

H-IIAロケット40号機の打上げに係る 飛行安全計画

平成30年7月

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構

説明者
第一宇宙技術部門 宇宙輸送安全計画ユニット
ユニット長 石原 和臣

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条に従い宇宙開発利用部会の調査審議を受けるものである。

40号機は三菱重工業株式会社（以下、「MHI」という。）が打上げ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 宇宙開発利用部会 基準	2
1.3.3 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 規程・要領等	2
2. 飛行経路の安全性	3
2.1 飛行経路	3
2.2 落下予想区域と警戒区域	3
2.3 落下予測点軌跡	3
2.4 地上局との電波リンク	3
2.5 軌道上のロケット機体等の処置	4
2.6 軌道上の有人宇宙物体に対する安全対策	4
3. 飛行安全管理	13
3.1 飛行安全システム	13
3.1.1 システムの概要	13
3.1.2 飛行安全情報の流れ	13
3.1.3 ロケットの飛行を中断すべき条件	13
3.2 落下限界線の設定	14
3.2.1 種子島周辺の落下限界線	14
3.2.2 種子島周辺以外の落下限界線	14
4. 航空機及び船舶に対する通報	17
4.1 航空機に対する通報	17
4.2 船舶に対する通報	17
5. 飛行安全組織及び業務	18
6. 安全教育・訓練	18
6.1 安全教育	18
6.2 飛行安全管理訓練	18
6.3 飛行中断時の情報連絡訓練	18
7. ロケット飛行中断後の対策及び措置	19
7.1 射点近傍での飛行中断	19
7.2 射点近傍以外での飛行中断	19

図表目次

表 1	H-IIAロケット40号機の飛行計画概要	5
図 1	H-IIAロケット40号機の飛行経路概要(機体現在位置)(1/2)	6
図 2	H-IIAロケット40号機の飛行経路概要(機体現在位置)(2/2)	7
図 3	投棄物の落下予想区域	8
図 4	落下予想区域と航空路	9
図 5	海上警戒区域	10
図 6	上空警戒区域	11
図 7	ロケットの落下予測点 ^(注) 軌跡と3 σ 分散範囲	12
図 8	飛行安全システム概念図	15
図 9	射点周辺の落下限界線	16
図 10	MHI 打上げ執行体制	20
図 11	JAXA 打上安全監理体制	21
図 12	飛行安全関連組織	22
図 13	現地事故対策本部の構成	23
図 14	安全に関わる重大な事故発生時の事故対策本部の構成	24

1. 全般

JAXAは、H-IIAロケット40号機、温室効果ガス観測技術衛星2号「いぶき2号」(GOSAT-2)及び観測衛星「KhalifaSat」並びに小型副衛星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40号機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、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、その経路を外れて落下予測域^(注)が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) 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。

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」等に基づき実施する。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 宇宙開発利用部会 基準

- (1) ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全対策の評価基準

(平成28年6月14日 宇宙開発利用部会)

1.3.3 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 規程・要領等

- (1) 安全管理規程 (規程第16-2号 平成28年8月29日改訂版)
(2) 人工衛星等打上げ基準 (規程第15-37号 平成27年7月28日改訂版)
(3) 人工衛星等打上げ用ロケットの飛行安全に関する基本要求
(JERG-1-011B 平成29年4月6日改訂版)
(4) 飛行安全解析要求書 (KQE-14720D)

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、図2に示す。

2.2 落下予想区域と警戒区域

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、上部衛星フェアリング及び第1段機体がある。図3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に示すと図4のとおりである。固体ロケットブースタ、上部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実行し安全を確保する。

また、打上げ直後の飛行中断に伴う破片の落下分散を解析し、ロケットの落下破片が船舶に当たるおそれのある海域を図5のように海上警戒区域として、射点を含む周辺の陸地において、落下予測域を収めることができる適切な範囲を陸上警戒区域として設定する。また、図6のように、海上警戒区域、並びに陸上警戒区域、及び高度18km通過域を包含した区域を上空警戒区域として設定する。

なお、落下予想区域及び両警戒区域について、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7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制を実施する。その方法については第3章に述べる。

2.4 地上局との電波リンク

H-IIAロケット40号機の打上げでは、打上げから第2段ロケット軌道投入直前まで飛行安全管制を実施するため、その期間の電波リンク確保に必要な追尾局（レーダ、テレメータ）、及びコマンド局を使用する。

2.5 軌道上のロケット機体等の処置

衛星以外の軌道投入物体としては、ロケット第2段機体、下部フェアリング（アダプタ部およびシリンダ部）がある。このうち、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、衛星の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-IIA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段機体が推薬タンクの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に残留推進薬の排出を行う。また、排出が完了しなかった場合にも、推薬タンクは内圧上昇に対する安全弁または吹出し弁を備えているので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) 衛星分離機構はマルマンバンド方式またはスプリング方式であり、作動時に破片等を放出しないよう配慮した方式を採用している。

2.6 軌道上の有人宇宙物体に対する安全対策

ロケットの打上げに際しては、軌道上において活動する者の生命の安全を確保するため、打上げ実施後に軌道上の有人宇宙物体がロケットの軌道投入段及びその分離物からの安全を確保するための対応が可能と考えられるまでの間を考慮した干渉解析を実施し、当該有人宇宙物体との衝突を回避する打上げ時刻を設定する。

表 1 H-IIAロケット40号機の飛行計画概要

事 象	打上後経過時間			距離 km	高度 km	慣性速度 km/s
	時	分	秒			
(1) リフトオフ	0	0	0	0	0	0.4
(2) 固体ロケットブースタ 燃焼終了*	1	55		42	47	1.6
(3) 固体ロケットブースタ 分離**	2	6		53	54	1.6
(4) 上部衛星フェアリング分離	4	20		248	131	2.1
(5) 第1段主エンジン燃焼停止 (MECO)	6	38		510	271	3.4
(6) 第1段・第2段分離	6	46		530	283	3.4
(7) 第2段エンジン第1回燃焼始動(SEIG1)	6	52		545	292	3.4
(8) 第2段エンジン第1回燃焼停止(SECO1)	15	26		2710	613	7.5
(9) 「いぶぎ2号」分離	16	16		3056	613	7.6
(10) 下部衛星フェアリング分離(アダプタ部)	19	51		4540	613	7.5
(11) 下部衛星フェアリング分離(シリンダ部)	19	56		4574	613	7.5
(12) 「KhalifaSat」分離	24	21		6410	616	7.5
(13) てんこう分離	33	20		10145	623	7.5
(14) プロイテレス衛星2号機分離	38	20		12225	624	7.5
(15) DIWATA-2B分離	43	20		14305	621	7.5
(16) JPOD搭載衛星1分離	48	20		16379	614	7.6
(17) JPOD搭載衛星2分離	51	0		17471	610	7.6
(18) 第2段エンジン第2回アイドル・モード 燃焼開始(SEIG2i)	1	45	20	1861	596	7.6
(19) 第2段エンジン第2回燃焼終了(SET OE2)	1	47	42	2349	593	7.6

*) 燃焼室圧最大値の2%時点

**) スラスト・ストラット 切断

***) **■ ■ ■**は飛行安全管理期間。飛行安全管理終了時刻は打上げ後913秒。

****) KhalifaSat分離後、小型副衛星(13)～(17)を順次放出する。

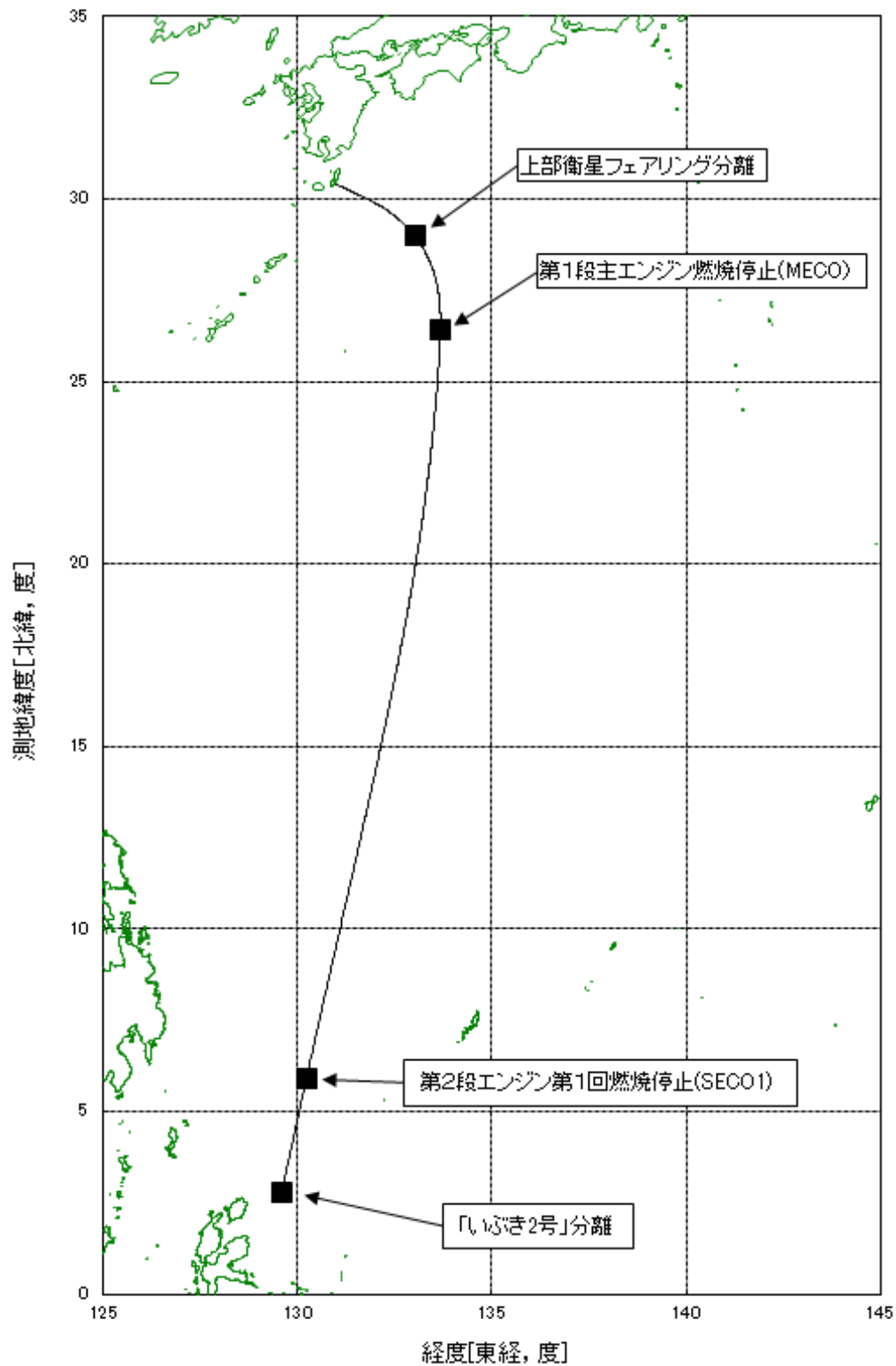


図1 H-IIAロケット40号機の飛行経路概要(機体現在位置)(1/2)

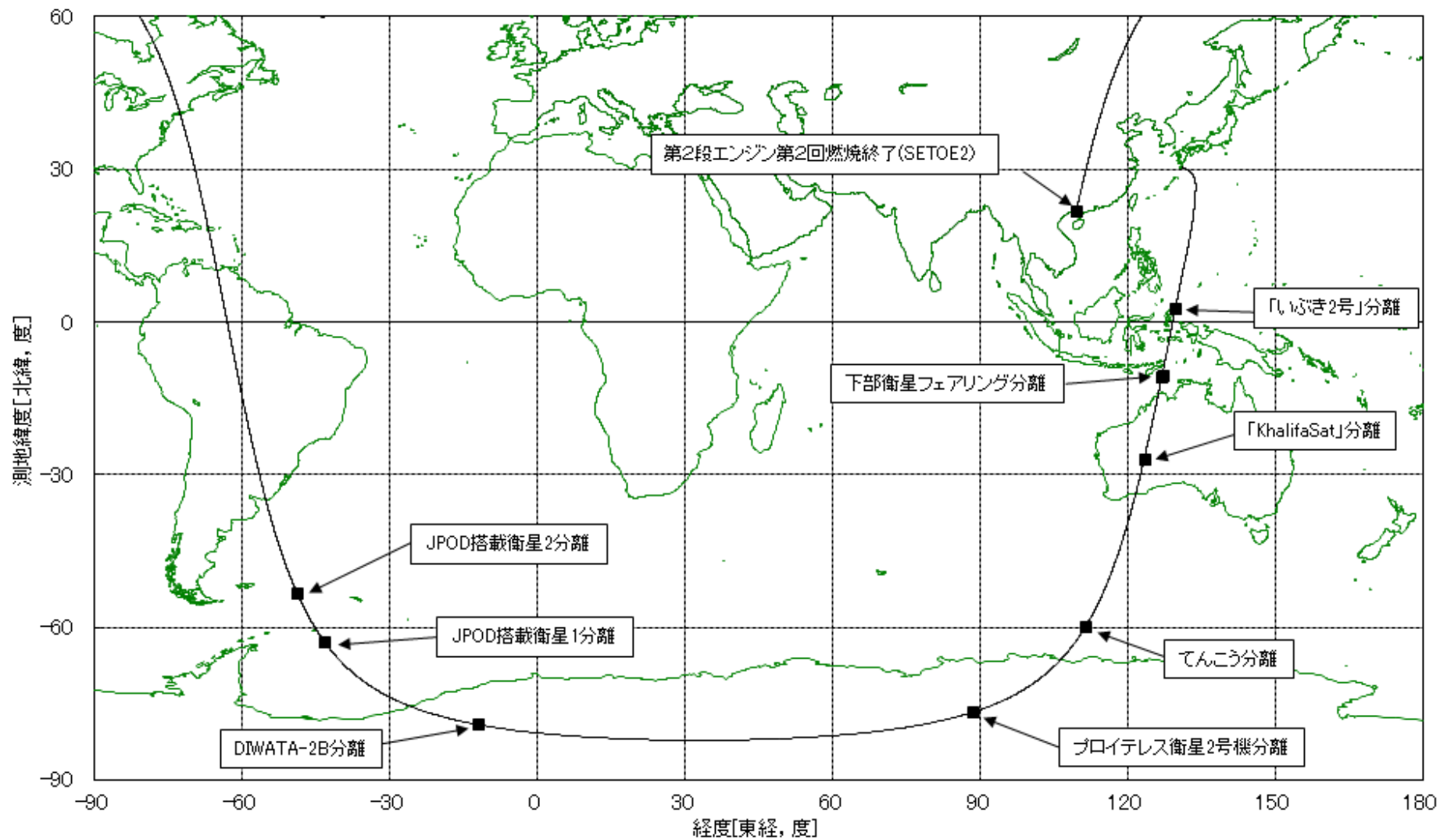
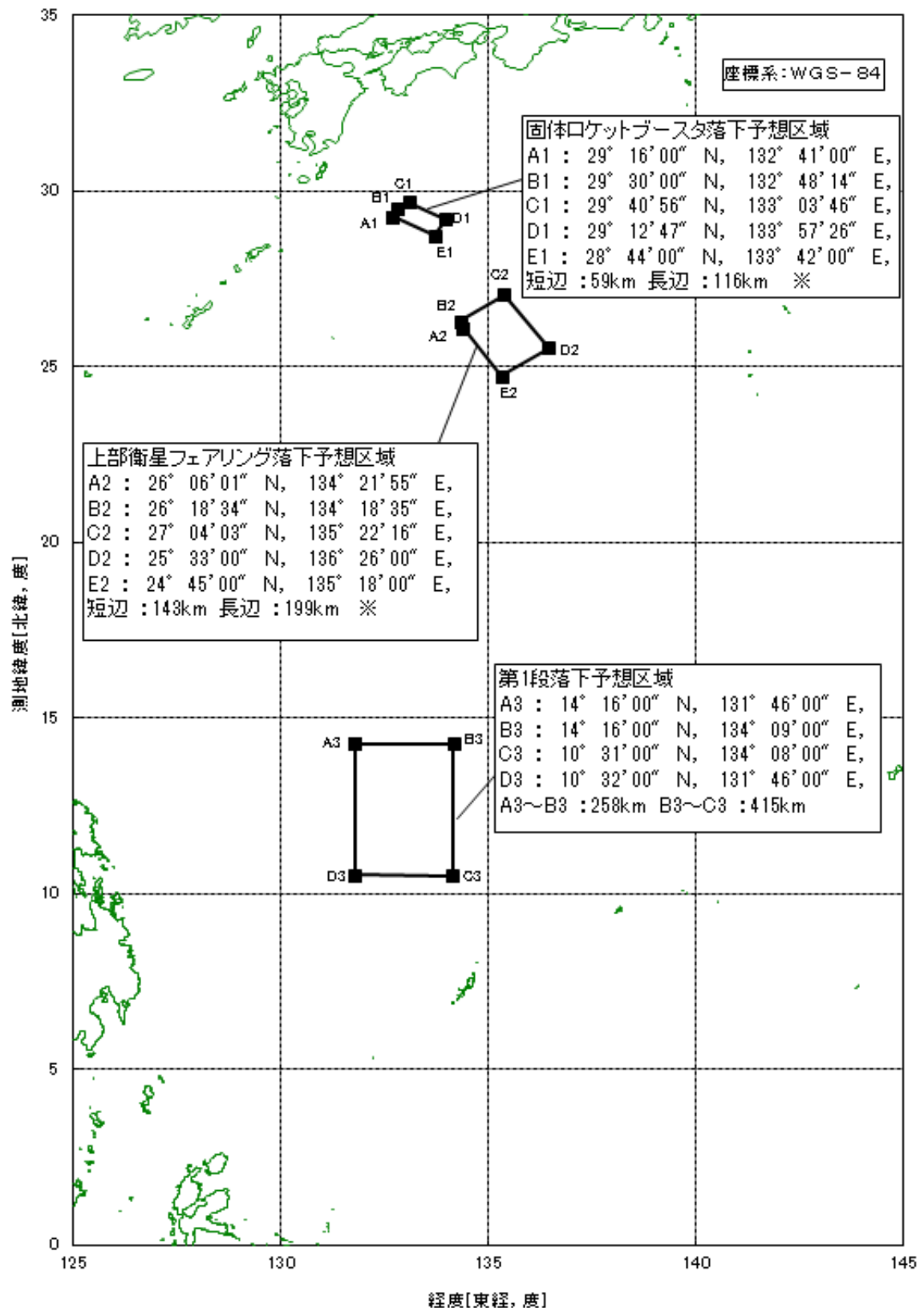


図2 H-IIAロケット40号機の飛行経路概要(機体現在位置)(2/2)



※落下予想区域に外接する長方形の各辺の距離

図3 投棄物の落下予想区域

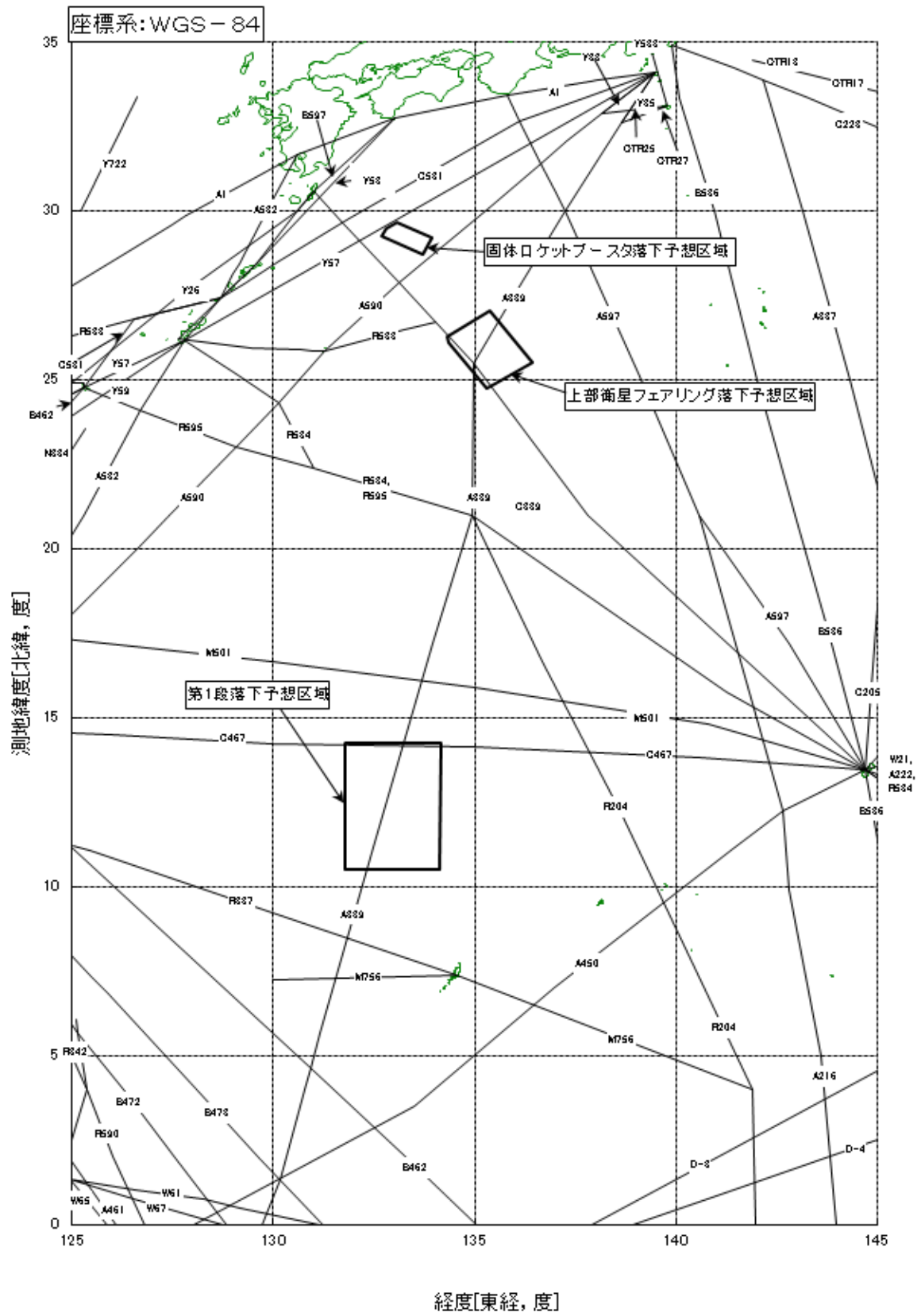


図4 落下予想区域と航空路

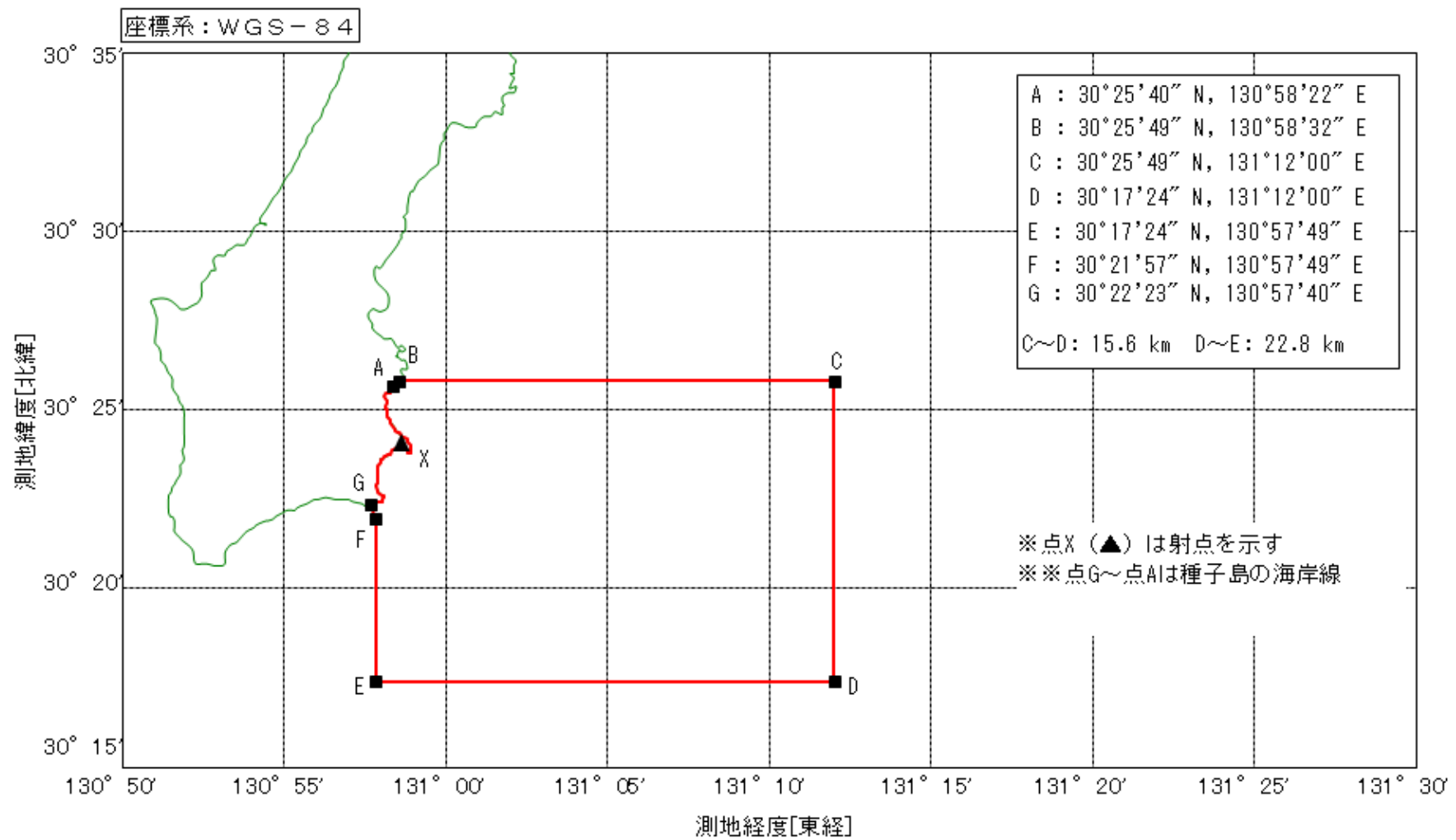


図5 海上警戒区域

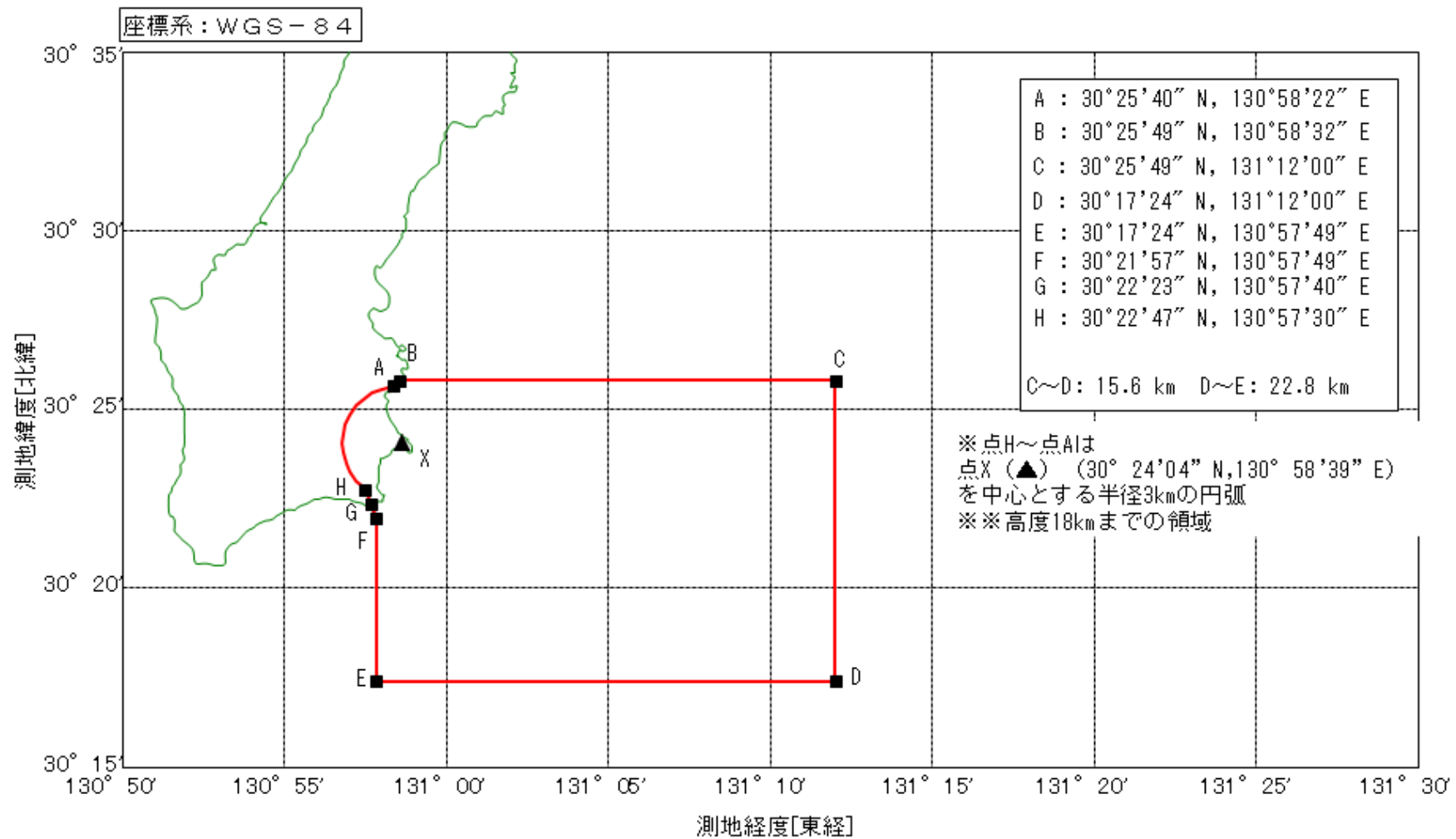


図6 上空警戒区域

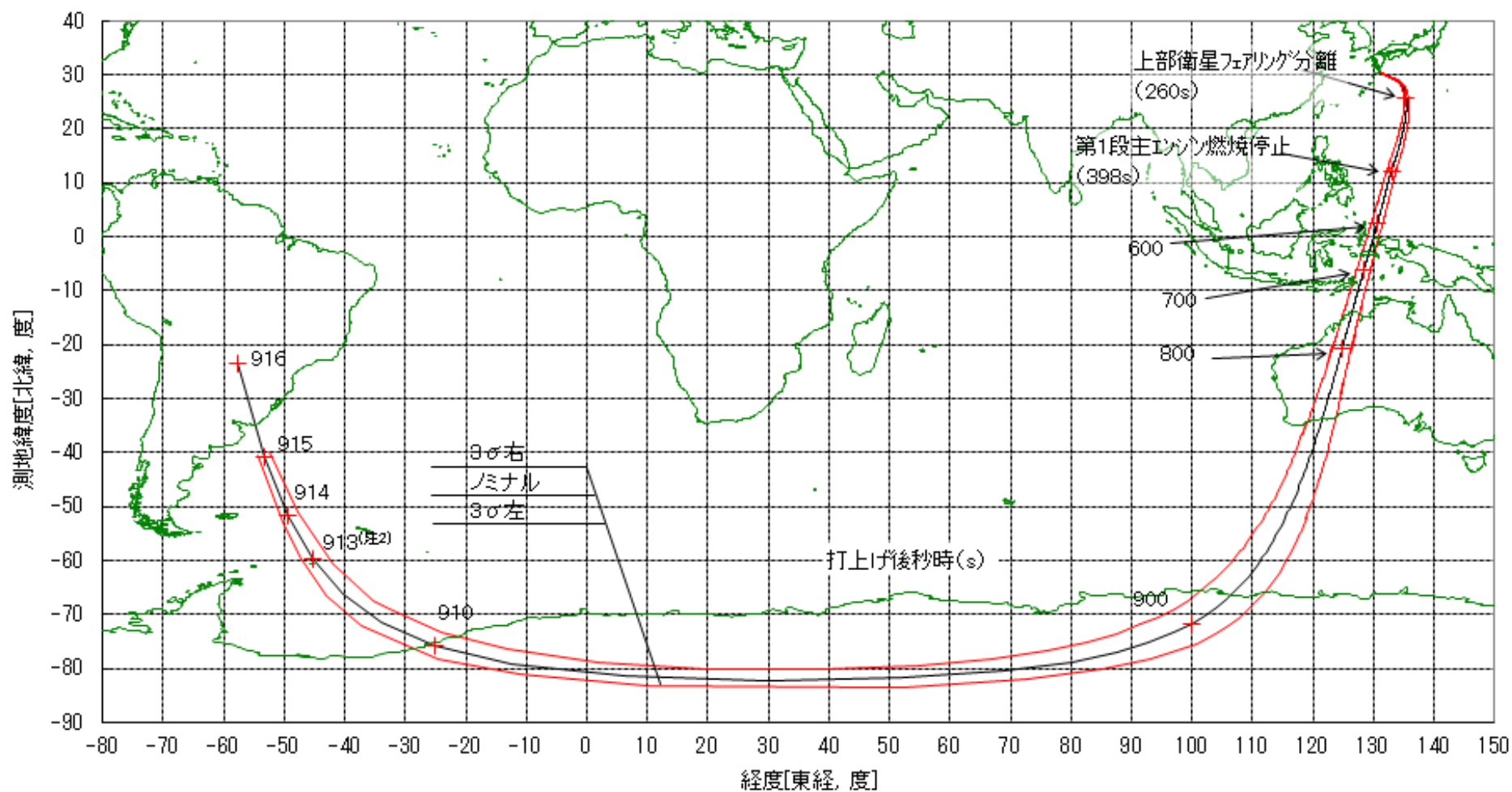


図7 ロケットの落下予測点^(注1)軌跡と3σ分散範囲

(注1) 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、ロケットの落下予測点

(注2) 飛行安全管理終了時刻（落下予測域が地球周回軌道投入直前の南米海岸に到達する時点）

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8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、飛行安全ユニット長の指揮のもと、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、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（詳細は図9を参照）。

- (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3km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30km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、飛行安全管理の運用を考慮して(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。

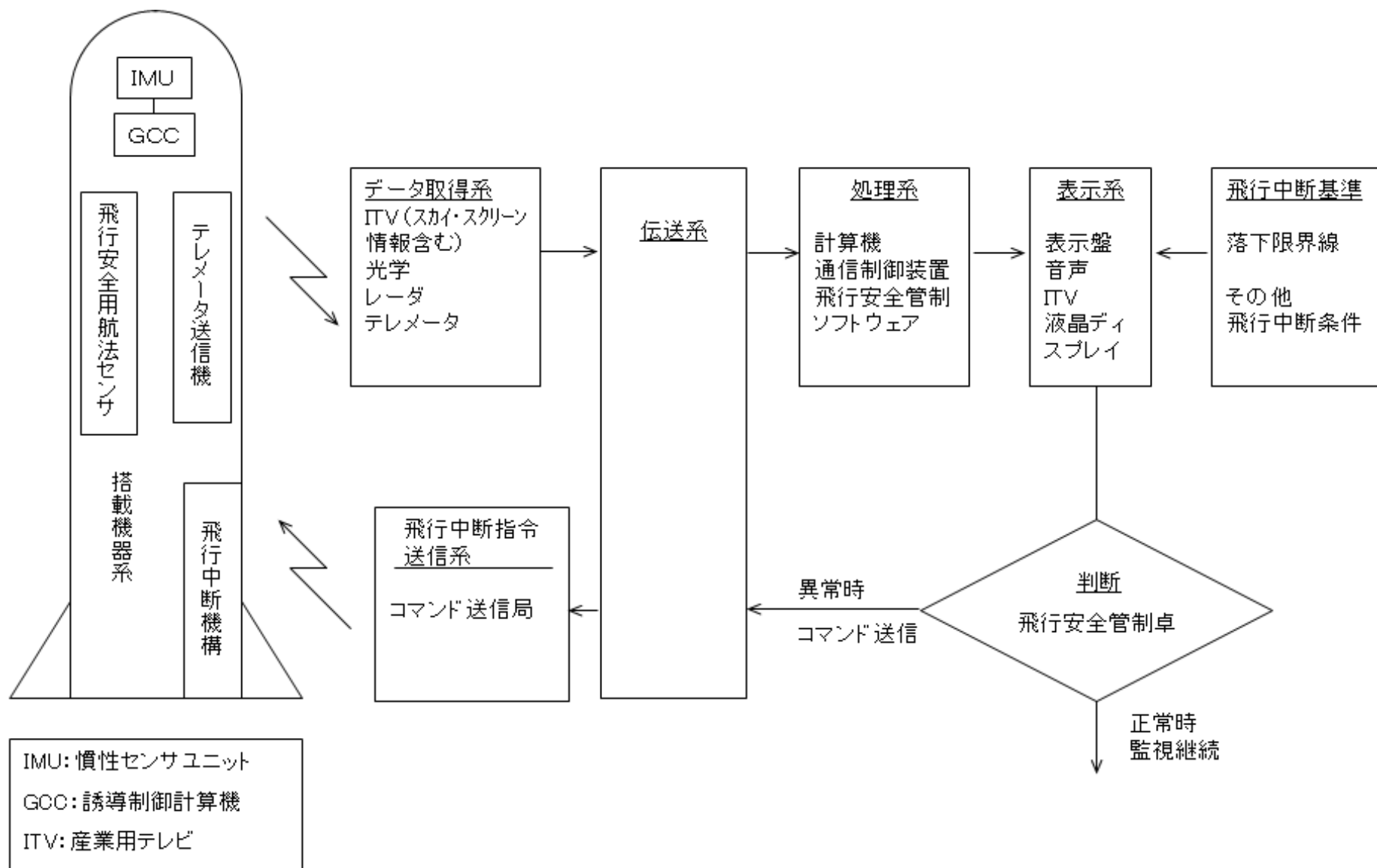


図8 飛行安全システム概念図

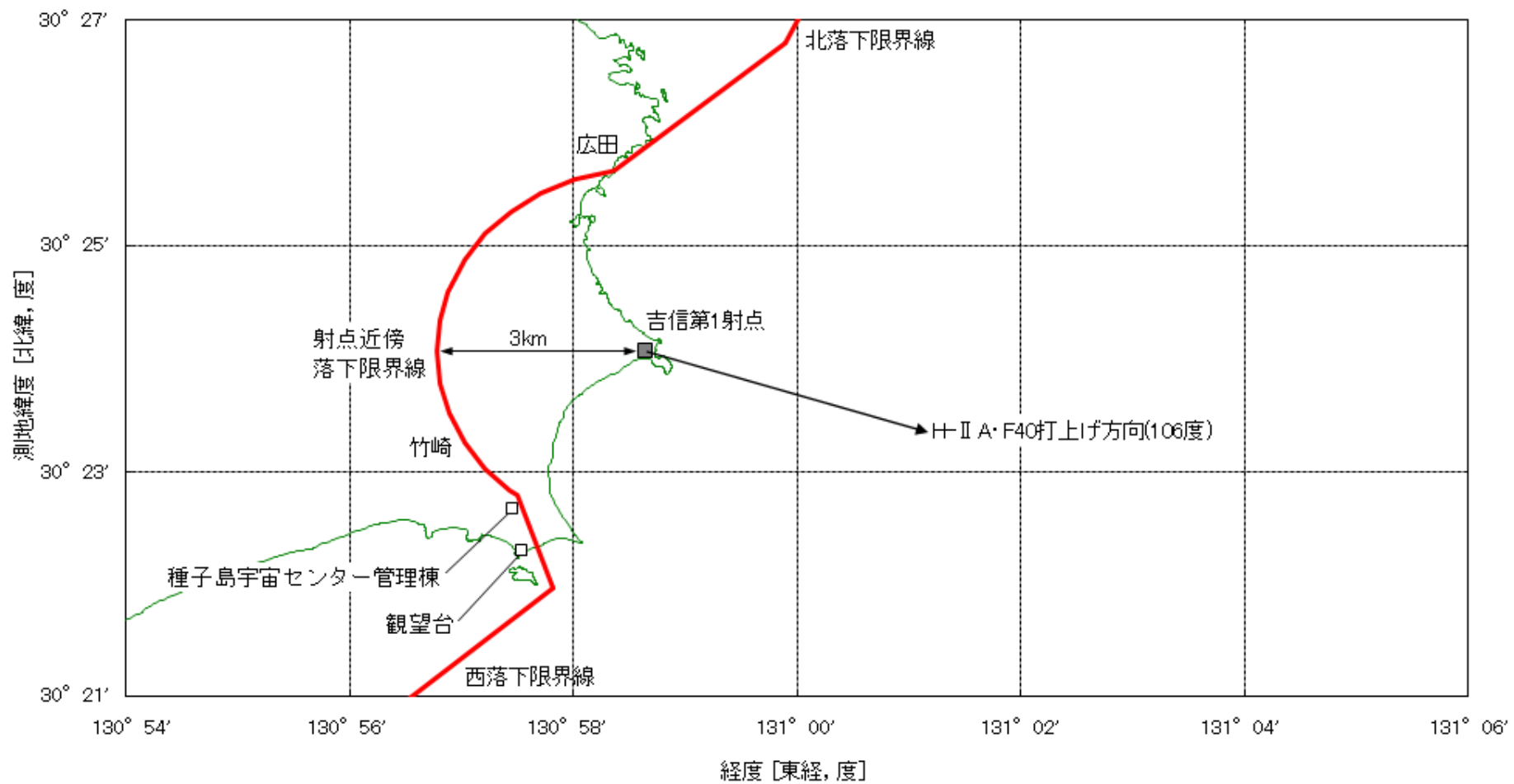


図9 射点周辺の落下限界線

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、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げ執行作業の実施を行う（図10）。

JAXA の打上安全監理組織は、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制に関連する責任者として飛行安全ユニット長等（図11）がおかれる。飛行安全管制に直接関係する飛行安全ユニット及び射場技術開発ユニットについては業務内容も示す（図12）。

また、打上安全監理責任者の下、打上管制安全評価ユニット長を置き、射場整備作業に係るシステム安全評価を行う。

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制業務を円滑、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 飛行安全管制訓練

飛行安全ユニット長、管制リーダ及び飛行安全系担当が、ロケットの飛行安全管制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制訓練を実施する。

- (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

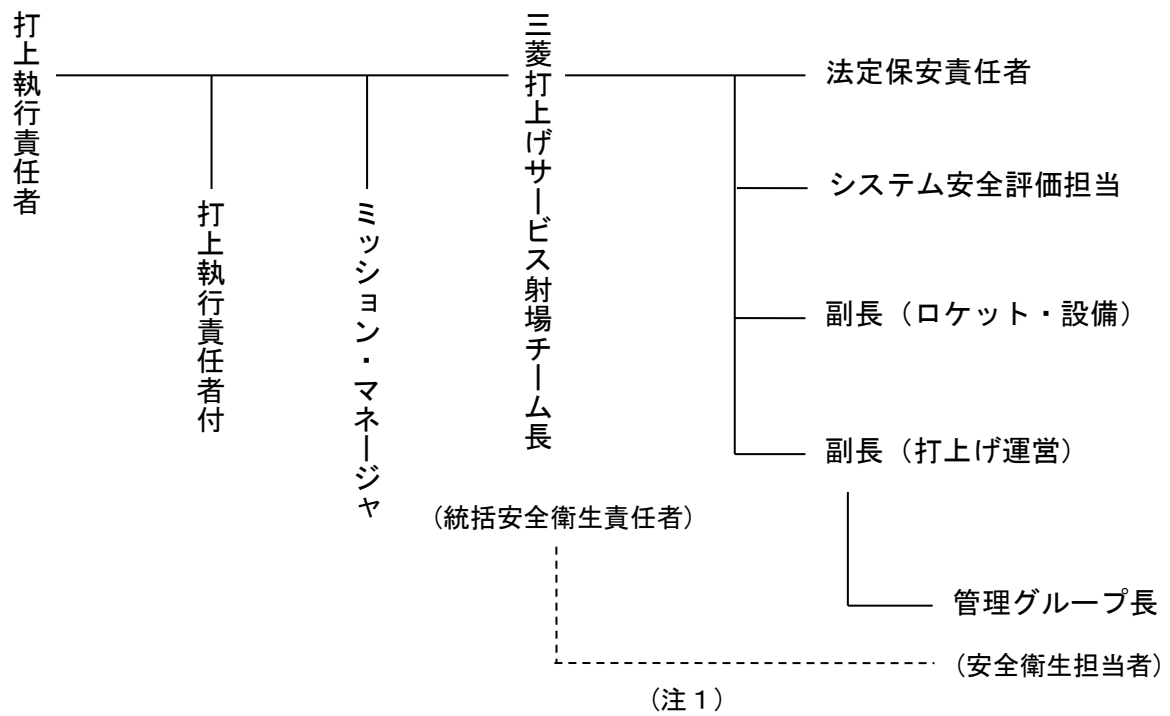
打上げ後、飛行中断等によりロケットが地表に落下した場合には、あらかじめ定められた規程（1.3.3項（1））に従って被害状況の把握に努め、必要な措置を講じる。

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13）、事故対策本部（図14）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。



(注1) 安全に関しては、統括安全衛生責任者と安全衛生担当者との間で直接指示・報告を行う。

図10 MHI 打上げ執行体制

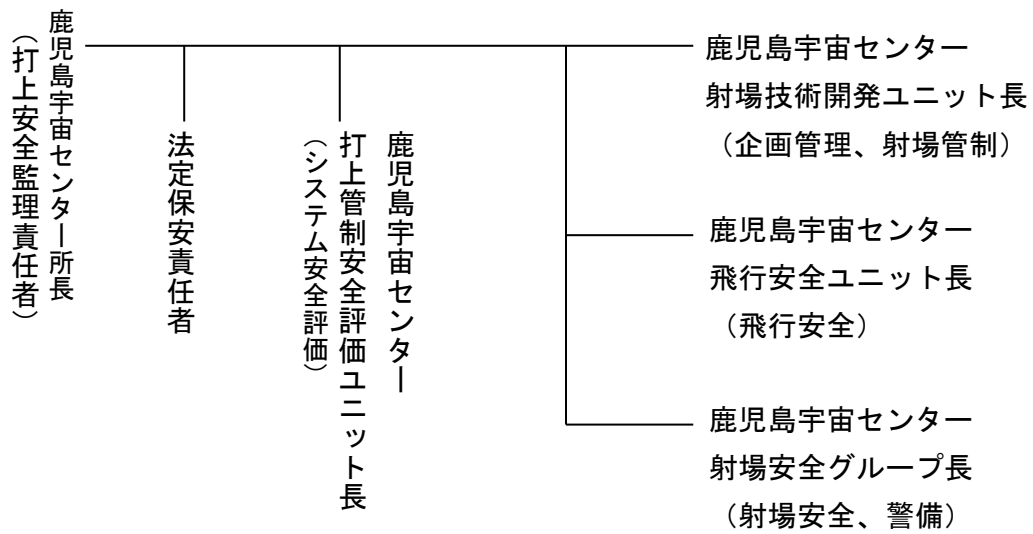
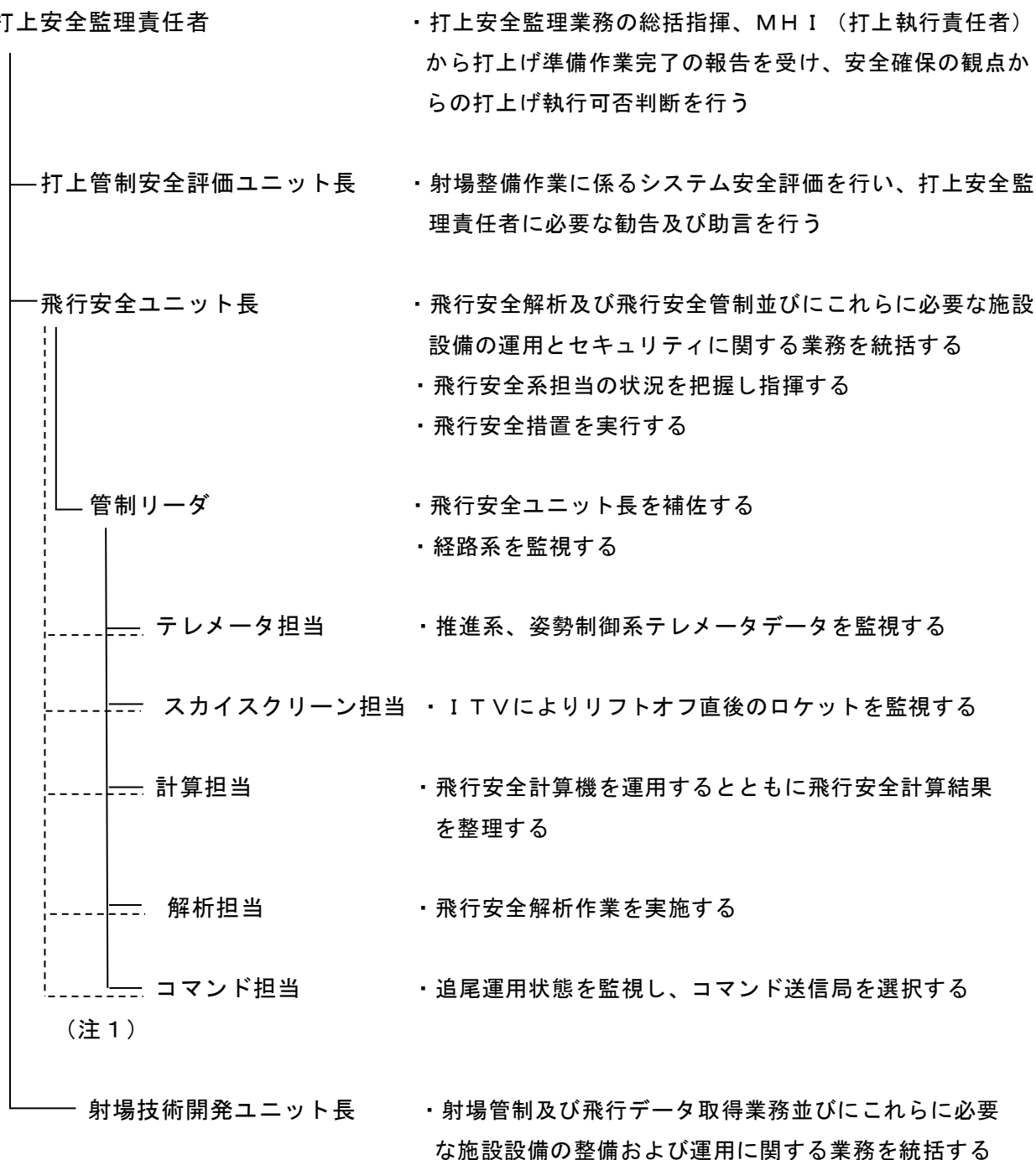


図 1 1 J A X A 打上安全監理体制

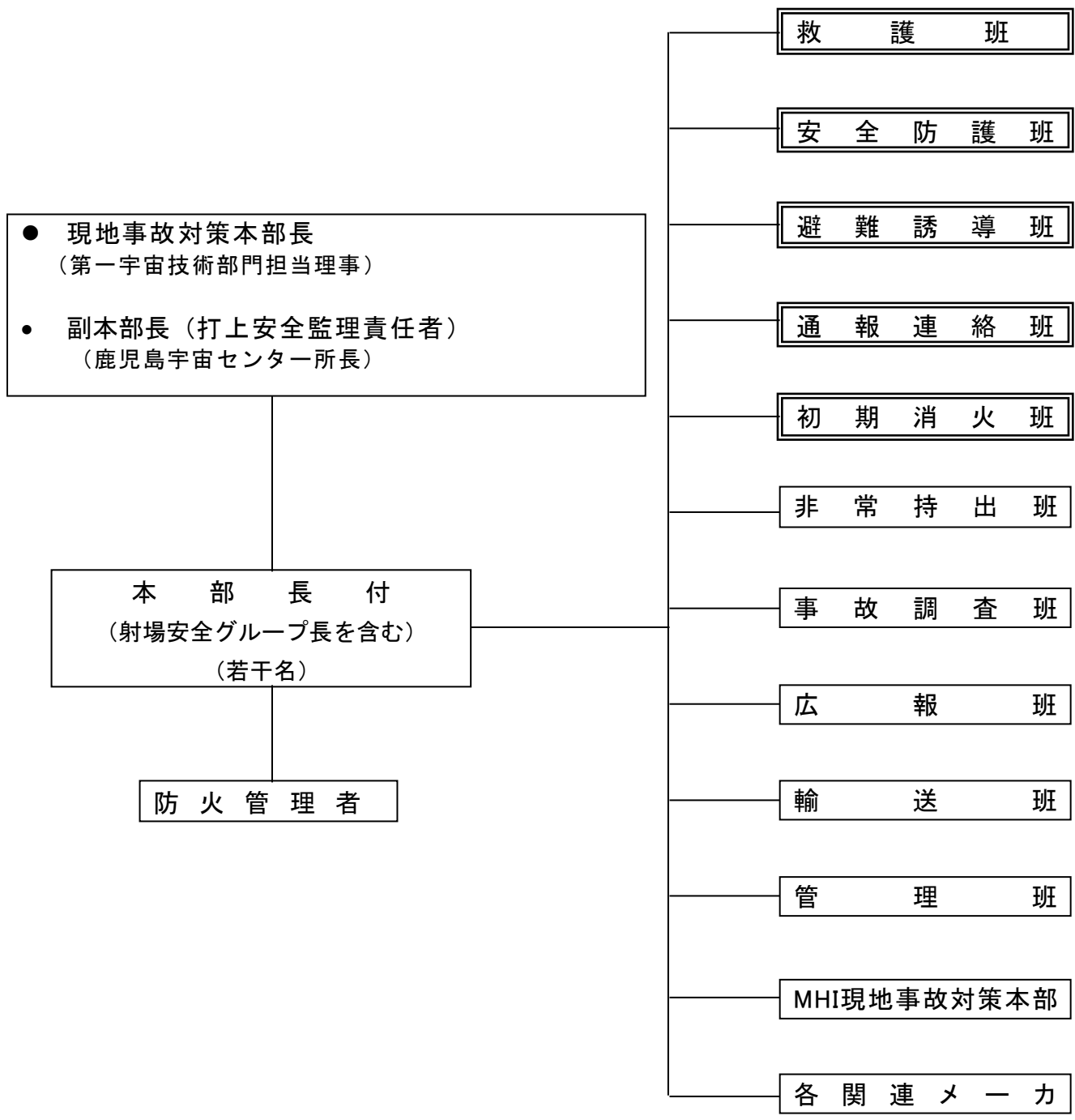
打上安全監理責任者



(注1)

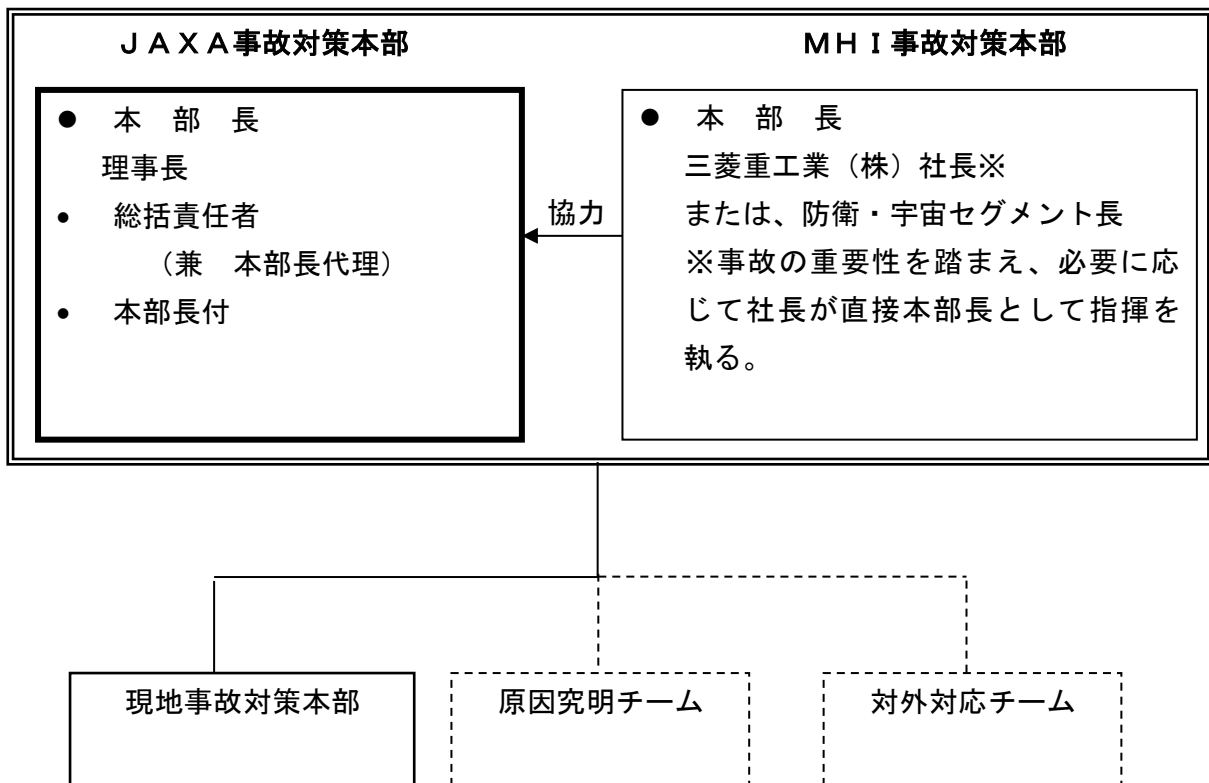
(注1) 飛行安全管制作業については、飛行安全ユニット長と各担当の間で直接指示・報告を行う。

図12 飛行安全関連組織



- (注1) 救護班、安全防護班、避難誘導班、初期消火班、及び通報連絡班は、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13 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14 安全に関わる重大な事故発生時の事故対策本部の構成