

国連宇宙空間平和利用委員会スペースデブリ低減ガイドライン

(第 62 会期 No.20 (A/62/20)) 採択:2007 年 3 月 6 日

1. 背景

宇宙空間平和利用委員会が1999年に「スペースデブリ技術報告」を発行して以来、現状のスペースデブリ環境が地球周回軌道の宇宙機にリスクを与えていることは共通の理解となった。本書では、スペースデブリは地球周回軌道や大気圏再突入途上にある非機能的なあらゆる人工物体であり、破片やそれらの要素も含むと定義される。デブリの数量は増大を続けているので、結果として潜在的被害に導く衝突確率は増大している。加えて、もしデブリが再突入で地球大気を通過するなら、地上における被害のリスクもある。従って、適切なデブリ低減策の早急な適用が、将来の世代のためのアウトースペース環境の保全に向けての正しく必須のステップである。

歴史的に、地球周回軌道上のスペースデブリの主たる発生源は、(1)長期に軌道を周回するデブリを発生する偶発的あるいは意図的な破砕事象、(2)ロケットの軌道投入段や宇宙機が運用の過程で放出したデブリである。将来は、衝突で発生した破片がスペースデブリの重大な発生源となると予想される。

デブリ発生低減対策は二つの大きなカテゴリに分けられる。それらは短期的に潜在的に危険なスペースデブリを削減(curtail)するものと、長期に亘ってデブリの発生を制限するものである。前者はミッション関連スペースデブリの発生の削減(curtailment)や破砕の回避をすることに係わり、後者は、運用中の宇宙機によって占められている領域から、運用を終了した宇宙機やロケット軌道投入段を除去するための運用終了手順に関するものである。

2. 根拠

ある種のスペースデブリは、ミッションの喪失や有人宇宙機の場合は人命の喪失に繋がる被害を宇宙機に与える可能性があるため、スペースデブリ低減対策の適用が推奨される。有人飛行軌道に対しては、スペースデブリ低減手段は乗員安全運用のために非常に重要(relevant)である。

幾つかの国家機関や国際機関によって開発された既存のプラクティス、スタンダード、コード及びハンドブックの基本的低減要素を反映した「低減ガイドライン」がIADCによって作成された。宇宙空間平和利用委員会は、地球規模のスペースコミュニティの間で広く受け入れられているハイレベルな定性的ガイドラインのもたらず利益に謝意を表わす。これを受けて、国連条約と原則に配慮しつつ、IADCガイドラインの技術的内容と基本的定義に基づいて、一連の勧告ガイドラインを開発するために、当該委員会の科学技術小委員会に「スペースデブリワーキンググループ」が設置された。

3. 適用先

加盟国と国際機関は国家メカニズムや独自の適用メカニズムを通して、これらのガイドラインが実行されることを保証し、最大限可能な範囲でスペースデブリ低減活動と手順を通じて、自主的に対策をとることが望ましい。

これらのガイドラインは新規に設計される宇宙機や軌道投入段(可能であれば既存のそれらを含む)のミッションプランニングと運用に適用できる。それらは国際法の下に法的にバインディングされない。

従って、個々のガイドラインや要素を適用するに当たっては、例えば国連条約や原則の条項によって、例外が正当化される可能性が認められている。

4. スペースデブリ低減ガイドライン

以下のガイドラインは宇宙機とロケット軌道投入段のミッションプランニング、設計、製造、運用フェーズ(打上げ、ミッション、廃棄)に配慮することが望まれる。

ガイドライン1: 正常な運用中に放出されるデブリの制限

スペースシステムは正常な運用中にデブリを放出しないように設計すること。もしこれが不可能ならば、デブリ放出のアウトースペース環境に対する影響を最小限とすること。

スペースエイジの最初の数十年間、打上げロケットや宇宙機の設計者は地球周回軌道上に多くのミッション関連物体の意図的な放出を許してきた。それらには、とりわけセンサーカバー、分離機構、展開物が含まれる。そのような物体がもたらす脅威を認識することで設計努力が促進される、そのことがこの種のデブリ源を削減するのに有効であることが実証されてきた。

ガイドライン2: 運用フェーズでの破碎の可能性の最小化

宇宙機とロケット軌道投入段は偶発的破碎に至る不具合モードを避けるように設計すること。もしそのような不具合を生ずる条件が判明したなら、破碎を避けるように廃棄処置と無害化処置を計画し、実施すること。

歴史的に幾つかの破碎は推進系及び電力系のカタストロフィックな故障などのスペースシステム不具合によって引き起こされてきた。不具合モードアナリシスに潜在的破碎シナリオを見込むことで、これらのカタストロフィックなイベントの確率は削減できる。

ガイドライン3: 偶発的軌道上衝突確率の制限

宇宙機やロケット軌道投入段の設計やミッションプロファイルの開発の過程で、システムの打上げフェーズ及び軌道寿命の間に既知の物体と偶発的衝突を起こす確率が見積もられ、制限されること。取得可能な軌道データが衝突の恐れを示しているなら、打上げ時刻の調整や軌道上回避マヌーバが考慮されること。

幾つかの偶発的衝突が既に明らかになっている。多くの研究が示していることであるが、スペースデブリの数量・質量が増加しているため、新たなスペースデブリの主要因は衝突であるかもしれない。衝突回避手順が既に幾つかの国や国際機関で採用されている。

ガイドライン4: 意図的破壊活動とその他の危険な活動の回避

増加する衝突リスクが宇宙運用に脅威を与えるとの認識により、宇宙機やロケット軌道投入段の如何なる意図的破壊も、その他の長期に残留するデブリを発生する危険な活動も避けなければならない。

意図的破壊が必要な時、残留破片の軌道滞在期間を制限するために充分低い高度で行わなくてはならない。

ガイドライン5:残留エネルギーによるミッション終了後の破砕の可能性を最小にすること

他の宇宙機やロケット軌道投入段への偶発的破砕のリスクを制限するために、全ての搭載蓄積エネルギー源は、ミッション運用に必要でなくなる時点あるいはミッション終了後の廃棄処置の時点で排出するか、無害化しなければならない。

これまでのところ、カタログ化されているスペースデブリの数量の大きなパーセンテージは宇宙機やロケット軌道投入段の破片に起因するものであった。それらの破砕の多くは意図的なものではなく、多くは多量の蓄積エネルギーを有する宇宙機やロケット軌道投入段の放棄から起きている。最も有効な低減策はミッション終了後の不活性化である。不活性化は残留推薬や圧縮流体を含むあらゆる形態の蓄積エネルギーを除去することを要求し、電池の放電も含む。

ガイドライン6:宇宙機やロケット軌道投入段がミッション終了後に低軌道(LEO)域に長期的に留まることの制限

LEO 領域を通過する軌道で運用を終了した宇宙機やロケット軌道投入段は管理された方法(controlled fashion)で軌道から除去すること。それが不可能ならば、LEO領域への長期的滞在(long-term presence)を避ける軌道に廃棄すること。

LEOから物体を除去する解決案を決定する際には、残存して地表に到達するデブリが、ハザードな物質による環境汚染を含む、人間や財産に不当なリスクを課さないことを保証するために十分な(due)な配慮が払われなければならない。

ガイドライン7:宇宙機やロケット軌道投入段がミッション終了後に地球同期軌道(GEO)域に長期的に留まることの制限

GEO 領域を通過する軌道で運用を終了した宇宙機やロケット軌道投入段はGEO領域との長期的干渉を避ける軌道に放置すること。

GEO領域近傍の宇宙物体については、将来の衝突の可能性はミッション終了時にGEO領域より上方の軌道(GEOと干渉しない軌道あるいはGEO領域に戻ってこない軌道)に放つことで削減できる。

5. 最新化

加盟国や国際機関によるスペースデブリ分野での調査は、スペースデブリ低減推進の便益を最大限にするための国際協調の精神の下に継続すること。

6. 付録・参考

IADCスペースデブリ低減ガイドラインの本書の発行時点での基準バージョンはA/AC.105/C.1/L.260の付録に含まれている。

スペースデブリ低減対策に係る更に詳細な記述と勧告については加盟国や国際機関はインターネットアドレス(www.iadc-online.org)でIADCスペースデブリ低減ガイドラインの最新版を参照すると良い。

Space debris mitigation guidelines of the Scientific and Technical Subcommittee of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space

1. Background

Since the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space published its Technical Report on Space Debris in 1999,^{*} it has been a common understanding that the current space debris environment poses a risk to spacecraft in Earth orbit. For the purpose of this document, space debris is defined as all man-made objects, including fragments and elements thereof, in Earth orbit or re-entering the atmosphere, that are non-functional. As the population of debris continues to grow, the probability of collisions that could lead to potential damage will consequently increase. In addition, there is also the risk of damage on the ground, if debris survives Earth's atmospheric re-entry. The prompt implementation of appropriate debris mitigation measures is therefore considered a prudent and necessary step towards preserving the outer space environment for future generations.

Historically, the primary sources of space debris in Earth orbits have been (a) accidental and intentional break-ups which produce long-lived debris and (b) debris released intentionally during the operation of launch vehicle orbital stages and spacecraft. In the future, fragments generated by collisions are expected to be a significant source of space debris.

Space debris mitigation measures can be divided into two broad categories: those that curtail the generation of potentially harmful space debris in the near term; and those that limit their generation over the longer term. The former involves the curtailment of the production of mission-related space debris and the avoidance of break-ups. The latter concerns end-of-life procedures that remove decommissioned spacecraft and launch vehicle orbital stages from regions populated by operational spacecraft.

2. Rationale

The implementation of space debris mitigation measures is recommended since some space debris has the potential to damage spacecraft, leading to loss of mission, or loss of life in the case of manned spacecraft. For manned flight orbits, space debris mitigation measures are highly relevant due to crew safety implications.

A set of mitigation guidelines has been developed by the Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC), reflecting the fundamental mitigation elements of a series of existing practices, standards, codes and handbooks developed by a number of national and international organizations. The Committee on the Peaceful Uses of Outer Space acknowledges the benefit of a set of high-level qualitative guidelines, having wider acceptance among the global space community. The Working Group on Space Debris was therefore established (by the Scientific and Technical Subcommittee of the Committee) to develop a set of recommended guidelines based on the technical content and the basic definitions of the IADC space debris mitigation guidelines, taking into consideration the United Nations treaties and principles on outer space.

3. Application

Member States and international organizations should voluntarily take measures, through national mechanisms or through their own applicable mechanisms, to ensure that these guidelines are implemented, to the greatest extent feasible, through space debris mitigation practices and procedures.

^{*} United Nations publication, Sales No. E.99.I.17.

These guidelines are applicable to mission planning and operation of newly designed spacecraft and orbital stages and, if possible, to existing ones. They are not legally binding under international law.

It is also recognized that exceptions to the implementation of individual guidelines or elements thereof may be justified, for example, by the provisions of the United Nations treaties and principles on outer space.

4. Space debris mitigation guidelines

The following guidelines should be considered for the mission planning, design, manufacture and operational (launch, mission and disposal) phases of spacecraft and launch vehicle orbital stages:

Guideline 1: Limit debris released during normal operations

Space systems should be designed not to release debris during normal operations. If this is not feasible, the effect of any release of debris on the outer space environment should be minimized.

During the early decades of the space age, launch vehicle and spacecraft designers permitted the intentional release of numerous mission-related objects into Earth orbit, including, among other things, sensor covers, separation mechanisms and deployment articles. Dedicated design efforts, prompted by the recognition of the threat posed by such objects, have proved effective in reducing this source of space debris.

Guideline 2: Minimize the potential for break-ups during operational phases

Spacecraft and launch vehicle orbital stages should be designed to avoid failure modes which may lead to accidental break-ups. In cases where a condition leading to such a failure is detected, disposal and passivation measures should be planned and executed to avoid break-ups.

Historically, some break-ups have been caused by space system malfunctions, such as catastrophic failures of propulsion and power systems. By incorporating potential break-up scenarios in failure mode analysis, the probability of these catastrophic events can be reduced.

Guideline 3: Limit the probability of accidental collision in orbit

In developing the design and mission profile of spacecraft and launch vehicle stages, the probability of accidental collision with known objects during the system's launch phase and orbital lifetime should be estimated and limited. If available orbital data indicate a potential collision, adjustment of the launch time or an on-orbit avoidance manoeuvre should be considered.

Some accidental collisions have already been identified. Numerous studies indicate that, as the number and mass of space debris increase, the primary source of new space debris is likely to be from collisions. Collision avoidance procedures

Guideline 4: Avoid intentional destruction and other harmful activities

Recognizing that an increased risk of collision could pose a threat to space operations, the intentional destruction of any on-orbit spacecraft and launch vehicle orbital stages or other harmful activities that generate long-lived debris should be avoided.

When intentional break-ups are necessary, they should be conducted at sufficiently low altitudes to limit the orbital lifetime of resulting fragments.

Guideline 5: Minimize potential for post-mission break-ups resulting from stored energy

In order to limit the risk to other spacecraft and launch vehicle orbital stages from accidental break-ups, all on-board sources of stored energy should be depleted or made safe when they are no longer required for mission operations or post-mission disposal.

By far the largest percentage of the catalogued space debris population originated from the fragmentation of spacecraft and launch vehicle orbital stages. The majority of those break-ups were unintentional, many arising from the abandonment of spacecraft and launch vehicle orbital stages with significant amounts of stored energy. The most effective mitigation measures have been the passivation of spacecraft and launch vehicle orbital stages at the end of their mission. Passivation requires the removal of all forms of stored energy, including residual propellants and compressed fluids and the discharge of electrical storage devices. Guideline 6: Limit the long-term presence of spacecraft and launch vehicle orbital stages in the low-Earth orbit (LEO) region after the end of their mission

Spacecraft and launch vehicle orbital stages that have terminated their operational phases in orbits that pass through the LEO region should be removed from orbit in a controlled fashion. If this is not possible, they should be disposed of in orbits that avoid their long-term presence in the LEO region.

When making determinations regarding potential solutions for removing objects from LEO, due consideration should be given to ensure that debris that survives to reach the surface of the Earth does not pose an undue risk to people or property, including through environmental pollution caused by hazardous substances.

Guideline 7: Limit the long-term interference of spacecraft and launch vehicle orbital stages with the geosynchronous Earth orbit (GEO) region after the end of their mission

Spacecraft and launch vehicle orbital stages that have terminated their operational phases in orbits that pass through the GEO region should be left in orbits that avoid their long-term interference with the GEO region.

For space objects in or near the GEO region, the potential for future collisions can be reduced by leaving objects at the end of their mission in an orbit above the GEO region such that they will not interfere with, or return to, the GEO region.

5. Updates

Research by Member States and international organizations in the area of space debris should continue in a spirit of international cooperation to maximize the benefits of space debris mitigation initiatives. This document will be reviewed and may be revised, as warranted, in the light of new findings.

6. Reference

The reference version of the IADC space debris mitigation guidelines at the time of the publication of this document is contained in the annex to document A/AC.105/C.1/L.260.

For more in-depth descriptions and recommendations pertaining to space debris mitigation measures, Member States and international organizations may refer to the latest version of the IADC space debris mitigation guidelines and other supporting documents, which can be found on the IADC website (www.iadc-online.org).