

第19回水工学オンライン連続講演会

人工衛星に関する技術／利用T業
及び水工学分野へのデータ活用事例の紹介

2023年2月28日

株式会社パスコ 事業統括本部

川口 剛

tiahkc4983@pasco.co.jp

本日の構成

項目	内容
1. 人工衛星活用のトピック	衛星データの活用について、最近のトピック的活用事例の紹介。
2. 人工衛星の概要 (種類、センサー)	人工衛星の種類や高度、小型衛星などを含めた基本情報を紹介。
3. 地球観測衛星（光学、SAR） のセンサーの特徴	光学衛星とSAR衛星のセンサーの特徴について紹介。
4. 衛星事業／サービスについて	画像販売から衛星データ解析、衛星コントロール運用など、代表的な当社の衛星事業の紹介。
5. 先進光学衛星 (だいち3号/ALOS-3)について	日本唯一の光学衛星である先進光学衛星が打上げが予定されています。この人工衛星だいち3号について紹介いたします。

1. 衛星データ活用のトピック
2. 人工衛星の概要（種類、センサー）
3. 地球観測衛星（光学、SAR）のセンサーの特徴
4. 衛星事業／サービスについて
5. 先進光学衛星（だいち3号/ALOS-3）について

まずは、衛星データの活用について、最近のトピック的な活用事例を紹介します。

1.1. 衛星データ活用トピック ～ 安全保障(経済安全保障) ～

①2022年10月9日,クリミア橋で交通網が遮断され,爆発・炎上する様子を捉えた衛星画像を公開 (Al Jazeera)

- 超高分解能の光学衛星で撮影され,「複数車線を分ける“白線破線”」,「走行中の車種」,「列車の車両数と貨物の種類」等がおおよそ確認できる

②2022年10月9日,小型衛星コンステレーションを展開するPlanet社は ロシアとクリミア半島をつなぐ輸送路で,ダメージを受けた橋梁の衛星画像を公開 (Planet_Tweet)

- 衛星コンステレーションであるため,時間分解能を高めた利用・サービスを提供できる

光学衛星: マルチスペクトル2m分解能,画像判読



- 地上分解能1mクラスの衛星であれば,貨物車両の数や貨物形状の特徴が判読可能
- 地上分解能0.3~1m未満の衛星であれば,車種や人流も判読可能

光学衛星: 高解像度(0.3~1m未満)を用いた画像判読

MAXAR社

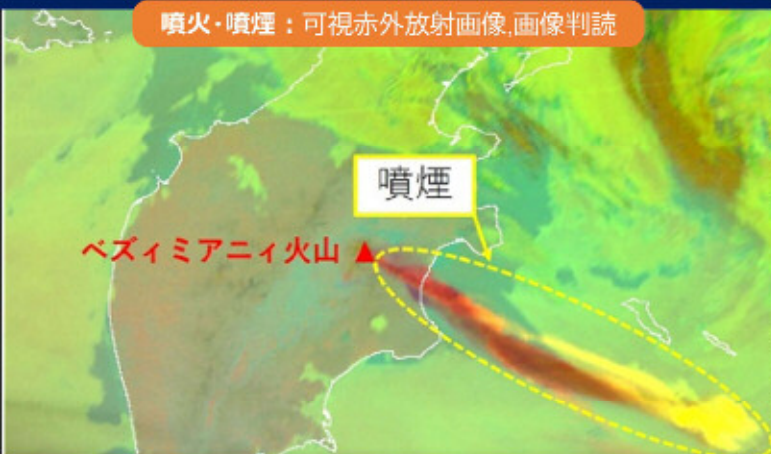
鉄道橋梁の上で炎上する貨物車両
※JR貨物のタンク車/大きさの様に見える

A train caught fire on the railway bridge



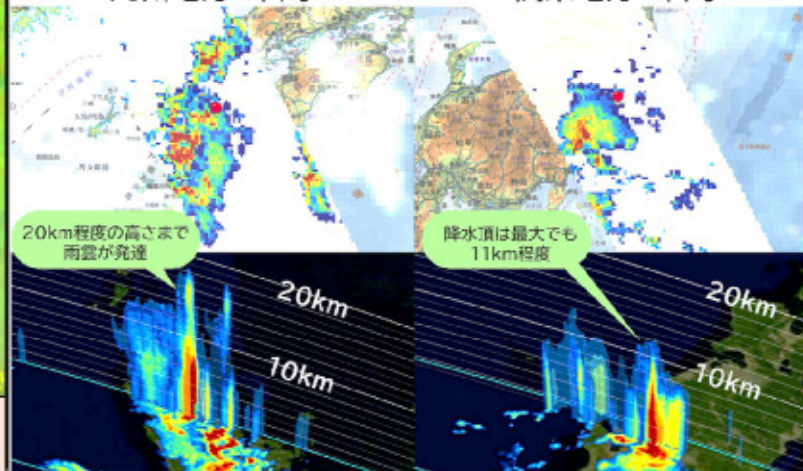
1.2. 衛星データ活用トピック ～ 自然災害への対応～

噴火・噴煙：可視赤外放射画像,画像判読



- ① 気象衛星「ひまわり」の赤外線で見つけたベズィミアニ(Bezymianny)火山の噴火状況(気象庁,2022/5/28)
- 噴火高度は5万フィート(約15,000m)
 - 赤色は火山灰を含む噴煙,黄色は火山灰・ガス混合の噴煙

降水(雨・雪)：マイクロ波放射,降水情報/垂直分布



- ② 全球降水観測計画(GPM) 主衛星の二周波降水レーダ(Ku帯とKa帯)で降水帯を観測 (JAXA,2022/7/12)

噴火・溶岩流：光学画像,画像判読



- ③ 欧州の光学衛星Sentinal-2はハワイのマウナロア(Mauna Loa)噴火の輝く溶岩を観測(EU,2022/12/7)

- ④ 人工衛星画像を活用した水災時の保険金支払いに関する取組 (2018/11/21,東京海上日動火災保険株式会社)

- 2011/9/15の茨城県(上総)における洪水事例で,光学画像とSAR画像等の衛星画像を組み合わせ透過させて,洪水エリアを作成
- 人工衛星画像のAI解析により大規模な水災発生時の被害範囲・浸水の高さを特定

浸水地域推定(河川氾濫)：光学画像,画像判読



浸水地域推定(河川氾濫)：SAR画像,画像判読



https://www.tokiomarine-nichido.co.jp/company/release/pdf/181121_01.pdf

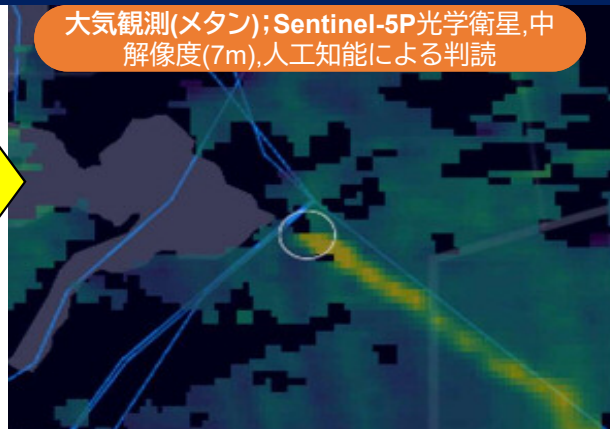
https://www.data.jma.go.jp/sat_info/himawari/obsimg/image_2022.html#obs_j20220528

1.3. 衛星データ活用トピック ～「気候変動」温室効果ガスの観測・検知～

①カザフスタンのパイプライン施設で、**温室効果ガスの意図的なメタンの放出を観測**(2019年から2021年の間)

- 異なる衛星のデータと人工知能アルゴリズムを組み合わせ、放出を検知
- 欧州宇宙機関(ESA)が運用するSentinel-5P衛星(左)は可視光から非可視光(短波長赤外)までのハイパースペクトル観測で**メタンの吸収帯**を捉え、Sentinel-2衛星(右)は光学で**フレア**を捉えた

大気観測(メタン); Sentinel-5P光学衛星, 中解像度(7m), 人工知能による判読



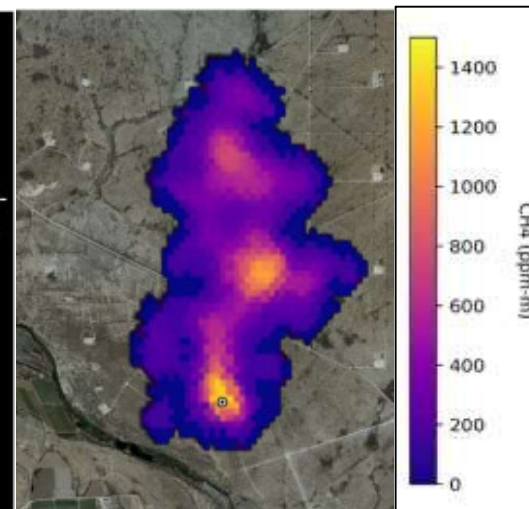
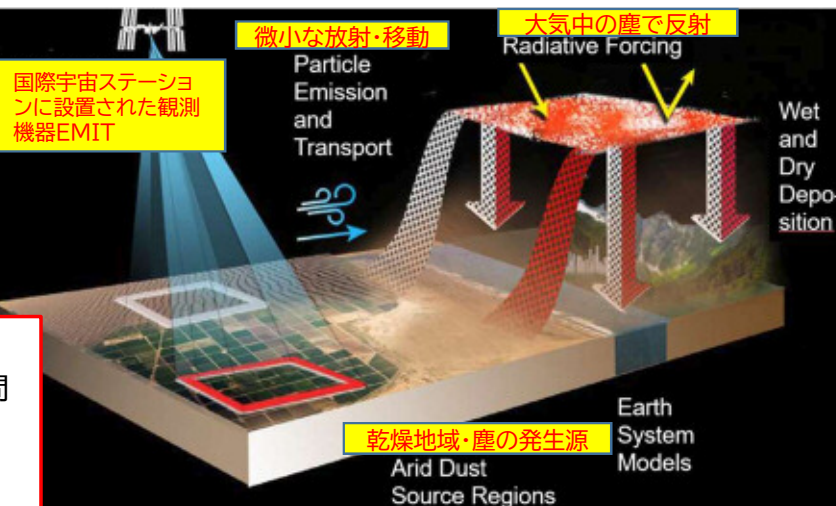
マルチスペクトルバンドにおいてメタン放出(バント)の「位置と時間」を正確に捉えた画像

環境モニタリング; Sentinel-2光学衛星, 中解像度(10m以上), 画像判読



パイプライン上の施設からのメタン放出(バント)のフレアを捉えた画像

②米国航空宇宙局(NASA)のジェット推進研究所(JPL)は、国際宇宙ステーション(ISS)に設置された「**地球の鉱物資源を観測するための装置; EMIT**」が運用開始からの5カ月で、**50以上のメタンの排出(Super-Emitters)**を観測できたと発表



『環境センシングの重要性の高まり』

- ✓ 二酸化炭素の約80倍に匹敵する温室効果ガスであるメタンの問題で、パイプライン等からの意図的なメタンの排出がある
- ✓ 2022年11月の国連気候変動枠組条約第27回締約国会合(COP27)において、**各国への支援や気候危機への解決策の提供が拡大**(2022/11/7, Carbon Mapper)

1.4. 衛星データ活用トピック ～ 洪水・浸水域推定の事例① ～

① 2021年7月発生した洪水でドイツ, オランダ, ベルギー周辺の洪水被害に関する欧州の危機管理サービスの活動例

- 2021年7月3日, 同月15日の2回, 同じSAR衛星で観測, 浸水域(推定)を赤色で抽出
- ドイツ気象局によると, 7月12日～同月15日までの72時間で最大182mm以上の降雨があった。一部の地域では, 7月期の降雨量の6倍の雨を観測

② 2022年9月, スペインの干上がった貯水池の水位が低下し, 1960年代のダム建設で水没した村のサロマ教会が出現 (AFPBBNews)

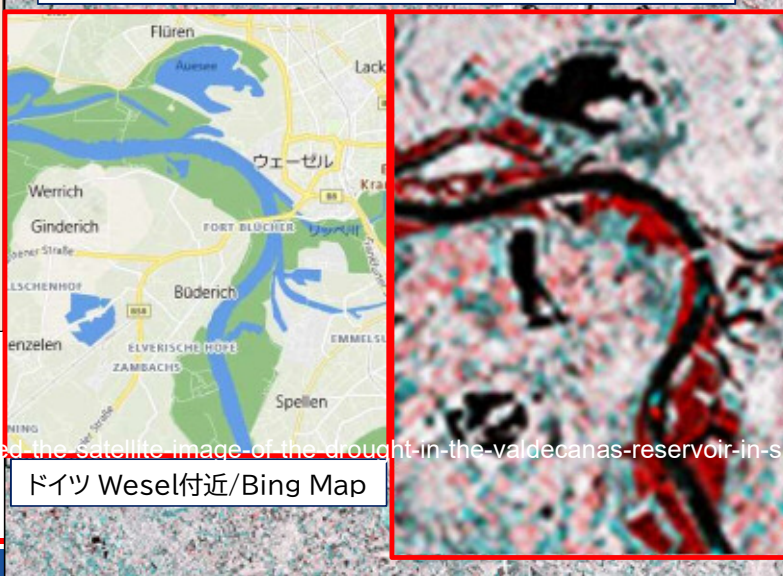
- 2020年4月にESAのSentinel-2が撮影した画像(上)と, 同年8月に超高感度CMOSセンサーを搭載したキャノン電子の小型衛星CE-SAT-IIBが撮影した画像(下)

① ESA Satellites map floods in western Europe

浸水域推定(河川氾濫) : Sentinel-1, SAR 画像判読



洪水地域は赤色, 黒く見えるものは「河川, 湖, ため池」等



ドイツ Wesel付近/Bing Map

② ヨーロッパの記録的な熱波による干ばつ

干ばつ(水資源管理) : Sentinel-2, 光学中分解能(10m), 画像判読



干ばつ(水資源管理) : CE-SAT-IIB, 光学中分解能(5m), 画像判読

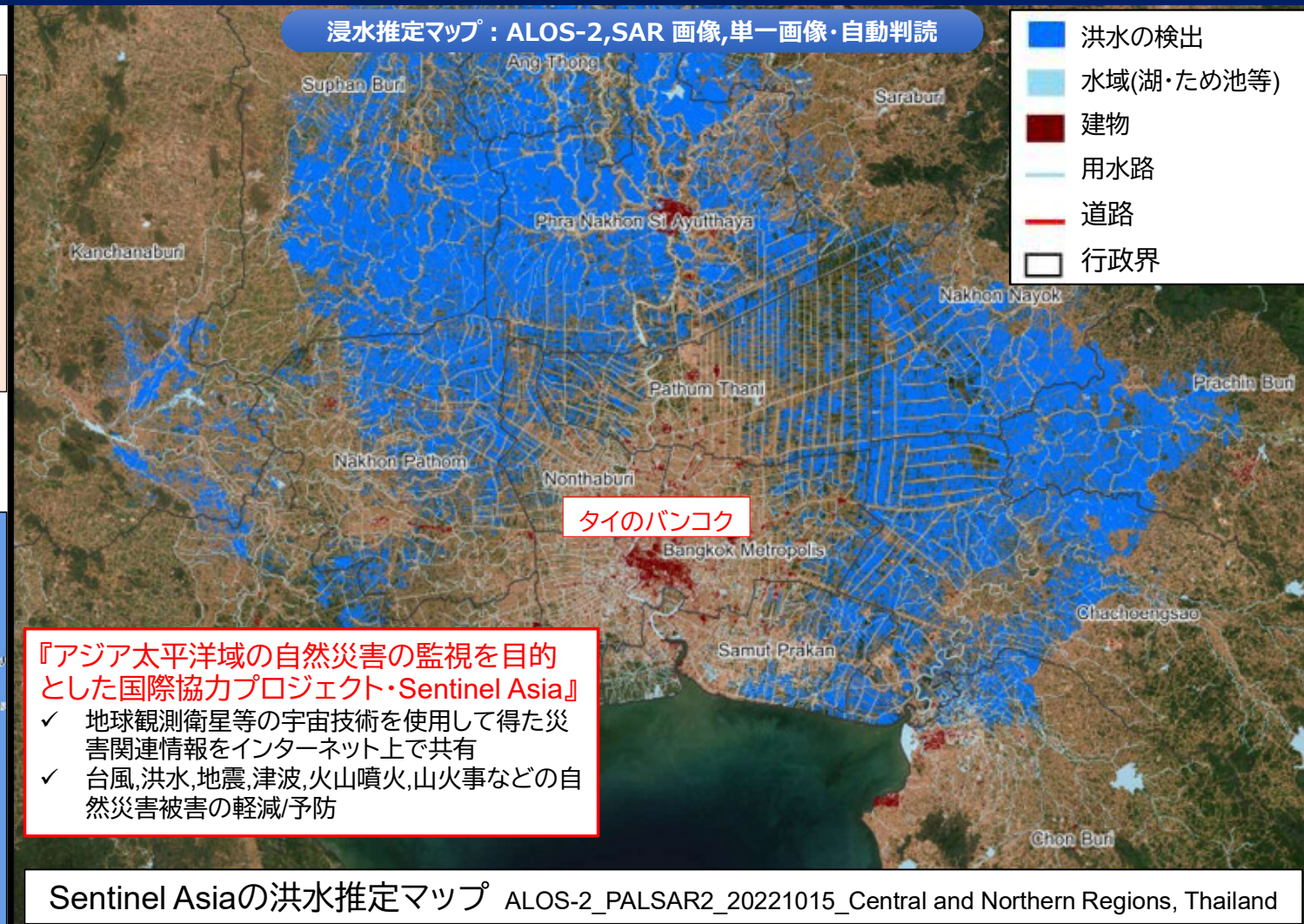


同貯水池; 2022年8月

1.5. 衛星データ活用トピック ～ 洪水・浸水域推定の事例② ～

2022年9月～10月に発生した大規模なタイ洪水被害に関し、アジアの災害直後の災害管理支援プログラムの活動例

- 緊急の観測要求に基づき、日本のALOS-2・SAR衛星が観測
- 「洪水被害を逆手に“浸水レストラン”に多くの客」といった報道も(日テレNews)



1.6. 衛星データ活用トピック ～ 気象観測 ～

米国大手の気象情報会社Tomorrow.io Spaceは2022年に約32基の地球低軌道に小型衛星を打上げ予定

- 地上の気象レーダのギャップを埋める小型気象衛星コンステレーションで、地球上の各ポイントを平均1時間に1回観測
- 主な用途は数理気象モデルで、ナウキャストや洪水予報
- 中国では、「長光衛星技術有限公司」と、「天津雲遥(Yun Yao)宇航(Aerospace)科技有限公司」が共同開発した新型気象衛星(キューブサット)で、天津雲遥衛星ネットワークを構築中で2023年の完成を目指す(2021/12/7,人民網)

【出展元①】<https://www.roc.noaa.gov/WSR88D/Maps.aspx>

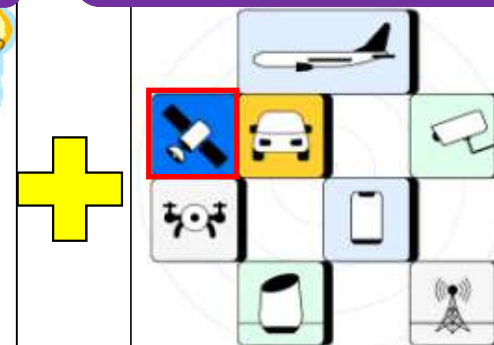
【出展元②】<https://www.tomorrow.io/space/>

① Historical な気象情報: 地上気象レーダ
60分以内に情報提供



米国海洋大気庁のNEXRAD;次世代気象レーダサイトマップ
・Sバンドドップラー気象レーダ・ネットワーク

② Real time な気象情報: 小型気象衛星
Weather of Things(車,ドローン,航空機等)



解像度を2kmから300-500mの道路単位へ・1分毎に気象情報を入手,更新/提供する気象情報サービスを目指す

『気象衛星の静止衛星と低軌道軌道』

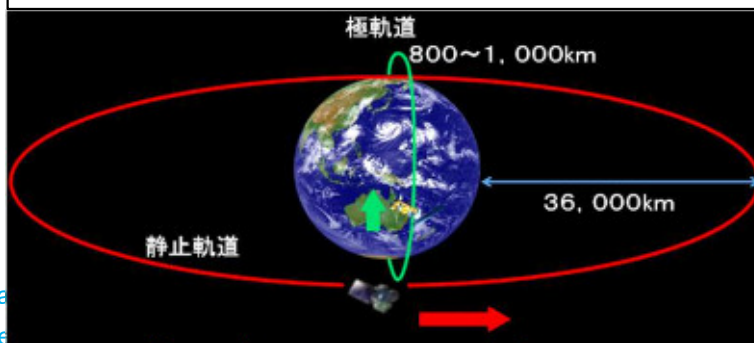
- 一般的な静止気象衛星は、気温・湿度・雲・降水強度を観測する広帯域の放射計で広域・定点観測を行う
- 低軌道衛星は、静止気象衛星に比べ、定点に対する観測頻度は低くなるが、観測距離は縮まるために解像度は良くなる(トレードオフ)の関係にあり、能動センサ、マイクロ波センサなどの多様なセンサを搭載できるメリットがある

【出展元③】<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/general/geopola>

【出展元④】<https://public.wmo.int/en/our-mandate/what-we-do/obse>

③ 静止気象衛星と極軌道気象衛星

- 静止気象衛星の例として、日本の気象衛星ひまわりシリーズ
- 極軌道気象衛星の例として、日本の気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)や米国NOAAのJPSSシリーズ



④ 世界気象機関・世界の気象衛星観測網

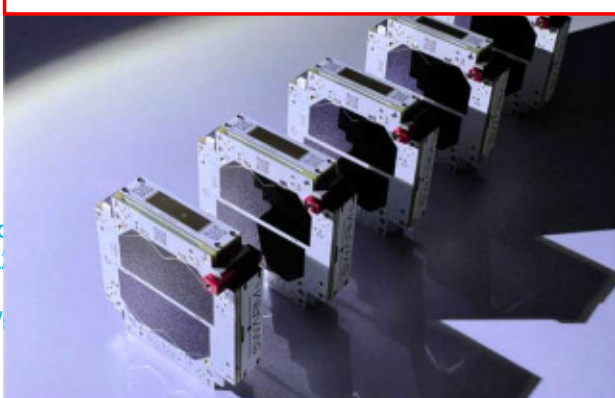


1.7. 衛星データ活用トピック ～ 現地モニタリングへの衛星の活用 ～

衛星接続プロバイダー Swarm Technologies のIoT衛星は1/4Uと商用衛星では最小

- GPS内蔵/双方向データ通信用のVHF通信モデムを現地の観測機器に取り付けて、狭帯域通信サービスで接続させるなど、各産業の実態に合った利用サービスを提供
- 安いデータプラン(月5ドル/デバイス)で提供
- 農業分野では**土壌水分モニタリング**, **灌漑管理**, **作物貯蔵モニタリング**等に利用
- エネルギー分野では、**機器/施設の監視**, **スマートメーター**等に利用
- 最近では、**生産・輸送・消費の過程における冷凍/冷蔵が必要な製品の管理面での利用**も見られる (いわゆるコールドチェーン)

『衛星の大きさ1Uサイズとは』
一般的に、縦・横10cmで、高さが10cmの立方体であるものを1Uと呼ぶ

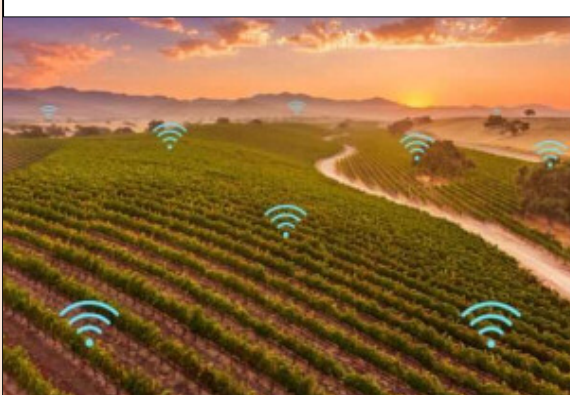


【出展元①②】
<https://swarm.space/>
<https://swarm.space/BbEiwA4c46utdjA>

https://swarm.space/?utm_source=swarm&utm_medium=swarm&utm_campaign=swarm&utm_term=swarm&utm_content=swarm&utm_referrer=https://swarm.space/

【出展元③】<https://swarm.space/>

①様々な観測機器に組み込まれてデータを送受信

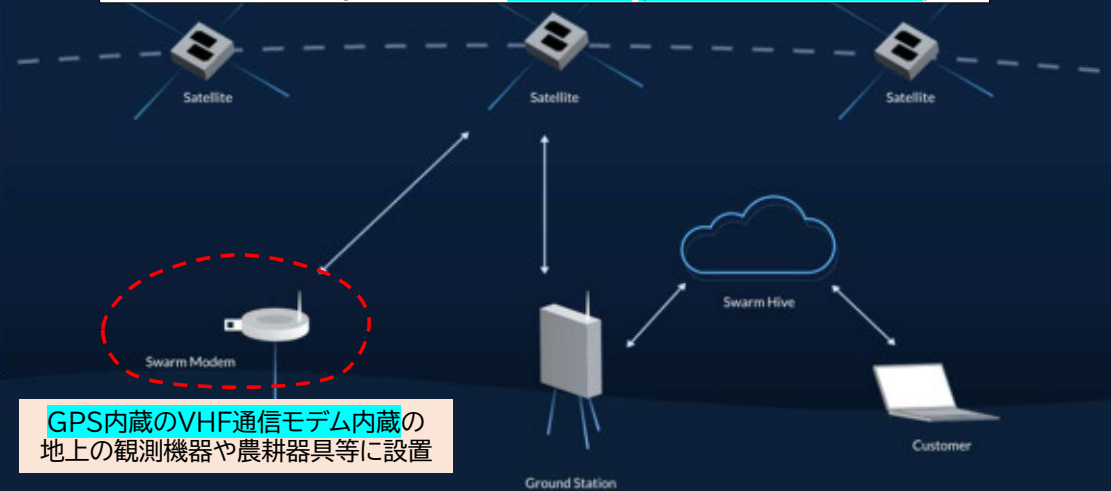


②GPS内蔵のVHF通信モデム(5cmX3cm) センサ;オンボードGPS(緯度・経度・標高) 低速通信;1kbps



モノのインターネット : IoT衛星 /地上センサのデータ取得

Swarm TechnologiesのIoT衛星・1/4Uサイズ (11cmX11cmX3cm,400g)



GPS内蔵のVHF通信モデム内蔵の地上の観測機器や農耕器具等に設置

③Swarm Technologies Agri-Image & Device & Network

1.8. 衛星データ活用トピック ～ 船や航空機等が使用する電波を観測 ～

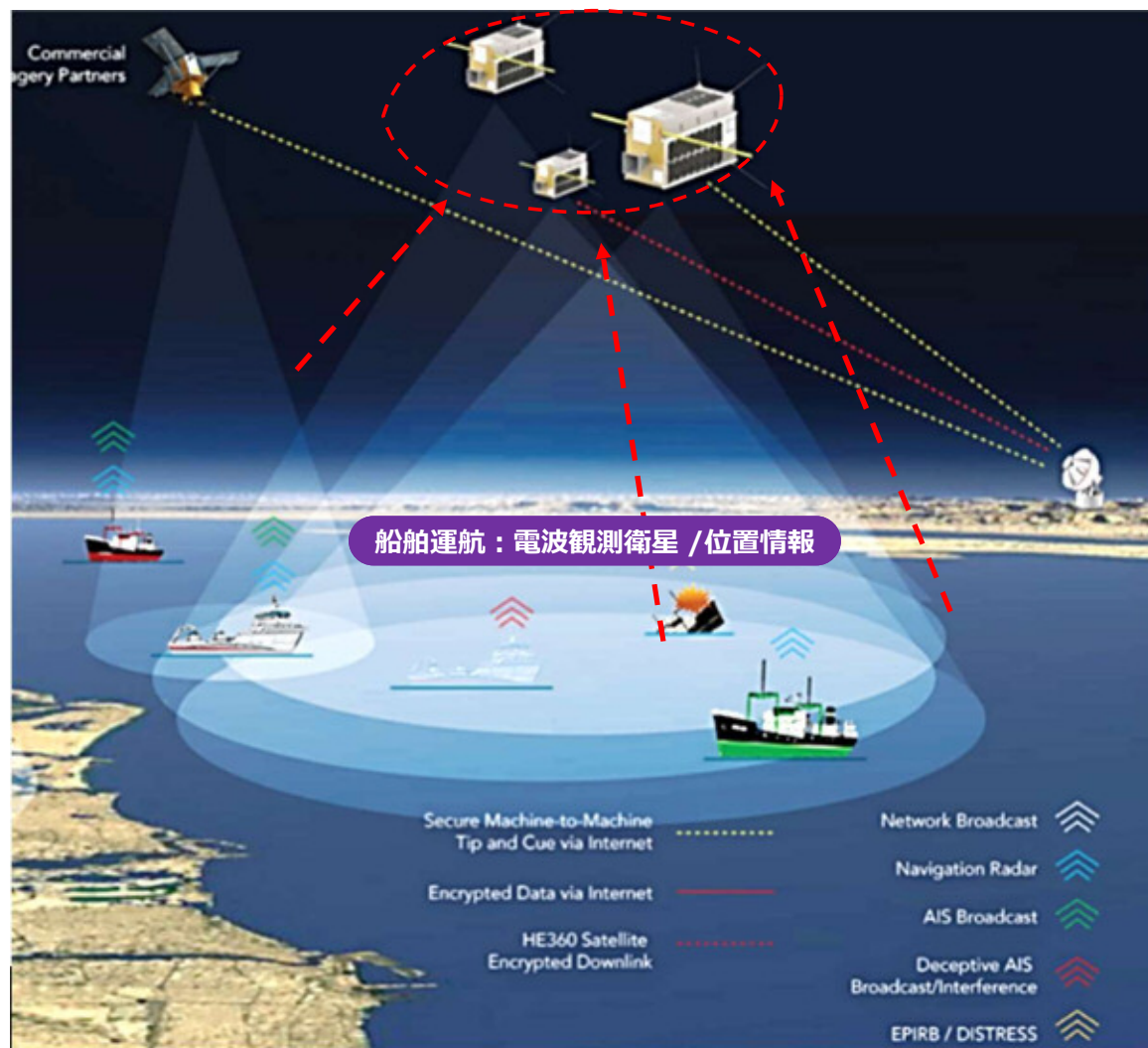
・小型衛星(超小型衛星)データ事業者の(株)衛星ネットワークは、現在130基程の小型衛星コンステレーションによって観測された衛星データを提供

・衛星データサービスの船舶検出では、**Hawkeye360の電波観測衛星3基**を1組として、**電波の発信位置を特定**
電波密度を測定し、対象エリアの変化を観測すること等ができる

『衛星3基で1組のイメージ』
クラスターや編隊(フォーメーション)と呼ばれる



【出展元】<https://www.pasco.jp/>



1.9. 衛星データ活用トピック ～災害支援～

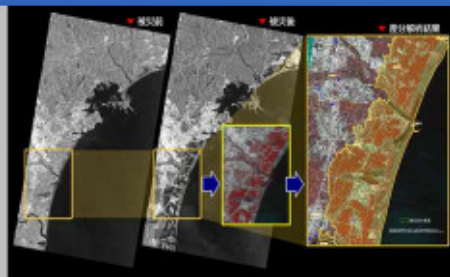
光学活用事例

SAR活用事例

災害時の状況把握や救助、復興支援を目的として、災害撮影を実施しています。

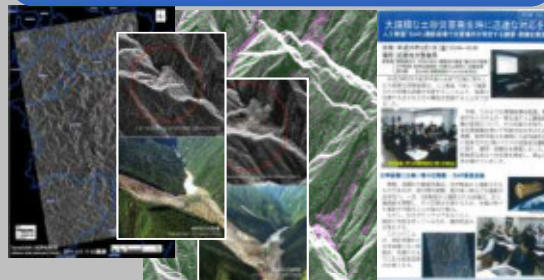
2011年3月 東日本大震災

津波浸水範囲：SAR 2時期カラー合成



2011年9月 紀伊山地大水害

大規模崩壊：SAR 単画像判読



2015年9月 関東・東北豪雨

河川氾濫：光学 浸水域抽出



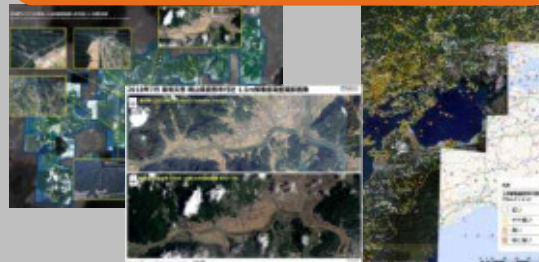
2018年1月 草津白根山火山活動

火孔確認：SAR 画像判読



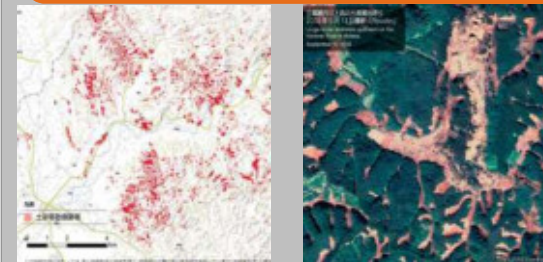
2018年7月 西日本豪雨

土砂災害：光学 画像判読/自動判読



2018年9月 北海道胆振東部地震

土砂災害：光学 画像判読/自動判読



※本資料中の光学衛星画像はSPOT6&7衛星による © Airbus DS/Spot Image 2017 SAR画像はTerraSAR-Xによる © 2019 DLR, Distribution Airbus DS / Infoterra GmbH, Sub-Distribution [PASCO]

1.10. 衛星データ活用トピック ~災害支援~

光学活用事例

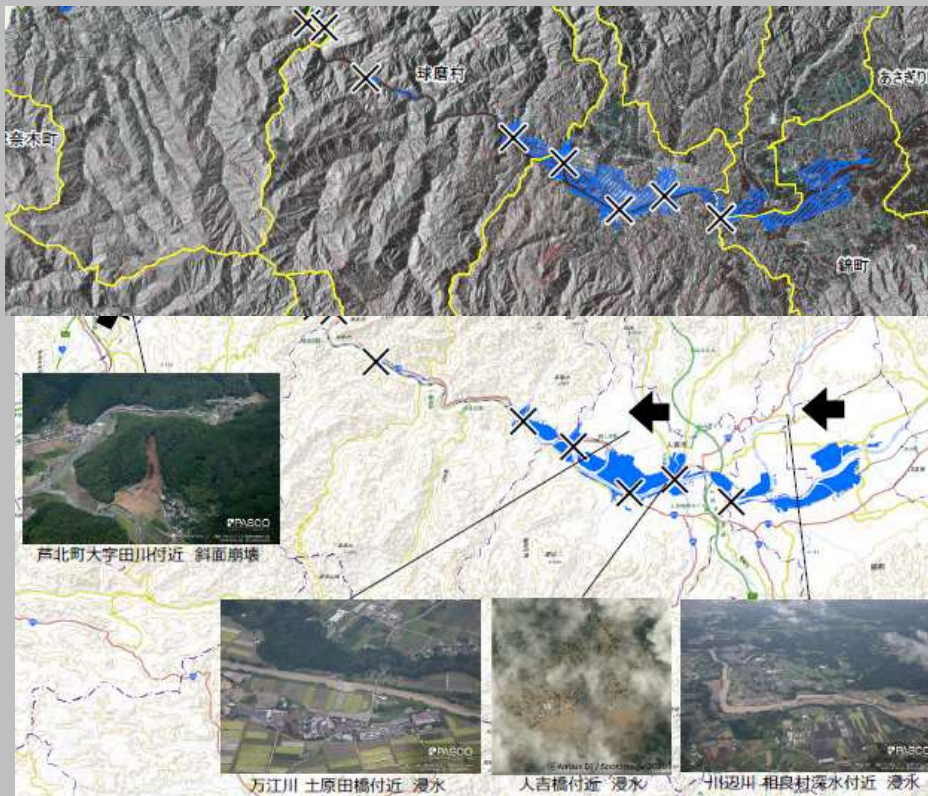
SAR活用事例

近年の災害撮影

2020年7月 熊本県球磨川周辺豪雨

河川氾濫：SAR 画像判読

ALOS-2解析



2021年2月 福島県沖地震（二本松市エビスサーキット）

土砂災害：光学 画像判読/自動判読

SPOT判読



1.11. 衛星データ活用トピック ～災害支援～

光学活用事例

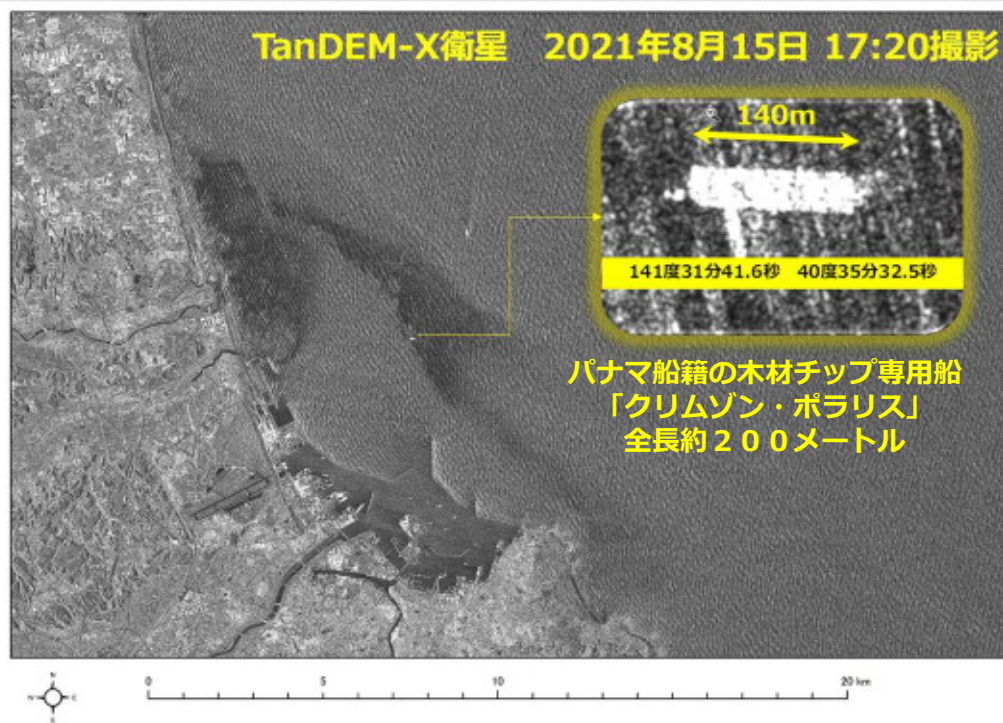
SAR活用事例

近年の災害撮影

2021年8月 八戸沖 貨物船座礁によるオイル漏れ事故

オイル流出範囲：SAR 画像判読

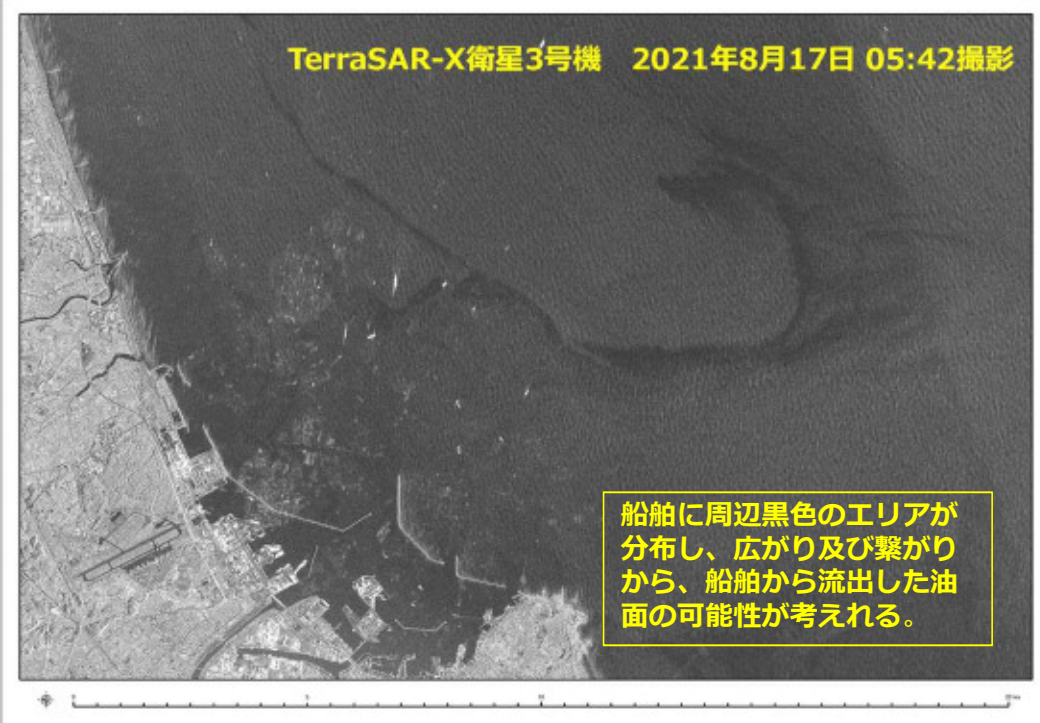
TanDEM-X解析



2021年8月 八戸沖 貨物船座礁によるオイル漏れ事故

オイル流出範囲：SAR 画像判読

TerraSAR-X解析



1.12. 衛星データ活用トピック ~災害支援~

光学活用事例

SAR活用事例

近年の災害撮影

2022年8月 新潟県村上市 大雨災害による土砂崩壊

土砂災害：光学 画像判読/自動判読

SPOT判読



2022年7月 宮崎県登米市 大雨による農地等冠水

浸水被害：光学 画像判読

Pléiades Neo判読



1. 衛星データ活用のトピック
2. 人工衛星の概要（種類、センサー）
3. 地球観測衛星（光学、SAR）のセンサーの特徴
4. 衛星事業／サービスについて
5. 先進光学衛星（だいち3号/ALOS-3）について

人工衛星の種類や地球からの高度、小型衛星などを含む基本情報を紹介します。

2.1. 人工衛星における地球観測衛星

衛星には多くの種類がありますが、地上500km程度の上空から地球を精細に観測する衛星を「地球観測衛星」と言います。

地球観測



ALOS-1



ALOS-2



WorldView-3



SPOT6&7




TerraSAR-X

光学とレーダーの2種類が存在


JAXAやAribus DSのHPより引用
<http://www.jaxa.jp/history/detail.html#category-3>
<https://www.intelligence-airbusds.com/optical-and-radar-data/#radar-constellation>

気象




気象衛星 ひまわり8号

通信・放送




超高速インターネット衛星 きずな

測位



準天頂衛星 みちびき

その他



惑星探査衛星 はやぶさ2

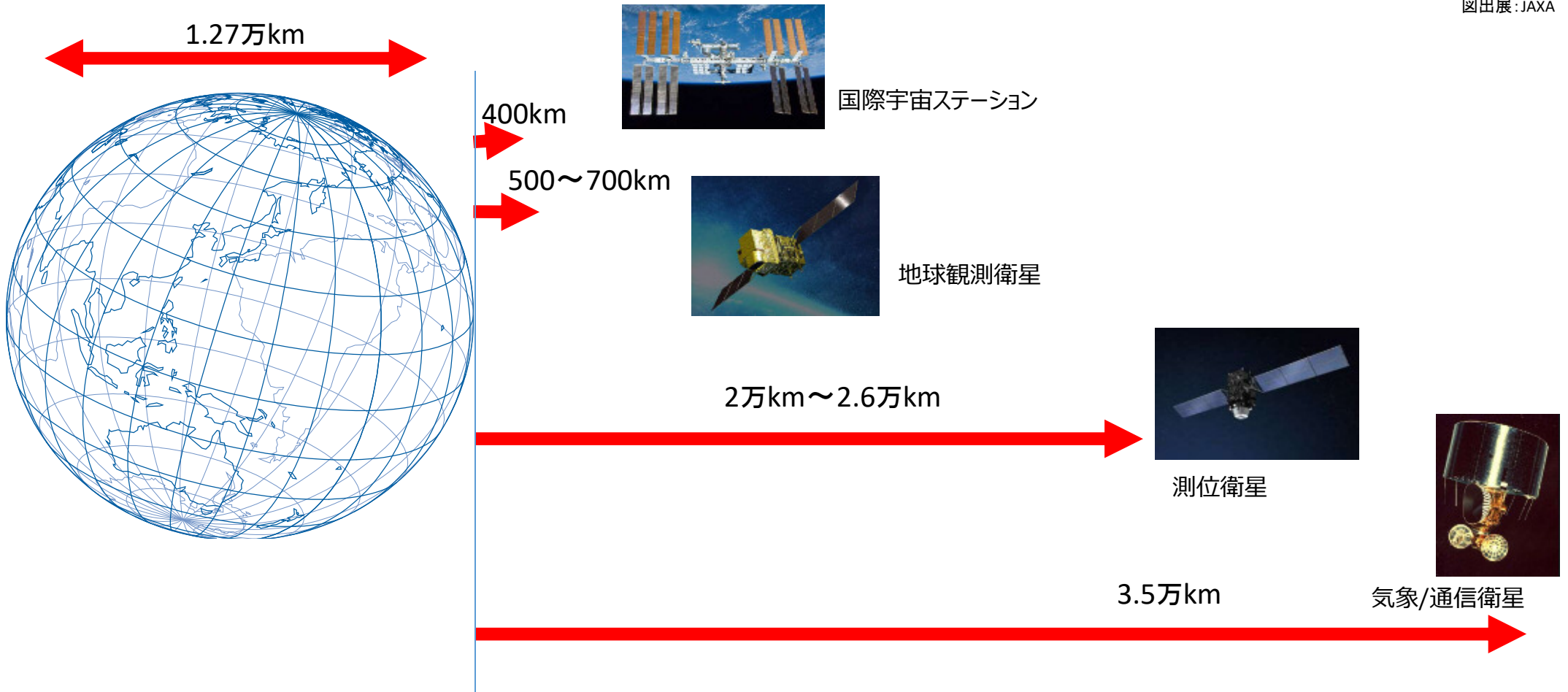
気象衛星 ひまわり8号画像は三菱電機、気象庁の著作 以下より引用
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/society/space/satellite/observation/himawari8-9.html>

2.2. 人工衛星の種類（一覧表）

	通信衛星	静止衛星として、地球の自転にあわせて移動し、電波による通信を中継する目的に利用されている人工衛星
	気象衛星	静止衛星として、地球の自転にあわせて移動し、雲、地表温度、海面温度を高頻度で撮影して、気象把握や予測に利用されている人工衛星
	測位衛星	米国のGPSや日本のみちびきなどが代表的な衛星で、地球上に配置した衛星の起動と時刻を地上で受信することで位置測定を目的とした人工衛星
その他	惑星探査衛星	日本のはやぶさが火星探査したように他の惑星を探査することを目的とした人工衛星
	電波監視衛星	航空機や船舶の無線機器等が発する電波を利用した位置特定で、航空管制や船舶運航管理等に利用
	熱赤外衛星	温度感知センサによるミサイル発射検知、森林火災検知、工場地域の稼働状況等の把握(開発中)を目的とした人工衛星
観測衛星	光学衛星	太陽光からの地物の反射波を可視光線域から近赤外線域までの範囲で、光学センサを利用した観測データにより地球観測を目的とした人工衛星
	レーダー衛星 (SAR衛星)	地上にマイクロ波を照射し、地物にぶつかって反射された電磁波を分析することで、地球観測を目的とした人工衛星

2.3. 人工衛星の高度

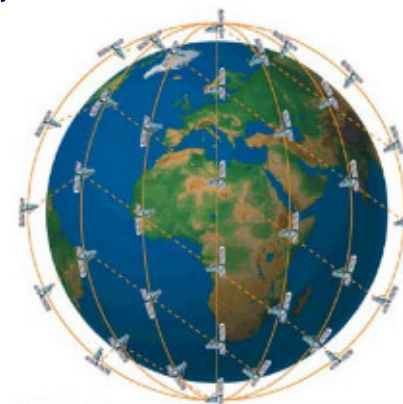
図出展: JAXA



2.4. 小型衛星コンステレーション

近年の衛星関連トレンドとしては、自前で小型衛星を打ち上げている会社が出てきております。例えば日本でも、キャノンや川崎重工のような、衛星本体を製作したり部品を販売したりしている企業やSynspectiveやアクセルスペース、QPS研究所などのベンチャーがあります。地球観測や通信も含めて、低軌道で複数の衛星を連携させることで**網羅性・時間分解能を上げる**特徴があります。

図出展：電磁波問題市民研究会



種類		日本のベンチャの状況
地球観測 (光学)	米国Planet社(120基)、米国Blacksky(14基以後計画)がすでにサービスを提供しており、撮影範囲は狭く、地上分解能も1~3m程であるが時間分解能を上げることで特徴を出している	日本では、アクセルスペース社が同様なサービスを企画している
地球観測 (SAR)	フィンランドのICEYE社では、 21基 のSAR衛星を打ち上げて、サービスを開始している。今後、更に打ち上げを計画している。	日本では、Synspective社やQPS研究所が同様なサービスを企画している
通信	米国ボーイング社は、インターネット衛星として147基を、米国SpaceX社は、1500基のStarlink衛星の打ち上げ計画を進めている	日本ではまだだが、海外ではベンチャーも出始めている

2.5. 小型衛星コンステレーション

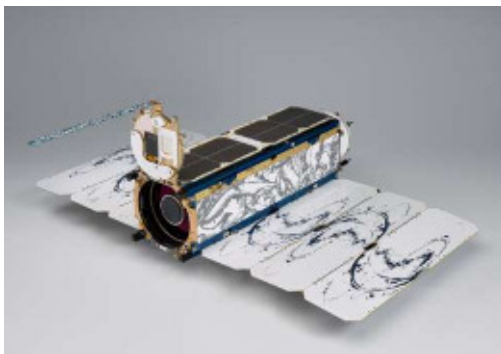
小型衛星大型衛星の大きさや撮影データの解像度違いは、以下のとおりです。

小型衛星の例 (Planet/Dove)

重量 : 5 kg/台

寸法 : 10cm×10cm×30cm/台

撮影画像解像度 : 3.7m



- ・解像度悪い
- ・位置精度悪い
- ・数が多い
- ・撮影頻度→多い
- ・管制制御なし
- ・寿命2~3年程度
- ・デブリの発生大

大型衛星の例 (World View3)

重量 : 2,800kg/台

寸法 : 5.7m×2.5m×7.1m/台

撮影画像解像度 : 0.3m



- ・解像度良い
- ・位置精度良い
- ・数が少ない
- ・撮影頻度→普通
- ・管制制御あり
- ・寿命7~10年
- ・デブリの発生小

画像出展(財)リモートセンシング技術センターHP

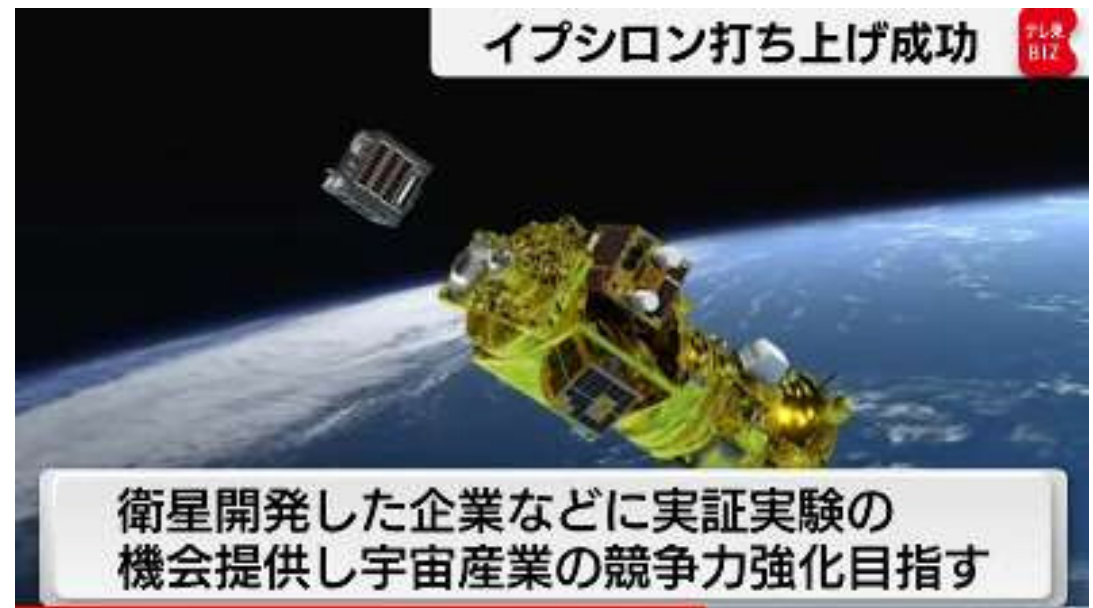
2.6. 小型衛星コンステレーション

近年の小型衛星であれば、1つのロケットに複数の衛星を搭載して、打ち上げることが可能です。



スターリンクの打上げ・60基の衛星放出

出展: <https://switch-news.com/science/post-32997/>



JAXAイプシロンロケットでの9つの小型衛星打上げ

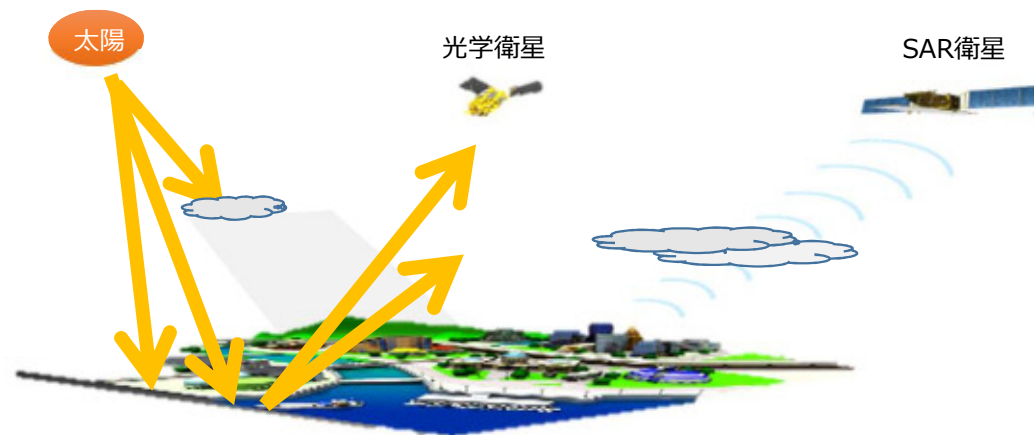
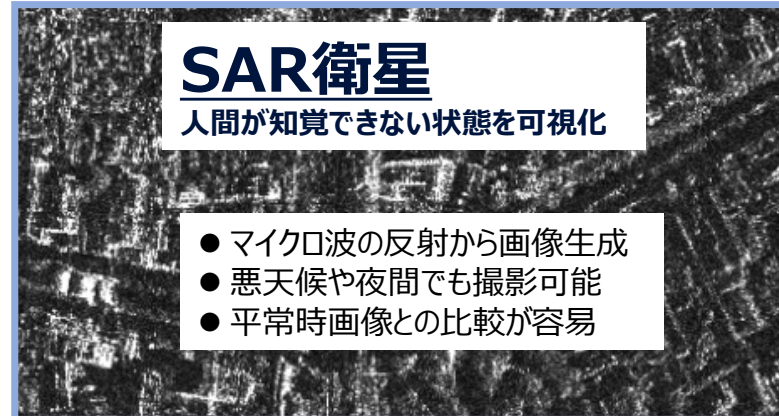
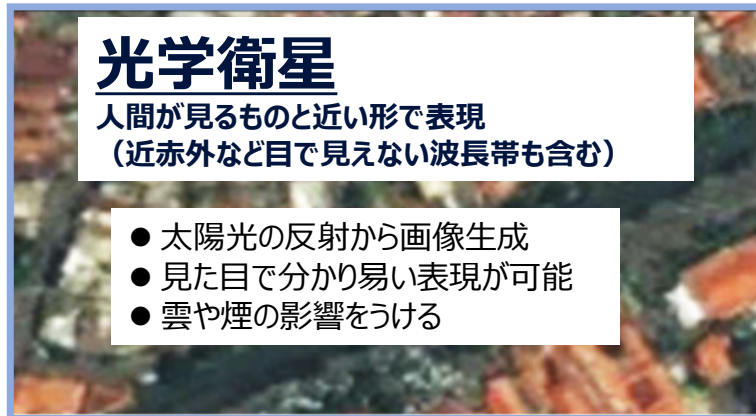
出展: <https://www.youtube.com/watch?v=uoEcl9-p5GI>

1. 衛星データ活用のトピック
2. 人工衛星の概要（種類、センサー）
3. **地球観測衛星（光学、SAR）のセンサーの特徴**
4. 衛星事業／サービスについて
5. 先進光学衛星（だいち3号/ALOS-3）について

光学衛星とSAR衛星のセンサーの特徴について紹介します。

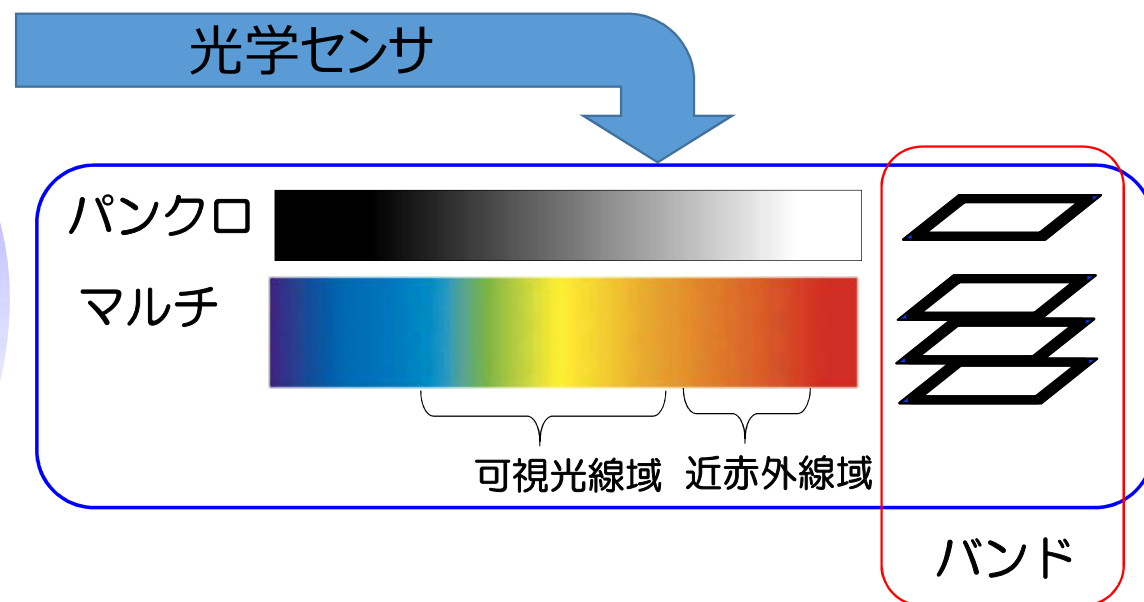
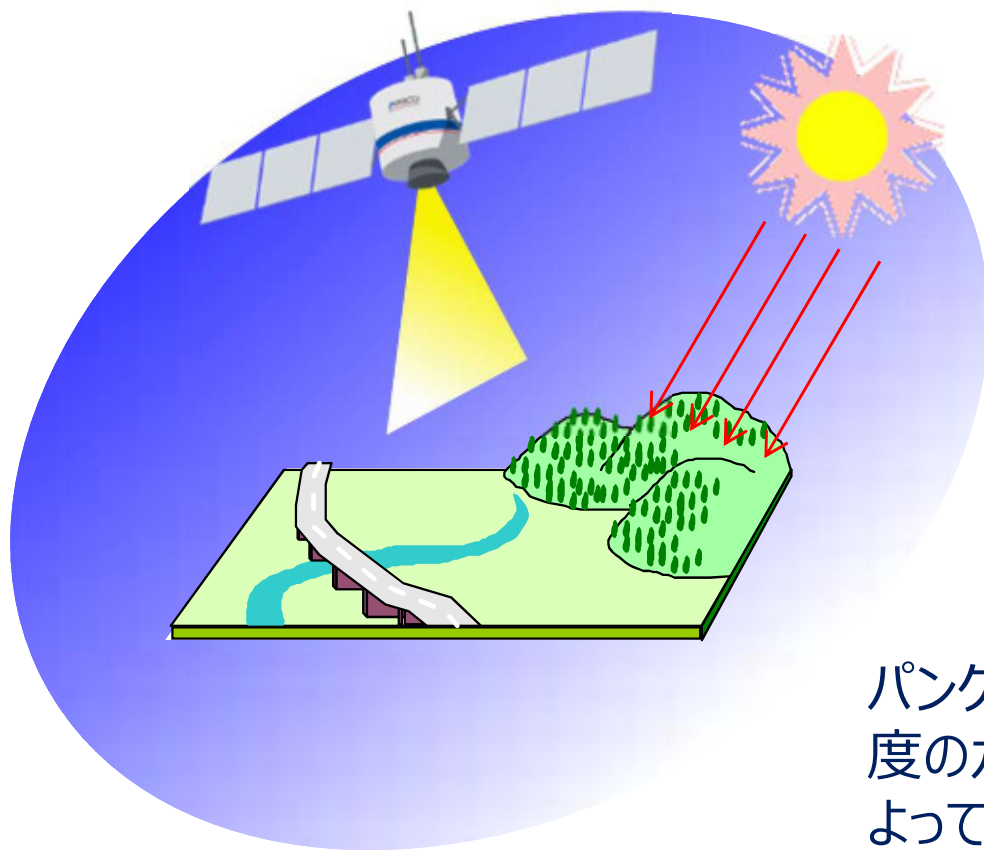
3.1. 光学衛星とSAR衛星

地球観測衛星（通称リモセン衛星）には、光学衛星とSAR衛星の2種類に大別されます。



3.2. 光学衛星の特徴

衛星ごとに主たる目的にあわせて、データ観測の解像度や観測する波長帯が異なります。これらの性能や特徴によって、提供されるデータが異なります。



パングロとマルチバンドを利用してパンシャープという高解像度のカラー画像を作成したり、マルチバンド間の演算処理によって植物の活性度を表現するなどが行えます。

3.3. SAR衛星の特徴（マイクロ波の種類）

観測対象や用途によりSAR衛星（マイクロ波の波長）を使い分けます。

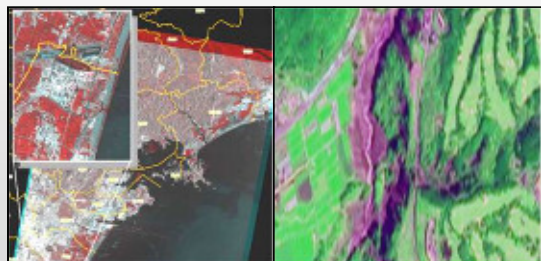


Xバンド	波長約 3 cm	<ul style="list-style-type: none">• 欧州が開発が進みTerraSAR-Xに搭載• 波長が短く地表面の観測をきめ細かくデータ取得することに向いている
Cバンド	波長約 6 cm	<ul style="list-style-type: none">• カナダが流氷観測等を目的に開発先行させてきたRADARSAT-2などに搭載。• XバンドとLバンドの中間的な特徴をもって、両方の良いところの活用が期待される。
Lバンド	波長約 24cm	<ul style="list-style-type: none">• 日本が注力して開発を進め、ALOS-2に搭載• 植生がゆたかな地域の観測に向いており、災害時利用の他、森林資源の把握、資源探査、地盤変動把握など多岐にわたり活用

3.4. 衛星データ利活用分野

防災/国土管理

▶ 大規模災害時の初動概査、継続監視に活用



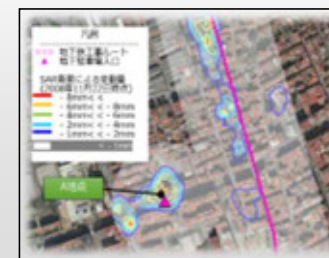
農林水産

▶ 作付状況確認、藻場調査支援、森林管理等



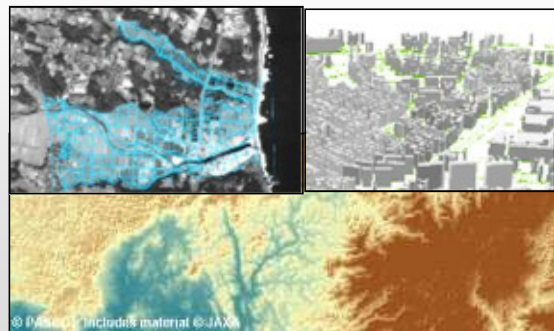
その他

▶ 高付加価値、経済動向予測等



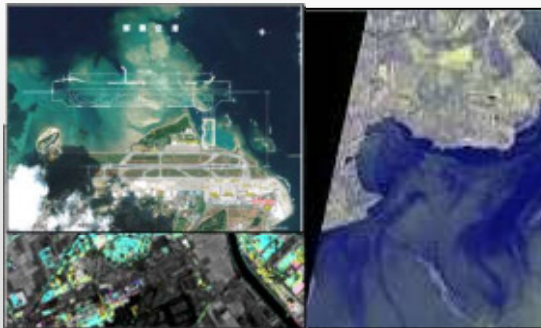
地図作製/DEM

▶ 衛星図化、全球DEM等



施設管理/資源エネルギー

▶ 施設管理、リアメント解析、油濁把握等



SDGs/ESG



3.5. 衛星画像の特徴

1. 一度に広域撮影が可能

光学1.5m解像度(SPOT6/7)で60km幅、
SAR衛星3.5m解像度(だいち2号 = ALOS-2)で50km幅。

2. 定期観測を行い易い

常に地球を周回してるので定期的な撮影を行い易い。

3. アーカイブの活用が可能

他者が撮影した過去画像(アーカイブ)が蓄積されてます。
過去に遡っての地盤変動解析等が可能です。

4. 飛行制限なし

離島や国外、飛行場上空、火山、原発地域等でも制限が無い。

3.6. 衛星画像の留意点

1. 何時でも撮影できるわけではない

光学は10~11時、国内のSAR衛星は0時と12時のように時間固定。
注文が込み合っていて撮影までに期間を要するケースがある。

2. 天候により撮影困難（光学）

航空撮影同様に悪天候の際は地表が写らない。

3. 撮影角度によっては精度が悪い（SAR）

SAR衛星は原理上宇宙から地表へ角度をつけて観測し精度を維持するが、
急峻な地形等では観測精度が保たれない場合も想定される

4. 相対値であり絶対値ではない（SAR）

変動観測は2時期の相対変位であり、絶対値(XYZ)はでない。

1. 衛星データ活用のトピック
2. 人工衛星の概要（種類、センサー）
3. 地球観測衛星（光学、SAR）のセンサーの特徴
4. 衛星事業／サービスについて
5. 先進光学衛星（だいち3号/ALOS-3）について

画像販売から衛星データ解析、衛星コントロール運用など、代表的な当社の衛星事業／サービスを紹介します。

4.1 衛星事業/サービスについて

1. 衛星データ提供

- SAR衛星画像
- 光学衛星画像



© 2012 Astrium Services / Infoterra GmbH, Distribution [PASCO]

2. 衛星ソリューション

- 防災/国土保全
- 変化情報
- その他
- 地下工事/地盤沈下監視
- 農地利用



© 2012 Astrium Services / Infoterra GmbH, Distribution [PASCO] © JAXA

人工衛星データの
活用事業

3. 衛星地上局サービス

- 衛星受信局運用/ロケット追尾



4. 衛星運用

- 人工衛星の管制・撮影運用



© NEC

5. 衛星地上システム開発

- 人工衛星の地上システム開発等



人工衛星の
運用関連・
システム開発
事業

衛星データ販売について

① 衛星データ販売

② 衛星ソリューション

人工衛星データの
活用事業

③ 衛星地上局サービス

④ 衛星運用

⑤ 衛星地上システム開発

人工衛星の
運用関連、
システム開発
事業

4.2.1. 衛星データ提供/基本処理データ

国内外の衛星データは、基本的に代理店を通して販売されておりますが、フリーで提供されているものもあります。地球観測衛星としては、大別すると光学衛星とSAR衛星のデータが提供されています。



SAR衛星の例

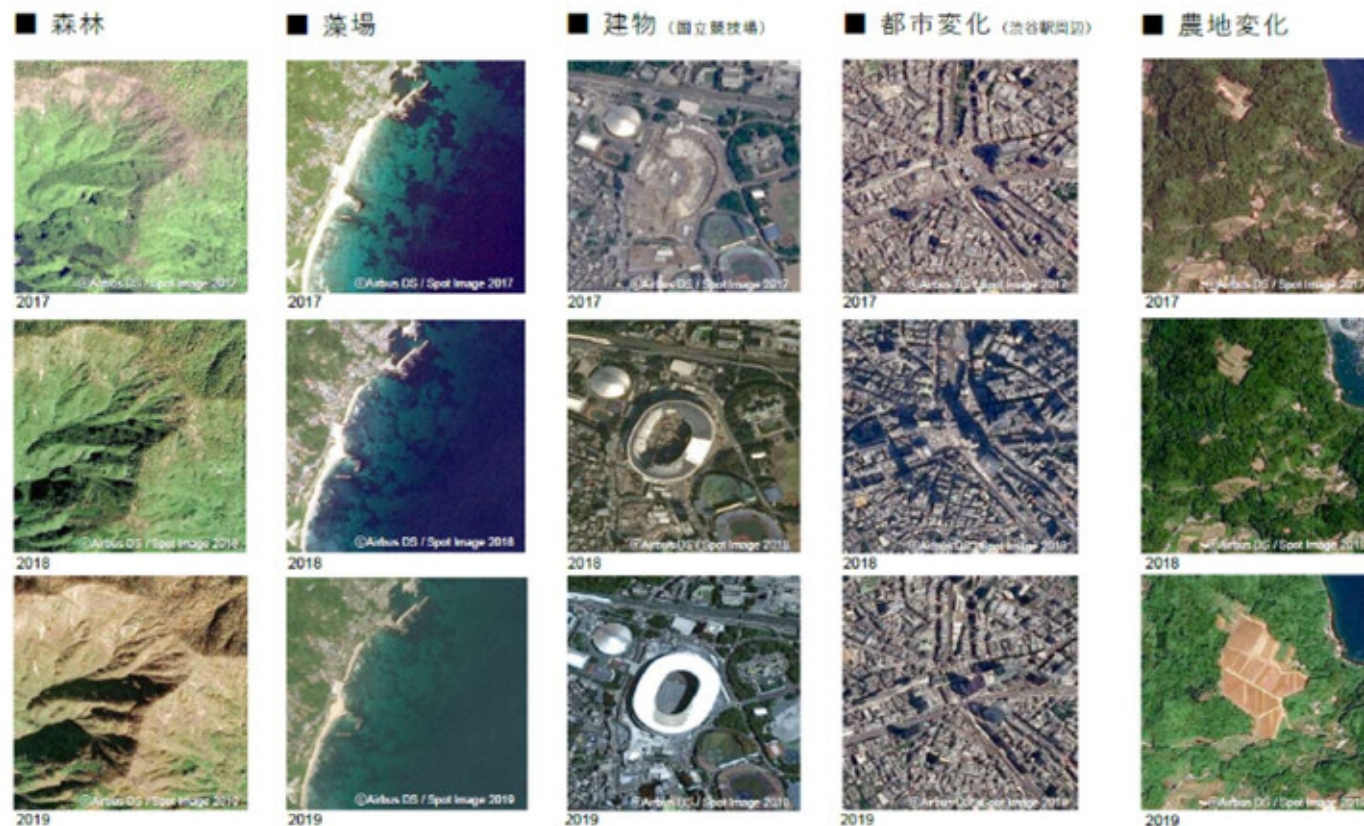


光学衛星の例

4.2.2. 衛星データ提供／高次処理データ

衛星データを分析する場合は、オリジナルデータを利用することが多いですが、背景データやAIの教師や判読に用いるデータとして、オルソ幾何補正処理及び色調補正を行った高次付加価値製品などがあります。

右は当社で販売してる商品の例です。2015年以降、年に1度のペースで更新しており、時系列での変化を確認できると同時にストリーミング配信サービスなどがあります。



衛星ソリューションについて

① 衛星データ販売

② 衛星ソリューション

人工衛星データの
活用事業

③ 衛星地上局サービス

④ 衛星運用

⑤ 衛星地上システム開発

人工衛星の
運用関連、
システム開発
事業

4.3.1. 衛星ソリューション

光学衛星とSAR衛星のそれぞれに特徴を生かし、様々な分野へ解析・分析のコンサルティングを行うと同時に、以下の例のようなソリューションを提供しています。

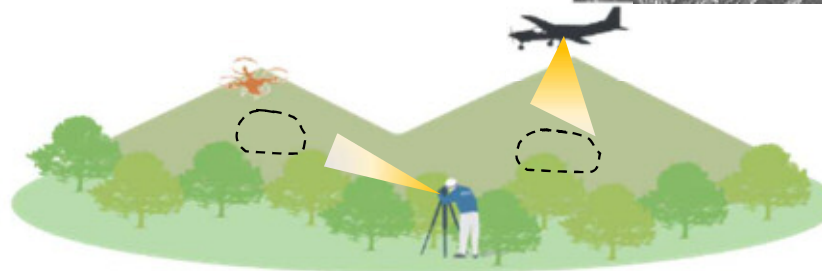
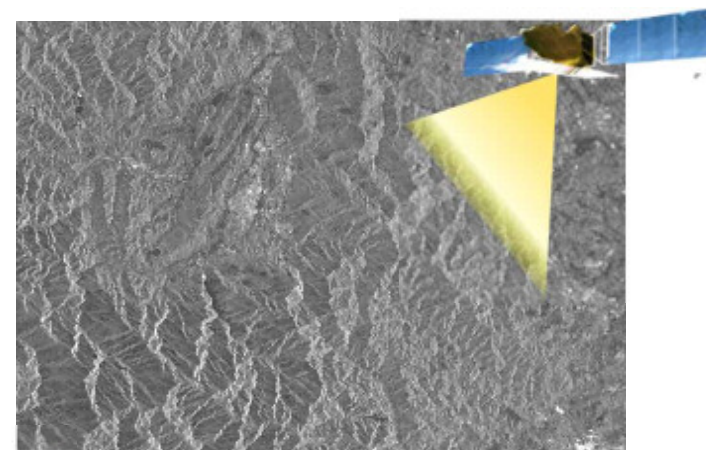
- ① 山間部の地盤変動モニタリング
- ② 地下工事の変動モニタリング
- ③ 農地利用状況調査支援サービス
- ④ 森林変化情報サービス
- ⑤ 家屋異動判読サービス
- ⑥ 海岸浸食モニタリング
- ⑦ 藻場調査
- ⑧ 浸水AI解析（単画像推測）

4.3.2. 衛星ソリューション／①山間部の地盤変動モニタリング

衛星を用いた手法により、土砂災害（地すべり）の兆候となる変化を捉えて、災害の可能性のある箇所を把握します。災害発生前の対策や注力対象の絞り込みに有効です。

有効性

- 効率的な調査計画の立案（調査の優先箇所を決める）
- 全体コストの削減（衛星で抽出した変動の大きい箇所だけを従来の手法で対策する）
- 現地入りが困難な場所の状況確認（アクセス困難な地域や小規模の変動情報を早期に把握する）



4.3.3. 衛星ソリューション／②地下工事の変動モニタリング

SAR衛星を利用して、地下トンネル工事や埋立地の進捗によって、地盤沈下などが起きていないかを変動モニタリングすることで監視できます。その結果により、必要に応じた対策を講じることが可能となります。



スペイン・バルセロナにおける地下鉄工事及び地下駐車場工事の沈下測量の例

観測開始日：平成20(2008)年1月10日(1回目)
解析期間：観測開始日～平成21(2009)年11月22日(26回目)

現地測量点	SAR衛星変動量	
	累積 (2008年1月10日基準 (工事開始時期))	直前期間 (2009年10月20日基準)
A	-9.4	-0.3
B	-9.4	-0.3
C	-11.3	-0.3

単位: mm

※SAR衛星沈下量は、鉛直方向のみの変動と仮定したときの値



4.3.4. 衛星ソリューション／③農地利用状況調査サービス

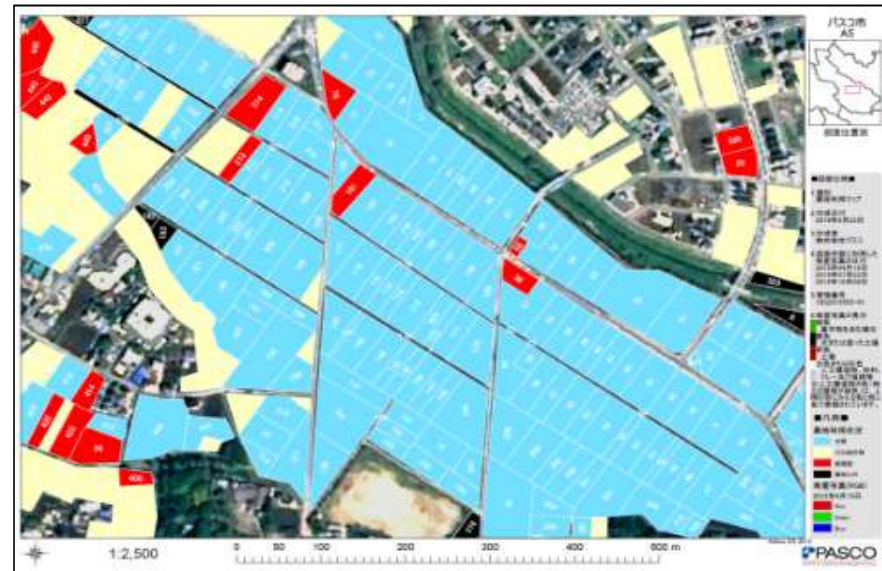
光学衛星の2時期データの解析や判読により、作付状況などから未利用地を抽出し、農地地番図と衛星画像を組み合わせた「農地利用状況調査」の資料作成を支援します。

2時期の衛星画像：葉色マップ



農地利用マップ

区分：水稻、其他作物、要確認（未利用地候補）等



4.3.6. 衛星ソリューション／⑤家屋異動判読サービス

自治体における固定資産業務や都市計画業務において、2 時期の航空写真から建物の変化をAIで自動的に判読するサービスにより、業務中での現地調査や目視確認の負担を大幅に軽減および低価格、短納期の実現を支援しています。



4.3.7. 衛星ソリューション／⑥海岸浸食モニタリング

国土保全の中では、本土や離島における海岸浸食の把握が重要であり、衛星の特徴である広域性、同時性あるデータにて、同じ時期における海岸線や海岸浸食による変化を定期的にモニタリングする。



1.5m分解能 九十九里の事例



50cm分解能 南鳥島の事例

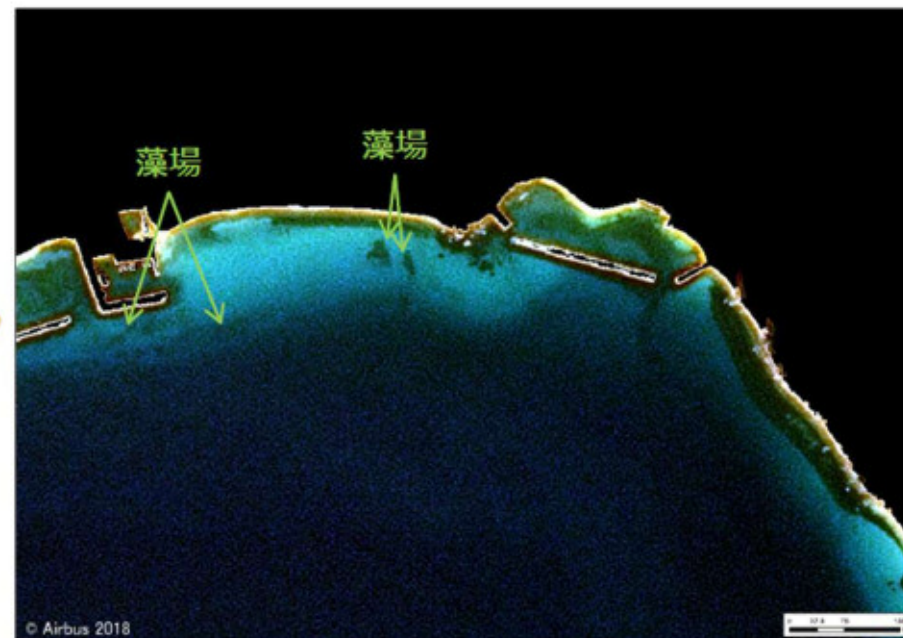
4.3.8. 衛星ソリューション／⑦藻場調査

藻場は、小型の甲殻類が生息しやすく、その甲殻類目当ての小魚や更に大型の魚が集まる等、自然保護の観点で重要な場所であり、その藻場の分布を把握することは、海域における自然環境保全に係る施策の推進等において重要な基礎資料となります。
この藻場の調査を衛星データで行うことができます。

山口県 大島郡 周防大島町 秋 県道4号線沿い海岸 (5月)



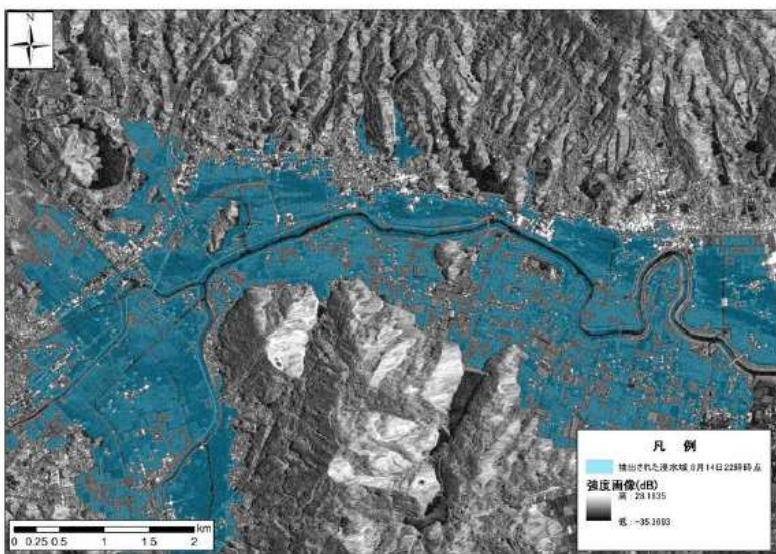
元画像



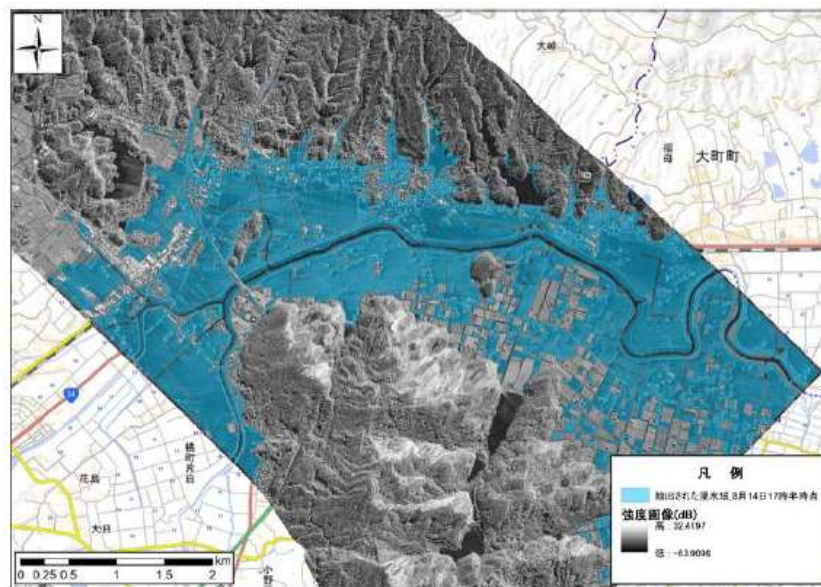
画像処理後 (水柱補正は未実施)

4.3.9. 衛星ソリューション／⑧浸水AI解析（単画像推測）

SAR衛星のデータは、雲を透過するマイクロ波の反射から生成されるため、梅雨などの雨季においても有益ですが、浸水範囲の把握には、平時のデータを用意してその差分解析によって行います。パスコでは、単画像（災害後に撮影された画像1枚）を用いて局所入射角と後方散乱係数を用いて、浸水域を抽出する手法を開発しました。これにより、小型 SAR 衛星など、発災前画像（平常時のアーカイブ画像）がない場合でも、発災後に撮影された画像のみで浸水域を概ね抽出することが可能になりました。



ICEYE画像で抽出された浸水域（令和3年8月の六角川の氾濫）



CapellaSpace画像で抽出された浸水域（令和3年8月の六角川の氾濫）

衛星地上局サービスについて

① 衛星データ販売

② 衛星ソリューション

人工衛星データの
活用事業

③ 衛星地上局サービス

④ 衛星運用

⑤ 衛星地上システム開発

人工衛星の
運用関連、
システム開発
事業

4.4.1. 概要衛星地上局サービス

衛星地上サービスとは、民間企業が保有する衛星地上局と提携している国内外の衛星地上局を衛星ネットワークとして活用できるサービスです。

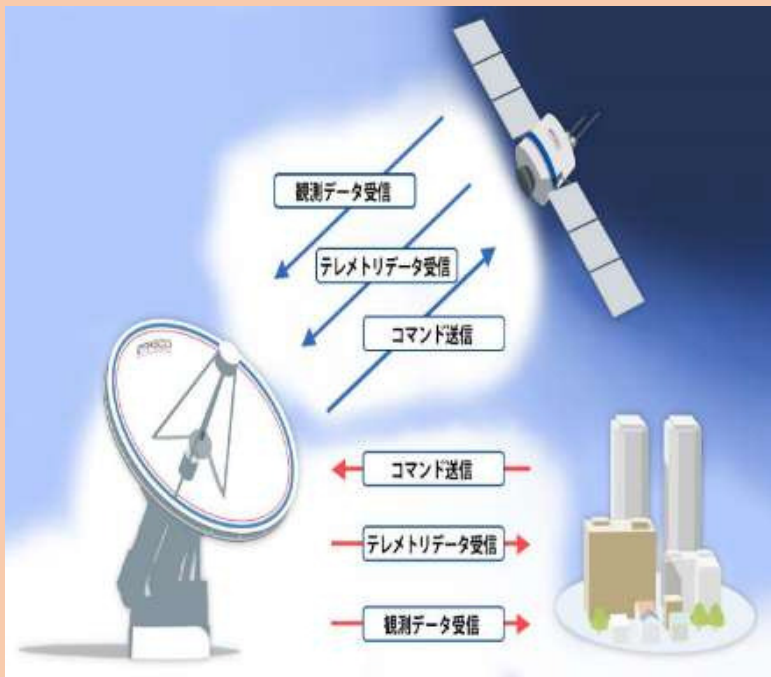
地球観測衛星からのテレメトリ受信、衛星へのコマンド送信と観測データの受信運用を行う地上局ネットワークサービス（レンタルサービス）が提供されます。

民間（当社）でも日本国内はもとより、世界5大陸で衛星の運用や衛星サービスを展開する衛星事業者に向けて、衛星地上局の設備と運用体制を提供しています。



4.4.2. 概要衛星地上局サービス／サービス内容・実績

- ・保有する衛星通信設備と衛星管制やデータ受信、ロケット追尾等の運用
世界の衛星事業者やロケット事業者へ



- ・地上局網の一例として日本全土と極東エリアをカバーしています。
- ・地上局網は、衛星の観測データ受信と衛星管制（TT&C）をサポートするサービスです。
- ・地上局網を利用することにより衛星ネットワークを拡充・強化することができ、顧客への迅速、且つ正確なサービスを可能にします。



例えば、パスコでは、以下の地球観測衛星のデータ受信であったり管制を行っています。

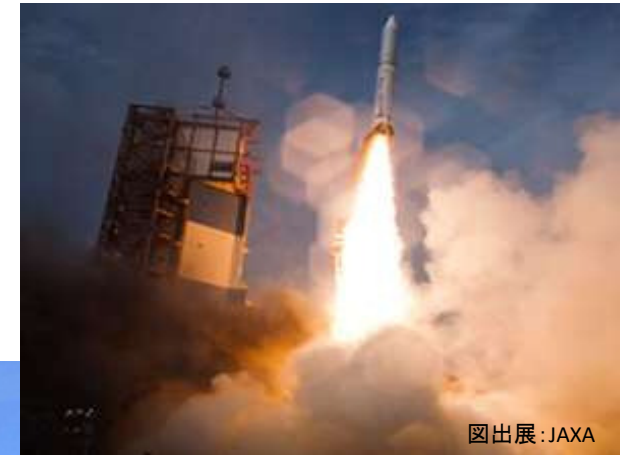
- ・TerraSAR-X & TanDEM-X
- ・Pleiades 1A & Pleiades 1B
- ・SPOT 6 & SPOT 7
- ・ASNARO

4.4.3. ロケット追尾

人工衛星の**地上システム**を用いるとロケットの打上げにおいて、そのロケットの軌道や高度などの追尾業務を行うことができます。

最近では、イプシロンロケット5号機(2021/11)と6号(2022/10)が鹿児島県で打上げられましたが、当社では、JAXAの業務支援として、当社も民間企業として支援しています。

また、民間の打上げ会社（スペースワン）も三重県に射場を建設中であり、こちらもロケットの打上げ軌道などを追尾今まで国主導で行われてきたものが、民間展開されつつあります。



衛星運用について

① 衛星データ販売

② 衛星ソリューション

人工衛星データの
活用事業

③ 衛星地上局サービス

④ 衛星運用

⑤ 衛星地上システム開発

人工衛星の
運用関連、
システム開発
事業

4.5.1. 衛星運用／ASNAROプロジェクト

ASNAROは、経済産業省のプロジェクトにて開発・運用された人工衛星です。現在は、当初目的の実証が終了し、現在、民間運用（パスコ）により運用されています。

パスコでは、自社施設や提携した海外の地上局施設を利用して、人工衛星ASNAROの運用（管制・撮影）を日々（365日）行っています。

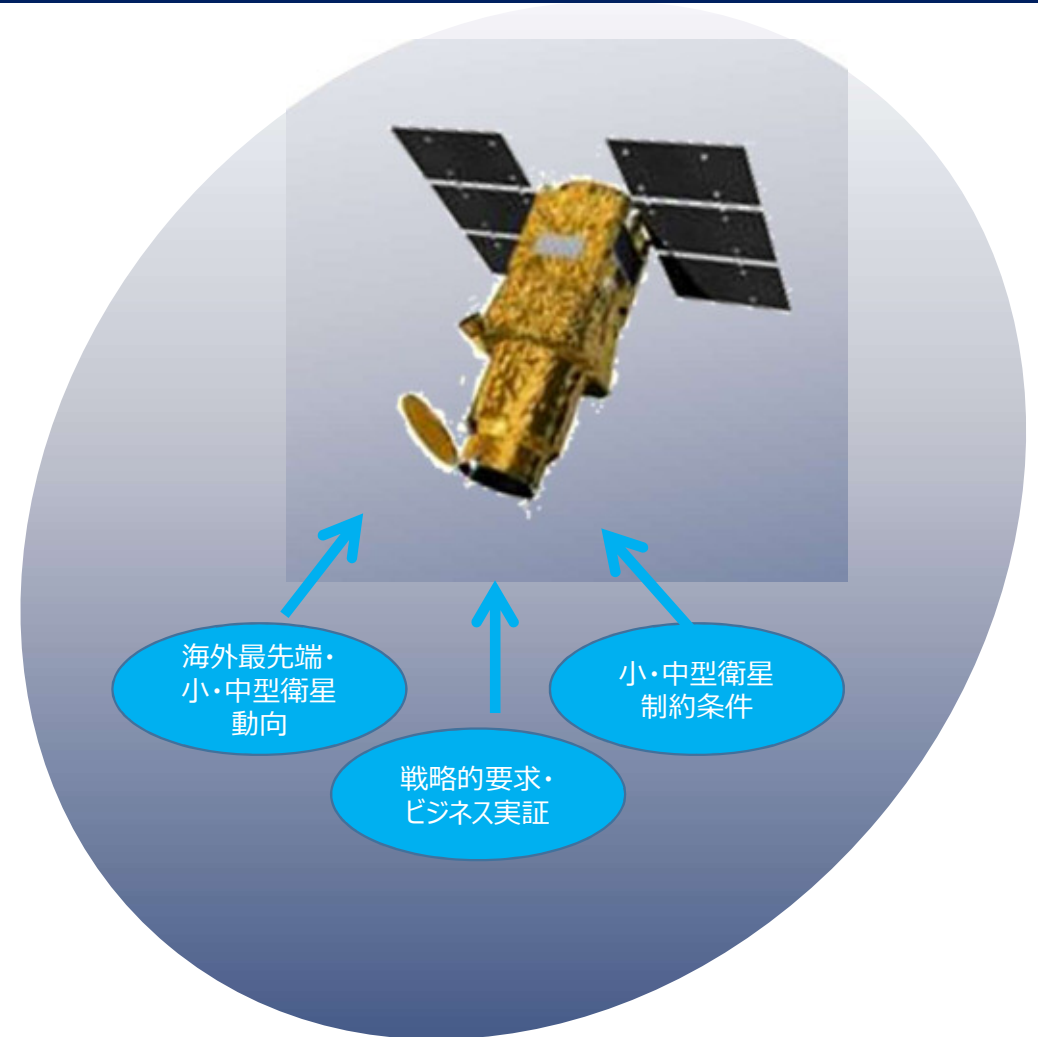
その中では、米国の機関からの宇宙デブリや他の人工衛星の情報を確認して、必要に応じた回避対応などを行っています。



4.5.2. 衛星運用／ASNAROの特徴

ASNAROは、大型衛星と異なり、小・中型規模の人工衛星であり、以下の特徴があります。

- 低コスト・短工期の衛星バス開発を可能とする、新しい開発・製造・運用の手法・仕組みによる衛星開発技術の実現（リカリング時は受注後2年間）
- 応用型を目指しており、衛星構築まで3年間で、サブメーター級の分解能の地球観測衛星の実現



4.5.3. 衛星運用／衛星運用の業務種類

可視運用

- ・第一級陸上特殊無線技士の資格必修
- ・衛星の健全性を確認するためのモニタリング
- ・国内局の地球局（アンテナ）操作、地球局の健全性を確認
- ・バス系のメンテナンス運用等のバス計画を登録
- ・撮像、撮像データ伝送（Xダウンリンク）、データ消去等のミッション計画を登録

バス

- ・衛星のメンテナンス運用のためのバス計画を立案（コマンド作成）
- ・軌道決定の確認
- ・軌道制御の計画を立案

ミッション

- ・顧客、校正撮像用の撮像注文の競合確認
- ・撮像、撮像データ伝送（Xダウンリンク）、撮像データ消去等のミッション計画を立案
- ・Xバンドダウンリンク後の撮像データ処理の確認
- ・撮像データの品質検査（被雲率やデータ欠損等確認）
- ・顧客への納品対応

その他

- ・翌週に利用する運用可視や撮像の調整
- ・海外局の運用可視予約

※可視：地球局（アンテナ）と衛星が信号送受信可能な状態
バス運用：人工衛星としての基本機能の制御・運用（軌道姿勢制御など）
ミッション運用：その衛星がミッションを遂行するにあたって必要な運用

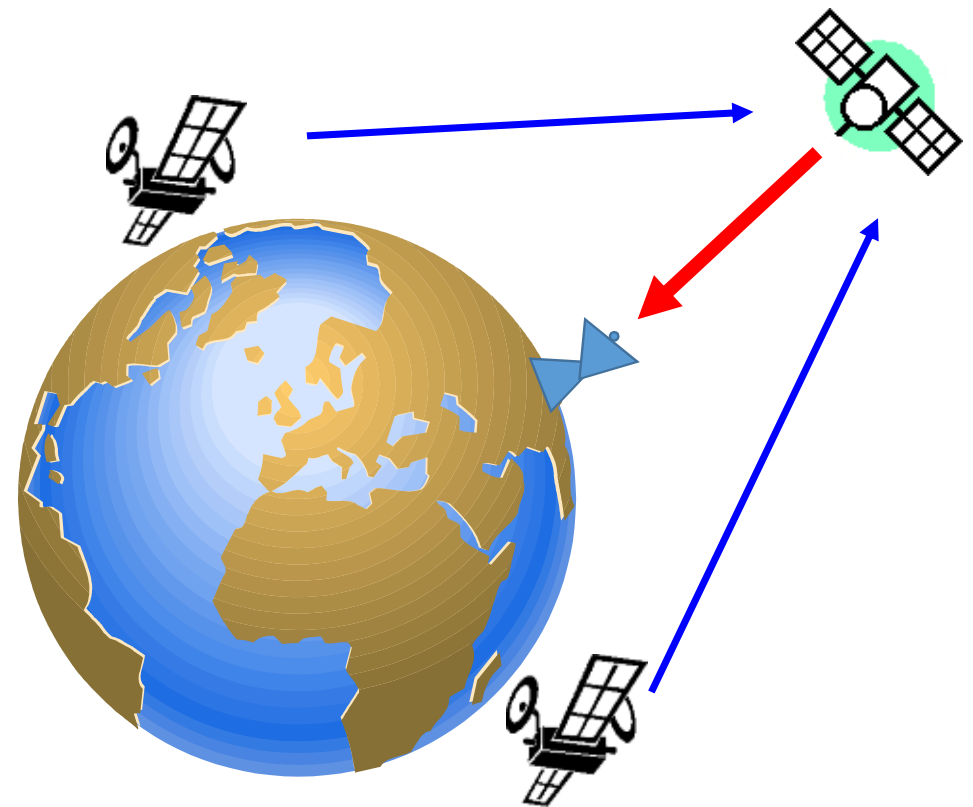
4.5.4.衛星運用／トピック ～光データ中継衛星～

地上局を利用して衛星データと通信を行う運用を進めてきましたが、最新や今後については、光データ中継衛星を用いることで、衛星との通信時間を長く行う方法が進められるようとしています。

日本の上空に光データ中継衛星を静止衛星として置き、その光データ中継衛星に観測衛星からのデータを宇宙空間上で送って、光データ中継衛星からまとめて地上アンテナ（静止衛星用）へデータ送信する。宇宙空間上では、観測衛星が地球の裏側にいる以外は、光データ中継整理との通信機会を長くするメリットがある。

日本では、2020年11月に光データ中継衛星が打ち上げられて、活用を広げようとしています。

【出展元】www.jiji.com/jc/article?k=2021051901091&g=int



衛星地上システム開発について

① 衛星データ販売

② 衛星ソリューション

人工衛星データの
活用事業

③ 衛星地上局サービス

④ 衛星運用

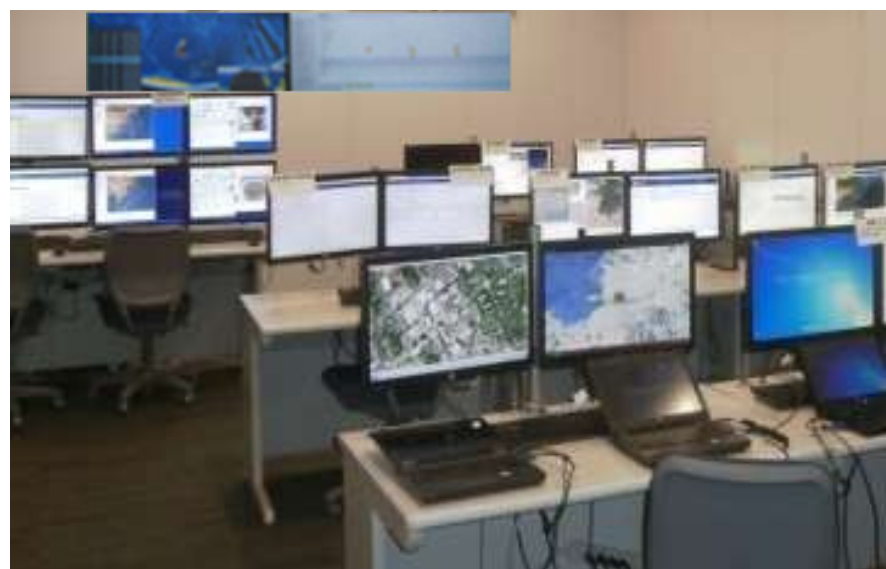
⑤ 衛星地上システム開発

人工衛星の
運用関連、
システム開発
事業

4.6.1. 衛星地上システム開発/概要

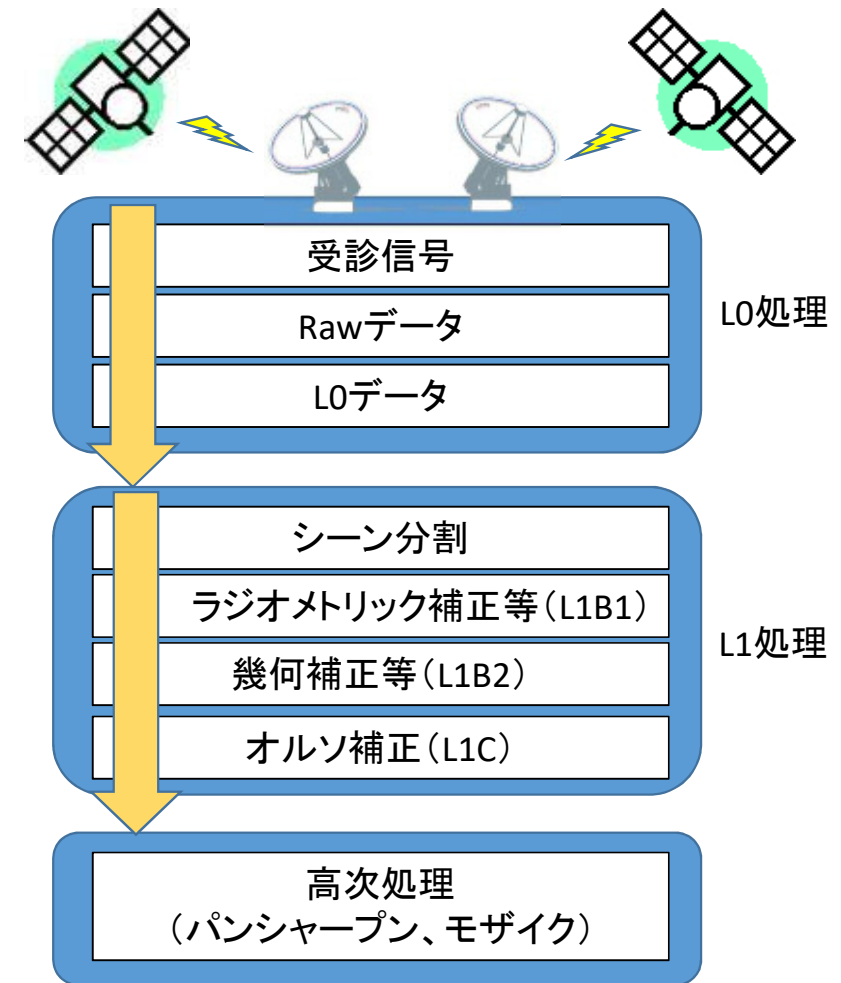
衛星事業としてのシステム開発は、衛星データの提供や検索などアプリケーションシステムの開発から、人工衛星の軌道制御から撮影要求、結果の受信などのコントロールを行う地上システムの開発まであり、現在では民間でも開発するなどしています。

ご紹介した人工衛星ASNAROも当社で開発した地上システムを用いて運用を行っています。



4.6.2 衛星地上システム開発/受信データ処理

地上システムに含めて、画像（光学・SAR）処理に関するシステム開発も民間で行うケースがでています。例えば、先進光学衛星だいち3号では、衛星軌道制御や撮影コントロールのシステム以外に、右図に示すデータ提供する前の受診データの前処理やDEMを用いたオルソ処理したプロダクトや 複数の画像をモザイク処理して結合するプロダクト等を生成するシステム開発も行っています。その他、SAR画像に対してSAR特有の倒れ込みを補正して地図座標との対応をとるプロダクト（オルソ補正プロダクト）を生成したり、光学衛星では、複数の時期に観測した画像から、自動的に晴天のエリアを抜き出し結合することで、雲の無い地表画像プロダクトを生成するシステムの開発も行っています。

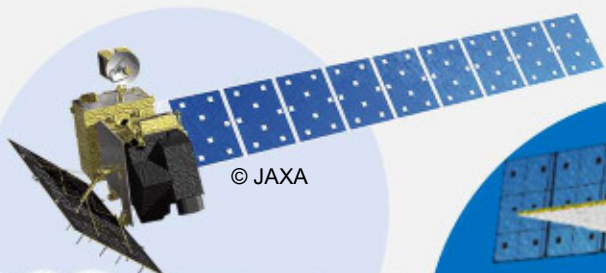


1. 衛星データ活用のトピック
2. 人工衛星の概要（種類、センサー）
3. 地球観測衛星（光学、SAR）のセンサーの特徴
4. 衛星事業／サービスについて
5. **先進光学衛星（だいち3号/ALOS-3）について**

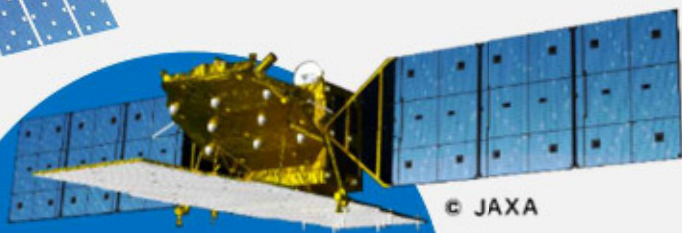
日本唯一の光学衛星である先進光学衛星が打上げられる予定です。この人工衛星だいち3号について紹介いたします。

5.1.1. 先進光学衛星 ALOS-3 (エーロスリー)

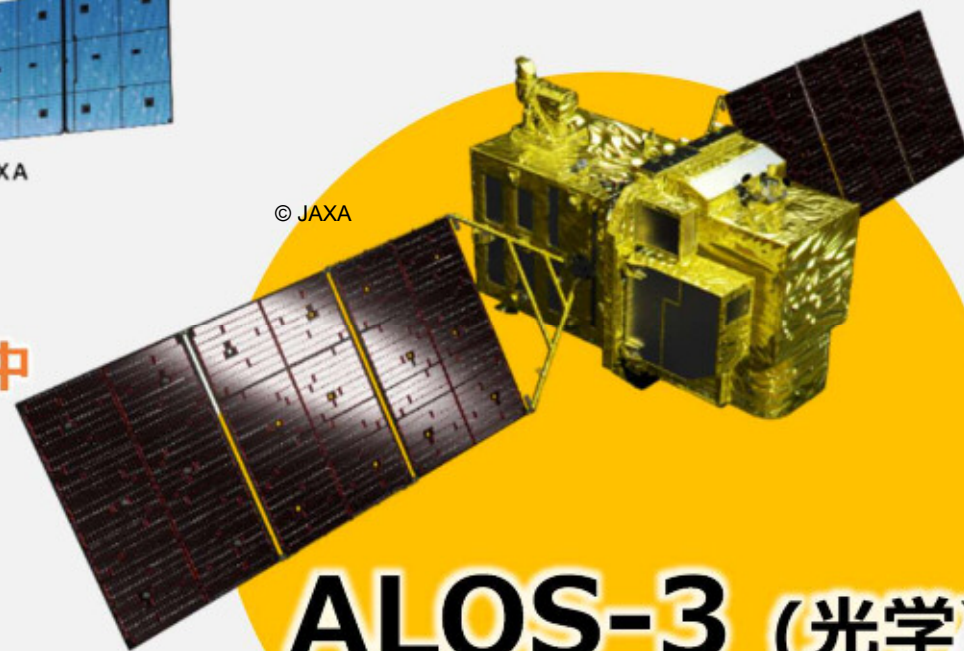
ALOSシリーズ衛星



ALOS (光学・SAR)
2006年～2011年



ALOS-2 (SAR)
2014年～現在も運用中



ALOS-3 (光学)
2022年度中打ち上げ予定

SAR衛星の後継機として
ALOS-4が打ち上げ予定
(2023年度)

5.1.2. H3ロケット初号機によるALOS-3の打上げ

本来ならば、このセミナー前の2月17日にH3ロケットの初号機にて、打上げが成功しているはずでしたが、メインエンジンに点火後に中止指示がだされ、現在、3月10日までに再度、打上げ準備が進められるか調整中です。

ALOS-3は、当初は、HⅡAロケットで打上げられる予定でしたが、政府都合でH3の初号機に変更して打ち上げられることになりました。計画では、2年前に打ち上げられている予定でしたが、メインエンジンのLE9の開発遅れにより2年以上待たされています。



出典:2/17のJAXAの中継映像

5.1.3. ALOS-3 (エアロスリー) / だいち3号のミッション

防災・災害対策を含む
安全・安心な社会への貢献

“地球を見守る「だいち」の目”

地図・地理空間情報
の整備と更新

民間活力を取り込み様々
なユーザニーズに対応

© JAXA

5.1.4. ALOS-3 (エーロスリー) / 先進光学衛星だいち3号



- 2022年度打ち上げ予定の光学衛星
- 70kmの広域を80cmの解像度で観測
- 国内や途上国の高精度な地理空間情報の整備・更新に貢献するほか、多様な観測バンドによる沿岸域や植生域の環境保全への利用・研究など、様々な分野での活用が期待されています。

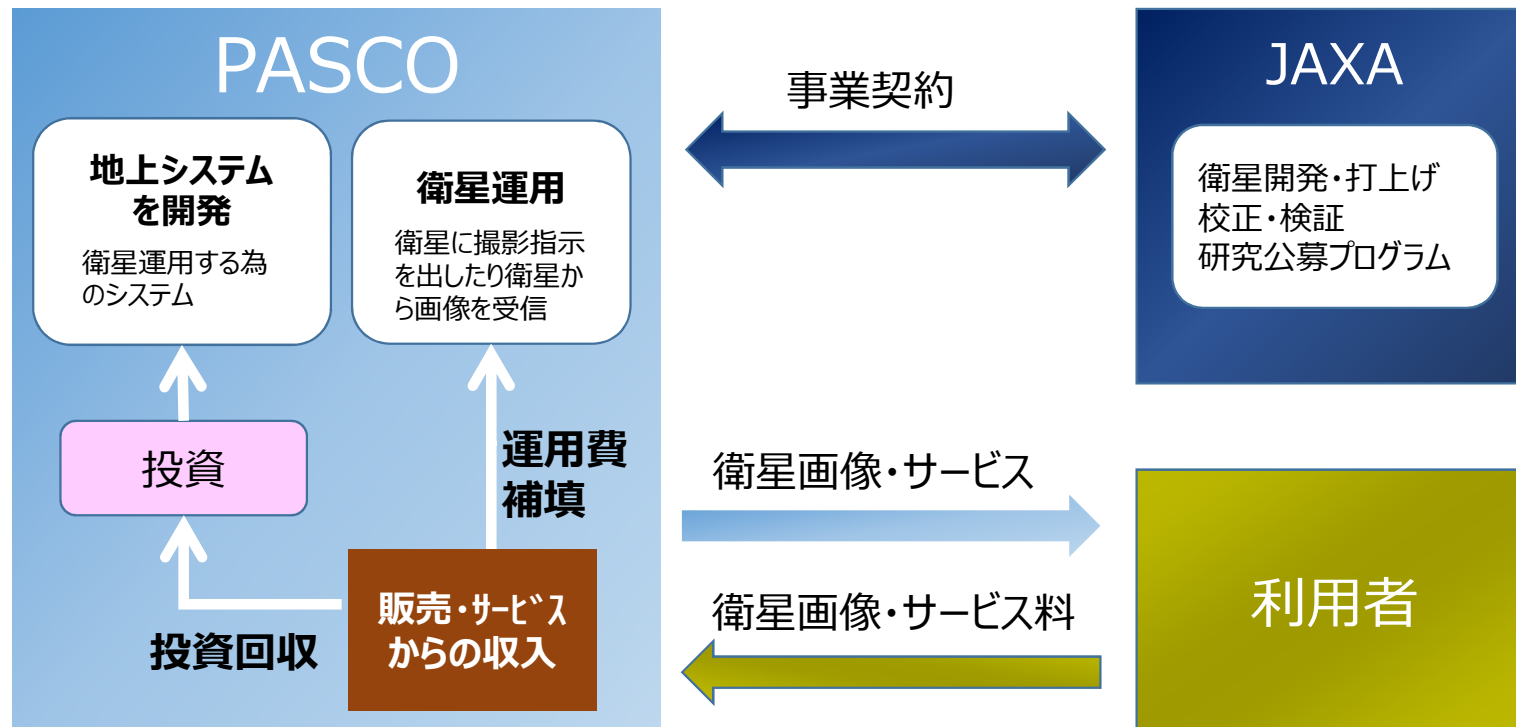
観測仕様

＜パナクロマチックバンド＞	地上分解能：80cm
	観測幅(直下)：70km
＜マルチスペクトルバンド＞	観測波長帯：6バンド
	地上分解能：3.2m
	観測幅：70km

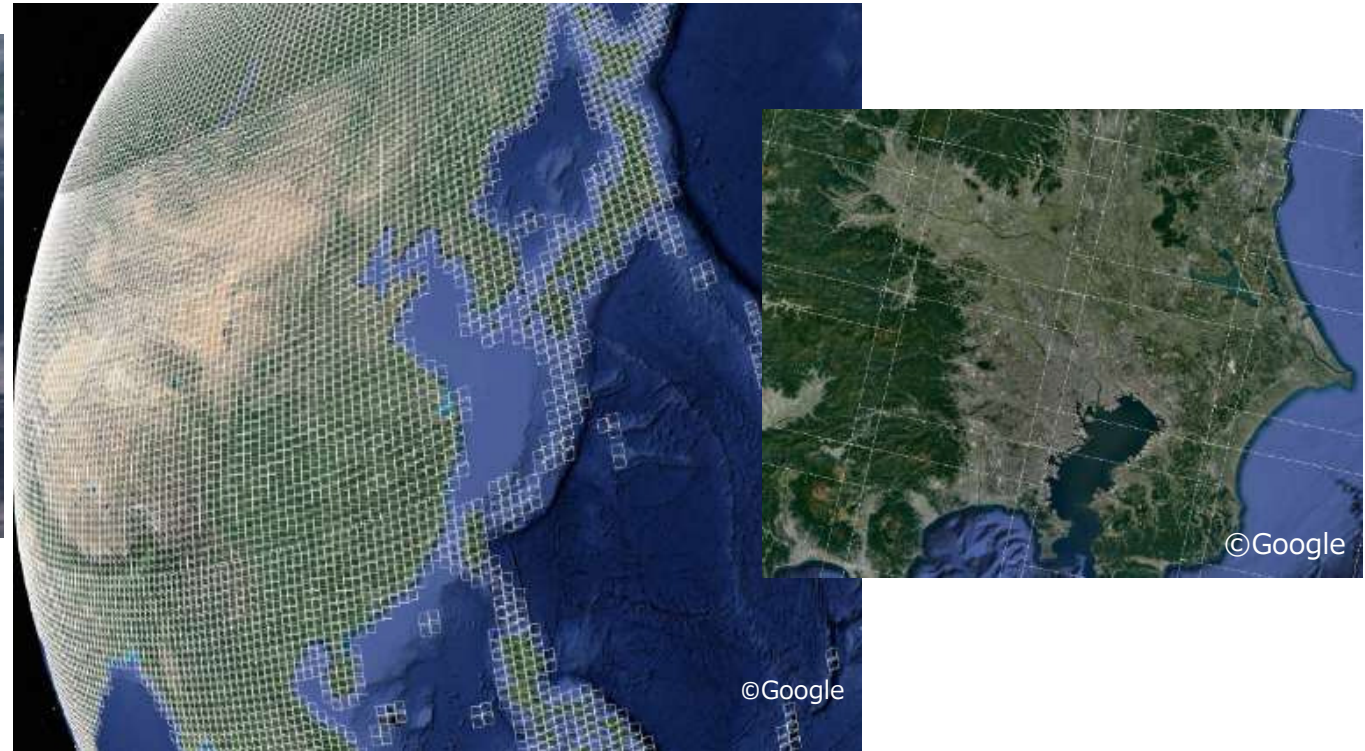
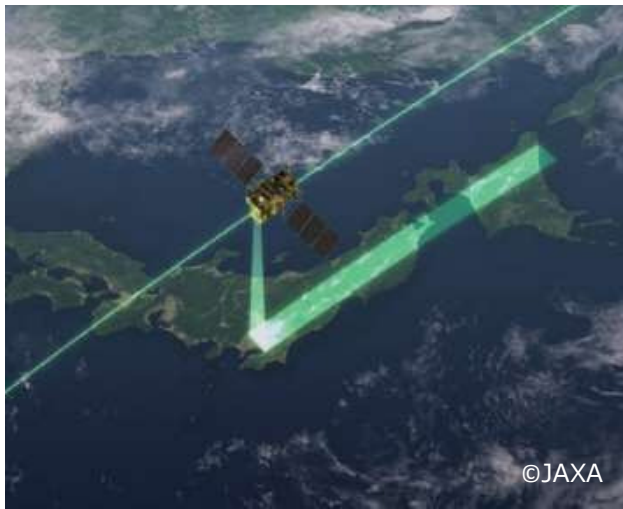
5.2. ALOS-3の事業スキーム

ALOS-3では「衛星データ利用のノウハウを有する民間事業者が自己投資により衛星データ配布と地上システムの開発・運用を実施する」という枠組みが初めて導入されました。

民間事業者として特定されたパスコが自らの投資により地上システムの開発を行い、衛星運用とデータ配布を含めた事業を実施する体制です。



5.3. ALOS-3の特長①：ベースマップとして全世界を観測



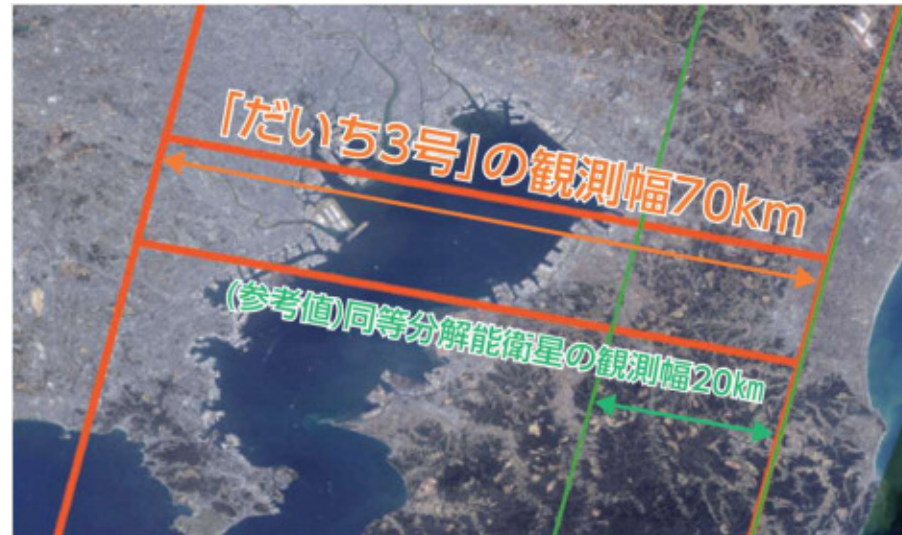
全球の高分解能画像をアーカイブ、日本全国を年間で複数回カバー
モニタリングや変化抽出から解析をより詳細に。

5.4. ALOS-3の特長②：広い視野と直下型の高い分解能

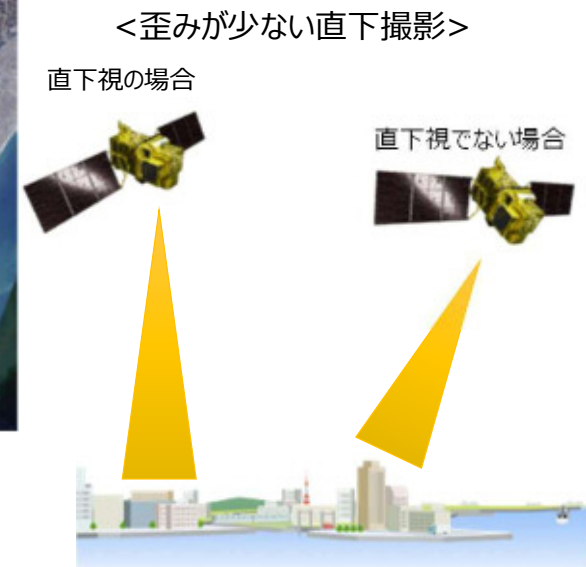
1ピクセルが80cmという衛星としては高い解像度でありながら、1シーンあたり70km×70kmという広範囲の撮影がされ、継ぎ接ぎの無い画像の活用が期待されます。また、直下撮影であるため建物の傾きや地形の歪みが少ない画像となります。



分解能：80cm
(パンシャープンシミュレーション画像)



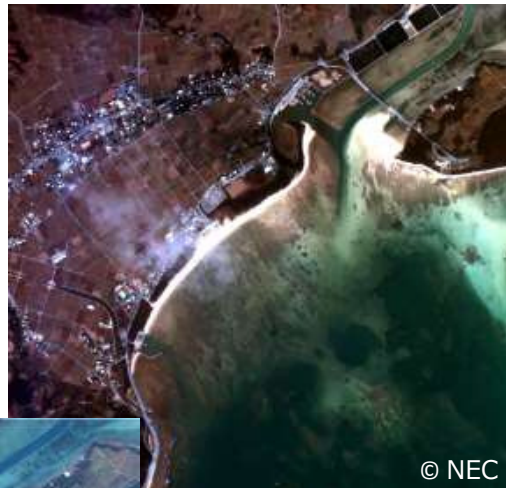
観測幅：70km (直下)
(シミュレーション画像)



5.5 ALOS-3の特長③：解析に有効な多様な波長を保有

水域解析が得意な波長

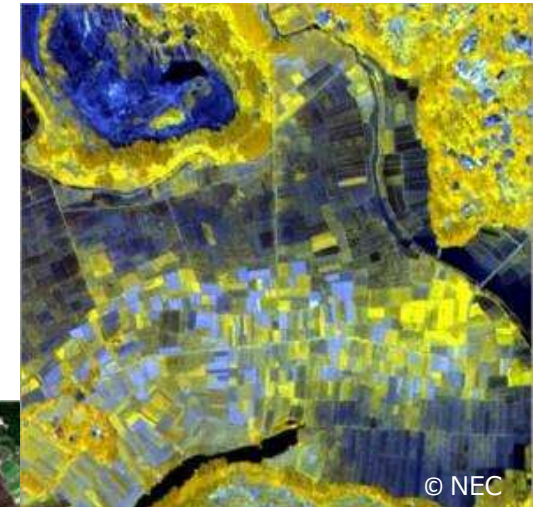
水域解析が得意な波長
を使用した例
※波長名「コースタル」



© NEC 通常の色画像

植生解析が得意な波長

植生解析が得意な波長
を使用した例
※波長名「レッドエッジ」



© NEC 通常の色画像

5.6 ALOS-3の提供プロダクト

スタンダードプロダクト

L1B1データ

ラジオメトリック補正

L1B2データ

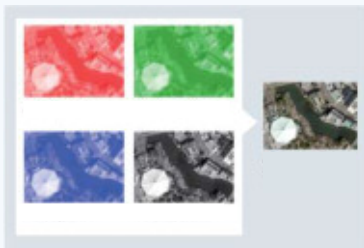
幾何補正

L1Cデータ

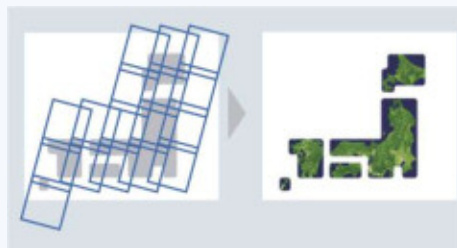
オルソ補正

アドバンスプロダクト（予定）

パンシャープンオルソ



パンシャープンオルソモザイク



フレッシュ/シーズン



主題データ



5.7 ALOS-3 関連サイトの紹介

<<https://alos-pasco.com/alos-3/>>

<<https://alos-pasco.com/video/content-1.html/>>

