



AXELSPACE

Axelspace Green Spacecraft Standard 1.0



Axelspace Green Spacecraft Standard

Revision history

Date	Revision	Updates
2023-06-05	1.0	初版

1. Introduction

衛星コンステレーションが宇宙利用を拡大していく中で、世界的に多種多様な衛星が量産製造されて、より高頻度に打ち上げられることが予測されている。このような状況下で、宇宙機開発・製造・運用に関わる事業者として、Axelspace は以下の2つのサステナビリティへの取り組みが重要と考える。

For Sustainable Earth

従来は宇宙分野ではあまり着目されてこなかったが、衛星が量産される時代の到来を迎え、他産業と同様に、地上での衛星開発・製造・試験フェーズにおける地球環境への負荷低減に取り組む必要がある。アクセルスペースは、他産業分野で製造サステナビリティへの知見を有する宇宙機製造アライアンスのパートナー企業と議論を重ねて、地上の開発・製造・試験フェーズでの製造サステナビリティ活動のガイドラインを策定した。

For Sustainable Space

宇宙開発黎明期からのスペースデブリの蓄積に加えて、メガコンステレーションの登場による軌道上の混雑による衝突リスクの増大など、軌道上環境の悪化が懸念されている。国連宇宙部や IADC、ISO などでデブリの抑制に関するガイドラインが策定されているが、定められた目標をどのように実現するかは衛星開発者・運用者に委ねられている。こうした中、アクセルスペースは、スイス連邦工科大学ローザンヌ校 (EPFL) の宇宙センター (eSpace) が運営機関となって衛星事業者のミッションの宇宙環境に与える影響を数値化・格付けする SSR (Space Sustainability Rating) 活動に賛同し、SSR のベータテストプログラムに参画して、衛星開発者・運用事業者の視点で評価システムへのフィードバックを行うとともに、宇宙サステナビリティの設計・運用へのガイドラインを策定した。

本 Green Spacecraft Standard は、宇宙機の地上での設計開発から軌道上での廃棄まで、衛星のライフサイクル全体で、地球環境と宇宙環境の両方のサステナビリティに対する事業者が具体的に実践できるベストプラクティスとして定めている。



本標準は、宇宙コミュニティのルール作りや研究成果、技術革新などを反映して、適宜アップデートされるものである。

1.1. 用語/Acronyms

略語	名称	意味
COLA	Collision Avoidance	軌道上物体同士の衝突を回避すること
IADC	Inter-Agency Space Debris Coordination Committee	世界各国の宇宙機関のデブリ専門家による委員会
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
PMD	Post-Mission Disposal	ミッション運用終了後の廃棄・軌道離脱
SSA	Space Situational Awareness	軌道上物体の検出や軌道決定、データベース化、衝突リスクの評価など、軌道上環境のモニタリングに関わる活動
SSR	Space Sustainability Rating	世界経済フォーラムが主導する、衛星開発者・運用者の軌道上サステナビリティを評価する制度
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs	宇宙空間の平和利用における国際協力を担う国連宇宙部



2. For Sustainable Earth

アクセルスペースおよび宇宙機製造アライアンスの開発・製造・試験フェーズでの地球環境のサステナビリティへの取り組みを別紙 [Green Spacecraft 製造ガイドライン](#)に策定する。本章では、その取り組みの要旨を記述する。

2.1. グリーン調達

衛星開発・製造・試験に用いる製品・半製品・部品・原材料・副資材・包装材・梱包材等の調達に関して、下記のような取り組みを行う。

- 環境負荷が少なく有害な禁止化学物質を含まない物品の選定
- 環境保全や化学物質管理に取り組んでいる仕入れ先企業の選定

2.2. グリーン製造・試験

衛星製造工程（調達業務、調達品納品・検収、衛星組立、衛星の（環境）試験）および、製造工程中の各種補助的な支援工程における環境負荷を軽減するため、下記のような取り組みを行う。

- ペーパーレスの推進
- 製造工程時の消費電力削減
- 加工時のリサイクル(金属材料、廃油など)
- 試験・検査工程の自動化・効率化

2.3. グリーン輸送

開発・製造・試験の工程で発生する輸送時の付属材料軽減と廃棄物の軽減のために、以下の取り組みを行う。

- 輸送コンテナの共通化・再利用
- 輸送時の付属材料の軽減・再利用
- 輸送時の CO2 削減努力
- GSE(地上支援機器)の低減

3. For Sustainable Space

これまでの人類の宇宙活動の結果、軌道に残された使用済みのロケットや人工衛星の残存物＝スペースデブリは、宇宙ビジネスを発展・持続可能にする上で、極めて重大な問題となっている。

アクセルスペースの人工衛星は、軌道投入から運用終了後の廃棄まで、宇宙でのライフサイクル全体で軌道上デブリ環境に配慮した設計・運用を行う。

3.1. デブリ放出の防止

かつてデブリ問題が顕在化していない時代には、センサの保護カバーや分離・展開機構などの不要な物体を衛星から切り離してデブリ化させてしまうことがあった。人工衛星からこうしたデブリが放出されない設計とする必要がある。

GS-STD-SS-01: 衛星からデブリとなる物体（国際的な定義で 1mm 以上の物体）が放出されない設計とする。

3.2. 運用終了後の廃棄 (PMD: Post Mission Disposal)

運用を終了した人工衛星が軌道に残存し続けると、デブリ化して他の人工衛星にとって衝突リスクを生じさせることになる。衛星運用者が共通で利用する軌道環境を持続可能なものにするため、ミッション運用を終了した人工衛星は、確実にできるだけ速やかに廃棄を行うことが重要となる。

GS-STD-SS-02: ミッション運用を終了する時点から 25 年以内に自然落下（大気再突入）するように軌道計画を行うこと。

GS-STD-SS-03: 短期間でのデオービットを実現する装置（Drag Sail など）を搭載し、廃棄運用中に駆動させることで、Deorbit に要する期間を 5 年以内に短縮すること。

GS-STD-SS-04: 確実に PMD が行われるように、PMD に関わるモニタリングすべき衛星テレメトリ、ミッション運用を中断して PMD に移行する場合の判断基準、ミッション運用期間を延長しても良い場合の判断基準、PMD の実施手順など規定した廃棄運用計画書を作成すること。

3.3. デブリや他衛星との軌道上衝突回避 (COLA: COLLision Avoidance)

自衛星と軌道上のデブリや運用中の他衛星が衝突すると、衛星機能が喪失するだけでなく、大量のデブリが発生し、さらなる衝突リスクを引き起こしてしまう。これを回避するため、デブリや他衛星の接近リスクを検知し、適切な衝突回避運用を行う必要がある。



GS-STD-SS-05: 正確な衝突リスクの評価のため、運用期間中、自衛星の測位データに基づく NORAD TLE よりも高精度な軌道決定情報を維持・更新し続けること。

GS-STD-SS-06: 衝突リスクのアラートに対して、スクリーニング・評価・衝突回避マヌーバを行う一連の手順について、衝突回避運用計画書を定めること。

GS-STD-SS-07: 最新の軌道上物体分布モデルを用いて、運用中および PMD 中の衝突回避マヌーバ頻度を見積もり、衛星の推進系要求仕様に反映すること。

GS-STD-SS-08: 当社の管理する衛星のマヌーバ計画(衝突回避運用に限らない)がデブリや他衛星との衝突リスクを生じないことを確認すること(COLA 解析の実施)。

3.4. SSA 機関および他衛星運用者との連携

衝突のリスク評価や適切な衝突回避運用のためには、SSA を実施している機関(Space Track 等)や衝突リスクのある相手の衛星運用機関との連携・協力が重要となる。

GS-STD-SS-09: 当社の管理する衛星との衝突リスクが生じた他の衛星運用者が、当社にコンタクトできるように連絡体制を構築し、連絡窓口情報を Space Track 等の SSA 機関で公開すること。

GS-STD-SS-10: 高精度軌道決定に基づく当社の管理する衛星の 7 日先までの Ephemeris 情報・マヌーバ計画を SSA 機関や他の運用者に開示すること。

GS-STD-SS-11: SSA 機関が衝突リスクを評価するために必要な衛星の情報(質量、サイズ、軌道制御能力の有無、運用状態等)を提供すること。

3.5. 軌道上の物体検出、同定、追尾

Piggy back や Rideshare 等で、一つのロケットで軌道投入される人工衛星の数が以前よりも著しく増加しており、SSA 機関にとって、検出した軌道上物体がどの衛星であるかを速やかに特定することが重要となっている。

GS-STD-SS-12: 打ち上げ前に投入予定の衛星と軌道情報について、あらかじめ SSA 機関に通知しておくこと。

GS-STD-SS-13: 初期運用において、当社が自社衛星の国際衛星識別符号(COSPAR ID)を同定でき次第、速やかに SSA 機関に連絡すること。

3.6. 第三者機関による評価

当社の軌道上サステナビリティに関する上記の取り組みについて、その実効性について第三者による客観的評価を受けることで、透明性を担保する。

GS-STD-SS-14: 当社の軌道上サステナビリティに対する取り組みについて、SSR 等の外部機関による評価を受けること。