

人工衛星を用いた 地球観測に係る取組について

平成26年 9月 3日

文部科学省 研究開発局 宇宙開発利用課

課長補佐 国分 政秀

「GEOSS10年実施計画」へ貢献する我が国の衛星

「GEOSS 10年実施計画」(2006～2015)

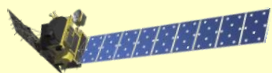
- 国際的な連携によって、衛星、地上、海洋観測等の地球観測や情報システムを統合し、地球全体を対象とした包括的かつ持続的な地球観測を10年間で整備
- 災害、健康、エネルギー、気候、水、気象、生態系、農業、生物多様性の9つの社会利益分野に対して、政策決定に必要な情報を創出することを目指す

「GEOSS 10年実施計画」 9つの社会経済的利益分野

災害の防止・ 軽減	人間の健康と 福祉	エネルギー 資源管理	気候変動	水資源管理 の向上	気象情報	生態系の 管理と保護	農業及び 砂漠化	生物多様性の 保護
--------------	--------------	---------------	------	--------------	------	---------------	-------------	--------------

災害の防止・軽減

陸域観測技術衛星
「だいち」ALOS(運用終了)



陸域観測技術衛星2号
「だいち2号」ALOS-2(運用中)



先進光学衛星(計画中)



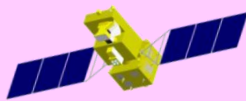
- ・地況変化、降灰域、
浸水域、地殻変動量等

地球温暖化・ 炭素循環変化

温室効果ガス観測技術衛星
「いぶき」GOSAT(運用中)



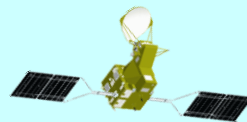
温室効果ガス観測技術衛星2
号GOSAT-2(平成29年打ち上
げ予定)



- ・二酸化炭素等

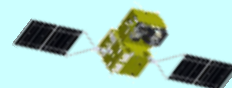
気候変動・水循環

水循環変動観測衛
星「しずく」GCOM-
W(運用中)



- ・降水量、水
蒸気量、海面
水温等

気候変動観測衛星
GCOM-C
(平成28年度打ち
上げ予定)



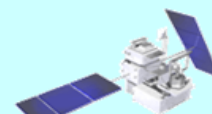
- ・雲・エアロゾルの
面的分布、海色等

雲エアロゾル放射ミッション/雲プロファイリングレーダ
EarthCARE/CPR
(平成28年度打ち上げ予定)



- ・雲・エアロゾルの垂直分布等

全球降水観測計画/
二周波降水レーダ
GPM/DPR(運用中)



- ・降水・降雪の三
次元分布等

陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)

施策の概要・目的

- 宇宙を活用した安心・安全で豊かな社会の実現のため、防災・災害対策等を含む広義の安全保障、国土保全・管理、食料・資源・エネルギーの確保、地球規模の環境問題(低炭素社会の実現)の解決等のニーズに応え、アジアを重視した陸域・海域観測を行うことを目的とする。

東日本大震災において、被災状況把握に陸域観測技術衛星「だいち」が貢献したが、23年5月に運用を終了。平成26年に打上げられたALOS-2により、復興に向けた計画策定や再生状況などの情報をできるだけ早期に提供開始することが求められている。



陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)
外観図(イメージ)

想定している利用者/期待される成果

- 国内及びアジア地域等の大規模災害発生状況の迅速な俯瞰、並びに、二次災害危険状況や復旧・復興状況の継続的な観測を行い、関係機関(内閣府、内閣官房、警察庁、消防庁、防衛省、国土交通省、防衛省、地方自治体、センチネルアジア、国際災害チャータなど)の防災活動に資する。地殻変動の予測・監視に必要な干渉SARデータを利用機関(国土交通省、地質調査推進本部など)に提供することにより、予測精度の向上等に資する。

- 衛星による災害監視と、防災関係機関等による、船舶、航空機、ヘリコプター、地上観測網と連携し、それぞれのデータを統融合することにより、特に津波災害に対して、早期警戒・予測情報、被災推定情報、被災情報等を迅速かつ的確に把握、提供する。

ALOS-2に搭載する合成開口レーダはヘリコプター等の飛行が困難な夜間・悪天候下においても、広域かつ高分解能な観測が可能。

- その他、国土保全・管理(広範囲かつ継続的に観測、アーカイブ化)、農業(水稲作付面積把握に必要な観測データを利用機関(農林水産省など)に提供、土壌水分を他の衛星データなどとあわせて導出し、生育状況の把握)や漁業(漁場の把握への活用)、森林の変化監視への貢献にも資する。尚、世界の衛星画像市場規模は年間4000億円、そのうちSARは1割(LバンドはSAR全体の数割)。



ALOS-2初画像
(伊豆大島の2013/10土砂崩れ部分)

ALOS-2 主要諸元

打上げ	平成26年5月24日
打上げロケット	H-II Aロケット24号機
軌道	太陽同期極軌道(628km)
質量	2,200kg
運用期間	5年以上
主要 ミッション機器	Lバンド合成開口レーダ (PALSAR-2)

温室効果ガス観測ミッション(GOSAT, GOSAT-2) (環境省との共同事業)

施策の概要・目的

○温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)「いぶき」による全球の温室効果ガス(CO₂、メタン)濃度分布の観測を継続するとともに、CO₂とメタンの濃度算出及び吸収排出量推定の精度をさらに向上させ、GOSATでは観測できなかったCOやNO₂の観測による人為的排出量推定等が可能な温室効果ガス観測技術衛星2号(GOSAT-2)を開発する。

○国際的な温室効果ガスの排出削減努力のモニタリングデータやREDD+※1の効果を把握可能なデータを国内外の研究機関等※2に提供する。

※1 REDD (Reduction of Emission from Deforestation and forest Degradation)+: 開発途上国における森林の破壊や劣化の回避、植林などを通じて二酸化炭素の排出を削減する活動

※2 国立環境研究所、欧州宇宙機構(ESA)、ヨーロッパ中期予報センター(ECMWF)等

期待される成果

○全球炭素循環の解明による気候変動予測の精緻化、大規模な自然環境の変遷と温室効果ガス排出量等の変動の監視及び地域別吸収・排出量推定の精緻化による国際的削減努力のモニタリングに貢献する。

○米国で計画されているOCO-2等の面的観測とGOSAT-2の高精度な点観測の連携を行い、全球地球観測の国際的な体制強化に貢献する。

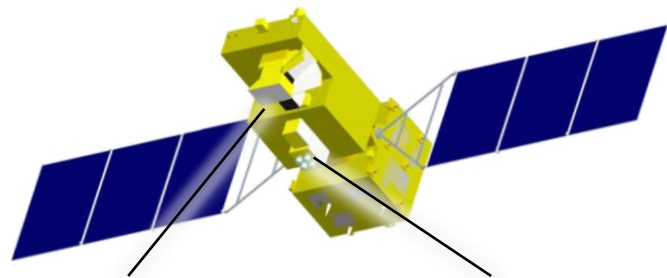
○REDD+活動の温室効果ガス削減・吸収効果を定量的・客観的に把握し、世界の温室効果ガスの排出削減に貢献する。

平成27年度の実施内容

○GOSAT運用を継続する。

○GOSAT-2搭載観測センサ(TANSO-FTS-2、CAI-2)の製作・試験、衛星バスの製作・試験、地上観測設備構築を継続するとともに、打上げサービス調達を開始する。

GOSAT-2外観図(イメージ)



※ TANSO-FTS-2:
温室効果ガス観測センサ-2

太陽から放射され地表面で反射した赤外線や地表や大気自体から放射される赤外線スペクトルを観測。赤外線の中でも広い波長範囲(近赤外域～熱赤外域)を観測し、観測精度を高める。GOSATと比較し、CO観測機能追加・植物光合成蛍光観測精度向上・観測点数向上を実施予定。

※ TANSO-CAI-2:
雲・エアロソルセンサ-2

温室効果ガス測定の際の誤差要因や大気汚染物質となる雲やエアロソルの観測を行い、温室効果ガスの観測精度を向上させる。GOSATと比較し、バンド数が増強され精度が向上する予定。

GOSAT-2 主要諸元

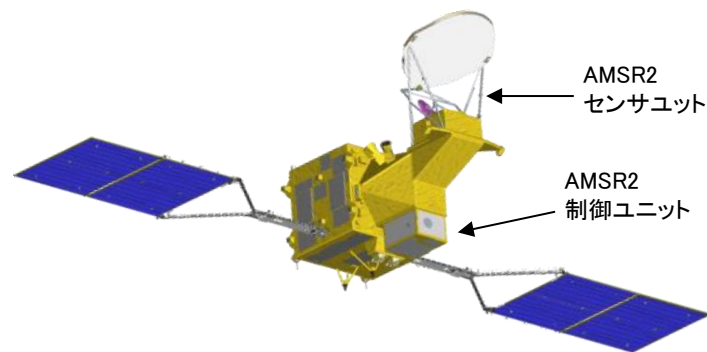
打上げ年度	平成29年度
打上げロケット	H-II Aロケット
軌道	太陽同期極軌道(613km)
質量	2t級
運用期間	5年以上
主要 ミッション機器	(1)TANSO-FTS-2 (2)TANSO-CAI-2

地球環境変動観測ミッション(GCOM)

【水循環変動観測衛星(GCOM-W)】

施策の概要・目的

- 地球観測サミットで採択された全球地球観測システム(GEOSS)における気候変動研究への貢献等、地球システムの包括的な理解を目的として、GCOM-Wの運用を継続する。
- 地球規模での水循環メカニズムを解明する上で有効な物理量(海面水温、降水量、水蒸気量等)を全球規模で長期間観測するシステムを構築・利用実証するとともに、観測データを気象、漁業等の実利用機関に伝送して現業分野への貢献を行う。



GCOM-W外観図

想定している利用者 / 期待される成果

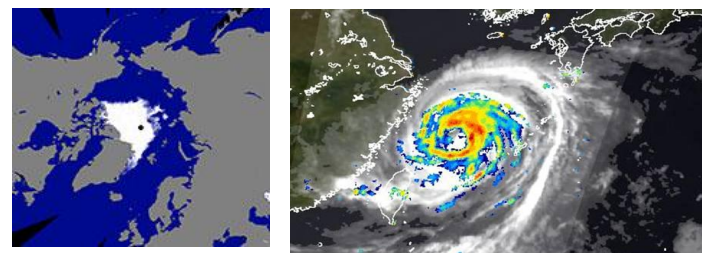
成果の活用・利用促進の計画

- 天気予報精度向上への利用
- 魚海況情報発信による漁業操業、漁業管理への利用
- 気候数値モデルの高度化や長期変動の予測精度向上等の研究への利用

主なユーザ

- 農林水産省、気象庁、海上保安庁
- (社)漁業情報サービスセンター、アジア開発銀行
- アメリカ海洋大気庁(NOAA)、(独)水資源機構、(独)土木研究所、国立極地研究所、長崎大学等の国内外の研究機関

なお、天気予報精度向上、台風等の予測精度向上、エルニーニョ/ラニーニャ現象予測、魚海況情報の提供による漁業効率化等による経済効果が期待できる。



「しずく」観測画像例

左)北極海水分布、右)台風11号(2012年8月7日)の降雨分布

主要諸元

打上げ	平成24年5月18日
打上げロケット	H-II Aロケット
軌道	太陽同期準回帰軌道 (約700km)
質量	約2,000kg
運用期間	5年以上
主要ミッション機器	高性能マイクロ波放射計2 (AMSR2)

【気候変動観測衛星(GCOM-C)】

施策の概要・目的

- 地球観測サミットで採択された全球地球観測システム(GEOSS)における気候変動研究への貢献等、地球システムの包括的な理解を目的として、GCOM-Cの開発を行う。
- 気候変動の監視とメカニズム解明に有効な全球規模での放射収支と炭素循環に関わる地表と大気、沿岸、雪氷の広い範囲での長期継続変動観測、人間活動と気候変動の影響の観測を行う。これらを実利用機関に提供することで漁業等の現業分野にも貢献する。
- 多波長光学放射計(SGLI)の偏光・多方向観測機能による陸上エアロゾル・植生バイオマスの詳細観測、SGLIの250m分解能での沿岸海色・陸域植生・積雪分布等の高精度観測を行い、気候変動研究等、地球システムの包括的理解に向けた研究の推進に不可欠な基礎・基盤データを提供する。
- 気候変動予測の最大誤差要因であるエアロゾルの陸域における観測について、最適な近紫外と偏光観測機能を世界で唯一有したGCOM-Cは、気候変動予測のために必須のものである。

想定している利用者 / 期待される成果

成果の活用・利用促進の計画

- 大気、陸域、海洋、雪氷等幅広いプロダクトの提供による気候変動予測研究への利用
- 漁海況情報発信による漁業操業、漁業管理への貢献
- 気象季節予報、海洋気象情報への利用
- 気候変動に対応した食料生産への貢献

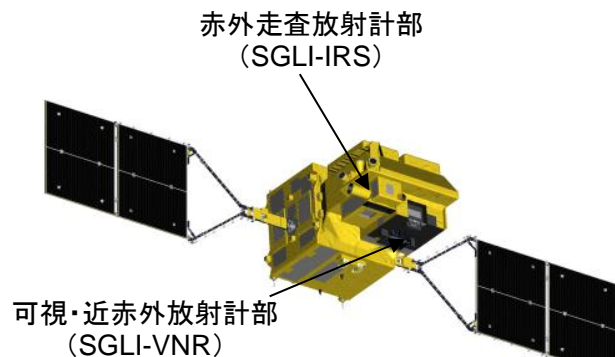
主なユーザ

- 農林水産省、海上保安庁、
- (社)漁業情報サービスセンター
- アメリカ海洋大気庁(NOAA) 等

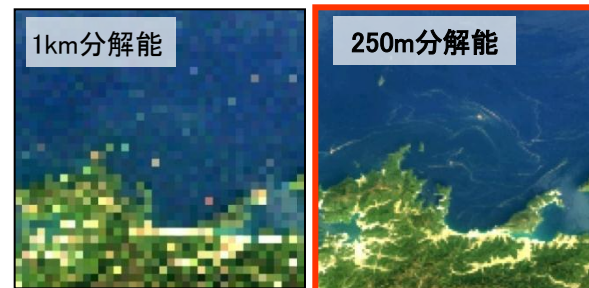
なお、漁海況情報の提供による漁業効率化や気候変動に対応した食料生産への貢献等による経済効果が期待できる。

27年度の実施内容

- 衛星バス、観測センサの維持設計、フライトモデル製作試験、地上システム整備を継続するとともに、ロケット打上げサービス調達を継続する。



GCOM-C外観図(イメージ)



シミュレーション画像による分解能の比較
(2009年4月若狭湾の赤潮)

主要諸元

打上げ年度	平成28年度
打上げロケット	H-II Aロケット
軌道	太陽同期極軌道 (約800km)
質量	2t級
運用期間	5年以上
主要ミッション機器	多波長光学放射計 (SGLI)

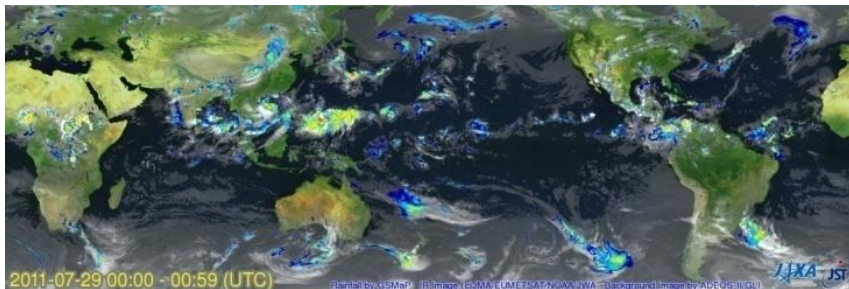
全球降水観測／二周波降水レーダ（GPM／DPR）

施策の概要・目的

○日米を中心とした共同プロジェクトである全球降水観測計画(GPM)は、二周波降水レーダ(DPR)等を搭載した主衛星と、各国・各機関が個別に打ち上げるマイクロ波放射計(大気から放射される微弱なマイクロ波を測定する装置)を搭載したいくつもの衛星(コンステレーション衛星群)と連携することによって、全球降水観測を高精度かつ高頻度に行うミッション。

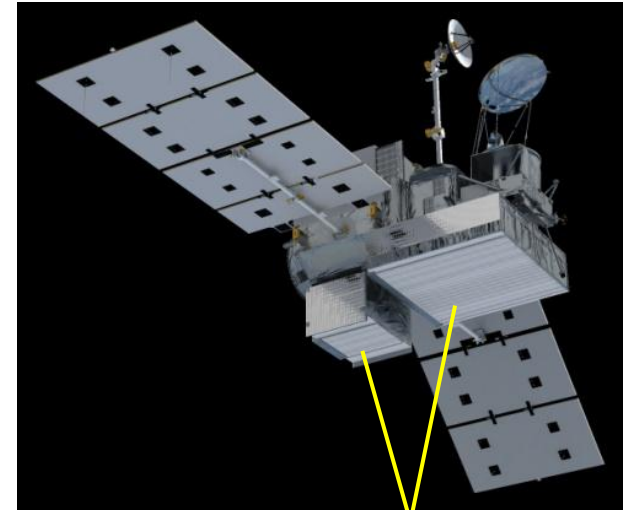
想定している利用者 / 期待される成果

- **数値天気予報の精度向上、台風予測精度向上:**
気象庁、気象研究所、海外気象機関
- **洪水予測への貢献:** 国土交通省水管理・国土保全局、土木研究所、国際建設技術協会、JICA、アジア開発銀行、UNESCO、日本気象協会、水資源機構、情報通信研究機構、EUMETSAT、NOAA、ISRO、CNES、等
- 日米協力の全球降水観測計画(GPM)では、主衛星と複数機の副衛星の観測により**3時間毎の全球降水観測が可能**となり、数値天気予報の精度向上、台風予測精度向上、洪水予測への貢献等の実利用及び現業利用、風水害防災への利用等、利用の促進に大きく貢献。
- GPMに向けて精度向上を図った全球合成降水マップ作成アルゴリズムを開発中。



2011年7月29日の全球合成降水マップ

GPM主衛星の概観図(イメージ)



二周波降水レーダ(DPR)
※JAXAが担当

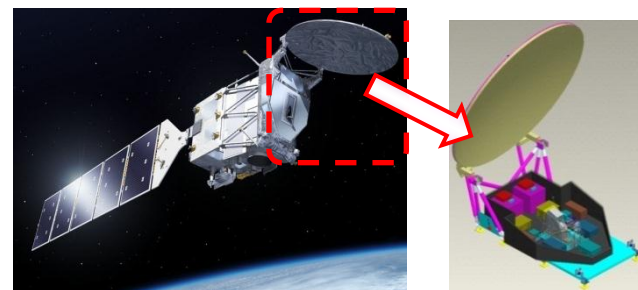
GPM主衛星 主要諸元

打上げ	平成26年2月28日
打上げロケット	H-II Aロケット23号機
軌道	低軌道(407km)
質量	3,750kg
運用期間	3年以上
主要 ミッション機器	(1)二周波降水レーダ (DPR、日本が開発) (2)GPMマイクロ波イメージャ (GMI、米国が開発)

雲エアロゾル放射ミッション/雲プロファイリングレーダ (EarthCARE/CPR)

施策の概要・目的

- 地球温暖化等の気候変動を予測する上で、雲は、高度により温暖化に寄与する効果と冷却に寄与する効果の相反する効果を有し、また、エアロゾル(大気中に存在するほこりやちりなどの微粒子)も雲との上下関係により温暖化への寄与が異なるなど、雲とエアロゾルは、気候変動予測の主要な誤差要因となっている。
- このような雲及びエアロゾルの鉛直分布を人工衛星によって観測し、全球の観測データを提供することにより、気候変動予測精度の大幅向上に寄与し、ひいては温暖化等に対する適切な政策決定に貢献することを目的とする。さらに、集中豪雨や台風等の極端気象予測精度向上、越境大気汚染監視、気象予報精度向上への貢献を図る。
- 本施策は、日本と欧州宇宙機関(ESA)との共同ミッションであり、JAXAは、情報通信研究機構(NICT)と協力し、我が国が優位性を持つレーダ技術を発展させ、衛星搭載用として世界初となるドップラー計測機能を有する雲プロファイリングレーダ(CPR)を実現し、CPR以外の衛星各部の開発及び打上げ・運用を担当するESAに提供する。



EarthCARE衛星【ESA】

雲プロファイリングレーダ(CPR)【JAXA/NICT】

想定している利用者 / 期待される成果

期待される成果

- EarthCAREによる観測データに基づき国内外の研究機関において行われる研究・評価により気候変動予測精度が向上し、その結果が「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の第6次報告書(2019年想定)に反映される。
- 集中豪雨・台風等の極端気象の予測、越境大気汚染監視、現業気象予報に用いられる気象モデル等の精度向上に寄与し、ひいては風水害による被害低減に貢献する。

想定ユーザ

- JAMSTEC地球環境フロンティア研究センター、国立環境研究所、気象研究所、東京大学大気海洋研究所(AORI)、ハドレー気候予測研究センター(英)等の数値気候モデル開発機関
- 欧州中期予報センター(ECMWF)、気象庁などの現業機関

主要諸元

打上げ年度	平成29年度
打上げロケット	ソユーズ又はゼニット
軌道	太陽同期極軌道 (約400km)
質量	2,250kg
運用期間	3年以上
主要 ミッション機器	(1) <u>雲プロファイリングレーダ(CPR)</u> ※日本の開発範囲 (2) 大気ライダー(ATLID) (3) 多波長イメージャ(MSI) (4) 広帯域放射計(BBR)

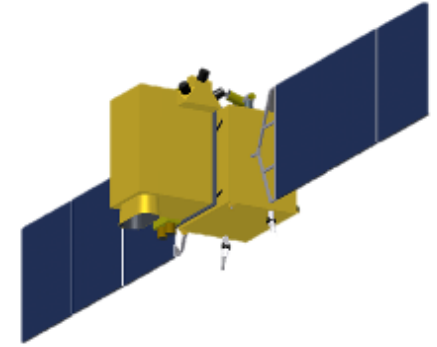
先進光学衛星

施策の概要・目的

- 我が国の防災・災害対策等を含めた広義の安全保障、農林水産、国土管理等の分野に貢献
- 衛星の長寿命化、低コスト化を実現することで、継続的なデータ提供と競争力強化に貢献
- 防衛省が開発した赤外線センサを相乗り搭載

特徴

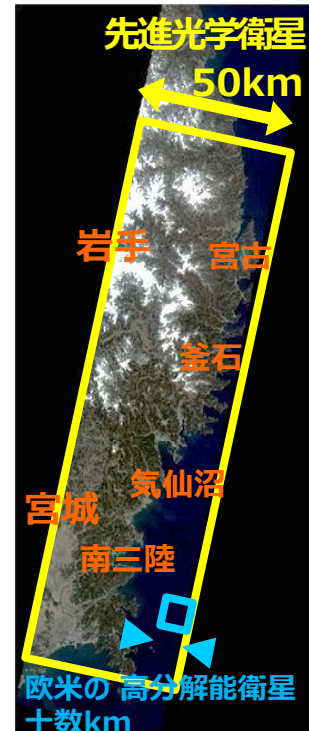
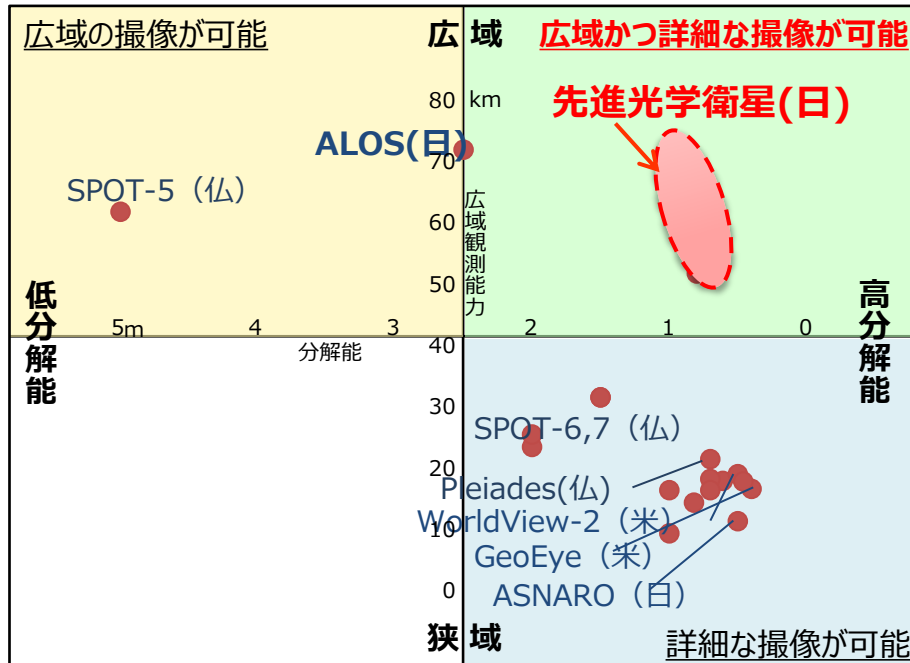
- 判読性の高い光学センサにおいて、我が国が強みを有する軸外し光学系により、他国にない広域かつ高分解能による長時間観測を実現



先進光学衛星（イメージ）

主要諸元

打上げ年度	平成31年度
打上げロケット	H-II Aロケット
軌道	太陽同期極軌道
質量	2t級
運用期間	7年以上(10年目標)
主要ミッション機器	(1) 光学センサ ・分解能: 0.8~1.0m ・観測幅: 50~70km (検討中) (2) 光衛星間通信ターミナル 



光データ中継衛星

特徴

【データ中継衛星の概要】

- データ中継衛星は、地球周回衛星からのデータを静止軌道上において中継し、地上に送信する衛星

【データ中継衛星のメリット】

- 広い可視範囲により、即時性を有する
- 長時間の通信時間を実現することで大容量化
⇒ 地球周回衛星が取得したデータの破棄を回避可能

【光データ中継技術のメリット】

- 大容量（1.8Gbps [電波の2倍以上]）
⇒ 今後のデータ量増大に対応
- 小型、軽量、省電力
⇒ 小型・超小型衛星への搭載性良
- 周波数調整が不要
⇒ 周波数枯渇問題にも対応可能
- 抗たん性
⇒ ビームが細く、妨害・傍受が困難

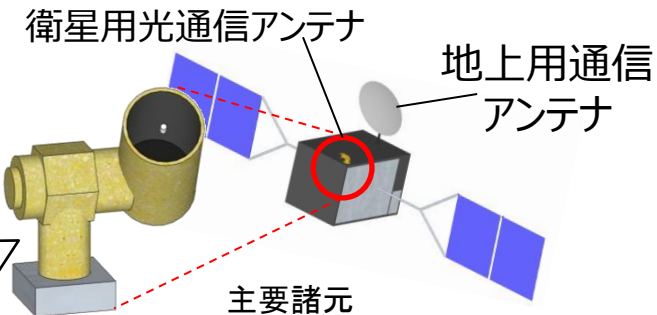
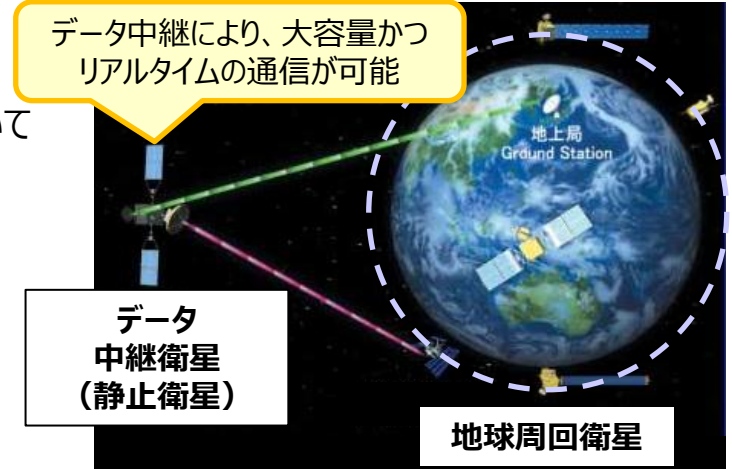
[欧] 2013年に実証機打上げ、2014年、2016年に実用機打上げ予定

[米] 2013年に実証機打上げ、2017年にも別の実証機打上げ予定

施策の概要・目的

- 文部科学省・JAXA、総務省の共同開発により、光データ中継衛星の実証を行い、本衛星を広義の安全保障、災害対策等のための衛星データ中継に貢献
- 本衛星での実証により、光データ中継衛星の実用化が可能

データ中継衛星の運用イメージ



打上げ年度	平成31年度
打上げロケット	H-II Aロケット
軌道	静止軌道
質量	4t級(打ち上げ時)
運用期間	10年～15年(検討中)
主要ミッション機器	(1)光衛星間通信機器 (2)光対応フィーダリンク機器

(参考) センチネルアジア

概要

【センチネルアジア “アジアの監視員”】

衛星の災害関連情報の共有等、アジア・太平洋地域の災害管理への貢献に資する我が国主導の国際協力プロジェクト。平成26年1月現在、25か国・地域の77機関、及び14国際機関が参加。

施策内容・事例

【施策内容】

- ・衛星保有国(インド、タイ、韓国、台湾、シンガポール)との連携による衛星観測を実施。
- ・我が国の陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)などの地球観測衛星の観測データを、開発途上国を中心とした諸外国の関係機関にインターネットを通じて提供。
- ・開発途上国におけるシステム運用研修、利用講習等を実施し能力開発・人材育成に貢献。

アジア太平洋地域の災害被害の軽減

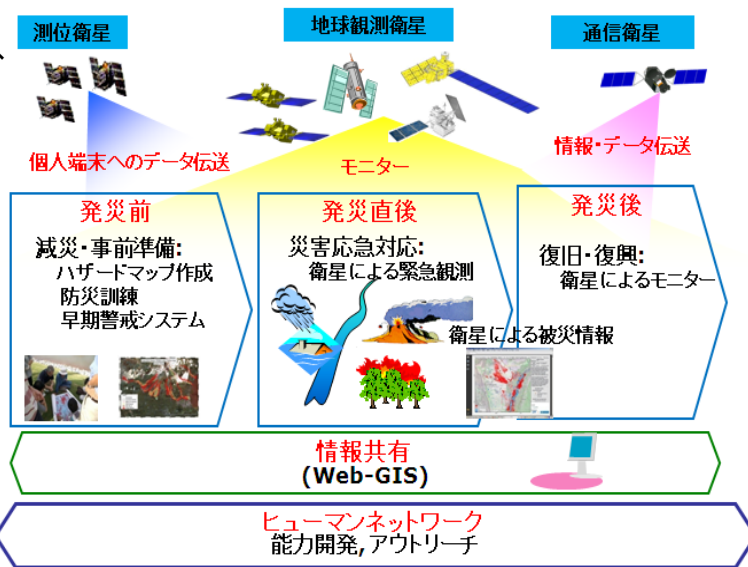
スケジュール

平成25年に、統合的なアジア太平洋災害管理支援システムの確立を目指すフェーズ(センチネルアジアの最終フェーズ)へ移行。

【2018年、2020年の姿】

- ・陸域観測技術衛星「だいち2号」(ALOS-2)等の観測データ提供、地球観測・通信衛星・測位衛星等の複合利用による防災管理を行う
- ・緊急観測対応のみならず、減災・事前準備から復旧・復興までの全防災サイクルへの対応に向けた活動を拡充する

センチネルアジアStep3のコンセプト



【活用事例】

- ・2013年11月、台風30号(Haiyan)フィリピン上陸の際は、ALOSアーカイブデータ及びインドResourcesat-2衛星のデータを提供。
- ・2009年12月、フィリピン・マヨン山噴火の際は、ALOSデータを用いた火山泥流ハザードマップをALOSの緊急観測情報により更新、4万人以上の住民の避難指示に活用され、予防・減災活動にも利用されている。

