資料３－２

# 補足資料

# サブオービタルに関する最近の動向

- 米国では、有人サブオービタル機開発が着実に進展し、2020年代には商用有人サービスが開始される見込み。
- 我が国でも、2020年代中頃の商用有人サービス開始に向けて、企業により研究開発が推進。

Virgin Galactic（米）：

同社HPより

- 2018年12月、商用を想定した有人サブオービタル往還機「スペースシップツー」（＊）が、高度80km以上に到達。今後、有人商業旅行を開始予定。
- 有翼型を想定（母機からの空中発射）。

（＊）2004年に民間による有人飛行実証に成功

Blue Origin（米）：

同社HPより

- 2015年以降、宇宙船ニュー・シェパードの試験飛行を9回実施。2019年初旬には10回目を予定し、同年には、商用の有人弾道飛行プランを販売予定。
- ロケット型を想定。

SPACE WALKER（日）：

同社HPより

- 2022年の衛星軌道投入サービス開始、2027年の有人宇宙飛行を目指し、2017年に設立。
- IHI、IHIエアロスペース、川崎重工、九州工業大学、JAXAと技術アライアンスを構築し、研究開発を実施中。
- 有翼型を想定。

PDエアロスペース（日）：

同社HPより

- 2024年までの有人商用運航を目指し、2007年設立。
- 現在は無人機の要素技術開発を実施（＊）。
- 有翼型を想定。（ジェット燃焼モード/ロケット燃焼モード切替エンジンを採用）

（＊）2018年12月、2019年の宇宙飛行実現に向けた体制強化（JAXA・東北大学との連携、ANA・H.I.S.から社外取締役の招聘）

Space Port Japan（日）：

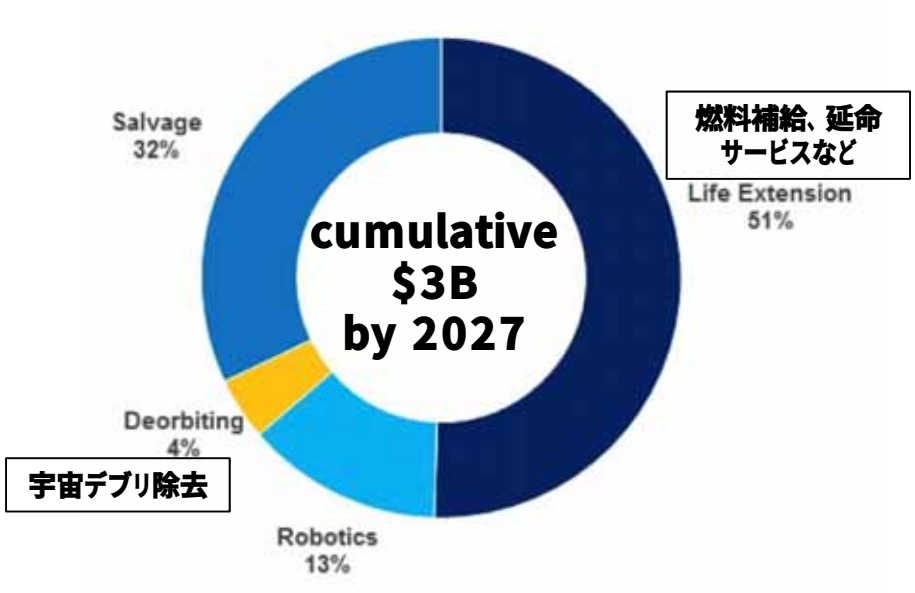
- 日本にスペースポート（宇宙港）を開港し、アジアにおける宇宙旅行のハブとすることで、宇宙関連産業を支援することを目的に、2018年設立。

（参考）2018年12月、「商業有人サブオービタル宇宙輸送研究会（主催：SPACE WALKER、PDエアロスペース）」が発足。技術面と法制面の現状と将来動向を研究。

# 新たな軌道上サービスの出現

- 従来の観測・測位・通信衛星に留まらず、**軌道上で宇宙デブリ除去、燃料補給、延命サービスなどの革新的なサービスの提供**を行う特殊な衛星の開発を行う企業が**国内外で複数出現**。
- 米国シンクタンクの調査によれば、こうした軌道上サービス（IOS：In-Orbit Service）は、2019-2027年までの累積で**約30億ドル市場に成長**。

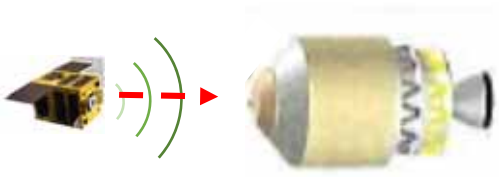
軌道上サービス市場の見通し
（2017-2027年累計）




（出所：米国NSR社）

計画されている様々な軌道上サービス

## 宇宙デブリ除去サービス



- 軌道上で宇宙デブリ（ロケット上段等）に接近し、捕獲。
- その後、大気圏に突入し、宇宙デブリを焼却。

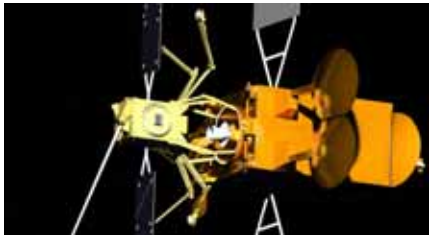
## 燃料補給サービス

- 軌道上で燃料が切れた衛星に補給。

（出所：米国SSL社HP）

## 延命サービス

- 軌道上で壊れた衛星を捕獲し、制御・延命。



（出所：英国Effective Space社）

# （参考）軌道上サービス分野における日本企業の取組状況

＜軌道上サービス衛星の打上げを計画中の日本の企業＞

| 国名 | 企業 | 事業内容 |
|---|---|---|
| 日本 | ASTROSCALE | **スペースデブリの除去サービス**を実施予定。今後、デブリ除去衛星実証機「ELSA-d」の打上げを計画している。 |
| 日本 | ALE | **人工流れ星事業**を実施予定。人工衛星に搭載した専用の装置から、「粒」を放出し、大気圏に突入させ、プラズマ発行させながら燃焼させる。今後、順次実用機を打上げ・運用予定。 |
| 日本 | 川崎重工 | **デブリ除去**に関する接近・捕獲技術に係る超小型技術試験衛星を開発中。今後、デブリ除去衛星セットメーカーとしての関連技術の確立を企図。 |

＜軌道上サービスの実現に必要なキー技術の開発実績を有している日本の企業＞

| 国名 | 活動主体 | 事業内容 |
|---|---|---|
| 日本 | NEC | **デブリ除去**に関する接近技術について、2014年打上げ済みの小惑星探査機「はやぶさ２」の運用を通じて、確立を企図。 |
| 日本 | 三菱電機 | **デブリ除去**に関する接近・並走飛行・結合・把持技術について、宇宙ステーション補給機（HTV）の継続的な打上げ・運用を通じて、確立を企図。 |

# （参考）軌道上サービス分野における外国企業の取組

＜軌道上サービスを計画中／実施中の外国企業＞

| 国名 | 活動主体 | 事業内容 |
|---|---|---|
| 米国 | SSL(NASA委託) | 2本のロボットアームを搭載し、目標の人工衛星（LEO上）と自動ランデブーし**燃料補給**を行う。将来的には**軌道上組立て**や**デブリ除去**の作業も計画されている。プロジェクト名は「Restore-L」。 |
| 米国 | Space Infrastructure Services | **修理／推薬補給サービス**を通じて、寿命延長ミッションを行う。2011年頃よりMDA社にて構想。2017年6月にSSL MDA Holdingsと投資会社により共同設立されたSpace Infrastructure Services社が実施主体。 |
| 米国 | Orbital ATK | 寿命が尽きた衛星に同社の**ミッション延命機**（MEV）がランデブ・ドッキング、5年間の延命を行う。5年間ドッキングしたままサービスを行う。2019年から商業運用を開始する予定となっており、Intelsat社が最初の顧客の予定。 |
| 欧州 | ADS/QuinetiQ(ESA委託) | **デブリ除去**技術実証衛星eDeorbitをADS社とQuinetiQ社がパートナーを組んで開発中。 |
| 英国／イスラエル | Effective Space Solution | 人工衛星の**延命・リロケーション・廃棄**などのオペレーションを行う。GEO衛星に対して、リロケーション等を行う超小型衛星（100～500kg）を開発中。 |

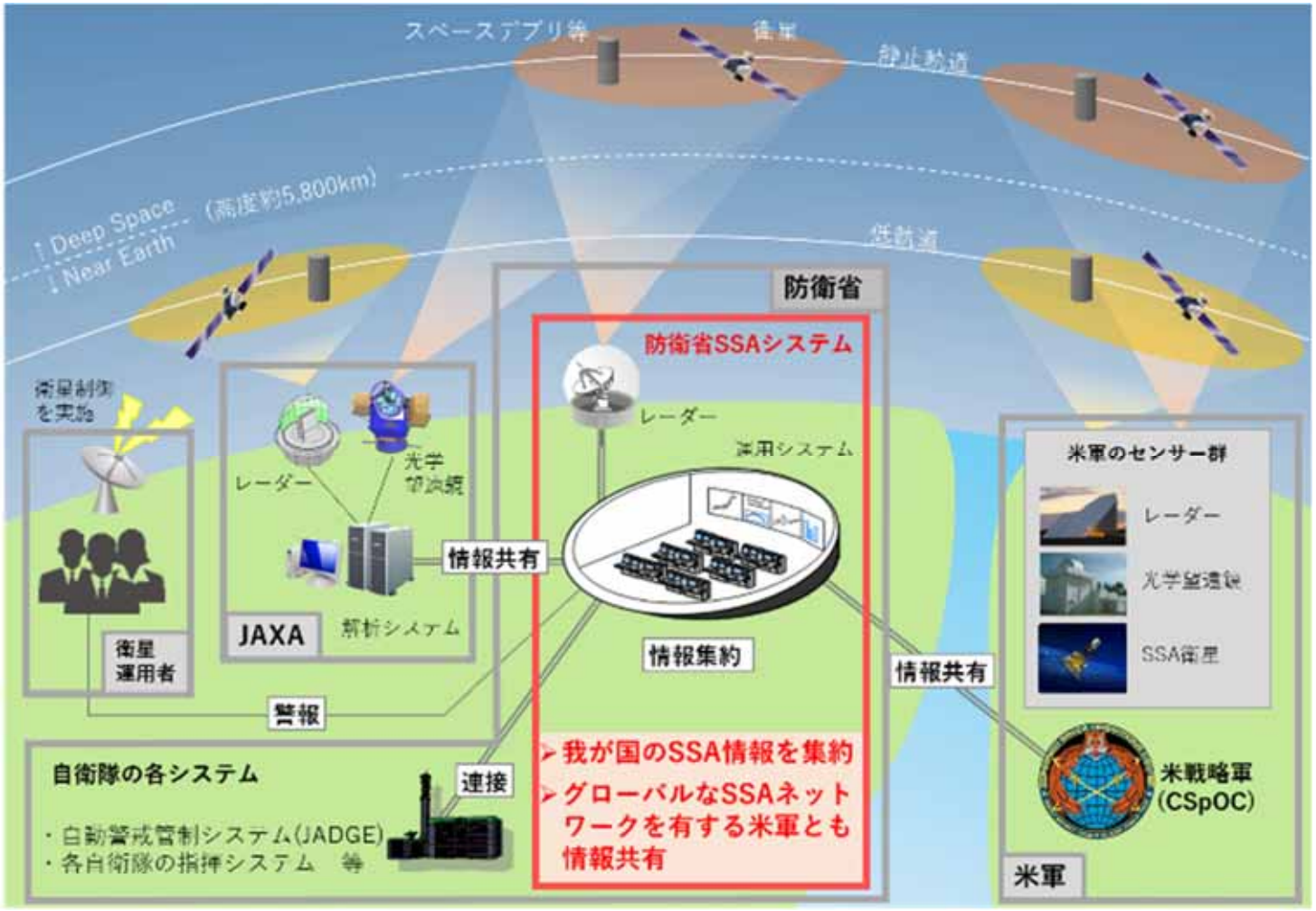


（出典）平成29年度軌道上サービスと打上げ需要に関する調査報告書（平成30年３月　一般社団法人日本航空宇宙工業会）、各社公表資料

# 宇宙状況把握（ＳＳＡ）の動向

## 1　防衛省SSAの取組

・防衛省の宇宙状況監視システムを２０２２年度までに構築
・２０１６年度からシステム全体設計に着手。２０１９年度以降、運用システム・センサの整備に着手





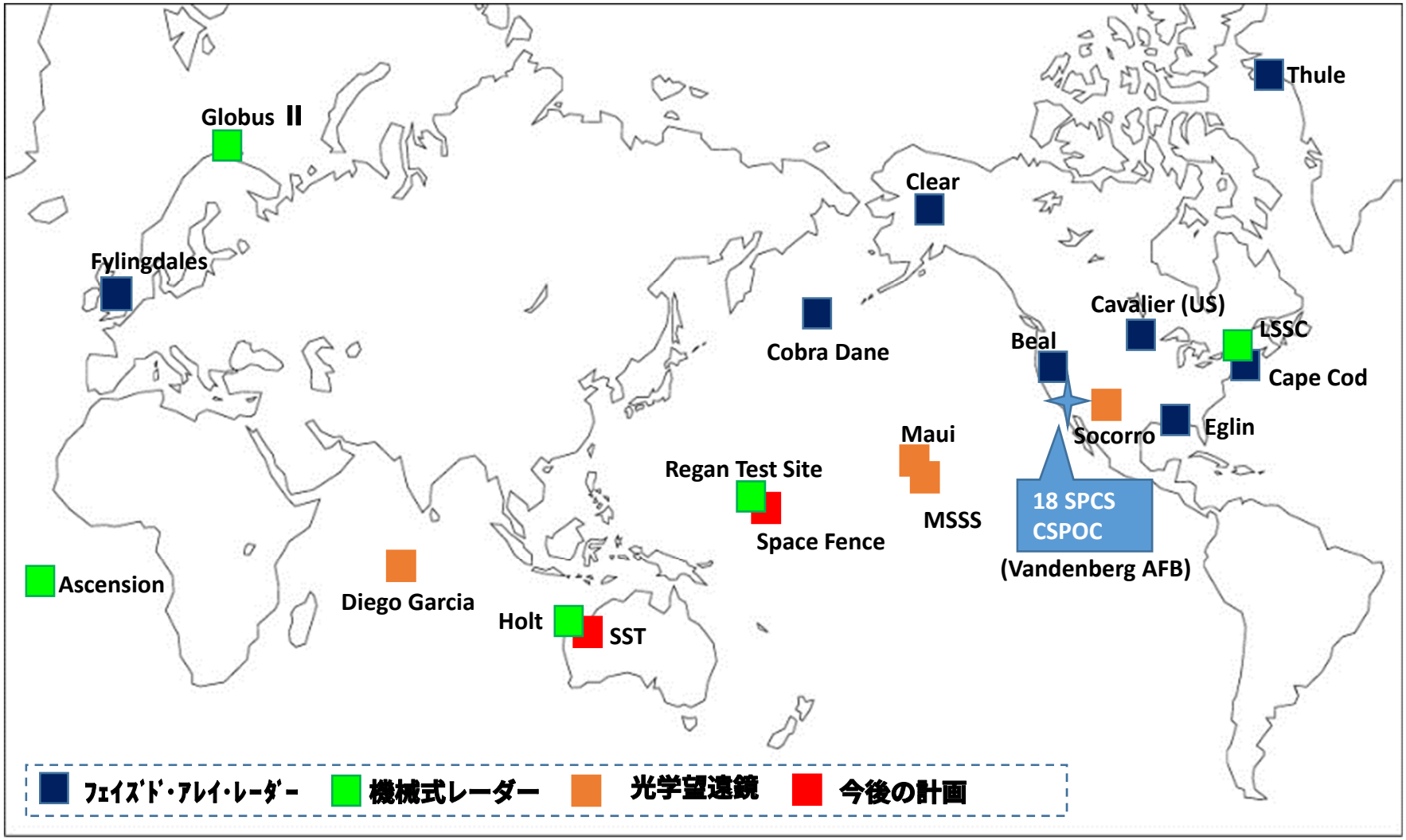

【防衛省提供資料】

# 宇宙状況把握（ＳＳＡ）の動向

## 2 米軍のSSAセンサ網

**Space Based Sensors**

GSSAP 1-4　SBSS　STSS　SAPPHIRE　ORS-5



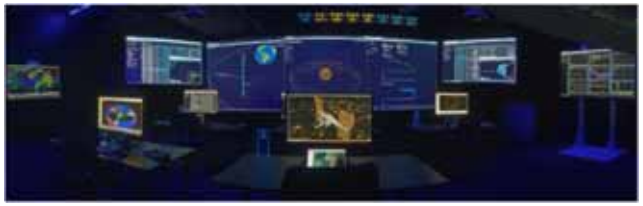
# 宇宙状況把握（ＳＳＡ）の動向

## 3 米国民間企業によるＳＳＡサービス提供の状況

## 民間技術は急速に発展

### 例：AGI社

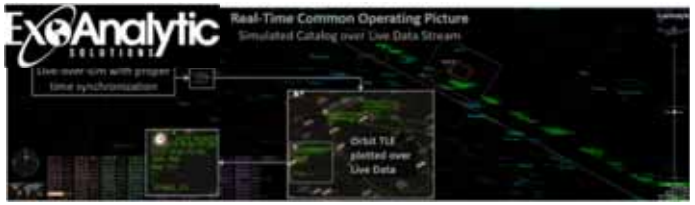
- ◆ 1989年設立。Commercial Space Operations Center (ComSpOC)を運営してSSAサービスを提供。
- ◆ 政府、航空、宇宙、インテリジェンス産業等、50000以上の顧客が利用
- ◆ LEOで100m以下の軌道精度、GEOで平均100m-200mの軌道精度（TLEの精度はGEOで10km-30km、LEOで5km-10km程度）



ComSpOCのイメージ
【出典】2017年宇宙空間の安定的利用に関する国際シンポジウム講演資料

### 例：ExoAnalytic Solutions社

- ◆ 2008年にシリコンバレースタートアップとして設立。275の光学望遠鏡及び25の観測所を用いてGEO,HEO,MEOの観測を実施。
- ◆ 上記能力を用いたSSAサービス、「ESpOC」事業を展開。
- ◆ また、顧客要望に応じて、衛星現在状態の観測、観測キャリブレーション、軌道決定、過去事象の検証等を実施。




ソリューション提供のイメージ
【出典】ExoAnalytic Solutionsウェブサイト

### 例：LeoLabs社

- ◆ 2016年にventure funded企業として設立。
- ◆ ２台のフェーズドアレイ・レーダーを用いてLEO上の30cm程度の物体を観測可能
- ◆ ３台目のレーダーをニュージーランドに設置予定。（LEO上の3cm以下の物体を観測可能（予定））

The Poker Flat Incoherent Scatter Radar
【出典】LeoLabsウェブサイト

# 宇宙交通管制（Space Traffic Management(STM)）の動向

## 1 STMとは

### 定義

*The planning, coordination, and on-orbit synchronization of activities to enhance the safety, stability, and sustainability of operations in the space environment and avoid interference in satellite operations.* (2018年6月のSPD-3から引用)

宇宙空間における安全で、安定的、持続的運用能力を高め、衛星相互の干渉を防ぐための、計画、調整および軌道上での協調といった活動

## 2 STMの背景と昨年の動向

- 民間企業による宇宙活動の活発化（メガコンステレーション構築）を踏まえた米軍の負担軽減とルール作り（規制）の必要性
- 民間の宇宙活動を推進するための政府組織の在り方（産業振興）、責任の所在の明確化の議論有

- 2018年6月に出されたSpace Policy Directive-3:"SPD3"では、Civil-STMを主導する機関は、FAA（米国連邦航空局）ではなく、商務省となった。
- 同SPD3では、米国はSTMのスタンダードを米国が主導していく。その際、関係国を巻き込んでいく。