

宇宙システム全体の機能保証(Mission Assurance)の強化に関する基本的考え方(案)

1. はじめに

(1) 現状認識

宇宙空間は、測位、通信・放送、気象観測等に利用され、国民生活や経済社会活動にとって重要な役割を果たしてきただけでなく、情報収集や指揮統制等に活用され、安全保障の基盤としても死活的に重要な役割を果たしている。

その一方で、軌道上に存在する人工衛星や宇宙ゴミ(スペース・デブリ)の急増に伴う衛星衝突等のリスク、対衛星兵器の開発やサイバー攻撃・ジャミング能力の向上、宇宙天気の影響等、宇宙システムに対する脅威・リスクは増大している。

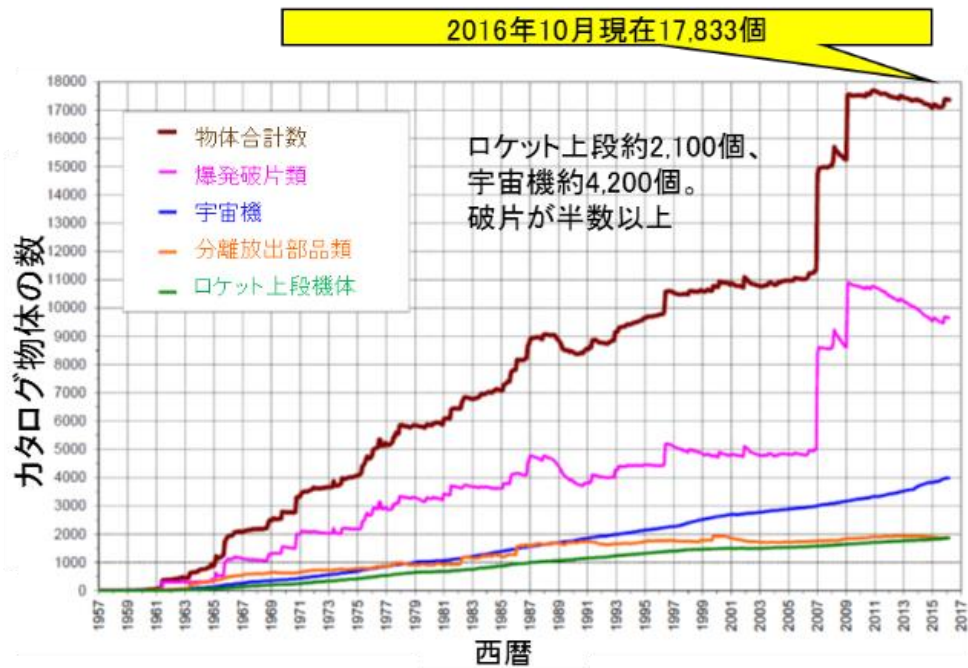
このような宇宙システムへの高い依存度と宇宙空間の脅威・リスクの高まりの中で、国民生活や経済社会活動の維持及び安全保障の観点から、宇宙空間の安定的利用を確保することが喫緊の課題となっている。具体的には、宇宙状況監視(SSA)能力強化や宇宙利用に関する国際ルール作り推進とともに、宇宙システムの機能保証の強化に取り組み、宇宙空間における異変が我が国の安全保障や国民生活、経済社会活動に悪影響を及ぼすことを防止することが必要である。

(2) 経緯

平成20年5月、宇宙基本法が制定され、我が国の宇宙政策は、「安全保障」、「産業振興」、「科学技術」の三本柱から成る総合的国家戦略へと局面展開を遂げた。

平成25年1月、「宇宙基本計画」が策定され、「従来の研究開発に重きを置いた施策から、利用を重視し、出口戦略を明確にしたものへ」と宇宙政策のパラダイム・シフトに向けて新たな政策の方向性を打ち出した。

さらに、平成27年1月、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、宇宙空間の安定的利用の確保の重要性の高まりを受け、「我が国及び同盟国が運用する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」こととしている。



(Orbital Debris Quarterly News, vol.20, April 2016, NASA)

図1. 宇宙ゴミ(スペース・デブリ)数の推移

(3) 「宇宙システム全体の機能保証の強化に関する基本的考え方」(以下、本文書という。)の目的

上記を踏まえ、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機能保証の強化について、認識を共有するとともに、関係各府省において機能保証の強化策を検討するための指針を示す。

(4) 定義等

① 宇宙システム

人工衛星とその運用に必要な地上設備及びそれらをつなぐ通信リンク、打上げ用ロケットを含む打上げ施設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 脅威・リスク

外的要因に起因し、宇宙システムの機能の喪失、中断、低下を招き得るものをいい、物理的要因及び非物理的要因を含む。次のとおり分類する。

- 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行う人為的行為

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

- 宇宙ゴミ(スペース・デブリ)の衝突等、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：宇宙ごみ(スペース・デブリ)等の衝突

：太陽フレア等の自然現象による影響

③ 機能保証(Mission Assurance)

宇宙に係る脅威・リスクが顕在化した状況においても、脅威・リスクの探知・回避、システム自体の抗たん性強化、早期の機能回復等により、継続的かつ安定的に当該システムの目的を達成する能力の保証をいう。

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

他方、我が国の「宇宙基本計画」において、抗たん性の強化は、宇宙空間の脅威・リスクの高まりに対応し、宇宙空間の安定的利用を確保するための取組としており、宇宙システム自体の抗たん性(宇宙システム構築時の対策)に加え、事案発生前の対策(事前の警報発出等の防衛行動)や事案発生後の対策(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ことが適当である。

したがって、本文書では、宇宙基本計画で示す「抗たん性」を「機能保証(Mission Assurance)」とし、米国の「Mission Assurance(任務保証)」と同様の範囲を指すものとする。(図2. 機能保証(Mission Assurance)の位置づけ)

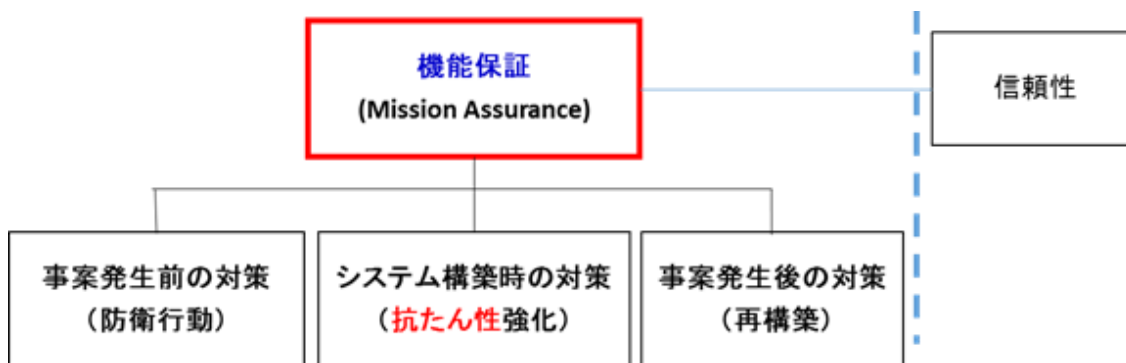


図2. 機能保証(Mission Assurance)の位置づけ

¹ 米国では Mission Assurance (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。

² 「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」

³ 「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」

⁴ 「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」

なお、機能保証(Mission Assurance)の強化による効果(能力回復と時間経過との関係)は図3のとおり。

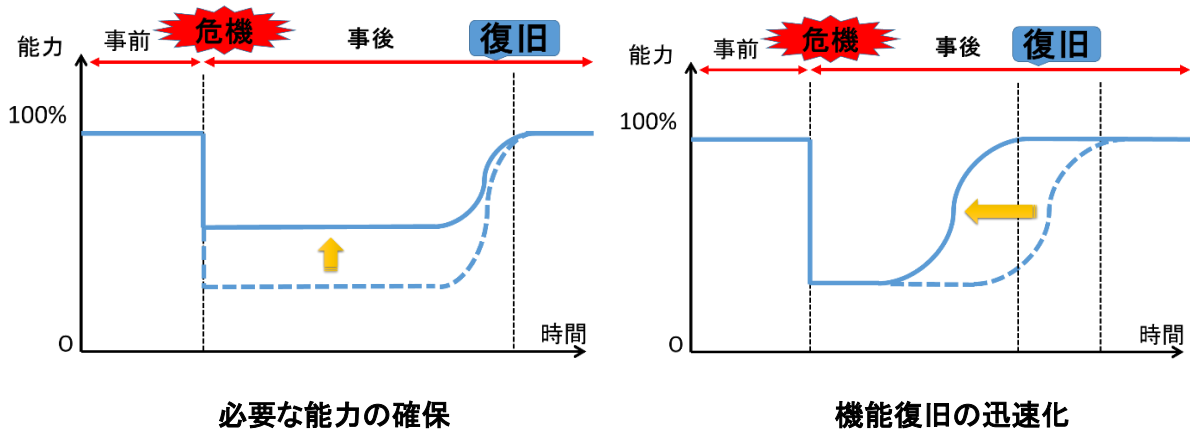


図3. 機能保証の強化による効果(能力回復と時間経過との関係)

④ 機能保証(Mission Assurance)と信頼性の関係

「機能保証(Mission Assurance)」に対して、システムの老朽化や故障などの内的要因による障害の発生リスクに対し、システムが安定して期待される役割を果たすことのできる能力を、「信頼性」とする。内的要因による障害も、宇宙システムの安定的利用に大きな影響を及ぼし得るが、それらは、その発生の可能性をある程度予見して管理することが可能であり、予見・管理できない外的要因による脅威・リスクとは異なる。信頼性は宇宙システムの安定的利用にとっての重要な要素であること、また、信頼性向上の対策(手段の冗長化等)の一部は、機能保証(Mission Assurance)の強化策と重なることから、機能保証(Mission Assurance)の強化策の検討では、信頼性向上の対策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、内的要因に起因するとみられる障害も、内的要因を装った外的要因に起因するものであり得る点には留意が必要である。

2. 目標及び達成手段

上記の現状認識及び宇宙基本計画に基づき、宇宙システム全体の機能保証を強化することを目標とし、目標達成の手段として、次の3点の取組を重視する。この際、安全保障目的等で利用される宇宙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宇宙システムを優先的に強化していく必要がある。

また、我が国の国民生活や安全保障の重要な宇宙システムの中には、民間が主たる担い手となっているものが存在する。本文書における機能保証の強化の考え方は民間の事業者による機能保証強化の取組にも活用できるため、これらを担う民間事業者に対しても、政府の取組に関する情報提供等や自主的な機能保証の強化を促進する。

(1) 宇宙システム自体の抗たん性強化(システム構築時)

各種の防護対策により、個別の機能・装置の抗たん性を強化するとともに、脅威・リスクが生じた際、万が一機能が損なわれた場合にも、他の機能・装置によって代替することにより、一定の機能が保たれるよう、あらかじめ装置の分散や手段の冗長化等を行う。

(2) 脅威・リスクの回避(防衛行動)能力の強化(事案発生前)

SSA 等により、脅威・リスクを探知する機能を強化するとともに、宇宙システムの運用者等に適時適切に警報を発出する機能を整備する。また、宇宙システムの運用者等は、脅威・リスクを回避するためのオペレーション能力を強化する。

(3) 脅威・リスクによるダメージからの機能回復(再構築)能力強化(事案発生後)

(2)にも拘わらず宇宙システムに障害が生じた場合、宇宙システムの機能を維持するため、あらかじめ構築していた手段を活用し、システムの回復や、システム自体の代替を図る。

3. 機能保証の強化の方向性

機能保証の強化に関しては、上記手段を用いて、以下(1)の基本的考え方に基づき、(2)の取組を検討していく必要がある。

(1) 基本的考え方(5原則)

宇宙システム全体の機能保証の強化にあたっては以下の基本的考え方(5原則)を基に、各宇宙システムに適した対策を検討する。

① 宇宙システム要求の考慮／抗たん性、経費、能力を考慮した対策（効果的強化）

宇宙システムの設計にあたっては、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要素を十分考慮する。また、想定する脅威・リスクが生じた場合、最低限求められる性能、許容可能な機能低下の度合いや許容可能な時間等を十分に検討する。

② 将来の脅威・リスクを考慮した機能保証の維持・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。このため、宇宙システム設計時においても、将来の脅威・リスクを予見した上で、その変化に柔軟に対応できるよう、機能保証を維持・強化する。

③ 対策の組合せによる効果的・効率的な機能保証の強化（複合的措置）

機能保証の強化策としては、それぞれの宇宙システム毎に単一の措置だけではなく、複合的措置を行うよう努める。

④ 緊急時における分野横断的協力（分野横断的協力）

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、必要に応じ民間システムを含む他のシステムを利活用し、その機能回復を図る等、緊急時における分野横断的な協力を行う。

⑤ 国際協力による効果的・効率的な機能保証強化の実現(国際協力)

機能保証の強化策として、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、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求しつつ、国際的な協力の中で効果的・効率的な機能保証を強化させていく。

(2) 対策

① 脆弱性評価

機能保証の強化策を検討するにあたっては、自らの宇宙システムに対して、脆弱性評価を行う必要がある。脆弱性評価の前提として、それぞれの宇宙システムに影響を与え得る、脅威・リスク⁵を特定するとともに、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、当該システムの脆弱性を評価する。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、まずは、脆弱性

⁵ 脅威・リスクが与える深刻度は、それによって発生する機能喪失の影響度とその蓋然性の相乗であり、例えば、機能喪失の影響度が高い脅威・リスクであっても、蓋然性が極めて低ければ、抗たん性強化の必要性は低い。

評価手法の確立に取り組む。各省の脆弱性評価手法とその結果の取扱いについては、今後検討していく。

② 機能保証の強化策の実施

上記の基本的考え方及び脆弱性評価の結果に基づき、下表に示す当該宇宙システムの特性に合わせた機能保証の強化を、宇宙システム以外のシステムの活用も含めて行う。

	分類	手段	対策の概要	
宇宙システム自体の抗たん性強化	単体での対処	防護	脅威・リスクが生じた際に、機能が損なわれることを回避するための個別の機能・装置の防護対策。シールド等の物理的防護装置、スラスタの増強等による軌道経路を一時的に変更できる機能の設定や、操作信号の暗号化等の情報管理等、機能が損なわれることを回避するための対策を行う。	
	装置の分散	複数化	分散	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できるよう、同等の機能を有する装置を分散配置する。
		異種化	分担	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ため、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。
	手段の冗長	複数化	多重化	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ため、予め、同一の機能を有する複数のシステムを用意する。
		異種化	多様化	脅威・リスクが生じた際、他の手段によってバックアップするとともに、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ため、予め、同一の機能を有する異なる手段を用意する。
脅威・リスクの回避能力	警報		脅威・リスクを回避するための対応を可能とするため、SSA 等でスペース・デブリ等の接近情報や人為的行為の予兆等脅威・リスクに関する情報を収集・集約し、関係者に提供する機能を構築・強化する。	
	回避		脅威・リスク(衝突の可能性のあるスペース・デブリの接近等の非人為的事象及び人為的な行為の双方を含む)の予兆に関する警報を受け、軌道位置の変更や、防御措置等を行い、脅威・リスクを回避する能力を構築する。	
機能回復(再構築)	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能力を構築・強化する。	
	代替		他のシステムや他の機能を活用することで、脅威・リスクによって損なわれた機能を維持する能力を構築・強化する。	

4. 今後の主な取組

宇宙システムを所管する各府省は前項の「機能保証の強化の方向性」を踏まえ、必要な機能保証の強化策について検討・着手する。

内閣府は内閣官房国家安全保障局と緊密に連携し、これらの対策の着実な実施を図るため、関係各省が連携を深めるための枠組を構築するとともに、宇宙システムの脆弱性評価手法の検討を行うこと等によって、関係各省における機能保証の強化の推進を図る。

また、自ら運用する宇宙システムの機能保証強化策の検討に際しては、官民連携及び他国との国際協力を積極的に取り入れる。

(1) 機能保証の強化策検討に向けた取組

① 関係各府省間の情報共有

関係各府省は、脅威・リスク(宇宙ゴミ(スペース・デブリ)、宇宙天気、敵対行為等)に関する必要な情報を共有するとともに、緊急時等における関係各府省間の協力を進める。

② 脆弱性評価の実施

宇宙システムを所管する各府省において、効果的な機能保証強化策を検討するにあたって前項に示す脆弱性評価を行う。

内閣府は、これらの脆弱性評価に資するため、宇宙システムの脆弱性評価手法(点検リスト)を今後取り纏め、関係各省に示す。

(2) 機能保証の強化策の検討・実施

① 宇宙システム自体の抗たん性強化

前項に示す考え方及び対策等を踏まえ、個々の宇宙システムを所管する関係各府省においては、各システムの実情に照らし、装置の防護対策、システムの冗長化、国際協力の推進など、宇宙システム自体の抗たん性強化策を具体的に検討し、関係府省と協力しつつ、有効な対策を講じる。

また、今後新たに宇宙システムを整備するにあたって、本文書を踏まえて抗たん性強化策の検討を行い、必要な対策を講じる。

② 脅威・リスクの回避能力強化(宇宙状況把握(SSA)能力の向上)

脅威・リスクの回避能力強化を図るため、宇宙状況把握(SSA)に関する宇宙基本計画工程表に従い、防衛省及び関係政府機関等は、運用体制の構築及び米国等との連携強化を図る。

③ 機能回復能力の向上

i 対処計画の策定

宇宙システムを所管する各府省においては、脅威・リスクが顕在化し、宇宙システムに障害が発生した際に、迅速に機能を回復するために必要な代替手段の活用、被害箇所の復旧等を示す対処計画を予め定める。

ii 机上演習等

内閣府においては、関係各省の協力を得て、計画に従って迅速な対処が確実に実施できるよう、机上演習等の実施要領について検討する。

(3) 宇宙技術・産業基盤強化等

我が国の宇宙システムの自立的な整備・運用を支えていくために、宇宙技術・産業基盤の強化の推進が重要である。このため、民間技術の積極的な発掘・育成、迅速な機能回復を図る即応小型衛星等をはじめとした新たな宇宙技術の開発・活用、宇宙システムのコンポーネント・部品等の安定的な確保、政府による需要の確保や外需の取り込みの推進等を行っていく。