

B02

宇宙環境改善事業に関する考察 Study of Activities for Sustaining Space Environment

大塚聡子 (NEC)
Akiko Otsuka (NEC)

スペースデブリ問題を宇宙環境汚染問題ととらえ、スペースデブリ問題の対策事業の展望を論じる。環境改善のために、スペースデブリの状況を把握(観測)し、これ以上スペースデブリを増やさない、スペースデブリとなった宇宙機を軌道上から除去する能動的デブリ除去(ADR)などの検討が進められている。ADRに関しては、その技術検討を進める一方で、どのように事業展開していくのかの検討も必要である。ADRを含む宇宙環境改善対策事業を分類し、事業展開の課題などを分析する。課題解決のための方策には、宇宙環境と同等の他の環境問題に取り組んだ仕組みの事例を参考にした検討や、法制面、国際調整、国家の補償制度などへの提言を含める。

Space debris is the big issue to maintain safe spacecraft operation. To improve space environment, several measures are carried out, such as monitoring space debris situation, designing the space craft to mitigate space debris and capturing space debris to deorbit i.e., Active Debris Removal, ADR. Along with the research of the ADR technologies, how to carry out ADR as project should be studied. Activities to improve space environment including ADR is cauterized and issues against promoting the project are discussed.

Orchestrating a brighter world

NEC

第8回 スペースデブリワークショップ° Space Debris Workshop #8

宇宙環境改善事業に関する考察 Study of Activities for Sustaining Space Environment

2018年12月4日
NEC 大塚

Dec. 4th, 2018
NEC/Otsuka

デブリ対策研究へのNECの貢献 NEC Contribution to JAXA's Debris Study

「JAXAデブリ対策4本柱」とNEC実施活動 JAXA's Research Four Goals for Ensuring Space Safety & NEC's contribution

国際標準・ルール化の検討

Formulating International Standards and Guidelines

- ISO/COPUOS調整での理論面での支援

ロケット・衛星の非デブリ化・デブリ防御

Researching technologies for debris Mitigation

- 非デブリ化技術の構築
- 非デブリ化の実践

デブリ除去

Researching technologies for the low-cost Active Debris Removal

- デブリ除去に関わる技術研究
- デブリ除去実証システムの研究





デブリ状況把握

Researching technologies for debris Situational Awareness and Defense

- 観測技術構築支援

JAXAデブリ除去技術実証へのNECの参画

NEC's contribution to Researching technologies for the low-cost Active Debris Removal

	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
衛星システム検討	デブリ除去衛星システム検討	デブリ除去システム検討	デブリ除去衛星システム検討(その2)	デブリ除去技術試験衛星システムの概念設計	デブリ除去衛星システム等の概念検討(そのイ)	デブリ除去衛星システム等の概念検討(その2のイ)	小型デブリ除去衛星システムの概念検討	デブリ除去実証小型衛星システムの概念検討	適正リソース構成のデブリ除去システムの研究
	6関節ロボットアーム搭載衛星	5関節ロボットアーム、EDT-E搭載衛星	6関節ロボットアーム、EDT-E搭載衛星	NEXTAR+把持システム	NEXTAR+伸展ブーム	NEXTAR+伸展ブーム	100kg級衛星+伸展ブーム	イカロスアダプタ搭載型200kg級衛星+伸展ブーム	EDT実証: 60kg級 非協力実証: 100kg級
									
	非協力対象接近のための小型衛星システムの検討	—	デブリ除去衛星システムの概念検討(そのイ)	伸展ブーム	—	—	—	—	非協力接近実証システム
ミッション系検討	非協力対象への接近光学系検討	非協力対象への接近光学系検討(その2)	非協力接近機能確認用簡易シミュレータの作成	—	デブリ除去ミッションの誘導制御システムの検討(その1のイ)	デブリ除去ミッションの誘導制御システムの検討(その2のイ)	—	デブリ除去ミッション用航法センサシステムの検討(そのイ)	デブリ運動推定・運動予測方式の検討
	—	—	デブリ除去衛星システムの概念検討(そのイ)	—	—	—	—	デブリ除去ミッション用航法センサシステムの試作検討	—
	EDT	—	導電性テザー技術実証システムの検討作業	デブリ除去衛星システムの概念検討(そのイ)	—	液体推進系を用いたデブリ除去衛星の設計(そのイ)	—	—	—
	捕獲	—	—	デブリ除去衛星システムの概念検討(そのイ)	—	—	—	—	—

2

© NEC Corporation 2018

NEC Confidential

Orchestrating a brighter world **NEC**

ADR実証への道のり

Slow Start to verify ADR on-orbit

宇宙環境保全(ADRを含む)の必要性
The right time to promote "Clean Space Program"

ADR実行主体
Executor to clean Space

技術成熟度の低さ
TRL of the related technologies

3

© NEC Corporation 2018

NEC Confidential

Orchestrating a brighter world **NEC**

宇宙環境保全の必要性

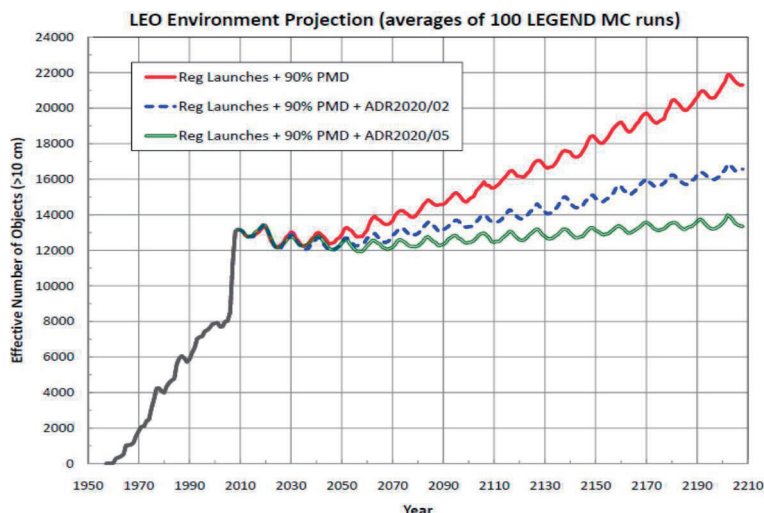
The right time to promote "Clean Space Program"

宇宙技術 = 社会インフラストラクチャを支える技術

=>宇宙ミッションの確実な遂行

=>宇宙システムをスペースデブリ化のリスクから守る

Space technologies are necessary infrastructures for each national security and everyday life of the people.



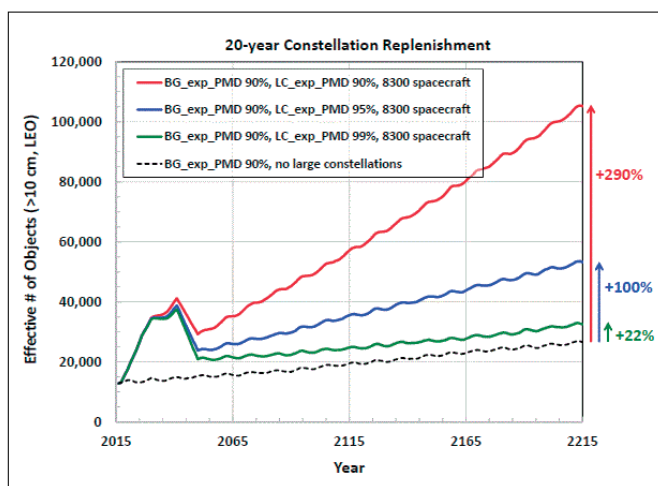
出典 : NASA Orbital Quarterly News

宇宙環境保全の必要性

The right time to promote "Clean Space Program"

メガコンステレーションと25年ルール

One Web	SPACE X	Sky & Space Global	アクセルスペース
648機	4425機	200機	50機
1200km	1110-1325km	500-800km	600km
150kg	386kg	3-U CubeSat	80kg



出典 : NASA Orbital Quarterly News

宇宙環境リスクへの対応 Space Situational Risk Treatment

PMBOKでのリスク対応法 Risk Treatment in PMBOK		宇宙開発での対応 In "Clean Space Program"
①回避 avoidance	リスクが起きないように、目的などを変える。	デブリとの衝突を回避するよう運用中の人工衛星の軌道を変更する。
②低減 reduction	リスクによる影響／発生確率を許容できるレベルにする。	デブリの発生を抑制する。 デブリの数を減らす。 能動的にデブリを除去する。(ADR)
③転嫁 transfer	リスク管理責任を外部プレーヤに委託する。	宇宙損害賠償保険をかける。
④容認 acceptance	リスクを受け入れる。	デブリによる衝突／デブリの地表落下の発生を許容する。

宇宙環境リスクへの対応 Space Situational Risk Treatment

対応法 Treatment	実行主体 Executor	懸念事項 Issue
衝突回避 Collision Avoidance	宇宙システムの運用者 Operator	衝突回避行動は、JAXA/JSpOCなどの接近警告が発端となる。 今後の宇宙システムの増加に伴い、継続性のあるデブリ監視システムの実現および情報の責任が課題となる。 Precise Monitoring
発生抑制 Mitigation	COPUOS/ISO/IADCなど	強制力がない。 No Duty
除去 Removal	各国宇宙機関/ 企業 Space Agency/Company	修理・メンテナンスを目的とした除去と既存のデブリの除去とは、区別すべき。 Difference between On-orbit Service and ADR
保険 Insurance	保険会社 Insurance Company	宇宙機同士の衝突に損害賠償保険が適用された例はなく、現状は、デブリ衝突関連の料率も低い。 今後、デブリ環境、ミッションの変化に伴い、見直しが出てくる。 No Insurance for Sat-Sat collision

宇宙交通管理組織形成 Organization for Space Traffic Management

宇宙交通管理組織 STM Organization

デブリを含む宇宙交通状態の監視
Integrate Space Situational Data

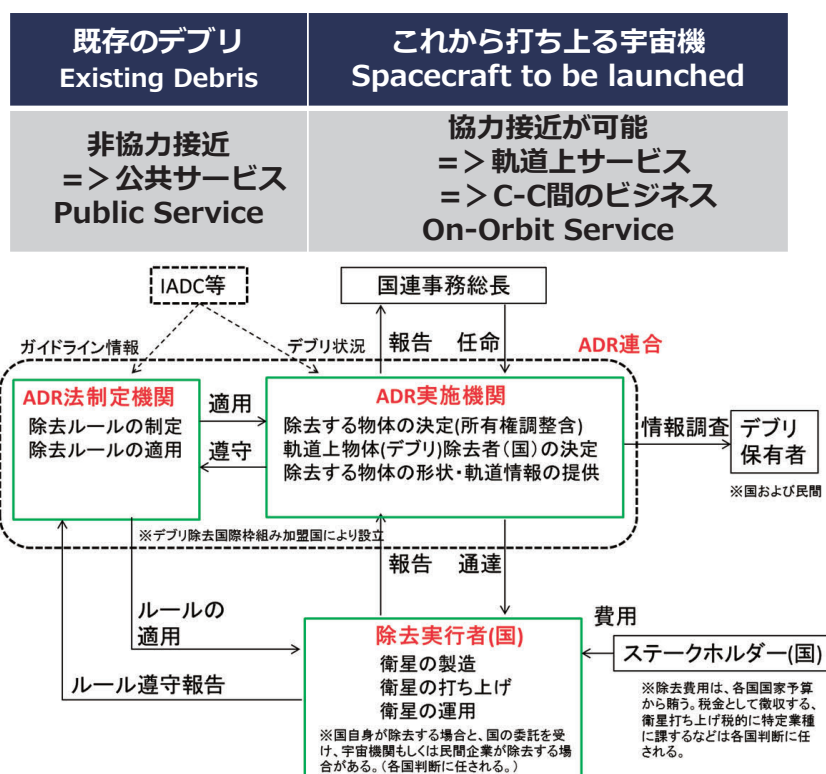
衝突回避ルールおよび強制力
Rule to avoid collision

南極条約体制 Antarctic Treaty System

協議国会議 クローズ→オープン
Antarctic Treaty Consultative Meeting : ATCM

- 国際社会に対する説明責任
accountability
事務局の常設
会議文書公開、情報提供
- 法形成会議体への参加
participation

デブリの区分 ADR & On-Orbit Service



軌道上損害賠償保険 Insurance for on-orbit collision

衛星A 衛星B	稼働中 (推進系有) Operation with propulsion	稼働中 (推進系無) Operation without propulsion	稼働中 (推進系故障) Operation Propulsion malfunction	運用完了 (寿命終了or故障) Post Mission or Malfunction
稼働中 (推進系有) Operation with propulsion	回避運用可能	回避運用可能	回避運用可能	回避運用可能
稼働中 (推進系無) Operation without propulsion	回避運用可能	衝突リスクA	衝突リスクA	衝突リスクB
稼働中 (推進系故障) Operation Propulsion malfunction	回避運用可能	衝突リスクA	衝突リスクA	衝突リスクB
運用完了 (寿命終了or故障) Post Mission or Malfunction	回避運用可能	衝突リスクB	衝突リスクB	衝突リスクB

検討点 Issue

回避運用可能であっても衝突した場合、保険適用されるのか？推進系があっても通信回線が確保できず回避できない場合は？

A:推進系の無い衛星の運用者に責任を問えるのか？故障した衛星を使い続けることの責任はあるのか？衛星製造者の責任はあるのか？

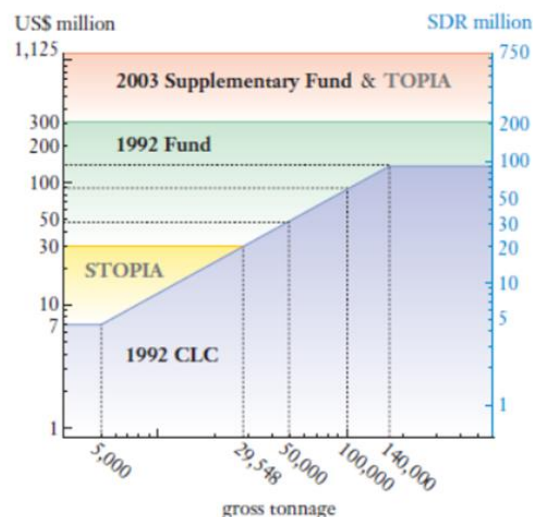
B:運用完了の衛星の責任は、運用者か、所有者か？それらの組織が存在していない場合は？

軌道上TPL保険 TPL Insurance for on-orbit collision

国際油濁補償基金

International Oil Pollution Compensation Funds

- 長期間の訴訟より油濁除去が優先される
Oil removal first, then claim the compensation
- タンカー運航会社や石油会社が出資した基金
Fund by Tanker owner and oil



まとめ conclusions

宇宙交通管理組織
STM Organization

公共サービスとしてのADR
ADR of non-cooperative Debris

技術実証の実現
Verification of the related technologies

