

CONSEOもくもくスクール2023

リモートセンシング概論

**「今さら聞けない!! 文系でもわかる
リモートセンシングのキホン」**

2023年12月1日

JAXA 衛星利用運用センター 村木 祐介



**JAXA 衛星利用運用センター
技術領域主幹 村木 祐介
(CONSEO事務局)**

JAXA有人部門 きぼうプロジェクト(開発・運用)



アジア開発銀行出向



JAXAミッション企画部・新事業促進部



文部科学省

文部科学省宇宙開発利用課出向

現在

- 1時間半の講義で完璧に理解できるわけがない!
- 衛星地球観測 = 衛星リモートセンシング の基本を初学者でもできるだけわかりやすく!
- 網羅的には伝えない。ポイントを絞って、よく使われるキーワードが理解できるように!
- どんなセンサでどんな観測が出来て、どんな使い方が出来るのかを俯瞰する。
- 技術的詳細には踏み込まない。

1. リモートセンシングってそういうことか！

2. 色々あるよセンサとデータ

前半Q&A

(休憩)

3. で、何に使えるの？ 利用事例紹介

4. ざっと理解しよう業界動向

後半Q&A

リモート センシング

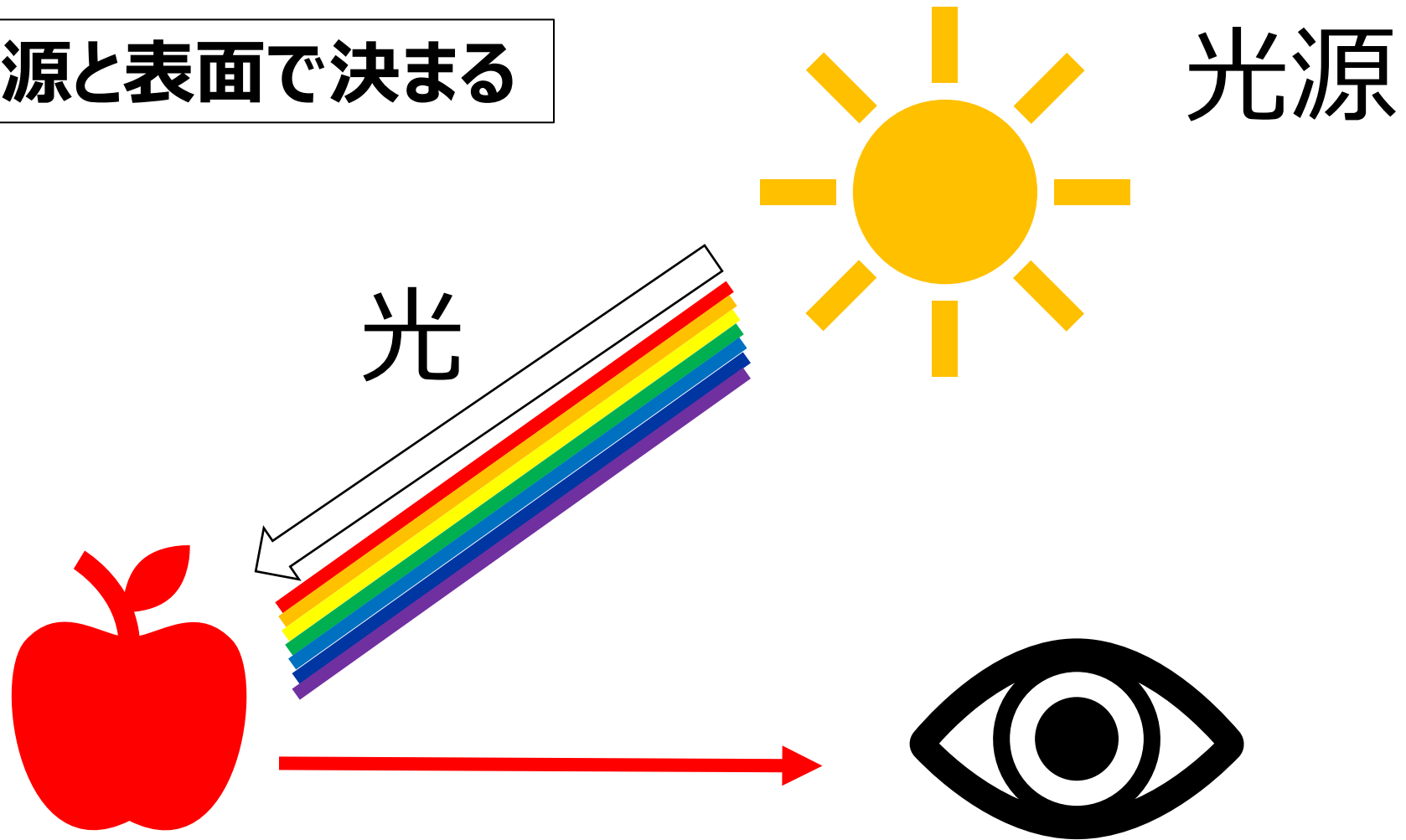
触らずに(遠隔で)

計測する

リモートセンシング (リモセン) の一例



見え方は光源と表面で決まる



吸収や反射など

目

宇宙で測れるのは光と電波(マイクロ波)

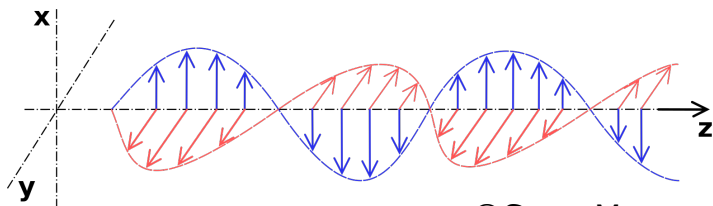
電磁波(光やマイクロ波)は「波」なので「波長」と「周波数」で種類が決まる

波長 0.4 0.5 0.6 0.7 0.9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 μm 0.1 1 10 100 mm



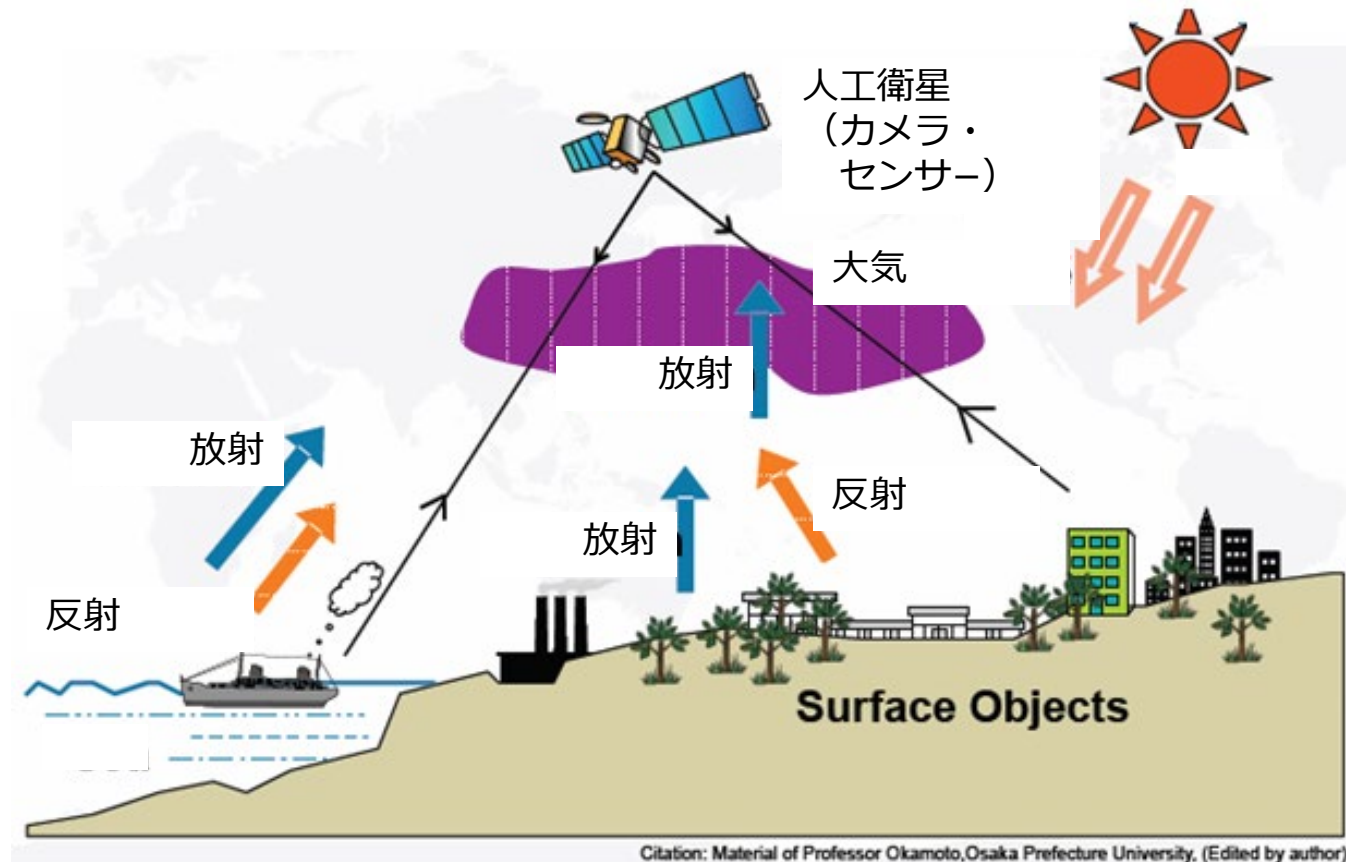
光

電波



©SuperManu

人工衛星で地球の光・電波の反射・放射等を計測



光学リモセン

マイクロ波リモセン

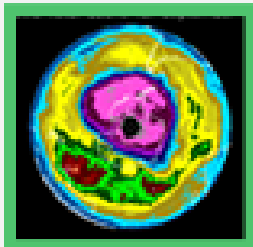
波長 0.4 0.5 0.6 0.7 0.9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 μm 0.1 1 10 100 mm

紫外線

可視線

赤外線

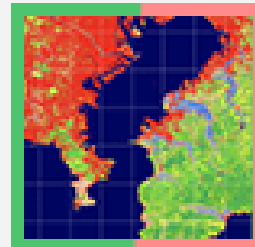
マイクロ波



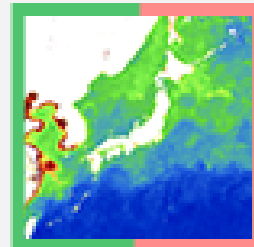
オゾンホール



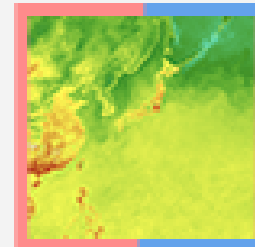
地表面画像



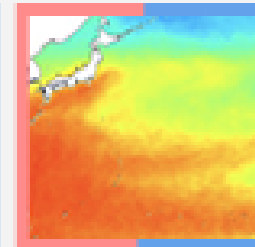
土地被覆



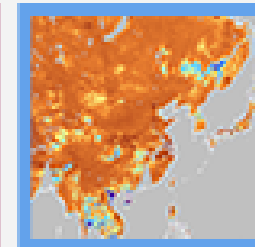
クロロフィルa濃度



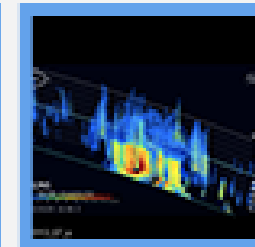
地表面
・海面温度



水蒸気量



土壌水分



降雨立体構造

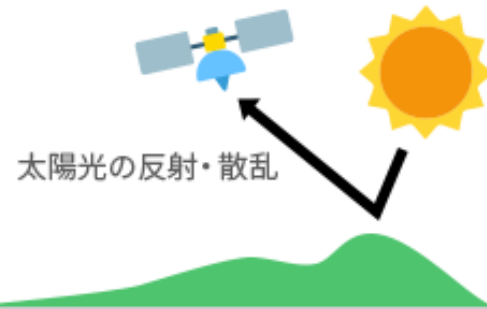
私達の目で見える地球

地球観測衛星の目(センサ)で見える地球

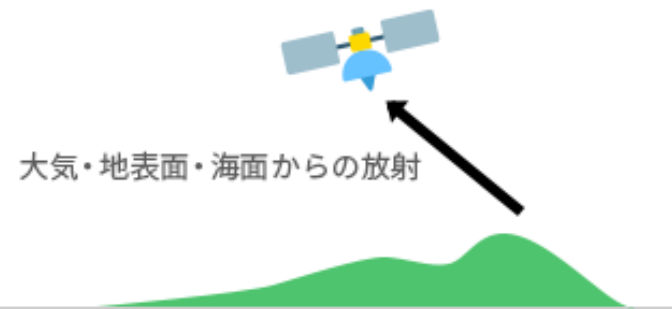
光学リモセンの例

波長によって反射や放射の特性が異なる

可視・近赤外リモートセンシング

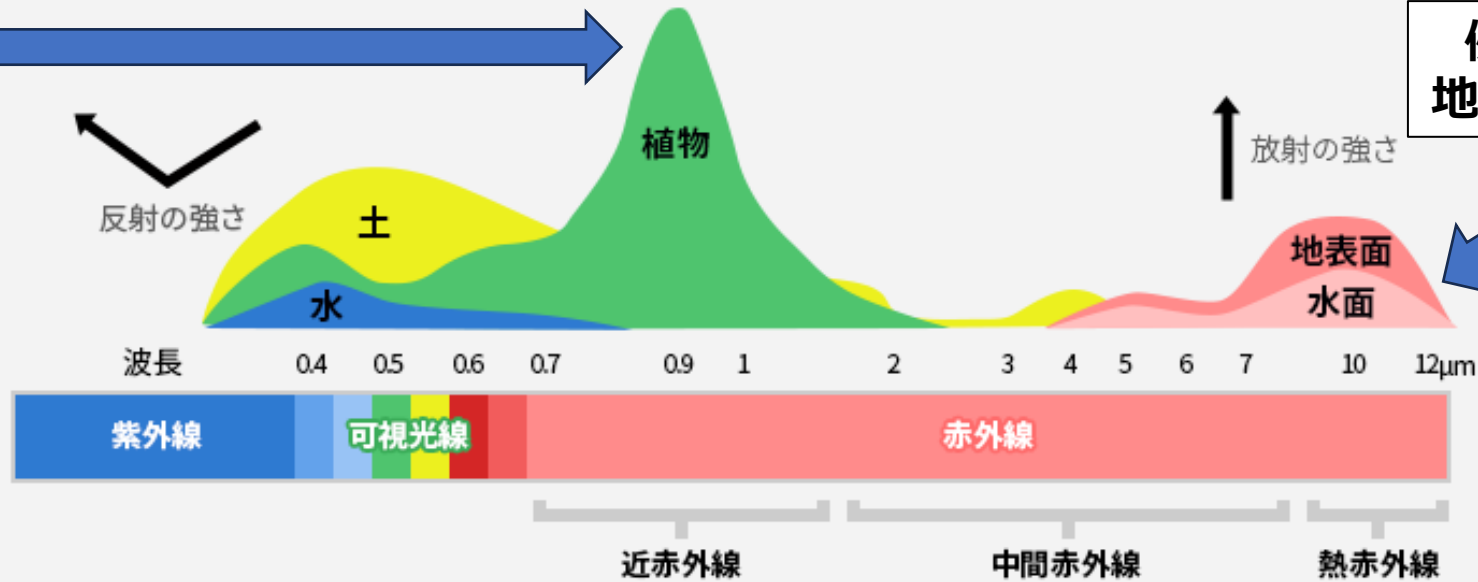


熱赤外リモートセンシング



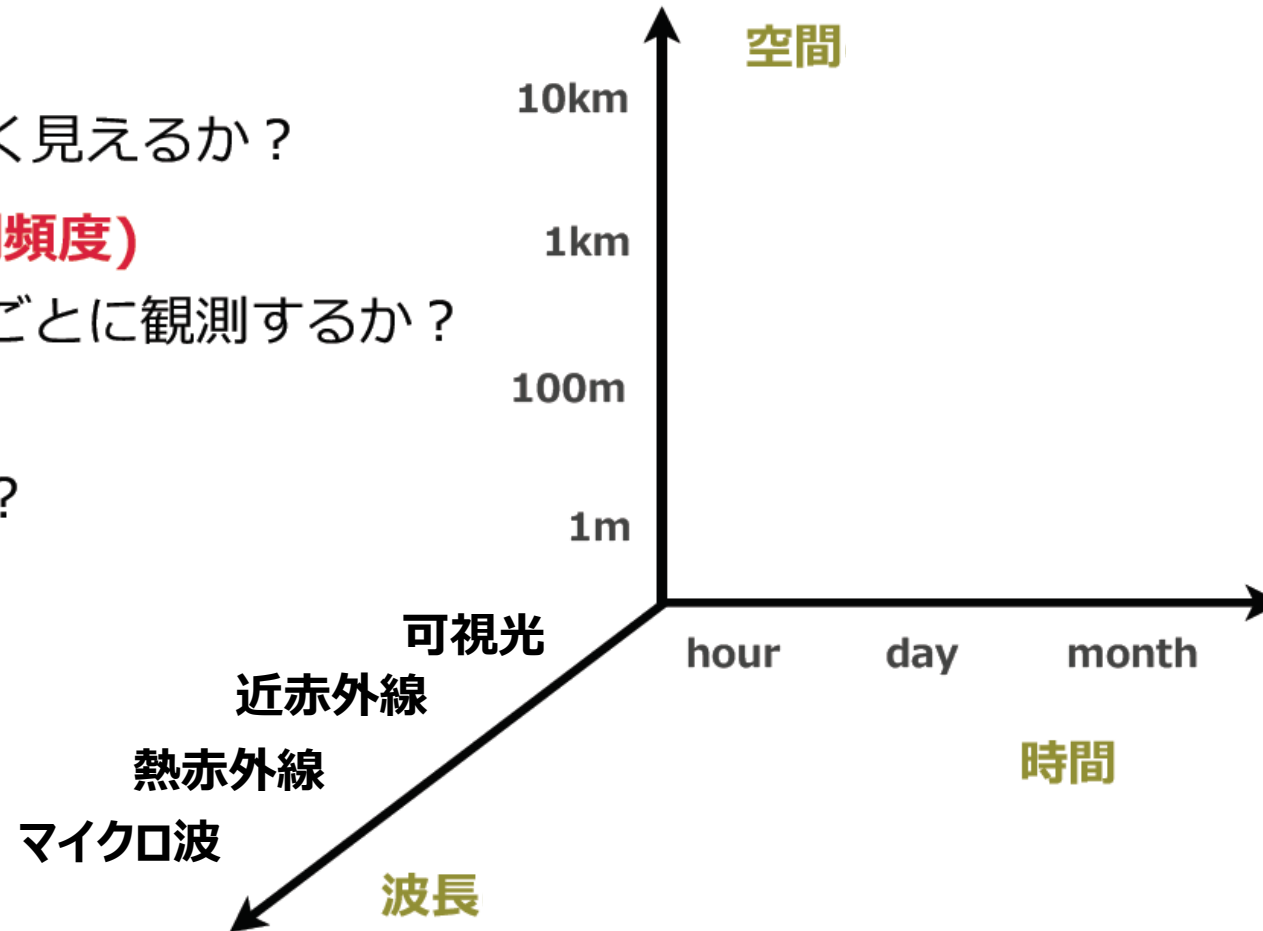
例：植物を観測するなら
近赤外線がよく見える

例：熱赤外線放射で
地表面温度を観測できる



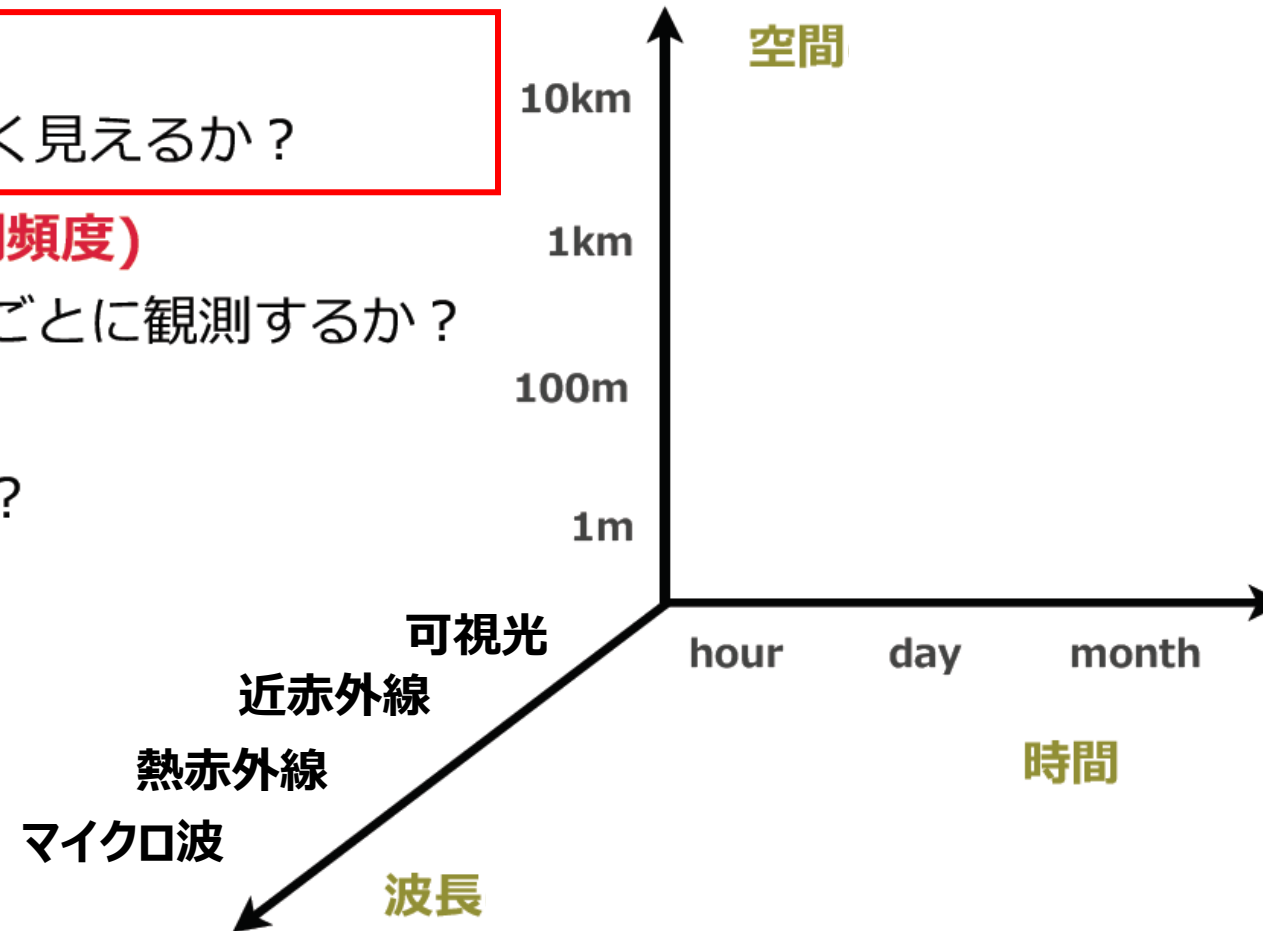
分解能(ぶんかいのう) という業界用語に慣れましょう

- **空間分解能**
どれくらい細かく見えるか？
- **時間分解能(観測頻度)**
同一地点を何日ごとに観測するか？
- **波長**
何を観測するか？

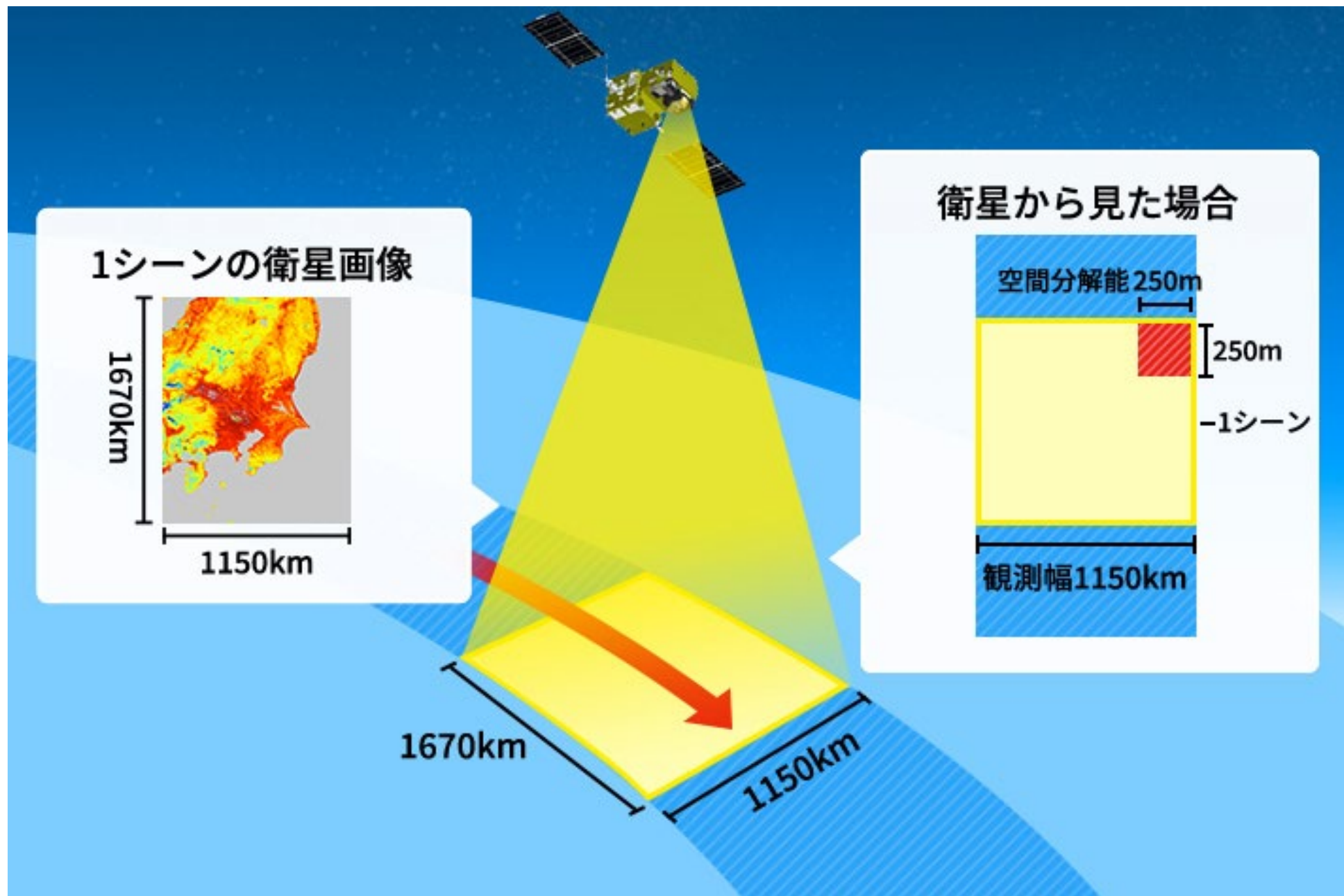


分解能(ぶんかいのう) という業界用語に慣れましょう

- **空間分解能**
どれくらい細かく見えるか？
- **時間分解能(観測頻度)**
同一地点を何日ごとに観測するか？
- **波長**
何を観測するか？



空間分解能と観測幅



空間分解能の違いとデータの見え方 (1)

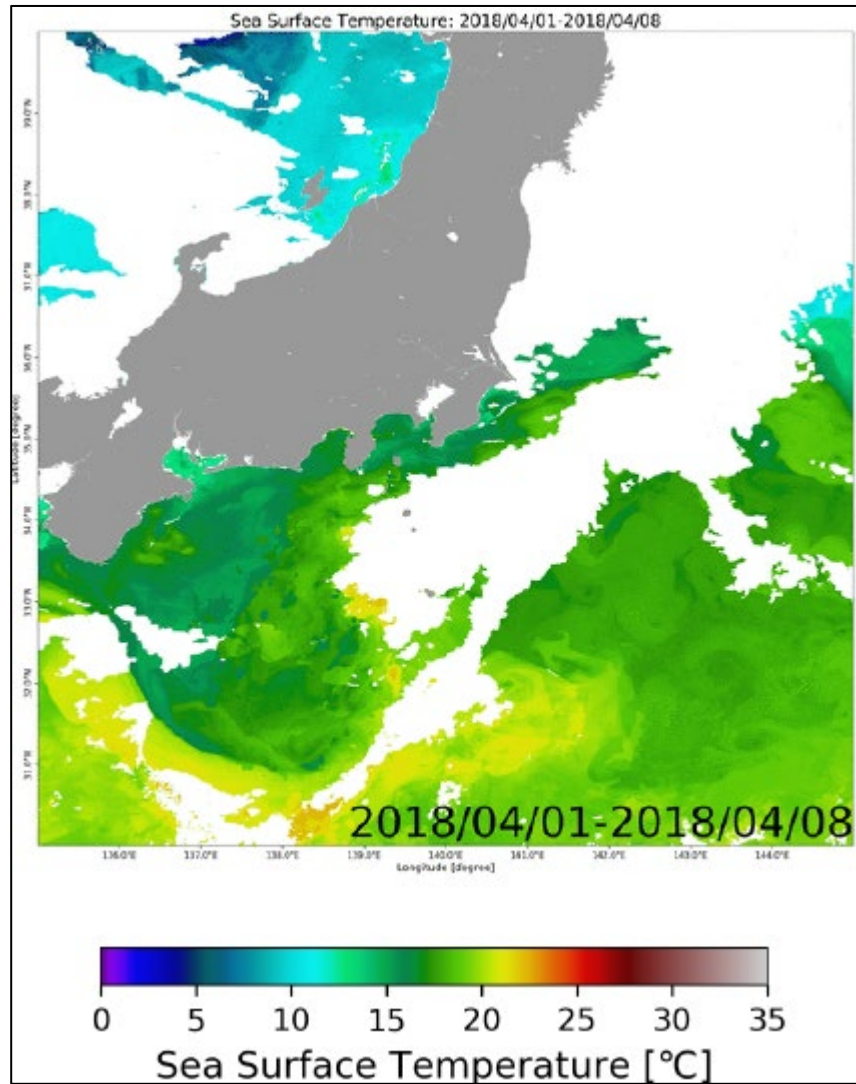


2.5m分解能光学画像

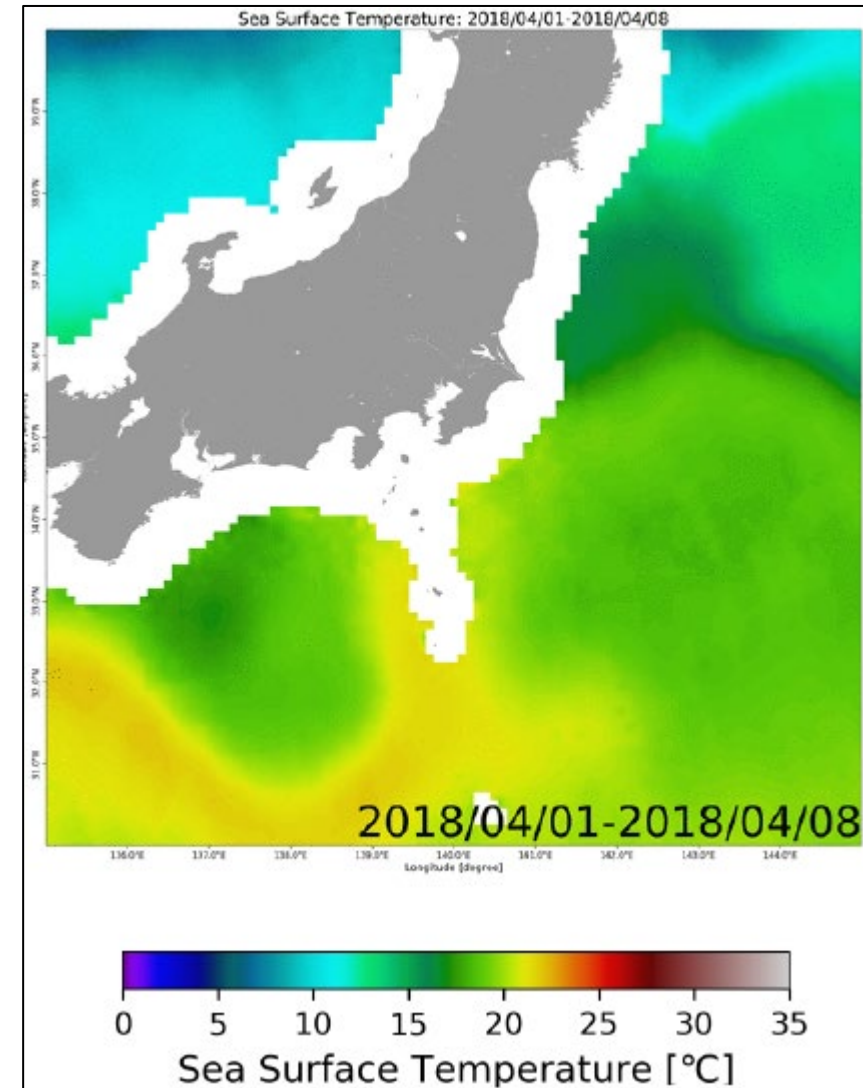


80cm分解能光学画像

空間分解能の違いとデータの見え方 (2)



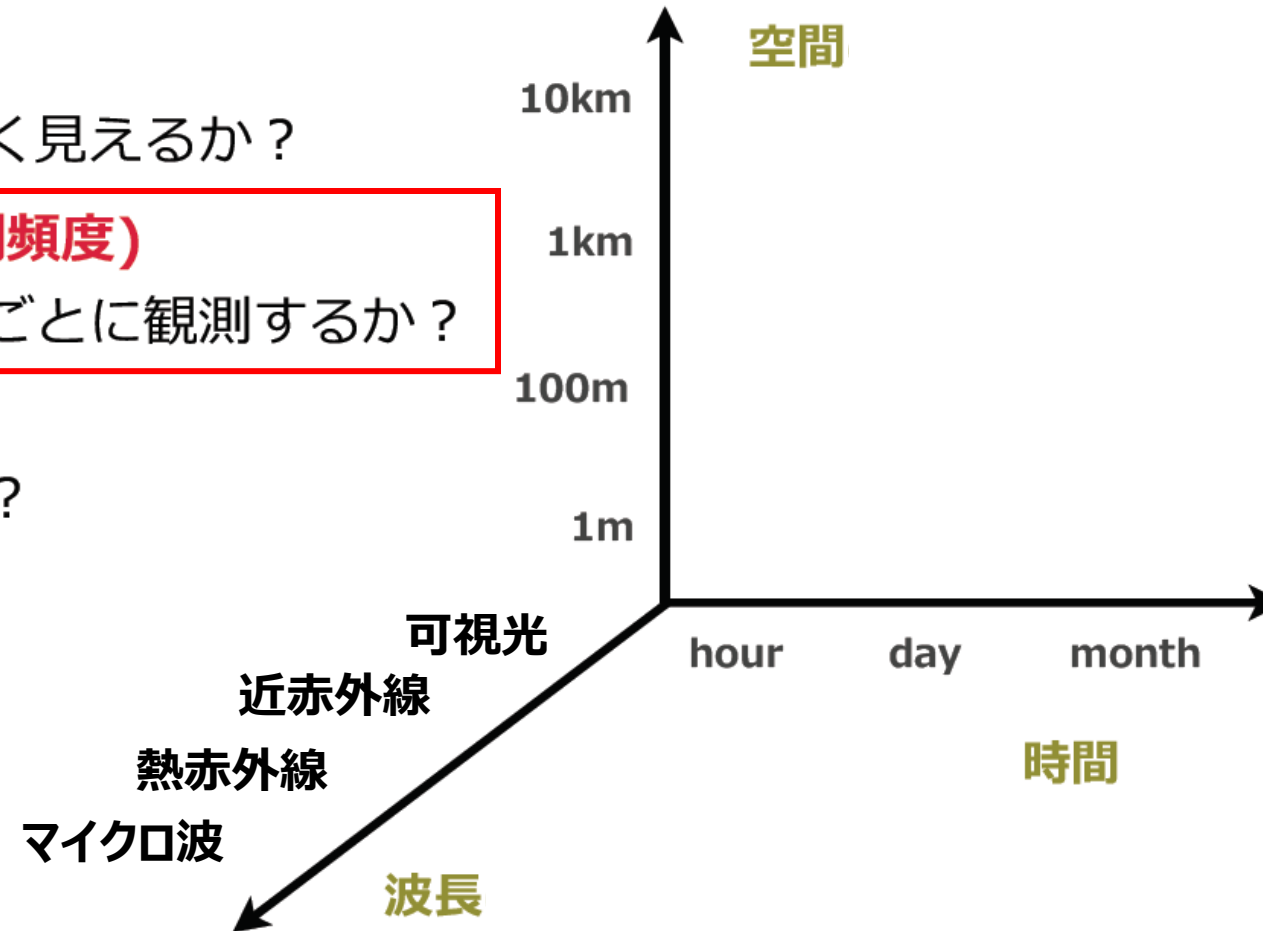
**250m分解能海面水温画像
(JAXA「しきさい」)**



**50km分解能マイクロ波放射計
(JAXA「しずく」)**

分解能(ぶんかいのう) という業界用語に慣れましょう

- **空間分解能**
どれくらい細かく見えるか？
- **時間分解能(観測頻度)**
同一地点を何日ごとに観測するか？
- **波長**
何を観測するか？



軌道による観測頻度の違い

■ 静止軌道

- ✓ 地球の自転と同期して移動する軌道
- ✓ 地上から、いつでも同じ位置に見える
- ✓ 高度約36,000km
- ✓ 通信・放送、気象衛星など

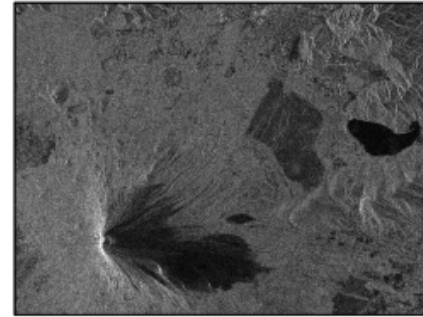


静止衛星 (気象衛星ひまわり)
(高度36,000km)

常時観測可能(でも遠いので細かく見えない)

■ 地球周回軌道 (極軌道)

- ✓ 地球の周りを周回する軌道
- ✓ 地上のあらゆる場所を通る
- ✓ 地表からの距離が短い (高度数百km)
- ✓ 地球観測衛星 など



1日地球を十数周回。
観測場所が毎周回変わる。

地球観測衛星
(高度500~900km)

国際宇宙ステーション
(高度400km)

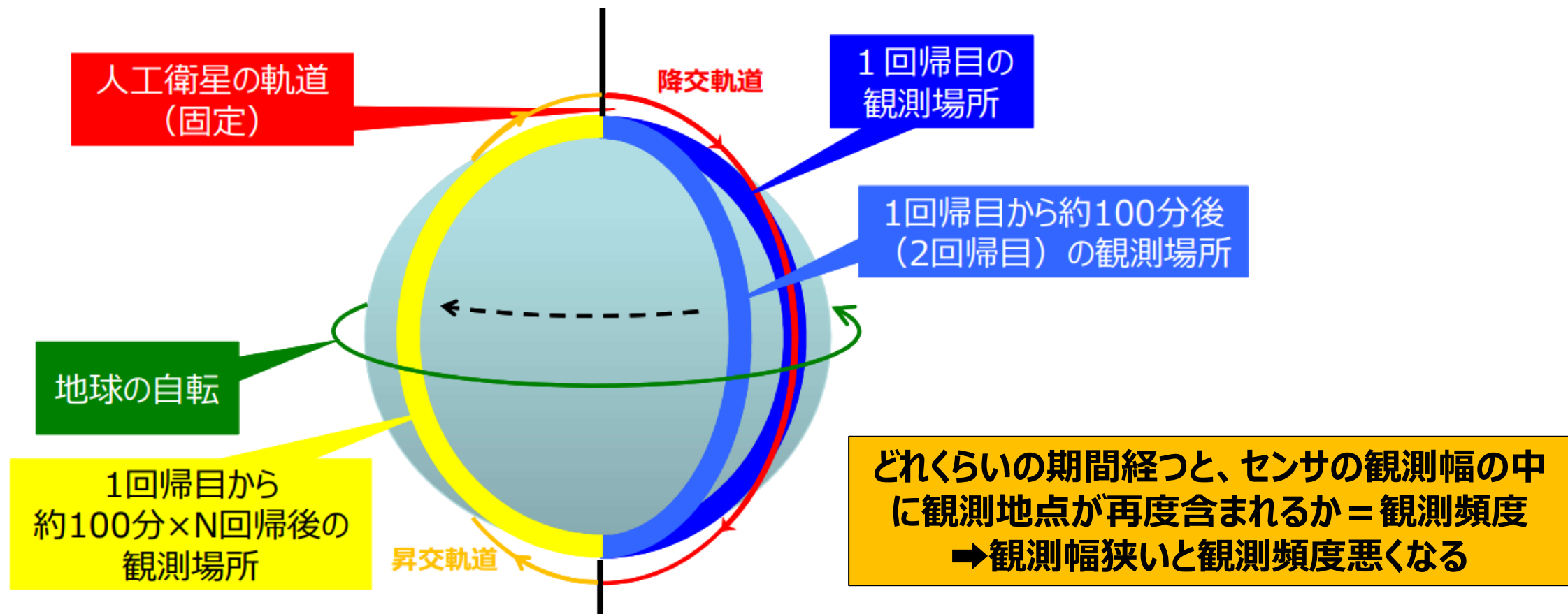
地球
(直径12,756km)

軌道による観測頻度の違い

地球をほぼ南北方向に周回

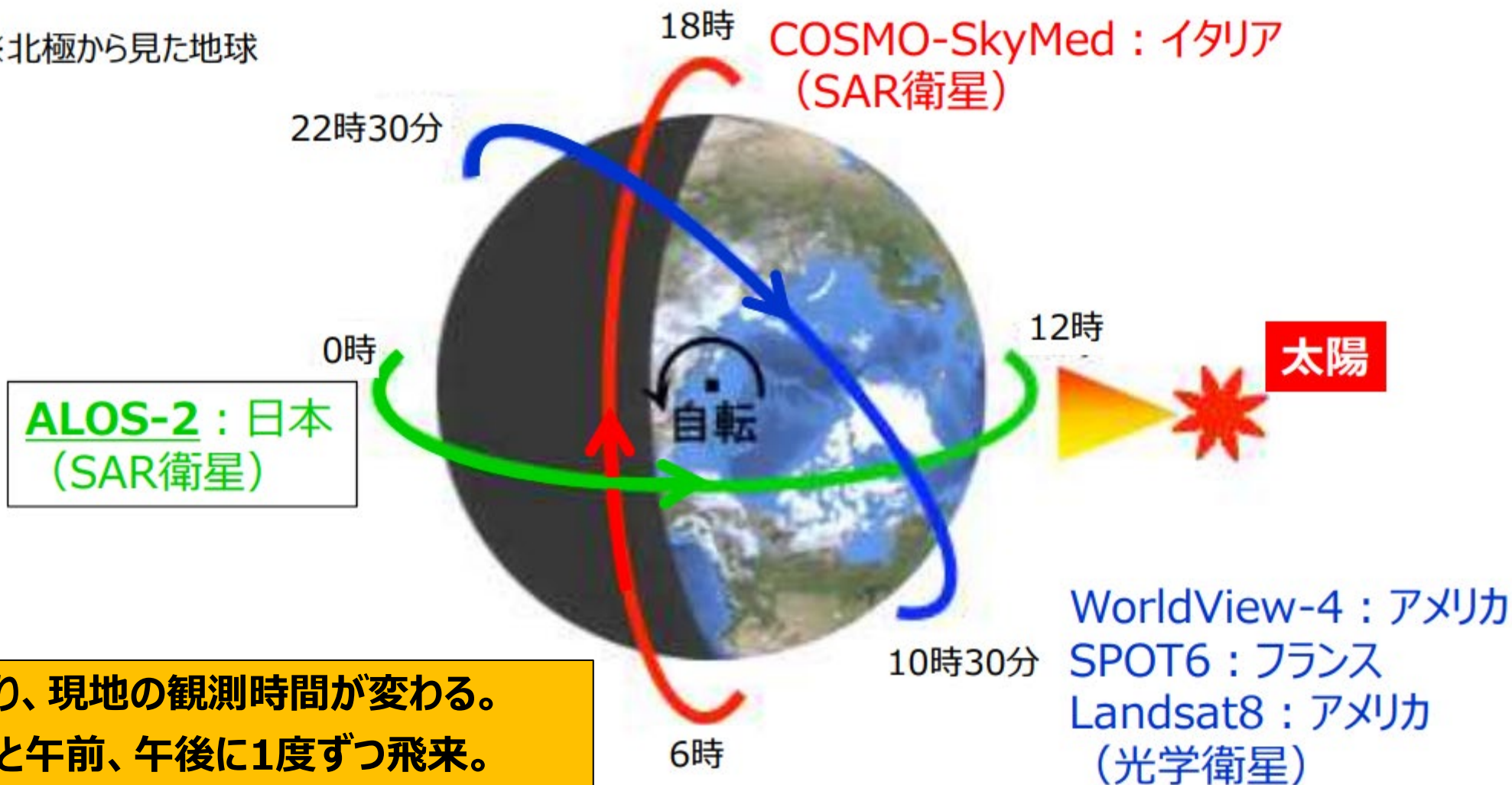
※多くの地球観測衛星は毎日同じ時間に観測可能な太陽同期軌道(SSO)という南北に回る軌道を選択している。

地表から500km～700km上空の宇宙空間にあり、地球をおおよそ100分で1周
その間に地球が自転するため、観測場所が毎回変わる



軌道による観測頻度の違い

※北極から見た地球

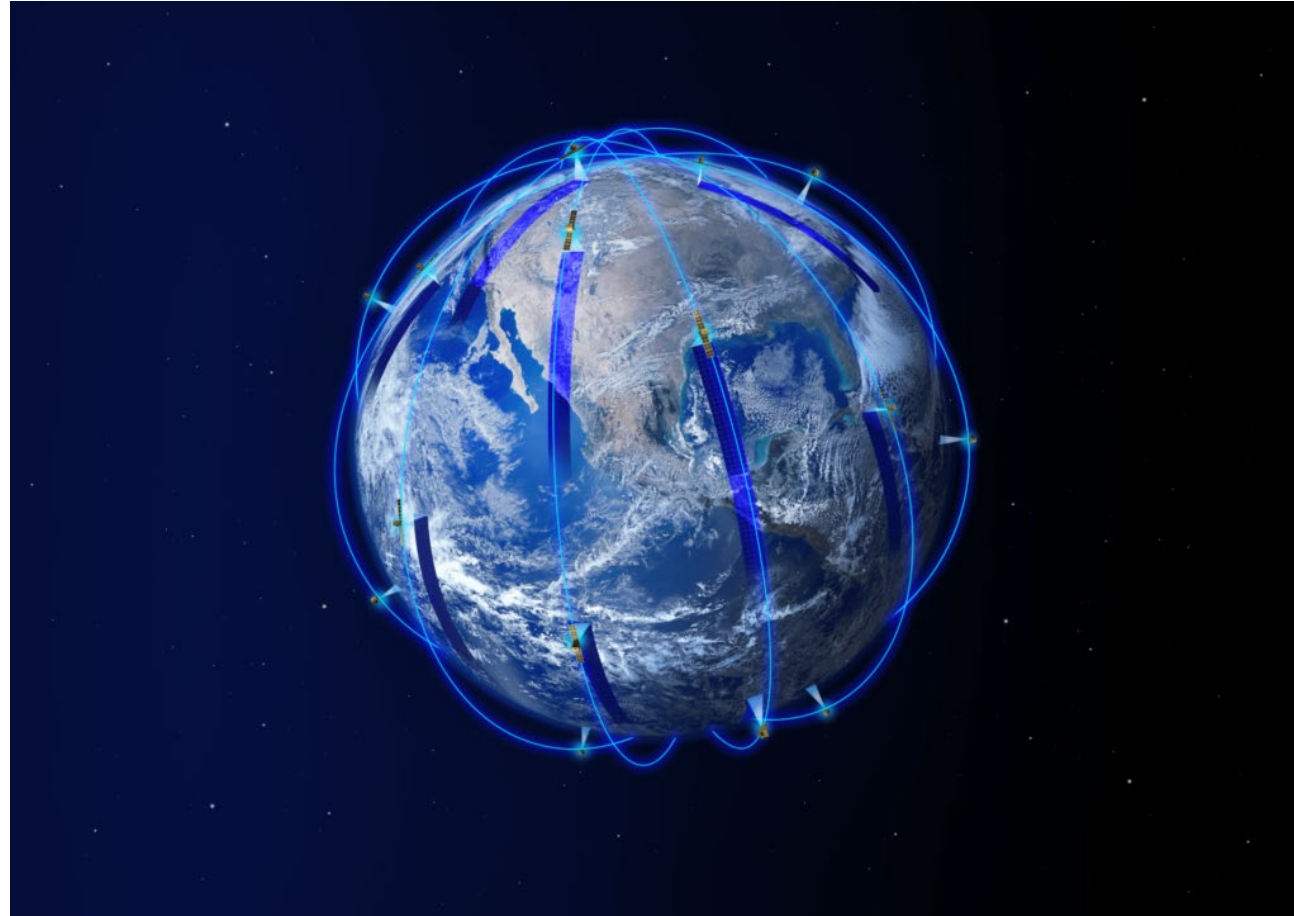


軌道により、現地の観測時間が変わる。

1衛星だと午前、午後に1度ずつ飛来。

観測幅が狭いと、飛来時に撮影できる範囲が狭いため、観測頻度は悪くなる。

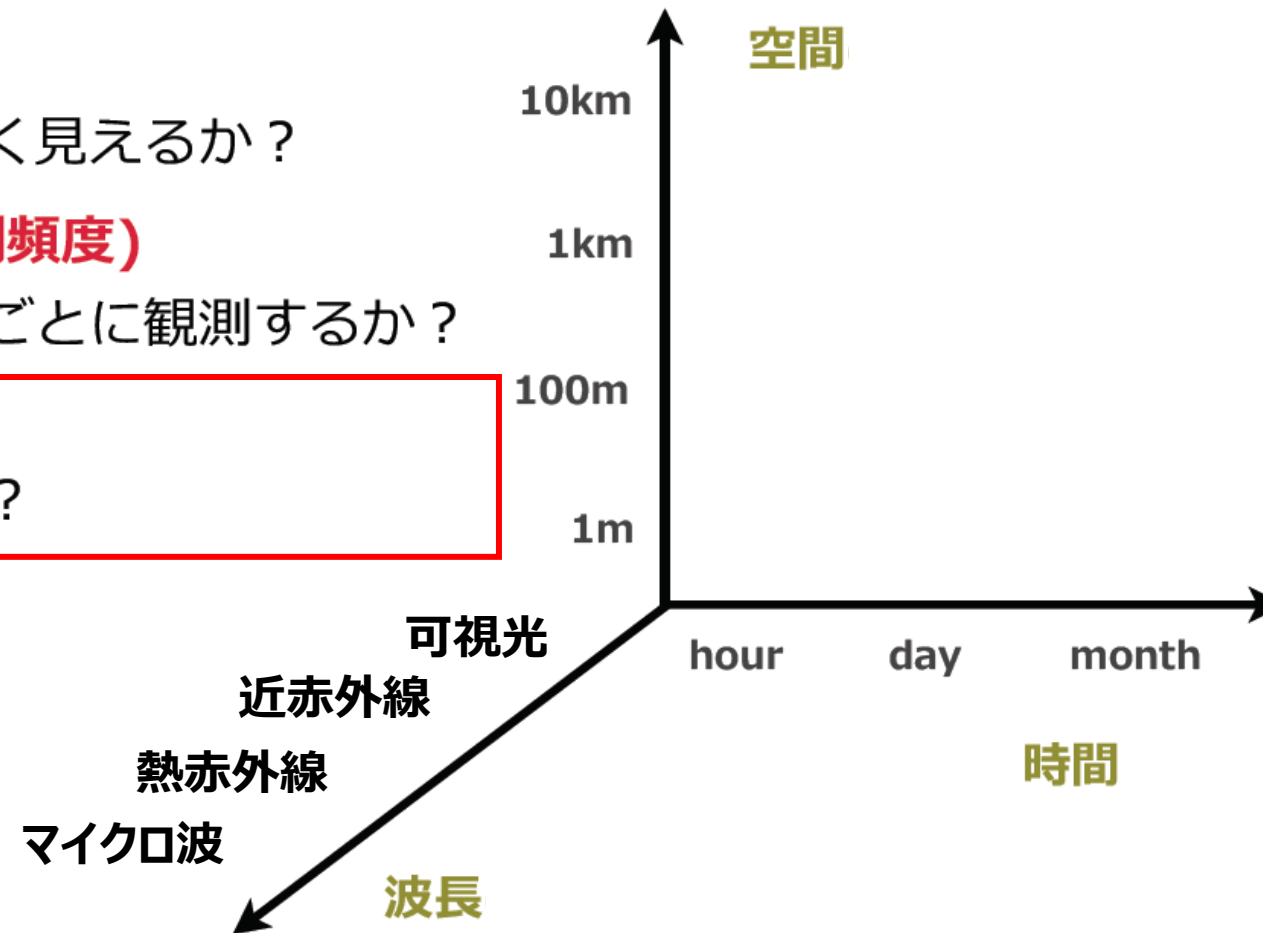
たくさん衛星を打ち上げることで、観測頻度を増やす



(株)SynspectiveのWebsiteより : <https://synspective.com/jp/satellite/>

分解能(ぶんかいのう) という業界用語に慣れましょう

- **空間分解能**
どれくらい細かく見えるか？
- **時間分解能(観測頻度)**
同一地点を何日ごとに観測するか？
- **波長**
何を観測するか？



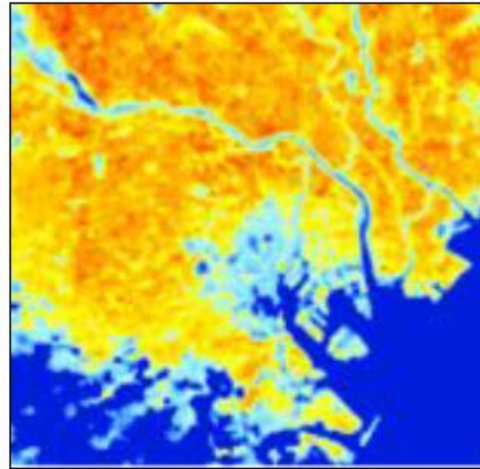
波長による観測センサの違いの例

光学イメージャ
(可視光/近赤外線)



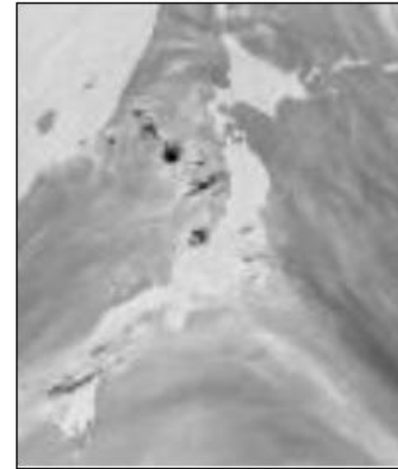
400nm - 3 μ m

熱赤外イメージャ
(温度がわかる)



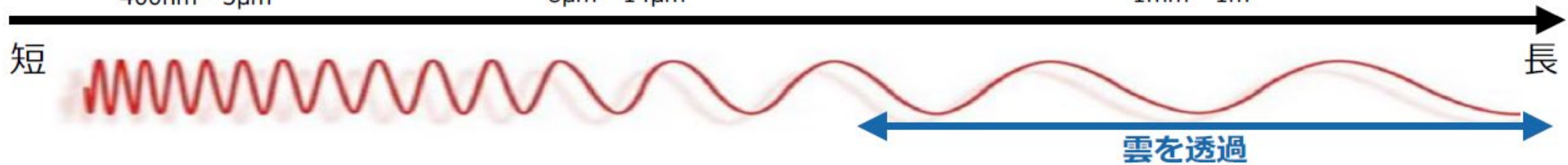
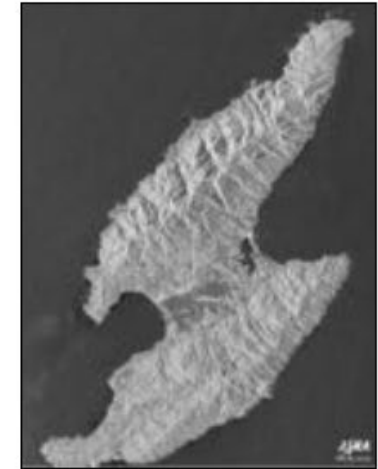
8 μ m - 14 μ m

マイクロ波放射計



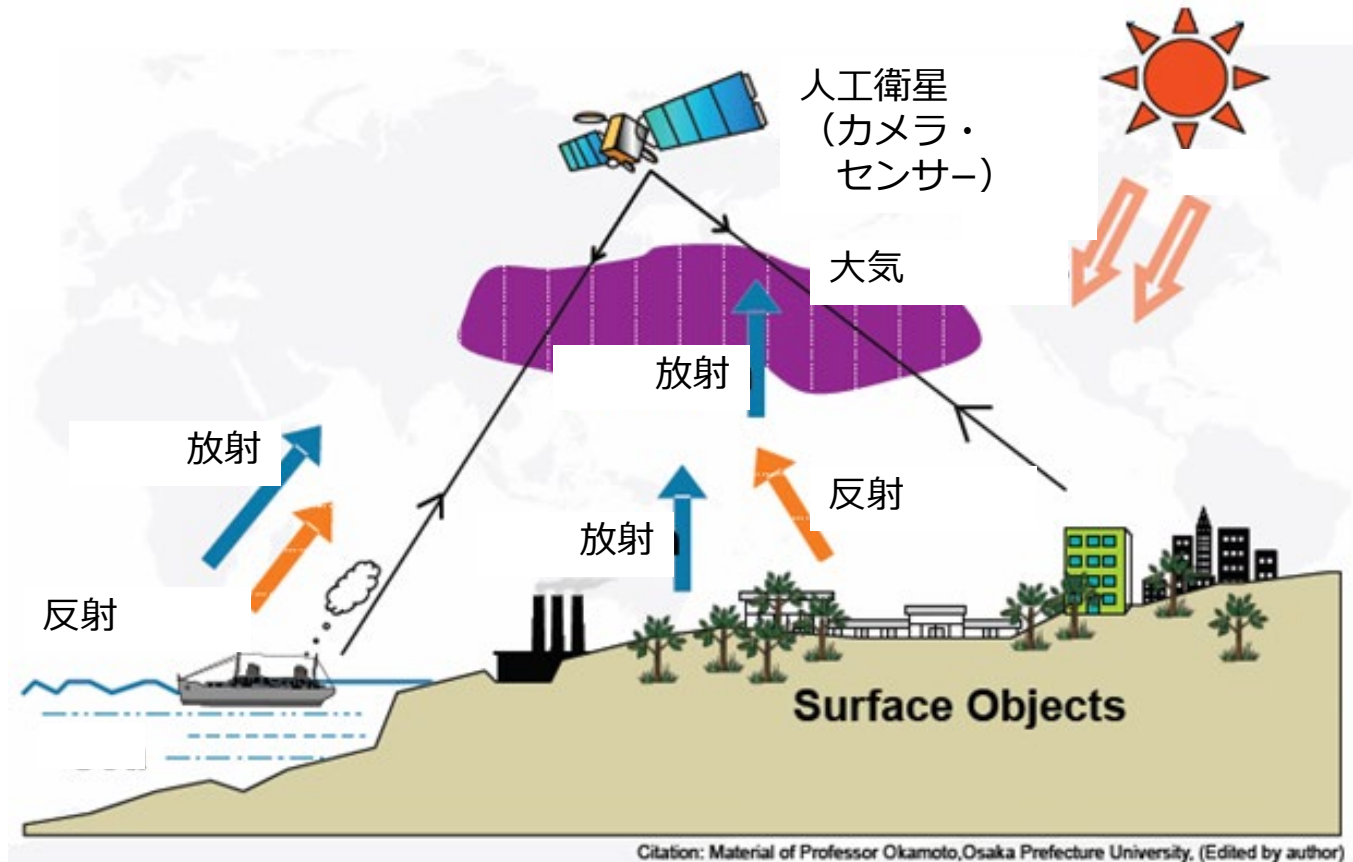
1mm - 1m

合成開口レーダ
(SAR)



- 遠隔地（山奥等）や危険な地域（紛争地等）のデータが取れる。
- 「広範囲」に「高頻度」で「客観的」なデータを「周期的」に「すぐに」取れる。
- (対象が広い場合)単位面積あたりのデータ取得コストが安い。
→狭いとドローンや地上センサと競合
- 過去データが入手可能。

衛星リモセンとは、人工衛星で地球の光・電波の反射・放射等を計測すること



空間分解能
観測頻度
波長
がポイント

どんな風に計測するの？ ➡ セクション2へ!

1. リモートセンシングってそういうことか！

2. 色々あるよセンサとデータ

前半Q&A

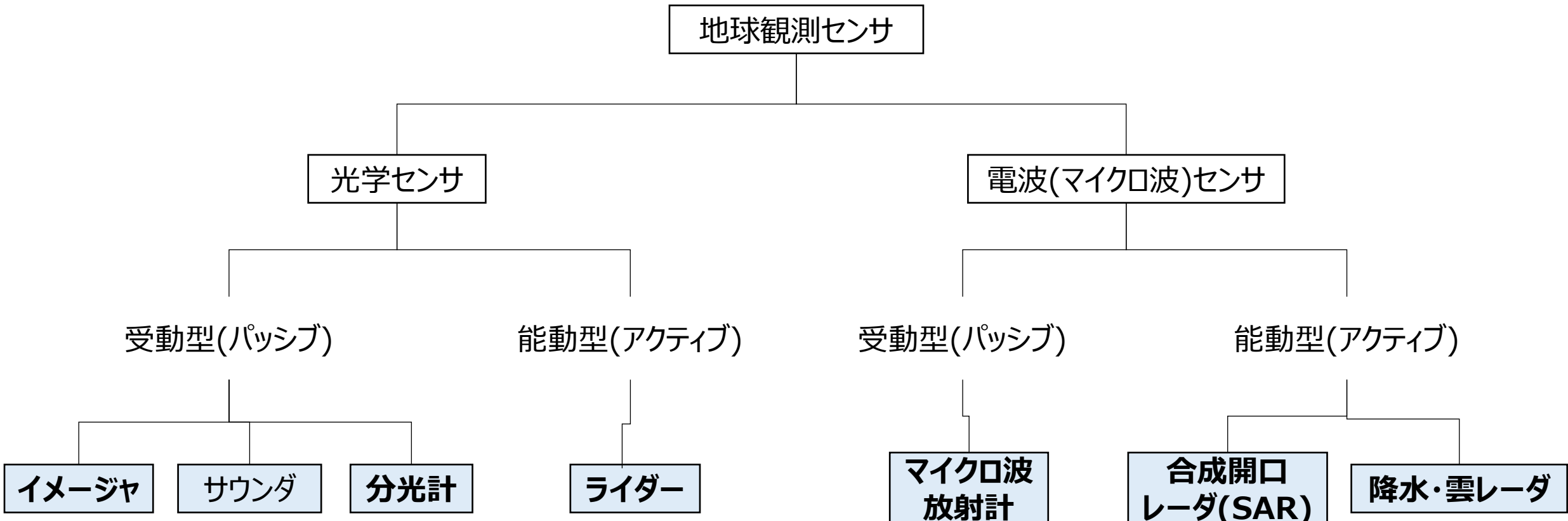
(休憩)

3. で、何に使えるの？ 利用事例紹介

4. ざっと理解しよう 業界動向

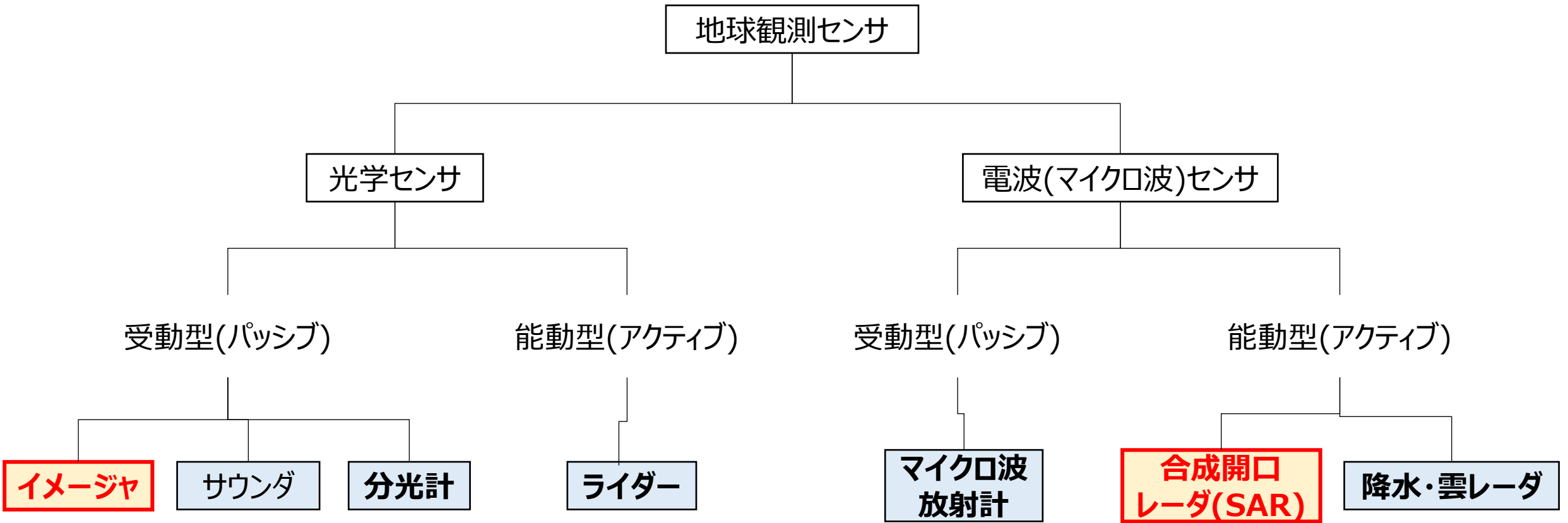
後半Q&A

主要な観測センサの種類



これらのセンサ名(水色ボックス)を覚えましょう

主要な観測センサの種類



ザクっというと色々な光を捉えるカメラ

高分解能光学イメージャ

- 望遠鏡でできるだけズームして、高分解能(数十cmなど)の衛星画像を取得
- 観測波長(チャンネル/バンド)は可視光 + 近赤外線が多い
- JAXAのだいち3号や、Google Earthで使われている米Maxar TechnologiesのWorldviewシリーズなど商用衛星も多い

多波長イメージャ

(マルチスペクトルセンサ)

- 10程度の観測波長(チャンネル/バンド)で同時観測。
- 中分解能(10m~数百m)で観測幅が広いものが多い
- 多波長の同時観測により、画像だけでなく様々なデータプロダクト(地表温度、海面温度、クロロフィル濃度など)を取得可能。
- JAXAのしきさい、米NASA/USGSのランドサットなど

ハイパースペクトルセンサ

- 100以上の観測波長(チャンネル/バンド)で同時観測。
- 中分解能(10~数10m程度)
- より細かい波長の観測により、植生や鉱物、大気などの詳細情報を取得可能。
- 経産省のHISUI、米Planet社のTanager(開発中)など

利用分野

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

森林：樹種の分類

エネルギー・資源：鉱物資源の分布を観測

グリーン：メタンガス異常排出検知

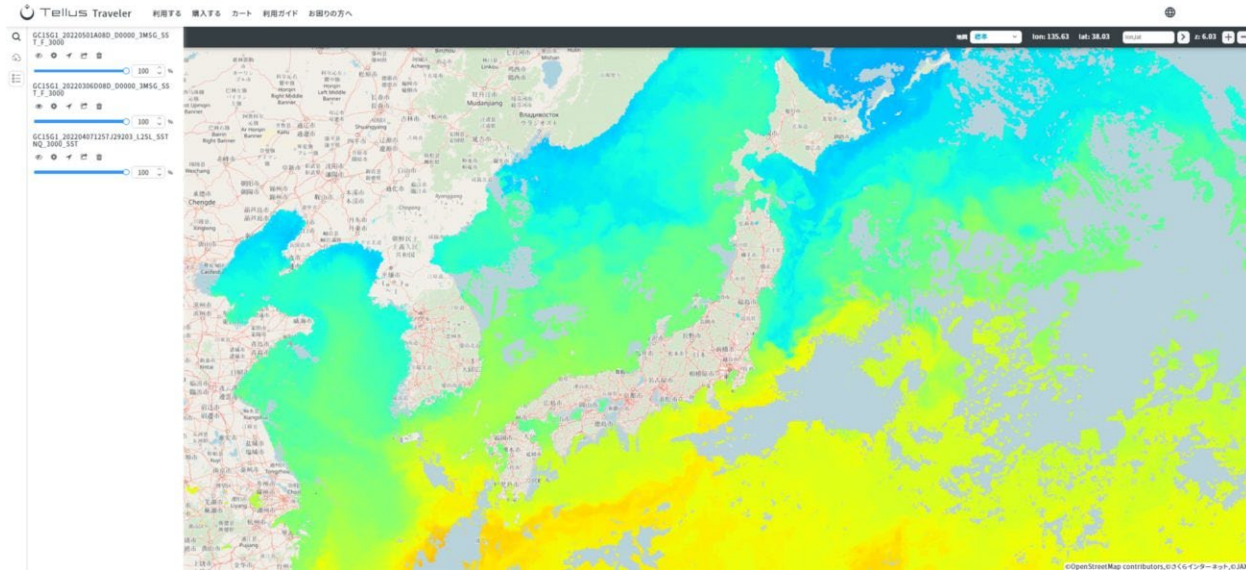
ザクっというとサーモグラフィー

熱赤外センサ

- 熱赤外線を捉えて地表や海面の表面温度を計測
- JAXAのしきさいや、気象庁のひまわり、米NASA/USGSのランドサットなどに搭載。

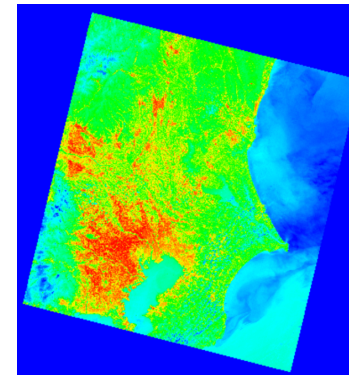
利用分野

気象：雲の観測
水産業：海面水温
森林：森林火災検知
気候変動：地表面温度の把握



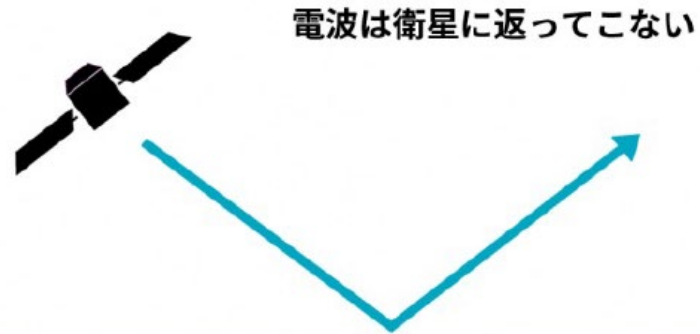
GCOM-Cで解析した海面水温画像
<https://sorabatake.jp/27075/>

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



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

自ら発した電波の跳ね返りを見るセンサ



水面などの滑らかな地表

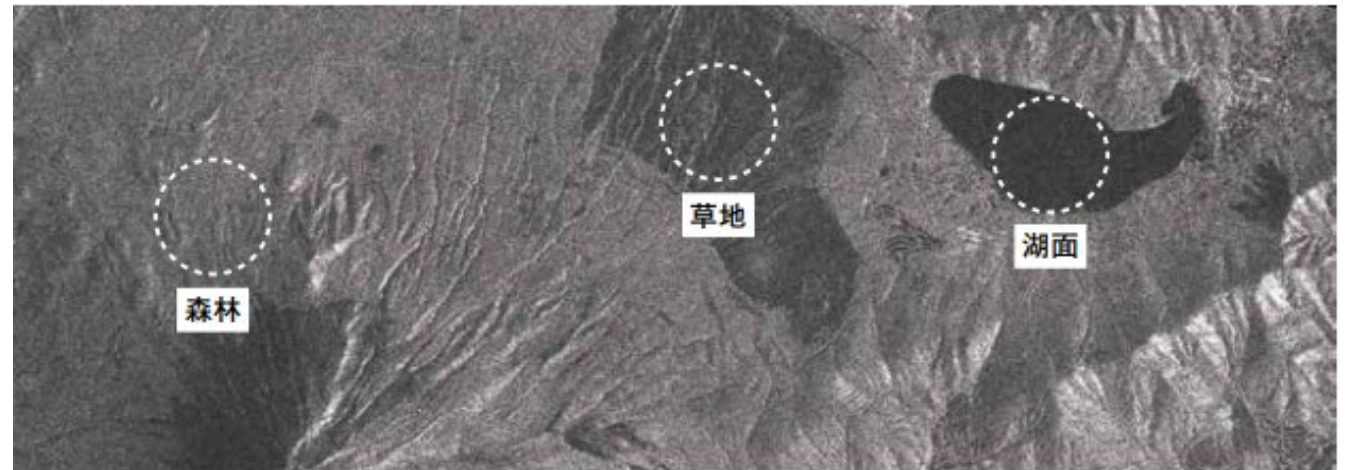


森林などの粗い地表

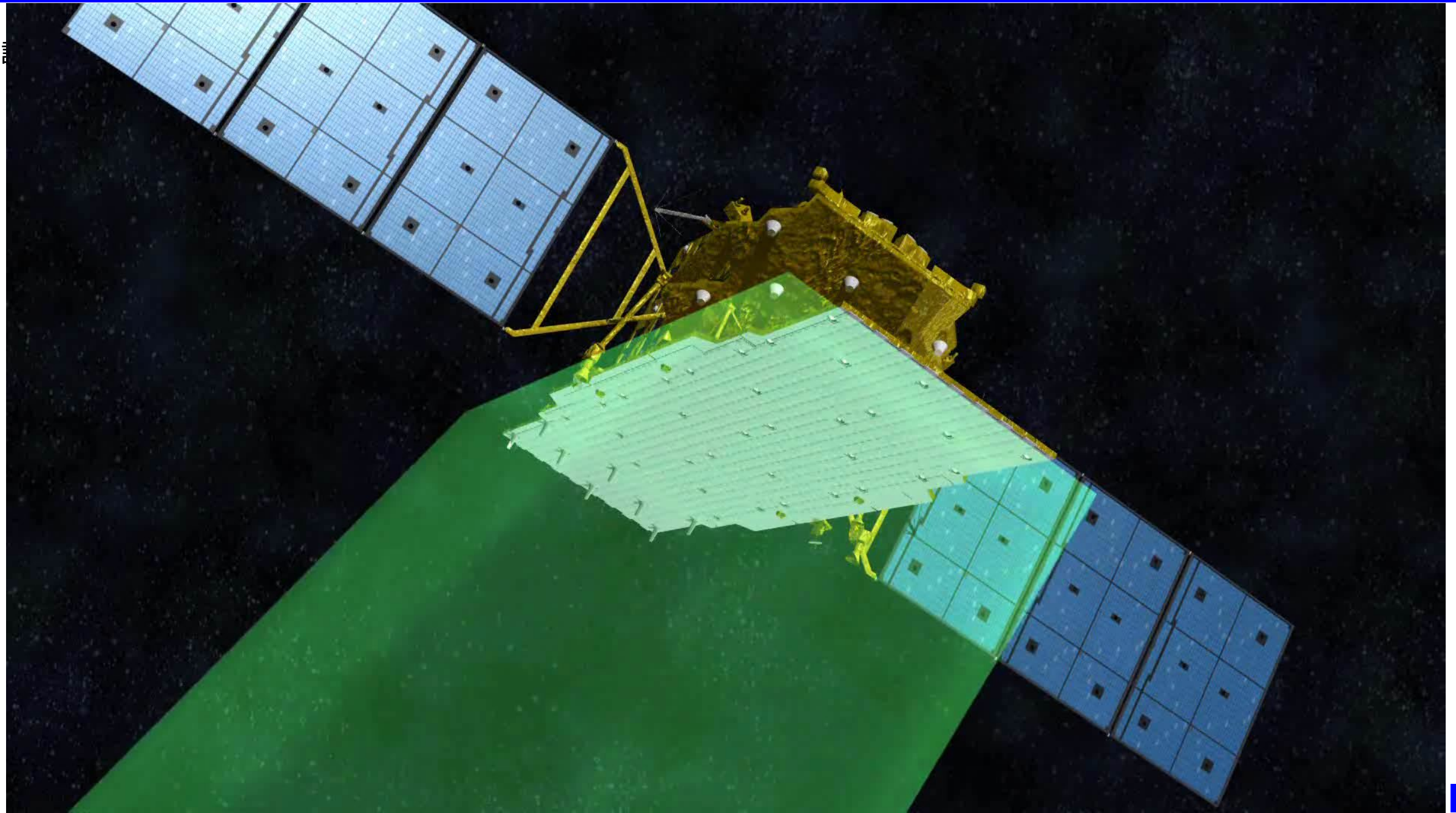
- 観測に適しているもの
- ・対象物の有無／変化
 - ・対象物の材質
(人工物が自然物か水か)
 - ・土壌水分

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

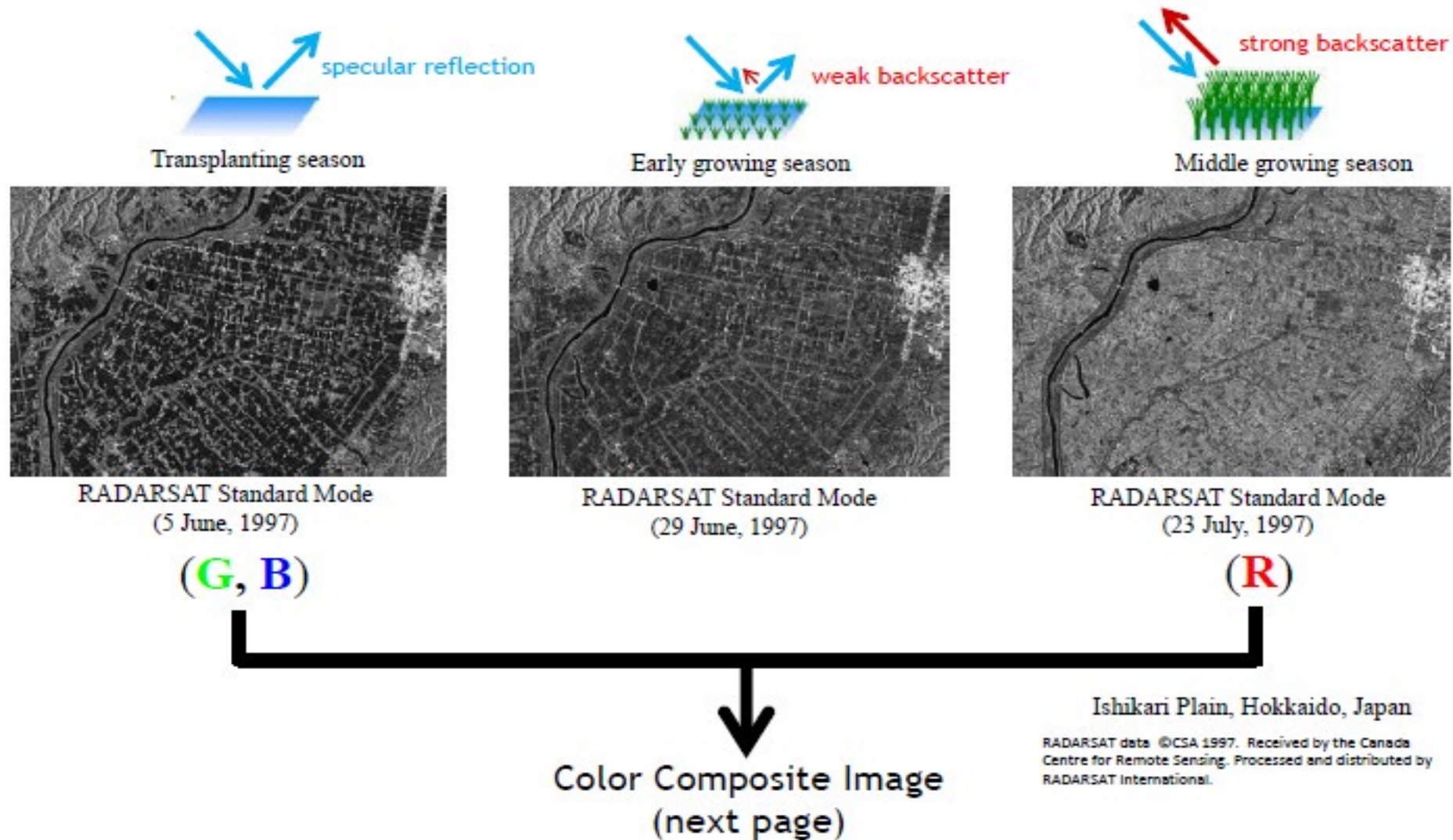


SAR衛星: JAXAのALOS-2 (だいち2号)



SARによる水田作付け識別の例

稲を植えたところだけ、だんだんと白っぽく変わっていく



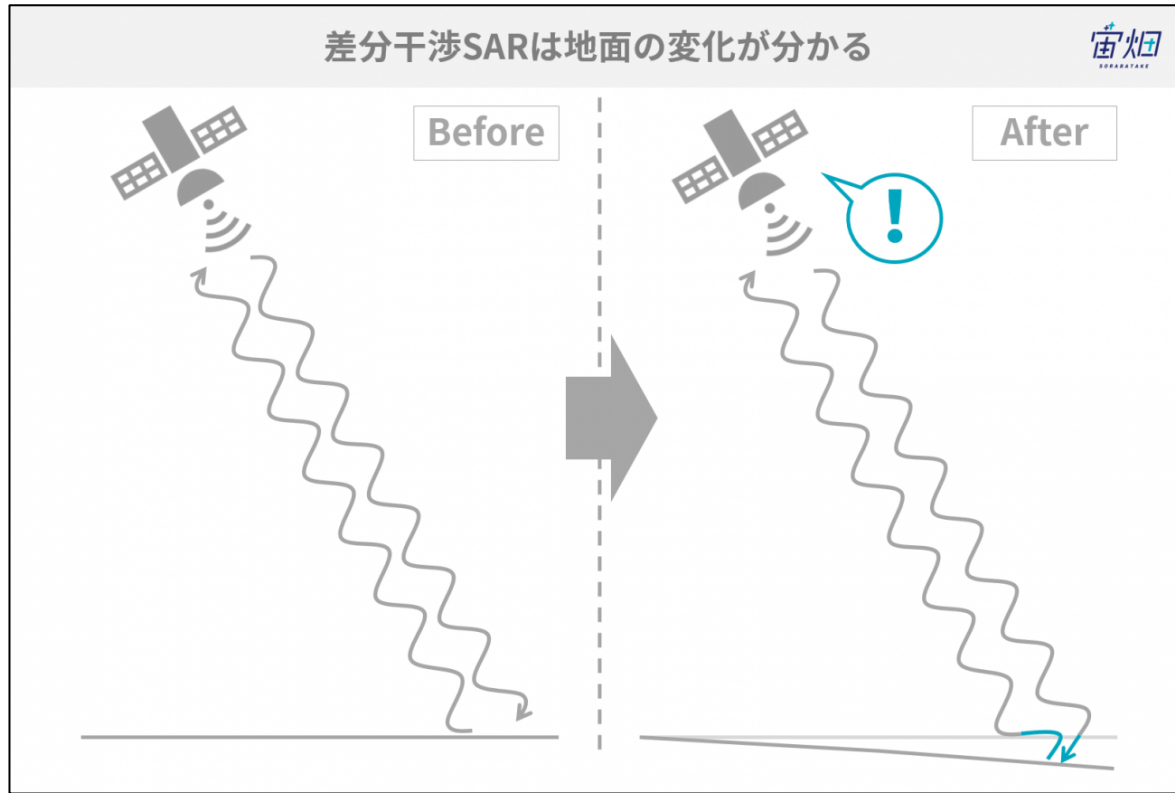
変化があったところを作付けされた水田として識別



RADARSAT data ©CSA 1997. Received by the Canada Centre for Remote Sensing. Processed and distributed by RADARSAT International.

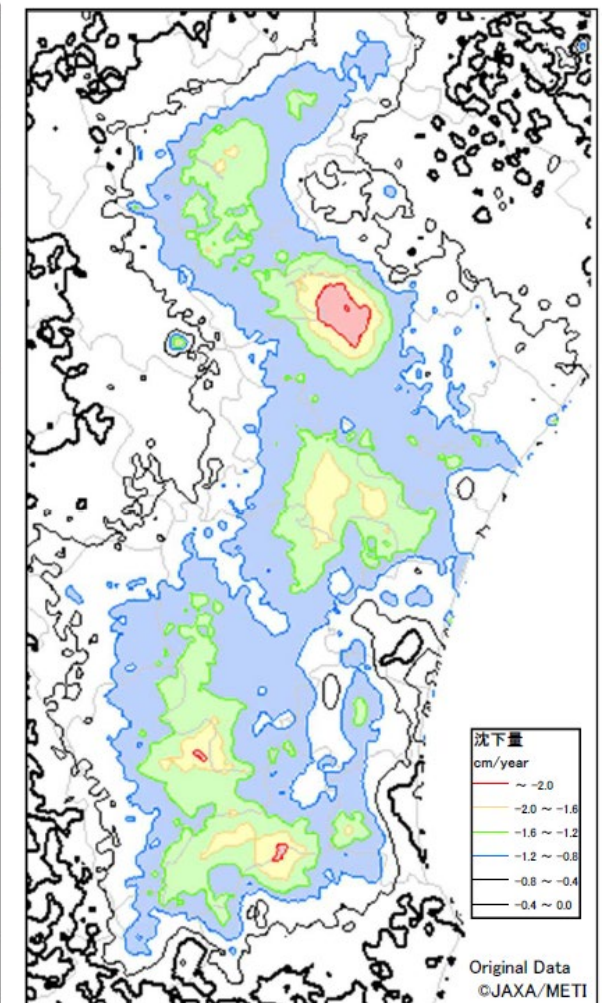
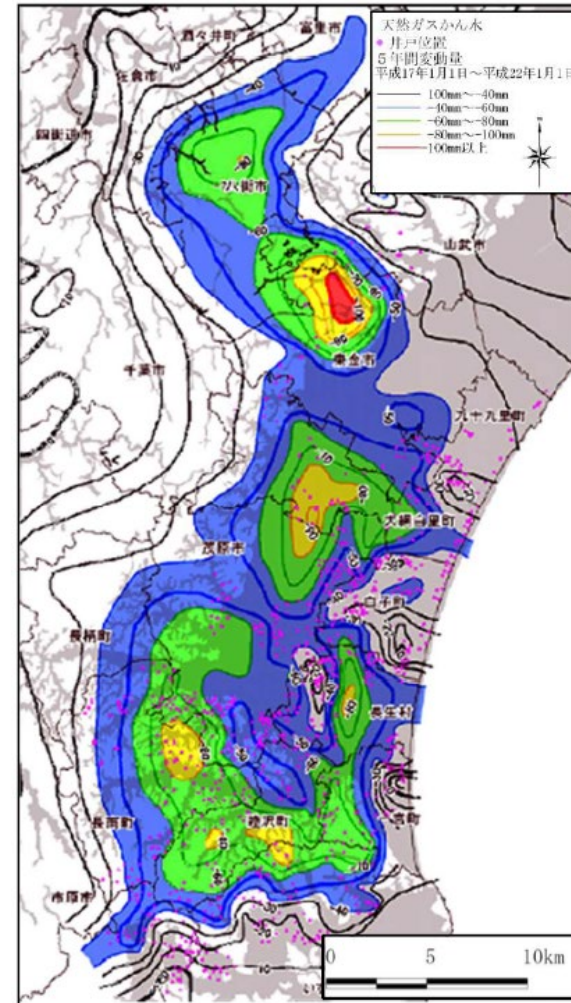
RGB=23 July / 5 June / 5 June, 1997

地盤沈下がわかる「干渉SAR」



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

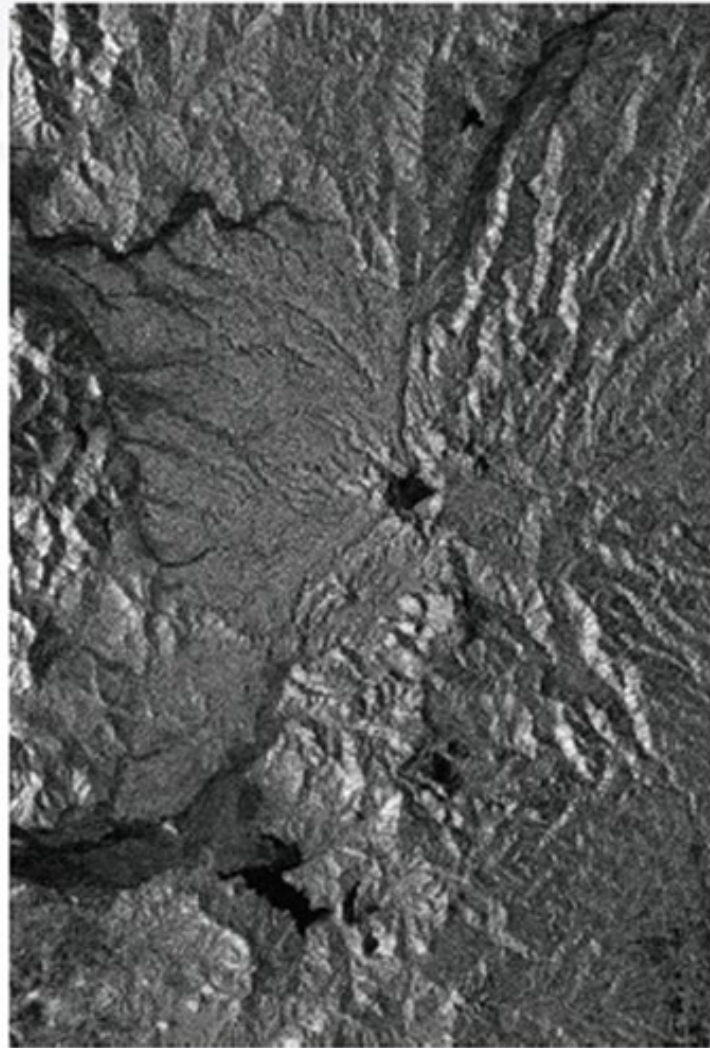
cmレベルで地盤の相対変化がわかる



地盤沈下における現地の測量結果(左)と衛星データによる解析結果(右)
(引用：環境省「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル」)

光学画像と SAR画像の比較

SAR(レーダー)画像(雲がない) 光学画像 (目で見たのと同じ)

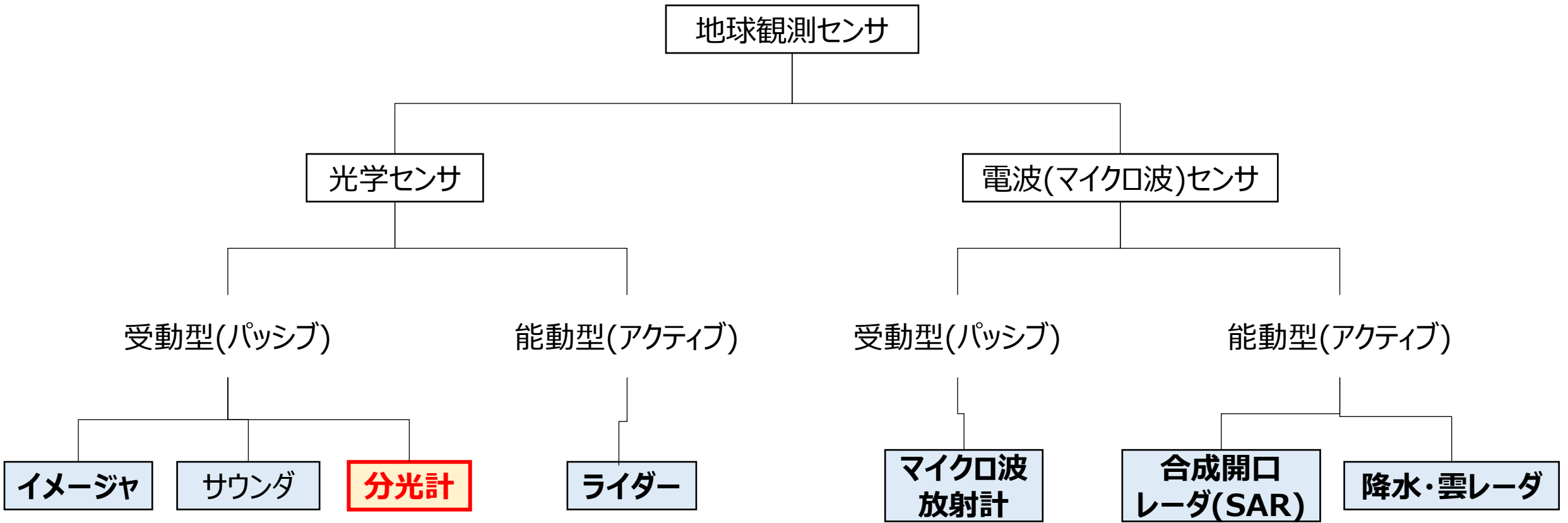


©METI, JAXA



Image (c) 2009 TerraMetrics
Image (c) 2009 GeoEye
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image (c) 2009 Digital Globe

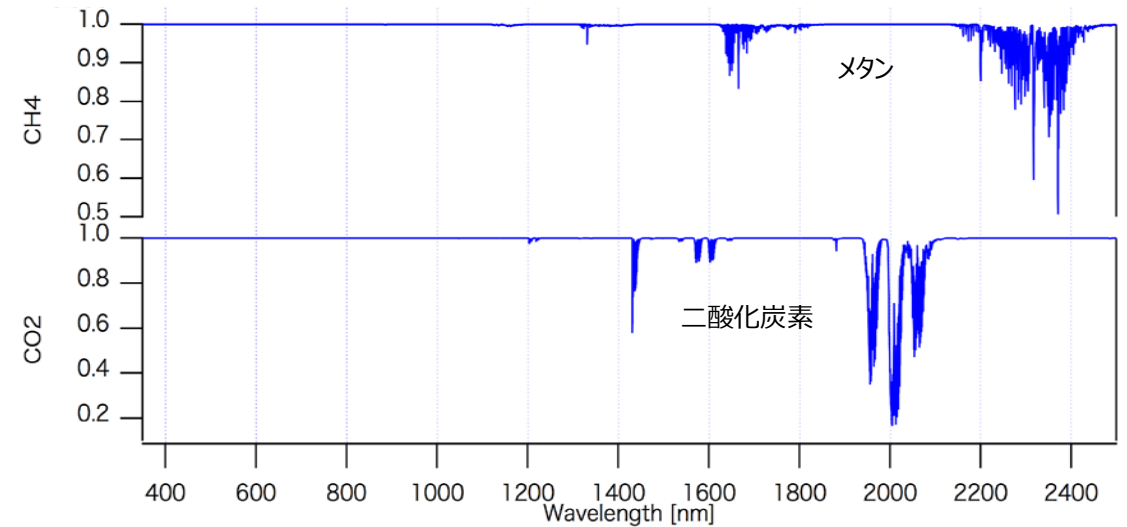
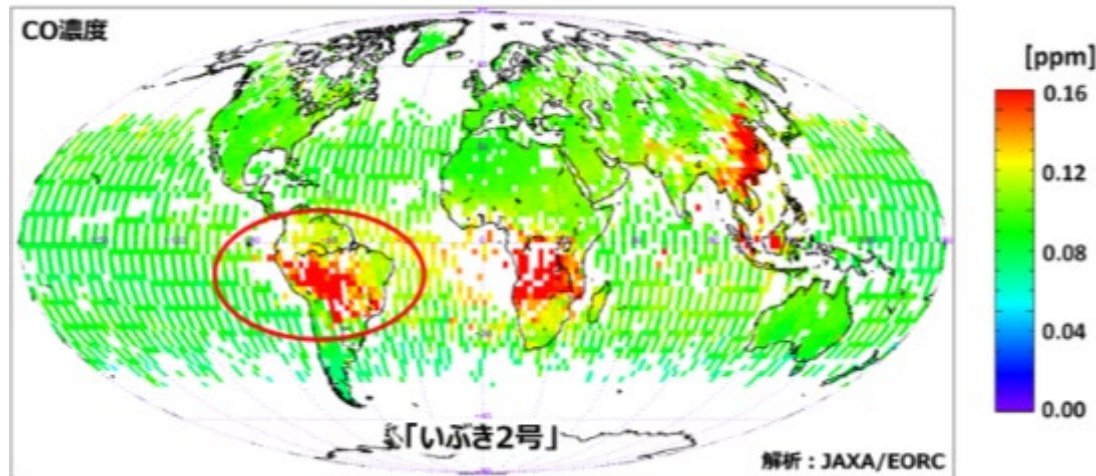
主要な観測センサの種類



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

GOSAT-2(いぶき2号)による二酸化炭素濃度分布の観測

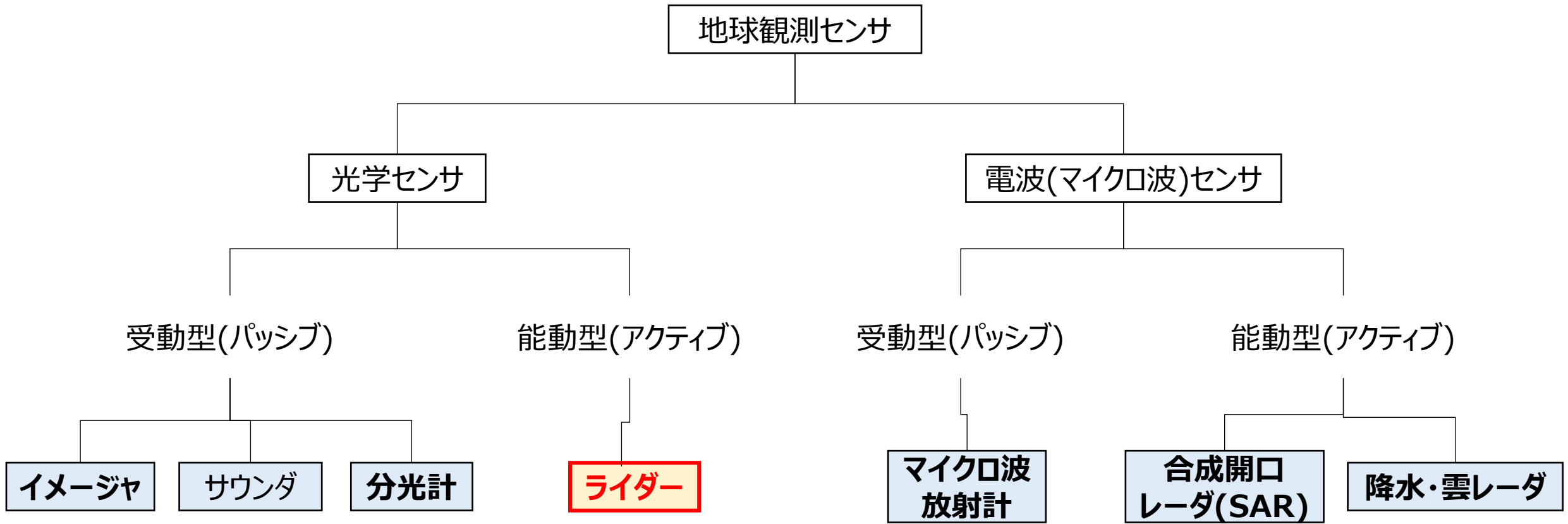
地表面で反射される短波長赤外（SWIR）域の分光放射輝度を測定することで、二酸化炭素やメタンガスなどの温室効果ガスの濃度を観測することが可能。



利用分野

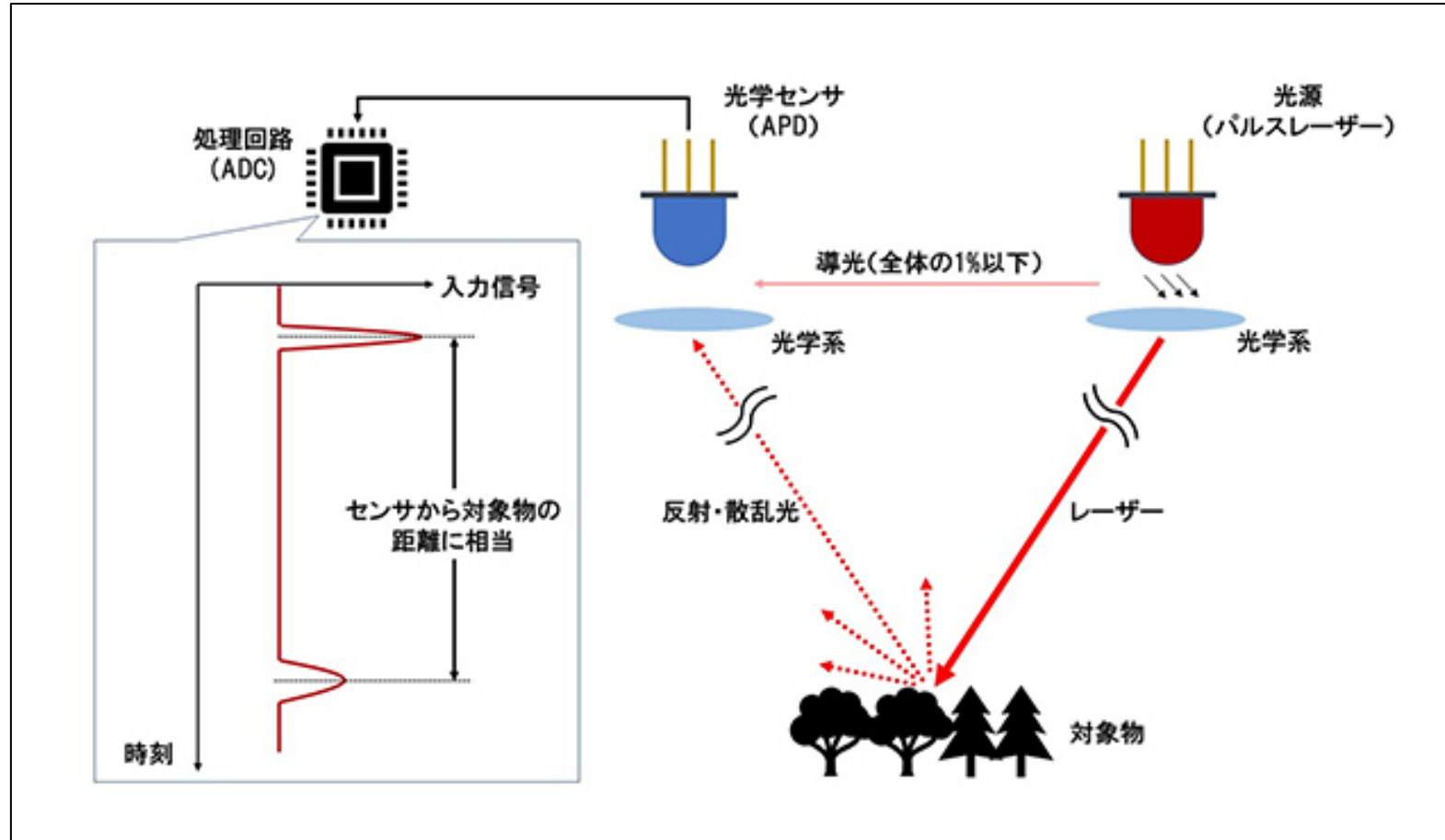
気候変動：温室効果ガスの観測による地球温暖化の把握

主要な観測センサの種類



ライダー

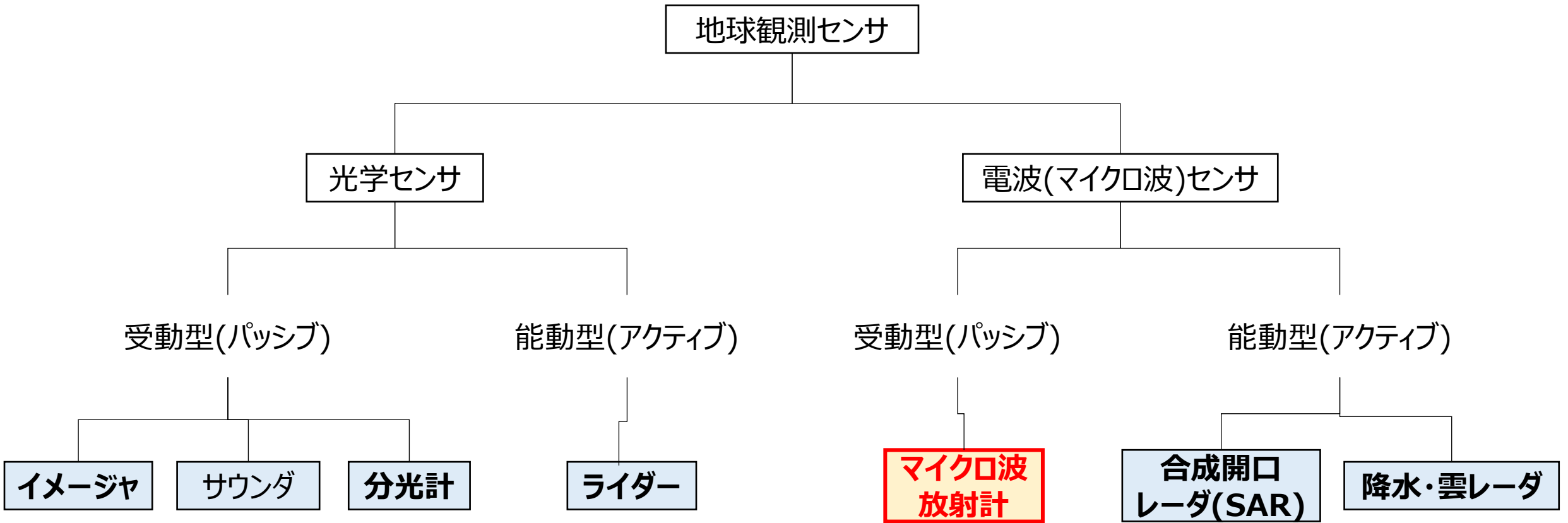
レーザー光を対象にあてて、その反射・散乱を計測し高度や大気(風速)などを測る



利用分野

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
気象：風速データの利用

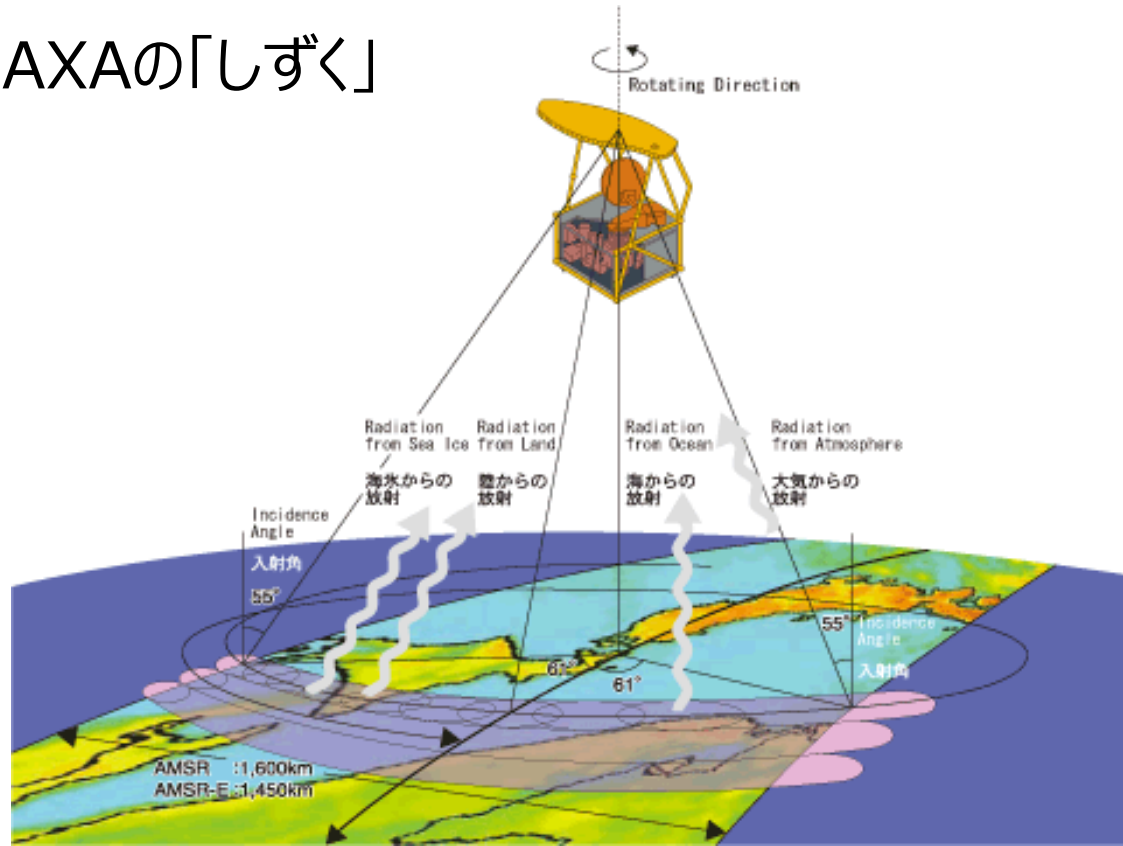
主要な観測センサの種類



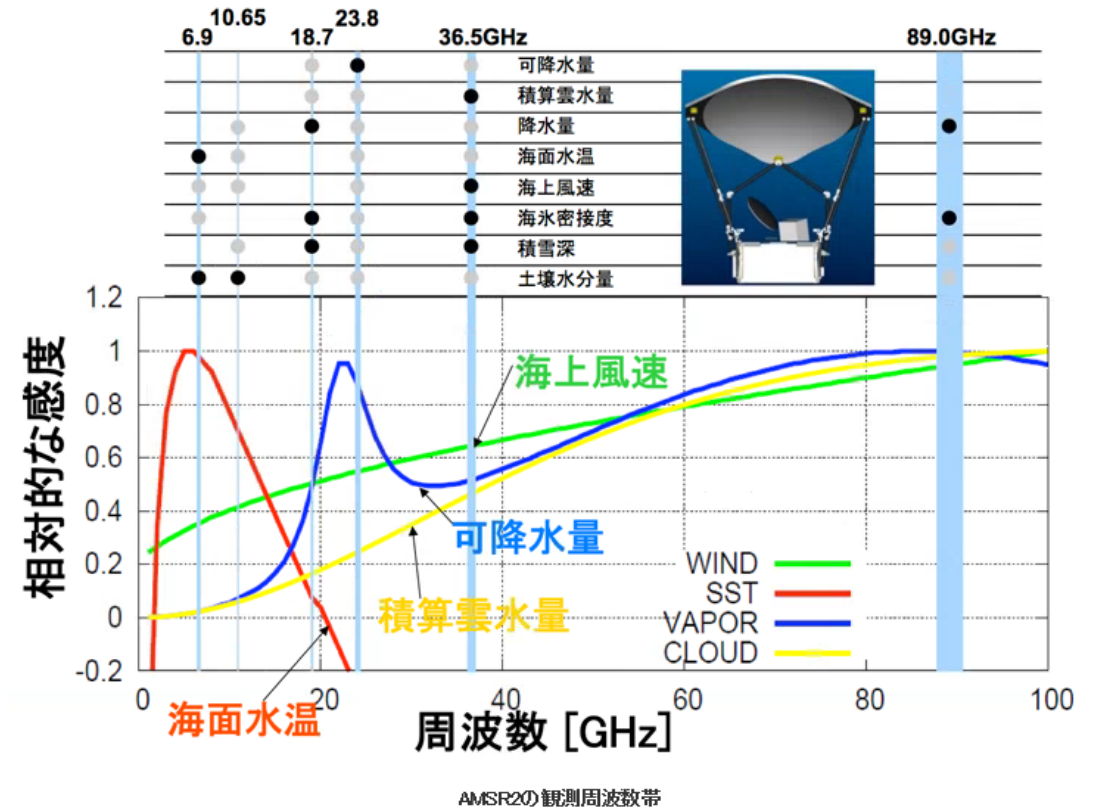
マイクロ波放射計

地表面、海表面、大気からの微弱なマイクロ波放射を観測

JAXAの「しずく」

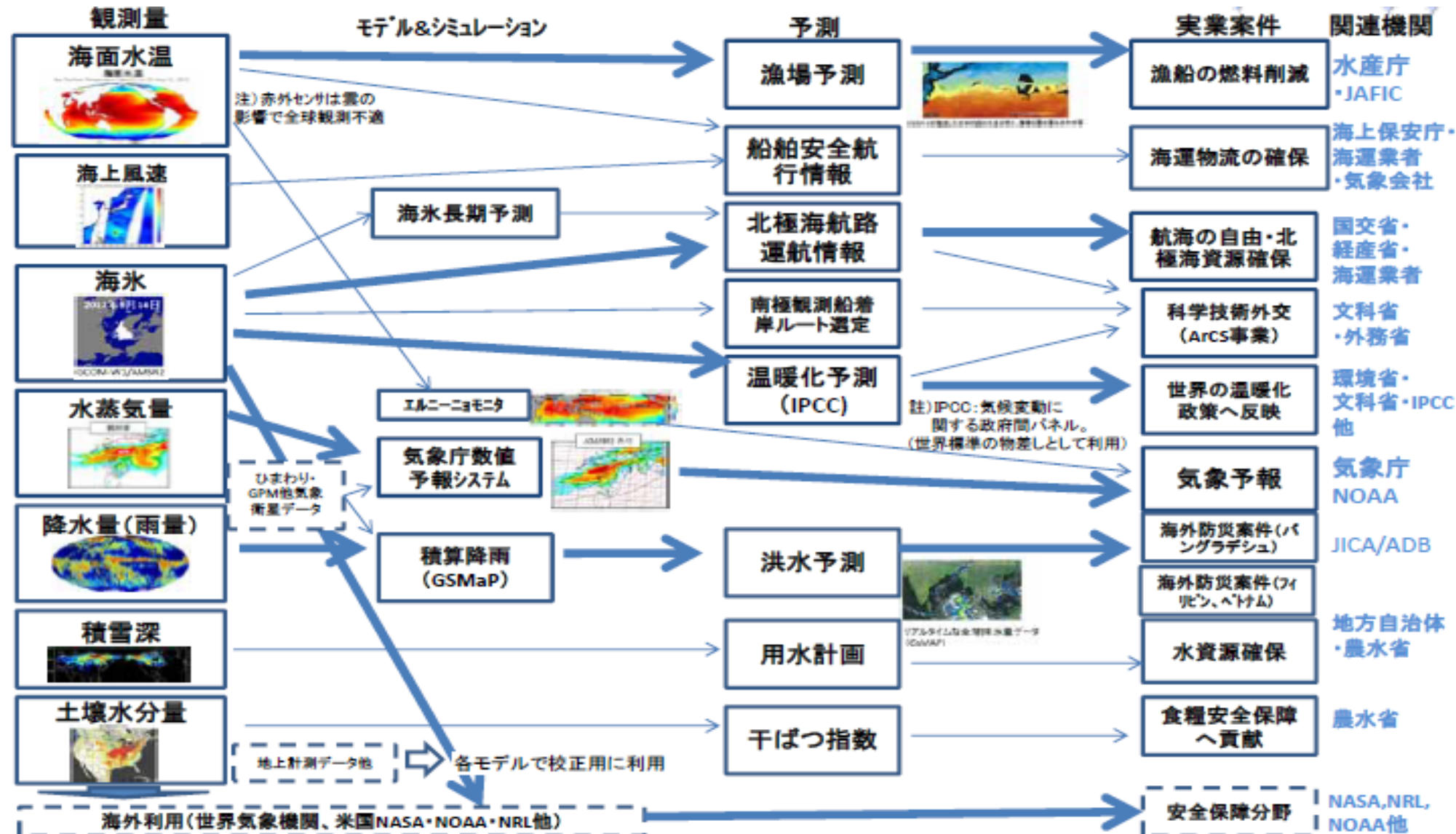


【AMSR2の観測波長】



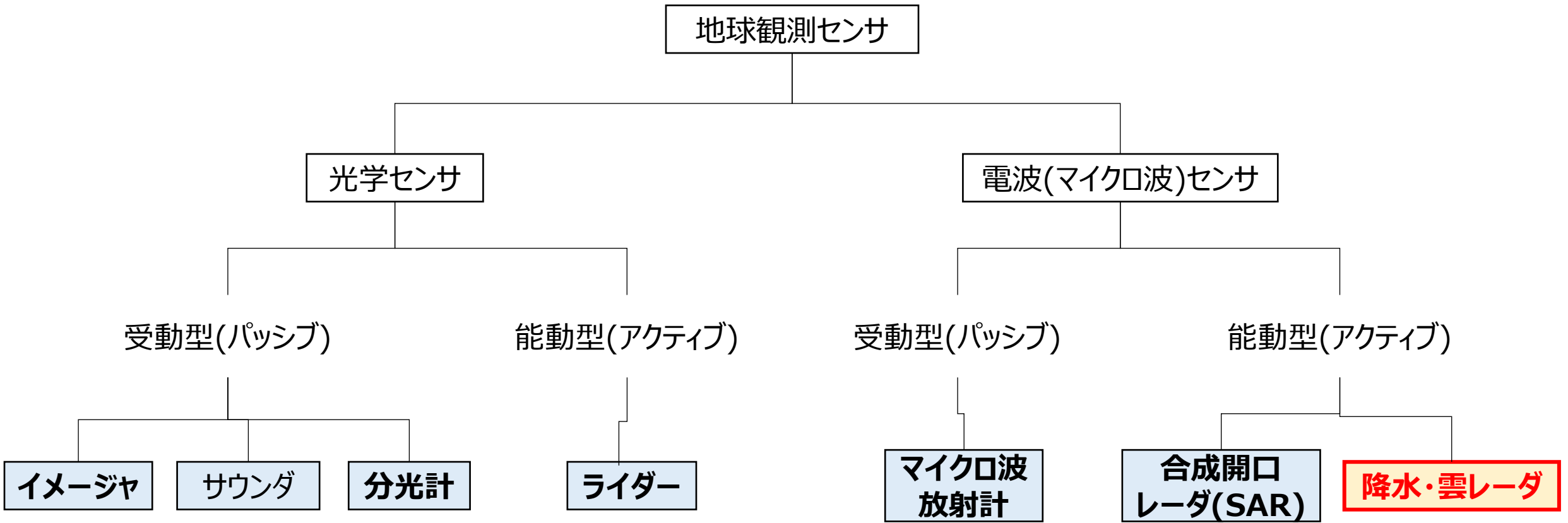
降水量、水蒸気量、海面水温、海上風速、海氷、土壌水分等を数～数十kmオーダーで観測

マイクロ波放射計データの利用分野



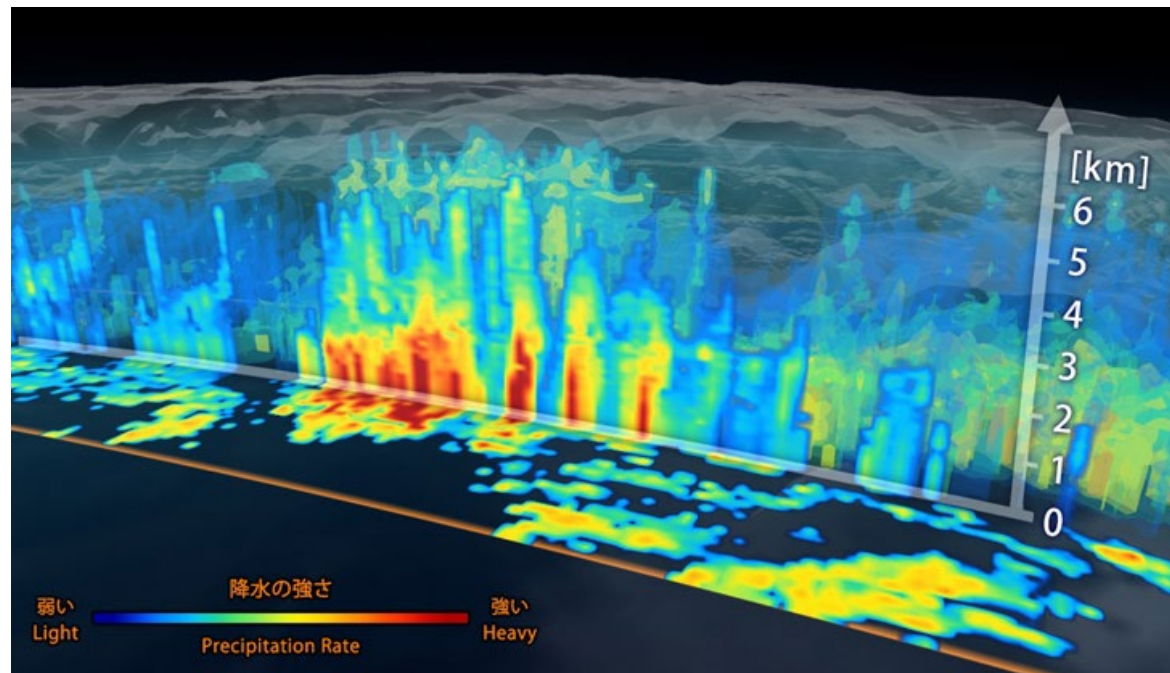
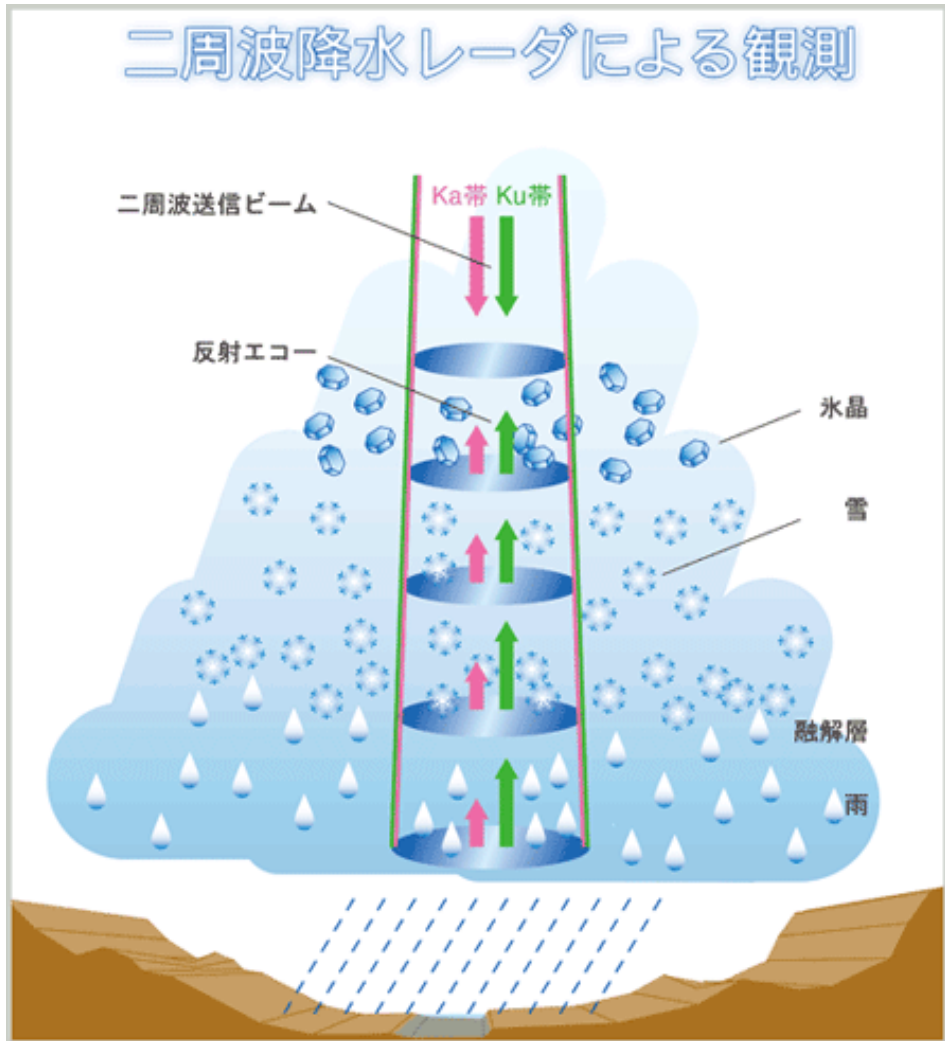
「我が国の地球観測の将来計画に関する提言」(タスクフォース会合・リモートセンシング分科会)より一部見直し

主要な観測センサの種類



降水レーダ・雲レーダ

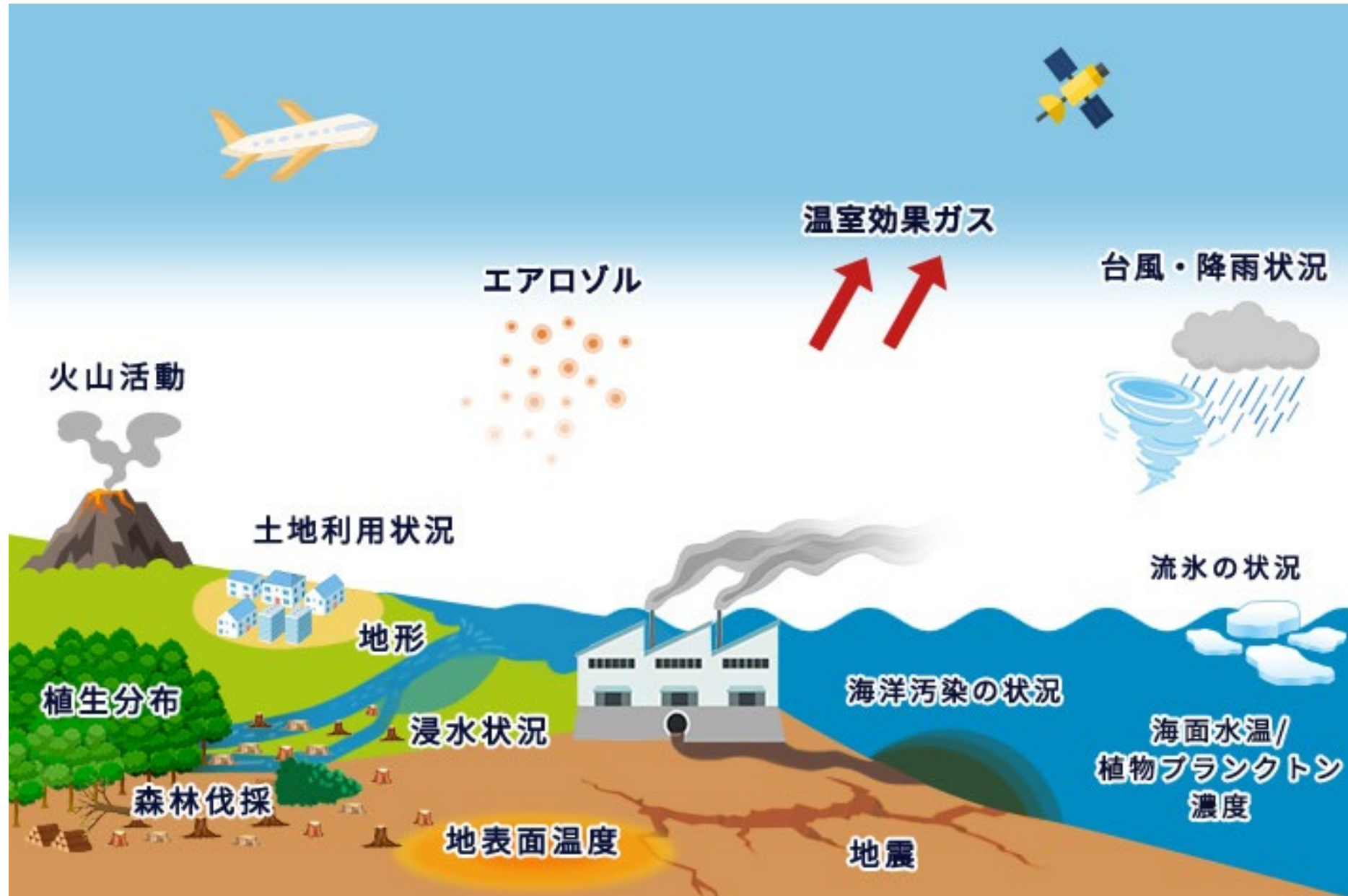
雨粒・雲などに電波をあて、その反射・散乱などを三次元計測



JAXAの二周波降水レーダ(DPR)による降水の3D分布図

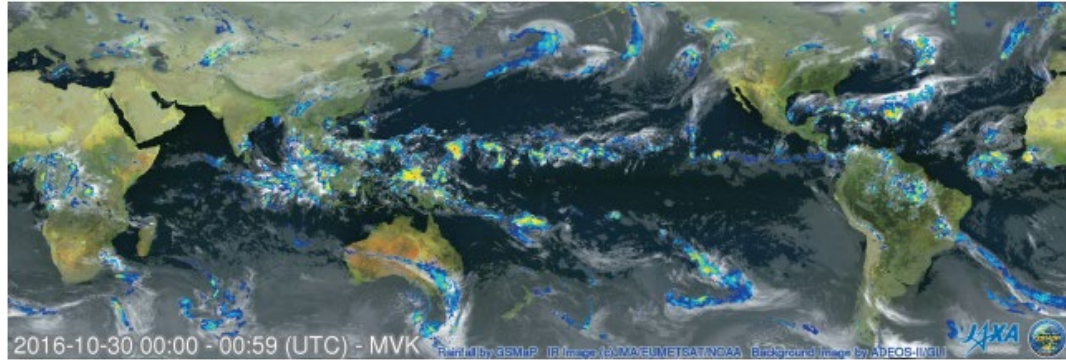
利用分野	災害対策：降水の3次元分布の把握 エネルギー・資源：降水分布の把握	農業・水産業：降水量の把握 気候変動：気候モデルの改良
------	--------------------------------------	--------------------------------

衛星リモートセンシングによる観測対象の例



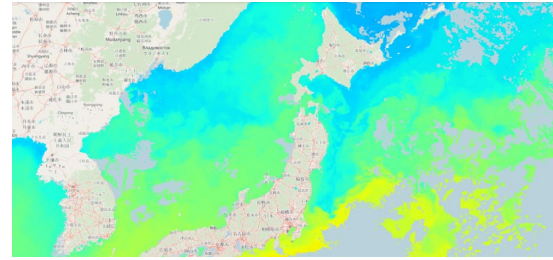
衛星リモートセンシングによる観測データセットの例

降水マップ



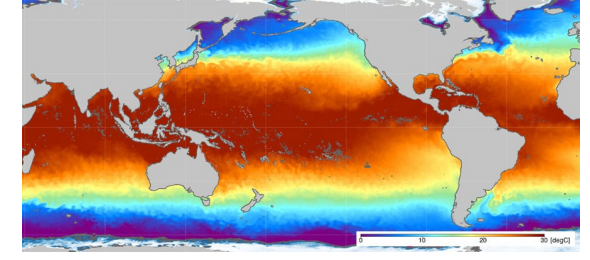
マイクロ波放射計による降水強度の観測データから降水マップを作成

海面水温



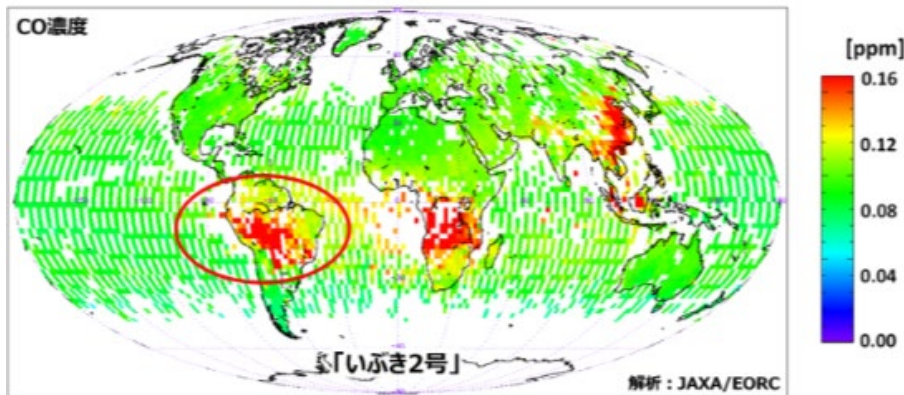
熱赤外の波長から海面水温を解析

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



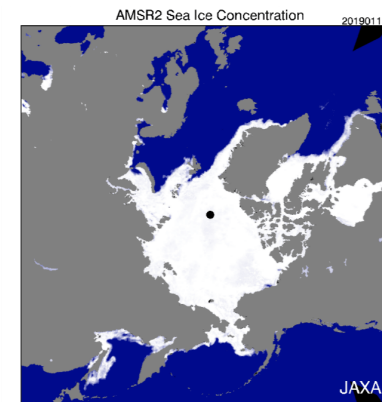
マイクロ波放射計により雲を透過した海面水温を解析

二酸化炭素濃度



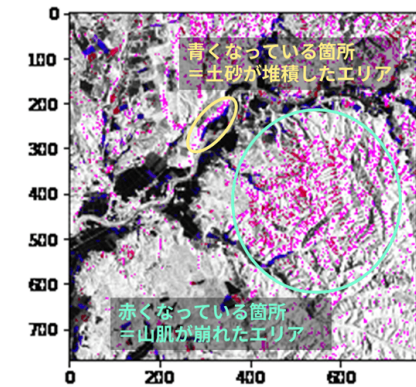
二酸化炭素が特定の波長の光を吸収する特性を利用し、濃度分布を解析

海氷分布



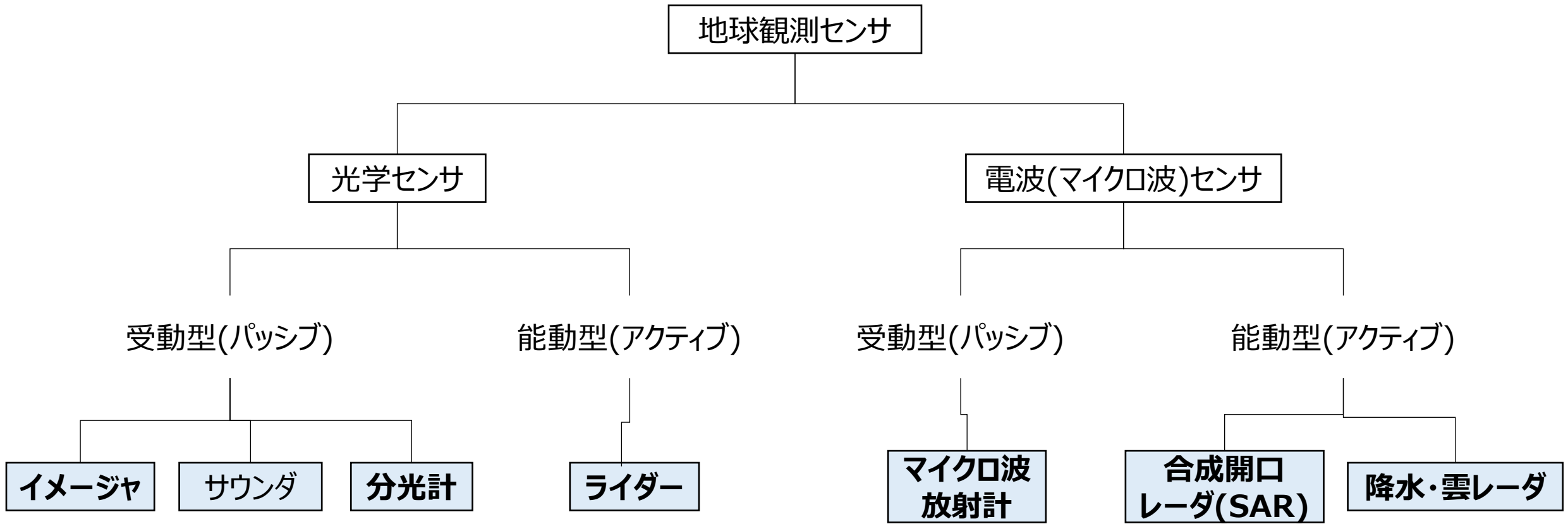
海氷密度を観測し海氷の分布や面積を解析

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

「2. 色々あるよセンサとデータ」：まとめ



これらのセンサ名(水色ボックス)と主要な観測データを覚えましょう

1. 高分解能光学衛星画像(衛星写真)

- 細かく見える (最大 約30cm)
- 目の見た目と同じで直感的にわかりやすい。
- 雲がある場合や、夜間は観測不可

2. SAR(レーダー)画像

- そこそこ細かく見える (50cm～数m)
- 雲があっても、夜でも観測可能

3. グローバル環境データ

- 全世界(全球)が高頻度観測(1日2回など)されているが粗い(kmオーダー)
- 様々な観測対象(降水量、水蒸気、地表面温度, 海面温度、etc.)

1. リモートセンシングってそういうことか！

2. 色々あるよセンサとデータ

前半Q&A

(休憩)

3. で、何に使えるの？ 利用事例紹介

4. ざっと理解しよう 業界動向

後半Q&A

前半Q&A

お疲れ様です！休憩です。

1. リモートセンシングってそういうことか！

2. 色々あるよセンサとデータ

前半Q&A

(休憩)

3. **で、何に使えるの？ 利用事例紹介**

4. ざっと理解しよう業界動向

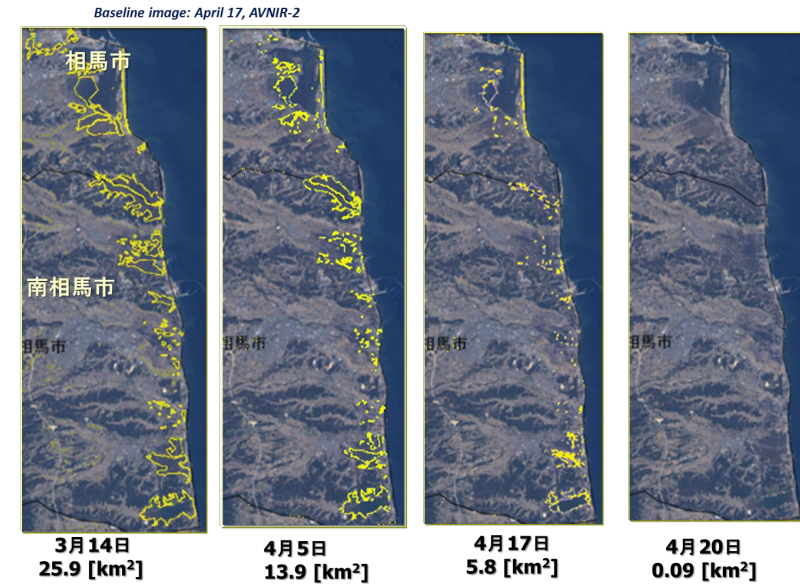
後半Q&A

- 防災
- 農林水産業
- 海洋
- スマートシティ
- 気候変動

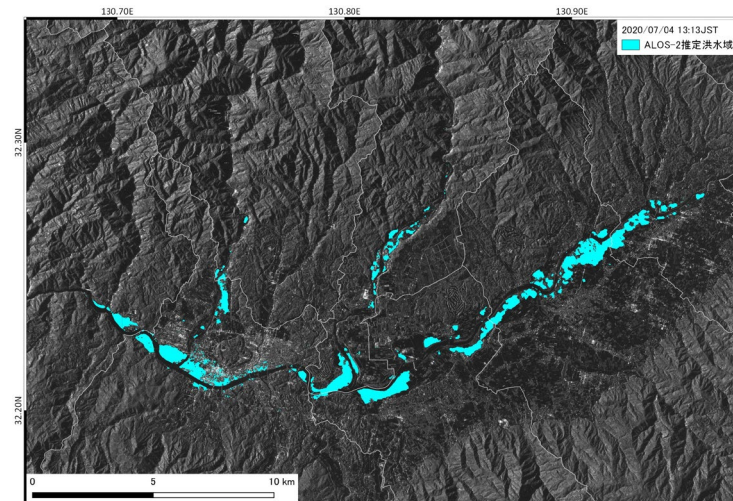
高分解能光学画像やSAR画像による被災状況の把握



光学衛星画像による倒壊箇所の識別



東日本大震災の津波浸水域推定



水災害の浸水域推定

人工衛星画像を活用した保険金支払いの高度化

2020年12月29日
東京海上日動火災保険株式会社

衛星企業3社との協業 ～人工衛星画像を活用した保険金支払いの高度化の取り組み～

東京海上日動火災保険株式会社(取締役社長 広瀬 伸一、以下「東京海上日動」)は、人工衛星画像の分析技術に強みを持つ3社との協業により、保険金の支払いを高度化する取り組みを開始しますので、お知らせします。

衛星企業3社との協業およびアビームコンサルティング株式会社(本社:千代田区丸の内、代表取締役社長 鴨居 達哉、以下「アビームコンサルティング」)との連携により、様々な種類の人工衛星画像を取得することができ、大規模な水害が発生した際に、お客様に迅速に保険金をお支払いする体制の構築が可能となります。

1. 背景

近年の自然災害の大規模化や多発化を受け、被害に遭われた多くのお客様へいち早く損害保険金をお支払いし、安心をお届けすることが、保険会社に求められています。

特に台風や豪雨といった水害による被害はこの数年間で増加しており、損害保険会社は、水害の被害に対して、デジタルテクノロジーも活用しながら、迅速な保険金支払いに取り組む必要がありました。

当社はアビームコンサルティングと共に、2018年から人工衛星で撮影された画像を活用した保険金支払いの取り組みを実施してきましたが、この度その取り組みをより高度化するために、新たに人工衛星画像の分析技術に強みを持つ3社との協業を開始することといたしました。

東京海上日動火災保険(株)のプレスリリースより
https://www.tokiomarine-nichido.co.jp/company/release/pdf/201229_01.pdf

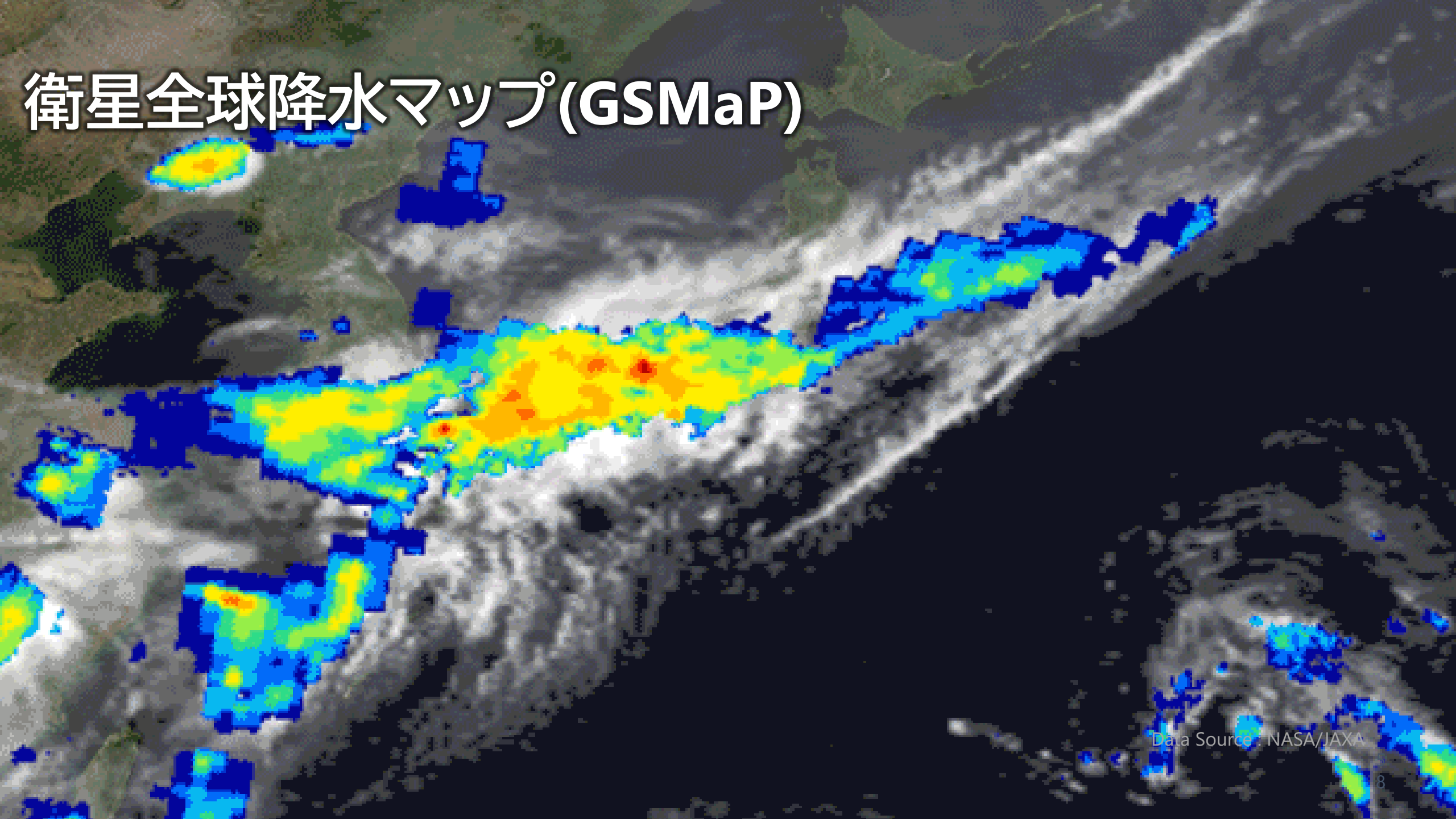
2. 今回の動き

当社は新たに以下の3社の衛星企業と協業し、人工衛星画像を活用した保険金支払いの高度化を目指す取り組みを開始いたします。

<新たに協業する衛星企業>

企業名	所在地	特徴
ICEYE	フィンランド Maarintie 6, 02150 Espoo	SAR衛星を自社で保有しており、SAR画像(※1)の高度な解析技術を有しています。
株式会社パスコ	東京都目黒区東山一丁目1番2号 東山ビル	可視光画像(※2)をはじめとした情報による総合的被災判読に強みがあります。
三菱電機株式会社	東京都千代田区丸の内二丁目7番3号	ALOS-2(※3)をはじめとするSAR衛星開発の知見を活用した画像解析技術を有しています。

衛星全球降水マップ(GSMaP)



Data Source: NASA/JAXA

衛星降水データの気象予報、洪水予測などへの貢献

公共利用

■ 太平洋島嶼国での降水のリアルタイム監視

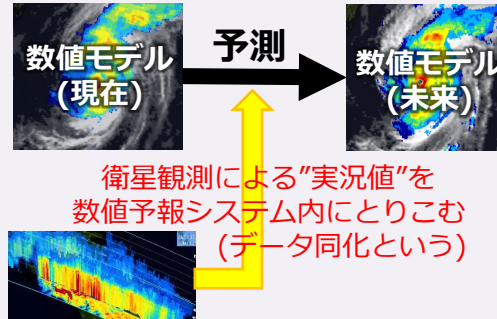


ソロモン気象局

GSMaPウェブサイトにて島の周辺海上のサイクロン等に伴う雨量をリアルタイムに監視。

■ 衛星観測による気象予報の改良

衛星データを気象庁の数値予報システムに取り込むことで、予測精度が向上。



■ 陸域シミュレーションによる洪水予測

高度化した気象予報データやその他衛星観測データを用いた陸面シミュレーションにより洪水予測が可能に。地方自治体での利用実証や民間企業との共同研究も開始。



2019年台風19号では堤防決壊142地点の内130地点で危険の高まりを事前予測。(NHKスペシャル『最強“台風”接近 どう守る 命と暮らしに』より抜粋・加筆)

ビジネス利用

■ 国内一般向け、海外の降水予測情報の提供

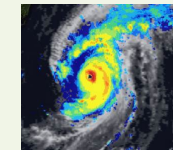
日本気象協会天気予報専門メディア「tenki.jp」
[tenki.jp x JAXA世界の雨雲の動き]ウェブサイト
から国内一般向け世界の気象情報として、
GSMaPを利用した3時間先までの降水予測を提供中。

■ 農家が干ばつに備える天候インデックス保険



サイエンス利用

地球温暖化の進行とともに、台風に伴う強風と降水が激甚化することが予測されており、防災の観点からも早期に台風の“進路”だけでなく“強度”を正確に予測する必要があるが、“強度”の予測は未だ難しく研究開発・改良段階にある。



台風は発達段階によって構造が変わる

↓
GSMaPから構造をとらえる

GSMaPデータに基づく台風の内部構造（降水域比率・最大降水半径など）に関わる指標を新たに考慮することで、台風強度予測の精度改善が確認されている (Shimada et al. 2018)

- 防災
- 農林水産業
- 海洋
- スマートシティ
- 気候変動

第5回 宇宙開発利用大賞

農林水産大臣賞

農林水産省

衛星データを活用した^{そら}^{みず} 「宇宙ビッグデータ米 宇宙と美水」の開発

株式会社天地人 櫻庭 康人氏

株式会社神明 米穀事業本部 古満 考雄氏

株式会社笑農和 下村 豪徳氏

事例の概要

農業現場では地球温暖化による予期せぬ高温障害の発生や、生産者減少に伴う労働力の不足が課題となっており、農家の勘だけに頼らない米の生産技術の確立や、労力削減につながるソリューションが求められている。

そこで宇宙ビッグデータを活用し、栽培場所と栽培品種の最適なマッチングと、衛星データとIoT水門を連携させた自動水温管理による米の生産に成功した。またその米をブランド化し広く販売した。

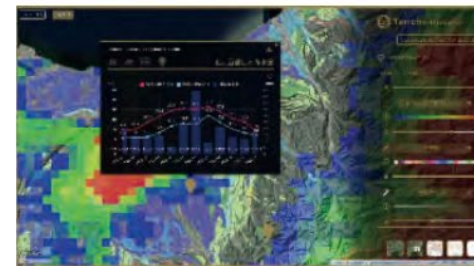
選考委員講評/受賞のポイント

衛星データの活用を農業生産のみならず、「宇宙ビッグデータ米」と命名して販売にまでつなげた新たな取組であり、宇宙関連技術の社会的な認知度の向上にも貢献している。

また、衛星データによる水温把握と、データを水門と連結させた自動水温管理を行う技術を開発し、データに基づく農業の推進や労働力の削減につなげたことも評価できる。



宇宙ビッグデータ米



天地人コンパス

第4回 宇宙開発利用大賞

農林水産大臣賞

農林水産省

事例名 空から診る精密農業 クラウド型営農支援サービス「天晴れ」

受賞者 国際航業株式会社

事例の概要

農業生産の現場では、個々の生産者が耕作する圃場面積が拡大しており、ICT技術を活用した営農の効率化・省力化が求められている。一方で、地球観測衛星の分野においては、小型・超小型衛星によるコンステレーションを構築することで、撮像機会の向上、画像価格の低下が進んでいる。このような環境の中、受賞者は、これらの超小型衛星を中心としたコンステレーションを活用したクラウド型営農支援サービス「天晴れ」を提供し、農業の生産現場から高い評価を得ている。

選考委員会講評／受賞のポイント

農業ICTベンダー、農機メーカーとの様々な連携により、農業者のニーズに即した営農支援サービスをトータルで提供するとともに、衛星利用のコスト軽減を図るなど、意欲的な現場実装の取組を評価。

本サービスは、経験の浅い農業者の営農管理や新規就農の後押しになるものと期待される。



天晴れのしくみ



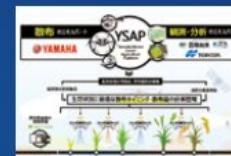
天晴れの特徴・メリット



天晴れ対応作物と診断レポートの種類



営農作業管理ツール上での天晴れ表示例



天晴れを活用した適切な可変施肥の実現

収穫適期マップによるブランド米の品質管理

第3回 宇宙開発利用大賞

農林水産省

農林水産大臣賞

事例名 衛星情報を利用したブランド米の生産支援

受賞者 地方独立行政法人 青森県産業技術センター 境谷栄二、小野浩之
青森県農林水産部 井上貴裕

事例の概要

青森県の新品種「青天の霹靂」ブランド化に向け、高品質な米の生産を支援するため、津軽地域の13市町村で、2016年から衛星情報の利用を始めた。衛星画像から収穫時期を水田一枚ごとに予想する「収穫適期マップ」を作成してWebアプリで提供し、生産者は、携帯端末で同マップを閲覧して適切な時期に収穫する。このほか、食味の目安となる玄米タンパク質含有率や土壌の肥沃度も、衛星画像からマップ化し、そのデータを基に営農指導員による生産者への生産指導も実施している。



Webアプリ(画面: 収穫適期マップ 2017年)

用途: 予想される収穫日をユーザーに分かりやすく、迅速に伝える
(1) 収穫適期マップ利用状況
・ユーザー数 566名
・利用機器 スマートフォン 77%、タブレット 10%、PC 12%
(Webアプリへのアクセス状況から解析 2017.9.4~10.20)
(2) 営農指導員へのアンケート結果
・指導に利用した指導員の割合 100%
・従来法よりも指導に説得力があると回答した割合 96%
(アンケート期間 2017.10.10~10.24、回答数23名)

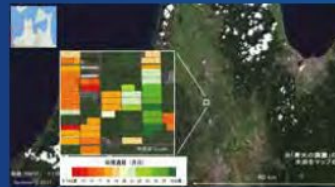


タンパクマップ(2015年)

【衛星画像から玄米のタンパク質含有率を推定し、水田ごとに色分けしたマップ】
用途: 食味の目安とされるタンパクに応じて、肥料の使用量を最適化するのに利用

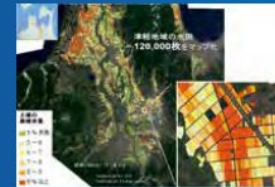
選考委員会講評／受賞のポイント

ブランド米「青天の霹靂」の品質管理のため衛星画像を利用する方法を開拓し、実用化した点を評価。すでに1年の利用実績があるなど、農作物の品質向上の成果を挙げている点を評価。米以外や他地域への展開も期待。



収穫適期マップ(2017年)

【衛星画像から収穫の最適日を予想し、水田ごとに色分けしたマップ】
用途: お米を適時に品質の良い状態で収穫するのに利用
実際の収穫適期との誤差(RMSE)
収穫適期マップ 2.1日 従来法4.0日※
※出穂後積算気温による市町村ごとの予測



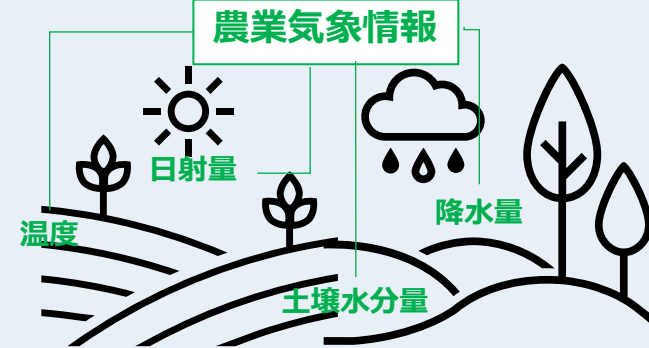
土壌の肥沃度マップ(2016年)

【衛星画像から土壌の肥沃度(有機物含量)を推定し、水田ごとに色分けしたマップ】
用途: 美味しいお米の生産に適した水田を選定するのに利用

農業気象情報の利用

衛星による農業気象情報

- 様々な衛星から観測された農業気象情報を農作物の生育状況把握に利用
 - 光学、マイクロ波放射計、降水レーダなどのセンサから降水量、温度、日射量、土壌水分量などを観測することが可能
 - 作物生育に重要なこれらの農業気象情報を複合的に利用することで、作物の生育状況の把握に貢献

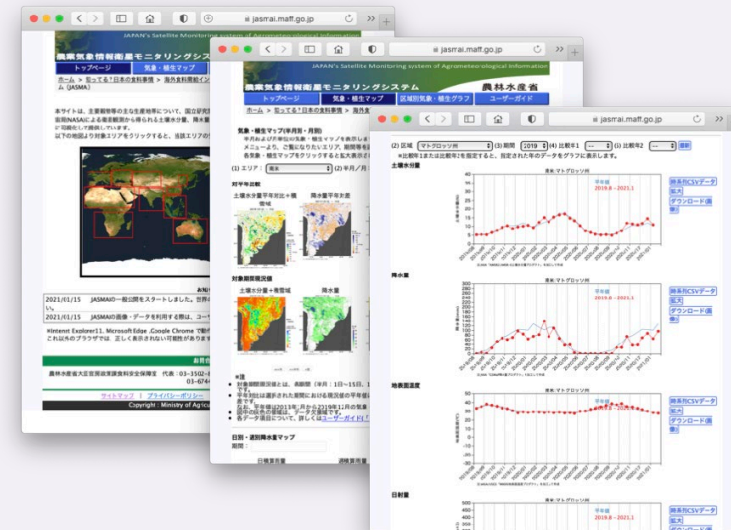


よく利用されるセンサ（衛星）

- 光学センサ（GCOM-C, ひまわり） ■ 降水レーダ（衛星：GPM主衛星）
- マイクロ波放射計（衛星：GPM主衛星、GCOM-W、など複数）

利用例

- 作物の収量見通し等に重要な世界の農業気象を把握
 - JAXAが公開している降水量、土壌水分量、日射量、地表面温度などの衛星プロダクトを利用して、農水省が海外の主要耕作地の気象情報等を地図上やグラフ形式で可視化して提供
 - 主要耕作地が干ばつや熱波、多雨などによって、どのような状況となっているかグローバルに把握することが可能



農水省 農業気象情報衛星モニタリングシステム (JASMAI)
<https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/jasmai/index.html>

衛星降水量を用いた天候インデックス保険

第2回宇宙開発利用大賞

内閣府特命担当大臣(宇宙政策)賞



事例名

地球観測衛星データを活用した 天候インデックス保険の開発

受賞者

損害保険ジャパン日本興亜株式会社
損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント株式会社

事例の概要

受賞者は、日本などの地球観測衛星から推定された雨量(GSMaP)^{※1}を活用し、ミャンマーの小規模農家を対象にした『天候インデックス保険』を一般財団法人リモート・センシング技術センター(RESTEC)と共同で開発した。その結果、地上気象観測データに関するインフラが整備されていない途上国においても、『天候インデックス保険』を開発できることを実証した。『天候インデックス保険』は、気候変動に対する適応策として注目されているものであり、今後は、本技術も活用して、ミャンマーだけでなく、気象災害に脆弱な東南アジアの多くの小規模農家に対して、『天候インデックス保険』を積極的に展開していく。

※1 JAXA提供

ポイント・具体的成果等

1. 市場拡大への貢献

これまで、地上気象観測データに関するインフラが整備されていない途上国では、天候インデックス保険の開発が困難であったが、本商品の開発により上記の問題が解決され、ターゲットとなる東南アジアでの潜在市場規模は農業従事者数に相当する1億人超に拡大した。

2. 産業、生活、行政の高度化及び効率化への貢献

この保険により、農家は干ばつによる収入減少リスクに備えることが可能となる。極端な天候リスクに対する農家の強靭性を高めることで、ミャンマーのGDPの約4割を占める農業の発展に貢献する。

3. 技術への貢献

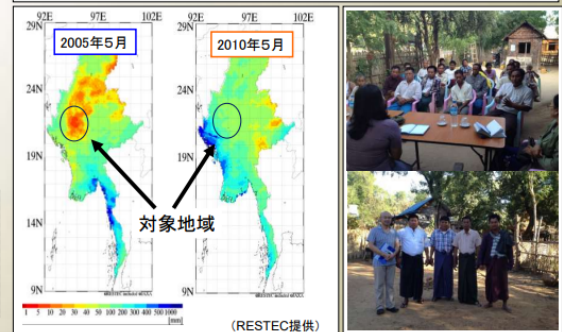
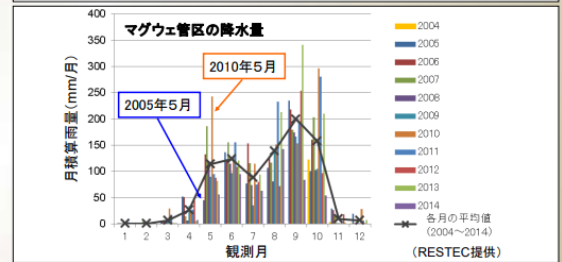
GSMaPを活用した天候インデックス保険の開発は日本初の事例。地球観測衛星データの活用可能性拡大に貢献するものであった。

4. 普及啓発への貢献

GSMaPを活用した、気候変動に対する適応策としての保険開発の事例として、日本だけでなく、ミャンマーにおいても多くのメディアで取り上げられた。現在、ミャンマー以外の国における活用の検討も進行中である。

■ ミャンマー専用の天候インデックス保険

対象地域	ミャンマーの中央乾燥地帯 (マグウェ管区、ザガイン管区など)
保険対象者	対象地域の農家
対象作物	米、ゴマ
対象リスク	干ばつ(雨季の少雨リスク)
補償内容	GSMaPの雨量が事前に定めた値を下回った場合に、事前に定めた金額を保険金としてお支払いします。



【図表について】

上 : ミャンマー専用の天候インデックス保険の概要
 中 : GSMaPデータを元に作成した、マグウェ管区の各年各月の累積雨量
 下(左) : GSMaPデータを元に作成した、ミャンマー全土の累積雨量マップ
 (左: 2005年5月の雨が少ない年、右: 2010年5月の雨が多い年)
 下(右) : 農家へのヒアリング調査の様子

人工衛星データ活用による広告の高度化

ツイート

いいね! 129

B! 0

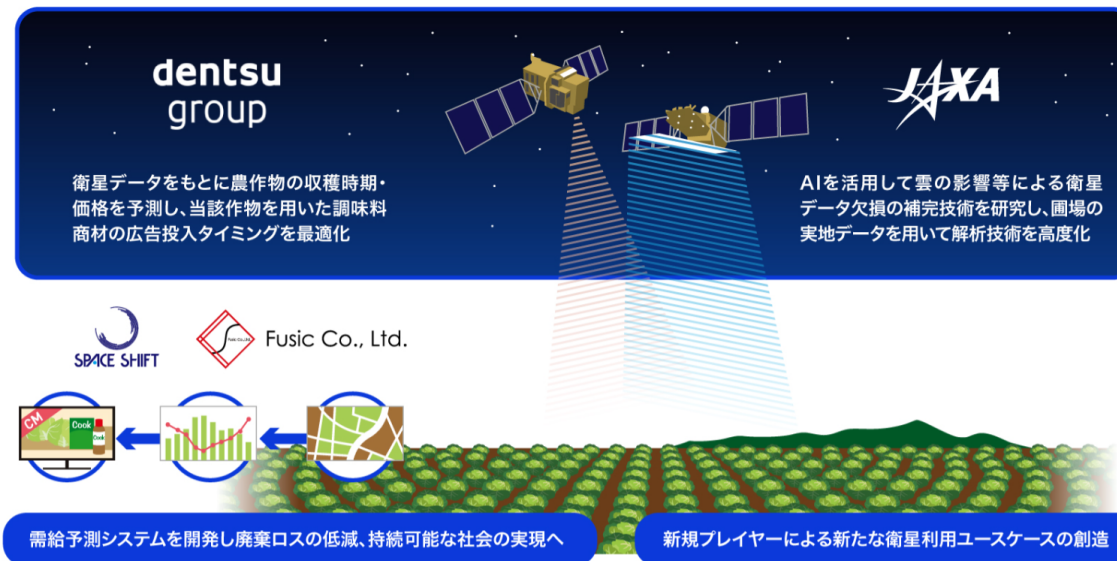
人工衛星データ活用による広告の高度化を通じた 需給連携事業の共創を開始

2022年（令和4年）7月1日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
株式会社電通グループ

株式会社電通グループ（本社：東京都港区、社長：五十嵐博、以下、電通グループ）と宇宙航空研究開発機構（本社：東京都調布市、理事長：山川宏、以下、JAXA）は、JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）（※1）の下、人工衛星データ活用による、広告の高度化を通じた需要の創出と需給の最適化の実現に向け、共創活動を開始しました。

人工衛星データは、これまでも農業分野において農作物の収量増大や収穫時期予測に活用されてきましたが、天候の影響によりデータが欠損し、解析が困難になるといった課題がありました。本取り組みは、その課題解決に向けた技術研究を行うと共に、それらの情報を、農作物や関連商品の販売時期に合わせた広告出稿のタイミングの調整に用いることなどを通じ、販売・広告施策にリアルタイムに反映させることで、積極的な需要創出と需給の最適化の実現を目指します。この新たなユースケースにより、衛星データ利用の更なる拡大が期待されます。



平成25年度宇宙開発利用大賞

内閣総理大臣賞



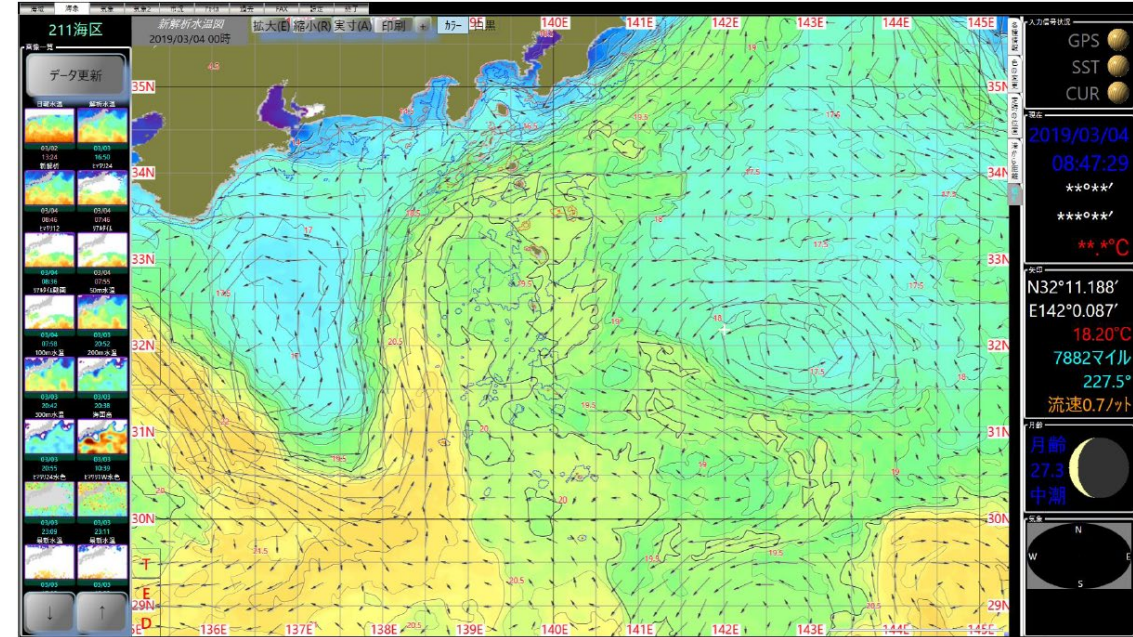
事例名 **宇宙を利用した漁場探索技術の確立と衛星利用海況情報の提供**

受賞者 **一般社団法人 漁業情報サービスセンター**

事例の概要

受賞者は、1985年以来、衛星情報を利用した漁場の探索技術を確立し、衛星利用海況情報を広く漁業者へ提供することにより、科学と縁遠い「勘と経験の漁業」と「先端技術の宇宙開発」とを結びつけ、漁業の近代化をもたらした。この結果、①高騰する燃油が16.1%節約できた。②衛星情報を得るためにパソコンを搭載する漁船が増加した。③漁業の近代化により若い船頭が増加し、漁業の最大の課題である後継者の育成に寄与した。

<https://www8.cao.go.jp/space/prize/first/jirei-fy25-1.pdf>

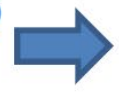


海象・気象情報サービス「エビスくん」で提供される海面水温の画面 (引用：一般社団法人 漁業情報サービスセンターWebページより)

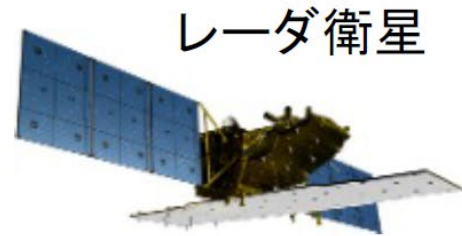
- 防災
- 農林水産業
- 海洋
- スマートシティ
- 気候変動

レーダ(SAR)衛星による船舶検知

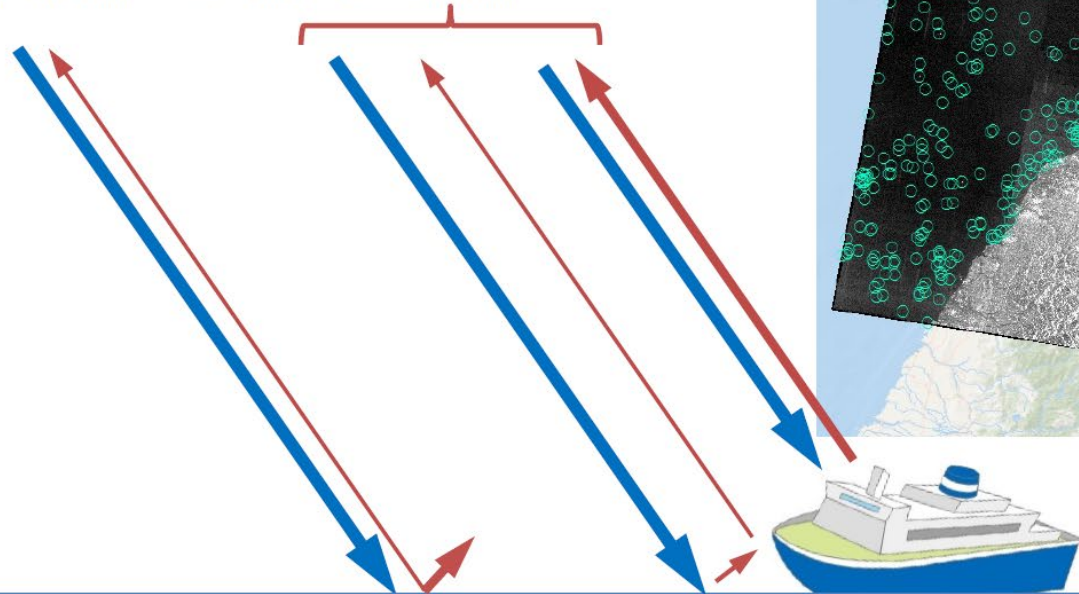
海面よりも、船からの電波反射が大きい



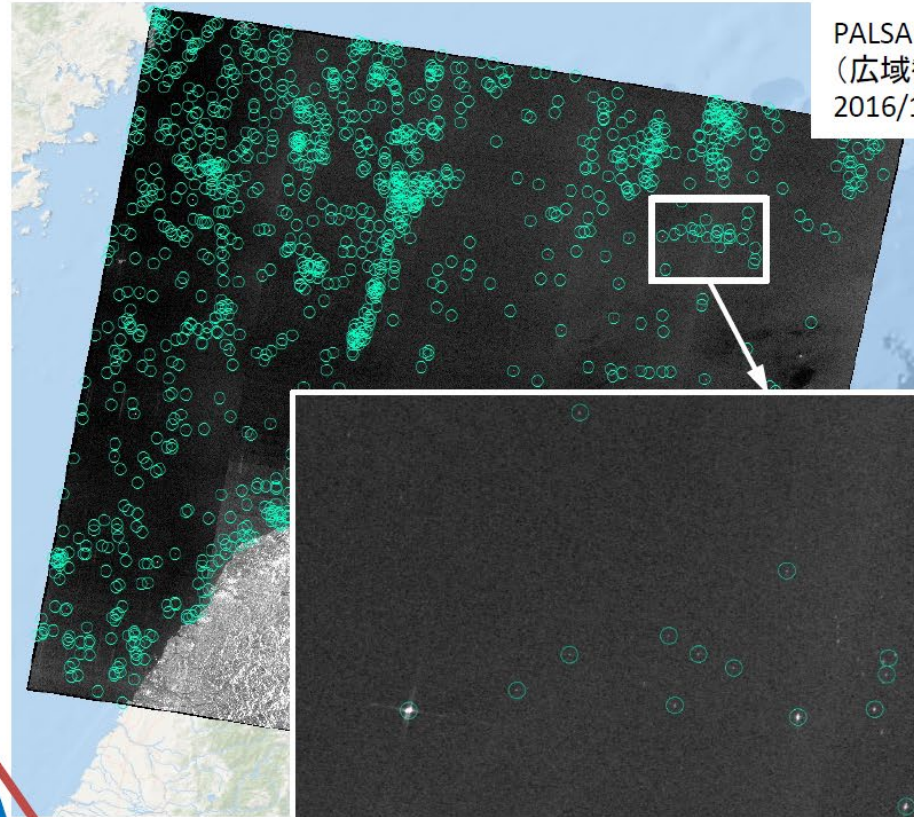
レーダ衛星で洋上の船舶観測が可能



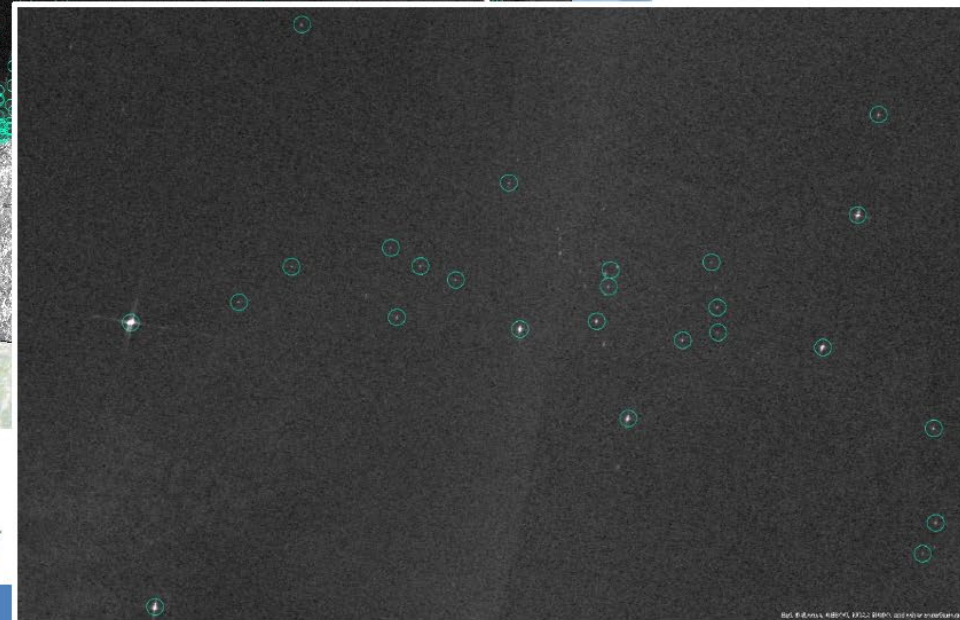
海面反射 < 船からの反射



海

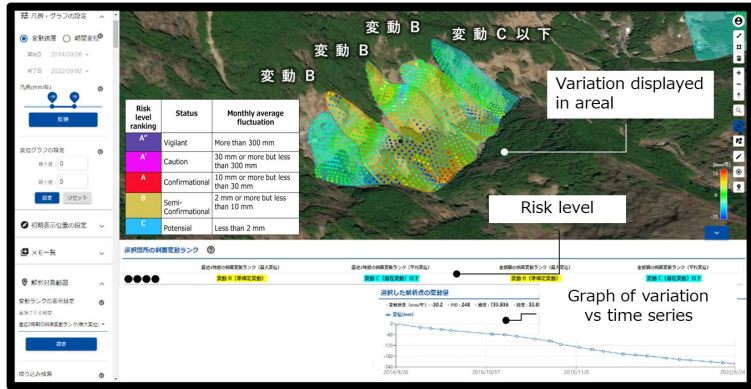


PALSAR2
(広域観測モード(350km幅))
2016/12/04 12:48(日本時間)

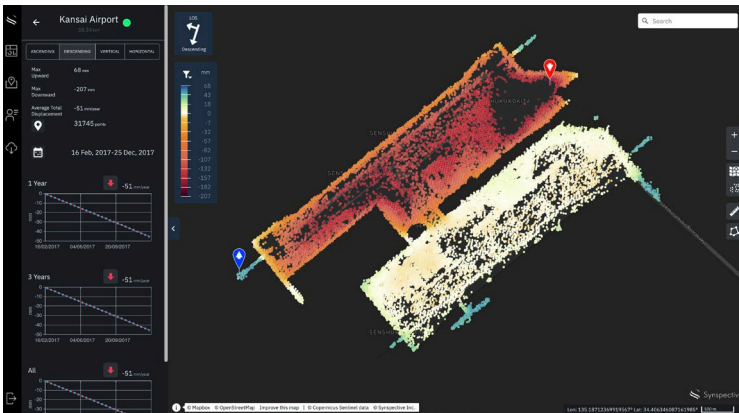


○:レーダ衛星で観測された船舶

- 防災
- 農林水産業
- 海洋
- スマートシティ
- 気候変動



SKY Perfect JSAT Corporation
LIANA (Land-deformation & Infrastructure ANALysis)



Synspcive
LDM(Land Displacement Monitoring)



Remote Sensing Technology Center of Japan(RESTEC)
RISE (RESTEC Interferometry Service)



2023-04-06 PRESS RELEASE

【国内初採用】福島市水道局が、宇宙ビッグデータを活用した水道管の漏水リスク管理業務システム「天地人コンパス 宇宙水道局」を採用。

JAXA認定の宇宙ベンチャー 株式会社天地人（東京都港区 代表取締役 櫻庭康人）が提供している、宇宙ビッグデータを活用した水道管の漏水リスク管理業務システム「天地人コンパス 宇宙水道局」を福島市水道局が国内初採用したことをお知らせいたします。



株式会社天地人プレスリリースより
<https://tenchijin.co.jp/pressrelease/1526/?hl=ja>

第2回宇宙開発利用大賞

内閣総理大臣賞



事例名 **全世界デジタル3D地図提供サービス**

受賞者 **株式会社エヌ・ティ・ティ・データ
一般財団法人リモート・センシング技術センター**

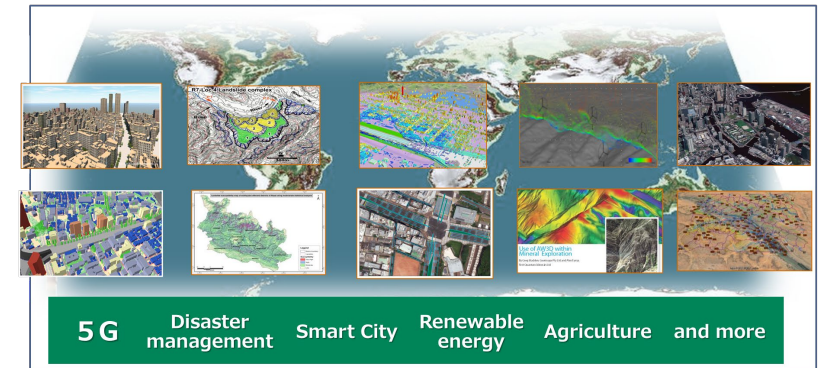
事例の概要

受賞者は、JAXAの陸域観測技術衛星「だいち」と商用衛星画像を活用して、世界最高精度で世界中の陸地の起伏を表現している「全世界デジタル3D地図（名称：AW3D®）」を国内外に幅広く提供しています。高品質の3D地図作成技術、充実した製品ラインアップ、グローバルなサポート体制により、世界60カ国での利用におよぶ新たな市場拡大に成功すると共に、防災・資源・都市計画・電力・通信サービス等の効率化と高度化に貢献してきました。

<https://www8.cao.go.jp/space/prize/second/jirei-fy27-2.pdf>

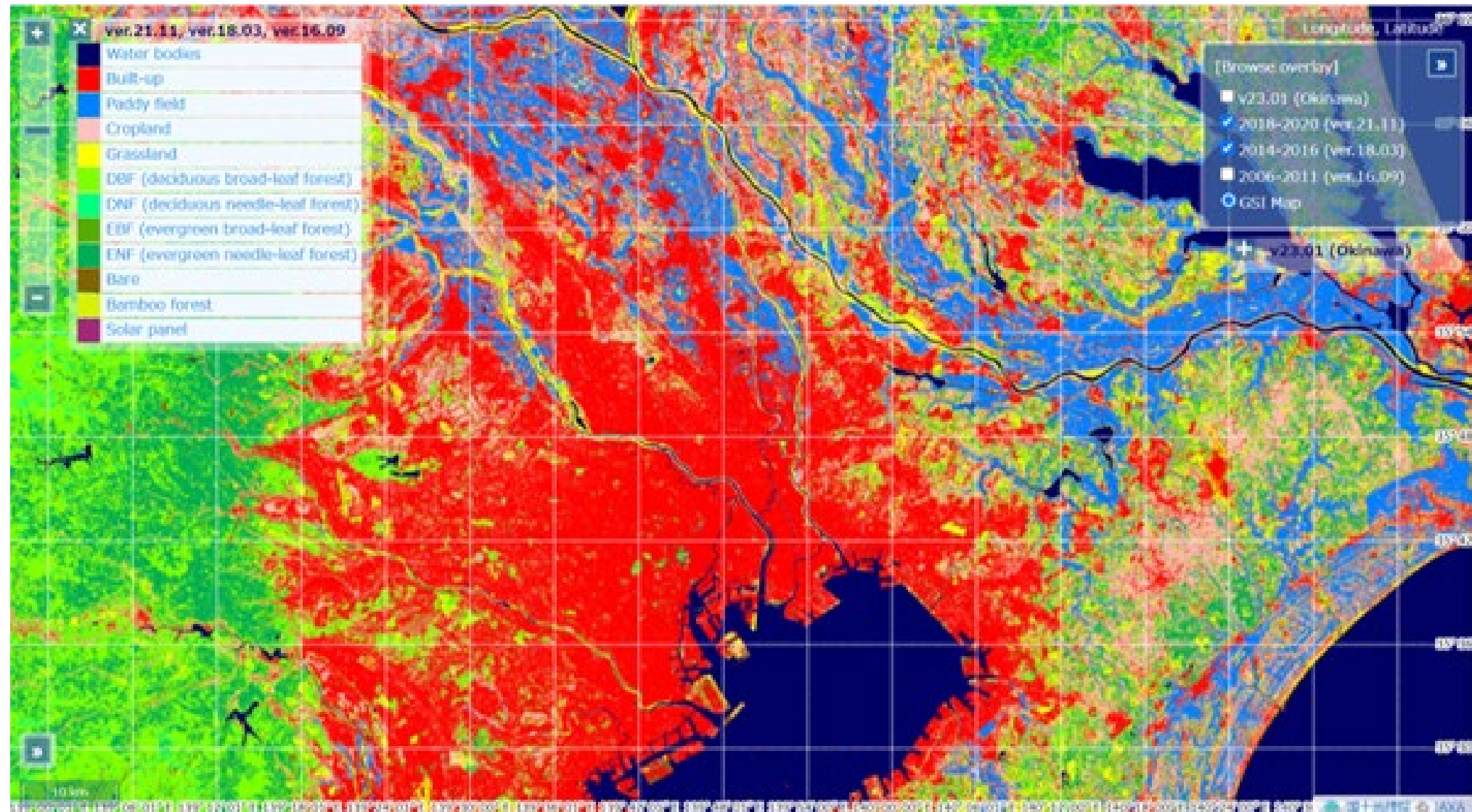


More than 3,000 projects experience from 130 countries



© 1999-2024, Incubed Smart Technology Inc. © 1999-2024, Incubed Smart Technology Inc.

土地利用土地被覆図による都市計画

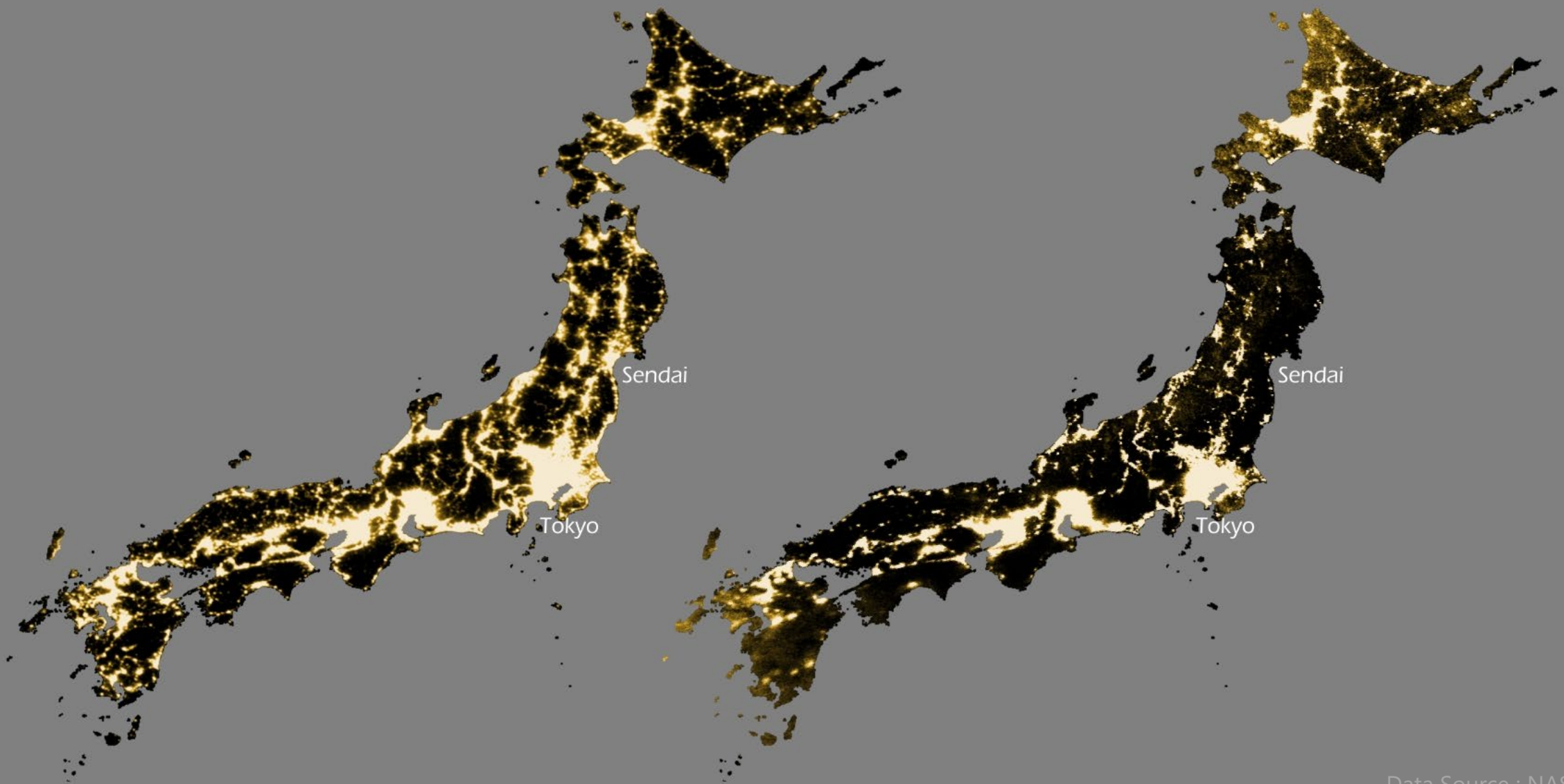


夜間光データを用いた経済指標



Data Source : NASA(DMSP)

夜間光の変化の例



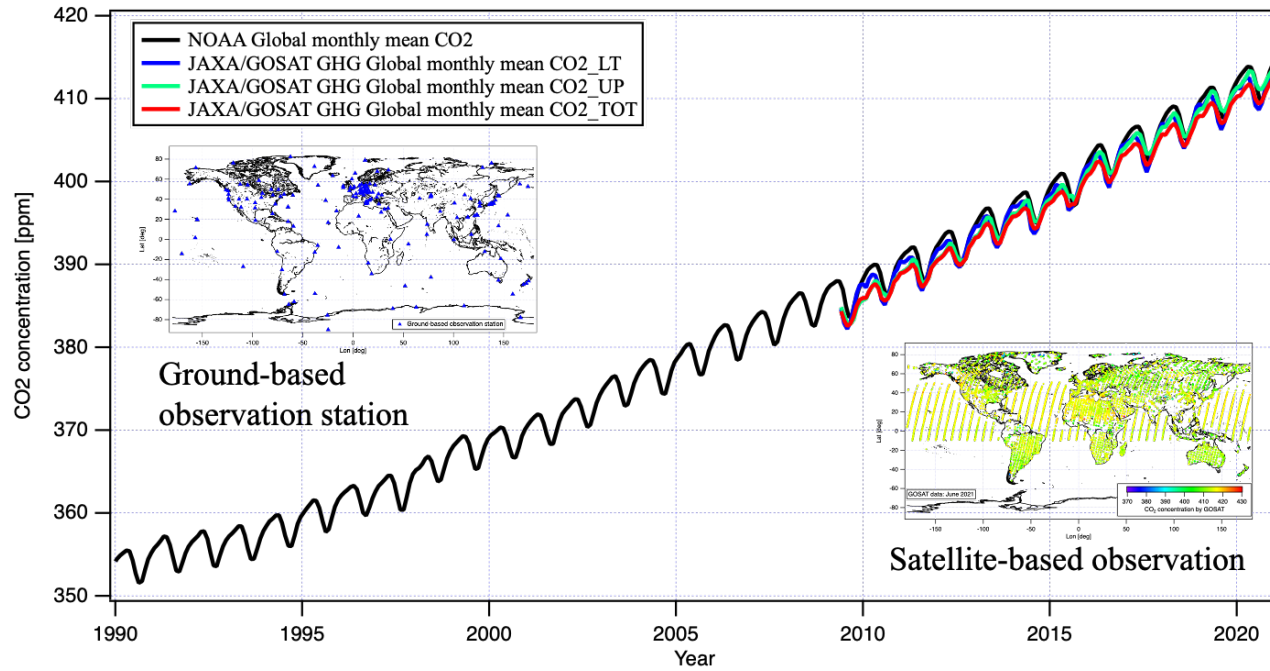
Average Nighttime Lights

Nighttime Lights on March 12, 2011

Data Source : NASA(DMSP)

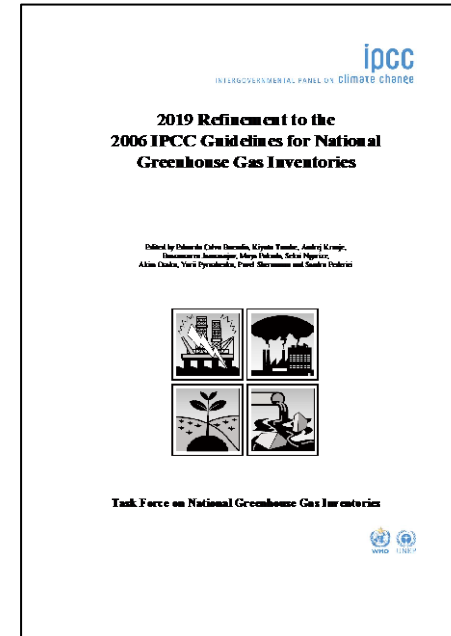
- 防災
- 農林水産業
- 海洋
- スマートシティ
- 気候変動

■ 温室効果ガスの継続的監視→炭素循環解明へ



「いぶき」が捉えた地球上における温室効果ガス濃度の長期変化

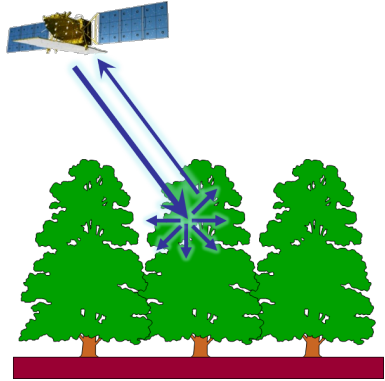
■ IPCCガイドラインでの衛星利用の言及 (気候変動に関する政府間パネル)



IPCCインベントリガイドライン

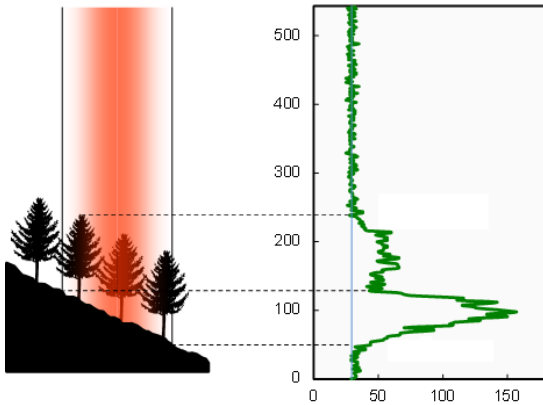
温室効果ガス吸収源である森林の観測

■ 森林地図の作成



■ 森林違法伐採の監視

■ 森林バイオマスの推定



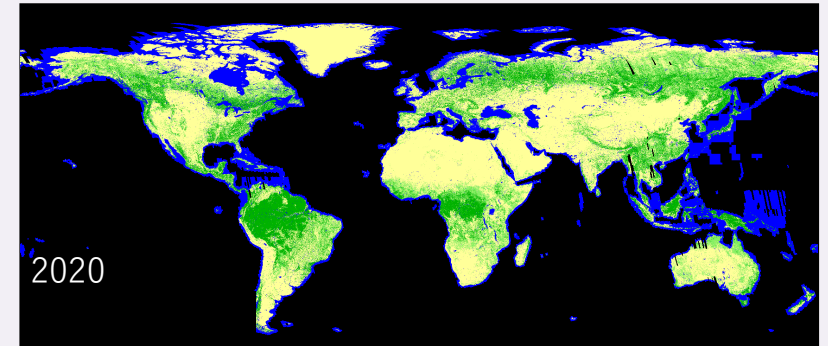
公共利用

・国レベルでの森林分布や森林炭素蓄積量の把握

■ 森林資源の把握：JAXAの全球森林・非森林マップ

■ 気候変動対策での利用

森林バイオマスの約半分は炭素重量であり、気候変動対策において必要となる排出係数（単位面積当たりの炭素蓄積量）の推定に利用できる。また、パリ協定のグローバル・ストックテイクで求められる森林の炭素吸収量算定にも貢献でき、地球観測衛星委員会（CEOS）では信頼性の高い全球森林バイオマス地図を検討するなど、関係機関が対応を進めている。



JAXAの全球森林・非森林マップ

ビジネス利用

・効率的な炭素クレジット算出、森林資源把握

■ 炭素クレジットの算出

森林の炭素吸収量にもとづいて得られる炭素クレジットについて、森林バイオマス地図を利用することで効率的な算出が期待される。

■ 林業における森林蓄積把握

林業で必要とされる材積は、森林バイオマスを木材の容積密度で割り算すること換算できる。材積の分布情報は、森林所有者や森林組合などが森林管理をおこなううえで必要とされる。

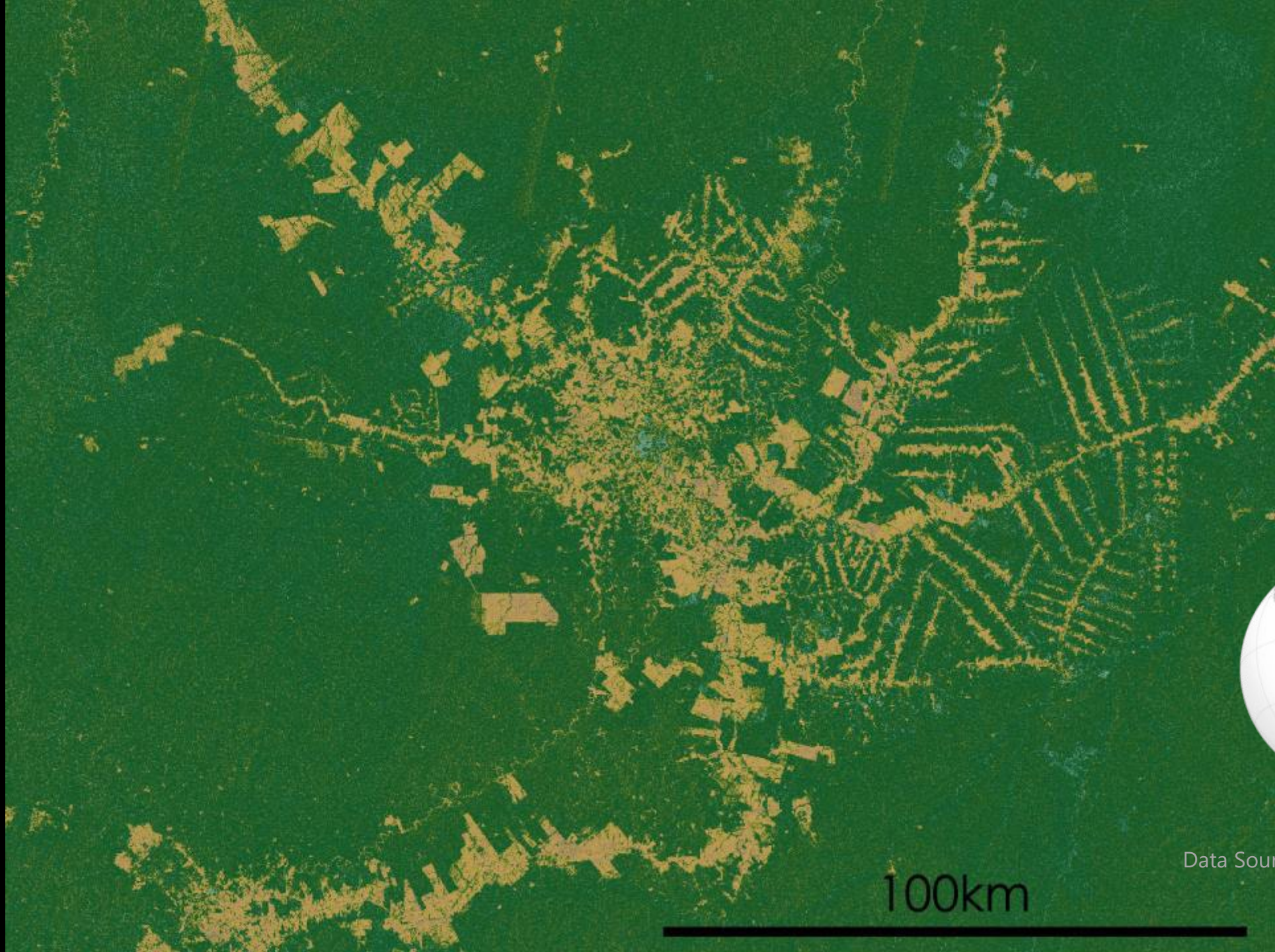
サイエンス利用

■ 炭素循環研究

全球炭素循環において森林など陸域生態系の炭素収支の不確実性が最も大きい。森林バイオマス分布情報をモデル計算と併用することで、その不確実性の低減が期待される。

アマゾン の 熱帯雨林

1996年



100km

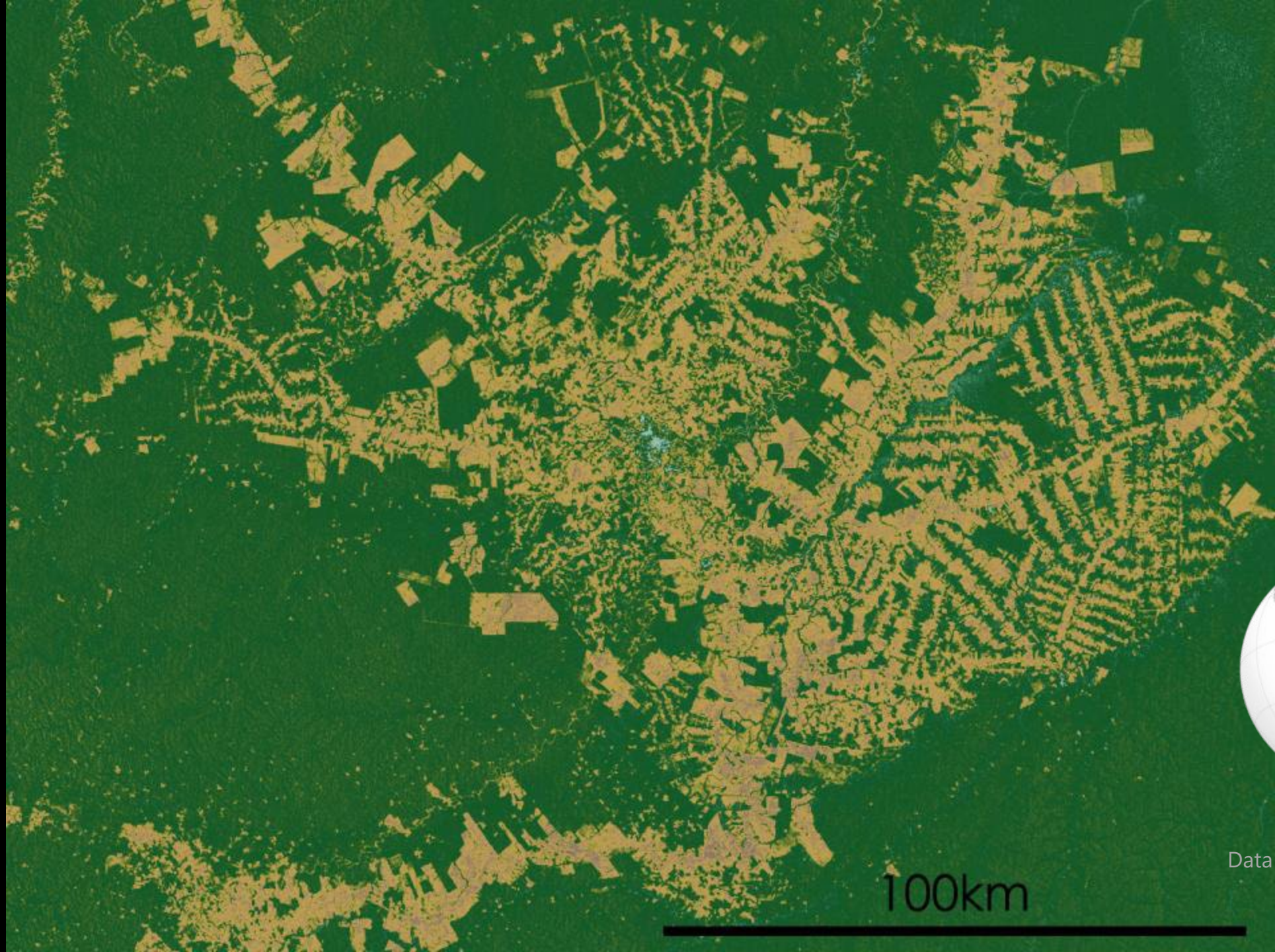


Data Source : JAXA(ふよう1号)

アマゾン の熱帯雨林

1996年

2007年



Data Source : JAXA (ALOS)

**新しい使い方を思いつきやすいように
利用を目的意識ごとに分けてみました**

(1) スマート・活動最適化タイプ

● スマート農業

- 植生指数モニタ・環境データ(降水、土壌水分、日射量)などによる栽培管理
- 作業や農業機器活用の最適化、水分含有量による乾燥工程の最適化等

● スマート林業

- 衛星画像による樹種分類、バイオマス量推定など

● スマート漁業

- 海温情報等による効率的漁場探知(燃料の節約)

● 発電最適化

- ひまわりデータ等を活用した太陽光発電の受給予測

● 効率的老朽化インフラモニタ

- 地盤沈下データによる点検優先度の高いものの識別

● 効率的災害対策・復旧

- 衛星画像による被害推定等の活用

● 航空機・船舶運行ルート最適化

- 衛星気象・海氷データ(北極海航路)等の活用

● 効率的な保険金支払い

- 衛星による被害推定データの活用

● 小売マーケティング最適化

- 衛星画像による顧客動向の把握や気象データ等の活用

● 不動産取引最適化

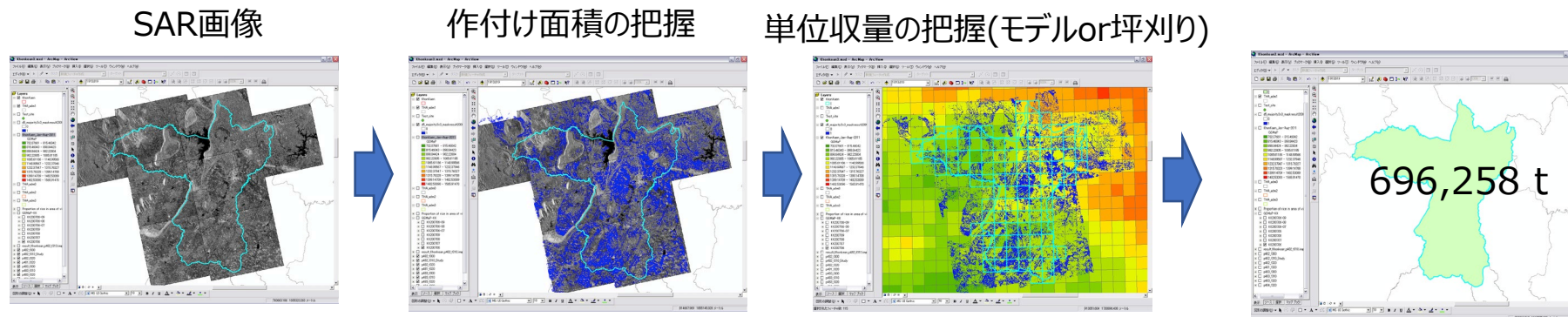
- 衛星データによる不動産(耕作放棄地含む)の状況の識別とマッチング

(2) 統計・予測タイプ

他より先に情報を把握することによる競争力強化

- 農業統計(作付面積・収量)
- 作物収量予測による先物取引
- 石油タンクの影の長さの識別による石油備蓄量推定
- 衛星夜間光等によるGDPなど経済活動の推定

(作物収量推定の例)

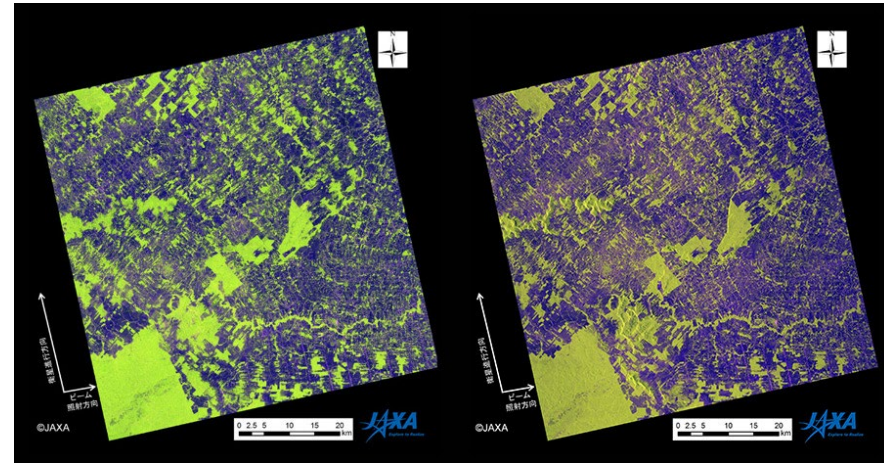


(3) 計画最適化タイプ

- 太陽電池パネルの分布把握や、
太陽・風力エネルギーのリソースマップによる発電所建設計画の最適化
- 土地被覆分類図等による都市開発計画
- 降水、土壌水分、水場情報等による水資源管理・河川管理計画
- 土木・建築における環境・社会影響評価、災害リスク評価
- 農業・林業における栽培適地の調査
- 気候変動予測を考慮したインフラ整備計画の最適化
- 土地被覆マップや、都市デジタルツインによる都市計画の最適化

(4)監視・モニタタイプ

- 安全保障
- 違法船監視
- 違法伐採監視
- パイプラインのメタンガスリーク監視
- 工事進捗モニタ
- 鉱山監視
- 地盤沈下監視
- 石油パイプラインの地盤沈下監視
- 世界遺産の監視
- 海洋汚染監視(石油スリック等)



SARによる違法伐採監視

(5)防災・被害軽減タイプ

- 被害推定(風水害・地震・林野火災・降雪等)・災害対策の最適化
- 衛星降水データを活用した洪水・地滑り・干ばつ予測
- 地殻変動データ、地表面温度を活用した火山活動の監視
- 火山灰分布マップによる影響把握

(6)保険タイプ

- 降水データ・収量データを用いた農業保険
(途上国向け&先進国向けピクセルベースのリスク分散型保険など)
- 被害推定データを用いた損害保険

(7) 価値可視化タイプ

- 農産物価値向上(タンパク質含有量によるおいしいお米の識別)
- 不動産価値向上(地盤沈下が無い、XXXに近い、など)
- 観光資源の可視化
- カーボンクレジット作成
- 自然資本の可視化

衛星リモートセンシングは様々な分野で様々な利用事例がある

【利用分野の例】

- 防災
- 農林水産業
- 海洋
- スマートシティ
- 気候変動

【利用タイプの例】

- スマート・活動最適化タイプ
- 統計・予測タイプ
- 計画最適化タイプ
- 監視・モニタタイプ
- 防災・被害軽減タイプ
- 保険タイプ
- 価値可視化タイプ

1. リモートセンシングってそういうことか！

2. 色々あるよセンサとデータ

前半Q&A

(休憩)

3. で、何に使えるの？ 利用事例紹介

4. **ざっと理解しよう業界動向**

後半Q&A

気候変動や安全保障環境、社会・経済環境の変化を受け、衛星地球観測の重要性が大きく高まっている

認知領域を含む情報戦
に対処する自立的な観測



海洋ガバナンス・FOIP



日米同盟の深化



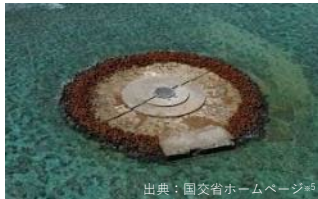
風水害の激甚化(線状降水帯・ゲリラ豪雨・台風など)



経済・食料安全保障



気候安全保障



安全保障
経済安保管む

防災・国土強靱化

南海トラフ対策



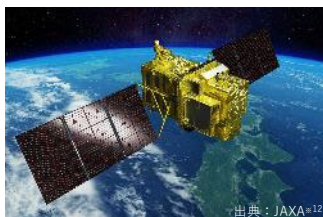
インフラの老朽化



センシングの高度化



保険・金融分野での活用



産業・DX

気候危機

再生エネルギー



ESG/GXの流れ



自動化・無人化



DX化の流れ



AI活用



カーボンクレジット



気候関連財務情報開示タスクフォース



安全保障利用

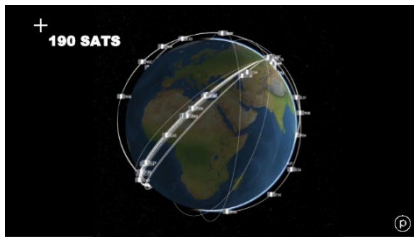
公共利用
(防災、国土管理など)

ビジネス利用

サイエンス利用
(気候変動の解明など)

民間プレイヤーが拡大し、ビジネス利用が拡大している

- 従来は、以下の機関による地球観測衛星開発・利用が中心であった。
 - NASA、ESA(欧州宇宙機関)、JAXAなどの宇宙機関
 - NOAA(アメリカ海洋大気庁)やEUなどの公的利用機関
 - 米Maxar Technologies、欧Airbusなどのように安全保障向け事業を中心とした衛星リモセン企業
- 2010年代より、スタートアップによる、光学及びSARの**小型地球観測衛星コンステレーション**の開発・利用が拡大。



米: Planet labs
Dove(2013~)
光学3U(5kg), 200機弱
3.7m分解能, 24km幅
頻度1回/日以上, 1.5億km²/日



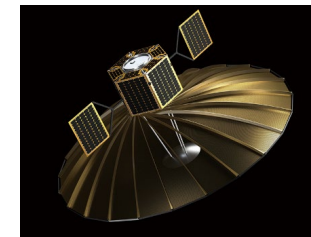
日: Axelspace
Axelglobe(2021~)
光学100kg, 1機→10機
2.5m分解能, 57km幅
頻度1回/1日



ICEYE (C)ICEYE
フィンランド, 2018年~
XバンドSAR, 約120 kg
21機 (2022年8月時点)



Capella (C)Capella Space
米国, 2018年~
XバンドSAR, 約110 kg
8機 (2022年8月時点)



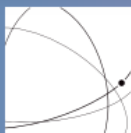
QPS研究所 (C)QPS研究所
日本, 2019年~
XバンドSAR, 約100 kg
2機 (2022年8月時点)



Synspec (C)Synspec
日本, 2021~
XバンドSAR, 約100 kg
2機 (2022年8月時点)

宇宙業界に留まらない様々な分野の企業・組織の参入が拡大

CONSEO



Consortium for Satellite Earth Observation

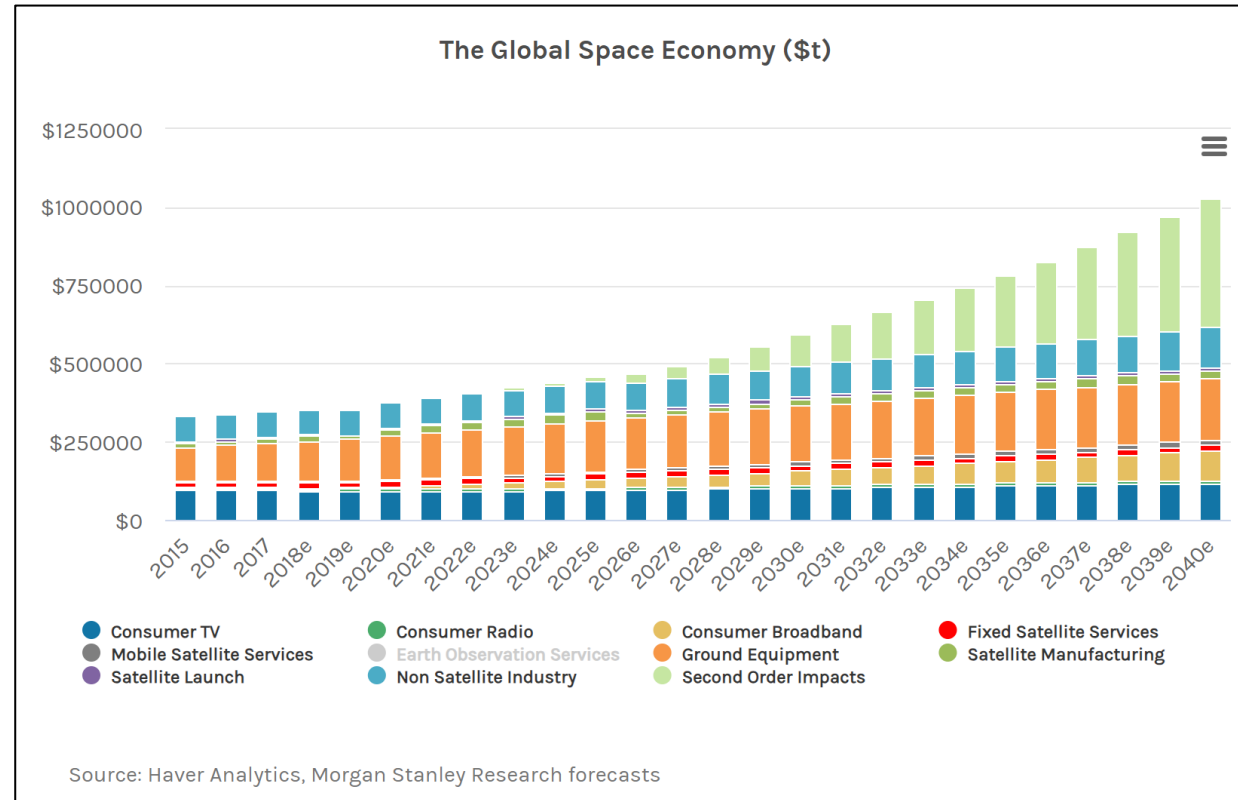
Envision the future with
Satellite Earth Observation.



<p>衛星メーカー / 衛星運用事業者</p> <p>AstroCub Antenna AXELSPACE</p> <p>Canon キヤノン電子株式会社</p> <p>JEOS Japan EO-Sats Service</p> <p>Synspective</p> <p>THALES Building a future we can all trust</p> <p>iQPS</p> <p>Nikon</p> <p>YUKI</p>	<p>衛星データ解析</p> <p>esri ジャパン 国際航業</p> <p>MESW 三菱電機ソフトウェア</p> <p>PASCO Surviving the Earth to Create the Future</p> <p>SDS Satellite Data Services</p> <p>NV5 GEOSPATIAL</p> <p>RESTEC</p> <p>SPACE SHIFT</p> <p>スカパーJSAT</p>	<p>気象サービス</p> <p>JWA 日本気象協会</p> <p>Weather Data Science</p> <p>weather map</p> <p>商社</p> <p>ITOCHU</p> <p>SpaceBD</p>	<p>環境関係</p> <p>ANA</p> <p>KANKYO TECHNO Chemical analysis company</p> <p>衛星データ利用系 (農業・林業)</p> <p>NESTY VisionTech Inc.</p> <p>衛星データ利用系 (その他)</p> <p>魚沼精工株式会社 sorano me</p>	<p>衛星データ利用系 (漁業)</p> <p>JAFic</p> <p>建設業</p> <p>WEST JEC West Japan Engineering Consultants, Inc.</p> <p>投資</p> <p>CORUNDUM INNOVATION</p> <p>自治体</p> <p>福井県</p>
<p>コンサル / シンクタンク</p> <p>ABeam Consulting® ASTEC</p> <p>MRI 三菱総合研究所</p> <p>MUFG 三菱UFJリサーチ&コンサルティング</p> <p>MS&AD MS&ADインターリスクリサーチ</p> <p>NRI</p> <p>RISE CONSULTING GROUP</p> <p>SEIL</p> <p>pwc</p> <p>株式会社 三祐コンサルタンツ</p>	<p>情報通信業</p> <p>アドソル日進</p> <p>Prunus-Solutions</p> <p>NEURAL</p> <p>NTTグループ</p>	<p>その他</p> <p>CARBON RECYCLING FUND INSTITUTE 三洋化成 Sanyo Chemical</p> <p>Orient Microwave SAC</p> <p>SMFL 三井住友ファイナンス&リース</p> <p>一般社団法人 日本航空宇宙工業会</p> <p>TIS Solution Link TIS INTEC Group</p> <p>YAZAKI</p>	<p>アカデミア・研究開発機関</p> <p>SU G-Science Lab 埼玉大学</p> <p>国立研究開発法人 国立環境研究所</p> <p>JAXA</p> <p>TRIC 東海大学</p> <p>JAMSTEC</p> <p>日本海洋学会 The Oceanographic Society of Japan</p> <p>JPSAC JPSAC</p> <p>日本大気化学会</p>	

衛星リモートセンシングマーケットの推定

2040年に1兆ドル市場に広がる宇宙ビジネス。地球観測は250億ドル規模（2.5%）。



米・モルガンスタンレーのWebsiteより
<https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>

【目標】

衛星地球観測を活用した多様な情報・ソリューションによる「より良い未来」として、“見通せる社会”の実現を目指す
“Envision the future”

自然・社会経済などの
将来を見通せる社会

AIやロボットが周囲を見通し、
自動で活動できる社会

予測しにくい変化を
迅速に見渡せる社会

新たな価値を
可視化する社会

2040年に我が国の衛星地球観測産業 2兆円規模を目指す

2030年

3600億円規模



2040年

2兆円規模

利用の成果がさらなる官民の投資につながるような
持続的なエコシステムの構築を目指す

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】

(1) 民間主体の衛星開発利用

コンステ事業、データ利用事業などの競争力強化、特に**グローバル市場獲得のための取組**を強化。

(2) 産学官連携で創出する新種の事業

デジタル・グリーン分野と融合した新規事業などの創出に向けた取組を強化。

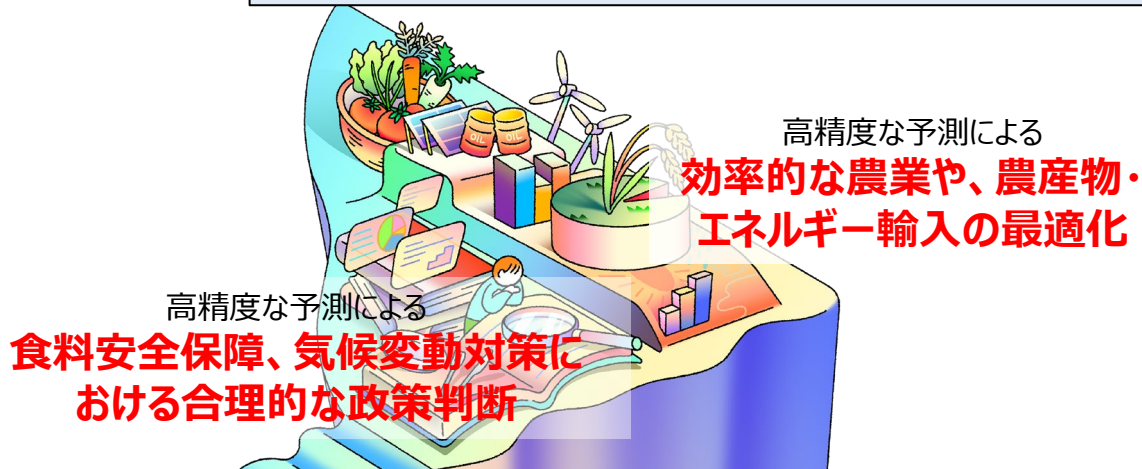
(3) 政府主体の衛星開発利用

日本が強いニーズや強みを有する分野や国内外の大きな民需が期待できる分野において、**差別化した研究開発・利用拡大の強化**に重点的に取組む。

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。

地球規模の課題解決やDX・GXに不可欠な情報の提供により、衛星地球観測が先導し、“見通せる”社会を実現

“課題発見”から“課題解決”、“現状分析”から“将来予測”、“部分最適”から“全体最適”へと社会経済をシフトチェンジ



自然・社会経済などの将来を見通せる

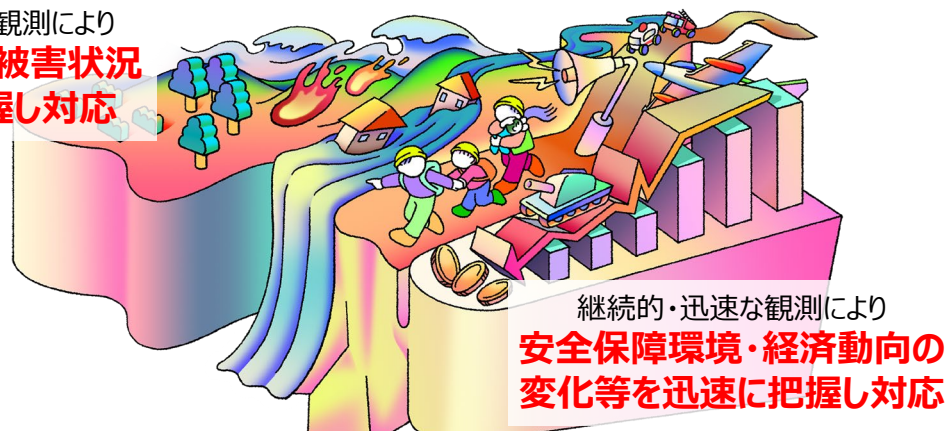
AIやロボットが周囲を見通し、自動で活動できる

地球デジタルツインによるAI学習環境の構築により
自動車・空飛ぶ車・船舶・飛行機等の自動運転を試行

事故のほとんどない社会へ



継続的・迅速な観測により
災害の兆候や被害状況を迅速に把握し対応



予測しにくい変化を迅速に見渡せる(見通せる)

新たな価値を可視化する(見通せる)

カーボンクレジットや
自然資本等の価値情報を可視化
新たな社会経済活動を実現

地球デジタルツインの構築により
新たな活動(台風制御等)の検証に挑戦



後半Q&A

大変お疲れ様でした！

**衛星地球観測 / CONSEOを
どうぞよろしくお願いします。**