軌道上サービスの規範とルール

宇宙活動法申請ガイドラインの概要

2021年12月14日

慶應義塾大学宇宙法研究センター　研究員
東京大学未来ビジョン研究センター　客員研究員
東京大学公共政策大学院　非常勤講師
宇宙航空研究開発機構総務部法務・コンプライアンス課　参事

菊地　耕一

※発表内容は個人の見解であり所属組織を代表するものではありません。
また本ガイドラインの解釈及びこれに基づく審査は内閣府が行います。

本日お話しする内容

1．はじめに
2．ガイドラインの検討
3．ガイドラインの概要
4．今後の取り組み

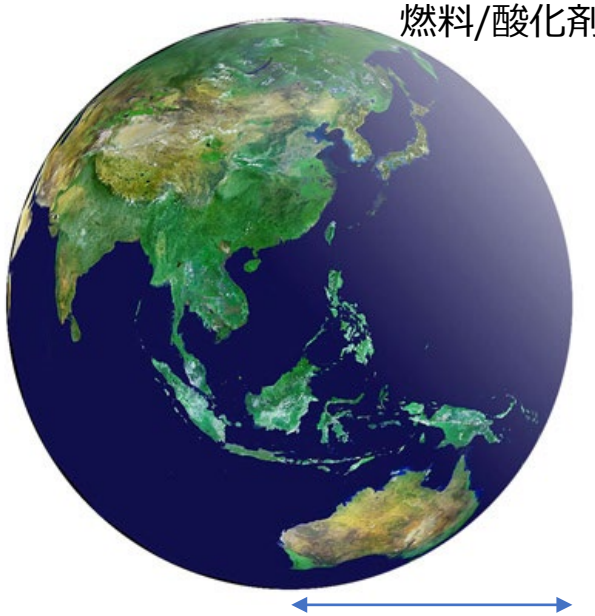
１．はじめに

宇宙空間と宇宙物体

■　宇宙空間の定義

- 国際宇宙法における定義はない
- 一般的には地上から高度100km以上の空間（米国では80km＝50mileという考え方も）
  - 高度100km＝無重力ではない、空気は希薄（摩擦は少ない）
  - 無重力？　→　地球周回軌道は落下し続けることで無重量（微小重力）状態を創出、弾道飛行では短時間

第1宇宙速度（地表面）：約8km/sec～静止軌道（高度36,000km）：約3km/sec
高度：　100km以上
燃料/酸化剤（例）：水素/酸素



地球半径：約6,400km

JAXA×東京大学×機動戦士ガンダム

地球周回軌道の宇宙物体

遠心力: $F=mv^2/r$

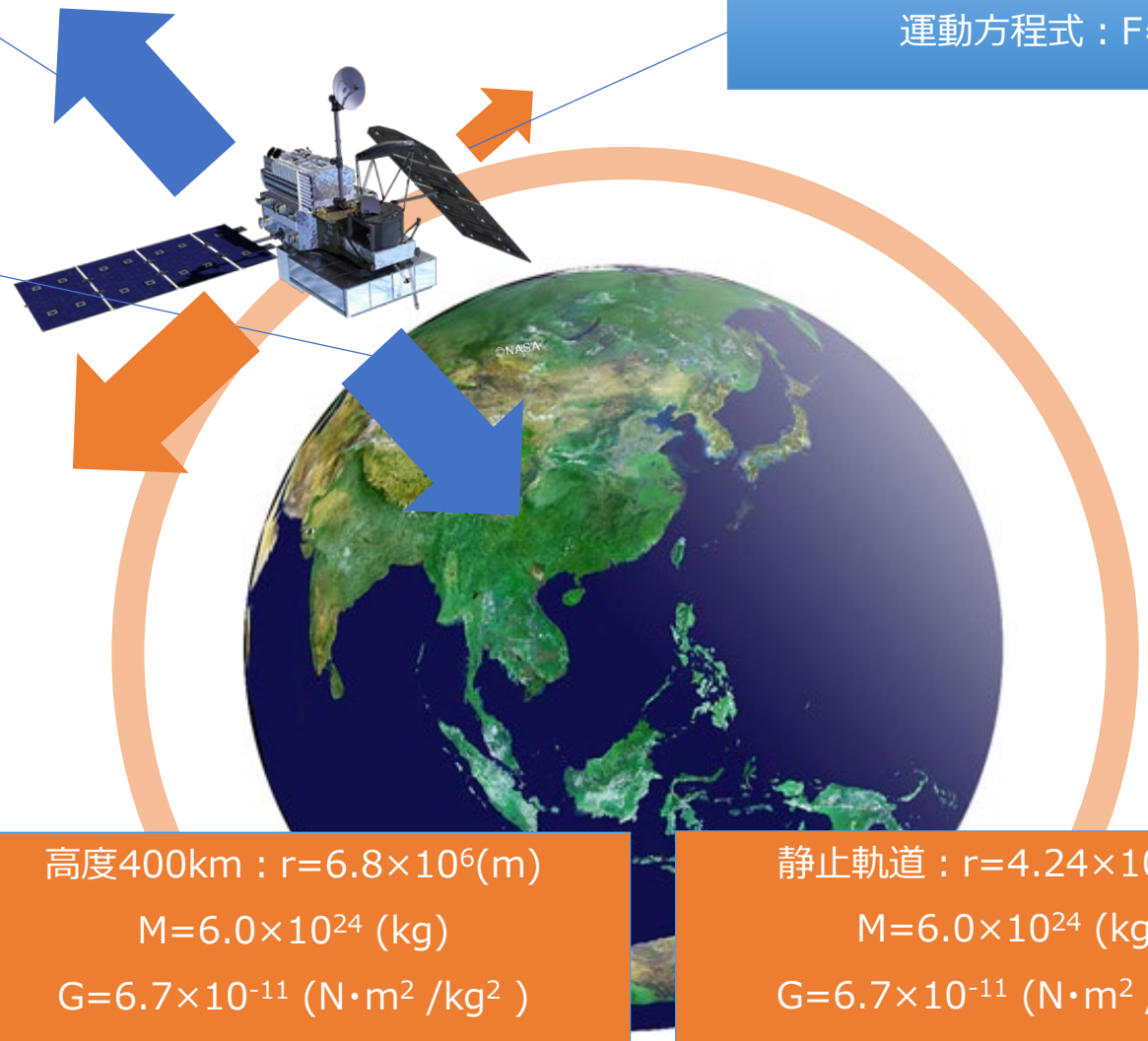
=

引力: $F=GMm/r^2$

$mv^2/r=GMm/r^2$

$v=(GM/r)^{1/2}$

運動方程式：$F=ma$



地表面：$r=6.4\times10^6$(m)
$M=6.0\times10^{24}$ (kg)
$G=6.7\times10^{-11}$ ($N\cdot m^2/kg^2$)
(1N=1kg·m/s²)
$v=(GM/r)^{1/2}=7.9$km/s

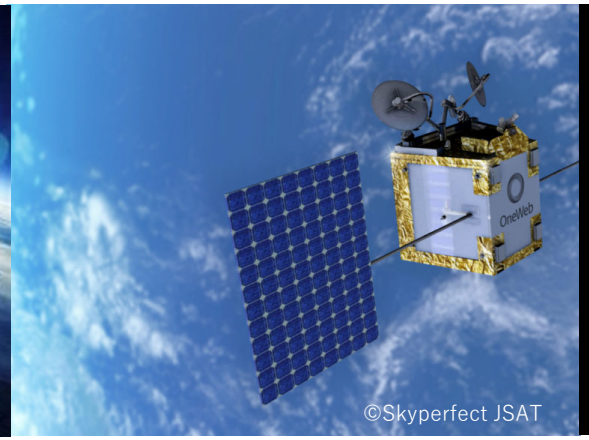
高度400km：$r=6.8\times10^6$(m)
$M=6.0\times10^{24}$ (kg)
$G=6.7\times10^{-11}$ ($N\cdot m^2/kg^2$)
(1N=1kg·m/s²)
$v=(GM/r)^{1/2}=7.7$km/s

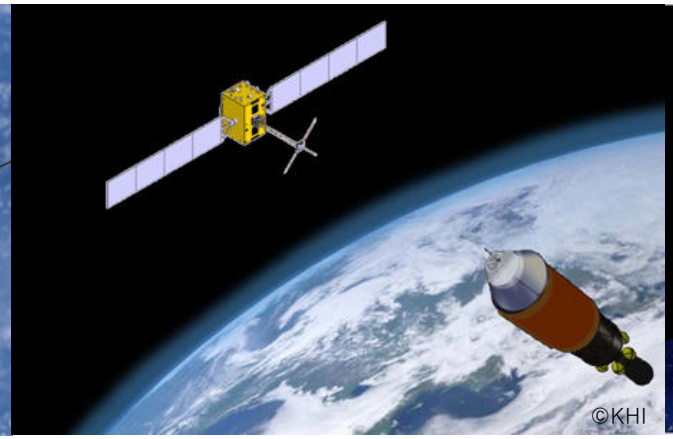
静止軌道：$r=4.24\times10^7$(m)
$M=6.0\times10^{24}$ (kg)
$G=6.7\times10^{-11}$ ($N\cdot m^2/kg^2$)
(1N=1kg·m/s²)
$v=(GM/r)^{1/2}=3.1$km/s

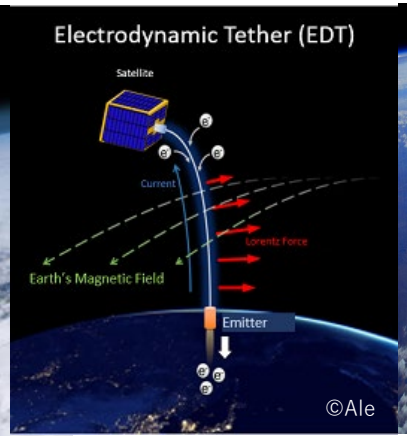
宇宙活動の長期持続可能性

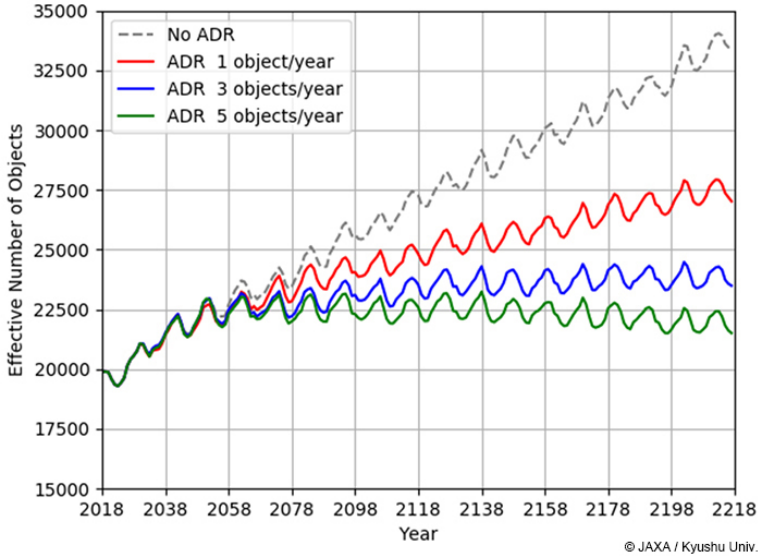
■　宇宙デブリ問題への対応

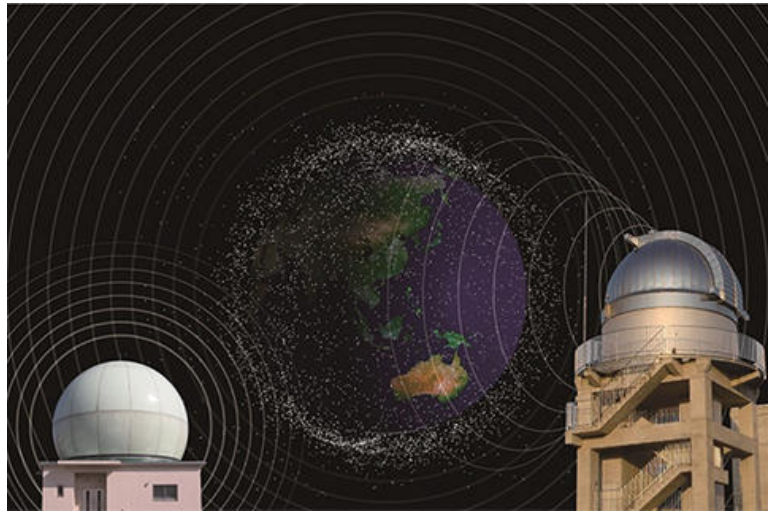
- デブリを出さない、大きなデブリは避ける、小さなデブリは防御する。
- デブリを落とす、廃棄軌道に移す技術（ADR、PMD）を開発中。







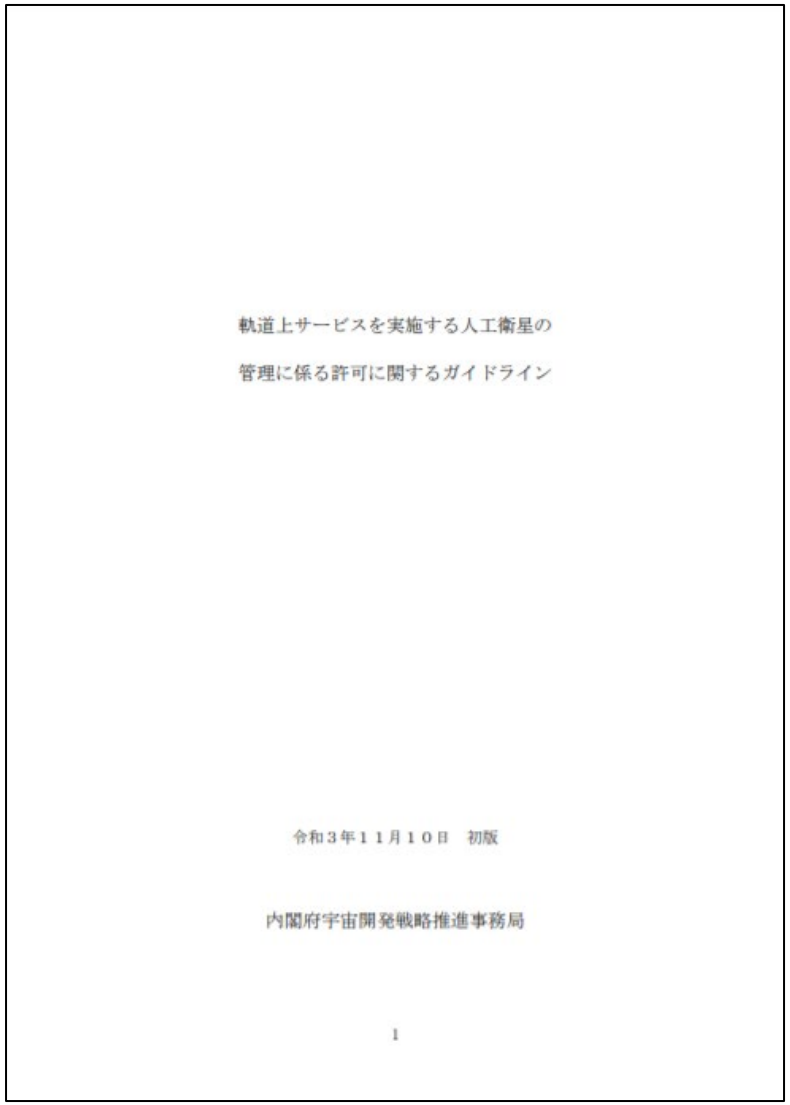




２．ガイドラインの検討

経緯

- 2019年3月　関係府省等から成る「スペースデブリに関する関係府省等タスクフォース」を設置。
- 2020年11月　タスクフォースの第4回会合で、軌道上サービスのルール検討を行うことを決定。
- 2021年5月　第5回タスクフォース会合において、報告書「軌道上サービスに共通に適用する我が国としてのルールについて」の別冊として、「軌道上サービスを実施する人工衛星の管理に共有に適用するルール」を報告・公表。
- 2021年11月　「軌道上サービスを実施する人工衛星の管理に係る許可に関するガイドラインを制定・公表。



軌道上サービスを実施する人工衛星の

管理に係る許可に関するガイドライン

令和３年１１月１０日　初版

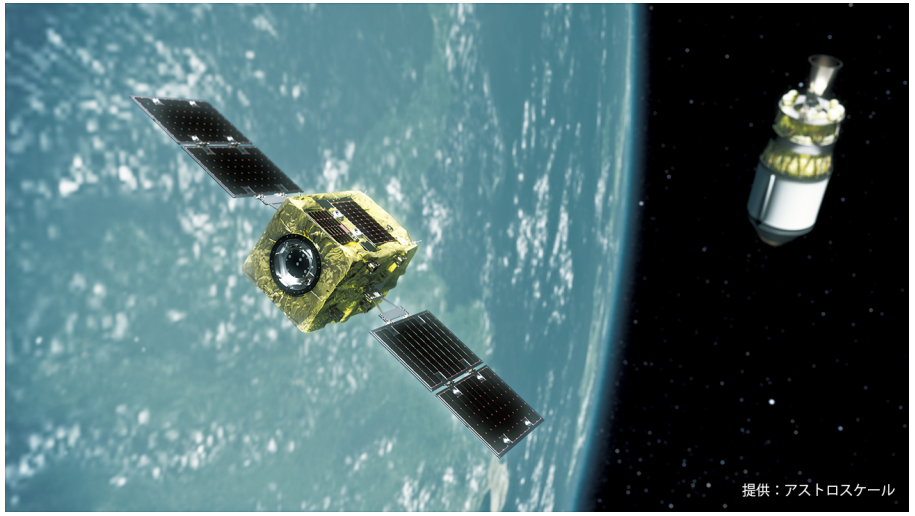
内閣府宇宙開発戦略推進事務局

1

背景

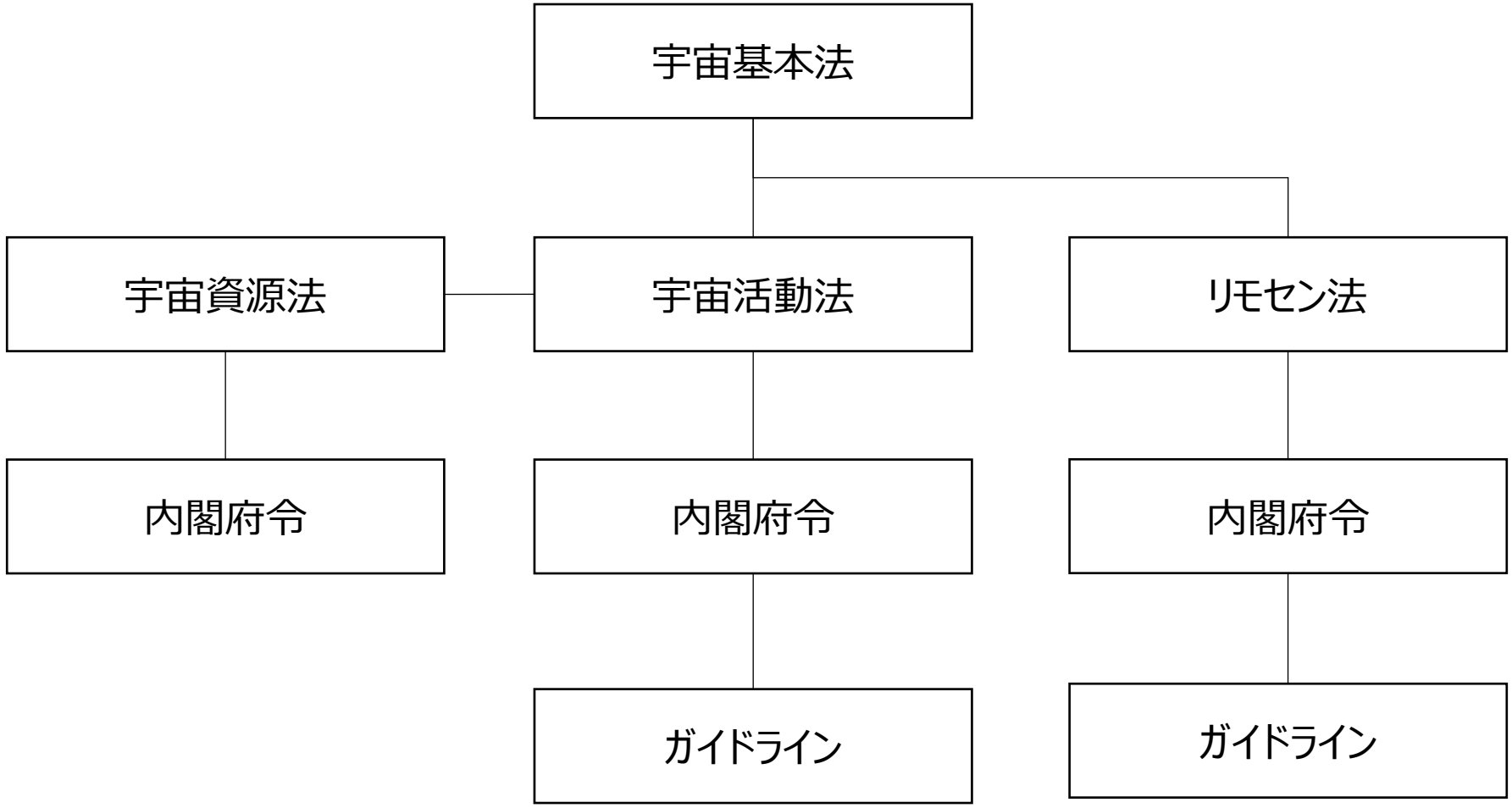
- 2022年度　JAXAの商業デブリ除去実証（CRD2）プロジェクトのフェーズ1として、アストロスケール社が軌道上サービス（他の宇宙物体へのランデブ・近傍運用）を行う予定。

- 宇宙活動法に基づき同社が衛星管理の許可申請を行うまでに審査基準の設定が必要。



CRD2　フェーズ1のイメージ
（出典：アストロスケール社）

日本の国内宇宙法



国際的な法的枠組み

- 軌道上サービスに特化した国際的なルールはないが、既存のルールに従って、軌道上サービスを実施するには、国と事業者はどのような点に留意すべきかを整理。

- ケース1：サービス衛星側の事業者が日本の宇宙活動法に基づき衛星管理のライセンスを付与され、当該衛星の登録国が日本である場合で、クライアント物体側の事業者の所属国及び当該物体の登録国も日本の場合。
- ケース2：サービス衛星側の事業者が日本の宇宙活動法に基づき衛星管理のライセンスを付与され、当該衛星の登録国が日本である場合で、クライアント物体側の事業者の所属国及び当該物体の登録国は外国の場合。

国際宇宙法（署名開放年）	発効	批准	署名
・ 宇宙法原則宣言	1963		
・ 宇宙条約（1967） ・ 救助返還協定（1968） ・ 宇宙損害責任条約（1972） ・ 宇宙物体登録条約（1975） ・ 月協定（1979）	1967 1968 1972 1976 1984	111ヵ国 98ヵ国+3機関 96ヵ国+4機関 70ヵ国+4機関 18ヵ国	23ヵ国 23ヵ国 19ヵ国 3ヵ国 4ヵ国
・ 直接放送衛星原則 ・ リモート・センシング原則 ・ 原子力電源利用原則 ・ スペース・ベネフィット宣言 ・ 「打上げ国」概念の適用 ・ 宇宙物体登録勧告 ・ 国連スペースデブリ低減ガイドライン ・ 国内法制推奨事項 ・ 長期持続性ガイドライン	1982 1986 1992 1996 2004 2007 2007 2013 2019		
・ 国際機関設立条約（ITU、ESA等） ・ 個別計画関連条約（ISS等） ・ （軍備管理・軍縮関連条約（PTBT等））			

宇宙活動に関する国際的な法的枠組み

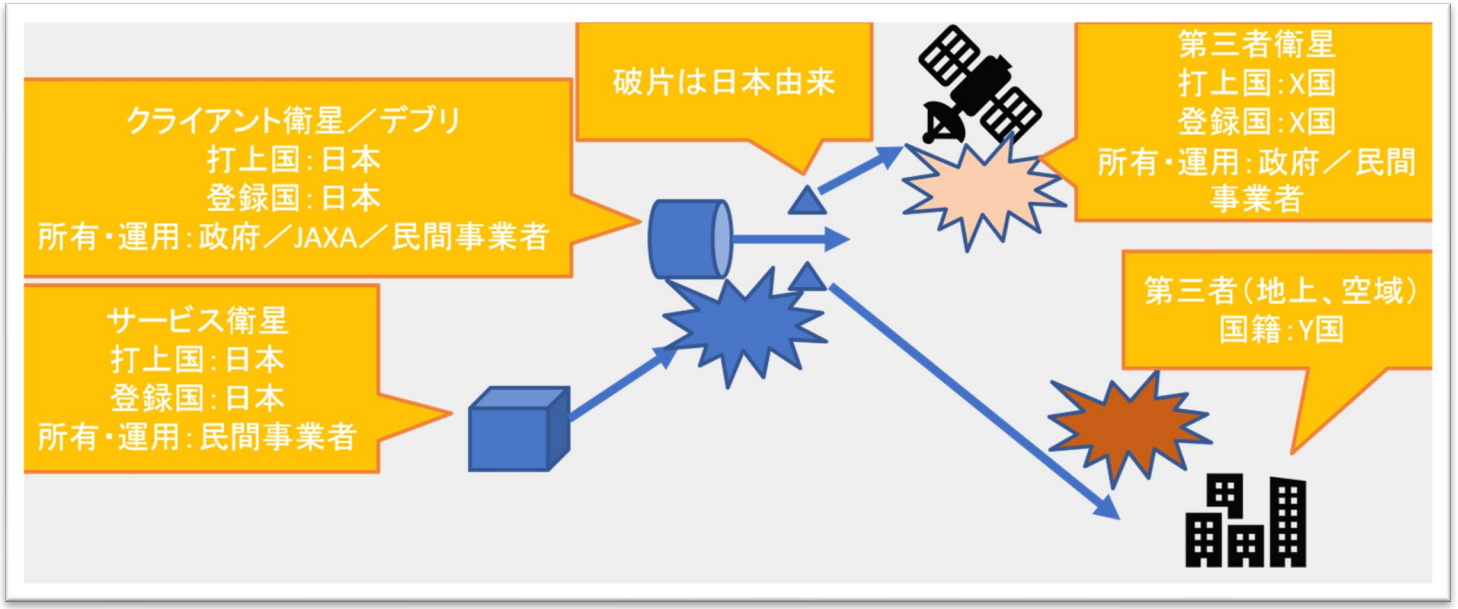
ケース１

- 国際法上の整理

  宇宙損害責任条約に基づき、日本は地上の損害に無過失責任／軌道上の損害に過失責任を負う。

- 国内法上の整理

  宇宙活動法に基づき、事業者は地上の損害に無過失責任／軌道上の損害に過失責任を負うが、責任集中はない。



ケース1

ケース２

- 国際法上の整理

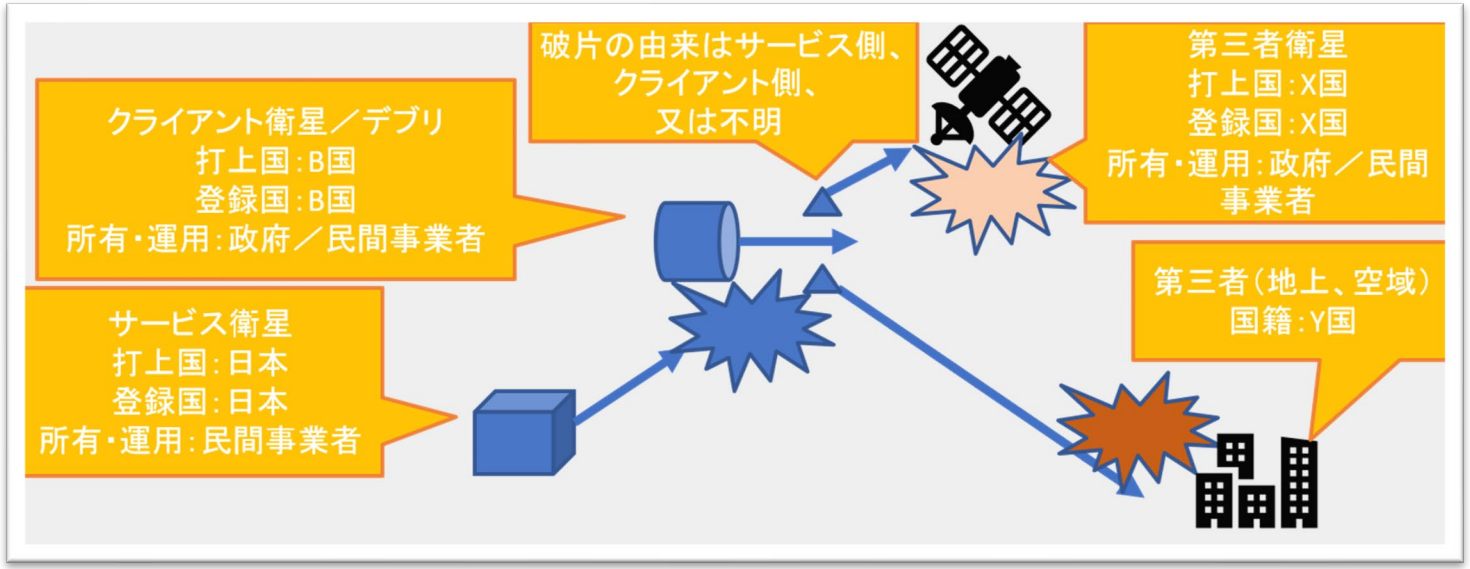
　宇宙損害責任条約に基づき、日本とB国は連帯で地上の損害に無過失責任／軌道上の損害に過失責任を負う。

　同条約に基づき、日本とB国の過失の程度が確定できない場合は均等に責任を分担する。ただし、第三国は日本とB国のいずれかに全額請求することも可能。

※　日本とB国の過失の認定の予測は困難（判例等はない）

- 国内法上の整理

　宇宙活動法に基づき、事業者は地上の損害に無過失責任／軌道上の損害に過失責任を負うが、責任集中はない。



ケース2

検討のポイント

- 技術的リスク

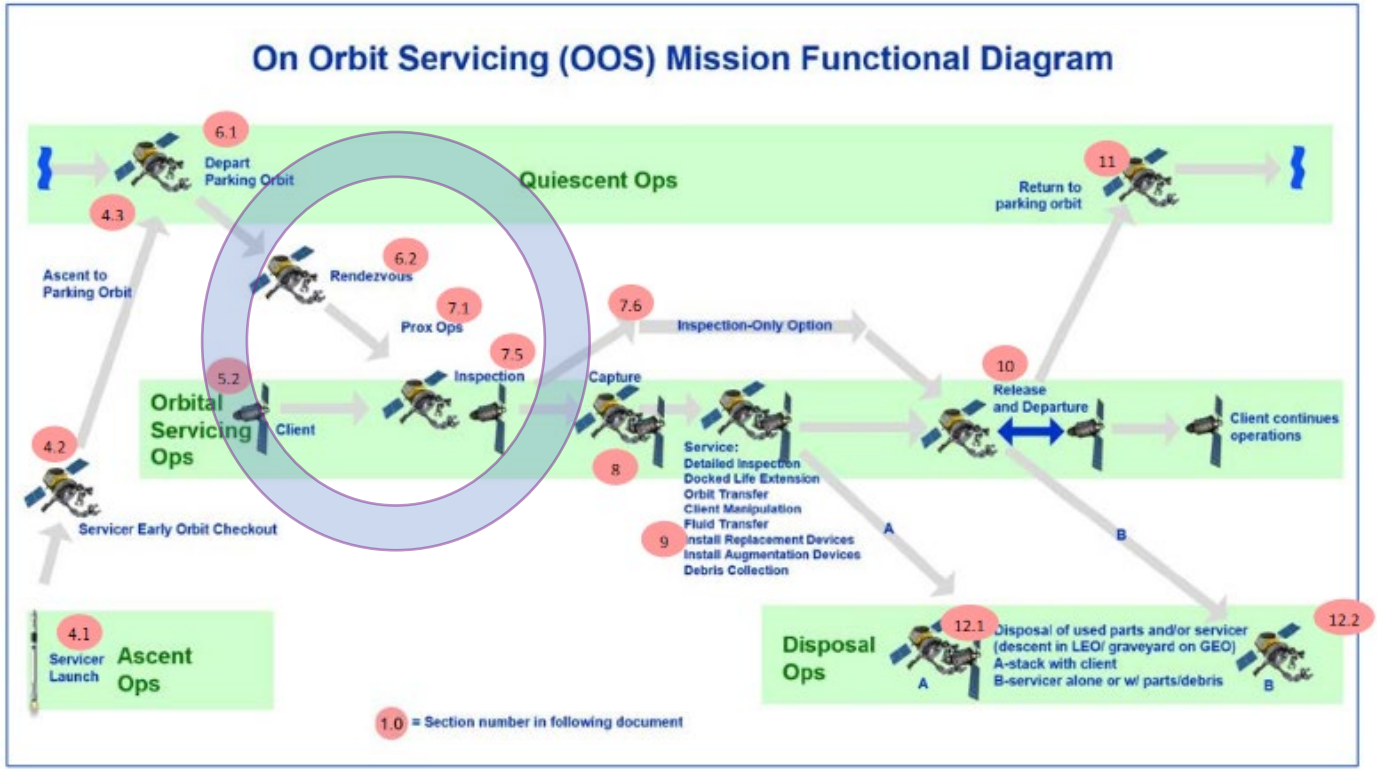
  衝突等の事故のリスク、新たなデブリ発生のリスク。

- 法的リスク

  第三国の損害にサービス側、クライアント側の双方が責任を問われる可能性。

- 国際関係上のリスク

  ミッションの目的や方法に疑念を持たれないようにする必要。



OOSのミッションプロファイル
（出典：CONFERS）

軌道上サービス（OOS）実施の枠組み

- 原則

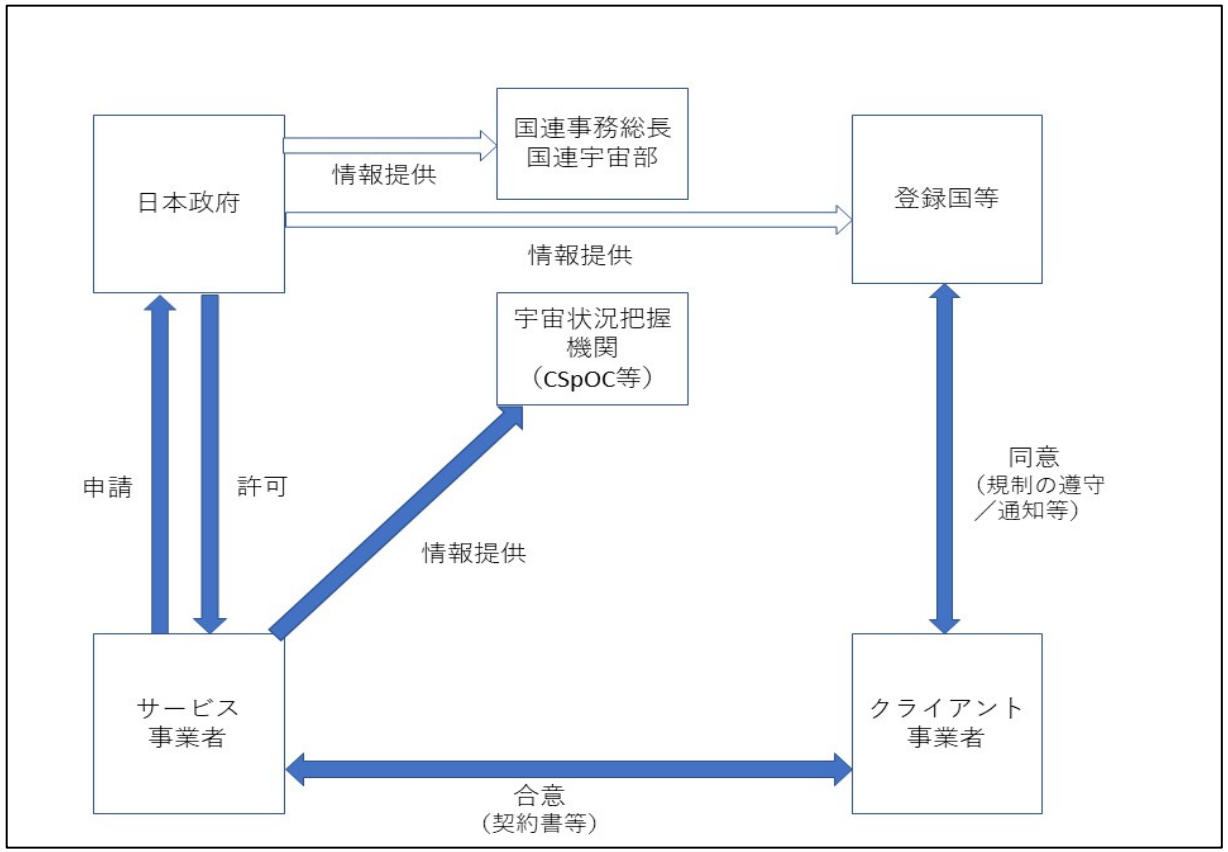
安全性と透明性を確保した、サービス側とクライアントの合意／同意に基づくOOS。

- 技術的要件

対象物体の情報収集・解析、サービス衛星の構造やサブシステム等の評価・解析、対象軌道の状況把握などの要求（パフォーマンスベース）。

- 法的要件

クライアント側の宇宙物体及び事業者に対する権利関係の確認、対象物体の登録情報の確認、運用計画や不具合時の情報開示の手順の確立などの要求。

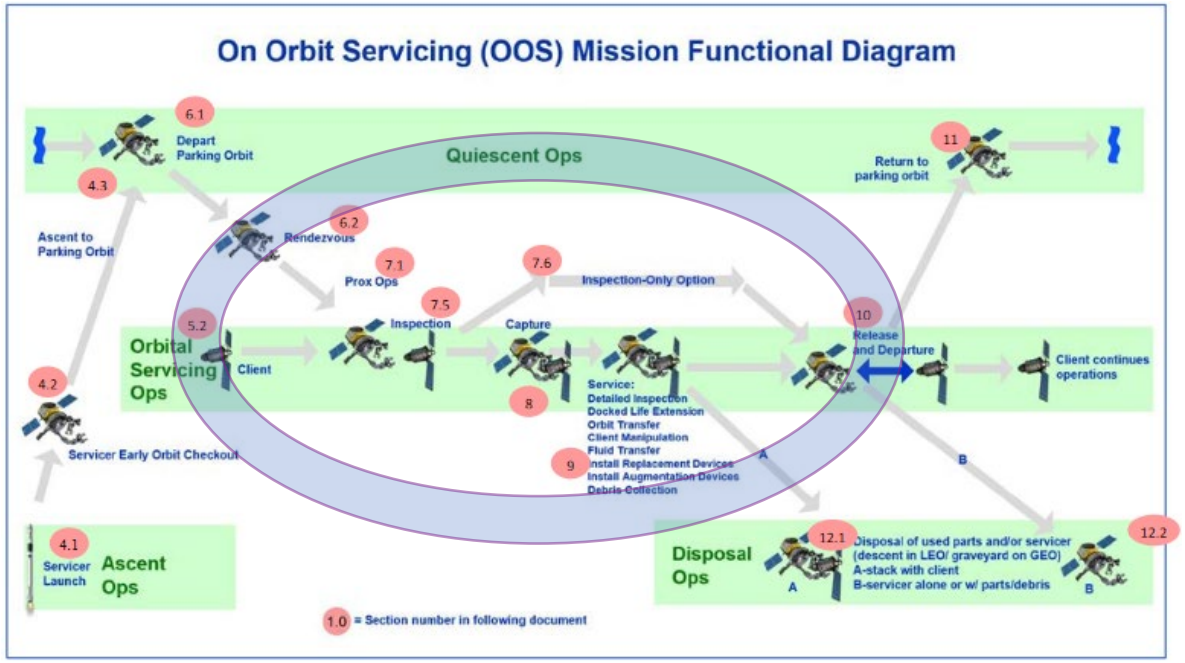


OOS実施の枠組み

３．ガイドラインの概要

適用範囲

① ランデブフェーズ
　相対位置、相対速度等を意図した範囲に制御しながら、対象物体に接近する。
② 近接運用フェーズ
　対象物体に接触しない程度の極めて距離の近い範囲内で運用を行う。対象物体の観察や撮影は本フェーズで行われることが想定される。
③ 最終接近及び捕獲フェーズ
　対象物体に最終接近し捕獲する。
④ サービスフェーズ
　対象物体（人工衛星等）に対して各種のサービス（例えば、軌道保持による寿命延長、推薬補給、ＯＲＵ交換、修理等）を行う。デブリを捕獲してそのままサービス衛星と一体で廃棄する場合には本フェーズで終了する。
⑤ 分離フェーズ
　対象物体から分離、離脱し、単独運用に移行する（複数の対象物体にサービス を行う場合は、次のランデブフェーズに戻る。）。なお、サービスフェーズ（④）で行われる個別のサービス運用については、必要に応じ、解釈運用指針の要求に加えて別に固有の安全対策等が求められることがある。またこれらのサービス運用に係る要求は、近接運用フェーズ（②）において遠隔によりサービスが提供される場合にも適用される。



OOSのミッションプロファイル
（出典：CONFERS）

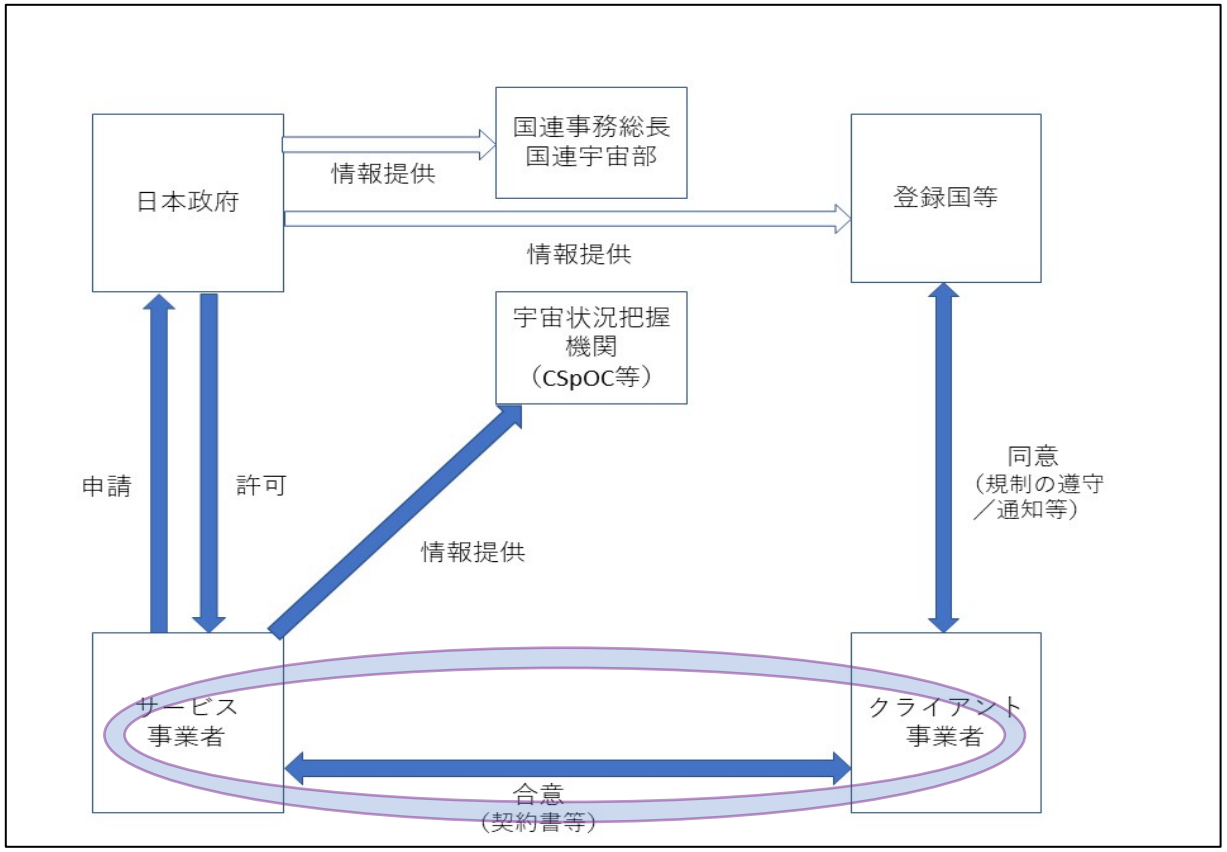
サービス提供を正当業務行為として行うための目的及び方法に関する要求

4.1. 対象物体に係る権利侵害の防止
4.1.1. 委託に係る権原の確認
<u>解釈運用指針</u>
　軌道上サービスについて、対象物体の形態若しくは管理等の現状を変更し、又はこれを処分することに関して権利を有する者から委託又は同意を得ていること。

【提示すべき事項】
(1) 対象物体に係る公的な登録が現に確認できる場合
- 対象物体に係る公的な登録情報（国連登録簿又は国内登録簿に登載されていることの証明）
- 委託者との間の契約書（必要な権原に係る表明保証を含む。なお、対象物体を管理・処分する権限を有する者が自ら軌道上サービスを実施する場合を除く。）
- 対象物体に係る所有者、管理者等に関する情報（法人名、所在地等）等

(2) 対象物体に係る公的な登録が軌道上サービスの実施に十分先立つ時期までに確認できるようになる見込みがある場合
- 潜在的登録国における登録準備状況に係る情報
- 委託者との間の契約書（必要な権原に係る表明保証を含む。なお、対象物体を管理・処分する権限を有する者が自ら軌道上サービスを実施する場合を除く。）
- 対象物体に係る所有者、管理者等に関する情報（法人名、所在地等）等

(3) 対象物体に係る公的な登録が軌道上サービスの実施に十分先立つ時期までに確認できるようになる見込みがない場合
- 委託者との間の契約書（必要な権原に係る表明保証を含む。）
- 潜在的な関係国が異議を申し立てるための機会を国が確保するために必要な情報であって、一般に委託者を通じて把握可能なもの。例えば、対象物体に係る打上げ国並びに所有者及び管理者の国籍国に関する情報



サービス提供を正当業務行為として行うための目的及び方法に関する要求

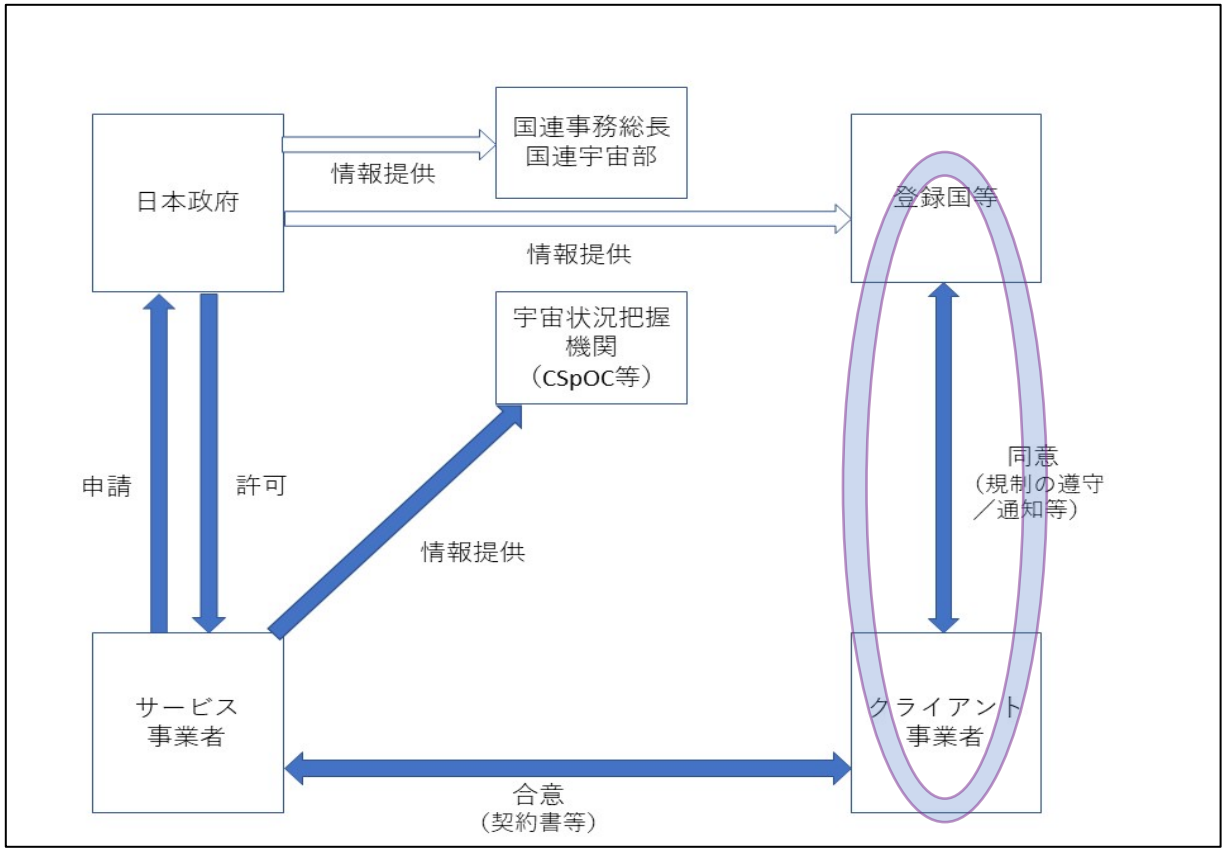
4.1.2. 登録国等の規制の尊重

<u>解釈運用指針</u>

　軌道上サービスの過程において、又はその結果として対象物体に生起させることを予定する状況が、対象物体の登録国又は対象物体の管理を許可した国の規制に抵触するものでないこと。

【提示すべき事項】

- 対象物体に係る登録国等の規制・許可条件（我が国が登録国である場合を除く。）
- 対象物体に係る許可手続関連書類の写し（我が国が登録国である場合を除く。）
- 対象物体に係る手続の処理に関する委託者との間の契約書
- 規制に反さない計画であることについて法令上不明確な点がある場合等には、規制適合性（適用除外扱いを含む。）に係る照会への回答
- 必要な手続の全部又は一部を受託者が担当する場合には、その実施の計画



サービス提供を正当業務行為として行うための目的及び方法に関する要求

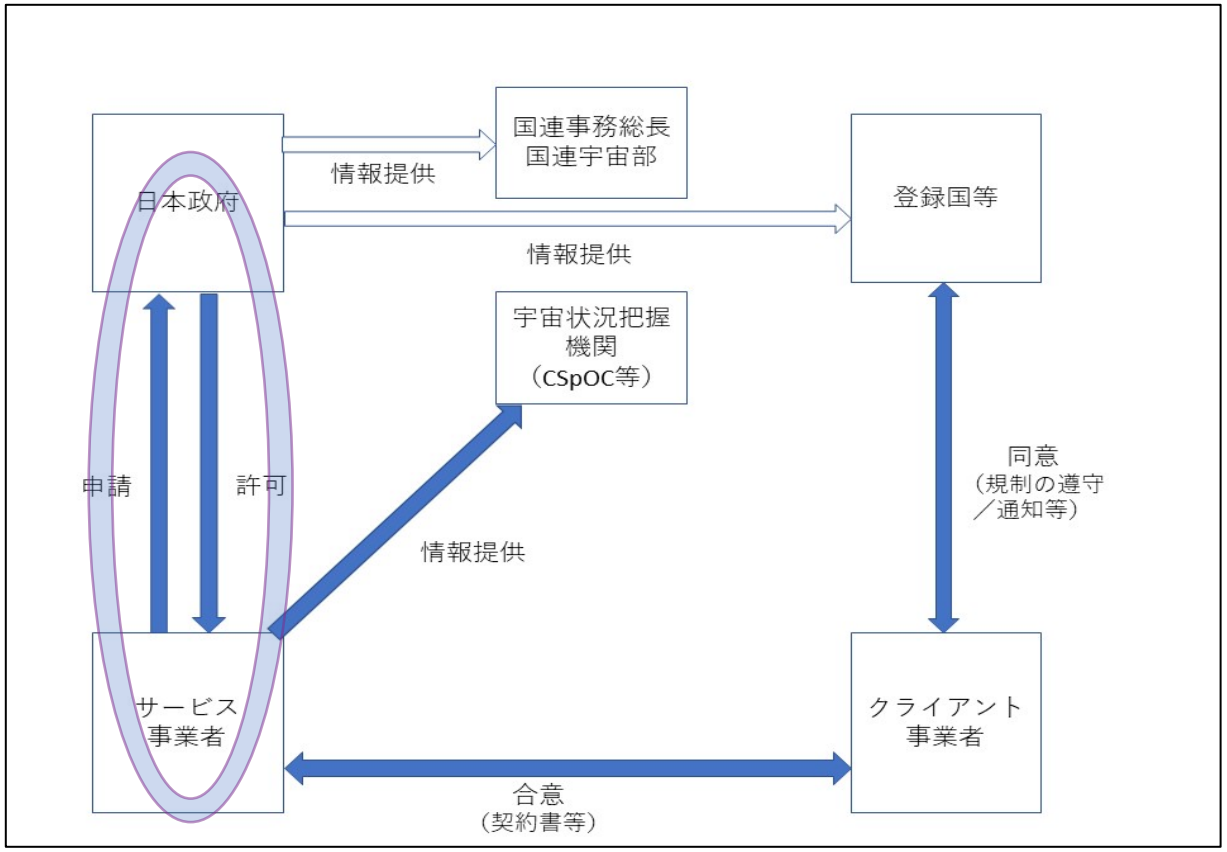
4.2. 対象物体のサービス後における安全確保

<u>解釈運用指針</u>

　軌道上サービスの結果として対象物体に生起させることを予定する状況が、法の趣旨及び水準に反するものでないこと。

【提示すべき事項】

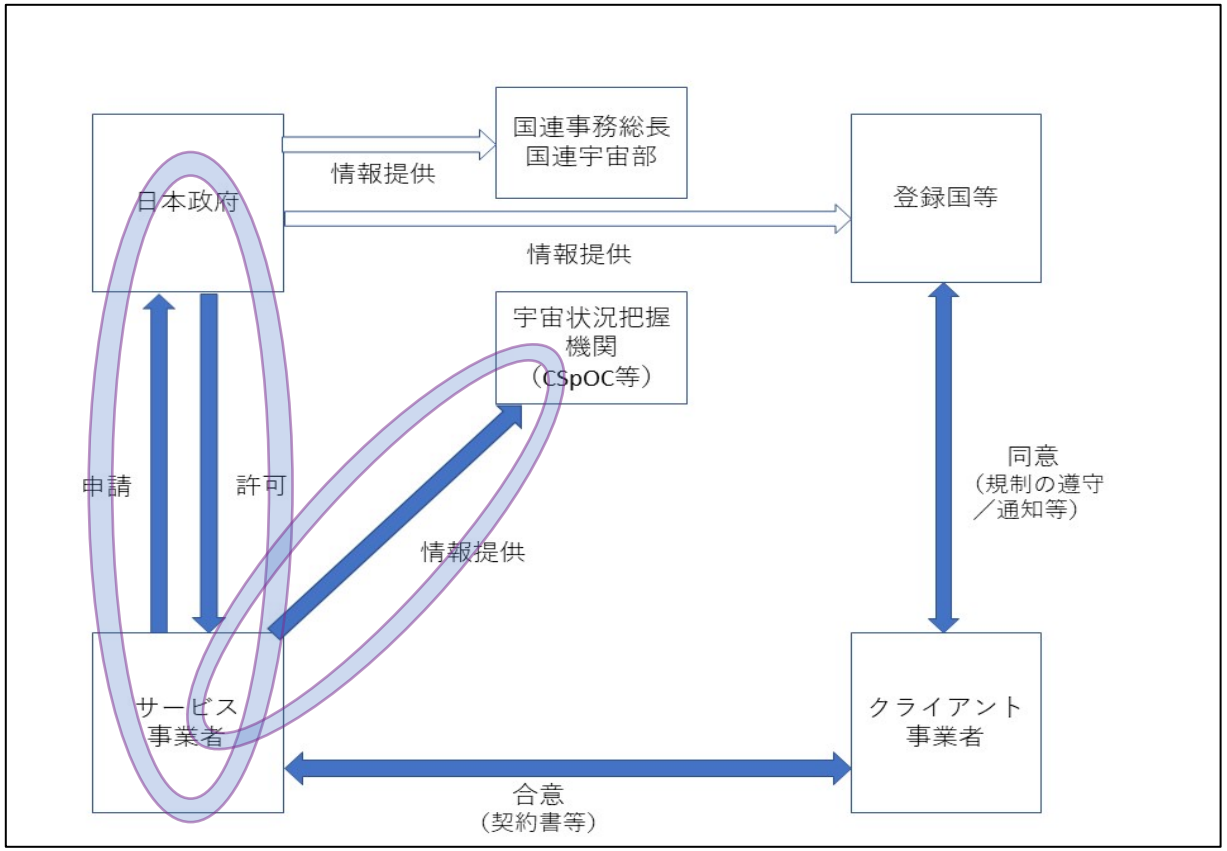
- 運用計画



サービス提供を正当業務行為として行うための目的及び方法に関する要求

4.3. 透明性確保のための情報開示
4.3.1. 運用計画等の通知及び通報等
<u>解釈運用指針</u>
　国及び他の人工衛星等を管理している者（管理を計画している者を含む。）に対し、運用計画の概要その他必要な情報を提供する方法及び措置について定めること。

【提示すべき事項】
- 運用計画
- 前記運用計画に即した関係機関等への情報提供計画



サービス提供を正当業務行為として行うための目的及び方法に関する要求

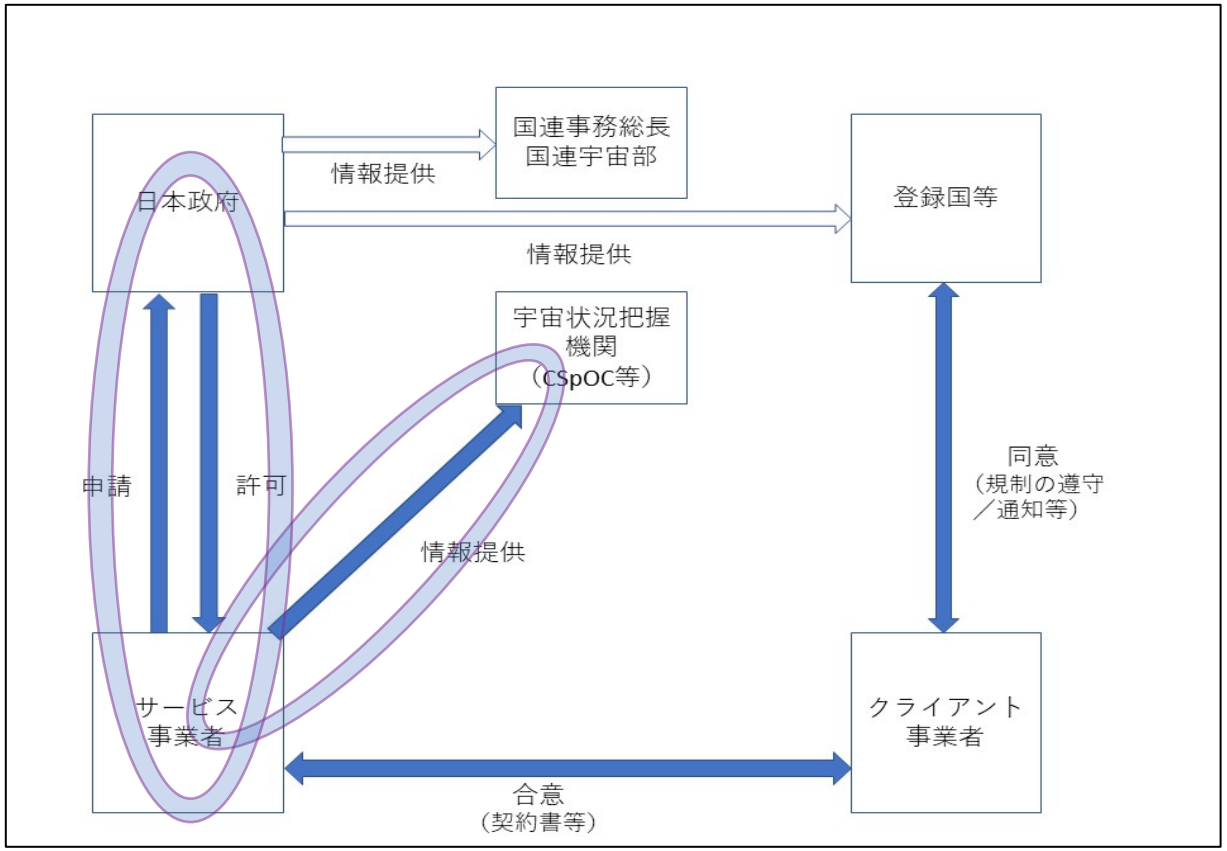
4.3.2. 異常時の情報提供

<u>解釈運用指針</u>

サービス衛星の制御を喪失したときその他必要な場合に、国及び潜在的に影響を及ぼすおそれがある者に対し、サービス衛星の状態に関する情報を適時に到達させる方法及び措置について定めること。

【提示すべき事項】

- 異常・事故の類型に応じた想定連絡先。連絡内容及びフォーマット
- 異常・事故の類型に応じた関係機関等への速報及び一般への情報開示を含む情 報伝達の方法（開示要否・範囲の判断基準等）及び要領



サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

5.1. 対象物体の設計情報等の確認

<u>解釈運用指針</u>

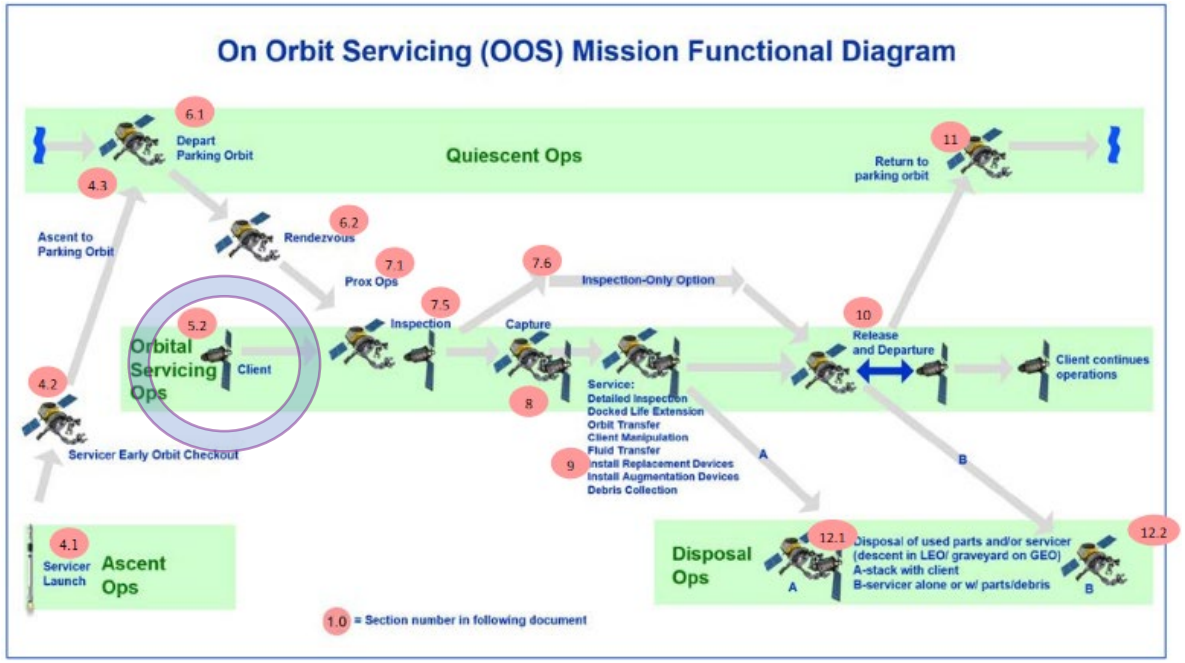
軌道上サービスの安全を確保するために必要な対象物体に係る情報を確認すること。

（例）

- 推進剤、バッテリ等のエネルギー源や、損傷すると安全な運用が損なわれるおそれがある装置等の配置
- 接触又は連結等の可能性がある部位の構造的な強度
- 電波発生源の有無及び発生電波の周波数や強度
- 接近に用いるセンサ等の機能に干渉し、悪影響を及ぼし得る装置等の有無
- 接触した際の熱や静電気などの耐性
- スラスタプルームやガス等の放出源の配置および放出方向

【提示すべき事項】

- 5.2 項から 5.4 項までに掲げる要求事項への適合性を検証するために必要な対象物体の設計情報等



出典：CONFERS

サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

5.2. サービス衛星の構造

解釈運用指針

サービス衛星が、軌道上サービス（付随する運用を含む。）を行うことができる能力を備えた設計であるとともに、当該設計の検証がなされていること。

【提示すべき事項】

(1) 電源系
- 電源リソース解析

(2) 通信系
- 運用計画
- 回線マージン解析

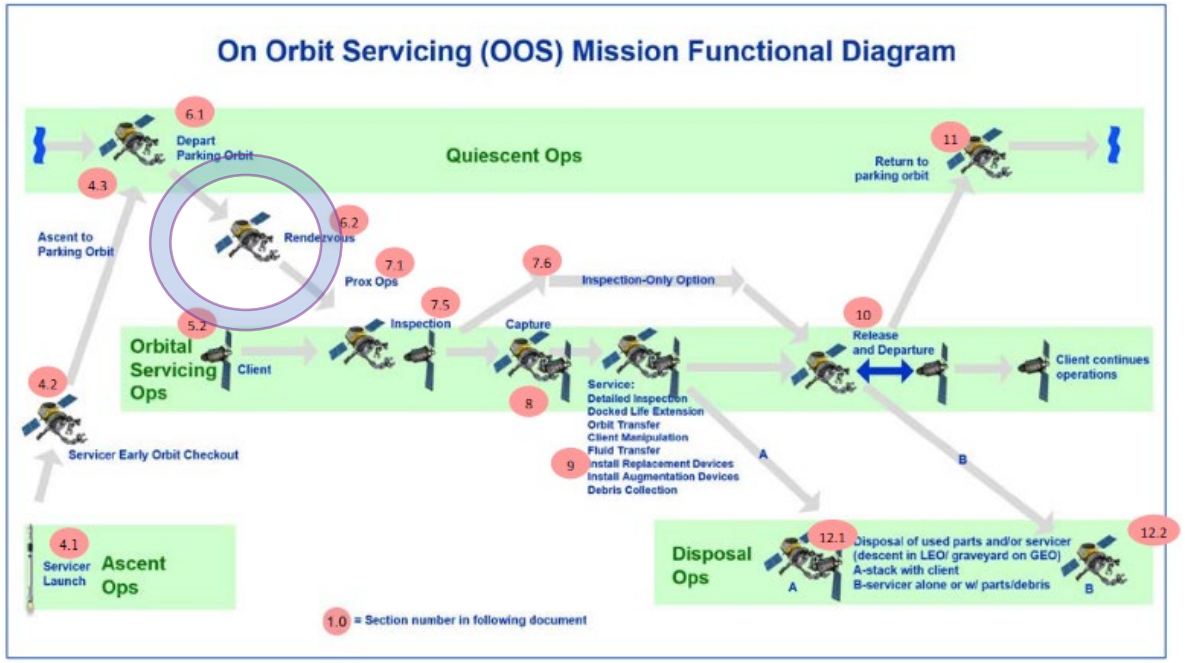
(3) テレメトリ・コマンド系
- テレメトリやコマンド処理に係る方針及び実現性並びに機能及び性能確認結果
- 故障検知から安全化に至る異常対応処理に係る機能及び性能確認結果（所要時間等の評価、アルゴリズム概要が示されることが望ましい。）

(4) 推進系
- 推進系の機能、性能確認結果

(5) 姿勢軌道制御系
- 衝突回避策の考え方、誘導制御に係る機能及び性能確認結果
- センサ誤差等を考慮した誘導制御解析（モンテカルロシミュレーション等）

(6) 熱制御系
- 熱解析

(7) 構体系
- 軌道上荷重に対する強度解析

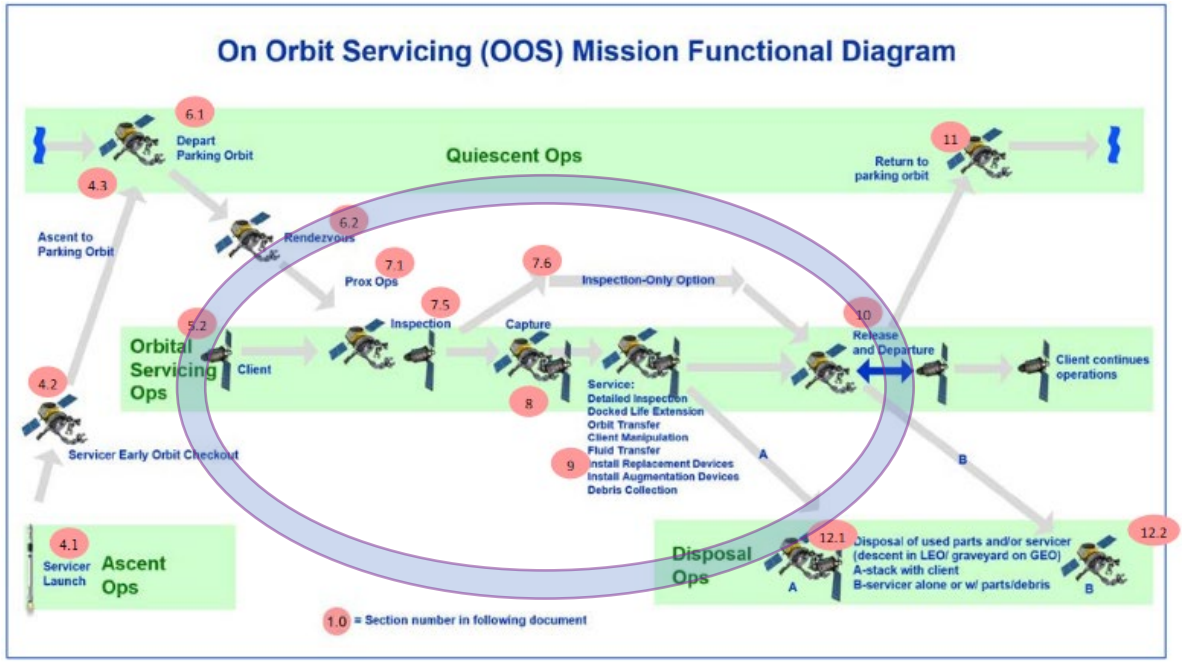


出典：CONFERS

サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

5.3. サービス衛星の管理計画
5.3.1. 対象物体の軌道上における状態の把握
<u>解釈運用指針</u>
　軌道上サービスの安全を確保するために必要な対象物体の現況に係る情報を確認しつつ、段階的に運用計画を実行すること。

【提示すべき事項】
- 運用計画
- フライトルール（安全な運用を維持する上で段階的に確認すべき条件等をまとめたもの）等



出典：CONFERS

サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

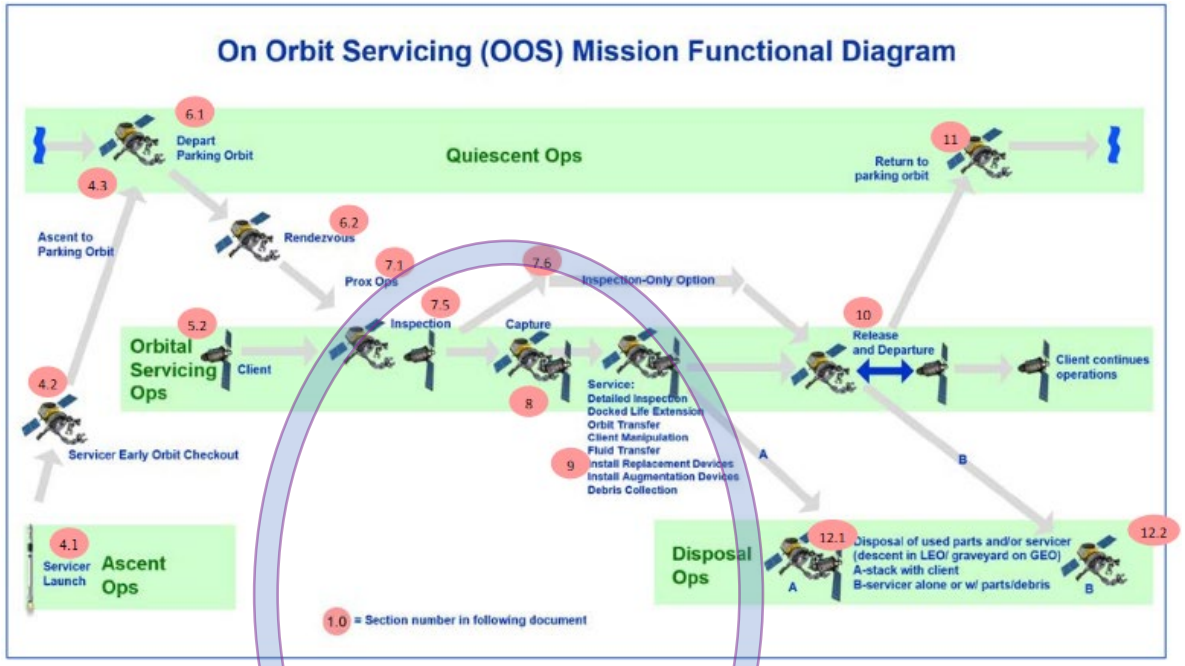
5.3.2. ランデブ等を実行する宙域の状況把握

<u>解釈運用指針</u>

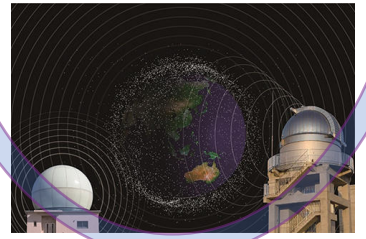
　サービス衛星と対象物体又は他の宇宙物体が衝突するリスク及びサービス衛星から分離した物体又は照射された電磁波エネルギーが対象物体以外の他の宇宙物体と衝突又は干渉するリスクに対応するために必要な宇宙状況監視に関する情報を確認すること。

【提示すべき事項】

- CSpOC のアドバンストサービス又は民間事業者が提供するものを含む他の同等以上の精度の宇宙状況監視サービスの利用に係る合意等



出典：CONFERS



出典：JAXA

サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

5.3.3. 軌道設定の基本的な考え方
解釈運用指針
　対象物体に接近する場合においても、努めて非衝突軌道とすること。

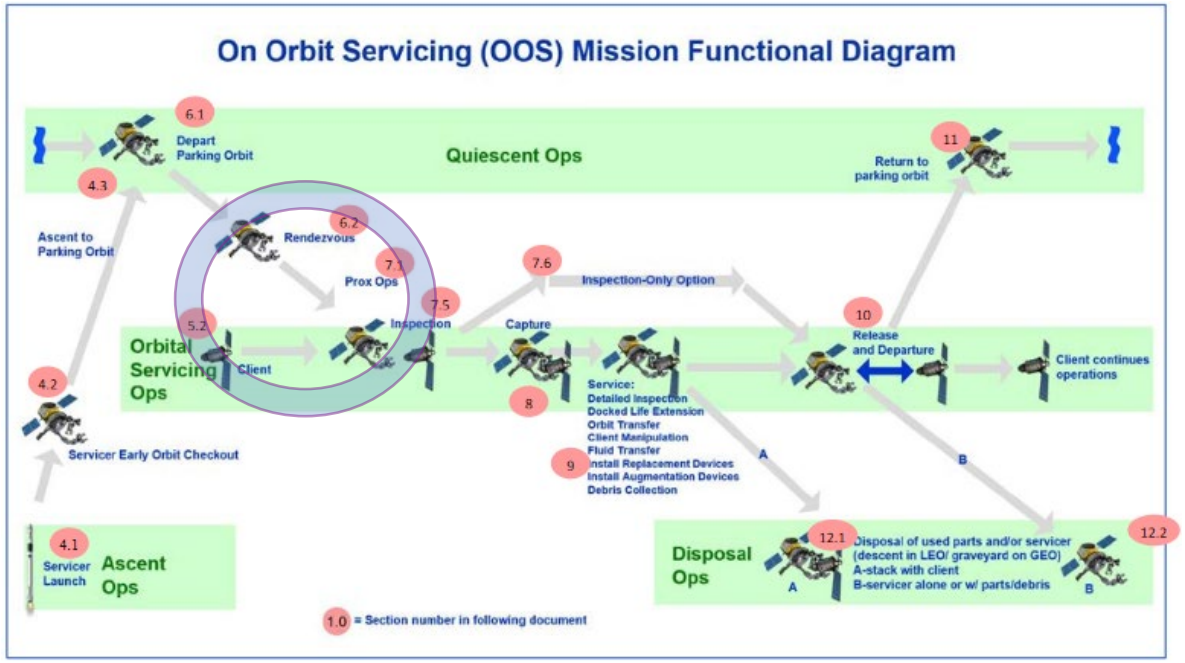
【提示すべき事項】
- 運用計画
- 誘導制御解析（モンテカルロシミュレーション等）

5.3.4. 衝突軌道における条件設定等
解釈運用指針
　最終接近、捕獲等のために衝突軌道により対象物体に接近せざるを得ないときは、必要な衝突回避運用とその発動条件を設定すること。

【提示すべき事項】
- 運用計画
- 誘導制御解析（アボート性能評価）
- 衝突解析（ある一定の条件下において衝突又は接触を許容する場合）

5.3.5. 捕獲・結合時における安定運用の確保
解釈運用指針
　サービス衛星と対象物体が機能的に結合する前後を通じて、サービス衛星及び対象 物体（対象物体については管理中である場合に限る。）を安全かつ継続的に運用で きる状態を維持できること。

【提示すべき事項】
- 捕獲・結合過程に係る故障モード等とその影響評価
- 結合後の運用性評価



出典：CONFERS

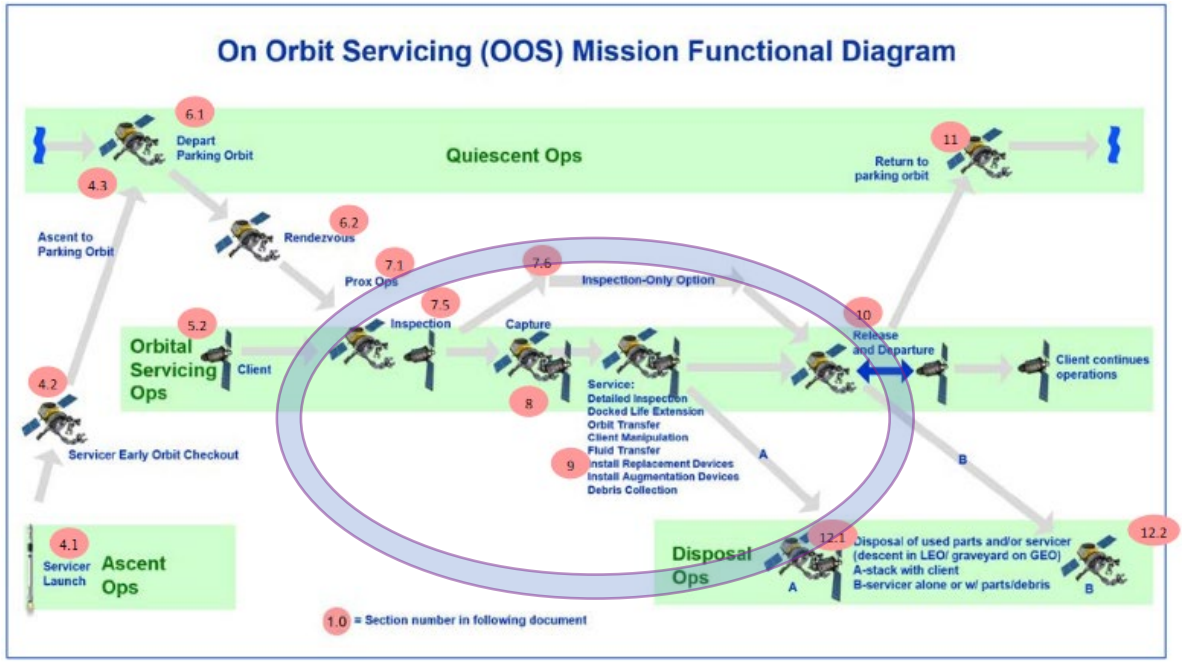
サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

5.3.6. 運用段階移行に係る判断基準の設定
<u>解釈運用指針</u>
　軌道上サービス中の適切なタイミングにおいて、運用を継続できる条件が維持されていることを確認しつつ進めること。

【提示すべき事項】
- 運用計画（ノミナル対応部分）

5.4. 故障モード等の識別及びリスク低減
<u>解釈運用指針</u>
　衝突等につながるリスクが大きい故障モードその他の異常を識別し、リスクを十分低減すること。

【提示すべき事項】
- 故障モード等とその影響評価
- 運用計画（オフノミナル対応部分）



出典：CONFERS

サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

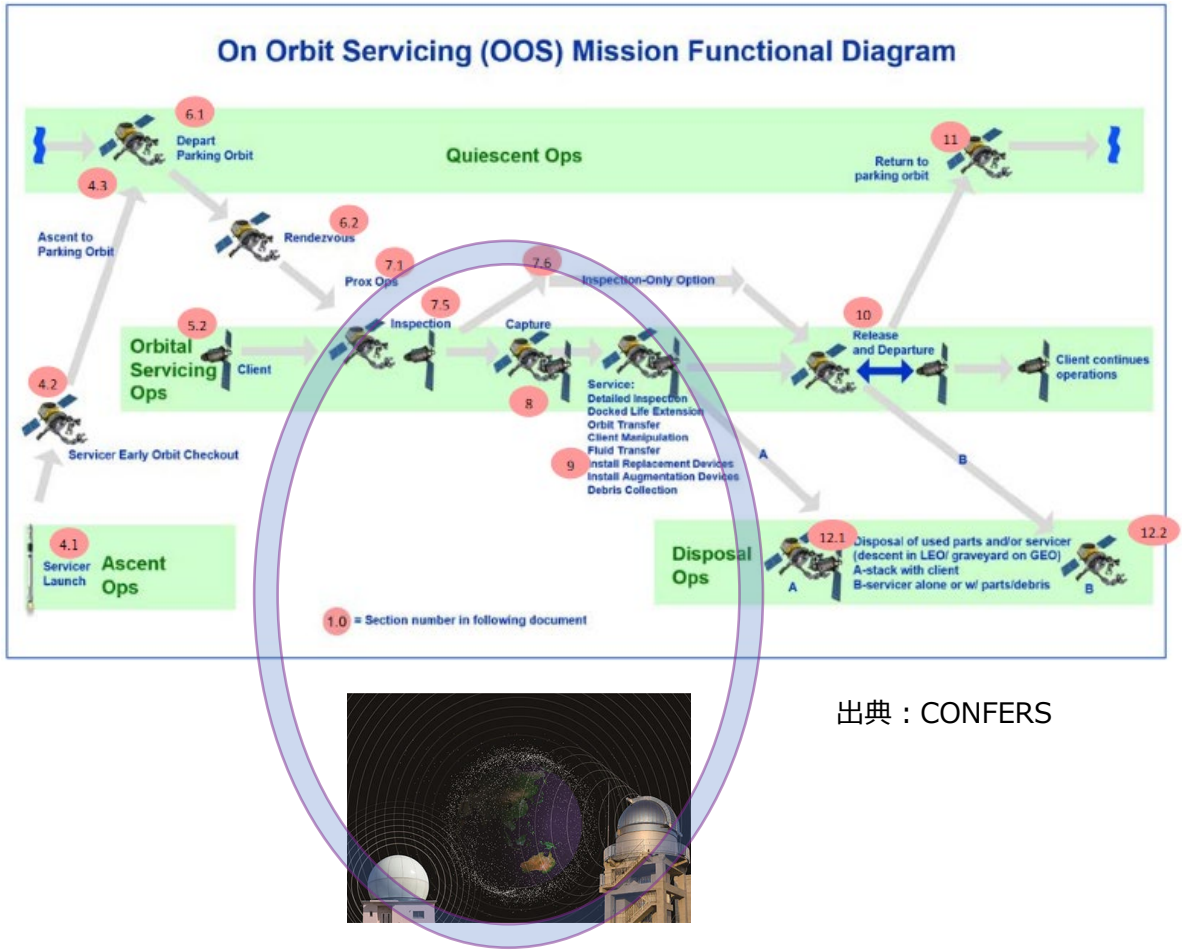
5.5. 特定ミッション機器に係る安全対策

<u>解釈運用指針</u>

サービス衛星から物体を急速に分離又は射出し、又は電磁波エネルギーを照射するときは、対象物体以外の他の宇宙物体に衝突若しくは干渉させ、又は他の人工衛星等の管理に支障を及ぼさないこと。

【提示すべき事項】

- 分離物や照射する電磁波エネルギーと他の宇宙物体の干渉及びリスク評価、解析

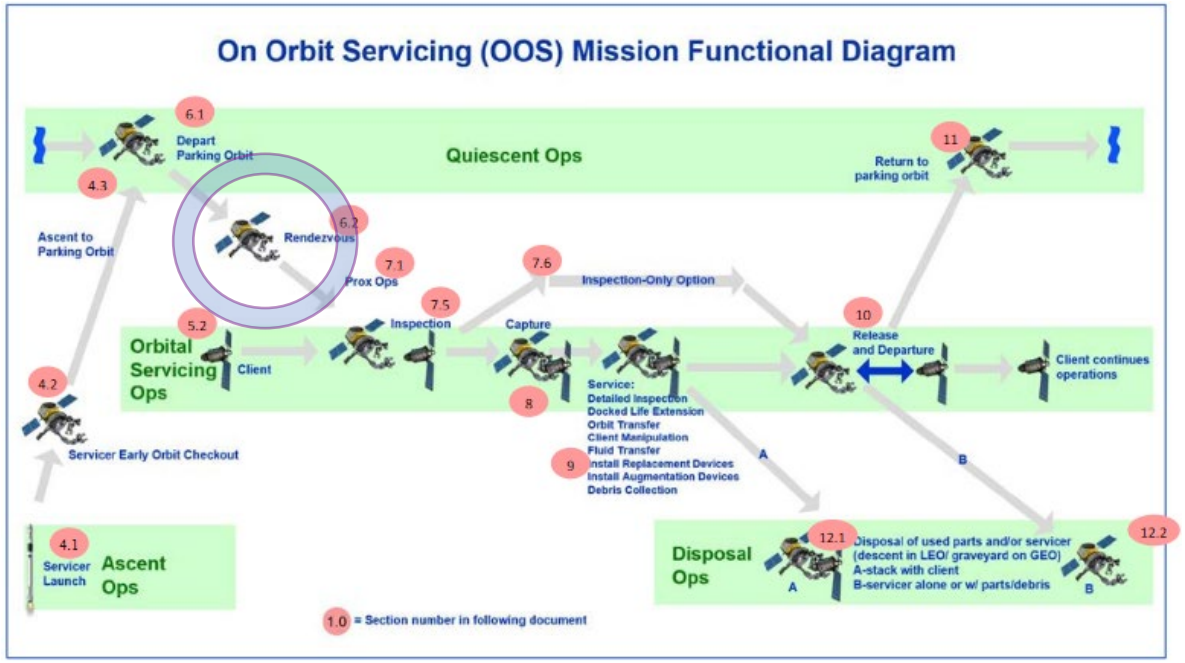


出典：CONFERS

サービス提供を安全に行うための構造及び管理計画に関する要求

5.6. サービス衛星の管理を保全するための構造及び管理計画に関する要求
<u>解釈運用指針</u>
　不正な手段により、サービス衛星が不当に他の人工衛星又はその管理を害することに用いられることを防止する仕組み及び措置が講じられていること。

【提示すべき事項】
- セキュリティ対策として採用した規格等の情報（暗号等の設計情報は不要とする。）
- 監視機能の概要（開示することにより脆弱性をもたらし、又は増大させるおそれのある詳細情報は不要とする）。
- セキュリティ上重要な情報の管理の概要



出典：CONFERS

サービス衛星の管理を実行する運用体制の構築

6. サービス衛星の管理を実行する運用体制の構築
<u>解釈運用指針</u>
サービス衛星の管理を実行する体制には、軌道上サービスの透明性、安全性及びサ ービス衛星に係る管理の保全に関する要求に規定する手続事務、情報開示、運用統制、セキュリティ対策等に対応するための組織及び業務を含めること。

【提示すべき事項】
- 運用に係る指揮命令系統（ポジション及び主な役割）
- 宇宙状況監視及び透明性確保の対応に係る調整窓口と連絡先

出典：JAXA

４．今後の取り組み

ガイドラインの含意

■ リスク・アプローチ

- ステークホルダーにより見え方が異なるリスクの特定と対応

■ アダプティブ・ガバナンス

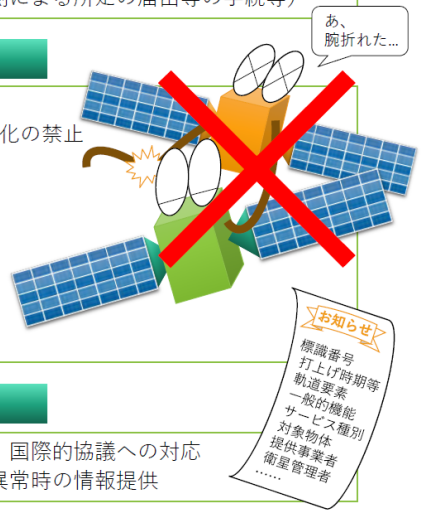
- 規範とルールの国際展開
- パフォーマンス・ベースの要求設定

対象物体に係る権利侵害の防止

- 所有者等の権利保護（真正な権利者からの委託）
- 登録国等の規制の尊重・通知（クライアント側による所定の届出等の手続等）

サービスを安全に実行できる設計・管理計画

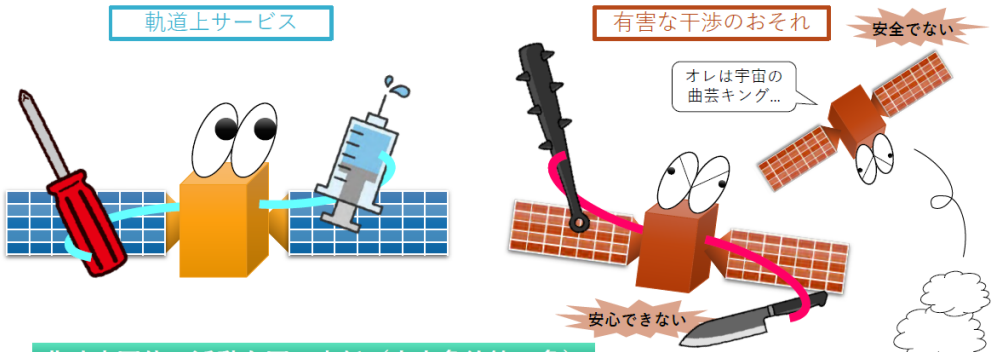
- 対象物体の設計情報・現況の確認
- サービス実行に必要な能力の確保・ステルス化の禁止
- サービス実行宙域の状況把握
- 安全な軌道設定
- 捕獲・結合時における安定運用の確保
- 対象物体の混雑軌道への投入防止
- 異常時の対応手順の設定
- レーザー照射等に係る安全対策
- セキュリティの確保



透明性の確保

- 国による規則・ミッションの主要事項の公表、国際的協議への対応
- 事業者によるミッションの主要事項の公表、異常時の情報提供

「サービス衛星」の「正」「邪」は使い方次第



非政府団体の活動も国の責任（宇宙条約第６条）

適切な国内法制上の措置を講じ、
国の適切な監督下における、正当かつ平和的な意図・目的による、技術的に安全な実施
を確保する国際的な責任

ルールの主旨と概要
（出典：内閣府）

政府の取り組み

今後期待される取組

共通のルールを審査実務のプロセスに組み込むための措置

- 審査基準を解釈･運用する要領としての整備、これを含むガイドラインの公表

優良事例としての共通のルールの国際社会への発信・普及

- 英訳版の早期公表、各種宇宙対話等での提示、国際的なシンポジウム等での説明

政府補償等の本報告書が提起したその他の課題の検討深化

- 求償及び人工衛星の管理への政府補償のあり方
- 他国の管理許可により我が国事業者が実施するサービスの監督
- 我が国の宇宙物体がサービスの対象となった場合の対応
- デブリ化防止やデブリ除去を促すためのインセンティブ等のあり方

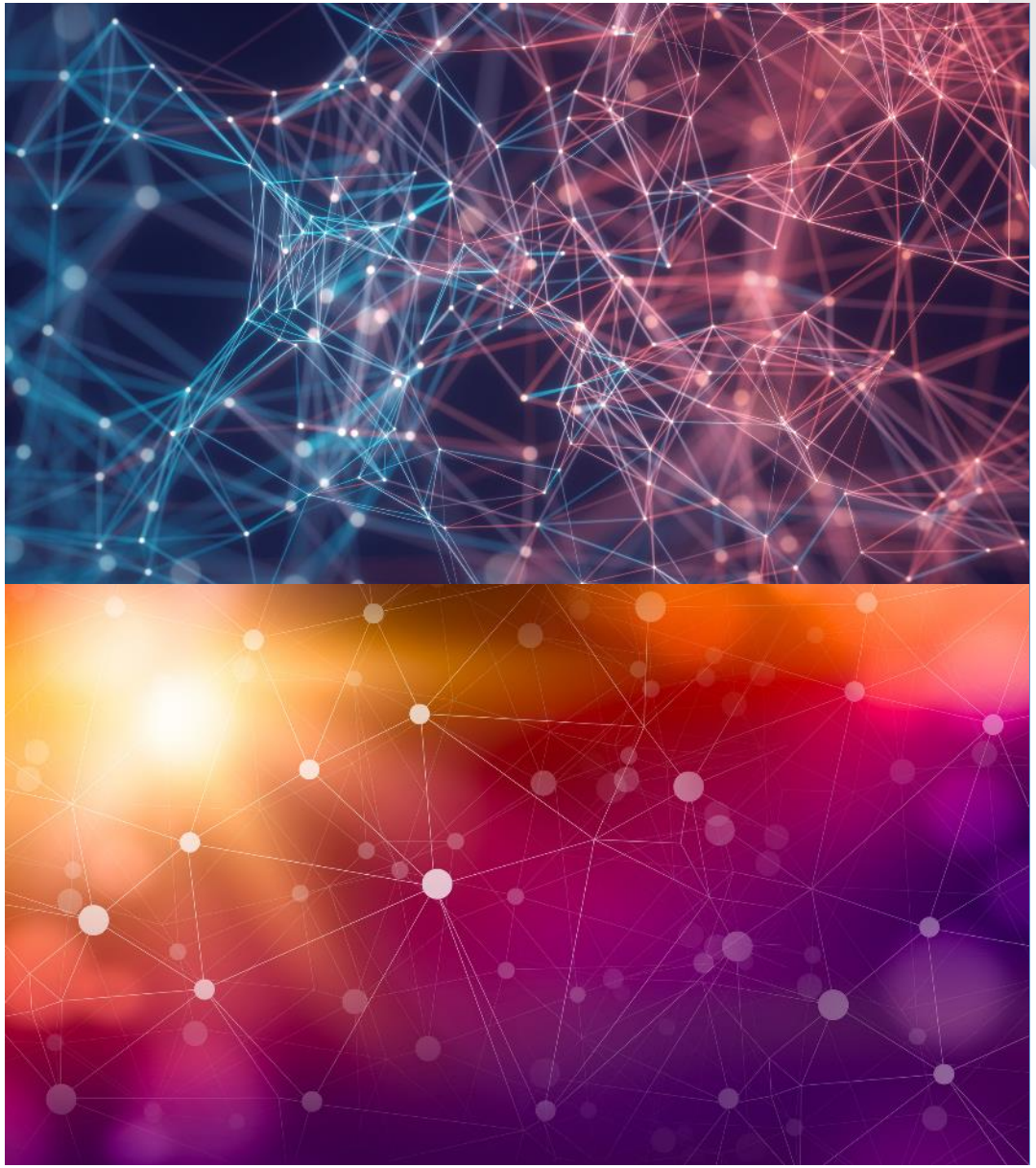
ご清聴ありがとうございました

E-mail:

kikuchi.kouichi@jaxa.jp

k-kikuchi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

Website:

http://space-law.keio.ac.jp/

https://ifi.u-tokyo.ac.jp/