

官民連携による光学観測事業構想について

令和6年3月25日
文部科学省 研究開発局

はじめに

- 文部科学省及び宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、令和5年3月のH3ロケット試験機1号機打上げ失敗によるALOS-3喪失等を受けて、同衛星の再開発の要否も含めた光学観測の今後の方向性について検討を加速。
- 衛星地球観測衛星コンソーシアム（CONSEO）における検討や、文部科学省及びJAXAにおける関係省庁との意見交換結果等を踏まえ、**令和5年夏、次期の光学観測の方向性について一定の整理を実施**。（2頁参照。令和5年7月の宇宙開発利用部会、同年8月の内閣府衛星開発・実証小委員会に報告）
- その後、JAXAにおいて、企画競争を経て選定された民間事業者とともに、当該方向性に基づく官民連携での事業構想の共同概念検討を実施。また、文部科学省においても、関係府省庁やJAXA、民間事業者等との更なる意見交換を行い、次期の光学観測の在り方を一層具体化。
- 予算面では、令和6年度予算案（JAXA運営費交付金）として、**次期光学観測に向けた研究開発（フロントローディング）経費を新規計上**。また、令和5年度補正予算として、**民間企業・大学等に対するJAXAの資金供給機能を強化するための「宇宙戦略基金」を創設**。
- 内閣府宇宙政策委員会は、令和6年3月中に**宇宙技術戦略**を策定予定。現在公表されている宇宙技術戦略（案）では、これまでの次期光学観測に係る各種検討内容も踏まえた上で、**光学観測関連技術に関する記載**がなされている。（3頁参照）
- 以上を踏まえ、今回改めて、**官民連携による光学観測事業構想**について、**具体的な取組の全体像及びスケジュールの整理**を行った。

(参考) 令和5年夏に提示した次期光学観測事業の方向性

産学官における議論

- 令和5年3月のH3ロケット試験機1号機打上げ失敗に伴うALOS-3（だいち3号）喪失を受け、衛星地球観測コンソーシアム(CONSEO)における次期光学観測に関する議論を加速。
- 同年6月、CONSEOにて、3チーム（民間事業者）からの提案が取りまとめられ、以降、文科省・JAXAと各事業者との間で意見交換を実施。

宇宙基本計画の改定

- 令和5年6月に閣議決定された宇宙基本計画の記載は以下の通り：

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こと、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。

ユーザ省庁との意見交換

- 文部科学省及びJAXAは、令和5年6-7月にかけて、次期光学観測事業構想（CONSEOの3チームの提案）について、国土交通省、農林水産省、防衛省などのユーザ省庁職員（のべ150名以上）と意見交換を実施し、利用側ニーズを把握した。

次期光学ミッションの方向性

（令和5年7月 文部科学省 宇宙開発利用部会、同年8月 内閣府宇宙政策委員会 衛星開発・実証小委員会にて文部科学省・JAXAから報告）

- **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。**
- **今後、以下のミッション実現を軸**に置いて、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。
 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. **ビジネス創出、政府利用**（防災・減災等）、**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。
 3. **衛星搭載ライダ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. 複数衛星による**ロバストなシステム構築**、スタートアップ含む**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。

(参考) 宇宙技術戦略(案)における光学観測関連の主な記述

2. 衛星

III. リモートセンシング

(2) 環境認識と技術戦略

- リモートセンシング分野は、これまでの大型観測衛星による広域・高精度観測に加え、小型観測衛星コンステレーションの登場によって高頻度の観測が可能となり、商業化と市場の拡大が進展している。我が国においては、多様なセンサを搭載した観測衛星製造・運用・解析の経験の蓄積があり、小型衛星コンステレーションスタートアップ企業や非宇宙領域のプレイヤーも含めたエコシステムを形成している。こうした我が国の強みを活かしながら、新たな市場を形成していくことが必要である。

② 時間情報を拡張するコンステレーション技術等

- 小型衛星コンステレーション**は、高頻度(アジャイル)に開発・実証を繰り返す中で、高分解能化、観測幅拡張等、機能・性能を段階的に向上させ、かつ十分な数の衛星を打ち上げることで初めて高頻度・高精度観測という価値が生み出せるため、深い「死の谷」を越えるための**大きな先行投資が必要**となる。国内スタートアップ企業は、主に上場を含めた民間市場における資金調達によって先行投資を進めているが、激化する国際競争環境を踏まえれば、このような民間エコシステムをうまく活用しつつも、政府としては可能な限り早期に利用省庁・関係機関によるアンカーテナンシーの可能性を追求するとともに、**高頻度実証・量産化技術の確立・商業化加速に向けた更なる支援の強化が非常に重要**である。

③ 空間情報を拡張する光学/レーザ等のセンサ開発技術

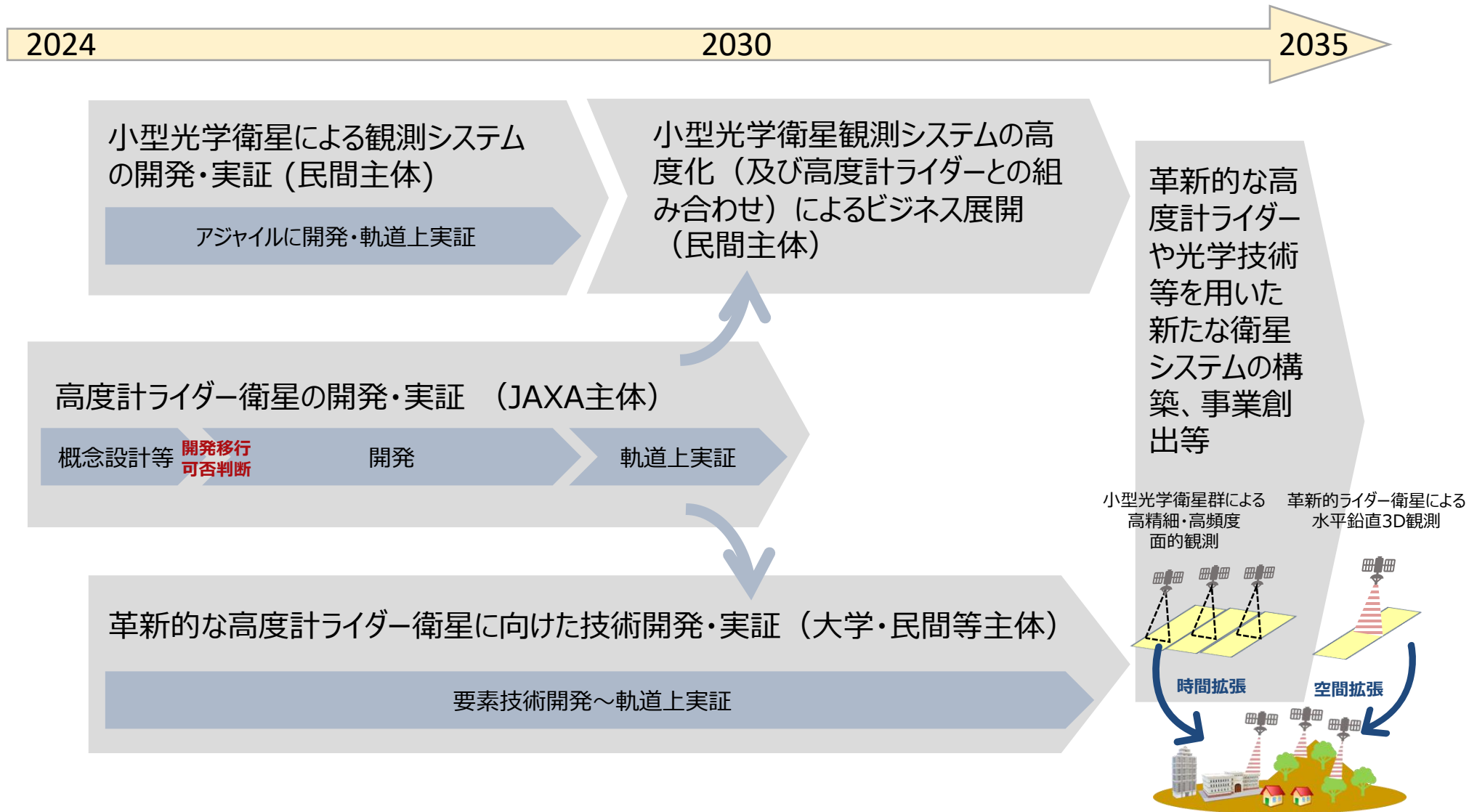
- 空間情報を拡張する光学、SAR、雲・降水レーザのセンサ開発技術については、安全保障や防災・減災、将来的には地球・都市デジタルツインの実現に貢献し、リモートセンシング技術をシステムとして高度化するコアの技術であり、調達自在性の確保が必要である。
- センサの高度化に向けた取組も必要であり、**光学センサ**については、安全保障や防災等の被災状況把握や3次元地形情報に資する、**40cm級の高解像度化・高指向精度化が非常に重要**である。
- 都市デジタルツインの基盤となる**3次元地形情報の高精度化**においては、宇宙からレーザ光を用いて直接的な距離計測を行う高度計ライダーとステレオイメージングとの組合せで、**鉛直方向の地上位置精度1m級の高精度な3次元データの獲得**が見込まれる。世界最高水準の3次元情報の開発に向け、**光学衛星コンステレーションとの協調観測等を見据えて2020年代後半での高度計ライダーのISSでの宇宙実証と衛星への搭載を目指し、必要な技術の獲得・実証に取り組むことが非常に重要**である。さらに、高度計ライダーを活用した商業化の道筋を描きつつ、小型・高効率・高機能なレーザ技術といった、**革新的な高度計ライダー技術の獲得に向けた要素技術の開発に挑戦**することも**非常に重要**である。

官民連携による光学観測事業構想 取組の全体像（案）

- これまでALOSシリーズを通じてJAXA主体で進めてきた低軌道上の光学衛星観測は、今後は民間事業者主体の取組へとシフトしつつ、JAXAからの民間事業者への技術移転も含めた国・JAXAによる民間事業者の観測・利用技術の高度化支援を推進する。
 - まずは、防災・減災、地理空間情報の整備・更新等の公的ニーズへの対応が早期に必要となることから、分解能40cm級、観測幅50km相当以上の国際競争力のある小型光学衛星による観測システム（コンステレーション）を、民間主体で、2020年代後半までに開発・実証する（**最優先で実施**）。
 - 多様なニーズに対応可能とするため、アジャイル型の開発を通じて段階的に機能・性能向上を図りつつ、当該システムを通じた民間事業者によるビジネス展開につなげていく。同時に、防災・減災のための緊急観測や学術研究等の公的ニーズにかかるデータ利用の枠組みを、国・JAXA・民間事業者で検討・構築する。
-
- 上記の民間小型光学衛星観測システムとの組み合わせを想定した、高さ方向の高精度観測を可能とする高度計ライダー衛星について、JAXA主体で技術開発を実施する。
 - まずは、民間事業者やユーザ省庁等とともに概念設計やフロントローディング研究を進め、開発目標を明確にするとともに、小型・軽量化や低コスト化の実現性等をもとに、本格開発への移行判断を行う。
 - 本格開発への移行後は、当該ライダー衛星と民間小型光学衛星観測システムとの協調観測を見据え、新規技術を柔軟に取り込みつつ、2030年頃までにJAXAにおいて、ライダー衛星の技術開発・軌道上実証を行う。民間事業者はこれを活用して、世界最高水準の三次元地形情報生成技術を獲得し、事業創出、国内外でのビジネス展開につなげていく。
-
- 光学観測システムにブレークスルーをもたらし得る、水平鉛直の3次元観測が可能な革新的な高度計ライダー衛星の実現を目指し、そのために必要となる大学・民間事業者等による小型・高効率・高機能なレーザ技術等の要素技術開発や、商業化に向けた取組を促進する。

取組のスケジュール（案）

- 全体像の実現に向けて、各取組の中長期的なスケジュールは以下が想定される。



補足資料

ユーザ省庁との意見交換について (1/2)

- 本年2-3月において、本観測システムのミッション要求案について、文部科学省・JAXA・民間事業者と、国土交通省、農林水産省、防衛省等の関係省庁間で、令和6年能登半島地震での光学衛星活用状況も含めた意見交換を実施。
- 現時点で想定される具体的な用途と、それに向けた現状・課題、本観測システムへの要求事項等について、小型光学衛星による観測システム（面的観測）、高度計ライダー衛星（3D観測）のそれぞれの観点から、以下に整理した。

小型光学衛星による観測システムへのニーズ

分野	想定される主な用途	現状・課題	本観測システムで実現を期待すること	小型光学衛星による観測システムへの主な要求事項
防災/災害対策	<ul style="list-style-type: none"> 地震災害、風水害、火山災害、海上・沿岸災害といった各種災害発生時の観測ニーズへの貢献 発災時の早期広域把握/重要施設の優先的把握 	国として発災時に自由に観測可能な光学衛星が所持できていない。	ALOS-3に期待していたレベル以上での、防災/災害対策に役立つ情報を提供してほしい。	<ul style="list-style-type: none"> 水平解像度は1m以内（道路倒壊や道路交通可否等が判読できる）、将来的には10cm~60cmが理想 観測幅は50km以上（複数機合わせて観測できる領域）、将来的にはさらに広域な観測が理想
国土管理	<ul style="list-style-type: none"> 盛土や構造物（道路や空港周辺）等の変化状況の把握 3D都市モデルの整備・更新（PLATEAU、3D電子国土基本図） 土地利用や地形変化状況の把握（更新の優先順位付け、国土数値情報、都市計画基礎調査、砂防基礎調査等） 	3D地図整備の活動では、主に航空写真で整備するが、今後の更新やコストが課題。また、土地利用の変化についても、現在は航空写真や目視、性能・価格が必ずしも十分でない民間衛星画像で実施している。	既存の民間衛星画像や航空機、目視と比べ、安価または網羅的な調査を実施したい。	<ul style="list-style-type: none"> 基本図は都市部が1/2,500、山間部が1/25,000の精度で整備されており、1/2,500地図の修正に必要な写真地図の空間解像度は40cm 土地変化状況の把握は解像度1~数m
森林・林業	<ul style="list-style-type: none"> 森林管理（施業状況把握、森林GIS、国有林/保安林等） 病害虫の被害把握（ナラ枯れ・マツ枯れ） 森林資源情報の把握 森林保険への活用 	森林管理を航空写真や目視調査で実施しており、一部、広域調査には海外の商用衛星を活用している。	目視調査から、一定程度を衛星で代替することで、人件費削減や人手不足解消等を推進したい。	<ul style="list-style-type: none"> 定期的・網羅的な観測 水平解像度は用途に応じて数十cm~20m程度
農業	<ul style="list-style-type: none"> 農作物の統計情報（作付状況等）の把握 海外農作物の統計情報の把握 農地の現地確認（地方公共団体等）への活用 	国内外の農作物に係る情報を、主に目視やヒアリングで調査している。	目視調査から、一定程度を衛星で代替することで、業務の高度化・効率化を推進したい。	<ul style="list-style-type: none"> 定期的・網羅的な観測 水平解像度50cm程度
安全保障	<ul style="list-style-type: none"> 安全保障への貢献 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 迅速な観測とデータ提供

ユーザ省庁との意見交換について (2/2)

高度計ライダー衛星へのニーズ

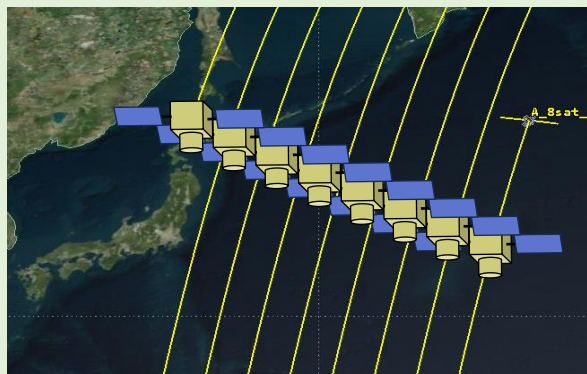
※JAXAが民間事業者と実施する概念設計等を通じて、引き続き関係省庁のニーズ等を把握し、開発目標やスケジュールへの反映を進めていく予定。

分野	想定される主な用途	現状・課題	本観測システムで実現を期待すること	高度計ライダー衛星への主な要求事項
防災/災害対策	<ul style="list-style-type: none"> 水害対策への活用 港湾の被災状況把握、岸壁の利用可否判断 	<p>浸水被害把握の迅速化、効率化が必要。また、港湾施設の被災状況把握、水域の漂流物・油流出の把握において、衛星を利用している。</p>	<p>天候回復後に浸水エリアの全容把握を迅速化したい。また、船舶の航行可能性の判断のために必要となる岸壁の利用可否判断、水中の埋塞状況・沈降物を把握したい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 港湾・岸壁把握について、岸壁水深から最大深さ20m程度を最低でも50cm単位で、港内の面的な水深情報が得られると、衛星観測のみでの航行可能性の判断が可能となる。
国土管理	<ul style="list-style-type: none"> 盛土や構造物（道路や空港周辺）等の変化状況の把握 3D都市モデルの整備・更新（PLATEAU、3D電子国土基本図） 土地利用や地形変化状況の把握（更新の優先順位付け、都市計画基礎調査、砂防基礎調査等） 	<p>3D地図整備の活動では、主に航空写真で整備するが、今後の更新やコストが課題。また、土地利用の変化についても、現在は航空写真や目視で実施している。</p>	<p>航空機や目視と比べ、安価または網羅的な調査を実施したい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 基本図は都市部が1/2,500、山間部が1/25,000の精度で整備されているが、PLATEAUで期待する地図情報レベルは500～2,500（高さ精度：0.25～0.66m以内） 土地変化状況の把握は解像度1～数m
森林・林業	<ul style="list-style-type: none"> 森林管理(施業状況把握、森林GIS、国有林/保安林等) 森林資源情報の把握 盛土への活用 	<p>森林管理を航空写真や目視調査で実施しており、一部、広域調査には海外の商用衛星を活用している。</p>	<p>目視調査から、一定程度を衛星で代替することで、人件費削減や人手不足解消等を推進したい。また、全国を網羅的かつ定期的に観測することで森林資源情報の効率的な把握に役立てたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 定期的・網羅的な観測 鉛直解像度は用途に応じて数十cm～10m程度
農業	<ul style="list-style-type: none"> 中山間地域の勾配計測 	<p>勾配の測定については、現地での実測を原則としているため、自治体の事務及び費用負担が大きい。</p>	<p>3D地図の活用により、業務委託費に係る人件費、委託等のコストを削減したい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 観測頻度は年1回程度
安全保障	<ul style="list-style-type: none"> 安全保障関連 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 迅速な観測とデータ提供

小型光学衛星観測システムのイメージ

観測幅・頻度のイメージ

- 国内任意地点を1日1回程度、日中に観測
- 5km×10機以上等で合計50km以上を広域対応



解像度のイメージ

- 解像能力を段階的に40cm級まで向上

ALOS-3 : 80cm



20 m

小型光学 : 40cm級



土砂崩れ観測シミュレーション画像より

高度計ライダー衛星の概念設計・フロントローディングについて

- 令和6年度予算案（JAXA運営費交付金）において、官民連携による光学観測事業構想のフロントローディング経費として6億円を新規計上。主に、以下を取組を実施する予定。
 - ✓ ライダー衛星（地上含む）に係るシステム概念設計（数100kg級の衛星システムを想定中）
 - ✓ 識別されたクリティカル要素・検討課題（高出力・高効率宇宙用レーザ、ライダー受光部、ライダー送受信に関わる光学系（大口徑望遠鏡等）、衛星バス・システムの高速度データハンドリング・高精度指向アライメントなど）に係るBBM試作や解析等の実施

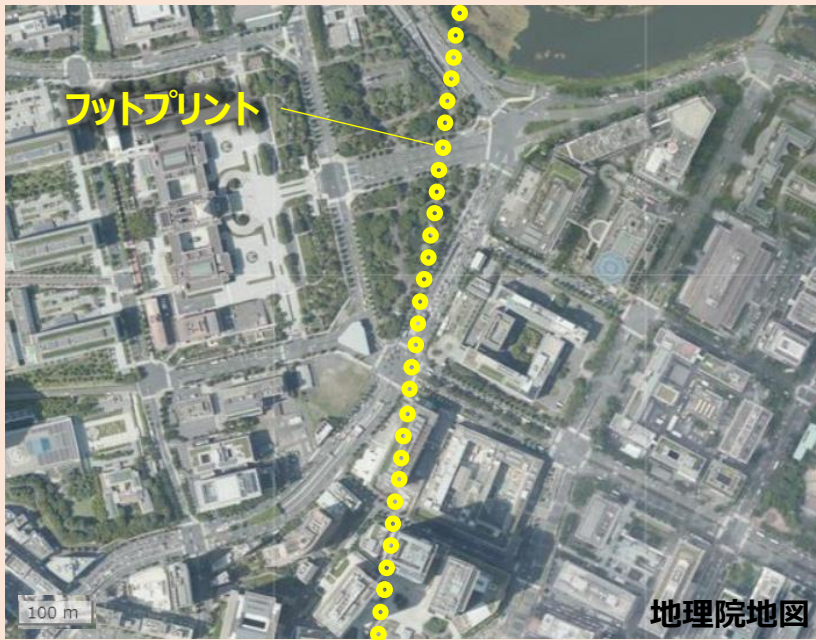
高度計ライダー衛星による観測のイメージ

観測方法のイメージ

- 衛星の軌道に沿って直下点を観測。
- フットプリント径やフットプリントの間隔は、今後の概念設計・フロントローディングを通じて明確にしていく予定。

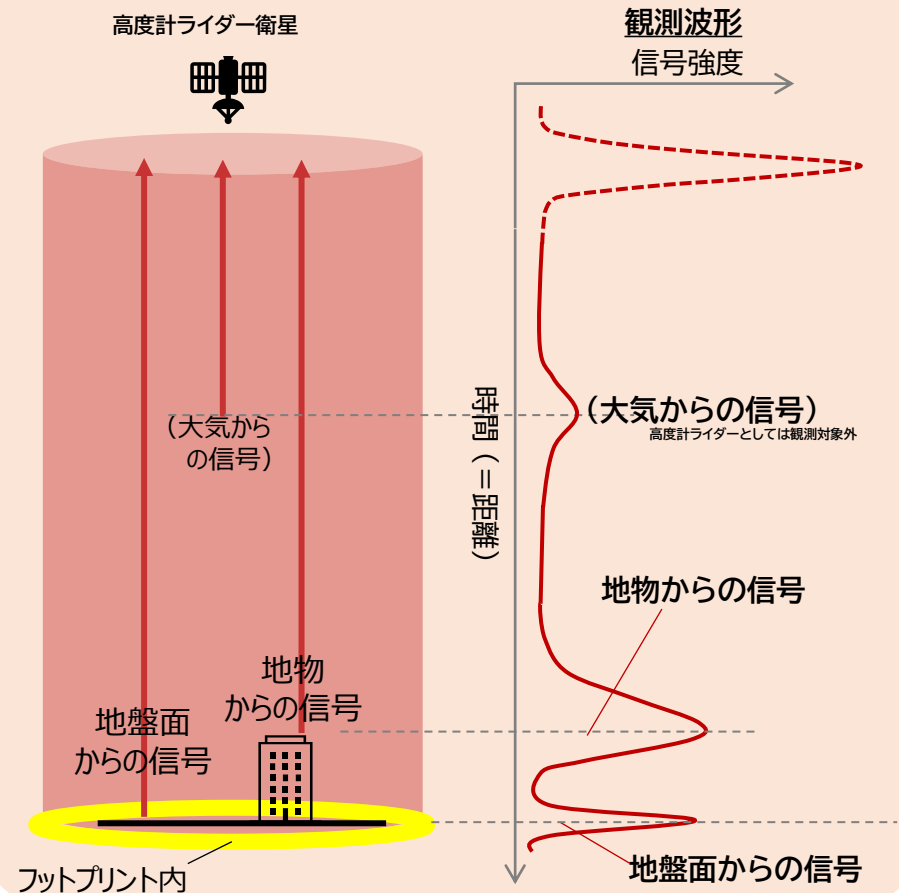


※フットプリント十数m程度を想定した場合のイメージ



観測できるデータのイメージ

- フットプリント内に存在する大気・地物・地盤面それぞれから反射して返ってきた信号を観測する。
- 複数の対象物が存在する場合は、それぞれの対象物から反射した信号の強度を観測できる。



令和5年夏までの検討の経緯

- **平成30年度（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年央を目途に基本的な方針を整理する。

- **平成31年（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。**

- **令和元年（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。**

- **令和2年（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。**

- **令和4年（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。**

- **令和5年（2023）年3月のALOS-3喪失を受け、CONSEOでの検討を加速。同年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。**