

先進光学衛星の 検討状況について

平成26(2014)年9月16日

宇宙航空研究開発機構

理事 山本 静夫

第一衛星利用ミッション本部事業推進部長 舘 和夫

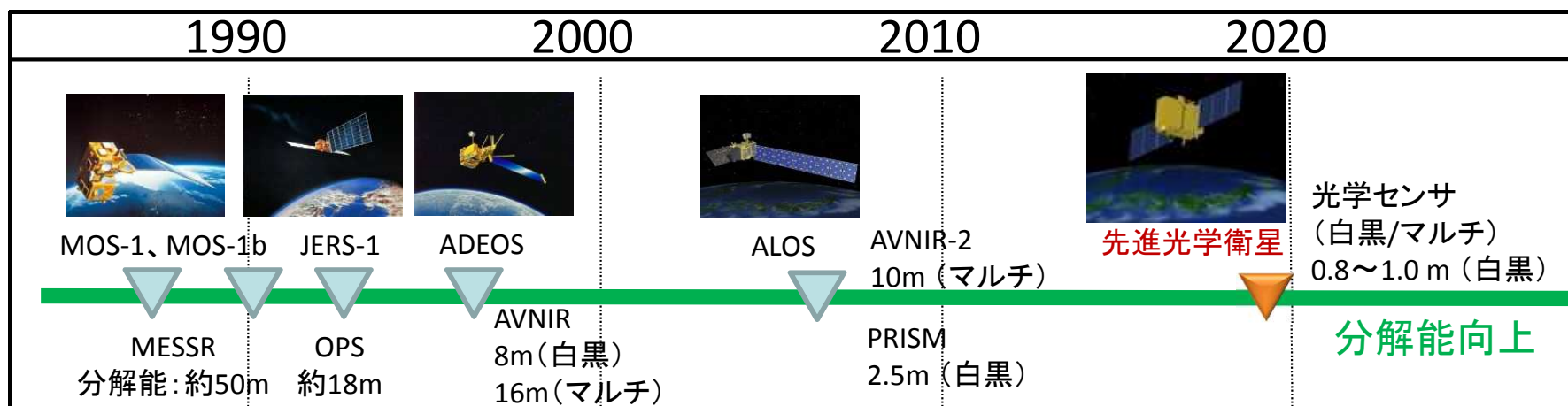
1. 高分解能光学センサについて
2. 先進光学衛星の目的・成果と必要性
3. 先進光学衛星の特徴
4. 先進光学衛星の開発方針
5. 先進光学衛星における技術開発
6. 先進光学衛星の概要
7. 開発体制
8. 開発スケジュール(案)

1. 高分解能光学センサについて

高分解能光学センサ技術の発展

- (1) JAXAでは、1987年に最初の光学センサを搭載した海洋観測衛星もも1号(MOS-1)を打上げて以来、JERS-1、ADEOSと高性能化を進め、2006年打上げの陸域観測技術衛星だいち(ALOS)では、2.5mの分解能を達成し、地図作成、災害監視などの分野に広く活用された。
- (2) 2011年のALOSの運用終了以降、光学観測は途切れており、国土保全・災害状況把握等に必要な観測の継続を確保することが重要。

JAXAにおける光学観測衛星の発展



MOS-1
(MESSR)



ALOS
(AVNIR-2)

先進光学衛星で
更なる高性能化へ

2. 先進光学衛星の目的・成果と必要性

■ 目的

- ①ALOSで獲得した広域・高分解能観測機能を発展させ、分解能1m以内で日本全域を高頻度に観測し、防災・災害対策等を含む広義の安全保障、地図・地理空間情報の作成・更新等、様々なニーズに対応する。
- ②設計寿命を5年から7年と長寿命化することにより、データ継続性確保、将来の社会インフラ化に資する。
- ③ALOS-2データ配布方針を原則踏襲し、民間事業者と協力し、更なる運用の効率化と利用の促進を図る。

■ 期待される成果

①災害状況把握等のための世界のベースマップの作成

我が国においては、被災状況の詳細把握とともに平時からハザードマップの詳細化・タイムリーな更新を可能とする。海外においても平時から計画的に情報を収集・更新しておくことで、災害やテロ等が発生した際に、現地の最新の地形図を緊急援助隊等に提供することが可能となる。

②国土管理等

広域観測能力を活用して、陸域や港湾等の監視の効率化・強化を図ることが可能。この他にも、定期的かつ詳細な繰り返し観測により、土地被覆分類の客観的な把握や、森林バイオマス量推定等の様々なニーズに応えることができる。

③ALOS-2との連携

広域の全体像を光学センサで視認できる本衛星と、昼夜・天候を問わず合成開口レーダで観測できるALOS-2を補完的に組み合わせることで、災害観測等に相乗効果を発揮する。

2. 先進光学衛星の目的・成果と必要性

■観測能力(分解能、観測幅)に対するニーズ

- ① 防災分野については、平成18年2月～9月に行われた「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」(幹事:内閣府、文科省)や、その後の防災省庁業務連絡会(年間2回程度実施)等を通じて、以下の様な利用ニーズの状況確認を継続的に確認している。

(a) 分解能

災害における応急対応では、建築物倒壊や道路通行可否を観測するには分解能1m以内が必要とされる。

(b) 観測幅

発災前後の比較が被害情報抽出の基本となるため、平時(災害予防活動時)は全世界のベースマップを高頻度で更新する。災害発生時は、被災した地域全体を迅速に観測することが望まれ、国内の主要な災害の規模を考慮すると地震では40～70km、風水災害では30～50km程度の観測幅が必要となる。

- ② また、過去10年間の主な地震被害の範囲は35～120kmに及んでおり、また南海トラフ地震等を想定すると、早期に被害範囲を把握するためには35kmを超える広域の観測幅や、視線方向を変えながら観測することが必要となる。
- ③ 他方、「だいち」後継光学センサに対する利用ニーズについて、JAXAが平成23～25年度にかけて、利用省庁や民間企業に対して直接ヒアリングを行い、地図・地理空間情報、防災分野だけでなく、環境・農林業分野のニーズも想定されることを確認した。**(次ページ表)**

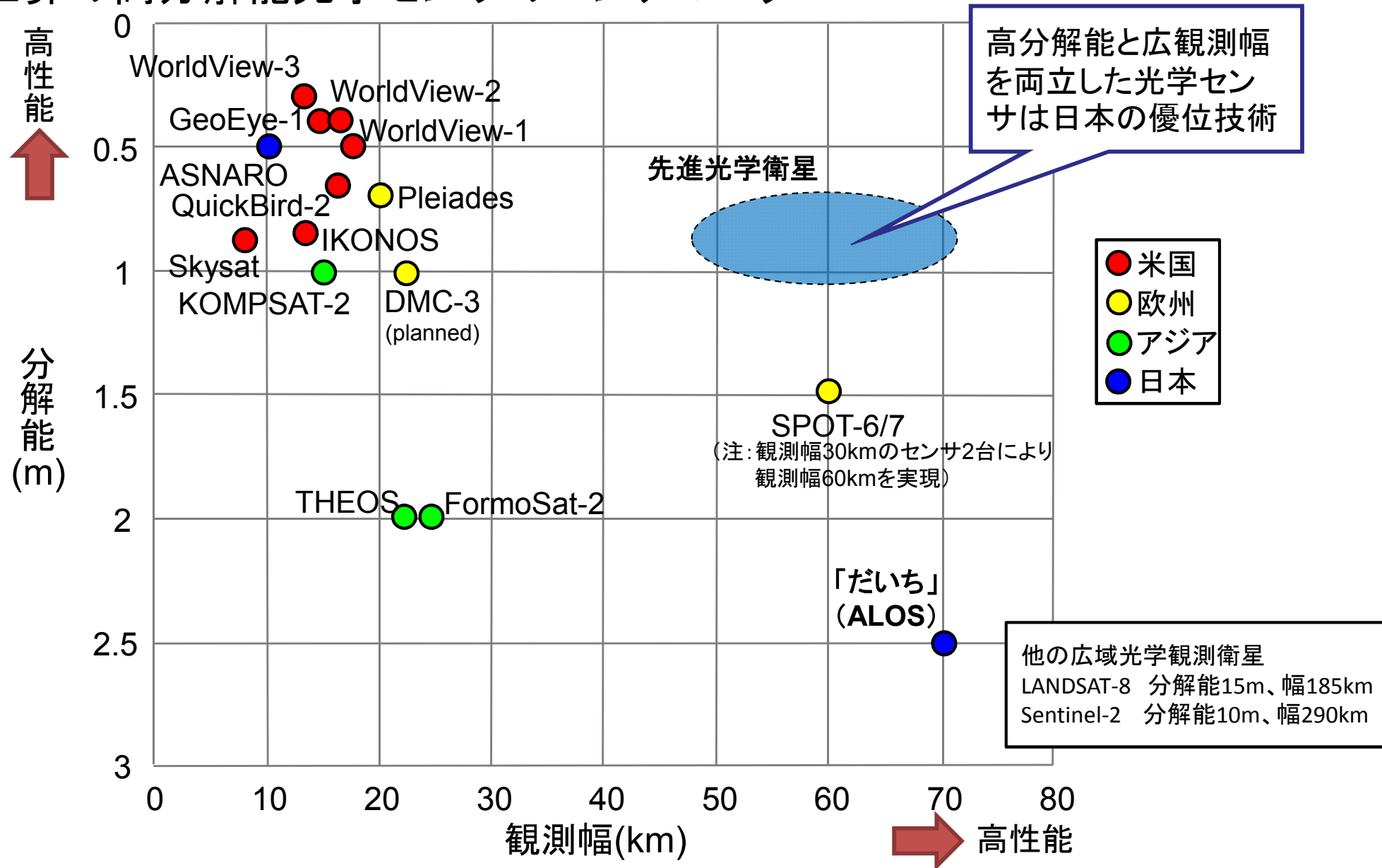
2. 先進光学衛星の目的・成果と必要性

表 「だいち」後継光学センサに対し想定される利用ニーズ(JAXAによるヒアリング結果)

分野	利用目的	利用者	利用概要	観測エリア
地図・ 地理空間情報	国土数値情報	国土交通省	・国土数値情報の更新	国内(離島含む)
	地形図、電子国土基本図	国土地理院	・地形図作成・更新	国内(離島含む)
	海図	海上保安庁	・海図、港泊図、海岸図等 ・低潮性保全	国内(離島含む)
	海外地形図	外務省、JICA 建設会社	・海外の地形図作成・更新 ・土地被覆、土地利用分類など各種主題図などの技術協力	アジア、アフリカ、 太平洋諸島、南米
防災	災害状況把握 防災訓練	内閣官房、内閣府、 国交省、気象庁、国土地 理院、防衛省、環境省他	・地震、風水害、火山災害、斜面崩壊など発災時の災害状況把握、 復旧・復興時の利用 ・ハザードマップ・地図作成/更新 ・国民保護訓練、図上訓練	国内(離島含む)
		岩手、新潟、岐阜、和歌山、 三重、徳島、高知の各県	・同上	国内
		センチネルアジア 国際災害チャータ	・災害時の緊急観測など国際貢献	全世界
環境	環境調査	水産庁	・干潟、藻場、海岸線、干潟調査	国内
	不法投棄	環境省	・不法投棄、産業廃棄物の不適正利用	国内
	ヒートアイランド状況監視	国土交通省	・土地利用とヒートアイランド現象の把握、状況監視	国内
	環境管理 森林火災検知	外務省 JICA	・土地利用、森林管理 ・森林火災	アジア、アフリカ、 南米、太平洋諸島
	海況環境管理 海水速報	海上保安庁	・赤潮・青潮状況等の海洋環境把握 ・海底火山噴火による変色水把握 ・冬季海水速報、北極海航路	国内、北極域
農林業	食料安全保障 ・供給動向調査 ・農作業生産性向上	農水省、 画像解析会社 気象情報会社	・耕地作付面積把握、収量予測 ・水稻共済制度での水稻損害評価	国内、アジア
	技術協力他	外務省 JICA、JETRO	・耕地作付面積、収量予測 ・森林管理の技術協力(JETROは農作物供給量、森林資源把握)	アジア、アフリカ、 南米
	森林管理	林野庁	・国内森林管理、所有林の境界調査、伐採地調査 ・森林バイオマス把握	国内
	林業経営	林業会社、画像解析会社	・樹種分類や樹木の成長把握 ・樹木伐採情報、植林選定	国内、アジア

3. 先進光学衛星の特徴

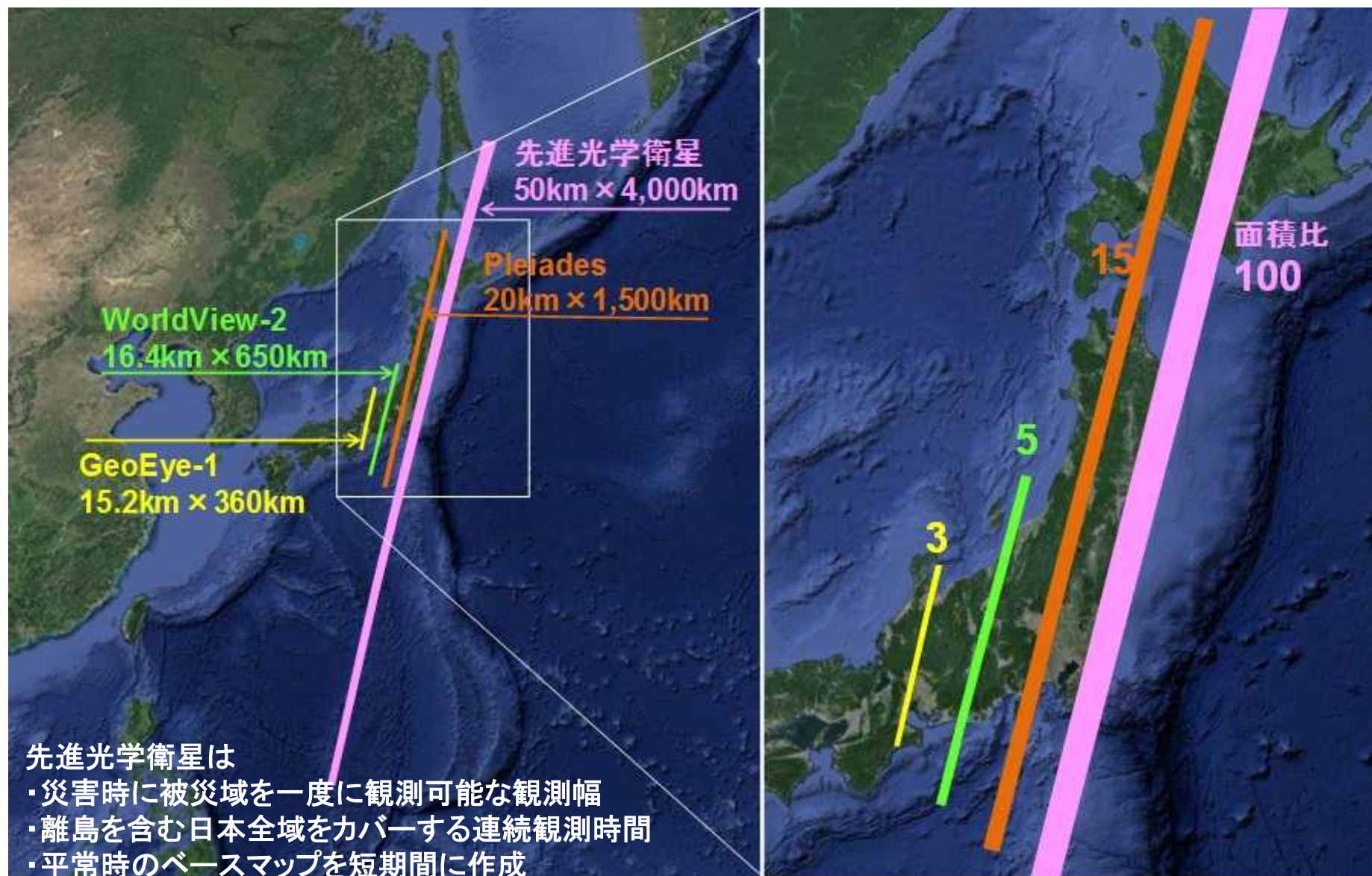
◆ 世界の高分解能光学センサのベンチマーク



3. 先進光学衛星の特徴

◆ 先進光学衛星と他の高分解能衛星との観測域の比較

1周回あたりの観測面積で比較すると既存の高分解能観測衛星6～30機分に相当



4. 先進光学衛星の開発方針

総合システム

- ①総合システムとしての機能配分や観測計画においては、政府・民間の利用ニーズを早期から反映する。
- ②相乗りミッションを含めた打上げ目標を確実に実現するため、既存技術を最大限活用することを基本とし、新規技術はミッション達成に必須な範囲で採用する。

衛星システム（観測機器、衛星バス技術）

- ③光学センサは、ALOS開発で獲得した日本独自の広域・高分解能センサ技術をベースに、研究として先行実施した光学系、検出技術等の試作評価結果を活用し、効率的な開発を行う。
- ④長寿命化やミッション高度化に対応した電源系、データ伝送系等のバス技術を先行開発するとともに、後継機に共通的に適用することで今後の衛星コスト低減を可能とする。また、ALOSにあった立体視機能については、姿勢変更によって実現することでセンサ数を削減するなど、コスト削減を図った。

5. 先進光学衛星における技術開発(1/2)

①【光学センサ】ALOSで獲得した技術をベースに、広域を維持しつつサブメートル級に性能向上

コアとなる技術は、ALOSで実現した、他の高分解能センサ3本分の観測視野を有する
「軸外し3枚鏡広角望遠鏡」 = 広域・高分解能観測を得るための技術

●光学系とその性能向上

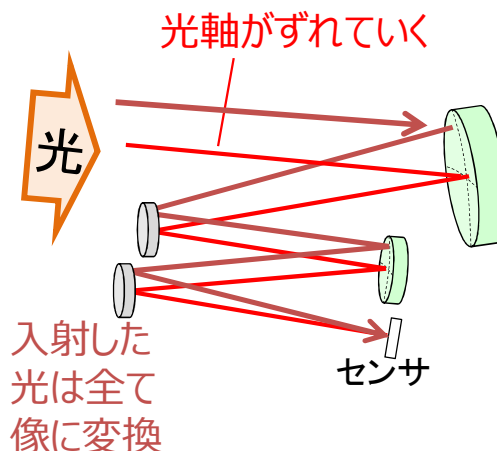
✓ 「軸外し3枚鏡広角望遠鏡」は、他の高分解能衛星に用いられているコルシュ3枚鏡光学系を使ったセンサ^{*1}に比べ、広い角度から入射した光の収差を補正する能力が高く、他衛星よりも広い観測幅でサブメートルの高分解能観測を実現可能。

✓ 入射した光が全て像に変換されるため、画像の判読性を左右するコントラストが高い(画像がシャープ)

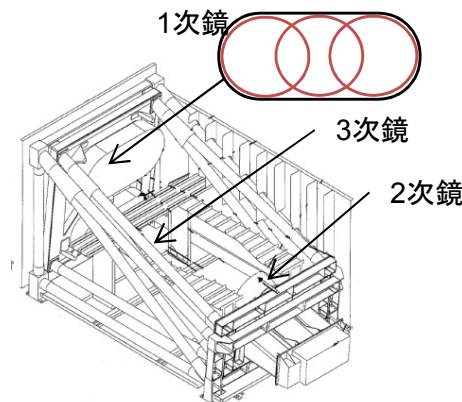
軸外し3枚鏡広角望遠鏡は、高度な光学系の製造・組立技術、大型の検出器アレイ技術を必要とする、我が国が有する貴重な技術。

ALOSセンサをベースに、ミラーの大型化を図るなど、広域としたまま高分解能化(ALOS分解能2.5mを1m以内に)を図る

軸外し(Off-axis)3枚鏡光学系

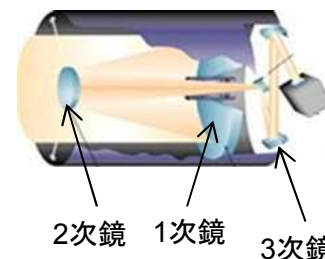
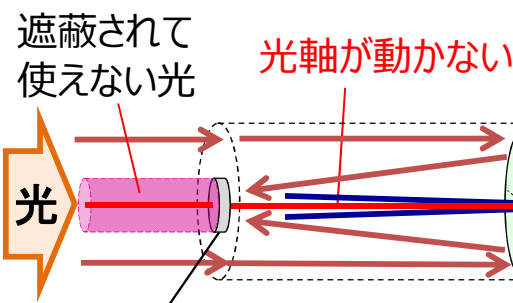


高分解能センサ3本分の視野



例) ALOS/PRISMの光学系

コルシュ光学系(On-axis)



例) IKONOSの光学系^{*2}

*1) WorldView-2,3、GeoEye-1,2、Pleiades、SPOT-6,7、ASNARO 等

*2) <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/ikonos-2>

5. 先進光学衛星における技術開発(2/2)

● 検出技術の性能向上

広域のまま高分解能化を実現するため、1次元検出器を多数配列した大型検出器アレイ(ALOSの1ライン28,000画素→62,000画素以上)を実現するとともに、TDI観測方式(衛星の移動に同期して信号量を積分することにより明るい画像を得る技術)を採用する。



検出器アレイ(ALOS)

● 高速・高品質データ圧縮の実現

高速・大容量の画像データ(データレートは白黒でALOS比約6倍の6.5Gbps)を効率的に地上へ伝送するため、低ノイズかつ高速な圧縮方式を小型・軽量に実装した圧縮器を開発する。

②【衛星バス】 長寿命化／観測性能の高度化に対応したバス技術

● 長寿命化

衛星開発コストの低減、衛星利用の継続性確保の観点から設計寿命をこれまでの5年(目標7年)から7年(目標10年)にすべく長寿命化対応設計とする。周回衛星の充放電サイクルに対応した高性能リチウムイオン電池を採用、温度サイクルに対応した太陽電池パネルを開発。



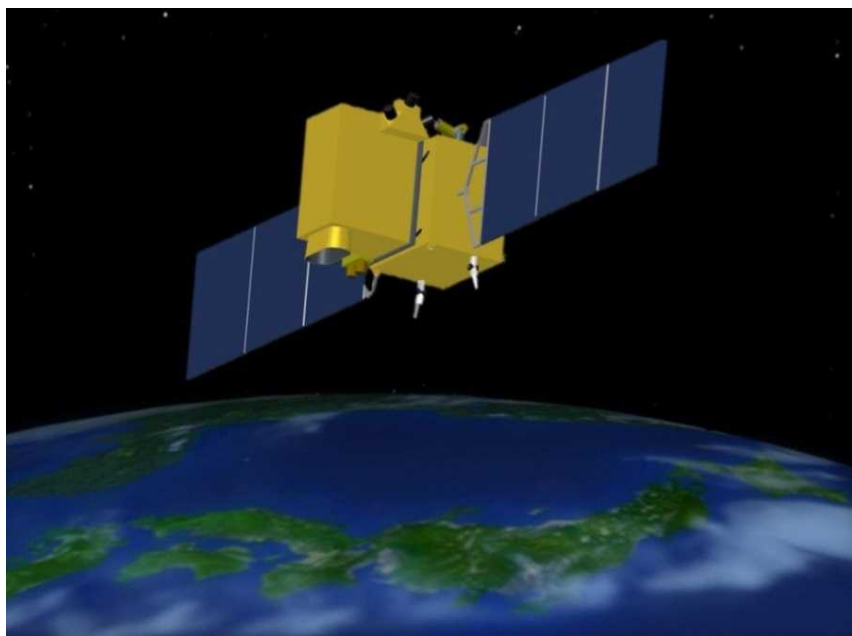
次世代バッテリーセル

● 観測性能の高度化に対応したバス技術の導入

- ✓ 大容量観測データの直接伝送に対応した技術
⇒ Kaバンド直接伝送系の採用、データ処理装置の高速・大容量化
- ✓ 南海トラフ地震を想定し、視線方向を変えながら観測する技術
⇒ リアクションホイール高トルク化

6. 先進光学衛星の概要

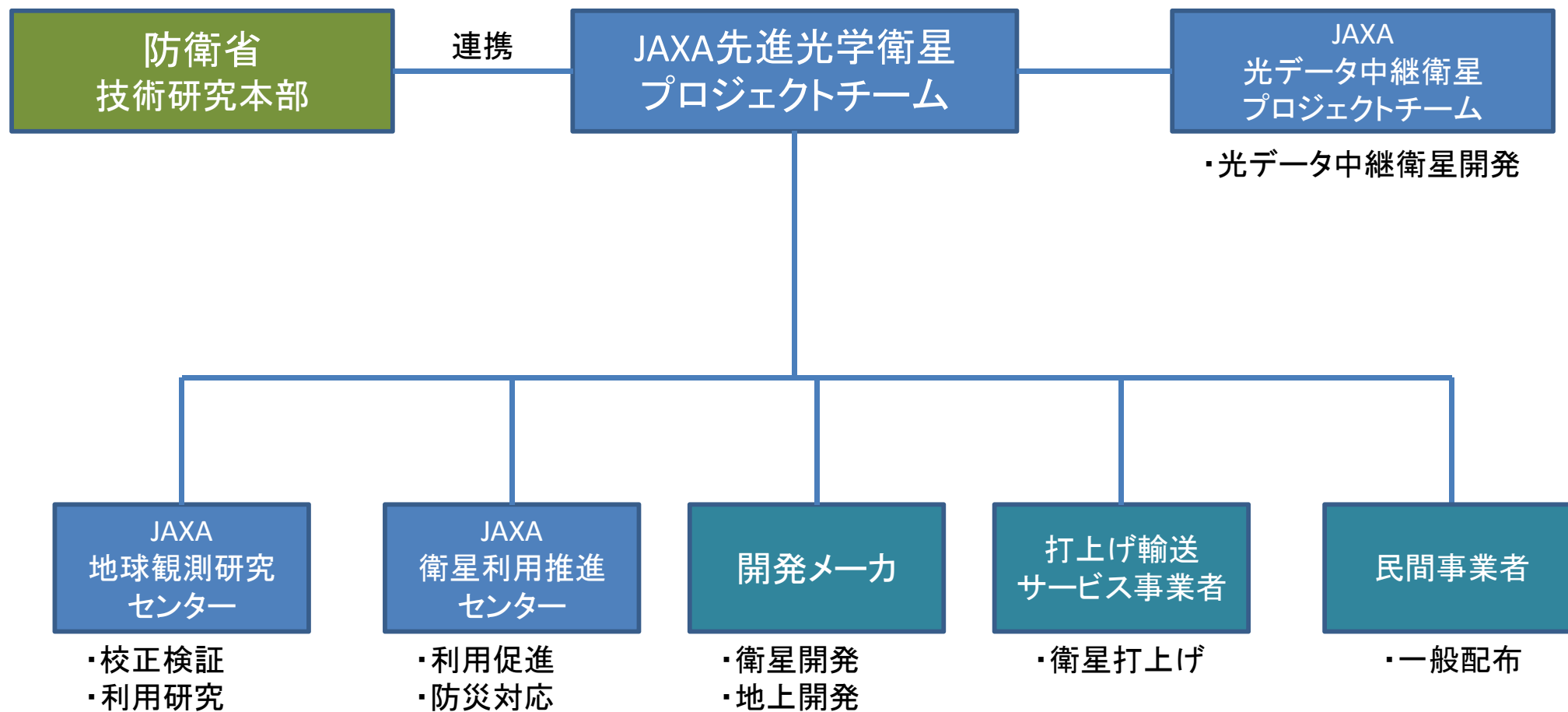
■ 主要緒元



先進光学衛星の軌道上外観イメージ

- 打上げ年度 : 平成31年度
- 打上げロケット: H-IIAロケット
- 衛星システム
 - 衛星質量: 2トン級
 - 設計寿命: 7年以上(10年目標)
 - ⇒ 長寿命化によるミッション期間の延長
- 観測機器
 - 光学センサ(白黒およびカラー)
 - ・分解能: 0.8 ~ 1.0m(白黒の場合)
 - ・観測幅: 50 ~ 70km(検討中)
 - ⇒ 広域かつ高分解能の光学観測の実現
- その他搭載機器
 - 光衛星間通信機器
 - ・光データ中継衛星と光衛星間通信の実証を行う
 - 赤外線センサ
 - ・防衛省が開発するセンサを相乗り搭載する

7. 開発体制



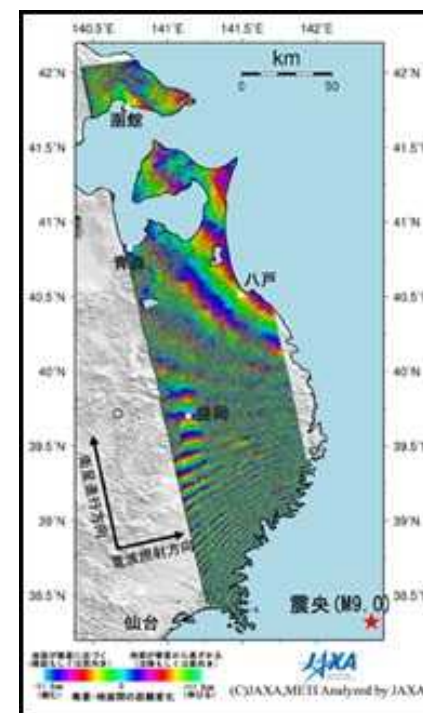
8. 開発スケジュール(案)

年度	27 (2015)	28 (2016)	29 (2017)	30 (2018)	31 (2019)	32-41 (2020 -2029)
マイルストーン					打上げ▲	
人工衛星(バス)	基本設計					
		詳細設計		維持設計		
		EMの製作・試験				
			PFMの製作・試験			
人工衛星(観測機器)	基本設計					
		詳細設計		維持設計		
		EMの製作・試験				
			PFMの製作・試験			
ロケット		初期検討	打上げサービス調達			
地上設備		追跡管制、ミッション設備整備				
					追管隊(～FY32)	
運用						運用

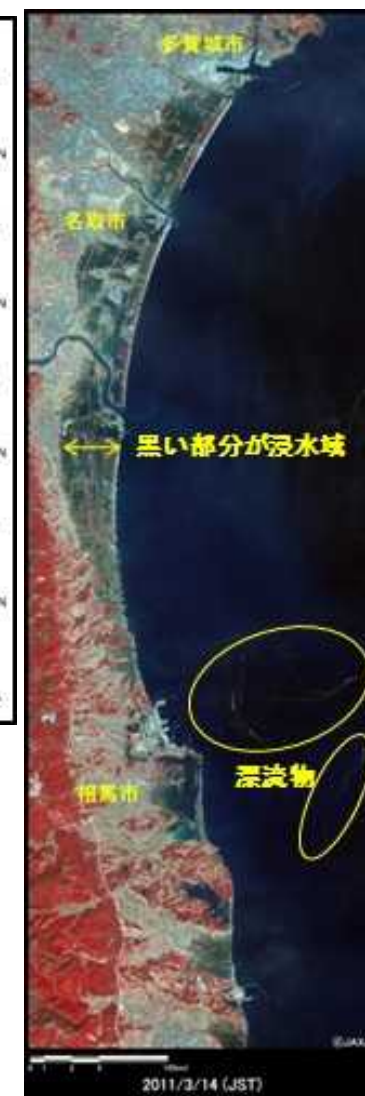
- 陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の実績
- 「地球観測に関する緊急提言」(今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会)コミュニティ幹事会)
- 過去の主な震災被害地域(震度6弱以上の地域の東西幅)

陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の実績(1/3)

- 設計寿命3年、目標寿命5年を上回る5年3ヶ月の運用を行い、**エクストラサクセス**を達成。
- 累計312件の災害緊急観測**を行い、国内外の防災関係機関・自治体等に情報を提供。政府や自治体による**情報集約活動や支援活動に大きく貢献**した。また国際災害チャータやセンチネルアジアへALOS緊急観測データを提供し、**国際的な災害対応に貢献**した。
- 東日本大震災では**被災地の緊急観測を最優先に実施**し、400シーン以上の画像を取得。外国データと合わせ被災マップ等を継続的に作成し、内閣官房、内閣府を始めとする10府省・機関に情報を提供。地上や航空機では取得困難な**広域俯瞰的な被害状況の把握等に貢献**した。
- 広域・高分解能観測能力(**累計654万シーンを観測※**)や高精度位置情報(**水平6.1m以下、高さ5m**)を活用して、大規模災害の状況把握、国内外の地図作成、海水監視、森林違法伐採・不法投棄の監視等で成果を挙げた。その結果、タイGISTDA長官、中国国家防災委員会、ブラジル環境資源再生院、地球観測に関する政府間会合(GEO)、海上保安庁等から**感謝状を受領**した。
※光学センサで全球を約10回、合成開口レーダで全球を約16回観測
- 累計約160万シーンのデータを提供し、省庁、国内外の研究機関、民間ユーザに幅広く利用**された。



干渉SARによる
地殻変動の把握

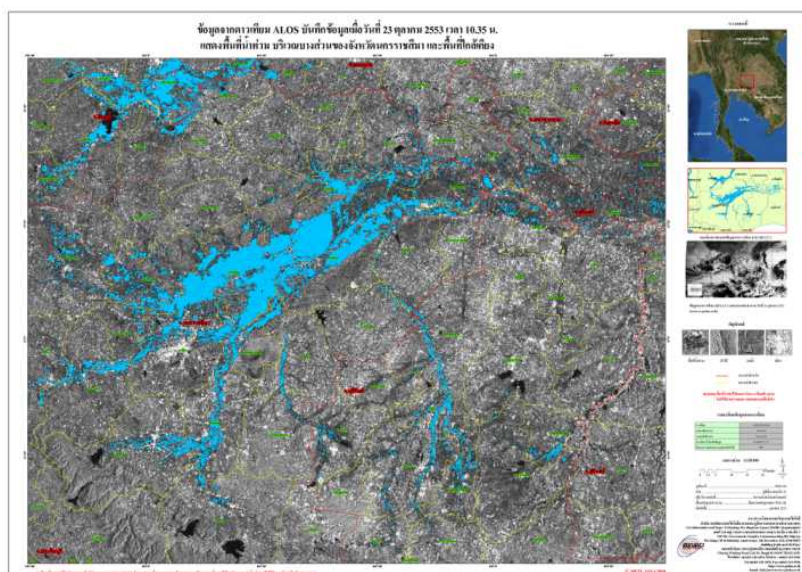


東日本大震災における仙台沿岸域から相馬にかけての
広範囲な津波被害を把握

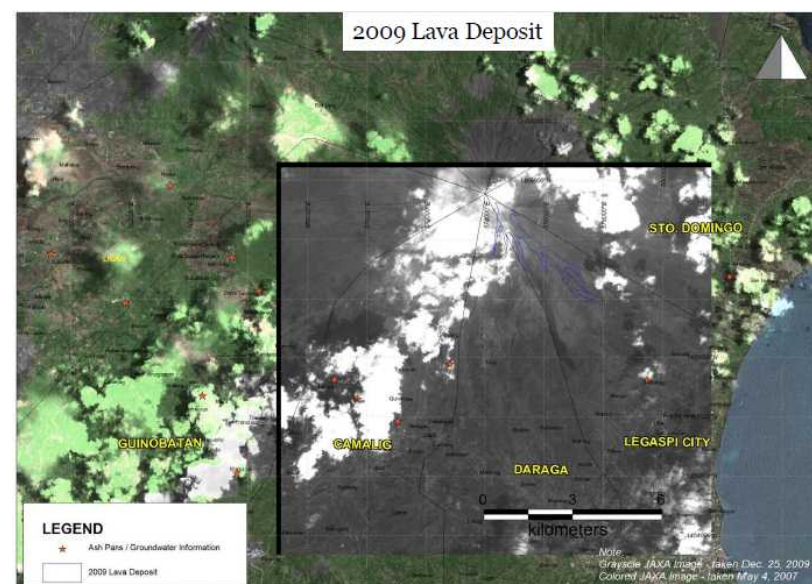
災害緊急観測対応件数			FY17	FY18	FY19	FY20	FY21	FY22	総計
緊急観測 件数	合計		1	38	48	55	71	99	312
	内訳	国内	0	10	6	10	14	17	57
		海外	1	28	42	45	57	82	255

陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の実績(2/3)

- 国際的な災害対応への貢献として、国際災害チャータへ加盟。国際災害チャータからの要請に対し、平成20年度からALOS運用終了までに106件の緊急観測を行い観測データを提供。平成20年5月の中国四川大地震における土砂災害や地滑りの把握、平成22年1月のハイチ地震における建物倒壊の把握等に活用された。また、ALOS運用終了後は13件の要請に対してアーカイブデータを提供した。
- アジア太平洋地域における衛星を活用した防災活動として、センチネルアジアを推進。
 - 平成22年タイ洪水の浸水域把握、平成21年のマヨン山噴火時の住民への避難指示等でALOSデータが活用された。
- これまで海外の大規模災害についてALOSで積極的に国際貢献してきたことにより、東日本大震災では国際災害チャータ、センチネルアジアなどの国際協力により海外衛星による集中観測が行われ、約5,000シーンの衛星画像の提供を受けた。



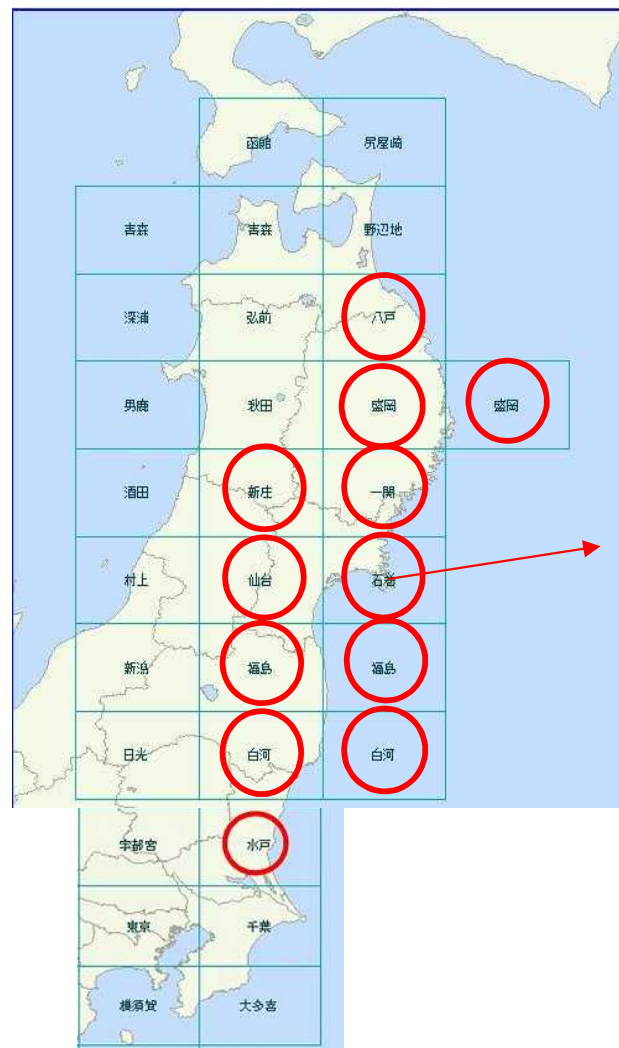
平成22年10月タイ洪水の浸水域図



平成21年12月フィリピンマヨン山噴火の火山泥流図

陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の実績(3/3)

「だいち」防災マップ(震災直後に提供)



(1/40万 だいち防災マップ 特注) (1/20万 だいち防災マップ 常備)

✓ 平時画像に地理情報を重畳させた「だいち防災マップ」を常備

✓ 震災当日～翌日朝に大判出力し内閣府に提供、各県の対策本部に送付(上記地図中の○部分)

「地球観測に関する緊急提言」(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)コミュニティ幹事会)

- 2014年6月に「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」コミュニティ幹事会から宇宙担当大臣、文科大臣、経産大臣、内閣府宇宙戦略室に対して、「地球観測に関する緊急提言」が提出され、2015年度の政府予算で先進光学衛星のプロジェクト化が提言されている。

先進光学衛星：広域光学観測の必要性(緊急提言より抜粋)

ALOS衛星で構築したグローバルなデータアーカイブを更新、詳細化する後継衛星計画を加えることによって社会課題解決に有効な独自のデータセットの構築と行う事で、次の利活用が可能となります。

- 全球地形図、数値標高モデル(DSM)、地形図、土地利用等の情報の更新による災害対応、アセットマネジメント、広義の安全保障など我が国の社会インフラシステムの効率的な維持
- 広域の同時観測による高空間分解能の光学データを用いた地形・植生変化、沿岸域生態系などの把握による地球科学研究の高度化、国内外の農業・沿岸・森林分野等での実務利用の促進・拡大
- ALOS-2 PALSAR-2、ASTER、ASNARO-1, 2を統合した日本独自のデータセット(最新の地形・土地の変化情報等)を用いた日本発のソリューションパッケージの海外展開の加速

過去の主な震災被害地域(震度6弱以上の地域の東西幅)

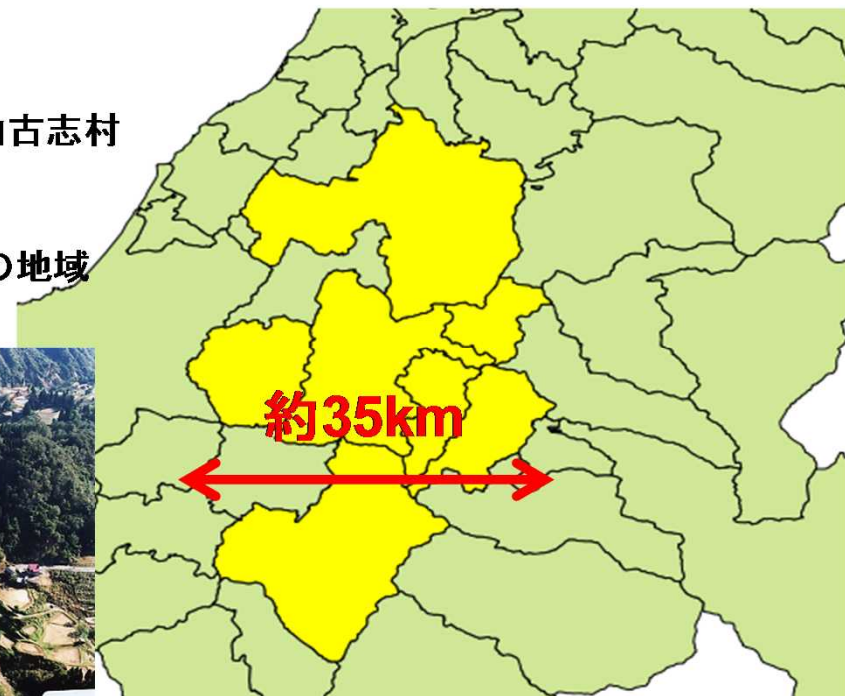
地震名	被災域の幅(概算)
新潟県中越地震(H16)	35km
新潟県中越沖地震(H19)	120km
能登半島地震(H19)	65km
宮城・岩手内陸地震(H20)	90km
阪神淡路大震災(H7)	70km
東日本大震災(H23)	140km

新潟県中越地震の例

発生年月日・時刻:平成16年10月23日午後5時56分
 (震度7)川口町 (震度6強)小千谷市、小国町、山古志村
 (震度6弱)長岡市、十日町市、堀之内町



 震度6弱以上の地域



(平成12年の市区町村界を利用)