



再突入機の再突入飛行に係る安全基準 解説書

平成 28 年 9 月 7 日制定

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目次

1. はじめに	1
2. 解説	6

1. はじめに

本書は JERG-0-047「再突入機の再突入飛行に係る安全基準」の要求事項に対し、要求の目的、背景や補足事項等を解説するものである。

2 項の「解説」部では、JERG-0-047「再突入機の再突入飛行に係る安全基準」（以下、「本基準」）の条項を外枠で囲い示し、その下に解説を示す構成としている。

(1) 初版制定の背景と経緯

軌道上での運用を終了後大気圏への自然落下に任せて廃棄する人工衛星等に対しては、大気圏通過後の残存物による落下危険度（傷害予測数）を評価することが JMR-003「スペースデブリ発生防止標準」で要求されている。同基準が定める傷害予測数を超えるリスクが想定される人工衛星等に対しては、予め安全が確保された落下区域を設定して制御して落下させること（制御落下）も含め、リスク低減の努力が求められる。

一方で、人工衛星等を制御落下させる場合において安全上どのような対策や配慮が必要となるかについて、本基準制定前は JAXA 組織全体としてまとまった要求が規定されていなかった。^{注1}

また、2009 年から運用を開始した宇宙ステーション補給機（以下、「HTV」）は、宇宙ステーションに物資補給後、大気圏に再突入し燃焼廃棄される計画となったが^{注2}、プロジェクトが独自に制定した HTV 安全性基本要求（KAE-97006）の「再突入に対する安全要求」には未確定部（TBD）が多く含まれていた。

本基準初版は、上記の状況を踏まえて主に HTV ミッションへの適用を想定しつつ、JAXA としての標準的な要求を明確にすべく制定されたものである。

基準初版設定にあたっては、以下の事項が考慮された。

① 技術基準としての網羅性

技術的な要求項目の抜けがないよう、諸外国の基準等との比較検討がなされ、要求項目の網羅性や傷害予測数が同等であることが確認された。

注1：実務的にはロケット打上げ時の飛行安全要求を基に検討された再突入基準案 KJX-02501A「再突入機の再突入飛行に係る安全基準細則」が旧輸送本部で制定され、再突入により地上の人員に被害が及ばないよう検討されていた。

注2：自然落下で廃棄させた場合のリスクが大きく、また、ISS に到達するための機能を活用することで、比較的容易に制御した再突入が実現できる見込みがあったため。

② JAXA の統一基準としての汎用性

本基準は幅広いミッション・システムへの適用を想定して、搭載機器の詳細な構成、信頼度要求、設計基準等の詳細仕様要求は規定せず、安全な落下域の設定や傷害予測数など基本的な安全要求および再突入の制御に必要な最低限のシステムの機能要求規定に留めた。

このため、プロジェクト固有のシステム要求や機器個別の設計要求等については、プロジェクトの特徴に応じて具体化する必要がある。

③ 既存の飛行安全解析要求等との整合

再突入運用に係る破片の分散域設定の考え方や、傷害予測数の解析手法等については、ロケット打上げ時の飛行安全基準(JERG-1-007「射場・飛行運用安全技術基準」(当時))と同等の考え方が採用された。

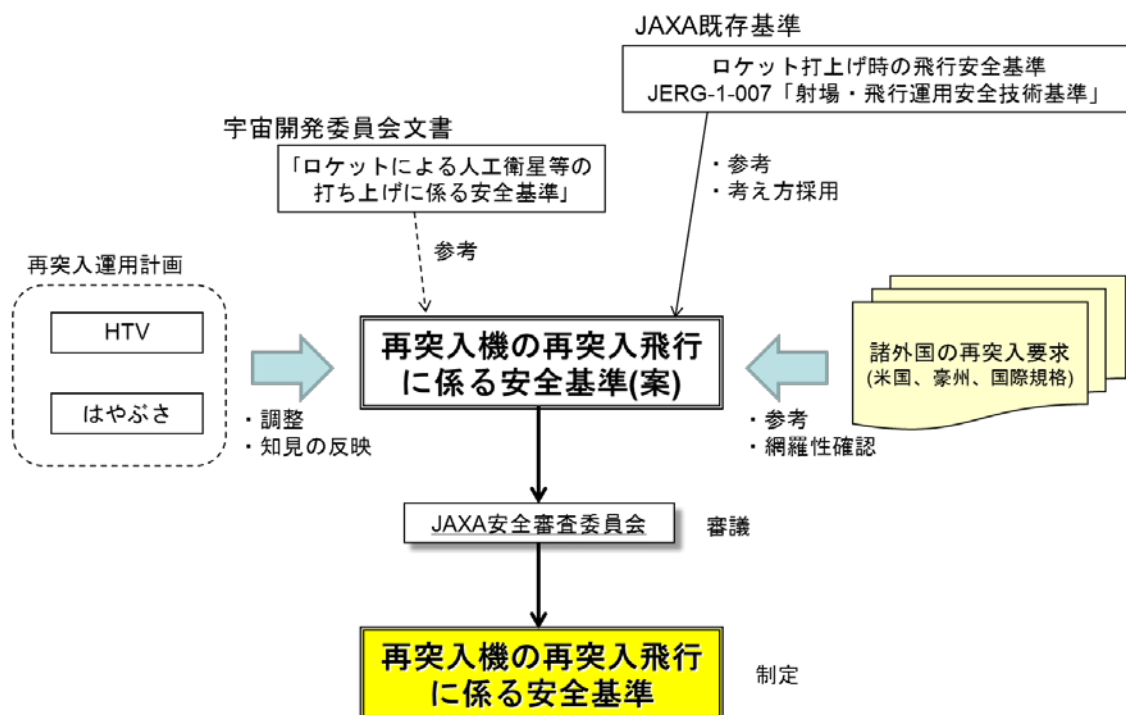


図 1 基準初版制定の流れ

注)宇宙開発委員会文書「ロケットによる人工衛星等の打ち上げに係る安全基準」は本基準の上位文書ではなく、参考の位置付け。

(2) A 改訂の経緯と主な改訂項目

本基準初版は、2009年5月8日の制定以降、HTV、はやぶさ、H2B ロケット 2 段機体等の再突入に適用されてきたが、実際に審査で適合性を評価する段階において要求の重複や不明確な規定内容等が識別され、ユーザー（主に本部安全審査担当）から改善を要望されていた。

また、それ以外にも以下のような理由から見直すべき事項が識別された。

- ① 2014 年度に ESA/NASA と実施した再突入機（主に制御落下で廃棄する機体）に係る安全要求比較の結果として、JAXA の安全要求にも反映する必要がある事項が確認された。

➤ 破片を落下させる目標地点の区分の見直し等

➤ 傷害予測数の評価条件

- ② 初版において「大気圏再突入以降に空気力を利用して目標地点へ誘導操舵を実施する再突入機」を“適用対象外”としていたが、有人部門で空気力による操舵を行う帰還カプセルが開発される計画があり、適用対象範囲を見直す必要がある。

- ③ スペースデブリ発生防止標準(JMR-003)と本基準の規定に一部不整合があるため、子文書である本基準を再整理して親文書(JMR-003)と整合させる必要がある。

以上を踏まえ、A 改訂を行うこととなった。

A 改訂における主要な技術変更点は以下の通り。

- ① ESA/NASA との安全要求比較活動を通じた知見の反映

- 破片を落下させる目標地点の区分の見直し、及び領空通過に係る規定の削除
国際法上は、領土・領海内外により対応が分かれる。このため、破片を落下させる目標地点に対する要求を、法令上の切り目に合わせて再整理した。
(ESA/NASA についても Territory の内外で対応を整理している)

また、領空については国際的に合意された高度の定義がなく、従って「領空を通過する」と判断する根拠が規定できない。よって、領空に関連した要求は削除し、領土・領海内に破片が落下するか否かによって当該国との調整要否を判断することと整理した。(ESA/NASA にも領空への干渉を個別に考慮した要求は無い)

なお、実行上空域の安全で懸念となるのは航空機と破片の干渉であるが、航空機との干渉回避については領土・領海内外に関係無く NOTAM 等による通知を要求しており、それによって空域の安全は確保されるという考え方である。

- ・ 傷害予測数（Ec）の評価条件の追加

初版では、通常運用中の故障等で自然落下に至ってしまう（再突入運用が実行できない）ケースを傷害予測数評価の対象外としていた。

しかし、自然落下時のリスクが大きいため制御落下を行うのであれば、制御落下の達成確率（≒運用終了時のシステム残存確率）が問われる要求であるべきとの指摘があり、A改訂では当該ケースを傷害予測数の評価に含めるよう改めた。

なお、ESA/NASA も再突入運用が実行できない（自然落下に至ってしまう）ケースを含めて傷害予測数基準値を規定している。

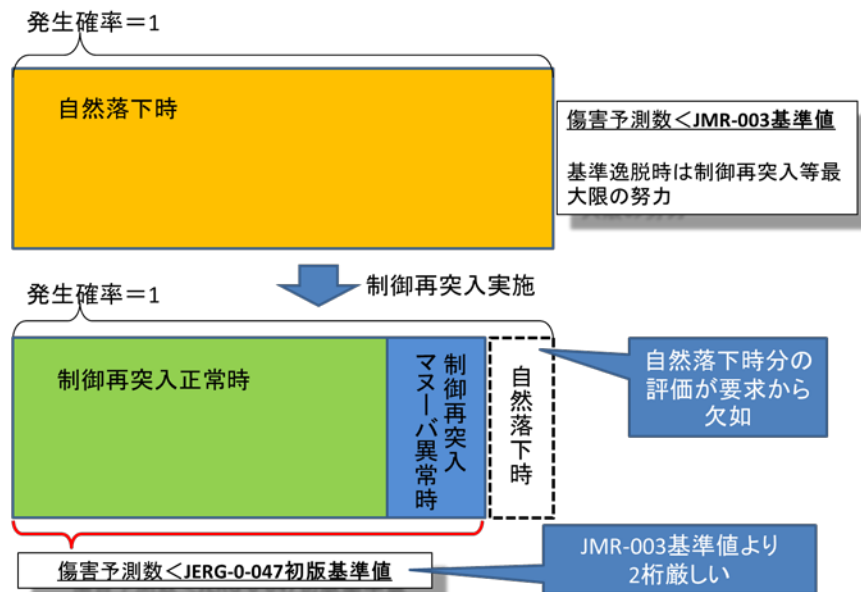


図 2 基準初版の傷害予測数評価

② 帰還カプセルミッションをサポートするための見直し

- ・ 「空気力を利用して目標地点へ誘導する」機体の適用対象化

基準初版は当時の必要性から適用対象を弾道軌道で再突入する無人機に限定し整備されたが、有人部門で空気力による操舵を行う帰還カプセルが開発される計画があることから、A改訂において適用範囲の見直しを行った。

空気力を利用して目標地点へ誘導する再突入機の内、大気圏内での軌道調整能力が小さい機体（舵面を有しないカプセル型等）であれば、揚力やバンク角の変動（バンク角誤差、バンク角制御ばらつき等）を適切に考慮することで従来通り（破片と同様に）落下予想区域評価と通知等による安全確保が可能と判断した。一方、航空機のような大気圏内での軌道調整能力が大きい機体に関しては、限定された着地予想区域を設定することが困難であるため別の考

え方による安全確保が必要と判断される。よって、今回は「舵面」の有無によって本基準の適用可否を区分することとした。

なお、要求事項の解説でも示す通り、実際には HYFLEX のように軌道調整能力がかなり限定された有翼機もあり、必ずしも舵面があるから本基準が適用できないということではないことを補足しておく。

③ スペースデブリ発生防止標準（JMR-003）との不整合修正

- 宇宙物体との衝突回避要求の見直し

人工衛星等については、従来より JMR-003 で軌道上物体との衝突防止が要求されており、そのまま再突入運用にも適用できる。一方、初版ではロケット打上げ固有に適用される COLA 要求が呼び出されていたため、JMR-003 に基づく宇宙物体全般との衝突回避要求に修正した。

本基準 A 改訂は、以下の審議を通して承認された。

- 第 26-18 回 システム安全審査部会 （平成 27 年 3 月 3 日）
- 第 27-15 回 安全審査委員会 （平成 27 年 11 月 10 日）

なお、再突入に係る安全要求/安全確保の普及/定着を目的とし、本基準は A 改訂後、機微な情報(傷害予測数基準値)を示した別添を除き公開文書とした。

2. 解説

1. 目的

本基準は、独立行政法人 宇宙航空研究開発機構（以下「機構」という。）の再突入機のうち適用範囲に規定する再突入機について、大気圏へ再突入するための軌道変更から再突入、着陸／着水（以下、「着地」という。）までに発生する事象から人命・財産を守るとともに環境への悪影響を最小にし、公共の安全を確保するため、再突入機の再突入の安全に係る基本的な要求を定める。

なお、軌道環境の保全（スペースデブリ発生防止含む）及び安全に係る基本的な要求は、本書と重複しない範囲で「スペースデブリ発生防止標準」（JMR-003）に規定された関連基準に従うこと。

（解説） スペースデブリ発生防止標準との関係

JMR-003「スペースデブリ発生防止標準」は全ての宇宙機に対して適用し、本基準（JERG-0-047）は再突入する宇宙機の再突入運用に対して追加適用するものである。両文書の要求事項が並立し得ない場合は本基準が優先され、本基準に規定がないスペースデブリ発生防止等に係わる項目は全般的に JMR-003 の要求が適用される。

本基準を適用することにより、JMR-003 適用が免除されるものではないことを注意する必要がある。

2. 適用範囲

本基準は、機構の再突入機に適用する。再突入機とは以下のものとする。

- ・ 大気圏へ再突入して目標地点に着地することをミッションとしている宇宙機。着地する宇宙機の再突入へ向けた軌道変更が別フライトシステムの支援により実施される場合は、軌道変更を支援するフライトシステムを含む。
- ・ 軌道上でのミッション終了に伴う安全化処置のために、安全な落下域を設定し制御されて大気圏へ再突入するフライトシステム。

ただし、以下の再突入機は本基準の適用対象外とする。

- ・ 有人再突入機
- ・ 空力舵面を持つ宇宙機

なお、空力舵面を持つ宇宙機でも、機体やミッションの特性上本書の適用が可能と考えられるものについては個別に適用可否を判断する。

惑星間往還ミッションのように再突入不達成時は地球をスイングバイするケースは、ミッション特性に基づき各要求項目の該当/非該当を整理の上、適用すること。

なお、回収ミッション等で作業従事者にカタストロフィックハザードが想定される場合は、別途 3.1 項(1)に則った従来のシステム安全の手法によるハザード制御・安全対策を行うこと。

(解説 1) 他機関の再突入機

本基準は JAXA が開発及び運用する再突入機を対象としている。国内外他機関が責任を有する再突入機については、本基準の適用は要求されない。仮に日本のロケットで打ち上げられる場合においても同様である。共同ミッションなど、部分的に JAXA が責任を有する機体に対しては、JAXA が負う責任の内容に応じて、本基準の適用を調整すること。

(解説 2) 適用対象の再突入機と適用範囲外の取扱い

以下に示すような、再突入する無人機が適用対象である。

- (1) 大気圏へ再突入して全体もしくは一部が目標地点に着地することをミッションとしている宇宙機。回収カプセル等の再突入体も含む。

⇒例：探査機等の回収ミッション

なお、「別フライトシステム」とは、地上で回収するカプセル等を再突入軌道に投入する機能を有する母機等を指す。

(2) 軌道上でのミッション終了に伴う安全化処置(廃棄)のために制御されて大気圏へ再突入する宇宙機、ロケット等。

なお、ここでいう安全化処置とは以下のような制御落下を指す。

- ・ 軌道環境の保全のために軌道寿命を短縮し、再突入する。
- ・ 落下に伴う傷害予測数を低減するために、落下させる区域を設定した上で、制御して落下させる。

⇒例：宇宙機、ロケットのミッション終了に伴う所定海域への廃棄

大気圏再突入以降に空気力を利用して目標地点へ誘導する再突入機についても、予め安全が確保された区域を設定し、その範囲内に落下物を制限する手法で安全が確保できる場合には、本基準を適用可能である。（「なお、空力舵面を持つ宇宙機でも・・・」については、上記の意図により付したものである。）

大気圏内での軌道調整能力が高い有翼帰還機等については、上記手法での安全確保が困難であることから、本書の適用は想定していない。（注：同様の理由から、舵面が無くてもエンジンの逆噴射等によって大気圏内での高い軌道調整能力を有する機体については本書が必ずしも適用できない場合がある。）

なお、本基準が適用できない再突入機については、別途安全要求を検討する必要がある。

適用範囲を図 3 に示す。

(解説 3) 再突入機の定義における海外要求との相違

(解説 2)に示した通り、本基準では廃棄のために制御落下を行う機体も再突入機に含めている。一方、FAA 等では再突入に耐え、帰還するように設計された機体のみを再突入機と定義している。

従って、本基準に馴染みのない相手方と制御落下等に係る要求事項等を調整する際は注意が必要である。

なお、上記を理由として、本基準 A 改訂の英文版タイトルは「Safety Standard for Controlled Reentry」とし、ミッション目的（帰還／廃棄）によらず制御落下という行為に適用される安全要求であることを明確にする。

注：「of a spacecraft」と付けない理由は、打上げ機(Launch vehicle)の上段も含む意図である。

(解説 4) 惑星間往還ミッションへの適用

本基準の要求は再突入運用不達成時でも地上へ落下する地球周回軌道からの再突入機を主眼に構成している。再突入運用不達成時には地球に落下しないような惑星間往還ミッション(はやぶさ等)に適用する場合は、テーラリング等を考慮する必要がある。

また、ミッションの特性から安全上の影響がない等、合理的な理由を示すことで適宜 N/A を設けてもよい。

(解説 5) 作業従事者への安全対策

本基準が規定する安全確保は対象再突入ミッションに従事していない第三者に対するものであり、基本的に着地予想区域内には人が存在しない(あるいは立ち入り禁止規制される)ことを想定している。

ミッション要求から作業従事者等が着地予想区域内に待機せざるを得ない等、人員が本基準の規定に従って防護されず、かつ、カタストロフィックハザード等が想定される場合については、従来のシステム安全の手法によって、別途、ハザード解析の上、必要な安全対策を設けること。

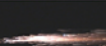
再突入される機体の分類		安全上の配慮事項	再突入に係る基準の設定にあたっての考え方
有人機		搭乗員安全	搭乗員安全に対する要求は、慎重且つ広範な議論が必要。 ⇒ 今回の対象外。
無人機	自然落下に任せるもの  寿命が尽きた人工衛星等で、自然落下によるEcがJMR-003の規定基準を満たせるもの 廃棄   回収   陸上 海上 空力舵面を持つ 	搭乗員安全 地上・海上への落下による二次災害	「スペースデブリ発生防止標準」(JMR-003)に既存の技術基準がある。 自然落下によるEcがJMR-003の規定基準を満たせない場合、安全な区域を設定し、制御して廃棄する。 ⇒ 安全化処置の一環 再突入する機体・カプセルを回収する。 ⇒ ミッション要求 ・HTV、はやぶさ、H2B 2段機体の再突入運用実績による知見を反映 ・再突入運用予定の小型回収カプセル(HTV搭載)をカバーする規定が必要 ・廃棄、回収及び陸上、海上を網羅する規定が必要 ・傷害予測数を含み、諸外国要求/動向を参考に同レベルの要求とした
			空力舵面を持つ再突入機は、電波リンク及び管制期間、飛行停止機能の規定等の議論が必要。 ⇒ 今回の対象外

図 3 適用範囲

3. 関連文書

3.1 適用文書

本文書に規定される範囲で以下の文書を適用する。適用文書は最新版を使用すること。

- (1) JMR-001 システム安全標準
- (2) JMR-003 スペースデブリ発生防止標準
- (3) 削除
- (4) 規定第 15-11 号 危機管理室設置規程
- (5) 規程第 16- 3 号 安全審査委員会規程
- (6) ICAO Annex 15 Aeronautical Information Services

3.2 関連文書

- (1) NASA-STD-8719.14A Process for Limiting Orbital Debris

(解説) NASA-STD-8719.14A について

A 改訂において分散範囲や傷害予測数の評価対象とする破片の衝突エネルギー規定 (15J 以上) を追加した。この値の根拠として汎用性の高い公開基準文書を引用するため、NASA-STD を関連文書として示した。なお、JAXA 内部文書である「宇宙物体の再突入溶融解析マニュアル (CAA-109029)」でも同様に 15J 以上を評価対象とすることが従来から推奨されている。

15J の基準を除いて NASA-STD を根拠とする要求は無い。

4. 安全確保の基本的考え方

再突入機の再突入に伴い発生する可能性のある人命及び財産への危害を最小にするとともに基準許容値を満足するため、3.1 項(1)を基本的考え方として以下の対策を行う。

- (1) 航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、再突入前の適切な時期に着地予定区域及び着地予想区域等の情報を関係方面に通報する。
- (2) 再突入が正常に行われないと判断される場合には再突入を実行しない。

(解説 1) 3.1 項(1)(JMR-001)を基本的考え方とする

再突入に係る安全性は最終的に本基準への適合で判定されるが、傷害予測数の低減等、できるだけ開発の初期段階からリスクの低減に取り組むことが望ましい。例えば、ハザード源となる燃え残りが発生しないような材料を極力選定したり、重要な機能に対する冗長性を増やすなどして制御落下の成功確率を向上させるなど。

(解説 2) 基準許容値の満足

(1) ”適切な関係方面への通報”によって安全に破片等を落下させられる領域を確保し、(2) ”適切な再突入の実行判断”により、予定地点への着地(着水)を確実なものとするのが基本方針であるが、これらは定量的にもある水準を満足するように実現されなければならない。

(解説 3) 再突入が正常に行われぬ事象

(2)における「再突入が正常に行われぬ」とは、機体の状態だけでなく、本基準内で規定する関連要求が満足できない状況の発生(デブリとの衝突予測等)についても含まれる。

ただし、再突入実施の判断をあまり安全側(実行しない側)で運用してしまうと、結果として自然落下に至る可能性が増え、逆に地上に対するリスクが増加してしまう。従って、基本的には再突入に必要な最低限の機能が保証できる範囲においては、不具合等の有無によらず再突入が実行されるべきである。

時間的猶予が十分ではないミッション中にこのような判断の合意形成をはかるのは困難であるため、再突入運用において想定される事態は予め洗い出し、事前に対応方針を確定しておくことが望ましい。

5 項以降に技術要求及び運用要求を示している。再突入イメージと各要求項目の関係を図 4 に示す。

また、再突入に向けた運用の時系列図を図 5 に示す。

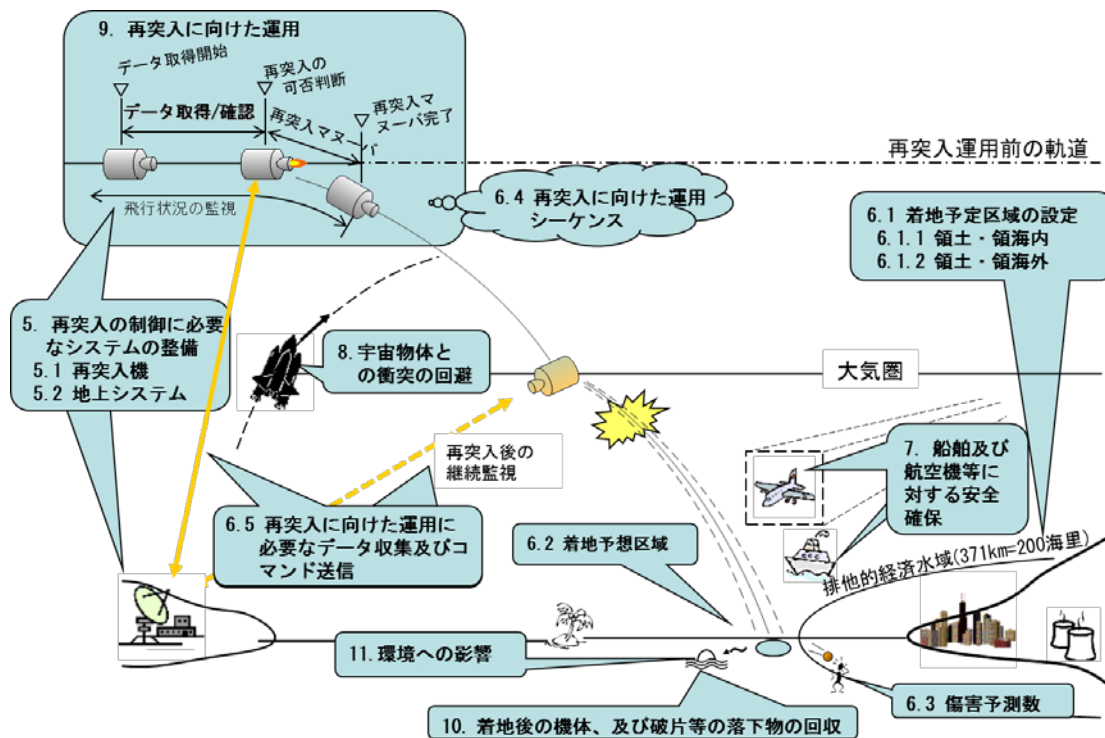


図 4 各技術・運用要求の関係概要

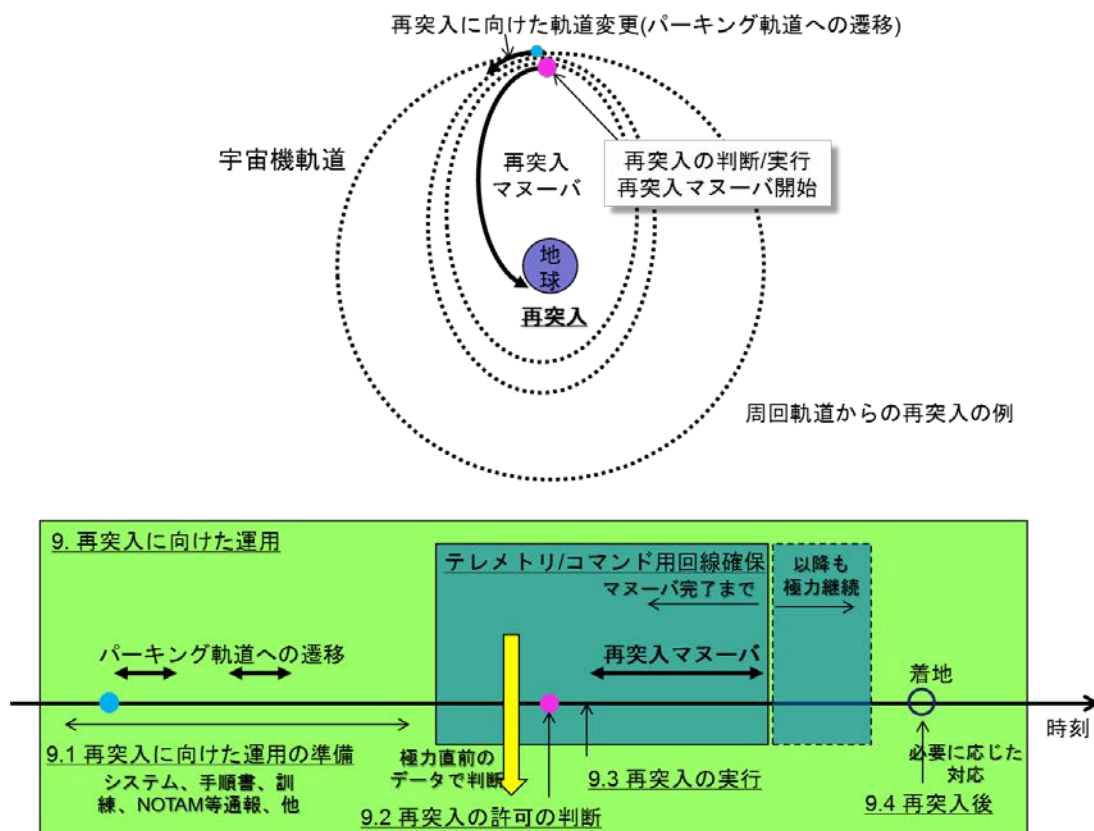


図 5 再突入に向けた運用の時系列図

5. 再突入の制御に必要なシステムの整備

5.1 再突入機

再突入機は以下を有すること。

- ① 再突入機の軌道決定（位置・速度）や姿勢の維持及び変更に必要なシステム
- ② 再突入に必要な機能の状態を地上の管制システムに送信するためのテレメトリシステム
- ③ 地上からのコマンド（再突入の許可を含む）を受信するためのシステム
- ④ 許可されるまで再突入を実行しないような機能

5.2 地上システム

地上システムは以下を有すること。

- ① 再突入機の軌道（位置・速度）や姿勢を確認するために必要な機能
- ② 再突入機の再突入を許可、あるいは実行するために必要な機能

（解説 1） 要求適用対象

再突入軌道の確定後に再突入体（回収カプセル等）を母機から分離する場合には、5.1 項を母機側だけに適用して問題ない。

仮に母機自体が再突入を行わない機体（軌道上サービス機から帰還カプセルを射出する様な場合）であっても、再突入機が有すべき①～④に対して何らかの機能を提供する場合は、それらを傷害予測数等の評価に考慮する。

（解説 2） 要求のレベルと考え方

システムについての要求は、4 項(2)に則した再突入運用を実現するために通常必要となる一般的な機能を識別し、規定するまでとしている。各サブシステムに対する必要冗長数やセンサの種類といった具体的な設計要求は規定しない。リスクの程度は 6.3 項に述べる傷害予測数で測るものとし、システムとしての実現方法は各プロジェクトにて設定できるよう自由度を持たせている。

なお、5.1④項、5.2②項の機能は、例えば地上局との通信リンク途絶が長引いてしまったような場合等に必要な補正等が行われないうまま自動的に再突入シーケンスに移行してしまうような状況を回避するためのものである。

従って、例えば全ての軌道変更が地上局からの指令に基づいて実施されるような場合は、「許可コマンド機能」がなくても自動的に再突入シーケンスに移行しないという本来の意図に合致しているため、「適合」と判断する。

更に、地上システムにおける「再突入機の再突入を許可、あるいは実行するために必要な機能」は、一般的にはコマンド送信機能等が考えられるが、「許可」をするために何らかのリアルタイム評価等が必要な場合にはそのような評価支援システムも適合性判断の一部を成すものと考えられる。

ミッションや機体の特性によって何が必要かについては、個々の審査において具体化すること。

6. 再突入の計画と設定

6.1 着地予定区域の設定

6.1.1 領土・領海内

領土・領海を含む領域に着地予定区域を設定する場合には、当該国の規制、安全基準及び当局の指示に従うこと。

6.1.2 領土・領海外

- (1) 原則として陸地から 100km 以上離れた海域に設定すること。
- (2) 可能な限り排他的経済水域（EEZ）を含まないこと。
- (3) 混雑空域・混雑海域と着地予定区域の干渉を最小化するように、必要に応じて当該空・海域を管轄する当局のアドバイスを受けること。
- (4) 石油プラットフォーム等の重要な海上設備がないことについて、水路通報・航行警報や国際海底機構（ISA：International Seabed Authority）の情報に基づき確認を行うこと。

（解説 1） 着地予定区域設定対象地域による要求の分類

着地予定区域の設定は、再突入機の着地を計画する領域がいずれかの国の領土・領海内である場合（6.1.1 項）と、いずれの国にも属さない領域である場合（6.1.2 項）に分けて規定している。

分類の趣旨は、6.1.1 項が当該国の承認を要する（安全についても当該国の指示に従う義務がある）のに対し、6.1.2 項は国際法上他国の了承を得る必要がない点にある。なお、着地点が日本国内の場合も 6.1.1 項に該当する。

（解説 2） 領土・領海内の場合（6.1.1 項）

外国領土内に着地させる場合は、当該国が予め着地予定区域の設定可能範囲や安全基準について規定している場合^{注1}がある。そのような場合には、それらの要求が満足されていることを相手国当局が認めることで公共の安全確保は達成すると基本的に判断する。ただし、当該国の安全基準と本基準の差異については要求適用段階で確認し、本基準に適合する方がより困難（安全側）な事項については、（当局の判断とは別に行う JAXA のリスク評価のため）該当する本基準の要求についても適用すること。なお、単純に要求比較ができないような場合においては、本基準が目的とするレベルの安全性が当該国の基準によっても達成され得る

注 1：「はやぶさ」をオーストラリアに着地させる際は、オーストラリア産業・技術・観光省が定める「FLIGHT SAFETY CODE」に従い予め規定された区域を着地予定区域として設定した上で、同基準の規定値及び手法に基づき傷害予測数が評価された。

かどうかを総合的に評価して（本基準の要求を部分的にでも適用する必要があるか）判断すること。

なお、本基準作成にあたり、領土・領海内に落下予定区域を設定する必要があるミッションは、落下物（カプセル等）の回収が必要なミッションと想定した。回収ミッションでは（代表物体の）実際の落下地点が特定でき、承認された計画通りに制御落下が実施できたかどうかを検証可能であるため、規制当局や一般市民等の求めに応じて検証結果が提示できるよう配慮するのが望ましい。

（解説 3） 領土・領海外の場合（6.1.2 項）

着地予定区域が領土・領海外の場合、他国の了承が不要ではあるものの、排他的経済水域（EEZ）や、混雑空域/海域は極力避けることを基本的な考え方としている。特に廃棄目的の場合には、軌道傾斜角の範囲で（季節性も考慮して）極力交通量の少ない領域を選び、また全ての破片が確実に EEZ の外側に落下するように配慮すべきである。

（1）原則、陸地から 100km 以上離れた海域への設定

領海は陸地から 12 海里（約 22.2km）の海域であり、その外側の海域への再突入機等の落下を禁止する国際法はないが、機構においてロケット打上げの際の投棄物落下域設定に対する要求として長年使用され、実績のある本数値（陸地から 100km）を基準とすることが妥当と、安全審査委員会で判断された。

従って、回収ミッション等で回収機会の増加や回収作業の迅速化等の為に 100km 以近の海域に落下させる必要がある（あるいは結果として落下物が想定し得る）場合には、他の安全確保手段（落下海域として経済活動の極めて少ない島嶼部を選択する等）を踏まえて距離の制約を緩和する等、テーラリングやデビエーションの処置が必要である。

なお、本項の適用範囲はあくまで領海外部への落下であり、破片等の一部でも領海内へ落下する可能性が発生した段階で 6.1.1 項の適用に切り替える必要がある。

本件の取り扱いに対し、日本と他国を区別しない。

（2）可能な限り EEZ を含まない

国連海洋法条約第 58 条「排他的経済水域における他の国の権利及び義務」1 項において、EEZ は以下と規定されている。

「すべての国は、沿岸国であるか内陸国であるかを問わず、排他的経済水域において、この条約の関連する規定に定めるところにより、第 87 条に定める航行及び上空飛行の自由並びに海底電線及び海底パイプラインの敷設の自由並びにこれ

らの自由に関連し及びこの条約のその他の規定と両立するその他の国際的に適法な海洋の利用(船舶及び航空機の運航並びに海底電線及び海底パイプラインの運用に係る海洋の利用等)の自由を享有する。」

EEZにおいて沿岸国が及ぼすことが出来るのは限定的・機能的な管轄権に過ぎず、基本的な性質はあくまでも公海であり^{注1)}、許可までは必要としない領域である。

ただし、法的な許可は不要としつつも、当該国との関係に配慮して何らかの事前調整等が好ましい場合もあるので注意する必要がある。

また、安全上の観点ではEEZ内は一般に外洋に比して経済活動が活発な領域と考えられる。従って、船舶等と落下物の干渉を避ける上では、できるだけ落下域としての計画は避けるべき領域と規定している。同様の観点で、たとえ外洋であっても(3)で規定する「混雑空域・混雑海域」に対してはEEZ同様の配慮がなされるべきである。

なお、公海上の混雑空域/混雑海域を避け、あえてEEZを含む落下域を設定した方がより安全な場合もあり得る。ミッション要求および6.1.2項(3), (4)をあわせて考慮の上、最適な(極力リスクが小さく)条件を選択することが重要である。

参考：NASAやESAの要求でもEEZには一定の配慮を要求している。

NASA(NASA-STD-8719.14, 4.7.2, b)項)

For controlled reentry, the selected trajectory shall ensure that no surviving debris impact with a kinetic energy greater than 15 joules is closer than 370 km from foreign landmasses, or is within 50 km from the continental U.S., territories of the U.S., and the permanent ice pack of Antarctica.

ESA(ESSB-HB-U-002, 4.20.2, b, 2項 Note3)

The sovereign state should be informed in case of interference with its Economic Exclusive Zone (EEZ), i.e. 200 nm (370,4 km) from coastline.

注1)「2000年8月増刊号・国連海洋法の解説～21世紀の新たな海洋法秩序を見る～」から引用。<http://www.geocities.co.jp/WallStreet/7009/mag0008x.htm>

6.2 着地予想区域

機構の安全基準に基づき着地予想区域を設定する場合は以下とする。

- (1) 全破片の落下範囲が包絡されるように設定すること。また、落下軌道の初期条件（突入角や速度等）、大気密度の変動等に対して 3σ レベルの分散を考慮すること。
- (2) (1)以外にも機体/ミッションの特性から主要な分散要因がある場合には、これを考慮すること。なお、分散源及び分散レベルについて、他分散源の効果が大きくネグリジブル、あるいは実際の再突入時の条件と解析条件の不整合等により見直しの余地がある場合は、影響評価の上適切な設定をすること。
- (3) 空気を力を利用して目標地点等へ誘導する再突入機については、揚力やバンク角（バンク角誤差、バンク角制御ばらつき等）の変動を適切に考慮すること。
- (4) 落下時の衝突エネルギーが 15J 以上の破片を (1)において考慮すること。
（関連文書：3.2 項 (1)）
- (5) 再突入マヌーバの ΔV が不足、あるいは過大となった場合、機体や破片の落下位置が着地予想区域の前後にずれる可能性がある。このため、着地予想区域に至る軌道や通過後の軌道が極力人口稠密地域にかからないよう再突入時の軌道計画に配慮すること。

（解説 1）適切な分散源/分散レベルの考慮

6.2 項 (1) には再突入において通常支配的となる分散要素を示したが、(1)の規定に限らず、考慮すべき分散源及び分散レベルについては機体及びミッション特性に基づき評価の上、感度（Sensitivity）を踏まえて解析への考慮要否を合理的に判断することを 6.2 項 (2) に示した。

例えば、6.2 項 (1) に含まれない分散源、分散レベルの一つとして風の影響が考えられる。ロケット投棄物（フェアリング等）や、パラシュート使用時等の落下範囲については風の影響が比較的大きく考慮が必要と考えられるが、投棄運用における落下破片の様に、大気密度の分散に比して影響が十分小さいような場合は、必ずしも考慮しなくて良い場合もある。

（解説 2）揚力やバンク角の変動の適切な考慮

6.2 項 (3) では、考慮する揚力やバンク角の変動のレベルについて、最大値、 3σ 等の条件を指定せず、あえて「適切に考慮すること」とした。誘導制御を行う機体の落下域については破片の落下のような自然現象だけによらないため、機

体の特性やミッション内容を踏まえ、着地予想区域の設定と保証をどのように行うかについては自由度を持たせている。

どのように落下域を保証するかに係らず、機体/ミッションの特性等を鑑み適切と判断する変動分を考慮して根拠を示すこと、またそれが論理的に妥当と審査会にて判断されることが重要である。

(解説 3) 考慮する破片

実際の再突入機は、落下中の破壊、表面の剥離、熔融等により、落下/衝突が危害となる大破片から塵のような小破片まで、様々な破片に分解される。ここで、落下予想区域の設定や傷害予測数の評価に考慮する必要があるのは、人間と干渉した際にハザードとなるエネルギーを有する破片である。

このしきい値については従来より、衝突エネルギーが 15J を超えるか否かで実務的に判断（熔融解析マニュアル等で指示）しているが、本基準の初版では明記されていなかったため、A 改訂においてしきい値として明記した。なお、15J は JAXA のみでなく、米国などでも広く採用されている。

また、初版においては 15J（衝突エネルギー）ではなく $15\text{kg}/\text{m}^2$ （弾道係数）がしきい値として規定されていたが、弾道係数を基準とした破片の仕分けはあくまで簡便な手法として認められていたものであり、傷害リスク評価の観点では衝突エネルギーが本来あるべきしきい値の基準である。A 改訂ではこの点を明確にするため $15\text{kg}/\text{m}^2$ については削除した。

(解説 4) 人口稠密な地域の回避

再突入マヌーバ中のどの時点で故障が発生するかは予測できないため、再突入マヌーバが進行して同一周回内での落下が確定してから落下目標地点に至るまでの落下予想域の移動範囲全域に亘り、可能な限り人口稠密な地域にかからないような再突入軌道を計画するよう要求している。

ただし、再突入の自由度に制約があり、人口稠密地域を完全に避けようとする（例：日程を遅らせる等）とかえって制御落下の達成確率を損なってしまう（自然落下になってしまうリスクが無視できない）ような場合には、再突入機会の確保を優先する方が安全上有意義である場合がある。（注）

人口稠密地域にかかる定量的目安も含め、各プロジェクトにて諸条件を考慮し、ミッション制約の範囲で極力努力すべき事項として本基準を位置づけている。

なお、人口稠密地域の通過程度に対する最低限の制約は、傷害予測数評価にてなされる。

注：いずれの場合においても傷害予測数(6.3 項)が基準値を満足することが前提となる。

6.3 傷害予測数

再突入機の再突入に伴う傷害予測数は、以下のケースの合計で、3.1 項(2)で規定する基準を満足すること。また、①、③ケースの合計で、付属書 1 に規定する基準値以下であること。

なお、評価対象破片は 6.2 項(4)に準ずる。

- ① 再突入が正常に実施され、機体や全ての破片が着地予想区域内に落下するケース（区域内残留者に対する傷害予測数）
- ② 再突入に必要な機能の故障等により、結果として自然落下に至るケース（再突入マヌーバ開始時点での再突入に必要な機能の信頼度を考慮した傷害予測数）
- ③ 再突入マヌーバの異常により機体や破片が着地予想区域を逸脱して落下するケース（再突入マヌーバ期間における信頼度の低下を考慮した傷害予測数）

（解説 1） 評価ケース

リスク評価はライフサイクルを通し発生し得る全事象に対してなされるのが適切であることから、6.3 項①～③を考慮するケースとして設定した。国際的にもこれらのケース全体を対象としてリスク評価を行うのが一般的である。

ケース②は設計時に見積もられる再突入マヌーバ開始時点の再突入機能の信頼度を加味して評価する。ケース③は再突入マヌーバ中(再突入可否判断以降)の異常発生確率を加味して評価する。

ケース②と③の分岐点は再突入マヌーバの実行タイミングであり、地上への落下域出現タイミングではないことに注意が必要である。

ケース②は、特に長期間軌道運用後に再突入させるようなミッションに対し、運用終了時(EoL)まで健全に再突入機能を維持させること(自然落下になるリスクを下げることを)を促すものである。一方ケース③は特にミッション期間が短い再突入機(例：ロケット上段)に対して再突入マヌーバ自体の信頼度向上を促す観点で、ケース②よりも厳しい傷害予測数要求を課すものである。

なお、再突入する物体(回収カプセル等)を分離した母機が、増速マヌーバ等によって再び周回軌道に戻るような計画においては、不具合等によって母機も地上へ落下してしまうようなケースも傷害予測数の評価に考慮すること。

（解説 2） 傷害予測数(Ec)基準値の設定根拠

JMR-003「スペースデブリ発生防止標準」は軌道上から自然落下するフライトシステム、つまり制御による再突入を実施しない場合の許容傷害予測数(Ec)を規定

しており、逸脱する場合は制御した再突入の検討を要求しており、制御した再突入を実施する場合には、本基準への適合が要求されている。

従って、制御した再突入を実施してもなお、ケース①~③の合計として JMR-003 における許容傷害予測数(E_c)が満たされない場合には、機器の信頼度を向上させる等の対策によって JMR-003 に規定された傷害予測数の要求に適合する必要がある。

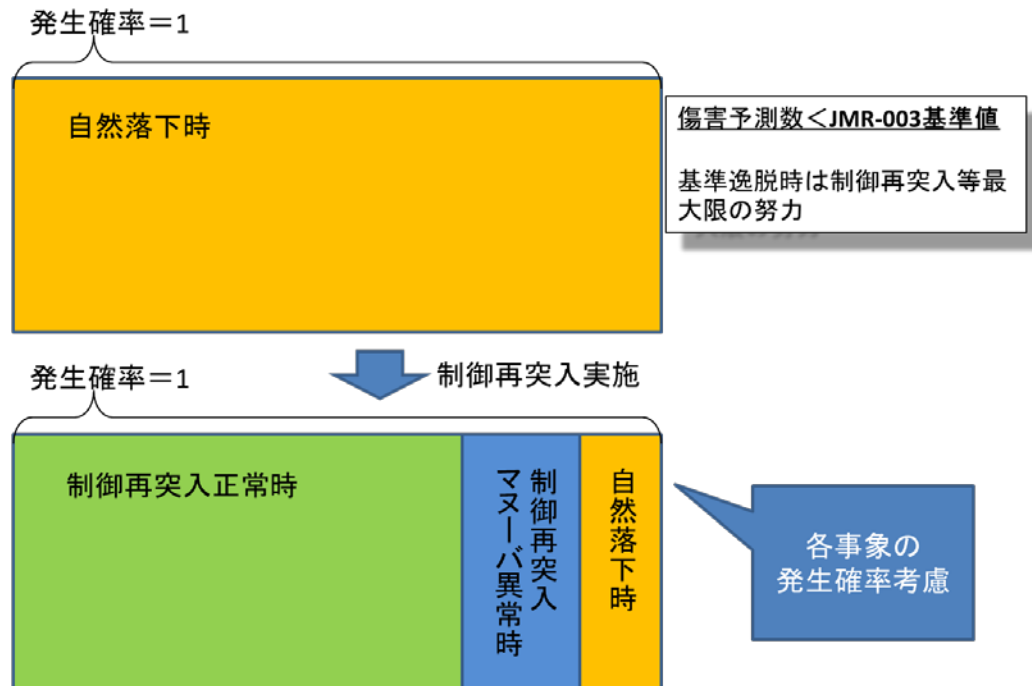


図 6 自然落下時と制御再突入採択時の関係

次に、ロケット打上げ時の傷害予測数については JERG-1-011「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」に規定されているが、その要求値は JMR-003 よりも厳しい。この背景として、ロケット打上げという意図した行為が失敗することで直接的にもたらされるリスクについては、自然落下のような偶発性に依存するリスクよりも（行為主体の責任を強く問われるため）厳しく管理されるべきとの考えによる。同様の考え方に従って、ケース③の傷害予測数基準値は別途（JMR-003 よりも厳しい値を）本基準の付属書-I に規定している。

昨今は軌道環境の保全を目的としてロケットの軌道投入段（いわゆる上段）を再突入させる動向にあり、本基準はそのようなロケット上段のリエントリも適用対象としている。一般に、短いミッション期間後に実施されるロケット上段のリエントリではケース③の要求に適合する方が厳しく、ある程度ミッション期間が長い衛星については①~③全体として JMR-003 の要求に適合する方が厳しい傾向にある。

再突入に対する諸外国の許容基準値を参考として表 1 に示す。

表 1 諸外国基準の比較

機関	基準値 (単位：人)	出典
NASA	1.0×10^{-4} 以下 (shall)	NASA-STD-8719.14A Process for Limiting Orbital Debris
DoD	1.0×10^{-4} 以下 (must)	RCC STANDARD321-10 Common Risk Criteria Standards for National Test Ranges
FAA	3.0×10^{-5} 以下 (may)	Title 14 CFR Chapter III - Commercial Space Transportation, Federal Aviation Administration, Department of Transportation
ESA	1.0×10^{-4} 以下 (shall)	ESA/ADMIN/IPOL(2014)2 - Space Debris Mitigation Policy for Agency Projects, 28/03/2014 - 2. Policy
豪政府	1.0×10^{-4} 以下 (should)	Flight Safety Code

注 1：いずれの機関も同じ基準値をロケット打上げに対して適用している。なお、FAA 基準は米国の他基準よりも厳しいが、FAA は傷害予測数を危険源(破片、有害ガス、etc.)別に評価しており、実質的には米国他機関と等価としている。

注 2：FAA は回収する再突入ミッションのみ取り扱う(ライセンス発行)ため、廃棄ミッションについては規定しない。

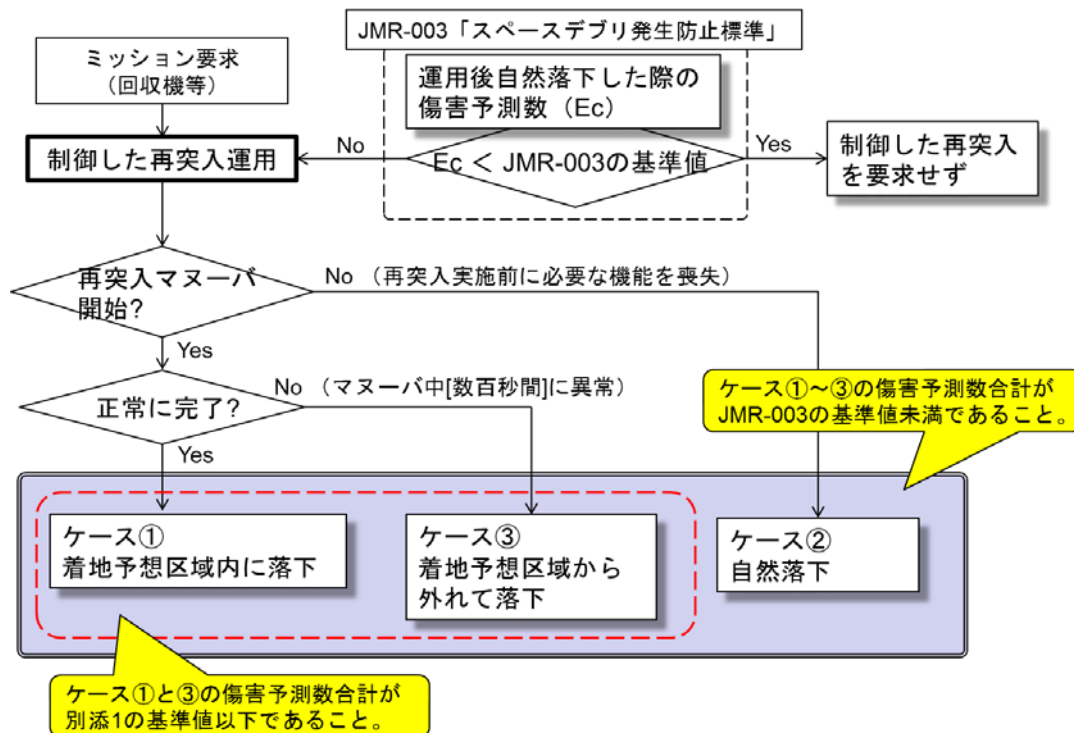


図 7 傷害予測数評価ケースと基準値の関係

6.4 再突入に向けた運用シーケンス

再突入の許可あるいは実行を判断する際は、極力直前までフライトシステムの状態を監視するよう手順上考慮すること。

(解説)

再突入の実行は出来る限りリアルタイムの情報に基づいて行うことが望ましいが、ミッションによってはテレメトリ受信に時間を要し、判断の段階で参考にする情報は準リアルタイムになる可能性がある。また、確実な運用のため、各手順/操作間にある程度のマージンが必要な場合もある。

本項は、ミッションの特性上可能な範囲で、できるだけ直前の情報に基づいて判断を行う手順とするよう、要求している。

個々のプロジェクトのシステムや軌道等条件により必要な時間は異なるため、統一的な数値要求はしていない。

6.5 再突入に向けた運用に必要なデータ収集及びコマンド送信

- (1) 6.4 項の手順に必要なデータ（テレメトリ等）の収集及びコマンド発行のため、テレメトリ／コマンド用の回線を確実に確保すること。なお、少なくとも再突入マヌーバの完了が確認できるまでテレメトリの監視が可能であること。
- (2) 再突入マヌーバが完了した後も、極力テレメトリを継続監視すること。

（解説 1） 要求適用対象

再突入軌道の確定後に再突入体を母機から分離する場合には、母機のみ 6.5 項を適用してもよい。

（解説 2） 回線の確実な確保

再突入機によっては、再突入シーケンスに数日かかるケースもある。また、再突入の許可がタイムクリティカルではなく、一時的なリンク断が必ずしも再突入マヌーバ実行可否には影響しない場合もある。このため、「回線を確実に確保」の具体的な対応策（設計解）はミッションの特性に応じて個別に設定し評価すること。

例えば再突入機のテレメトリ／コマンド回線が通信衛星に依存している場合、衛星回線の切り替え等に伴い一時的にリンクが断となる場合がある。本基準は、再突入運用中のリンク断を完全に禁止するものではなく、あくまで再突入運用及び再突入の可否判断への支障がない範囲にリンク断が制限できることを求めるものである。

コマンド発行後、再突入マヌーバの完了までは、制御された再突入が正常に実施されたことの確認、または失敗した場合の落下位置の推定などに必須のため、回線を確保すること。

参考

一般的に、地上システムの通信機器・設備の回線設計上のリンクマージンとしては、3dB が採用されている。

（解説 3） 再突入マヌーバ完了後の継続監視

基本的に本基準の適用対象となる再突入機では、再突入マヌーバが正常に完了した段階で着地予想区域内への落下が保証できる。ただし、再突入マヌーバが異常だった場合等も想定して、落下地点推定等のために継続監視することが好ましい。

7. 船舶及び航空機等に対する安全確保

船舶及び航空機等の交通の安全を確保するため、着地予想区域について、以下に規定された手続きを含む関係方面への通知を行うこと。

(1) 航空機

3.1 項(6)に準拠して設定された、当該空域管轄国の AIP(Aeronautical Information Package)や NOTAM(Notice to Airmen)等の通知に係る手続き。通知タイミングについては所管当局の指示に従うこと。また、制約範囲の解除、削減や時間の短縮が可能となった場合についても速やかに通知すること。

(2) 船舶

水路通報及び各種（NAVAREA/NAVTEX 等）航行警報に係る所定の手続き。具体的な処置については当該海域管轄国当局の指示による。

（解説） NOTAM 等の通知タイミング

国際民間航空に関する原則と技術の開発/制定のために活動する ICAO (International Civil Aviation Organization)の規定には遅くとも 7 日前の提出と記載があるが、実際の NOTAM/水路通報等は所管当局が通報を出すため、JAXA の情報提供から発行までに要する時間は所管の局によって同じとは限らない。

JAXA から所管当局への通知タイミングや通知のフォーマット等については、ミッション計画段階から所管当局と調整しておくことが重要である。

8. 宇宙物体との衝突の回避

再突入に向けた運用に際しては、3.1 項(2)の文書の 5.5.2 項に準じて宇宙物体との衝突を回避すること。

(解説) 衝突回避

本基準は JMR-003 に準じ、衝突した場合の被害と衝突の確率の観点から判断し、要すれば衝突回避(JSp0C 等の監視に基づく)を含む必要な処置をとることを要求する。

9. 再突入に向けた運用

9.1 再突入に向けた運用の準備

再突入に向けた運用に移行する前に、以下の準備が整っていることを確認すること。

- (1) 再突入に向けた運用に使用する設備、装置及びそれらのインタフェース確認等
- (2) 再突入に向けた運用に使用するノミナル/オフノミナル手順書及びそれらを用いた訓練
- (3) 緊急時の情報連絡体制及びマニュアル等の整備（危機管理計画を含む）
- (4) NOTAM 等や船舶に対する航行警報の手続き

（解説） 設備、装置及びインタフェースの確認

9.1 項(1)の趣旨は、必要な装置が確実に使用できることを事前に確認/準備することにある。特に再突入に向けた運用で固有に使用する設備を想定して設けた要求項目であり、通常運用時から継続して使用する設備について特別な確認を求めるものではない。

例えば HTV のようにアセントフェーズからの継続で再突入に向けた運用に移行し、使用する設備、装置がそれまでの運用と共用で稼動状態に問題がない場合、あらためて確認を行う必要はない。

9.2 再突入の許可の判断

6.4 項に従って設定した手順に従い、再突入実行前に許可の判断を行うこと。
なお、以下のステータス等の確認結果から、正常に再突入できる見込みがない場合には、原則として再突入を許可しない。

- ① 再突入機の軌道(位置・速度)、姿勢
- ② 再突入機の再突入実行のために必要な機能(制御系、推進系等)

(解説 1) 再突入実行前の判断

再突入マヌーバを開始した後に何らかの問題を確認してマヌーバを中断した場合、元の周回軌道への復帰は困難であり、何周回か後に自然落下に至る。このため、再突入マヌーバの中断はむしろ地上へのリスクを増す可能性が高い。

よって、基本的に再突入マヌーバが開始されて以降は、再突入を中断しない。

(解説 2) 正常な再突入できる見込みがない場合

再突入が正常に行われない場合の定義については、4 項の解説 3 を参照のこと。

9.3 再突入の実行

- (1) 再突入を実行（あるいは軌道変更により確定）する際は、軌道上システム、運用管制システム及び関連システム（データ中継衛星や地上の監視装置等）が所定の条件を維持していることを可能な限り直前に再確認すること。
- (2) 一時的な不具合等によって新たに再突入を計画する場合には、9.1 項で規定する準備状況についてあらためて確認を行うこと。

（解説） 再突入実行直前の再確認

再突入マヌーバ実行前に異常が確認された場合には、再突入の実行を見送る必要が生じる。9.2 項の「再突入の許可の判断」が行われると、その後はフライトシステムがタイマや計画に従い再突入マヌーバを実行するのが一般的だが、その間が長いと、実行許可をした時点の状態が損なわれるリスクが高くなる。このため、両者の間隔は短いことが好ましい。

9.4 再突入後

- (1) 着地点等の情報は必要に応じて関係方面に通報すること。
- (2) 落下破片が着地予想区域を外れて他国の領土・領海等に落下した恐れがある場合には、想定される破片の状況等を踏まえ、当該国当局に対して注意喚起等を行うこと。また、領土・領海外であった場合にも当該管区の当局と協力して航空機や船舶等の被害把握に努めること。なお、状況に応じて所定の危機管理対応に移行するものとする。
- (3) 不具合等により制御落下が不可能になった場合にはリスクの程度によって所定の危機管理体制に移行すること。

(解説 1) 着地点等の情報通報

正常時における関係方面への通報は、要求がある場合に実施する。

不具合の発生等により着地予想区域を逸脱した場合については、逸脱の程度、落下位置(島嶼のない公海上か、領土・領海内か)等の状況を考慮した対応(通報含む)を実施すること。また、そのための危機管理計画(情報連絡体制含む)を策定しておくこと。

(解説 2) 落下物への一般人の接近排除

着地後の機体、及び破片等の落下物の安全化処置は、まず一般人を接近させないことが最優先事項である。

落下物が着地予想区域内に落下する場合は、落下範囲への一般人の立ち入りが通報によって制限される。再突入機が予期せぬ場所に落下した恐れのある場合には、状況に応じて関係当局より一般人へ、落下物に接近しないよう連絡させる等、注意喚起を行うこと。

(解説 3) 制御落下不能時の処置

再突入マヌーバ開始後の異常で制御落下不能となる場合、マヌーバの進行度合いによって自然落下に至る時期、場所が異なってくる。

再突入マヌーバ開始以前、あるいは十分減速する前に機能喪失した場合には、当該機のテレメトリ(機能している場合)あるいは JSpOC(Joint Space Operations Center)等の追跡情報に基づき以後の軌道予測が可能であるが、正確な落下時刻や落下地点の予測が可能となるのは落下の数時間前となる。また、再突入マヌーバがある程度進行して以後については落下時刻や落下地点の予測をする間もなく落下に至る可能性がある。このような状況への対応について危機管理計画に考慮しておくこと。

10. 着地後の機体、及び破片等の落下物の回収

放置すると一般船舶の航行や公共の安全に支障を与える恐れがある海上浮遊物や陸上落下物は回収して安全化を図ること。推進薬等の有害物質が残留する場合には、無害化等の安全化処置を行うこと。

（解説 1） 落下物の回収

着地が海上の場合、船舶等にダメージを与えるような海上浮遊物が発生する場合には、回収することにより危害を与えないようにすること。浮遊しない設計の場合でも、オフノミナル等により海上浮遊物が発生する懸念がないか注意が必要である。

地上に着地する場合、放置すると公共の安全に支障を与える恐れがあるもの（回収対象物体からの空中分離物等）については落下後速やかに回収すること。

（解説 2） 推進薬等の安全化処置

例えば、着地時点において推進薬等が残留している場合、着地後に意図しない排出がなされることにより有毒ガスや爆発等の2次災害を起こす可能性がある。

このような状況にならないよう、回収機の場合は有毒・ハザードな推進薬は漏れないように設計・製造するか、着地までに排出して希釈される必要がある。

また、廃棄の場合も推進薬タンクが熔融せずに着地する、あるいは、着地後浮遊する可能性がある場合には、着地の時点までに推進薬タンクの推進薬が排出完了されるか、十分希釈されるよう設計すること。

なお、海上着水の前で有害な推進薬を搭載している（海水での希釈による無害化を期待している）ようなケースでは、オフノミナルで陸上に着地した場合の安全化処置について危機管理上想定しておくこと。

11. 環境への影響

再突入機や搭載品の破片並びに残留推進薬等が着地した際の環境への影響について事前評価を実施し、安全上の問題が想定される場合には対策を講じること。

（解説） 環境への影響の評価

廃棄する、または、回収に時間を要する場合に、放置することで環境への悪影響が懸念されるものが対象となる。

本項は再突入機による環境への悪影響を最小にするための要求であるが、環境への悪影響に対するスレッシュホールドはケースバイケースであり、最終的な評価判断は人体への影響であることが現実的である。このため、対策を講じるトリガーを安全上の問題が想定される場合とした。

12. 本基準への適合性審査及び承認

本基準への適合性については、3.1 項(5)で規定される安全審査委員会で審査・承認を行う。

(解説) 適合性審査・承認のタイミング

本基準への適合性は、打上げ前に安全審査委員会にて審査される。

衛星の運用期間が非常に長い場合は、再突入に向けた運用に移行する前に改めて安全審査を要求される場合がある。また、衛星の運用中に本基準の改変等が行われた場合には、実際の再突入に向けてどの版を適用すべきか調整すること。

なお、着地予定区域を他国の領土・領海内に計画している場合、6.1.1 項より着地予定区域の設定は当該国の規制、安全基準及び当局の指示に従うが、重複のない範囲で本基準にも適合することについて安全審査委員会で承認を受けること。

13. 安全管理体制

再突入に関する安全確保に責任を有する組織を整備し、安全上のあらゆる問題点及び緊急事態について、再突入の責任者まで報告される体制を確立すること。

(解説) 安全確保に責任を有する組織

再突入による安全に責任を有するのは、当該再突入機の開発及び再突入を実施する部署である。本項が示す「再突入に関する安全確保に責任を有する組織」とは、安全確保のための管理及び運用を担当する組織を指す。(システム安全管理組織、再突入の管制を実施する組織、等)

14. 用語の定義

本基準で使用する用語の定義を以下に示す。

再突入機	： 大気圏へ再突入して着地（含む着水）することをミッションとしている宇宙機及び軌道上でのミッション終了に伴う安全処置のために安全な落下域を設定し制御されて大気圏へ再突入する宇宙機。着地する宇宙機の再突入へ向けた軌道変更が別フライトシステムの支援により実施される場合は、軌道変更を支援するフライトシステムを含む。 なお、本基準では有人ミッションの飛行体は含まない。
再突入マヌーバ	： 大気圏への突入を確定させるためのマヌーバ。再突入のためのパーキング軌道への移動等は含まない。
再突入に向けた運用	： 再突入に向けた準備/確認、NOTAM等の通報、再突入の実行から再突入後の処置を含む全体作業。再突入のためのパーキング軌道への移動等の期間も含まれる。
傷害予測数	： 宇宙からの落下物が溶融せずに地表面へ衝突した場合の、地上に与える危険性の尺度(3項(2)の文書(JMR-003, 3.1項(15)))
着地予定区域	： 再突入機及び破片を落下させることが計画可能な区域
着地予想区域	： 再突入日時や再突入機状態に基づき予測した、再突入機及び破片の落下範囲を包絡する区域。着地予想区域は着地予定区域に包含されなければならない。

- ・「再突入機」の定義には、回収カプセルや再突入中に分離される部分なども含む。
- ・再突入に向かう一連の軌道離脱マヌーバ(De-Orbit Maneuver)のうち、大気圏への突入を確定させるためのマヌーバを「再突入マヌーバ」とした。(本マヌーバ実行により、地球上に落下予想範囲が出現するようなマヌーバ。図 5 参照)
HTV の場合は DOM3 が相当する。
- ・「再突入に向けた運用」については、再突入のためのパーキング軌道への移動等の期間も含む。図 5 参照。
- ・傷害予測数の定義における「宇宙からの落下物が溶融せずに地表面へ衝突した場合の、」とは、“溶融しないまま地上に到達する落下物を評価対象とする”あるいは“溶融した分は考慮から抜いてよい”との意図であり、“溶融効果を考慮

せずに危険度を評価せよ”との意ではない。根拠が技術的に妥当かつ安全であれば、検討の前提条件はプロジェクト側の裁量に任せる。

- ・再突入の計画軌道は、軌道上運用後、再突入に向けた運用の準備段階(日時の設定含む)まで確定しない。このため、再突入日時によるずれも含めて落下物の落下範囲を包含させる「着地予定区域」(6.1項)を設定して再突入軌道及び運用を計画し、運用において再突入日時が確定した段階で、落下時の環境の変動を考慮した落下物の落下予想範囲(「着地予想区域」(6.2項))が着地予定区域に包含されることを確認する。なお、着地予定区域が広く、地上/海上における船舶/航空機活動への支障が大きい場合、通報タイミングの要求を満足する限り NOTAM 等の通報に日時確定後の着地予想区域を採用可能である。HTV は本手法をとっている。

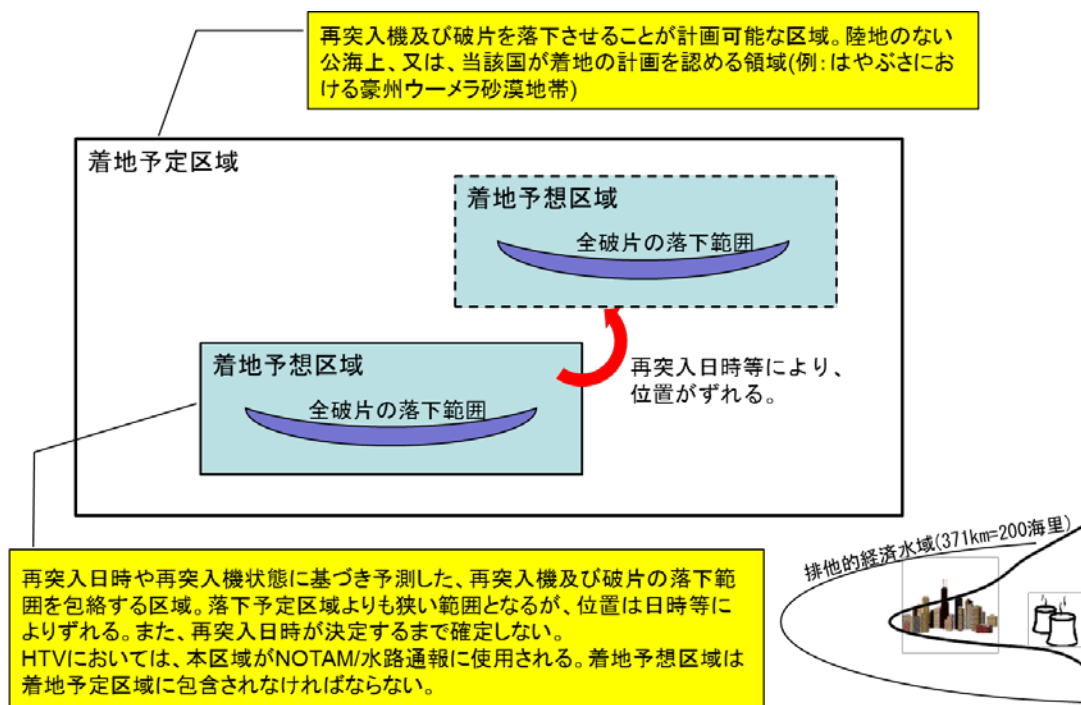


図 8 着地予定区域と着地予想区域

なお、上記には含まれないが、下記の用語についても説明を追加する：

- 着地(着陸/着水)：落下物を地球上で健全な形態で回収する目的の「着陸/着水」のみならず、地表あるいは水域に衝突する場合も含める。
- フライトシステム：本安全基準の対象は、周回軌道あるいは惑星軌道から再突入/帰還する衛星、探査機、それらの回収部分、ロケット軌道投入段の総称を意味する。