

## 衛星リモートセンシングデータ活用の現状及び展望

2018年2月1日

株式会社NTTデータ経営研究所

浅井 杏子 情報戦略コンサルティングユニット デジタルイノベーションコンサルティンググループ

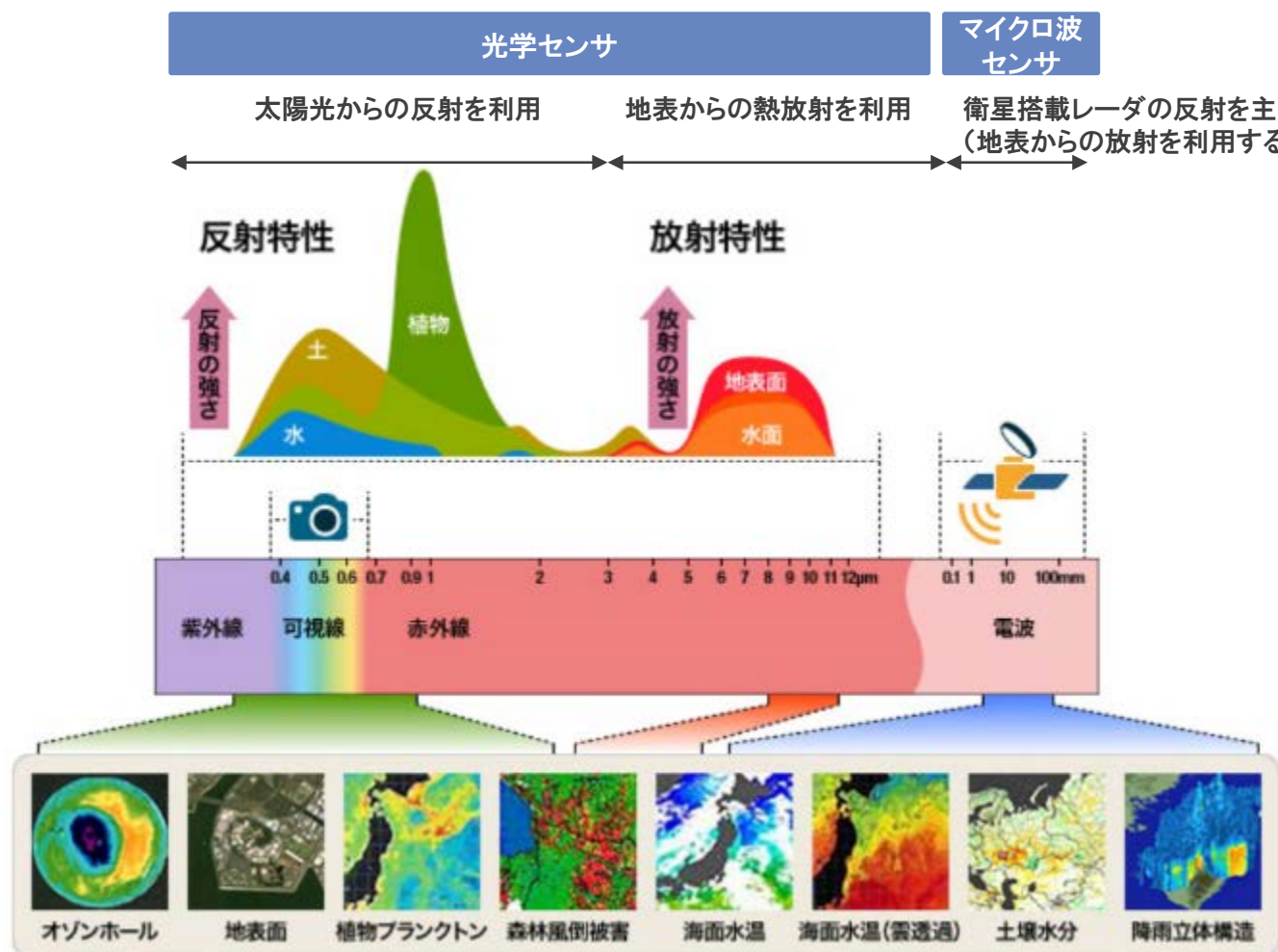
渡邊 敏康 社会システムデザインユニット

- **NTTデータ経営研究所は本タスクフォースの事務局支援のなかで、宇宙データ利活用に関するニーズ調査を進めている**
  - 総務省が実施しているアイデア募集の補完的位置付け
  - 主として自治体を対象に、地域課題解決における宇宙データ利活用の可能性についてインタビュー調査を実施している
- **多くの企業や自治体は「衛星でどんなデータを取得可能なのか」ということについて明確なイメージを持たない**
  - 想起されるのは「Google earth」等の衛星写真に留まることが多い
- **本資料は、今後の4次元サイバーシティの幅広い利活用促進に向け、衛星リモートセンシングの概要と主要な活用領域の例を示したものである**

# リモートセンシング概要

地上のあらゆる物質は、電磁波を受けると物質の性質に応じた反射の強さや放射の強さを持つため、これらの特徴を捉えることで様々な分野でリモートセンシングが活用されている。<sup>※1</sup>

## リモートセンシング利用例



- 地上から反射・放射した電磁波をセンサで感知し、地球上の様々な現象を捉える
- 地上の物質の反射・放射特性は電磁波の波長で異なるため、光センサ、マイクロ波センサを使い分けて観測する
- 電磁波に影響を及ぼさない海中・地中の鉱物等の直接的な観測はできない(※植物プランクトンの増殖、河川からの土砂流入等により海の色の変化を観測することで、間接的に海中の状態を把握することは可能)

※1 地上の物質だけでなく、大気中の物質(エアロゾル、雲、雨等)にもリモートセンシングは活用されている

出所:[http://www.sapc.jaxa.jp/use/data\\_view/](http://www.sapc.jaxa.jp/use/data_view/)に基づきNTTデータ経営研究所にて作成

# リモートセンシングにおけるセンサと利用例

利用する電磁波の種類(光／マイクロ波)で大別すると、それぞれの特徴は下記の通り。

種類	観測方法※2	センサ	特徴	利用例
光学センサ	受動型	<ul style="list-style-type: none"> <li>光学画像センサ</li> <li>スペクトロメータ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マイクロ波センサより高い解像度を持つ画像データを収集できる</li> <li>細かい波長間隔で特定点のデータを取得(非画像データ)できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>砂漠化した土地の識別、都市の表面温度把握・海面温度・エルニーニョ発生の把握等</li> <li>洪水氾濫状況と水稻の被害把握、鉱物マップ作成、乾燥地の植生把握、温室効果ガスの測定等</li> </ul>
	能動型	<ul style="list-style-type: none"> <li>ライダー</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レーザを光源とし、高度計や距離測定、大気中の雲やエアロゾルや黄砂等の微量粒子測定、原子・分子密度および気温・風速などの空間分布観測まで用途先が広い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>氷河の氷の高さ、大気中の雲、エアロゾル、黄砂等の把握等</li> </ul>
マイクロ波 <sup>※1</sup> センサ	受動型	<ul style="list-style-type: none"> <li>マイクロ波放射計(イメージャ、サウンダ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表面観測を目的とし画像データを収集したり(イメージャ)、大気観測を目的とし、観測する方向に1次元的な観測をする(サウンダ)、サウンダの位置／観測方法を変えて3次元的な観測も可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>森林火災検知、気象予報の精度向上、漁場情報の提供等</li> </ul>
	能動型	<ul style="list-style-type: none"> <li>レーダ(例:合成開口レーダ、マイクロ波高度計、マイクロ波散乱計、降雨・雲レーダ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>衛星からパルス状の電波を発信し、対象物からの戻り時間から距離を計測、また対象物の大きさ／電氣的性質の違いから散乱(対象物からのパルスの再放射)に違いがあるため、この違いを利用して観測を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>降雨観測(気象予報)、地形図作成(空中写真撮影が困難な離島含む)、ハザードマップ作成、地震の家屋倒壊率、洪水氾濫状況と水稻の被害把握、油汚染状況把握(例:メキシコ湾の原油流出)、洋上風力発電の資源推定、海上風推定、漁場探査等</li> </ul>

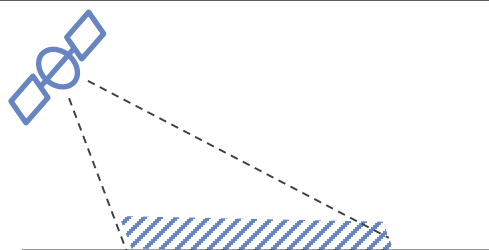
※1 一般的に、数100MHz～数10GHzの周波数(波長換算で0.001m(=1mm)～1m)の電磁波を指す

※2 受動型はアンテナと受信機で構成され、観測対象自身から放射または反射・散乱される電磁波を観測し、一方で能動型は電磁波送信機と受信機、アンテナで構成され、電磁波を衛星センサから観測対象に向けて放射しその反射を観測するものとする

# リモートセンシングから得られる情報

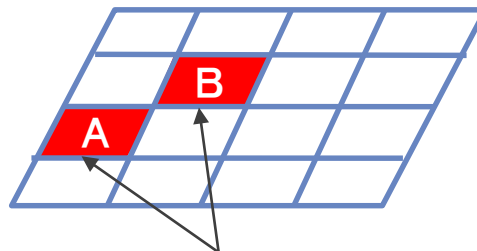
衛星と搭載されるセンサごとに、観測範囲／精度／頻度が異なるため、取得したい情報に応じた使い分けが必要となる。

(1)範囲



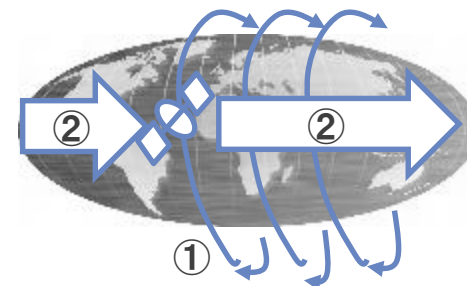
一度に観測可能な領域

(2)精度



同じ区画内にある対象は区別できないが、区画A、Bの区別は可能

(3)頻度

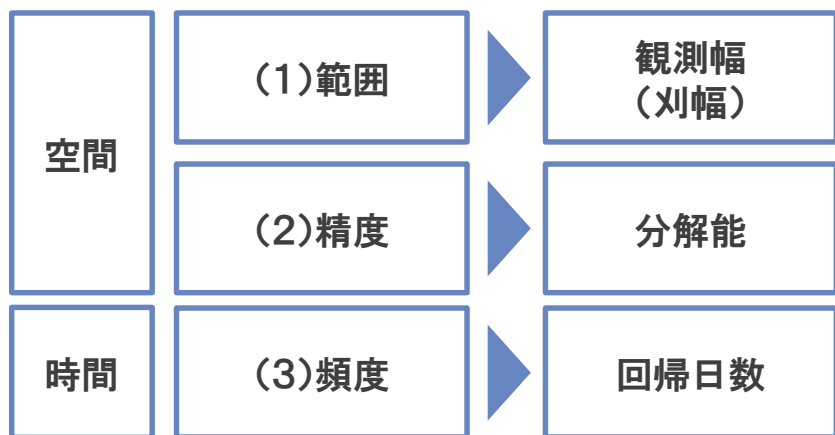


準回帰軌道では1日に何度も①方向に回転しながら数日かけて元の位置に戻る②の移動を行う

## 情報

## 物理量

## 概要



- センサ特性(前頁にて説明)と地図データとの対応から地形、物質の形状や大きさ、広がり、標高情報を把握し、空間情報を抽出することができる
  - センサで検知した電磁波の反射・放射・散乱等の波長の強度から対象物の特性を抽出することができる
- 
- 一般的な地球観測衛星では同一時刻に撮影された画像を繰り返し取得可能なため、複数回の観測により時間情報を抽出することができる

# 衛星リモートセンシングにより捕捉可能な事象／測定量

陸・海・空域ごとに、衛星センシングにより捕捉可能な事象及び測定量は以下に例示するよう  
なものが挙げられる。

捉えられる事象及び測定量(例示)

	形状	色	温度	その他
空域 (大気)	雲粒半径、雲頂の高さ、雨 滴、雲・霧粒、エアロゾルの 光学的厚さ 等	雲の帯、月面の土壌粒子、 噴煙の柱 等	雲頂温度、大気温度 等	雲水量、大気中の水蒸気量、 二酸化炭素、メタンなどの 温室効果ガス濃度、二酸化 炭素濃度、雨粒の速度、オ ゾン密度 等
陸域	地殻変動、地形標高 等	水稻の葉、樹林、畑、土壌 の肥沃度、浸水状況、都市 およびその周囲の土地被 覆状況、地質 等	雪・舗装面・市街地の表面 温度、地表面放射収支 等	土壌の水分量、地表面の移 動速度 等
海域 (海上)	水深、海面高度、海面変 位、波高、波浪、海氷、海 氷密接度、氷河流動、船舶 等	濁度、透明度、海藻、海草、 サンゴ礁 等	海面水温、沿岸域の昇温、 暖水塊 等	クロロフィル濃度、海流、海 面塩分、海上の風向・風速 等

# 衛星リモートセンシングによるデータ活用領域例

衛星センシングで得られるデータ種別ごとに、主として想定される活用領域を示す。  
(次頁以降に活用領域ごとの国内外事例を示す)

捉えられる事象及び測定量(例示)

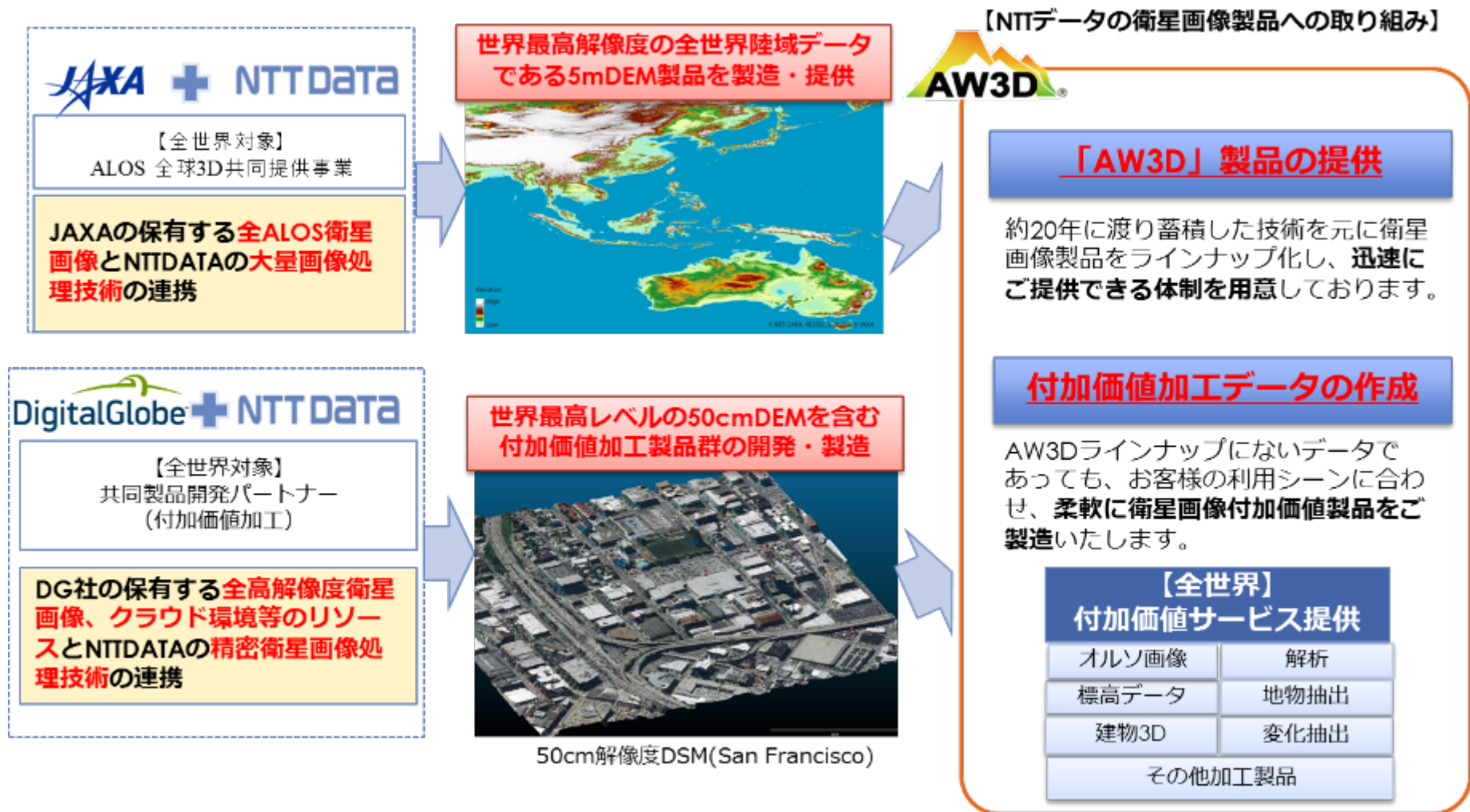
	形状	色	温度	その他
空域 (大気)	雲粒半径、雲頂の高さ、雨滴、雲・霧粒、エアロゾルの光学的厚さ 等	雲の帯、月面の土壌粒子、噴煙の柱 等	雲頂温度、大気温度 等	雲水量、大気中の水蒸気量、二酸化炭素、メタンなどの <b>大気汚染モニタリング</b> 炭素濃度、雨粒の速度、オゾン密度 等
陸域	<b>都市開発等</b>			
	地殻変動、地形標高 等	防災・減災 (火災、樹林、畑、土壌の肥沃度、洪水状況、都市計画等) 加齢に伴う植生の土壌特性	雪・舗装面・市街地の表面温度、地表面放射収去 等	土壌の水分量、地表面の移動速度 等
	<b>インフラ点検</b>		<b>植生調査(林業)</b>	
			<b>農業</b>	
	<b>経済活動のモニタリング</b>			
海域 (海上)	水深、海面高度、海面変位、波高、波浪、海氷、海水密接度、水河流動、船舶 等		海面温度、透明度、海流、海面塩分、海面水温、海面水温、海面水温 等	クロロフィル濃度、海流、海面塩分、海面水温、海面水温 等
		<b>水質モニタリング</b>		
		<b>水産業</b>		

※ 活用領域先は主なデータ種別先にマッピングしている

# 【都市開発等】全世界デジタル3D地図「AW3D」 … NTTデータ

NTTデータでは、世界で初めて5m解像度<sup>※1</sup>の細かさで地球上の全ての陸地の起伏を表現したデジタル3D地図「AW3D」を提供している。

さらに都市部では、最高0.5m解像度<sup>※1</sup>の3Dデータの提供も可能。



※1 左右(水平方向)に対する解像度



# 【都市開発等】全世界デジタル3D地図「AW3D」 … NTTデータ

地図作成・防災等広域レベルでの利用のみならず大縮尺用途での利用も広がっている。



# 【防災・減災】 地盤沈下の監視 … 環境省

環境省では、平成29年5月、地盤沈下対策に取り組む地方公共団体の監視体制の維持・向上に役立てることを目的とした「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル」を取り纏めた。

## 「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル」の概要

### 背景・目的

- 環境省では、陸域観測技術衛星(ALOSおよびALOS-2)による観測データを用いた地盤沈下観測手法を確立
- 地盤沈下対策に取り組む地方公共団体の監視体制の維持・向上に役立てることを目的に、技術情報や導入手順をとりまとめた

### 位置付け

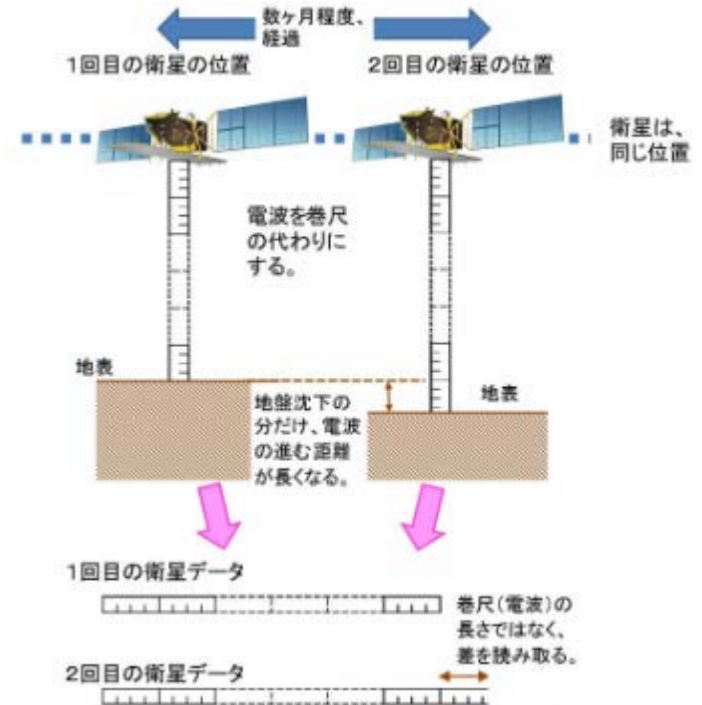
- 衛星データの活用による地盤高の観測は、水準測量の代替ではなく、水準測量と併用する位置付け
- 主な対象は地方公共団体の実務担当者を想定

### 期待効果

- 既存の水準点が無い範囲も含めて観測の面的連続性が確保される
- 地盤沈下量分布図、任意地点での年間沈下量など、従来の水準測量と同様の成果品が得られる

## 衛星データによる地盤沈下監視の仕組み

- 合成開口レーダによって観測されたデータを利用。
- 時期を別にして同じ位置から発信した電波の差を読み取ることで、地表の変異量を把握。



出所: 「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル」について(環境省、2017年5月25日): <http://www.env.go.jp/press/104084.html>

環境省では平成27年度に衛星画像を用いた災害廃棄物量の推計手法についての検討を行い、平成28年熊本地震ではこれらの成果を活用して衛星画像等を用いた建物被害棟数の推計、及び災害廃棄物発生量の試算を行った。

## 取組み概要

### 取組み概要

- 熊本地震の2日後に「ALOS-2」にて画像を取得。航空写真の情報と災判定データを建物1棟ごとに突合し、災害廃棄物量の推計を実施
- 解体申請家屋(全壊、大規模半壊、半壊)と衛星画像からの判読結果を比較し、相違があった建物について現地確認のうえで要因を考察

### 検証成果

- 木造家屋の多い益城町では、全壊した建物の8割は衛星画像判読により被害状況が確認可能
- 一方、全壊の判定においても、壁面や建物基礎の損壊、液状化等による家屋の傾斜は上空から撮影されている衛星画像では把握が困難であることが改めて確認
- 衛星画像からの判読が困難な建物被害(液状化等による沈下、ブルーシートによる被覆等)について、被害の把握方法を検討する必要があると示された

## 衛星画像による判読精度

### 衛星画像から建物被害を把握できる例:全壊



### 衛星画像からは建物被害の把握が難しい例



# 【インフラ点検】人工建造物の経年変位モニタリング … NEC

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)において、広範囲で橋梁等の人工建造物に対する経年変化を高精度、高効率にてモニタリングすることで、点検優先度の高いものを特定(スクリーニング)する技術の開発が進められている。

## 取組み概要

## 衛星データ活用方法

### 取組み概要

- 合成開口レーダ搭載衛星を用いて人工建造物を撮影し、ミリ単位の精度にて経年変位をモニタリング
- 2014-2015内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)で実証実験済み

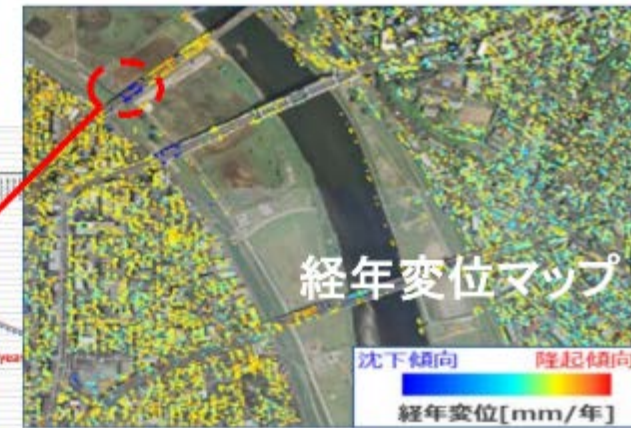
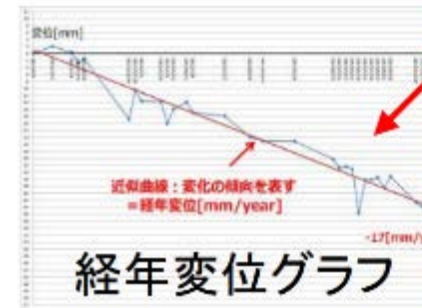
### エンドユーザ(想定)

- 地方自治体、高速道路会社、鉄道会社等

### 成果

- 橋梁上の異常の可能性が高い箇所を検知可能
- 点検対象建造物の周囲も高密度に同時計測(民地を含む)

- 橋梁上の複数ポイントにおける変位(mm/年)を把握(沈下/隆起の度合いを色分けすることにより着重点を明確化する)
- 橋梁周りの広範囲の地盤変位傾向も同時に把握



## 【植生調査】 Woods Hole Research Center(米)

植生調査の領域では、米国のWoods Hole Research Centerが中心となって大規模な植生高の測定データを提供している。(Webサイトからのデータダウンロードが可能)

### 取組み概要

#### 取組み概要

- 森林面積、生物多様性のモニタリング、炭素排出量の算定、野生生物の生息環境の特徴付け、木材管理等の森林構造に関する定期的な予測を提供することを目的とする

#### エンドユーザ

- ジャーナリスト、コンサルティング会社等

#### 期待効果

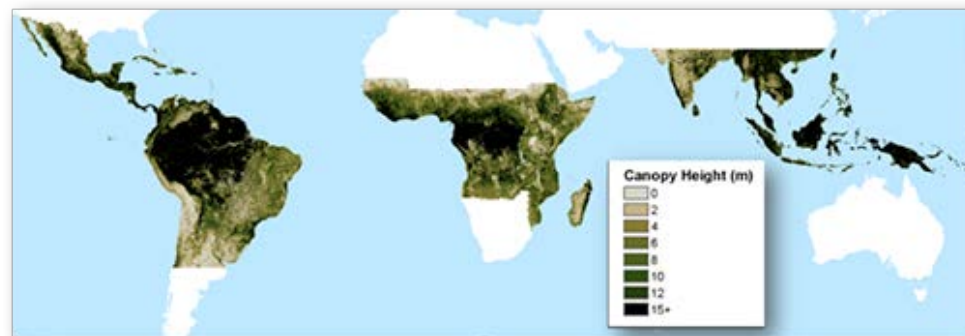
- 開発されたモデルは、15mまでの植生の高さを分類し、30mの水平分解能にてデータ提供が可能
- 森林面積、生物多様性のモニタリング、炭素排出量の算定、野生生物の生息環境の特徴付け、木材管理等の森林構造の定期的な予測を提供できるとされる

### 衛星データ活用方法

- ALOS衛星から17,000以上の画像、ICESat / GLAS衛星から高さ情報を組み合わせて、2007年にアメリカ大陸、アフリカ、アジアの3つの大陸規模モデルを開発



ヘクタール単位での寒冷地の寒冷地の植生高の地図



## 【農業】Farmers Edge Inc. (カナダ)

ファーマーズエッジ社(Farmers Edge Inc.)は、衛星によるリモートセンシングと農場内の土壌分析等を組合せ、農家の生産性と収益性を最大化するための意思決定支援ツールを提供。

### 取組み概要

#### 取組み概要

- Planet社と提携し、高頻度・高解像度の衛星画像をプラットフォーム上に取り込む
- 衛星画像だけでなく、気象観測所で撮影した農場データ等を活用し、害虫や雑草の検出、作物の栄養管理や成長段階の把握、収穫予測などを行い、農家の意思決定を支援する

#### エンドユーザ

- 農家、農業学者、農機具メーカー、小売事業者 等

#### 期待効果

- 毎日更新される衛星画像に基づくタイムリーな意思決定支援により、作物収穫量の改善、害虫等への迅速な対応、肥料コストの削減等が可能となる

### 衛星データ活用方法

- 衛星データから作物の生育状況や農場の変化状況を把握し、作物の収穫量予測などのモデリングを行う
- 農場内に気象観測所を設置し、天気の予測情報だけでなく、施肥計画、除草剤や殺虫剤散布時期決定のために必要な情報を提供している



出所:ファーマーズエッジ社(<https://www.farmersedge.ca/smart-insite/>)

## 【経済活動のモニタリング】いろいろな経済活動把握の取組み

衛星リモートセンシングデータからAIを活用して自動車の数や夜の明るさ、熱などさまざまな情報を用いて経済活動の推計をする取組みが行われている。

### 物体のカウントによる測定

- Orbital Insight社(米)は、AIを活用した画像解析により、衛星画像から地上のさまざまな物体(建造物、自動車等)を認識してカウントするサービスを提供している
  - ✓ 例えば大規模小売店の駐車場の画像から来店客数を分析し、日々の売上を予測することが可能
  - ✓ また、世界銀行とのプロジェクトでは、情報収集が困難な危険地域等における経済発展指標として、家や車の数、ビルの高さ、農地面積などによる測定の有用性を検証中

### 夜の明るさからGDPを推計

- 東大発ベンチャーのナウキャストは、衛星が写した夜の明るさと経済活動の関連性に着目し、内閣府が四半期に一度しか公表しないGDPを早期に予測するシステムの本格稼働を目指す
  - ✓ 国土地理院の土地利用調査を参照し、土地の用途と明るさが示す経済活動の相関を考慮のうえで、明るさから経済活動の大きさを試算する
  - ✓ 当面は投資家向けの販売を想定。統計が十分に整備されていない新興国の分析も期待される

### 工場の熱源から稼働状況を把握

- 産総研は人工衛星で撮影した地上の画像をAIで解析し、都市開発の進捗を調べる技術を開発。赤外線画像も分析できるため、工場の熱源から稼働状況を把握するほか、森林火災や野焼きの監視などにも使える

出所:Orbital Insight社「Measuring Poverty from Space」  
<https://orbitalinsight.com/measuring-poverty-space-2/>

出所:「ナウキャストのGDP推計、世界初の衛星画像利用 利用拡大も」ロイター(平成29年2月7日)

出所:「都市開発状況 AIで解析 -産総研 衛星画像から変化識別」日本経済新聞(平成29年7月3日)

フランスの研究機関が中心となり、EUの地球観測プログラム(Copernicus)を活用したヨーロッパ全域での公害(大気情報)データをユーザへ提供している。

## 取組み概要

### 取組み概要

- 毎朝10時にオゾン、二酸化炭素、PM2.5等の汚染物質濃度を最大3日間まで予測
- 予測はヨーロッパ内外において排出された汚染物質も考慮されており、取得データから地域、国、都市を限定し、より正確な予測を行うことが可能

### エンドユーザ

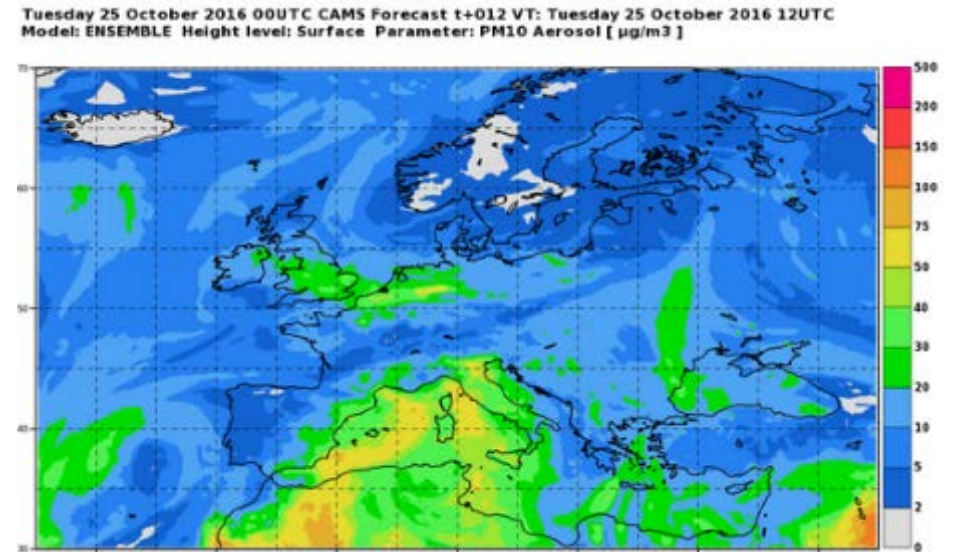
- 公的機関(ただし、無償提供のため利用ユーザは限定されていない)

### 成果

- マルセイユやフランス南東部の高濃度の微粒子がアフリカの砂漠化の原因であるかどうかを知ることが可能となった
- 地方の公害と他の地域や国のシェアに関するヨーロッパの各主要都市に関する情報も取得可能となった

## 衛星データ活用(例:PM10の観測画像)

- 毎日約800の高解像度地図を提供し、予測はAir Qualityチームの7つのモデルから予測される
- 予想される公害の主な原因(道路交通、住宅暖房、農業、産業)の推定値を3日間の有効期限で提供が可能
- 欧州中規模気象予測センターの支援をうけ、フランスの研究機関(Meteo france, INERIS)が実行、調整を欧州委員会から委託



出所:「Des previsions sur la qualité de l'air en open data」, Le Monde.fr, 2016/11/23



EOMAPは、衛星を利用したモニタリングにより、HSE(衛生・労働安全・環境)リスクのない水質モニタリングを実現。

## 取組み概要

### 取組み概要

- 海水・陸水の濁度、浮遊物質、クロロフィル濃度等を計測して水質モニタリングマップとしてデータ提供(2007年10月より)

### エンドユーザ

- 主なユーザとして、環境管理者、エンジニア、科学者

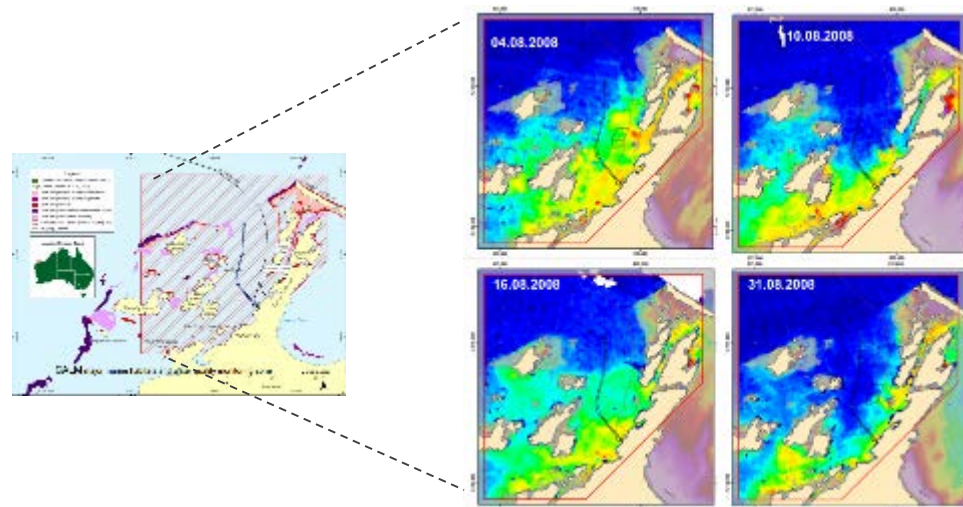
### 成果

- ウッドサイドエネルギー社におけるガス田開発現場における環境モニタリングにて通常の監視と比べ100万AUD(オーストラリアドル)以上のコスト削減となった

## 衛星データ活用方法

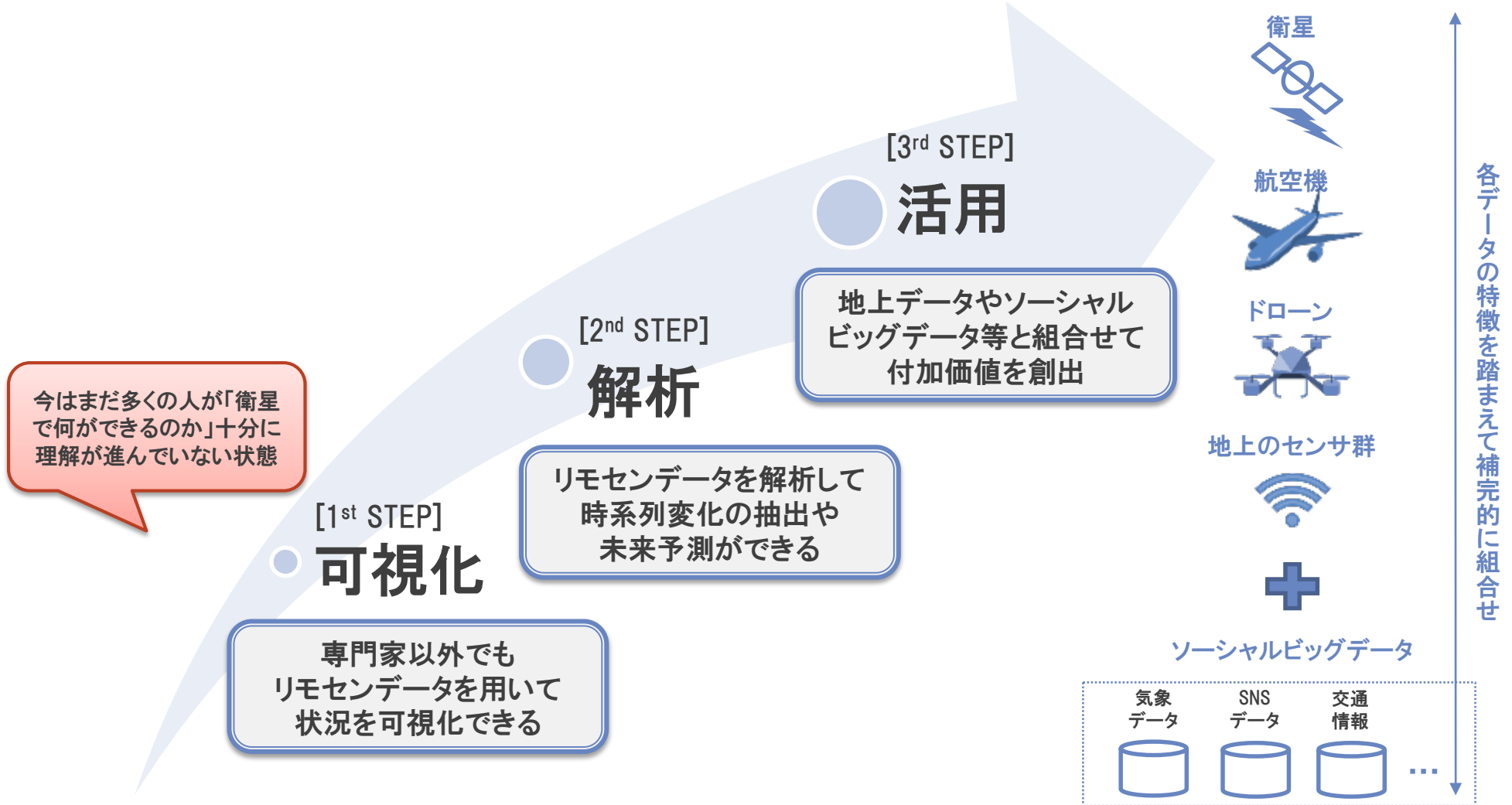
- 水質監視区域(~1000平方km)を3~250メートルの空間分解能と、1日あたり最大2レコードの頻度でデータ収集
- 平均して、2日に1回の頻度でMODIS衛星から濁度マップが合計420シーンで配信
- RapidEye、MERIS、MODIS Terra、Aqua等の衛星データを利用

西オーストラリア州北部沖における水質モニタリングマップ



# 衛星リモートセンシング活用ステップ(イメージ)

一般的な民間企業や自治体における衛星リモートセンシングデータ活用を喚起していくためには、まず衛星センシングによりどんなことが捕捉可能なのか理解を深めたうえで、地上データ等と補完的に組合せた価値の創出を目指して段階的に活用していく必要がある。





# NTT DATA

Global IT Innovator