

# JAXAのスペースデブリ対策に関する 研究開発状況について

平成30年9月5日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

# スペースデブリ対策の宇宙基本計画上の位置づけ



- 宇宙基本計画(平成28年4月1日閣議決定):

4.(1)① i) 宇宙空間の安定的利用の確保において「デブリ回避のために我が国のSSAの体制の確立と能力の向上を図り、同盟国等とSSA情報の共有等を進め、我が国の宇宙システムがスペース・デブリとの衝突等を回避するために必要となる能力を構築する。」、「デブリ除去技術の開発等に取り組み、宇宙空間の利用環境を改善する。」と記載されている。

- 宇宙基本計画工程表(平成29年12月12日 宇宙開発戦略本部決定):

「平成30年度以降に、我が国由来の衝突の危険性が高いスペースデブリの対策を主眼に、除去システムの確立に向けて段階的な技術の開発を行う。また、観測・モデル化に関する技術開発に引き続き取り組む。」とされている。

- 宇宙基本計画の工程表改訂に向けた重点事項(平成30年6月22日宇宙政策委員会):

「宇宙状況把握(SSA)システムの35年度の運用開始を見据えた具体的な運用の検討開始」、  
「平成31年度から、我が国由来の衝突の危険性が高いスペースデブリの対策を主眼に、除去システムに係る技術の軌道上実証計画を進める。計画の推進に当たっては、民間活力を利用する。」とされており、工程表に軌道上実証が位置付けられる調整がなされている。

# スペースデブリ問題と対応の概要



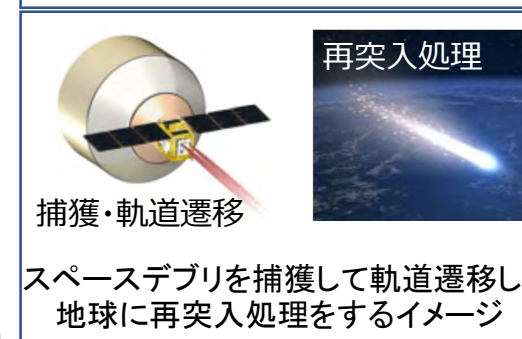
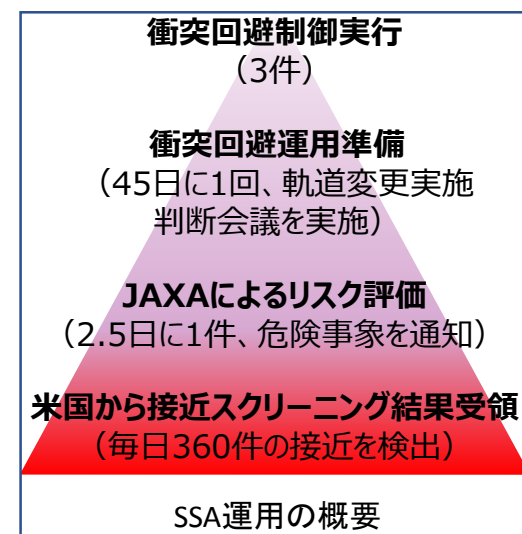
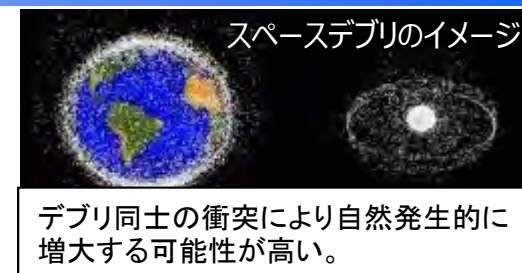
## 宇宙空間の持続的・安定的利用の確保に対して スペースデブリは喫緊の課題

- 軌道が追跡されているスペースデブリは約23,000個。
- 微小なスペースデブリでも重大な事故につながる危険性がある。
  - ✓ 1mm以下の衝突 ⇒ 宇宙機の故障
  - ✓ 10mm以上 ⇒ ミッション終了につながる破壊
  - ✓ 100mm以上 ⇒ 壊滅的破壊＋大量の破片発生
- 米国からのスペースデブリ接近情報提供に基づき、JAXA内でリスク評価を行い、要すれば衝突回避運用の実施判断。
  - ✓ 2017年度実績： 警報146件、うち衝突回避運用3件、衝突0件。

## 新たなスペースデブリを生まないためにはスペースデブリ 同士を衝突させない対策が必要

- 効果的な対策として、衝突の危険性が高い大型のスペースデブリの除去技術の研究開発を進めている。
- スペースデブリ観測性能を向上するため、新しいSSA(宇宙状況把握: Space Situational Awareness)システムの構築を進めている。
- IADC\*等における国際的なガイドライン作りへの貢献。

\*: 国際機関間スペースデブリ調整委員会(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee)



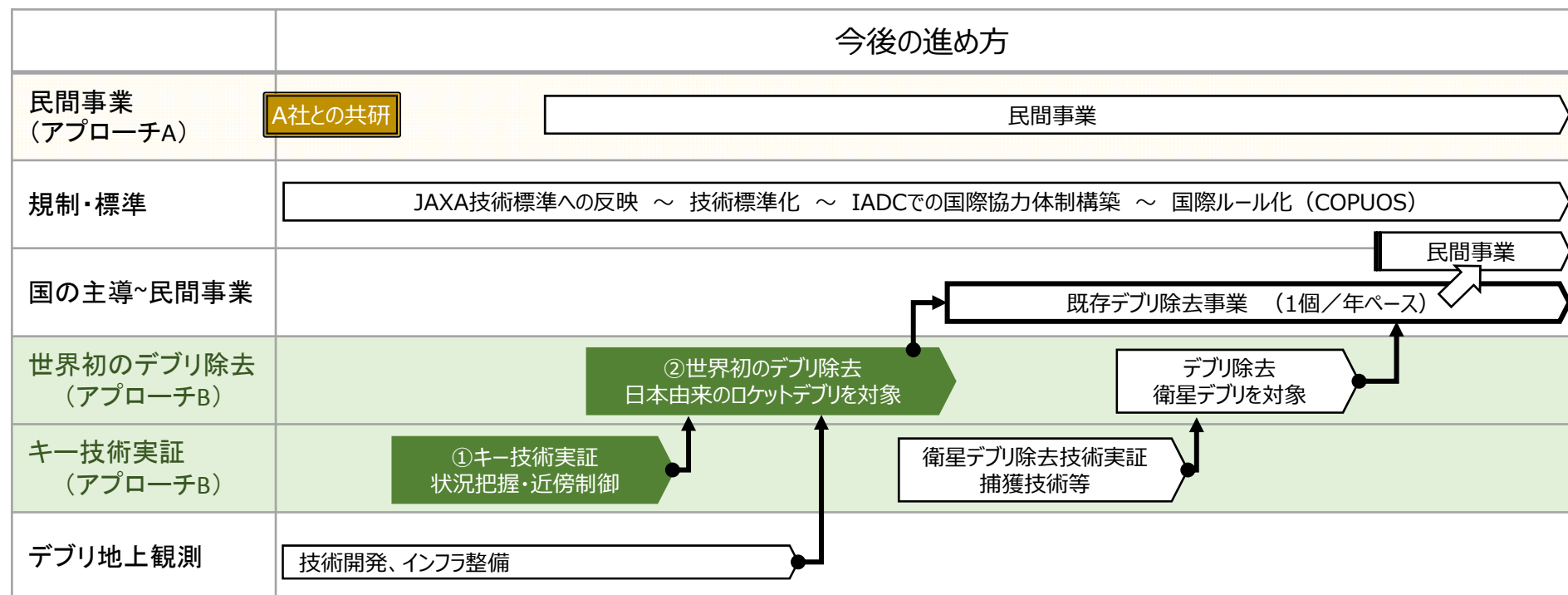
# スペースデブリ除去の技術開発・実証に向けた取り組み①



## 研究の目標と計画

目標：2020年代にスペースデブリ除去を新たな宇宙事業として拓く

- **アプローチA**: スペースデブリに対して、独自の事業化を目指す企業と共同研究を進めている。
- **アプローチB**: 事業化意欲のある民間事業者とともに既存の大型スペースデブリ除去を世界に先駆けて行い、その優位性を活かして新しい事業分野を切り開く革新的なイノベーションに繋げる。



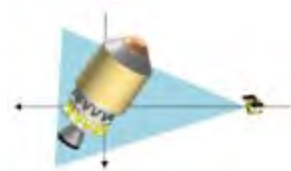
# スペースデブリ除去の技術開発・実証に向けた取り組み②



## 研究開発の概要(キー技術実証ミッションと技術課題)

スペースデブリ対策の事業化を目指す民間事業者と連携し、新たな市場の創出と我が国の国際競争力の優位性確保を目的とした技術実証し、我が国由来の大型ロケットデブリ除去の実現を目指す。

### 【ミッション概要と技術課題】



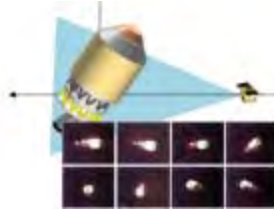
#### A)軌道上物体 状況把握

軌道上観測と地上  
観測による状況把握



#### B)近傍制御

静止していないス  
ペースデブリに対  
し近傍制御する航  
法誘導制御技術



#### C)高度オン ボード画像処理

AI・深層学習など最  
新技術によるオン  
ボード画像処理・航  
法技術



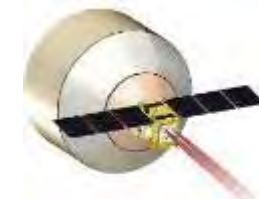
技術実証  
衛星  
イメージ

### ①キー技術実証

### ②世界初の大型デブリ除去へ



#### A)我が国由来のロケット 上段をターゲット (TBD)



#### B)接近～捕獲～軌道遷 移～制御再突入

①の実証技術A)～C)を利用

- 世界に先駆けて、軌道上デブリ除去うちでも効果が大きく、技術的に高度な大型デブリ除去の実証を行う。  
→ 大型スペースデブリは衝突確率が高く、衝突により多くの破片を発生するため、宇宙環境に与える影響が大きいいため、優先的に除去を行う必要がある。

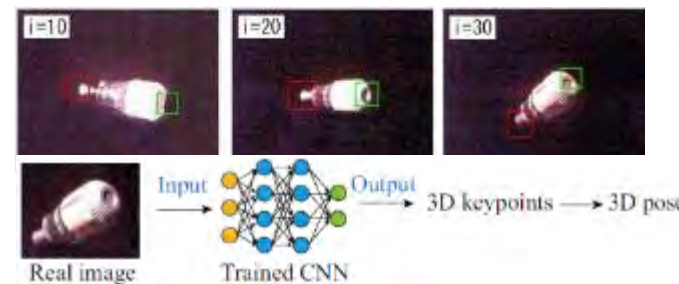
# スペースデブリ除去の技術開発・実証に向けた取り組み④

## スペースデブリ除去技術実証に向けた要素技術の研究開発状況

### ① スペースデブリ(非協力物体)へのランデブ(接近)技術

#### ➤ 画像航法技術(オンボード画像処理)

深層学習を用いた畳み込みニューラルネットワーク(CNN)によるロバストオンボードデブリ画像認識・航法技術のソフトウェア研究および地上実験を実施



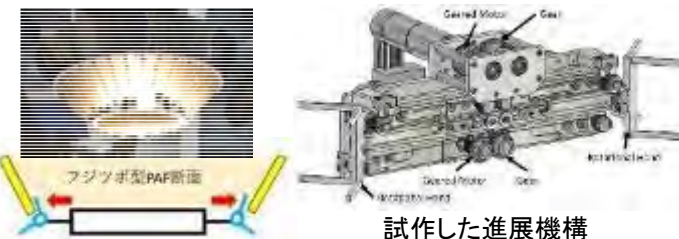
適用する  
ミッションイメージ

接近

### ② 非静止スペースデブリの捕獲・把持技術

#### ➤ 捕獲機構技術(伸展機構)

捕獲しやすいと想定されるロケット上段の衛星分離部(PAF)を確実に捕獲・把持する伸展機構の試作評価および運動しているスペースデブリの捕獲運用の地上検証技術研究を実施

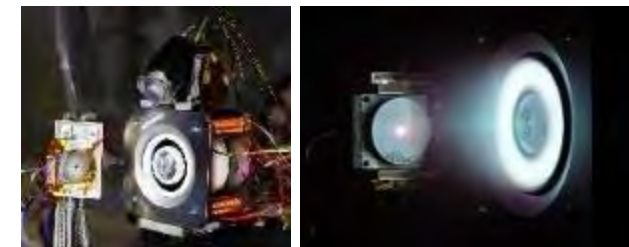


捕獲

### ③ 小型除去衛星による大型スペースデブリの軌道変換技術

#### ➤ 小電力・小型電気推進技術

大質量スペースデブリを小型の除去衛星により軌道降下させるために必要となる小電力・小型で長寿命(Magnetic shieldingによる損耗低減)な電気推進システムの試作評価・地上試験を実施



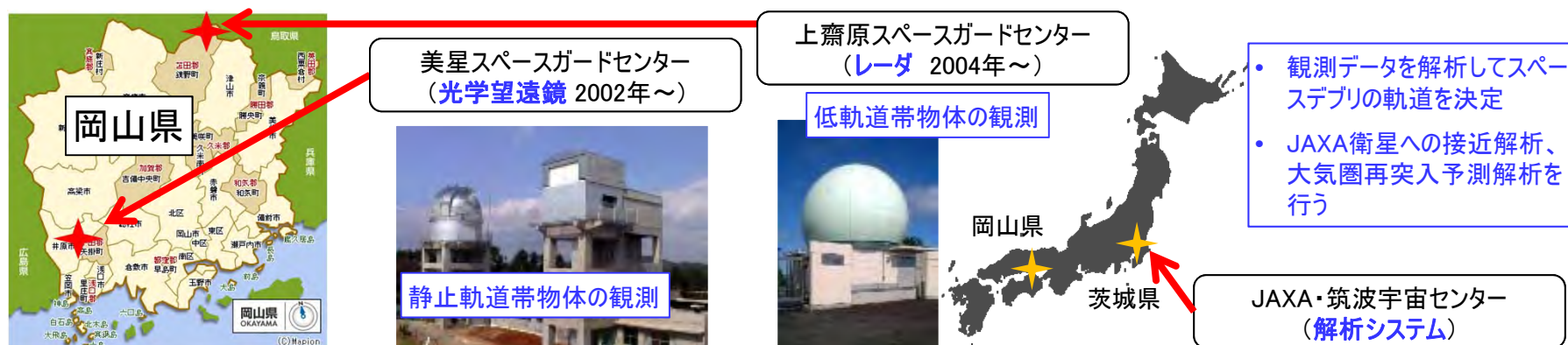
軌道変換

# SSA(宇宙状況把握)システム構築に向けた取り組み

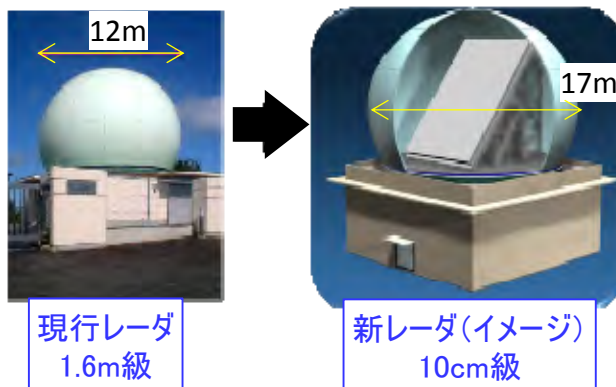


JAXAはスペースデブリ観測能力向上等により、JAXA衛星のスペースデブリ衝突リスクの低減を可能とする新しいSSAシステムの構築を推進している。平成35(2023)年からの運用開始を見え据えて、レーダ・光学望遠鏡の整備等を着実に実施している。

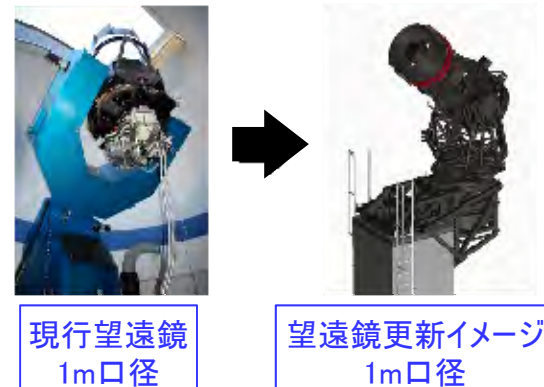
## JAXAのSSAシステムの概要



### レーダの観測能力向上



### 光学望遠鏡の老朽化更新



## 国際機関間スペースデブリ調整委員会(IADC\*)の概要

\*: Inter-Agency Space Debris Coordination Committee

### • 組織の概要

- 加盟宇宙機関間での研究活動に関する情報交換、研究協力の機会の提供、デブリ低減策の識別等を目的
- ステアリンググループ(SG)と4つのワーキンググループ(WG: 状況把握、環境予測、防護、低減)で構成
- メンバ要件は国を代表する宇宙機関であり、現在13か国から13機関が加盟している。

### • これまでの成果例

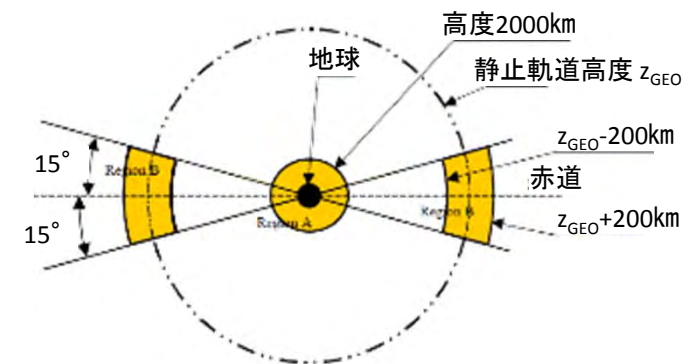
NASA(米)、ROSKOSMOS(露)、CNES(仏)、JAXA(日)、ASI(伊)、CNSA(中)、UKSA(英)、DLR(独)、ESA(欧)、ISRO(印)、NSAU(烏)、CSA(加)、KARI(韓)

#### ➤ IADCスペースデブリ低減ガイドラインの策定(2002)

- ✓ デブリ低減に関する先進国宇宙機関間の初めての合意ガイドライン
- ✓ NASDA標準・米国政府基準をベースに、1990年代からJAXA(当時NASDA)がルール策定議論を先導・貢献
- ✓ この内容をふまえて国連スペースデブリ低減ガイドライン、国際標準規格(ISO-24113)が制定された。

#### ➤ ガイドラインの主な項目

- ① 正常な運用で放出される物体の制限
- ② 軌道上破砕事故の防止
  - 破砕事故、残留エネルギーによる爆発の防止
  - 意図的な破壊行為、軌道環境に有害な行為の禁止
- ③ 運用終了後の廃棄 (保護すべき軌道域からの除去):
  - 静止軌道保護域: 運用終了後に300km程度の高度上昇
  - 低軌道保護域: 運用終了後25年以内に落下させる
- ④ 軌道上の衝突の防止 (地上で監視できる物体との衝突の回避)



IADCで定められた保護領域

## 第36回IADCの日本開催結果について

- IADC 第36回年次会合の開催概要 (JAXAは議長機関として参加)

開催概要: 2018年6月5日～8日、つくば国際会議場、11機関から約150名が参加(国外から約100名)

- 日本国としての取り組み、民間企業との連携・デブリ除去の事業化などをアピール

- ✓ 内閣府殿、民間企業(アストロスケール、川崎重工業)、JAXAからオープニングプレナリでの特別講演を行うことで、デブリ問題に取り組む日本のプレゼンスを高めた。



- 主要な議論: 衛星コンステレーション計画に備えたガイドライン改定の議論

- 衛星コンステレーションに向けた声明(2017)の改定案作成

- ✓ 衛星コンステレーションによる軌道環境悪化の将来予測結果を受け、より厳しい声明の改定案(衛星投入初期高度は、衛星が故障したとしても25年以内に自然落下する高度とすること)を作成。今後ステアリンググループSGで調整後、公開予定。

- IADC デブリ低減ガイドラインの改定案作成

- ✓ 現ガイドラインでは、保護領域以外については数値条件が無いが、各機関の基準では技術に関する数値化が進んでいるため、数値化に対応した改定案(自ら破砕する確率を千分の一以下とする、ミッション終了後の廃棄確率を90%以上にするなど)を作成し、SGで調整後、公開予定

# (参考) 国際標準・ルール化に向けた取り組みの全体像



## IADC (国際機関間スペースデブリ調整委員会)

日本の窓口機関: JAXA

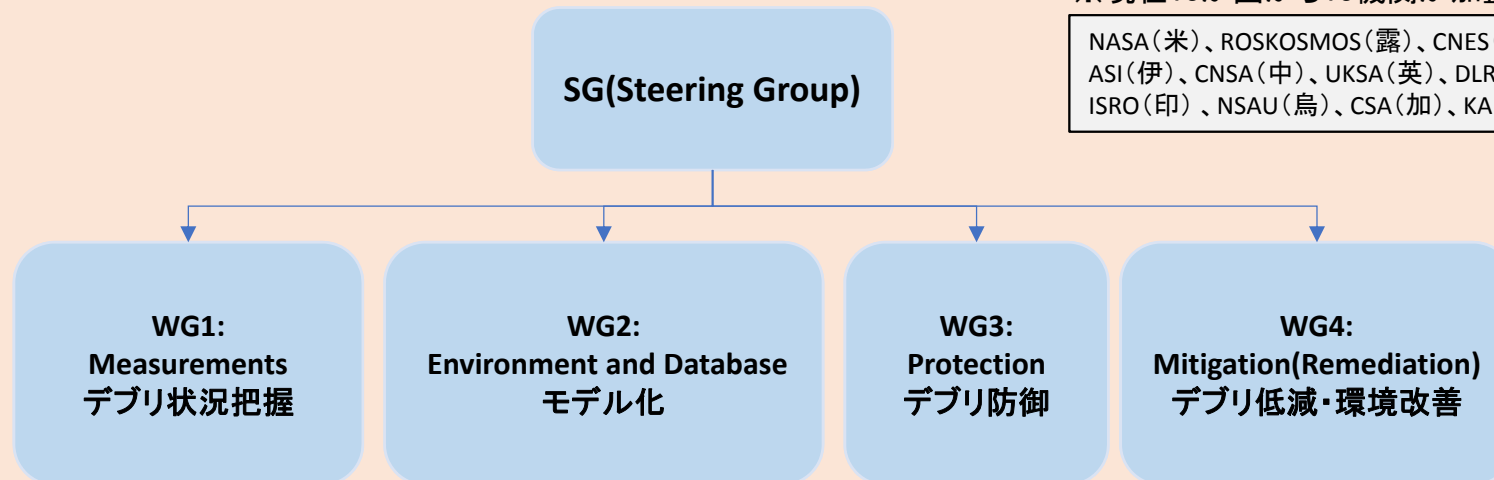
その他参加機関: JAXA, 大学, 内閣府

※Inter-Agency Space Debris Coordination Committee

スペースデブリに係る宇宙環境予測、関連研究および宇宙空間の持続的な利用のために必要な対策等を技術的に議論するため、先進国を中心とした宇宙機関が共同で設立した委員会

※現在13か国から13機関が加盟している。

NASA(米)、ROSKOSMOS(露)、CNES(仏)、JAXA(日)、ASI(伊)、CNSA(中)、UKSA(英)、DLR(独)、ESA(欧)、ISRO(印)、NSAU(烏)、CSA(加)、KARI(韓)



# (参考) 軌道上の衛星・スペースデブリの分布 (2015年9月時点)

