

衛星による地球観測の取り組み状況について

令和元（2019）年7月29日

宇宙航空研究開発機構

理事補佐 舘 和夫

本資料の構成

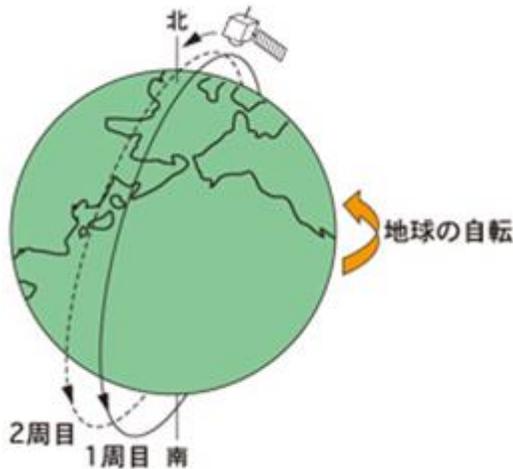
1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星
2. 衛星観測の政策・サイエンス・実利用への貢献を目指した活動
3. 我が国の地球観測の現状における課題

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星

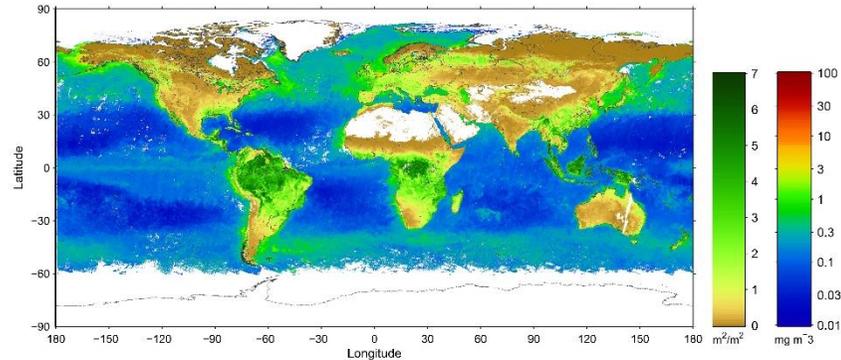


人工衛星の特徴

人工衛星による地球観測は、全球をグローバルに毎日周期的にかつ長期間に亘り人がアクセス出来ない地域の観測を行うことが出来る点に大きな特徴がある。この特徴を活かして、海洋・国土の保全監視、広域災害の把握、気候変動・水・大気の長期観測に利用することが出来る。



地球を観測する極軌道衛星
(準回帰軌道のイメージ図)



陸域の植生と海域の植物プランクトンの分布 (GCOM-C「しきさい」)

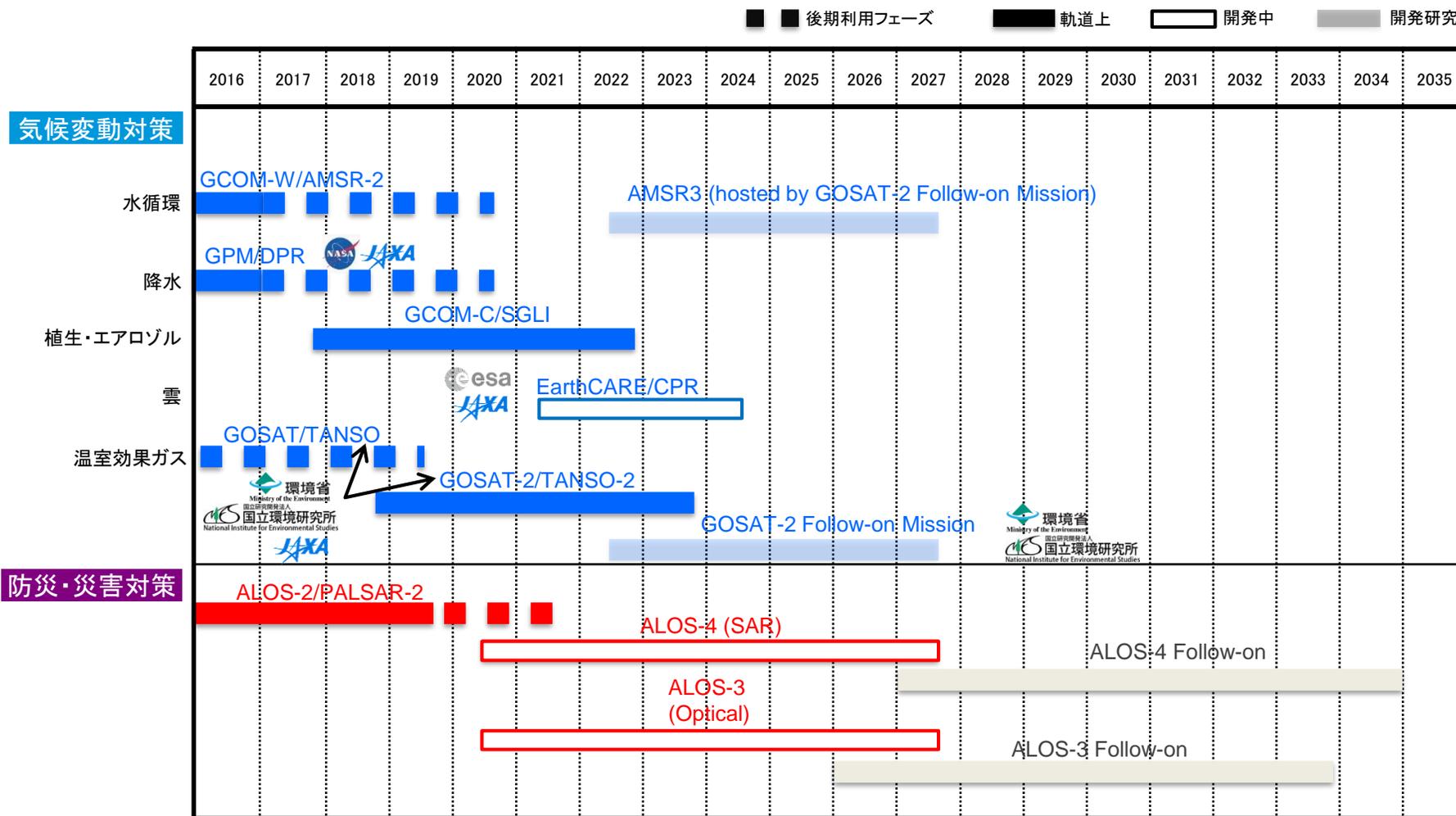


世界の雨分布速報 (GSMaP)
(複数衛星のデータを複合して作成・配信される)

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星



地球観測ミッションスケジュール



研究

ライダー観測技術

静止軌道光学衛星

※上記はスケジュールではなくテーマを示す

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星

気候変動対策

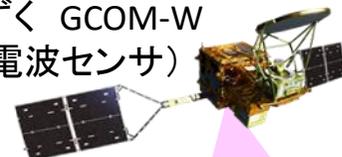
- 気候変動の監視・メカニズム解明等に不可欠な基礎・基盤データを提供する。
- 地球規模の課題解決を目的とした国際的な地球観測網の構築に向け、我が国の重点化分野である気候変動に関する全球規模での長期間継続観測を行う。

いぶき/いぶき2号
GOSAT/GOSAT-2
(分光計)



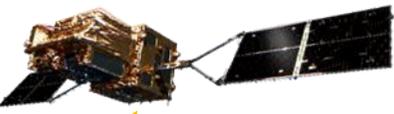
全球の温室効果ガスを観測

しずく GCOM-W
(電波センサ)



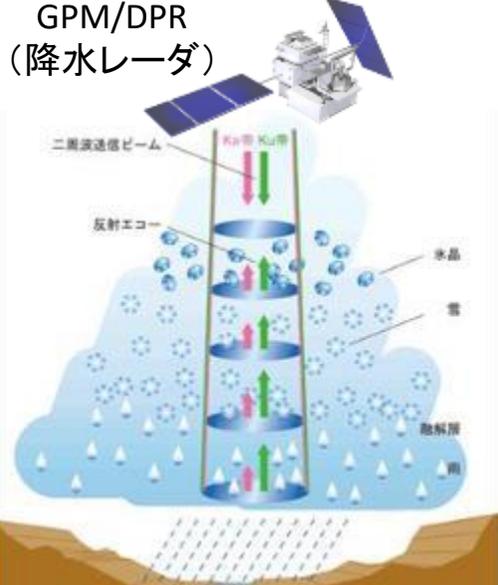
全球の水に関する物理量を観測

しきさい GCOM-C
(光学センサ)

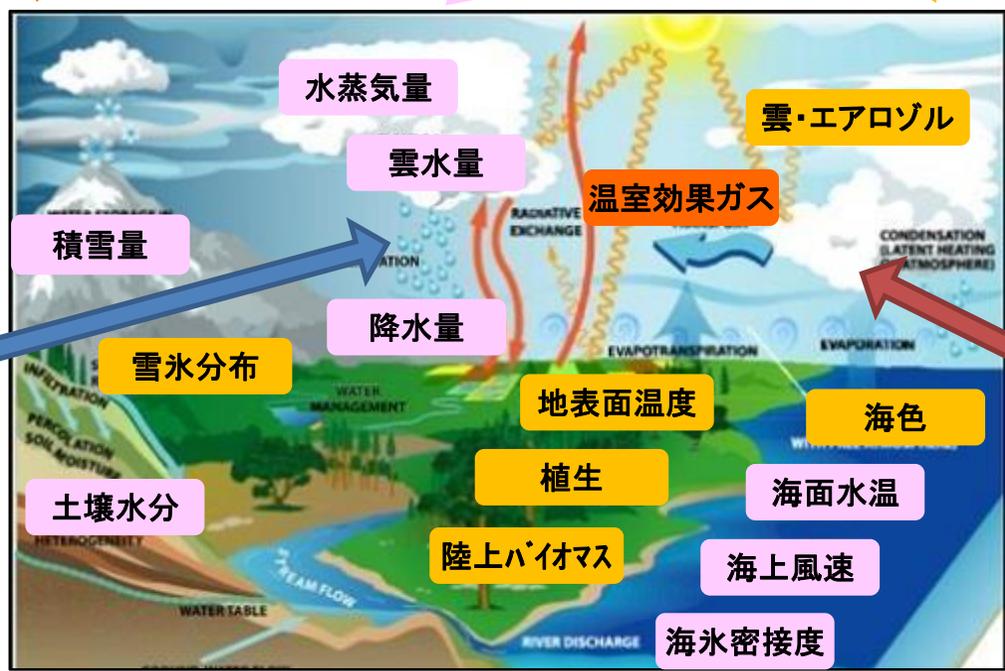


全球の植生、雲・エアロゾル、海色等を観測

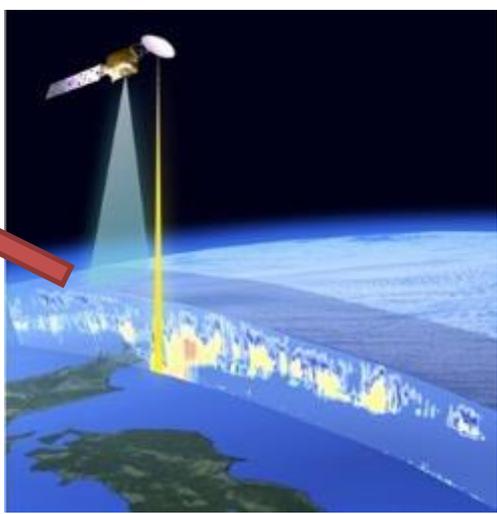
GPM/DPR
(降水レーダ)



雨の3次元分布を観測



EarthCARE/CPR (雲レーダ)



雲の立体構造を観測

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星



気候変動対策(温室効果ガス)

いぶき/TANSO

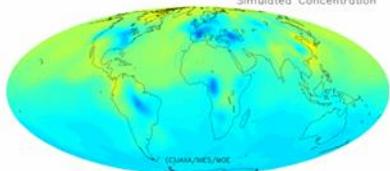
2009年1月23日打上げ

高度約666km 極軌道

二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガス濃度を観測する。

二酸化炭素濃度の日平均値 (2009年6月～2011年5月)

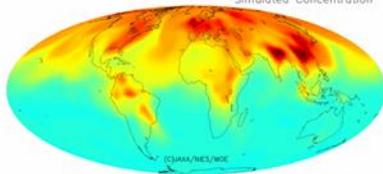
GOSAT L4B V02.02 CO₂ (2009/06/01) ETA-925
Simulated Concentration



370 375 380 385 390 395 400 405 410 (ppm)

メタン濃度の日平均値 (2009年6月～2011年5月)

GOSAT L4B V01.01 CH₄ (2009/06/01) ETA-925
Simulated Concentration



1600 1650 1700 1750 1800 1850 1900 1950 (ppb)

いぶき2号/TANSO2

2018年10月29日打上げ

高度約613km 極軌道

二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガス濃度を「いぶき」よりさらに高精度に観測するとともに、新たに一酸化炭素濃度の観測が可能になる。

①TANSO-FTS-2



二酸化炭素の測定精度を前号機「いぶき」の4ppmから0.5ppmに向上

②TANSO-CAI-2



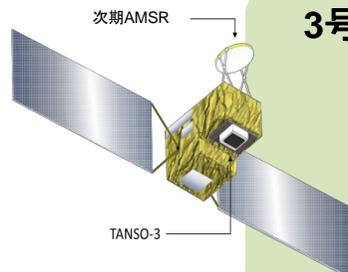
雲やエアロソルを観測する光学センサ。TANSO-FTS-2のデータを補正

3号機/TANSO-3

2022年度打上げを目指す

高度約666km 極軌道

温室効果ガス濃度の継続把握及びパリ協定に基づく各国の温室効果ガスインベントリ報告の透明性確保、並びに大規模排出源監視を目指す。



GOSATシリーズ



排出量検証に向けた技術高度化

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星



気候変動対策(水循環・降水)

しずく/AMSR-2

2012年5月18日打上げ

水循環変動観測衛星(GCOM-W)

高度約700km 極軌道

地球規模の水循環を調べることで、気候変動メカニズムの解明や、気象予報・漁業に貢献。

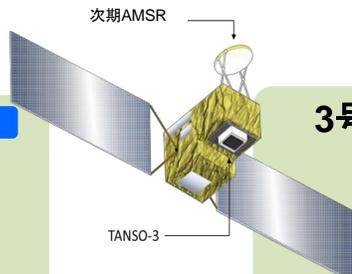


3号機/次期AMSR

2022年度打上げを目指す

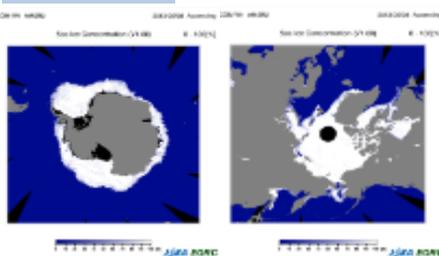
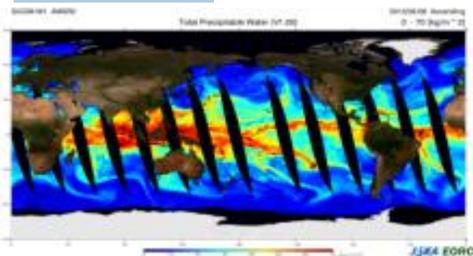
高度約666km 極軌道

しずく後継センサにより、台風進路予測精度向上や沿岸漁場利用等の新たな利用ニーズに応える。



積算水蒸気量

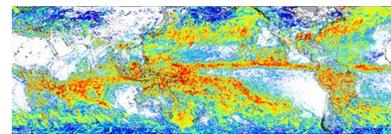
海水密度度



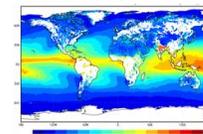
マイクロ波放射計(AMSR-2等)の成果を維持・継続しつつ、
 ①高周波チャンネル搭載による観測対象の追加
 ②地上処理高度化によるプロダクトの高分解能化等の取り組みにより、新たな利用ニーズに応える。

次期AMSR 新規観測プロダクト例

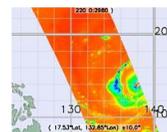
降雪量



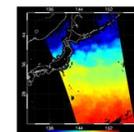
陸上含む積算水蒸気量



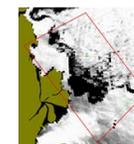
高周波輝度温度



高解像度海面水温



高解像度海水密度度



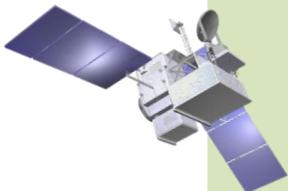
GPM/DPR

2014年2月28日打上げ

全球降水観測計画/二周波降水レーダ

高度約400km 極軌道

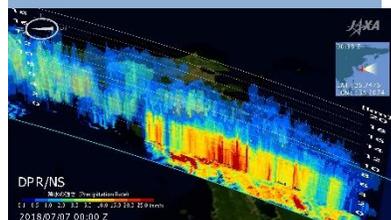
地球全体の降水分布を二周波降水レーダ(DPR)を使って観測する。



衛星全球降水マップ(GSMaP)



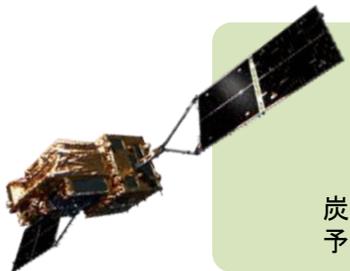
DPRによる、降水の立体観測



1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星



気候変動対策(雲・エアロゾル)



しきさい

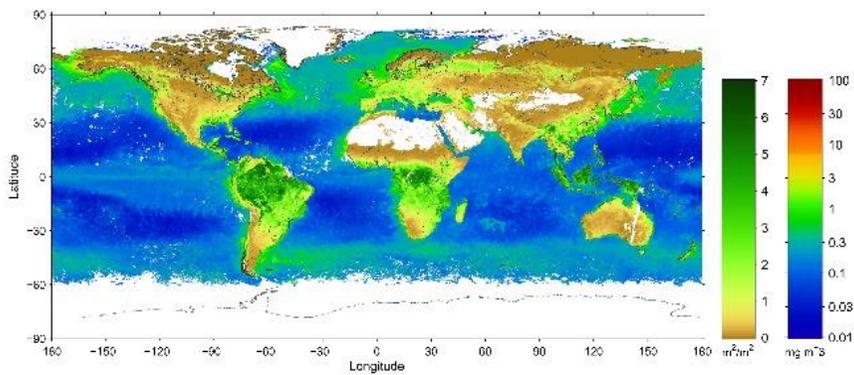
2017年12月23日打上げ

気候変動観測衛星(GCOM-C)

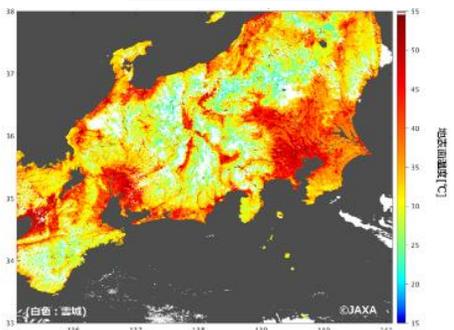
高度約800km 極軌道

炭素循環やエアロゾルなど気温上昇量の正確な予測に必要な様々な対象を観測する。

陸域の植生と海域の植物プランクトン



地表面温度



EarthCARE/CPR【開発中】

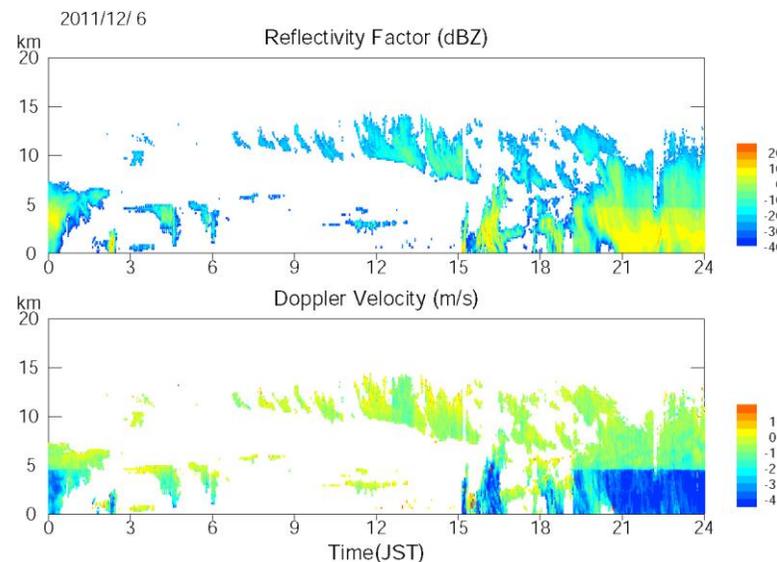
2021年度打上げ予定

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

高度約393km 極軌道

雲粒の動きや大気中のエアロゾルの分布を調べ、気候変動の予測精度向上に貢献する。CPR以外の衛星各部の開発ならびに打上げ・運用は、ESAが担当。

CPRの他に3つの観測装置を搭載しており、雲や微粒子の構造、雲粒の動きなどを同時に調べることが可能。



雲プロファイリングレーダ観測例(地上観測による結果、NICT提供)
(上段:雲の鉛直構造、下段:雲粒子の上昇下降速度)

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星



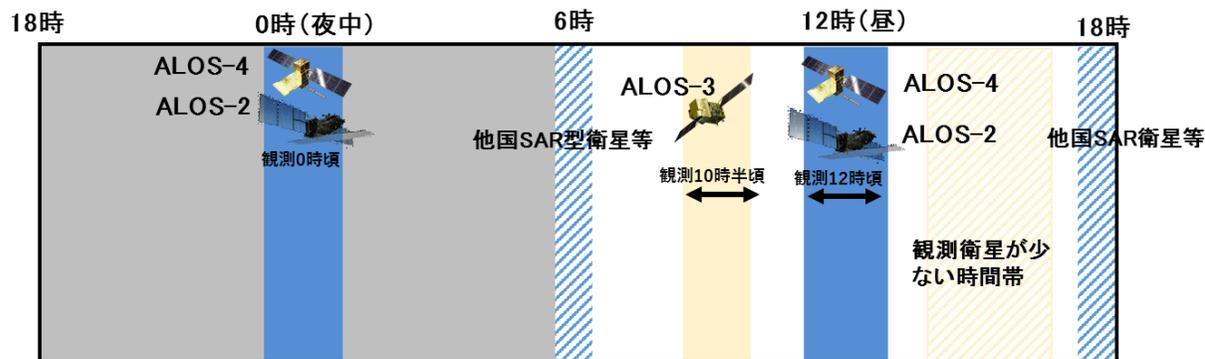
防災・災害対策

- 地震、豪雨による水害・土砂災害、森林火災、火山噴火など、様々な災害の監視や状況把握に貢献すると共に、広範囲かつ継続的に国土を観察し、アーカイブデータとして蓄積する。



バンド合成開口レーダ (PALSAR-2)

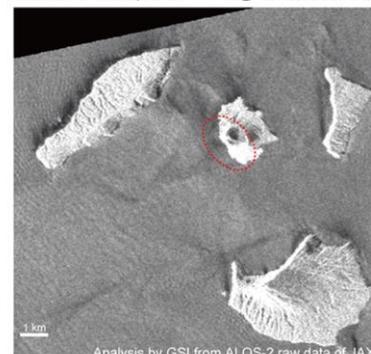
ALOS-2 軌道上概観図



ALOSシリーズ衛星の観測時間(太陽同期軌道)

※衛星は決まった時刻にある地点の上空を通過する

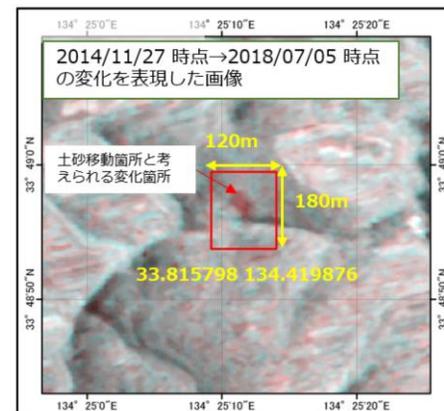
噴火前 2018/08/20
(Before Eruption Aug. 20, 2018)



噴火後 2018/12/24
(After Eruption Dec. 24, 2018)



2018年12月のインドネシア火山の噴火前後の地形の変化
(ALOS-2 合成開口レーダが捉えた山体崩壊画像[右])



ALOS-2(7月5日観測)による土砂崩壊判読結果

2018年7月の西日本豪雨における土砂移動箇所(ALOS-2観測)

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星

防災・災害対策(合成開口レーダ)

だいち2号

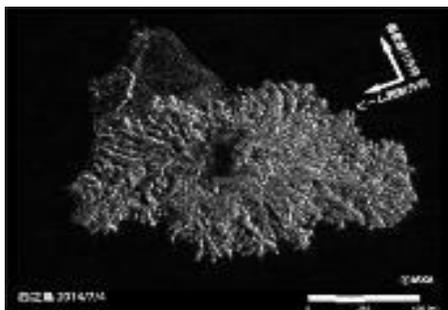
2014年5月24日打上げ

陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)

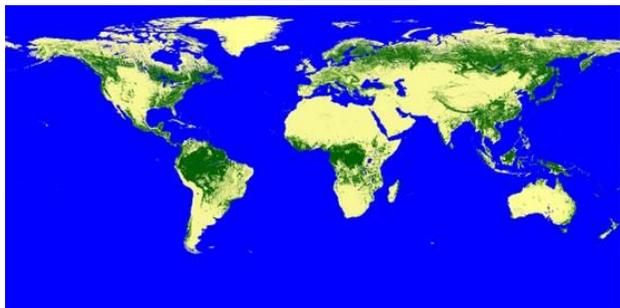
高度約628km 極軌道

昼夜、天候に関係なく地表を高分解能で観測可能。災害状況把握や違法伐採の監視等に貢献。

西之島



全球森林マップ



ALOS-4【開発中】

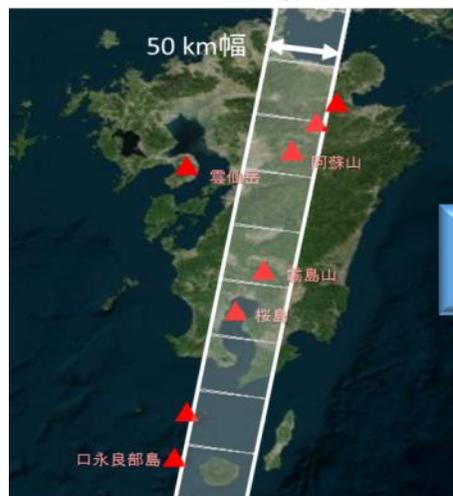
2020年度打上げ予定

先進レーダ衛星(ALOS-4)

高度約628km 極軌道

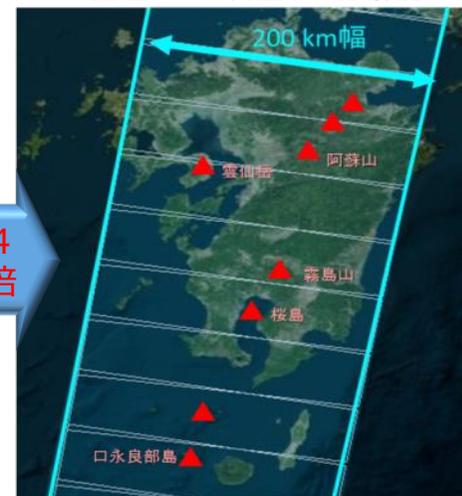
だいち2号の後継機。高い分解能を維持しつつ観測幅が50kmから200kmに拡大(3m分解能の場合)。昼夜、天候によらず地表面の画像を取得。災害状況の早期把握で迅速な対策を支援。我が国の海洋権益確保(広域で不審船監視)。

ALOS-2(3m分解能)



ALOS-2

先進レーダ衛星(3m分解能)



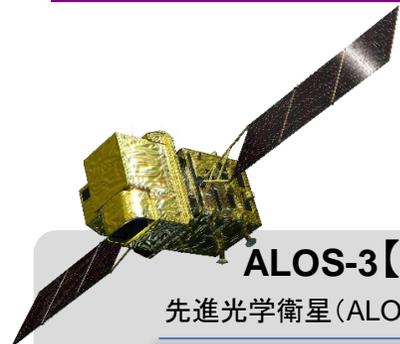
ALOS-4

4倍

1. JAXAが運用・開発中の地球観測衛星

防災・災害対策(光学)

だいち「ALOS」と「ALOS-3」の比較
(茨城県画像)



ALOS-3【開発中】

2020年度打上げ予定

先進光学衛星 (ALOS-3)

高度約669km 極軌道

広い観測幅(70km)を維持しつつ、さらに高い地上分解能(0.8m)を実現する。JAXAでは、「だいち」以来の高分解能光学衛星。防衛装備庁の2波長赤外線センサを相乗り。

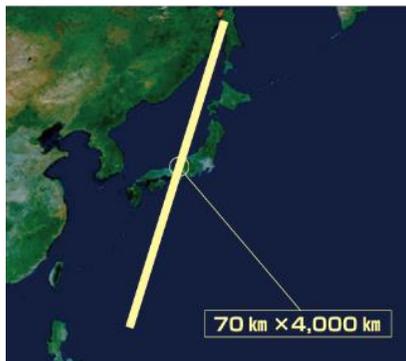


「だいち」パンシャープン画像
ALOS PRISM/AVNIR-2による2.5m分解能,
2007年3月1日観測



ALOS-3シミュレーションパンシャープン画像
80cm分解能

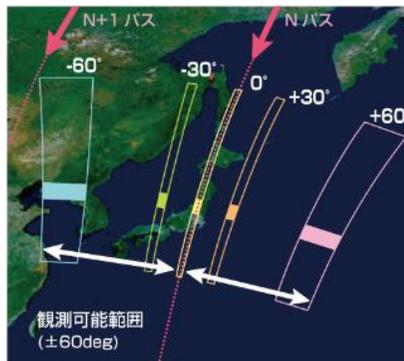
＜観測目的に応じてさまざまな撮像が可能に＞



ストリップマップ観測のイメージ図



方向変更観測のイメージ図



60° までのポインティング観測
による撮像可能エリア

2. 衛星観測の政策・サイエンス・実利用への貢献を目指した活動

JAXAが目指す
地球観測衛星の役割

国内政策

(科学技術基本計画、
宇宙基本計画)

衛星観測

補完

現場観測

モデル

実利用

サイエンス



2. 衛星観測の政策・サイエンス・実利用への貢献を目指した活動

衛星による必須気候変数(ECVs)の観測

ECVとは、気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)の意思決定に必要な情報として全球気候変動観測システム(GCOS)が定義したものの。

必須気候変数(ECVs)全体	54
GCOM-C&W, GPM/DPR及びGOSATにより観測される必須気候変数	26

大気			陸		海洋
地表	上層	大気組成	生物圏	水圏	物理量
降水量	地球放射収支	エアロゾル、オゾン前駆物質	地表バイオマス	地下水	海面熱フラックス
			アルベド	湖沼	海水 海面高度 海況
気圧	雷	エアロゾル特性	地表面蒸散量	河川流量	海面の海流
放射収支	気温	二酸化炭素、メタン、その他温室効果ガス	林野火災	人類圏	海面塩分濃度
			植生の光合成有効放射吸収率	人為起源の温室効果ガス・フラックス	海面応力
			土地被覆	人間による水利用	海面水温
気温	水蒸気	雲特性	地表面温度	雪氷圏	海中の海流
水蒸気	風速、風向	オゾン	葉面積指数	氷河 雪	海中塩分濃度
風速、風向			土壌炭素	氷床、氷棚	海中水温
			土壌水分	永久凍土	生物地球化学量
					無機炭素 短期トレーサー
					亜酸化窒素 栄養素
					海色 酸素
					生物/生態系量
					海洋生息環境特性
					プランクトン

by GCOM-C

by GCOM-W

by GPM/DPR

by GOSAT, GOSAT-2

by ALOS-2

2. 衛星観測の政策・サイエンス・実利用への貢献を目指した活動

気候変動対策に貢献する衛星観測データの利用推進



温室効果ガスの排出



GOSAT(いぶき)

観測センサ:

- ・温室効果ガス観測センサ (TANSO-FTS)
- ・雲・エアロソルセンサ (TANSO-CAI)

観測対象: 二酸化炭素、メタン

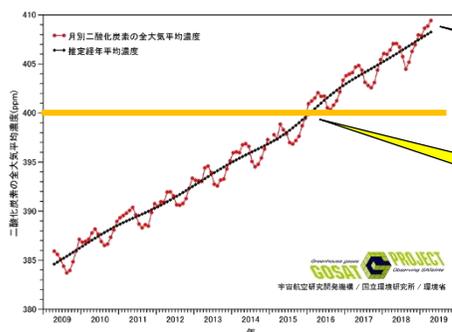


GOSAT-2(いぶき2号)

観測センサ:

- ・温室効果ガス観測センサ2型 (TANSO-FTS-2)
- ・雲・エアロソルセンサ2型 (TANSO-CAI-2)

観測対象: 二酸化炭素、メタン、一酸化炭素



全大気における二酸化炭素濃度の月別平均濃値と推定経年平均濃度

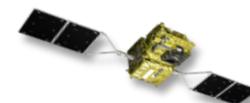
温室効果ガスの吸収



ALOS-2(だいち2号)

観測センサ: Lバンド合成開口レーダ (PALSAR-2)

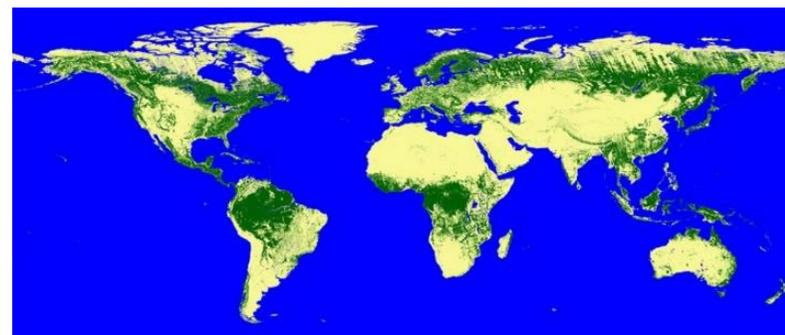
観測対象: 森林分布、災害状況、地殻変動等



GCOM-C(しきさい)

観測機器: 多波長光学放射計 (SGLI)

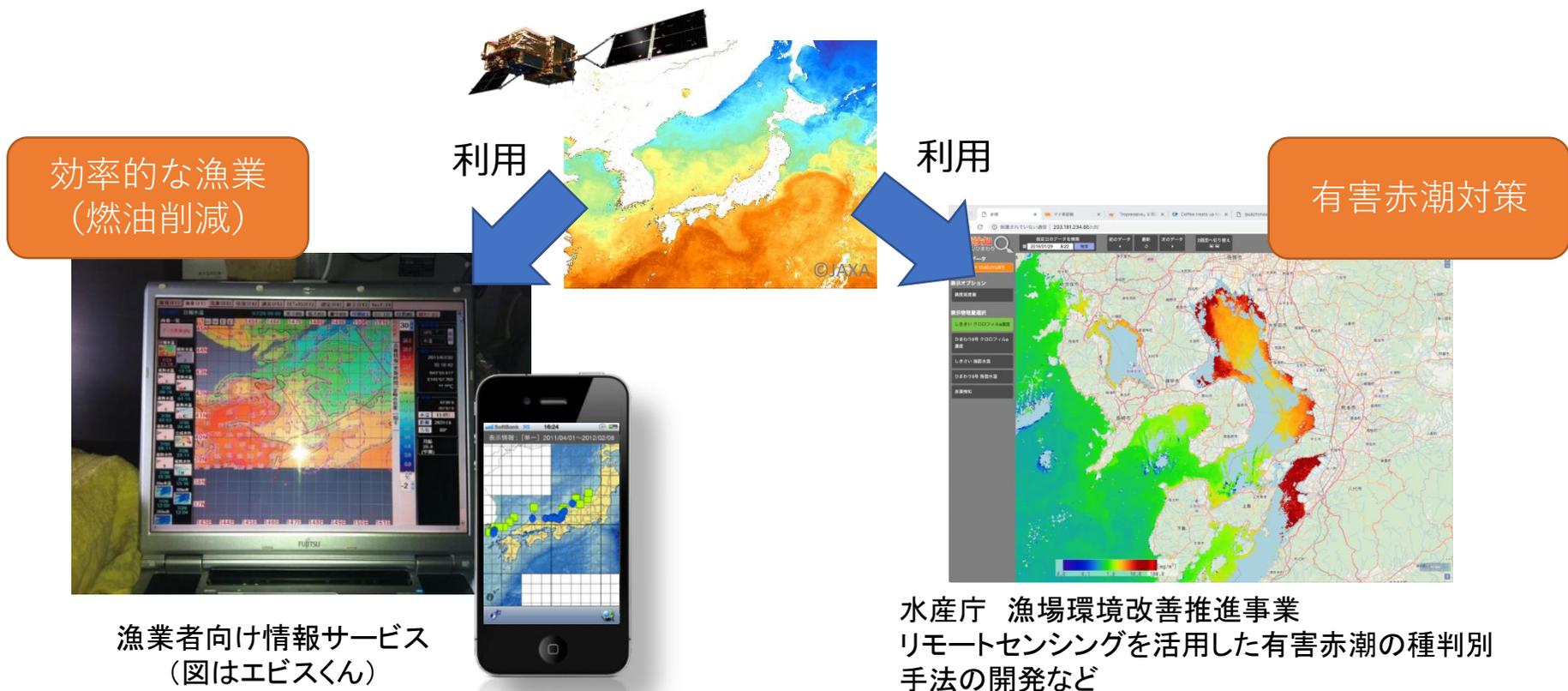
観測対象: 陸域、大気、海洋、雪氷等



2017 ALOS-2森林・非森林マップ

2. 衛星観測の政策・サイエンス・実利用への貢献を目指した活動

一般社団法人漁業情報サービスセンター(JAFIC)では、GCOM-C観測データのチューニングを終え、2019年4月から漁業者や各県の水産試験研究機関に向けて、従来より高解像度の水温やクロロフィル情報を提供している。また、水産庁の委託事業(「リモートセンシングを活用した有害赤潮の種判別手法の開発」)では、有明海・八代海の養殖漁業者や試験研究機関を対象に、赤潮漁業被害軽減に向けたGISベースのGCOM-Cデータ配信を実施している。今後はスマートフォンやタブレット向けの提供配信も予定している。



3. 我が国の地球観測の現状における課題

継続的な地球観測

気候変動対策には、30年超の切れ目のない観測データが必要であり、今後も衛星による継続的な地球観測が必要である。

将来の地球観測ミッションに対するサイエンス要求

地球観測ミッションについては、JAXAは10年以上、課題解決型の地球観測として、関連省庁と協力して、衛星データの社会実装をめざした実利用と国内政策実現を推進してきた。今後は、将来の地球観測衛星ミッションにつながるように、実利用とサイエンス要求の相乗効果が高まることを期待したい。

地球観測の価値向上

他の関連する政策(宇宙基本計画等)と歩調を合わせた施策によって、地球観測の価値向上を図れると考える。

(参考)



➤ 衛星観測のSDGsへの貢献例

「JICA-JAXA 熱帯林早期警戒システム」(JJ-FAST)

77カ国で違法伐採監視等の目的のため利用されている。違法伐採の減少や抑止力として貢献。



「全球降水マップ」(GSMaP)を用いた洪水予警報

日米欧の衛星の観測データから作成した1時間ごとの「世界の雨分布速報」。アジアの防災機関による洪水予警報システム等で実利用されている。



「センチネルアジア」-アジア太平洋の災害を衛星で監視

「センチネル・アジア」は、アジア太平洋域の自然災害の監視を目的とした国際協カプロジェクト。地球観測衛星など宇宙技術を使って得た災害関連情報をインターネット上で共有。



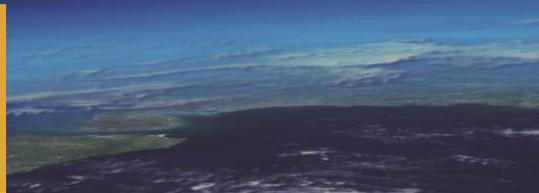
「JAXAひまわりモニタ」を活用した大気汚染監視

「ひまわりモニタ」は、ひまわり8号のカラー画像及び地球物理量データのクイックルック画像を表示できるウェブサイト。JAXAでは黄砂・PM2.5等の大気微粒子(エアロゾル)の特性と海面水温を作成。



衛星データを活用した食糧収穫予測

東南アジア域における食糧生産の向上のため、衛星データを活用した農業気象情報(降水量、土壌水分量、日射量、地表面温度など)を東南アジア各国の農業関係省へウェブサイトより提供(JASMINシステム)。



➤ 気候変動に関するグローバル政策への貢献 (1/2)



気候変動に関する
政府間パネル

◆ IPCCガイドライン(2006年制定版)

“温室効果ガス濃度測定のための衛星センサの有用性でさえ、**空間・鉛直・時間的な分解能の制約**のために、この問題を完全に解決するには至らない。”

精緻化



「2006年以降の**科学的・技術的進展**を踏まえる。」

◆ 2019年5月@京都
精緻化された2019年方法論
報告書の採択



衛星によるGHG観測の科学的・技術的な進展を発信



GHGガイドブック：
衛星データを用いて
インベントリを検証
する手法を記載



衛星GHGデータ：
衛星間の相互校正検証により、
信頼性が向上

日本の取組みを発信

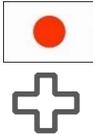
レビュー

技術的進展や科学的成果を提出



環境省

国立環境
研究所



文部
科学省

JAXA
GOSAT/
GOSAT-2

NASA
OCO-2/3/
GeoCarb

ESA
Sentinel-5p/
FLEX

CNES
IASI/
MicroCarb/
MERLIN

DLR
MERLIN

EUMETSAT
Metop/
Sentinel3/
METEOSAT

国内関係機関(主管庁等)との連携

GHG観測衛星の運用・計画を持つ宇宙機関との連携

➤ 気候変動に関するグローバル政策への貢献 (2/2)

主な改良点

IPCC 2019年方法論報告書*

*正式タイトル: 2006年IPCC国別温室効果ガスインベントリガイドラインの2019年改良

- 大気観測結果との比較(第1巻第6章): 大気観測によるGHG排出量との比較検証に関するガイダンス
 - ✓ 地上・統計に基づく推計値を、**衛星観測等の値**を用いて**比較検証することについて更新・精緻化**。
 - ✓ GHG濃度観測については、**世界に先駆けて2009年に観測が開始されたGOSATシリーズについて記載あり**。

第1巻第6章 品質保証／品質管理及び検証

- インベントリ検証における比較データとして、衛星観測データの有用性や、役割にかかる記述の大幅な追加(衛星観測データの利用にかかる項が新設)。
 - 地上データのそろっていない地域については、衛星観測データの利用によって、モデルの推定精度が向上するとの記載。
 - 複数の新しいGHG観測衛星 (TROPOMI、GOSAT-2、GeoCarb、TanSat等) により、観測データ数が増え、衛星データによる推定が急速に向上していくとの見通しが記載。

□ 農業、林業及びその他土地利用(第4巻)

- ✓ 近年の衛星利用の進展に伴う、GHGインベントリ利用に対するガイダンスの強化(**ALOS-2に言及あり**)

第4巻 農業、林業及びその他土地利用

- 地上バイオマス密度マップ作成に使用できる10m以下の高解像度衛星データの例として、ALOS-2が記載。また反射パルスの信号強度を利用することで、木本植物・木の量やバイオマスを予測可能であることがALOS-PALSAR等の衛星データを用いて実証されていると記載 (第2章)。
- 「衛星による森林データセット」としてPALSAR2による「森林/非森林マップ (FNF)」が掲載 (第3章)。
- “The ALOS Kyoto & Carbon Initiative”のサイエンスチーム報告書 (2010, 2011, 2014)が参考文献として掲載 (第3章)。