

技術動向レポート

## 地球観測サービスの動向と今後の展望

情報通信研究部  
コンサルタント 森 悠史

近年、人工衛星から得られる地球観測データを利用したさまざまなサービス(地球観測サービス)が展開されており、これまで宇宙とは無縁であった分野にも拡がりを見せている。本稿では、政府や産業界の現状や動向を概観するとともに、最新事例をもとに今後の展望する。

### 1. 宇宙産業の現状と地球観測サービスの有望性

地球観測サービスは、宇宙産業の一部とされており、ここでは、まず、宇宙産業全体の産業規模について述べる。

米国の衛星産業協会(SIA: The Satellite Industry Association)が2018年6月に公表した「2018 State of the Satellite Industry Report」<sup>(1)</sup>によると、2017年における世界の宇宙経済(宇宙産業)の規模(売上高)は3,480億ドル(当時の為替レートで換算すると約39兆円。以下同じ。)である。このうち、有人宇宙飛行や非軌道宇宙船、政府支出等の非衛星産業を除く商業市場における衛星産業の規模は2,686億ドル(約30兆円)である。その内訳は衛星サービス(1,287億ドル、約14.5兆円)、衛星製造(155億ドル、約1.7兆円)、打ち上げ産業(46億ドル、約0.5兆円)、衛星通信・管制・電話設備等の地上機器(1,198億ドル、約13兆円)となっている(図表1)。因みに、我が国では官需と民需を併せた産業規模が、2016年度時点で約1.2兆円である(内閣府の試算)<sup>(2)</sup>。このうち、人工衛星(以降では単に「衛星」という。)を用いた測位、放送・通信、地球観測等のサービスに関連した産業である「宇宙

利用産業」が約8,000億円、衛星、ロケット、地上設備などの製造に関連した産業である「宇宙機器産業」が約3,500億円である。集計した時期や集計対象に違いがある前提ではあるが、我が国宇宙産業の世界市場における比率は3%程度というのが現状である。

次に、地球観測サービスの規模について述べる。同サービスは、前述のSIAのレポートでは衛星サービスのひとつとして分類されており、その規模は2016年において20億ドル(約2,200億円)である<sup>(3)</sup>。衛星サービス全体の1%強の規模しかないものの、ここ数年は、毎年、前年比でプラス10%程度の成長をみせている。これは、衛星サービスの他の産業(衛星放送、衛星通信等)が数%しか成長していない中では、特筆すべき成長率であり、同レポートは、新規の競合先やパートナーシップの出現、衛星画像によるビジネスインテリジェンス製品への関心による投資などが高成長の要因であると分析している。

以降では、成長が著しい地球観測サービスについて、技術及び事業性の双方の観点から最新の動向及び今後の展望について述べる。まず第2節では地球観測の基礎知識として、観測の原理をセンサ別、計測する波長帯別に説明し、それらの得失について述べる。続く第3節では地

図表1 世界の宇宙産業の規模(2017年)

産業の分類	各分類における産業規模		
衛星放送、衛星通信、衛星携帯電話、 <b>地球観測</b> 等の衛星を利用したサービスに係る産業	Space Economy (宇宙経済) 約39兆円	Satellite Industry (衛星産業) 約30兆円	Satellite Service (衛星サービス) 約14.5兆円
衛星の製造に係る産業			Satellite Manufacturing (衛星製造) ※政府機関や大学によって製造された衛星は除外 約1.7兆円
ロケットの打ち上げサービス、ロケットの製造に係る産業			Launch Industry (打ち上げ産業) 約0.5兆円
地球局、衛星通信・管制・電話設備、衛星携帯電話端末、衛星測位システム等に係る産業			Ground Equipment (地上機器) 約13兆円
有人宇宙飛行、非軌道宇宙船等の衛星を利用しない宇宙関連産業	Non-Satellite Industry (非衛星産業) 約9兆円		

(資料) 2018 State of the Satellite Industry Report をもとにみずほ情報総研作成

地球観測サービス成長の要因である「観測性能の向上」及び「データ利活用基盤のプラットフォーム化」について最新の動向を交えて解説する。前者では観測機器・システムの分解能の高度化について述べ、後者では国内外のプラットフォーム化の動向を紹介する。第4節では農業分野及び金融分野の先進的な事例を紹介し、最後の第5節において、最新動向を踏まえた上で、地球観測サービスの今後を展望する。

## 2. 衛星による地球観測の原理

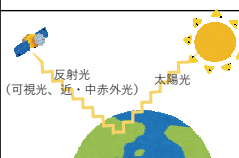
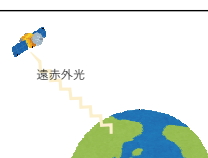
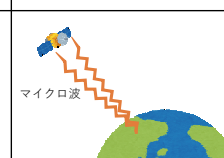

衛星による地球観測の最近の動向について述べる前に、観測の原理について簡単に説明する。因みに、地球観測といった場合、大気や降雨等の観測も含まれるが、ここでは特に、地表を観測する技術について、その原理を説明する。

衛星による地表観測では、衛星に搭載したさ

まざまなセンサで地表から到来する電磁波(光)を計測している。観測の目的や対象物によって計測する電磁波の波長<sup>(4)</sup>が異なるため、それぞれの波長に適したセンサが使い分けられている(図表2)。

可視光及び赤外光は光学センサで計測する。可視光(380~780nm)、近赤外光(780nm~2 $\mu$ m)、中赤外光(2~4 $\mu$ m)は、土地被覆(森林、草地、裸地、コンクリート、水面等)、地物(建造物、道路等)、植生分布、雲等の観測に用いられる。対象物に吸収されずに反射した太陽光を計測することで、逆に物質に吸収された波長がわかるため、その吸収特性から対象物の物質を特定することができる。ただし、雲の下や夜間の観測はできないという弱点がある。一方、遠赤外光(4 $\mu$ m~1mm)は、地上や海面等の対象物から放射される光を計測する。対象物の温度

図表2 地表観測の原理

	光学センサ		マイクロ波センサ（能動型）	マイクロ波センサ（受動型）
計測可能な波長帯	可視光 近・中赤外光	遠赤外光	マイクロ波 (計測するバンド：X, C, L等)	マイクロ波 (計測するバンド：W, Ka, K, X, C等)
計測方法				
観測対象	土地被覆（森林、草地、裸地、コケ、水面等）、地物（建築物、道路等）、植生分布、雲 等	海面・地表面・雲等の温度、火山活動 等	地表面の凹凸 等	海面、地表面の温度 等
雲の影響	受ける (雲の下の地表は観測困難)	受ける (雲の下の地表は観測困難)	受けない	受けない
夜間の観測の可否	できない	できる	できる	できる

(資料) みずほ情報総研作成

を計測できるため、海面、地表面、雲等の温度の観測や火山活動の観測等に用いられる。太陽光に依存しないため、夜間の観測が可能という特徴がある。

マイクロ波は1mm～1mの波長帯の電磁波であり、この波長帯に分類される電磁波を計測するセンサはマイクロ波センサと呼ばれ、能動型と受動型がある。能動型マイクロ波センサは衛星から地表にマイクロ波を照射し、その反射・散乱波を受信する。波長帯はXバンド(25.0～37.5mm)、Cバンド(37.5～75.0mm)、Lバンド(150～300mm)等である。合成開口レーダー(SAR：Synthetic Aperture Rader)は代表的な能動型マイクロ波センサであり、地表面の凹凸の状態を知ることができる。受動型マイクロ波センサは、地表面から発せられるマイクロ波を計測することで、海面や地表面の温度を観測することができる。波長帯はWバンド(2.7～4.0mm)、Kaバンド(7.5～11.5mm)、Kバンド(11.5～16.7mm)、Xバンド、Cバンド等である。遠赤外光と同じ理由で夜間の観測も可能である。能動型と受動型に共通の特徴として、全天候性という光学センサにはない長所がある。波長の長いマイクロ波は、雲や降雨の影響を受

けずに地表を観測できるためである。

### 3. 衛星による地球観測の最新動向

衛星による地球観測サービス成長の要因として、「観測性能の向上」及び「データ利用基盤のプラットフォーム化」が挙げられる。以下では、この2つの動向について事例を交えて解説する。

#### (1)最新動向① 〈観測性能の向上〉

近年打ち上げられた、または今後打ち上げ計画のある地球観測衛星の観測性能が格段に向上している。地表観測の性能はさまざまな指標によって表されるが、ここでは、空間分解能、時間分解能、波長分解能に絞って、高性能化の動向を解説する。

空間分解能とは、地表の物体の大きさを識別する能力のことであり、メートル等の長さの単位で表され、値が小さいほど分解能が高く、小さな物体の認識や詳細な形状の観測が可能となる。かつては10mオーダーであったが、近年では欧州 AIRBUS Defence & Space 社の Pléiades シリーズ<sup>(5)</sup> など1m以下の分解能を持つ衛星も登場している。因みに空間分解能と観測幅(観測できる範囲)はトレードオフの関係にあるため、

用途によっては、空間分解能はそれほど高くないが、観測幅が大きな衛星が選択される場合もある。

時間分解能とは、同じ場所を観測する際の時間間隔のことであり、日等の時間の単位で表される。値が小さいほど分解能が高く、観測対象の時間変化を短い周期で捉えることができる。かつては数日～十数日程度であったが、近年では、複数の衛星を協調させて運用する「衛星コンステレーション」(コンステレーション(constellation)は星座の意。)と呼ばれる技術によって1日という分解能を実現した米国 Planet 社<sup>(6)</sup>のようなサービスもある。

波長分解能とは、波長の違いを識別する能力のことであり、nm 等の長さの単位で表され、値が小さいほど観測対象の光の吸収特性を詳細に観測することができる。欧州宇宙機関(ESA: European Space Agency)が運用する Sentinel-2<sup>(7)</sup>は、地上の植生分布、土壌や水の被覆等の陸域観測を主な目的としており、可視光を中心に443nm～2,190nmの波長帯のうち13波長を計測することができる。また、衛星搭載型ではないが、約400nm～2,500nmの波長帯を185波長で計測可能なハイパースペクトルセンサ HISUI<sup>(8)</sup>が、2019年に国際宇宙ステーションに搭載される計画もある。

## (2)最新動向② 〈データ利用基盤のプラットフォーム化〉

もうひとつの重要な動向として、データ利用基盤のプラットフォーム化が挙げられる。

地球観測データは官民のさまざまな機関が観測・提供を行っており、このうち政府系機関等が運用する衛星の観測データが無償化され始めている。例えば、米国航空宇宙局(NASA: National Aeronautics and Space Administration) / 米国地質調査所(USGS:

United States Geological Survey)の Landsat-8<sup>(9)</sup>、ESAの Sentinel-2、経済産業省等により提供される ASTER<sup>(10)</sup>等は無償である。しかし、無償化だけでは利用者数は必ずしも伸びない。データの形式を揃え、提供機関を跨ったデータ解析を容易にするなど、利用者側の視点に立ったサービスの提供が必要である。そこで登場したのが、地球観測データの利用を促進する「プラットフォーム」である。

メガプラットフォームと呼ばれる Amazon 社や Google 社は、それぞれ「Earth on AWS」<sup>(11)</sup>、「Google Earth Engine」<sup>(12)</sup>という名のプラットフォームを提供しており、Landsat-8、Sentinel-2等の地球観測データの利用が可能である。特徴的なのは、地球観測データだけではなく、地球観測データと建物や道路等の地物のラベルがセットになった機械学習用のデータセットや数値標高モデル(DEM: Digital Elevation Model)等もプラットフォームから取得できる点である。また、データ解析に必要な機械学習用のツールも用意されており、大容量のデータをダウンロードせずにクラウド上でデータ解析を行える点も利用者の利便性向上に貢献している。

一方、国内では、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の「G-Portal(衛星データ提供システム)」<sup>(13)</sup>、内閣府の「衛星データ利用促進プラットフォーム」<sup>(14)</sup>、文部科学省の「DIAS データ統合・解析システム」<sup>(15)</sup>、国立研究開発法人産業技術総合研究所の「MADAS(衛星データ検索システム)」<sup>(16)</sup>等がプラットフォーム上で一部のデータを無償提供しているが、利用は研究目的に限られている。こうした中、経済産業省は、産業利用目的としては日本初となる地球観測データ提供用のプラットフォーム「Tellus(テルース)」<sup>(17)</sup>の構築をさくらインターネット株式会社に委託し、整備を始めた。また、Tellusの開発及び新規企業の参



入によるデータの利用促進等を目的として、当社を含むさまざまな分野の21組織が参画するアライアンス「xData Alliance」が発足した。Tellusは、β版が2018年12月に、正式版が2019年2月にリリースされ、光学センサ及びマイクロ波センサで観測されたデータの提供が予定されている。また、利用促進を図るための情報発信、宇宙分野へのデータサイエンティストの参画を図るためのコンテスト、データ解析を行うためのツール群、さらにはユーザが作成したツールを販売するための仕組みも提供される予定である。

#### 4. 地球観測サービスの最新事例

地球観測サービスの最新事例を紹介する。従来からデータの活用に積極的だった分野の事例として、農業分野の事例を取り上げる。また、新しい活用方法を試みている事例として金融分野、特に投資及び保険分野の事例を紹介する。

##### (1) 農業分野

地球観測データは、広域かつ定期的なデータ取得が可能であるため、大規模な土地の管理に有効であり、農業分野では従来からデータの活用に積極的であった。

例えば、米の生産においては、圃場ごとに生育状況が異なるため、複数の圃場にわたって品質を保つことは容易ではない。地方独立行政法人青森県産業技術センターは、青森県のブランド米である「青天の霹靂」を高品質な状態で収穫するために、可視光及び近赤外光で計測した地球観測データを利用している<sup>(18)</sup>。まず、稲が緑色から黄色に変化する様子を SPOT6衛星<sup>(19)</sup>の約650nmの可視光等で計測し、適切な収穫時期を推定している。また、米の食味に影響を与える蛋白質含有率を同じく SPOT6衛星の約550nmの可視光と約830nmの近赤外光で計測している。蛋白質含有率は低いと食味が上がり、

粘り気のあるおいしい米に仕上がる。この含有率を下げるためには肥料の量を減らす必要があることから、含有率が高い水田には肥料の量を減らすよう助言している。さらに、土壌の肥沃度(黒い方が高い)を RapidEye 衛星<sup>(20)</sup>の約650nm及び約710nmの可視光で計測し、おいしい米の生産に適した水田の特定に利用している。

##### (2) 金融(投資・保険)分野

金融分野における地球観測データの利用は新しい試みである。

米国 Orbital Insight 社は、米国 Planet 社が運用する衛星コンステレーションである Dove が撮影した石油タンクの画像データを用いて、世界中の石油備蓄量を推計している<sup>(21)</sup>。石油タンクは備蓄量により浮き蓋の高さが変動し、その高さに応じて蓋に生じる影の大きさが変化する。画像データから、その影の大きさを計測して浮き蓋の高さを推定し、備蓄量を推定している。同社はこの技術を、エネルギー関連企業、各国政府、投資家等に対して石油の受給ステータスを通知する情報サービスに発展させている。

損害保険ジャパン日本興亜株式会社は、干ばつや洪水等の極端な気候変動が生じた場合に、地球観測データから得られる情報をもとに農家に対して損害保険金を支払う「天候インデックス保険」<sup>(22)</sup>のパイロットプロジェクトをミャンマーで開始した<sup>(23)</sup>。天候インデックス保険が従来の農業保険と異なるのは、損害と関係がある天候指標(気温や降水量など)を定め、それが事前に定めた条件を満たした場合に定額の保険金が支払われる点である。実際の損害とは関係なく、天候指標ベースでの保険金支払いとなるため、保険金支払いの際に損害調査を要しないことから、運用コストを安くでき、結果として保険料を安くできるメリットがある。この事例で

は、天候指標として、JAXAの「衛星全球降水マップ」(GSMaP: Global Satellite Mapping of Precipitation)の降雨強度(単位はmm/時間)が用いられている。

## 5. 今後の展望

これまで、地球観測データの利用は研究用途が主であったが、データの質と量が向上したこと及びプラットフォーム化が進展したことで、産業利用が拡大する可能性が出てきた。特に、金融分野等のこれまで地球観測データとは馴染みの薄かった分野での活用が急速に発展する気配を見せている。

今後、技術面では、最先端の画像等の処理技術による地球観測データ自体の加工技術の向上や人工知能・機械学習等の適用による地球観測データ以外のデータとの連携による高付加価値化が進展すると考えられる。また、プラットフォーム化によって資本力の弱い個人やベンチャー企業の参入が以前よりも容易になっており、スマートフォンのアプリのように、アイデアひとつで事業を起こすことが可能になると考えられる。

地球観測という、かつては国家レベルでしか行えなかった壮大なプロジェクトが、個人レベルで実現できるようになったことは、多くの人々の興味や想像力を掻き立て、驚くようなサービスが登場するものと期待される。

### 注

- (1) 2018 State of the Satellite Industry  
<https://www.sia.org/wp-content/uploads/2018/06/2018-SSIR-2-Pager-.pdf>
- (2) 内閣府「「インフラシステムの輸出戦略(平成29年改訂版)」(平成29年5月29日経済インフラ戦略会議決定)に基づく宇宙分野の海外展開戦略」  
<https://www8.cao.go.jp/space/vision/vision.html>
- (3) 2017 State of the Satellite Industry  
<https://www.sia.org/wp-content/uploads/2017/07/SIA-SSIR-2017.pdf>
- (4) 赤外線及びマイクロ波の波長領域は IEC 60050-841 (1983) : International Electrotechnical Vocabulary, Industrial electroheat にしたがっている。  
<http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/index?openform&part=841>
- (5) AIRBUS Defence &Space 社ホームページ  
<https://www.intelligence-airbusds.com/satellite-data/>
- (6) Planet 社ホームページ  
<https://www.planet.com/products/monitoring/>
- (7) 欧州宇宙機関地球観測衛星「Sentinel-2」  
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>
- (8) HISUI 研究公募案内(一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構)  
[https://ssl.jspacesystems.or.jp/project\\_hisui/wp-content/uploads/sites/19/2018/02/HISUI\\_AOv20.pdf](https://ssl.jspacesystems.or.jp/project_hisui/wp-content/uploads/sites/19/2018/02/HISUI_AOv20.pdf)
- (9) Landsat Missions (USGS)  
<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-satellite-missions>
- (10) ASTER (一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構)  
[https://ssl.jspacesystems.or.jp/project\\_aster/](https://ssl.jspacesystems.or.jp/project_aster/)
- (11) Earth on AWS (Amazon)  
<https://aws.amazon.com/jp/earth/>
- (12) Google Earth Engine (Google)  
<https://earthengine.google.com/>
- (13) G-Portal (JAXA)  
<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>
- (14) 衛星データ利用促進プラットフォーム(株式会社パスコ)  
[https://satpf.jp/spf\\_at/](https://satpf.jp/spf_at/)
- (15) DIAS (一般財団法人リモート・センシング技術センター)  
<http://www.diasjp.net/>
- (16) MADAS (衛星データ検索システム)  
<https://gbank.gsj.jp/madas/>
- (17) Tellus  
<https://www.tellusxdp.com/>
- (18) 農業分野における衛星データの活用事例～「青天の霹靂」での高品質米の生産支援～:  
[https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/imce/4\\_aomoripitrc\\_sakaiya.pdf](https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/imce/4_aomoripitrc_sakaiya.pdf)
- (19) SPOT6衛星の概要(一般財団法人リモート・センシングセンター)  
<https://www.restec.or.jp/satellite/spot-6-7>
- (20) RapidEye衛星の概要(一般財団法人リモート・センシングセンター)  
<https://www.restec.or.jp/satellite/rapideye>

- (21) Orbital Insight 社ホームページ  
<https://orbitalinsight.com/>
- (22) 衛星データを活用した天候インデックス保険(損害保険ジャパン日本興亜株式会社)  
[https://www.jma-net.go.jp/sat/himawari/news/20170722\\_symposiumreport/siryou/kouen7.pdf](https://www.jma-net.go.jp/sat/himawari/news/20170722_symposiumreport/siryou/kouen7.pdf)
- (23) ミャンマーにおける『天候インデックス保険』パイロットプロジェクトの開始(損害保険ジャパン日本興亜株式会社)  
[https://www.sompo-hd.com/~media/hd/files/news/2018/20181219\\_2.pdf](https://www.sompo-hd.com/~media/hd/files/news/2018/20181219_2.pdf)