

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	第4章 衛星リモートセンシングによる観測データの利活用
他言語論題 Title in other language	Chapter4, The Utilization of Observation Data Obtained by Satellite Remote Sensing
著者 / 所属 Author(s)	森田 倫子 (MORITA Noriko) / 国立国会図書館調査及び立法考査局専門調査員・文教科学技術調査室主任
書名 Title of Book	宇宙空間の利用をめぐる動向と課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (International Trends and Issues in the Utilization of Space)
シリーズ Series	調査資料 2022-5 (Research Materials 2022-5)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2023-03-27
ページ Pages	67-86
ISBN	978-4-87582-907-2
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	社会課題解決や新ビジネス創造等の観点で注目される衛星観測データの利活用をめぐり、衛星リモートセンシング技術を概説し、我が国での衛星観測データ利活用拡大の推進状況と課題をまとめる。

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

第4章 衛星リモートセンシングによる観測データの利活用

国立国会図書館 調査及び立法考査局

専門調査員 文教科学技術調査室主任 森田 倫子

目 次

はじめに

I 衛星リモートセンシング技術

- 1 衛星リモートセンシングの仕組みとセンサ
- 2 対象物の判読・特徴抽出

II 衛星観測データの利活用推進の状況と課題

- 1 衛星観測データ利用の関係者と活動の種類
- 2 衛星観測データ利活用推進に関連する我が国の宇宙政策
- 3 利活用拡大へ向けた政府の取組の例
- 4 衛星観測データを利用したビジネス
- 5 課題と今後

おわりに

【要 旨】

リモートセンシングは、対象物とは離れた場所から電磁波の反射・散乱、放射等を観測して、対象物の種類、量、成分や状態、対象物までの距離等を知る技術である。人工衛星には様々なセンサが搭載され、地球の大気、海洋、陸域の観測が行われている。衛星リモートセンシングによって得られる観測データ（衛星観測データ）の利活用は、社会課題の解決や新たなビジネスの創造等の観点で注目されるようになってきた。

しかしながら、我が国における衛星観測データの利活用に関しては、データの継続性の課題、高頻度観測データの不十分さ、専門性やコストの壁も含めデータアクセスの課題、ソリューションサービスのせい弱さ、事業が立ち上がるまでの安定需要の不足といった課題があるとされる。これらに対応する取組が進められており、特に、衛星事業やソリューション開発事業の支援、衛星データプラットフォームの機能向上等が図られている。

衛星観測データのビジネス利用では、利用者の選択肢は国際的なものになっている。世界の衛星数が増加していく中、我が国の衛星観測データ、衛星、センサには、今後も利用者には選ばれるための特徴や強みが求められることになる。

はじめに

リモートセンシングとは、上空の航空機、ドローン、人工衛星（以下「衛星」）や、地上の設備、車両等に観測機器（以下「センサ」）を搭載し、対象物とは離れた場所（リモート）から行う観測（センシング）をいう⁽¹⁾。本稿では、衛星にセンサを搭載して地球の大気、海洋、陸域の観測を行う衛星リモートセンシングによって得られる観測データ（以下「衛星観測データ」）の利活用を扱う。

衛星観測データのうち、気象現象に関するものは気象予報等の形で日常生活の中でごく普通に利用されるようになって久しい。また、世界各地の地上の様子を示した衛星画像は、報道等で頻繁に目にするようになっている。衛星観測データは、これらにとどまらない様々な使い方が可能であり、その利活用による社会課題の解決や新たなビジネスの創造等の観点で注目されるようになってきた。本稿では、衛星リモートセンシングの技術を概説（Ⅰ）した後、衛星観測データの利活用に関し、我が国における近年の推進状況と課題（Ⅱ）をまとめる。

Ⅰ 衛星リモートセンシング技術**1 衛星リモートセンシングの仕組みとセンサ****(1) 衛星リモートセンシングの利点**

航空機、ドローン、衛星などにセンサを搭載して行う上空からのリモートセンシングには、

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、令和4（2022）年12月28日である。

(1) 日本リモートセンシング学会編著『基礎からわかるリモートセンシング』理工図書、2011、pp.1-3；井上吉雄編著『農業と環境調査のためのリモートセンシング・GIS・GPS活用ガイド』森北出版、2019、pp.3-5；「環境技術解説 リモートセンシング」環境展望台ウェブサイト（国立研究開発法人国立環境研究所が運営するサイト）<<https://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=86>>

災害発生地等、地上からのアクセスが容易でない地点の観測が可能という利点がある⁽²⁾。衛星リモートセンシングの場合は、加えて次のような、観測の広域性と周期性が利点として挙げられることが多い。

- ①広域性：衛星は航空機等よりも高い高度から観測するため、より広範囲の観測を一度に行うことができる。また、航空機等が通過できない地点を含め、世界中を観測することができる。
- ②周期性：衛星は周期的に地球上の同じ地点の上空を通過・観測するため、地球上の同一地点での定期的な観測データを容易に蓄積することができる。蓄積された観測データを時系列で比較することにより、経時変化を捉えることができる。

(2) 観測の仕組みと得られる情報

リモートセンシングでは、センサは、電磁波の反射・散乱や放射等を観測している。

電磁波は、波長帯によって区分されて呼称が付されている。電磁波のうち、人間の目が光として感じる範囲の波長帯（一般に、短波長側の限界 $0.36 \sim 0.4 \mu\text{m}$ から長波長側の限界 $0.76 \sim 0.83 \mu\text{m}$ まで）は「可視光」と呼ばれる⁽³⁾。可視光を波長で分けると、波長が短い方から長い方へ順に紫から赤へと、色のついた光の波長帯が虹のように並ぶ。可視光よりも長波長の領域には「赤外線」と呼ばれる波長帯（ $0.7 \mu\text{m} \sim 0.1\text{mm}$ 又は 1mm ）があり、赤外線は更に波長により「近赤外」（ $0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$ ）、「中間赤外」（ $1.3 \sim 8 \mu\text{m}$ ）、「遠赤外」（ $8 \mu\text{m} \sim 0.1\text{mm}$ 又は 1mm ）に分けられるほか、「短波長赤外」（ $1.3 \sim 3 \mu\text{m}$ ）、「熱赤外」（ $8 \sim 14 \mu\text{m}$ ）などといった分け方もされる⁽⁴⁾。赤外線よりも長波長の領域には「マイクロ波」（ 0.1mm 又は $1\text{mm} \sim 1\text{m}$ ）と呼ばれる波長帯がある。

物質は、太陽や能動型センサ（自ら発した電磁波の反射・散乱を観測するセンサ）から発せられた電磁波を受けると、物質の種類や状態等に応じて電磁波を反射・散乱、透過させたり、吸収したりする。また、物質は、その温度に対応した電磁波を放射している。こうした物質と電磁波の関係を研究によってあらかじめ対応付けておけば、電磁波の反射・散乱、放射等を観測することで、対象物の種類、量、成分や状態、対象物までの距離等を知ることができる。

具体例について、観測する電磁波と得られる情報とを対応付けた形で示す⁽⁵⁾。

- (2) 以下、この項目については次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 同上, p.6; 川田剛之ほか、岡本謙一監修『宇宙からのリモートセンシング』コロナ社, 2009, pp.1-2; 「【随時更新】衛星データ活用事例を総まとめ!あなたにおすすめの事例がきっとわかる!」2020.10.28. 宙畑(そらばたけ)ウェブサイト(後述する衛星データプラットフォーム Tellus のオウンドメディア) <<https://sorabatake.jp/15698/>>; 「地球観測衛星の観測データはどのように利用されているの?」一般財団法人リモート・センシング技術センターウェブサイト <<https://www.restec.or.jp/knowledge/sensing/sensing-5.html>>; 「航空写真と衛星画像」ESRI ジャパン株式会社ウェブサイト <<https://www.esri.com/gis-guide/imagery/images/>>
- (3) 「番号: 01.01.04, 用語: 可視放射, 可視光, 可視光線」『JIS Z 8120:2001 光学用語』日本産業標準調査会, 最新改正年月日: 2001.4.20, 最新確認年月日: 2020.10.20, p.2.
- (4) この文及びこの次の文は次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 前掲注(1), pp.3-4. なお、「電磁波の呼称は、特に赤外線領域において、専門分野により異なり、それぞれの呼称が示す波長帯の領域は厳密なものではない」とされる(同, p.3).
- (5) この文を含め、この段落は次の資料に基づく。井上編著 前掲注(1), pp.9-11; 「リモートセンシングと放射伝達」国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace Exploration Agency. 以下「JAXA」) 第一宇宙技術部門ウェブサイト <<https://earth.jaxa.jp/ja/co-knowledge/remote-sensing/index.html>>; 「地球観測衛星の種類」同 <<https://earth.jaxa.jp/ja/co-knowledge/eosatellite-type/index.html>>; 水産庁『水産白書 平成29年度』2018, pp.9-12; 「漁海況情報」一般社団法人漁業情報サービスセンターウェブサイト <https://www.jafic.or.jp/service/sea_information/>

- 植物、土、水は、可視光から近赤外にかけての電磁波のうち、強く反射する波長がそれぞれ異なる。電磁波の反射の特性は、植物の種類によっても異なり、また、同じ植物であっても生育量やクロロフィルなど内部に含まれる成分の違いによって異なる。同様に、土も、種類や組成に応じて、異なる反射特性を持つ。そこで、地表面から反射される電磁波を波長帯別に観測することによって、土地の被覆状況や、植物の種類・生育状況、土の種類等を知ることができる。
- レーザー光が対象物に反射・散乱して戻る強度や時間、波長の変化を観測すると、対象物までの距離や状態を知ることができる。これは、森林の樹高、氷床の厚み、風速の測定などに用いられている。
- 地表面や大気は、熱赤外やマイクロ波を放射している。この放射を観測することによって、地表面の温度や大気に含まれる水蒸気量を知ることができる。この観測データは気象予報等に活用されている。海面からの放射を観測して得た海面温度のデータは、漁業者向け海況情報として漁業に活用されている。

(3) センサ

リモートセンシングのセンサには、大きく分けて、可視光から赤外線領域を観測する光学センサと、マイクロ波を観測するマイクロ波センサがある⁽⁶⁾。

光学センサには、太陽光の可視光から近赤外までの領域（可視・近赤外領域）の反射のうちで複数の波長帯（バンド）を観測するマルチスペクトルセンサや極めて多数のバンドを観測するハイパースペクトルセンサ、太陽光の可視・近赤外領域の反射を1つの広域のバンド（パンクロマチックバンド）として観測するパンクロマチックセンサ、物質から放射される熱赤外を観測する熱赤外センサ、レーザー光を用いた能動型センサであるライダーなどがある⁽⁷⁾。なお、太陽光の反射を観測するセンサは夜間の観測ができない。

マイクロ波センサには、物質から放射されるマイクロ波を観測するマイクロ波放射計や、マイクロ波の散乱を観測する能動型センサである合成開口レーダなどがある。合成開口レーダは、合成開口技術（搭載された小さなアンテナを使って仮想の大きなアンテナを合成する技術）を用いて高い空間分解能⁽⁸⁾を達成している。

日本の省庁や国立研究開発法人が所管するセンサの例を表1に示す。日本の省庁等の衛星に設定されたミッションを遂行するための機器（ミッション機器）として開発されたセンサが、当該衛星に搭載されるのが、一般的な形である。そのほか、防衛省のミッションのセンサが、技術実証のために、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace Exploration Agency. 以下「JAXA」）の衛星に「相乗り搭載」される例や、JAXAのセンサで、米国航空宇宙局（National Aeronautics and Space Administration. 以下「NASA」）が開発した衛星に搭載されている例、経済産業省のセンサで、国際宇宙ステーションの日本実験棟に搭載されている例もある。

(6) この文を含め、この段落から2つ先の段落の終わりまで、別に注記がない限り、次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 前掲注(1), pp.115-138, 141-142, 255-279; 「地球観測衛星の種類」前掲注(5)

(7) 可視・近赤外領域の太陽光の反射を観測するセンサのみを光学センサと呼ぶこともある。

(8) 空間分解能とは、近い距離にある2つの物体を区別できる能力をいう。区別可能な最小距離で表される。

表1 日本の省庁や国立研究開発法人が所管するセンサの例

搭載される衛星等の名称 (愛称)	センサ			センサ/ミッ ションの所管 機関
	名称	種類又は観測波長とバンド数等	空間分解能	
陸域観測技術衛星 ALOS (だいち) ※衛星の運用は終了	AVNIR-2	可視・近赤外 4	10m	JAXA
	PRISM	パングロマチック立体視センサ	2.5m	
	PALSAR	合成開口レーダ	10～100m	
陸域観測技術衛星 2号 ALOS-2 (だいち 2号)	PALSAR-2	合成開口レーダ	1～100m	JAXA
先進光学衛星 ALOS-3 (だいち 3号) ※打ち上げ予定 (令和 5年(2023)年 2月時点)	広域・高分解 能センサ	可視・近赤外6及びパングロマチック (1つのセンサで可視・近赤外とパ ングロマチックバンドを観測)	可視・近赤外 3.2m、パング ロマチック0.8m	JAXA ^(注1)
	2波長 QDIP	衛星搭載型 2波長赤外線センサ (1つのセンサで遠赤外と中間赤外 を観測)		防衛省
気候変動観測衛星 GCOM-C (しきさい)	SGLI-VNR	可視・近赤外 13 (うち 2つはエア ロゾルの偏光観測で使用)	250m～1km	JAXA
	SGLI-IRS	短波長赤外・熱赤外 6	250m～1km	
水循環変動観測衛星 GCOM-W (しずく)	AMSR2	高性能マイクロ波放射計	5～50km	JAXA
温室効果ガス観測技術衛星 2号 GOSAT-2 (いぶき 2号)	TANSO-FTS-2	温室効果ガス観測センサ： 近赤外～熱赤外 5	瞬時視野 9.7km	環境省、国立 研究開発法人 国立環境研究 所、JAXA
	TANSO-CAI-2	雲・エアロゾルセンサ： 紫外・可視～短波長赤外 10	460～920m	
静止気象衛星 Himawari-9 (ひまわり 9号)	AHI	可視～熱赤外 16	500m～2km	気象庁 ^(注2)
全球降水観測計画 ^(注3) 主衛星 GPM Core	(GMI)	(GPM マイクロ波放射計)	(周波数に依 存)	(米国 NASA)
	DPR	2周波降水レーダ	5km	JAXA
国際宇宙ステーションの日本実 験棟「きぼう」 ^(注4)	HISUI ^(注5)	宇宙実証用ハイパースペクトルセ ンサ： 可視～短波長赤外 185	20～31m	経済産業省

(注1) ALOS-3のJAXAのミッションでは民間活力の取り込みが掲げられており、地上システムの開発、衛星の運用、データ配布事業は株式会社パスコが担当。

(注2) Himawari-9の衛星管制、観測データの受信・処理・気象庁への伝送等は気象衛星ひまわり運用事業株式会社が実施。観測の運用計画は、気象庁気象衛星センターと同社間で、衛星管制の運用計画と調整して作成。

(注3) 全球降水観測計画(Global Precipitation Measurement: GPM)は、日米が中心の国際協力ミッション。GPM主衛星は、NASAが開発した衛星本体に、日本が開発を担当した二周波降水レーダ(DPR)とNASAが開発したGPMマイクロ波放射計(GMI)を搭載。GPM主衛星と、マイクロ波放射計を搭載した世界各国の衛星群によって、全球の降水を高精度・高頻度で観測。JAXAは、GPM計画のプロダクトとして、GPM主衛星による情報を基準に衛星全球降水マップ(GSMaP)を開発し公開している。

(注4) 国際宇宙ステーションは、日本、米国、ロシア、カナダ、欧州の15か国の協力で建設された、地上約400km上空にある有人実験施設。日本実験棟「きぼう」の運用は米国のデータ中継衛星を経由してJAXAが実施。

(注5) HISUIは、石油等の資源の遠隔探査を主要な目的とする宇宙実証用ハイパースペクトルセンサ。極めて多数のバンドに分けて観測するセンサであるため、より高い精度で地表の物質等を識別できる。石油・鉱物資源以外の様々な分野での活用も期待されている。経済産業省が開発し、令和元(2019)年12月に国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟へ取り付けられ、翌年9月から画像取得開始。

(出典) 内閣府「衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集[第2版]」2020.3, p.40. <https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/r02/r02_jirei_all.pdf>;「サテナビ用語集」JAXA 第一宇宙技術部門ウェブサイト <<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/satellite-knowledge/glossary/index.html>>;「サテナビ人工衛星プロジェクト」同 <<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/index.html>>;「衛星情報データベース(衛星総覧)」一般財団法人リモート・センシング技術センターウェブサイト <<https://www.restec.or.jp/satellite/index.html>>;「先進光学衛星「だいち3号」(ALOS-3)ミッション概要説明資料」pp.3, 9. JAXA 第一宇宙技術部門ウェブサイト <<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/wp>>

content/uploads/sites/3/2022/09/alos3_material.pdf>; 木部道也「防衛省技術研究本部の研究紹介 2013(2) 見つけにくいものも見つけ出す—2 波長赤外線センサー」『防衛技術ジャーナル』33(5), 2013.5, pp.21-27; 防衛省「衛星搭載型2波長赤外線センサの打上げについて」2022.12.3. <<https://www.mod.go.jp/atla/pinup/pinup041223.pdf>>; 「GOSAT-2とは 衛星と観測機器」国立研究開発法人国立環境研究所 GOSAT-2 プロジェクトウェブサイト <https://www.gosat-2.nies.go.jp/jp/about/spacecraft_and_instruments/>; 「日本の静止気象衛星のあゆみ」気象庁ウェブサイト <https://www.data.jma.go.jp/sat_info/himawari/enkaku.html>; 「静止気象衛星の運用」気象庁気象衛星センターウェブサイト <<https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/general/control.html>>; 「事業概要」気象衛星ひまわり運用事業株式会社ウェブサイト <<http://hope-pfi.jp/business/>>; 「国際宇宙ステーションと「きぼう」日本実験棟とは」JAXA ウェブサイト <https://www.jaxa.jp/projects/iss_human/kibo/index_j.html>; 「「きぼう」の運用」JAXA 有人宇宙技術部門ウェブサイト <<https://humans-in-space.jaxa.jp/kibo/operation/>>; 「HISUI センサ」HISUI プロジェクトウェブサイト <<https://www.hisui.go.jp/sensors/index.html>>; 「衛星データプラットフォーム「Tellus (テールス)」上で宇宙実証用ハイパースペクトルセンサ (HISUI) のデータ提供を開始します」2022.10.12. 経済産業省ウェブサイト <<https://www.meti.go.jp/press/2022/10/20221012003/20221012003.html>> を基に筆者作成。

2 対象物の判読・特徴抽出

衛星から送られた生データはそのままでは利用できない⁽⁹⁾。利用するためには、情報の抽出、変換、幾何学的なひずみの補正、大気の影響に関する補正等の処理や、物理量、画像情報などを取得するための解析処理が必要である。データの利用者は、一定の段階まで処理済みのデータを入手して、自作又は既存のプログラムを用いて自らの目的に沿った解析処理を行ったり、衛星の運用機関やデータ提供機関によって解析処理を施されたものを入手したりする。

解析処理によって対象物の判読や特徴の抽出が行われるが、その手法は様々ある。ここでは、比較的目にする事の多い、画像を用いる手法や指数の作成の例を取り上げる。

(1) 画像を用いる手法の例

地表に沿ってスキャンして観測した電磁波の情報を画像化することで、人の目で上空から地上を捉えたようなイメージの衛星画像を得ることができる。また、それにとどまらず、対象物の量や状態、特徴に応じて色分けした地図のような画像も作成できる。

(i) 画像化、コントラスト変換・色の割当て、カラー化等

衛星が軌道を進む間に、センサは地表に沿ってスキャンを行い、電磁波を観測する。観測した電磁波の強弱は、それを画素の濃淡に置き換え、観測した順の配置（その他センサの種類によっては必要な特別な処理）を行うことで、地図上の位置に合致する白黒画像として表示できる⁽¹⁰⁾。可視光の領域での観測であっても、バンドが1つだけの場合には、白黒画像になる。目的の情報を判読しやすくするためには、白黒のコントラストの変換などが施される。原画像の濃度差に応じた色の割当てを行うと、色分けされた地図のようになるが、これも目的の情報を判読しやすくする方法である。

また、空間分解能が高くなるよう設計されたパンクロマチックセンサを用いると、高解像度の白黒画像（パンクロマチック画像）を得られる。

(9) この文を含め、この項目は、別に注記がない限り、次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 前掲注(1), pp.148-150, 157-197; 「衛星データができるまで」JAXA 第一宇宙技術部門ウェブサイト <<https://earth.jaxa.jp/ja/eo-knowledge/data-processing/index.html>>; 「データ解析の流れ」同 <<https://earth.jaxa.jp/ja/eo-knowledge/data-analysis/index.html>>; 「プロダクト一覧」同 <<https://earth.jaxa.jp/ja/data/products/index.html>>

(10) この文を含め、この項目は次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 前掲注(1), pp.6-7, 141-142, 199-207, 264-271; 井上編著 前掲注(1), pp.10-11; 内閣府「航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討調査報告書 用語集」2008, pp.164-165. <https://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hukkousesaku/pdf/02_yougo.pdf>

一方、異なる3つのバンドの電磁波の観測データに、それぞれ、光の三原色である青色、緑色、赤色を割り当てて画像を合成すると、カラー画像になる。人間の目が捉える色合いに近いカラー画像を得るには、青、緑、赤のバンドの電磁波を別々に観測して、それぞれのデータに青色、緑色、赤色を割り当てて画像合成する。観測バンドを入れ替えて三原色の割当てを行うことによって、更に自然な色合いにしたり、特定の物（例えば植生）を強調したりできる。

また、解像度の低いカラー画像にパンクロマチック画像を合成すると、解像度を高めたカラー画像（パンシャープン画像）が得られる。

(ii) 画像分類

「画像分類」は、画像中の対象物を認識・理解するために、類似する特徴を持つ画素をグループ化する処理のことである⁽¹¹⁾。これを行うことで、テーマ（主題）によって色分けされた地図の形の画像（主題図）を作成することができる。

代表例とされる土地被覆分類図では、対象地域は、市街地、水田、畑、樹林、草地、水域といった項目で分類され、色分けされる。より細かな分類項目、例えば、広葉樹／針葉樹、落葉樹／常緑樹、竹林で分けることや、ソーラーパネルなどを分類項目とすることもある。土地被覆分類図は、土地利用計画、環境影響評価、災害時の被災状況の把握等様々な分野で利用されている。

(iii) 機械学習の適用

近年、衛星数の増加に伴う衛星画像の量の増加と、画像の高解像度化の進展によって、衛星画像データの情報量が著しく増加してきた⁽¹²⁾。このため、衛星画像のデータ解析に機械学習⁽¹³⁾を適用しようという動きが盛んになっている。

機械学習は、画像分類のほか、物体の検出、対象物の領域の判別、画像の解像度を擬似的に上げる処理などに用いられている。

(2) 指数の作成の例

目的の情報に関係の深いバンドを選び、バンド間でデータの演算を行うことで、特徴を表す指数が作成される⁽¹⁴⁾。

(11) この文を含め、この項目は、次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 前掲注(1), pp.231-253; 「高解像度土地利用土地被覆図」JAXA 地球観測研究センターウェブサイト <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm>

(12) この文を含め、この項目は、別に注記がない限り、次の資料に基づく。濱口竜平「第3章第1節 AI技術による衛星ビッグデータの解析」『宇宙ビジネス新規参入の手引き—new spaceに向けた自社技術と衛星データの活用・事業化検討—』情報機構, 2020, pp.151-167; 「衛星データ×機械学習タスクの代表的な分類まとめ—物体検出、セマンティックセグメンテーション、画像分類、超解像—」2022.8.31. 宙畑ウェブサイト <<https://sorabatake.jp/27897/>>

(13) 機械学習とは、大量のデータを用いて何らかの法則をコンピューター（機械）の計算能力を使って導き出す(学習)手法のことである。その主目的は、学習した法則を反映させた機械学習モデルに基づいて予測を行うことである。機械学習の技術は、全般的に又は大部分がAI技術に含まれるとされる。藤井亮宏『現場で活用するための機械学習エンジニアリング』講談社, 2021, pp.20-21; 岡留剛『機械学習(1)入門の基礎／パラメトリックモデル』共立出版, 2022, p.2; オリバー・セオバルト(河合美香ほか訳)『予備知識ゼロからの機械学習—最新ビジネスの基礎技術—』東京図書, 2022, pp.7-10.

(14) この文及びこの次の段落は、次の資料に基づく。日本リモートセンシング学会編著 前掲注(1), pp.207-217; 井上編著 前掲注(1), 2019, pp.10-13; 「衛星で農作物の生育状況を把握! 農業分野で利用が進む「植生指数時系列情報」の使い方」2021.8.12. 宙畑ウェブサイト <<https://sorabatake.jp/22019/>>

例えば、植物による地表の被覆状況等の指標である「植生指数」は、「近赤外のバンドの反射率」と「赤のバンドの反射率」を用いて算出されることが多い。これは、植物では、近赤外のバンドの反射率が高い一方で、赤色光は光合成のために吸収されるので赤のバンドの反射率が低いことを利用している。両者の差（「近赤外のバンドの反射率」－「赤のバンドの反射率」）を両者の和（「近赤外のバンドの反射率」＋「赤のバンドの反射率」）で除すことで算出される指数は「正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index: NDVI）」と呼ばれ、植物の量が多いほど1に近い値をとる。正規化植生指数は、色分けされた主題図や、特定地点における経時変化を示すグラフの形でよく利用されている。

また、上記の「赤のバンドの反射率」に替えて「緑のバンドの反射率」を用いて同様に算出される指数は「GNDVI（Green Normalized Difference Vegetation Index）」と呼ばれる⁽¹⁵⁾。これは、植物の窒素吸収量との高い相関があるため、タンパク質含有率の推定に利用される。

II 衛星観測データの利活用推進の状況と課題

1 衛星観測データ利用の関係者と活動の種類

衛星が製造され打ち上げられた後に、観測が行われてデータが利用されていく流れに着目すると、関係者の活動には、次のような類型があると考えられる⁽¹⁶⁾。

- ① 衛星を運用し、観測したデータを提供する。
（①を行う者は、国等の機関、民間事業者）
- ② ①を行う国内外の者の「代理店」として、衛星観測データを提供する。
- ③ ①や②を行う者から衛星観測データを入手して、衛星観測データの「解析・加工やソリューション（課題の解決手段）開発等」を行う。
（③を行う者は、解析・加工・ソリューション事業者、データを業務に利用する行政機関、研究者等専門知識を有する者）
- ④ ③を行う者から製品を入手して、付加価値サービスやアプリケーションサービスを構

(15) この文及びこの次の文は、次の資料に基づく。藤原洋一ほか「普及型マルチスペクトルカメラによる水稲生育診断—窒素吸収量の評価を事例として—」『農業農村工学会大会講演会講演要旨集』（創立90周年記念2019年度（第68回））[2019]. <<http://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/jsidre/search/PDFs/19/8-18.pdf>>; 境谷栄二・井上吉雄「リモートセンシングによる玄米タンパク含有率の推定精度に影響する誤差要因—地域スケールでの実践的応用に向けて—」『日本作物学会紀事』81(3), 2012.7, pp.317-331.

(16) 内閣府宇宙戦略室「宇宙産業政策の検討の視点」（宇宙政策委員会宇宙産業部会第1回会合 資料4）2013.4, pp.27-28. <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/sangyou-dai1/siryou4-3.pdf>>; 内閣府「衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集[第2版]」2020.3, pp.7, 9. <https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/r02/r02_jirei_all.pdf>; 「衛星情報データベース（衛星総覧）」一般財団法人リモート・センシング技術センターウェブサイト <<https://www.restec.or.jp/satellite/index.html>>; 「リモートセンシングデータカタログ」JAXA 第一宇宙技術部門ウェブサイト <<https://earth.jaxa.jp/rs-data-catalog/>>; 「G-Portal 地球観測衛星データ提供システム」JAXA ウェブサイト <<https://gportal.jaxa.jp/gpr/index/index>>; 「DIAS とは」DIAS（地球規模／各地域の観測で得られたデータの収集、永続的蓄積、統合、解析等を行うシステム。運営の事務局は国立研究開発法人海洋研究開発機構）ウェブサイト <<https://diasjp.net/about/>>; 「衛星データ検索システム MADAS について」国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センターウェブサイト <<https://gbank.gsj.jp/madas/#about>>; 「衛星PF とは」衛星データ利用促進プラットフォームウェブサイト <https://satpf.jp/spf_atl/help/?lv1=1&lv2=1&lang=ja>; 経済産業省「政府衛星データのオープン & フリー化及び利用環境整備に関する検討会 報告書（平成29年10月27日）」『政策特報』No.1538, 2018.2.1, pp.50-59; 「衛星画像解析が変わる! 「Google Earth Engine」の何がすごいのか」2018.10.29. 宙畑ウェブサイト <<https://sorabatake.jp/337/>>

築する。

- ⑤ ③の活動等に資するよう、国内外の、衛星情報の「データベース」、衛星観測データの内容・取得方法等をまとめた「カタログ」、衛星観測データへのアクセス等ができる「ポータル」や「プラットフォーム」等を作成・公開・運営する。
- ⑥ ③や④の製品、ソリューション、サービスの「エンドユーザー」になる。

ただし、個別具体の者に着目すると、活動の範囲は、次のように、必ずしも1種類にとどまらない。

- ①を行う者は、標準的なものから高度なものまで様々な処理水準のデータを提供しており、解析・加工等を行う（③）こともある。
- ②と③を行う者や、③と④を行う者もある。
- ③を行う者が行政機関や研究者等である場合には、自らがエンドユーザー（⑥）であることが少なくない。
- ①や②を行う者が、⑤も行うことがある。
- ④を行う者や⑥のエンドユーザーが、③を行う者と協働してソリューション開発を行うこともある。

これらの活動を行う者のうち衛星観測データの本質的な「利用者」は、③や④を行う者及び最終的な製品、ソリューション、サービスを使用する「エンドユーザー」（⑥）であろう。

③を行う者は、経常的な観測や処理によるデータを利用するだけでなく、①や②を行う者にリクエストして、目的にかなった条件での観測や処理を行ったデータを入手して利用することがある。また、③の解析・加工・ソリューション開発を行うためには、地球上の位置の測定（測位）等に用いられる衛星（測位衛星）によるデータ（以下「測位データ」）や、地上の様々なデータといった衛星観測データ以外のデータも利用される。

我が国では近年、産業振興の観点で、衛星観測データの利活用拡大に向け、後述するように特に①の民間事業や③のソリューション開発の促進、⑤のプラットフォームにおけるデータ無償アクセス、データ解析手段提供等の促進が図られるようになってきた。

2 衛星観測データ利活用推進に関連する我が国の宇宙政策

(1) 衛星・ロケット開発から宇宙利用の推進へ

我が国の宇宙政策は、従来「衛星・ロケットの開発が中心」であったところ、「宇宙基本法」（平成20年法律第43号）の成立により、「課題解決の手段として宇宙利用を推進」する方向へ、また、「高い技術力の上に立った利用ニーズ主導」の方向へと変化したとされる⁽¹⁷⁾。

衛星観測データの利活用に関しては、「今後10年程度の目標」として「衛星データの利活用拡大により、産業、行政の一層の高度化、効率化を実現する。」（「宇宙基本計画」（平成25年1

(17) 内閣府宇宙開発戦略推進事務局「宇宙産業の現状と動向について」（宇宙政策委員会宇宙産業振興小委員会第1回会合資料3）2016.6, p.5. <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-sangyou/sangyou-dai1/siryou3-1.pdf>>; 宇宙開発戦略推進事務局「宇宙を巡る情勢変化について（宇宙基本計画改定に向けて）」（宇宙政策委員会基本政策部会第1回会合資料4）2019.10.3, p.2. <https://www8.cao.go.jp/space/committee/01-kihon/kihon-dai1/siryou4_1.pdf>

月宇宙開発戦略本部決定。いわゆる「第2次宇宙基本計画」)⁽¹⁸⁾等とされた。また、「衛星リモートセンシング記録の適正な取扱いの確保に関する法律」(平成28年法律第77号)の制定で、衛星リモートセンシングを行う事業者や記録の保有・取扱いを行う事業者が遵守すべき基準等が明確化されたことにより、事業の予見可能性が向上し、「事業を推進するために必要となる制度的担保」⁽¹⁹⁾が得られることとなった。

(2) 平成29(2017)年以降の主な政策文書

平成29(2017)年以降の衛星観測データに関連した主要な政策文書としては、「宇宙産業ビジョン2030」や「宇宙基本計画」(令和2年6月閣議決定)がある。

(i) 「宇宙産業ビジョン2030」

(a) 宇宙産業をめぐる情勢と「宇宙産業ビジョン2030」

「宇宙基本計画工程表」(平成27年度改訂)において「宇宙機器・利用産業の将来動向や政府の関与の在り方に関する基本的視点」の整理・取りまとめを行うこととされた⁽²⁰⁾こと等を受け、平成29(2017)年5月、宇宙政策委員会(内閣総理大臣の諮問機関。委員長：葛西敬之 東海旅客鉄道株式会社代表取締役名誉会長(当時))は「宇宙産業ビジョン2030—第4次産業革命下の宇宙利用創造—」をまとめた⁽²¹⁾。

同ビジョンは、宇宙産業をめぐる情勢として、通信衛星の大容量・長寿命化、リモートセンシング衛星の高分解能化、小型衛星の機能向上、衛星データの低価格化、衛星コンステレーションによる観測頻度の向上⁽²²⁾等、技術革新が進んでいるとした⁽²³⁾。そして、欧米を中心に、宇宙分野への多くの新規事業者の参入・成長があり、宇宙分野の技術革新と第4次産業革命⁽²⁴⁾とも言われる宇宙以外の分野における変革とがあいまったイノベーションの進展により、多数の新規ビジネスが興隆し宇宙産業の新たなパラダイムチェンジが始まっている等とした。これらを踏まえ、同ビジョンは、我が国の宇宙産業(宇宙利用産業及び宇宙機器産業)の方向性、振興の課題、必要な取組等を示した。

(b) 「宇宙産業ビジョン2030」が示した衛星観測データ利用の方向性、課題と必要な取組

同ビジョンでは、衛星データ(測位データも含む。)関連の方向性として、衛星ビッグデータとICTの利用による新たな利用サービスの創造への期待等が示された⁽²⁵⁾。

(18) 「宇宙基本計画」(平成25年1月25日宇宙開発戦略本部決定) p.18. <<https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan.pdf>>

(19) 「宇宙基本計画」(平成28年4月1日閣議決定) p.24. <<https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan3/plan3.pdf>>

(20) 「宇宙基本計画工程表」(平成27年度改訂)(平成27年12月8日宇宙開発戦略本部決定) pp.42, 44. <https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy27/kaitei_fy27.pdf> 検討のための会議体設置後に決定された「日本再興戦略2016」(平成28年6月2日閣議決定) <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf> においても「宇宙産業ビジョン(仮称)」を策定することとされた(p.127)。

(21) 宇宙政策委員会「宇宙産業ビジョン2030—第4次産業革命下の宇宙利用創造—」2017.5.29. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/vision/mbrlistsitu.pdf>>

(22) 衛星コンステレーションとは多数の衛星を連携させて一体的に運用する仕組みを指す。こうした仕組みであるため、衛星コンステレーションを構築すると高頻度観測が可能となる。

(23) この文及びこの次の文は、次の資料に基づく。宇宙政策委員会 前掲注(21), p.3.

(24) IoT、ビッグデータ、AI、ロボット等の技術革新をいう(内閣府政策統括官(経済財政分析担当)『日本経済2016-2017—好循環の拡大に向けた展望—』2017.1, pp.73-74. <https://www5.cao.go.jp/keizai3/2016/0117nk/pdf/n16_2_1.pdf>。

(25) 宇宙政策委員会 前掲注(21), p.6.

また、宇宙利用産業の振興に向け、我が国における衛星データ利用には様々な課題があるとされ、関係府省庁・関係機関等による必要な取組が示された。うち、衛星観測データについて挙げられた主な課題と必要とされた取組を対応付けると、大まかに次のようになる⁽²⁶⁾。

- 衛星データの継続性の課題⁽²⁷⁾：利用ニーズ等を継続的に反映する取組
- 高頻度観測データの不十分さ：民間コンステレーションビジネスの促進の取組
- データアクセスの課題（データの所在の分かりにくさ、データ加工に要する専門性・コストの壁）：衛星データの所在の明確化、データベース基盤の整備、政府衛星データの無償公開（オープン & フリー）⁽²⁸⁾推進の取組
- ソリューションサービスのせい弱さ、エンドユーザーによる宇宙活用の不十分さ：モデル事業の推進等の取組
- 「事業が立ち上がるまでの間に安定した需要がない」こと：「民間事業者の成長基盤を形成していくよう、政府・公的機関が積極的にリモートセンシング衛星のデータを活用すること（いわゆる「アンカーテナンシー）」等の取組

(ii) 「宇宙基本計画」（令和2年6月閣議決定）

「宇宙基本計画」（令和2年6月閣議決定。いわゆる「第4次宇宙基本計画」）は、「今後20年を見据えた10年間の宇宙政策の基本方針」として定められた⁽²⁹⁾。この中で我が国の宇宙政策の目標として、「多様な国益に貢献するため、戦略的に同盟国等とも連携しつつ、宇宙活動の自立性を支える産業・科学技術基盤を強化し、宇宙利用を拡大することで、基盤強化と利用拡大の好循環を実現する、自立した宇宙利用大国となること」⁽³⁰⁾が掲げられている。

「宇宙政策に関する具体的アプローチ」のうち、衛星観測データの利活用に関しては、小型衛星コンステレーションを用いた情報収集の高頻度化、災害対策等のための情報収集衛星⁽³¹⁾画像データや国内外の各種リモートセンシングデータの活用、関係府省の業務において衛星観測データの利用が合理的な場合には利用を原則とすること、政府衛星データのオープン & フ

(26) 同上, pp.9-16を基に筆者が簡略化して便宜対応付けを試みたものである。適宜原文に当たられたい。

(27) 民間事業者が衛星データを用いてソリューションビジネスを推進するためには、同一の観測条件で観測された衛星データが継続的に提供されることが必要であるが、我が国の政府地球観測衛星では後継の衛星に同じデータを取得できるセンサが必ずしも継続的に搭載されてこなかった等（同上, pp.9-10）。

(28) 「宇宙産業ビジョン2030」では、我が国において政府衛星データの無償公開には、①様々なユーザーニーズに応え得る多様なソリューション開発の可能性を広げる、②小型衛星には撮像点推定精度が低いものもあること、コンステレーション衛星には観測値の個体差が生じ得ることから、それらによるデータは、撮像点推定精度が高く、校正された同一シリーズの政府衛星から得られるデータと補完して活用することで、データ価値が向上する、③ベンチャー企業等による新規参入障壁を低くし、衛星データを活用した事業の創出が促進されるという観点から、意義があるとされた。また、国際的に同等の水準でオープン & フリー化を進めていく必要があるとされた（同上, pp.13-14）。なお、米国地質調査所が運用する光学衛星Landsatや、欧州宇宙機関／欧州委員会が運用する光学衛星Sentinel-2、合成開口レーダ衛星Sentinel-1のデータは無償公開されている。

(29) 「宇宙基本計画」（令和2年6月30日閣議決定）p.3. 内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/space/plan/kaitei_fy02/fy02.pdf>

(30) 同上, p.9.

(31) 情報収集衛星の基幹衛星はリモートセンシング（光学及びレーダ）衛星である。情報収集衛星は平成10（1998）年12月に、外交・防衛などの安全保障及び大規模災害への対応などの危機管理のために必要な情報の収集を主な目的として導入が閣議決定された（防衛庁編『防衛白書 平成11年版』2009, p.332）。

リー化の確立、政府衛星データプラットフォーム (Tellus (テルース))⁽³²⁾の機能向上、ハイパースペクトルセンサ HISUI のデータの Tellus 搭載⁽³³⁾と幅広い分野での研究開発及び利活用の促進等、衛星画像による作物・農地のセンシング、Tellus と農業データ連携基盤の連携の検討、政府・公的機関による Tellus の積極的な活用等を通じたアンカーテナンシーの推進等に取り組むものとされた⁽³⁴⁾。なお、政府衛星データのオープン & フリー化の確立に当たっては、民間事業者等の行う衛星データ販売事業を阻害しないよう留意するものとされた。

衛星リモートセンシング関連では、このほか、情報収集衛星の10機体制の確立⁽³⁵⁾や、気象衛星・温室効果ガス観測技術衛星・地球観測衛星の継続性を確保するような後継機・センサの開発・製造等⁽³⁶⁾に取り組むものとされた。

3 利活用拡大へ向けた政府の取組の例

府省庁において、衛星データはこれまでも所管業務のために利用されてきたが、宇宙利用産業の振興の観点での衛星データ利活用拡大に資するための実証事業や利用環境整備等も行われるようになってきている。

表2に衛星観測データ利用拡大に関する近年の政府の取組例を示す。①は、大規模災害時に衛星観測を行って観測データを利活用しやすい形に加工、配布・共有するシステムを構築するものである。②はサービスの創出の実証事業である。③は衛星データプラットフォーム Tellus の機能拡充を通じて実施されたデータ利用環境の整備である。④は、政府による日本の商用衛星データの購入を通じて民間事業者による衛星コンステレーションの実現を支援するものであり、⑤は、政府による商用衛星データの調達に加え、事業者にそれを無料利用させることでソリューション開発を支援する仕組みの実証事業となっている⁽³⁷⁾。

(32) Tellus は、さくらインターネット株式会社が経済産業省事業として開発し運用する衛星データプラットフォーム。より詳しくはII 3。

(33) Tellus 上での HISUI データ提供は令和4(2022)年10月に開始。HISUI についてより詳しくは表1の注5参照。

(34) この文及びこの次の文は、次の資料に基づく。「宇宙基本計画」前掲注(29), pp.13-26。

(35) 同上, pp.13-14。

(36) 同上, pp.16-17。

(37) 表2の④の「令和4年度小型 SAR 衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証」の採択事業者は、日本の2企業、株式会社 QPS 研究所及び株式会社 Synspective に決定した。また、⑤の「令和4年度衛星データ利用環境整備・ソリューション開発支援事業」のデータ無料利用のみの事業者を公募するウェブサイトには、提供予定の衛星データとして、光学衛星では、外国の衛星のデータと並んで日本の株式会社アクセルスペースの「GRUS」のデータが挙げられ、合成開口レーダ衛星では、JAXA の「ALOS-2」のデータ、日本地球観測衛星サービス株式会社 (NEC と日本スペースイメーシング株式会社により「ASNARO-2」(NEC が経済産業省の助成事業として開発・製造し、所有・運用支援する衛星) の画像販売を目的として設立された合弁会社。撮像計画の立案も行う。) の「ASNARO-2」のデータ、株式会社 Synspective の「StriX」シリーズのデータ、株式会社 QPS 研究所の「イザナギ」・「イザナミ」のデータが挙げられている (「令和4年度小型 SAR 衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証」採択事業者決定」内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/space/kobo/kekka_r4.html>; 「経済産業省「衛星データ利用環境整備・ソリューション開発支援事業」における衛星データ無料利用事業者の公募」同事業事務局ウェブサイト <<https://sdu.go.jp/>>; 柿元都萌子「NEC の小型衛星事業と JEOSS の ASNARO-2 画像販売事業」2019.6.12, pp.5, 7. 一般財団法人リモート・センシング技術センターウェブサイト <https://www.restec.or.jp/pdf/04_RESTEC_NEC_v2.pdf>; 経済産業省「経済産業省における宇宙産業・科学技術基盤に係る取組状況について」(宇宙政策委員会宇宙産業・科学技術基盤部会第42回会合 資料3) 2018.10, p.7. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-kiban/kiban-dai42/pdf/siryousu3-1.pdf>>。)

表2 衛星観測データ利用拡大へ向けた近年の政府の取組例

事項名等 (所管)	目的・目標	内容・実績等
① 衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発 (内閣府)	令和4(2022)年度中に「ワンストップ被災状況分析情報提供システム」を完成	内容：大規模災害発生時に、できるだけ迅速に、陸域観測技術衛星2号ALOS-2を基幹としつつ、世界中の利用可能な各種地球観測衛星に対して、適切な観測要求を出す。各衛星が観測したデータを速やかに入手し、分かりやすい形に加工し、広域かつ迅速に被害状況を把握できるようプロダクトを提供する。
② 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 (内閣府)	民間事業者による、衛星データを利用した地域の課題解決につながる新たなサービスの開発促進	内容：衛星データを活用したサービスを提供する者と、実際にそのサービスを自らの事業等に利用する者がチームとなって実証を行い、エンドユーザーのニーズを踏まえた「真に使えるサービス」を創出。 採択実績：平成29(2017)年度から各年度5～7件(令和4(2022)年度事業までで計38件)採択。分野は、農業、漁業、自治体の業務効率化等幅広い。
③ 衛星データの利用環境整備 (経済産業省)	Tellusの機能向上(商用衛星データの拡充、衛星データ解析ツールの拡充、他の地理空間データ(位置データ又は位置データ及びそれに関連付けられたデータからなるデータ)プラットフォームとのデータ連携)を通じた衛星データの利用環境整備	Tellusの概要：Tellusは、さくらインターネット株式会社が経済産業省事業として開発し運用する衛星データプラットフォーム。政府事業期間(平成30(2018)～令和2(2020)年度)を通じて政府衛星データプラットフォームの構築を実施し、令和3(2021)年度をもって開発を終了した。政府衛星データの無償提供を行うほか、地上データも基本的に無料。分析のためのクラウドなどのコンピューティングリソースも原則無料(上限あり)。令和3(2021)年10月には商用衛星データを購入できる機能も搭載。データ、アプリケーション、アルゴリズムなどのツールを利用・売買できる「マーケット」もある。令和4(2022)年1月時点の記述によると、民間事業としての自立には至っていないものの、「既に、Tellusは、民間活力を利用した運営形態をとって」いる。
④ 小型合成開口レーダ衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証 (内閣府)	民間投資による衛星開発・配備を加速し、我が国の民間事業者による小型合成開口レーダ衛星のコンステレーションを令和7(2025)年までに実現するとともに、利用拡大を図る。	事業イメージ：内閣府と委託契約した衛星事業者が、ユーザー省庁のリクエストに応じ画像データを提供。ユーザー省庁は本格調達に向けた検討を行う。
⑤ 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 (経済産業省)		内容：ニーズを踏まえ選定した複数地域を撮像した商用衛星データを政府が一括調達してTellusに搭載(衛星データ以外の地理空間データも充実させる)。ソリューション開発事業者は、当該データを無料で利用し、地元ユーザー(地方公共団体等)が抱える課題の解決を行うソリューションを開発。補助金交付事業のほか、データ無料利用のみの事業者の公募もあり。

(出典) 内閣府「内閣府における衛星データ利用拡大への取組状況について」(衛星リモートセンシングデータ利用タスクフォース大臣会合第2回 配布資料1-1)2022.3.28. <https://www8.cao.go.jp/space/taskforce/rs/dai2/siryou1_1.pdf>; 六川修一ほか「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」(宇宙政策委員会基本政策部会第23回会合 資料1-4)2022.3.15. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/01-kihon/kihon-dai23/gijisidai.html>>; 「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」同 <https://www8.cao.go.jp/space/model_demonstration/model.html>; 「令和4年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト <<http://www.uchuriyo.space/model/>>; 「令和3年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト <<http://www.uchuriyo.space/model/2021/>>; 「2020年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト <<http://www.uchuriyo.space/model/2020/>>; 「2019年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト <<http://www.uchuriyo.space/model/2019/>>; 「平成30年度先進的な宇宙利用モデル実証プロジェクト

ト」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト <<http://www.uchuriyo.space/model/2018/>>;「平成29年度先進的な宇宙利用モデル実証プロジェクト成果紹介」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト <<http://www.uchuriyo.space/model/2017/>>; 経済産業省製造産業局宇宙産業室「経済産業省における衛星データの利用促進に関する取組について」(衛星リモートセンシングデータ利用タスクフォース大臣会合第2回 資料1-5) 2022.3. 内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/space/taskforce/rs/dai2/siryou1_5.pdf>;「さくらインターネットが経済産業省事業として運用する衛星データプラットフォーム「Tellus」において、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構が衛星データプロバイダとして参加」2022.10.12. さくらインターネット株式会社ウェブサイト <<https://www.sakura.ad.jp/information/newsreleases/2022/10/12/1968210367/>>; 経済産業省製造産業局宇宙産業室・さくらインターネット株式会社「政府衛星データのオープンアンドフリー化・データ利活用促進事業」プロジェクト評価用資料(終了時評価) (令和3年度宇宙産業プログラムに関する事業評価検討会第1回 資料7-7) 2022.1.14, pp.2, 10. <https://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/c00/C0000000R03/220114_space_1st/space_1st_07-7.pdf>;「テルスの概要」Tellus ウェブサイト <<https://www.tellusxdp.com/ja/about/>>;「商用衛星データを購入できるプラットフォーム「Tellus Satellite Data Traveler」リリース!」2021.10.26. 宙畑ウェブサイト <<https://sorabatake.jp/23040/>>;「令和4年度小型 SAR 衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証」採択事業者決定」内閣府ウェブサイト <https://www8.cao.go.jp/space/kobo/kekka_r4.html>;「令和4年度「衛星データ利用環境整備・ソリューション開発支援事業」の実証地域を決定しました」2022.3.29. 経済産業省ウェブサイト <<https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220329003/20220329003.html>>;「令和4年度産業技術実用化開発事業費補助金(宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業)衛星データ利用環境整備・ソリューション開発支援事業」同事業事務局ウェブサイト <<https://space-subsidy2022.go.jp/>>;「経済産業省「衛星データ利用環境整備・ソリューション開発支援事業」における衛星データ無料利用事業者の公募」同事業事務局ウェブサイト <<https://sdu.go.jp/>> を基に筆者作成。

4 衛星観測データを利用したビジネス

(1) 衛星リモートセンシング産業の市場規模と利活用分野

2021年において、衛星リモートセンシング産業の国際的な市場規模は27億ドル⁽³⁸⁾(1ドル110円換算で約3千億円)とされ、2011年の11億ドル⁽³⁹⁾と比較すると倍以上になっている。

衛星観測データの国内外のビジネスでの利活用は、エンドユーザーの用途に着目すると、天気予報、紫外線・大気汚染情報、防災・防衛、地形把握といった比較的イメージしやすいものから、農作物の生育予測、森林監視・管理、魚群探査・養殖監視、建設予定地・空き家・耕作放棄地等の把握、インフラの劣化状況等の監視などへと広がっている⁽⁴⁰⁾。さらには、保険業での利用、駐車場の車両台数や石油貯蔵量等の把握による投資判断材料等としての利用なども行われるようになってきている。

(2) 衛星観測データを利用した国内事業者のビジネス事例

我が国においては、衛星観測データを利用したビジネスは、全般的に見れば前述のような振興策が取られる発展過程にある。

とはいえ我が国でも、ビジネスとして「衛星データへの本質的な依存度」や、継続性、革新性、顧客への優れた価値提案の観点から「グッドプラクティス」と呼ばれる事例も見られるようになってきている⁽⁴¹⁾。表3に、そうしたビジネスに用いられている衛星観測データの例を示す。

(38) “2021 Global Satellite Industry Revenues [The Executive Summary of 2022 State of the Satellite Industry Report].” Satellite Industry Association Website <<https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>>

(39) Tauri Group, “2015 State of the Satellite Industry Report,” Satellite Industry Association, September 2015, p.11. BryceTech Website <https://brycetech.com/reports/report-documents/SIA_SSIR_2015.pdf>

(40) この文及びこの次の文は、次の資料による。「衛星データビジネス」Tellus ウェブサイト <https://www.tellusxdp.com/ja/about/satellite_data.html>; 濱口 前掲注(12), pp.154-155.

(41) 内閣府 前掲注(16), p.4; 同「衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集[第1版]」2014.3, p.4. <https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/h26/h26_jirei_all.pdf>

表3 国内事業者のビジネスに用いられている衛星観測データの例

	事例 (事業者名)	サービスの概要と衛星観測データの利用方法	利用データの観測衛星／センサの 帰属 (利用衛星・センサ等と特徴)
①	AW3D—全世界デジタル3D地図— (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ)	衛星画像から高さ計測や形状取得を行ったデジタル3D地図。当該事業者と一般財団法人リモート・センシング技術センターとが共同で開発・販売。製品の解像度は、標準版(全世界)は2.5mと5m、高精細版(都市計画や施設管理向け)は最高50cm。平成26(2014)年にサービス開始。世界130か国以上、3,000プロジェクト以上で利用。	○日本 JAXA 〈「広域性に優れた」陸域観測技術衛星ALOSのバンクローマチック立体視センサPRISMによる衛星画像〉 ○米国 Maxar Technologies 社(高解像度の撮像ができる光学衛星を複数機運用する社) 〈WorldView 等〉
②	iOMS (IHI Ocean Monitoring Service) —船舶報提供サービス/海洋監視サービス— (株式会社IHI ジェットサービス)	海域の情報を準リアルタイムで取得し、分析して提供。民間向けと安全保障向けのサービスがある。衛星観測データの利用方法は、合成開口レーダ画像から船舶の自動検出・類別・海上オイル検出を行う、船舶自動検出とAIS ^(注1) 衛星の情報を重ねることによりAIS信号を出していない船舶を把握する等。各種衛星からの光学画像、気象データ、クロロフィル濃度、海面温度等も取得・統合し、顧客に合わせて提供。	○日本 JAXA ○米国 Maxar Technologies 社 ○フィンランド ICEYE 社(小型合成開口レーダ衛星コンステレーションを運用する社) 等 (ほか衛星観測データ以外の衛星データの入手先として、カナダの衛星AIS情報サービス事業者であるExactEarth社)
③	小麦刈取り順マップ (株式会社ズコーシャ)	北海道のJAめむろ管内(小麦の作付面積約6,500ha、うち約4,300haで共同収穫(当時))において、小麦登熟期との相関の高い正規化植生指数(NDVI)を用いて、小麦の生育早晚を視覚的に表現したマップを、平成14(2002)～平成16(2004)年にかけて北海道農業研究センター ^(注2) が中心になって開発。刈取り計画の効率化、乾燥コスト削減等に効果。平成17(2005)年から当該事業者が、刈取り順マップとしてJA等に提供するサービスを実施。利用する衛星観測データは「比較的低コストで高分解能なSPOT6/7衛星の」新規撮影を毎年7月上旬から中旬にリクエスト。	○フランス AIRBUS Defence & Space 社 / アゼルバイジャン Azercosmos 社 ^(注3) 〈光学衛星 SPOT6・SPOT7(同一設計の2機体制で毎日回帰・毎日撮影可能)〉
④	ブランド米「青天の霹靂」の生産支援 (地方独立行政法人青森県産業技術センター)	青森県のブランド米「青天の霹靂」の高品質生産の指導に衛星観測データを利用。取組を始めた平成28(2016)年以降、極めて高い1等米比率を維持。津軽地域13市町村内に点在する当該品種の圃場(当該品種の総作付面積1,550ha(令和元(2019)年))1枚ごとにa)収穫時期、b)玄米タンパク質含有率(低い方が良食味)、c)収量、d)土壌腐植含量(当該品種に適する値に上限あり。)を推定。「収穫適期マップ」等としてWebアプリで情報提供。a)は収穫時期の稲の黄褐色化と相関が高い赤のバンド、c)は稲の全重との相関が高い近赤外のバンド、d)は土壌腐植含量と相関が高いレッドエッジバンド(赤と近赤外の間のバンド)の観測データ、b)は近赤外のバンドと緑のバンドを用いる正規化指数(GNDVI)を利用。	○フランス AIRBUS Defence & Space 社 / アゼルバイジャン Azercosmos 社 ^(注3) 〈光学衛星 SPOT6・SPOT7〉 ○フランス国立宇宙研究センター / イスラエル宇宙局 〈光学衛星 Venus〉 ○米国 Planet Labs 社 〈光学衛星 RapidEye(5機の衛星コンステレーション)〉
⑤	営農支援サービス「天晴れ」 (国際航業株式会社)	衛星やドローンによる画像を解析し、農作物の生育状況や収穫適期のレポートを発行するサービス。超小型衛星コンステレーションを中心とした国内外の多数の地球観測衛星群での観測体制を構築し、各地域の営農時期に応える準リアルタイムでの情報配信を安価で実現したとされる。初年度(平成30(2018)年度)は1,500軒以上、その翌年度は4,000軒以上が利用。	○国内外 〈多数の地球観測衛星群(当該事業者が代理店となっている衛星データを利用)〉

⑥	森林変化情報サービス 〈株式会社パスコ〉	自治体の業務負担解消を図るため、森林の変化情報を提供するサービス。2 時期の衛星画像から皆伐跡地・再造林地・裸地など一定規模の変化領域を AI 判読技術により自動抽出。	○フランス AIRBUS Defence & Space 社 / アゼルバイジャン Azercosmos 社 ^(注3) 〈光学衛星 SPOT6・SPOT7〉 ○日本 JAXA 〈今後利用予定〉
⑦	漁業向け海象・気象情報サービス「エビスくん」 〈一般社団法人漁業情報サービスセンター〉	漁船に対し、通信衛星を介したインターネットを通じて海況情報（水温・水色の分布図等）と気象情報（天気・波浪の予報等）を送信。海況情報は衛星観測データと漁船からのデータを組み合わせることで高精度かつ利用ニーズに即した情報を提供。気象情報は一般社団法人気象業務支援センターから有償で入手。当該サービスは平成 20（2008）年度から普及を本格化させ、令和 4（2022）年 9 月時点で約 700 隻の漁船が利用。無償で使える衛星データのみを利用することにより、サービス提供価格を抑えたとされる。	○日本 JAXA 〈水循環変動観測衛星 GCOM-W〉 ○米国海洋大気庁（NOAA） 〈NOAA 衛星搭載の改良型高分解能放射計 AVHRR〉 ○欧州気象衛星開発機構（EUMETSAT） 〈極軌道実用気象衛星 MetOp〉等
⑧	天候インデックス保険の開発支援 〈SOMPO ホールディングス株式会社、SOMPO International Holdings Ltd.、損害保険ジャパン日本興亜株式会社、SOMPO リスクマネジメント株式会社〉	天候インデックス保険 ^(注4) の設計に「衛星全球降水マップ（GSMaP）」をベースにした降水量データを利用。平成 26（2014）年に気象データが不十分なミャンマーの米農家向けに、損害保険ジャパン日本興亜株式会社が一般財団法人リモート・センシング技術センターと共同でプロトタイプ開発を支援（引受保険会社は同国国营保険会社）。タイのロンガン農家向け及びサトウキビ農家向けには、SOMPO International Holdings Ltd. が立ち上げた農業保険関連のプラットフォームが技術提供して、Sompo Insurance Thailand Pcl. 等が開発を行い、同社等が引受保険会社となった天候インデックス保険を、それぞれ平成 31（2019）年、令和 3（2021）年から販売。	○日本 JAXA 〈衛星全球降水マップ（GSMaP）〉

(注) 下記出典資料公表時点の情報であり、利用データ等は変遷がある可能性がある。また、この表は、衛星観測データの利用方法と衛星やセンサの帰属に着目してまとめたものであり、ビジネスの仕組みの全体像を捉えたものではない。各事例のビジネスの仕組みの全体像等に関しては下記出典 1 点目及び 21 点目の資料を参照のこと。

(注 1) AIS (Automatic Identification System (船舶自動識別装置)) は、船舶情報の自動送受信装置であり、a) 国際航海に従事する 300 総トン以上の全ての船舶、b) 国際航海に従事する全ての旅客船、c) 国際航海に従事しない 500 総トン以上の全ての船舶に搭載が義務付けられている。AIS 衛星は AIS の信号を受信する衛星。AIS は船舶間の衝突回避などに用いられてきたが、AIS 衛星の打ち上げにより、海上状況監視や物流把握に利用されるようになった。

(注 2) 北海道農業研究センターの当時の上位機構は、平成 15（2003）年に、独立行政法人農業技術研究機構から独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構へ再編。なお、現在は、同センターは、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の傘下。

(注 3) SPOT6 と SPOT7 は AIRBUS Defence & Space 社による同一設計の光学衛星。SPOT7 は、2014 年 12 月にアゼルバイジャンの企業 Azercosmos 社への所有権移転が合意され、Azersky と改名されたが、その後も SPOT7 と呼ばれることが多い。SPOT6・SPOT7 は AIRBUS Defence & Space 社と Azercosmos 社が共同運用し、SPOT6・SPOT7 の衛星観測データは両社が各々の顧客に提供。

(注 4) 「天候インデックス保険」は天候の指標（インデックス。天候の場合は降水量、気温等）が条件を満たした場合に保険金が支払われる保険商品。設計には損害額と相関の高い気象データ（長期間の過去データ）が必要。

(出典) 内閣府「衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集 [第 2 版]」2020.3, pp.6-13, 16-21, 40. <https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/r02/r02_jirei_all.pdf>; 株式会社 NTT データ、一般財団法人リモート・センシング技術センター「世界最高精度の「AW3D® 全世界デジタル 3D 地図」の全世界エリアサービス開始」2016.4.26. <<https://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2016/042602/>>; 「AW3D について」AW3D ウェブサイト <<https://www.aw3d.jp/about/>>; 「Products」同 <<https://www.aw3d.jp/>>; 「AIS を活用した航行支援システム」2009.10.20. 海上保安庁ウェブサイト <https://www.kaiho.mlit.go.jp/syoukai/soshiki/toudai/ais/ais_index.htm>; 株式会社 IHI 「宇宙から船を追う」『IHI 技報』57(3), 2017, pp.38-41. <https://www.ihico.jp/var/ezwebin_site/storage/original/application/ab9d6d7ce07ca30916ad20a2ffea4024.pdf>; [About - Company - About] ICEYE Website <<https://www.iceye.com/company>>; 「衛星画像を利用した小麦成熟早晩のマップの作成 株式会社ズコーシャ SPOT 衛星

画像」株式会社サテライトイメージマーケティングウェブサイト <<https://www.satim.co.jp/field/agriculture/>>; 柴田秀己「芽室町における小麦生育情報を利用した小麦適期収穫支援システムの活用」『農作業研究』42(別号2), 2007.9, pp.13-16; 奥野林太郎「衛星リモートセンシングを用いた小麦適期収穫支援システム」『農業機械学会誌』67(5), 2005.9, pp.17-19; 「SPOT 衛星 6号・7号」株式会社サテライトイメージマーケティングウェブサイト <<https://www.satim.co.jp/satellite/spot/spot6-7/>>; “Airbus Defence and Space announces the Commercial Launch of SPOT 7 satellite,” 2 December 2014. AIRBUS Website <<https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2014-12-airbus-defence-and-space-announces-the-commercial-launch-of-spot-7>>; “Earth observation satellite program, SPOT, celebrates three decades of success and innovation,” 23 February 2016. *ibid.* <<https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2016-02-earth-observation-satellite-program-spot-celebrates-three-decades-of-success>>; “Information Furnished in Conformity with General Assembly Resolution 1721 B (XVI) by States Launching Objects into Orbit or Beyond: Note verbale dated 19 October 2015 from the Permanent Mission of Azerbaijan to the United Nations addressed to the Secretary-General (A/AC.105/INF/428),” 7 December 2015. <<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/V15/087/04/PDF/V1508704.pdf?OpenElement>>; 境谷栄二ほか「ブランド米の生産支援のためのリモートセンシング・ICT システムの利用」『日本作物学会第251回講演会要旨集』2021.3, p.71. <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jesproc/251/0/251_71/_pdf/-char/ja>; 境谷栄二「衛星リモートセンシングを活用したブランド米の生産管理」(特集 東北農業の未来を拓く革新技術)『JATAFF ジャーナル』5(8), 2017.8, pp.8-12; 「衛星画像データを利用した「青天の霹靂」の収量性の推定」『普及する技術・指導参考資料(水稻)』(平成28年指導参考資料)青森県庁ウェブサイト <<https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/nourin/nosui/files/H28s2.pdf>>; 福沢琢磨・境谷栄二「水田での衛星リモートセンシングを利用した土壌腐植含量の推定と良食味米作付圃場選定への活用」(特集 作物生産における腐植物質等の効果(2))『作物生産と土づくり』53(5), 2021.8・9, pp.40-44; 「サービスに関するFAQ」国際航業株式会社「天晴れ」ウェブサイト <<https://agriculture.kkc.jp/registusers/faq>>; 「衛星を活用した森林変化情報サービス 衛星とAIで自治体の森林管理業務を効率化」株式会社パスコウェブサイト <https://www.pasco.co.jp/products/sate_shinrin/>; 内閣府「衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集[第1版]」2014.3, pp.16-17. <https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/h26/h26_jirei_all.pdf>; 一般社団法人漁業情報サービスセンター「漁業向け海象・気象情報サービス「エビスくん」の効果可視化調査結果について(概要)」2016.6.15, [p.1]. 一般社団法人漁業情報サービスセンターウェブサイト <https://www.jafic.or.jp/notice2/ebisu_houkokusyo_gaiyo.pdf>; 和田時夫「水産業のスマート化とJAFICの取組」2022.12.9. 一般財団法人リモート・センシング技術センターウェブサイト <<https://www.restec.or.jp/knowledge/column/20221209.html>>; 秋山文野「衛星データが途上国の農業リスクを支援。「天候インデックス保険」とは? SOMPO リスクマネジメント株式会社 福渡潔」(未来を創る宇宙ビジネスの旗手たち SPECIAL / 特集記事 第19回) S-NET (スペース・ニューエコノミー創造ネットワーク) ウェブサイト <<https://s-net.space/special/frontrunner/29.html>>; 損害保険ジャパン日本興亜株式会社・一般財団法人リモート・センシング技術センター「人工衛星データを活用したミャンマー専用の「天候インデックス保険」を開発」2014.12.26. <https://www.sompo-japan.co.jp/~media/SJNK/files/news/2014/20141226_1.pdf>; SOMPO ホールディングス株式会社「【業界初】タイのサトウキビ農家向け「天候インデックス保険」販売開始—丸紅株式会社、Productivity Plus と共に新商品を開発—」2021.6.17. <https://www.sompo-hd.com/~media/hd/files/news/2021/20210617_1.pdf?la=ja-JP>; 「サテナビ 用語集」JAXA 第一宇宙技術部門ウェブサイト <<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/satellite-knowledge/glossary/index.html>>; 「衛星情報データベース(衛星総覧)」一般財団法人リモート・センシング技術センターウェブサイト <<https://www.restec.or.jp/satellite/index.html>> を基に筆者作成。

衛星観測データは目的とコストによって選択される。目的との関係では、観測可能な対象、解像度、夜間観測の可否、観測頻度といった、センサや衛星の機能・特徴が用途に合致しているものが選ばれる。例えば、表3の①は立体視ができるセンサの存在を前提としたサービスである。②のサービスでは昼夜や天候に左右されず撮像できる合成開口レーダが主として用いられている。④では基本的なバンド以外のバンドも観測できるセンサを搭載した衛星も用いて、目的の事象と相関が高いバンドが探された⁽⁴²⁾。また、営農利用では、作業適期を判断する時期等と合致したデータでなければ意味がないため、観測のタイミングや頻度が考慮される。③

(42) 基本的な4バンド(青、緑、赤、近赤外)のほかレッドエッジ(赤と近赤外の間)バンドを観測できるRapidEye衛星を用いたことで、土壌腐植含量と最も相関が高いのはレッドエッジバンドであるとの結果を得た(福沢琢磨・境谷栄二「水田での衛星リモートセンシングを利用した土壌腐植含量の推定と良食味米作付圃場選定への活用」(特集 作物生産における腐植物質等の効果(2))『作物生産と土づくり』53(5), 2021.8・9, pp.40-44)。ちなみに、SPOT6号・SPOT7号のセンサは、青、緑、赤、近赤外とパンクロマチックバンドを観測(“SPOT 6 Instruments.” European Space Agency Website <<https://earth.esa.int/eogateway/missions/spot-6>>; “SPOT 7 Instruments.” *ibid.* <<https://earth.esa.int/eogateway/missions/spot-7>>)。

や④のような特定地域のみならず、全国をサービス対象地域としている⑤では、各地域の営農時期に対応できるよう、超小型衛星コンステレーションを中心とした国内外の多数の地球観測衛星群での観測体制を構築した。コストについては、表3においては、比較的低コストで高分解能⁽⁴³⁾であると判断された衛星観測データが選択された例(③)や、無償利用可能な衛星データのみを利用することでサービス提供価格を抑えたとされる例(⑦)が見られる。こうしたことから、我が国の国内事業者が開発したサービスでも、利用データは日本のものとは限らない。

事業者・開発者については、表3の事例を見ると、航空宇宙関連やリモートセンシング、データ解析関連の企業によるケースのほか、③や④のように地域に立脚する研究機関がその地域の課題のソリューションとして開発を行ったケースもある。

最近の動きとしては、日本のベンチャー企業や外国企業が開発したソリューションが我が国の複数地域で利用される例も報じられるようになってきている⁽⁴⁴⁾。

5 課題と今後

表2②の実証事業では終了後の成果報告書の中に、実証参加者の「衛星データに関する要望」も記載されている⁽⁴⁵⁾。比較的多いのは観測の頻度・即時性・リアルタイム性、画像の解像度、コストに関する要望であったが、長期傾向や経時変化を捉える必要がある事例ではデータの継続性や蓄積・保存に関する要望も見られた。これらは前述の「宇宙産業ビジョン2030」で示された衛星観測データ利用拡大に関する課題との共通点が少なくない。

同ビジョンで示された課題に対する取組としては、例えば、データアクセスの改善に資することが期待される衛星データプラットフォーム Tellus は開発が終了したが、Tellus を用いた取組は現在進行中である(表2③、⑤)。このように、同ビジョンで示された諸課題については、引き続き取組が行われているところであり、今後も注視されるものであろう。

(43) SPOT6号・SPOT7号の空間分解能は可視・近赤外で6m、パンクロマチックで1.5m(“SPOT 6 Instruments.” *ibid.*; “SPOT 7 Instruments.” *ibid.*)。

(44) 例えば、日本のベンチャー企業であるサグリ株式会社は、衛星観測データの解析に機械学習を適用して耕作放棄地を判別するサービスを実施(米国の宇宙ベンチャー企業Planet Labs社の小型光学衛星コンステレーションDoveや欧州宇宙機関/欧州委員会が運用する光学衛星Sentinel-2などの衛星観測データを利用)。また、ドイツのBASFデジタルファーマリング社による衛星データを利用したAIベースの栽培管理支援システムは、全国農業協同組合連合会(JA全農)と連携した日本版が上市された(「(地域のチカラスタートアップ)サグリ(兵庫県丹波市) 耕作放棄地判別精度9割 衛星・AI活用、目視を補完」『日本経済新聞』(地方経済面 関西経済)2021.12.28;「農地の荒廃状況AIが地図色分け 効率化システム、千葉市が県内初導入」『朝日新聞』(ちば首都圏)2022.12.4;「こんなことできたらいいな」に取り組んでいる人がいた!神戸市が取り組む農地管理の最先端」2021.8.27. 宙畑ウェブサイト<<https://sorabatake.jp/22395/>>;「スマート稲作 衛星×AIで BASAFと全農、「熟練の目利き」代替」『日本経済新聞』2022.12.7;「世界水準のスマート農業をザルビオで実現 農業ウィークで特別講演 BASF ジャパンとJA全農」『JAcom 農業協同組合新聞』2022.10.20.<<https://www.jacom.or.jp/saibai/news/2022/10/221020-62294.php>>;「BASF、JA全農との協業によりAIベースの栽培管理最適化デジタルプラットフォーム「xarvio® FIELD MANAGER」を日本で上市」2021.3.19. BASF ジャパン株式会社ウェブサイト<https://www.basf.com/jp/ja/media/news-releases/jp/2021/03/xFM_launch.html>。

(45) 「令和3年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト<<http://www.uchuriyo.space/model/2021/>>;「2020年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト<<http://www.uchuriyo.space/model/2020/>>;「2019年度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」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト<<http://www.uchuriyo.space/model/2019/>>;「平成30年度先進的な宇宙利用モデル実証プロジェクト」同プロジェクト公募事務局ウェブサイト<<http://www.uchuriyo.space/model/2018/>>

上空からのリモートセンシングを何によって行うかは、衛星によることが必須の場合がある一方、用途によっては衛星、航空機、ドローンは互いに代替もあり得る選択肢である。営農利用分野では、観測対象面積が広いある事例によると、かつては分解能で衛星に勝っていた航空機を用いていたが、衛星の分解能が向上し航空機に迫った時点で、対象地域を1度の観測でカバーできてコストが抑えられる衛星リモートセンシングに切り替えたという⁽⁴⁶⁾。他方、近年はドローンの普及が著しい。農林水産省のスマート農業⁽⁴⁷⁾の実証で上空からのリモートセンシングを行っている事例を見ると、衛星によるものもあるがドローンを用いたものが目立つ⁽⁴⁸⁾。

ソリューション開発者の立場としては（またエンドユーザーの立場としても）、課題を解決できるのであれば観測手段を限定する理由はなく、選択肢の中で合理的な場合に衛星リモートセンシングが用いられる。表3⑤のように、1つのソリューションサービスにおいて衛星とドローンを利用すると明記されているものもある。観測対象面積が広い場合は「ドローンセンシングだけで、情報を収集するのは現実的では」ないとの指摘がある⁽⁴⁹⁾ように、用途によっては対象面積等を考慮した衛星とドローンの併用ないし使い分けが広まりつつあると考えられる。

また、表3のビジネス事例からは、ソリューション開発者は衛星観測データを目的やコストによって選択するため、我が国の国内事業者によるサービスであっても、利用データは日本のものとは限らないことが見て取れる。一方、例えば、我が国に進出したドイツのBASF デジタルファーミング社⁽⁵⁰⁾に対して衛星観測データを用いた製品を提供しているVanderSat社⁽⁵¹⁾は、JAXAのGCOM-W衛星に搭載された高性能マイクロ波放射計AMSR2による観測データも利用している⁽⁵²⁾。このように、国内外の衛星観測データの利用者の選択肢は、国際的なものになっている。

「宇宙活動の自立性を支える産業・科学技術基盤を強化し、宇宙利用を拡大することで、基盤強化と利用拡大の好循環を実現する」（「第4次宇宙基本計画」）ことを目指す一環として衛星観測データの利用拡大を図るのであれば、我が国の衛星観測データは国内外のデータ利用者には選ばれるものでなければならず、我が国のリモートセンシング衛星やセンサはそのようなデータを取得できるものでなければならぬであろう。民間事業者の衛星も含め、世界の衛星数が急激に増加していく中、我が国の衛星観測データ、衛星、センサには、今後も利用者には選ばれるための特徴や強みが求められることになる。なお、こうした特徴・強みには、差別化さ

(46) 「美味しいお米を育む、田んぼの今と未来を生産者に伝える Web アプリ「青天ナビ」青森県産業技術センター 境谷栄二、八木橋明浩、福沢琢磨」（未来を創る宇宙ビジネスの旗手たち SPECIAL / 特集記事 第35回）S-NET（スペース・ニューエコノミー創造ネットワーク）ウェブサイト <<https://s-net.space/special/frontrunner/45.html>>; 「青天の霹靂」に聞く！衛星データを用いた広大な稲作地帯の収穫時期予測」2019.2.18. 宙畑ウェブサイト <<https://sorabatake.jp/3699/>>

(47) スマート農業とは、先端技術を活用し、省力化・精密化や高品質生産等を推進する新たな農業をいう（「スマート農業とは、どのような内容のものですか。活用によって期待される効果を教えてください。」農林水産省ウェブサイト <<https://www.maff.go.jp/j/heyasodan/17009/02.html>>）。

(48) 「「スマート農業実証プロジェクト」令和4年度版パンフレットについて」農林水産省ウェブサイト <https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/pamphlet/>

(49) 「衛星画像を利用した小麦成熟早晚のマップの作成 株式会社ズコーシャ SPOT 衛星画像」株式会社サテライトイメージマーケティングウェブサイト <<https://www.satim.co.jp/field/agriculture/>>

(50) 脚注(44)参照。

(51) “Joint News Release: BASF Digital Farming and VanderSat are the first globally to offer access to scalable, daily biomass images unimpeded by cloud cover,” January 25, 2021. BASF Digital Farming Website <<https://www.basf.com/en/media/news-releases/20201/01/p-21-112.html>>

(52) “Satellite observation will play a crucial role.” VanderSat Website <<https://vandersat.com/technology/satellite-observed/>>

れた機能等だけではなく、観測の継続性も該当する⁽⁵³⁾。

おわりに

我が国においては、衛星観測データを利用したビジネスは、全般的に見れば発展過程にある。衛星観測データと測位データ、地上データ等との組合せ、また、衛星とドローン等の併用なども行いつつ、合理的で付加価値のあるソリューションが開発されていくことが望まれる。

衛星データのうち測位データについては、これを利用した様々なサービスが生み出され、既に社会生活上不可欠と言えるまでに浸透している。衛星観測データについても、将来的に、それを利用した様々なサービスが社会に広く根付いていくなれば、宇宙空間の安定的な利用を維持することが、ますます重要な課題となっていくであろう。

(もりた のりこ)

(53) 「宇宙政策委員会第8回宇宙産業振興小委員会議事録」2017.1.23, pp.16-19. 内閣府ウェブサイト <<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-sangyou/sangyou-dai8/gijiroku.pdf>>