

H-II A ロケット 17号機の打上げに係る
飛行安全計画

平成 22 年 2 月

独立行政法人
宇宙航空研究開発機構

JAXA 川口

まえがき

本計画は、「人工衛星等打上げ基準」第4条に基づき、打上げに係る安全計画について定めるものであり、同第3条に従い宇宙開発委員会の調査審議を受けるものである。

17号機は三菱重工業株式会社（以下、「MHI」という。）が打上事業者としてロケット打上げを執行し、宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）は打上安全監理に係る業務を行う。

また、MHIは飛行安全解析を実施して、飛行安全適合性報告書等をJAXAに提出し、JAXAが評価・確認を行う。JAXAは確認結果に基づき飛行安全計画書を制定し、飛行安全運用を実施する。

目次

1. 全般	1
1.1 飛行安全の目的	1
1.2 飛行安全の実施範囲	1
1.3 関連法規等	2
1.3.1 法令	2
1.3.2 宇宙開発委員会安全部会 基準	2
1.3.3 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 規程等	2
2. 飛行経路の安全性	3
2.1 飛行経路	3
2.2 落下予想区域と海上警戒区域	3
2.3 落下予測点軌跡	3
2.4 追尾系の電波リンク	3
2.5 軌道上のロケット機体等の処置	4
3. 飛行安全管制	11
3.1 飛行安全システム	11
3.1.1 システムの概要	11
3.1.2 飛行安全情報の流れ	11
3.1.3 ロケットの飛行を中断すべき条件	11
3.2 落下限界線の設定	12
3.2.1 種子島周辺の落下限界線	12
3.2.2 種子島周辺以外の落下限界線	12
4. 航空機及び船舶に対する通報	15
4.1 航空機に対する通報	15
4.2 船舶に対する通報	15
5. 飛行安全組織及び業務	16
6. 安全教育・訓練	16
6.1 安全教育	16
6.2 飛行安全管制訓練	16
6.3 飛行中断時の情報連絡訓練	16
7. ロケット飛行中断後の対策及び措置	16
7.1 射点近傍での飛行中断	17
7.2 射点近傍以外での飛行中断	17

図表目次

表 1	H-II A ロケット 17 号機の飛行計画概要	5
図 1	H-II A ロケット 17 号機の飛行経路概要（機体現在位置）	6
図 2	投棄物の落下予想区域	7
図 3	落下予想区域と航空路	8
図 4	海上警戒区域	9
図 5	ロケットの落下予測点軌跡と 3 σ 分散範囲	10
図 6	飛行安全システム概念図	13
図 7	射点周辺の落下限界線	14
図 8	MHI 打上執行体制	18
図 9	JAXA 打上安全監理体制	19
図 10	飛行安全関連組織	20
図 11	現地事故対策本部の構成	21
図 12	安全に関わる重大な事故発生時の事故対策本部の構成	22

1. 全般

JAXAは、H-IIAロケット17号機の打上げに係る業務を行うに当たって、飛行安全確保業務を行うものとする。本計画書は「H-IIAロケット17号機の打上げに係る飛行安全計画」を定めたものである。

1.1 飛行安全の目的

飛行安全は、地上より打上げられたロケットの燃え殻、投棄物、故障した機体、もしくはその破片等が落下する際、落下点または落下途中において人命または財産に対し被害を与える可能性を最小限にとどめ、公共の安全を確保することを目的とする。

1.2 飛行安全の実施範囲

上記の目的を達成するために、ロケットの打上げに際して実施すべき飛行安全の作業範囲は以下の通りである。

- (1) 設定されたロケットの飛行経路が、上記目的に照らして適当であることを確認すること。
- (2) ロケットの打上げ時に飛行安全管理を実施すること。すなわち、落下予測域^(注)がリフトオフより地球周回軌道投入直前の南米海岸到達時まで、ロケットが設定された飛行経路に沿って飛行しているか否かを判定し、その経路を外れて地表に危害を与えるおそれが生じた場合は、災害を最小限に抑えるための措置を講じること。また、このために必要な準備作業を行うこと。
- (3) ロケットの燃え殻、及び投棄物の落下予想区域に関連し、必要に応じて国内外に事前通報を行うこと。

(注) 落下予測域：ロケットの推力飛行中の各時点毎に、その時点の位置・速度を初期条件とし、その時点でロケットの飛行を中断した場合の地球上へ落下するロケット及びその破片の分散を考慮した落下範囲、破片の二次爆発に伴って発生する爆風の危害の及ぶおそれのある範囲及び二次破片の飛散範囲を包絡する区域

1.3 関連法規等

1.3.1 法令

国内法令等には、飛行安全という用語はなく、また、特にその内容を直接規定する条文はない。航空機及び船舶に対する通報に関しては「航空法」及び「海上保安庁法」に基づき実施する。国際的には「宇宙物体により引き起こされる損害についての国際的責任に関する条約」があり、ロケット打上げ国の損害賠償に関する義務が明文化されている。日本は本条約に1983年6月に加入した。上記の飛行安全の目的及び実施範囲は本条約の主旨に沿っている。

1.3.2 宇宙開発委員会安全部会 基準

(1) ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全評価基準（平成21年8月24日）

1.3.3 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 規程等

(1) 安全管理規程（規程第16-2号）

(2) 人工衛星等打上げ基準（規程第15-37号）

2. 飛行経路の安全性

2.1 飛行経路

ロケットの飛行計画を表 1 に、飛行経路を図 1 に示す。

2.2 落下予想区域と海上警戒区域

ロケットが正常に飛行した場合の落下物としては、2本の固体ロケットブースタ、衛星フェアリング及び第1段機体がある。図2にこれらの落下予想区域を示す。また、これらの落下予想区域を航空路図の上を示すと図3のとおりである。固体ロケットブースタ、衛星フェアリング及び第1段機体の落下予想区域については航空機の安全航行のため、第4章に記す通報の手続きを確実にし安全を確保する。

また、図4に示すように海上警戒区域を設定し、一般の船舶が立ち入らないように海上監視レーダ、双眼鏡、自動船舶識別装置(AIS)及び夜間監視カメラによる監視を行うほか、船舶による警戒を行う。

以上の落下予想区域及び海上警戒区域について、第4章に記す方法によって、航空機及び船舶に対し周知を図る。

2.3 落下予測点軌跡

ロケットの落下予測点軌跡及び3 σ 分散範囲を図5に示す。3 σ 分散飛行経路を飛行中のロケットが推力を停止したと想定した場合の落下域は、人口稠密地域から可能な限り離れて通過するよう飛行経路が設定されている。また、万一ロケットが異常を生じた場合に災害を最小にとどめられるように飛行安全管理を実施する。その方法については第3章に述べる。

2.4 追尾系の電波リンク

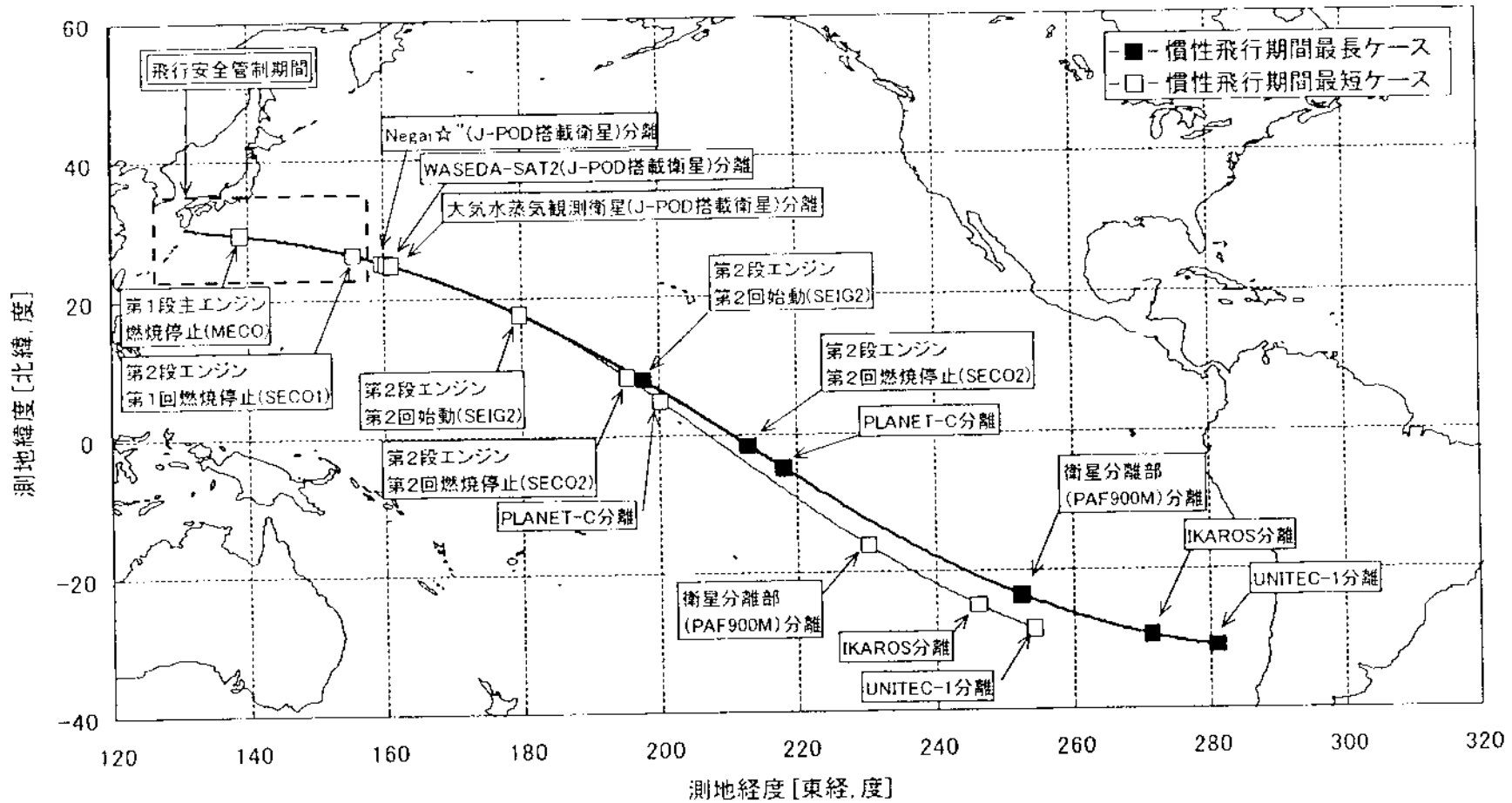
H-II Aロケット17号機の打上げでは、第2段ロケット軌道投入直前までの間の飛行安全管理のための情報取得源として、4局のレーダと3局のテレメータを使用する。コマンドは4局のうちから最も電波リンクの良い局を選択して用いており、第2段ロケット軌道投入直前まで必要な電波リンクを確保している。

2.5 軌道上のロケット機体等の処置

ミッション終了後のロケット第2段機体が残留燃料等のため軌道上で破壊、爆発等に至った場合、大量の宇宙デブリ破片の発生が想定される。また、衛星分離機構を作動させる際、軌道上に火工品の破片等が放出される可能性がある。H-II A ロケットではこれらを防止する処置として以下を考慮している。

- (1) 第2段機体の地球周回軌道投入後、保安用コマンド受信装置の電源遮断を行い、飛行中断用火工品の誤作動を防止する。なお、火工品は太陽輻射加熱によって誤爆しない設計となっている。
- (2) 第2段機体が推進タンク内圧上昇により破壊することを防止する目的で、ミッション終了後、液体酸素及び液体水素の排出シーケンスを実施する。なお、このシーケンスによって排出が完了しなかった場合にも、液体酸素及び液体水素タンクは内圧上昇に対する機械式の安全弁を有しているためタンクが破壊することはない。
- (3) ミッション終了後、常温ヘリウム気蓄器内の残留ガスは機械式調圧弁よりリークする。極低温ヘリウム気蓄器内の残留ガスについては安全弁を有する液体酸素タンク内に排出するとともに、極低温ヘリウム気蓄器自身も機械式の安全弁を有している。
- (4) 第2段に搭載されているリチウムイオン電池については、内部圧力上昇により破壊することを防止する目的で、内部圧力が規定以上に上昇した場合には、ベントできる機能を有している。
- (5) 衛星分離機構は以下に示す方式であり、作動時に破片等を放出しないように設計している。
 - ・ PLANET-C、IKAROS、UNITEC-1：マルマンバンド
 - ・ Negai☆”、WASEDA-SAT2、大気水蒸気観測衛星：公募小型衛星用分離放出機構(J-POD) (格納扉を開いた後にバネ押し放出)

なお、本ミッションは地球脱出双曲線軌道への投入であり、ロケット第2段機体は地球周回軌道上に残留する宇宙デブリにはならない。



注) 17号機は金星遷移軌道投入ミッションであり、打上げ日によりJ-POD搭載衛星分離後の飛行計画が異なることから、代表ケースとして慣性飛行期間最長ケースと慣性飛行期間最短ケースを示す。但し、飛行安全管理期間(破線枠内)については、全打上げ日で同一である。

図1 H-II Aロケット17号機の飛行経路概要(機体現在位置)

表1 H-II Aロケット17号機の飛行計画概要

事象	打上後経過時間			距離	高度	慣性速度
	時	分	秒	km	km	km/s
(1) リフトオフ	0	0		0	0	0.4
(2) 固体ロケットブースタ 燃焼終了*	1	55		37	52	1.6
(3) 固体ロケットブースタ 分離**	2	5		47	60	1.6
(4) 衛星フェアリング分離	4	25		275	147	2.9
(5) 第1段主エンジン燃焼停止 (MECO)	6	36		728	217	5.5
(6) 第1段・第2段分離	6	44		767	223	5.5
(7) 第2段エンジン第1回始動 (SEIG1)	6	50		796	226	5.5
(8) 第2段エンジン第1回燃焼停止 (SECO1)	11	37		2445	304	7.7
【ここまでが飛行安全管制期間】						
(9) Negar☆(J-POD搭載衛星)分離	12	39		2880	304	7.7
(10) WASEDA-SAT2(J-POD搭載衛星)分離	12	49		2950	304	7.7
(11) 大気水蒸気観測衛星(J-POD搭載衛星)分離	12	59		3020	304	7.7
<慣性飛行期間最長ケース> (注)						
(12) 第2段エンジン第2回始動 (SEIG2)	23	16		7327	299	7.7
(13) 第2段エンジン第2回燃焼停止 (SECO2)	27	9		9326	330	11.7
(14) PLANET-C分離	28	12		9996	407	11.7
(15) 衛星分離部(PAF-900M)分離	36	32		14227	2302	10.5
(16) IKAROS分離	43	27		16218	4767	9.5
(17) UNITEC-1分離	48	37		17149	6812	8.9
<慣性飛行期間最短ケース> (注)						
(12) 第2段エンジン第2回始動 (SEIG2)	17	59		5113	302	7.7
(13) 第2段エンジン第2回燃焼停止 (SECO2)	21	51		7077	374	11.6
(14) PLANET-C分離	22	55		7739	478	11.5
(15) 衛星分離部(PAF-900M)分離	31	15		11777	2456	10.3
(16) IKAROS分離	38	10		13682	4909	9.3
(17) UNITEC-1分離	43	20		14584	6889	8.7

*) 燃焼室圧最大値の2%時点

***) スラスト・ストラット切断

注) 17号機は金星遷移軌道投入ミッションであり、打上げ日によりJ-POD搭載衛星分離後の飛行計画が異なることから、代表ケースとして慣性飛行期間最長ケースと慣性飛行期間最短ケースを示した。但し、飛行安全管制期間(破線枠内)については、全打上げ日で同一である。

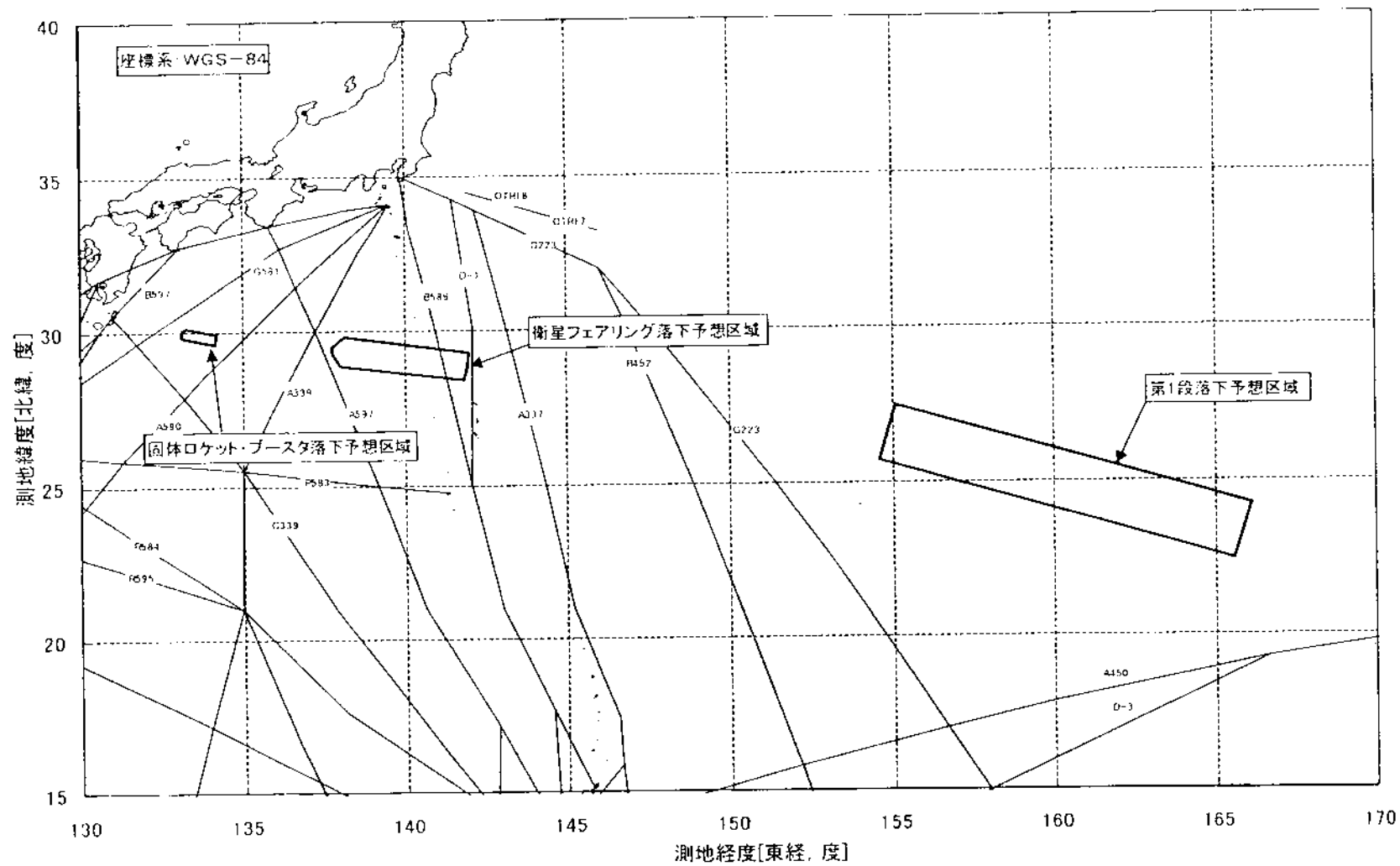


図3 落下予想区域と航空路

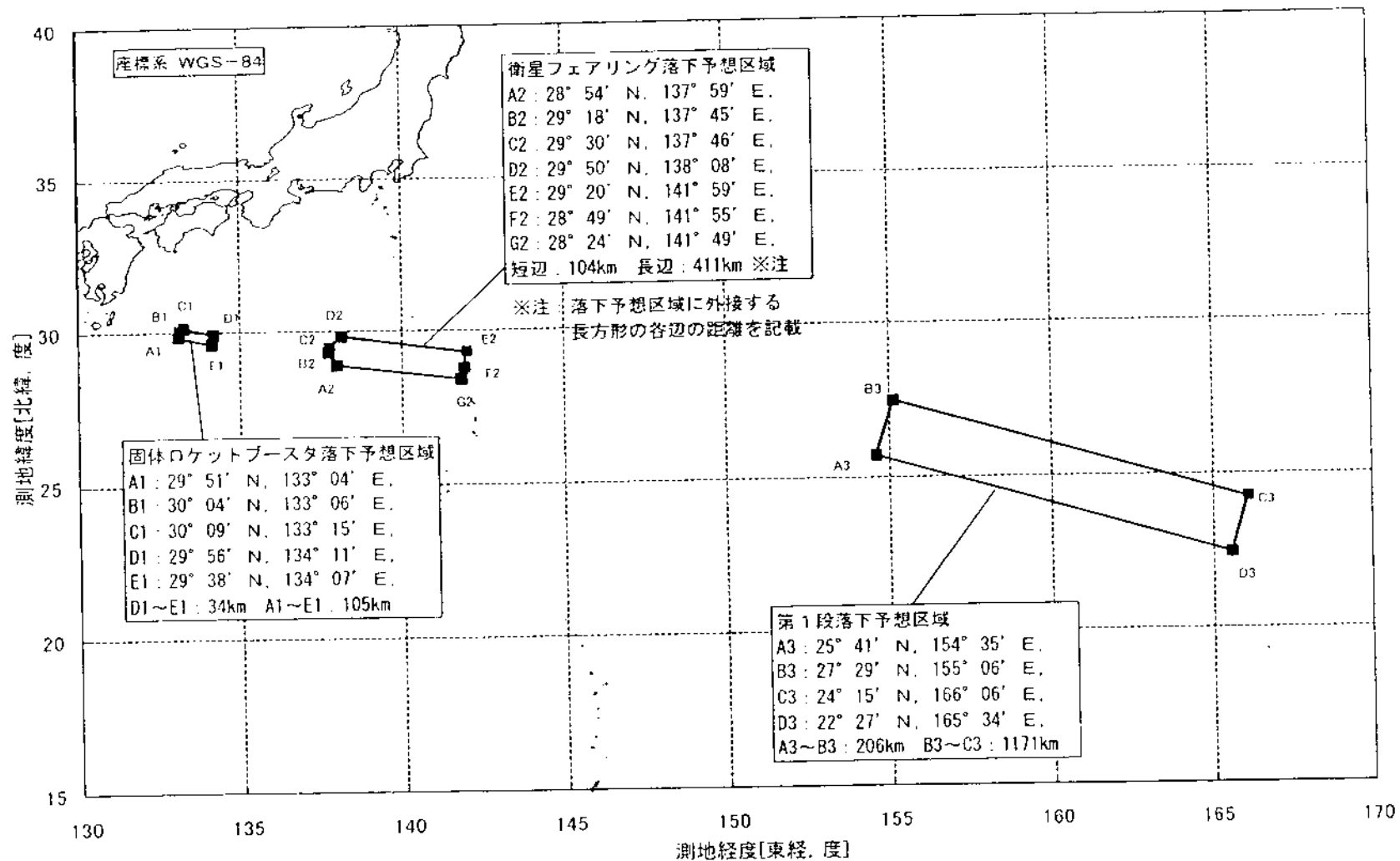


図2 投棄物の落下予想区域

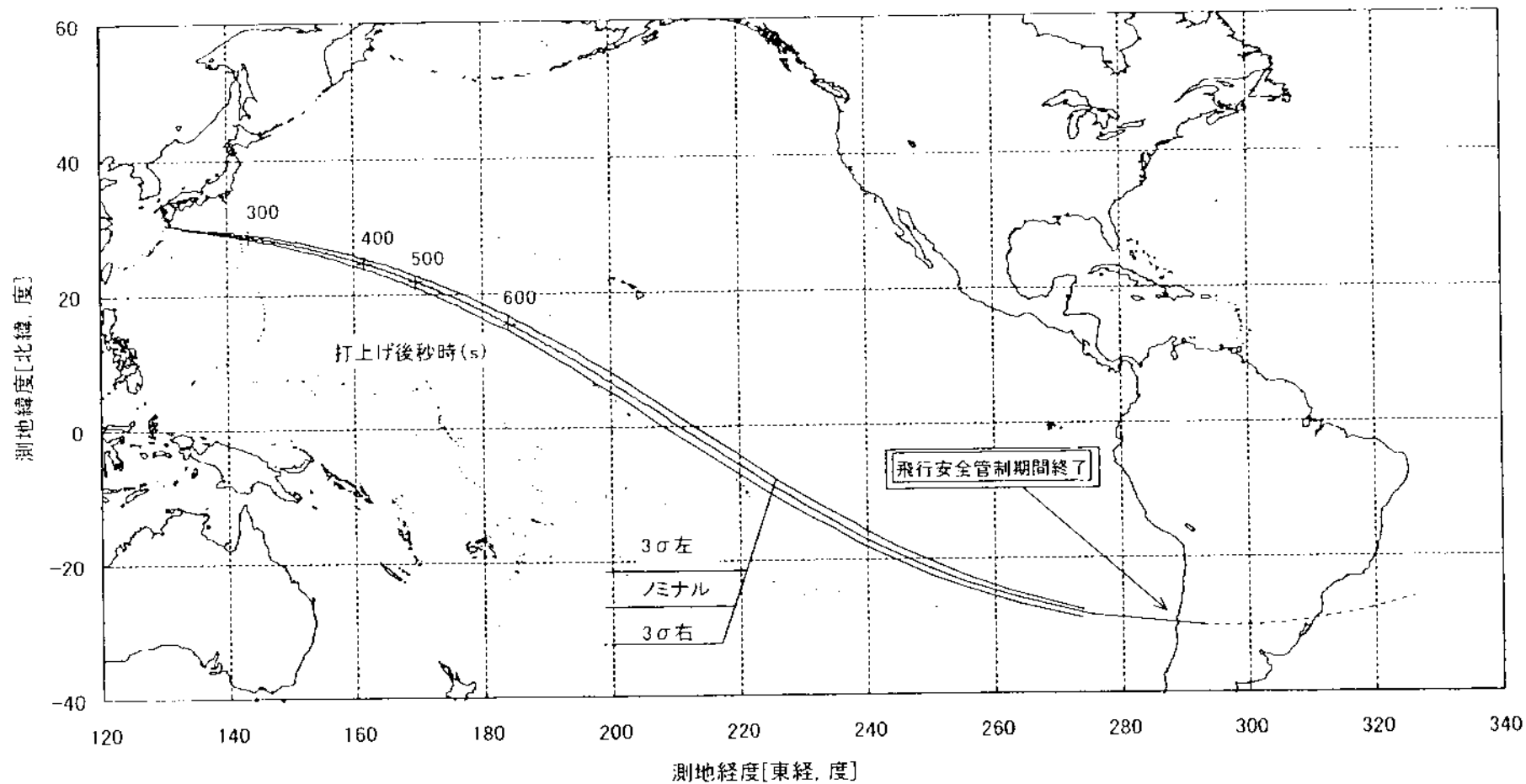


図5 ロケットの落下予測点^(注)軌跡と3σ分散範囲

(注) 落下予測点：ある時点でロケットの飛行を中断した場合の、ロケットあるいは生成破片の落下予測点

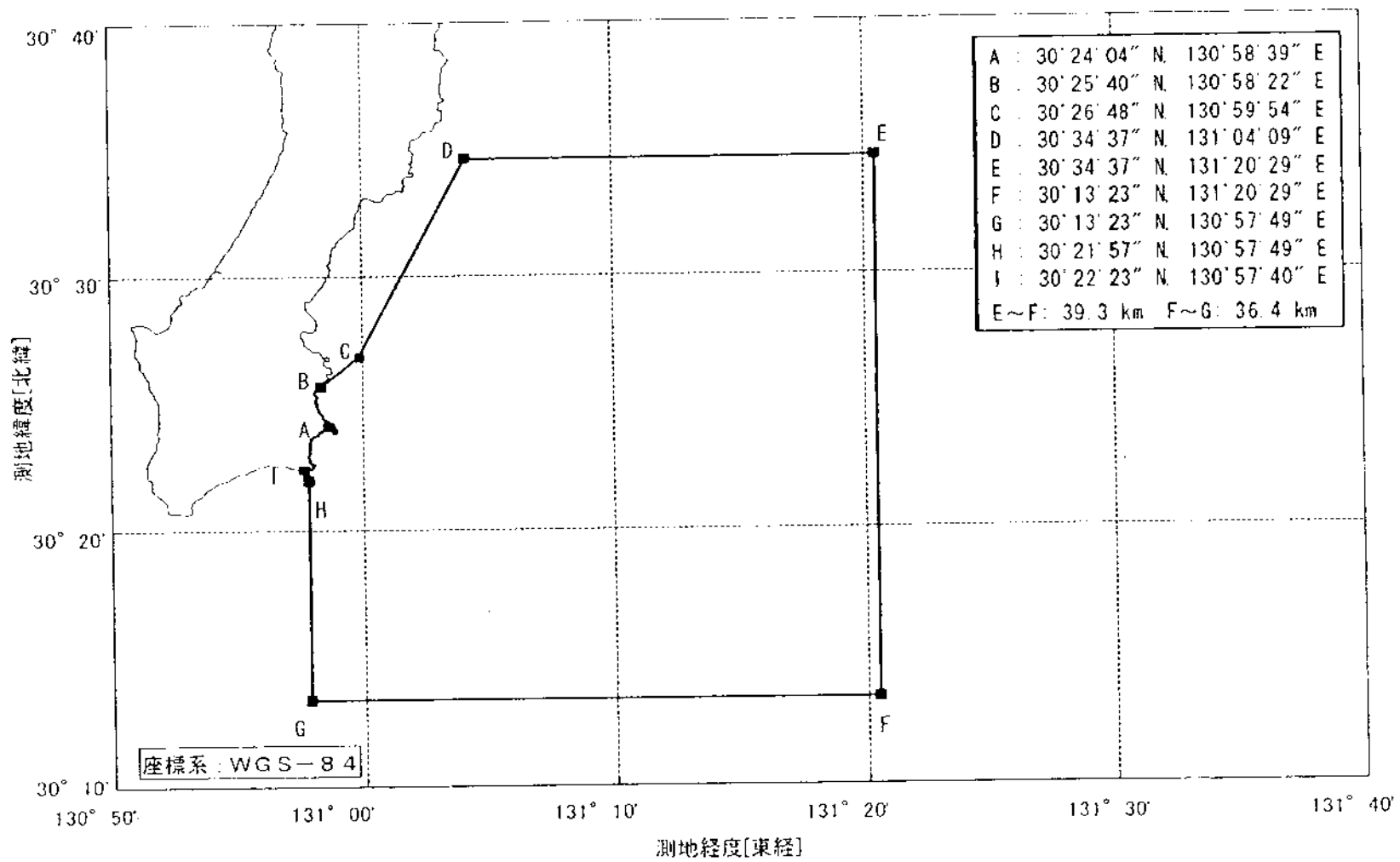


図4 海上警戒区域

3. 飛行安全管理

3.1 飛行安全システム

3.1.1 システムの概要

飛行安全システムの概念図を図6に示す。

3.1.2 飛行安全情報の流れ

地上システムによる飛行安全情報等の流れは以下の通りである。

飛行安全管理に使用する設備等は種子島宇宙センター等に設置されている。

飛行安全管理には、レーダ情報及びテレメータ情報を用いる。これらの情報を飛行安全計算機により処理して得られるロケットの経路情報及びエンジン燃焼圧、ロケット姿勢等のテレメータ情報を監視画面に表示する。また、射点近傍では、あわせてITV及び光学設備による画像を飛行安全管理に用いる。

飛行中断の処置が必要な場合は、打上安全監理室長の指揮のもと、コマンド局から飛行中断指令を送信する。

(注) 飛行中断指令を受信する保安用コマンド受信装置は第2段にのみ搭載されている。そのため、第1段、固体ロケットブースタは予定より早期に分離する不具合に対処するために、自動破壊機能を備えている。

3.1.3 ロケットの飛行を中断すべき条件

次のいずれかの場合に該当する時は、安全を確保するためロケットに装備した装置を作動させることにより、ロケットの推力飛行を中断する。

- (1) ロケットの落下予測域が落下限界線と接触するとき。ただし、正常飛行範囲を飛行するロケットの落下予測域が落下限界線を通過する場合には、その直前までの飛行状況を十分監視して、正常であることを条件として、上記の飛行中断条件の適用を見合わせる。
- (2) ロケットの落下予測域の監視が不可能となり、ロケットの落下予測域が落下限界線と接触するおそれがあると判断されるとき。
- (3) ロケットの飛行中断機能が喪失する可能性が生じ、かつ、ロケットの落下予測域が落下限界線と接触するおそれがあると判断されるとき。
- (4) その他、ロケットの飛行続行により安全確保上支障が生じるおそれがあると判断されるとき。

(注) ロケットの落下予測域とは、ロケットの飛行を中断した場合に、落下物の衝突、飛行中の爆発に伴う爆風、固体推進薬破片の地上落下時の二次爆発及び二次破片の飛散、並びに搭載推進薬の流出及び拡散等により危害が及ぶおそれのある範囲。

3.2 落下限界線の設定

ロケットの推力飛行を中断した場合の落下破片、飛行中の爆発に伴う爆風、固体推進薬破片の地上落下時の二次爆発の爆風及び二次破片の飛散、並びに搭載推進薬の流出及び拡散による被害を防止することを目的として、以下に定める落下限界線を設定する。

3.2.1 種子島周辺の落下限界線

種子島周辺の落下限界線は以下のように設定する（図7）。

- (1) 射点周辺の落下限界線は、陸上警戒区域とその区域外との境界線とする。また、竹崎地区以南については、種子島宇宙センター管理棟の東側と観望台の東側を結ぶ線を落下限界線とする。
- (2) 広田集落より北の海岸線については、海岸線から3 kmの点を結んだ線を落下限界線とする。

3.2.2 種子島周辺以外の落下限界線

種子島周辺以外の落下限界線は以下のように設定する。

- (1) 原則として陸地の海岸線から30 kmの線を落下限界線とする。
- (2) 飛行経路のクロスレンジ方向に陸地がない場合には、飛行安全管制の運用を考慮して(1)において設定した落下限界線を飛行経路に沿ってつなぐこととし、つないだ線についても落下限界線とする。
- (3) 正常飛行時のロケットの落下予測域が陸地を長秒時にわたって通過する場合には、当該の陸地の人口稠密な地域の手前に落下限界線を設定する。

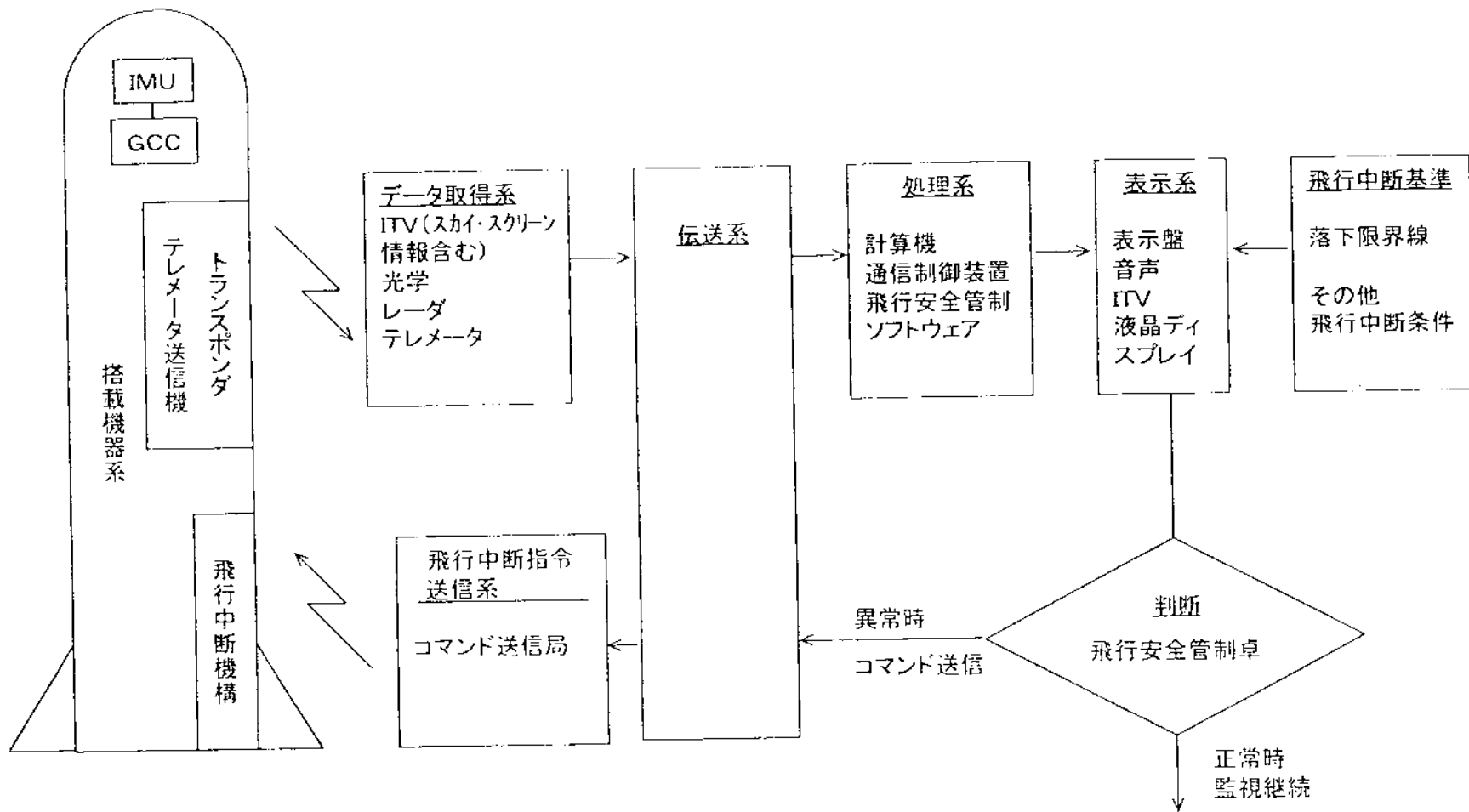


図6 飛行安全システム概念図

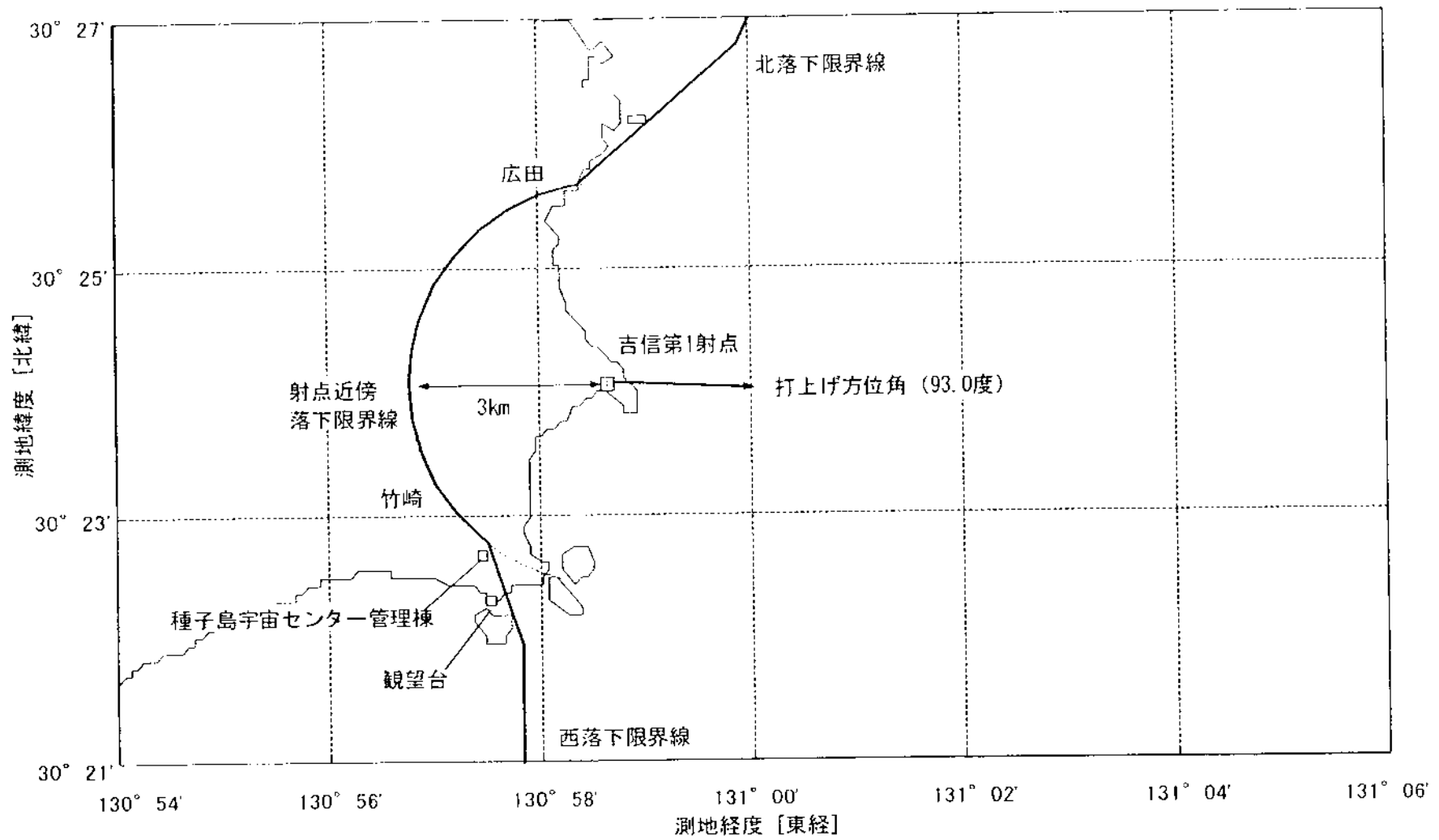


図7 射点周辺の落下限界線

4. 航空機及び船舶に対する通報

航空機及び船舶に対する安全のための通報に関して、JAXAが措置すべき事項は次のとおりである。

4.1 航空機に対する通報

JAXAは航空法第99条の2、及びこれに関連する規程に基づき、ロケット打上げ実施の判断を事前に国土交通大臣に通報するとともに、打上げ直前までの打上げ時刻の変更等について情報を通報する。通報先は、航空情報センター、大阪航空局鹿児島空港事務所及び種子島空港出張所、航空交通管理センター並びに東京、福岡及び那覇の各航空交通管制部である。

4.2 船舶に対する通報

海上保安庁法第5条第20号及びこれに関連する規定に基づき、海上保安庁は船舶交通の安全のために必要な事項の通報に関することを掌握する。JAXAはこれに従いロケットの打上げを行うに際して打上げを行う旨、事前に海上保安庁に通報し、船舶への周知を依頼する。また、JAXAはロケット打上げ事項に変更があった場合、速やかに海上保安庁に通報する。

5. 飛行安全組織及び業務

打上げ作業の実施に当たっては、MHIが打上輸送サービスとして打上執行責任者の下で打上執行作業の実施を行う（図8）。

JAXAは、打上げの安全を統括する打上安全監理責任者の下に飛行安全管理に関連する責任者として打上安全監理室長等（図9）がおかれる。飛行安全管理に直接関係する飛行安全系及び射場系については業務内容も示す（図10）。

6. 安全教育・訓練

打上げに先立つ期間には、故障の発生を想定した訓練等、飛行安全の確保に必要な安全教育を実施する。

6.1 安全教育

ロケット打上げに係る飛行安全管理業務を円滑、且つ確実に実施するため、JAXA及び契約会社の飛行安全系担当を対象として、業務の実施に必要な飛行安全知識、運用手順、飛行中断時の処置手順等について、「飛行安全系実施計画書」及び「飛行安全系作業手順書」等をテキストとして安全教育を実施する。

6.2 飛行安全管理訓練

打上安全監理室長、飛行安全課長及び飛行安全系担当が、ロケットの飛行安全管理中に発生しうる種々の異常事態に際して、適切且つ迅速な報告・判断が行えるよう以下に示す内容の飛行安全管理訓練を実施する。

- （1）正常飛行ケース及び判断の容易な異常ケースに対する対応訓練
- （2）地上設備系異常又はロケット系異常ケースに対する対応訓練
- （3）地上設備系及びロケット系双方異常ケースに対する対応訓練
- （4）過去の実機データを用いた訓練

6.3 飛行中断時の情報連絡訓練

飛行中のロケットに異常が発生し飛行中断措置を実施した場合のロケット等落下物の落下予想区域等の情報連絡が迅速に行えるよう速報訓練を実施する。

7. ロケット飛行中断後の対策及び措置

打上げ後、飛行中断等によりロケットが地表に落下した場合には、あらかじめ定められた規程（1.3.3項（1））に従って被害状況の把握に努め、必要な措置を講じる。

7.1 射点近傍での飛行中断

ロケットが打上げ直後に地表に落下した場合には、打上安全監理責任者は警戒体制を宣言し、直ちに放送、電話等により射場内外に周知徹底を図る。事故及び災害の状況に応じ、現地事故対策本部（図 1-1）、事故対策本部（図 1-2）を設置し、必要な措置を講じる。

7.2 射点近傍以外での飛行中断

ロケットがダウンレンジで地表に落下した場合には、事故及び災害の状況に応じ、本社に事故対策本部を設置し、外部関係機関との連絡等、必要な措置を講じる。ロケット飛散物の範囲が国内の場合は、関係省庁及び地方公共団体等外部関係機関に緊急通報するとともに、被害状況の把握に努める。また、外部関係機関からの要請に応じて、救援等災害対策に必要な情報の提供、職員派遣等所要の協力を行う。ロケット飛散物の範囲が公海または外国及びその周辺に及ぶ場合には関係省庁に通報し、主務官庁に対して外務省及び国際連合への通報を依頼するとともに被害状況の把握に努める。また、国際連合または外国政府からの要請に応じて救援等災害対策に必要な情報の提供、職員の派遣等所要の協力を行う。

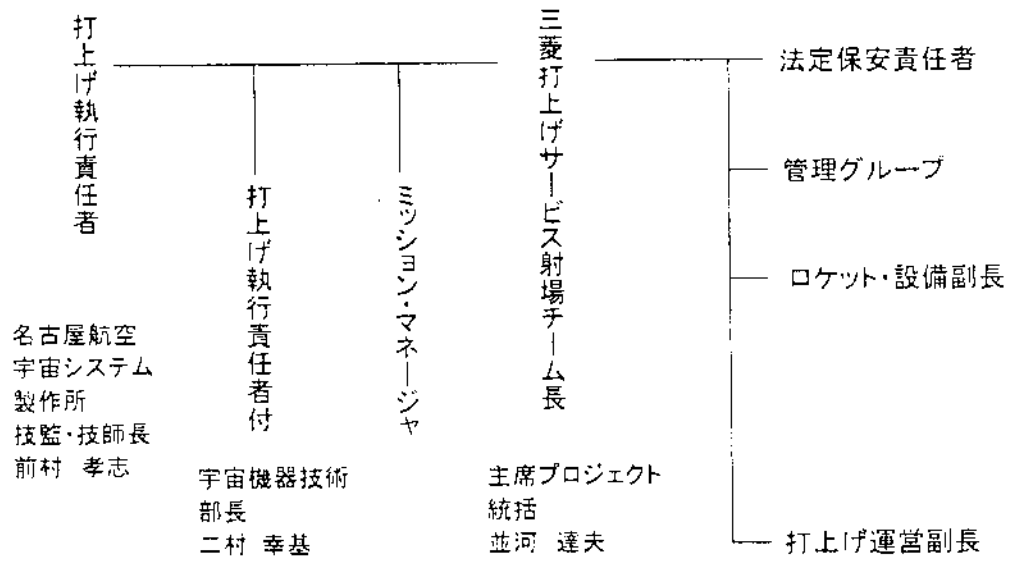
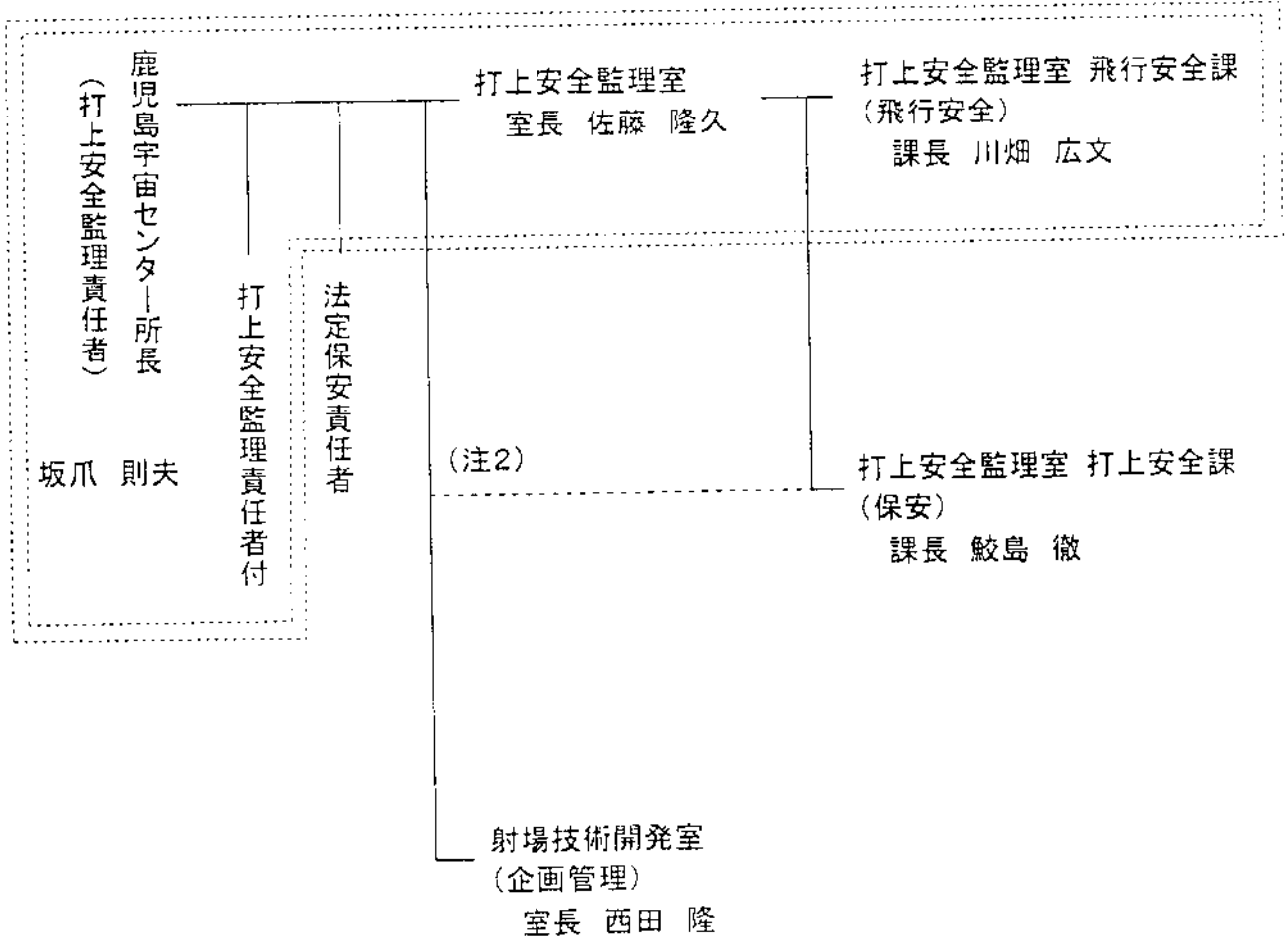


図8 MHI打上執行体制

(注1)



(注1) 二重破線枠内の飛行安全に関わる組織の詳細と業務を図10に示す。

(注2) 打上げ当日(打上げ最終準備完了確認会以降)は、鹿児島宇宙センター所長(打上安全監理責任者)が打上安全課長に対して直接指示を行う。

図9 JAXA打上安全監理体制

打上安全監理責任者

- ・ 打上安全確保業務の総括指揮

打上安全監理責任者付

- ・ 打上安全監理責任者を支援

打上安全監理室長

- ・ 打上安全監理室の業務を統括する

飛行安全課長

- ・ 飛行安全系、射場系の状況把握
- ・ 飛行安全、射場系担当の指揮
- ・ ロケット飛行状況の把握
- ・ 飛行安全措置の実行

飛行安全系

テレメータ担当

- ・ 推進系、姿勢制御系テレメータデータの監視
- ・ 追尾運用状態の監視

スクリーン担当

- ・ ITVによるリフトオフ直後のロケットの監視

計算担当

- ・ 飛行安全計算機の整備及び運用
- ・ 飛行安全計算結果の整理

風解析担当

- ・ 飛行安全解析作業の実施

射場系担当

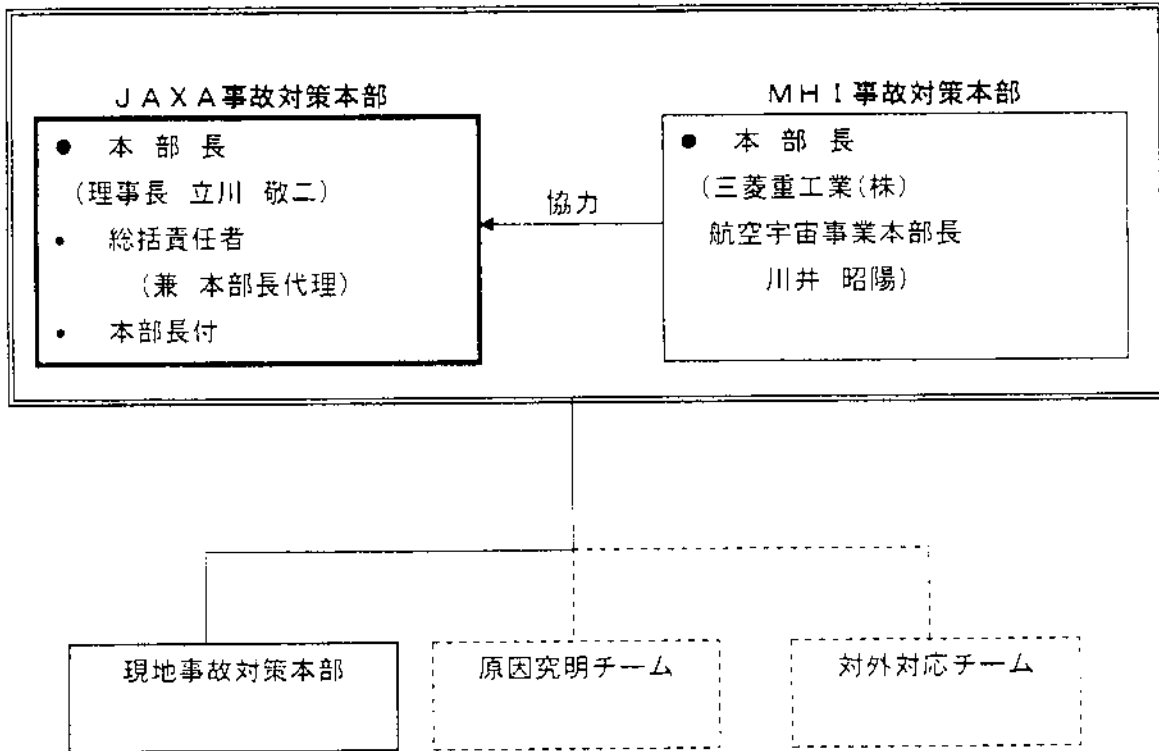
- ・ ロケット追跡状況把握

図 10 飛行安全関連組織



- (注1) 救護班、安全防护班、避難誘導班、非常持出班、消火班、及び通信連絡班は、自衛消防隊の編成で構成する。
- (注2) MHI現地事故対策本部の体制は、MHI安全管理計画書に規定される。
- (注3) 各関連メーカは緊急時の体制を明確にし、事前にJAXAに届出を行う。
- (注4) 現地事故対策本部長が必要と認めた場合は、適宜組織及び業務分担を改編する。

図 1 1 現地事故対策本部の構成



(注1) 安全確保に関わる組織を実線で示す。

図12 安全に関わる重大な事故発生時の事故対策本部の構成