

次期光学ミッションの方向性について

令和5(2023)年7月24日
文部科学省 研究開発局
宇宙航空研究開発機構

- 2023年3月7日のH3ロケット試験機1号機打上げ失敗により、搭載していた先進光学衛星「だいち3号」(ALOS-3)を喪失。文部科学省及び宇宙航空研究開発機構(JAXA)では、ALOS-3の再開発の要否も含め、光学ミッションの今後の方針についての検討を加速。2023年6月に改訂された宇宙基本計画においても、同旨が記載された。
- 検討の一環として、2023年6月、第76回宇宙開発利用部会において、衛星地球観測衛星コンソーシアム(CONSEO)事務局であるJAXAより、CONSEO光学・SAR観測WGで検討された、次期光学ミッションコンセプト検討の結果として、3チームの提案概要が報告された。
- 文部科学省及びJAXAでは、内閣府宇宙開発戦略推進事務局の協力も得ながら、関係省庁等との対話やCONSEO 3チームとの意見交換を進めながら、各方面のニーズを踏まえた次期光学ミッションの方向性を議論してきた。
- こうした経緯を踏まえ、今回、次期光学ミッションに関する方向性について、宇宙基本計画等の方針に基づき、政策的に一定の整理を行った。

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現に向けた具体的アプローチ

(b) リモートセンシング

【防災・減災、国土強靱化及び地球規模課題への衛星開発・運用とデータ利活用促進】

先進光学衛星（ALOS-3）については、H3 ロケット試験機 1 号機による打上げの失敗により、防災・減災や、地理空間情報の整備、沿岸域や植生域の環境保全への利用・研究等、先進的な光学データ利用の促進への影響が想定されるところ、ユーザー官庁を含めた関係府省庁や民間事業者等と対話を進めながら、再開発の要否も含め、今後の方針についての検討を進める。（中略）JAXA における新たな観測衛星の開発に当たっては、産学官による議論を踏まえつつ、宇宙技術戦略のローリングの中で、宇宙利用の将来像、自律性、我が国の技術的優位性を整理しながら検討していく。その際、欧州で**プロジェクトメイキングの段階から民間の意見を取り入れステージゲート型の官民共同開発プログラムを実施**している等の国内外の事例や、複数の衛星ミッションを統合的に利用する観点、社会実装や国際競争力強化に不可欠な予見性・継続性の確保の観点も踏まえながら、検討を実施していく。

【衛星関連先端技術の開発・実証支援】

光学の観測衛星技術については、世界で商業フェーズに入っていることも念頭に置き、官民で役割分担しながら、高精度 3 次元観測等の革新的な技術開発やデータ分析技術開発によるデジタルツインの構築に向けた取組を推進する。また、民間小型光学衛星コンステレーションについては、小型多波長センサの開発や、国内外での衛星データ利用実証、災害時に迅速に観測データを活用できる衛星群の運用や地上処理の高度化などを支援していく。

次期光学ミッション検討に係るこれまでの経緯

- **2018年度より、ALOS-3の後継機の検討に着手。**

宇宙基本計画工程表（平成30年度改訂）

先進光学衛星（ALOS-3）・先進レーダ衛星（ALOS-4）の後継機をにらみ、産学官の利用ニーズを踏まえつつ我が国にとって必要な衛星ミッションの在り方やそれを実現する技術等の検討を進め、2019年央を目標に基本的な方針を整理する。

- **2019年4月、内閣府 第25回宇宙民生利用部会にて「高分解能リモセン衛星ニーズに関する調査・分析の結果」として検討結果が報告された。**

- **2019年12月、宇宙基本計画工程表の改訂**

宇宙基本計画工程表（令和元年度改訂）

先進光学衛星（ALOS-3）・先進レーダ衛星（ALOS-4）の後継機の在り方に関しては、安全保障の強化、産業創出、科学技術の基盤維持・高度化等の政策的視座を戦略的に見極め、利用ニーズと技術動向（優位性や独自性のある技術、国として維持・高度化を図るべき技術等）を十分に摺り合わせるとともに、国際協力の在り方や開発コスト、利用者負担等の視点も組み入れつつ、開発着手までの時勢の変化やALOS-3、ALOS-4の運用の初期の成果を反映できる柔軟性確保という観点も踏まえ、**考えうる衛星システムのオプションを複数洗い出すことを基本方針として検討を進める。**

- **2020年6月、宇宙基本計画が改訂され、ALOS-3後継機の打上げが2026年度とされた。**

宇宙基本計画（令和2年6月閣議決定）

切れ目なく衛星を整備するため、光学・レーダ衛星それぞれの設計寿命及び開発期間を踏まえ、**ALOS-3の後継機については、2022年度をめぐりに開発に着手し、2026年度をめぐりに運用を開始する。**（中略）後継機の在り方に関しては、4.(5)② iii の**衛星開発・実証プラットフォーム**の下、安全保障の強化、産業創出、科学技術の基盤維持・高度化等の政策的視座を戦略的に見極め、利用ニーズと技術動向（優位性や独自性のある技術、我が国として維持・高度化を図るべき技術等）を十分に擦り合わせるとともに、国際協力の在り方や開発コスト、利用者負担等の視点も組み入れつつ、開発着手までの時勢の変化やALOS-3、ALOS-4の運用の初期の成果を反映できる柔軟性確保という観点も踏まえ、**考え得る衛星システムのオプションを複数洗い出すことを基本方針として検討を進める。**

- **2022年9月、産学官で衛星地球観測分野の総合的な戦略提言をまとめる「衛星地球観測コンソーシアム（CONSEO）」が設立。同年10月より、光学・SAR観測ワーキンググループで将来の光学・SAR観測のあり方や社会実装の将来像、及び複数のオプションを識別する議論を開始。**

- **2023年3月のALOS-3喪失を受け、CONSEOでの検討を加速。2023年6月に改訂された宇宙基本計画（工程表含む）では、従来のALOS-3後継機の記載に代えて、「再開発の要否も含め、今後の方針について検討」と記載された。**

① Challengers for NEXTAGE

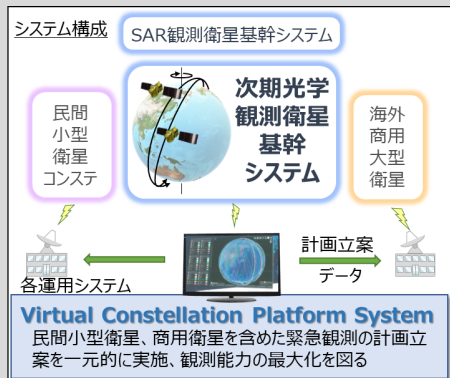
【提案者】

- 衛星データサービス企画(株) ・ 日本工営(株)
- 株式会社三菱UFJ銀行 ・ 三菱電機(株)
- スカパーJSAT(株) ・ アジア航測(株)

広域観測と高分解能を両立させた地球観測衛星として開発されたALOS-3ミッションの速やかな継承による、我が国の課題解決への貢献と衛星データ活用産業拡大に向けたロバストな基幹観測衛星インフラ構築

【プロジェクト概要】

- システム構成：ALOS-3×2機
 - 観測幅：140km
 - 分解能：80cm(直下視)
 - 観測バンド：6バンド
- 打上時期：2027年度末～
- 官民分担：(官)ALOS-3×2機、(民)地上設備構築・運用、及び衛星運用費を負担(想定)



② NTTDチーム

【提案者】

- (株)NTTデータ ・ (株)アクセルスペース
- (一財)RESTEC ・ (株)パスコ

①レーザー高度計測技術の活用×
②小型衛星コンステレーションの実現×
③アジャイル開発により、
世界最高水準のデジタル3D地図の提供

【プロジェクト概要】

- システム構成：小型光学イメージャ×8機～、小型ライダ衛星×2機～
 - 観測幅：約50km以上
 - 分解能：40cm以下
 - 観測バンド：4バンド以上
- 打上時期：2026年度から段階的に
- 官民分担：(官)小型ライダ×2機、小型光学イメージャ×4機～、(民)小型光学イメージャ×4機～



③ TFチーム

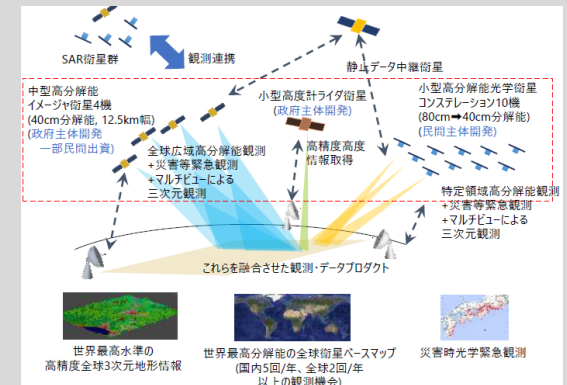
【提案者】

「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合」リモートセンシング分科会幹事会

災害対応・ベースマップおよび環境モニタリングに関するミッション (広域・高分解能光学衛星)

【プロジェクト概要】

- システム構成：中型光学イメージャ×4機、小型光学イメージャ×10機、小型ライダ衛星×1機 (※オプションとして、イメージャ+ライダを1機の中型とする案)
 - 観測幅：約100km
 - 分解能：40～80cm
 - 観測バンド：6バンド
- 打上時期：2026年度から段階的に
- 官民分担：(官)中型×4機、小型ライダ×1機、(民)小型光学イメージャ×10機(想定)



CONSEO提案の比較検討(1/2)



各提案での官負担コストに違いがあるため、横並び(*)で比較した結果を以下に記す。

ALOS-3喪失を受けた対応と次世代に繋がる光学観測ミッションの提案として、特に評価できる点を**黒太字**で示す。

			①案	②案	③案
比較観点 * ALOS-3同等規模を想定した場合の比較			官：ALOS-3再製造	官：小型イメージャ衛星4機 +小型ライダ衛星2機	官：中型イメージャ衛星1~2機 +小型ライダ衛星1機
			民：-	民：小型イメージャ衛星4機	民：小型イメージャ衛星10機
(1) ALOS-3喪失に伴い 想定される影響への対応	平時を含む 防災災害対策	初動	国内任意地点を1日以内観測	複数機でより多く、より早くの観測機会 を実現	
		大規模災害時	南海トラフ大地震による強震動想定域(東西方向)を1度に観測	同時多発・広域災害を複数機で観測、高頻度・高分解能観測 を実現	
		平時	ベースマップ(雲なし) 国内3年以内、国外5年以内整備・更新	小型衛星の機数増を図ることでベースマップ整備期間を短縮可能	
	地理空間情報の整備・更新	都市計画区域「外」基盤地図情報(1/25,000レベル)	高分解能、高さ精度向上で都市計画区域「内」基盤地図情報(1/2,500レベル) で活用。3DをPLATEAU等の公共事業で活用。		
環境保全への利用・研究等	環境保全への利用・研究等での観点では、いずれの案でも多種多様な分野への貢献が可能				
(2) ALOS-3喪失に対するスピード感 ALOS-3開発着手時点からの事業環境の変化・技術進展対応			開発済のALOS-3を再製造。2027年度末導入(要検討)	早期に小型光学イメージャ衛星の運用開始(2026年度~)、機数増で段階的に機能・性能を拡張	②案と同じ想定。但し、衛星開発事業者を含めた調整要。
			ALOS-3リポートとして、ALOS-3ミッションを継承。	2次元の高分解能光学衛星画像が、国際的に広く事業展開される環境変化の中、高精度3次元情報にて新規ニーズ・事業に対応	
			アジャイル開発によりニーズ変化・技術進展に対応	-	

CONSEO提案の比較検討(2/2)



	①案	②案	③案
(3) SX実現に向けた社会経済的意義の高い利用ニーズ貢献	<ul style="list-style-type: none"> ・ベースマップ蓄積活用で民間、行政機関事業DXに貢献 ・衛星データ活用産業拡大に寄与 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>高精度デジタル3D地形・全球樹高等のDXデジタルツイン</u>の構築。 ・<u>災害対策・国土強靱化や安全保障、カーボンニュートラルGXに向けた取組、国内外の多様な産業での活用</u> 	
(4) 国際競争力ある新規事業の創出	広域・高分解能を併せ持つALOS-3の特長で事業展開	<u>高精度デジタル3D地形情報を活用したデータ利用事業により、国際競争力のある新規事業を約5000億円市場にて創出</u>	
	通信・測位・観測衛星を活用し、社会課題ソリューションをパッケージ化、輸出&国際支援	—	民間ビジネスに加えクラウドで Open & Free化によるデータ利用・産業裾野拡大、科学的成果を創出
(5) 科学技術自立性確保・維持発展	衛星単機での広域・高分解能観測技術維持の優先度は高くない	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>小型イメージャ衛星コンステレーションによる広域・高分解能な観測技術獲得</u> ・<u>3D情報高精度化でデータ国際競争力を高めるためのライド技術獲得</u> 	
		—	科学研究の更なる推進に寄与
(6) 新しい官民連携・開発実証プロセスの導入	地上設備構築、運用負担想定。衛星再製造費はALOS-3開発費を上回り官負担コストが大。	小型イメージャ衛星コンステ、地上システム開発、運用は官民連携。	
	国家インフラとして 複数機でロバストなシステム構築 によりデータ供給安定性、継続性を確保	<u>ミッションデザインからステージゲート型で官民連携</u> 、技術は官、事業は民	—
		<u>コンステレーションによるロバストなシステム構築</u> 。早期に実現できる要素から 段階的にアジャイル型でシステム構築 し、イメージャ衛星早期打上・運用を実現、コンステレーションで頻度向上、LCP衛星で3D精度向上等を段階的に実現	

次期光学ミッションにかかるCONSE03チームからの提案について、複数のユーザ省庁職員
※（のべ150名以上）への説明会及び意見交換を実施。

※ 国土交通省（本省関係部局、海上保安庁、国土地理院、国土技術政策総合研究所、土木研究所、港湾航空技術研究所）、農林水産省（本省関係部局、林野庁）、防衛省（本省関係部局、防衛装備庁）等

【次期光学ミッションに対する主な要望・期待】

■ ミッション・システム要求

- 防災サイクルにおける備えや復旧・復興への衛星活用に加え都市域の地理空間情報の整備・更新や高精度3Dに期待。災害対応としては空間分解能が高いほど良く、それ以上に時間分解能が上がるのが重要。
- 分解能、頻度、リアルタイム性、優先権等のバランスが重要。 現行商用衛星並の80cmより更に高い地上分解能なら、より活用場面は増える。航空機観測によるデータ更新もリソースを要するため、将来的に部分的に置き換えることも想定。
- ライダー補正で地上標高DTMを提供するのは非常に魅力的。 RGB・NIRに加え、コースタル、レッドエッジにも期待。

■ 開発期間・開発サイクル

- 開発はできるだけ早いほうが、データ活用の可能性がより期待できる。
- アジャイル開発でのニーズ変化への対応は重要。 大型衛星は失われた際のダメージが大きく、量産可能な小型衛星をベースとするミッションの方が持続可能性が高い。 ALOS-3喪失を踏まえ、アジャイル開発オプションが優先されると良い。

■ データ提供

- 10年～20年と安定してデータを提供する体制を整えてほしい。 尚、有償データの場合、大規模活用、試行的な利用、自治体利用等はハードルが高い。利用目的に応じて無償データ提供、公開プラットフォーム等の検討が必要。

- 宇宙基本計画や、CONSEO提案結果、関係省庁との対話等を踏まえると、**次期光学ミッションには、民間による事業展開を通じた価値はもちろん、公的観点からも大きな価値があり、政府及びJAXAが公的投資も含め一定関与することが望ましい。**
- その上で、今後、**以下のミッション実現を軸**に置いて、JAXAと民間事業者による詳細検討や技術のフロントローディングを進めていくべきではないか。
 1. **段階的に成果創出**を進め、順次新しいニーズに対応する**アジャイル型**のミッション。
 2. 民間事業者による**ビジネス創出、政府利用**（防災・減災、地理空間情報の整備・更新等）、**学術利用**といった**利用ニーズに的確に対応**できるミッション。（これを実現するために、特にデータの扱い方について十分な検討を行うことに留意。）
 3. **衛星搭載ライダー高度計**と小型光学衛星群の組み合わせにより、**我が国独自の革新的な衛星三次元地形情報生成技術**の開発・実証に取り組むミッション。
 4. 複数衛星により**ロバストなシステムを構築**し、スタートアップ含めた**民間事業者の競争力強化**のために、**小型光学衛星コンステレーションを活用・高度化**するミッション。
 5. プロジェクトメイキングの段階からJAXAと民間が共創するステージゲート型の**官民共同開発プロセス**を新たに導入するなど、民間主体の取組等を含めた**官民の適切な役割・投資分担**に基づくミッション。
- 今後、宇宙政策委員会（衛星開発・実証小委等）や、ユーザー省庁、民間事業者等と更なる意見交換・検討を行い、年度末までを目途に、ミッションをより具体化していく。

以降、参考資料

- 海外ベンチマーク（Sentinel等）
- デジタル3D基盤の高度化によるイノベーション創出
- ステージゲート型官民共創プロジェクトの例

国内外の光学衛星は、観測幅、分解能、衛星サイズ等で、例えば以下のように分類される。

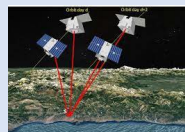
狭域高分解能中型・小型衛星コンステ



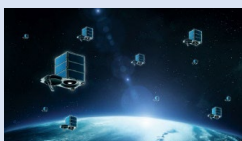
Worldview Legion (2023予定) ★
米: **DigitalGlobe** (Maxar)
750kg, 6機: 29cm分解能, 9km幅
頻度最大15回/日, 500万km²/日
開発費\$600m(100%民)



Pleiades NEO (2021~) ★
仏: **Airbus**
750kg, 4機: 30cm分解能, 14km幅
頻度2回/日, 200万km²/日
開発費E600m(内AirbusE100m)



CO3D(2024~) ★
仏: **CNES/Airbus**
300kg, 4機, 50cm分解能, 14km幅,
開発費 不明(Airbus), E100m(CNES)



Skysat(2013~)
米: **Planet labs** (Maxar)
110-120kg, 21機→24機
50cm分解能, 6km幅
頻度 数回/日、開発費 \$2~5m/機



Aleph-1 Const./Nusat(2016~)
アルゼンチン/米: **Satellogic**
約40kg, 39機→300機
1m分解能, 5km幅
頻度 最大10回/日



Blacksky Constellation(2018~)
米: **Blacksky Global**
約56kg, 17機→60機
1m分解能, 6km幅
頻度 最大15回/日

ライダー高度計搭載光学衛星



Gaofen-7 (2020~) ★
中:
2400kg, 1機: 80cm分解能, 20km幅
頻度2回/日, 200万km²/日
(1/10,000縮尺地図作成)

広域高分解能大型衛星



ALOS-3(打上げ失敗)
日: **JAXA/PASCO**
2900kg, 1機,
80cm分解能, 70km幅
頻度 1回/日(首振り), 1回/35日(直下)、
400万km²/日
開発費 282億円(打上げ費除く)

広域中分解能小型衛星コンステ



Dove(2013~)
米: **Planet labs**
3U(5kg), 200機弱
3.7m分解能, 24km幅
頻度1回/日以上, 1.5億km²/日



Axelglobe (2019~)
日: **Axelspace**
80kg, 5機→50機
2.5m分解能, 57km幅
頻度0.5回/日

広域中分解能定期観測型大型衛星(オープンアンドフリー)



Sentinel2(2015~)
欧: **EU/ESA**
1130kg, 2機,
10m分解能, 290km幅
頻度1回/10日
開発費 E195m(A),
E105m(B), E285m(C,D)

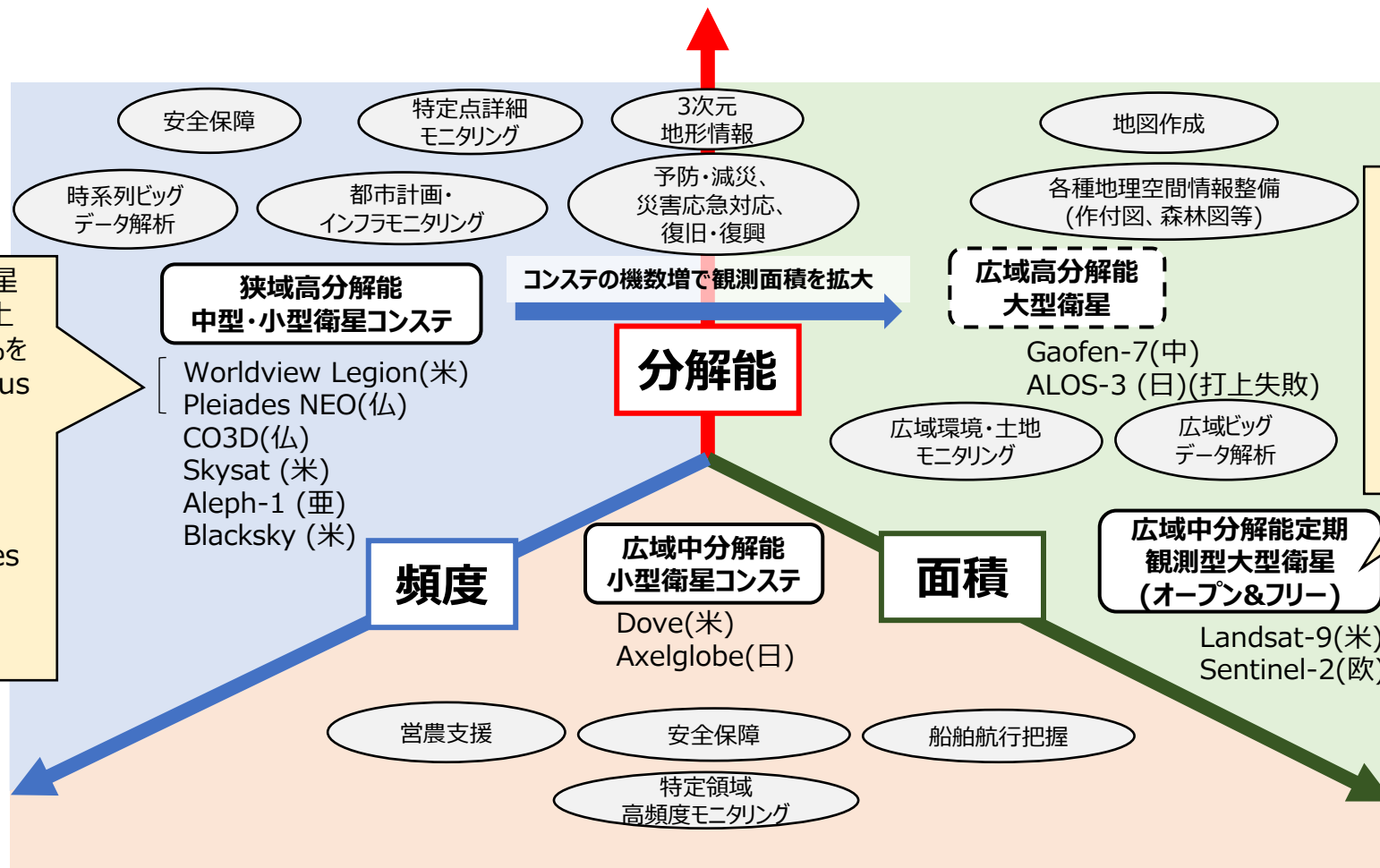


Landsat9(2021~)
米: **NASA/USGS**
2711kg, 1機,
15m分解能, 185km幅
頻度1回/15日,
開発費 \$699m(NASA),
\$120m(USGS)(打上げ含む)

★ 3次元地形情報の創出に取り組むミッション

【参考】光学衛星の能力と主要な利用ニーズ

光学衛星の観測能力（分解能、頻度、面積）と、主要な利用ニーズについて以下に示す。



オープン&フリー(*)により、2020年3月時点で、Landsatシリーズ全体のダウンロード数が1億シーン、Sentinel-2のデータのダウンロード量は83PBと利用拡大。

2020の商用衛星データ市場の売上(\$1.6B)の53%をMaxar社、Airbus社が占める。

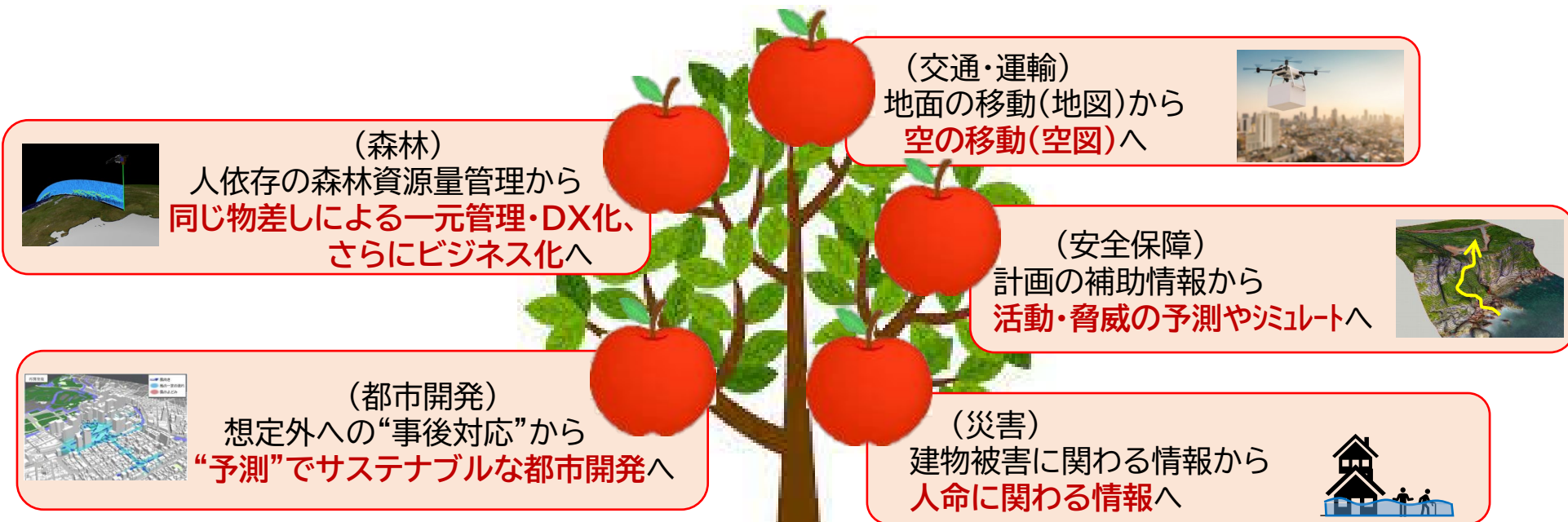
出典：Earth Observation Data & Services Market September 2021

*ALOS初号機による全球高精度デジタル標高データ(DSM)についても、JAXAによるオープン&フリーデータでの提供、民間事業者による有償データ販売を行うプレミアムモデルにより、民間ビジネス・データ利用拡大の両輪を回しており、win-winの関係を構築した。

【参考】デジタル3D基盤の高度化によるイノベーション創出



デジタル3D基盤が高度化すると、様々な分野でイノベーションが起こり、各分野での課題解決に繋がる。



【共通基盤】

デジタル3D基盤の高度化

【Before】

国による国土の管理

- ・ 解像度5m, 高さ精度～数m
- ・ 更新の地域格差が大きい
(都会は高頻度、地方は低頻度)



【After】

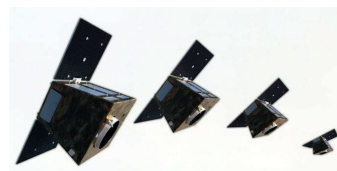
自治体による都市の管理

- ・ 解像度0.4m, 高さ精度～1m
- ・ 全国(+海外主要都市)を均一に
定期自動更新

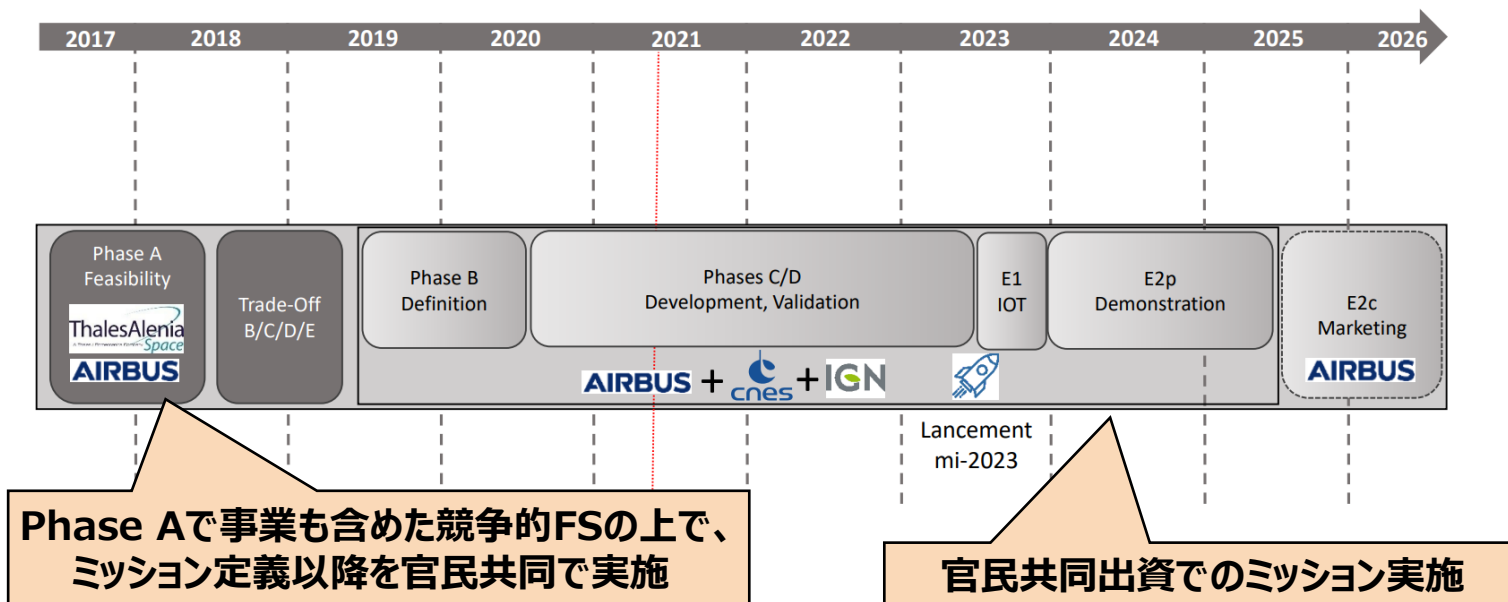
【参考】ステージゲート型官民共創プロジェクトの例

フランスのCNES/Airbus連携によるCO3Dミッションの官民共同開発実証の例が参考となる。

- 官民連携ミッションとして、イノベティブなプロジェクト実施体制を構築している。
- パートナー企業の評価・選定、ペイメント、品質保証等の観点で官民連携の参考となる。



CO3D(2023~)
仏:CNES/Airbus
300kg, 4機(→20機), 寿命8年
50cm分解能, 7km幅
限定範囲の3次元地図作成
開発費E100m(C)+E170m(A)
(Oneweb通信コンステのバス流用)



- CO3D: Constellation Optique 3D
- 2019年4月、CNESがエアバスと契約を締結し、CO3Dコンステレーションプロジェクトを開始。