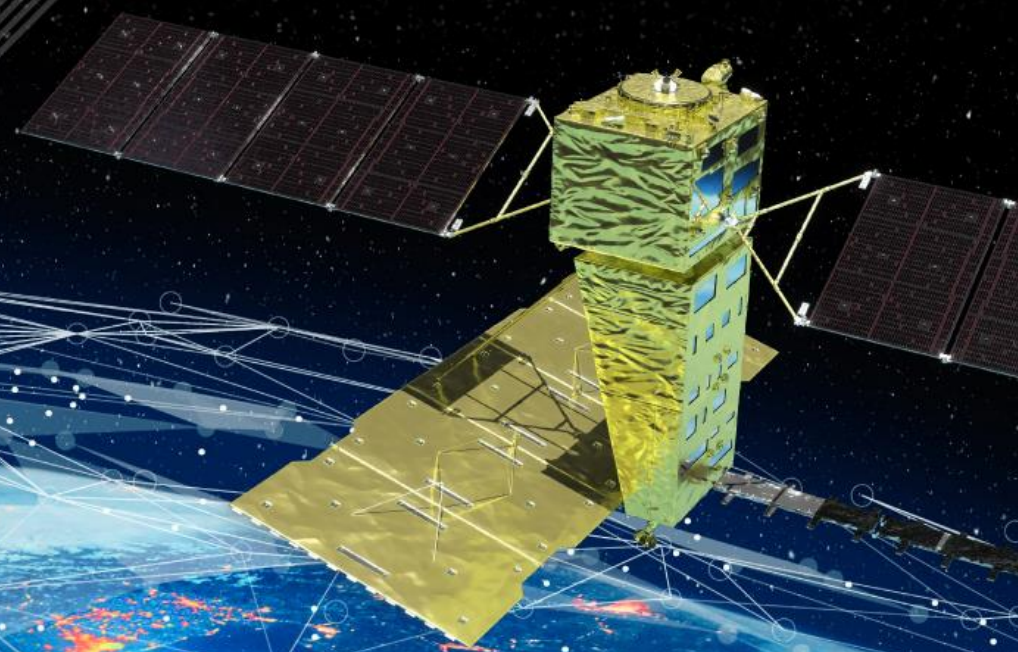


# CONSEO REPORT

基礎編



# CONSEOとは

- **CONSEO**（衛星地球観測コンソーシアム、**Consortium for Satellite Earth Observation**）は、産学官により日本の地球観測衛星にかかる戦略を総合的にまとめるとともに、具体的な連携活動を推進し、新たな衛星データ利用によって社会に貢献することを目指して立ち上げられました。

## PURPOSE

より良い未来を志す産学官が集い、衛星地球観測の力で共に未来を描き、創り出す。

## VISION

地球まるごと、より良い未来へ。

イノベーションの創出、産業競争力の強化、科学的知見の獲得により、安心安全で持続可能な豊かな社会を実現する。

## MISSION

産学官が集い、

- ①衛星地球観測の戦略について幅広く議論し、国へ提言する。
- ②衛星地球観測の成果を社会に還元し産学官のエコシステム※を形成し、連携を推進する。
- ③衛星地球観測を推進する機運を醸成するため、その価値を広く社会に発信する。

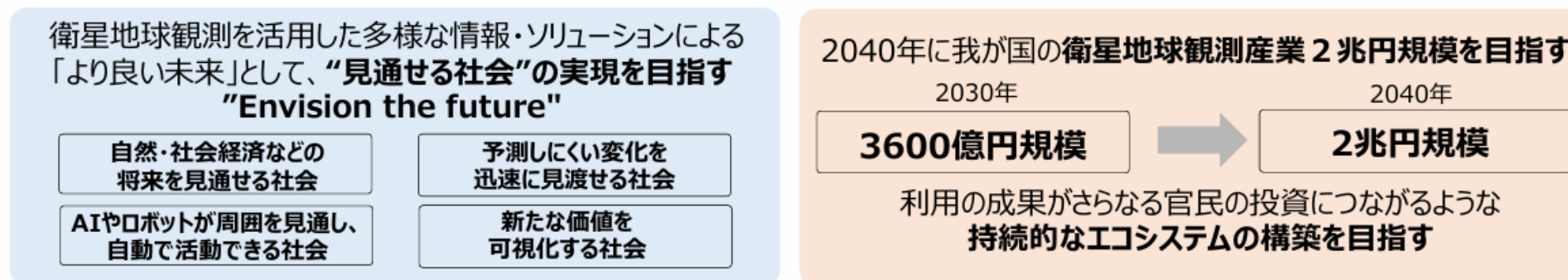
※衛星地球観測に関わる環境とステークホルダーとのつながり



# 本レポート作成の背景

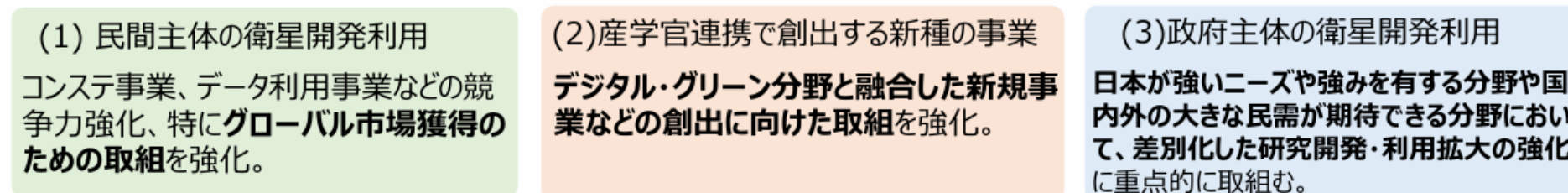
- 「提言 衛星地球観測の全体戦略に関する考え方」において、「見通せる社会」の実現と、2040年に衛星地球観測産業2兆円規模を目標としました。
- その推進戦略の1つとして、「産官学連携で創出する新種の事業」に向けて、デジタル・グリーン分野と融合した新規事業等の創出に向けた取組を強化しています。

## 【目標】



目標達成のためには、直面する課題を解決し、政府主体の取組を着実に推進するだけでなく、民需の拡大、特にグローバル展開やデジタル・グリーンなどの成長分野との融合が不可欠。

## 【推進戦略】



政府において、衛星地球観測分野の全体戦略を策定し、様々な取組を戦略的かつ統合的に推進するための「戦略的な衛星地球観測プログラム」を立ち上げ、産学官連携に基づき、様々な取組をスピード感を持って推進。

# 本レポート作成の背景

- 「提言 衛星地球観測のデジタル分野及びグリーン分野における推進戦略に関する考え方」では、「デジタル分野及びグリーン分野との融合」に向けて、5つの分野を識別し、推進戦略の深掘り検討を実施しました。

## デジタル分野 x 衛星地球観測

各分野のDXにおける利用可能性

- 農林水産業、鉱業、建築・土木、再エネ、インフラ管理、運輸、保険・金融、不動産、広告、エンタメ、行政(防災、スマートシティ、国土管理、海洋状況把握等)等

## グリーン分野 x 衛星地球観測

各分野のGXにおける利用可能性

- 再エネ(太陽光、洋上風力)、乗り物効率化(自動車、船舶、航空機等)、農林水産業、TCFD・TNFD、カーボンプレジット、スマートシティ、GHG吸排出監視、気候変動モデル等

「見通せる社会」実現への貢献、市場の拡大想定、政策的重要性の高まり、衛星地球観測の優位性、我が国の強み、我が国のプレイヤーのWill等を踏まえ、以下の5つの分野を識別し、推進戦略の深掘り検討を実施。

### カーボンプレジット

2050年に数百兆円規模の成長市場。衛星データの信頼性・透明性に期待。

### スマートシティ

2030年に数百兆円の成長市場。3次元地形情報、SAR観測、水資源観測など我が国が強み。

### 海洋DX

海洋の衛星観測は優位性があり、海洋政策上の重要性や自動航行等に向けた民生ニーズも高い。

### 防災DX

南海トラフ地震等や多発する風水害等への備えの重要性。SAR観測・解析技術に我が国が強み。

### 地球デジタルツイン

2025年にデジタルツイン市場は3兆円に。GXに不可欠な基盤であり、今後大きな成長が期待されている。

各分野について、①背景・動向、②将来利用像、③課題と対策案、④推進戦略について検討を実施。

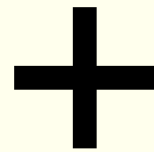
# 本レポート作成の目的と構成

- 本レポートは、以下の目的で作成されており、衛星地球観測に関する基礎知識・トレンドを取りまとめた〈基礎編〉と、カーボンクレジット、スマートシティ、海洋DX、防災DXの4分野における動向・基礎情報や衛星地球観測利用の実績・将来利用可能性を取りまとめた〈各分野編〉にて構成されます。

## 目的

- 衛星地球観測利用を専門としない異業種の企業などに対し、基礎知識を分かりやすく提供
- 異業種に対する営業資料として、衛星地球観測の利用可能性に関する情報を提供
- CONSEO会員の議論や取組に資するため、各利用分野における衛星地球観測利用の現状と将来性を明確化

## 構成



# 目次

## 1. 地球観測衛星の概要

- 地球観測衛星とは .....7
- 地球観測衛星の強み .....8
- 仕組みと観測対象 .....9
- 電磁波の波長の違いによる観測対象 .....10
- 主な観測情報例① .....11
- 主な観測情報例② .....12
- 地球観測衛星の軌道① .....13
- 地球観測衛星の軌道② .....14
- センサと軌道 .....15
- 空間分解能と観測範囲 .....16

## 2. センサの種類と特徴

- 光学センサ① .....18
- 光学センサ② .....19
- 光学センサ③ .....20
- 光学センサ④ .....21
- 光学センサ⑤ .....22
- 熱赤外センサ .....23
- 合成開口レーダ (SAR) センサ① .....24
- 合成開口レーダ (SAR) センサ② .....25
- ライダー .....26
- マイクロ放射計 .....27
- 降水レーダ/雲レーダ .....28
- その他のセンサ① .....29
- その他のセンサ② .....30

## 3. 地球観測衛星活用に向けて

- 衛星データ・データ解析ソフト・宇宙ビジネス情報の入手方法 .....32
- 衛星活用に関する国等からの支援 .....33

## 4. 衛星地球観測の拡大と領域

- 地球観測衛星数の増加 .....35
- 衛星地球観測の市場規模の拡大 .....36
- 衛星地球観測と深層学習を組み合わせたイノベーション .....37
- 衛星地球観測が活用されるテーマと事例 .....38





# 1. 地球観測衛星の概要

4. 衛星地球観測の  
拡大と領域

3. 地球観測衛星活用  
に向けて

2. センサの種類と特徴



1. 地球観測衛星の概要

# 地球観測衛星とは

- 人工衛星とは、人によって作られた定常的に惑星を周回している人工物体です。主に地球を周回するものを指します。
- 目的に応じてさまざまな役割を持っており、本レポートでは地球の観測を行う「地球観測衛星」についてご紹介します。
- 地球観測衛星を用いて、地球を観測することを「衛星地球観測」といいます。

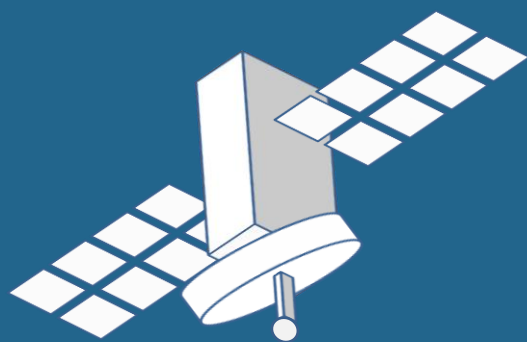
## 地球観測衛星

地上からでは見渡せない広範囲を観測し、天気予報に必要な大気等の状況、地形情報等のさまざまな情報を提供します。

## 観測により分かること

火山活動、浸水状況、地形、植生分布、森林伐採、台風・降雨情報、地表面温度、土地利用状況、地震、エアロゾル、海面温度、温室効果ガス、海氷の状況、海洋汚染の状況、植物プランクトン濃度 等

## 地球観測衛星の例



運用中  
(後期運用を含む)

だいち4号 (ALOS-4)



はくりゅう (EarthCARE)



いぶき2号 (GOSAT-2)



しきさい (GCOM-C)



だいち2号 (ALOS-2)



GPM主衛星



しずく (GCOM-W)



いぶき (GOSAT)







等

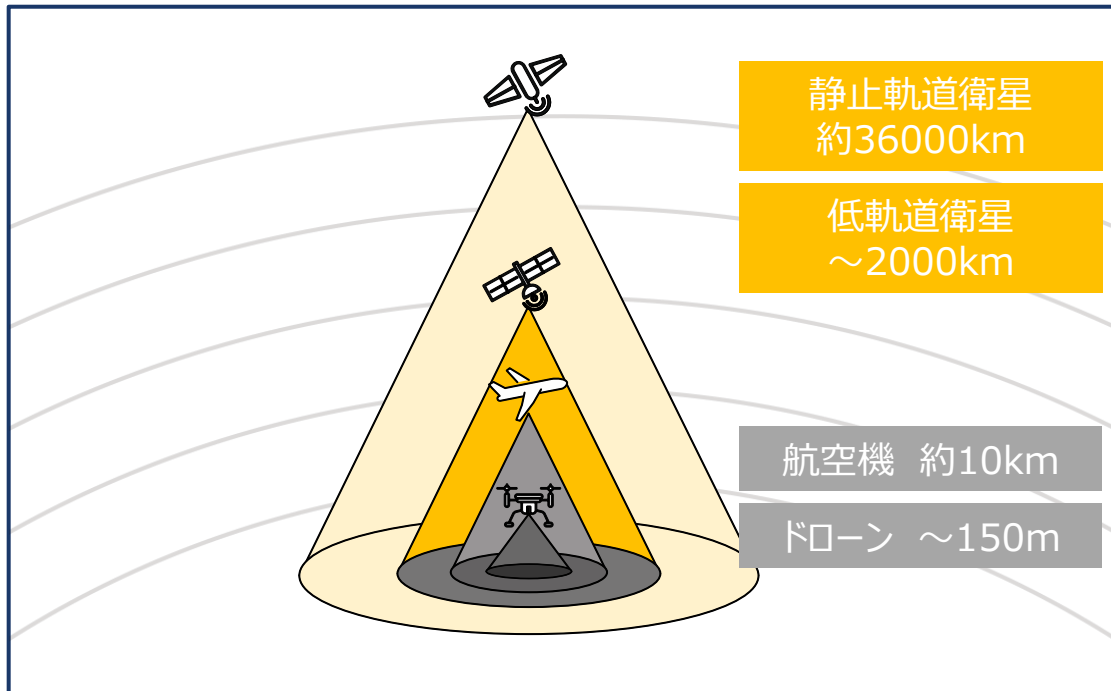
出所：JAXA




# 地球観測衛星の強み

- 地球観測衛星は高い高度から「広範囲」を「定期的」に観測できる点が強みです。

	ドローン 	航空機 	低軌道衛星 	静止軌道衛星 
観測範囲	0.1km程度	1~100km程度	観測幅数km~2000km程度	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	1日複数回~数十日に1回	2.5分~15分に1回




## 地球観測衛星の強み




**広範囲**

地球観測衛星は地球を周回するため、世界中を広範囲に観測可能




**アクセス性**

災害地や紛争地、僻地等地上の状況に関係なく、遠隔地の観測が可能



**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

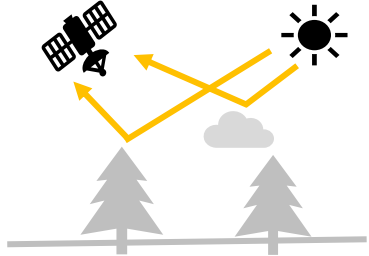
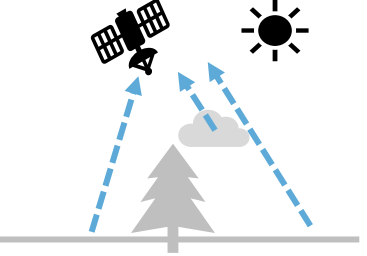
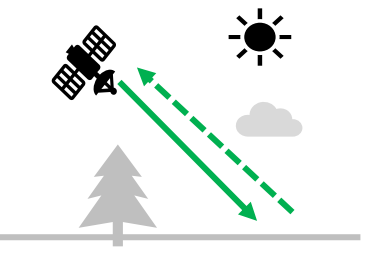
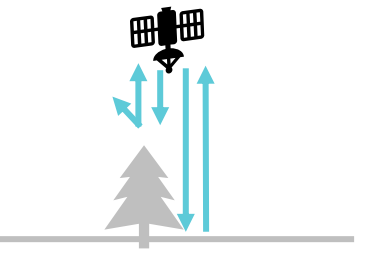


**均質性**

同じセンサで世界中を同じように観測可能

# 仕組みと観測対象

- 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・周波数の電波で地球を観測します。

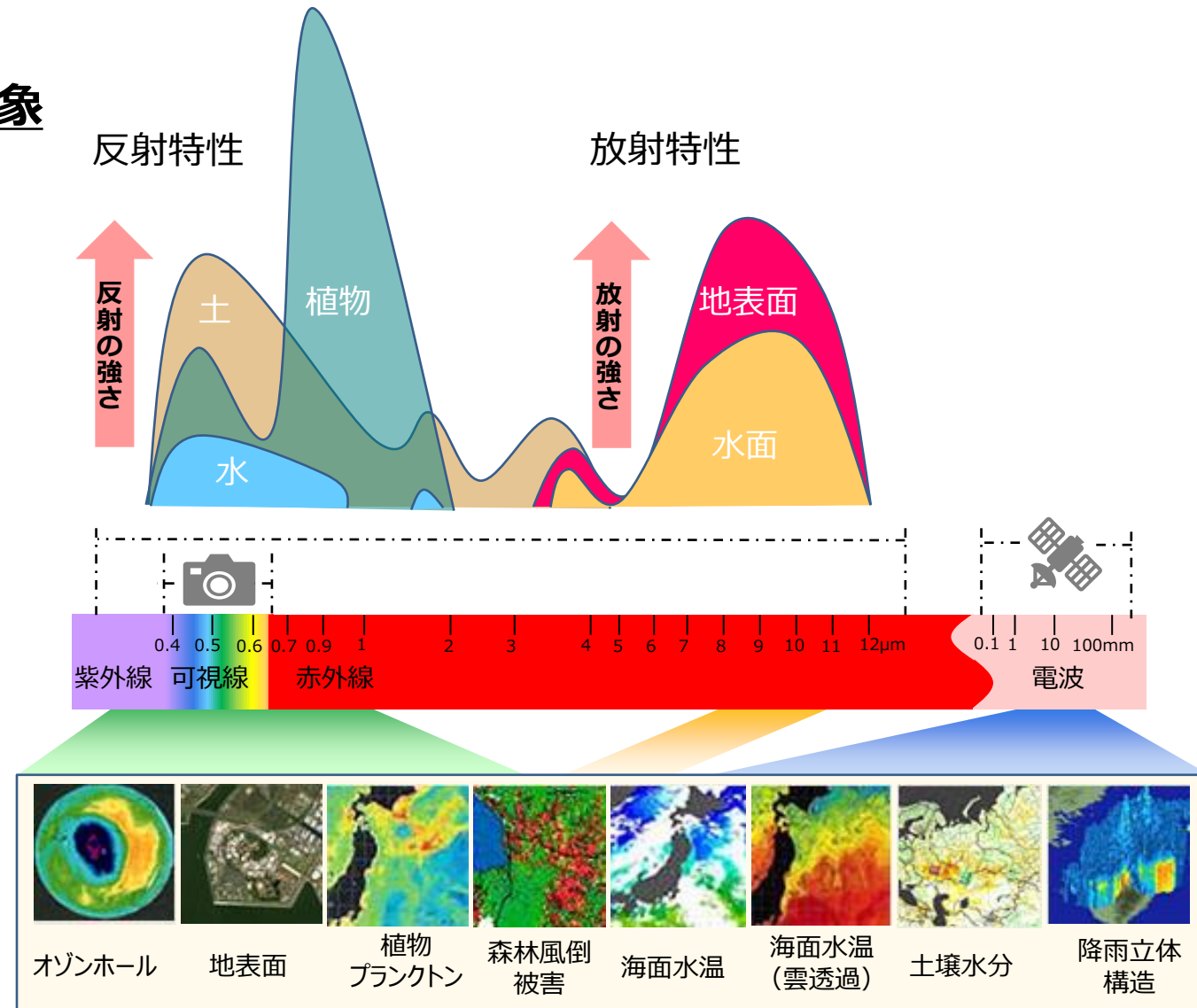
主なセンサ例	受動型光学センサ ※レーザーを発射して反射を観測する能動型の光学センサもある。	受動型マイクロ波センサ	能動型マイクロ波センサ (合成開口レーダ、降水レーダ 等)	能動型ライダー
観測のイメージ				
観測方法	太陽光の反射・散乱、 地表面からの放射を観測	地表面からの放射を観測	センサから放射した電波の反射 を観測	センサから発射したレーザー光 の反射を観測
波長帯の領域	紫外線～可視光線～赤外線	電波	電波	紫外線～可視光線～赤外線
特徴	空間分解能が比較的高い 天気や昼夜の影響を受ける	空間分解能が比較的低い 天気や昼夜の影響を受けない	天気や昼夜の影響を受けない	雲の影響を受ける 空間分解能が比較的高い 測定範囲が狭い
主な観測対象	エアロゾル 植生 地表面 土地被覆	海面水温 水蒸気量 海氷情報 降水量 土壌水分量	地表面の変化 降水量	標高、地形 浅瀬の水深 氷床の厚み エアロゾル 樹高 気流の速度
主な地球観測衛星	GCOM-C Landsat CE-SAT Worldview GRUS Sentinel-2	GCOM-W GPM DMSP	ALOS-2 QPS-SAR ALOS-4 GPM STRIX EarthCARE ASNARO-2 Sentinel-1	EarthCARE GEDI ICESat ADM-Aeolus ICESat-2

出所：宙畑 HPを基に作成

# 電磁波の波長の違いによる観測対象

- 物質によって電磁波の反射や放射の仕方が異なるという性質を用いて、地球観測衛星は目に見える地表面の状況や目に見えない海面温度等の情報を得ることができます。

## 電磁波の波長の違いによる観測対象

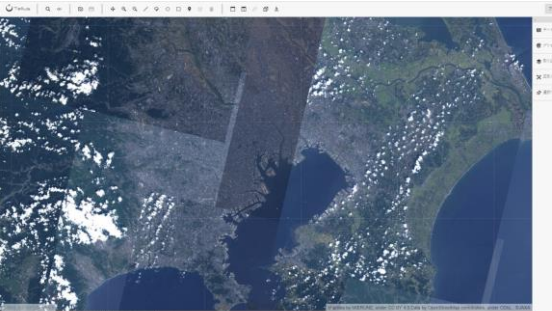


出所：JAXA HPを基に作成

# 主な観測情報例①

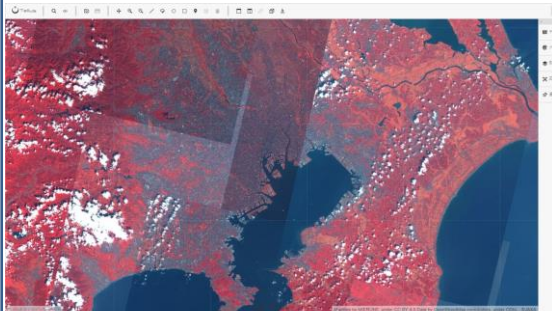
- 電波の特性を活かし、また組み合わせることでさまざまな分析が可能になります。

### 可視光



出所：JAXA  
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できる

### 植生分布



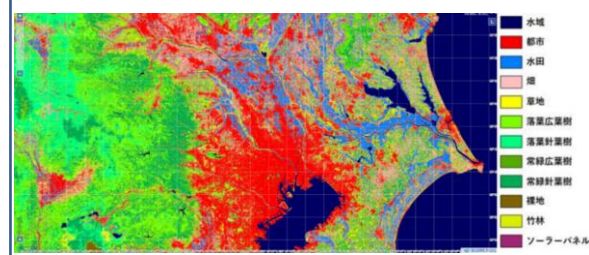
出所：JAXA  
近赤外は植物に対して強い反射特性を持ち、植生分布の分析に利用できる

### 植生指数 (NDVI)

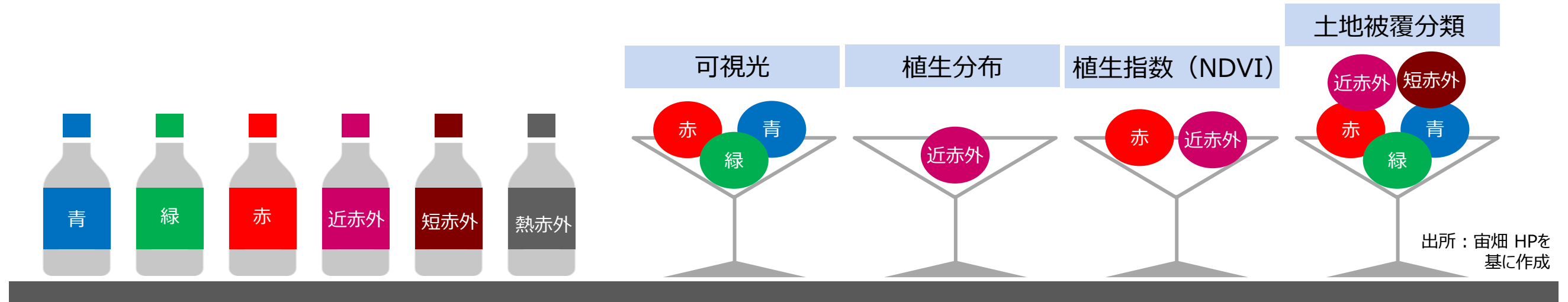


出所：JAXA  
近赤外と赤の波長から植物の活性度の指標である植生指数に利用できる

### 土地被覆分類

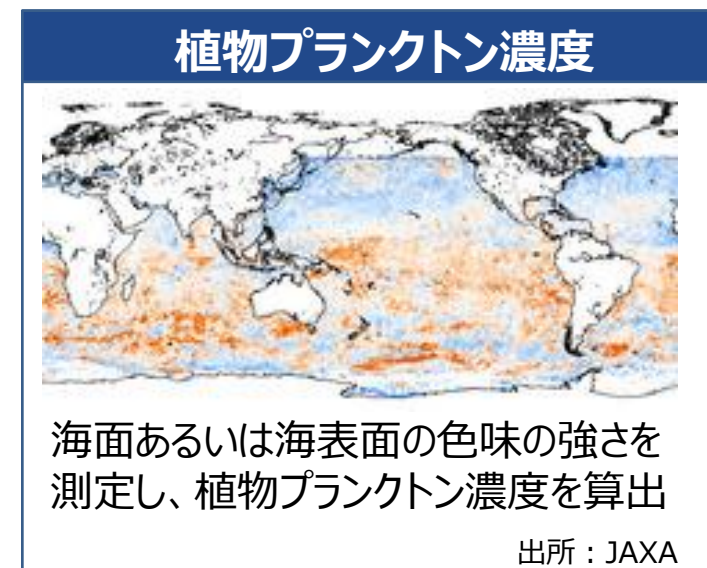
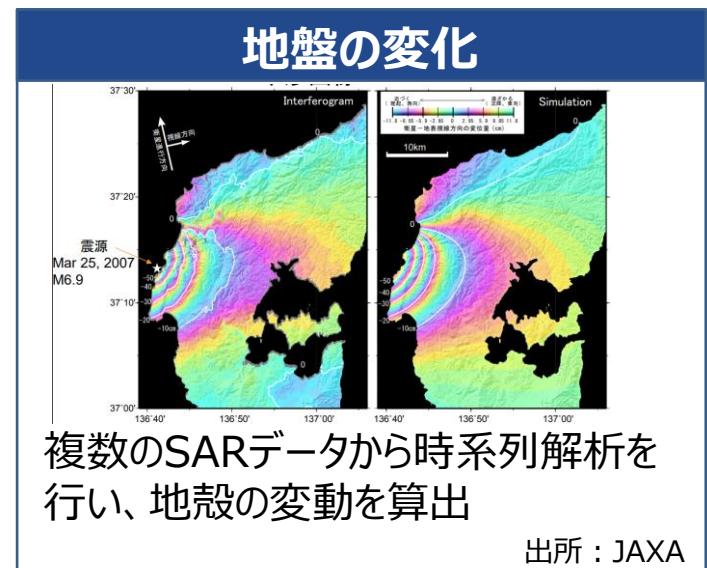
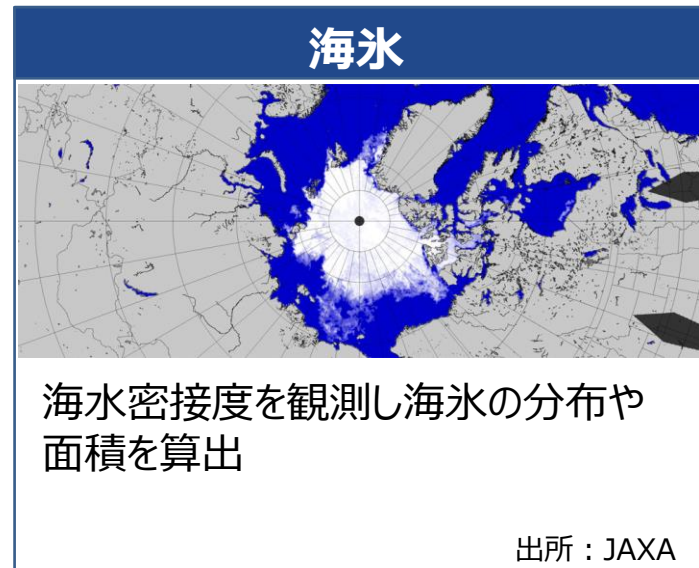
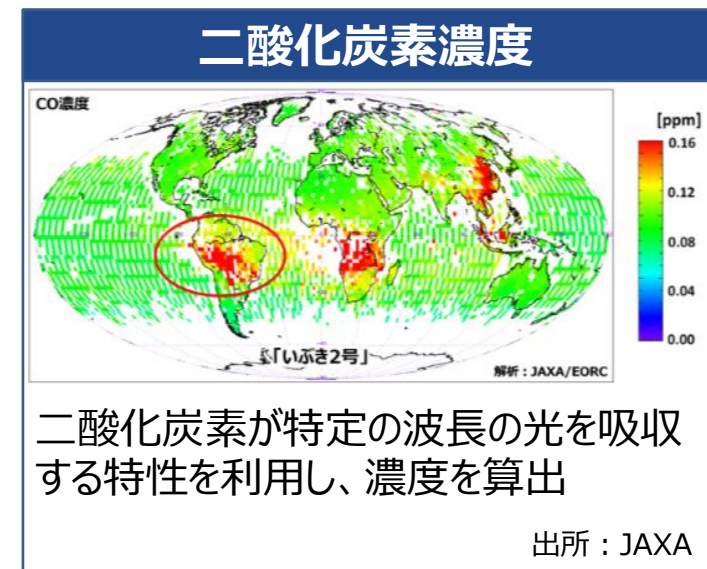
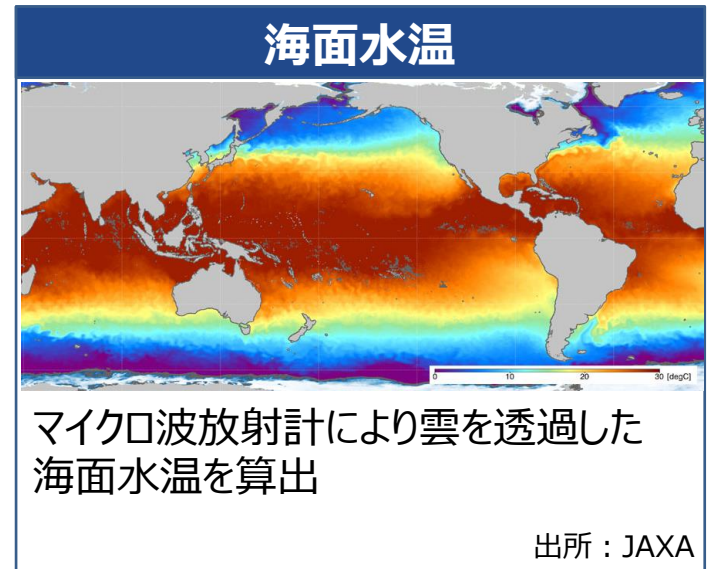
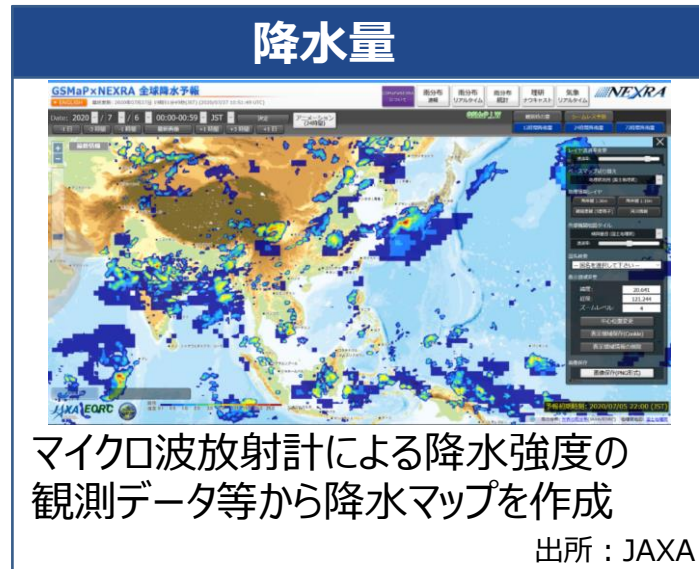


出所：JAXA  
住宅地や森林といった分類項目ごとにデータの特徴（反射特性）を求め、これを基準に画像全体の土地利用の様子を分類できる



# 主な観測情報例②

- 電波の特性を活かし、また複数の電磁波の観測データを組み合わせることでさまざまな分析が可能になります。

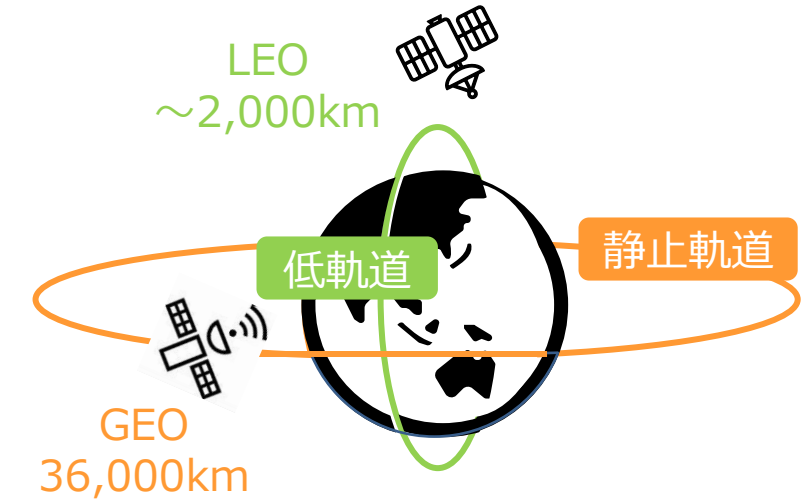


# 地球観測衛星の軌道①

- 地球観測衛星は目的に応じてさまざまな軌道を周回しています。
- 衛星は軌道制御を行うことで常に同じ軌道を回り続けていますが、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、さまざまな地点の観測が可能です。軌道によって、同じ地点に戻ってくる頻度が変わります。

## 主な周回軌道

周回軌道	高度	メリット	デメリット
<b>低軌道</b> Low Earth Orbit, <b>LEO</b>	2,000km まで	空間分解能が高い 極域を含む全球を観測できる	観測幅が狭い 時間分解能が低い ※ただし、時間分解能は コンステレーションにより補完可能
<b>静止軌道</b> Geostationary Earth Orbit, <b>GEO</b>	36,000km	時間分解能が高い 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 赤道上空から観測するため 極域観測不可 地球の特定の約半分の面のみ観測



## 軌道と観測頻度

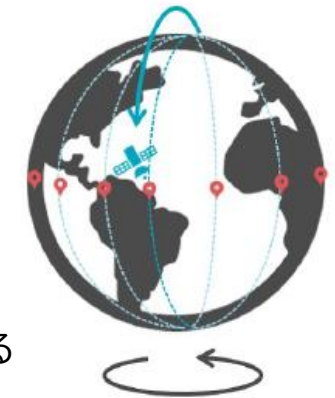
衛星は常に同じ場所（軌道）を  
回り続けている



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



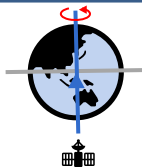
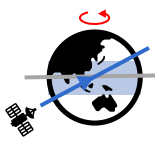
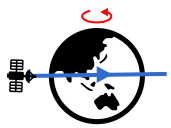
衛星が地球を回る間に地球が  
自転して、元の場所に戻ってくる  
= 観測頻度



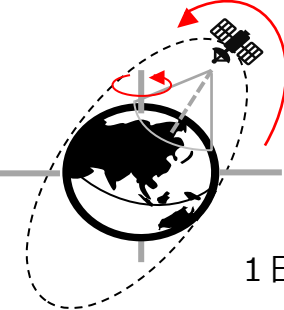
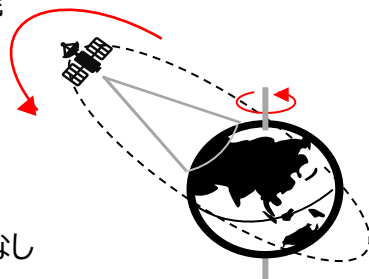
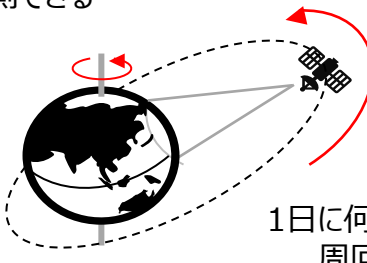
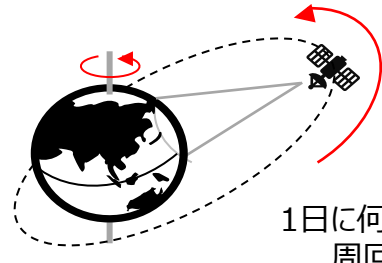
# 地球観測衛星の軌道②

- 赤道と軌道面の角度を「軌道傾斜角」といい、角度によって観測頻度や観測領域が異なります。
- 地球観測衛星は、比較分析のために同じ場所を毎日同じ観測時間で観測が可能な「太陽同期軌道（SSO）」を利用するものが多いです。

## 軌道傾斜角による違い

傾斜角	赤道面と軌道面が概ね直角	赤道面と軌道面が直角よりも傾く	赤道面と軌道面が概ね一緒
観測エリア	全球を観測可能	低～中程度地域の観測頻度が高い	赤道周辺に特化
利用している衛星	ALOS-2、GCOM-C、GCOM-W 等	国際宇宙ステーション（ISS）、GPM主衛星 等	気象衛星ひまわり、通信衛星 等
軌道のイメージ			

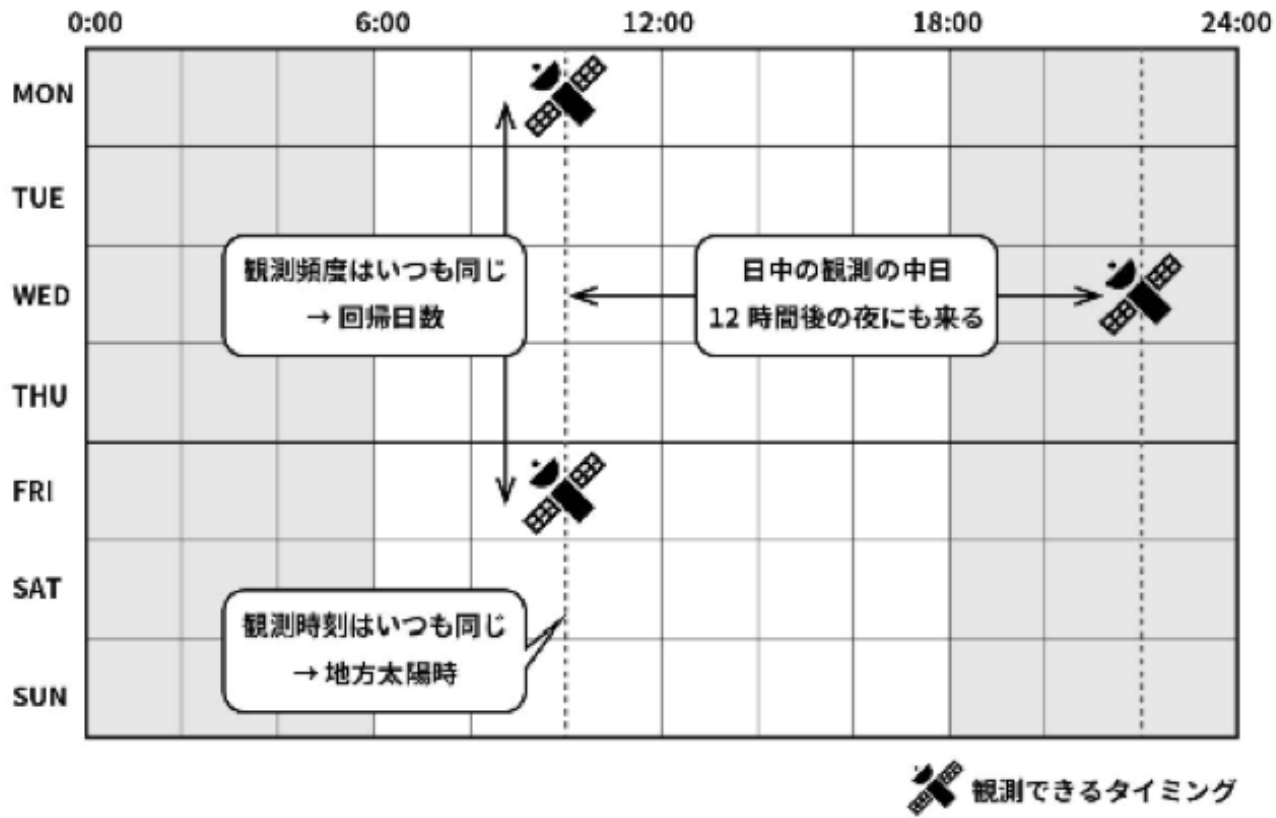
## 地球観測衛星の軌道の種類

太陽同期軌道	太陽非同期軌道	回帰軌道	準回帰軌道
<p>1日に1回地球を周回</p> <p>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、概ね同じ日の当たり方＝同じ観測時間で観測が可能</p>  <p>1日1周</p>	<p>周回頻度の決まりなし</p> <p>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</p> <p>傾斜角と同じ緯度の地域での観測頻度を高めることが可能</p>  <p>周期決まりなし</p>	<p>1日に地球を何回か周回</p> <p>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</p> <p>地球表面からの放射・反射量を比較的均等に観測できる</p>  <p>1日に何回か周回</p>	<p>1日に地球を何回か周回し、数日後に元の位置に戻る</p> <p>回帰軌道より周期が長いものを指す</p>  <p>1日に何回か周回</p>

# センサと軌道

- 太陽同期軌道を利用している地球観測衛星は、同じ場所を概ね同じ時間帯（地方太陽時）に観測しています。そのため、昼と夜の同じ時間に同じ地域の上空を特定の周期で通過します。
- センサの特徴に合わせて、地球観測衛星に適した軌道に周回させています。

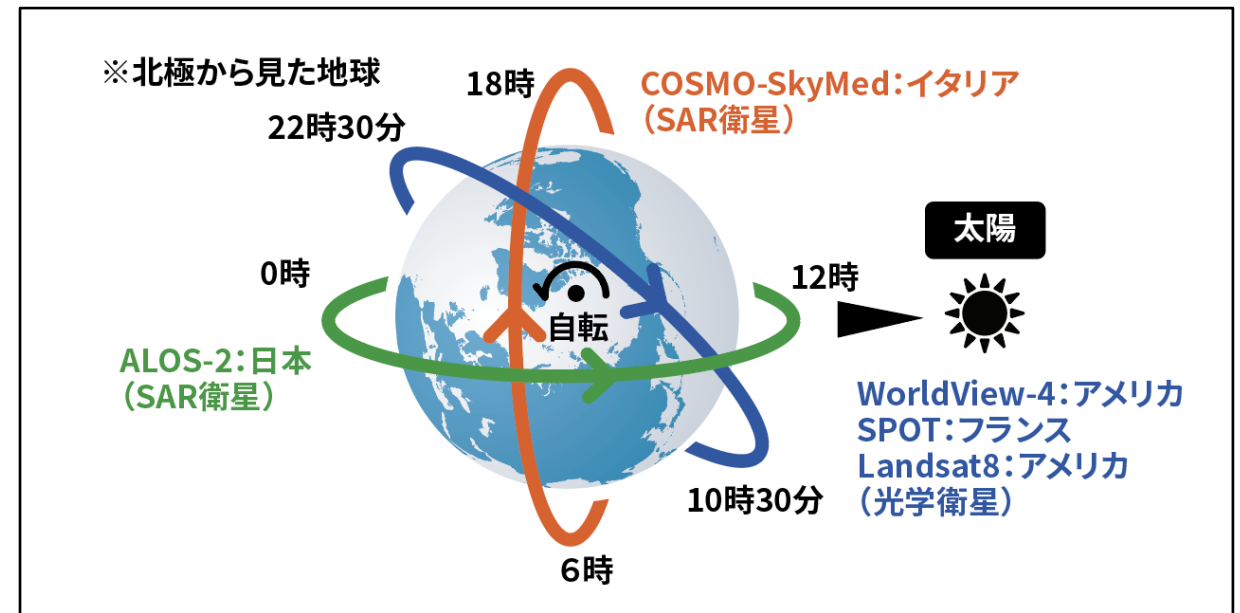
回帰日数 4 日、地方太陽時 10 時の衛星のケース



出所：さくらインターネット

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。

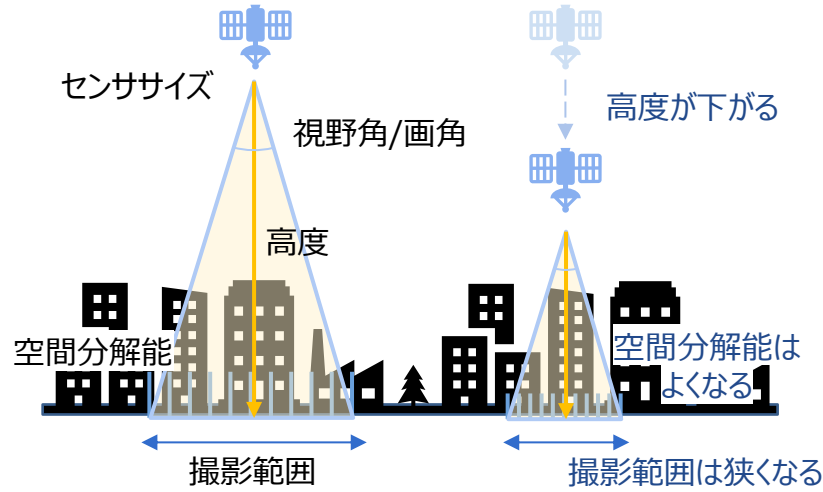
光学センサの場合、太陽光の影響を大きく受けるため、地表面が太陽によって暖められ上昇気流による雲が発生しやすい午後よりは午前の軌道を利用することが多い。



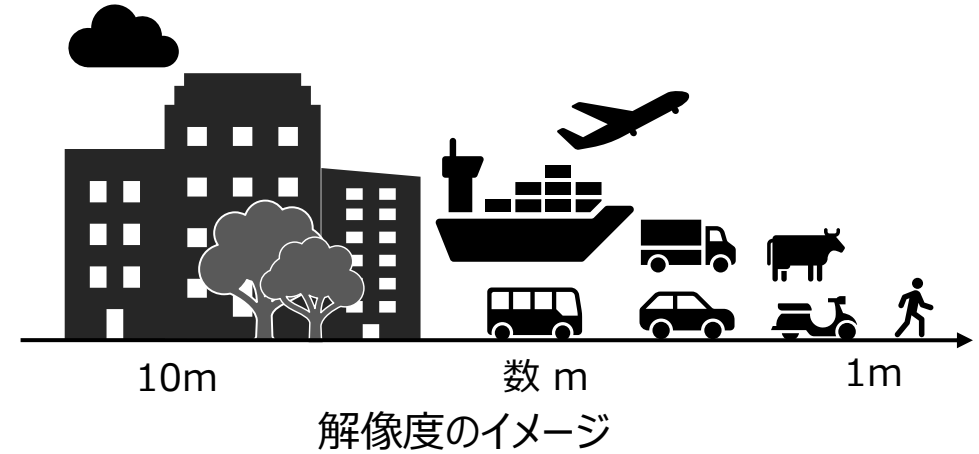


# 空間分解能と観測範囲

- 観測データの空間分解能（解像度）は衛星の高度やセンサのサイズ、種類、利用する周波数等により異なります。



同じ仕様のセンサの場合、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。





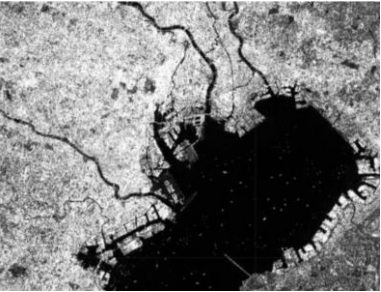

出所：宙畑 HPを基に作成

## 見え方の違い

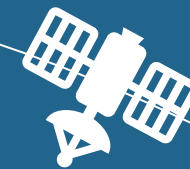
### 光学画像のイメージ

### 合成開口レーダ（SAR）画像のイメージ

	広域観測	詳細観測
空間分解能	10m～数100m	0.3m～数m
観測幅	数100km～1000km	10km～数10km
画像例	 Sentinel-2 画像	 WorldView-4 画像

	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	0.5m～数m
観測幅	数100km	数km～数10km
画像例	 Sentinel-1 画像	 COSMO-SkyMed 画像

出所：宙畑 HPを基に作成



## 2. センサの種類と特徴



2. センサの種類と特徴

3. 地球観測衛星活用  
に向けて

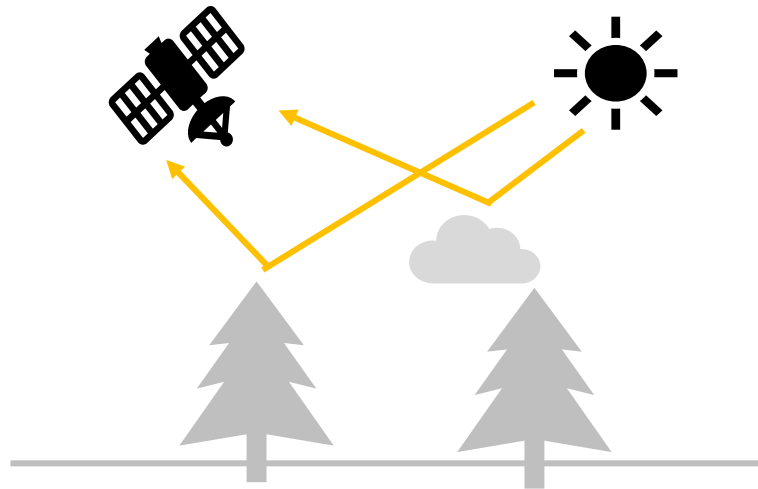
4. 衛星地球観測の  
拡大と領域

1. 地球観測衛星の概要

# 光学センサ①

- 光学センサは太陽の光（人間の目では見えない紫外線や熱赤外線を含む）が物に当たり反射した光や対象物が自ら放射している光を測ります。

## 光学センサ



光学衛星のイメージ

※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

### 観測に適しているもの

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

### 仕組み

- 太陽光の反射や物体の熱放射を測定する受動型センサ
- 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



写真のような目視のイメージに近い画像を得ることができる

出所：宙畑 HPを基に作成

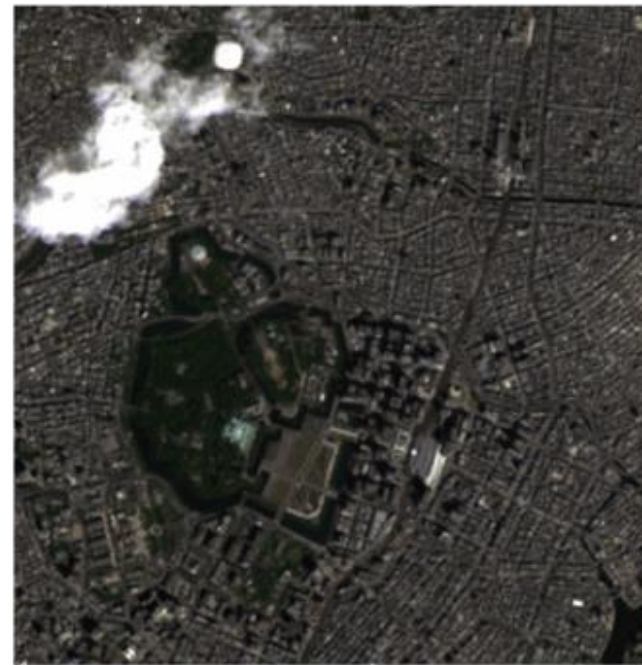
出所：Maxar Technologies

## 光学センサ②

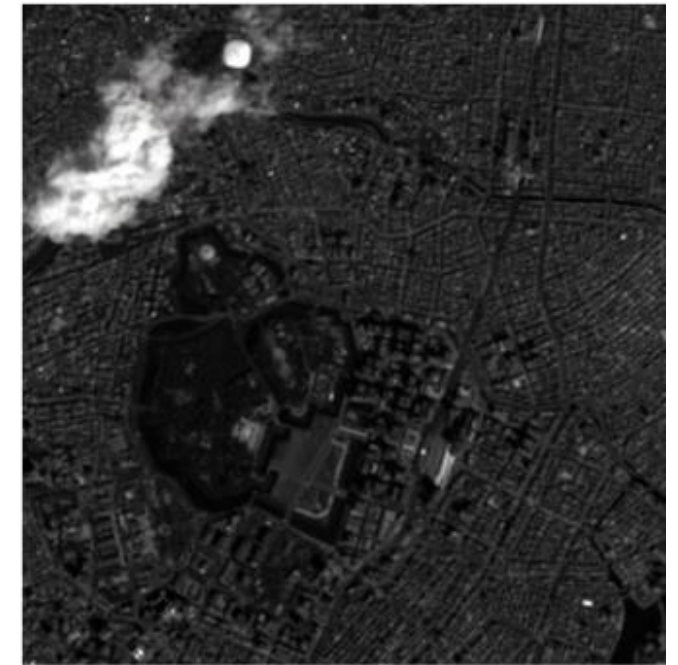
- 波長単体（1色）の画像は白黒のパンクロマティック（パンクロ）画像、赤緑青（RGB）の波長帯を重ね合わせた写真のようなカラー画像はマルチスペクトル（マルチ）画像と呼びます。
- パンクロ画像は可視光の波長帯全体にまたがって受光できるため解像度が高いです。パンクロ画像とマルチ画像を融合させることで、マルチ画像をパンクロ画像の空間情報によりシャープにした「パンシャープン画像」を作成可能です。



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)

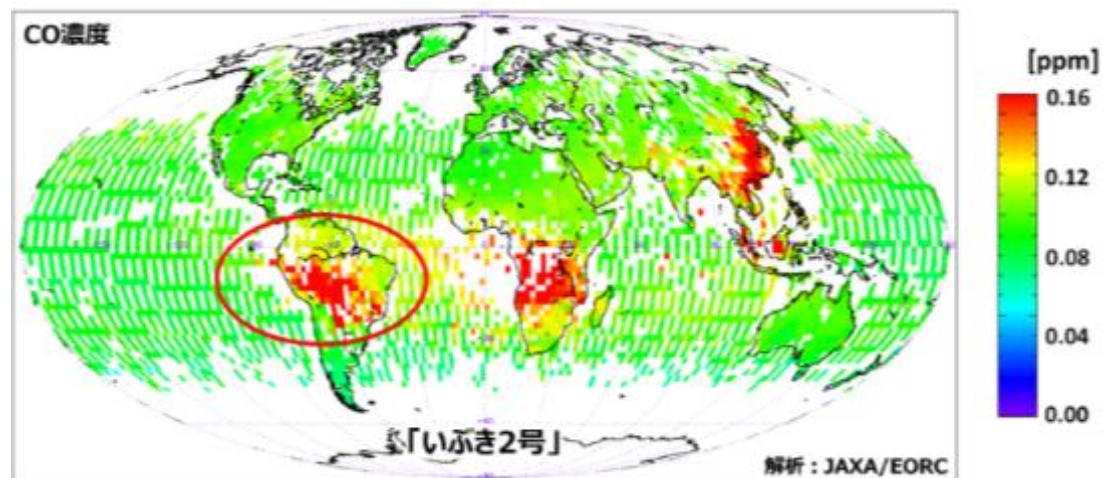
Landsat-8のバンドからパンシャープン画像を作成するイメージ

出所：宙畑

# 光学センサ③

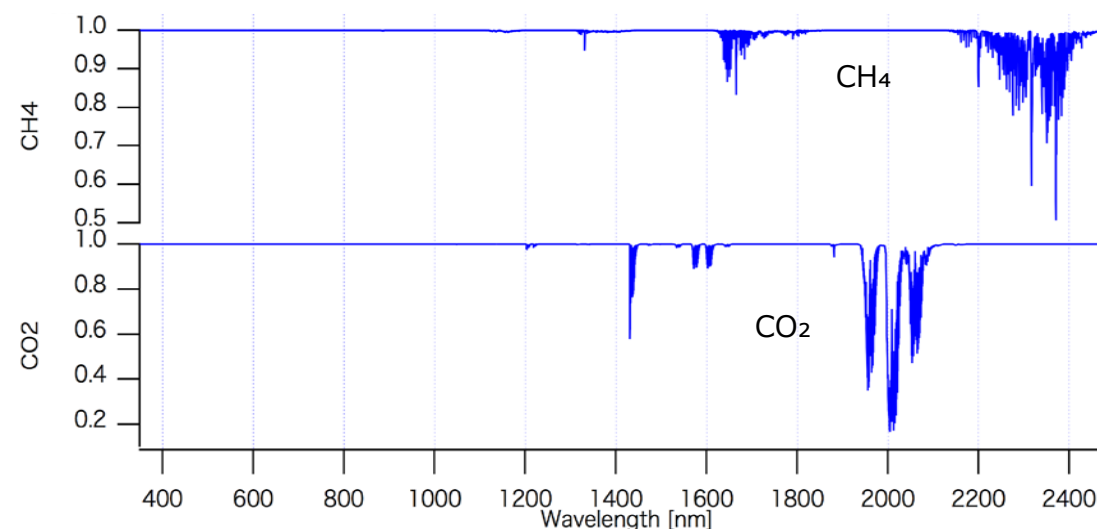
- 分光計により太陽から出て地表面で反射した太陽光や、地球大気から放射される赤外線波長の強度を測定し、CO<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>等のGHGや大気汚染物質などの大気中の量を推定可能です。
- 国立環境研究所が運営するGOSAT Data Archive ServiceやJAXAが運営するwebサイトで、観測されたGHGのデータを提供しています。

## 光学センサの解析例



CO<sub>2</sub>濃度分布

出所: JAXA



GHG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

出所: JAXA

よく利用される分野

気候変動: GHGの観測による地球温暖化の把握

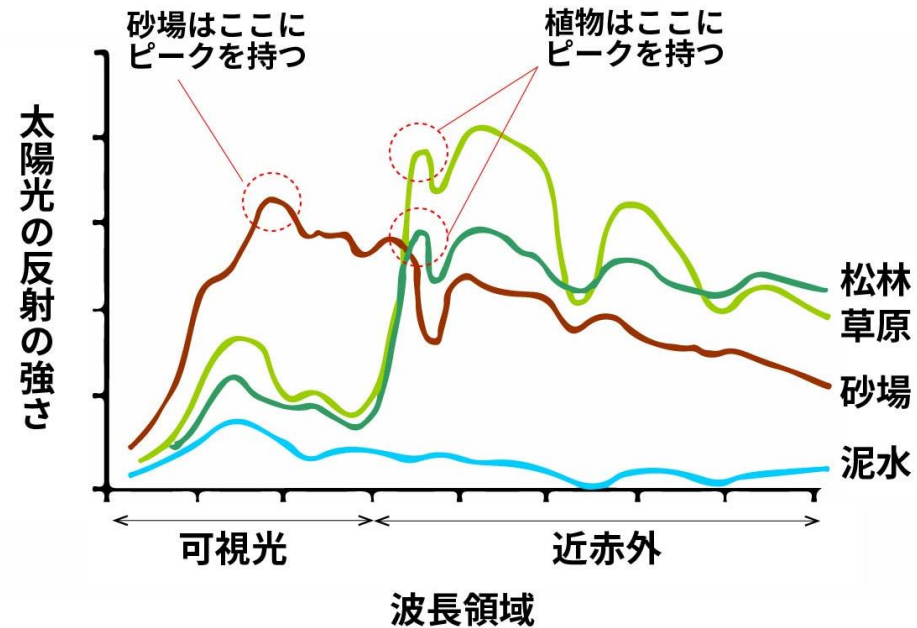
衛星

GOSAT、GOSAT-2、OCO-2、GHGSat-D、Sentinel-5P 等



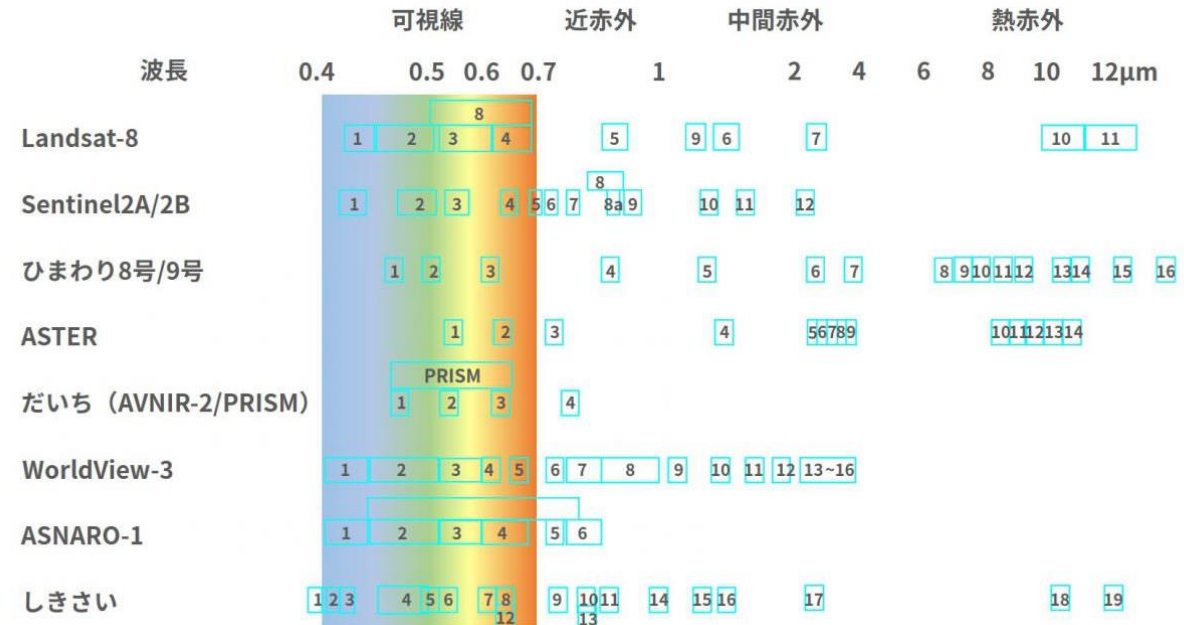
# 光学センサ⑤

- 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等の分析が可能です。また、ハイパースペクトルセンサ等により、細かく波長を分類することで、植物の状態を分析することも可能です。



(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)

出所：宙畑



衛星による観測波長帯の違い

出所：宙畑

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**：異なる方向からの複数観測による立体視を用いた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

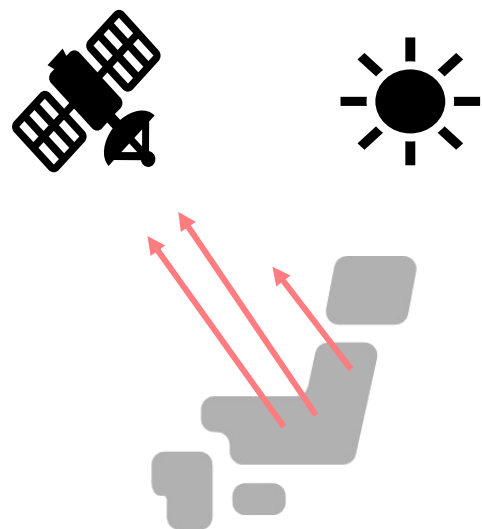
衛星

GCOM-C、ひまわり、GRUS、CE-SAT、WorldView、Sentinel-2、SPOT 等

# 熱赤外センサ

- 熱赤外センサは光学センサの一種で、対象物から放射された熱赤外線をつかえて観測します。

## 熱赤外センサ



海面や地表面の熱赤外線を観測

### 観測に適しているもの

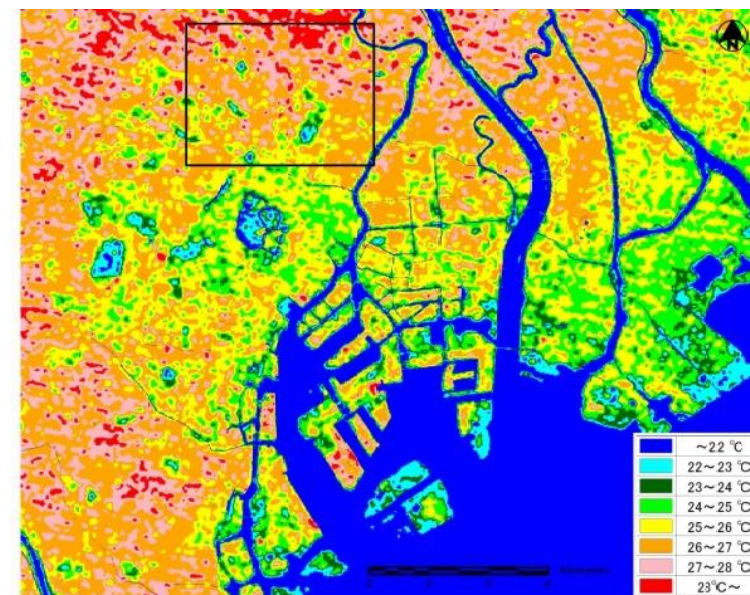
- ・海面や地表面の温度
- ・森林火災等の高温事象

### 仕組み

- ・物体が温度に応じて発する熱赤外線を計測する受動型センサ
- ・観測対象は熱赤外線（TIR）

### 長所/短所

- 夜間でも観測可能
- 人に関する温度領域が観測可能
- ×空間分解能は低い
- ×雲の下は観測不可



地表面温度分布

出所：地理空間情報技術ミュージアム

よく利用される  
分野

**水産業**：海面水温把握による漁場探索  
**気候変動**：地表面温度の把握

衛星

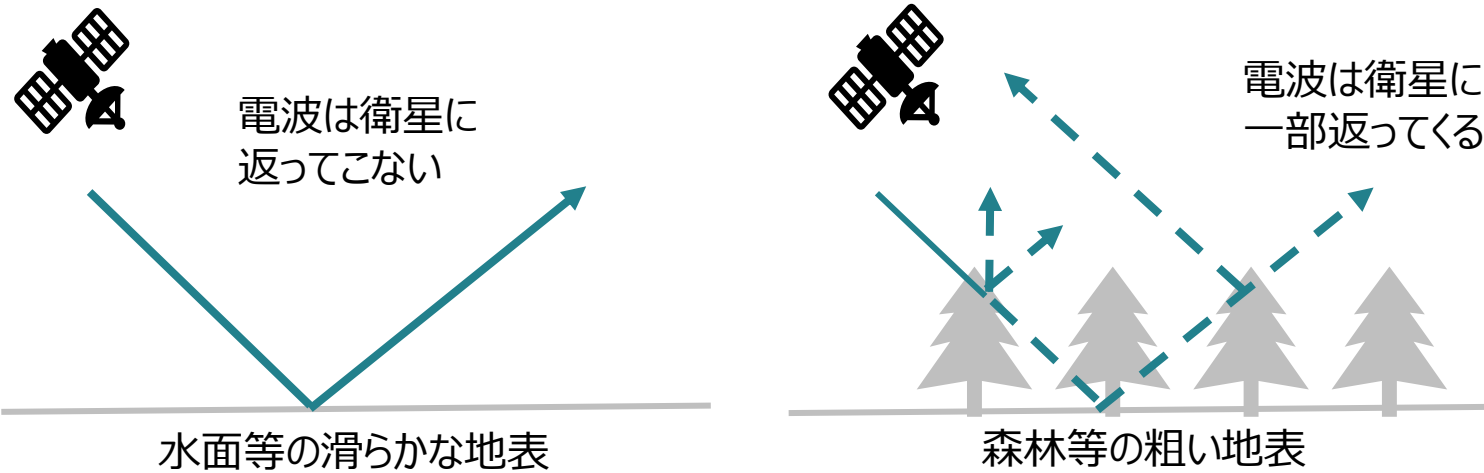
GCOM-C、ひまわり、Landsat、Terra、Aqua、Sentinel-3 等



# 合成開口レーダ (SAR) センサ①

- 合成開口レーダ (SAR) センサは電波を照射し、その反射波や散乱波を捉えてものを識別します。

## 合成開口レーダ (SAR) センサ



### 観測に適しているもの

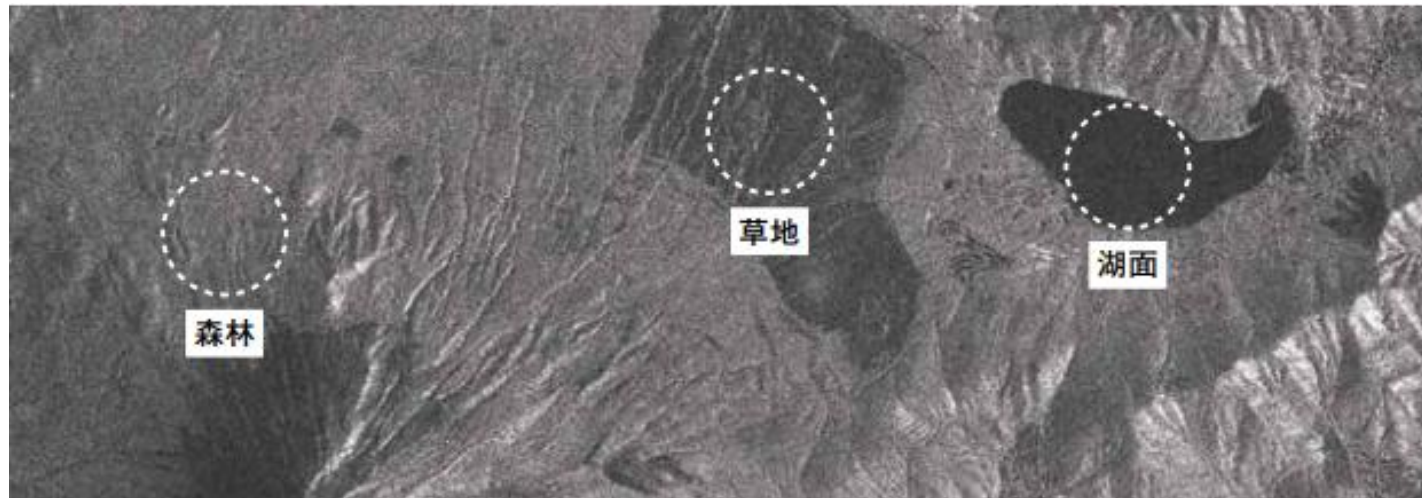
- 対象物の有無/変化
- 対象物の凹凸

### 仕組み

- 自ら発した電波の跳ね返りを見る能動型センサ
- 観測波長は電波

### 長所/短所

- 雲や夜の影響なく撮影可能
- 同じ条件で撮影するので比較しやすい
- ×画像としては分かりづらい



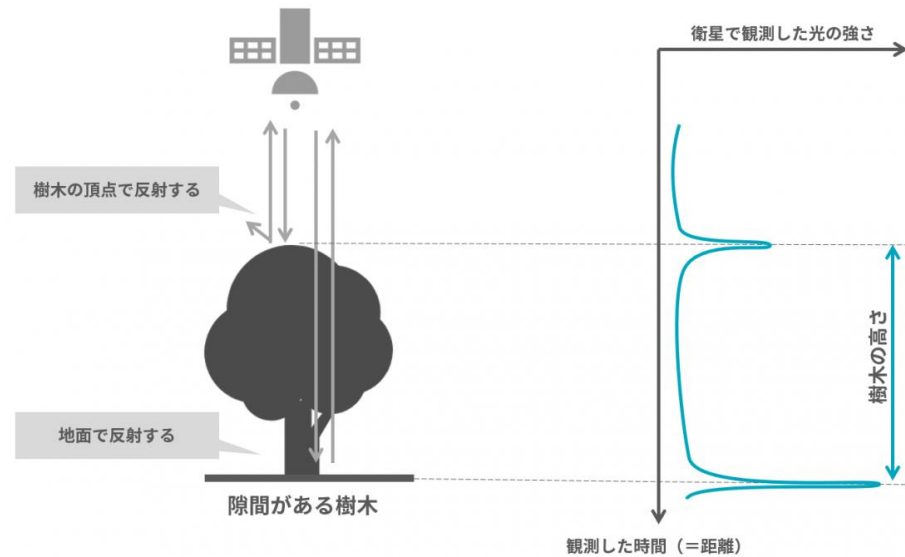
出所：JAXA



# ライダー

- ライダーは、観測物にレーザー光（紫外線、可視光、または近赤外光）を照射して、観測物までの距離等を測定します。

## ライダー



ライダーで樹高を観測するイメージ

出所：さくらインターネット

### 観測に適しているもの

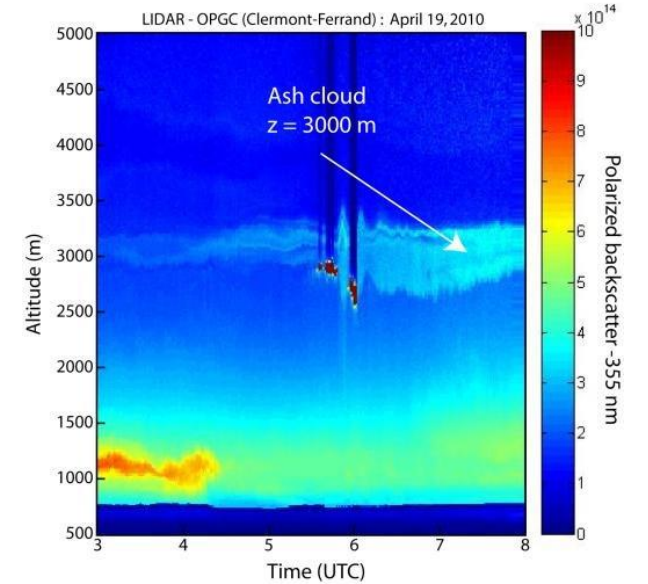
- 空気中の粒子/雲
- 風速
- 樹高
- 地表面高度

### 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

### 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）



出所：ResearchGate

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  
**天気予報**：風速データの気象予報モデルの活用

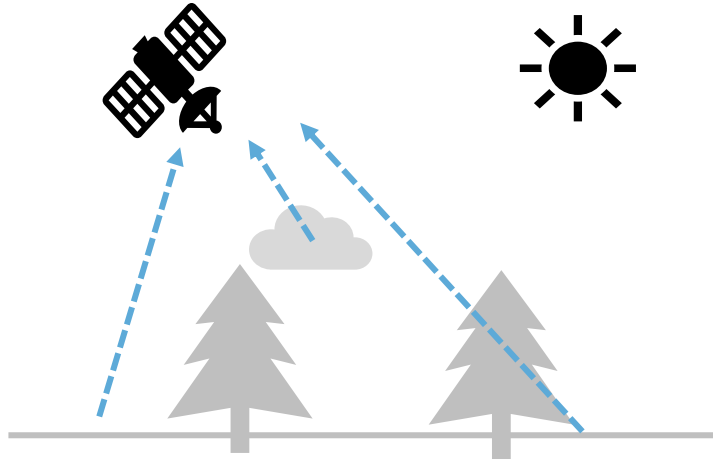
衛星

ICESat、ICESat-2、GEDI、ADM-Aeolus 等

# マイクロ波放射計

- マイクロ波放射計は、地表面や大気等から放射される微弱な電波を測定します。

## マイクロ波放射計



地表面や大気等から放射される電波を観測

### 観測に適しているもの

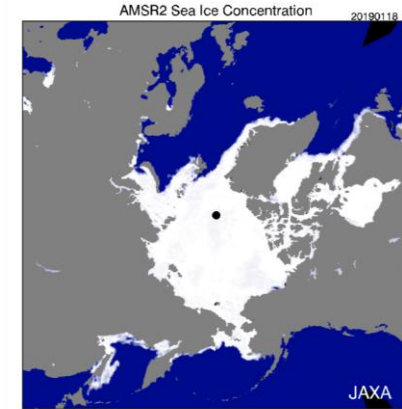
・海氷情報、降水量、水蒸気量、土壌水分量、積雪深、海面水温、海上風速、気象予測、台風解析

### 仕組み

・地表面や大気から放射・散乱されている微弱な電波を見る受動型センサ  
・観測波長は電波

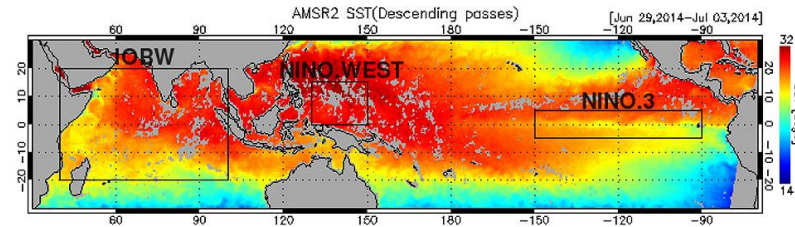
### 長所/短所

○雲を透過して観測が可能  
×空間分解能が光学センサに比べて低い



GCOM-Wが観測した北極海域の海氷分布

出所：JAXA



GCOM-Wが観測した海面温度の分布

出所：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・海面温度・海氷分布の把握  
**農業・水産業：**降水量、海面温度、土壌水分量等の把握  
**気候変動：**海氷面積や海面水温、降水量等の水に関する物理量の長期変動の監視

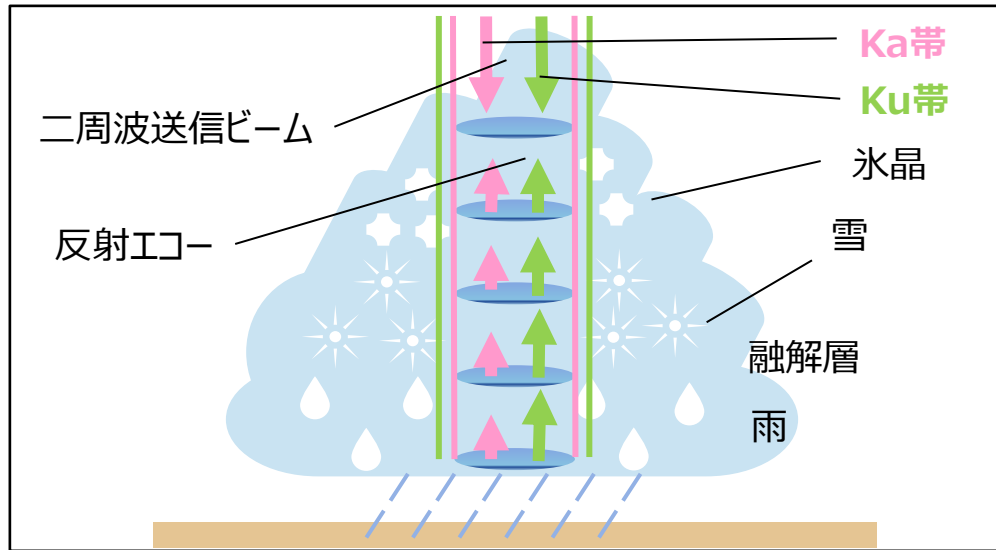
衛星

GCOM-W, GOSAT-GW、GPM主衛星、JPSS等の低軌道気象衛星 等

# 降水レーダ/雲レーダ

- 降水レーダ/雲レーダは電波を発射し、雨粒や雲で反射・散乱した電波を観測します。

## 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

出所：JAXA 資料を基に作成

### 観測に適しているもの

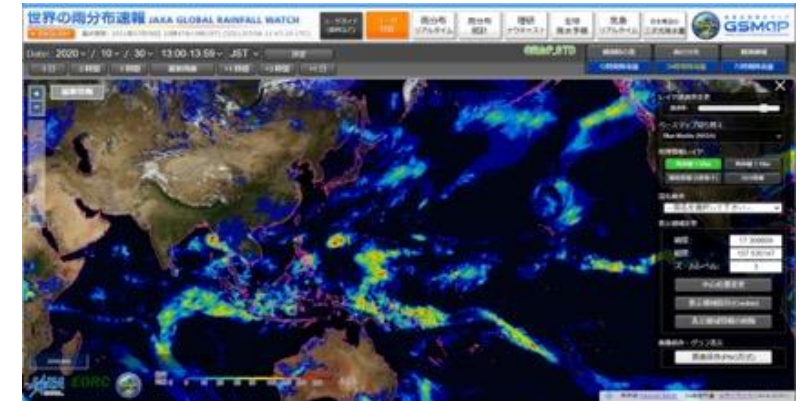
- ・大気中の雨や雲の様子

### 仕組み

- ・自らが発した電波の跳ね返りを見る  
能動型センサ
- ・観測波長は電波 (Ku/Ka、Wバンド)

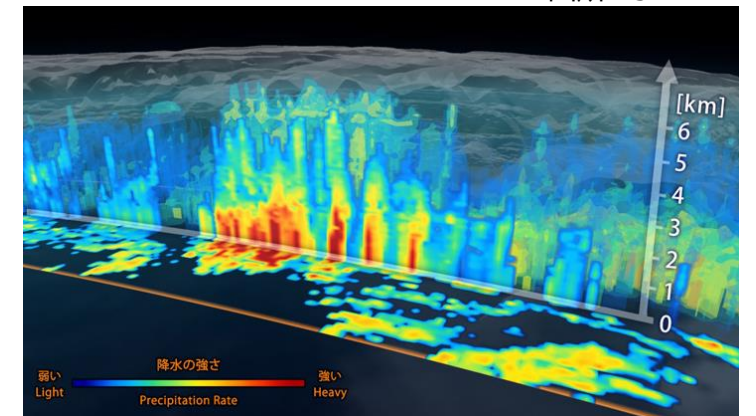
### 長所/短所

- 地上レーダよりも広範囲が観測可能
- 三次元構造の把握が可能
- ×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

出所：JAXA



GPMの観測データの衛星データから解析した全球降水マップ

出所：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、EarthCARE、Cloudsat 等

# その他のセンサ①

## マイクロ波高度計

### 観測に適しているもの

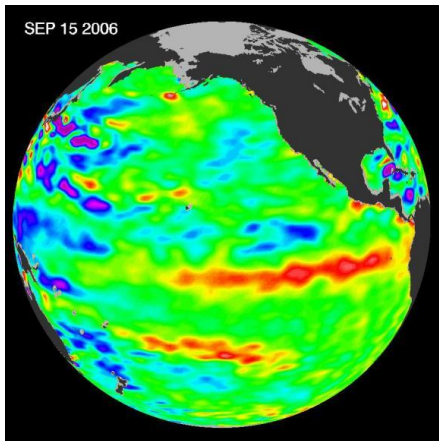
- ・海面高度

### 仕組み

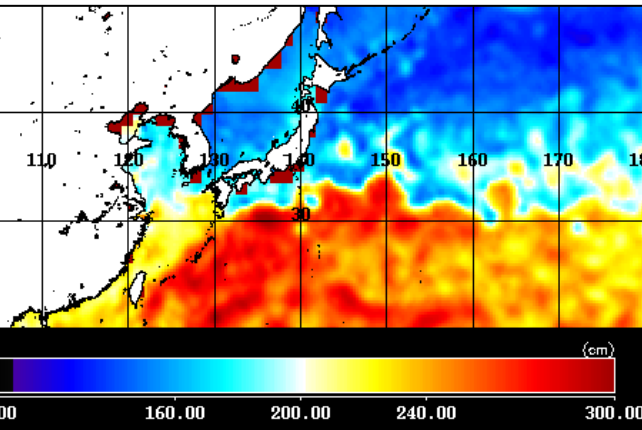
- ・自らが発した電波の跳ね返りを見る能動型センサ
- ・観測波長は電波（C、Kuバンド）

### 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年のエルニーニョ現象の様子



日本周辺の海面高度

出所：NASA

出所：東京海洋大学

## マイクロ波散乱計

### 観測に適しているもの

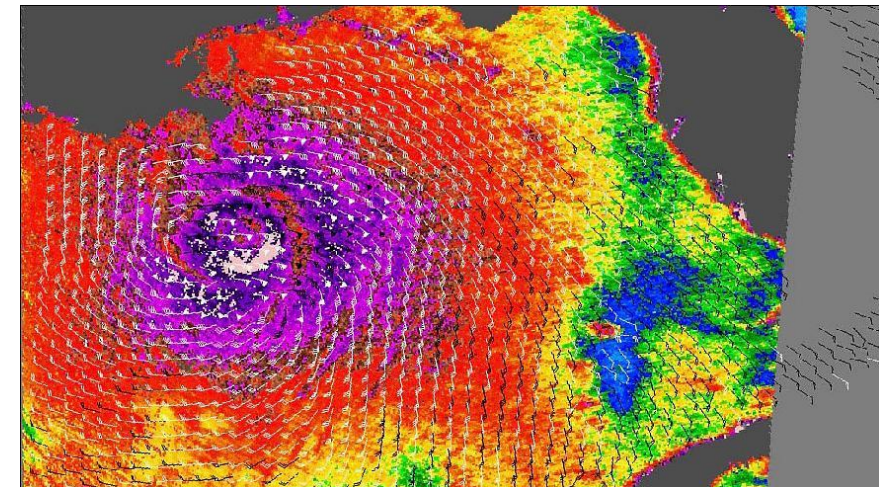
- ・海上風速/風向

### 仕組み

- ・自らが発した電波の跳ね返りを見る能動型センサ
- ・観測波長は電波（C、Kuバンド）

### 長所/短所

- 地上レーダよりも広範囲が観測可能
- ×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

出所：NASA

## その他のセンサ②

### GPS掩蔽（えんぺい）センサ

#### 観測に適しているもの

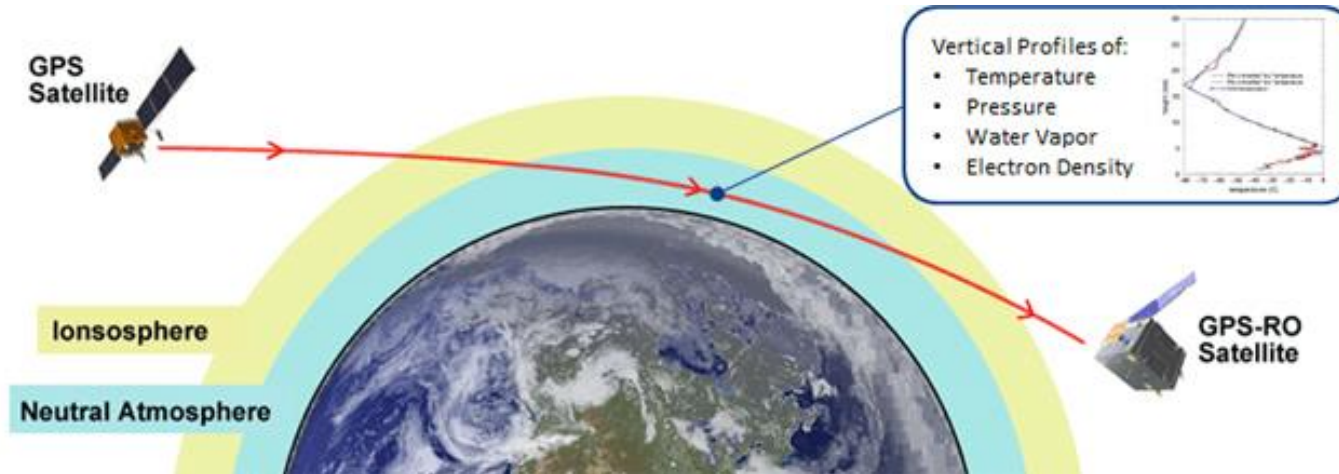
- ・気温、水蒸気量

#### 仕組み

- ・GPS電波の伝播の遅延を測る受動型センサ
- ・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



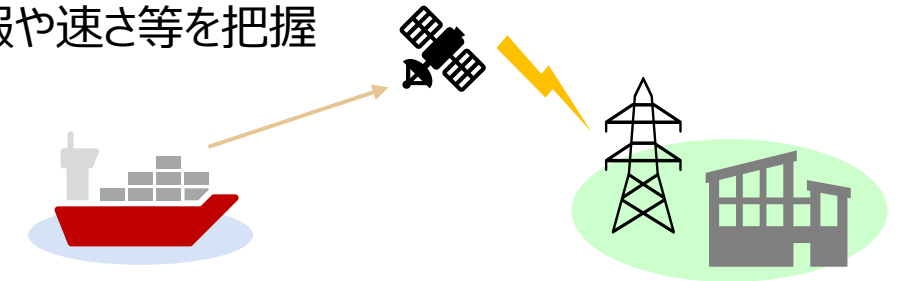
GPS掩蔽センサのイメージ

出所：PlanetIQ

### 船舶自動識別システム AIS

Automatic Identification System

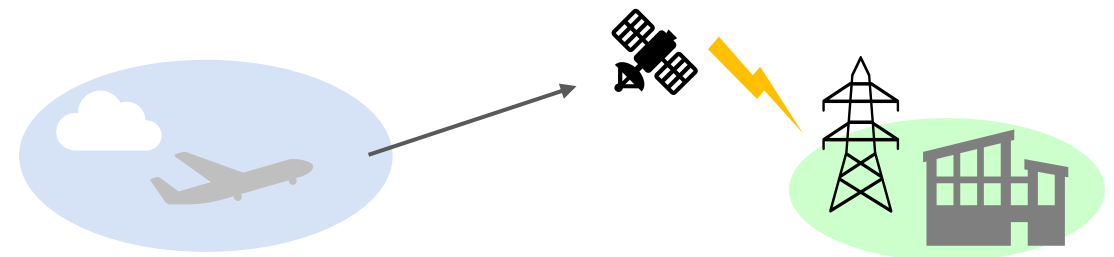
船舶から発信されるAISの電波を衛星で取得し、船舶の位置情報や速さ等を把握

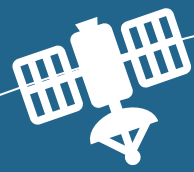


### 航空機の情報収集システム ADS-B

Automatic Dependent Surveillance-Broadcast

AISと同様に、航空機の位置情報や速さ等を把握





# 3. 地球観測衛星活用に向けて



1. 地球観測衛星の概要

2. センサの種類と特徴

3. 地球観測衛星活用  
に向けて

4. 衛星地球観測の  
拡大と領域



# 衛星データ・データ解析ソフト・宇宙ビジネス情報の入手方法

- 以下のサイトで衛星データや解析ソフト・宇宙ビジネス情報を入手可能です。

## 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-airbusds.com/imagery/oneatlas/data/>  
PleiadesやSPOT等のデータを提供。

## 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>

### 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、豊富な地図データ等各種アプリを搭載。

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

### ENVI NV5 Geospatial

同じくEsri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>

## 地球観測衛星のデータを扱うプラットフォーム

### Tellus

#### 日本発の衛星データプラットフォーム

政府系衛星データのほか商用衛星データの購入も可能。

<https://www.tellusdp.com/>



### DIAS

#### (Data Integration and Analysis System)

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。

<https://diasjp.net/>

## 宇宙ビジネスポータルサイト

### S-NET

「宇宙」をキーワードに新産業・サービス創出に関心を持つ企業・個人・団体等が参加できる宇宙ビジネス情報ポータルサイト。

<https://s-net.space/>

# 衛星活用に関する国等からの支援

- 衛星地球観測の活用に向けて、国等から事業の成長段階に応じた資金や技術等の支援があります。

<p><b>S-Booster</b> <span style="float: right;">研究</span></p> <p style="text-align: center;">技術支援 資金支援</p> <p>起業や新規プロジェクト立上げを目指す異業種等から幅広くビジネスアイデアを募集し、優れたアイデアには専門家によるブラッシュアップ、ビジネスマッチング、資金提供等の支援を行い、事業化を目指す。</p>	<p><b>J-SPARC</b> <span style="float: right;">研究</span></p> <p style="text-align: center;">事業開発支援 技術支援</p> <p>民間事業者等とJAXAが人的リソースや資金を持ち寄り、企画段階から早いサイクルで事業コンセプト等を共創する。</p>	<p><b>宇宙開発利用加速化戦略プログラム (スターダストプログラム)</b> <span style="float: right;">研究 実証</span></p> <p style="text-align: center;">資金支援</p> <p>各省が連携して取り組むべきプロジェクトを促進する予算を計上し、戦略プログラムの研究開発を推進する。</p>	<p><b>情報処理・サービス・製造産業復興研究開発等事業費補助金</b> <span style="float: right;">研究 実証</span></p> <p style="text-align: center;">資金支援</p> <p>地方公共団体または民間企業が行う衛星データ等を活用した課題解決のためのソリューション開発実証を支援する。</p>
<p><b>小型衛星技術研究開発・実証プログラム (仮称)</b> <span style="float: right;">研究 実証</span></p> <p style="text-align: center;">人材育成支援 技術支援</p> <p>革新型衛星技術実証プログラム、小型技術刷新衛星研究開発プログラム、JAXA-SMASH、衛星コンステレーションによる革新的衛星観測ミッション共創プログラムが再編された新たな支援策。小型衛星の新技术の研究開発、小型衛星による実証のワンストップ・コーディネートを実施する。</p>	<p><b>宇宙戦略基金 衛星データ利用システム海外実証 (フィージビリティスタディ)</b> <span style="float: right;">研究 実証 実用</span></p> <p style="text-align: center;">技術支援 資金支援</p> <p>「衛星等」を含む3分野で、民間企業や大学等が最大10年間、技術開発に取り組めるよう設置されたJAXA基金。開発・実証段階がメインだが、実装支援段階のテーマもある。</p>	<p><b>SBIR</b> <span style="float: right;">研究 実証 実用</span></p> <p style="text-align: center;">資金支援</p> <p>各府省庁の研究開発補助金等の連携を加速させ、研究開発を促進し、その成果を円滑に社会実装し、我が国のイノベーション創出を促進する。</p>	<p><b>NEDO Challenge ~Satellite Data for Green Earth~</b> <span style="float: right;">研究 実証 実用</span></p> <p style="text-align: center;">資金支援</p> <p>衛星データ等を活用し、グリーン分野における新産業や新規ビジネスの創出を目指す懸賞金型コンテストを実施する。</p>
<p><b>課題解決に向けた先進的な衛星リモートセンシングデータ利用モデル実証プロジェクト</b> <span style="float: right;">実証</span></p> <p style="text-align: center;">資金支援</p> <p>地方自治体を含めた行政機関等の課題解決に向け、衛星データを活用した民間事業者による新たなサービスの開発を促進する。</p>	<p><b>小型SAR衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証事業</b> <span style="float: right;">実証</span></p> <p style="text-align: center;">技術支援</p> <p>民間事業者による小型SAR衛星コンステレーションを構築すべく、実証事業を推進し、商業化を加速化させる。</p>	<p><b>JAXAだいち2号アーカイブデータを用いた事業化実証</b> <span style="float: right;">実証 実用</span></p> <p style="text-align: center;">技術支援</p> <p>ALOS-2のアーカイブデータを用いた各種事業の成立性を実証する取組。民間主導の衛星データ利用事業化を目指す。</p>	<p><b>JAXA認定ベンチャー企業支援</b> <span style="float: right;">実証 実用</span></p> <p style="text-align: center;">販路拡大支援 広報活動支援 資金支援</p> <p>JAXAベンチャーの取組紹介、JAXAベンチャー設立に向けた相談会、SNS等による情報発信、各種展示会への共同出展、ビジネスマッチングを実施。宇宙航空を中心とした産業全体への波及効果を最大化し、エコシステムを確立する。</p>



# 4. 衛星地球観測の拡大と領域

1. 地球観測衛星の概要

2. センサの種類と特徴

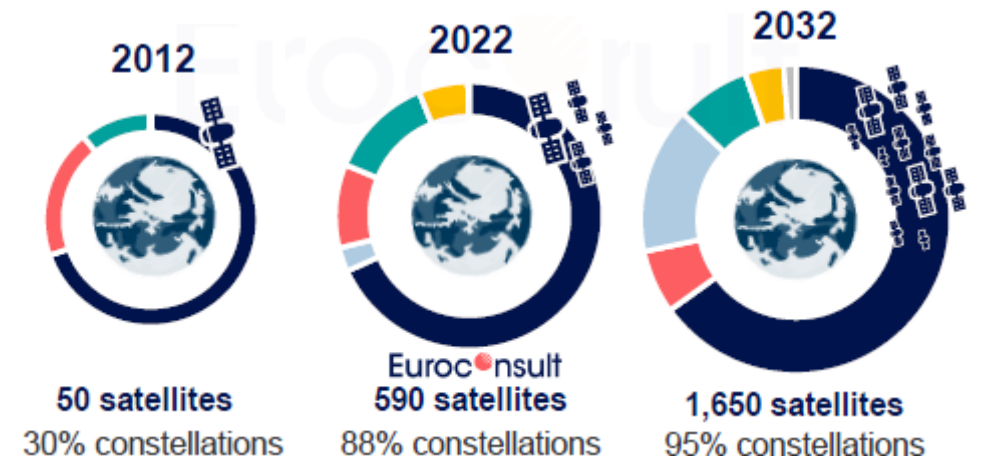
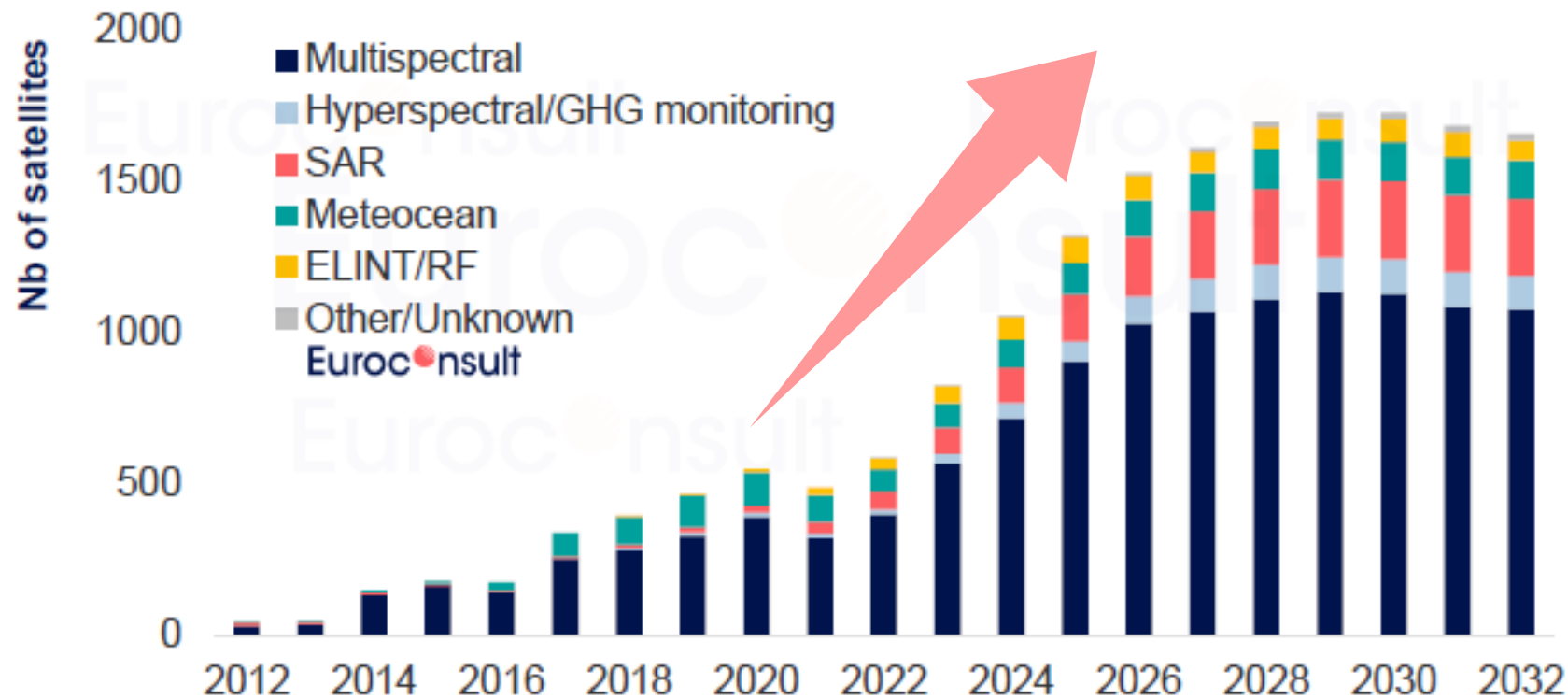
3. 地球観測衛星活用  
に向けて

4. 衛星地球観測の  
拡大と領域

# 地球観測衛星数の増加

- 以前は大型衛星1機でミッションを実現していましたが、地球観測衛星分野においては、多数の人工衛星を軌道に配備することで、1機では実現困難な観測頻度や観測精度の向上を図る、衛星コンステレーション事業が加速しています。

## 地球観測衛星数の推移と今後の予想



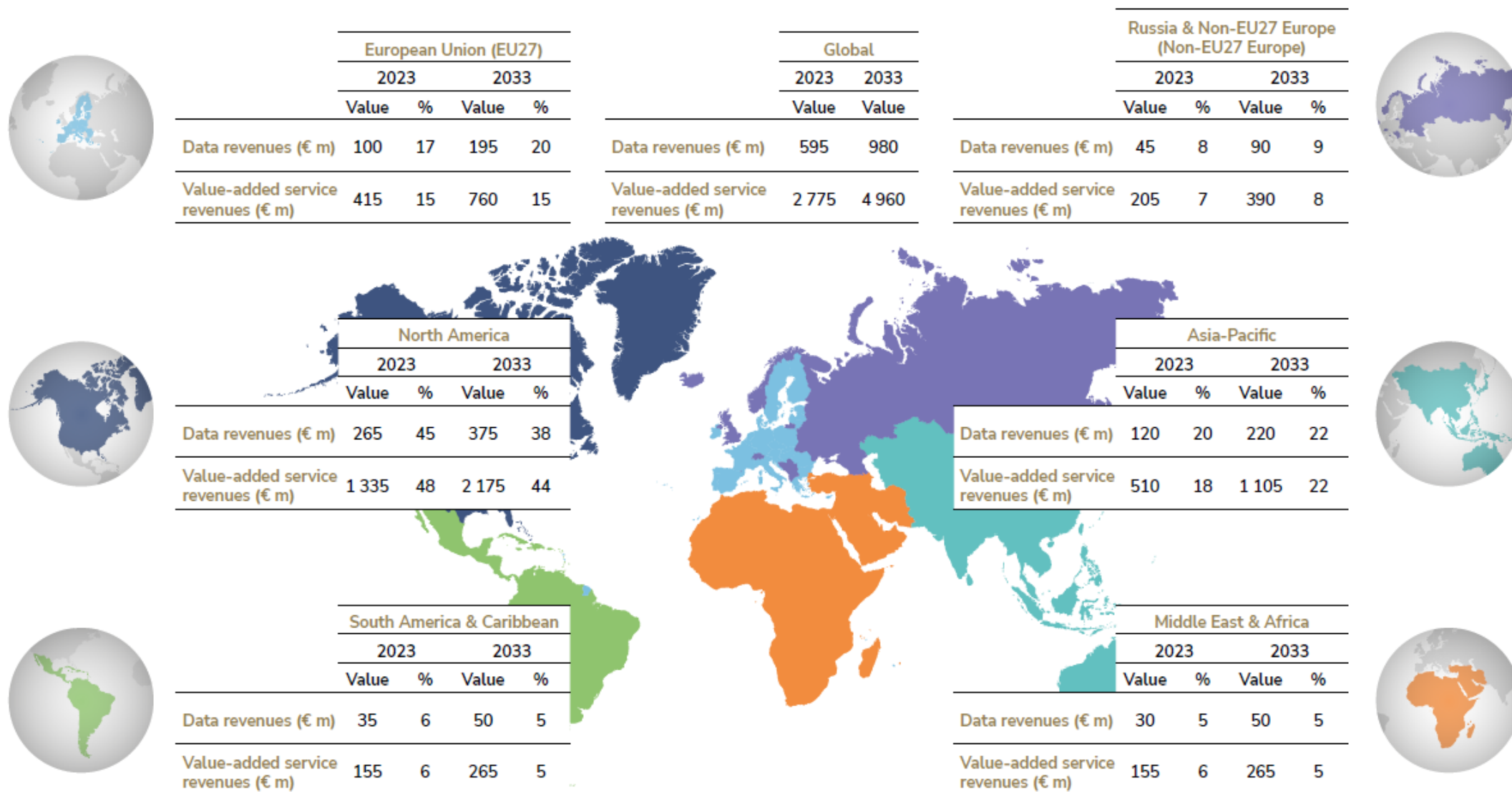
- 地球観測衛星数の増加とともに、コンステレーションの割合も増えており、今後拡大が見込まれています。

\*Includes satellites from private enterprises and governments with data available on a commercial basis. Excludes noncommercial satellites. Satellites in operation are based on reported/expected life spans.

出所 : Euroconsult

# 衛星地球観測の市場規模の拡大

- 衛星地球観測やその付随サービスの世界各地の市場規模も拡大することが見込まれています。



Data revenues (€m) : 衛星地球観測による収益 (百万ユーロ)

Value-added service revenues (€m) : 付加価値サービスの収益 (百万ユーロ)

出所 : EUSPA

# 衛星地球観測とAIを組み合わせたイノベーション

- 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ます。

## 衛星データが深層学習に適用される例

### 光学

- ・シーン分類
- ・物体分類
- ・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

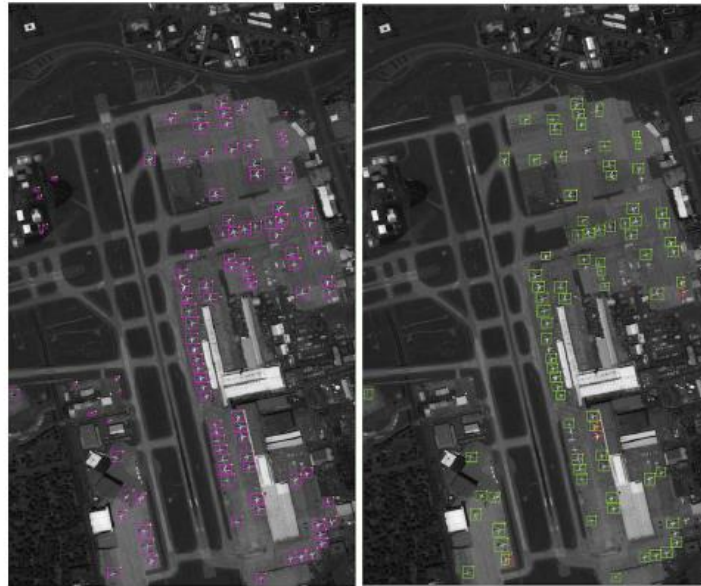
- ・パンシャープとの超解像
- ・複数衛星データと融合
  - 土地被覆分類
  - 変化抽出

### ・3D再構成

- タイポットの識別と照合
- ステレオ処理
- 大規模3D再構成

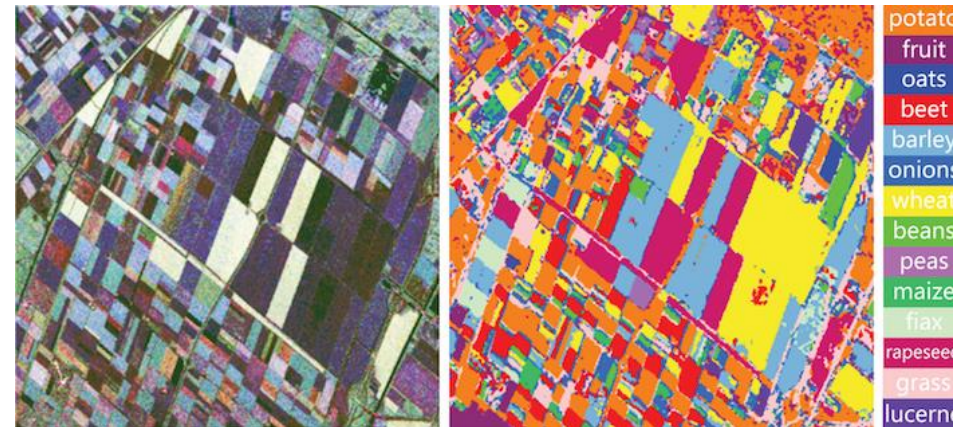
### ・地上データと衛星データとの融合

- 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



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

# 衛星地球観測が活用されるテーマと事例

- 衛星地球観測で得られたデータはさまざまなテーマにおいて、多様なサービスに活用されています。

## 農林水産業



- ・営農支援（生育管理、土壌水分量把握、病害検知）
- ・農地管理（水張確認、耕作地/耕作放棄地把握）
- ・農業統計情報把握（農地面積、作付け面積等）
- ・森林変化状況把握（造林、伐採、違法伐採）
- ・森林被害状況把握
- ・樹種、樹高把握
- ・漁場予測
- ・藻場分布把握
- ・海底地図作成
- ・放牧状況把握

## 災害管理



- ・被害状況把握（浸水状況、道路状況、建物状況等）
- ・地盤沈下/変動・地殻変動モニタリング、地すべり予兆把握
- ・山火事検知

## 土木・インフラ・建設



- ・インフラ管理（変位モニタリング）  
※道路、橋梁、空港、斜面、ダム、堤防、港湾、鉄塔等
- ・漏水検知
- ・建設進捗モニタリング

## 海事



- ・船舶航行状況把握
- ・違法船舶監視
- ・航路計画
- ・海況情報、海氷状況把握

## 保険・金融



- ・インデックス保険
- ・保険損害調査、保険金支払い効率化
- ・GDP予測、経済評価
- ・マイクロファイナンス

## エンタメ



- ・宇宙撮影体験

## 都市開発・不動産・地図



- ・不法投棄検知
- ・開発・建設進捗管理
- ・2次元地図作成
- ・3次元地図作成
- ・地球・都市デジタルツイン
- ・土地・建物抽出（用地、駐車場、家屋、太陽光設備等）
- ・土地利用状況把握（土地利用分類、農作物分類）

## 交通・物流



- ・車両・コンテナ等の台数把握、位置確認、追跡
- ・サプライチェーンの可視化
- ・自動運転用3次元地図作成

## 気象・気候・環境



- ・天気予報
- ・陸面モニタリング（バイオマス、土壌水分、氷床、植生等）
- ・大気モニタリング（GHG、大気汚染、降水量、風速等）
- ・海洋モニタリング（海面風、水温、海氷、赤潮等）
- ・環境影響評価
- ・カーボンプレジット創出（農地、森林、泥炭地）
- ・自然資本に対する情報開示

## エネルギー・資源

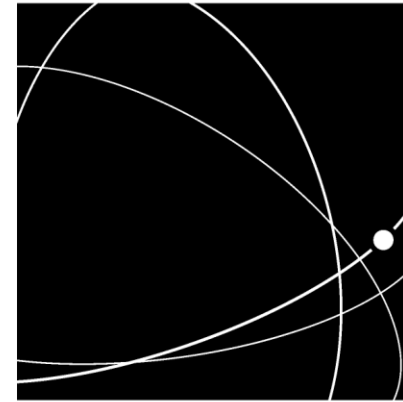


- ・再生エネルギー評価、予測、用地選定、モニタリング
- ・石油タンク備蓄量把握
- ・パイプラインモニタリング
- ・資源探査
- ・違法採掘監視

本レポートではこれらのサービスを利用し、特に期待されている4分野（**カーボンプレジット・海洋DX・スマートシティ・防災DX**）にフォーカスして、紹介します。

# CONSEO

衛星地球観測コンソーシアム  
Consortium for Satellite Earth Observation



引用する場合は、出典（「CONSEO REPORT（基礎編）」、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。