

# 衛星データガイドブック

CONSEO事務局

2022年12月

引用する場合は、出典（「CONSEO衛星データガイドブック」、ページ数等）を記載してください。  
また、原著作物を引用する場合には、当該原著作物の著作権を確認の上、適切な出所表示をお願いします。

CONSEO 

ここだけは押さえておきたい

初級

## 衛星データとは？

- ・人工衛星の種類
- ・地球観測衛星の強み
- ・地球観測衛星の仕組み／観測対象
- ・主な解析例
- ・衛星データの利用時に注意すべきポイント

衛星データの  
種類・仕組み



衛星データのスペックと制約を知る

軌道

中級

## 衛星データのスペック・制約条件

- ・軌道
- ・空間分解能と観測範囲
- ・観測時間
- ・地球観測衛星に搭載される主なセンサ
  - ・光学センサ
  - ・合成開口レーダ（SAR）センサ
  - ・熱赤外センサ
  - ・ライダー
  - ・マイクロ波放射計
  - ・降水レーダ/雲レーダ
  - ・その他のセンサ

空間分解能

観測時間

衛星データ生産の流れを知る

## 衛星データを扱う

- ・観測から解析するまでの流れ
- ・処理レベルとデータプロダクト
- ・データの入手方法／解析ソフトの例
- ・その他の解析例

上級



処理レベル



データの入手方法

解析ソフト



利用事例

最後に

・よくある質問

・アイデア出しの例

The background features a complex wireframe structure representing a satellite network or data flow. It includes a large satellite in the upper left and another in the lower right, both connected to a dense network of nodes and lines. The overall aesthetic is technical and futuristic.

初級

# 衛星データとは？






# 人工衛星の種類

## 人工衛星とは

「衛星」とは、月のような定常的に惑星の周りを周回している天体。「人工衛星」とは、人によって作られた「衛星」。基本的には地球を周回するものを指す。

## 人工衛星の種類

人工衛星は目的に応じてさまざまな役割を持っている。

種類	概要	人工衛星の例
地球観測衛星 	地上からでは見渡せない広範囲を調べ、天気予報や地形情報など生活に役立つ情報に利用される	ALOS-2、GCOM-C、GCOM-W、Sentinelシリーズ、Landsat、Worldview、Planetなど
測位衛星 	GPSに代表される位置情報を調べるために利用される	みちびき、GPS、GLONASS、Galileoなど
通信衛星 	どのような場所でも衛星放送や衛星通信を提供可能にする	LUCAS、Intelsat、Inmarsat、JCSAT、Starlink、OneWebなど
科学衛星 	宇宙の謎や生命の起源などを調べるため地球外の天体の観測や宇宙環境での実験を行う	SPRINT-A、SOLAR-B、JWST、OSIRIS-REx、BepiColomboなど
技術試験衛星 	将来必要となる衛星技術を実証するために開発し、実験や試験を行う	SLATS、技術試験衛星9号機、Mission Extension Vehicle-1、ELSA-dなど

# 地球観測衛星の強み

## ドローンや航空機と人工衛星の違い

人工衛星は高い高度から広範囲を定期的に観測が可能。

	ドローン	航空機	低軌道衛星	静止軌道衛星
観測範囲	0.1km <sup>2</sup> 程度	1~100km <sup>2</sup> 程度	観測幅数十km~2000km程度 ※帯状に地球を観測	地球表面の約1/3程度
空間分解能	1cm程度	3cm~1m程度	30cm~100km程度	500m~2km程度
観測頻度	必要に応じて	必要に応じて	数日に1回~1日複数回	2.5分~15分に1回

### 人工衛星の強み



#### 広範囲

人工衛星は地球を周回するため、世界中を広範囲に撮影可能



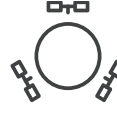
#### 対地表障害性

地上の環境状況に影響なく観測可能



#### 周期性

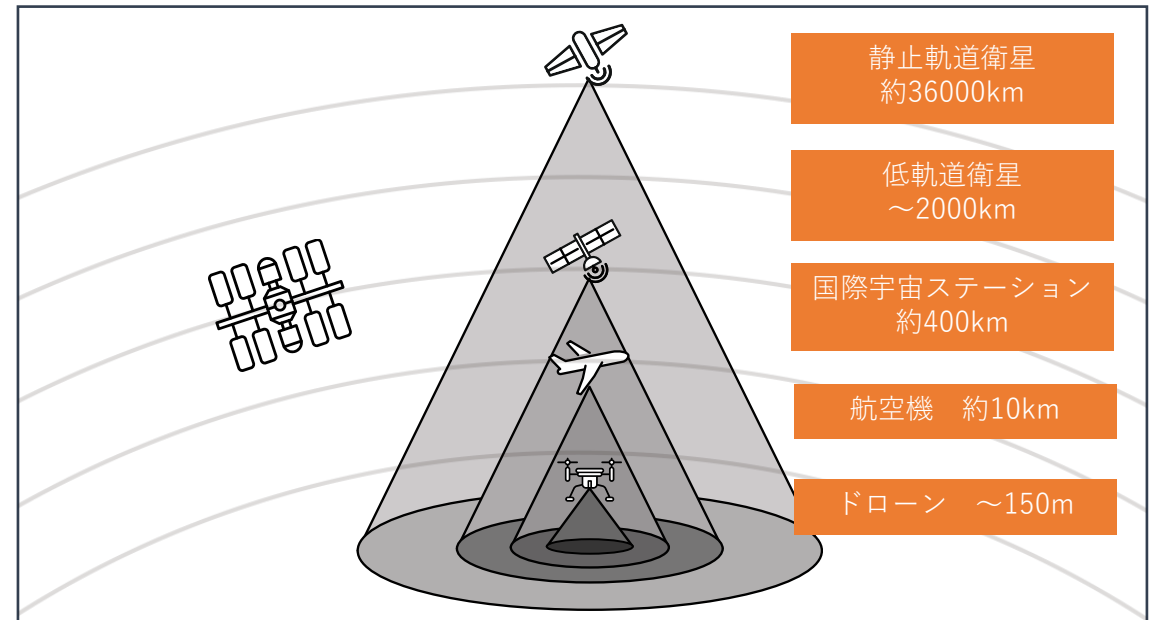
地球を周回するため、定期的に同一地点を観測可能



#### 均質性

同じセンサで世界中を同じように撮影可能

衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集（内閣府）より



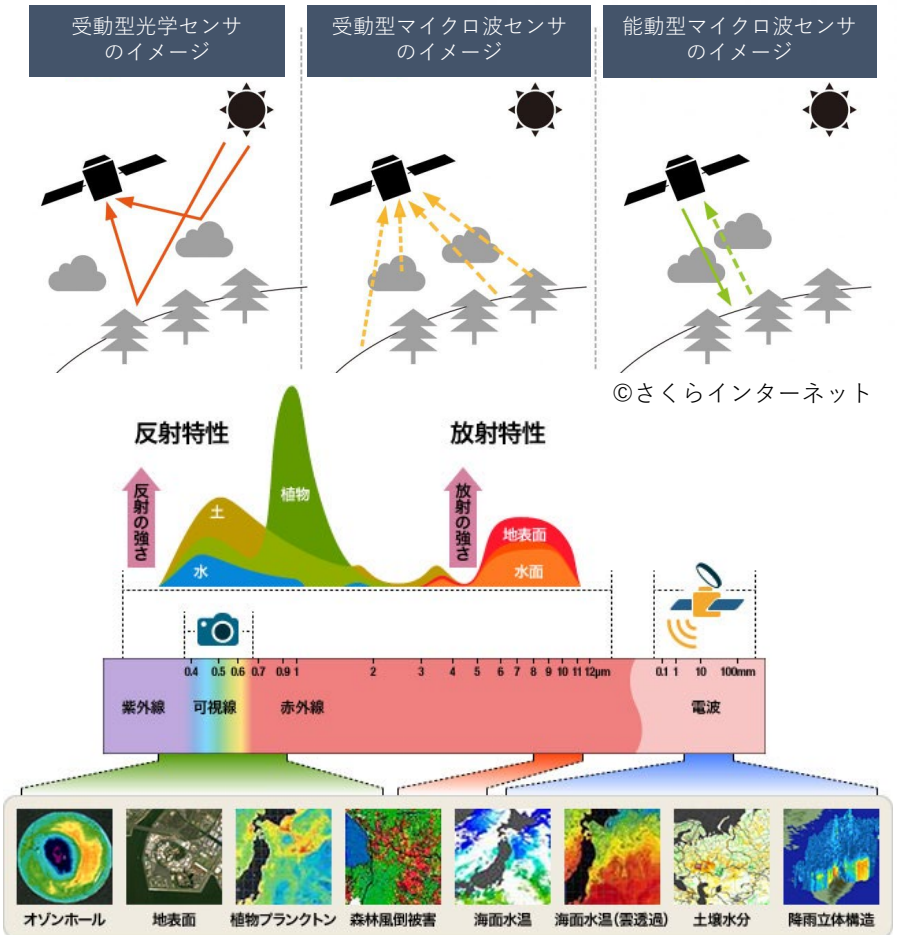
# 地球観測衛星の仕組み／観測対象

## センサと観測する波長帯の違い

地球観測衛星は、衛星によって目的に応じたセンサを搭載し、さまざまな波長帯から地球を観測する。

主なセンサ例	受動型光学センサ	受動型マイクロ波センサ	能動型マイクロ波センサ (合成開口レーダ、 降水レーダなど)
観測方法	太陽光の反射・散乱を観測	地表面からの放射を観測	センサから放射した電波の反射を観測
利用される波長帯の領域	紫外線～赤外線	電波	電波
特徴	空間分解能が比較的高い 観測範囲が狭い 天気や昼夜の影響を受ける	空間分解能が比較的低い 観測範囲が広い 天気や昼夜の影響を受けない	天気や昼夜の影響を受けない
主な観測対象	エアロゾル 地表面 土地被覆 植生	海面水温 海氷情報 降水量 水蒸気量 土壌水分量	地表面の変化 降水量
主な人工衛星	GCOM-C ASAR-1 Sentinel-2 Landsat Worldview	GCOM-W	ALOS-2 GPM/DPR ASAR-2 Sentinel-1

※レーザーを発射して反射を観測する能動型の光学センサもある。



波長により観測しやすい観測対象の例 ©JAXA

<https://sorabatake.jp/662> <https://sorabatake.jp/279/>

# 主な解析例

## 波長の特性から分析

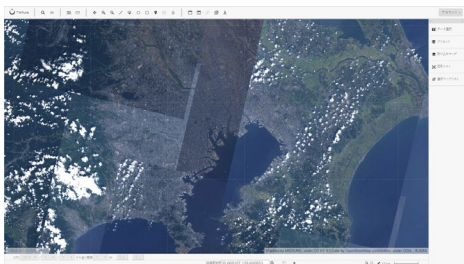
波長の特性を活かし、時に組み合わせることにより  
さまざまな分析が可能になる。

<https://sorabatake.jp/5192/>



## 主な解析例

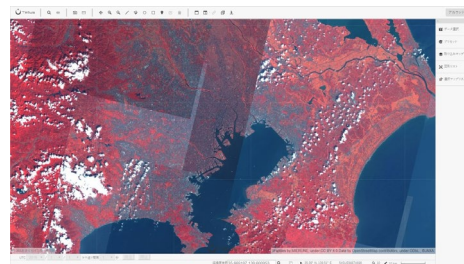
### 可視光



可視光の領域である青、緑、赤の波長帯  
を利用して人の目で見る色味と同様の衛星画像を作成

©さくらインターネット  
©JAXA

### 近赤外



近赤外は植物に対して強い反射特性  
を持ち、植生分布の分析に利用

©さくらインターネット  
©JAXA

### 植生指数 (NDVI)

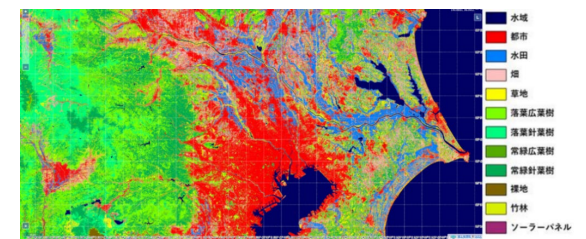


IR: 近赤外線波長の波長 R: 赤色の波長

近赤外と赤の波長から植物の活性度を  
測る植生指数を解析

©さくらインターネット  
©JAXA

### 土地被覆分類

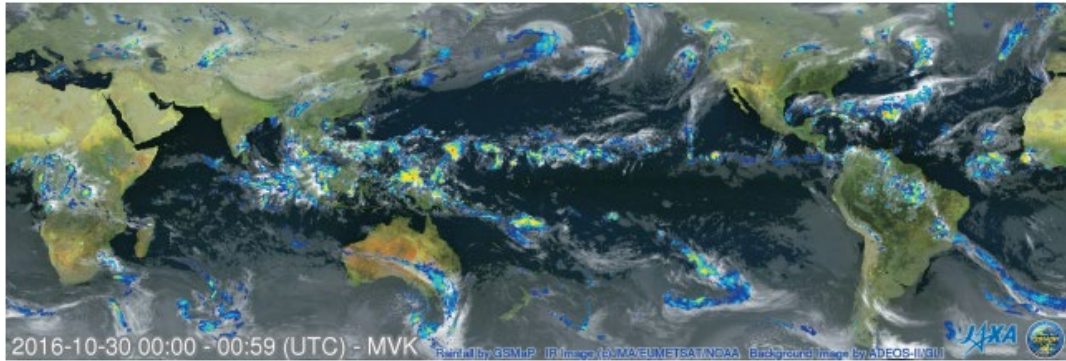


住宅地や森林といった分類項目毎に  
データの特徴(反射特性)を求め、こ  
れを基準に画像全体の土地利用の様  
子を統計手法によって自動分類

©JAXA

# 主な解析例

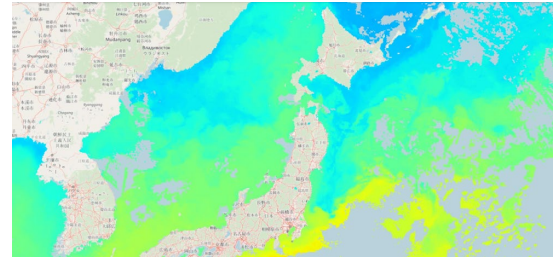
## 降水マップ



マイクロ波放射計による降水強度の観測データから降水マップを作成

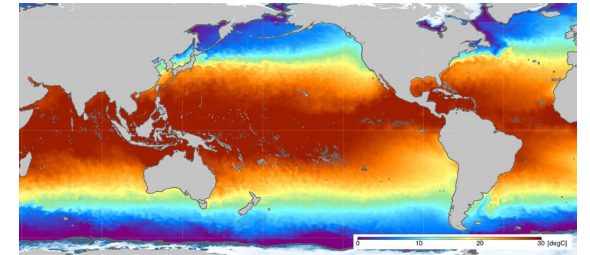
©JAXA

## 海面水温



熱赤外の波長から海面水温を解析

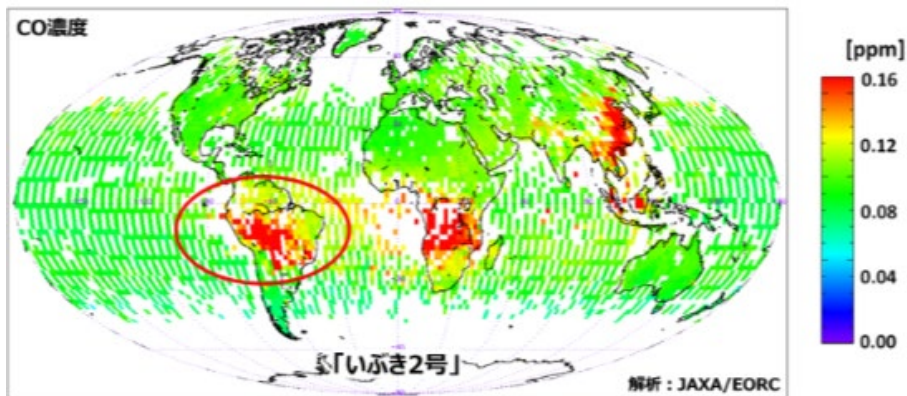
©OpenStreetMap contributors,  
©さくらインターネット, ©JAXA



マイクロ波放射計により雲を透過した海面水温を解析

©JAXA

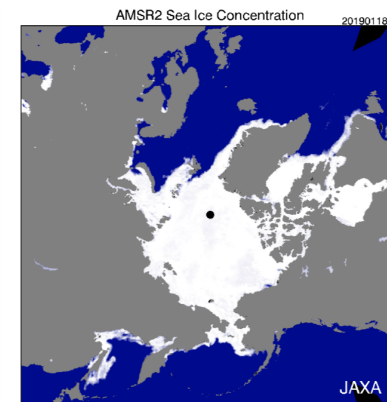
## 二酸化炭素濃度



二酸化炭素が特定の波長の光を吸収する特性を利用し、濃度分布を解析

©JAXA/EORC

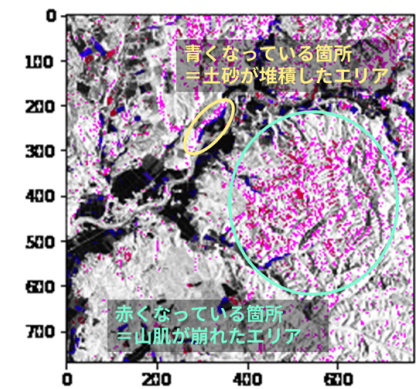
## 海水分布



海水密度を観測し海水の分布や面積を解析

©JAXA

## 地盤の変化



2時期のSARデータから干渉解析を行い、土砂崩れや浸水域などを解析

©JAXA



# 衛星データの利用時に注意すべきポイント

## 衛星データの注意点

---

- **衛星に搭載されているセンサや軌道によって空間分解能や観測範囲が異なる**

搭載しているセンサの仕様のほか、衛星が利用している軌道によって観測できるデータの空間分解能や観測範囲が異なる。  
詳しくは、[p14中級：軌道、空間分解能と観測範囲へ](#)

- **衛星によって特定の場所を観測する時間が異なる**

12時と0時前後や、6時と18時前後など、衛星によって特定の場所を観測できる時間が異なる。詳しくは、[p13中級：観測時間へ](#)

- **センサによって観測対象が異なる**

光学センサや合成開口レーダ（SAR）など衛星によって搭載されているセンサは異なる。  
詳しくは、[p16以降の地球観測衛星に搭載される主なセンサへ](#)

- **目的に応じて適した処理がされているデータを扱う必要がある**

衛星から取得したデータは目的に応じて段階的に処理がされているため、適した処理がされているデータを利用する必要がある。  
詳しくは、[p30上級：観測から解析するまでの流れへ](#)

## 衛星データを入手・解析する

---

衛星データの入手や解析の仕方はさまざまな方法がある

- [データの入手方法 p36へ](#)
- [解析ソフトの例 p37](#)
- [アイデア出しの例 p41](#)

The background of the slide features a complex wireframe structure. On the right side, there is a detailed wireframe model of a satellite with various instruments and antennas. On the left side, there is a network-like structure consisting of numerous interconnected nodes and lines, resembling a data network or a constellation of satellites. The overall aesthetic is technical and futuristic, with a light gray color palette for the wireframes against a white background.

中級

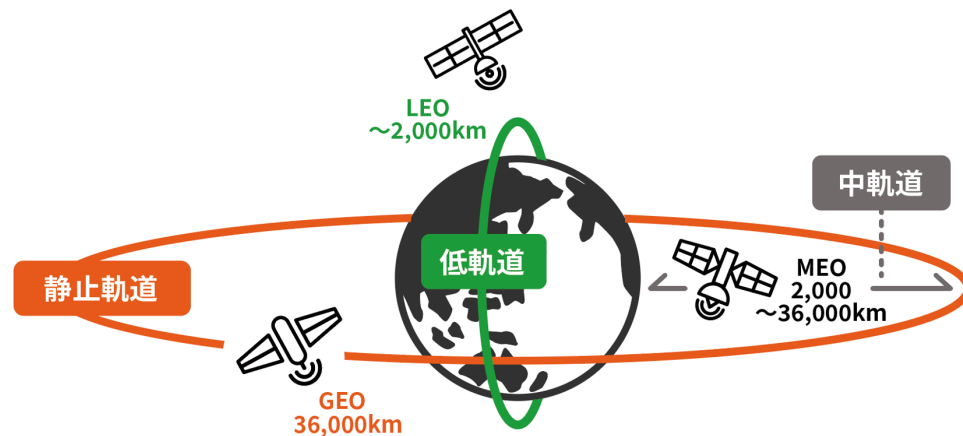
# 衛星データのスペック・制約条件

# 人工衛星の軌道

## 人工衛星の主な周回軌道

人工衛星は目的に応じてさまざまな高度の軌道を周回している。

	高度	メリット	デメリット
低軌道 Low Earth Orbit, LEO	2,000kmまで	空間分解能が高い 全球を観測できる	観測幅が狭い
中軌道 Middle Earth Orbit, MEO	2,000~ 36,000km	観測幅が広い	空間分解能が低い
静止軌道 Geostationary Earth Orbit, GEO	36,000km	同じ場所を常時観測可能 観測幅が広い	空間分解能が低い 全球を観測できない



## 軌道と観測頻度

衛星は常に同じ軌道を回り続けているが、地球が自転をしているため、地球表面の観測場所がずれていき、軌道によって同じ場所を観測できる頻度が変わる。



衛星は常に同じ場所（軌道）を  
回り続けている



衛星が軌道を1周する間に地球が自転  
して、地球表面の観測場所がずれる

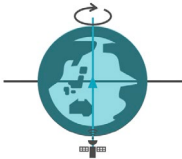




衛星が地球を回る間に地球が自転して、  
元の場所に戻ってくる = 観測頻度

# 人工衛星の軌道

## 軌道傾斜角による違い

赤道と軌道面の角度により観測できるエリアが異なる。

傾斜角	赤道面と軌道面がほぼ直角	赤道面と軌道面が直角よりも傾く	赤道面と軌道面がほぼ一緒
観測エリア	全球を観測可能	低～中程度地域の観測が可能	赤道周辺に特化
利用している衛星	ALOS-2、GCOM-C、GCOM-W など	国際宇宙ステーション（ISS）、GPM主衛星 など	気象衛星ひまわり、通信衛星 など
軌道のイメージ			

<https://sorabatake.jp/23000/>

## 地球観測衛星の軌道の特徴

地球観測衛星は、同じ場所をなるべく同じ条件で観測する軌道を利用していることが多い。

### 太陽同期軌道

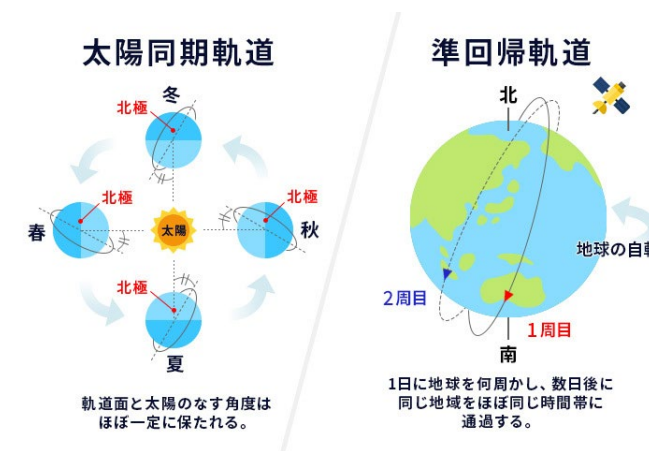
(Sun-Synchronous Orbit: SSO)  
衛星の軌道面と太陽の位置関係が1年を通して同じ条件になるため、ほぼ同じ日の当たり方で地球観測が可能。

### 太陽非同期軌道

軌道面と太陽との位置関係が一定にならないが、さまざまな時間帯で観測が可能。

### 回帰軌道

(Repeat Ground Track Orbit)  
地球が自転で1周する間に、人工衛星が数周する軌道。ある地点の上空を通過した衛星は、翌日も同じ地点を通過する。また、数日おきに同じ地点の上空を通過する軌道を「準回帰軌道」という。

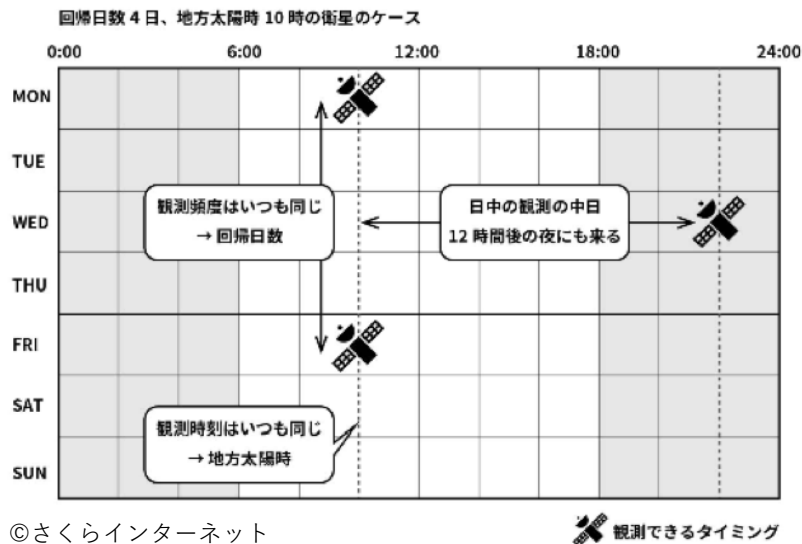


# 観測時間

## 軌道と観測時間

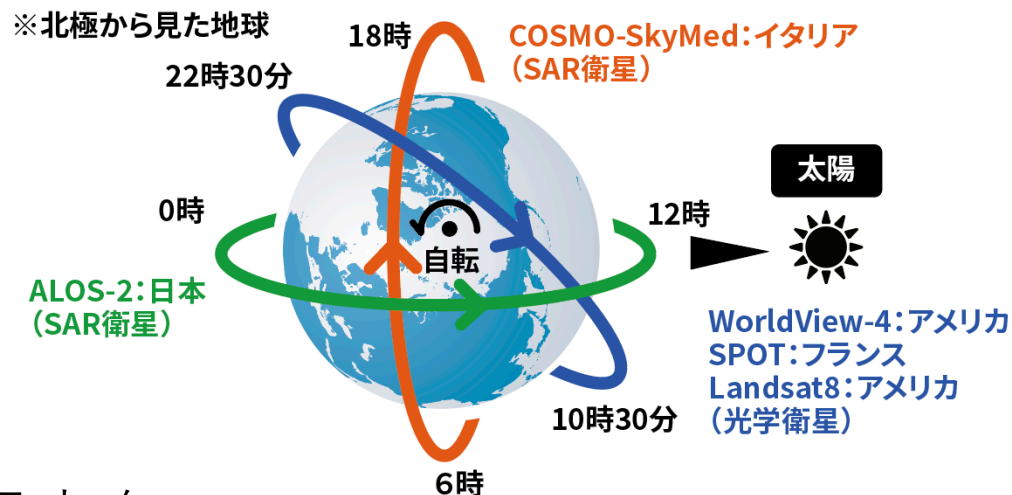
太陽同期軌道を利用している地球観測衛星は、同じ場所をほぼ同じ時間帯（地方太陽時）に観測している。

昼と夜の同じ時間に同じ場所の上空を特定の周期で通過する。



光学センサの場合、太陽光の影響を大きく受けるため、地表面が太陽によって暖められ上昇気流による雲が発生しやすい午後よりは午前の軌道を利用することが多い。

合成開口レーダ（SAR）の場合、電波を発する能動的なセンサであるため必要な電力が大きく、太陽光で常に発電をされている地方太陽時6時/18時の軌道を取ることが多い。



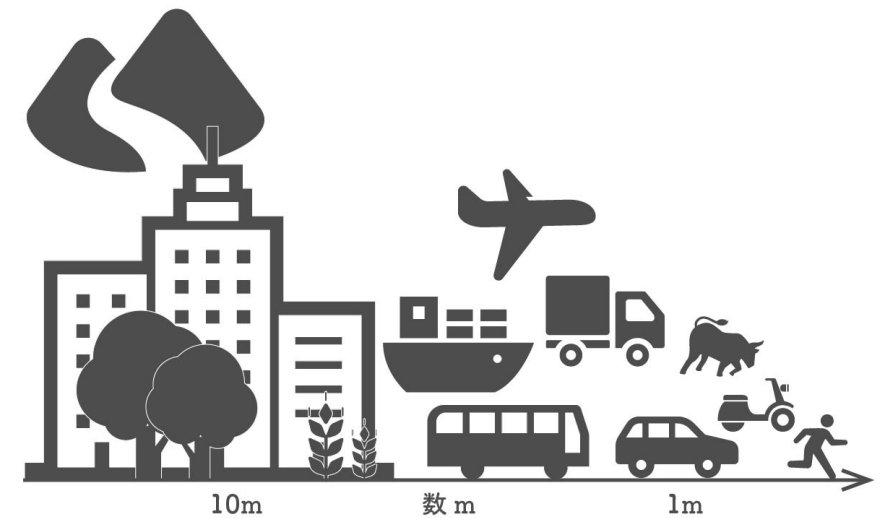
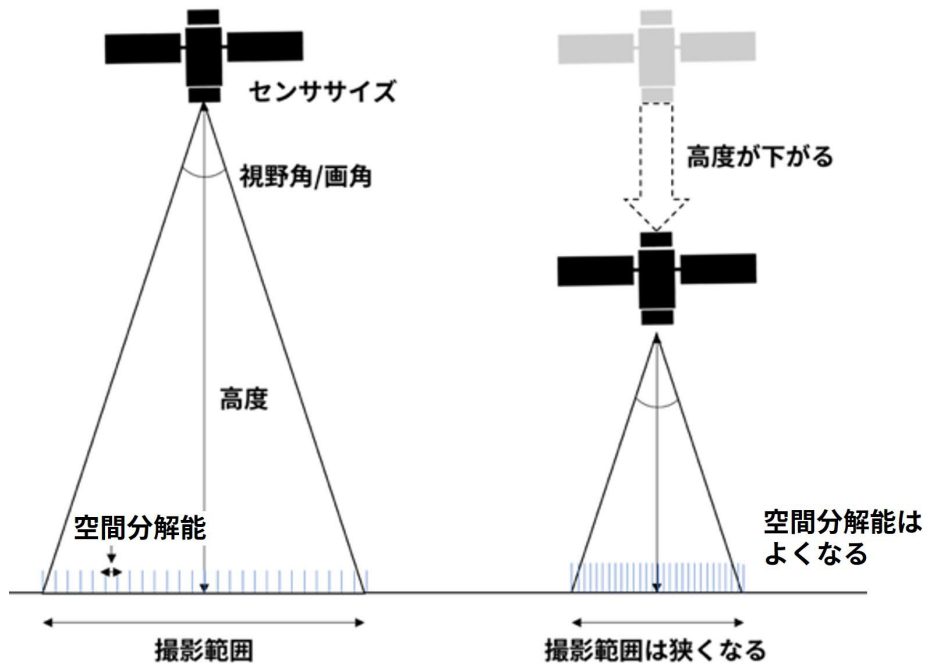
## 通過時間と通過方向

太陽同期軌道の場合、人工衛星が特定の場所を観測する地方太陽時は12時と0時、10時30分と22時30分など、同じ場所を別の時間帯で通過するタイミングがあり、それぞれ北方向から通過し観測することを「降交軌道（descending）」、南方向から通過し観測することを「昇交軌道（Ascending）」と呼ぶ。

# 空間分解能と観測範囲

## 空間分解能と観測範囲

観測データの空間分解能（解像度）は高度やセンサのサイズ、種類、利用する周波数などにより異なる。



©さくらインターネット

同じセンサの場合、高度が低い方が空間分解能は高くなるが、観測範囲は狭くなる。

空間分解能と観測対象の目安

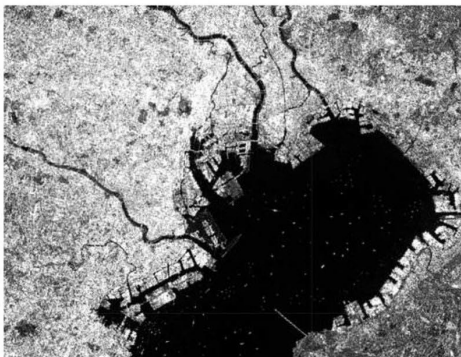

# 空間分解能と観測範囲


## 見え方の違い

### 光学画像のイメージ

	広域観測	詳細観測
空間分解能	10m~数10m	0.3m~数m
観測範囲 (観測幅)	数100km	10km~数10km
画像例	 Sentinel-2画像	 WorldView-4画像

### 合成開口レーダ (SAR) 画像のイメージ

	広域観測 (Scan SAR モード)	詳細観測 (Spotlight モード)
空間分解能	10m~数10m	1m~数m
観測範囲 (観測幅)	数100km	10km~数10km
画像例	 Sentinel-1画像	 COSMO-SkyMed 画像

The background of the slide features a complex wireframe network of nodes and lines, overlaid with a faint, stylized map of the Earth. In the upper left and lower right corners, there are detailed wireframe models of satellite components, including what appear to be solar panels and antenna arrays. The overall aesthetic is technical and futuristic.

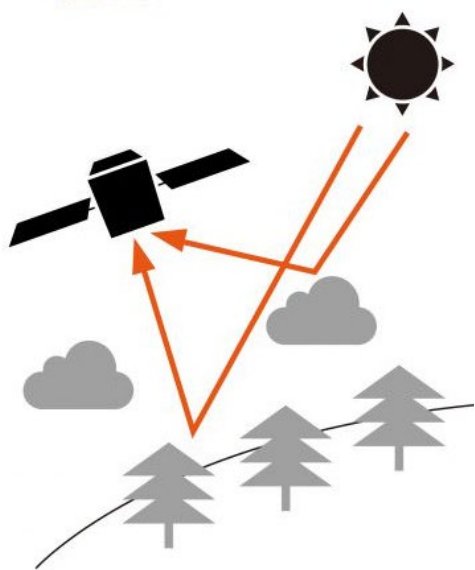
# 地球観測衛星に搭載される 主なセンサ



# 光学センサ

## 光学センサの特徴

### 光学衛星のイメージ



#### 観測に適しているもの

- ・対象物の色／大きさ／数／形状など
- ・土地被覆（森か畑か町かなど）
- ・植物の活性度

#### 仕組み

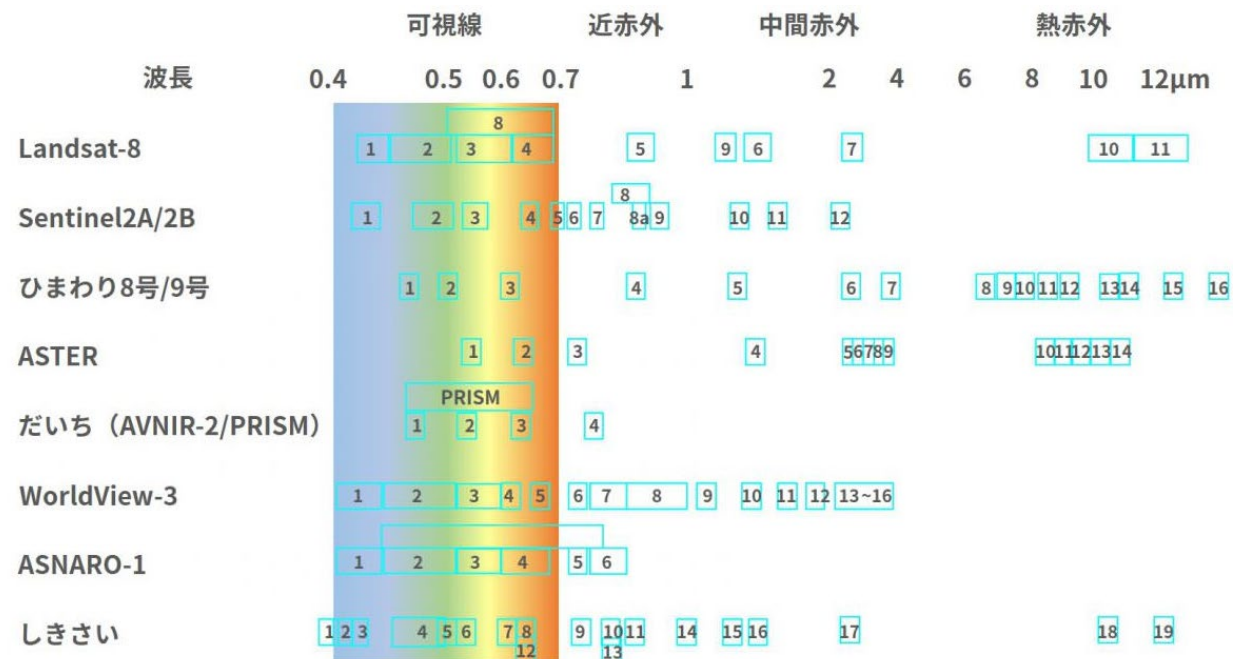
- ・太陽光の反射を見る受動型センサ
- ・観測波長は可視光と近赤外線（NIR）

#### 長所／短所

- 直感的に分かりやすい画像
- 撮影している衛星が多い
- ×雲や夜では地表面を観測できない
- ×太陽光の当たり方で見え方が大きく変わる

※レーザーを発射して反射を観測する能動型の光学センサもある。

衛星による観測波長帯の違い

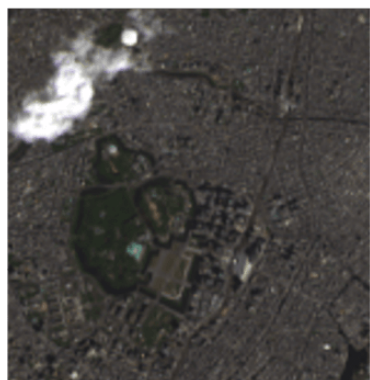


# 光学センサ

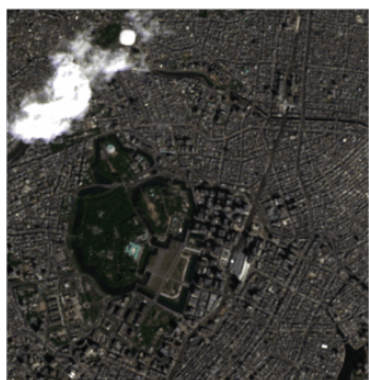
## 光学センサの特徴

写真で撮ったようなカラー画像は、赤緑青（RGB）の波長帯を重ね合わせたマルチスペクトル（マルチ）画像であり、それぞれ単体の波長の画像は白黒のパンクロマティック（パンクロ）画像と呼ぶ。

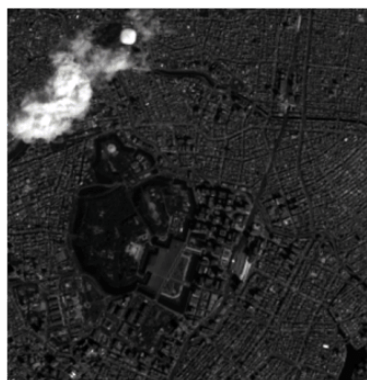
マルチ画像よりパンクロの画像の方が解像度が高いことが多く、マルチの画像にパンクロの画像を重ね、カラー画像をシャープにした「パンシャープン」画像を作成することも可能。



バンド2、3、4を合成したカラー画像  
(30m分解能)

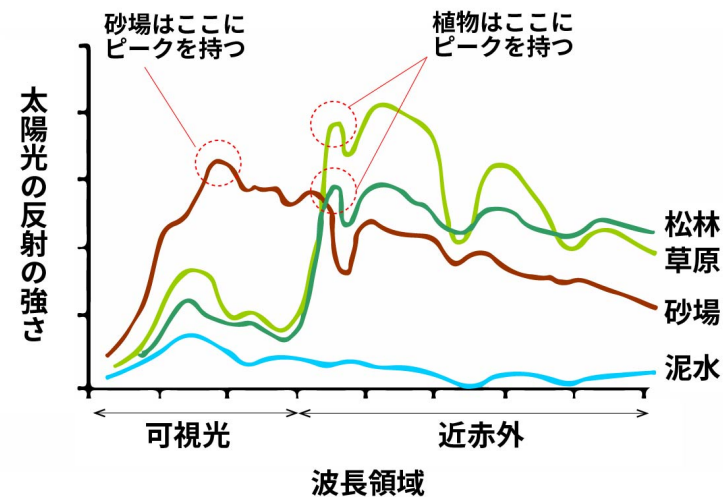


バンド2、3、4の合成画像に  
さらにバンド8を合成処理したカラー画像  
(15m分解能)



バンド8の白黒画像  
(15m分解能)

Landsat-8のバンドからパンシャープン画像を作成するイメージ



(GRASSを用いた地理情報システム入門(第9回)/大阪市立大学を基に宙畑が作成)

可視光から近赤外の波長域の反射率の強さから土地被覆分類や、ハイパースペクトルなどより細かく波長を分類することで植物の分類をすることなども可能。

よく利用される分野

**災害対策：**土砂崩れにより植生の変化の把握

**土地利用：**異なる方向から観測することによる立体視による3次元地図作成

**農業：**作物の生育状況の把握

**森林：**森林地図の作成、伐採検知

**衛星：**Sentinel-2、SPOT、WorldView、  
GCOM-C、ひまわりなど

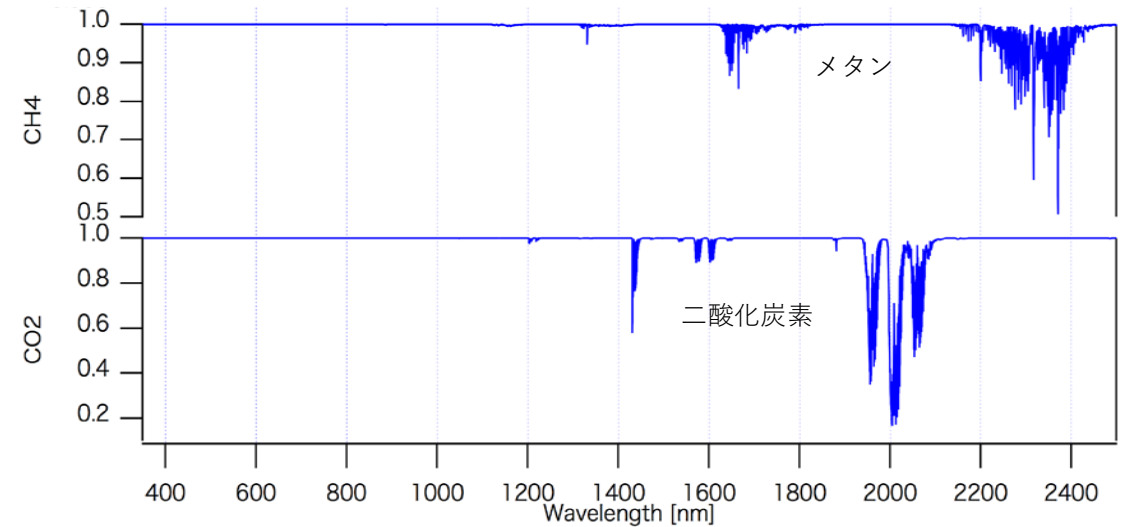
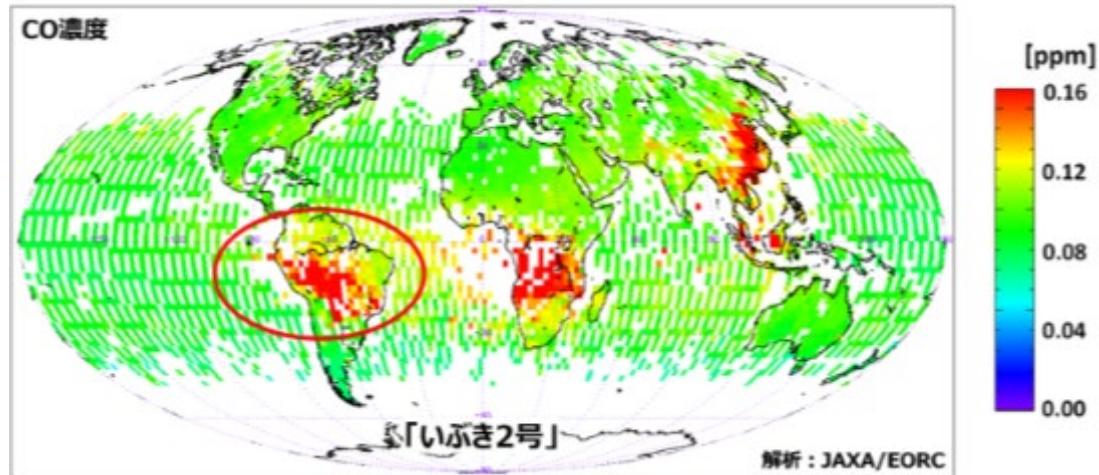
# 光学センサ

## 光学センサの解析例

### GOSAT-2による二酸化炭素濃度分布の観測

地表面で反射される短波長赤外（SWIR）域の分光放射輝度を測定することで二酸化炭素やメタンガスなどの温室効果ガスの濃度を観測することが可能。

[GOSAT Data Archive Service \(GDAS\)](#)（国立研究開発法人 国立環境研究所）や[GHGs Trend Viewer \(JAXA\)](#)のサイトで、観測された温室効果ガスのデータを提供している。



温室効果ガスが持つ特性（特定の波長の光を吸収する）を検出することで濃度を測定。  
©JAXA

よく利用される分野

気候変動：温室効果ガスの観測による地球温暖化の把握

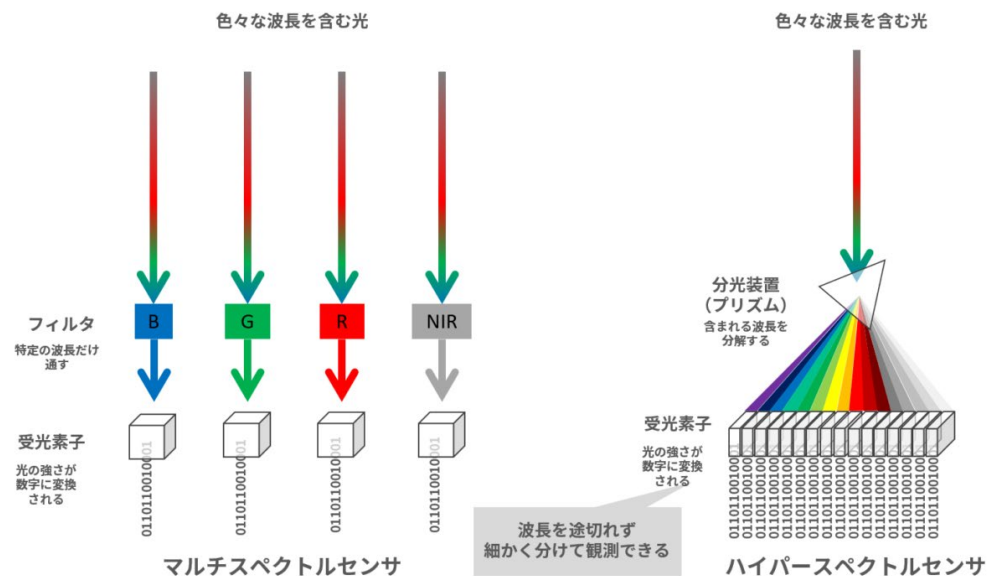
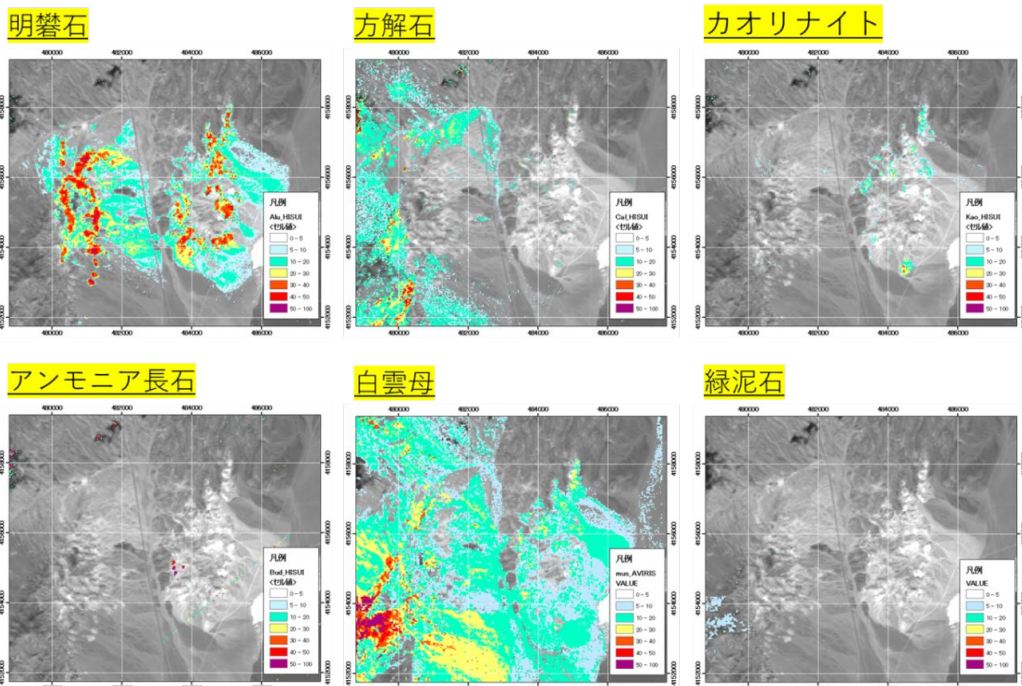
衛星：GOSAT、GOSAT-2、OCO-2、GHGSat-D、Sentinel-5Pなど

# 光学センサ

## 光学センサの解析例

### ハイパースペクトルセンサによる波長の詳細分析

通常の光学センサ（マルチスペクトルセンサ）では、観測できる波長は数種類となるが、ハイパースペクトルセンサでは、光を分光することで100以上の波長に分解し観測することが可能。これにより、さまざまな波長の特性を活かし、鉱物の分類や植物の種類などの利用へ期待されている。



マルチスペクトルセンサとハイパースペクトルセンサの仕組み  
©さくらインターネット

ハイパースペクトルセンサによる鉱物の分類イメージ  
©Japan Space Systems

<https://sorabatake.jp/28639/>

よく利用される分野

森林：樹種の分類  
エネルギー・資源：鉱物資源の分布を観測

衛星： HISUI、Hyperion、  
EnMAP、PRISMA、  
AHSI/Gsofen5 など

# 合成開口レーダ (SAR) センサ

## SARセンサの特徴

### 観測に適しているもの

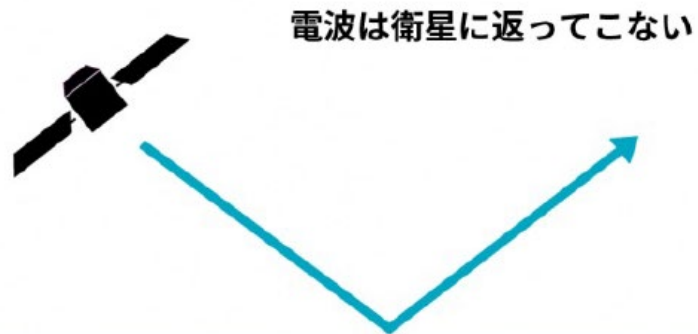
- ・対象物の有無／変化
- ・対象物の材質  
(人工物か自然物か水か)
- ・土壌水分

### 長所／短所

- 雲や夜の影響なく撮影できる
- 同じ条件で撮影するので比較しやすい
- ×画像としてはわかりづらい

### 仕組み

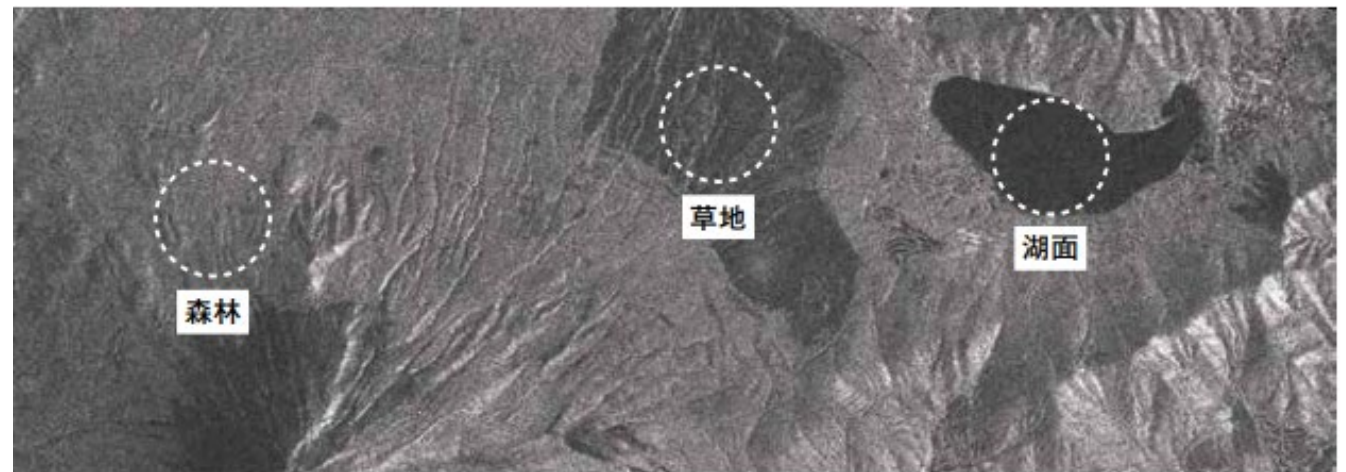
- ・自ら発した電波の跳ね返りを見る  
能動型センサ
- ・観測波長はマイクロ波



水面などの滑らかな地表



森林などの粗い地表



©JAXA, METI, analyzed by JAXA

# 合成開口レーダ（SAR） センサ

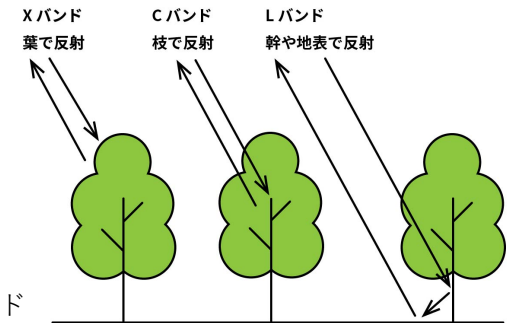
## SARセンサの特徴

### 周波数による違い

	Pバンド	Lバンド	Sバンド	Cバンド	Xバンド
観測周波数	0.25~0.5GHz	1~2GHz	2~4GHz	4~8GHz	8~12GHz
【画像に関する観点】					
解像度	粗い ←		→ 細かい		
透過性	大きい ←		→ 小さい		
対象物	自然物 ←		→ 人工物		
【衛星に対する観点】					
必要な電力	大きい ←		→ 小さい		
小型化	難しい ←		→ 易しい		
衛星例	Biomass	ALOS-2	NovaSAR	Sentinel-1	TerraSAR

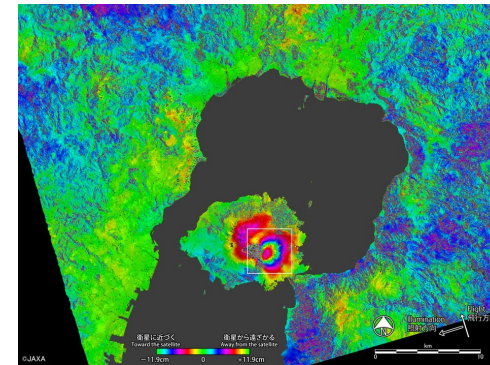
<https://sorabatake.jp/3364/>

<https://sorabatake.jp/4343/>



周波数によって空間分解能や透過性、適した観測対象が異なる。主に利用されるバンドはX、C、Lバンド

©さくらインターネット



2時期の画像を干渉することで、土地の隆起や沈降を広範囲で調べることも可能。

よく利用される分野

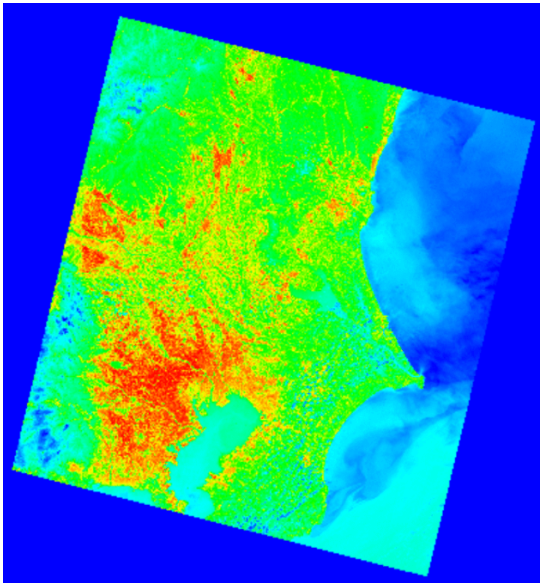
**災害対策：**浸水域や土砂崩落の把握  
**土地利用・インフラ管理：**土地被覆図の作成、地盤沈下の把握、港湾施設や河川堤防の変状把握

**エネルギー・資源：**海上風速の把握  
**森林：**森林地図の作成、資源の把握、伐採検知  
**気候変動：**海水分布の把握

**衛星：**ALOS-2、Sentinel-1など

# 熱赤外センサ

## 熱赤外センサの特徴

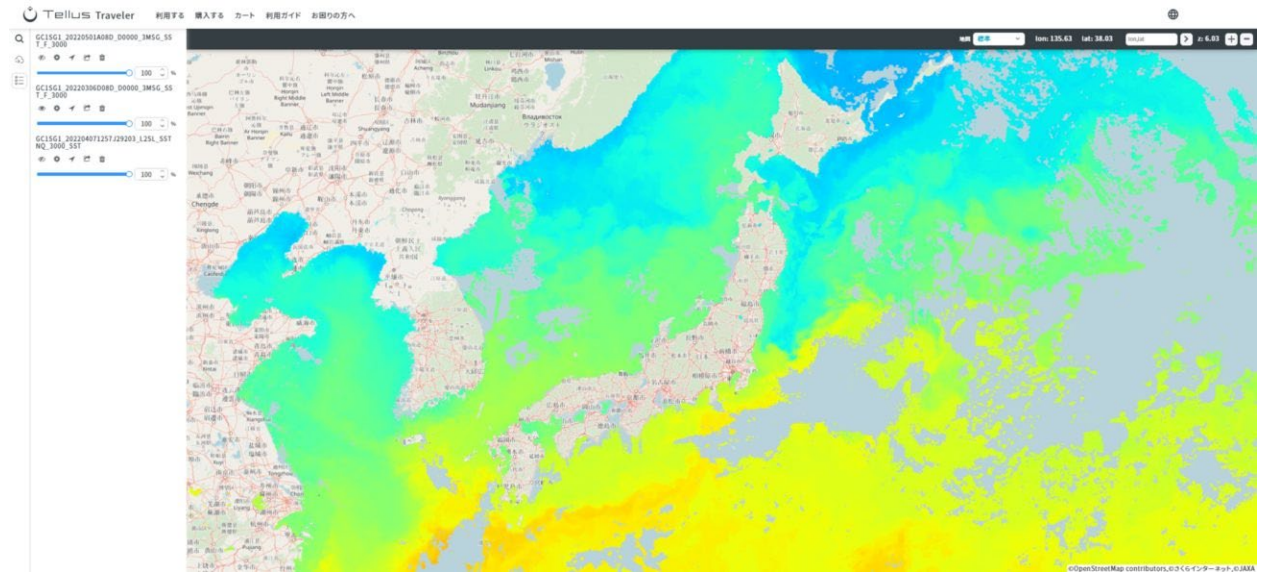


Landsat-8で解析した地表面温度画像  
<https://sorabatake.jp/279/>

**観測に適しているもの**  
・海面や地表面の温度

**仕組み**  
・物体が温度に応じて発する電磁波を見る受動型センサ  
・観測対象は熱赤外線（TIR）

**長所／短所**  
○観測できる範囲が広い  
○人に関する温度領域が観測できる  
×空間分解能は低い



GCOM-Cで解析した海面水温画像  
<https://sorabatake.jp/27075/>

©OpenStreetMap contributors,  
©さくらインターネット, ©JAXA

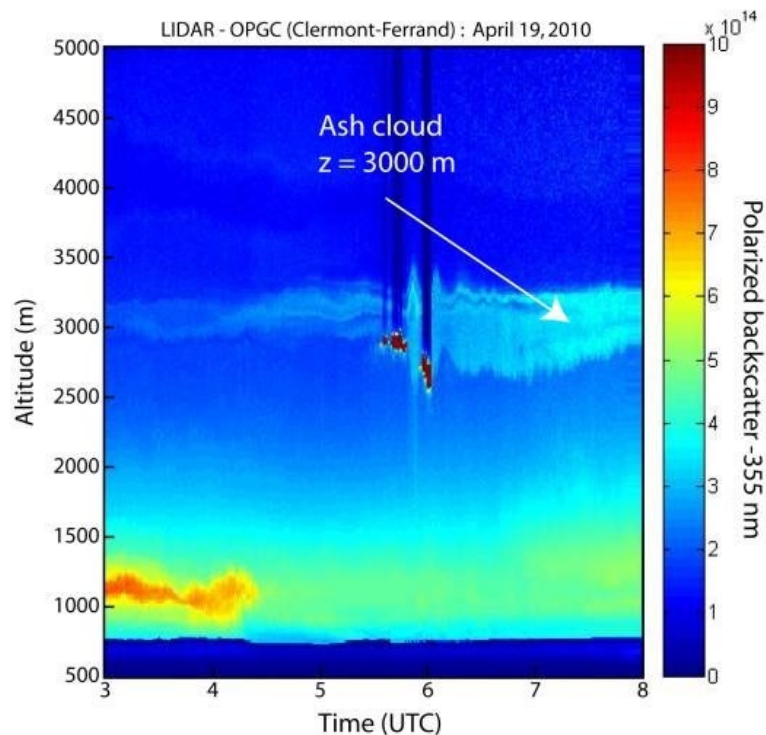
よく利用される分野

**水産業**：海面水温や空気中の微粒子（エアロゾル）の把握  
**気候変動**：地表面温度の把握

**衛星**：GCOM-C、ひまわり、Terra、Aqua、Landsatなど

# ライダー

## ライダーの特徴



### 観測に適しているもの

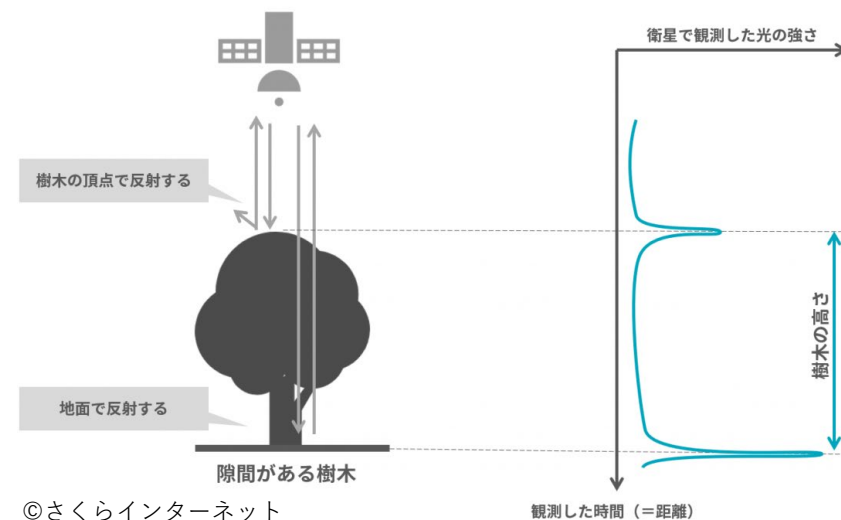
- ・ 空気中の粒子／雲
- ・ 風速
- ・ 樹高

### 仕組み

- ・ 自ら発したレーザー光の跳ね返りを見る能動型センサ
- ・ 観測対象は可視光

### 長所／短所

- 高さ方向の観測ができる
- × 測定範囲が狭い（直下点のみ）



©さくらインターネット

ライダーで樹高を観測するイメージ  
衛星から発した電波が木の頂点と地面で反射されることで樹高を観測する

<https://sorabatake.jp/14216/>

ライダーで観測された雲

[Near real-time monitoring of the April-May 2010 Eyjafjallajökull ash cloud:](#)  
[An example of a web-based, satellite data-driven, reporting system](#)

よく利用される分野

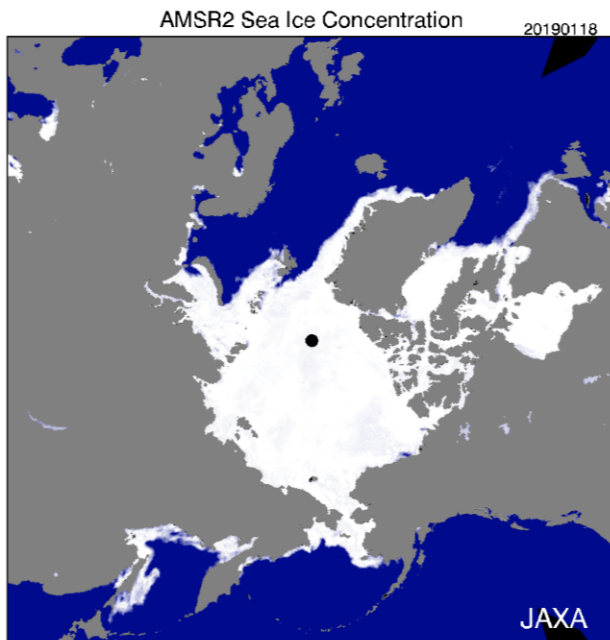
土地利用・インフラの管理：3次元地図の作成  
森林：樹高や森林バイオマスの推定

衛星：Icesat、Icesat2、GEDIなど



# マイクロ波放射計

## マイクロ波放射計の特徴



GCOM-Wが観測した北極海域の海水分布  
©JAXA

### 観測に適しているもの

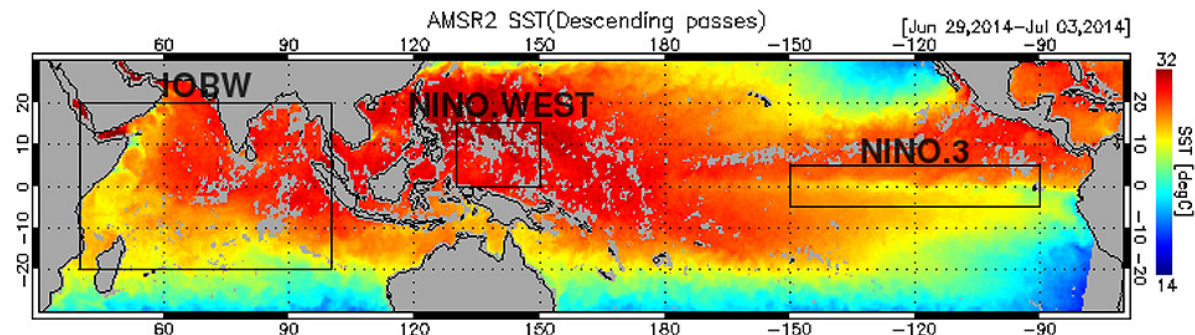
- ・ 海水情報、降水量、水蒸気量、土壌水分量、積雪深、海面水温、海上風速

### 仕組み

- ・ 水分が発する電磁波を見る受動型センサ
- ・ 観測波長はマイクロ波

### 長所／短所

- 雲を透過して観測が可能
- 観測できる範囲が広い
- × 空間分解能が光学センサに比べて低い



GCOM-Wが観測した海面温度の分布  
©JAXA

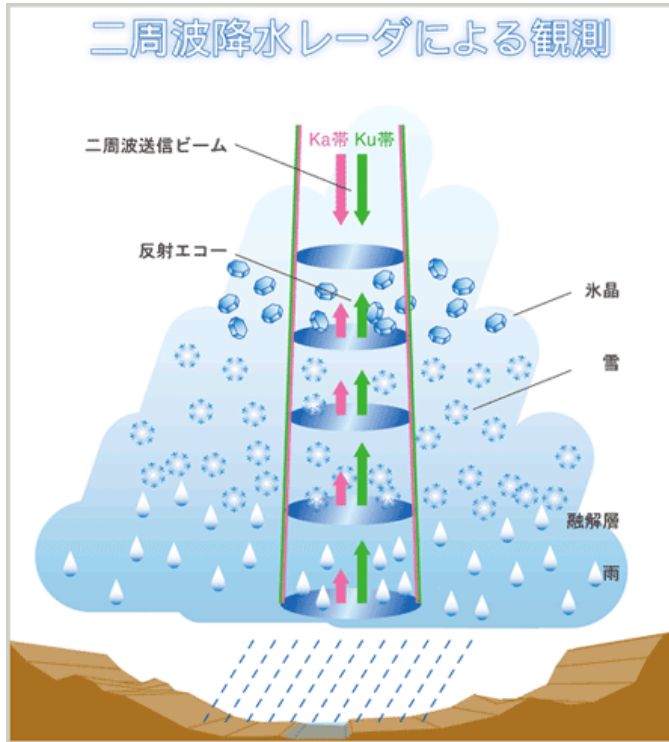
よく利用される分野

**災害対策：** 降水量分布・海面水温・海上風速の把握  
**エネルギー・資源：** 海上風速・海面水温・海水分布の把握  
**農業・水産業：** 降水量、地表・海面温度、土壌水分量などの把握  
**気候変動：** 水に関する物理量の把握

**衛星：** GPM主衛星、GCOM-W、など

# 降水レーダ／雲レーダ

## 降水レーダ／雲レーダ

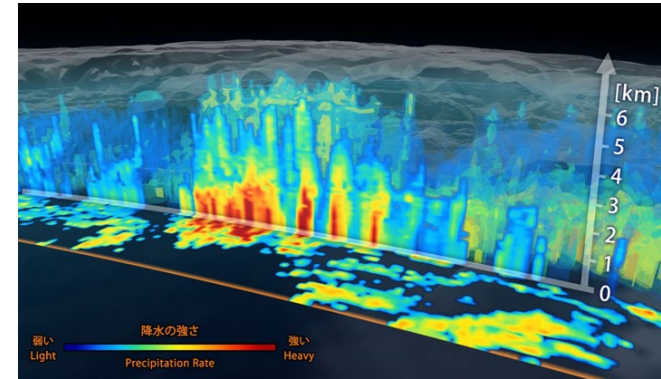


GPM主衛星に搭載の二周波降水レーダのイメージ  
©JAXA

**観測に適しているもの**  
・大気中の雨や雲の様子

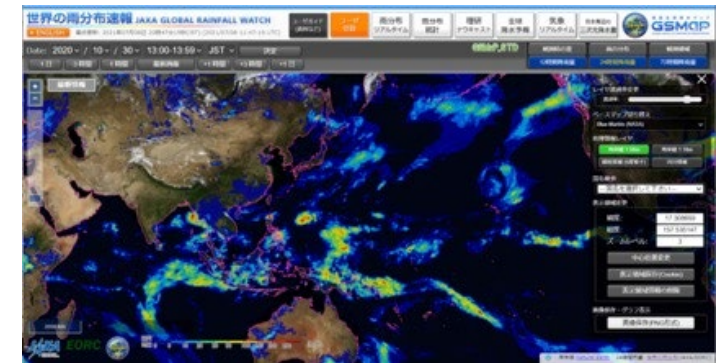
**仕組み**  
・自ら発した電波の跳ね返りを見る能動型センサ  
・観測波長はマイクロ波 (Ku/Ka、Wバンド)

**長所／短所**  
○海洋気象ブイよりも面的な観測が可能  
×空間分解能が光学センサに比べて低い



GPM主衛星で解析された降水の3D分布図のイメージ  
©JAXA

GPMの観測データとほかの衛星データから解析した全球降水マップ  
©JAXA



よく利用される分野

**災害対策：** 降水の3次元分布の把握  
**エネルギー・資源：** 降水分布の把握

**農業・水産業：** 降水量の把握  
**気候変動：** 気候モデルの改良

**衛星：** GPM主衛星、Cloudsat

# その他のセンサ

## ●マイクロ波高度計

### 観測に適しているもの

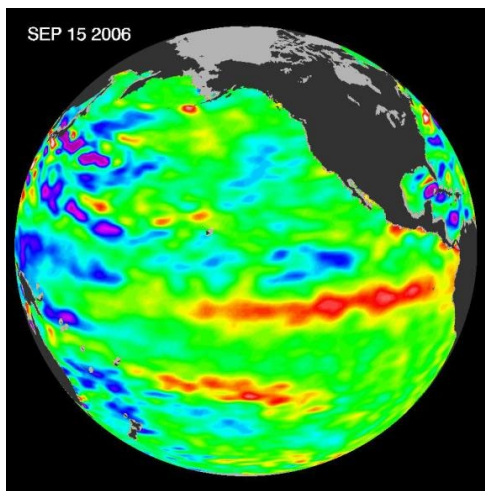
- ・海面高度

### 仕組み

- ・自ら発した電波の跳ね返りを見る能動型センサ
- ・観測波長はマイクロ波（C、Kuバンド）

### 長所／短所

- 数cmレベルの高精度な高度観測ができる
- ×局所的な高度の観測は不向き
- ×観測範囲が狭い



NASAの衛星Jason-1による2006年のエルニーニョの様子  
©NASA/JPL Ocean Surface Topography Team

## ●マイクロ波散乱計

### 観測に適しているもの

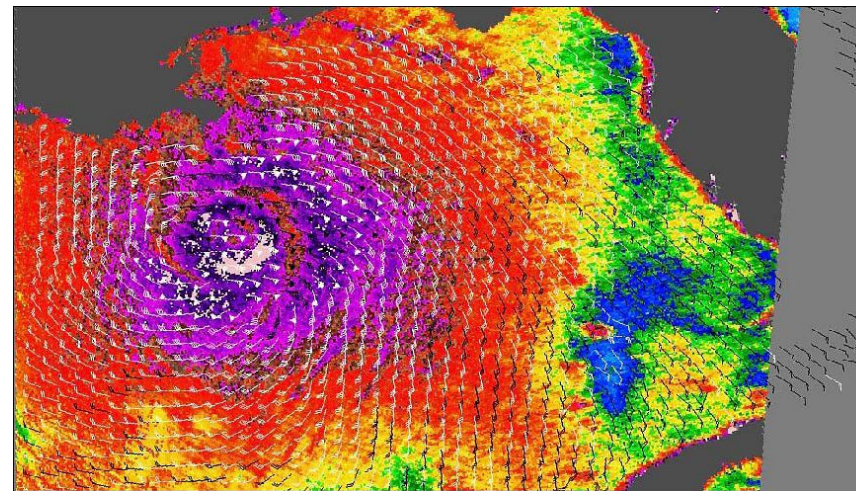
- ・海上風速／風向

### 仕組み

- ・自ら発した電波の跳ね返りを見る能動型センサ
- ・観測波長はマイクロ波（C、Kuバンド）

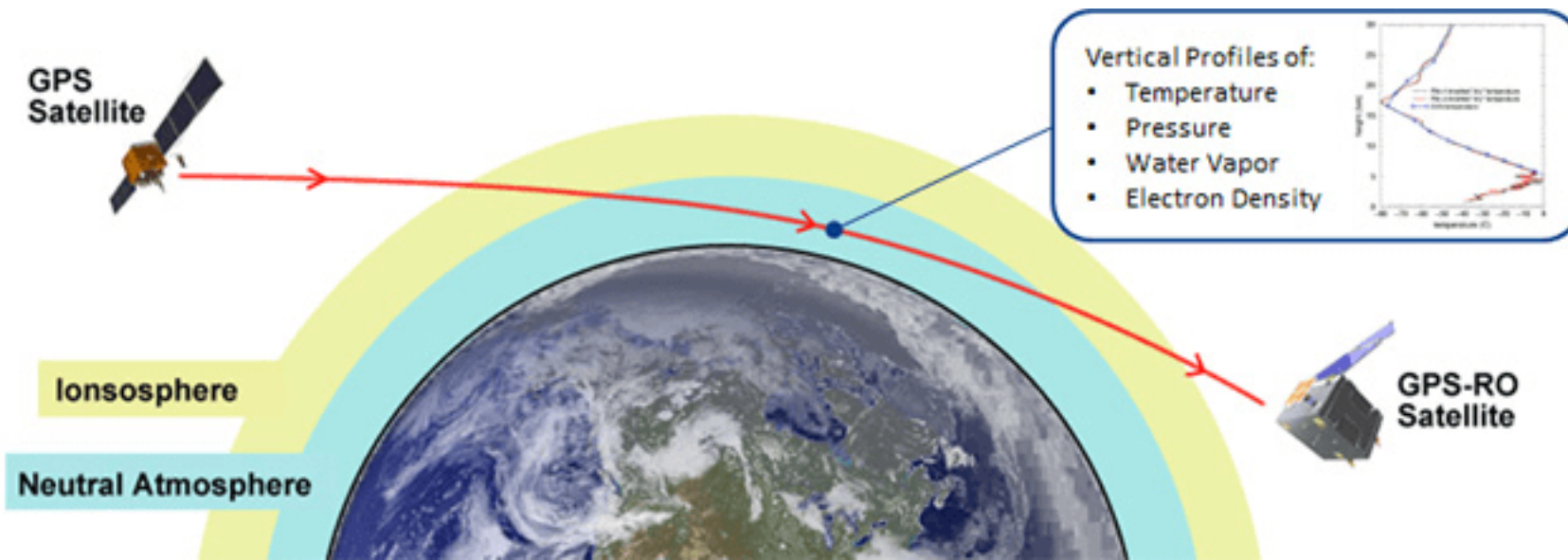
### 長所／短所

- 海洋気象ブイよりも面的な観測が可能
- ×観測範囲が狭い



NASAの衛星QuikSCATで撮影されたハリケーン・カトリーナ周辺の海上風速  
©NASA/JPL-Caltech

# その他のセンサ



GPS掩蔽センサのイメージ ©PlanetIQ

## ●GPS掩蔽（えんぺい）センサ

観測に適しているもの

- ・ 大気の状態

仕組み

- ・ GPS電波の歪みを見る受動型センサ
- ・ 観測波長は電波（UHF）

長所／短所

- 観測できる範囲が広い
- × 空間分解能が低い

## ●船舶自動識別システムAIS

(Automatic Identification System)

船舶から発信されるAISの電波を衛星で取得することで船舶の位置情報や速さなどを把握

## ●航空機の情報収集システムADS-B

(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)

AISと同様に、航空機の位置情報や速さなどを把握



上級

# 衛星データを扱う

# 観測から解析するまでの流れ

## 観測から解析するまで

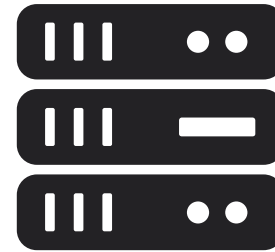
観測から利用者に提供まで以下のようなフローとなる。



1. 衛星で観測



2. 受信局でデータを取得



3. データの保管・処理

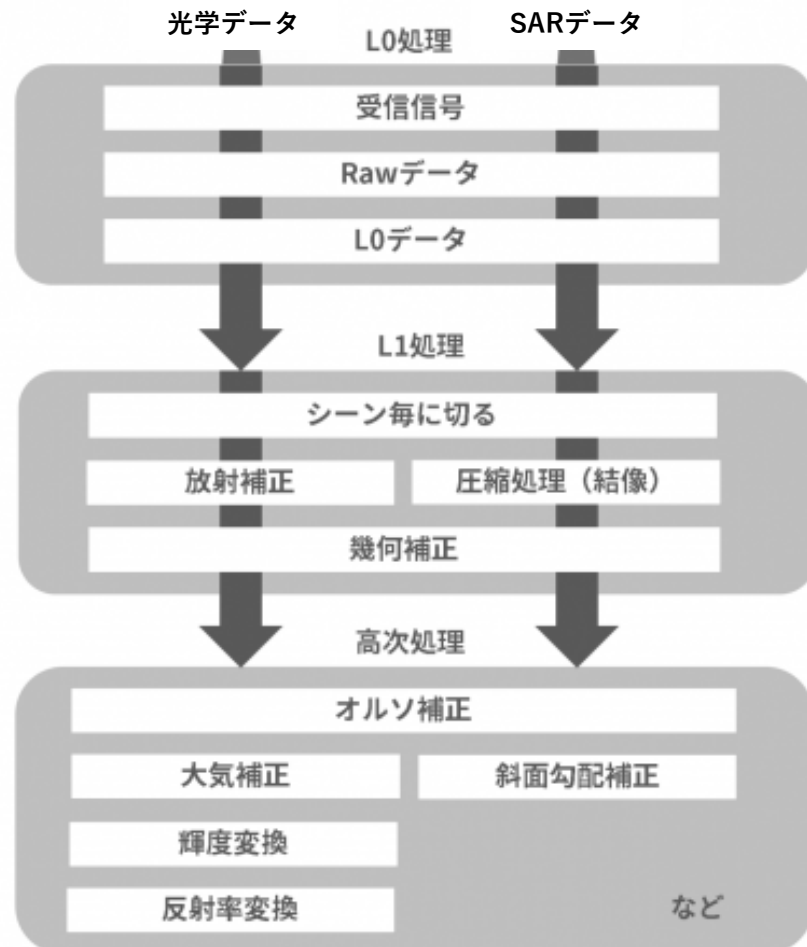


4. 提供機関から利用者へ

# 処理レベルとデータプロダクト

## 衛星データの前処理

衛星データは、目的に応じた前処理が必要となる。衛星により処理の方法異なるが光学・SARデータでは主に以下のような処理を行っている。



### L0処理：衛星からデータを受信し、最初に行う処理

- ・衛星からの電波を地上のアンテナで受信する
- ・伝送向けに加工された受信信号から、元の信号（Rawデータ）に戻す
- ・Rawデータから余計な情報を削ぐ（L0データ）

### L1処理：どの衛星データにもほぼ共通する基本処理

- ・帯状になっているデータをシーン毎に切り出す
- ・光学データ：放射補正（センサ素子の感度のばらつきを調整）
- ・SARデータ：圧縮処理（結像して絵にする）
- ・幾何補正：画像の歪みの除去

### 高次処理：用途に合わせて実施する処理

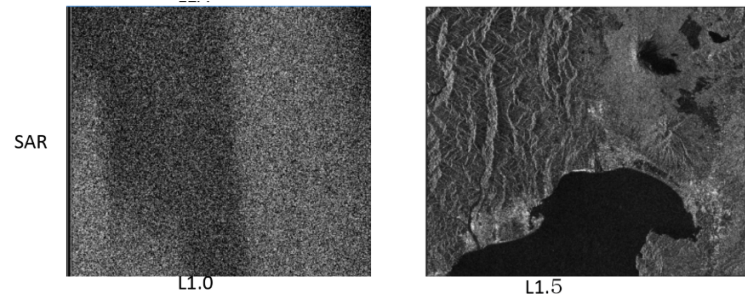
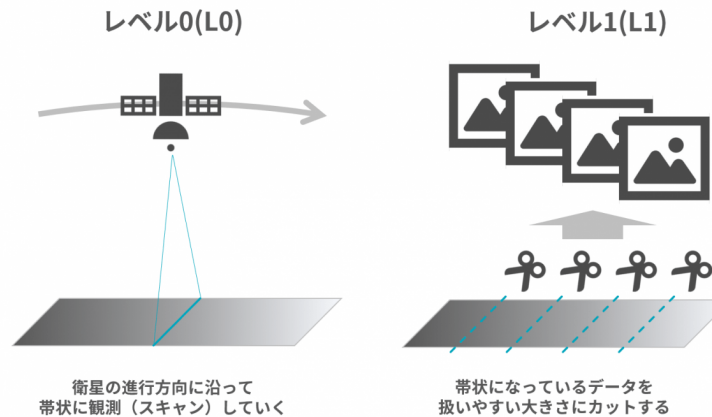
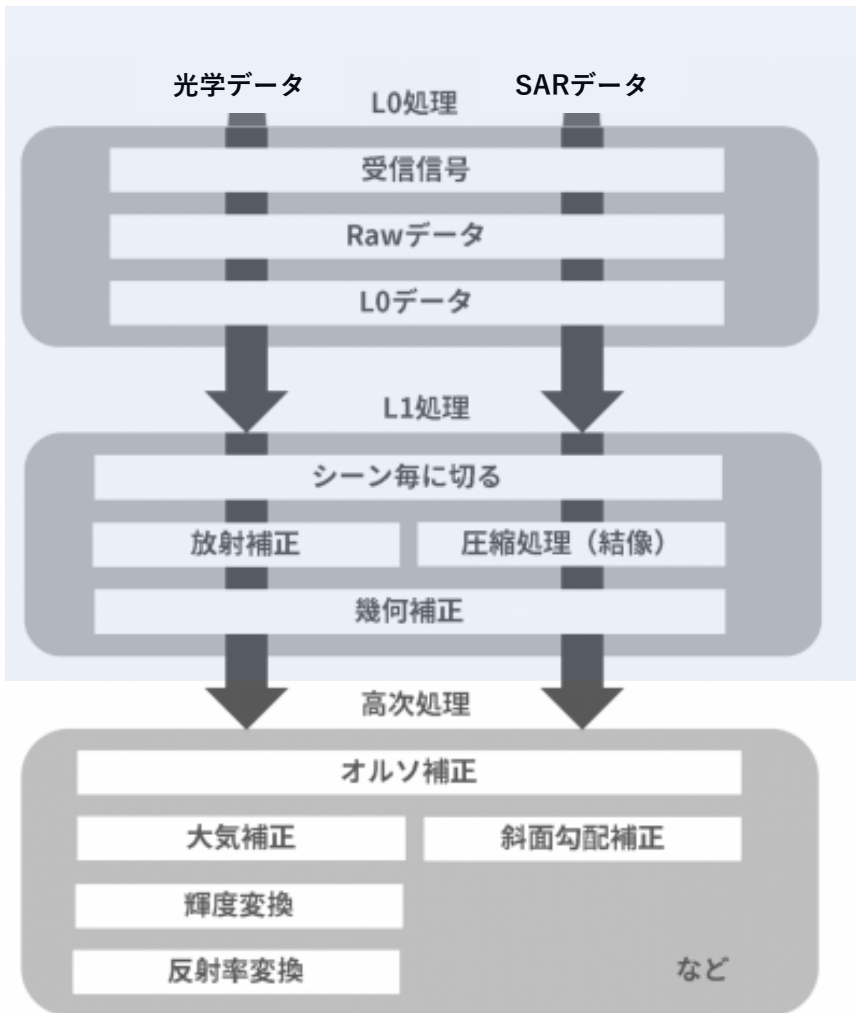
- ・オルソ処理：対象物を真上から見たように戻す処理
- ・大気補正：大気による散乱や吸収による効果を仮定し相殺する処理
- ・輝度変換：L1プロダクトの持つ数値を物理量に直す処理
- ・反射率変換：光の強さや当たり方によって変わる放射輝度を反射率に合わせて補正する処理
- ・斜面勾配補正：地形データを基に斜面の効果を取り除く処理

<https://sorabatake.jp/9192/>

# 処理レベルとデータプロダクト

## 処理レベルの違い

処理レベルによって以下のような違いがある。



### L0からL1へ

L0では画像データであるが、帯状の大きなデータとなり、L1処理によってデータと扱いやすい大きさに切られる

### 圧縮処理(結像)

SARデータでは、L1処理でシーンを切るだけではよくわからない画像となっており、圧縮処理(結合)により写真に近いデータとなる

©JAXA

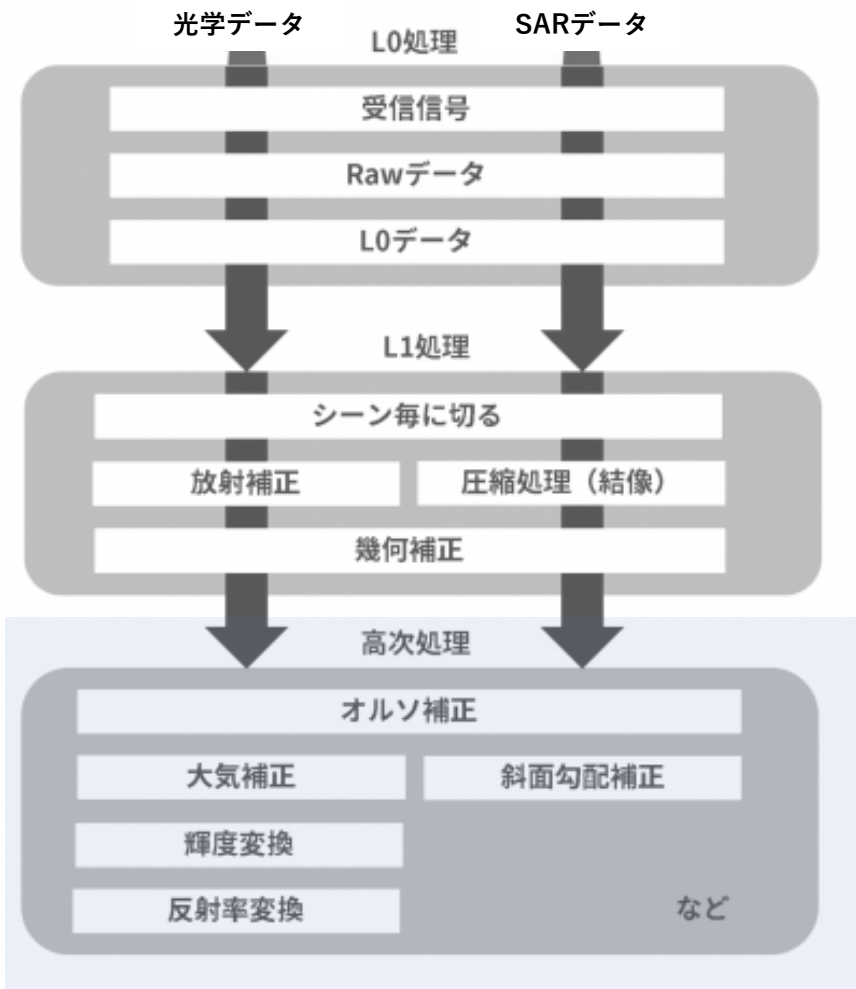
<https://sorabatake.jp/9192/>



# 処理レベルとデータプロダクト

## 処理レベルの違い

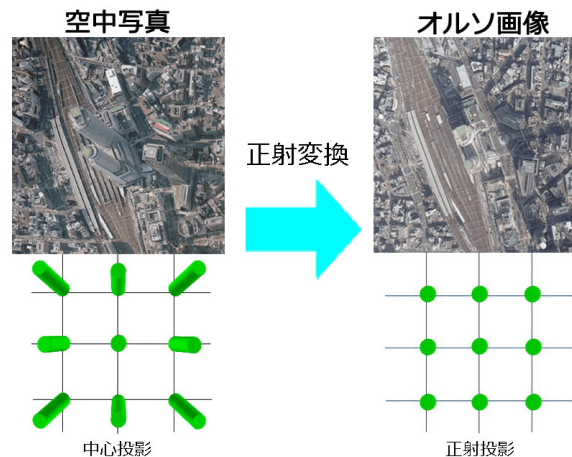
処理レベルによって以下のような違いがある。



©ヘキサゴンジオスペシャル c/o日本インターグラフ株式会社

### 大気補正

大気による散乱や吸収による効果を仮定し、これを相殺する処理



© Geospatial Information Authority of Japan

### オルソ補正

斜めに傾いているように見える構造物を真上から見たように処理を行う処理

<https://sorabatake.jp/9192/>

# 処理レベルとデータプロダクト

## 処理レベルの違い

衛星によって処理レベルによって提供されるデータプロダクトが異なる。

### GOSAT

### GCOM-W

### GCOM-C

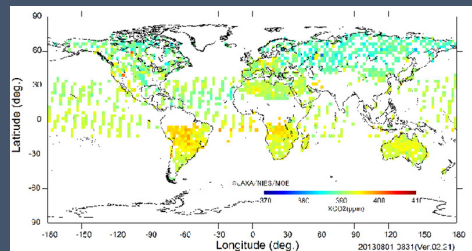
#### L1処理

衛星で測定されたシーンごとのスペクトルデータや輝度データ

衛星で測定されたシーンごとの輝度温度データ、準リアルタイムデータから処理した全球データなど

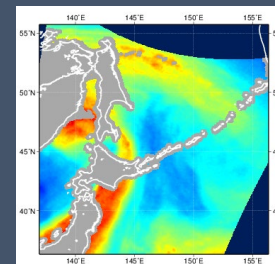
衛星で測定されたシーンごとに補正情報などを付加したデータ

#### L2処理



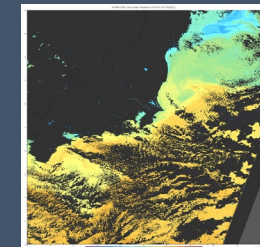
衛星で測定されたシーンごとのスペクトルデータや輝度データ

©JAXA/NIES/MOE



積算水蒸気量や海面水温などの物理量をシーンごとに求め処理したデータ

©JAXA/EORC



海面水温やエアロゾルなどの物理量をシーンごとに求め処理したデータ、全球データも提供

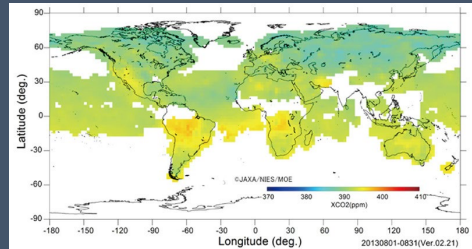
©JAXA/EORC

# 処理レベルとデータプロダクト

## 処理レベルの違い

衛星によって処理レベルによって提供されるデータプロダクトが異なる。

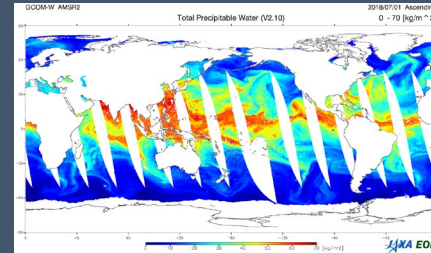
### GOSAT



CO2やCH4の大気中量などの物理量を全球に統計処理したデータ

©JAXA/NIES/MOE

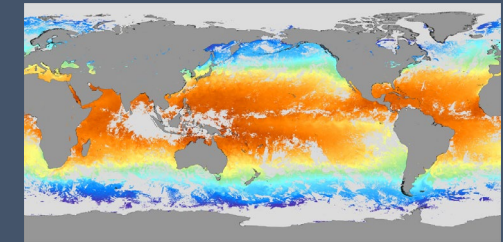
### GCOM-W



物理量を規定の地図投影法に従って投影し統計処理したデータや、1日や1か月ごとなど時間的な統計処理をしたデータ

©JAXA/EORC

### GCOM-C

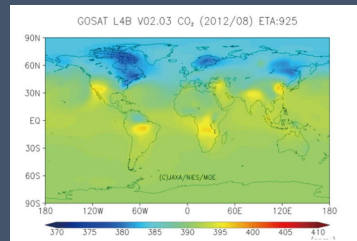


物理量を規定の地図投影法に従って投影し統計処理したデータや、1日や1か月ごとなど時間的な統計処理をしたデータ

©JAXA/EORC

## L3処理

## L4処理



CO2やCH4のデータと地上データと組み合わせ地域別に統計処理したデータや全球3次元データ

©JAXA/NIES/MOE

[https://www.eorc.jaxa.jp/AMSR/datacatalog/index\\_ja.html#processing\\_level](https://www.eorc.jaxa.jp/AMSR/datacatalog/index_ja.html#processing_level)  
[https://www.gosat.nies.go.jp/about\\_5\\_products.html](https://www.gosat.nies.go.jp/about_5_products.html)  
[https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM\\_C/data/product\\_def\\_j.html](https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/data/product_def_j.html)

# データの入手方法

## 無料の衛星データ

主に政府が所有し、広域撮像を目的とする衛星データ

### G-Portal

JAXAの衛星データ <https://gportal.jaxa.jp/gpr/>  
JAXAの衛星データを無償で公開

### Copernicus

ヨーロッパの政府衛星データ <http://www.copernicus.eu/>  
Sentinel-1がSAR、Sentinel-2が光学、Sentinel-3が海洋観測データを提供

### LandsatLook

アメリカの政府衛星データ <https://landsatlook.usgs.gov/>  
1972年から観測しているLandsatのデータを公開

## 有料の衛星データ

主に民間が所有し、空間分解能が高い衛星データ

### Maxar (旧Digital Globe) <https://discover.maxar.com/>

商用利用としては最も空間分解能が高い0.3mレベルのWorldViewシリーズの衛星画像を有償販売

### Planet <https://www.planet.com/explorer/>

同じく詳細撮像を目的とした衛星データを提供

### AIRBUS [https://www.intelligence-](https://www.intelligence-airbusds.com/imagery/oneatlas/data/)

[airbusds.com/imagery/oneatlas/data/](https://www.intelligence-airbusds.com/imagery/oneatlas/data/)  
PleiadesやSPOTなどのデータを提供

地球観測衛星のデータを  
扱うプラットフォーム

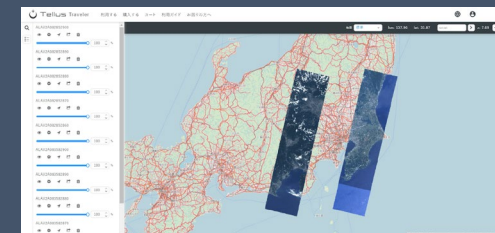
### Tellus 日本の政府衛星データプラットフォーム

<https://www.tellusxdp.com/>  
政府系衛星データのほか商用衛星データの購入も可能

©さくらインターネット

### DIAS (Data Integration and Analysis System)

<https://diasip.net/>  
気候変動の影響を把握するため、地球観測データを保管、解析を行う、データ統合・解析システム



# 解析ソフトの例

## 無料の解析ソフト

---

### **QGIS** Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)

フリー・アンド・オープン・ソース・ソフトウェア (FOSS) 上のGIS (地理空間情報ソフト)。数多くのベクター、ラスター、データベースフォーマットや機能をサポート。

<https://www.qgis.org/ja/site/about/index.html>

### **EISEI** 日本宇宙少年団

日本宇宙少年団が教育目的でJAXAの研究者と開発した加工ソフト。商業利用は不可。

[http://www.yac-j.com/hq/info/eisei\\_kiyaku171226.pdf](http://www.yac-j.com/hq/info/eisei_kiyaku171226.pdf)

### **MultiSpec** パデュー大学ほか

パデュー大学が中心となって開発した画像解析ソフト。マルチ画像の解析に特化。

<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/index.html>

## 商用の解析ソフト

---

### **ArcGIS** Esri

Esriが販売しているGIS。画像処理だけでなく、豊富な地図データなど各種アプリを搭載。

<https://www.esri.com/products/arcgis/>

### **ENVI** NV5 Geospatial

同じくNV5 Geospatialが販売する画像処理ソフト。プロフェッショナルのためのリモートセンシング画像解析アプリケーション。

<https://www.nv5geospatialsoftware.co.jp/Software-Technology/ENVI>

# その他の解析例

## 深層学習を使った解析例

地球観測衛星のデータを解析したりリモートセンシングと深層学習を利用した事例が増えている。

### 衛星データが深層学習に適用させる例

#### 光学

- ・シーン分類
- ・物体検出
- ・画像検索

#### SAR

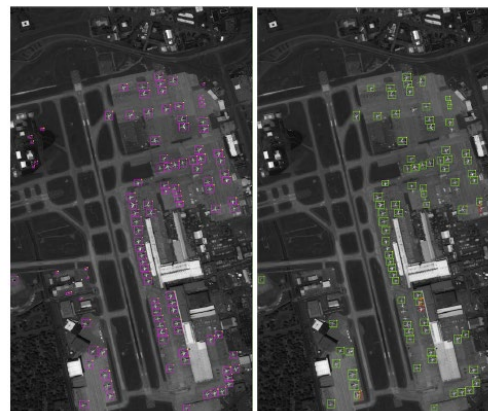
- ・自動ターゲット認識
- ・土地被覆分類
- ・物理量推定

#### ハイパースペクトル

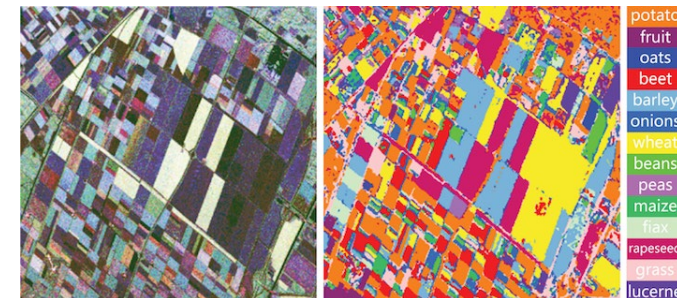
- ・土地被覆分類
- ・異常検知

#### 異種データとの融合

- ・パンシャープンと超解像
- ・複数衛星データと融合
  - ・土地被覆分類
  - ・変化抽出
- ・地上データと衛星データの融合
  - ・物体検出精度の向上
  - ・地上データから衛星/航空写真の生成
  - ・地上で撮影された画像と衛星データの位置合わせ
- ・3D再構成
  - ・タイポイントの識別と照合
  - ・ステレオ処理
  - ・大規模3D再構成



高分解能光学衛星データでの物体（飛行機）検出の例  
(左：正解データ、右：深層学習で得られた検出結果)  
"Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources."より抜粋。



高分解能光学衛星データでの物体検出の例  
(左：正解データ、右：深層学習で得られた検出結果)  
Credit : "Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources."より抜粋。



右：地上で撮影されたパノラマ画像（右）を、  
左：深層学習を使ってパノラマ画像に対して上から見た（航空写真）ような加工を行った例  
Source : "Towards seamless multi-view scene analysis from satellite to street-level"より抜粋。

### 留意すべき点

- ・センサの違いを理解すること
- ・地理空間データとの融合の際には工夫が必要であること
- ・扱うデータに関する専門知識が必要であること
- ・画像であり時系列データであること
- ・ビッグデータ処理が必要になること
- ・深層学習に対する懐疑的な意見があること

The background features a complex network of light gray lines and dots, forming various geometric shapes like triangles and polygons. A prominent dark blue horizontal band spans the middle of the image. The overall aesthetic is technical and digital.

# 最後に

# よくある質問

## 衛星データの基礎編

---

- **販売されている高分解能の衛星データはなぜ高額になるか？**

衛星データを販売することで衛星開発コストや打ち上げコスト、運用コストなどを回収する必要があるため、これらのコストを回収する必要があるため、高額になる。

> 衛星データの費用について：<https://sorabatake.jp/466/>

- **衛星は地球上のどこを撮影しても良いか？**

基本的に世界中を撮影しているが、衛星データに関する国際的な決まりや各国の規制（シャッターコントロール）もあり、日本ではリモセン法で公開する場合の条件が制限されている部分もある。

> 衛星データの法律について：<https://sorabatake.jp/13002/>

## センサ編

---

- **バンド数が衛星ごとに異なる理由は？**

衛星により「何を観測したいか」というミッションが異なり、目的に応じて必要なセンサを搭載しているため、バンド数が衛星により異なる。

- **バンドの数字はどうやって決まっているか？**

波長とバンドの番号は一対一で対応しておらず、衛星ごとに独自にバンドと波長の対応が決まっている。

> バンドの違いについて：<https://sorabatake.jp/364/>

- **光学やSARデータの無料と有料のデータはなにが違うか？**

有料の画像では空間分解能が良いという場合が多い。ハイパースペクトルのようにバンド数が非常に多いセンサのデータも高額で販売される。

- **空間分解能が高い、かつ、観測幅が広い光学センサができない技術的な理由は？**

空間分解能は撮像素子（とレンズ）の性能に、観測幅は主にレンズの大きさにより変わる。撮像素子の精度が高く、口径の広いレンズを持つ衛星はその分大きくなり、ロケットに搭載できる制約やコストパフォーマンスなどから開発が難しい。

<https://sorabatake.jp/17871/>



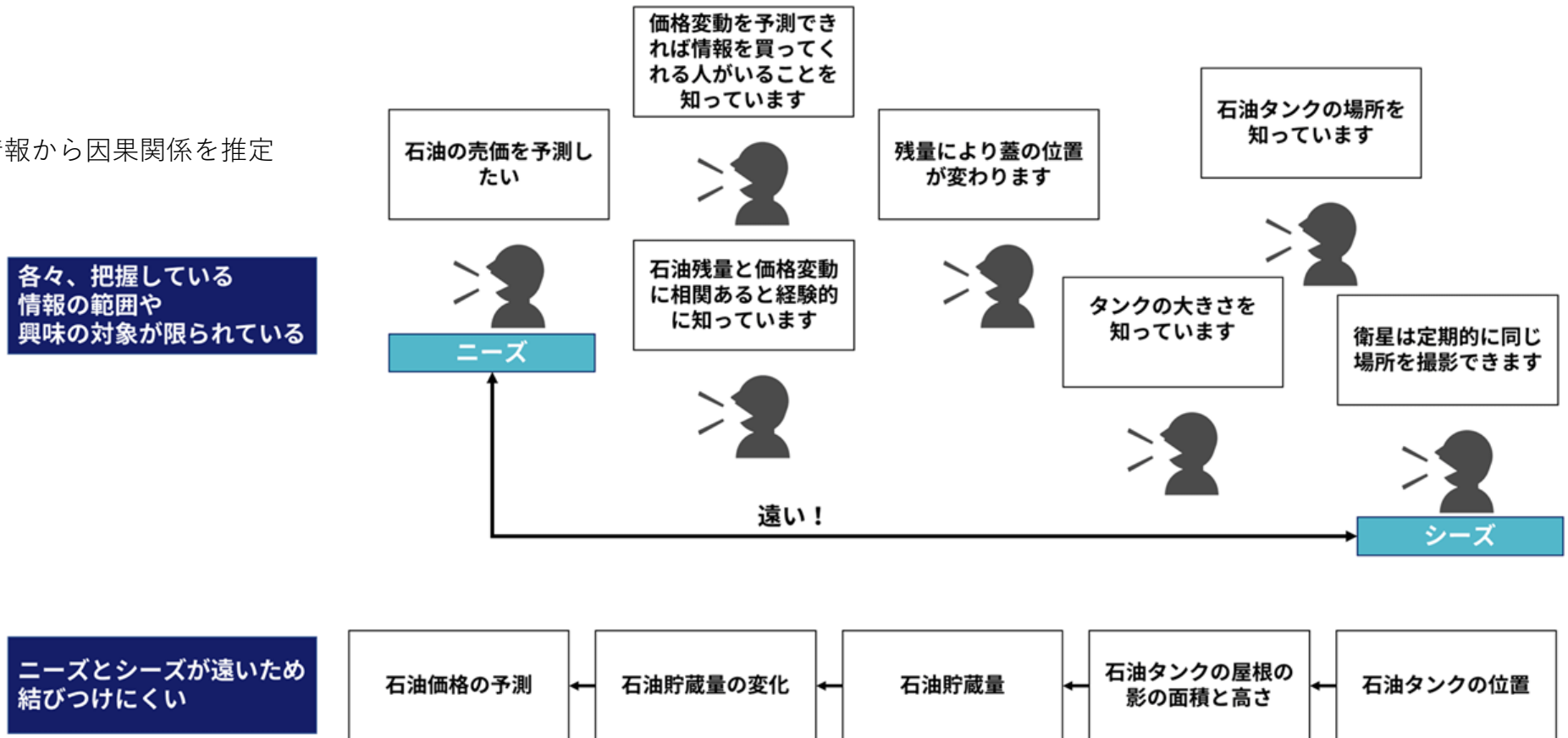
# アイデア出しの例

## 衛星データのビジネス化の課題

潜在的な顧客が抱える「ニーズ」と衛星データが提供できる「シーズ」の距離が遠いため、ニーズとシーズを結びつけるのが難しい。

### 【アプローチ方法】

- 衛星データから読み取れる情報から因果関係を推定
- ビジネスの課題から逆算



# アイデア出しの例

## アイデア思考法の流れ

1. 対象を決める  
例) 建物
2. 対象の状態を決める  
例) 色、材質、温度、高さなど
3. [対象の状態]が影響するもの(結果)/に影響するもの(要因)を列挙する  
例) 木造建築→耐震リスクなど
4. 列挙した情報をグルーピングする  
例) 防災分野など
5. 因果関係を整理する  
例) 木造建築→耐震リスクなど
6. ステークホルダーを洗い出す  
例) 不動産屋、自治体など
7. シナリオグラフを作成する  
例)  
Who: 不動産屋が、  
What: 木造建築の建物を把握し、耐震リスク推定をして、  
When: 建て替え時期を提案する など

