一般財団法人 渡辺記念会平成 30 年度（上期）

調査研究課題

『宇宙交通管理（STM：Space Traffic Management）の現状と今後の動向に関する調査研究』

報告書

平成 31 年 3 月 31 日

一般財団法人 日本宇宙フォーラム
宇宙政策調査研究センター

目　次

内容

１．STM の背景 4
１．１　STM の必要性 4
１．２　背景 4
２．STM の定義 5
２．１　IAA（International Academy of Astronautics）の“Cosmic Study”による定義（2006 年） 5
２．２　米国大統領令 3 号（Space Policy Directive：SPD-3）の定義（2018 年） 6
２．３　SSA と STM 6
３．STM で監理すべき範囲とは 7
４．初期の STM（2000 年初頭）から最近の STM への変遷 8
４．１　STM 検討の経緯 8
４．２　その後の様々な活動や取組み 10
４．３　外交レベルの取組み 11
５．最近の世界の宇宙開発利用計画の概要 12
５．１　概要 12
６．世界の動向と宇宙交通への影響 15
７．宇宙活動の世界的動向 18
７．１　人工衛星打上げ状況 18
７．２　最近の小型衛星多数同時打上げの例 19
８．宇宙デブリの現状と今後 20
８．１　デブリ数の変遷 20
８．２　破裂発生の原因 21
８．３　破裂発生事故の履歴 22
９．米国における商業 STM（CSTM）の実態と課題 24
９．１　米国の宇宙交通管理政策 24
９．２　宇宙交通管理の考察とそのモデル 27
９．３　オコンネル商務省宇宙商業利用部長の議会証言 31
１０．我が国における STM の実態と課題 36
１０．１　実態 36
１０．２　人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律（通称：宇宙活動法） 37

１１．まとめと課題 38

１．STM の背景

１．１　STM の必要性

SSA は元々、軍事的な活動のひとつとして欧米で活発に展開され、一国での取り組みが基本であった。一方で、民間の宇宙活動が活発化したことにより、データ共有の必要性が認識され、米軍（CSpOC、従来の JSpOC）も 2 国間（2 機関間）合意契約に基づくサービスも展開されている。しかし、この活動はあくまでも、宇宙のデブリ状況の把握までである。日本においても、研究開発機関として JAXA とその他の機関へのサービス提供が期待される防衛省との連携が始まっている。また、本年 11 月から施行が始まった「宇宙活動法」に基づく、ロケット、衛星打上げの許認可は、広い意味での STM と言えるかもしれない。

しかし、4 項で紹介したとおり、Large Constellation 計画の出現により、宇宙の混雑化が急激に悪化することが見込まれるようになり、将来の秩序ある宇宙活動を確保するために、衛星打ち上げの許認可を含むマネージメントが必要となり、STM の議論が始まっている。

１．２　背景

1957 年 10 月、旧ソ連が人類初の人工衛星「スプートニク 1 号」が打上げ、1958 年 1 月には米国が初の人工衛星「エクスプローラ 1 号」を打上げ、米ソの宇宙開発競争の幕がきって下ろされた。1060 年代は、米ソの軍主導による熾烈な宇宙開発の時代であった。1965 年 11 月、フランスが世界で 3 番目のロケット打上げ国となり、1970 年 2 月、日本が世界第 4 番目、同年 4 月、中国が第 5 番目の国となり、その後 1971 年 10 月イギリス（6 番目）、1975 年 4 月インド（7 番目）、1988 年 9 月イスラエル（8 番目）と続いた。

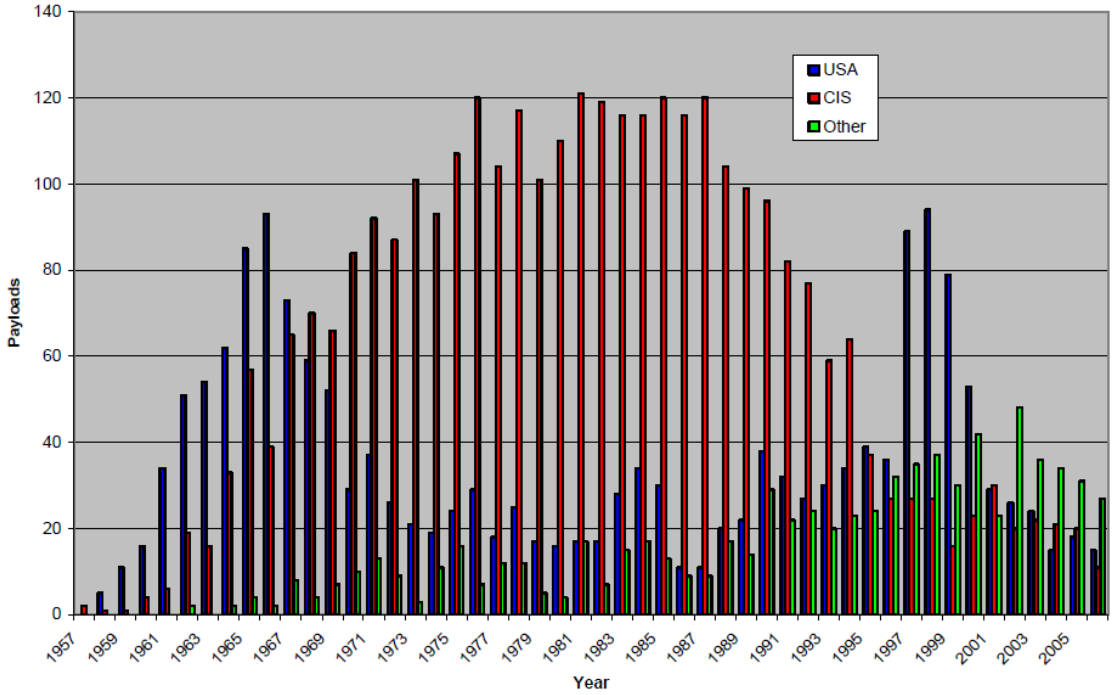


図-1　世界のロケット打上げ（青：米国、赤：露、緑：その他）

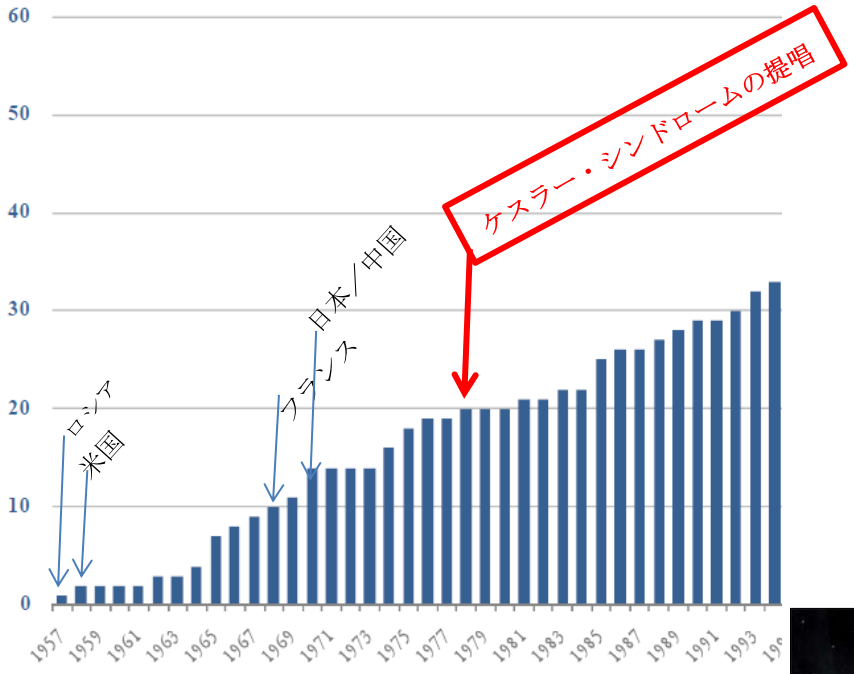
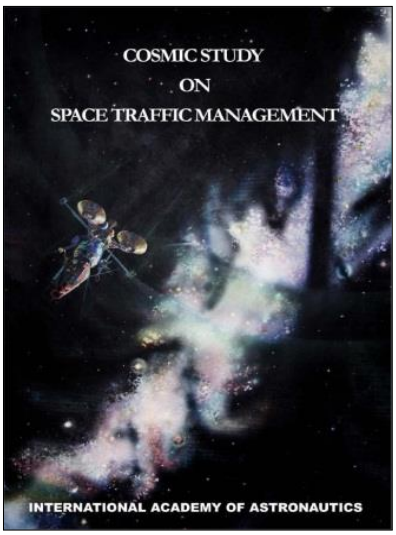


図-2　人工衛星保有国数の変遷



２．STM の定義

２．１　IAA（International Academy of Astronautics）

の“Cosmic Study”による定義（2006 年）

„…the set of technical and regulatory provisions for promoting safe access into outer space, operations in outer space and return from outer space to Earth free from physical or radio-frequency interference.”

（和訳）

①物理的、②電波的障害を受けることなく、安全に宇宙空間へ③アクセスし、④運用し、及び⑤地球へ帰還するための⑥技術的、⑦規制的取決め

表-1　IAA が定義した STM の整理　　図-3　IAA レポート

		③アクセス	④運用	⑤帰還
①物理的障害	⑥技術的	打上げ安全管理/打ち上げ時衝突回避解析	防御設計/衝突回避運用	地上損害解析
	⑦規制的	打上げ/射場許認可 無過失責任	運用許認可 過失責任	帰還/帰還場許認可 無過失責任
②電波的障害	⑥技術的	無線周波数規則（ITU-RF）→国内法制 （サブオービタル飛行、超小型衛星に対する規則を構築中）		
	⑦規制的			

※現在、主要宇宙機関で実施されている措置の代表例

２．２　米国大統領令 3 号（Space Policy Directive：SPD-3）の定義（2018 年）

①衛星運用における干渉を避けて、宇宙環境における②運用の安全性、安定性及び持続可能性を向上させるための活動の③計画、調整及び軌道上の同期

２．３　SSA と STM

両者の違いを一言で表現すると、SSA は宇宙で今何が起こっているか観測し、取得データをカタログ化し、宇宙物体の接近解析、衝突回避等の活動を行うことであり、一方、STM は宇宙物体の打上げ許認可審査から打上げ、軌道離脱、安全な落下処置等トータルの宇宙活動を管理することである。

また、SSA は軍事的活動の必要性から始まった活動であるが、昨今、民間の宇宙活動が活発化したことから、官民の持続的宇宙活動確保のため STM 必要性が認識されている。

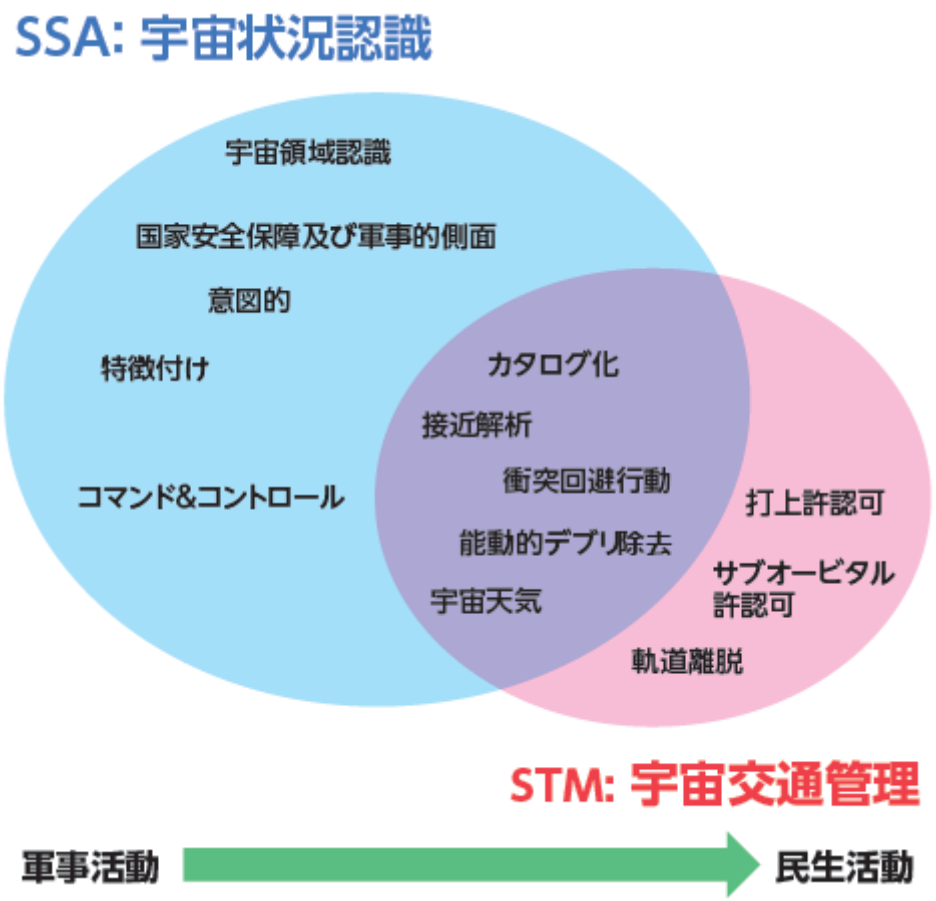


図-4　SSA と STM の違いの整理

３．STM で監理すべき範囲とは

①CSTM（商業 STM）機能の軍から民への移管

宇宙活動が民間に拡大する昨今、宇宙状況把握のための活動も、特に米国では空軍が担ってきた役割を、徐々に、民間へ移行する流れが既に発生している。従来は、米空軍データ取得、解析、カタログ化、データ配信を民間にも（協定の締結が必要）展開していたが、米国ではこれらのサービスを提供する企業が発生している。

②“New Space”活動への許認可

我が国おいては、昨年 11 月から宇宙活動法に基づく衛星等の打上げ許認可制度がスタートしている。スペースツーリズムや数百～数千機の衛星によるグローバルなインターネット環境整備を目指す“Mega- Constellation”が注目を浴び

ている。

③混雑する宇宙活動の管理
年々増加する宇宙物体を削減する手段として、能動的デブリ除去の有用性が叫ばれているものの、技術開発のハードルは高い。一方、衛星の打上げ機会を減らす一方法として、軌道上で燃料補給等による延命処置を目指す”On Orbit Service”に向けた技術開発が行われている。

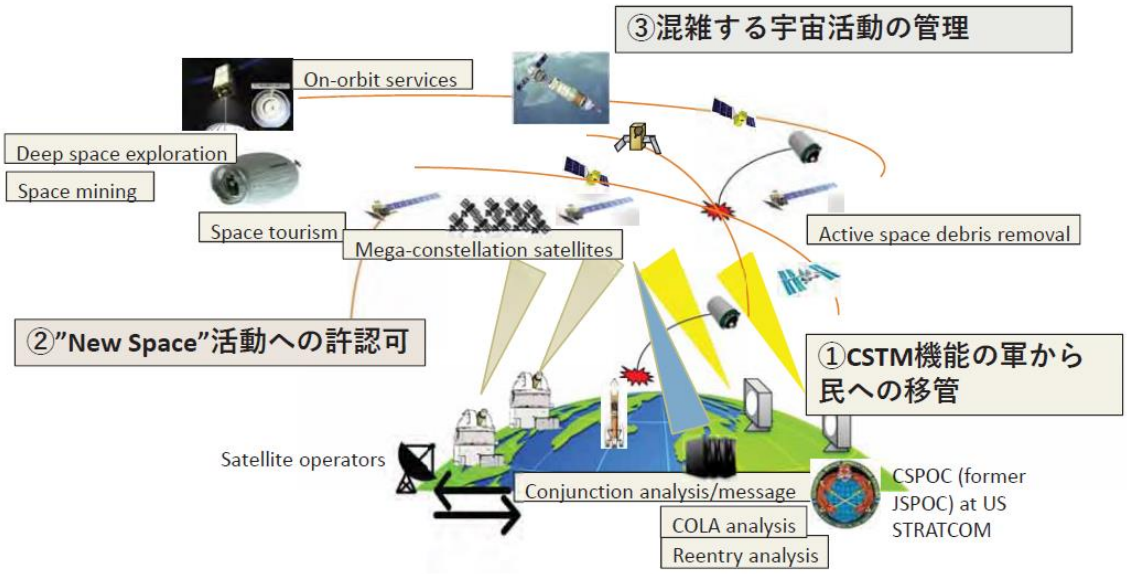


図-5　STM が監理すべき 3 要素

４．初期の STM（2000 年初頭）から最近の STM への変遷

４．１　STM 検討の経緯

- First ideas i.a. by Lubos Perek (IISL paper of 1982 using the term)
- AIAA Workshops in 1999 and 2001
- IISL/ECSL Symposium 2002 at the UNCOPUOS Legal Subcommittee
- 2001-2006 IAA Study Group with 20 contributors of 8 countries resulting in the **IAA Cosmic Study on STM published in 2006**

- Following this publication: numerous other academic products as well as a slowly emerging policy debate
- The present study will be prepared by another international team (joint text without personal attribution); it will advance the 2006 study containing proposals for the implementation of STM
- The **new study shall be published in 2018** (ten years after the first study)

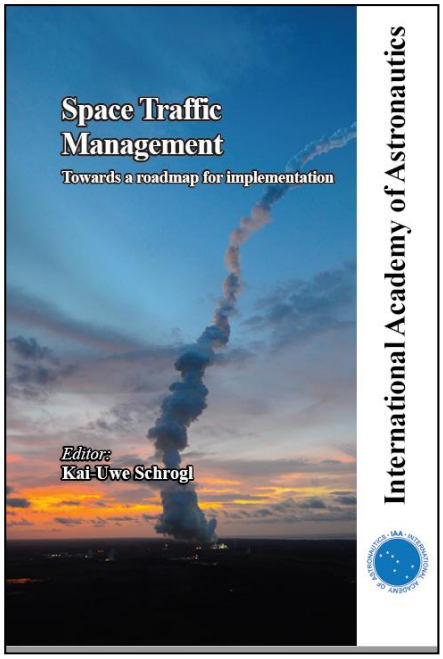


図-6　2018 年公表された IAA Cosmiic Study on STM

・“STM“語源は、国際宇宙法研究所（IISL）のルボス・ペレックの 1982 年の論文で使われている。
・1999 年、及び 2001 年、米航空宇宙学会（AIAA）ワークショップで議論
・2002 年国連宇宙平和利用委員会（COPUOS）シンポジウムで議論
・2001 年～2006 年、IAA が研究会を発足、2006 年に“STM に関する IAA Cosmic Study”結果を発表
・その後、様々な研究グループ等が成果を発表
・IAA は、2018 年新たに STM 研究成果を公表

- International Association for the Advancement of Space Safety (IAASS) with the publication of comprehensive report in 2007…
- … followed by a book publication „The Need for an Integrated Regulatory Regime for Aviation and Space – ICAO for Space?“ in 2011.
- The International Space University has conducted a team project on STM in 2007.
- Dedicated session on STM at the European CEAS Conference 2007.

・宇宙の安全を進める国際機構（IAASS）が 2007 年に報告書を出版
・これに続き、2011 年 ICAO が航空・宇宙の規制体制を提案
・2007 年国際宇宙大学（ISU）が研究成果を公表

- Workshop on “The Fair and Responsible Use of Space: An International Perspective” (Co-organized by ESPI with IAA and SWF on 20/21 November 2008 at ESPI in Vienna: Result: “10 Steps to Achieve Fair and Responsible Use of Outer Space” and book publication).
- U.S. House of Representatives Hearing: Space Subcommittee hearing - Space Traffic Management: How to Prevent a Real Life “Gravity”, | 2318 Rayburn HOB Washington, D.C. 20515 | May 9, 2014 10:00am
- Conference on STM at Embry-Riddle Aeronautical University, November 2014.
- STM as the topic of the IISL/ECSL Symposium at the UNCOPUOS Legal Subcommittee 2015 (again after 2002).
- Dedicated session on STM at the IISL Colloquium at IAC 2015

・2008 年、ESPI（European Space Policy Institute）、IAA、SWF（Sucure World Foundation）が共同研究成果を発表
・2014 年、米国下院宇宙小委員会において、STM に関する公聴会を開催
・2014 年、Embry-Riddle 航空大学で、STM 会合開催
・2015 年、2002 年以降初めて STM に関する議論を UNCOPUOS 法小委で再開
・2015 年、IAC2015 で議論

４．２　その後の様々な活動や取組み

- STM has been mentioned in various **NASA** Authorization Acts (for 2010: PUBLIC LAW 111–267—OCT. 11, 2010 124 STAT. 2805) even using the STM definition of the 2006 IAA Study (in 2008: PUBLIC LAW 110-422-OCT. 15, 2008 STAT. 4779; SEC.1102 (a)).
- **Commercial operators** do now coordinate in the Space Data Association since 2009.
- Further development of Space Situational Awareness programmes (in Europe by ESA and EU; in the US through bilateral agreements with partners).
- Space Debris Mitigation Guidelines of UNCOPUOS of 2008; ISO 24113: Space Systems - Space Debris Mitigation.
- Regulations on suborbital flights by FAA and EASA.

- Numerous programmes on Space Weather
- **2018 U.S. policy on STM** as third output of newly established National Space Council

・NASA 授権法案には、度々、“STM“が言及されてきた。
・2009 年以降、民間によるデブリ情報提供が始まった。
・欧（ESA、EU）、米（空軍と関係機関との 2 国間協定締結による）でも SSA 活動が活発化した
・2008 年、UNCOPUOS デブリ低減ガイドライン公表
・2018 年、SPD-3（米国内での STM 体制再構築）を発行

４．３　外交レベルの取組み

以下に示す三つの取組みがある。

- The Long-Term Sustainability of Outer Space Activities Working Group in the Scientific and Technical Subcommittee of the UNCOPUOS, set up in 2010, which presents its results in 2018.
- The Governmental Group of Experts (GGE) on Outer Space Transparency and Confidence Building Measures (TCBM) established by the Secretary general of the UN in 2010, which presented its results in 2013.
- The Draft International Code of Conduct for Outer Space Activities tabled by the EU in 2007, now passed over to the UN General Assembly for further consideration.
- **How to deal with/possibly merge these activities?**
- **STM can provide a perspective.**

・UNCOPUOS 科学技術省委員会の元に、宇宙活動に関わる長期持続性に関するワーキンググループ発足（2010 年）21 のガイドラインを創案するも、残り 7 つのガイドラインの是非について、ロシアと他の諸国が対立、21 のガイドラインの承認も得られず、ワーキンググループは解散。
・2010 年、国連事務総長の諮問委員会として、透明性信頼醸成措置（TCBM）に関する専門家会合（GGE）を設置、2013 年に答申
・国際行動規範(ICoC)に関する提案を EU が 2007 年に提示。関係国の合意が得られず、廃案。

５．最近の世界の宇宙開発利用計画の概要

５．１　概要

最近の国内外における宇宙活動は、以下の各分野で活発化している。

① サブオービタル

民間企業によるサービスが始まろうとしている。

② 衛星軌道上

軌道の混在は益々進んでいる。衛星事業者が従来の政府、国際機関、大規模通信放送事業者から、大学・企業による超小型衛星（キューブサット等）や最近ではメガコンステーレーションと呼ばれる数百～数千機の衛星群による通信サービス、リモセン画像配信等活発化してきた。

③ 深宇宙

特に、ポスト ISS の話題として、月面探査や火星探査計画が注目を浴びている。

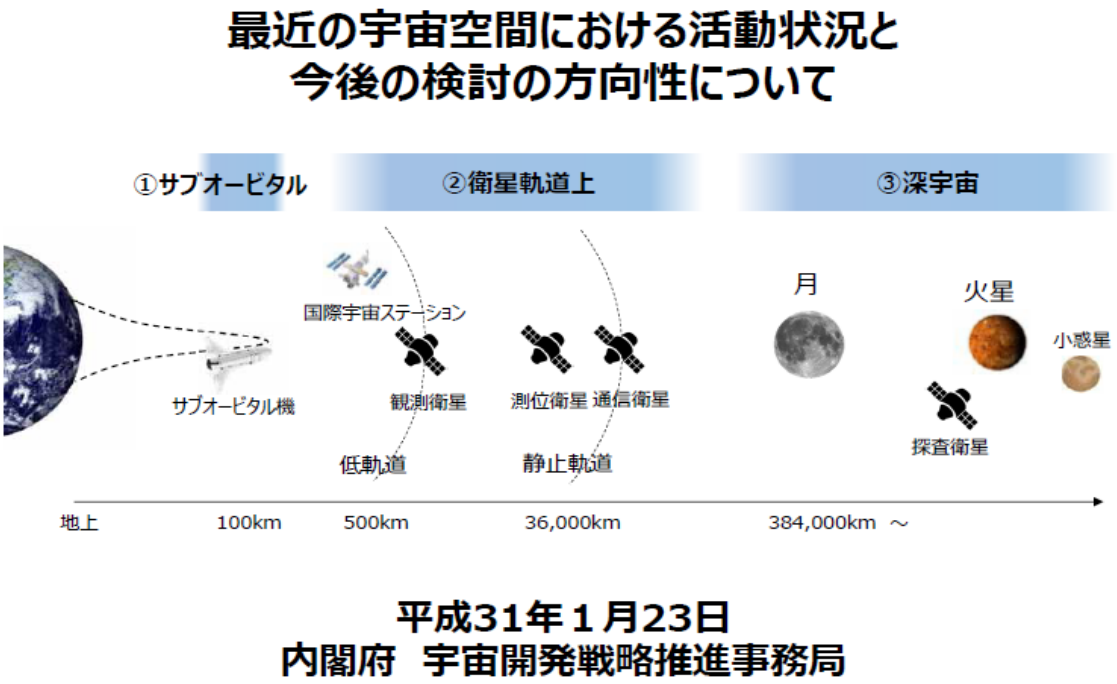


図-7　最近の宇宙空間における活動状況

① サブオービタル

最近の活動状況

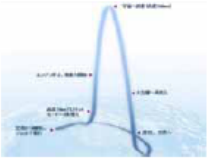
●国内外でサブオービタル飛行計画が進展。

・Virgin Galactic（米国）
昨年12月、有人サブオービタル飛行に成功。

Spaceship Two(Virgin Galactic)

・Blue Origin（米国）

・PDエアロスペース（日本）
2024年に有人機の運用開始を目指す。
ANAやIHIが出資。資本金は６億9,600万円。

ペガサス（イメージ）（PDエアロスペース）

飛行計画（PDエアロスペース）

・SPACE WALKER（日本）
九工大関連ベンチャー。2022年のサブオービタルプレーン打上げを目指す。
2027年には、有人宇宙飛行を目指す。

・Space Port Japan（日本）
日本にスペースポートを開港することを支援する民間団体。

スペースプレン（イメージ）（Spacewaker）

今後の検討の方向性

●サブオービタル飛行に関して、民間の取組状況や国際動向を踏まえつつ、必要な環境整備の検討を行う（宇宙基本計画工程表）。乗客・乗員の安全性確保が重要。

※米国ではFAAが管轄

1

図-8　①サブオービタルの現状

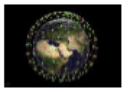
② 衛星軌道上

最近の活動状況

●小型衛星のコンステレーション化の進展

米国OneWeb（700機超）、米国SpaceX（4000機超）、
米国Planet（100機超）、アクセルスペース（約50機）

出所：FAA The Annual Compendium of Commercial Space Transportation:2018



コンステレーション

網で宇宙デブリ捕獲（SSTL）両社HPより

●軌道上で様々なサービスを計画するベンチャーが出現

米国SSL（燃料補給、衛星修理）、米国Northrop Grumman Innovation Systems（燃料補給）、アストロスケール（デブリ除去）、英国SSTL（デブリ除去：昨年９月実証）

●米国DARPAも、軌道上サービスに関する取組を進めている

- PPP方式で、**静止衛星ロボットサービス技術**の開発を進める旨決定。
  一昨年、SSL社を採択。2021年に実証機を打上げ予定。
- 軌道上サービスに関する基準を検討するための**民間中心のフォーラム(CONFERS)**を立ち上げ。

相手衛星を捕まえ、燃料補給（SSL）両社HPより

●米国では、民間企業もSSA情報を提供（AGI、LeoLab、ExoAnalytics等）

今後の検討の方向性

●宇宙状況把握（SSA）の強化

- 防衛省･JAXAによるSSAシステムの整備･強化。
- 民間SSAの取組もフォロー。

●宇宙デブリ対策の推進

- 関係省庁から成るタスクフォースを設置予定。宇宙デブリ低減対策の基本的な取組を整理。
- 宇宙デブリ低減に向けた国際的ルール形成に向けた取組。
- 民間活力を活用した、デブリ低減技術のJAXA実証の実施。

●宇宙交通管制（Space Traffic Management: STM）に関する情報収集と検討加速

- 内閣府が、国際シンポジウムを開催、海外関係者及び関係省庁を招聘し、意見交換。

2

図-9　②衛星軌道上

③ 深宇宙

最近の活動状況

●昨年２月、米国が月近傍有人拠点構想「Gateway」を国際協力、民間との協力により構築していく旨発表。

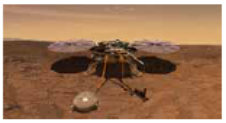
NASAが提示しているGatewayのコンセプト　NASAHPより

- 開発・建設は、総額は約3,100～4,200億円（NASA等の情報に基づくJAXA試算（輸送系を除く））。
- プログラム開始フェーズでは、4名の宇宙飛行士が30日程度滞在することを想定。
- NASAは、2022年から電気推進エレメントを打ち上げ、2026年頃までの完成を計画。

●小型月離着陸実証機（SLIM）、火星衛星サンプルリターン計画（MMX）を着実に推進中

●昨年11月、火星の内部を調査するNASAの無人探査機「InSight」が火星に着陸

●１月３日、中国の無人探査機「嫦娥４号」が月の裏側に着陸･月面走行･撮影に成功



火星内部を調査するNASA無人探査機　NASAHPより

着陸した嫦娥４号を探査車から撮影　CNSAHPより

●ispaceによる月面開発計画

昨年11月、NASAの商業月面輸送サービスプロジェクト（CLPS）に採択。

今後の検討の方向性

●宇宙科学･探査プロジェクトを強化。（フロントローディングとプログラム化の実施）

●Gatewayへの参画等に関する技術実証（F/S）や国際調整等を推進。併せて、ISSの今後の利用について検討。

●月探査や宇宙資源開発等に関する国内外の情勢を踏まえ、我が国の宇宙探査へのかかわり方に関する検討を実施。

3

図―10　③深宇宙

６．世界の動向と宇宙交通への影響

世界の宇宙活動の中で、宇宙交通管理への最大限の影響を与えているのが、所謂、Mega-Constellation 計画である。

図-11 は、軌道高度別の各社各プロジェクト別打上げ衛星数を表している。中でも、高度約 350Km の計画は、他も許さないダントツに多くの宇宙利用事業者にとって脅威である。

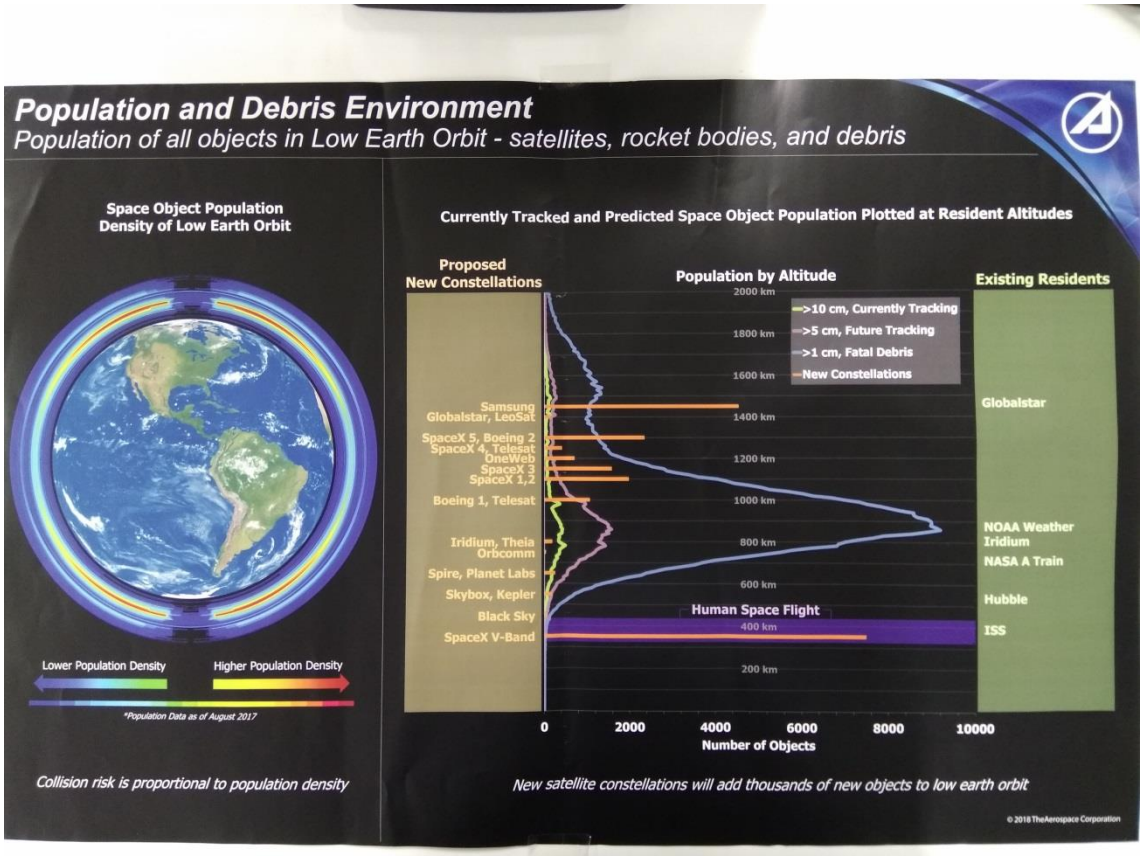


図-11　軌道高度別 Mega-Constellation 衛星数

表-2　代表的な Mega-Constellation

March 4, 2017 (TOTAL=18,410)

NGSO APPLICATIONS TO FCC				
COMPANY	LOCATION	NO. OF SATELLITES	BANDS	SERVICES
SpaceX	Hawthorne, CA	7,518	V	Global broadband

SpaceX	Hawthorne, CA	4,425	Ka, Ku	Global broadband
Boeing	Seattle, WA	2,956	V	Advanced communications, Internet-based services
OneWeb	Arlington, VA	1,280	Ka, Ku, V	MEO Global broadband
OneWeb	Arlington, VA	720	Ka, Ku	First Generation LEO Global broadband
OneWeb	Arlington, VA	720	Ka, Ku, V	Second Generation LEO Global broadband
Kepler Communications	Toronto, ONT	140	Ku	Machine-to-machine communications (Internet of Things)
Telesat Canada	Ottawa, ONT	117	Ka	Wide band and narrow band communications services
Telesat Canada	Ottawa, ONT	117	V	Wide band and narrow band communications services
Theia Holdings A, Inc.	Philadelphia, PA	112	Ka, V	Integrated Earth observation and communications

				network
Spire Global	San Francisco, CA	100	AIS, ASM, GNSS	Maritime monitoring, meteorological monitoring, and earth imaging services
LeoSat MA	Pompano Beach, FL	80	Ka	Broadband services
Boeing	Seattle, WA	60	Ka	Very high speed connectivity for end-user earth stations
O3b	Washington, DC	60	Ka	Broadband services
O3b	Washington, DC	24	V	Broadband services
ViaSat	Carlsbad, CA	24	Ka, V	Broadband services
Karousel LLC	Alexandria, VA	12	Ka	Communications
Audacy Communications	Walnut, CA	3	K, V	Data relay constellation providing satellite operators with seamless access to NGSO satellites
Space Norway	Oslo,	2	Ka,	Arctic broadband

AS	Norway		Ku	

７．宇宙活動の世界的動向

７．１　人工衛星打上げ状況

下表は、2019 年 4 月 1 日現在の主要国衛星打上げ数を示す。

表-3　各告別衛星打上げ数（統計）2019 年

SATELLITE BOX SCORE
(as of 01 April 2019, cataloged by the U.S. SPACE SURVEILLANCE NETWORK)

Country/ Organization	Payloads*	Rocket Bodies & Debris	Total
CHINA	346	3673	4019
CIS	1524	5063	6487
ESA	89	56	145
FRANCE	64	492	556
INDIA	95	118	213
JAPAN	175	115	290
USA	1750	4792	6542
OTHER	929	123	1052
TOTAL	4972	14432	19404

** active and defunct*

また、下図は各年毎の打上げ衛星数を示す。2017 年の急増は、早速の Cubesat 衛星数が大半を占めている。

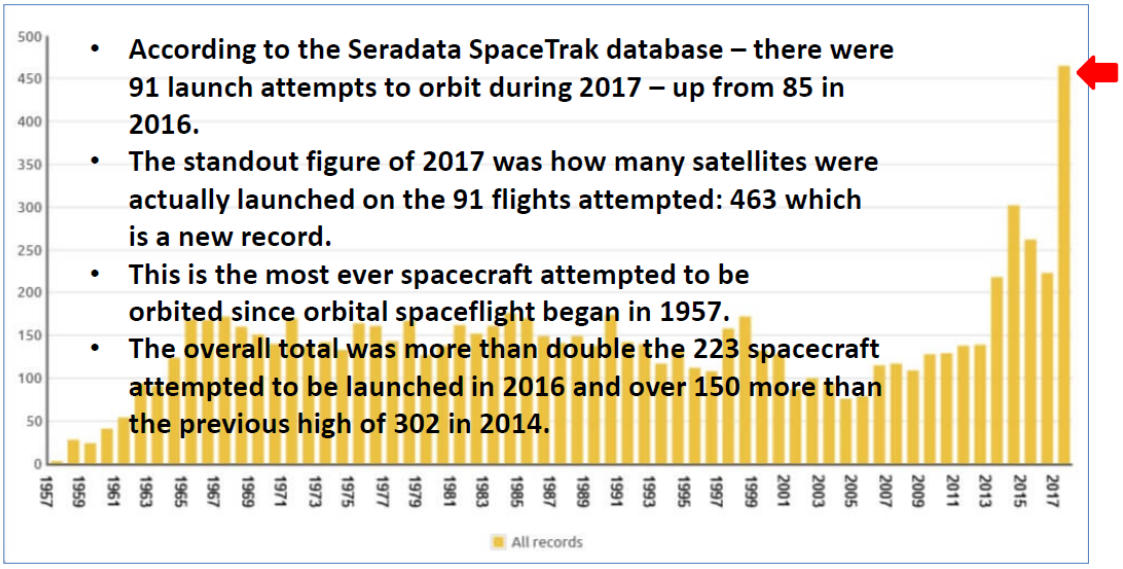


図-12　1957 年以降の年度別衛星数の経歴

７．２　最近の小型衛星多数同時打上げの例

（１）インドインド、人工衛星 104 基を一度に打ち上げ 史上最多記録

2017 年 2 月、インド宇宙研究機関（ISRO）は 15 日、南東部スリハリコタ（Sriharikota）にある宇宙センターから人工衛星 104 基を載せたロケットを打ち上げ、すべての衛星を軌道に投入することに成功したと発表した。一度のロケット打ち上げで軌道に投入した衛星の数で世界最多記録を樹立した。

ロケットが搭載していた人工衛星は、重さ 714 キロの地球観測用衛星 1 基と、合わせて 664 キロの小型衛星 103 基。小型衛星は、米国の 96 基をはじめ、イスラエル、カザフスタン、オランダ、スイスなど、他国のものが搭載されていた。

一度のロケット打ち上げで軌道に投入した衛星数ではこれまで、ロシアが 2014 年 6 月に成功した 39 基が最多だった。低予算の宇宙開発で知られる ISRO は今回、これを大幅に上回る新記録を打ち立てた。

（２）SpaceX、衛星 60 基の打ち上げに成功 衛星インターネット計画「スターリンク」

2019 年 5 月、米宇宙開発企業スペース X（SpaceX）は 23 日、衛星 1 万 2000 基で宇宙からインターネットサービスを提供する「スターリンク（Starlink）」計画の実現に向けて、最初の 60 基をロケットで打ち上げた。

富豪のイーロン・マスク（Elon Musk）氏が創設したスペース X は、民間企業の宇宙開発競争においてロケット打ち上げ市場で他社をリードしており、今度は未来の宇宙インターネット市場でも、大きなシェアの獲得を目指している。

８．宇宙デブリの現状と今後

８．１　デブリ数の変遷

図-14、15 には、それぞれ軌道上に残存する宇宙物体（衛星、ロケット機体最終段、破片等）と、物体の総重量を示す。

1957 年、スプートニク 1 号以降、物体数は徐々に増加、10cm 以上の物体数は、19,000 個を超えている。中でも、2007 年に中国が実施した ASAT（対衛星攻撃実験）で約 3,000 個の破片が発生、2009 年は運用を終了していたロシアの衛星と米国のイリジウム（衛星電話）との間で起きた衝突による 2,000 超のデブリが発生。

また、図-14 に示すとおり、破片は人工衛星本体数よりも数倍多く観測されているが、図-15 のように、重量分布を見ると破片は非常に小さいが、10cm 程度の破片でも、衛星やロケット本体に衝突すると、致命的な破壊に至ることが分かっている。

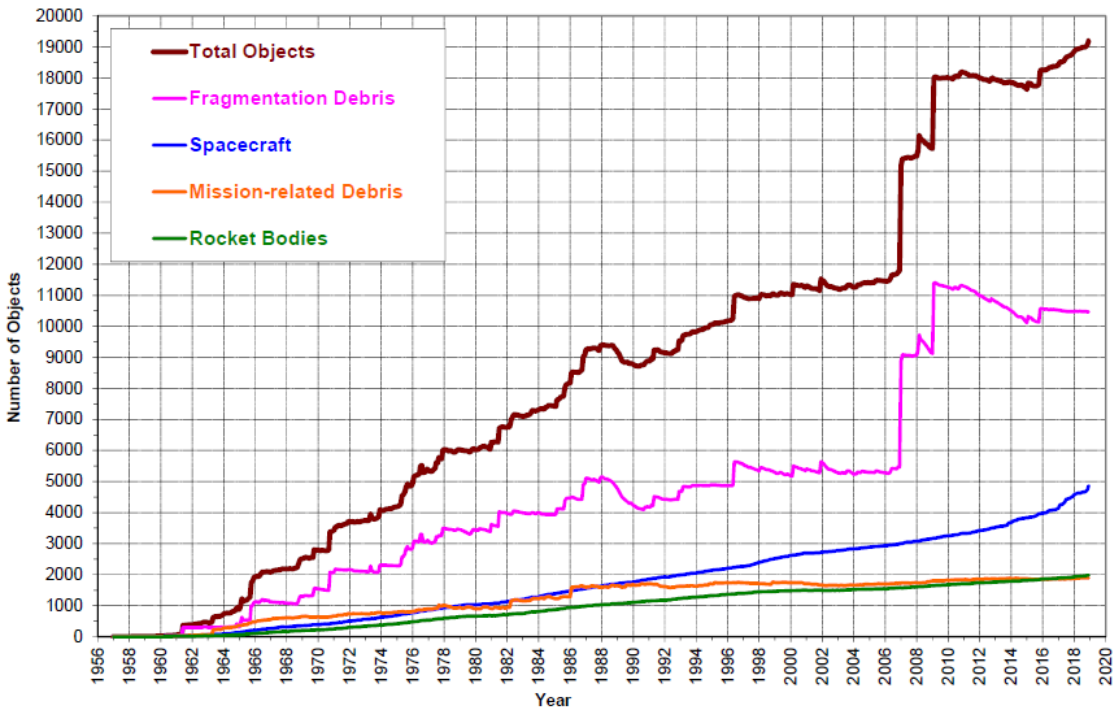


図-14 宇宙デブリの経年変化（2007 年中国 ASAT、2009 年米ロ衛星衝突）

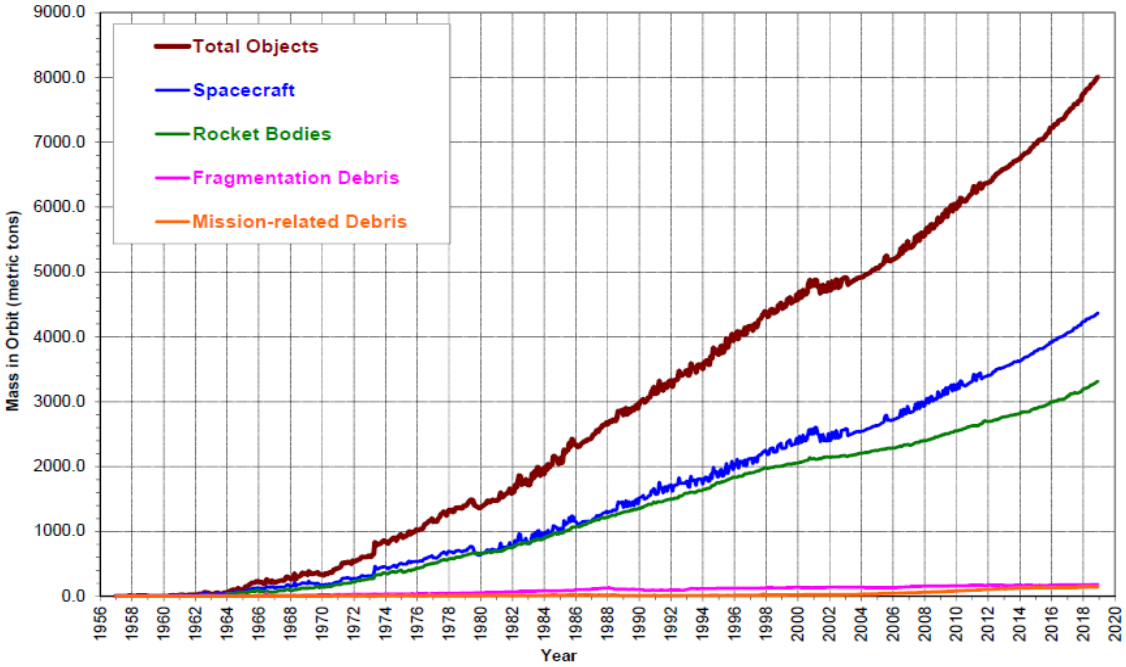


図-15　これまでに打上げた宇宙物体の総重量

８．２　破裂発生の原因

第 1 位：残存燃料への引火、②不明、③終末処理不完全性、④バッテリとなっている。

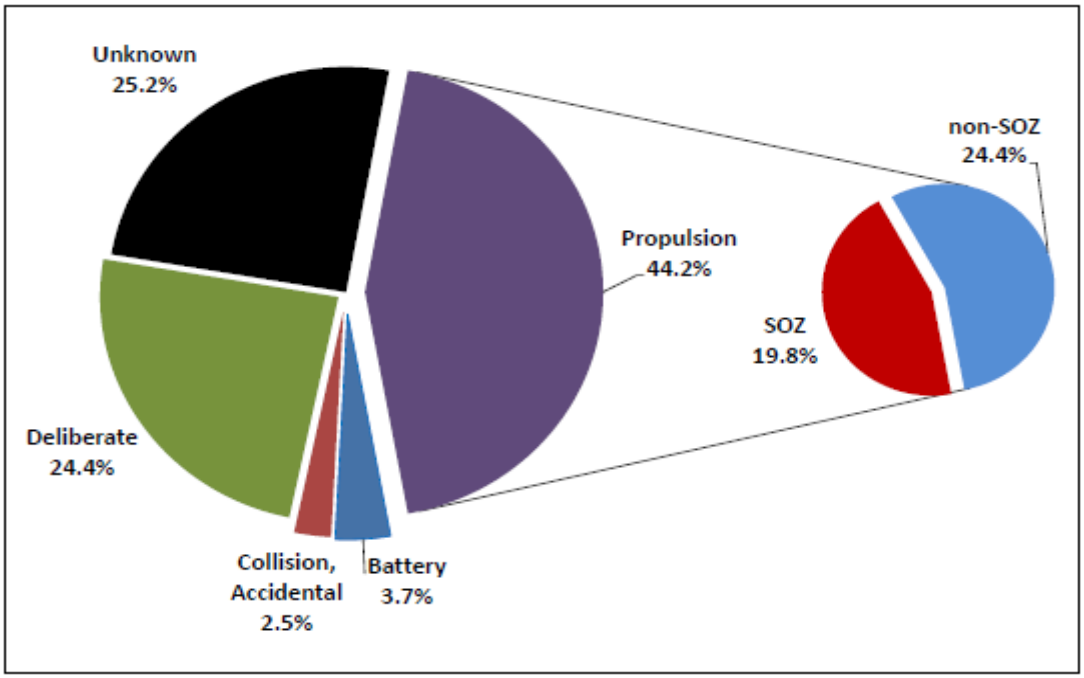


Figure 3. Causes of the 242 known satellite breakups.

図-16　破裂発生要因

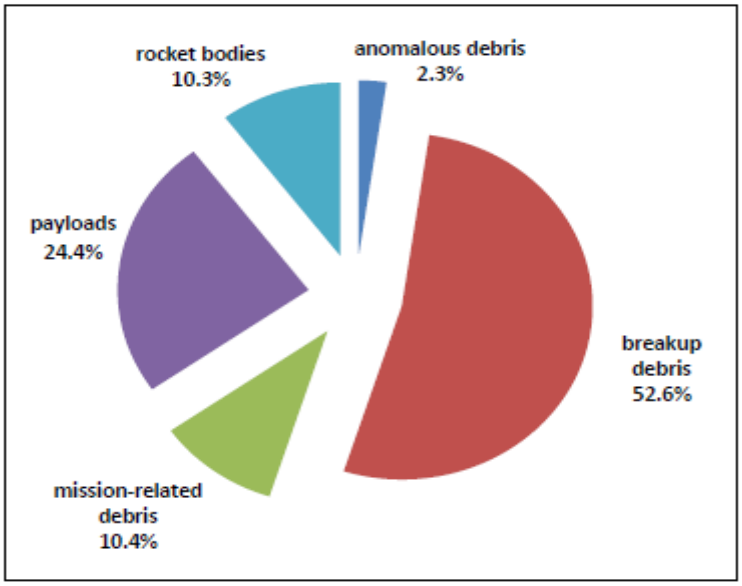


Figure 2. Relative segments of the cataloged in-orbit (4 July 2018) Earth satellite population. Anomalous debris is produced in unplanned events that result in the separation, usually at low velocities, of one or more objects from the parent body. Mission-related debris results from the intentional release of objects during nominal on-orbit operations.

図-17　カタログ化された物体数の順番（①破裂による破片、②人工衛星本体、③ロケット・衛星の付属品、④ロケット本体・衛星数、等）

８．３　破裂発生事故の履歴

図-18 に、1961 年初めて発生した破裂事故以来、これまでの事故発生履歴を示す。破裂事故発生の原因は、８．２項で述べたとおりであるが、2000 年以前は、衛星設計の未熟さに起因する例も多かったが、今なお、事故発生は減少しているとは言いがたいのが現実である。平均すると 4 回／年程度である。破裂事故の発生もデブリ数が減少しない要因のひとつである。

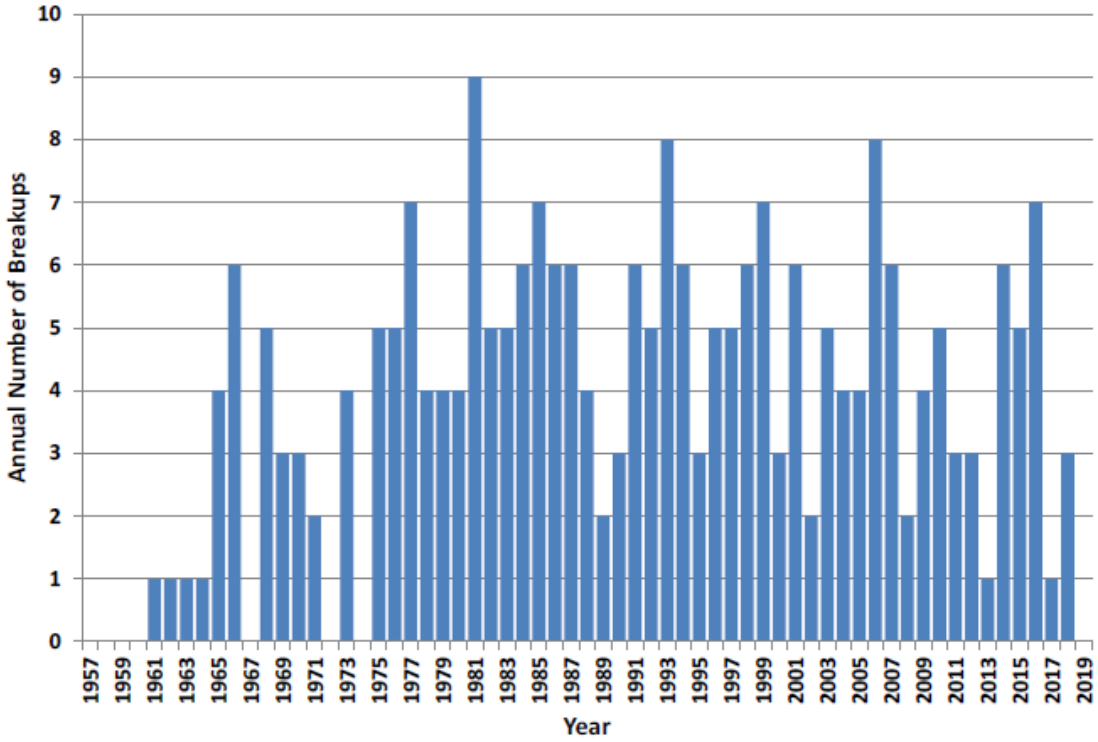


図-18　過去の破裂事故発生数

（1）2019 年、H2A ロケット第 2 段が破裂

2019 Fragmentations Commence with Japanese Rocket Body Breakup

Two distinct fragmentation events are associated with International Designator 2018-084, both apparently occurring on 6 February 2019. In this unusual circumstance, a Japanese H-2A second-stage rocket body experienced a breakup event, while a mission-related debris object experienced an anomalous object shedding event.

The rocket body, an H-2A model 202, (International Designator 2018-084L, U.S. Strategic Command [USSTRATCOM] Space Surveillance Network [SSN] catalog number 43682) launched the Japan Aerospace Exploration Agency GOSAT 2 primary payload and five small secondary payloads on 29 October 2018 and fragmented approximately 100 days after launch. The rocket body was in a 590 x 493 km altitude, 98.8° orbit on the day of the event. The U.S. Consolidated Space Operations Center (CSpOC) reports a minimum of seven fragments associated with the breakup. The 3100 kg (dry mass) cryogenic stage's stored energy is normally minimized by standard stage passivation practices but the success of those practices in this case is unknown. One H-2 (1998-011B) and two H-2A second stages (2006-002B and -037B) have previously broken up.

The mission-related debris that experienced the anomalous event is piece tag E, SSN number 43675. The object is likely the conical "adapter" section of the three-section Kawasaki Heavy Industries 4/4D-LC dual Payload Encapsulation System. The event occurred at 06:00 GMT on 6 February, while the object was in a 629 x 594 km altitude, 97.85° orbit. CSpOC observed five objects associated with this event. At least one prior higher-energy event, the breakup of mission-related debris object 2007-005E, is known and reported.

In addition to the parent bodies, four debris (piece tags M-Q inclusive) have entered the publicly-available U.S. Satellite Catalog; however, it is not clear at this time if these are associated with one or both of the parent bodies. This piece count will be updated in the ODQN and in revisions to the NASA History of On-orbit Satellite Fragmentations as debris cloud cataloging progresses. ♦

2018 年 10 月 29 日に宇宙航空研究開発機構 GOSAT 2 の一次ペイロードと 5 つの小型二次ペイロードを打ち上げ、打ち上げから約 100 日後に断片化しました。 ロケット本体は、イベント当日の高度 590 x 493 km で、軌道は 98.8° でした。
米国統合宇宙運用センター（CSpOC）は、最低 7 つのフラグメントを報告している。
H-2（1998-011B）と 2 つの H-2A セカンドステージ（2006-002B と-037B）の破裂が過去報告されている。

９．米国における商業 STM（CSTM）の実態と課題

オバマ政権下では STM により宇宙活動の秩序を維持するために「規制」が必要との認識で、FAA を中心とした検討が進んでいた。一方、トランプ政権では、「脱規制」、「宇宙の商業利用促進」に軸足が移り、商務省を中心とした体制への以降を、SPD-2、SPD-3 で指示している。
しかし、大統領令の実施には、議会の承認が必要で、難航している。
以下に、米国のこの分野の専門からの投稿を転載する。

９．１　米国の宇宙交通管理政策

ブライアン・ウィーデン
セキュアワールド財団プログラム計画部長

トランプ政権は 2018 年 6 月 18 日、宇宙交通管理（STM）に関する米国初の国家宇宙政策を定めた宇宙政策指令-3(Space Policy Directive 3、SPD-3)を発表した[1]。SPD-3 の発表は、オバマ政権時代に始まり、10 年近くに及んだ STM に関する省庁間の議論や討論の集大成となった。しかし、SPD-3 の完全実施には至っていない。米議会が現在の所管当局を変更し、主要な行政機関の予算や人員数の変更を承認する必要があるためだ。

オバマ政権は複数の要因から STM を重視するようになったが、この要因は全て、各官僚機構の動きにつながった[2]。第 1 の要因は、主として人類が発生させた宇宙ゴミによって地球周回軌道が過密になり、結果として活動中の衛星にリスクをもたらすことだった。第 2 の要因は、宇宙状況認識（Space Situational Awareness, SSA）を行うための現在の軍管理システムの欠点であった。同シス

---

[1] ホワイトハウス、（2018 年 6 月 18 日）、「宇宙政策大統領令 3、国家宇宙交通管理政策（SPD-3 Space Policy Directive-3, National Space Traffic Management Policy）」、https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/space-policy-directive-3-national-space-traffic-management-policy/を参照

[2] Weeden, B.、（2017 年 1 月 11 日）、「軍民両用宇宙技術に関する大統領の政策決定を行う省庁間プロセスのケーススタディ：GPS と宇宙交通管理（Case Study of the Interagency Process for Making Presidential Policy Decisions on Dual-Use Space Technology: The Global Positioning System and Space Traffic Management）」（博士号）、ワシントン D.C のジョージ・ワシントン大学

テムの能力向上と近代化は数十年にわたって難航していた[3]。第 3 の要因は、民間宇宙活動を監督する現在の米国規制当局と、衛星サービス、民間宇宙ステーション、小惑星の資源採掘など、現在はライセンス手続きや管轄官庁の存在しない将来の商業宇宙ミッションの間のずれだった。第 4 の理由は、対宇宙能力の拡散や宇宙における衝突のリスクの増大への対応に役立つ、責任ある行動の規範を確立したいという望みであった。

STM に関する正式な省庁間のプロセスはオバマ政権時代に始まり、トランプ政権になっても継続した。オバマ政権は、2010 年 6 月に更新された国家宇宙政策を発表した後[4]、同政策実施の一環として STM の議論を開始するために正式な省庁間グループを招集した[5]。このグループは、宇宙環境に関する SSA 情報を統合するものとしての STM の定義、ライセンス付与や宇宙交通の規制・執行を通じた監督、起こり得る衝突を避けるために講じられる行動といった宇宙交通管理について意見の一致に達した。しかし、グループは引き続き会合を行ったものの、省庁間対立が生じたために政策に関するさらなる見解の一致は実現しなかった。主な対立点は、どの機関が STM を扱うかであり、主な候補は運輸省だった。トランプ政権は 2017 年 1 月に発足した後、主要な宇宙政策の問題の 1 つとして STM の問題を取り上げた。オバマ政権が築いた基盤に立脚して、トランプ政権は STM の政策をめぐり合意に達することができた。

SPD-3 での定義によれば、STM は、宇宙環境における作業の安全性、安定性、持続可能性を高めるための活動の、企画、調整、軌道上での同期である。STM は SSA のデータとサービスに依存しているが、宇宙活動を如何に行うべきか、とい

---

[3] 歴史的背景については、Weeden, B.、（2012 年 9 月 10 日）、「見失いつつあるのは、米国が宇宙状況把握を失う間際にある理由と、それに関して何ができるか、である（Going blind: What America is on the verge of losing its space situational awareness in space and what can be done about it）」、セキュア・ワールド基金（Secure World Foundation）、https://swfound.org/media/90775/going_blind_final.pdf を参照

[4] ホワイトハウス、（2010 年 6 月 28 日）、米国国家宇宙政策（National Space Policy of the United States of America）、https://www.space.commerce.gov/policy/national-space-policy/を参照

[5] Brian Weeden、（2017 年 9 月 22 日）、「宇宙交通管理を切り抜ける（Muddling through space traffic management）」、スペースニュース（SpaceNews）、https://spacenews.com/muddling-through-space-traffic-management/を参照

う情報を提供するための監督という観点を追加している。SPD-3 による最大の政策変更の 1 つは、民生機関、特に米国商務省に対し、それまで国防総省の単独の権限であった安全関連の SSA データとサービスを提供する権限を付与したことである。国防総省は「正式な衛星カタログ」を引き続き管理し、商務省にデータを提供するが、それ以外では SSA の国家安全保障の側面に関する取り組みに再び集中することになる。この政策変更は、2018 年 5 月に発表された宇宙政策指令-2（SPD-2）でトランプ政権が行った主要な政策変更とも結びついており、米国の民間部門の宇宙活動を監督するより広範な権限を商務省に与え、企業が米国のライセンスを取得するための入り口となっている[6]。民生の SSA 当局と規制当局を 1 つの機関に統合することは、効果的な STM を確立する中心的役割である。

SPD-3 は STM の発展と実施の重要な部分として民間部門も組み込んでいる。SPD-3 が商務省に指示しているのは、商業的、学術的、科学的、国際的な情報源からの SSA データと併せ、国防総省からの未分類の SSA データを組み込む「オープン・アーキテクチャ・データ・リポジトリ」の構築である。商用 SSA ソフトウェアとサービスも、リポジトリのアーキテクチャ構築において考慮される。SPD-3 は商務省に対し、将来の STM 規則と規制を産業界で発展した慣行と基準に基づくものにするとともに、こうした規則を国際的に採用することを提唱する前に、国レベルで発展させることも指示している。

トランプ政権は 6 月以降、SPD-2 と SPD-3 による政策変更の実施に注力している。政策ビジョンを実行するため、商務省内のリソースの整理、特に商業宇宙室（OSC：Office of Space Commerce）に重点が置かれている。OSC は、米国の商業宇宙活動を促進するための中心となるよう 1988 年に創設されたが[7]、リソースが不足し注目もされなかったため、重要なプレーヤーにはならなかった。トランプ政権は議会に対し、追加の人員や予算と併せ、OSC を商業宇宙局（Bureau of

---

[6] ホワイトハウス、（2018 年 5 月 24 日）、「宇宙政策指令-2、宇宙の商業利用に関する規則の合理化（Space Policy Directive-2, Streamlining Regulations on Commercial Use of Space）」、https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/space-policy-directive-2-streamlining-regulations-commercial-use-space/を参照

[7] 商業宇宙室、（日付不明）、「商業宇宙室の法的・部門的位置づけ（Legal and departmental authorities of the Office of Space Commerce）」、https://www.space.commerce.gov/law/office-of-space-commercialization/を参照

Space Commerce）に格上げして商務長官への直接報告を求める立法提案を議会へ送付した[8]。一方、OSC は、リモートセンシングのライセンス改定と商業宇宙活動の促進に関し、省庁間で主導している。

SPD-3 の完全な実施は、主に議会からの重大な政治的課題に直面している。OSC を格上げし、追加の規制当局、予算、人員を与えることは議会にしかできない。共和党が支配する下院は 2017 年 6 月[9]と 2018 年 6 月[10]に、SPD-2 と SPD-3 で提案された変更の大部分を実施する 2 つの法案を提出した。共和党が支配する上院は 2018 年 7 月、商務省の代わりに運輸省に権限を与えることで SPD-3 に効果的に反対する法案[11]を提出し、民生の SSA 当局に関しては沈黙した。民主党が 2019 年に下院の支配権を握り、かつ STM の主導機関として運輸省を支持すると仮定すると、トランプ政権が STM に関する自らの政策の取り組みを妥協なしで全て実施するのは難しい。

９．２　宇宙交通管理の考察とそのモデル

テレッサ・ヒッチェンス、
メリーランド大学国際安全保障研究センター（CISSM）上級研究員

商業宇宙ベンチャーの急増により、衛星の数と軌道上の活動の種類の両方が増加することが予想されているため、宇宙の「交通」を管理するという問題に対する国際社会の関心と緊急性が高まっている。

---

[8] 商業宇宙室、（2018 年 10 月 15 日）、「商業宇宙局設立のための立法提案（Legislative proposal to establish Bureau of Space Commerce）」、https://www.space.commerce.gov/legislative-proposal-to-establish-bureau-of-space-commerce/を参照

[9] Congress.gov、（2017 年 6 月 7 日）、「H.R. 2809－米国宇宙商業自由企業法（H.R. 2809 – American Space Commerce Free Enterprise Act）、https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/2809 を参照

[10] Congress.gov、（2018 年 6 月 26 日）、「H.R. 6226－米国宇宙 SAFE 管理法（H.R. 6226 – American Space SAFE Management Act）」、https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6226 を参照

[11] Congress.gov、（2018 年 7 月 25 日）、「S.3277－2018 年宇宙フロンティア法（S.3277 – Space Frontier Act of 2018）」、https://www.congress.gov/bill/115th-congress/senate-bill/3277 を参照

「宇宙交通管理」(STM) という用語には、合意が取れた国際的な定義はないが、このテーマ自体は新しいものではなく、STM の枠組みの下で検討され得る要素に関する学術的・科学的な研究はかなり存在する。そもそも、そうした枠組みは個別の国家が作るべきだったのか、多国籍レベルで作るべきだったのかも検討対象となっている。STM に関する影響力の大きい研究の 1 つは、2006 年に国際宇宙航行アカデミー（IAA）によって行われた「宇宙交通管理に関する宇宙研究」だった[12]。この研究では、STM は次のように定義された。

> 「宇宙交通管理とは、物理的・電波的障害を受けることなく、安全に宇宙空間へアクセスし、宇宙空間で活動し、宇宙空間から地球へ帰還することを促進するための、一連の技術的および規制上の取り決めである」

IAA の研究は、宇宙船が退役するまでに通過していく打上げ、軌道上移動、大気圏再突入という各段階をカバーする、包括的かつ国際的な STM の枠組みに入れることができる要素を概説している。宇宙飛行を行っている多くの国が既に自国関係者による打上げと再突入の活動に関する認可・監督制度を発展させてきたが、軌道上の活動に関する規則の発展はなかなか進まず、再突入に関する問題は、各国、国際レベルの現在の議論で最も懸念されている。しかし、国際的には、STM の議論は依然として始まったばかりであり、包括的な制度の発展ではなく、軌道上の活動に関するデータの共有といった包括的な問題の個別の要素に主に焦点を当てている。一方、米国は国家的アプローチの発展を押し進めている。

トランプ政権は、宇宙の安全に対する現在および将来のリスクをより良く管理する必要性に言及し、宇宙政策大統領令 3（SPD-3）の下、STM の政策の一連の目標を設定し、そうした目標を達成するための新たな慣行と手順を具体化するという任務を様々な機関に課した[13]。SPD-3 では、米国の STM の枠組みは

---

[12] 「宇宙交通管理に関する宇宙研究（Cosmic Study on Space Traffic Management）」、国際宇宙航行アカデミー（IAA）、2006 年、https://iaaweb.org/iaa/Studies/spacetraffic.pdf

[13] 「宇宙政策大統領令 3、国家宇宙交通管理政策（Space Policy Directive-3, National Space Traffic Management Policy）」、ホワイトハウス、2018 年 6 月 18 日、

「科学技術における宇宙状況認識（SSA）と STM のイノベーションの優先順位を設定し、国家安全保障を考慮し、米国の商業宇宙部門の成長を促進し、最新の STM 構造を確立し、国際社会に宇宙の安全基準やベストプラクティスを広める」ものでなければならないとされている。SPD-3 はさらに、「ベストプラクティス、技術指針、安全基準、行動規範、打ち上げ前のリスク評価、軌道上の衝突回避支援からなる STM の枠組みは、宇宙の運用環境を保全するのに不可欠である」という原則を定め、他国に対してこの概念を取り入れるよう促している。

SPD-3 で提案された米国のアプローチは、1 つのモデルとして、全体にわたる特徴がいくつかある。第一に、STM の機能に関する責任は、軍事部門や国家安全保障部門ではなく、主に民生の機関に置かれている。第二に、民間部門が規則の制定プロセスに組み込まれており、米国政府は基準と慣行の発展に関する基本的作業を行う事業者に着目している。

これには、現在まで米戦略軍の支援の下で米軍に委ねられている SSA 能力とデータ共有に関する責任を移転することが含まれる。SPD-3 の下では、宇宙物体のデータを収集し、商業法人や外国法人と共有する際の国防総省の活動や、宇宙船接近の警告を、万一衝突した場合にその影響を受けかねない事業者に対して提供する業務を引き継ぐものとして、商務省が選定された。どの程度の量のデータをどの程度の正確さで、国防総省が商務省に対して提供するのか（そしてその後、外国政府事業者と共有するのか）の詳細についてはまだ詰まっていない。しかし、生データに関しては軍のセンサシステムに依存しているため、関連する国家安全保障上の懸念が残っている。そのため、米軍は引き続き宇宙物体のデータベースそのものの管理に責任を持つ。その一方、SPD-3 は、米国がオープン・アーキテクチャ SSA データ・リポジトリの作成を通じ、外国の事業者や商業事業者と SSA データや接近分析を共有する慣行を継続することを強調している。このリポジトリには、「基本的な」軍事データが含まれ、米国の軍事システムが適切に組み込むことができなかった他のセンサや情報源からのデータを統合できるように構築される。

これにより、商務省が民間部門から商業的に提供された宇宙物体のデータの取得にどの程度頼るのかという問題が出てくる。もちろん、上術した米国の STM 制度の代替モデルの 1 つとして、議会が委託した研究では、SSA のデータとサ

---

https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/space-policy-directive-3-national-space-traffic-management-policy/

ービスの完全な民営化に焦点が当たった14。軍のデータベースが利用可能であることを考えると、完全に民間の SSA システムはほとんど意味をなさず、そうしたサービスのコストの高さが懸念されるので、そのアプローチは他国にとっても思慮に欠けるものになる可能性がある。それにもかかわらず、商務省が民間部門のイノベーションを支援するという SPD-3 の指示に沿い、商業事業者からある程度のデータを購入することが見込まれている。

さらに、国家的宇宙活動の監督と規制のための米国のシステムは複雑であり、連邦政府の多くの省や機関が関与している。最も関係が深いのは、無線周波数スペクトルへの商業衛星のアクセスを認可する連邦通信委員会（FCC）、商業打上げと再突入の安全を確保する連邦航空局（FAA）、商業リモートセンシング衛星の認可を行う海洋大気庁（NOAA、商務省傘下）である。米国モデルの下では、これらの機関は現在の権限を維持する。しかし商務省は、軌道上のサービス提供といった、現在規制の谷間に落ちている活動を監督する権限を付与される。様々な機関が、宇宙船のマヌーバ、追跡、信頼性、処分に関する「最小限の安全基準とベストプラクティス」を確立するために協力するという任務を課されている。分散した規制構造には、個別の各種問題に対してより多くの専門知識で対応できるという利点がある一方、小国が米国システムをまねることはリソース不足が原因となって難しい可能性がある。専門機関のアプローチにも、要件が重複したり、抵触したりする可能性があるという重大な欠点がある。一例として、FCC は、商務省と米航空宇宙局（NASA）が主導するより広範な規則の見直しがまとまる前に、認可取得者に対して新たなデブリ軽減要件を提案した。

---

14 「軌道の交通管理研究：米航空宇宙局（NASA）への最終報告（Orbital Traffic Management Study: Final Report to the National Aeronautics and Space Agency）」、Space Applications International 社（SAIC）、2016 年 11 月 21 日、http://www.spacepolicyonline.com/pages/images/stories/Orbital%20Traffic%20Mgmt%20report%20from%20SAIC.pdf および「民生の宇宙状況把握（SSA）に向けた選択肢の評価（Evaluating Options for Civil Space Situational Awareness (SSA)）」、防衛分析研究所（IDA）科学技術政策研究所、IDA ペーパーNS P-8038、2016 年 8 月、https://www.ida.org/idamedia/Corporate/Files/Publications/STPIPubs/2016/P-8038.ashx

SPD-3 担当者と米国政府幹部は、STM に対する何らかの国際的なアプローチが最終的に必要であるとの点について語ってきたが、現在の政策は「入れ物を作れば、その中身もおのずと決まって来るだろう」という言葉で表されるものである。つまり、米国は STM に関する国際的合意が生まれるのを待つのではなく、他の国がまねをする STM モデルを広めることを目指している。米国の宇宙事業の特異性（大規模な予算、多様化した規制システム、宇宙活動と政策決定における国家安全保障部門の重み、民間活動の優位性）を考慮すると、宇宙飛行を行っている国の大多数にとって米国のアプローチが妥当なものか否かは不明である。

９．３　オコンネル商務省宇宙商業利用部長の議会証言

複雑な世界環境の中で米国の宇宙リーダーシップをどのように推進するかについて、本日、Bridenstine 長官と共に証言させて頂きます。 私が提示する視点は、商務省の国立海洋大気庁（NOAA）内の宇宙商務局長としての私の時間、ならびに私の商業リモートセンシングに関連する政策、市場、およびセキュリティ問題に関する 25 年間にわたる仕事から引き出されたものです。

競争力の高い米国の政策および規制の枠組みの創造

アメリカの宇宙企業は非常に複雑で競争の激しい状況に直面しています。 世界的な宇宙経済が成長するにつれて、各国は、優位性を獲得し、新興産業を保護し、市場シェアを獲得する方法を模索しています。 成熟した規制制度を持つ国々は、政策や規制環境を早急に近代化する必要がある一方、新しい制度を持つ国々は、商業宇宙活動を規制する最善の方法を理解するのに苦労しています。米国企業は、補助金、宇宙製品のダンピング、宇宙サービスの不当な提供、その他の反競争的な駆け引きを含む、市場でのさまざまな不公正な慣行に直面しています。

トランプ政権は宇宙を重視し、国家宇宙会議の再設置をはじめ、世界の宇宙環境の非常に競争が激しいという性質と、競争を勝ち抜いて優位を維持するために米国がより機敏になる必要性を認識しています。 宇宙政策指令-2 は、宇宙商取引の繁栄を可能にするために広範な規制改革を実施する必要性を明確に認識しています。 大統領は、政府機関全般にわたる行政府の規制は「経済成長を促進し、 納税者、投資家、および民間産業に対する不確実性を最小限に抑え、 国家安全保障、公共安全、および外交政策上の利益を保護し、そして、宇宙商取引におけるアメリカのリーダーシップを奨励」しなければならないと明示しています。

SPD-2 の指令の一つは、米国の宇宙商取引を奨励するという特定の目的のために商務省の改組を要求している。 米国の宇宙商取引において、産業の擁護者として、国、州、地方、および商業の取り組みの原動力となる経済的および商業的情報の源泉として、また、時にはスペースの商業化に関するセキュリティ上の懸念を相殺するものとして、商務省が重要な役割を果たすことは、40 年以上前から続く米国政府の長期ビジョンです。 しかしながら、私が現在占めているポジションは、10 年以上空席でした。 この産業は、国の経済および国家安全保障の将来にとって非常に重要であり、このような無視は二度と起こることを許されるべきではありません。

2018 年に、政権は、米国の商業宇宙産業のために商務省内全体の知識とスキルのセットを永久に活用できるように、宇宙商業室を商務省内の局レベルのオフィスに昇格することを提案しました。

現在、多くの機関は、輸出規制、リモートセンシング、周波数管理、ペイロードレビュー、および打ち上げの個別の取り組みを含む、宇宙商取引の重要な問題に関する個別の要件および法的責任を負っています。 米国宇宙商業界の経済成長と技術的進歩の条件を醸成するという商務省の責務を実行するにあたり、米国の宇宙商取引の成長を加速させ、責任ある宇宙の革新、投資、および運用のために米国を「選択の旗」にするという大統領の方針を反映した方法で、これらの規制を調整し簡素化するために省庁間で協力する素晴らしい機会だと思います。

商務省の取り組みは、再活性化された規制アプローチを用いて米国の宇宙商取引を成長させる方法に関するいくつかの重要な政策的洞察を提供しました。 米国の宇宙規制は、企業が責任を持って宇宙で投資し、革新し、運営するためのインセンティブを生み出さなければなりません。 さらに、宇宙事業者のための規制は、可能な限り容易にナビゲート出来、統合されたものでなければなりません。 宇宙運用の規制は実績ベースであるべきであり、急速に発展する商業宇宙産業に適切に対応するために、基本的な基準を満たすための柔軟性持つべきです。 商業宇宙規制の重要な要素には、合理的なタイムライン、政府と産業の間の透明性、そして協調的な事前協議プロセスが含まれていなければなりません。 規制は、商業宇宙産業への投資を促進し、これまで見られなかったビジネスモデルや技術を迅速にライセンス供与し、それらのサービスを市場に投入することを可能にすることによって革新を促進するように設計されるべきです。

さらに、世界の宇宙経済において各国が独自の市場シェアを獲得しようとすると、アメリカのビジネスを妨げる二重規制のリスクがあります。国際パートナーと、各国間の規制の違いの調整に慎重に取り組む必要があります。

行政部門の政策を宇宙商取引に反映させるための規制を形成するための省庁間の取り組みを超えて、商務省は宇宙政策指令 3 の下でかなり新しい責任を引き受けました。

指令-3、宇宙交通管理（STM）に関する米国初の包括的な政策。具体的には、商務省は、国防総省と協力して、2024 年までに、会合分析（すなわち、2 つ以上の物体が同じまたはほぼ同じ時間と空間に集まる）、および、その他の基本的な宇宙飛行の安全関連データとサービスを民間および商業ユーザーに提供する責任を負うことになります。商務省の取り組みの重要な側面は、オープンアーキテクチャのデータレポジトリ、本質的には安全上の問題のより正確な警告、ならびに、新しいセンサー、分析ツール、可視化プラットフォームおよびその他の新しい機能の実験のためのクラウドベースの環境を作成することです。私たちは国際的なパートナーシップの価値を見いだしており、同盟国及び志を同じくする民間および民間セクターのパートナーをこのアーキテクチャに参加するように誘うつもりです。これは、私たちの豊かな歴史と将来の計画と一致しているアメリカの宇宙リーダーシップのもう一つの反映です。商務省はこのタスクを単独で実行することはできません。私たちは、以下に取り組むための情報要求をとりまとめているところです

１）米国政府が現在オープンアーキテクチャデータリポジトリを介して公衆に提供している宇宙状況認識（ＳＳＡ）データおよび宇宙交通管理サービスを向上させるために商業および他の民間事業体が提供することができる特定の機能。

2）SSA、STM、および軌道デブリ軽減のベストプラクティス。 そして

3）国の利益を保護し、米国の商業用スペース投資をさらに奨励するためにこのような SSA および STM の機能強化の開発および責任ある使用を推進するために商務省が採用すべき適切な規制構造に関する展望。

これらの重要な質問に対する民間部門の意見が、SSA / STM オープンアーキテクチャへの道を切り開くのに役立ちます。

商務省における国際宇宙の取り組み

Bridenstine 長官が NASA の国際的なパートナーシップについてコメントしたのと同じように、我々に関連することについてコメントさせてください。商務省の任務は本質的にグローバルであり、外国商務サービス、産業安全保障局、および国家電気通信情報管理庁を含む商務省国際貿易局（ITA）の強力な国際的プレゼンスに反映されています。 NOAA は宇宙パートナーシップにとっても部外者ではありません。 NOAA は、20 年以上にわたり、運用中の地球観測のリーダーであり続けるために、政府所有のシステムのみを運用していた時代から、商業部門と国際パートナーシップが大きな貢献をする世界へと進化する必要があると認識してきました。 NOAA は、成功したパートナーシップによって、私たちの使命を低コストで達成し、システム全体の回復力を高め、ユーザーや利害関係者のニーズにより即応できるようになると認識しています。各国はもはや、進化するアプリケーションをサポートするのに必要な衛星と機器の完全な一式を打ち上げて運用する余裕はありません。 NOAA は、世界中の運用ユーザーへのサービスの向上を追求する優れたパートナーとして行動するというコミットメントを引き続き守ります。 NASA、国務省、国防総省、米国地質調査所（USGS）との国内パートナーシップは再確認されていますし、ヨーロッパ、日本、カナダ、台湾などの国際パートナーシップを引き続き強化しています。

さらに、米国は、NOAA、NASA、USGS が参加する多数の多国間フォーラムで非常に貴重なリーダーシップを発揮し続けています。 NOAA は、グローバルリーダーとしての私たちの役割を強化し続け、多国間調整グループにおけるリーダーシップの役割を維持し、プラットフォーム間およびパートナー間でのデータ共有と調和の推進により、統合された世界的地球観測システムを推進しています。 これらの国際的なグループには、地球観測に関する政府間会合、地球観測委員会、気象衛星調整グループ、世界気象機関への戦略的関与が含まれます。

宇宙の優位性への挑戦

商業空間でのリーダーシップには、強力なパートナーシップと、宇宙での米国の機会を守るための取り組みの両方が必要です。アメリカの宇宙競争力維持に伴う国内の課題に加えて、外国の競争相手、特に中国は宇宙勢力になるための組織的な取り組みをしています。商務省は私達の慎重な注意に値するべきである中国のイニシアチブを認識しています、そして我々は商業スペース活動にとって好ましい国際体制に対する中国の支持を歓迎します。しかし、我々はまた、

中国が市場シェアを獲得するために価格を引き下げて不当な優位性を生み出そうとしていることも懸念しています。中国はまた、途上国の地理や技術へのアクセスを得るために開発途上国への宇宙コミットメントを行ってきた実績があります。例えば、中国は発展途上国の宇宙能力を高め、同時に北京の世界的な宇宙勢力範囲を拡大し、それ自身の国際的な足跡を広げることを目指す「一帯一路の空間情報回廊」の構築に取り組んでいます。パートナー諸国が、中国のインフラストラクチャーと研究者をホストすることについてのデュアルユースの可能性の懸念を認識しているという多くの証拠があります。

中国はまた、国際電気通信連合の世界無線会議（WRC）のような国際フォーラムにおいて米国の宇宙商業の周波数へのアクセスを制限しようとしています。この脅威を考えると、米国で 5G を最初に確立するという政権の取り組みは、宇宙における米国のリーダーシップを確実にするという同時に行われる取り組みを支持しなければいけません。 衛星システムは、その長期にわたる性質、ミッションクリティカルな用途、そして広範囲にわたる科学的および経済的利益を考慮して、安定かつ予測可能な周波数環境を必要とします。 2019 年 WRC 以降の米国の指導部は、これらの政策目標の達成を目指します。

米国の技術投資と開発の弱体化を許すことはできません。 最近の米国の研究によると、中国は、年間約 3,000 億ドルと評価されている合法及び違法な技術移転の手段として、外国投資を使用しています。 最先端の宇宙技術に対する米国の知的財産権の強力な保護は不可欠です。 さらに、米国は、不正な取引慣行を特定し対処するために、引き続きその貿易法を使用します。 米国がその同盟国にとって強力なパートナーとなるためには、米国の商業宇宙が繁栄することを可能にする健全な境界を確立しなければなりません。

結論

議長及び委員会メンバーの皆様、私の考えをご検討いただきありがとうございます。 私が商務省に入省したころから、世界は米国の商業宇宙産業の力を利用することに対する私たちの新たな関心に興味をもって積極的に注目しています。しかし、ここでは、アメリカファーストはアメリカのみを意味するものではありません。アメリカの宇宙のリーダーシップは、政府と商業の分野で、伝統的な宇宙パートナーと新しい宇宙パートナーの両方に大きく依存しています。 ありがとうございました。

議長及び委員会メンバーの皆様、私の考えをご検討いただきありがとうございます。 私が商務省に入省したころから、世界は米国の商業宇宙産業の力を利用

することに対する私たちの新たな関心に興味をもって積極的に注目しています。しかし、ここでは、アメリカファーストはアメリカのみを意味するものではありません。アメリカの宇宙のリーダーシップは、政府と商業の分野で、伝統的な宇宙パートナーと新しい宇宙パートナーの両方に大きく依存しています。 ありがとうございました。

１０．我が国における STM の実態と課題

１０．１　実態

現在、我が国には STM の定義はなく、宇宙政策委員会レベルでの議論もない。一方、宇宙開発戦略本部会議（本部長は安部総理）では、デブリ問題の重要性は認識し、大臣レベルのタスクフォースが立ち上がっている。
当面の政府の対策は、以下のとおり。

スペースデブリに関する現行の主な政策
□宇宙基本計画（平成 28 年 4 月 1 日閣議決定）
□宇宙基本計画工程表
□宇宙基本計画の工程表の重点事項決定

具体的な取り組みは以下。
■現状分析と将来予測
・観測やモデル化等

■デブリ低減の対策
・デブリ発生抑制
✓　デオービット（ロケット等）
✓　部品・破片の放出抑制等
・積極的なデブリ削減
✓　リデュース（Reduce：デブリ除去）
✓　リペア（Repair）
✓　リフューエル（Refuel）等
✓
■衝突回避・防御
✓　SSA（Space Situational Awareness）
✓　STM（Space Traffic Management）

✓

■国際なルール整備

・国際的なルール、ガイドライン、標準の作成等

✓　国連 COPUOS（UN Committee on the Peaceful Use of Outer Space）

✓　IADC（Inter-Agency Space Debris Coordination Committee）

✓　ISO 等

・国内ルール整備（活動法等）

■広報・普及活動

１０．２　人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律（通称：宇宙活動法）

宇宙開発利用の果たす役割を拡大するとの宇宙基本法の理念にのっとり、以下を創設することで、宇宙条約を担保し、我が国の宇宙開発利用を推進する。

➢　人工衛星及びその打上げ用ロケットの打上げに係る許認可制度

・人工衛星等の打上げを許認可制とし、飛行経路周辺の安全確保、宇宙諸条約の的確かつ円滑な実施等について事前審査

・ロケットの型式設計、打上げ施設の基準への適合性について事前認可制度を導入

➢　②　人工衛星の管理に係る許認可、

・人工衛星の管理を許認可制とし、①宇宙諸条件の的確かつ円滑な実施、②宇宙空間の有害な汚染等の防止、③再突入における着地点周辺の安全確保等について事前審査する。

➢　③　第三者の賠償に関する制度

・人工衛星等お打上げ及び人工衛星の管理に伴い、地中で発生した第三者障害を無過失責任とし、打上げ実施者については責任を集中する。

・打上げ実施者に第三者損害を賠償するための保険の締結等を義務付ける。

・上記の民間保険でカバーできない損害について、政府が補償契約を締結できる制度を導入。

【特記事項】

③第三者の賠償に関する制度について、宇宙政策委員下小委員会で昨年議論さ

れたが、時期尚早として、継続審議となった。

１１．まとめと課題

・米国においては、昨年発行された大統領令（SPD-2、SPD-3）に基づき、従来、STM のまとめ役 FAA から、DOC（商務省）を中心とする方向で政府内の調整が始まっているが、現状の DOC には組織的、人材等の点で問題が大きく、例えば、DOC 民間商業利用促進部を長官直轄化すべく、議会に提案するも、議会は現状（FAA 中心）でよしとし、DOC 案に反対している。

・日本国内においては、2018 年 11 月 15 日の宇宙活動法前面施行に伴い、内閣府で審査が始まっている。この審査は、１０．２に示すとおり、実質的には STM の精神に則っていると言える。

以上

＜補足＞
宇宙状況把握（SSA : Space Situational Awareness）から宇宙交通管制（STM : Space Traffic Management）

宇宙政策調査研究センター（JSF/SPRC）
フェロー　吉冨　進

１．米国宇宙物体カタログ

米国防総省は、1957 年のスプートニク 1 号打上以降、宇宙物体のカタログ化を進めている。2018 年 2 月時点の 10 センチ大物体の物体数変遷を図 1 に示す。総数約 19,000 個の内、破片は約 10,000 個（ピンク）、衛星本体は 5,000 個弱（青線）。2007 年中国が実施した衛星破壊実験（ASAT）では、破片が 3,000 個以上、2009 年の米ロ衛星衝突では、2,000 個以上の破片が一気に発生した。なお、米軍はスパイ衛星、軍事衛星、日本の情報収集衛星等の情報は開示しておらず、総数としては、23,000～24,000 個日々追跡していることは公表している。

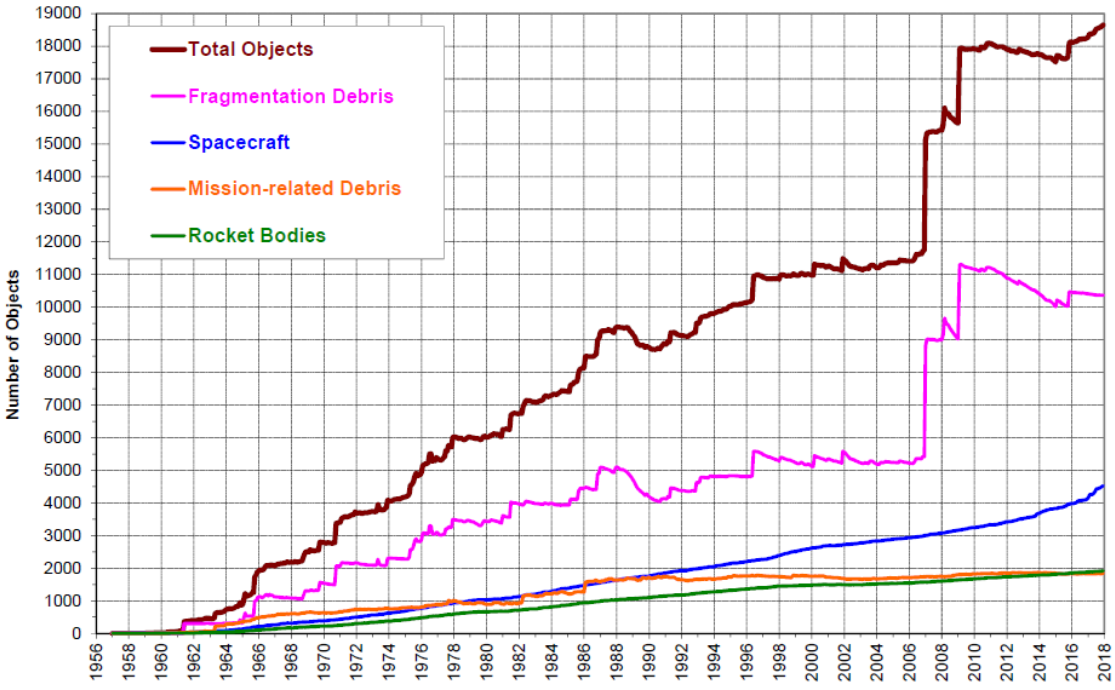


図-1　宇宙物体数の変遷（2007 年中国衛星破壊実験、2009 年米ロ衛星衝突）
（NASA ODQN Vol 22, Issue1, February 2018）

一方、軌道上の重量の観点からの変遷を図-2 に示す。図を見ると、地球軌道

には、約 7,500 トン以上（茶色）の物体が周回しており、その内、4,000 トン強は人工衛星（青線）、3,000 トンはロケット機体（緑線）、破片（ピンク）は重量の観点からは非常に僅かであることが分かる。物体数の変遷は、衛星破壊実験や衛星衝突による急激な増加がある一方、重量は、常に増加の一途を辿り、1957 年スプートニク 1 号打上以来、減少傾向を示していない。

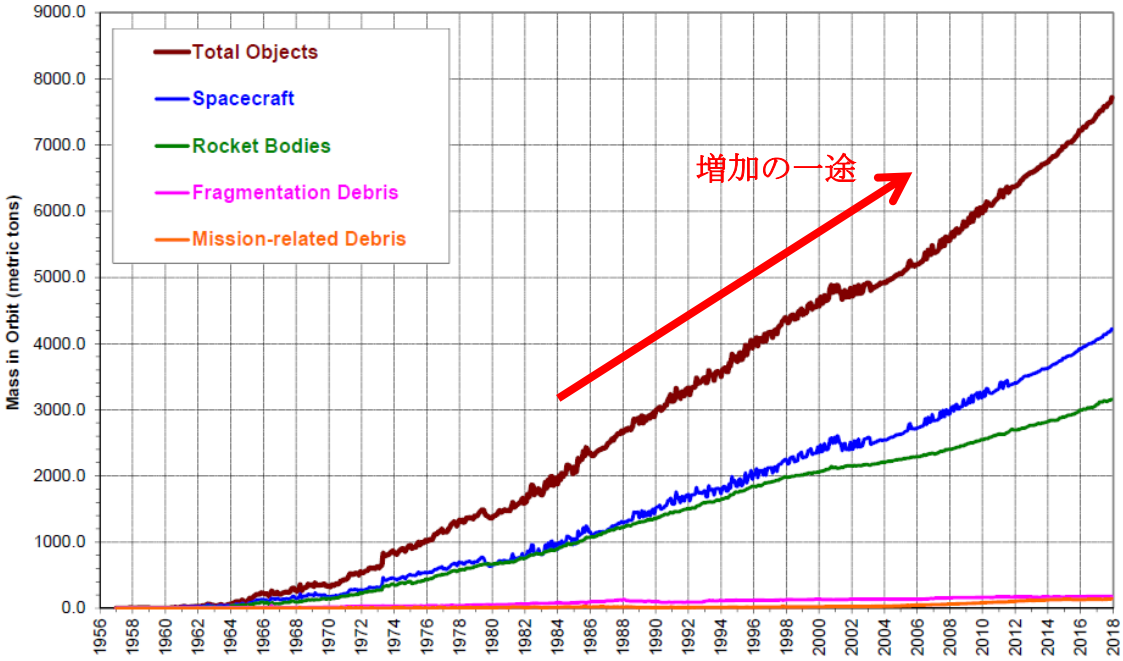


図-2　宇宙物体の軌道上重量分布の変遷

（NASA ODQN Vol 22, Issue1, February 2018）

２．なぜ、デブリ数、デブリ重量が減少しないのか

図-3 に 10 センチ以上のデブリ（人工衛星も含む）の落下数変遷を示す。図-4 には、軌道上で発生する人工衛星はロケット機体の破裂数を示す。図-3 からは、毎日 1 個程度落下していると言える一方、今日に至るまで、毎年 10 日以上の破裂が発生し、破片が増加している。宇宙開発草創期の旧ソ連では、真空仕様の部品がなく、衛星を機密構造として地上仕様の部品で衛星を開発したものもあるため、衛星構造体がある日突然破裂、その他西側諸国の人工衛星でもバッテリの破裂、燃料タンクの破裂等が発生している。最近では、米国気象衛星（NOAA シリーズ）が相次いで破裂する等、破裂現象が今も続いているため、過去、平均的には毎日 1 個落下しても、デブリ数は減少していない。

一方、デブリ重量は、米ソ冷戦時代の激しい宇宙競争では合計 120 回以上の打上が行われ、最近でも世界で年間 80 回程度の打上が行われているので、軌道上残留物体重量は減少せず、増加の一途を辿っている。

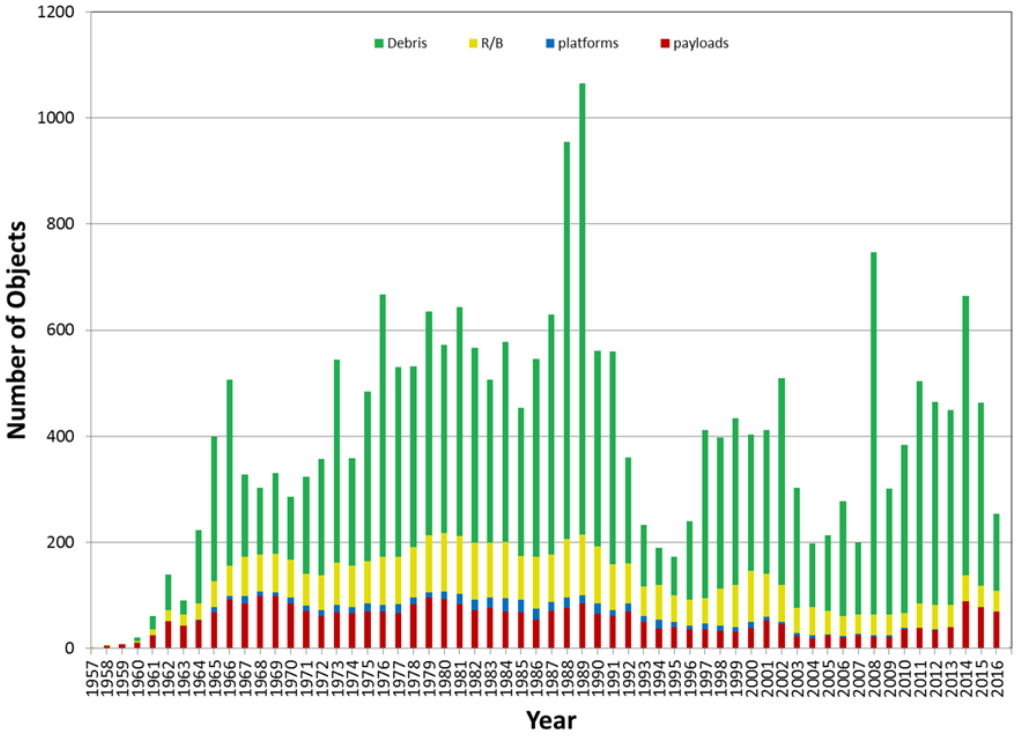


図-3　宇宙物体の落下数変遷（10 センチ以上の人工衛星本体も含む）
源泉：NASA

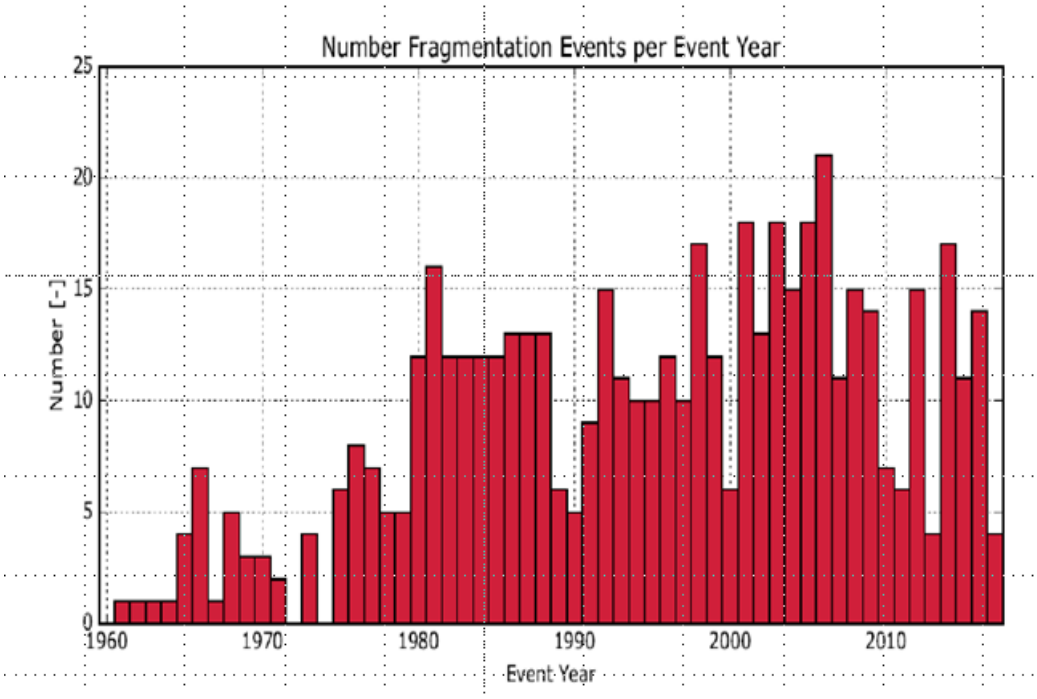


図-4　軌道上での人工衛星やロケット機体の破裂発生数
（HolgerKrag, Head of ESA's Space Debris OfficeESA/ESOC, Darmstadt, Germany）

3. デブリ除去の有効性（2011 年当時）

1976 年 NASA デブリ研究者ドラルド・ケスラー氏によるデブリ数の指数関数的増加の警告（後の研究者がこれを、「ケスラーシンドローム」と呼ぶようになった）、事実、2009 年には運用中の米イリジウム衛星と運用を終了したロシアの衛星が宇宙空間で衝突、正しく、ケスラーシンドロームが現実のものとなった。1999 年国連の報告によると、10 平米の断面積を持つ人工衛星の平均衝突期間は 10 センチ以上の破片と高度 1,000km では、2 万年に 1 回との予測していた。この現実を契機として、2011 年 NASA はデブリ除去の必要性を提示した。その解析結果を図-5 に示す。解析の前提は、2010 年頃の宇宙活動を基本、即ち、約 80 回／年程度の打上が継続されたとし、ミッションを終了（PMD：Post Mission Disposal）した衛星は、90%地上に落下させるとすることをベースラインとすると（赤線）、2050 年以降、急激に宇宙物体数が増加するものの、軌道に残留する人工衛星を 2020 年に能動的デブリ除去（ADR：Active Debris Removal）を年 2 機（青点線）、又は 5 機（緑線）実施することで、宇宙物体数の増加を抑制できるとした。ただし、この解析には、2013 年ごろから急増している Cubesat の打上や、最近話題になっている民間企業による“Large Constellation（或いは、Mega Constellation）”計画は含まれていない。

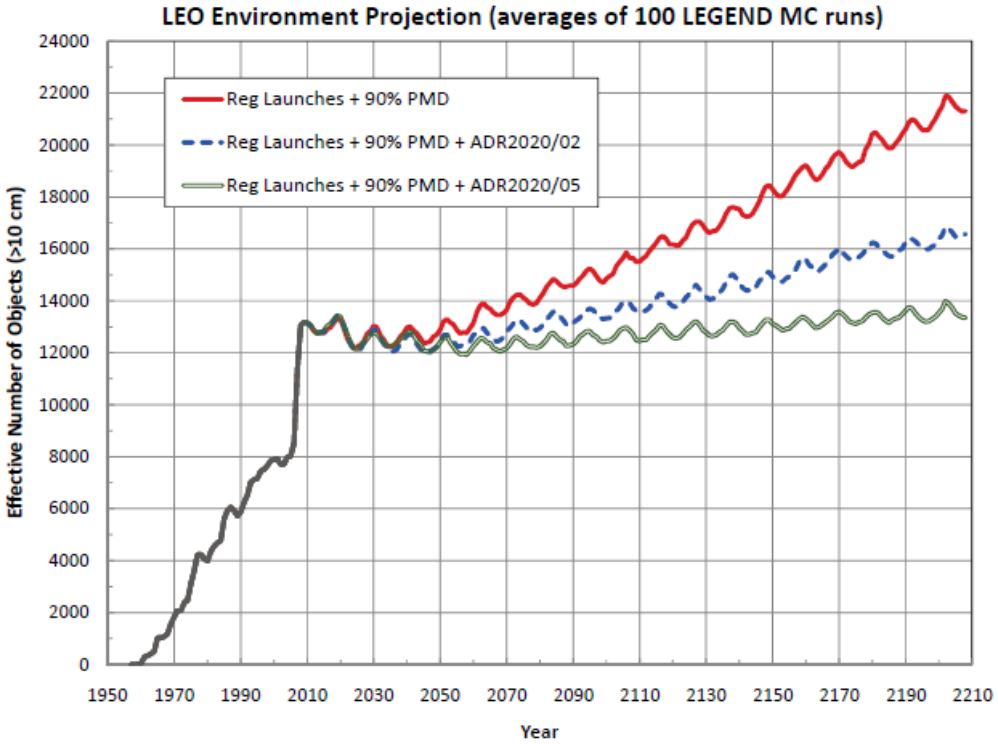


図-5　能動的デブリ除去（ADR）の有効性（2010 年頃の宇宙活動が前提）
（NASA ODQN Vol 15, Issue 2, April 2011）

4. Large Constellation（Mega Constellation）

グローバルなインターネット環境の提供、グローバルな地表面観測を目指した数百～数千機の衛星群（Constellation）によるサービス提供を目指す企業が米国を中心に勃興している。図-6 にその一例を示す。軌道高度は、低い計画で約 350km、高いもので約 1,400km、衛星基数では、数十～数千まで多岐にわたっている。これらの内、米国 FCC は既に 4,500 機余りの衛星事業者にゴーサインを与えている。打上の許認可権限を有する FAA はまだ、ゴーサインは出されていない。日本にも、50 機程度のコンステレーション構想を有する企業もある。

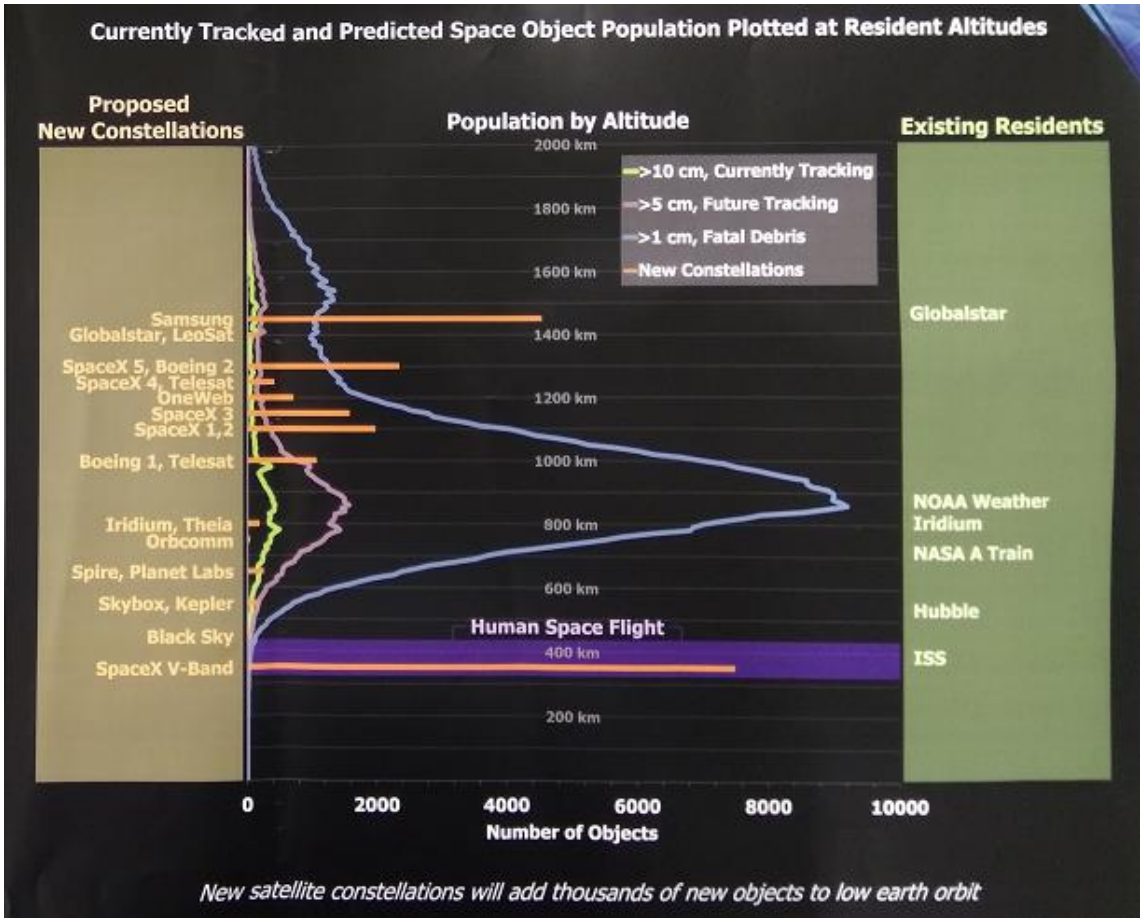


図-6　Large Constellation の事例（2017 年現在、18,000 機）縦軸は、衛星事業名、横軸は衛星基数。図は、The Aerospace Corporation

５．新 Space Fence

米国本土に展開していた Space Fence は、老朽化により閉鎖、太平洋のクエジェリン環礁に米軍は新 Space Fence を整備中で 2019 年には正式な運用が始まると言われている。本設備が稼動すると、2、3 センチ程度デブリまで観測可能と

なり、取得可能データ数が、今の約 10 倍となる。今まで見えなかったデブリが見えるようになることで、衛星事業者、衛星保有者は、接近予測解析による誤報を含めて、多くの接近回避運用を迫られることになる。

６．On Orbit Service（OOS）

米軍事研究機関（DARPA）が数年前、静止軌道上衛星に対する衛星寿命延長のためのデモフライトを切っ掛けとして、DARPA 指導の元、民間活動拠点としてのコンソーシアム（CONFERS）を結成、自らルール作りに乗り出している。宇宙活動の適正化、公平性等を目指した国レベルの議論がこれまで実施されてきたが、どの議論も合意に至っていない。静止衛星の寿命延長は、静止通信衛星、放送衛星保有者にとって魅力的なサービスであり、コスト効率もよいとの判断により、エンドユーザの顔が見えるサービスとして注目を浴びている。ADR は、この OOS に必要な技術の延長線上にあるため、ADR を目指す企業にとっても魅力あるアプローチであろう。図-7 に OOS（又は、In-Orbit Service）の市場予測を示す。ADR と違って、OOS はビジネスとしの見通しが予見できる。

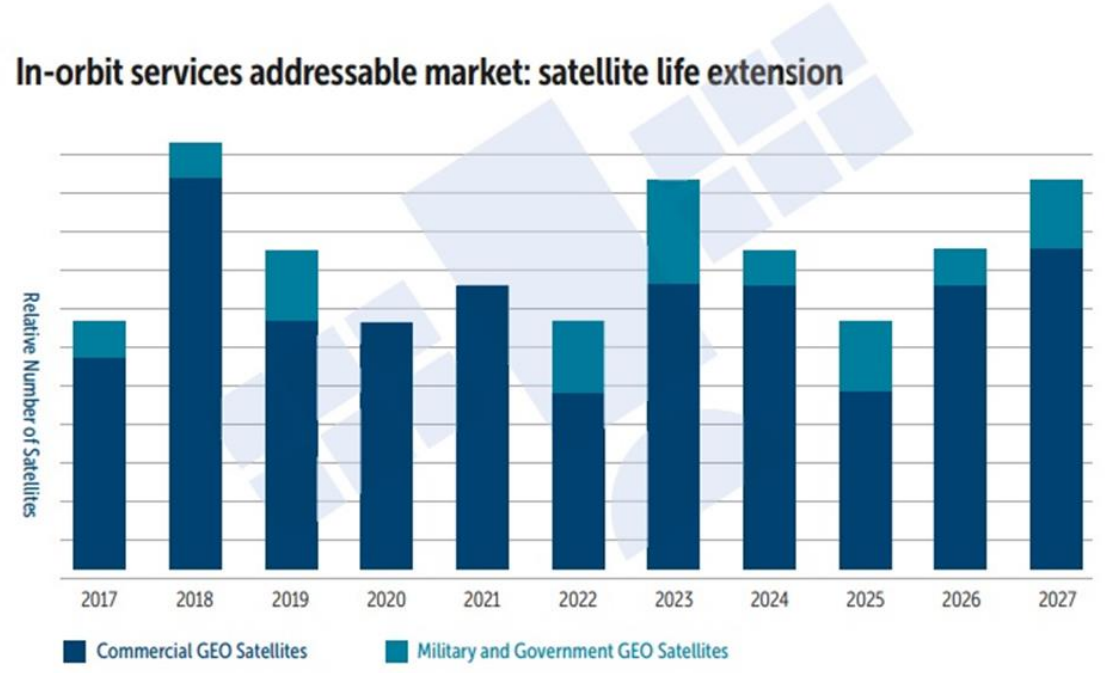


図-7　OOS（In-Orbit Service）マーケット予測
（NSR's "In-Orbit Servicing Markets" (2018)）

７．STM の必要性

SSA は元々、軍事的な活動のひとつとして欧米で活発に展開され、一国での取り組みが基本であった。一方で、民間の宇宙活動が活発化したことにより、

データ共有の必要性が認識され、米軍（CSpOC、従来の JSpOC）も 2 国間（2 機関間）合意契約に基づくサービスも展開されている。しかし、この活動はあくまでも、宇宙のデブリ状況の把握までである。日本においても、研究開発機関として JAXA とその他の機関へのサービス提供が期待される防衛省との連携が始まっている。また、本年 11 月から施行が始まった「宇宙活動法」に基づく、ロケット、衛星打上げの許認可は、広い意味での STM と言えるかもしれない。

しかし、4 項で紹介したとおり、Large Constellation 計画の出現により、宇宙の混雑化が急激に悪化することが見込まれるようになり、将来の秩序ある宇宙活動を確保するために、衛星打ち上げの許認可を含むマネージメントが必要となり、STM の議論が始まっている。

８．Constellation 時代の新しいデブリ抑制ルールに関する NASA の一提案

NASA ODQN Vol 22, Issue 3, September 2018 によると、Large Constellation 運用者に対して、通常の衛星に対しては PMD を 90%、Large Constellation に対しては、99%、偶発的破裂確率 0.001 を提案した。

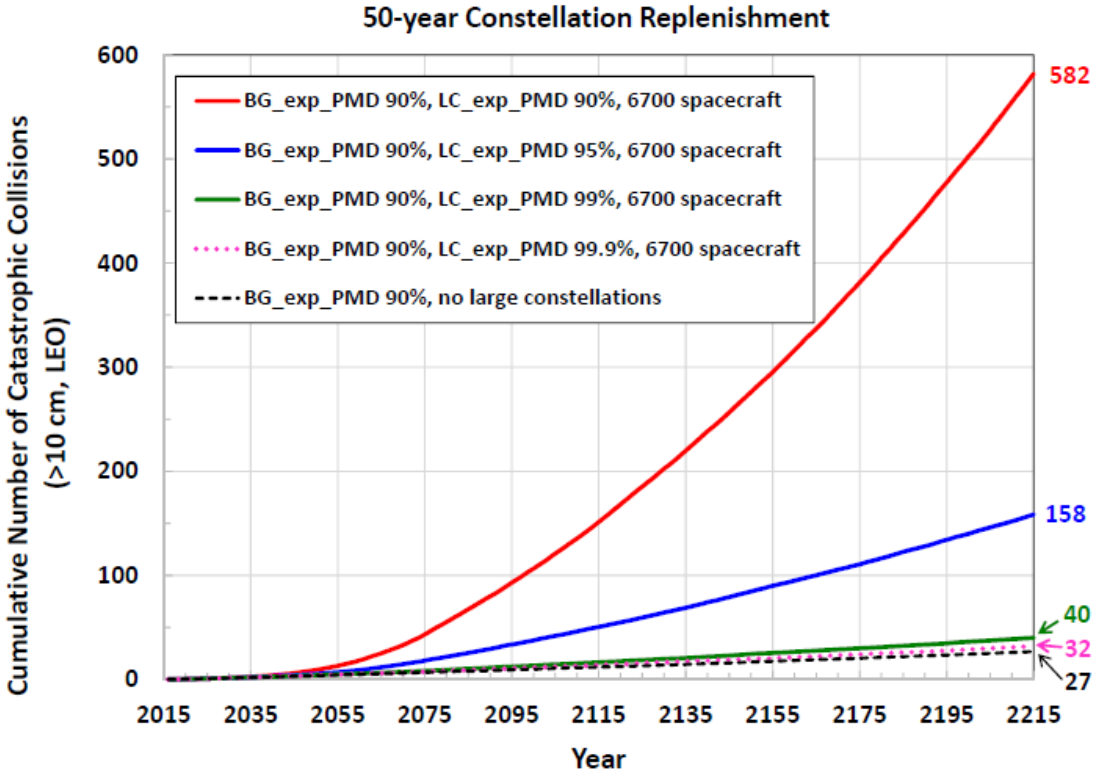


図-8　50 年毎の衛星補充のための PMD 要求と破滅的衝突確率予測
（NASA ODQN Vol 22, Issue 3, September 2018）

（図の読み方）BG PMD とは Background PMD、即ち通常の衛星に対する PMD

要求（90%）、LC PMD は、Large Constellation（6,700 機）に対する PMD 要求を意味する。Large Constellation 無し（黒色）では、今後 100 年間に発生する破滅的衝突予測回数は、27 回、PMD＝99.9%（ピンク）では、32 回、PMD=99%（緑色）では、40 回。PMD=95%（青色）では 158 回、PMD=90%（赤色）では 582 回と予測。PMD=99%は、Large Constellation 無しのケースと衝突予測回数が近く、99%を推奨している。