

AI時代の気象・気候予測に向けた JAXA地球観測衛星データ活用

宇宙航空研究開発機構(JAXA)

第一宇宙技術部門

地球観測研究センター/地球観測プログラム戦略室

シニアアドバイザー

沖 理子

AI時代の衛星地球観測データの気象・天候・気候予測での活用

- 近年、気候変動の影響が示唆される異常気象が世界各地で毎年のように発生している。これに伴い、数時間先から一週間程度の予報に加え、数週間先のサブシーズン予測、季節予報、更には年スケール以上の長期予測に対する社会的ニーズが高まっている。しかし、物理法則に基づく数値モデルによる予測には、雲・降水過程や海洋・陸面との相互作用など、重要なプロセスを十分に再現できていないという課題が残されている。こうした課題を解決する手段としてAIの活用が期待されているが、高精度なAIモデルの学習・検証には、正解データとなる観測情報が不可欠である。
- JAXAには30年以上蓄積されている衛星による環境観測データがある。（一部は気象庁のデータ同化に使われているが、使われていない変数も多い。）
- AI時代のAI気象予測モデルの学習データ基盤として衛星データを活用いただくことを提案したい。むしろまずは、気象だけではない天候・気候スケールでの予測精度向上をはかることが期待できるのではないか。

【提案1】：気象予報をより長期的な「天候予測」に延長・拡張していく必要がある中で、観測データによるAI手法が有効である可能性がある。長期的な天候～気候予測の知見をフィードバックして気象予報に取り込んでいく必要があるのではないだろうか。

例えばこれまで気象予報で対象としていなかった土壌水分のような陸面データなどの衛星データの活用を、AI技術の利用の文脈で共同で取り組んでいく試みはできないだろうか。具体的な取り組み対象について気象庁側から提案いただけることを期待する。

気候インテリジェンス創出に向けてJAXAを中心として産学官で取り組む活動（検討中）

社会・グローバルマーケット

個々のニーズに対応した民間アプリケーションサービス

気象・台風

気候レジリエンス

農業

防災・インフラ

水災害・水資源管理

様々な利用・応用

様々な利用 等

UI・対話型UI

AI on top

気候インテリジェンス：解析・分析・予測・意思決定

情報収集・データ取得・可視化

API

過去

現在

未来

Record

Monitoring

Prediction

衛星地球
データ基盤

水循環
エネルギー収支
・大気化学
炭素循環・生態系
地表ダイナミクス

校正検証

解析研究

アルゴリズム開発・改良

プロセス研究

モデル構築

AIモデル

モデル評価

モデル改良

データ同化

予期でき
なかった
事象を
予測する

計算機

★フラッグシップ

★AI開発環境（AIデータ生成・モデル構築）

高度化

気候インテリジェンス創出を見据えた地球環境データ基盤の構築（検討中）

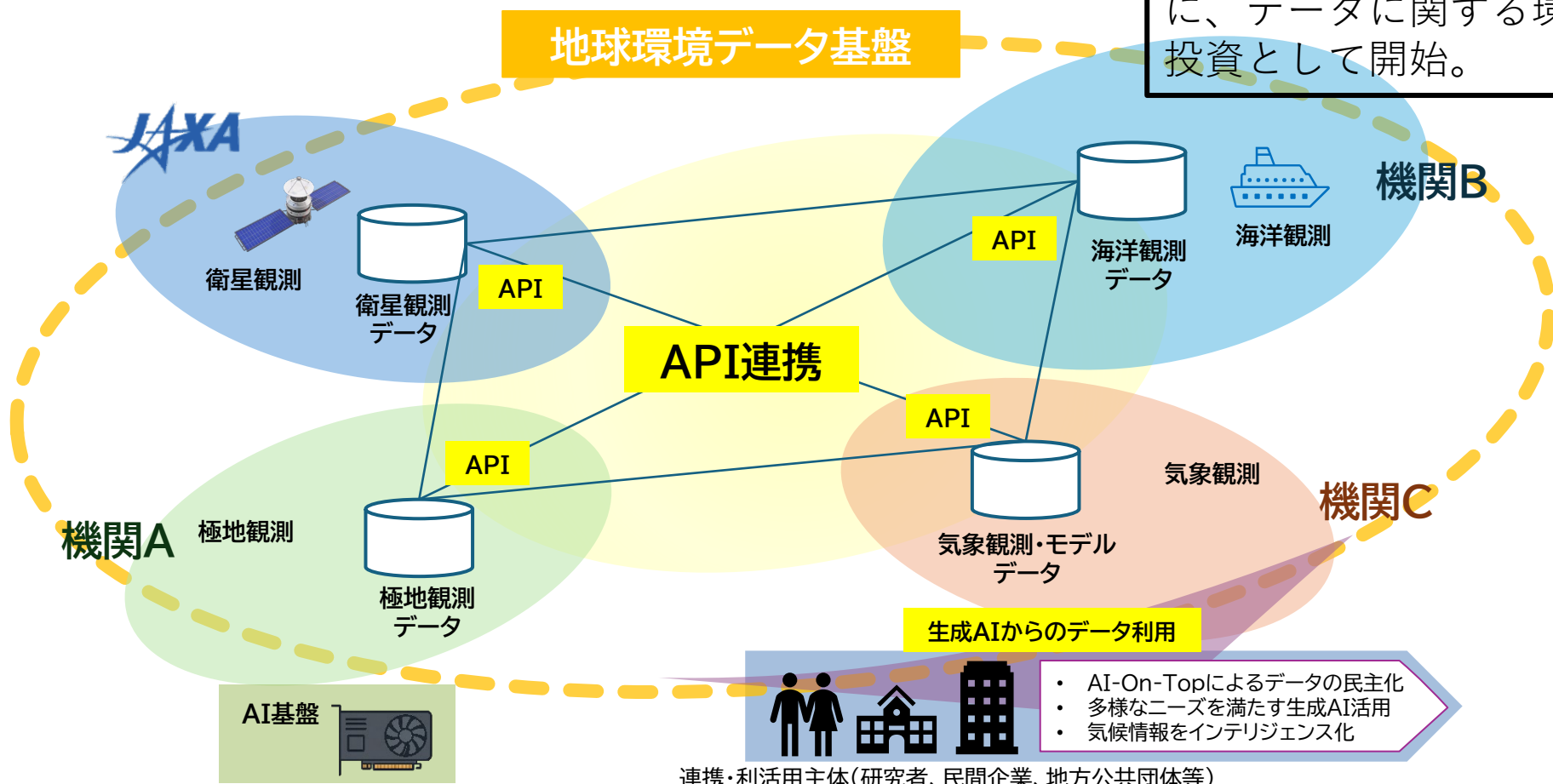
地球環境データは、地上観測、海洋観測、衛星観測、再解析、気象・気候モデルなど多様な手段・手法で取得・生成されている。これらのデータは各機関が管理するデータセンター・データ基盤に蓄積され整備されてきた。

これらのデータセンター・データ基盤間では共通的なメタデータは整備されつつあるものの、形式やアクセス方法、API仕様が統一されておらず、データ提供用APIの整備も開発途上であり、センター・データ基盤間の連携が十分でないのが現状である。

*API: Application Program Interface

- 地球環境データ基盤へのデータアクセス改善と利活用環境の向上に向けた、API整備による“データ基盤ネットワーク構築”
- 研究開発体制としての観測・モデル・HPC・AI・データ基盤の仮想的な“ワンパッケージ化”
- 生成AIでの利用を見据えたシームレスなデータ利用と情報創生のための“AI-Readyデータ化”
- 産学官の多様なニーズに柔軟に対応する“AI-On-Topと気候情報インテリジェンス化”

【提案2】気候情報としてAPIを整備して将来国内で連携して使えるように、データに関する環境構築を先行投資として開始。



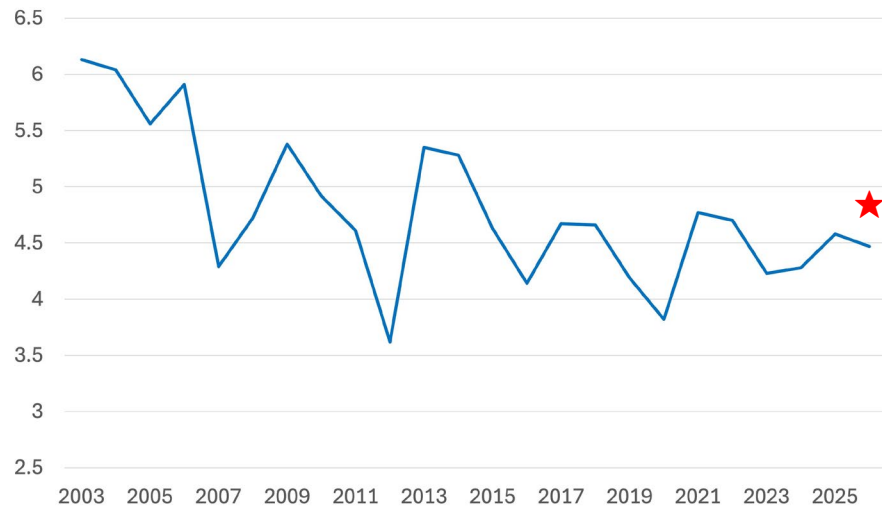


(例) 気象分野での地球観測衛星 × AI技術

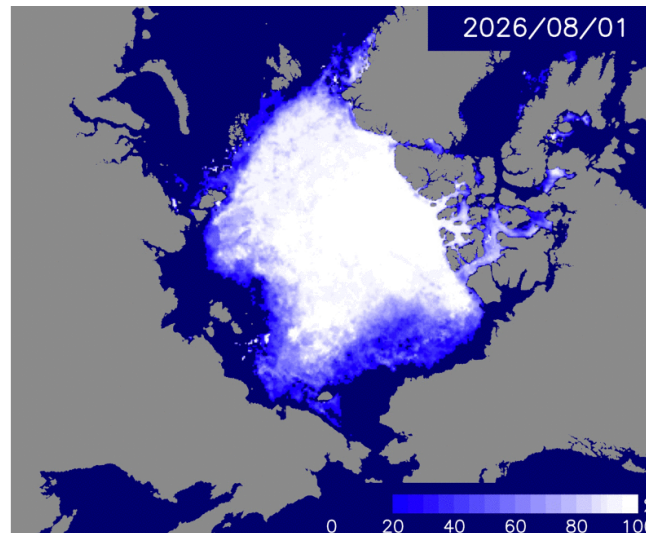
- これまでは、主としてデータ同化や予報モデル改良のための観測データとして地球観測衛星の情報が活用されてきた。
- 近年のAI技術の進展をふまえ、衛星観測データのより直接的な活用も、気象予測の高度化の一環として取り組んでいけないか。
 - 現在は再解析データを学習データとするAI気象モデルが多いが、衛星観測データを学習に用いる研究もでてきている*。
 - 台風予測においても、衛星データをAI技術とともに活用することで、台風強度（最大風速）を含む風速場の予測もよくしていくことが期待できる。
 - 現状の大気予測モデルにAIを活用し、計算コストをおさえて様々な物理プロセスを導入できる可能性があるのではないか。例えば、海洋の中規模渦など。

(例) 極域分野での地球観測衛星による中期予測

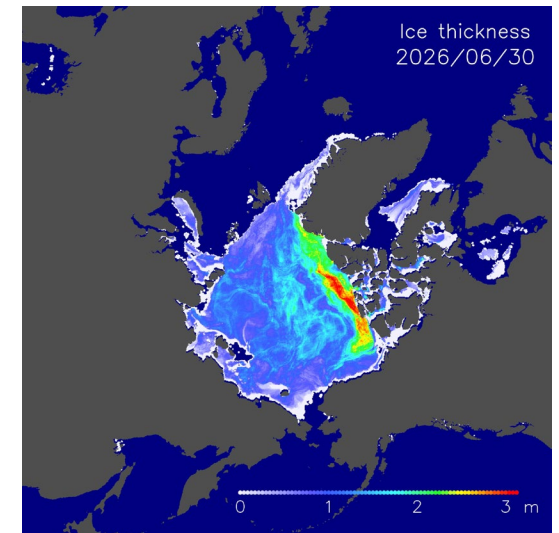
- これまで40年以上に渡る長期的な衛星観測データを用いて海氷域モニタリングや、極域における気候変動に対する影響評価が行われてきた
 - 近年では、衛星データとモデルの連携により、数ヶ月先の北極海氷分布予測を行う取り組みが進展
 - 最近では、AI技術を活用した衛星観測データを元にした海氷の中期予測モデル開発に取り組んでおり、更なる精度向上を目指した研究開発が行われている
- 衛星データ×AI技術により長期的な気候変動研究の知見を活かした、数ヶ月スケールの「天候予測」の精度向上が図れるのではないか



2003年以降の毎年の最小海氷域面積の変化（単位は百万平方キロメートル）。2026年（★）の値は今回の予測値。



8月1日から9月27日までの海氷分布予測値（白い場所が海氷）のアニメーション。



2026年6月30日の海氷厚分布。

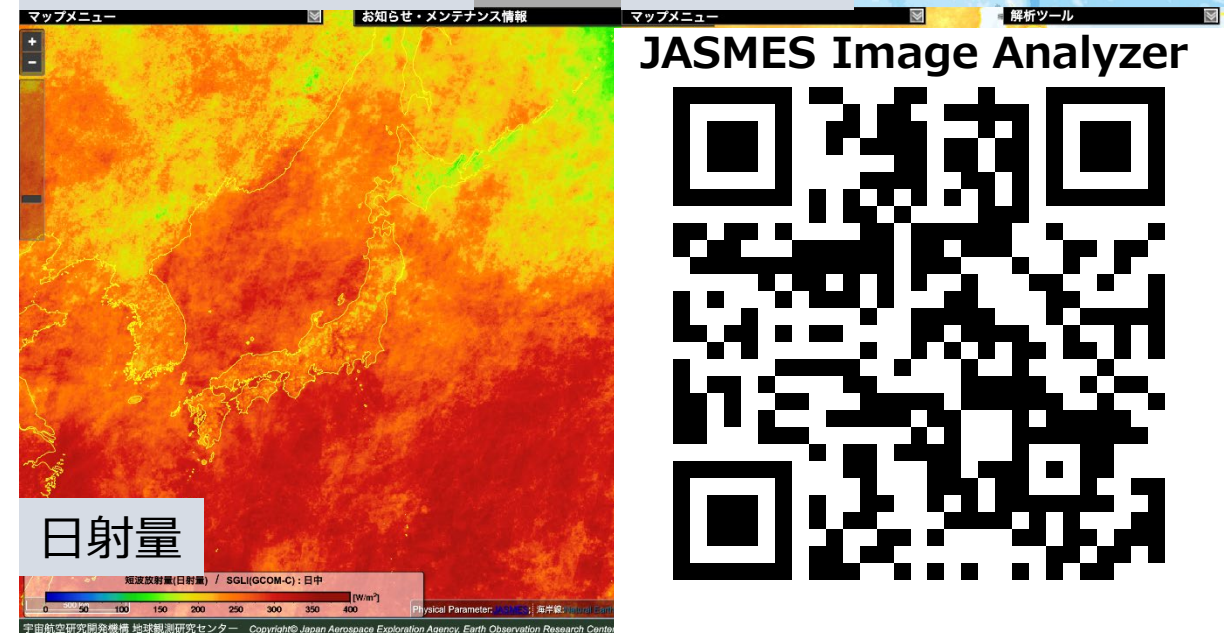
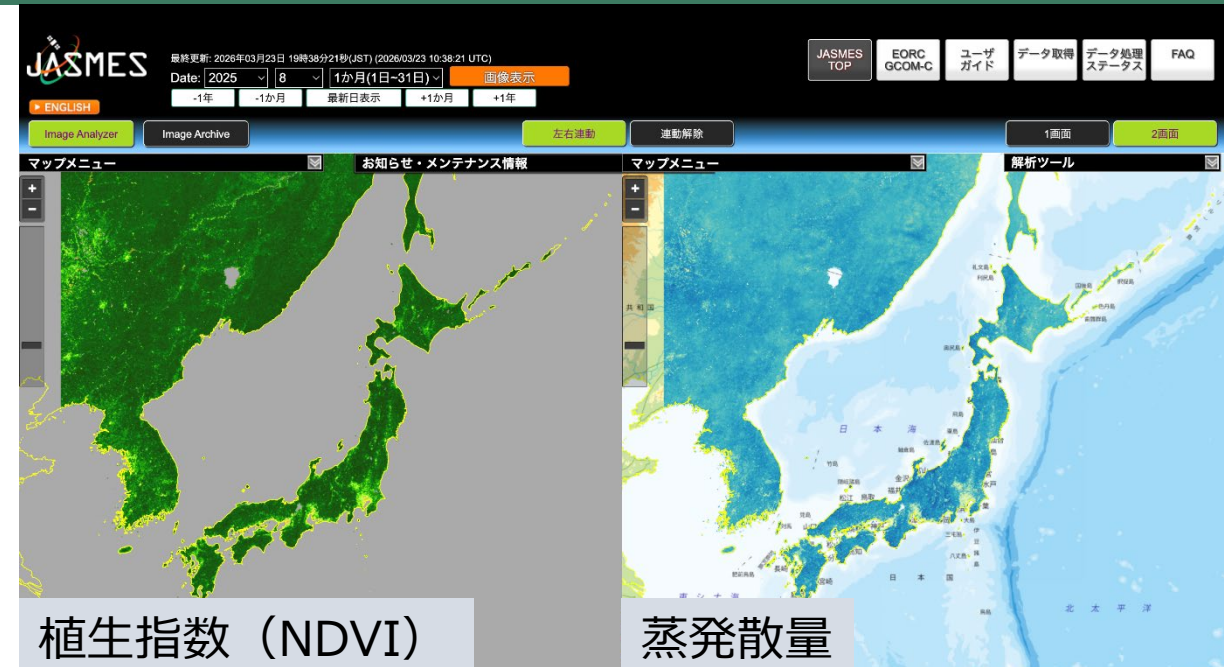
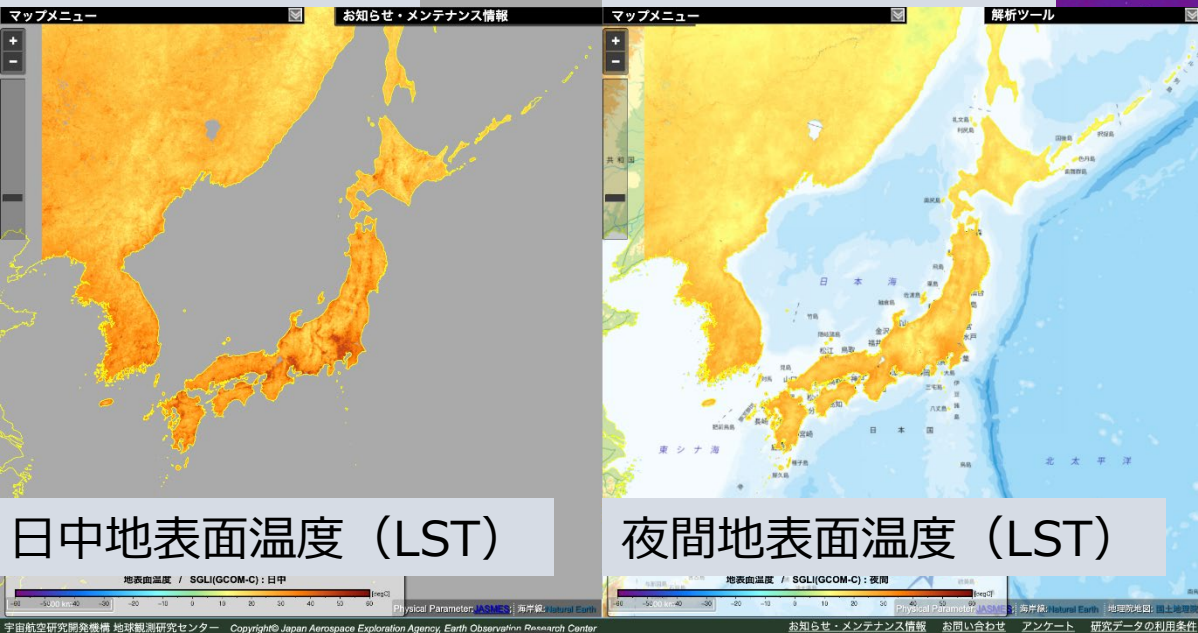
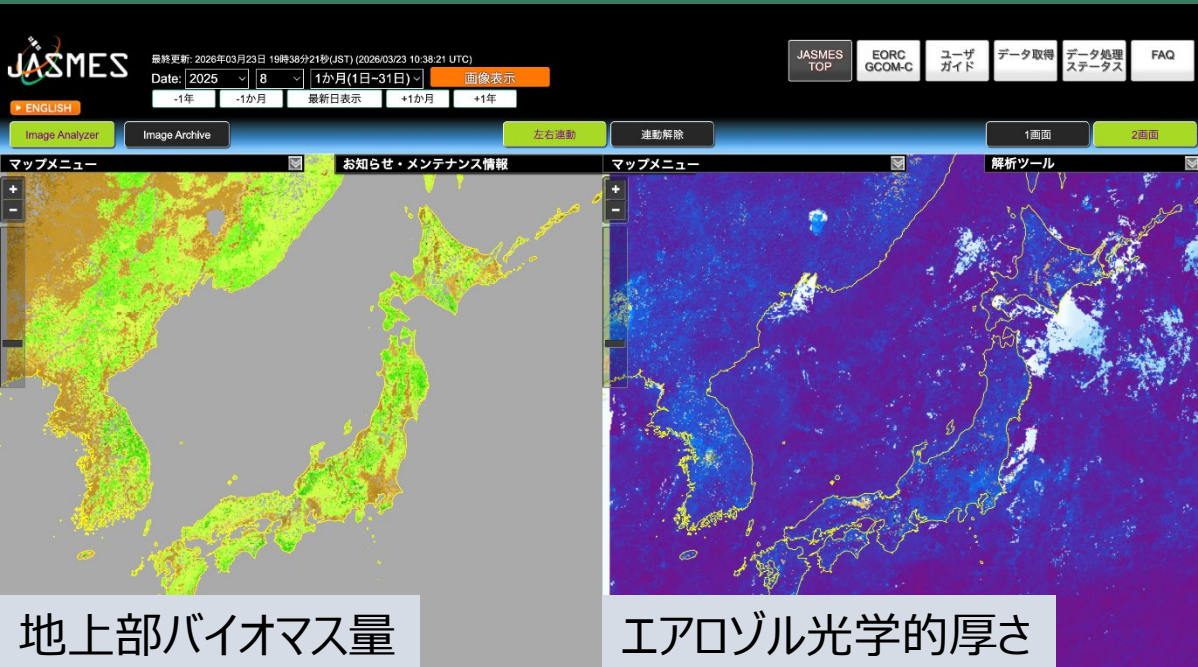
しきさい（GCOM-C）衛星の产品介绍①

分野	プロダクト [ID]	定義
陸域	大気補正済陸域反射率 [RSRF]	•大気中の気体分子やエアロゾル粒子による光の散乱・吸収の効果を取り除き、地表面相当の反射率に補正したもの
	植生指数 [VGI_(NDVI/EVI_)]	•植生の被覆や活性などを示す指数：NDVIとEVI
	カゲ指数 [VGI_(SDI_)]	•スペクトル情報を用いた植生の陰影の割合を示す指数
	地上部バイオマス [AGB_]	•植生の地上部の乾燥重量
	植生ラフネス指数 [AGB_(VRI_)]	•SGLI の多方向観測による植生の立体構造の違いを示す指数
	光合成有効放射吸収率 [LAI_(FPAR)]	•植生が吸収する光合成有効放射(PAR)の割合
	葉面積指数 [LAI_]	•単位面積あたりの植生の葉の片面の総面積
	地表面温度 [LST_]	•地表面の温度
	蒸発散量 [ETID]	•地上の蒸発散及び土壌水分量を表す指標 (気象条件で規格化された地上における実際の蒸発散量を表す)
大気	雲フラグ・タイプ [CLFG]	•雲タイプ及び雲相(水滴・氷晶)の分類を含む雲識別フラグ
	雲種別雲量 [CLPR(CFR*)] * is the No. of the ISCCP classes	•国際衛星雲気候計画ISCCPの分類（雲生成高度と光学的厚さで分類した9タイプが定義されている）に基づく雲タイプ別の雲量
	雲頂温度・高度 [CLPR(CLTT/CLTH)]	•雲頂の温度及び高度
	水雲光学的厚さ・粒径 [CLPR(COTW/CERW)]	•水雲の光学的厚さと雲粒の有効半径
	氷晶雲光学的厚さ [CLPR(COTI)]	•氷雲の光学的厚さ
	陸海上エアロゾル特性 [ARNP(AROT/ARAE/ASSA)]	•可視・近赤外域反射率や偏光観測を用いて推定した陸上・海洋上エアロゾルの光学的厚さ(τ)、オングストローム指数(粒子の大小)、及び陸上の単一散乱アルベド

しきさい（GCOM-C）衛星の产品介绍②

分野	プロダクト [ID]	定義
海洋	正規化海水射出放射輝度 [NWLR(L ^{***})]	•海面から射出する放射輝度(雲検知含む)
	大気補正パラメータ [NWLR(T ^{***})] *** is wavelength.	•大気散乱などの影響を推定するために用いるエアロゾル光学的厚さや波長特性などの情報
	光合成有効放射 [NWLR(PAR ₋)]	•植物プランクトンが潜在的に光合成へ利用できる波長400 – 700nmの海面入射光量の海面における1 日あたりの積算値
	クロロフィルa 濃度 [IWPR(CHLA)]	•植物プランクトンの主要な光合成色素の水中表層における濃度
	懸濁物質濃度 [IWPR(TSM ₋)]	•水中表層の懸濁物質量を単位水あたりの乾燥重量で表したもので、プランクトンなどの有機物と土壌などの無機物の合わせたもの
	有色溶存有機物吸光係数 [IWPR(CDOM)]	•波長412nmにおける水中表層に溶解している有機物による光吸収係数
	海面水温 [SSTD/SSTN(SST ₋)]	•海面の(バルク)温度(雲検知含む)
雪氷	流れ藻指数 [FAI]	•近赤外の反射率を用いた海面の流れ藻の存在を表す指数
	積雪・海氷分布 [SICE]	•積雪・海氷域分布(雲検知含む)
	オホーツク海海氷分布 [OKID]	•雲域識別を含むオホーツク海周辺の海氷域分布
	雪氷面温度 [SIPR(SIST)]	•積雪・海氷表面の温度
	浅層積雪粒径 [SIPR(SGSL)]	•波長865nmの反射率をもとに抽出する積雪の浅い層に存在する氷結晶の粒径
	雪氷面アルベド [SIPR(SALB)]	•晴天時の雪氷面アルベド

しきさい（GCOM-C）衛星の产品介绍③



JASMES Image Analyzer



AMSRシリーズ（しずく・いぶきGW）のプロダクト紹介①

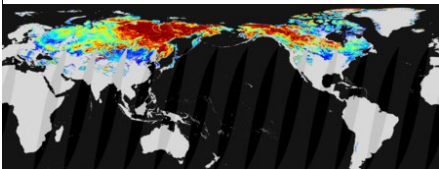
分野	プロダクト [ID]	定義
輝度温度	輝度温度(L1B) [TBB]	•輝度温度は、マイクロ波放射計のアンテナ温度から算出する基本となる観測量
	リサンプリング輝度温度(L1R) [TBR]	•L1B輝度温度を空間マッチング処理により各周波数帯のフットプリントの中心位置とサイズを一致させたプロダクト
大気	積算水蒸気量 [TPW]	•大気中に含まれる水蒸気(気体のH2O)の量を鉛直方向に積算した量
	積算雲水量 [CLW]	•大気中に含まれる雲粒を鉛直方向に積算した量
	降水量 [PRC]	•雨や雪として大気中から地表に到達した水の量
海洋	海面水温 [SST]	•海の表面の水温
	海上風速 [SSW]	•海面の上の風の速度
	全天候海上風速 [ASW]	•海上風速標準プロダクトに用いられているアルゴリズムでは算出できない強風域や強降雨域(台風・低気圧など)における海上風速
雪氷	海氷密接度 [SIC]	•ピクセル内に含まれる海氷の割合
	薄氷域検出 [TSI]	•海氷密接度が90%以上のピクセルについて、厚さ30cm以下の海氷で構成された領域を検出
	高解像度海氷密接度 [HSI]	•空間解像度5kmで算出したピクセル内に含まれる海氷の割合
	海氷移動ベクトル [SIM]	•海氷が移動する距離と方向を表す物理量
	薄氷厚(熱的冰厚) [TIT]	•海氷厚20cm未満の海域を検知し、その海氷厚を推定したもの
陸域	土壌水分量 [SMC]	•地表面付近の土壌の湿り具合を表したもの
	積雪深 [SND]	•地表面に降り積もった積雪の深さを表したもの
	地表面温度 [LST]	•陸上の地表面温度を表したもの
	陸面データ同化による土壌水分量・植生水分量 [LDA]	•陸面モデルと衛星観測を組み合わせ推定した土壌水分量(5層)と植生水分量

AMSRシリーズ（しずく・いぶきGW）のプロダクト紹介②

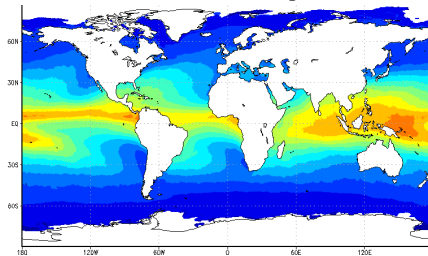
GCOM-W
AMSR2



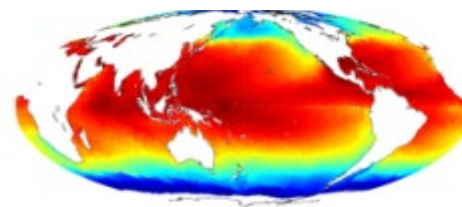
Snow Depth



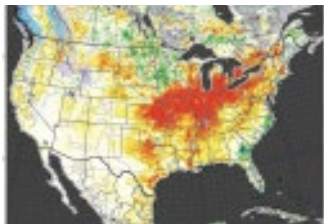
Water Vapor



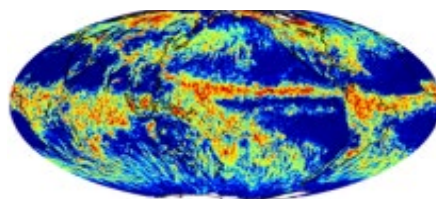
SST



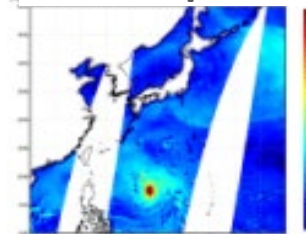
Soil Moisture



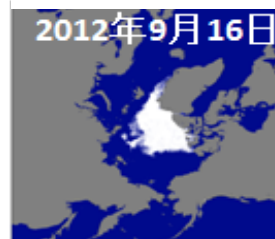
Rainfall



Wind Speed



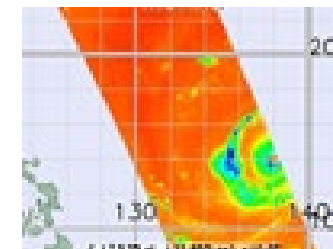
Sea Ice



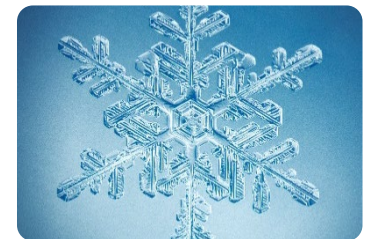
GCOM-GW
AMSR3



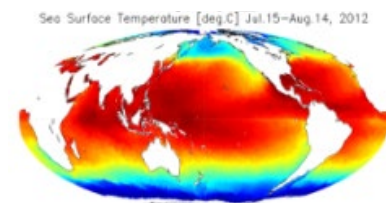
High-Freq. CH



Snowfall



High-res. SST



JAXA Earth API

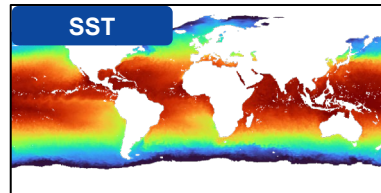
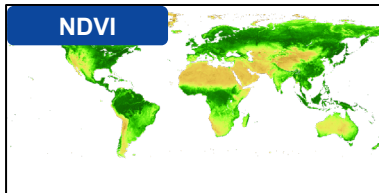
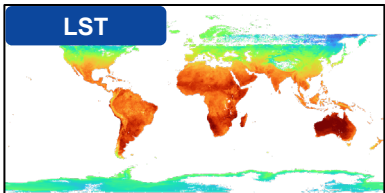
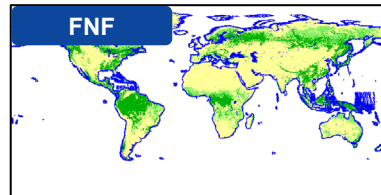
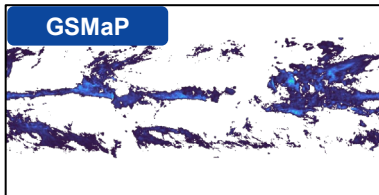
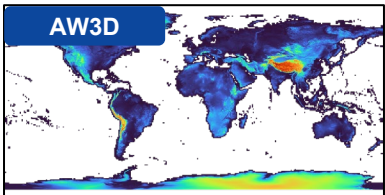


data.earth.jaxa.jp

```
import * as je from "../jaxa.earth.esm.js";

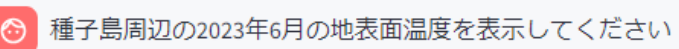
const data = await je.getData({
  collection: "https://.../AW3D30.v3.2_global/collection.json",
  catalog: "2021-02/catalog.json",
  band: "DSM",
  width: 1000,
  height: 500,
  bbox: [-180, -90, 180, 90],
});
const cmap = new je.image.ColorMap(0, 6000, "jet");
document.body.appendChild(je.image.createImage(data, cmap).getCanvas());
```

ブラウザ上に全球地形データを表示する
JavaScript版APIの利用例

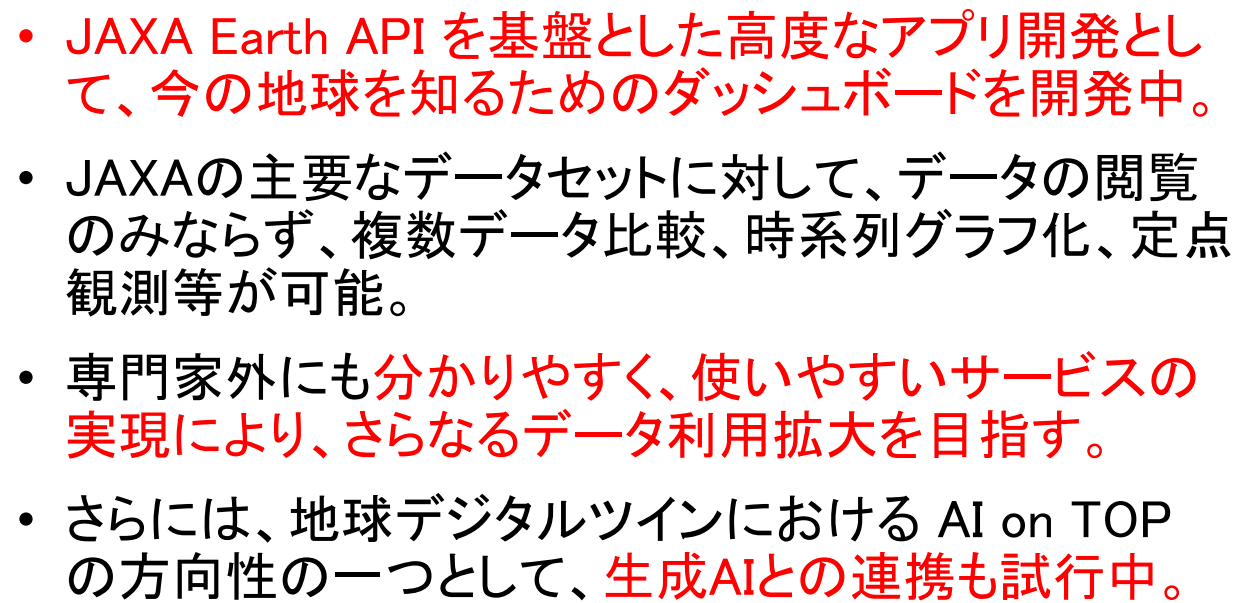


…など、約110種のデータセットに対応中

- 衛星データ利用に関心が高いIT系の開発者をターゲットとして、2022年6月に新規公開、無料で利用可能
- PythonとJavaScriptに対応した衛星データ取得用API (Application Programming Interface)
- Cloud Optimized GeoTIFF (COG)とSpatioTemporal Asset Catalogs (STAC)を利用
- モジュールを読み込んで、メソッドにプロダクト、緯度経度範囲、サイズを指定するだけで、工学値変換後の数値配列としてデータを入手可能
- 数値データで入手できるため、任意の可視化処理や統計処理が可能
- 毎月3～10万件ほどのアクセスがあり、IT系企業を中心に商用利用実績も増加中。



これらの特性は、分析された時間帯の指定されたエリアの地元の気候条件と熱的挙動についての洞察を提供します。



CodeInterpreterの思考プロセス:

```
import pandas as pd

# Load the satellite data
file_path = '/mnt/data/file-cDYQJLCMRpPP1BG4uYvjEIDs'
data = pd.read_csv(file_path, index_col=0)
data.columns = pd.to_numeric(data.columns, errors='coerce')
data.index = pd.to_numeric(data.index, errors='coerce')

# Display the first few rows of the dataframe
data.head()
```

まとめとJAXA地球観測データの公開情報 (1/2)

- 大気・陸域・海洋をグローバルからローカルに監視する様々な衛星データが存在
- 災害対応の観点から、使いやすいデータを提供するために、利用者との対話を引き続き行っていきたい

一覧を見る



Earth-graphy JAXAデータ提供サービス

JAXAの地球観測衛星のデータに関するポータルサイト。さまざまなデータ提供ウェブサイトの紹介・プロダクト一覧・利用の手引きや相談窓口などの情報を一覧可能。

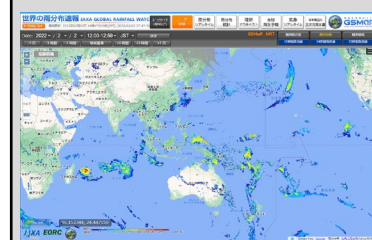
<https://earth.jaxa.jp/ja/data/index.html>



G-Portal JAXAの地球観測衛星によって得られたデータの検索(衛星/センサ検索、物理量検索)と提供を行うシステム。

<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>

目的別に見る



世界の雨分布速報 (GSMaP_NRT)・世界の雨分布リアルタイム (GSMaP_NOW)

GPM主衛星などを利用して観測された世界中の雨の状況を配信しているサイト。GSMaP_NRTは4時間前の順リアルタイム画像、GSMaP_NOWでは実況画像を公開。

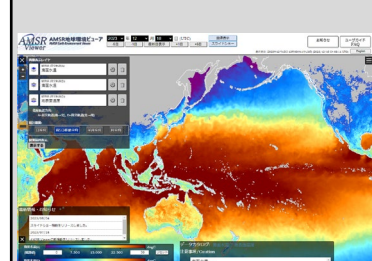
https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm



Today's Earth

災害監視・水文研究のための、地表・河川シミュレーションの結果を公開。全球版(Today's Earth-Global)は陸域50km・河川25km解像度、日本版(Today's Earth-Japan)は1km解像度。

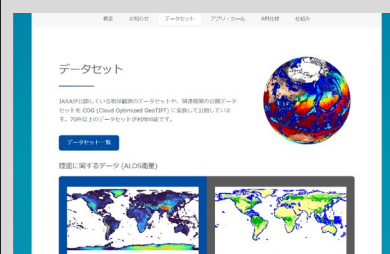
https://www.eorc.jaxa.jp/water/index_j.html



AMSR地球環境ビューア

AMSRシリーズによる水循環に関する物理量を可視化するサイト。時系列の表示・取得も可能 <https://www.eorc.jaxa.jp/AMSR/viewer/>

操作方法:
https://www.satnavi.jaxa.jp/files/document/pdf/AMSR_viewer.pdf

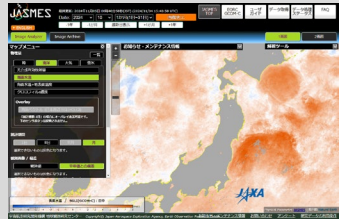


JAXA Earth API

Python及びJavaScriptに対応したAPIモジュールを使ってデータを取得できるサービス。JAXAが公開している主要なデータに対応しており、日々更新中。

<https://data.earth.jaxa.jp/>

まとめとJAXA地球観測データの公開情報 (2/2)



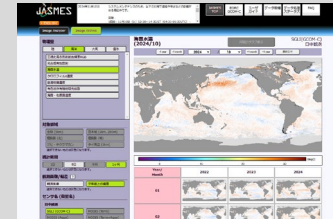
JASMES Image Analyzer

GCOM-C/SGLIやMODIS, VIIRSによる気候変動に関わる物理量を可視化するサイト。全球どの地点でも自由に拡大・スクロール可能。任意の地点・領域の時系列変化のグラフ表示も可能。

https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/Image/analyzer_j.html

操作方法:

https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/docs/How_to_use_JASMES_Image_Analyzer_v1_j.pdf



JASMES Image Archive

GCOM-C/SGLIやMODIS, VIIRSによる気候変動に関わる物理量を可視化するサイト。JASMES Image Analyzerよりも簡易的に画像を見られるようにカレンダー形式になっている。

https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/Viewer/archive_j.html

操作方法:

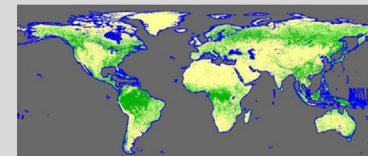
https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/docs/How_to_use_JASMES_Image_Archive_v1_j.pdf



GEE版 内湾モニタ

内湾を含む日本国内任意の場所について、GCOM-Cによる懸濁物質濃度・クロロフィルa濃度、海面水温の情報を提供。

https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/GEE/Observation/ibayMap_j.html



全球PALSAR-2/PALSAR/JERS-1モザイクおよび森林・非森林マップ

衛星が観測したデータを活用して、世界の森林の分布を調べることができるサイト。

https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/fnf_j.htm

操作方法:

<https://www.satnavi.jaxa.jp/files/document/pdf/ForestMap.pdf>