



Open & Free Platform

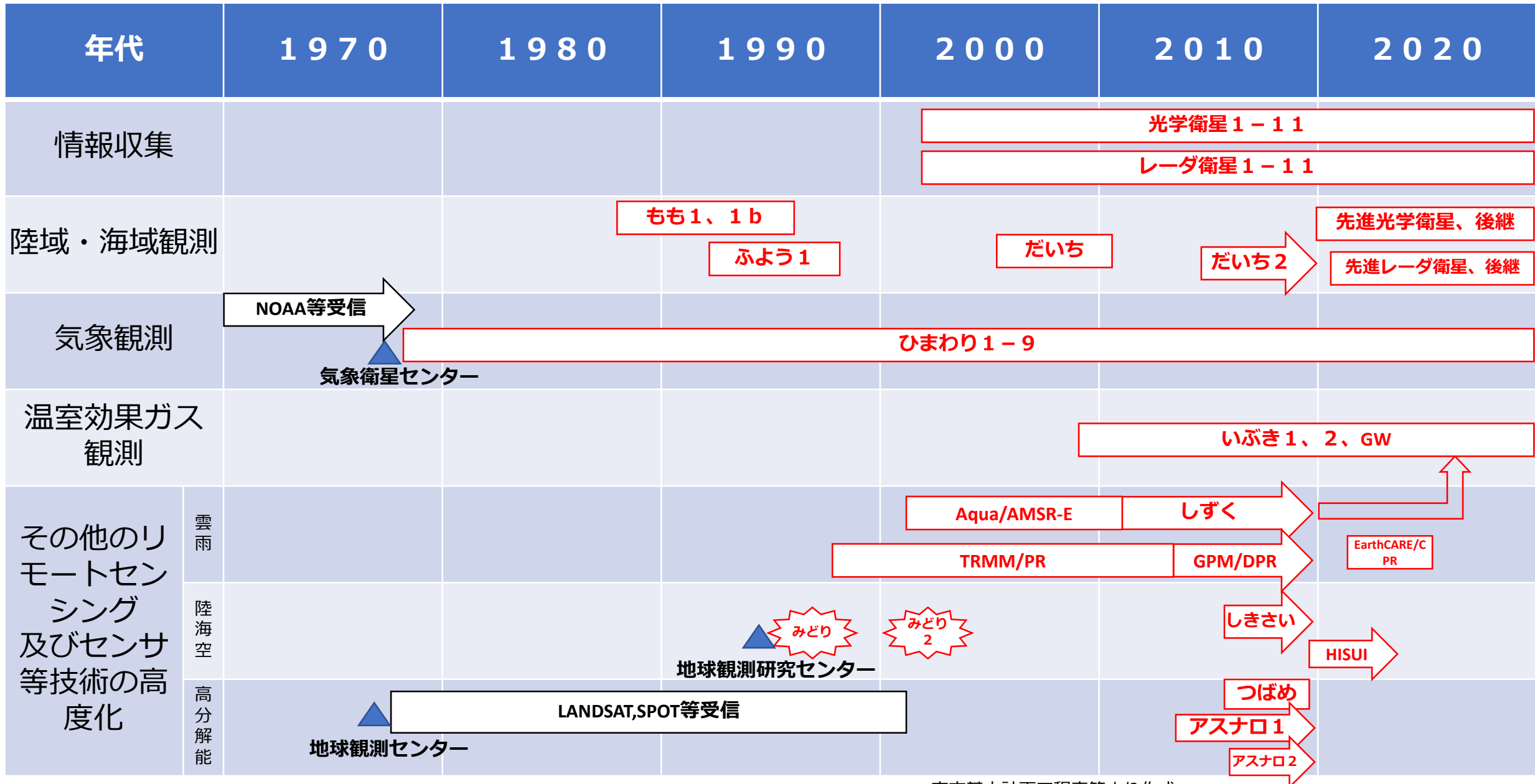
# 衛星データ利用の過去、現在、未来

2020年1月24日

SLATSワークショップ

さくらインターネット株式会社  
フェロー 松浦直人

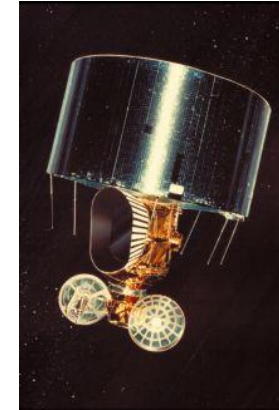
# 日本の地球観測衛星の過去、現在、未来



# 1970～1980年代（技術導入、自主技術開発強化）

## 1. 技術導入、自主技術開発強化

- 自主技術開発に先立つ実利用のための技術導入
- ひまわり（GMS）の技術導入による開発
- もも（MOS）の開発（1987年、1990年打上げ）  
MOSデータは8万円位



GMS-1©JAXA



MOS-1©JAXA

## 2. データ利用研究の推進

- 地球観測センター（EOC）設立（1978年）
- 米国LANDSAT、仏国SPOT受信
- LANDSAT-5データが30万円程度。観測要求料金が+10万円くらい。分解能30m！



地球観測センター©JAXA



LANDSAT-2©NASA Landsat Science



SPOT-1© ESA Earth Online 2000 - 2019

# 1990年代（自主技術開発確立？、地球科学研究の推進）

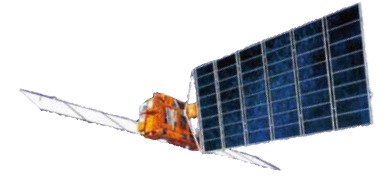
## 1. 自主技術開発確立？

- ふよう1号（JERS-1）1992年打上げ、データ15万円
- 極軌道プラットフォーム衛星 みどり（ADEOS）1996年打上げ
- TRMMへ降雨レーダ（PR）搭載 1997年打上げ、データ2千円

## 2. 地球科学研究の推進

- 地球観測研究センター（EORC）設立（1995年）
- 地球フロンティア研究システム発足（1997年）
- 地球シミュレータ研究計画開始（1997年）

みどり（ADEOS）1997年運用停止！



JERS-1©JAXA



TRMM©JAXA



ADEOS©JAXA

# 2000年代（自主技術開発確立、開発方針変更）

## 1. 開発方針変更と利用目的の明確化

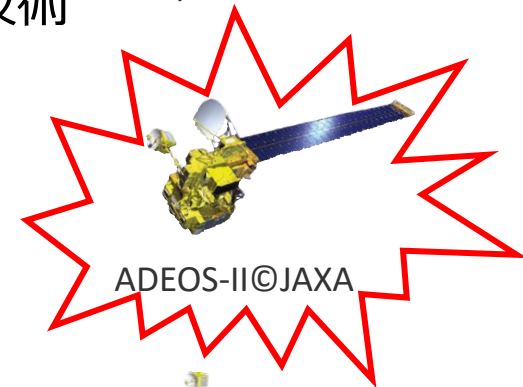
- みどり（ADEOS）に続き、みどりII（ADEOS-II：2002年打上げ）の失敗！
- 単一ミッションへの移行：地球環境変動観測ミッション（GCOM）の立案
- ミッションの実利用実証に重点化、技術の成熟化と低コスト化、新規開発技術採用を必要最低限、単一故障点の削減等



AQUA/AMSR-E©JAXA

## 2. 行政利用の推進

- だいち（ALOS）2006年打上げ、データ5万円
  - 地図作成、地域観測（農業、林業、海洋監視等）、災害対応
- いぶき（GOSAT）2009年打上げ
  - 温室効果ガス観測



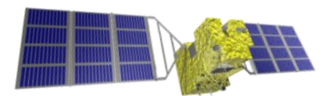
ADEOS-II©JAXA



ALOS©JAXA

## 3. 衛星データ無償化へ

- 欧米における政府衛星データ無償化（欧米では高分解能衛星は民間企業が保有）
- 日本もALOSシリーズ以外は無償化へ
- 2004年時点では、
  - MOS MESSR：2,400円、JERS-1 SAR：2,600円、LANDSAT-7：84,000円、TRMM PR：2,100円



GOSAT©JAXA

# 1990～2000年代（そのころ海外では）

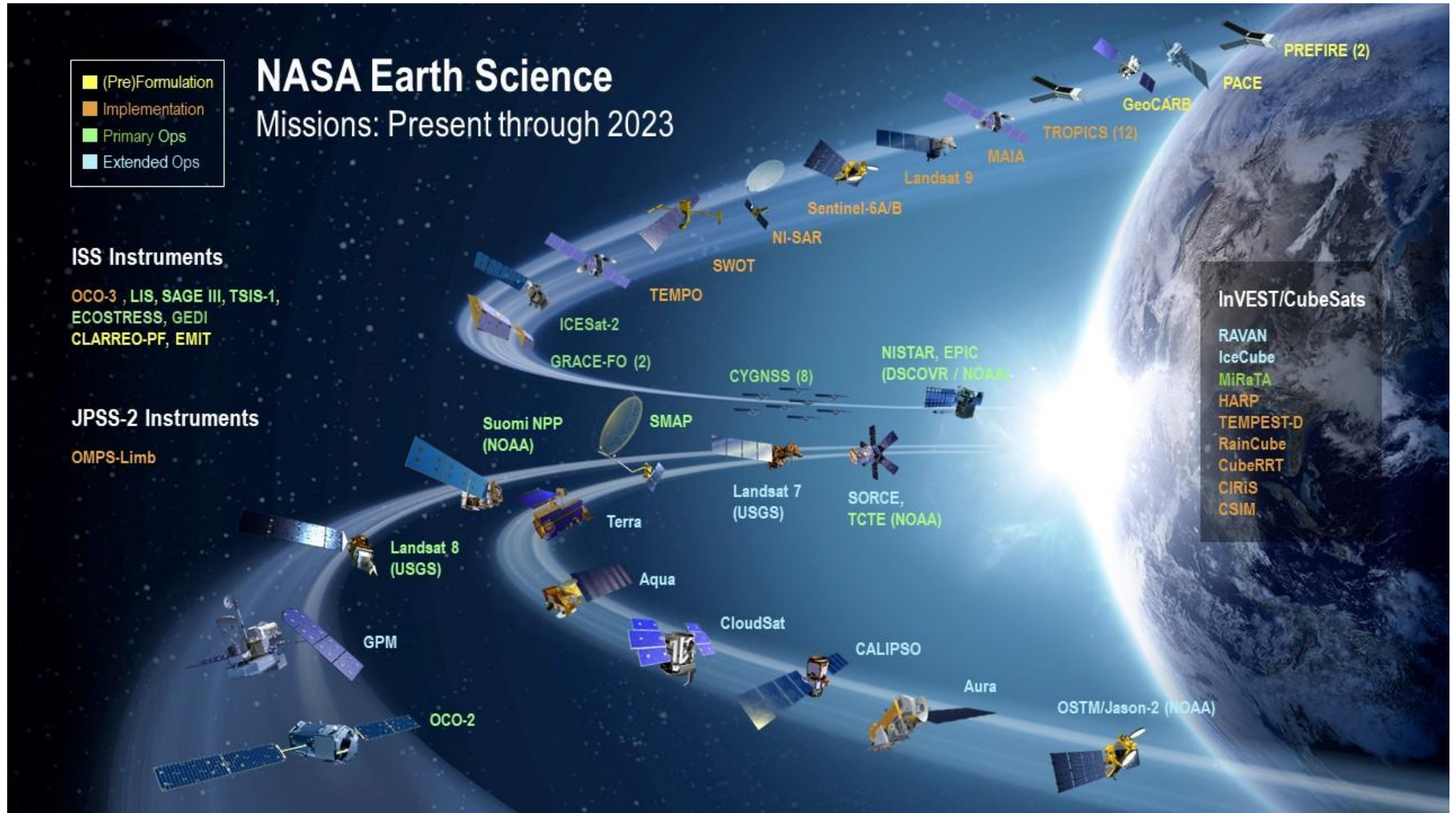
## 1. 米国

- 極軌道プラットフォームTERRA（1999年）、AQUA（2002年）は成功
  - ダイレクトブロードキャストでMODISが広域光学衛星データのスタンダードに
- その成果は、DODとNOAAの周回気象衛星を統合、強化するNPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System)へ
  - 1995年から始まるも、資金超過と計画遅延により2010年にキャンセルされた。
- NASAは地球科学ミッションに特化した衛星計画を推進
- LANDSAT衛星データ販売をしていたEOSAT社がSpace Imaging社に吸収（1995年）
  - IKONOS衛星の打ち上げによる民間企業の衛星保有が始まる（1999年）
- LANDSAT衛星データは2008年以降無償に

## 2. 欧州

- 極軌道プラットフォームENVISAT（2002年）は成功
- 1998年に、ECが環境と安全保障政策に関連するアジェンダを推進するため、Copernicus計画（旧GMES：Global Monitoring for Environment and Security）を推進
- ESAは地球科学研究を維持しつつ、Copernicus計画の宇宙セグメントを担当

# NASAは地球科学ミッションに特化した衛星計画を推進

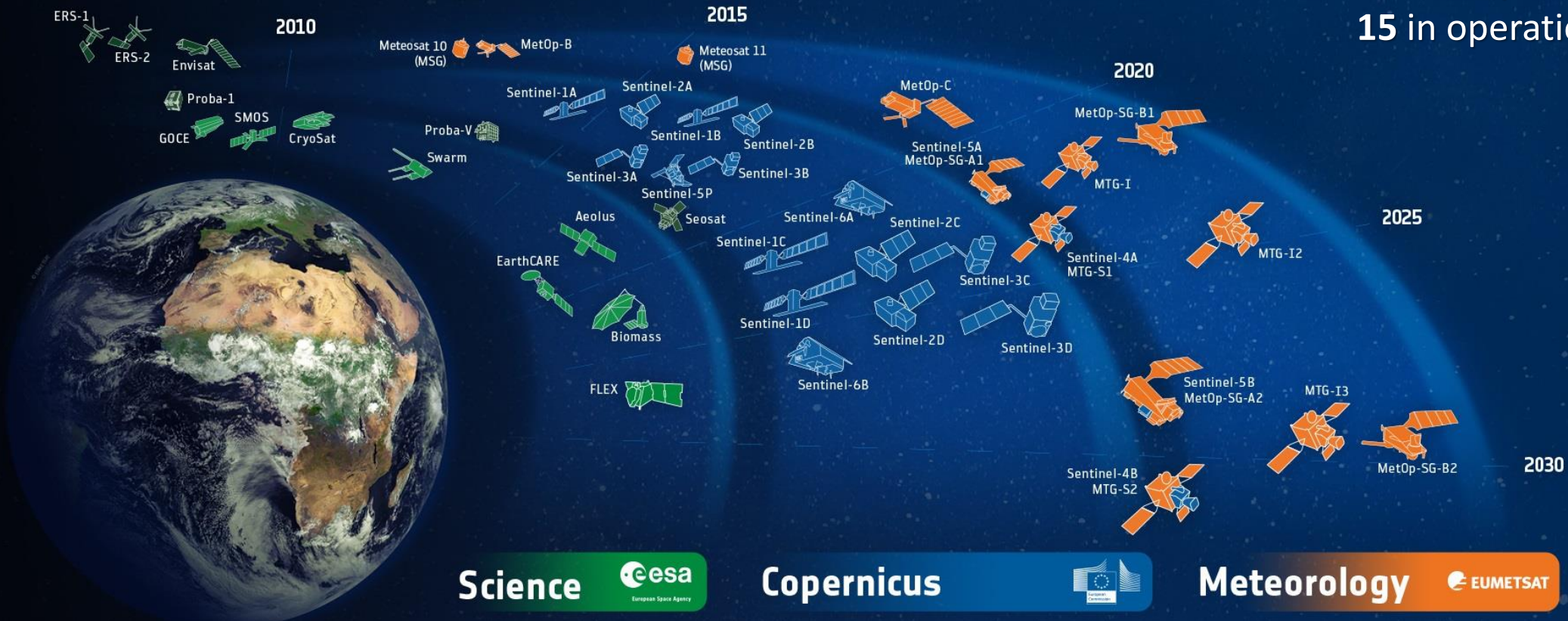


# ESAは地球科学と運用ミッションを両立

## ESA-Developed Earth Observation Missions



Satellites  
25 under development  
15 in operation



ESA UNCLASSIFIED – For Official Use



@European Space Agency



# 2010年代（安心安全な社会への貢献）

## 1. 新たな宇宙開発利用推進体制

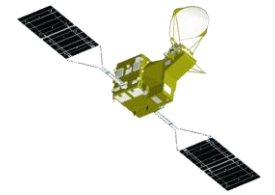
- 2008年に宇宙基本法成立
  - 宇宙開発戦略本部、内閣府宇宙戦略室、宇宙政策委員会で日本の宇宙開発利用を推進する体制
- 2012年からは内閣府と経産省が主務官庁に加わり、JAXAは技術で支える中核的実施機関へ
  - **安全保障、産業振興、研究開発**の3本柱を推進

## 2. 地球観測衛星計画がピークを迎える

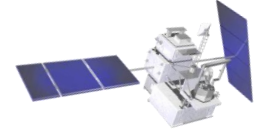
- しずく（GCOM-W）2012年打上げ、GPM/DPR 2014年打上げ、  
だいち2（ALOS2）2014年打上げ、しきさい（GCOM-C）2017年打上げ、  
いぶき2（GOSAT2）2018年打上げ、**すべて成功！！**

## 3. 衛星計画が成熟する中、利用省庁・機関も資金分担する構図を模索

- GOSAT2は環境省とJAXAが資金分担
- 利用省庁などからデータ配付実費を徴収中
- ALOSシリーズはデータ配布企業から販売（ALOS2国内8万円）、（その他の衛星データは実質オープン＆フリー）



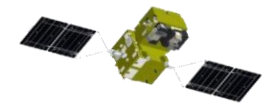
GCOM-W©JAXA



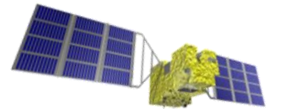
GPM/DPR©JAXA



ALOS2©JAXA



GCOM-C©JAXA



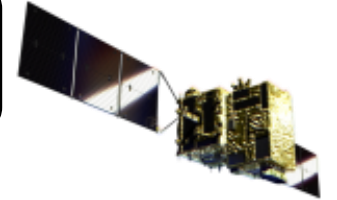
GOSAT2©JAXA

# 2020年代（社会インフラとして定着）

## 1. 衛星計画の継続

- 先進光学衛星及び後継機（ALOS3,5,・・・）
- 先進レーダ衛星及び後継機（ALOS4,6,・・・）
- 温室効果ガス・水循環観測衛星（GOSAT-GW,・・・）

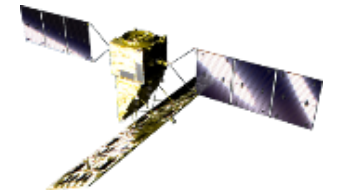
ALOS3地上システム開発、運用、  
データ配布は民間事業者が実施



ALOS3©JAXA

## 2. 新事業・新サービスの創出

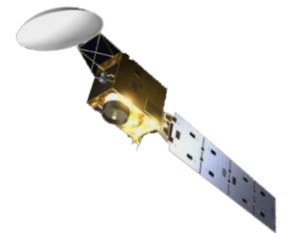
- 政府衛星データのオープン&フリー化及びデータ利用環境の整備（Tellus）
- 宇宙データ利用モデルの創出
- 宇宙ビジネスの発掘及びスタートアップ支援(S-BOOSTER等)



ALOS4©JAXA

## 3. その他のリモートセンシング及びセンサ等技術の高度化

- EarthCARE/CPR 2022年度打上げ予定
- ライダ観測技術、テラヘルツセンシング技術（静止地球観測衛星）
- 小型化、低消費電力化等



EarthCARE/CPR©JAXA

# 政府衛星データの民間への無償公開も各国で始まっている



アメリカ



欧州



中国

定期的に、広範囲を観測し、無料で公開している



© AWS COG-Explorer






## Copernicus Global Land Service

Providing bio-geophysical products of global land surface



© Copernicus Global Land Service

# 各国政府が展開している衛星データプラットフォーム

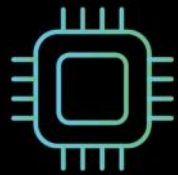
	USGS 	Copernicus 	SIWEI Earth 	AWS 	Tellus 
主体	国	国	国	民間	国
運用国	アメリカ	欧州	中国	アメリカ	日本
無償提供開始	2008~	2014~	2019~	2015~	2019~
地球観測衛星による主な提供データ	Landsat-1~8 Aqua Terra ICE-Sat SMAP Suomi NPP など	Sentinel-1 Sentinel-2 Sentinel-3 Sentinel-5p Aeolus Swarm など	遥感 (他、計23機)	Landsat NOAA Planet	ALOS ALOS-2 (他、JAXA衛星) ASNARO-1 ASNARO-2 SLATS など
インターフェース	GUI/API	GUI/API	GUI/API	API/IDE	GUI/API/IDE
データダウンロード	有	有	?	有	無
クラウド環境	提供無し	提供無し	提供無し	提供有り	提供有り
商用利用	可	可	可?	可	可

# Tellusプラットフォームを構成する6要素

各種データやツール、データ分析環境からマーケットまで一気通貫に提供するプラットフォームを構築・運用します。

## コンピューティング

プロセッシング ストレージ ネットワーク



## インターフェース

Tellus Operation Systems



統合開発環境



## マーケット

データ



アルゴリズム



アプリケーション



オウンドメディア  
"SORABATAKE"

 SORABATAKE

ラーニングイベント  
"Tellus Satellite Bootcamp"



データコンテスト  
"Tellus Satellite Challenges"



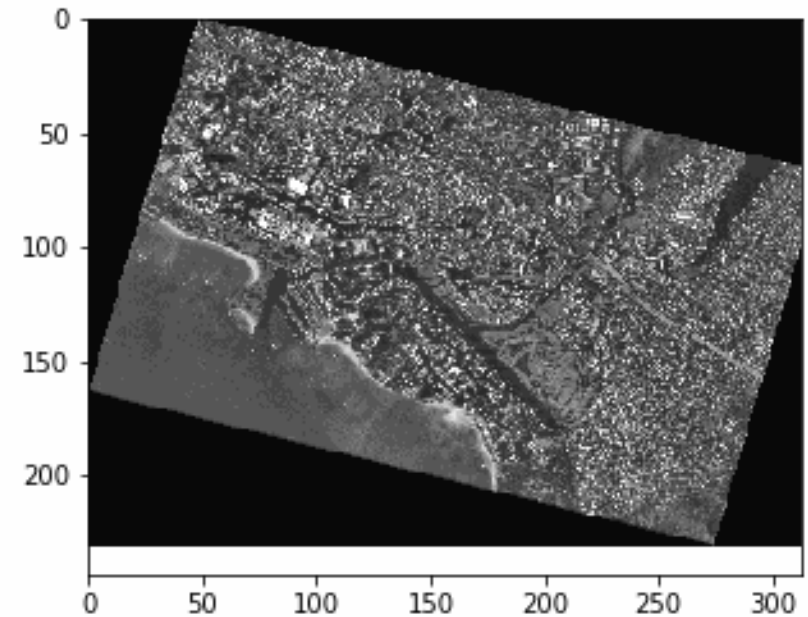
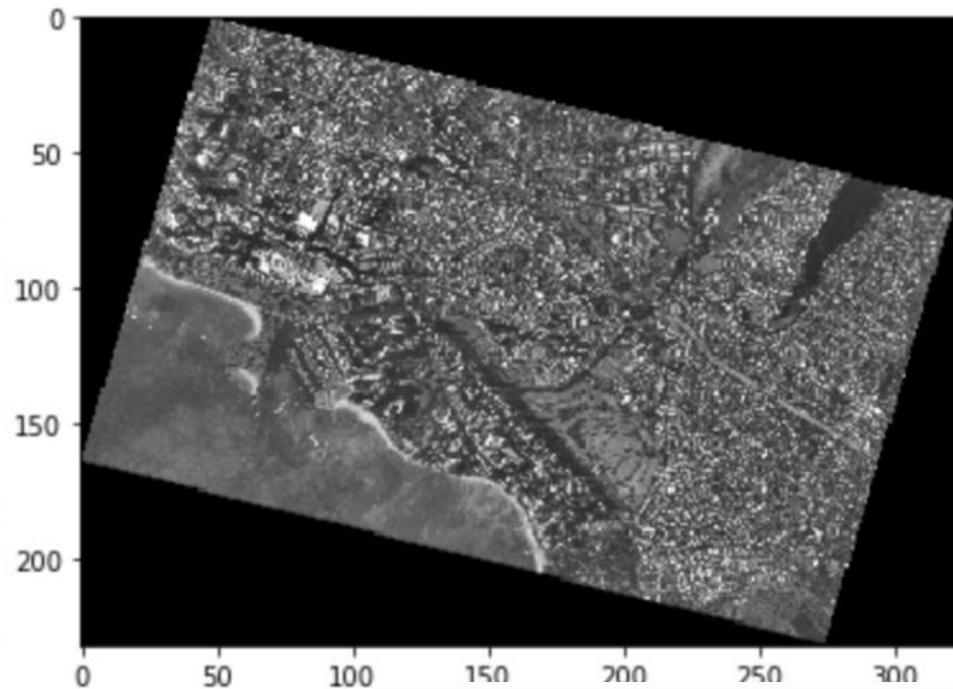
# Tellus上のSLATSデータ

```
# ワイキキ
waikiki_scenes = search_tsubame_scenes(-157.8561, 21.2579, -157.7961, 21.3179)
print(len(waikiki_scenes))

time0198385582_num01_scene38 = get_tsubame_scene('Time0198385582_Num01_SCENE38_RSVLAT1')
io.imshow(io.imread(time0198385582_num01_scene38['thumbs_url']))
```

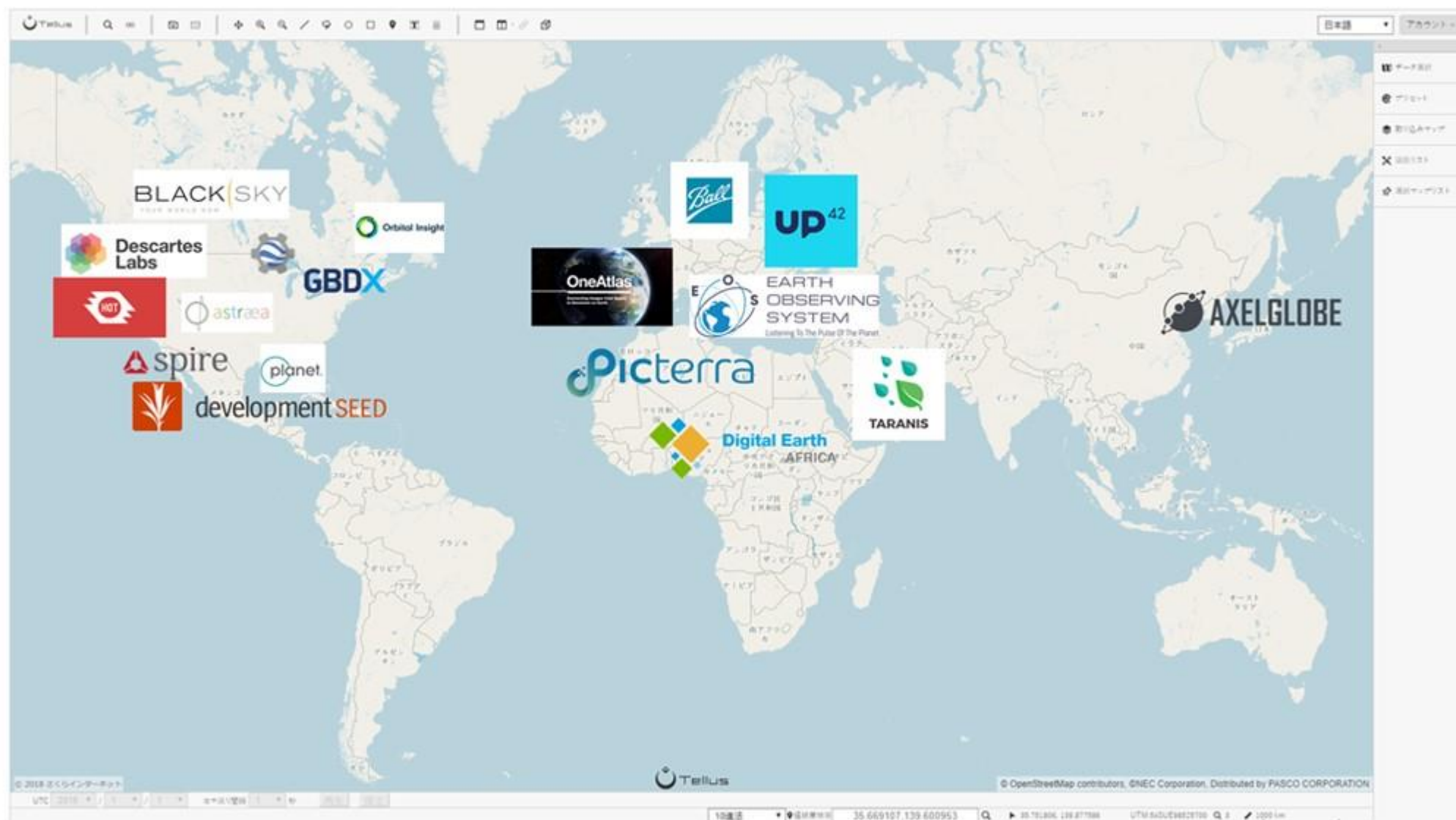
29

<matplotlib.image.AxesImage at 0x7efc637fbc88>



ワイキキの29枚のシーンから作ったアニメーションSource: JAXA | 宇宙航空研究開発機構

# 民間企業が展開している衛星データプラットフォーム



# 超低軌道を観測に使うなら！

## 衛星・航空機・ドローン・IoT比較

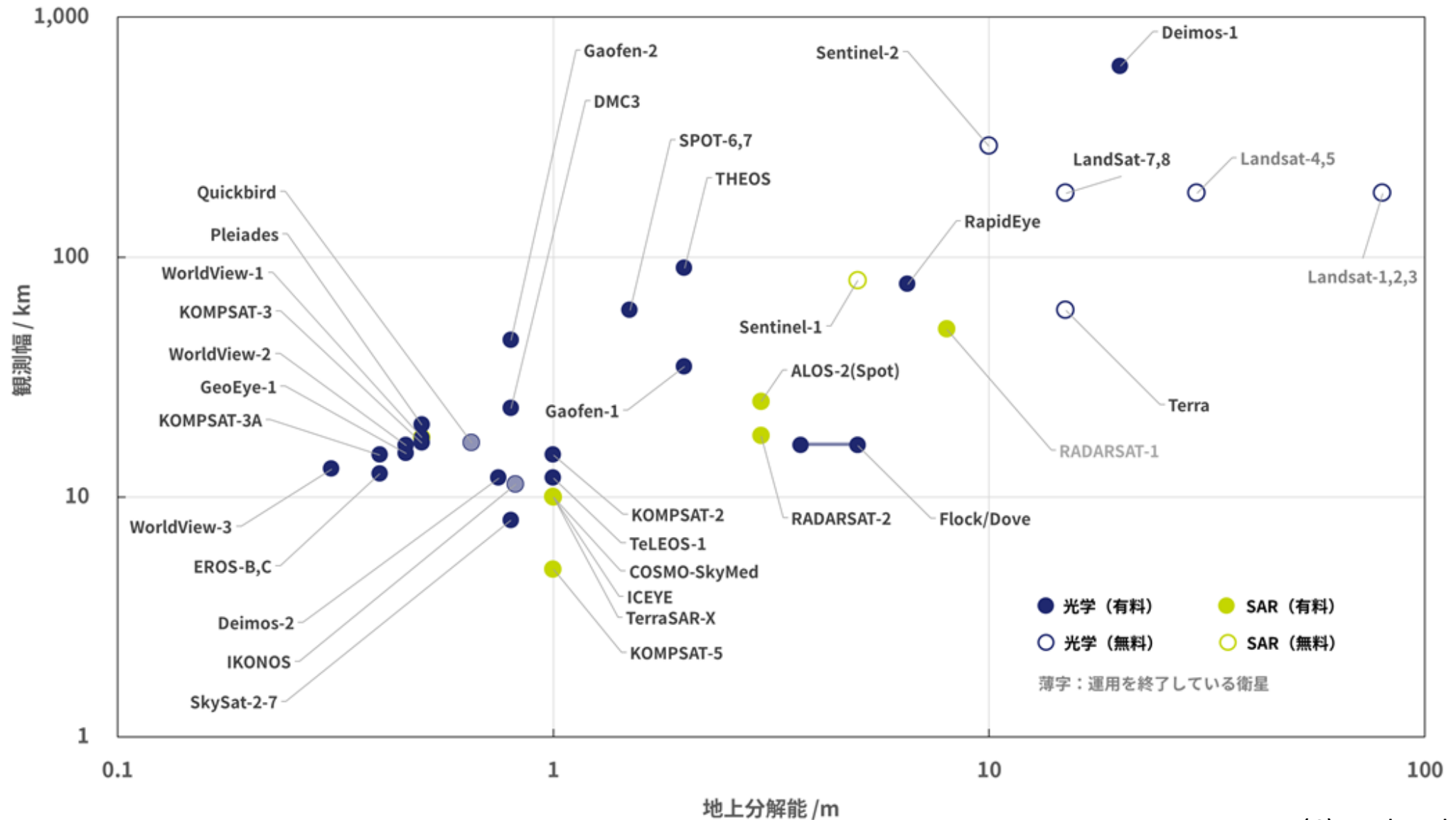


	衛星 広域撮影	衛星 詳細撮影	航空機 広域撮影	航空機 詳細撮影	ドローン	IoTセンサ
観測範囲	1000km <sup>2</sup> ~	100km <sup>2</sup> ~	30~900km <sup>2</sup>	~1km <sup>2</sup>	~0.1km <sup>2</sup>	0.01km <sup>2</sup>
解像度	10m	0.3~1m	0.3~1m	2.5cm	0.5~1cm	~1cm
観測頻度	5日/回	~1日/回	都度	都度	都度	常時
観測に必要な時間	~1sec/km <sup>2</sup>	~1sec/km <sup>2</sup>	~20h/km <sup>2</sup>	day/km <sup>2</sup>	30min./km <sup>2</sup>	-
抗堪性 (発災時)	◎	◎	△	△	×	×
越境性	◎	◎	×	×	×	×
周期性	○	○	×	×	×	◎
価格 /単位面積	◎	△	×	×	○	◎
最低購入 面積	△ (広い)	△ (広い)	-	-	-	-

このあたり



# 衛星の観測幅と地上分解能 (パンシャープ)



# 超低軌道でのコンステレーション？



Credit : China Aerospace BlogSource : <https://china-aerospace.blog/2019/09/22/thoughts-on-the-hype-about-chinas-newspace-launcher-startups-part-2/>

# Space Enabled Effects for Military Engagements (SeeMe)

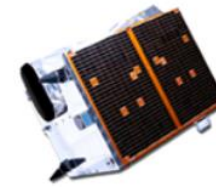
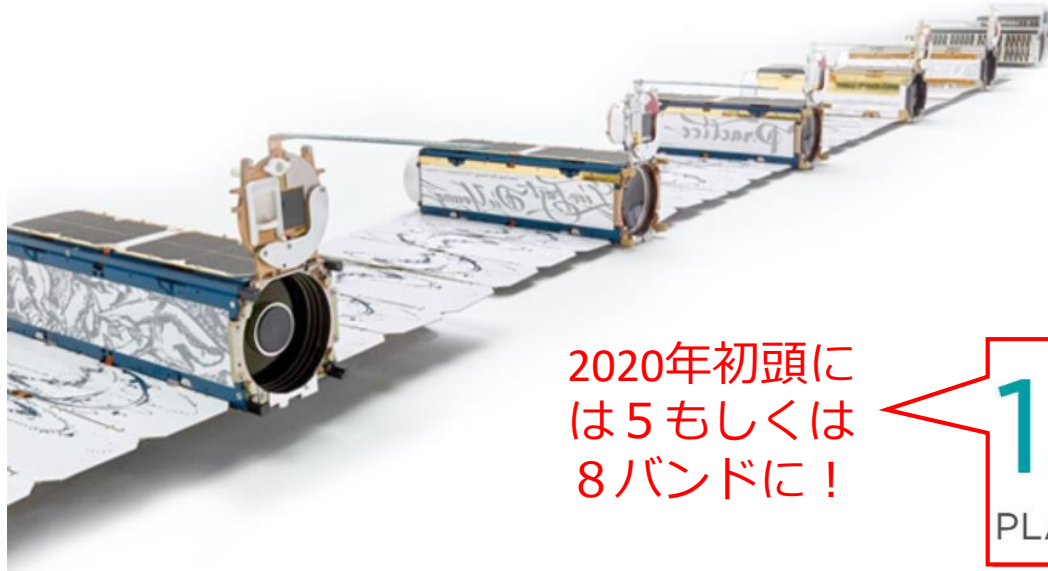
オンデマンドで、特定の海外の場所のタイムリーな画像を衛星から直接受信するシステム

NovaWurks社のHPより

<http://www.novawurks.com/applications/darpa-seeme-program/>



# Planet社のコンステレーション



2020年初頭には5もしくは8バンドに！

130+

PLANETSCOPE

5

RAPIDEYE

15

SKYSAT

軌道を下げて50cmに！  
2020年前半には20cmに！

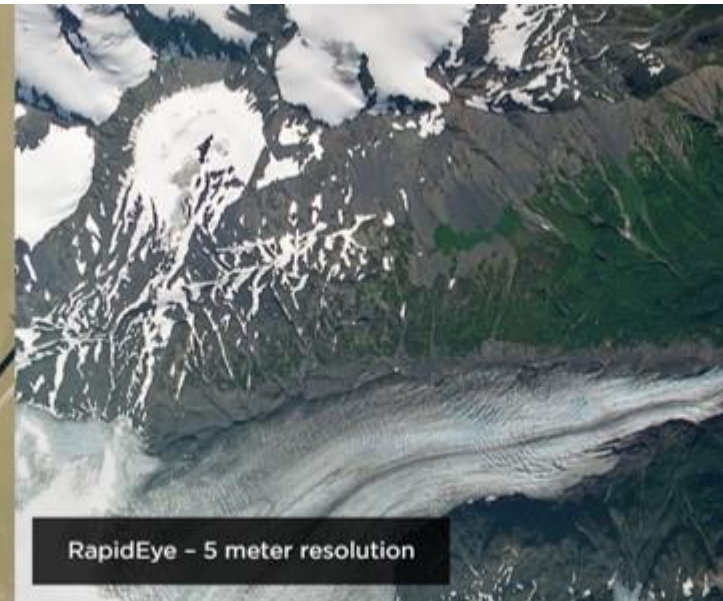
Collection capacity 200M+ km<sup>2</sup>/day

6.5M km<sup>2</sup>/day

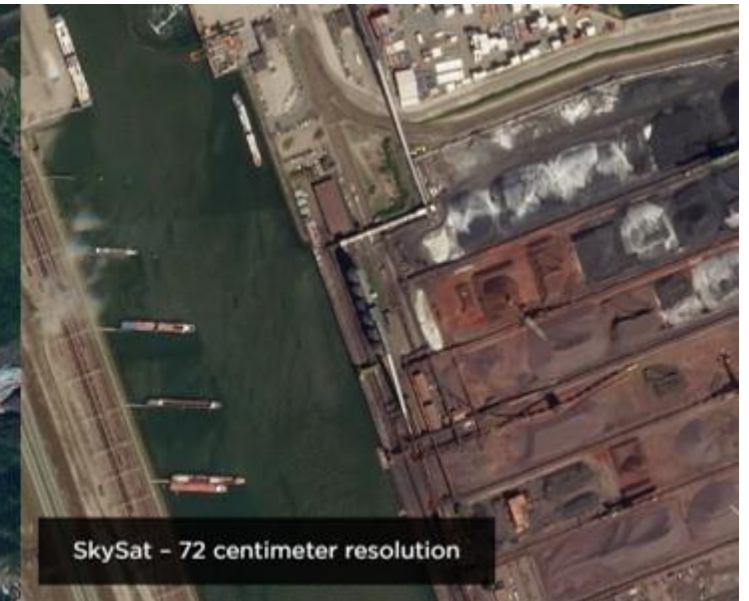
400K km<sup>2</sup>/day



PlanetScope - 3 meter resolution



RapidEye - 5 meter resolution



SkySat - 72 centimeter resolution

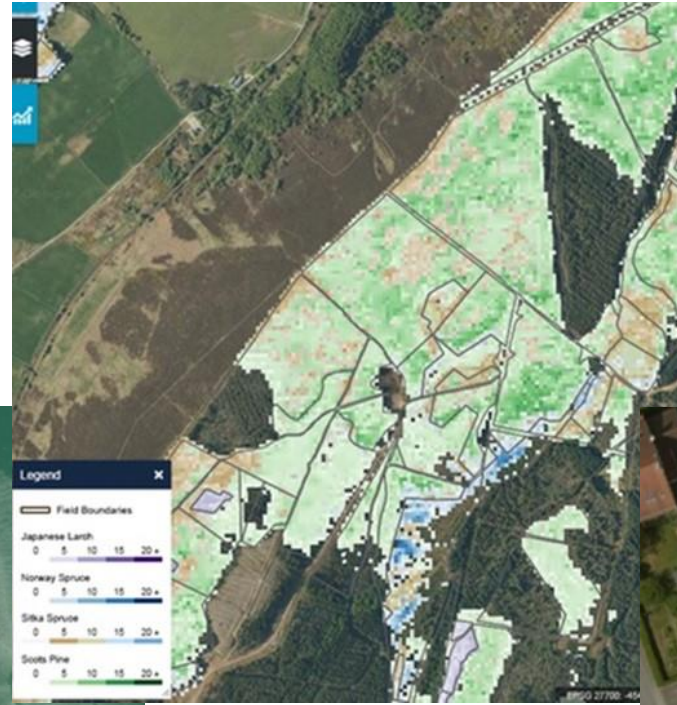
# ダウンストリームから考えると。。。。



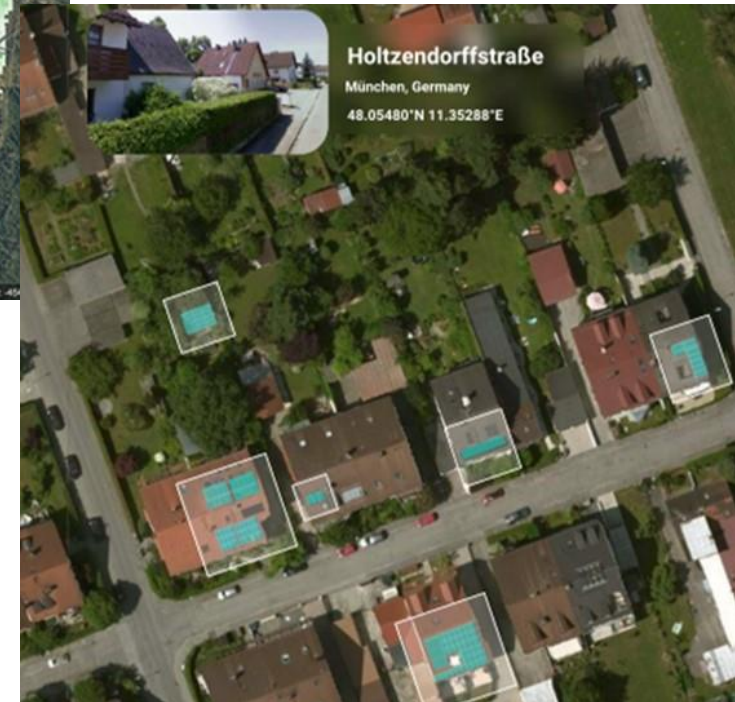
© Digital Globe, Orbital Insight  
駐車台数の検出



建物のフットプリントを抽出 © Ecopia Tech



樹種の判別 © Rezatec



太陽電池パネルを抽出 © SPACEKNOW

# 衛星データ利用アイデア100本ノック！

## 宙畑のこれまでの衛星データ解析



あなたの見たいものは？	対象	状態	エリア
衛星から桜は見える！衛星画像を使った桜の探し方	桜	花が咲いている	23区
衛星から噴火はこう見える！キラウェア火山観測の光学・SAR比較	火山	噴火している	マウナロア山
今夏はどこへ行く!?衛星画像から知られざる最高のビーチを探せ！	ビーチ	水・砂浜がきれい	世界中
東京五輪マラソンは本当に暑い？衛星データで過去と比較してみた	マラソンコース	温度の高低	42km
衛星データだけでグランドスラムのテニスコート素材を当てる！	テニスコート	人工芝・天然芝	世界の各テニス場
貨物船衝突事故発生、衛星データでオイルの漏出を確認できるのか	タンカーと油	石油が広がっている	約10km四方
人工衛星で見ごろがわかる？紅葉エリアを調べてみた	モミジ	葉が赤くなっている	京都周辺
いつ空いてるの!?無料衛星データでディズニーランドの混雑予想チャレンジ	車	停まっている	駐車場
流れ星が見える場所はどこ？衛星データで近場の星空観光スポットを探せ！	街	暗さ	日本全国
衛星が撮影した夜の地球「夜間光」がお金に変わる!?概要と利用事例	都市	夜に明かりが灯っている	世界
北海道地震の土砂崩れは広範囲だった？SAR衛星データで調べてみた	山々	崩れている	北海道胆振東部
アメリカ民主党支持層は本当に都市部に多い？衛星データで検証してみた	土地	どう使われているか（都市部/畑/森）	全米
箱根駅伝強豪校の通学路は坂道が多い？都市伝説を衛星データで検証してみた	道	上って/下っている	100km
新千歳空港閉鎖!?積雪状況を3種類の衛星データで見比べてみた	雪	積もっている	新千歳空港
富士山が見える場所はどこまで？標高データから解析！	富士山	見える	富士山周辺
みかん農家に聞いた「美味しいみかん畑の4つの条件」を衛星データで検証してみた	土質 日当たり	ミカン向きである よく日が当たっている	約10km四方
QGISで電動アシスト付自転車が売れる町の仮説を立てて実際に行ってみた	道	上って/下っている	23区

# 2020年の抱負を叫ぶため、衛星データでやまびこができるポイントを探す！(前編)

2020/01/23

やまびこがきれいに聞こえる条件



言い終わった  
1秒後に  
声が返ってくる！

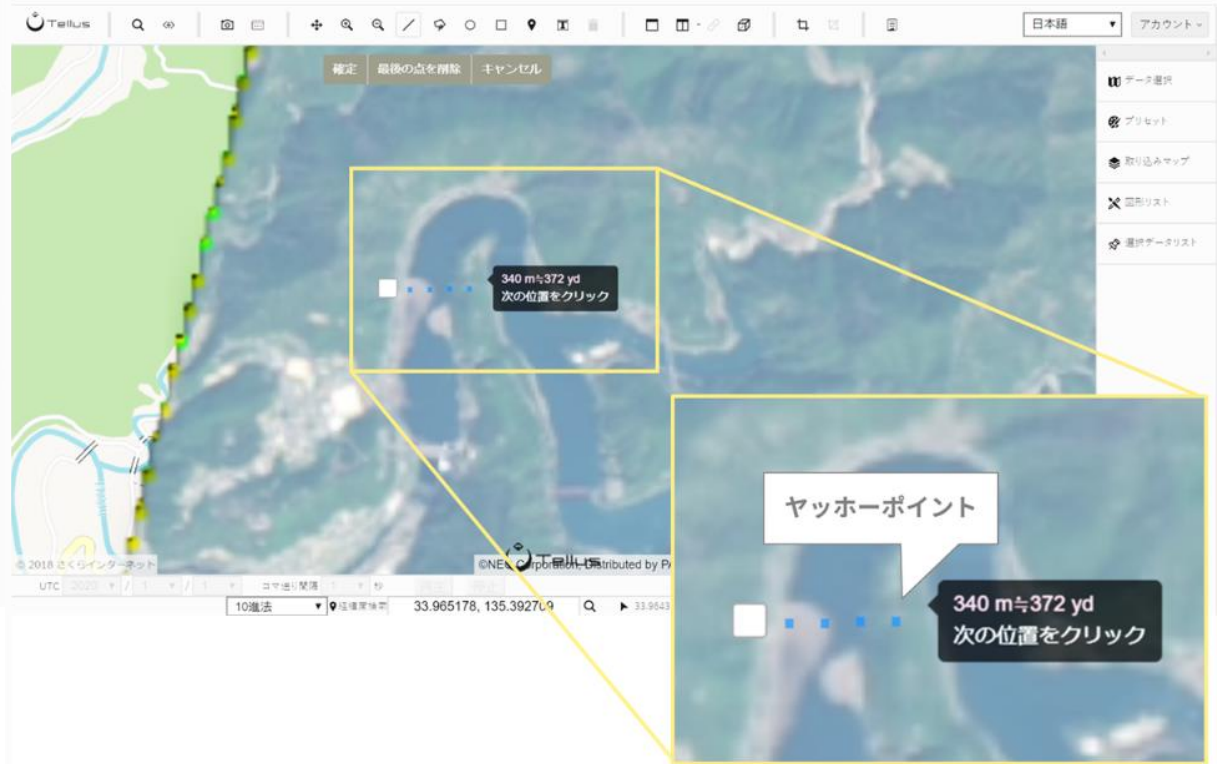
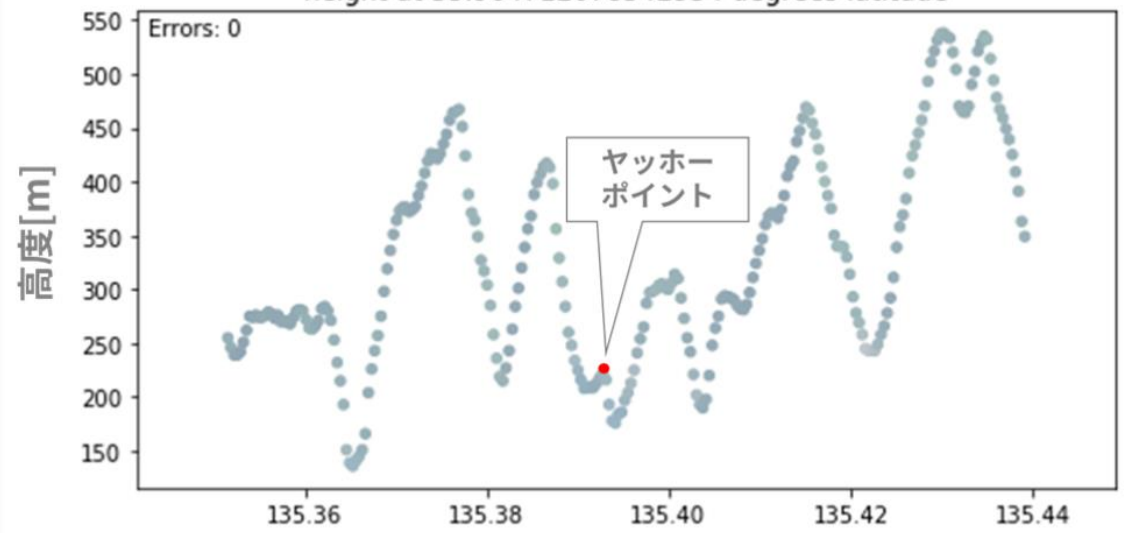
ヤッホー (約1秒)

ヤッホー (約1秒)



約300m

height at 33.964712078342934 degrees latitude



橋山ダム湖・第一展望台 (33.965178, 135.392709) からの距離を測る



さあ、宇宙データビジネスをリ・デザインしよう！