

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
(案)

平成2146年842月2443日
宇宙開発委員会安全部会

目次

I 目的、適用

1. 目的
2. 適用の範囲等

II 保安及び防御対策

III 地上安全対策

1. ロケットの推進薬等の射場における取扱いに係る安全対策
2. 警戒区域の設定
 - (1) 整備作業期間における警戒区域
 - (2) 打上げ時における警戒区域
3. 航空機及び船舶に対する事前通報
4. 作業の停止
5. 防災対策
 - (1) 防災設備等
 - (2) 荒天等の対策

IV 飛行安全対策

1. 打上げ時の落下物等に対する安全対策
 - (1) 正常飛行時のロケット落下物に対する安全対策
 - (2) ロケットが推力停止した場合の落下物に対する安全対策
2. 打上げ時の状態監視、飛行中断等の安全対策
 - (1) 飛行中の状態監視
 - (2) 飛行中断
 - (3) 地上とロケットの間において安全上必要なデータ取得、コマンド送受のための電波リンクの確保
3. 再突入機の再突入飛行の安全対策
 - (1) 正常飛行時の再突入着地**予定**予想区域の設定
 - (2) **再突入**飛行経路の設定
 - (3) 再突入飛行の可否判断の実施
4. 航空機及び船舶に対する事前通報
5. 軌道上デブリの発生の抑制
 - (1) 軌道投入段の破壊・破片拡散防止
 - (2) 分離機構等

V 安全管理体制

1. 安全組織及び業務
2. 安全教育訓練の実施
3. 緊急事態への対応

VI その他安全対策実施に当たっての留意事項

別紙1

別紙2

表1 整備作業中の保安距離

図1 落下予測域と落下限界線

I 目的、適用

1. 目的

この基準は、宇宙開発委員会(以下、「委員会」という。)及び同安全部会(以下、「部会」という。)における、ロケットによる人工衛星等の打上げ及び再突入機の再突入に係る安全評価のための調査審議の効率化・円滑化、透明性の確保を図り、もって射場周辺等における、人命・財産の安全を確保するための対策の適切化、理解の増進、ロケット打上げ及び再突入機の再突入の円滑化に資することを目的とする。

(注)再突入機とは、**制御して**大気圏へ再突入して着地(含着水)することをミッションとする宇宙機をいう。

2. 適用の範囲等

この基準は、以下に示すとおり、個々のロケットによる人工衛星等の打上げ及び再突入機の再突入に係る保安及び防御対策、地上安全対策、飛行安全対策、安全管理体制に関して適用する。

委員会及び部会は、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下「機構」という。)が実施するロケット打上げ及び再突入機の再突入に係る業務において、この基準が示す以下の要件に基づき、適切な対策が講じられているかについて、安全評価のための調査審議を行うものとする。

また、機構が委託に応じてロケット打上げ及び再突入機の再突入に係る業務を行うときは、機構は、委託者及びその関係者が実施する作業に関して、この基準が示す以

下の要件に基づき、適切な対策が講じられているかについて、安全評価を実施するものとする。委員会及び部会は、打上げ等の委託者及びその関係者が実施する作業に関して、機構が実施する安全評価に基づき、安全評価のための調査審議を行うものとする。

なお、本基準の適用等に当たり必要となる詳細な事項は、部会において定めるものとする。

II 保安及び防御対策

ロケットによる打上げに際し、その整備作業段階から打上げ目的が達成されるまでの間に、ある意図によるまたは結果として破壊・妨害行為のおそれがある場合、適切な対策を講ずること。

III 地上安全対策

ロケットの打上げに際し、射場及びその周辺における人命、財産の安全を確保するため、ロケットの推進薬等の射場における取扱いから、打上げ後の後処置作業終了までの一連の作業について、以下に示すとおり、各々の作業内容に即した適切な安全対策をとることが必要である。

1. ロケットの推進薬等の射場における取扱いに係る安全対策

射場における推進薬等(火薬類、高圧ガス及び危険物等)の取扱いの安全を確保するため、次の対策をとること。

推進薬等の取扱いに際しての静電気発生防止
推進薬等の取扱いに際しての保護具の着用
ロケット、人工衛星等への高圧ガスの充填・加圧作業における遠隔操作又は防護設備の使用
推進薬等の取扱い施設に関する防犯警報装置による常時監視及び夜間巡視
推進薬等の取扱い施設への発火性物品の持込み規制等
その他安全を確保するため必要な対策

2. 警戒区域の設定

ロケットの打上げに係る作業期間中の各段階に応じて、以下のとおり、射場周辺の状況を踏まえて、警戒区域を設定して関係者以外の立入規制を行うこと。

なお、以下に記載のない推進薬等を搭載する場合には、別途適切な換算率を使用し所要の距離を算出すること。

(1) 整備作業期間における警戒区域

ロケット組立時等の各段階について、事故等の影響を最小限にするため、警戒区域は、少なくとも、次の式により計算した保安距離R又は表1による保安距離を半径とし、作業地点を中心とする円内とする。

ア 固体推進薬のみの場合

$$R = 2 \times 2.5 \times (W_p/2)^{1/3}$$

注 R:半径(m)、 W_p :推進薬質量(kg)

イ 液体推進薬(ヒドラジン類、四酸化二窒素)のみの場合

(ア) ヒドラジン類のみの場合

表1による保安距離。

(イ) 四酸化二窒素(NTO)

表1による保安距離。

(ウ) ヒドラジン類及びNTOが共存する場合

ヒドラジン類のみについての表1による保安距離と、表1のA欄において両推進薬合計質量をTNT爆薬換算率: $T_e = 0.1$ により換算した質量に対する保安距離のうち、大きいもの。

ウ 固体推進薬及び液体推進薬(ヒドラジン類、NTO)が共存する場合

(ア) 射点区域における、カウントダウン及びロケットへの衛星結合作業などの危険性の高い作業時

表1のB欄において、固体推進薬を $T_e = 0.05$ 、液体推進薬を、 $T_e = 0.1$ で換算した合計質量に対する保安距離。

(イ) (ア)以外の比較的危険性の低い作業及び保管時

表1のA欄において、固体推進薬を $T_e = 0.05$ 、液体推進薬を、 $T_e = 0.1$ で換算した合計質量に対する保安距離。

(ウ) 極低温点検、発射リハーサル時

(2)項の地上安全に係る警戒区域に準ずる保安距離。

(2) 打上げ時における警戒区域

打上げ時における警戒区域は、少なくとも、次の地上安全に係る警戒区域及び 1. (2)ア 飛行安全に係る警戒区域のうち、いずれかに含まれる区域のすべてとする。地上安全に係る警戒区域は、少なくとも、爆風、飛散物、

ファイアボールによる放射熱等について、次の(A)、(B)及び(C)によりそれぞれ計算した保安距離R、D及びFのうち、最も大きいものを半径とし、射点を中心とする円内とする。

(A) 爆風に対する保安距離

爆風に対する保安距離は、次の式及び別紙1により計算する。

$$R = (74 / P^{1/1.41}) \times \{ (Te \times w_p) \}^{1/3}$$

R: 爆風保安距離(m)、 P: 基準爆風圧(kPa)、 wP: 推進薬等質量(kg)

注 固体推進薬のTe = 0.05

LOX/LH₂のTe = 6.7/w_p^{1/3}

第1段、第2段、液体ブースタ等は別々に計算して合算する。

ヒドラジン類/NTOのTe = 0.1

火工品のTe = 1

なお、ロケットの種類に応じて該当する推進薬等の質量を合算して計算するものとする。

(B) 飛散物に対する保安距離

飛散物に対する保安距離は、以下の式により計算する。

ア 固体推進薬及び火工品の場合

$$D = 117 \times W_p^{0.21}$$

D: 飛散物保安距離(m)

W_p: 推進薬等質量(kg) (各種、各段等の総量)

イ 液体推進薬(LOX/LH₂及びヒドラジン類/NTO)の場合

$$D = 59 \times WP0.21$$

D: 飛散物保安距離(m)

W_p: 推進薬質量(kg) (各種、各段等の総量)

ウ 固体推進薬等及び液体推進薬が共存する場合

$$D = 117 \times WP0.21$$

D: 飛散物保安距離(m)

W_p: 推進薬等質量(kg) (各種、各段等の総量)

(C) ファイアボールによる放射熱に対する保安距離
別紙2により計算する。

3. 航空機及び船舶に対する事前通報

打上げ作業期間中の航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、次の手段等により、適切な時期に必要な情報が的確に通報されるように措置すること。

ノータム

水路通報

4. 作業の停止

打上げ作業期間中において、必要な場合は作業の停止を行うことを含め安全上の措置を講じること。

5. 防災対策

(1) 防災設備等

射場における災害防止のため、次の防災設備及び危険物処理設備を設置し、防災計画を作成すること。

警報装置

防火・消防設備

ヒドラジン等廃液処理設備

その他災害防止のため必要な設備

また、火災やガスの検知、防犯警報等の情報を集中して常時モニターするとともに、防火、消防、防護設備については、危険作業の実施に先立ち十分な点検を行うこと。

(2) 荒天等の対策

荒天、襲雷、地震等について警報が発令された場合は、対策を実施の上速やかに退避すること。

次の場合には推進薬の取扱い等危険作業を行わないこと。

台風警戒報が発令された場合

雷警戒報が発令された場合

また、警報解除後には被害調査、安全確認、設備の点検を十分行うこと。

IV 飛行安全対策

ロケットによる人工衛星等の打上げに伴い発生する落下物等及びロケットの飛行、及び再突入機の再突入飛行に対する安全対策、並びに航空機及び船舶の安全確保について、以下に示すとおり、適切な方策を講じることが必要である。

1. 打上げ時の落下物等に対する安全対策

ロケットによる人工衛星等の打上げに伴い発生する落下物等に対する安全を確保するため、飛行計画の策定に際しては次について十分に安全確保を考慮した設定とすること。

(1) 正常飛行時のロケット落下物に対する安全対策

ロケット燃え殻等、正常飛行時にロケットから分離投下される物体について、落下予想区域が可能な限り陸地及びその周辺海域にないこと。

(2) ロケットが推力停止した場合の落下物に対する安全対策

ア 飛行安全に係る警戒区域の設定

射場及びその周辺において、次について適切な対応が可能となるよう、飛行安全に係る警戒区域を設定して、警戒を行うこと。

(ア) 射場の周辺における次による被害の発生を防止すること

落下物の衝突

飛行中に爆発する場合における爆風

固体推進薬が落下し地面等に衝突するとき爆発(二次爆発)するおそれがある場合における、二次爆発による爆風及び二次破片飛散

(イ) さらに、射場周辺の海域に関しては、発射直後の飛行中断に伴う破片の落下分散を評価し、破片の落下による船舶等の被害を可能な限り防止すること

イ 飛行経路の設定

推力飛行中のロケットが突然推力停止の状態に陥った場合に予測される落下点の軌跡(落下予測点軌跡)の分散域については、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を設定すること。

2. 打上げ時の状態監視、飛行中断等の安全対策

ロケットが故障した場合の落下物に対する安全を確保するため、次の手段等により、飛行中の状態監視を行い、必要な場合には飛行の中断が安全に行えるよう措置すること。

(1) 飛行中の状態監視

光学設備

ITV

レーダ

テレメータ

(2) 飛行中断(図1参照)

ア 安全の確保のために設定するロケットの飛行を中断した場合に危害を及ぼしてはならない限度を示す線(落下限界線)の設定

イ 次のいずれかの場合に該当するとき、ロケットの推力飛行を中断すること

ロケット及びその破片の落下予測域が落下限界線を越えるとき。ただし正常飛行範囲を飛行するロケットの飛行中断時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、上記の飛行中断の適用が見合わされる。

ロケットの監視が不可能となり、ロケット及びその破片の落下予測域が落下限界線を越えるおそれがあるとき

ロケットの飛行中断機能が喪失する可能性が生じ、かつ、ロケット及びその破片の落下予測域が落下限界線を越えるおそれがあるとき

その他、ロケットの推力飛行の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

(3) 地上とロケットの間において安全上必要なデータ取得、コマンド送受のための電波リンクの確保

3. 再突入機の再突入飛行の安全対策

再突入飛行に関しては、以下に示す適切な方策を講じることにより、安全を確保すること。

(1) 正常飛行時の再突入着地予定予想区域の設定

正常飛行時の着地予定予想区域は以下のいずれかを満たすこと。

陸地及びその周辺海域にないこと

陸地及びその周辺海域に設定する場合には、当該国の了解を得ること

(2) 再突入飛行経路の設定

正常飛行時には、(1)の着地予定区域に分散を考慮しても着地できるよう、再突入経路を設定すること。また、再突入飛行中の再突入機が制御できず、に不具合が発生したことによる着地点分散域が着地予定区域から外れる場合については、~~も、着地点分散域が人口稠密地域から可能な限り離れるよう再突入~~離れて通過するよう飛行経路を設定すること。

(3) 再突入飛行の可否判断の実施

再突入飛行に際しては、次の情報等により再突入飛行の実施の可否を判断すること。

軌道、位置、姿勢

姿勢制御系機能

推進系機能

4. 航空機及び船舶に対する事前通報

ロケット打上げ及び再突入機の再突入飛行に際して、航空機及び船舶の航行の安全を確保するため、打上げ前及び再突入飛行前の適切な時期に必要な情報が的確に通報されるよう措置すること。

5. 軌道上デブリの発生の抑制

軌道上デブリ(軌道上における不要な人工物体)となるものの発生については、次のとおり対策をとるほか、設計段階から合理的に可能な限り抑制するように考慮すること。

(1) 軌道投入段の破壊・破片拡散防止

ロケットの軌道投入段について、指令破壊用火工品の誤作動防止措置をとること

液体ロケットについて、可能な限り残留推進薬、残留ガス等を排出するとともに、排出が完了しない場合にも破壊することがないように、内圧上昇に対して安全弁の設置等の措置を講じること

(2) 分離機構等

ロケットの段間分離機構、ロケット・衛星間分離機構、衛星の展開部品については可能な限り破片等を放出しないように配慮すること。

V 安全管理体制

地上安全対策、飛行安全対策を確実に遂行するため、以下

のとおり、適切な体制が整備されていること。

なお、機構が委託に応じてロケットの打上げ及び再突入機の再突入に係る業務を行うときは、委託者及びその関係者が実施する作業並びに機構との責任分担を明確にするとともに、機構において委託者及びその関係者を含めた安全管理体制を確立すること。

1. 安全組織及び業務

専ら安全確保に責任を有する組織を整備し、これが緊密な通信手段により有機的に機能するように措置すること。

また、安全上のあらゆる問題点について、打上げ及び再突入飛行の責任者まで報告される体制を確立すること。

2. 安全教育訓練の実施

ロケットの打上げ及び再突入機の再突入飛行作業に携わる者への安全教育・訓練を実施するとともに、安全確保に係る事項の周知徹底を図ること。

3. 緊急事態への対応

打上げ作業期間中に事故が発生した場合等の緊急事態等に的確に即応するための体制を確立すること。

VI その他安全対策実施に当たっての留意事項

個々のロケットの打上げ及び再突入機の再突入飛行に係る安全対策実施に当たっては、関係法令を遵守する他、手順書等に基づき安全を確認しつつ実施するとともに、過去にお

けるロケットの打上げ及び再突入機の再突入の経験等と打上げ及び再突入に関する最新の技術的知見を十分に踏まえて必要な措置をとり、安全確保のため万全を期すること。

爆風に対する保安距離を計算するための基準爆風圧 P (kPa) は、以下の式により計算する。

$$P = 1.379 \quad (I \leq 140 \text{ Pa}\cdot\text{s})$$

$$P = 1.379 \times (140/I)^{0.24} \quad (140 < I < 400 \text{ Pa}\cdot\text{s})$$

$$P = 1.073 \quad (I \geq 400 \text{ Pa}\cdot\text{s})$$

I : インパルス ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) は、次の2式により計算する。

$$I = \{ (T_e \times w_p) \}^{1/3} \times 367 \times Z^{\{-1.08 + 0.072 \times \ln(Z)\}}$$

$$Z = R / \{ (T_e \times w_p) \}^{1/3}$$

R : 爆風保安距離 (m)

w_p : 推進薬等質量 (kg)

固体推進薬の $T_e = 0.05$

LOX/LH₂のインパルスを計算するための $T_e = 7.8 / w_p^{1/3}$

注 第1段、第2段、液体ブースタ等は別々に計算して合算する。

ヒドラジン類/NTOの $T_e = 0.1$

火工品の $T_e = 1$

なお、ロケットの種類に応じて該当する推進薬等を合算して計算するものとする。

$$t_L \times I_L^{1.15} = 550,000 \quad \dots \text{式}$$

w_p : 推進薬質量(kg) (各種、各段等の総量)

ファイアボールに対する保安距離

ファイアボールに対する保安距離は以下により計算する。

ア 固体推進薬及び火工品の場合

ファイアボールの放射照度を I_s (W/m²)、ファイアボールの持続時間を t_s (s)、保安距離を F (m)として、次の式及び以下の3式により計算した F と、式及び $I_s = 12560$ により計算した F のうち、大きいものを保安距離とする。

$$I_s = 2.69 \times 10^7 \times \{ (T_e \times w_p) \}^{0.65} / F^2 \quad \dots \text{式}$$

$$t_s = 0.258 \times \{ (T_e \times w_p) \}^{0.349} \quad \dots \text{式}$$

$$t_s \times I_s^{1.15} = 550,000 \quad \dots \text{式}$$

w_p : 推進薬等質量(kg)

固体推進薬の $T_e = 0.05$ 、火工品の $T_e = 1$

イ 液体推進薬(LOX/LH₂及びヒドラジン類/NTO)の場合

ファイアボールの放射照度を I_L (W/m²)、ファイアボールの持続時間を t_L (s)、保安距離を F (m)として、次の式及び以下の3式により計算した F と、式及び $I_L = 12560$ により計算した F のうち、大きいものを保安距離とする。

$$I_L = 8.58 \times 10^6 \times w_p^{2/3} / F^2 \quad \dots \text{式}$$

注: 固体推進薬を含む他の推進薬がなく、LOX/LH₂のみの場合は、係数を 8.58×10^6 に0.85を掛けたものとする。

$$t_L = 1.82 \times w_p^{1/6} \quad \dots \text{式}$$

ウ 固体推進薬等及び液体推進薬が共存する場合

(ア) $t_L > t_s$ のとき、

式、式、式及び、

$$t_s \times (I_L + I_s)^{1.15} + (t_L - t_s) \times I_L^{1.15} = 550,000$$

により計算した F と、式、式、式及び $I_L + I_s = 12560$ により計算した F のうち、大きいものを保安距離とする。

(イ) $t_L < t_s$ のとき、

式、式、式及び、

$$t_L \times (I_s + I_L)^{1.15} + (t_s - t_L) \times I_s^{1.15} = 550,000$$

により計算した F と、式、式、式及び $I_s + I_L = 12560$ により計算した F のうち、大きいものを保安距離とする。