



再突入機の再突入飛行に係る安全基準

平成 27 年 12 月 7 日 A 改訂

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. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 関連文書	2
3.1. 適用文書	2
3.2. 関連文書	2
4. 安全確保の基本的考え方	2
5. 再突入の制御に必要なシステムの整備	2
5.1. 再突入機	2
5.2. 地上システム	2
6. 再突入の計画と設定	3
6.1. 着地予定区域の設定	3
6.1.1. 領土・領海内	3
6.1.2. 領土・領海外	3
6.2. 着地予想区域	3
6.3. 傷害予測数	4
6.4. 再突入に向けた運用シーケンス	4
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	4
7. 船舶及び航空機等に対する安全確保	4
8. 宇宙物体との衝突の回避	5
9. 再突入に向けた運用	5
9.1. 再突入に向けた運用の準備	5
9.2. 再突入の許可の判断	5
9.3. 再突入の実行	5
9.4. 再突入後	5
10. 着地後の機体、及び破片等の落下物の回収	6
11. 環境への影響	6
12. 本基準への適合性審査及び承認	6
13. 安全管理体制	6
14. 用語の定義	6

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。

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。

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

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。

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

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、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。

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。

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)で規定する基準値を満足すること。また、①、③ケースの合計で付属書 1 に規定する基準値を満足すること。

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）

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。

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。

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。

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。

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

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)

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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熔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(3.1 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。