

## 宇宙システム全体の抗たん性強化に関する基本的考え方 (素案)

### 1 目的等

#### 1.1 経緯

宇宙空間を利用し、経済社会や安全保障上の恩恵を享受する国が増える一方、軌道上に存在する人工衛星の増加に伴い、宇宙空間の混雑化が進展している。特に、衝突等により人工衛星の機能を著しく低下させるおそれのある宇宙ゴミ(スペース・デブリ)の数は急増している。また、対衛星兵器の開発やサイバー・ジャミング能力の向上、宇宙天気の影響など、宇宙システムの脆弱性に対する脅威・リスクは増大しており、各国の宇宙空間の安定利用にとって深刻な懸念となっている。

宇宙システムへの依存が進む中で、これら宇宙環境のリスクの高まりに対処するため、宇宙システムの抗たん性強化等に取り組み、宇宙空間における異変が我が国の安全保障や民生利用に悪影響を及ぼすことを防止し、宇宙空間の安定的利用を確保することは喫緊の課題となっている。

このような状況を踏まえて、平成27年1月に宇宙開発戦略本部において決定された宇宙基本計画では、「宇宙システム全体の抗たん性を総合的かつ継続的に保持・強化するための方策に関する検討を進め、必要な措置を講ずる」とこととされた。

#### 1.2 本文書の目的

本文書の目的は、上記経緯を踏まえ、我が国の宇宙システムの管理・運用者が、それぞれの宇宙システムの抗たん性強化について、共通の認識を共有するとともに、関係各府省において抗たん性強化の対策を検討するための指針とすることである。

具体的には、まず「宇宙システムの抗たん性」という概念を明確化し、宇宙環境の脅威・リスクに応じた、抗たん性強化の対策にあたっての基本的な事項を整理するとともに、我が国政府としての取り組みについて示している。

### 2 定義

#### 2.1 宇宙システム(定義)

宇宙システムとは、人工衛星及びその運用に必要な地上設備、打上げ用ロケットなどの打上げ施設や、射場システム、並びにこれらの機能維持に必要なシステム全般をいう。

## 2.2 抗たん性(定義)

抗たん性とは、宇宙に係る脅威・リスクが顕在化した状況において、代替・補完手段の確保を含め、宇宙システムの機能の喪失、中断又は低下の防止や早期の機能回復によって、利用者が当該機能を可能な限り継続的かつ安定的に利用できる能力をいう。

なお、米国においては「宇宙領域における任務保証(Space Domain Mission Assurance)<sup>1</sup>」の定義の中で、「抗たん性(Resilience)<sup>2</sup>」を、「防衛行動(Defensive Operation)<sup>3</sup>」及び「機能回復(Reconstitution)<sup>4</sup>」と並ぶ、「任務保証」の構成要素として定義している。

我が国における抗たん性の強化の目的は、宇宙空間の安定的利用を確保することであり、宇宙システムの機能を、いかなる環境下においても可能な限り維持し、早期に回復させることである。この実現を目指すにあたっては、システム自体の抗たん性に加え、事前の警報発出等の防衛行動や被害発生後の機能回復(再構築)の措置も含めて幅広く検討する必要がある。

従って、我が国としては、米国の区分でいう、「任務保証」と同様の考え方にに基づき、防衛行動及び再構築も含むものを、「抗たん性」と捉えて、上記のように定義し、脅威・リスクに対する宇宙システムの強靱化(Space System Resilience)を目指すものとする。なお、参考に抗たん性強化実施後の能力回復と時間経過との関係を図1に示す。

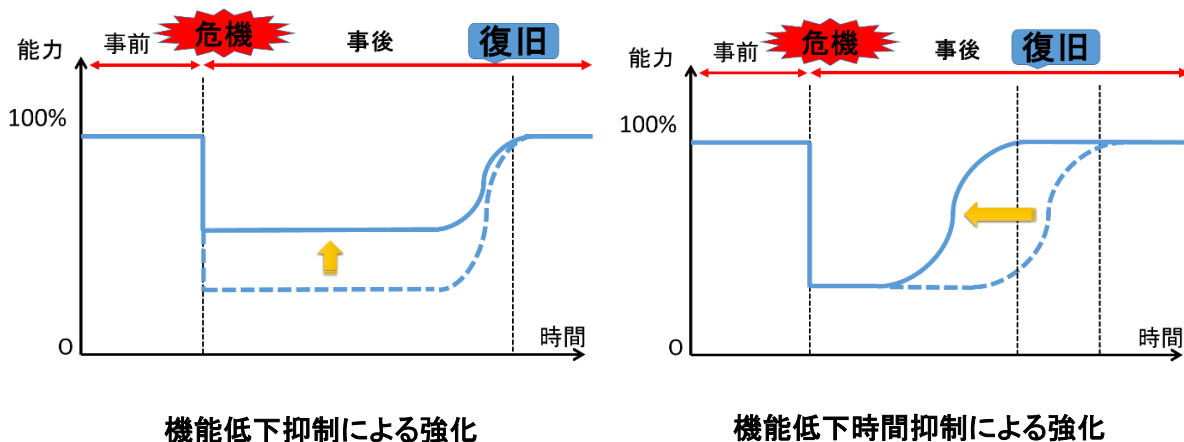


図1 抗たん性強化による効果(イメージ)

## 2.3 宇宙システムの抗たん性と信頼性

抗たん性が、脅威・リスクといった外的要因との関係において位置づけられるものであるのに対し、システムの老朽化や故障など、内的要因も、宇宙システムの安定的利用に大きな影

<sup>1</sup> 米国では任務保証について、「人員、装備、施設、ネットワーク、情報、情報システム、インフラ、サプライチェーン等の継続的な機能発揮や抗たん性を、防護し保障すること」とされている。以下同じく米国の定義。

<sup>2</sup> 「敵対行為や悪条件下においても、より高い確率、より短い機能低下期間、より多様な事態等において、任務を達成するために必要な機能を提供するアーキテクチャーの能力」

<sup>3</sup> 「敵の攻撃経路の遮断や警報発出、ターゲット・システムについての情報を与えるといった、防衛的行動支援のためにとられる活動」

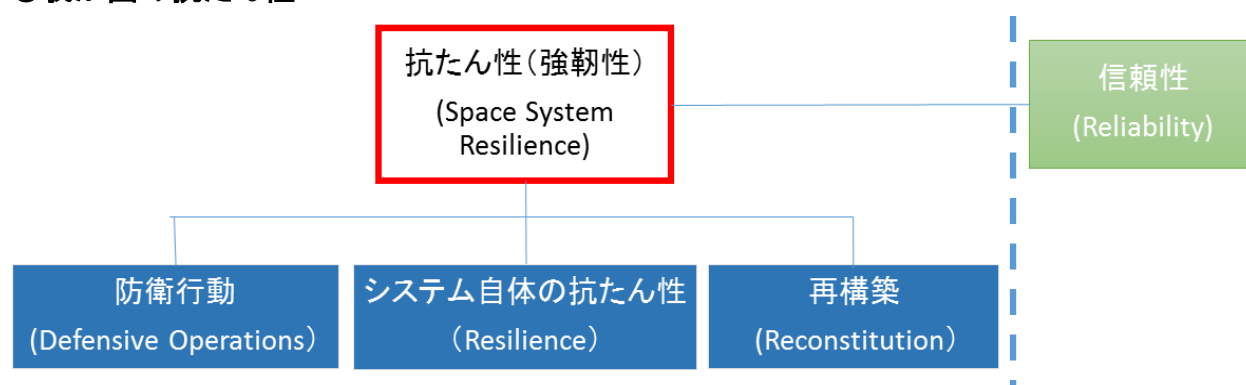
<sup>4</sup> 「事態発生により機能喪失あるいは低下したシステムを、新たなアセットを用いて任務遂行に可能なレベルまで回復させること」

響を及ぼし得る。しかし、それらについては、その発生の可能性を予見して管理することも可能な側面があり、予見することや管理できない脅威・リスクを対象に検討する抗たん性とは異なるものである。

宇宙システムの安定的利用を考える際に、信頼性の低下が与える影響は大きいこと、また、一定の信頼性を確保するために講じられる冗長構成等の対策が、抗たん性強化にも資することから、抗たん性強化の対策の検討では、信頼性向上との関係も十分に考慮して、効果的かつ効率的な取組を図ることが重要である。なお、かかる故障なども内的要因を装った外的脅威に起因するものであり得る点には留意が必要である。

抗たん性の分類における我が国と米国との相違関係については図2の通り。

### ○我が国の抗たん性



### ○米国の抗たん性(参考)

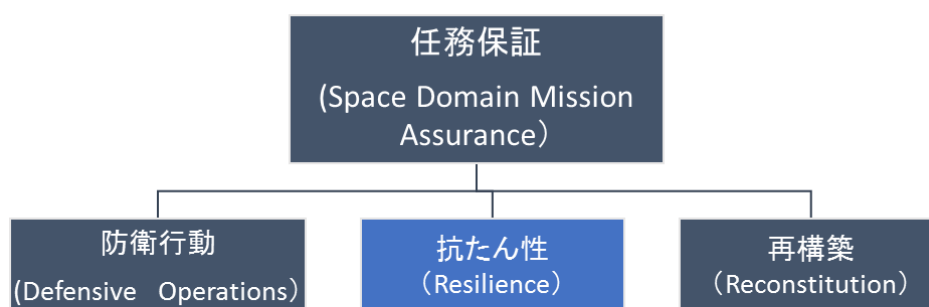


図2 抗たん性の分類

### 3 脅威・リスク

#### 3.1 対象とする宇宙システム

本文書では、我が国が運用している全ての宇宙システムを対象としているが、効果的かつ効率的に抗たん性強化を図るためには、それぞれの宇宙システムの優先度を考慮する必要がある。具体的には、安全保障目的等で利用されるシステム及び国民生活や社会経済活動の基盤として重要なシステムを優先的に強化していく必要がある。

なお、民間が運用する衛星等についても、我が国の国民生活を支える重要な基盤となるものが存在することから、本文書における抗たん性強化の考え方は民間のシステムの抗たん性強化にも活用できるものである。これらの民間システムに対しても、政府の取組に関する情報提供等により、民間の自主的な抗たん性強化を促進することが肝要である。

#### 3.2 対象とする脅威・リスクに係る考え方

##### 3.2.1 基本的考え方

我が国の宇宙システムの抗たん性強化にあたっては、それぞれの宇宙システムに対して、いかなる脅威又はリスクがどの程度の蓋然性をもって発生するかを考える必要がある。

脅威・リスクが与える深刻度は、それによって与える機能喪失の影響度とその蓋然性の相乗であり、たとえ機能喪失が高い脅威・リスクであっても、蓋然性が極めて限られている場合には、抗たん性強化の必要性は低い。

このように、我が国としての抗たん性強化を効果的に図るためには、それぞれの宇宙システムを対象とする脅威を特定し、その脅威における蓋然性を考慮する必要がある。

##### 3.2.2 対象とする脅威・リスク

我が国の宇宙システムに対する脅威・リスクとしては、宇宙システムの運用を阻害する物理的及び非物理的要因とし、具体的には次のとおり分類する。

- ① 敵対行為等、外部の主体が我が国の宇宙システムの機能を一時的もしくは恒常的に阻害することを意図して実施する行為  
例：物理的破壊行為、レーザー攻撃、ジャミング、サイバー攻撃 等
- ② 宇宙デブリの衝突や自然現象等、人為的行為以外に我が国の宇宙システムの機能を一時的もしくは恒常的に阻害する事象  
例：宇宙デブリ、太陽フレア 等

##### 3.2.3 脆弱性評価

効率的な抗たん性強化に資するため、対象とする宇宙システムの脆弱性について評価することが必要である。

脆弱性の評価にあたっては、宇宙システムの各構成要素（人工衛星、地上施設、通信回線等）の機能・能力及びそれらの相互依存関係を踏まえた上で、想定される脅威・リスクの中で、当該システムのどこに脆弱性が存在するかを評価することが重要である。他方、その評価手法については、必ずしも確立されていないことから、今後、脆弱性評価手法の確立が必要である。

## **4 抗たん性強化**

### **4.1 基本的考え方**

宇宙システムの抗たん性強化にあたっては以下の基本的考え方（6原則）を基に、各システムに適した対策を検討する。

#### **① システム要求を考慮した脆弱性評価及び対策の検討（脆弱性に基づく対策）**

脆弱性評価及びそれに基づく抗たん性強化の対策の検討では、宇宙システムに求められる性能、想定する脅威・リスクが生じた場合における許容できる能力低下及び機能低下の度合いとその時間を考慮することが必要である。

#### **② 将来の脅威・リスクを考慮した抗たん性の維持・強化（将来予測）**

脅威・リスクの形態は時間とともに変化し、今後その脅威・リスクはより複雑化かつ高度化していくことが予想されることから、宇宙システム設計時においても、将来の脅威・リスクを予見し、その変化に柔軟に対応できるよう、抗たん性を保持することが必要である。

#### **③ 抗たん性、経費、能力を考慮した対策（3要素のバランス）**

抗たん性強化を考えるにあたって、（1）宇宙システムの抗たん性、（2）宇宙システム整備に係る経費、（3）宇宙システムが発揮すべき能力、の3要素がトレードオフの関係にあることから、それらのバランスを勘案しながら、最適な抗たん性を確保しなければならない。

#### **④ 国際協力による効果的な抗たん性強化の実現（国際協力）**

我が国の抗たん性強化の対策として、他国との衛星機能の相互補完や相乗り（ホステッド・ペイロード）及び衛星情報の共有等は重要な要素である。同盟・友好国との宇宙対話や協議の場を活用しつつ平素から適切な情報共有や協力関係の構築に努め、相手国政府の関係省庁との間で具体的な協力の可能性を継続的に追及しながら、国際的な協力の中で効率的で効果的な抗たん性強化を進展させていく必要がある。

#### **⑤ 対策の組合せによる効果的な抗たん性強化（複合的措置）**

抗たん性強化の対策については、それぞれのシステム毎に単一の方策だけではなく、あらゆる組合せを考慮し、効果的かつ効率的な抗たん性強化を図ることが必要である。

## ⑥ 緊急時における分野横断的協力（緊急事態時協力）

安全保障や国民生活にとって重要な基盤となる宇宙システムの能力低下時において、他のあらゆるシステムを利活用し、その機能回復を図るなど、緊急時における分野横断的な協力が必要である。

## 4.2 抗たん性強化対策の分類

抗たん性強化施策は、想定される脅威・リスクの特性と対象となる宇宙システムの個々の構成要素によって、施策を実施すべき時期及び方法等が異なる。実施する施策については、概ねその対処時期によって、①システム構築段階に実施 ②事案発生前段階に実施 ③事案発生後に実施 の3段階に分類することができ、それぞれの段階で実施すべき施策は、大きく以下の概念が適用できる。

①システム構築段階： 防護、分散、分担、多重化、多様化

②事案発生前段階： 警報発出、回避

③事案発生後： 回復、代替

なお各段階において、これら概念の細部については表1の通りであり、これらの手段は衛星だけでなく、地上システムも含めた衛星システムそれぞれ固有の機能に対する対策として検討すべき事項である。

表1. 抗たん性強化策の分類

| 時期      | 分類     |     | 手段 | 定義                                                                                                                   | 具体例                                      |
|---------|--------|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| システム構築時 | 単体での対処 |     | 防護 | 個別の機能・装置の防護対策を行うこと。脅威・リスクが生じた際に、シールド等の物理的防護装置、回避するために機動等により、位置を一時的に変更できる機能を設けることや、操作信号の暗号化等の情報管理により、機能が損なわれることを回避する。 | ・周波数ホッピング等によるジャミング対策<br>・スラスタの増強による機動性向上 |
|         | 装置の分散  | 複数化 | 分散 | 同等の機能を有する装置を分散配置すること。脅威・リスクが生じた際、ある装置の機能が損なわれた場合でも、他の装置によって一定の機能を維持する。                                               |                                          |
|         |        | 異種化 | 分担 | 複数の機能を集中させるのではなく、それぞれの機能を有する装置を分散配置すること。脅威・リスクが生じた際、その被害を特定の機能に限定させることで、損なわれる機能を最小限とする。                              |                                          |

|       |       |     |     |                                                                                          |                          |
|-------|-------|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|       | 手段の冗長 | 複数化 | 多重化 | 予め、同一の機能を有する複数のシステムを用意すること。脅威・リスクが生じた際、あるシステムの機能が損なわれた場合にも、他のシステムによって機能のバックアップを図る。       | ・バックアップ衛星の確保             |
|       |       | 異種化 | 多様化 | 予め、同一の機能を有する異なる手段を用意すること。脅威・リスクが生じた際、他の手段によってバックアップを図るとともに、同一の脅威・リスクで同時に機能が損なわれることを回避する。 | ・地上系システムの活用              |
| 事案発生前 | 警報    |     |     | 脅威・リスクの予兆等に関する情報を関係者に提供すること。SSA 等でスペースデブリ等の接近情報を提供することによって、回避等による防護措置を可能とする。             | ・宇宙天気予報の周知<br>・SSA 情報の共有 |
|       | 回避    |     |     | 上の脅威・リスクの警報等を受けて、回避措置をとること。衝突の可能性のあるスペースデブリに対して、予め機動等により位置を変更することによって、衝突を回避する。           |                          |
| 事案発生後 | 回復    |     |     | 被害箇所の修復等による機能の回復、同じ機能を有する新たな装置等の配置等によって、脅威・リスクによって損なわれた機能を回復させること。                       | ・即応小型衛星の活用               |
|       | 代替    |     |     | 脅威・リスクによって損なわれた機能を維持するために、他のシステムや他の機能を活用することで、一定の機能の維持を図ること。                             |                          |

## 5 今後の主な取組

### 今後検討

(以上)