駆動パワートランジスタ温度	-100 ~ 100	8
13	点火用電池No.1電圧モニタ	0 ~ 21.7V	8
14	点火用電池No.2電圧モニタ	0 ~ 21.7V	8
15	ノズル温度	-100 ~ 100	8
16	指令破壊用受信機No.1アーム指令モニタ	ON/OFF	16
17	指令破壊用受信機No.2アーム指令モニタ	ON/OFF	16
18	指令破壊用受信機No.1破壊指令モニタ	ON/OFF	16
19	指令破壊用受信機No.2破壊指令モニタ	ON/OFF	16
20	早期分離検知No.1	ON/OFF	16
21	早期分離検知No.2	ON/OFF	16
22	駆動用電池起動状態モニタ	ON/OFF	16
23	早期分離破壊イネーブルNo.1モニタ	0 ~ 21.7V	8
24	早期分離破壊イネーブルNo.2モニタ	0 ~ 21.7V	8
25	ノズル温度 -1	-273 ~ +563	40
26	サーマルカーテン温度No.1	-273 ~ +563	40
27	ノズル温度 -2	-273 ~ +563	40
28	サーマルカーテン温度No.2	-273 ~ +563	40
29	ノズル温度 -3	-273 ~ +563	40
30	ノズル歪No.1	-4762 ~ 4762 μ	317
31	ノズル歪No.2	-4762 ~ 4762 μ	317
32	燃焼圧力No.1(センサ出力電圧)	0 ~ 5V	32
33	燃焼圧力No.2(センサ出力電圧)	0 ~ 5V	32
34	燃焼圧力No.3(センサ出力電圧)	0 ~ 5V	32

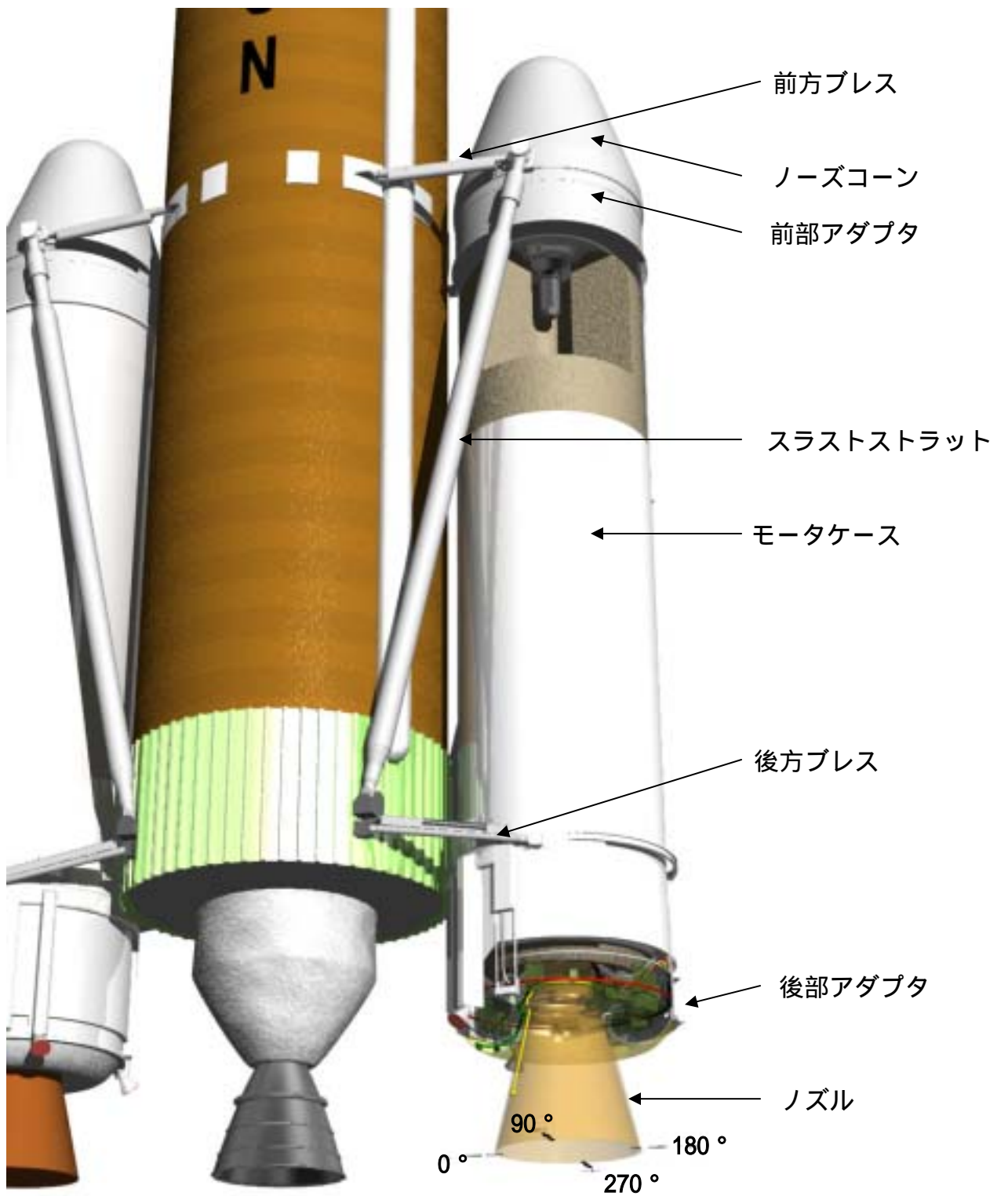


図2.2.2 - 1(1 / 2) SRB-A概要図(R側)

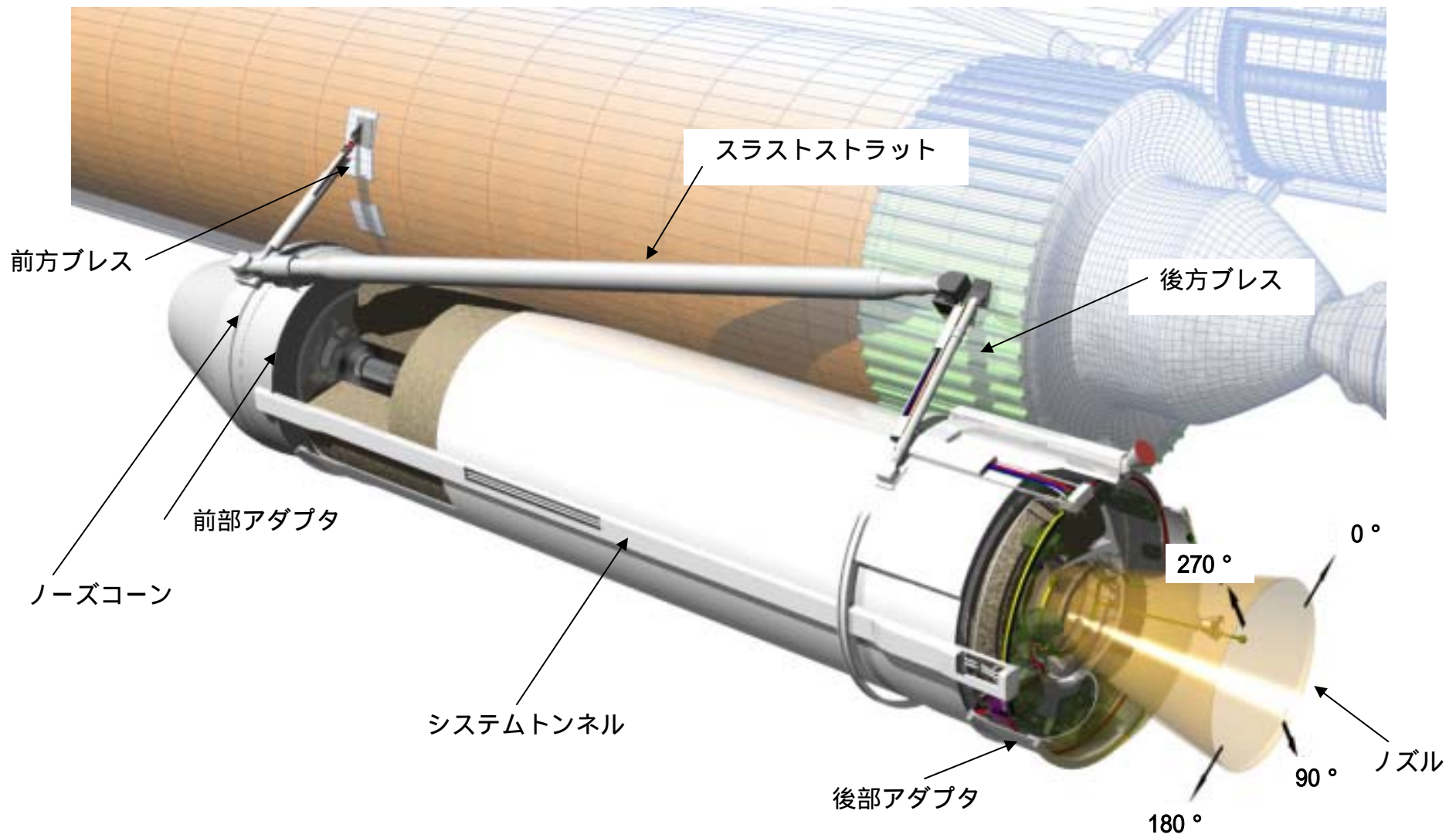
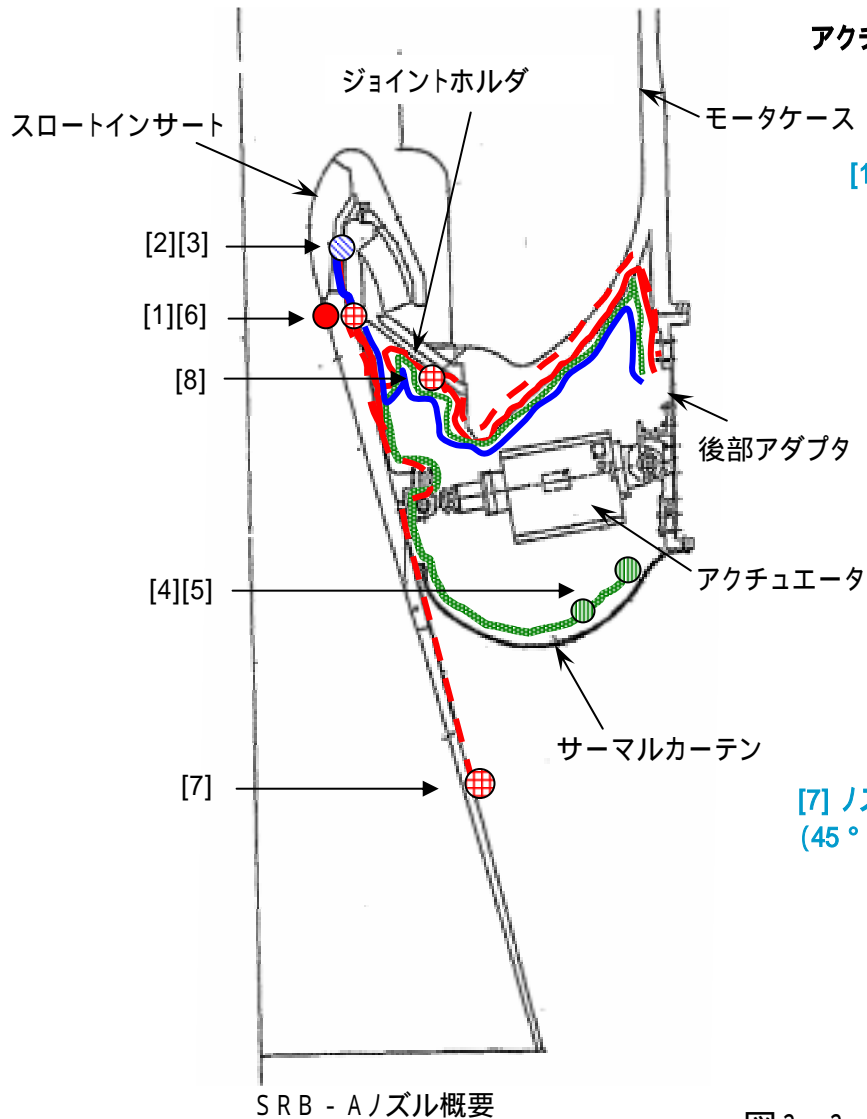


図2.2.2 - 1(2 / 2) SRB-A概要図(手前がR側)

注) 下図は、センサ・ケーブルの機軸方向の位置を示すために
すべてを同一位相で示したものである。



センサ・ケーブル識別

- ——— : [1]
- ——— : [2], [3]
- ——— : [4], [5]
- ⊕ - - - : [6], [7], [8]

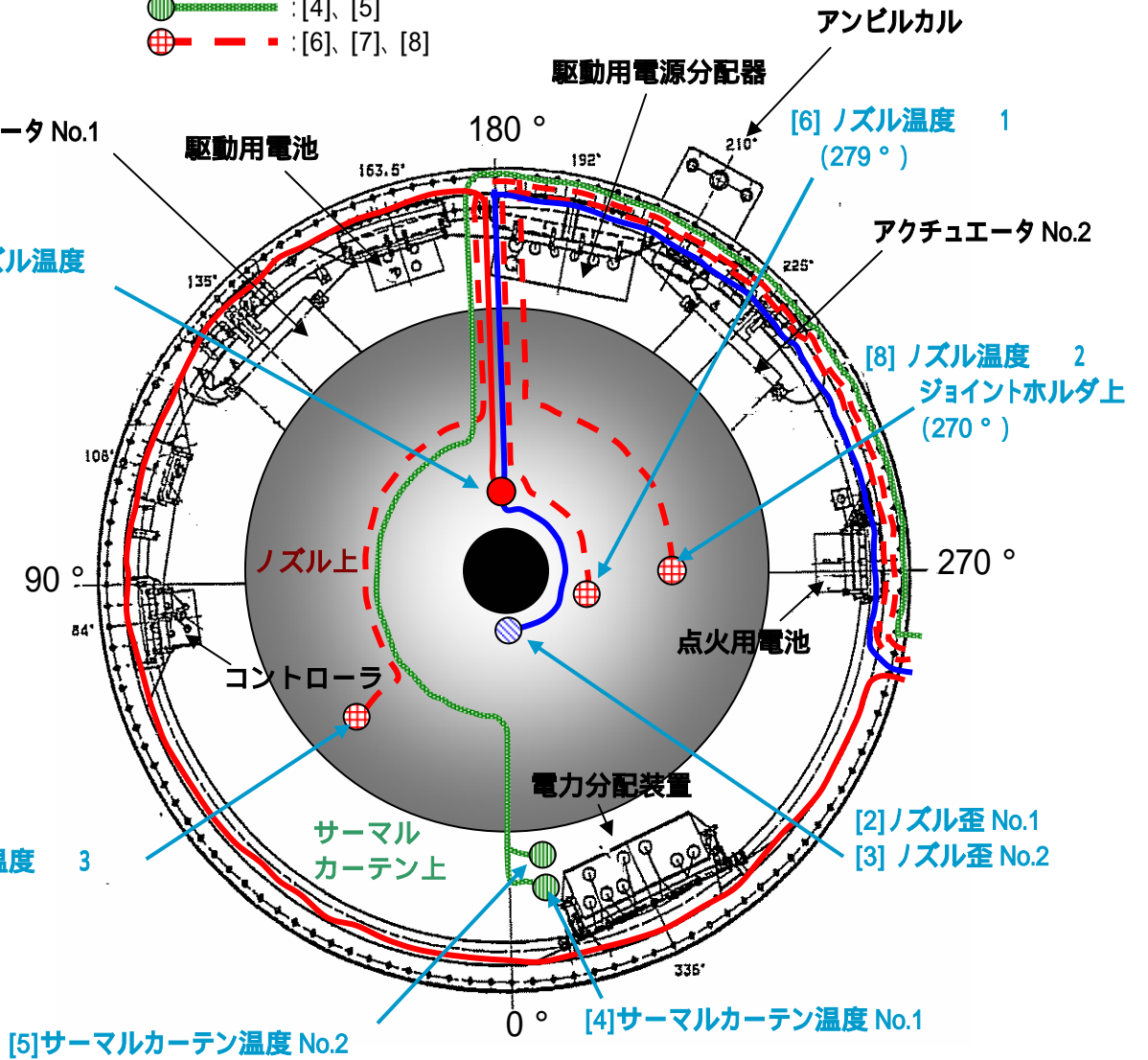


図2.2.2 - 2 (1 / 6) センサハーネス等艤装状況

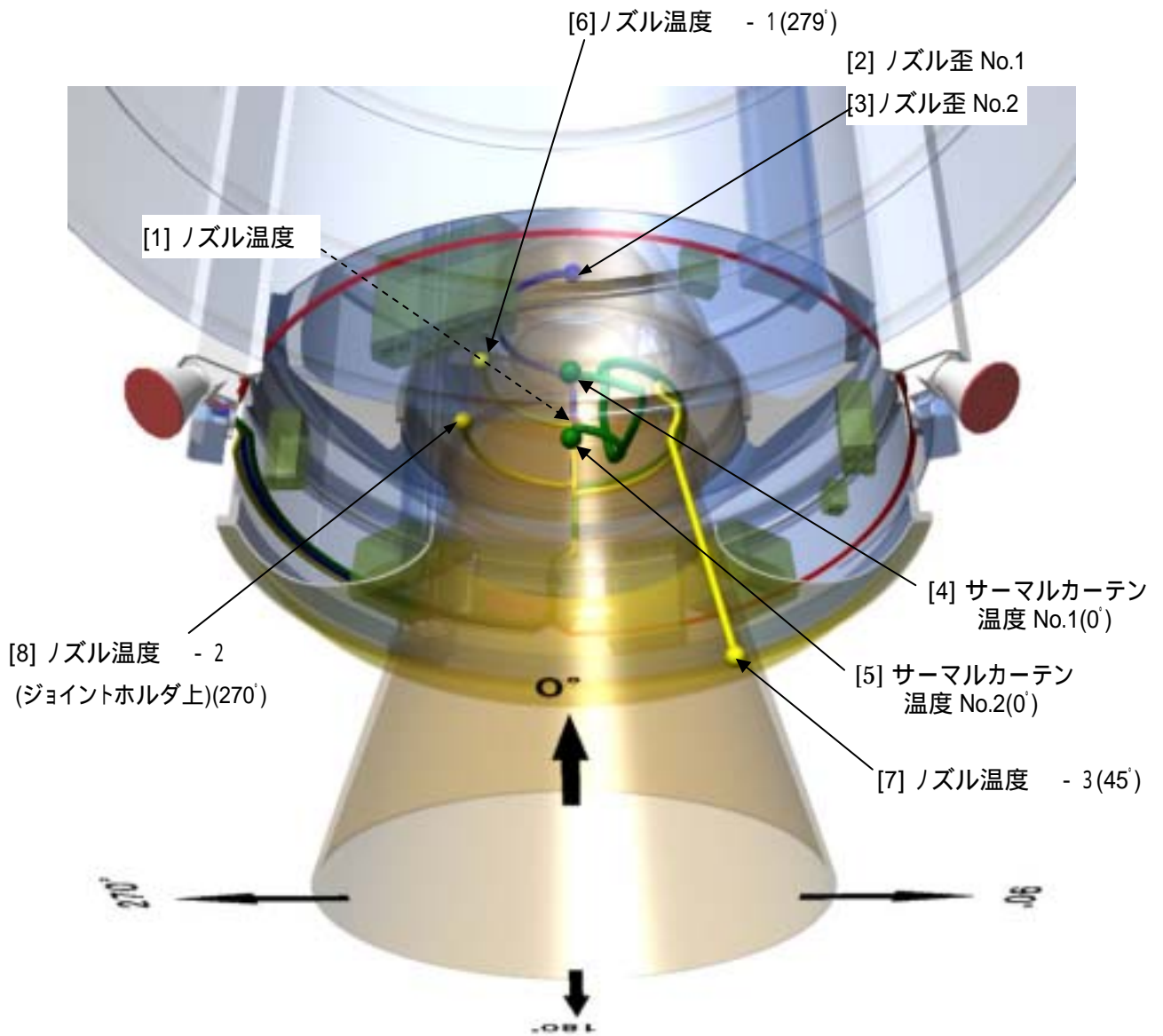


図2.2.2 - 2(2 / 6) センサハーネス等艤装状況(0° 方向から見た)

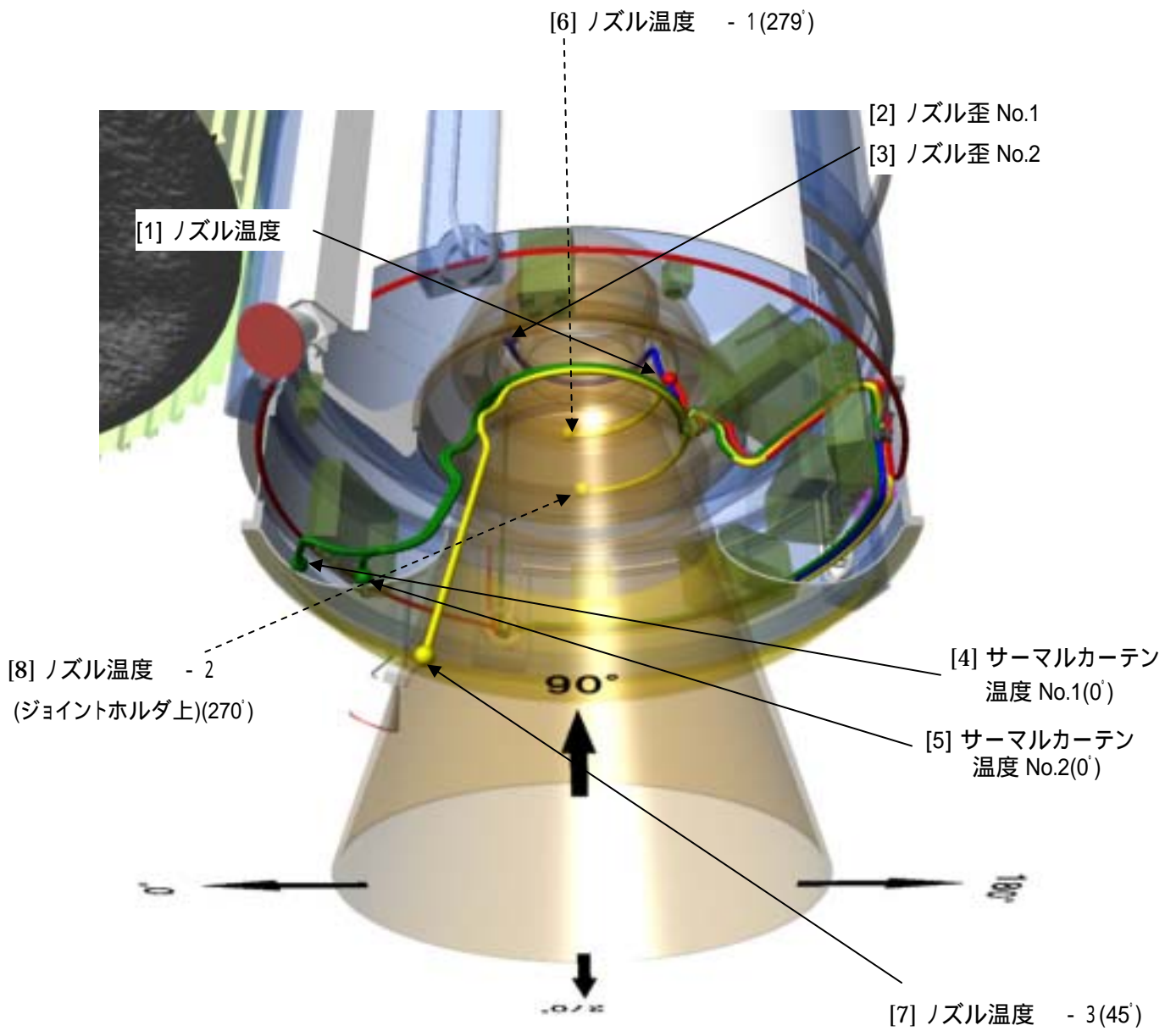


図2.2.2 - 2 (3 / 6) センサハーネス等艤装状況(90° 方向から見た)

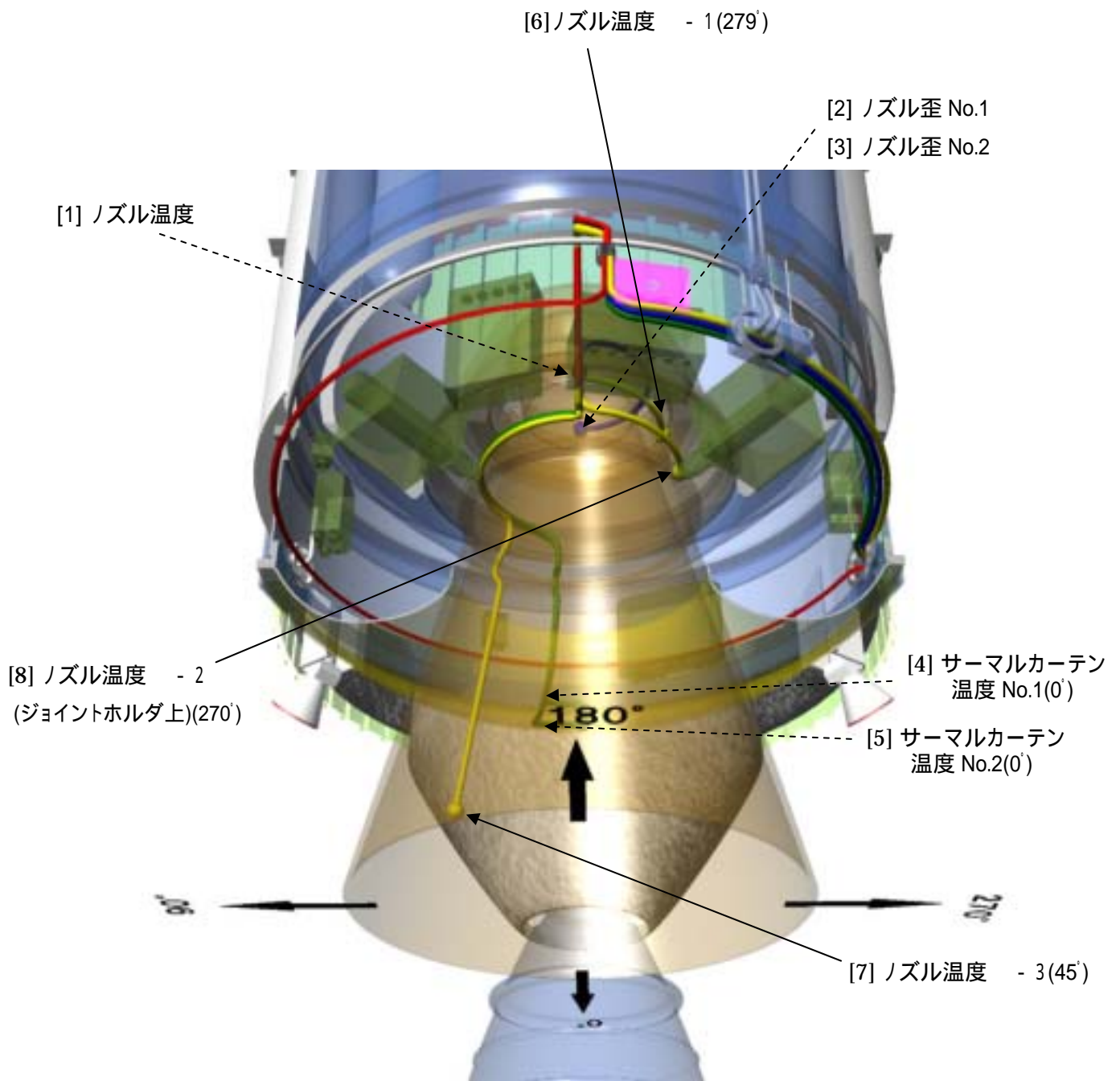


図2.2.2 - 2 (4 / 6) センサハーネス等艤装状況(180°方向から見た)

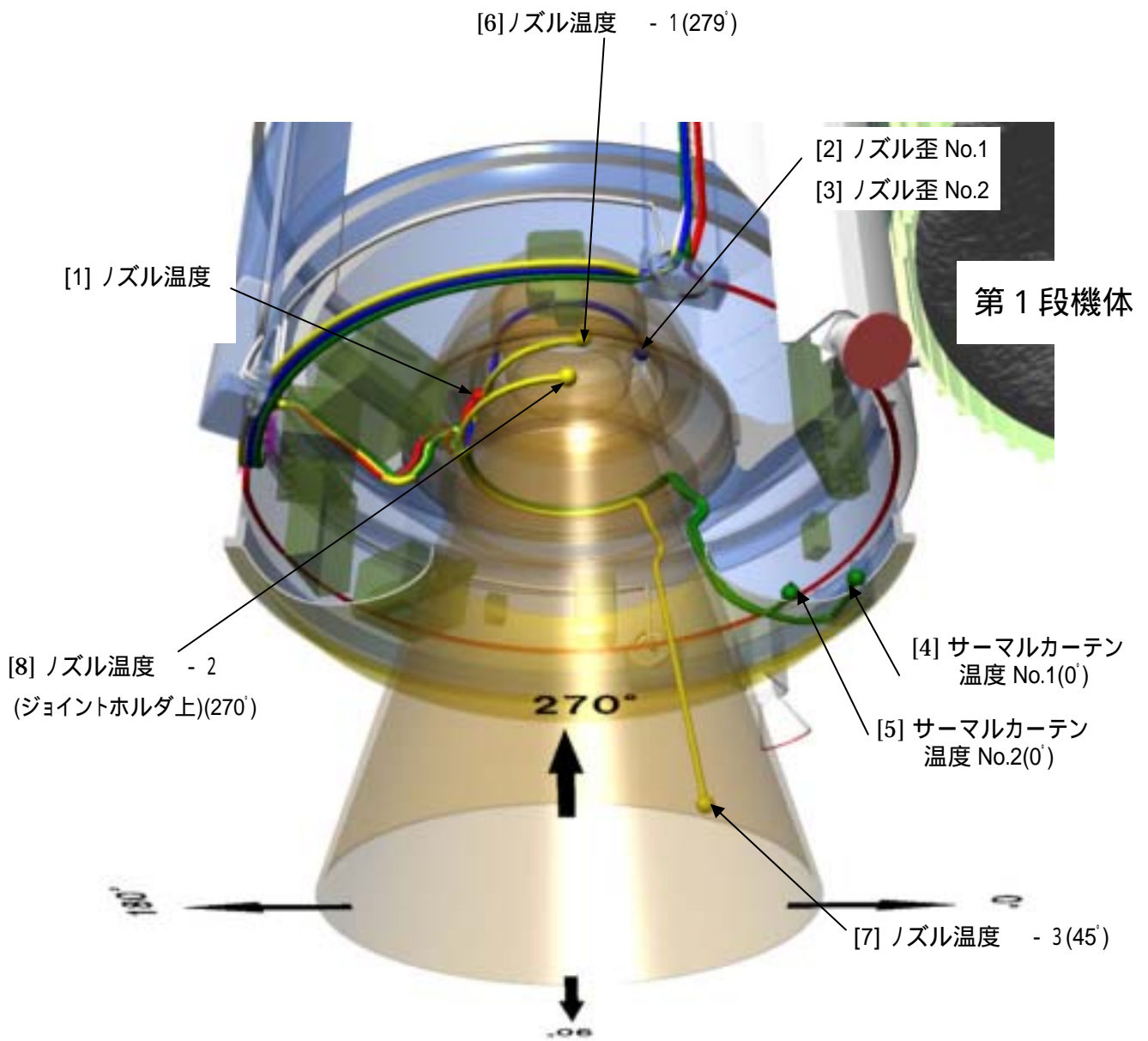


図2.2.2 - 2 (5 / 6) センサハーネス等艤装状況(270° 方向から見た)

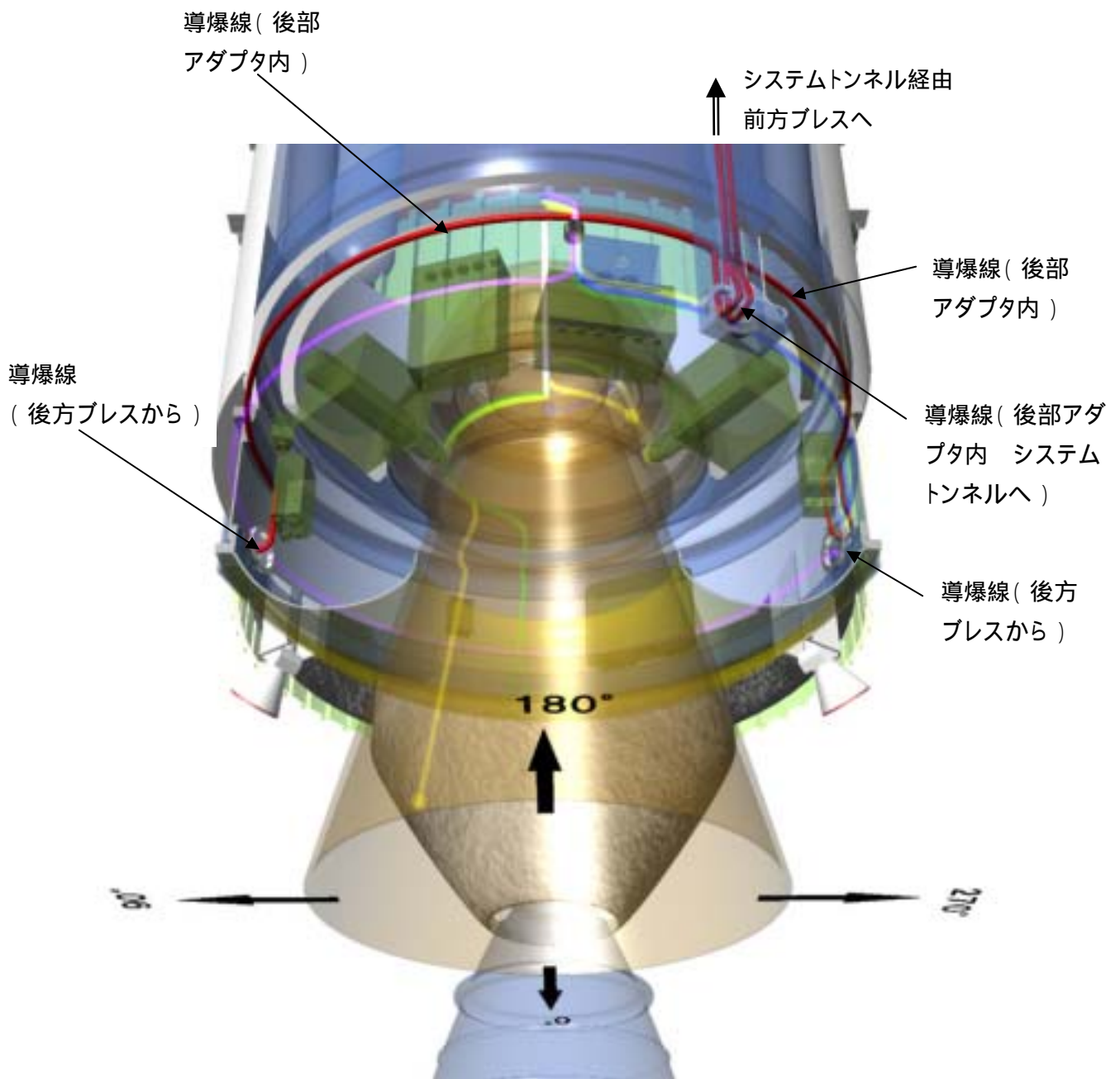


図2.2.2 - 2 (6 / 6) センサハーネス等艀装状況 (180° 方向から見た)
 - 前方プレス分離用導爆線 -

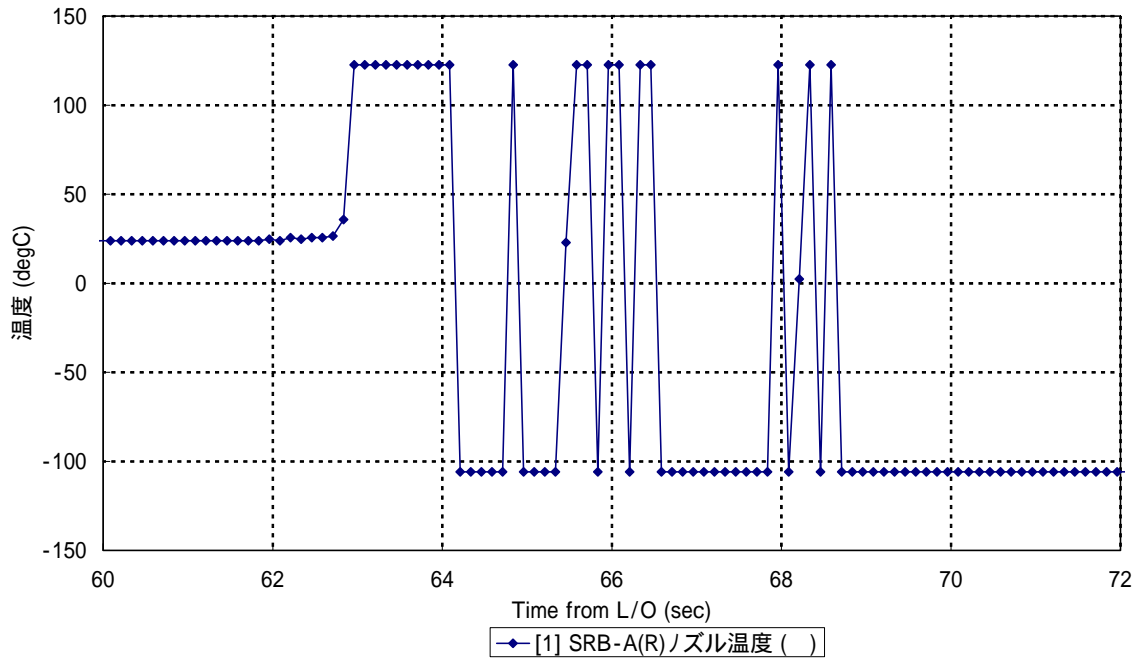


図 2.2.3-1(1/5) 6号機 SRB-A(R 側)ノズル温度

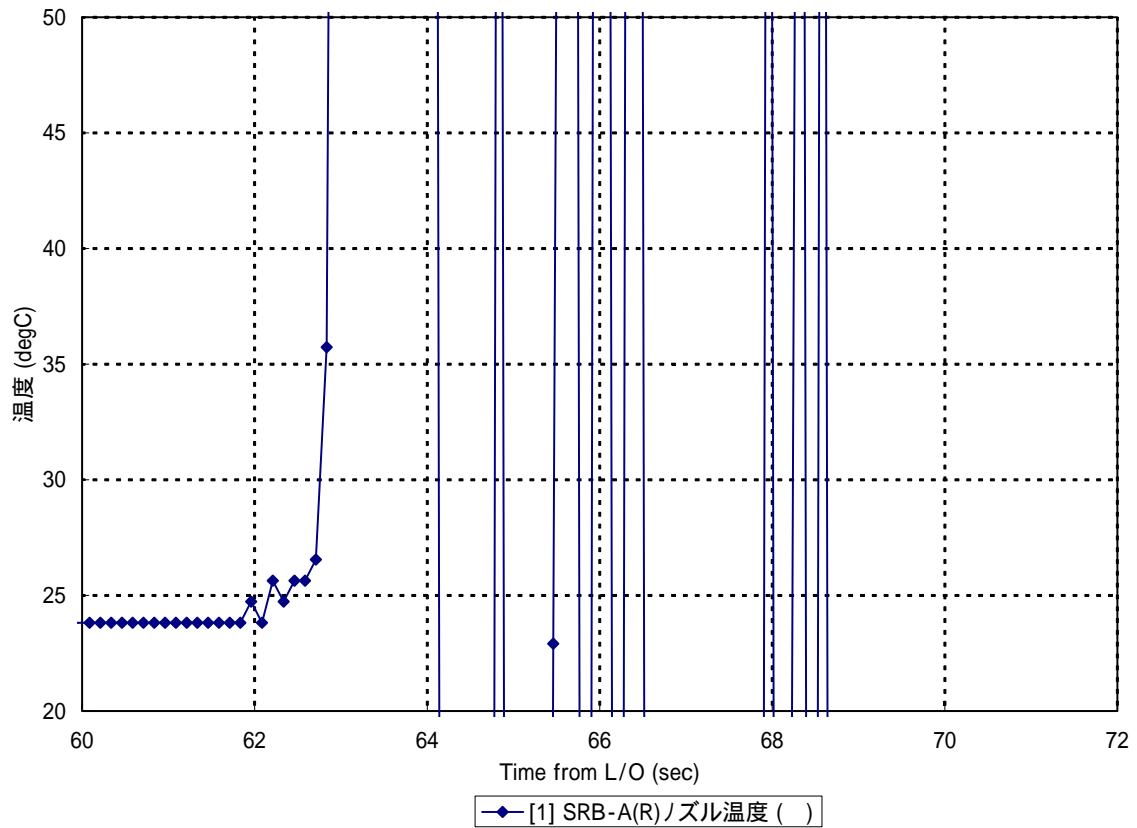


図 2.2.3-1(2/5) 6号機 SRB-A(R 側)ノズル温度 (拡大)

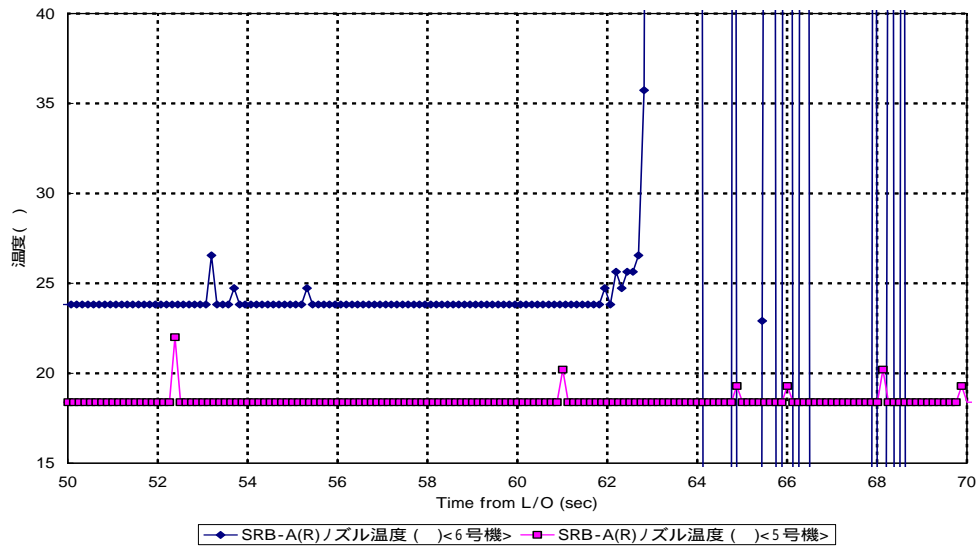


図 2.2.3-1(3/5) SRB-A(R 側)ノズル温度(50 ~ 70s、定常温度付近拡大)(6号機および5号機)

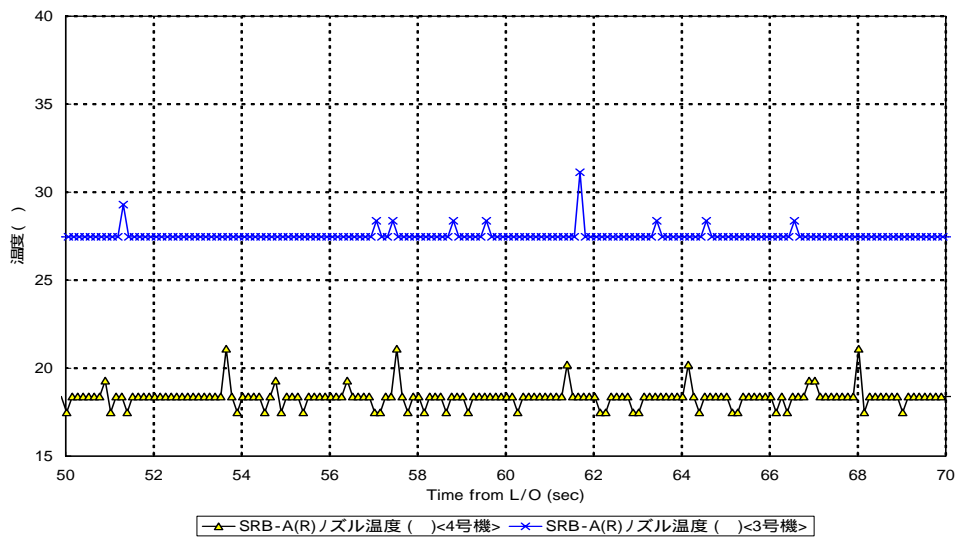


図 2.2.3-1(4/5) SRB-A(R 側)ノズル温度(50 ~ 70s、定常温度付近拡大)(4号機および3号機)

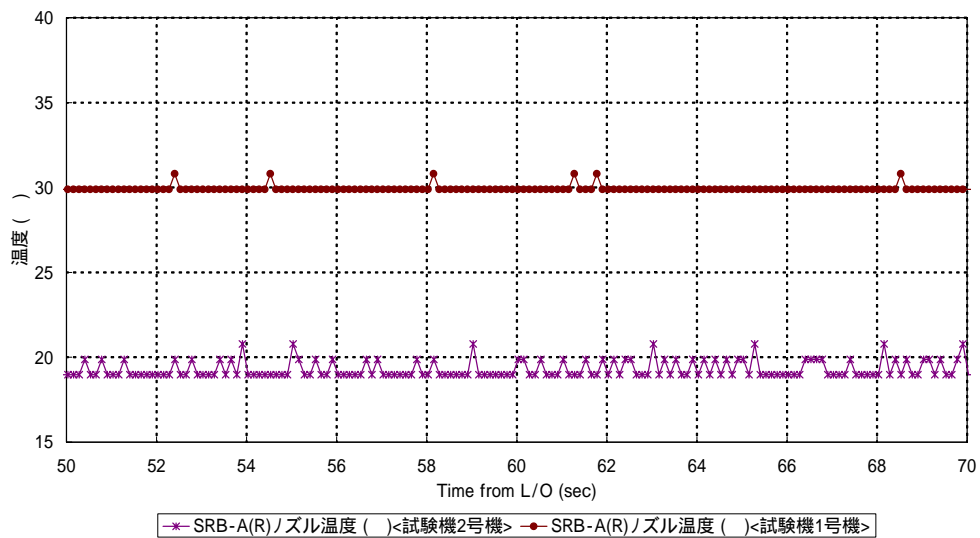


図 2.2.3-1(5/5) SRB-A(R 側)ノズル温度(50 ~ 70s、定常温度付近拡大)(試験機 2 および 1 号機)

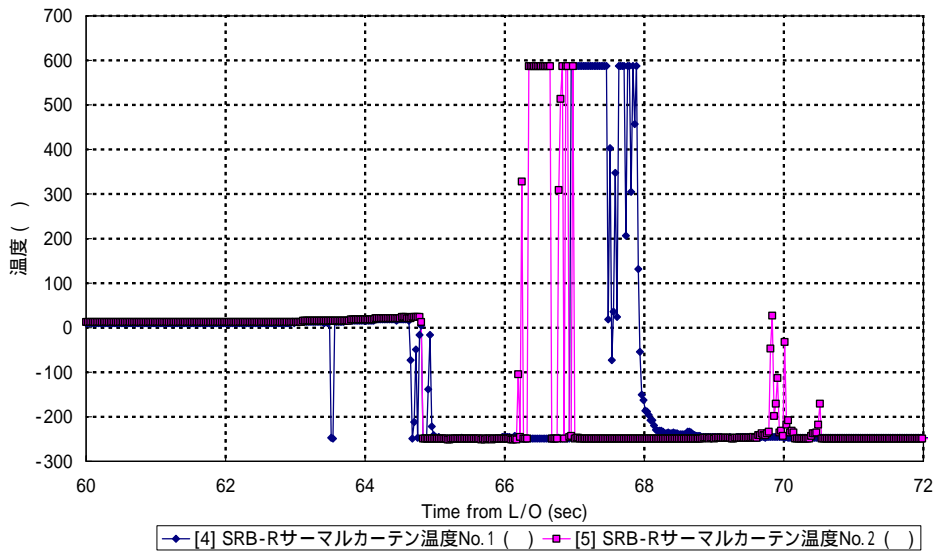


図 2.2.3-2(1/3) 6号機 SRB-A(R側)サーマルカーテン温度

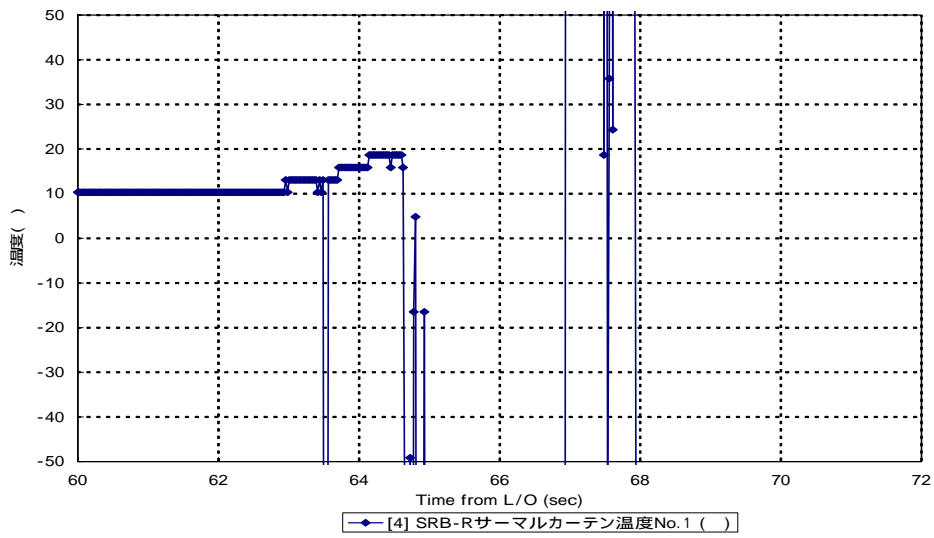


図 2.2.3-2(2/3) 6号機 SRB-A(R側)サーマルカーテン温度 No.1(拡大)

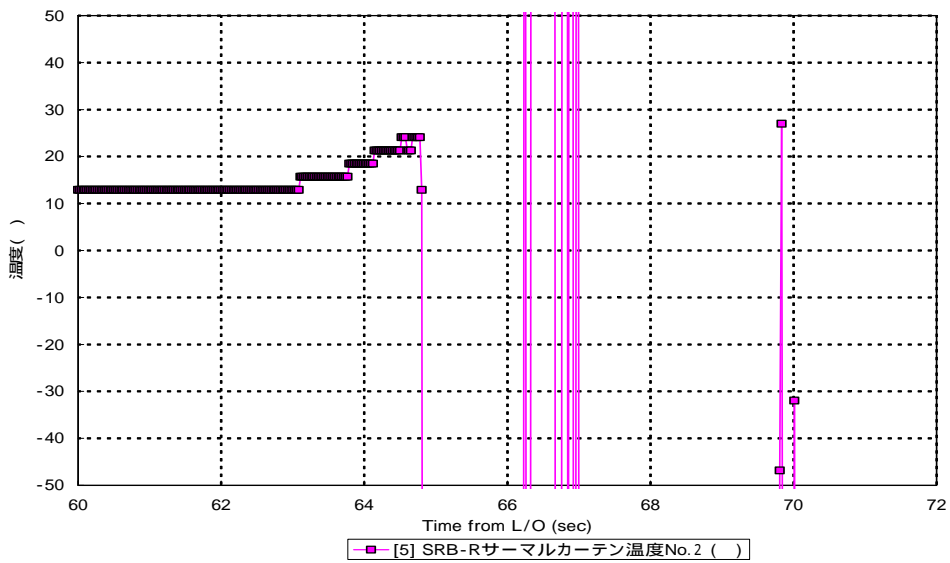


図 2.2.3-2(3/3) 6号機 SRB-A(R側)サーマルカーテン温度 No.2(拡大)

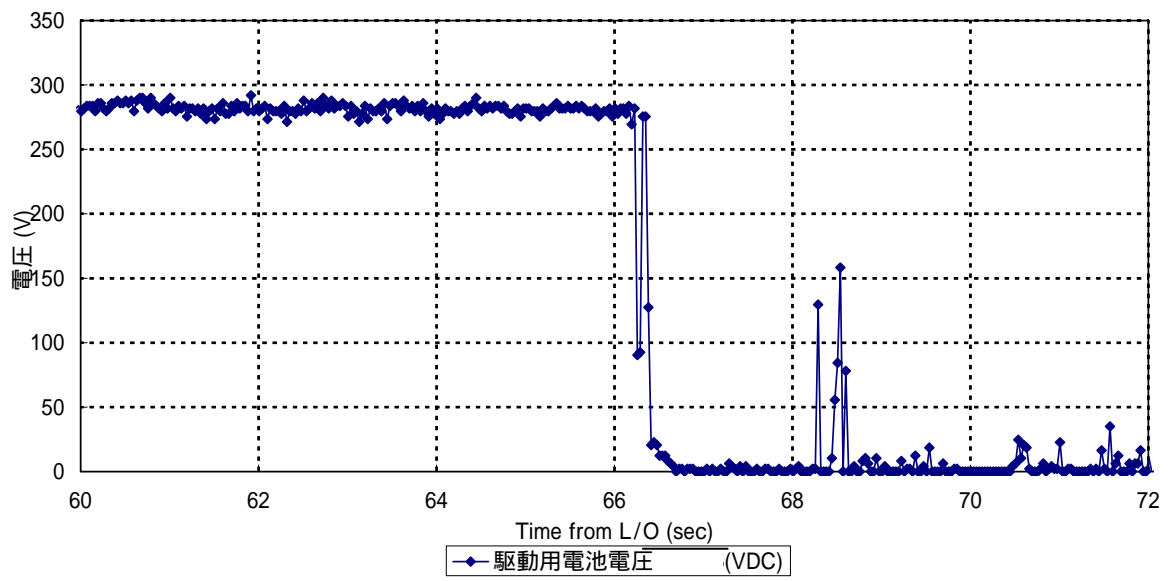


図 2.2.3-3 6号機 アクチュエータ駆動用電源電圧

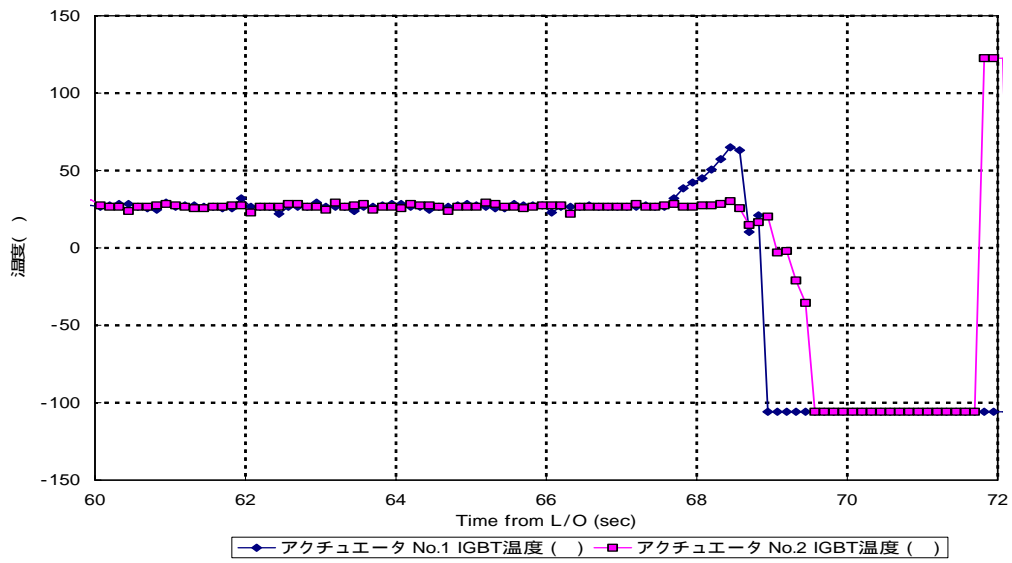


図 2.2.3-4 6号機 SRB-A(R側)アクチュエータ駆動用パワートランジスタ温度

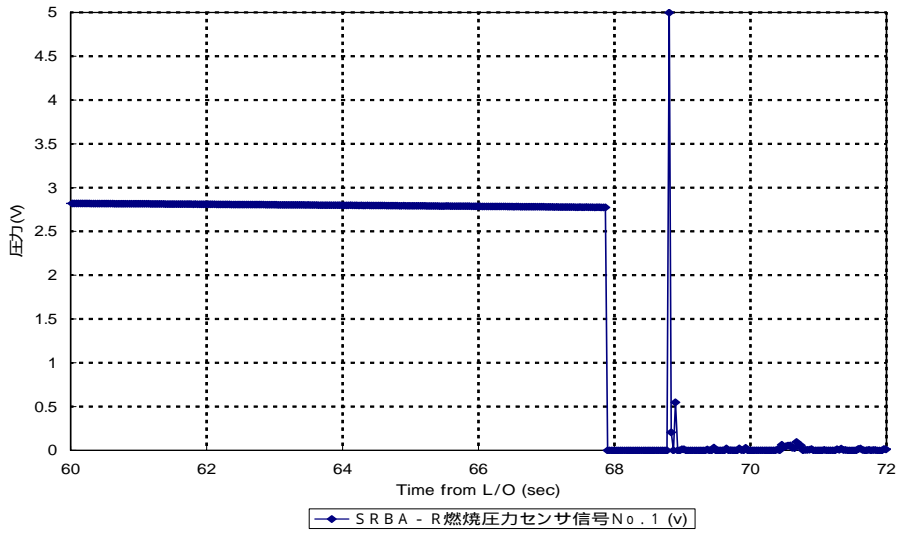


図 2.2.3-5(1/3) 6号機 SRB-A(R側) 燃烧压力 No.1

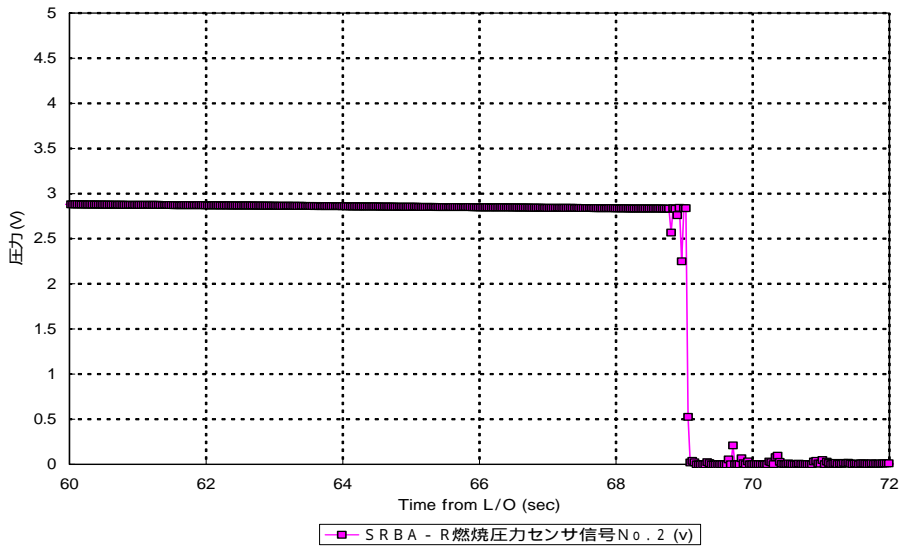


図 2.2.3-5(2/3) 6号機 SRB-A(R側) 燃烧压力 No.2

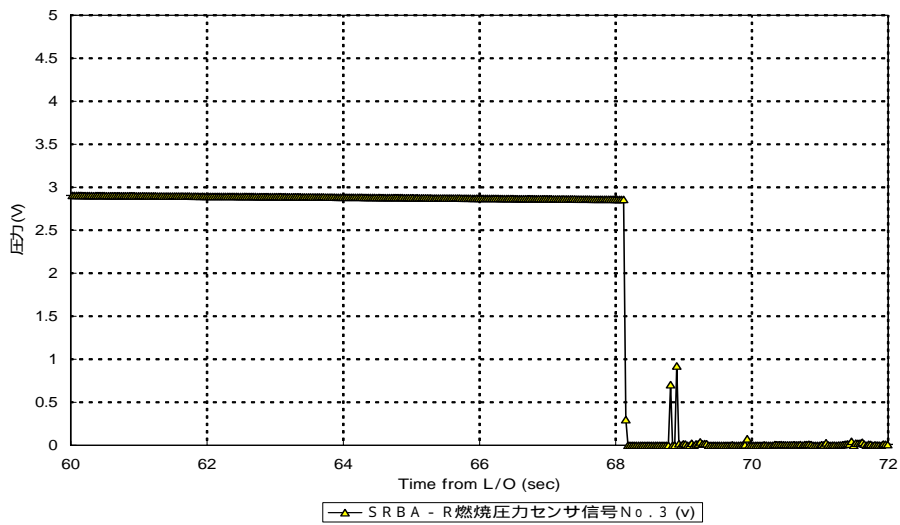


図 2.2.3-5(3/3) 6号機 SRB-A(R側) 燃烧压力 No.3

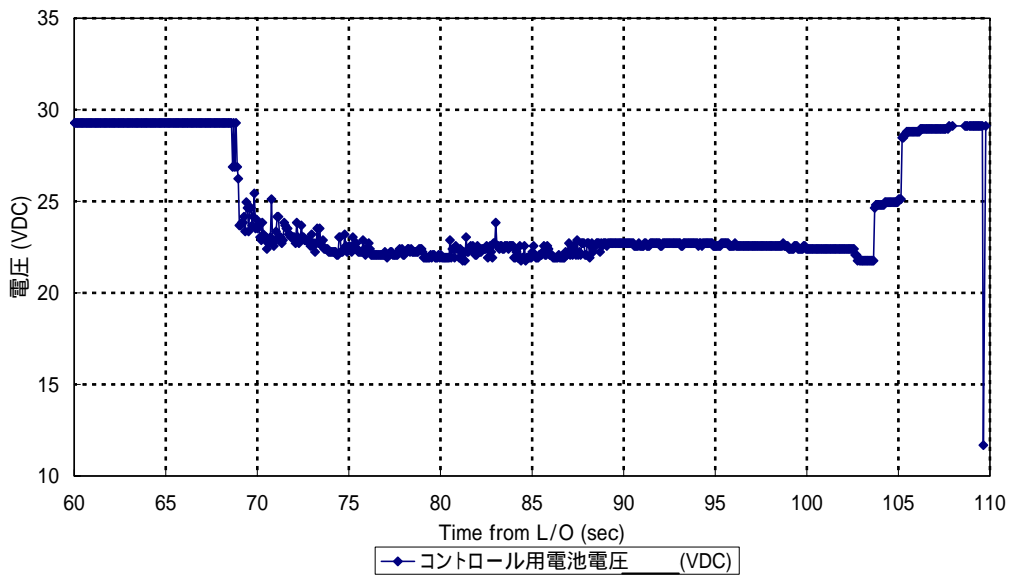


図 2.2.3-6(1/2) 6号機 1段コントロール電池電圧

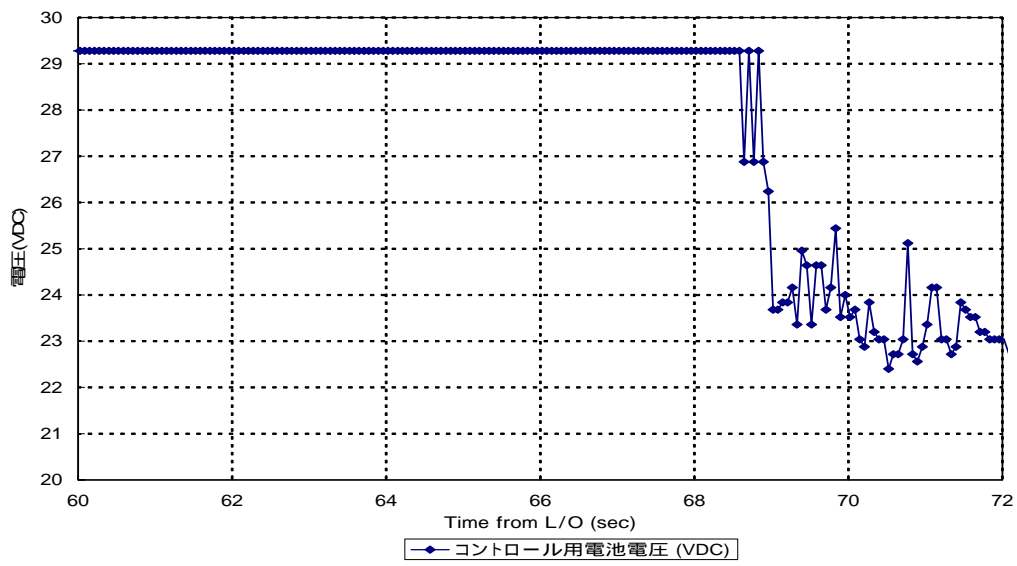


図 2.2.3-6(2/2) 6号機 1段コントロール電池電圧

3. 機体搭載カメラ画像データ

3.1 計測概要

下記のイベントにおける画像取得を目的としたCCDカメラを2台、機体に搭載している。

(1)CCD0:SRB-A(L側)分離

(2)CCD1:SRB-A(R側)分離、SSB 第1ペア(SSB#1)分離、SSB 第2ペア(SSB#2)分離

図3.1-1にCCDカメラの機体搭載位置/画像取得時間を示す。

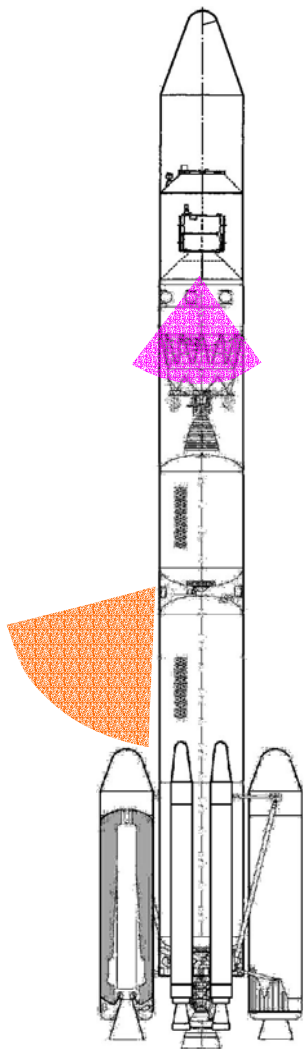
取得カメラ	5号機 取得画像	6号機 取得画像
CCD0 X+約 106 秒 SRB-A(L側)分離		
CCD1 X+約 98 秒 SRB-A 燃焼末期		
CCD1 X+約 106 秒 SRB-A(R側)、SSB#1 分離		

3.2 解析結果

(1)SRB-A(L側)の分離は、6号機と5号機で有意差がない。

(2)SRB-Aの燃焼末期において、SRB-A(R側)の火炎が若干赤色に見える。

(3)SRB-A(R側)の後方プレスは分離しているが、前方プレスは分離していない。



■機体搭載のCCDカメラによる画像



打上げ後 (計画)	取得画像	カメラNo.		画像取得時間
110 s	SRB-A(L)分離	CCD0 	実績	98.1 ~ 約125秒
107,144s	SSB分離	CCD1 	実績	87.0 ~ 154.0秒

図3.1 - 1 CCDカメラの機体搭載位置 / 画像取得時間

4. 異常事象の原因検討

4.1 故障の木解析(第1次FTA)

前項までの結果に基づき、故障の木解析(Fault Tree Analysis)を作成した。結果を図4.1-1に示す。

SRB-Aが分離しなかった1次要因である『前方プレス切断せず』が発生した要因について現在の検討状況を以下に示す。

4.1.1 分離シーケンス異常(図4.1-1(1/2) No.4.1)

SRB-A分離に関する信号は、機体に搭載されている第1段誘導制御計算機(GCC1)から『分離モータ点火信号』、『前方/後方プレス分離信号』及び『スラストストラット切断信号』が送出され、シーケンス分配器(SDB1)内のリレーが作動し、セーフ・アーム装置(SAD)を起爆する。(図1.3-2(2/2)(B)(C))

前方/後方プレス分離信号は、L側、R側ともに共通の信号であり、L側が計画通りに分離していることから、本要因が不具合の原因ではないと判断される。

4.1.2 分離機構異常(図4.1-1(1/2) No.4.2)

『分離機構異常』の要因の1つである『外部環境異常による分離機構異常』について検討した。(図4.1-1(2/2) No.)

(1) 機械的環境異常

飛行データを評価した結果、外部圧力、飛行時の荷重(飛行経路、姿勢等)および音響・振動加速度ともに従来号機と同等であり本要因が不具合の原因ではないと判断される。

(2) 熱的環境異常

飛行データを評価した結果、1段エンジン、固体補助ブースタの作動は良好であり、機体各部の加熱率センサ、温度センサデータからブルーム加熱が過大ではなかったと判断できる。また、SRB-A分離までの飛行経路は打ち上げ前の予測経路と良く一致していること、機体外板温度の上昇傾向が従来号機と同等であることから空力加熱が過大ではなかったと判断できる。以上から本要因が不具合の原因ではないと判断される。

(3) その他の異常

その他の要因として、『射点設備との干渉』、『脱落物等の衝突』および『打上げ時/飛行時の天候による異常』について検討した。

地上で計測したビデオ画像、打上げ後の射点設備の現地調査及び飛行デ

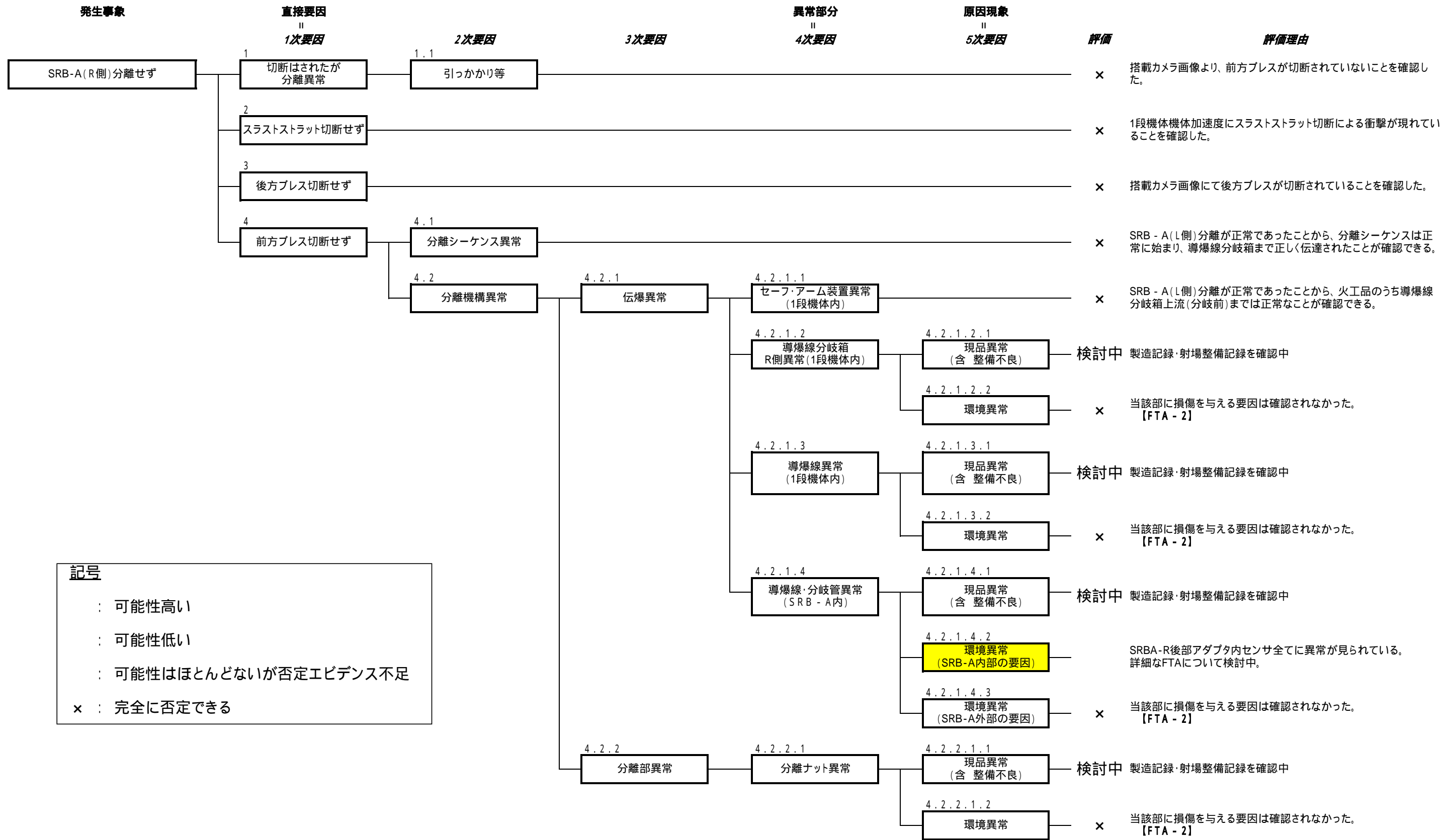
ータから『射点設備との干渉』および『脱落物等の衝突』は確認されていない。
また、射場付近および上空の気象データを確認した結果、『打上げ時/飛行時の天候による異常』はなかったと判断できる。

以上から本要因が不具合の原因ではないと判断される。

4.2 現状の整理

前項の検討結果より、『分離シーケンス異常』および『外部環境異常による分離機構異常』についてはSRB - A (R側) 前方プレスが切断されなかった要因ではないと判断できる。

その他の要因について、詳細な故障の木解析を実施中である。



記号

- : 可能性高い
- : 可能性低い
- : 可能性はほとんどないが否定エビデンス不足
- ×

× : 完全に否定できる

図4.1-1(1/2) SRB-A(R側)分離不良に関する故障の木解析
【FTA-1】 全体FTA

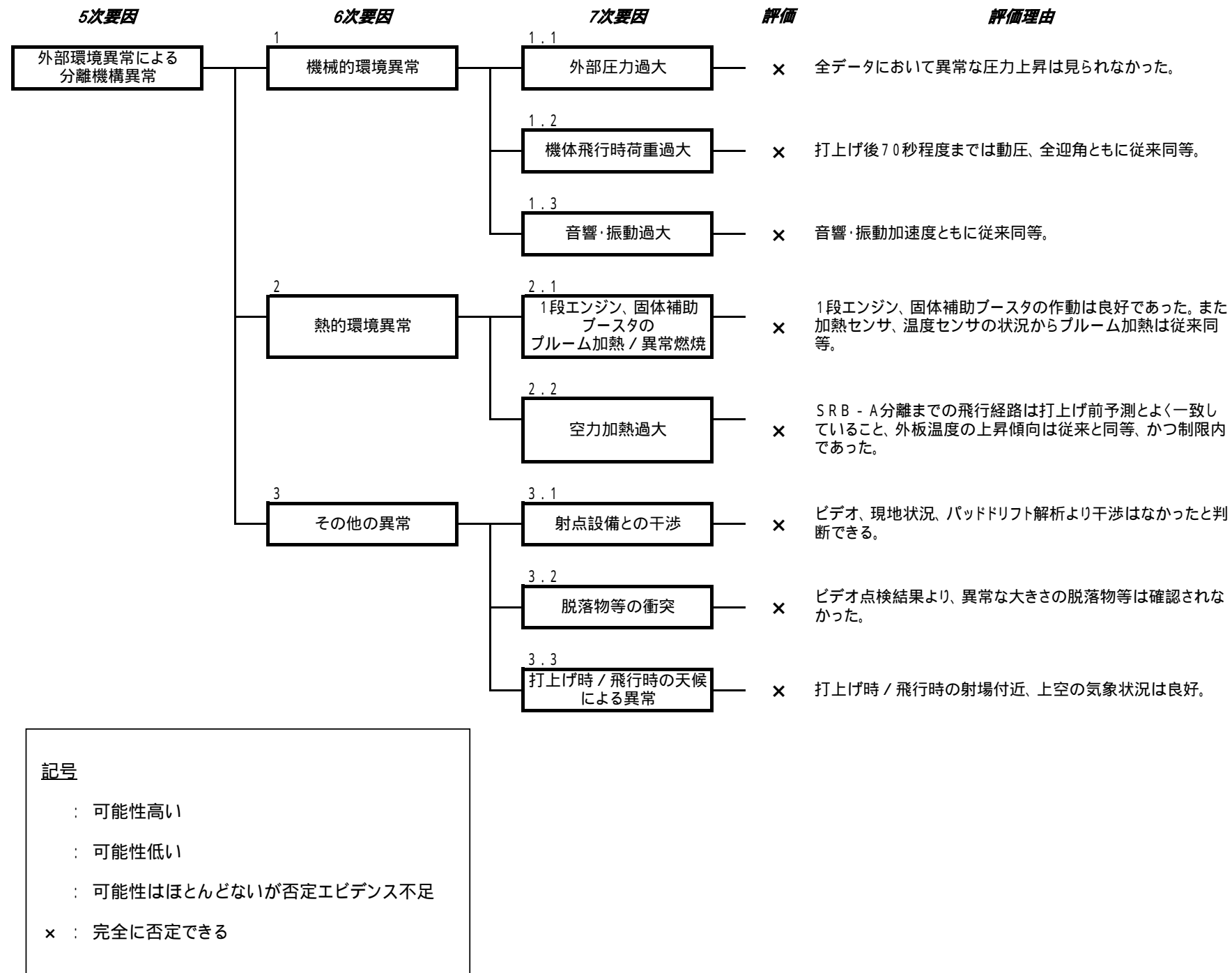


図4.1-1(2/2) SRB - A (R側) 分離不良に関する故障の木解析
【FTA - 2】 外部環境異常 FTA
37