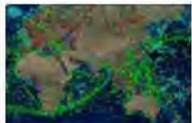


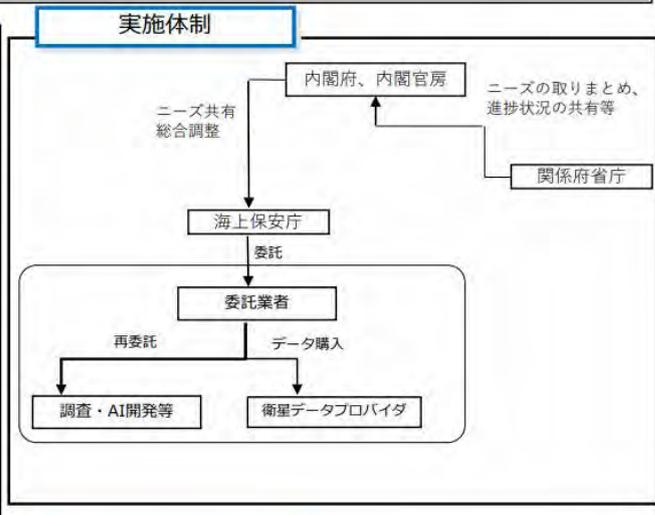
加えて、様々な衛星情報を収集し、政府機関のニーズに応じてデータ分析を実施し、提供する組織があると、次の点でもメリットがある。

- 多くのデータから、分析内容に応じたものを選択利用可能。様々な分析技能者を集めやすい。
- 商用衛星データの利用条件（ライセンス条件）は、データの再配布を禁じ、ユーザ数（範囲）に応じて増額されることが一般的である。例えば、海外商用衛星画像を複数の国内機関で必要とする場合、機関ごとに費用が発生する、もしくは複数機関間で共有可能な高額なライセンス料を支払うことになる。なお、ライセンス条件では、画像を加工し（分解能が低下する等）、元に戻せない状態としたものは再配布可能となる。船舶の場合、商用画像から船舶の位置、形状、さらにどのような船舶かを分析した結果は、元の衛星画像の質が下がっていれば、通常再配布が可能であり、必要とする機関（複数）に配布可能となる。

プロジェクト番号：R2-02		主担当庁：国土交通省 （海上保安庁） 連携省庁：海洋事務局 NSS （事業期間4年程度）	
<h3>衛星データ等を活用したAI分析技術開発</h3> <p>令和2年度配分額：国土交通省（海上保安庁） 4.5億円</p>			
<h4>背景・必要性</h4>		<h4>事業の内容</h4>	
<p>○衛星リモートセンシングデータの利用拡大は宇宙産業の裾野を拡大し、経済成長とイノベーションを実現する上で重要な課題。宇宙基本計画においても、「衛星リモートセンシングデータの活用を加速するための実証事業を充実させ、社会実証につなげる」こととしている。</p> <p>○特に、海洋状況把握の分野は、我が国の安全保障の観点からも、極めて重要であり、衛星データ利用の積極的な活用が求められ、これまでも各省における取組が進められてきた。</p> <p>○他方、近年の外国公船や海洋調査船の活動の活発化、密輸等の巧妙化、外国漁船による違法操業問題、北朝鮮制裁決議違反の船舶動静等の多種・多様な海上リスクが顕在している。このような中、従来以上に、リスクを早期に発見し、低減・縮小化を図っていくことが求められており、その方策として、AIを活用し、分析技術の一層の高度化を進めることが喫緊の課題。</p> <p>○安全保障・法執行関連の様々な省庁における共通的な課題であり、関係省庁が連携し、省庁横断的な基盤としての技術を確立していくことが求められる。</p>		<p>○衛星AIS、合成開口レーダ、電波監視衛星等を含めた国内外の最新衛星データや、その他、行政・民間の保有する情報をデータベースとして船舶の行動モデル（パターン）を作成し、これを分析するためのAIシステムを開発する。</p> <p>○これにより、海上保安庁をはじめとする行政実務の効率的・効果的な遂行に資することで、我が国に対する不正行為の予見性を的確・迅速に示唆できるようにする。</p> <p>○また、当該分析結果を関係省庁間で効率的に共有・利用するための基盤となるシステムを開発する。</p> <p>○システム開発に当たっては、利用省庁のニーズを踏まえた設計を行うとともに、各省庁が実際に利用する中で得られた評価をフィードバックすることで、更なる改善を図り、効率的・効果的な開発を実現する。</p>	
<h4>各省の役割</h4>		<h4>留意点</h4>	
<p>○ 国土交通省（海上保安庁）：AI原理開発、省庁共有基盤システムの開発</p> <p>○ 内閣府（総合海洋政策推進事務局） ・国家安全保障局：利用省庁のニーズのとりまとめ、総合調整</p>		<p>○ 関係省庁共有基盤の開発にあっては、既存システム（海しる）を用いることで、効率的に進めること。</p>	
		<p>衛星データのAI分析開発</p> 	

- 事業計画**
- ① 原理開発調査
 - ・利用を希望している省庁への概要説明及び要望調査
 - ② プロトタイプAIシステム開発
 - ・上記調査にて把握した各省庁の業務ニーズに対応したプロトタイプを開発
 - ・開発の過程で、必要に応じ各省庁からの要望を再調査のうえプロトタイプに反映
 - ③ 情報共有基盤構築
 - ・プロトタイプの試験運用を通じて、ユーザーとなる各省庁からニーズ充足度（使い勝手等）についてヒアリング実施
 - ・上記を踏まえ所要の修正
 - ④ 評価・検証
 - ・試験運用を通じた所要の改修に取り組みつつ、中間評価を実施し更なる改善を継続
 - ・実用モデルの作成
 - ⑤ 社会実装
 - ・令和7年度から実用モデルの展開を想定

	R3	R4	R5	R6
①	← 原理開発調査 →			
②	← プロトタイプAIシステム開発 →			
③		← 情報共有基盤構築 →		
④	← 評価・検証 →			



留意事項への対応状況

○ 関係省庁共有基盤の開発にあつては、既存システム（海しる）を用いることで、効率的に進めること。
 → 効率性を高めるため、関係省庁共有基盤の開発にあつては、既存システム（海しる）を用いることで検討を進めており、プロトタイプの試行も海しるを活用予定

図 3-63 宇宙政策委員会 衛星開発・実証小委員会 第9回会合資料⁴⁵
衛星データ等を活用したAI分析技術開発

⁴⁵ 宇宙政策委員会 衛星開発・実証小委員会. 「衛星データ等を活用したAI分析技術開発」. Retrieved from: <https://www8.cao.go.jp/space/committee/02-jisshyou/jisshyou-dai9/siryoul.pdf>

<日本における衛星を利用した MDA サービス>

日本の民間企業において、衛星を利用した MDA サービスについて 3 社の例を紹介する。

①三菱電機 海洋ソリューション⁴⁶

衛星 SAR 画像からの船舶検出 (AI 技術を活用)、SAR と AIS のデータ融合、衛星 SAR 画像からの海洋漂流物の監視についてのサービスが紹介されている。

また、ALOS-2、4 といった SAR 衛星開発を行っており、SAR 画像に関する知識や技術、AI 画像認識技術が PR されている。

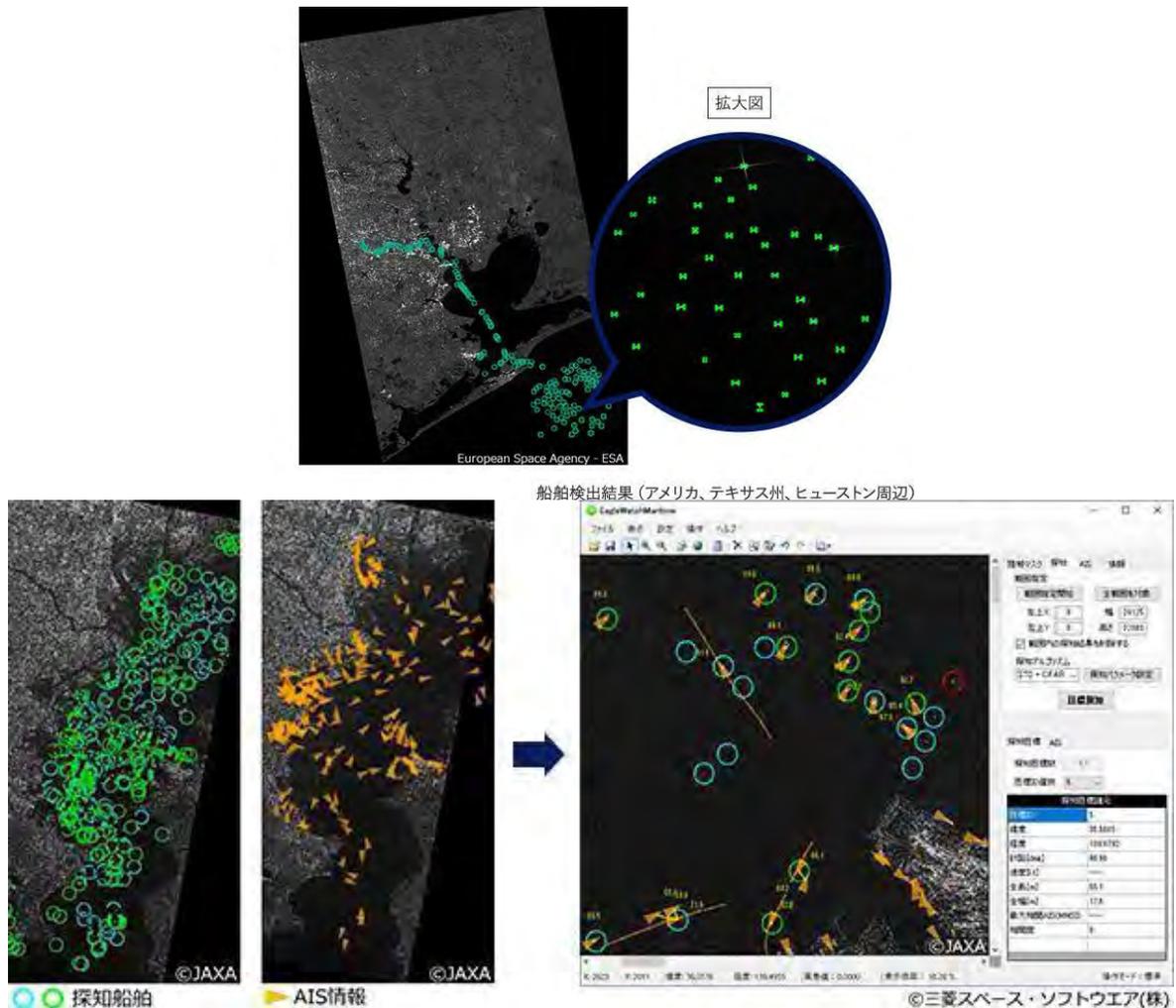


図 3-64 船舶検出、SAR と AIS 融合の例

⁴⁶ 三菱電機株式会社. 「海洋ソリューション」. Retrieved from: <http://www.mitsubishielectric.co.jp/society/space/solution/mda/>.

②IHI ジェットサービス 衛星情報サービス⁴⁷

海洋監視システム（AIS、衛星 SAR、地球観測衛星データを重ねた基盤システム）や、海上物流のソリューション、AIS ビュア、カスタマイズ可能なビュー（iOMS）といったサービスを提供している。なお、カスタマイズ可能なビュー（iOMS）は、内閣府の「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】⁴⁸」により詳しく紹介されており、サービスの概要とビジネスの仕組みに関する図を引用する。



図 3-65 iOMS (IHI Ocean Monitoring Service)

③スカパーJSAT 海洋領域⁴⁹

船舶検知サービス、オイル漏れ検知サービスを提供している。

⁴⁷ 株式会社 IHI ジェットサービス. 「衛星情報サービス」. Retrieved from: <https://www.ihj.co.jp/ijb/business/satellite/>

⁴⁸ 内閣府 宇宙開発戦略推進事務局. 「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】」(令和 2 年 3 月). Retrieved from: https://www8.cao.go.jp/space/goodpractice/r02/r02_jirei_all.pdf

⁴⁹ 株式会社スカパーJSAT. 「海洋領域」. Retrieved from: <https://www.skyperfect.jsat.space/jsat/case/detail/ocean.html>

船舶検出では、衛星光学画像と AIS の利用となっており、①、②のような SAR ではなく光学衛星を利用しているところが特徴。同社の子会社である SNET 社が Planet Labs Inc. との戦略的パートナーシップ契約締結と出資を行っており（2019 年 2 月 26 日プレスリリース）、

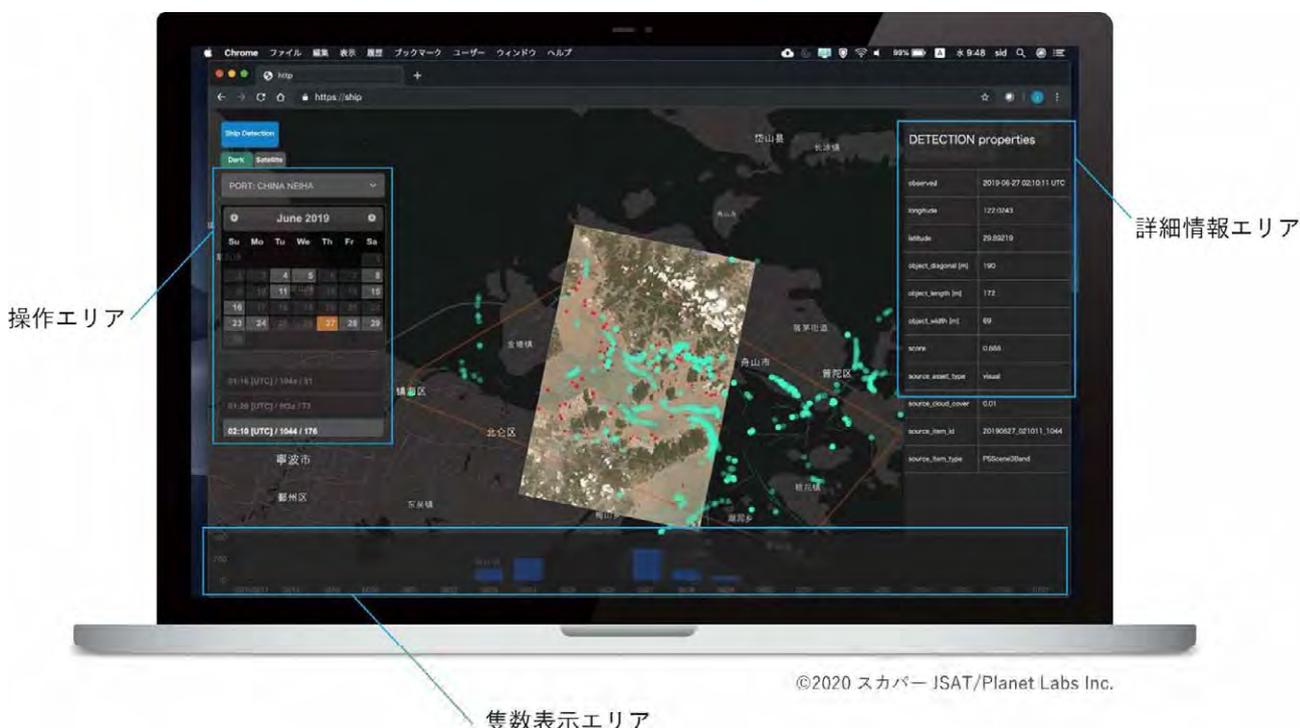


図 3-66 船舶検知画像提供サービス例
ブラウザ上で船舶検知サービスにアクセス利用することが可能

3.9.6. 衛星情報関連技術

高次なデータ利用：各種処理、機械学習、海洋モデル、予測等（デジタルツインも）

衛星のスマート化：オンボード処理、自動・自律的な観測（Tip & Cue）、衛星間データ連携

他の観測手段：航空機/船舶（有人・無人）、ブイ、アルゴフロート等との複合利用

→高次データ利用の概論や、今後の課題

衛星のスマート化：オンボード処理について JAXA の取り組み等を記載。

衛星オンボード処理

人工衛星の観測性能の向上（分解能向上や観測幅拡大等）が進むにつれ、地上へのデータ伝送量が増え、地上までの送信時間が長くなり、迅速に衛星観測情報を使えなくなる恐れがある。船舶監視の利用においては船舶の位置や形状が重要であり、船舶の存在しない海域の海面画像は重視されない。そこで、人工衛星で観測データを処理し、船舶に関する画像や情報のみを地上に伝送するための技術開発※を実施している。なお、本技術は衛星側で状況を判断し、後続の衛星に観測要求（どこを観測するか）を送るいわゆる Tip&Cue にも重要な技術となる。これにより、広域観測衛星等で注意が必要な海域を判断し、後続の衛星（例えば商用 X バンド小型 SAR、光学衛星等）でより詳細な観測を行う、といったことが実現する。

※主に、軌道上で画像化を行うための装置や船舶分析用のアルゴリズム（機械学習を含む）であり、国内で小型 SAR 衛星を開発している QPS 研究所と連携した実証を進めている⁵⁰。

情報の秘匿性、専用衛星/デュアル衛星：特に船舶、一部秘匿を要する海洋情報等。

⁵⁰ 国立研究開発法人宇宙研究開発機構。「合成開口レーダの軌道上画像化の研究」Retrieved from https://www.kenkai.jaxa.jp/research/innovation/onboard_sar_processor.html

自国確保の必要性、観測データの入手性：容易か、バックアップがあるか、輸出規制等。
さらに日本の成長分野とする？（技術開発、輸出など）
→概論的に書いていく。特に、自国確保が重要なもの（国内で育成が必要なもの）を抽出する。電波監視衛星等。

3.9.7. 海外の参考事例

海外の参考事例として、衛星観測海洋情報に関するサービスが進んでいる欧州について記載する。欧州委員会（EC）は地球観測プログラムであるコペルニクスプログラムを進めており、その中心となる衛星群として欧州宇宙機関（ESA）が開発するセンチネル衛星シリーズを運用している。観測された海洋情報はコペルニクスマリンサービス（CMEMS：Copernicus Marine Service）から、欧州連合（EU）等での政策判断に資するよう提供されるほか、オープン＆フリーな情報として一般に公開されている。運用は、フランス・トゥールーズの非営利団体：メルカトルオーシャンインターナショナル（MOi）が受託している。MOiはフランスの5機関（国立科学研究センター、国立海洋開発研究所、開発研究所・IRD、フランス気象局、水路情報等を扱うLe Shom）によって設立され、CMEMSの前身となった欧州海洋情報サービス：MyOceanを主導した。なお、現在はイギリス気象局、スペインの港湾管理サービス、イタリアにあるCMCC（気候変動に関する欧州地中海センター）等が加わり、株主は10機関となっている⁵¹。

CMEMSのウェブサイト⁵²では、利用分野に応じた情報プロダクト、またはトレンドデータ等として、利用者が使いやすいように工夫されている（図3-61）。CMEMSでは海洋に関する物理情報（水温、風、海流、海水、塩分、海面高度等）や、海洋モデル技術を利用したそれらの予測値を提供している。またこれら海洋情報を活用した高次サービス（船舶の航路設定、海洋環境モニタリング、漁業関連サービス等）の利用事例やサービス提供者の紹介（ユースケース：図3-62）も充実している。海域、国、Market（利用分野）別に絞り込み表示ができる。Marketsは図3-63の内容となっている。このようなユースケースは、海洋情報を活用したいエンドユーザや、エンドユーザ向けサービスを作ろうとしている企業、研究者にとって良い参考情報となる。

ちなみに、ユースケースには日本のウミトロン社によるUMITRON PULSE（水産養殖向け高解像度海洋データ）について、利用しているCMEMSプロダクトも含め紹介されている⁵³。

利用プロダクト：

- GLOBAL OCEAN 1/12° PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST UPDATED DAILY
- GLOBAL OCEAN WAVES ANALYSIS AND FORECAST
- GLOBAL OCEAN 1/4° PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST UPDATED DAILY
- GLOBAL OCEAN BIOGEOCHEMISTRY ANALYSIS AND FORECAST
- GLOBAL OCEAN NRRS, BBP, CDM, KD, ZSD, SPM (COPERNICUS-GLOBCOLOUR) FROM SATELLITE OBSERVATIONS: MONTHLY AND DAILY INTERPOLATED (REPROCESSED FROM 1997)

⁵¹ Mercator Ocean International. *Shareholders*. Retrieved from <https://www.mercator-ocean.eu/en/about/shareholders/>

⁵² Mercator Ocean International. *Copernicus Marine Service*. Retrieved from <https://marine.copernicus.eu/>

⁵³ Copernicus Marine Service. *UMITRON PULSE: high-resolution ocean data map for aquaculture farmers*. Retrieved from: <https://marine.copernicus.eu/services/use-cases/umitron-pulse-high-resolution-ocean-data-map-aquaculture-farmers>

Copernicus Marine Service

Providing free and open marine data and services to enable marine policy implementation, support Blue growth and scientific innovation.

Access Data >

DATA	EXPERTISE	TRENDS	EXPLORATION
<p>OCEAN PRODUCTS</p> <p>A robust ocean data catalogue, to download or visualise data including hindcasts, nowcasts and forecasts.</p>	<p>OCEAN STATE REPORT</p> <p>Extensive annual analysis on the state of the ocean over nearly 20 years and severe/notable annual events.</p>	<p>OCEAN MONITORING INDICATORS</p> <p>Essential variables monitoring the health of the ocean over the past quarter of a century.</p>	<p>OCEAN VISUALISATION</p> <p>Dive into our 4D digital oceans through our 3 visualisation tools for beginner, intermediate and advanced users</p>

Ocean Explainers: Oceanography Educational webpages

図 3-67 CMEMS (Copernicus Marine Service) のウェブサイトトップページ

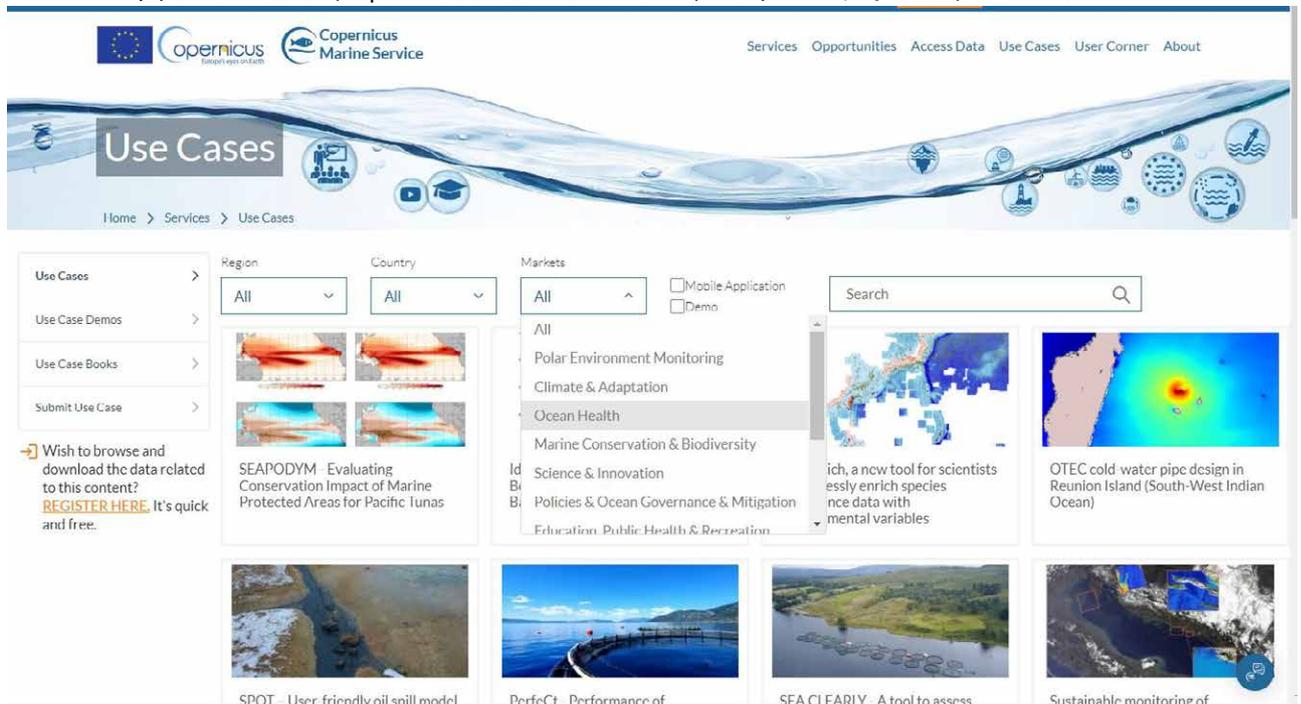


図 3-68 CMEMS で紹介されている各種ユースケース

複数分野にまたがるものが存在しており、総計（308 ケース）は重複してカウントしたも含まれ

る。

Market (利用分野)	ケース数
POLAR ENVIRONMENT MONITORING	10
CLIMATE & ADAPTATION	17
OCEAN HEALTH	34
MARINE CONSERVATION & BIODIVERSITY	10
SCIENCE & INNOVATION	6
POLICIES & OCEAN GOVERNANCE & MITIGATION	42
EDUCATION, PUBLIC HEALTH & RECREATION	12
EXTREMES, HAZARDS & SAFETY	52
MARINE FOOD	32
COASTAL SERVICES	39
TRADE & MARINE NAVIGATION	35
NATURAL RESOURCES & ENERGY	19
総数	308

図 3-69 CMEMS ユースケースの Market (利用分野)

CMEMS は従来からの拡大として、3つの色で示される Blue Ocean (physical、海洋の物理)、White Ocean (sea ice、海氷、北極海)、Green Ocean (biogeochemical、生物地球化学的)の3領域を設定している。これまでの活動はBlue (物理的な情報)中心だったところ、海氷、さらに生態に力を入れることが注目される。

CMEMS は利用者向けサービスが充実している (そのための十分な予算、体制が組まれているのであろう)。問い合わせに対応するサービスデスクは月～金曜日、フランスの日勤帯で対応し、翌営業日までの回答 (無償でのユーザ登録で、next business day support) となっている。ユーザはフォームまたはチャットで質問をすることができる。))

ユーザコーナーのページ画面を図 3-70 に示す。無料で利用可能なイーラーニング教材が提供されている他、頻繁にオンラインでの無料トレーニングが開催されている。様々なレベルのユーザに向けて、Web ブラウザ上で直感的に閲覧、操作可能な可視化ツールも用意されている (MYOCEAN の初級 LEARN、中級 LIGHT、専門家向け PRO⁵⁴)。この内、日本付近の海流表示について LIGHT と PRO の例を図 3-71 に示す。

⁵⁴ Copernicus Marine Service. *Open Data Visualisation Tools*. Retrieved from: <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-visualisation-tools>

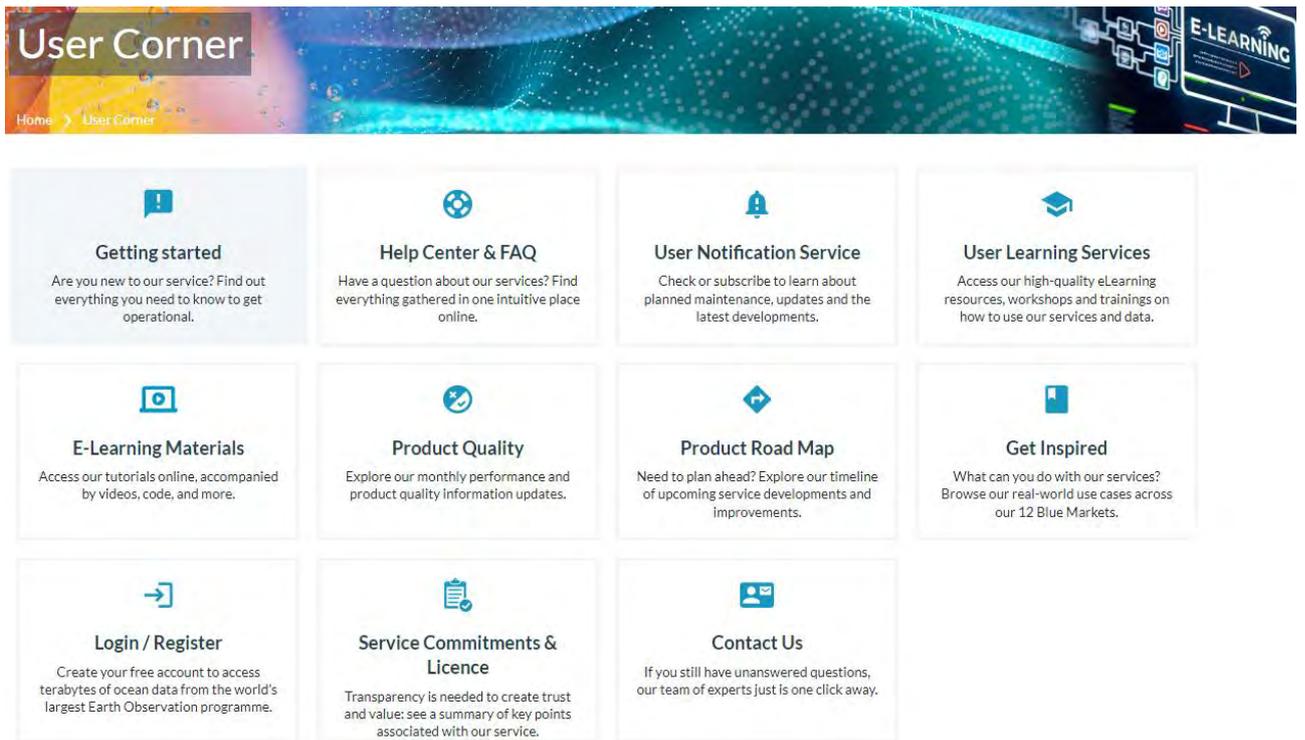
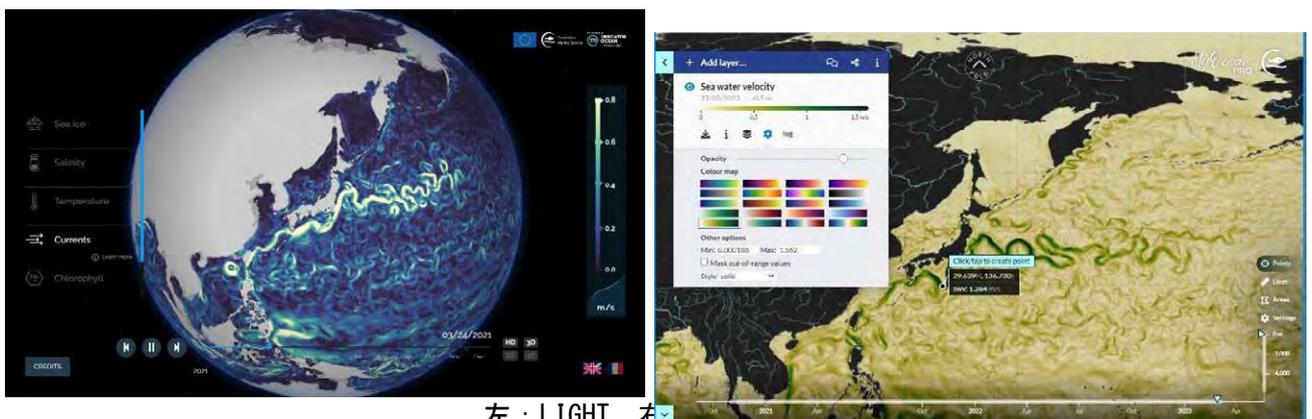


図 3-70 CMEMS のユーザコーナーページ



左：LIGHT、右：右

図 3-71 CMEMS で公開されている可視化ツール表示例（海流）

また、CMEMSに関する参考情報として、本報告書担当者が経験した事例を2つ紹介する。

① CMEMS への問い合わせ対応の実例

2023年1月25日～1月31日（以下も含め日本時間）でのCMEMS側とのWeb、メールでのやり取り。無料のサービスでありながら対応が迅速なこと、プロダクト開発チームとの調整もCMEMS側でまとめて行われ、ユーザとして手間の少ないワンストップとしてのサービス実感した。

以下の記載は日本時間

● 1月25日 20:30

CMEMS 提供の塩分濃度プロダクトの異常らしきものに気づき、問い合わせ。

● 2023年1月25日 20:50（20分後）

CMEMS 側から、データ取得に使用したAPIを送ってほしいとのメールが届く。

- 2023年1月25日 21:00 日本から当該のAPIを送付。
- 2023年1月25日 21:55
CMEMS側から、同じAPIを使用して取得したプロダクト内容の報告。API自体は正しく、プロダクトも正常に取得出来ているようだとのこと。
- 2023年1月26日 9:20
プロダクトの中身の値が正常かを再度問合せ。（正常値、異常値の事例を伝えた）
- 2023年1月27日 17:45
CMEMS側から異常値を確認した、プロダクト作成チームに連絡して対処するとの連絡。
- 2023年1月30日 17:15（問い合わせ開始から5日後）
CMEMS側から再処理し、その結果を登録した旨の連絡。
（日本側も異常値が改善されたことを確認し、終了）

古い事例となるが担当者も参加した平成29年のThe Copernicus Marine Week（ベルギー・ブリュッセル⁵⁵）について簡単に紹介する。

本会合はCMEMS（コペルニクス海洋）について活動状況や成果を紹介し、今後の計画を議論するために行われた。コペルニクスの出資元である欧州共同体、Sentinel衛星の開発を担う欧州宇宙機関（ESA）、欧州気象衛星開発機構（EUMETSAT）、衛星観測データから各種海洋プロダクトを作成、検証する政府機関（欧州内の気象庁等）、関連の研究者、CMEMSで提供される情報をさらに解析することによって付加価値サービスをエンドユーザ（企業、自治体等）に提供する企業が参加。資金提供元からサービス事業者までのバリューチェーンを構成するプレイヤーが会していた。

特にサービス事業者の参加が多く、何の衛星、どんなセンサが欲しいとのことではなく、このような情報プロダクトが欲しい、その精度をこのように改善してほしい、それによりこのような事業が可能となる、といった紹介、発言が多かった。観測手段やプロダクトといった技術の進歩を軸としたシーズオリエンテッドではなく、情報を利用した事業を軸としたニーズオリエンテッドを重視の印象を受けた。

公的機関によって提供される情報を社会に広く実装するためには、このようなダウンストリーム（下流）側の声を重視しながら、バリューチェーンを繋ぐ関係者が議論する機会が重要と思う。加えて、衛星による観測から、海洋の現場での利用までといったバリューチェーンを強化する上で、CMEMSのような衛星と海洋の両方を理解し、宇宙（衛星観測）と海洋（実利用）を繋ぐ機能は効果的に思う。JAXAでも、海上保安庁海洋情報部、海洋研究開発機構、水産研究・教育機構を始めとする海洋ユースニーズを把握する機関との連携を深めているが（引き続き今後も重要である）、それぞれの主たる領域は宇宙、海洋に分かれている。

コペルニクスプログラムでは、衛星観測情報は基本的にオープン＆フリーで公開されるが、セキュリティ分野は例外となっている。セキュリティ分野は主に国境監視、海上監視、EU外への支援で構成される。海上監視はEuropean Maritime Safety Agency（EMSA）が担当し、EMSAが解析した情報が欧州各国の海上保安機関等に提供されている。

このように、欧州コペルニクスにおける海洋分野の（Sentinel衛星等の）衛星情報利用は、民間企業や大学、研究機関に向けたサービスとしてのCMEMSと、セキュリティ情報を扱い、海上保安機関等に向けたサービスのEMSAとが存在している。

EMSA⁵⁶はポルトガル・リスボンに本部が置かれ、現在の職員数は270人以上となっている。さらに民間企業に業務を発注している。（フランスCLS社；CNESフランス国立宇宙研究センターが半分程度の株式を保有、に聞いたところ、EMSAに衛星SAR画像とAISを融合させた情報を提

⁵⁵ Copernicus Marine Service. *The Copernicus Marine Week*. Retrieved from <https://www.copernicus.eu/en/events/events/copernicus-marine-week>.

⁵⁶ European Maritime Safety Agency. *20 years of EMSA*. Retrieved from <http://www.emsa.europa.eu/>

供しているとのこと)

EMSA が衛星情報を用いて行う海上監視は、主に船舶（事故、密輸や違法漁業、難民船等）と洋上の油汚染である。いずれも合成開口レーダ衛星 Sentinel-1 の観測情報が主に用いられ、さらに光学衛星である Sentinel-2 も利用されている。分析した結果は各国の海上保安機関等に迅速に提供するように、解析の自動化が進められており、合成開口レーダ（SAR）画像は 20 分以内、光学衛星画像は 30 分以内に配信されている。また、SAR や光学画像から検出した船舶と、船舶から発信される AIS 信号や VMS（Vessel monitoring system）とを複合した解析が行われている。

EMSA では Sentinel 衛星の観測頻度を補完するため、フィンランドの民間 SAR コンステレーション衛星である ICEYE の併用を計画していた。SAR 衛星である Sentinel-1B が 2021 年 12 月以降観測不能に陥ったことをきっかけに、その補完として ICEYE の利用が進んだ。

さらに船舶を把握するための手段として、衛星による電波監視や赤外線観測情報の利用を検討しているほか、衛星情報解析のための機械学習技術の適用も進めている。機械学習については船舶の検出（位置の把握）や分類から取り組む計画となっている。

船舶以外の EMSA の重要な分析対象は、海上の油流出である。事故より発生するものもあれば、洋上の不法投棄が問題となっている。この対策として欧州域を中心に毎月 600 枚の合成開口レーダ画像を分析し、油の存在を検出している。油が検出された場合はさらに AIS 情報等により油を投棄した船舶を発見し、各国の海上保安機関等に通報する。油の不法投棄や密輸等が疑われる船舶に対しては、その後ヘリコプターや船舶等での追跡が行われる。対象船舶を確実に捕えるため、前述のような情報分析、提供の高速化が行われている。

3.9.8. 海洋の観測、海しるへの情報提供

「だいち」シリーズ以外に JAXA では複数の地球観測衛星を開発、運用している。観測情報は JAXA Website での提供に加え、海洋に関する情報を集約し、地図上で重ね合わせ表示可能な情報システム「海洋状況表示システム」（海しる）からも公開されている。海しるにおいて公開中の JAXA 海洋プロダクトを図 2-71 に示す。なお、気象庁から提供を受けた気象衛星「ひまわり」観測データから JAXA で作成した情報プロダクトも含まれている。

なお、海面水温は 3 種の、クロロフィル a 濃度では 2 種の衛星観測プロダクトとなっている。これらは SGLI 観測プロダクトが最も高い分解能（250 m）であるが、被雲の影響を受けてしまう。そこで、分解能は落ちるが曇天でも得られる情報として、雲を透過した観測が可能な AMSR2（50 km）、静止衛星で高頻度に観測情報が得られる（雲が切れた際の観測データを利用する）「ひまわり」（1 km）プロダクトを併用することが有効である。

物理量	JAXA 提供プロダクト
降水量	GSMaP_NOW_Gauge リアルタイム雨量計補正版
海上風速	AMSR2 海上風速
海面水温	AMSR2 海面水温
	SGLI 海面水温
	ひまわり海面水温
クロロフィル a 濃度	SGLI クロロフィル a 濃度
	ひまわりクロロフィル a 濃度

GSMaP：日米主導全球降水観測（GPM）計画において、複数の衛星観測データを統合利用し、全球鵜降水情報としたもの。

AMSR2：水循環変動観測衛星「しずく」（GCOM-W）搭載 マイクロ波放射計

SGLI：気候変動観測衛星「しきさい」（GCOM-C）搭載 多波長光学放射計

図 3-72 海洋状況表示システムに提供中の JAXA 海洋プロダクト一覧

3.9.9. 水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)

「しずく」(GCOM-W)は高性能マイクロ波放射計2(AMSR2)を搭載し、地球表面や大気からの微弱なマイクロ波放射を測定、主に水に関する様々な地球物理量の把握を目的としている。図2-73及び図2-74に主な観測プロダクトを示すが、海洋に関するものとして海面水温や海上風速、さらに海氷等の情報がある。

「しずく」は2012年5月18日に打ち上げられ、現在も運用を継続している。その後は環境省、国立環境研究所、JAXAで開発中のGOSAT-GW(Global Observing Satellite for Greenhouse gases and Water cycle)にAMSR2後継となるAMSR3を搭載し、継続的なデータ観測を行う予定である。

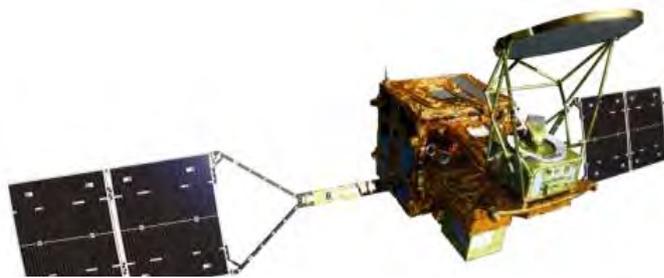


図2-73 「しずく」GCOM-W

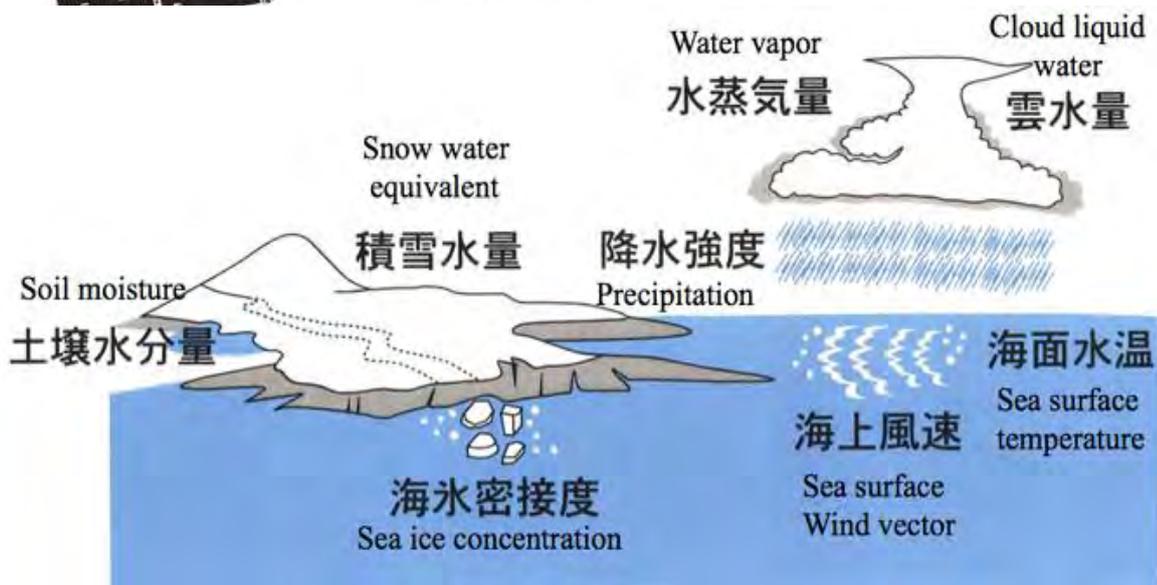
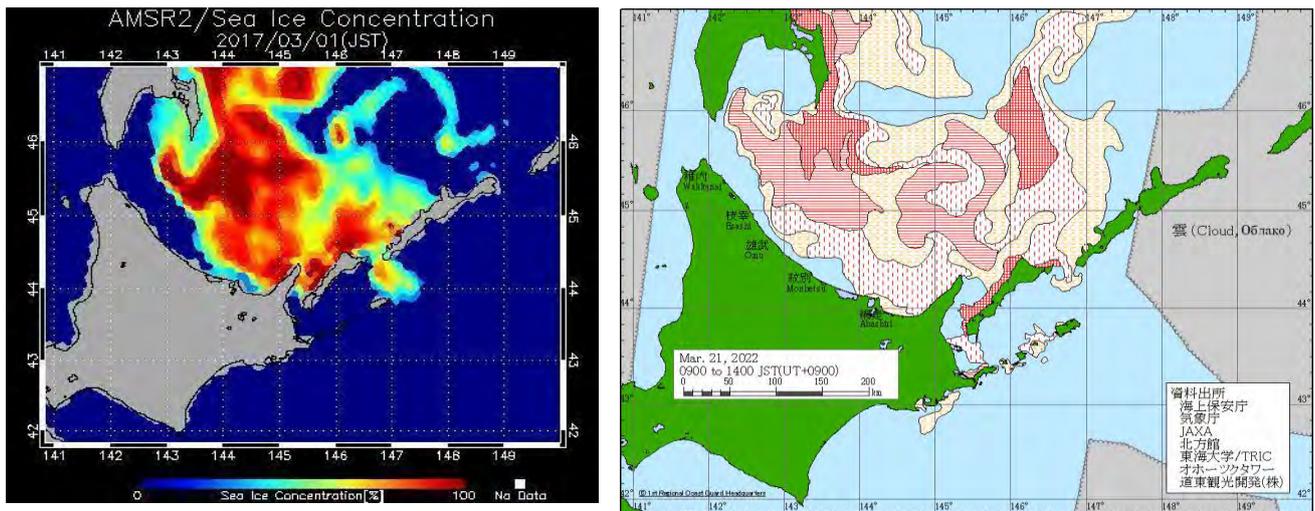


図3-74 「しずく」の主な観測プロダクト

海しるにも「しずく」の観測情報として海面水温、海上風速を提供しているが、その特長は雲を透過するマイクロ波を測定可能であり、夜間や天候に左右されずに広域の情報が得られることである。日本付近の緯度（中緯度）エリアであれば、1日に2回程度の観測情報を得ることができる。水温の分解能は観測に利用する周波数によって異なるが、低水温域での精度もよい50 km分解能（6GHz海面水温）を使うことが多い。ただし陸域からの放射の影響を受けるため、沿岸域では有効な水温情報を得られないことに注意されたい。

海氷については気候変動状況の把握に資することに加え、北海道付近の海上航行安全や、北極海航路状況の把握にも役立つ。図3-75は「しずく」で観測したオホーツク海の海氷密接度である。この観測情報は海上保安庁に提供しており、第一管区海上保安本部 海氷情報センター⁵⁷が提供する海氷速報図（一例を図3-75に示す）の作成に利用されている。



「しきさい」（GCOM-C）は、近紫外から熱赤外域（380 nm～12 μ m）において様々な波長帯での観測を行う多波長光学放射計（Second generation GLObal Imager: SGLI）を搭載した地球観測衛星である。海外の同種センサと比較し、4倍程度高い分解能（250 m）を有しながら、観測幅も1,150 kmと広く、日本周辺であれば約2日に1回の頻度で観測を行っている。光学系のセンサであるため、「しずく」と異なり雲の下は観測できないが、海面（地表と比べ暗い）も敏感に観測できるよう開発されており、クロロフィル濃度等、海色情報を得ることができる（図3-77）。

図3-76 気候変動観測衛星「しきさい」（GCOM-C）

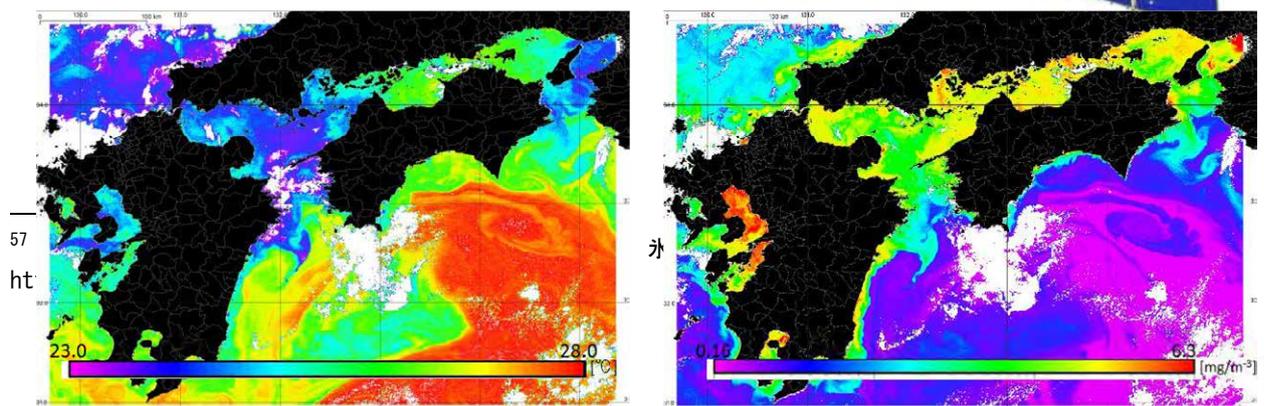
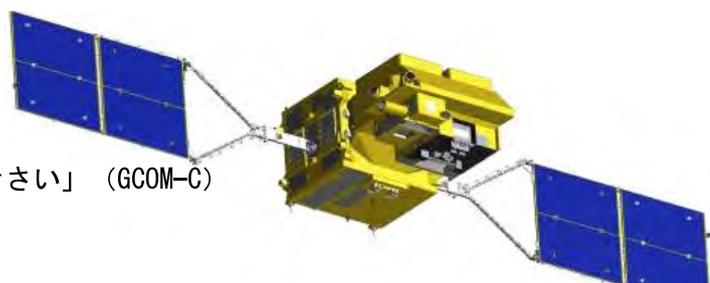


図 3-77 「しきさい」の観測事例（2020年10月2日）左：海面水温、右：クロロフィル濃度 a

「しきさい」で観測された事例として日本南西部の海面水温およびクロロフィル濃度 a の例を示す（白い領域は雲による欠損域）。海洋の状況を詳細に確認できる。

また、海洋状況把握に関連する2021年の事例を2件紹介する。2021年9月中下旬から、北海道東部沿岸で赤潮被害が発生した。図 69 は2021年10月9日の「しきさい」によるクロロフィル a 濃度観測結果であり、北海道東部でその濃度が高くなっていた。クロロフィル濃度が高いことがそのまま赤潮とは単純に判断できないが、赤潮等の広域の海洋環境状況の把握手段の1つとして有効なものとなりうる。なお、北海道立総合研究機構の赤潮プランクトン情報⁵⁸において「しきさい」SGLI 観測データが用いられている。

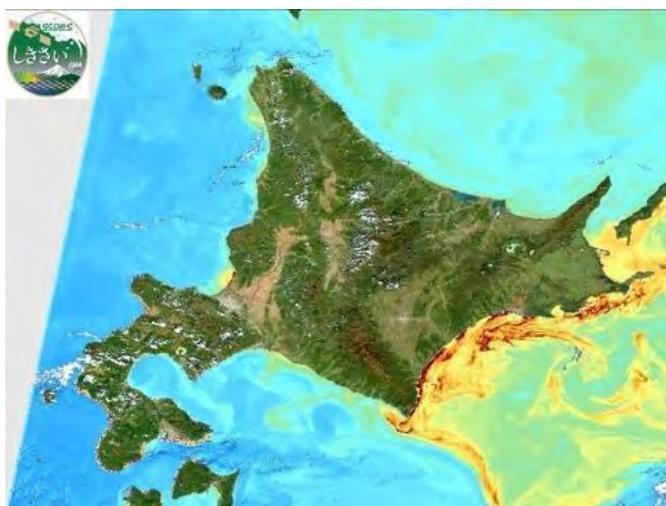
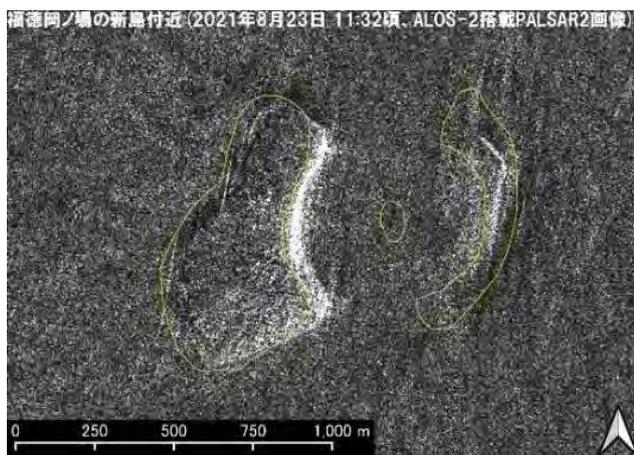
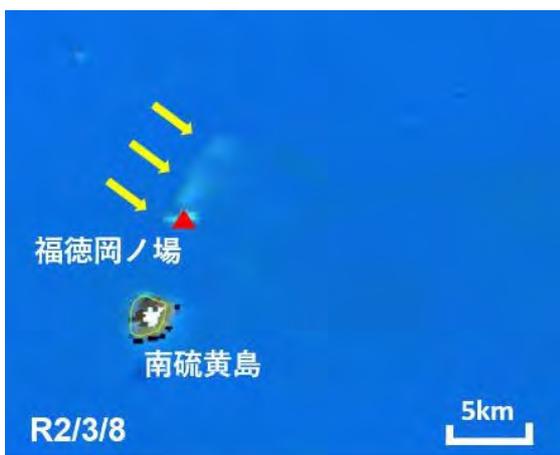


図 3-78

10月9日観測)

図 3-79 にあるとおり、2021年2、3月頃から火山活動と相関する変色水の発生が顕著になっていることを「しきさい」によって観測できた。この情報を基に海上保安庁が航空機による監視強化を始め、その中での大噴火発生となった。また、その後の「だいち2号」による新島形成およびその後の推移、さらに「しきさい」による軽石の観測等、遠方かつ広域に及ぶ事象に対し、様々な衛星観測情報が役立った。



⁵⁸ 中央水産試験場海洋環境グループ「道東太平洋赤潮プランクトン情報（臨時）」 Retrieved from http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/kankyuu/att/NF_doto_redtide_20211018_new.pdf

JAXA では衛星画像から判読した軽石の分布（位置）情報を国内関係機関に提供したほか、広く情報を届けるために特設サイト⁵⁹を解説し、最新の軽石情報の発信に努めた。衛星観測軽石情報は、海洋研究開発機構提供の軽石漂流予測シミュレーション⁶⁰にも活用され、その精度向上にも寄与している（図 3-80）。

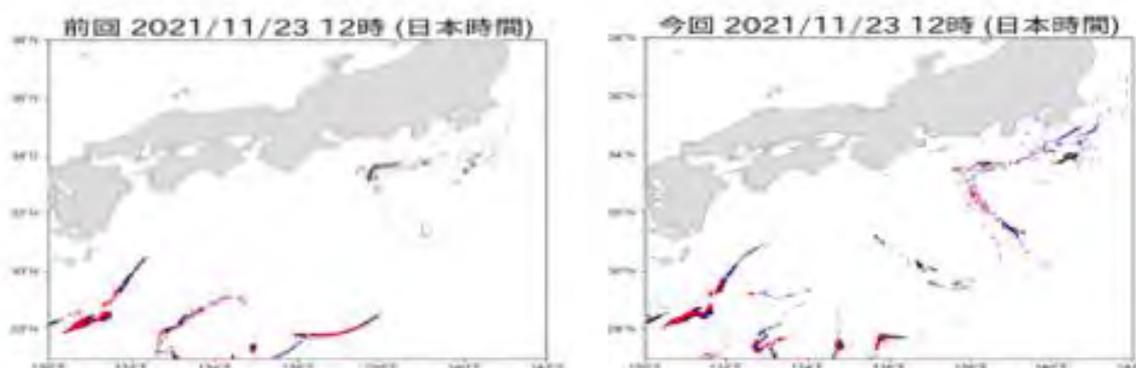


図 3-80 海洋研究開発機構による軽石漂流予測シミュレーション
衛星観測により得られた軽石の位置情報により、精度が改善した（右図）

以上、「しずく」、「しきさい」の観測について海洋分野を中心に紹介した。晴天時であれば「しきさい」の高解像度情報が利用できるが、定常的な情報把握のためには「しずく」のように解像度は落ちるものの、天候に左右されない観測衛星情報も重要である。なお、いずれの衛星も地球周回衛星であるため、関心エリアの上空に衛星が飛来するタイミング以外は観測情報が得られない。（気象衛星「ひまわり」のような静止衛星は特定範囲を定常的に観測できるが、高度が高いため相対的に空間分解能が低くなる）

一方で、海洋モデル技術が急速に発達している。計算機技術の発達で、大量の観測データによる同化（assimilation）が可能となり、衛星で広域に観測される海洋情報がいわばビッグデータとして利用され、海洋のモデルによる再現性が向上している。この一例として、海洋研究開発機構との連携により、同機構の高解像度領域海洋物理モデル（JCOPE-T）を衛星情報によって同化した「海中天気予報」を開発し、公開している⁶¹。衛星観測は海表面に限られるが、海洋モデルを用いることで海中における物理情報の出力値を得ることができる。加えて将来予測への応用も可能であり、衛星同化海洋モデルは今後の海洋状況把握において有力な情報源となると考える。

⁵⁹ JAXA 第一宇宙技術部門「衛星「しきさい」（GCOM-C）等による軽石観測情報」Retrieved from <https://earth.jaxa.jp/karuishi/>.

⁶⁰ 国立研究開発機構海洋研究開発機構付加価値情報創生部門 アプリケーションラボ「福徳岡ノ場の噴火と海流による影響について(最新シミュレーション)」(2022年3月22日) Retrieved from https://www.jamstec.go.jp/j/jamstec_news/20211116/

⁶¹ 宇宙航空研究開発機構。「JAXA ひまわりモニタ：海中天気予報」Retrieved from https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/ocean_model/index_j.html

<海面高度計衛星 COMPIRA>

同化によって海洋モデルの高度化（高精度化）に必要なデータにおいて、海面高度情報は特に重要となる。欧米で海面高度計衛星が開発、運用されているが、基本的に衛星直下の狭い範囲の観測に留まっており、さらにデータ量（観測エリア、観測点）を増やすことが望まれている。そこで観測幅を大幅に拡大する新型海面高度計衛星 COMPIRA（Coastal and Ocean Measurement mission with Precise and Innovative Radar Altimeter）の検討を行い、海洋モデル研究機関や、データ利用が期待される各機関と意見交換を行っている。

また、令和4年度の安全保障技術研究推進制度⁶²で以下の課題が選定されている。

- ・ 研究課題名：新たなデータ同化手法を使った海中水温・塩分推定/予測手法研究
- ・ 研究代表者：宇宙航空研究開発機構 松井 快
- ・ 概要：本研究では、海中水温・塩分の推定に対して新たな機械学習手法を使うことで、新しい面的な海面高度情報を効率的に用い、初期値の決定精度の飛躍的向上をはかるデータ同化手法及びデータ予測手法を確立することを目指します。

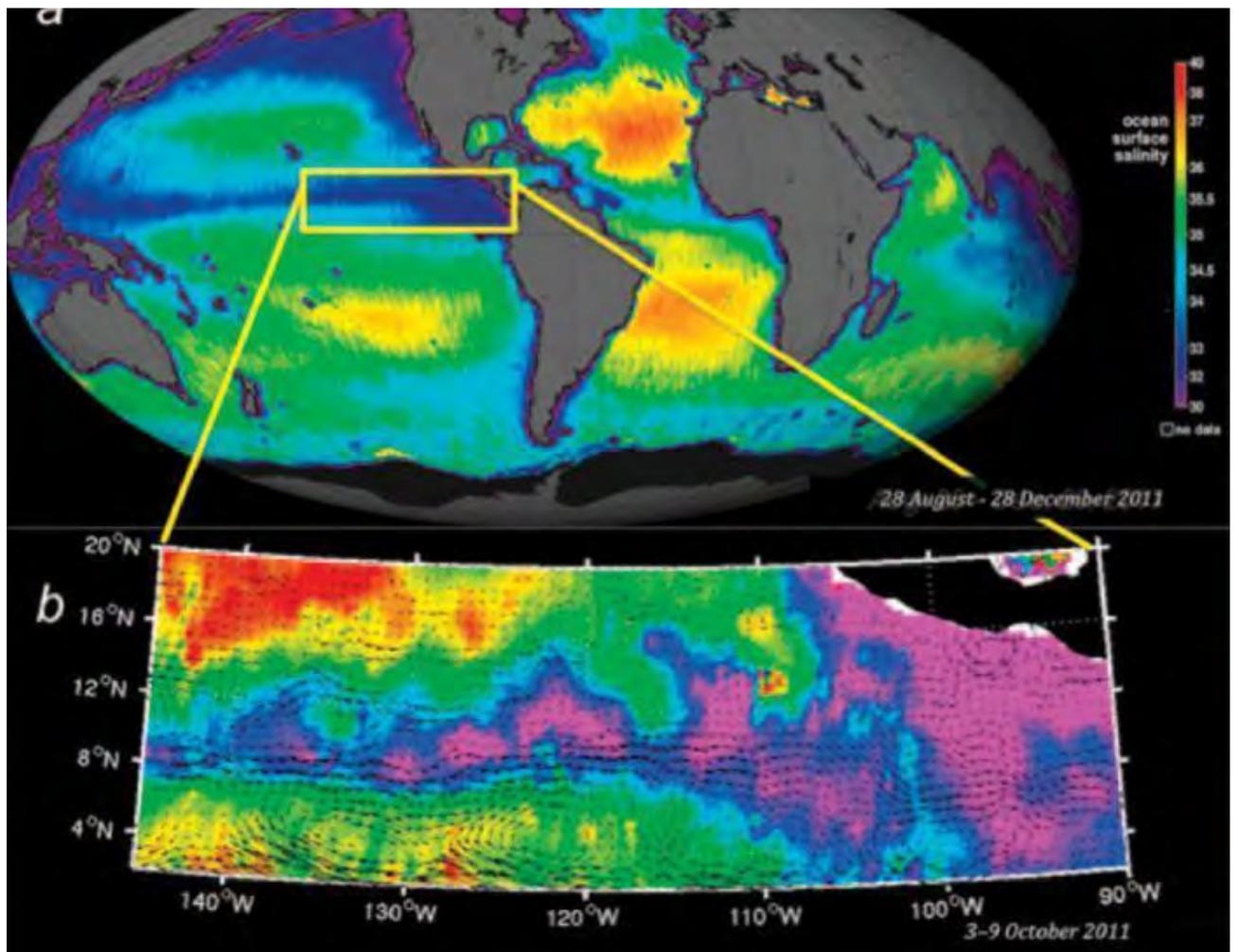
塩分濃度：

海面塩分濃度の観測は海洋、特に海流の解析にとって重要である。海洋循環の駆動力は温度差と塩分濃度差により駆動する熱塩循環と、海上風による風成循環に依っているからである。現在のところ海面温度（SST）および海上風（SSW）についてそれぞれ GCOM-C、GCOM-W などで観測されているが、海面塩分濃度（SSS）については、これまで NASA の Aquarius 衛星と ESA の SMOS 衛星が観測を実施した。

衛星からの観測においては、L 帯で塩分濃度の差による海面温度による放射率の変化で測定するが、L 帯の観測では波浪の状況などによる海面粗度の変化による信号の揺れを始めとし、観測環境における他の要因を非常に正確に除去しつつ測定するため、高精度観測が必要である。かつ、海表面の塩分濃度観測に限られるため、水深ごとの塩分濃度の情報は ARGO フロートなどの自動沈降ブイによるステーションデータと合わせた解析が必要となる高度な観測である。

技術的には、感度を達成するため、大型のアンテナ技術（Aquarius では展開アンテナ、SMOS では展開パッシブ合成開口アンテナ技術）が使われ、さらに Aquarius では L 帯の散乱計を同時搭載して海面粗度補正などを実施している。

⁶² https://www.mod.go.jp/atla/funding/kadai/r04kadai_2.pdf



Mean global salinity for the first 4 months of Aquarius measurements (top). Close-up of 7-day snapshot of the eastern Pacific low-salinity zone showing small-scale salinity structure related to surface current meanders and eddies (bottom).

図 3-81 海水の塩分濃度観測⁶³

⁶³ https://aquarius.oceansciences.org/cgi/sci_results.htm

GOCI-2 (Geostationary Ocean Color Imager: Follow-on) :

世界初の静止軌道からの海色観測衛星 GOCI の後継として、韓国によって GOCI-2 が 2020 年 2 月 18 日に打ち上げられ、運用中である。

韓国周辺域を観測した情報（特に海洋）を解析し、配信しており、当然日本域も含まれる（図 3-82）。

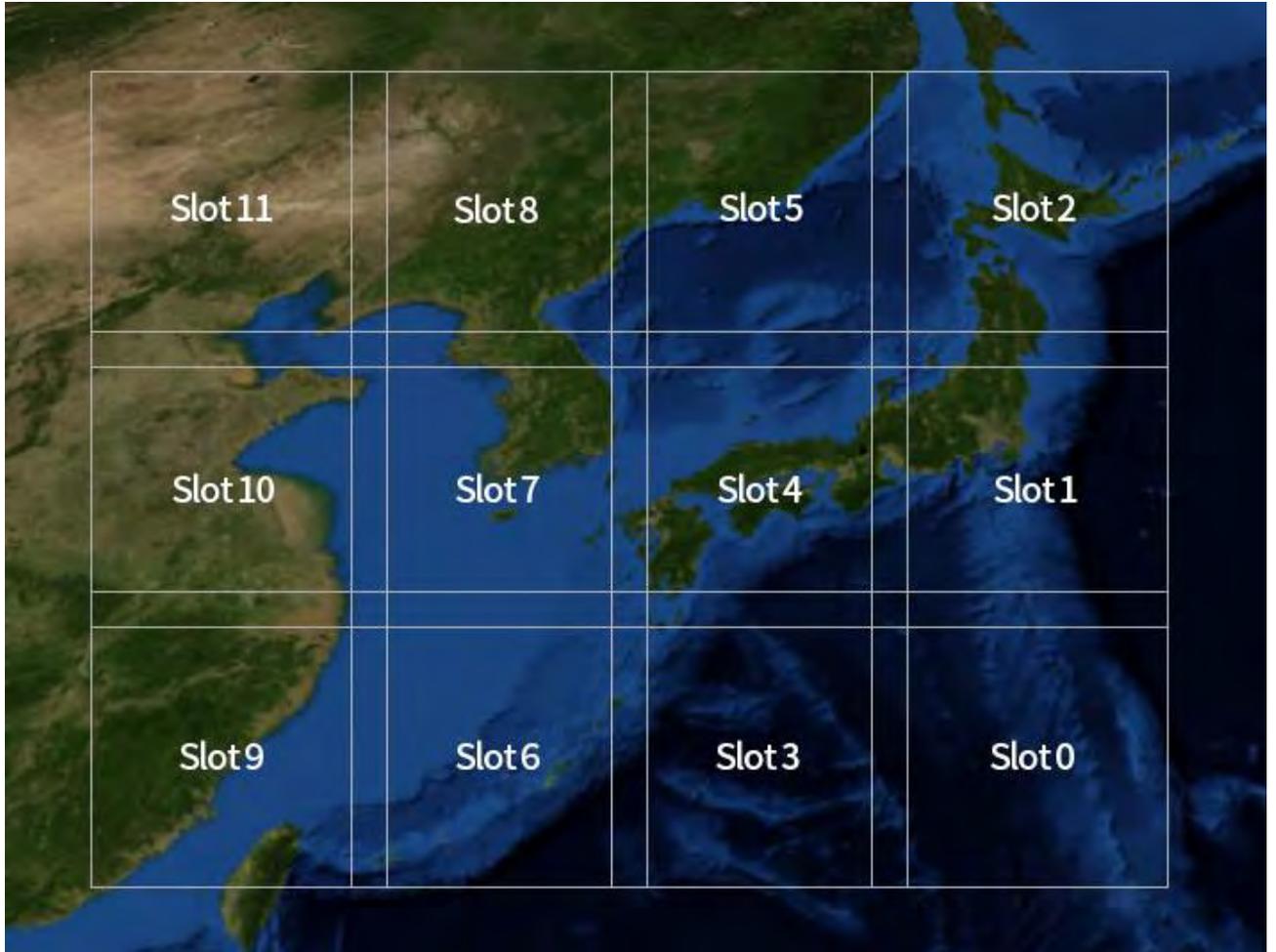


図 3-82 GOCI-2 観測データのエリア 12 の Slot 別に情報が提供されている

GOCI-2 による (L2) 観測プロダクト一覧を図 3-83 に示す。海洋関係のプロダクトが多く、クロロフィル A 濃度のフロント（境界）や漁業向けの情報（FGI）があることも興味深い。

プロダクト名 ^{*1}	略称 ^{*1}	定義 ^{*2}
Rayleigh Corrected Reflectance [レイリー散乱補正済反射率]	R _{boc}	Sea surface reflectance with corrected Rayleigh scattering in the atmosphere
Remote Sensing Reflectance [海面反射率]	R _{rs}	Sea surface reflectance corrected through atmospheric correction
Absorption Coefficients [光吸収係数]	A	Coefficient of the equation that calculates the degree to which seawater absorbs light
Backscattering Coefficients [後方散乱係数]	B _b	Coefficient of the equation that calculates the degree to which light is scattered in the water in the opposite direction of travel
Diffuse Attenuation Coefficient [拡散減衰係数]	K _d	Light Diffusion Attenuation Coefficient
Secchi Disk Depth [透明度]	Z _{sd}	Horizontal Water Clearness
Chlorophyll-a Concentration [クロロフィル a 濃度(植物プランクトン)]	Chl	Chlorophyll Concentration in Phytoplankton in Seawater
Total Suspended Material Concentration [総浮遊物濃度]	TSS	Total Suspended Minerals in Seawater
Colored Dissolved Organic Matter [有色溶存有機物]	CDOM	Amount of Organic Matter Dissolved in Seawater
Floating Algae [流れ藻]	FA	Amount of Floating Algae. Present on the Surface of Seawater
Marine Fog [海霧]	MF	Sea Fog Existence
Red Tide Index [赤潮指数]	RI	Red Tide Occurrence Status
Sea Ice [海氷]	SI	Lump of Ice, Present in the Sea
Primary Production [基礎生産]	PP	Ratio of energy production in the form of organic compounds, produced through photosynthesis and chemical synthesis for the unit hour in the sea
Chlorophyll-a Front [クロロフィル a 濃度(境界面)]	CF	Boundary where seawater characteristics are rapidly changed horizontally in the sea. It is formed by meeting two water masses with different properties
Sea Surface Current [海面流]	SSC	Seawater direction, flow rate information

プロダクト名	略称	定義※2
Low Sea Surface Salinity [海面塩分濃度]	LSSS	Identification of water masses with low salt concentration, flowing from land, etc
Fishing Ground Information [漁場情報]	FGI	Index that divides the environment where a fishery is formed into five levels
Aerosol Optical Depth [エアロゾル光学的厚さ]	AOD	Attenuation coefficient of light quantity for light propagation path
Aerosol Type, including DUST Aerosol Type [エアロゾルタイプ]	AT	Aerosol Type (Yellow Sand)
Land Surface Reflectance [大気補正済陸域反射率]	LSR	Ground surface reflectance corrected through atmospheric correction
Land Surface Albedo [地表面アルベド]	LSA	Albedo of land surface
Normalized Difference Vegetation Index [植生指数]	NDVI	Index indicating the vegetation distribution and characteristics from the optical characteristics of the vegetation area
Enhanced Vegetation Index [植生指数]	EVI	Enhanced vegetation index based on the MODIS data
Land Cover [土地被覆]	LC	Land Cover Map

※1 https://ioccg.org/wp-content/uploads/2016/02/2.11-ioccg26-jkchoi_goci_2.11.pdf より抜粋

※2 <https://kosc.kiost.ac.kr/index.nm?menuCd=49&lang=en> 参照

図 3-83 GOCI-2 の L2 プロダクト一覧

GOCI-2 海洋に関するデータ例（日本周辺の拡大図）を図 3-84 に示す。

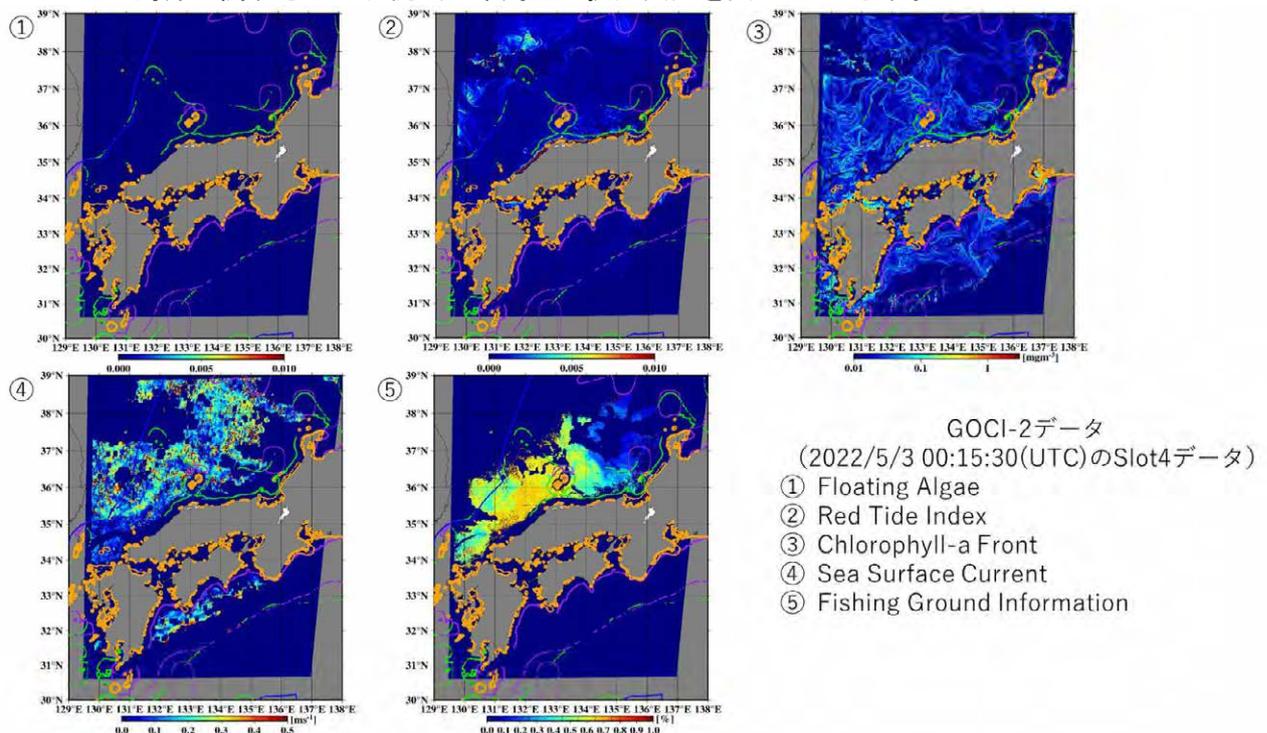


図 3-84 GOCI-2 の各種プロダクトを図示したもの（日本周辺域）

図 3-85 は日本の南西部付近のクロロフィル濃度について GOCI-2 と GCOM-C を比較したものである。GCOM-C と比べ、沿岸域の欠損が多い。またいずれの衛星も分解能は 250m となっているが、図 3-85 を細かく見ると GCOM-C の方が精細なものとなっている。

地球周回衛星で軌道高度が 798 km の GCOM-C に対し、静止衛星で軌道高度が 35,786 km の GOCI-2 は観測画像の質では不利な条件にある。

我が国周辺は GCOM-C、GOCI-2 のいずれも観測、処理（配信）されて利用できるため、信頼性の高い情報は GCOM-C をベースとしながらも、時間経過に伴う変化は GOCI-2 で捉えるといった複合的な利用方法が可能である。両衛星の運用期間（可能であればそれぞれ後継機による継続が望ましい）は、日本周辺の海洋情報の発展において、衛星観測の点で恵まれた期間となる。

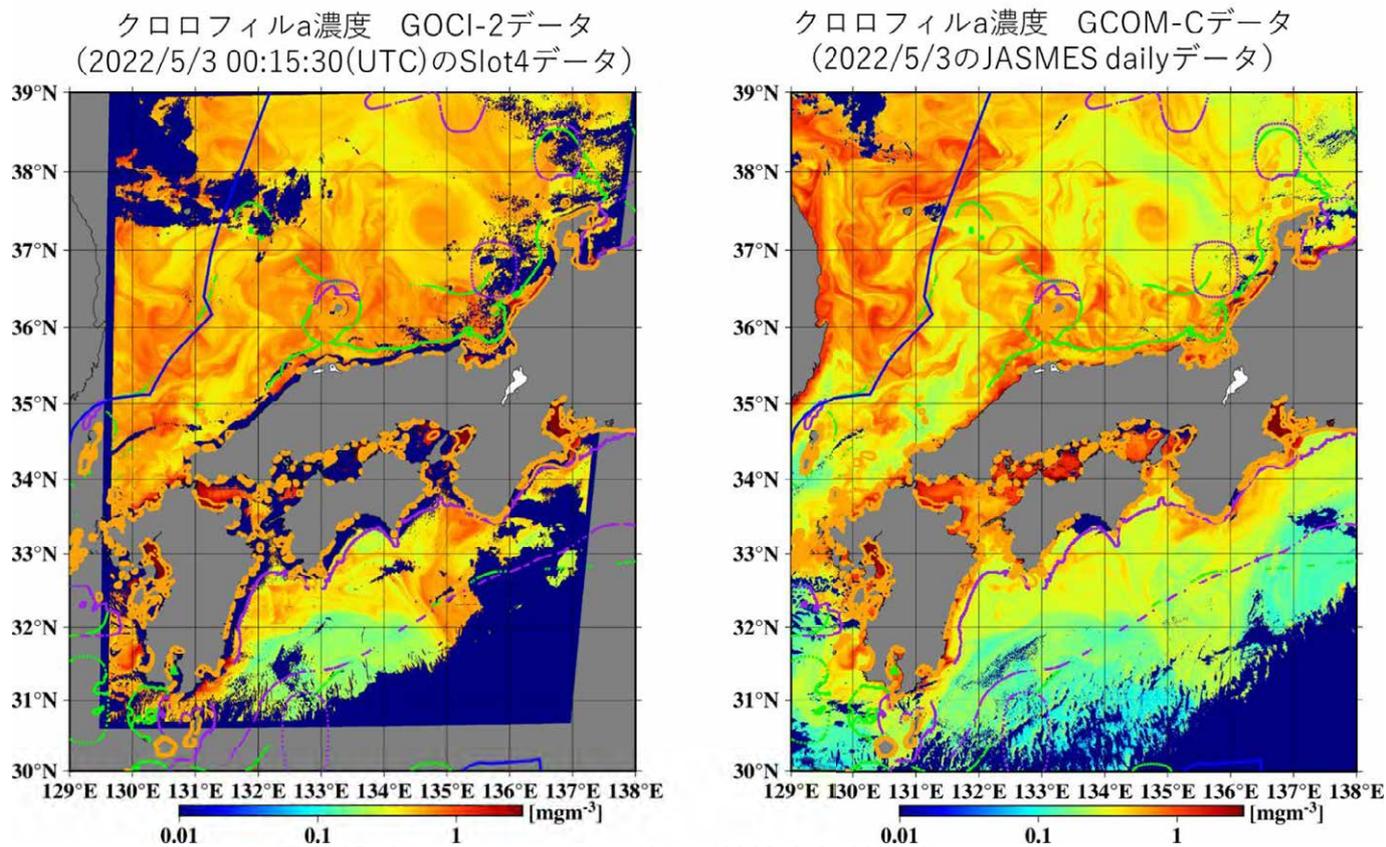


図 3-85 クロロフィル濃度の比較 (GOCI-2 と GCOM-C)

また、図 3-86 は塩分濃度に関する GOCI-2 と Copernicus 海洋 (CMEMS) から提供されている Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast updated Daily (モデルによる計算値、空間解像度: 0.083°) を比較したものである。モデルは雲等による観測欠損が生じないが、GOCI-2 は細かい塩分濃度変化が観測されている。

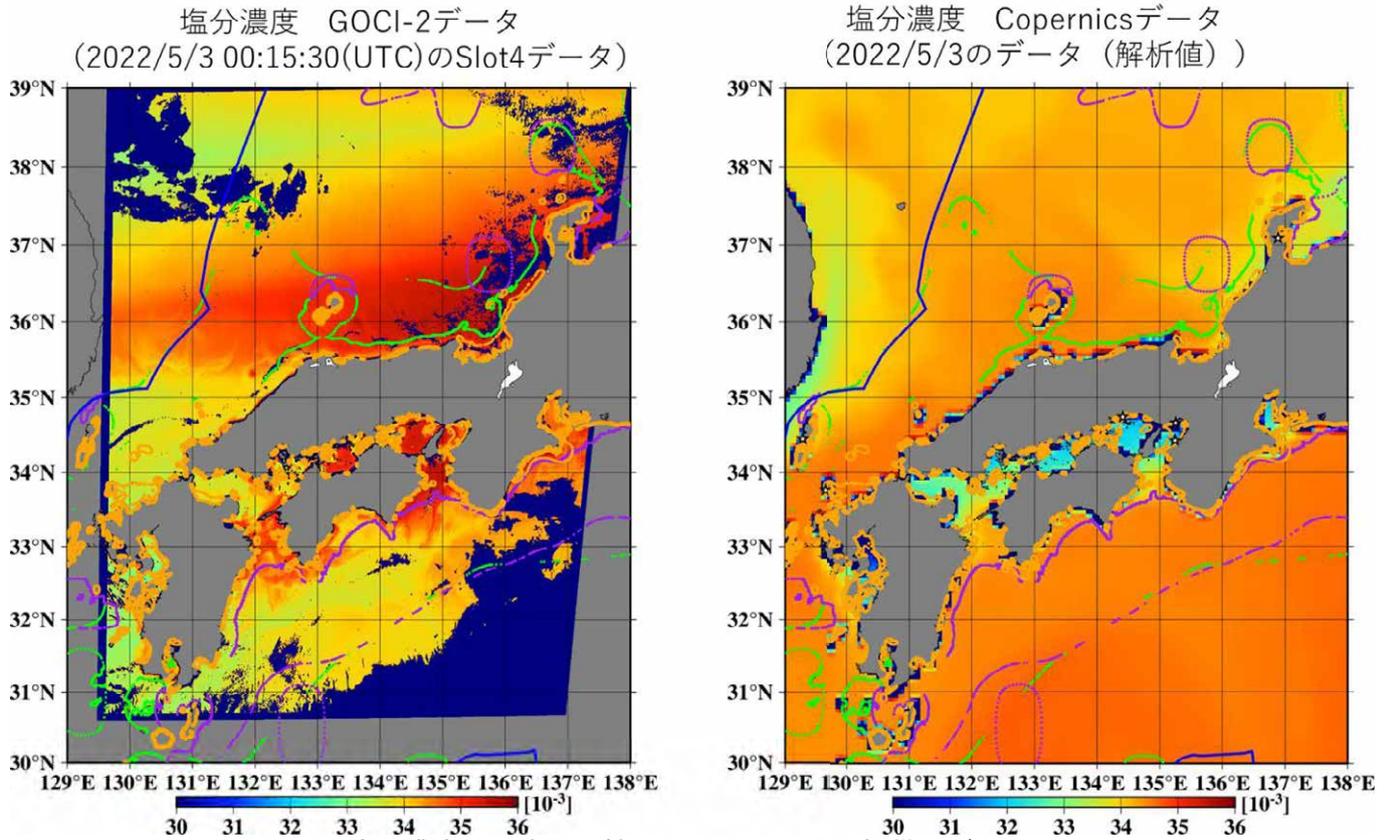
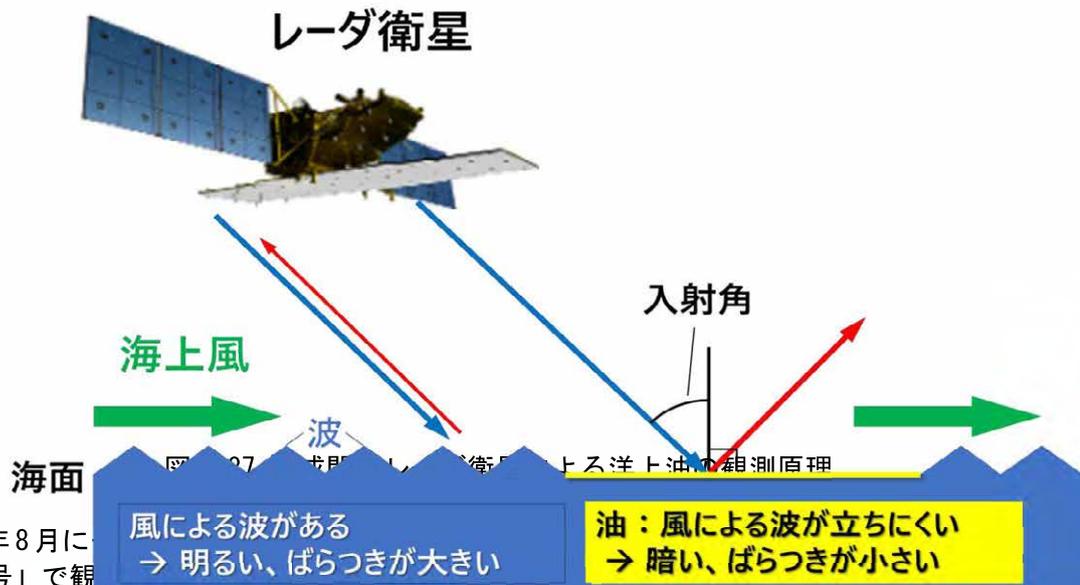


図 3-86 塩分濃度に関する比較 GOCI-2 と CMEMS 提供モデル

<「だいち2号」による洋上油の観測>

事故や不法投棄等による洋上への油流出に対し、光学衛星や合成開口レーダ衛星による観測が行われている。ここでは合成開口レーダ衛星について、「だいち2号」での観測例を含めて説明する。図 3-87 に洋上の油観測の原理を示す。風によって波立った海面に対しては、レーダ衛星から放射したマイクロ波の反射（後方散乱）もある程度衛星側に戻ってくる。一方で油が海面に存在すると、風による波が立ちにくくなるため、衛星側へのマイクロ波の反射が相対的に小さくなる。この差から海上の油の範囲を観測することが可能である。（但し、あまりに風速が弱いとき、または強いときは油の有無による波立ちの状態の差が小さく、判読が難しくなる。）



2020年8月に「だいち2号」で観測された流出油の範囲が確認されており、これを流出油と判読している。以降の流出油の減少を含め、「だいち2号」の緊急観測を継続した。当時、国際緊急援助隊・専門家チームに参加していた海上保安庁へ観測データ提供及び技術支援を行った。海上保安庁による解析結果は、国際緊急援助隊・専門家チームにより利用された。

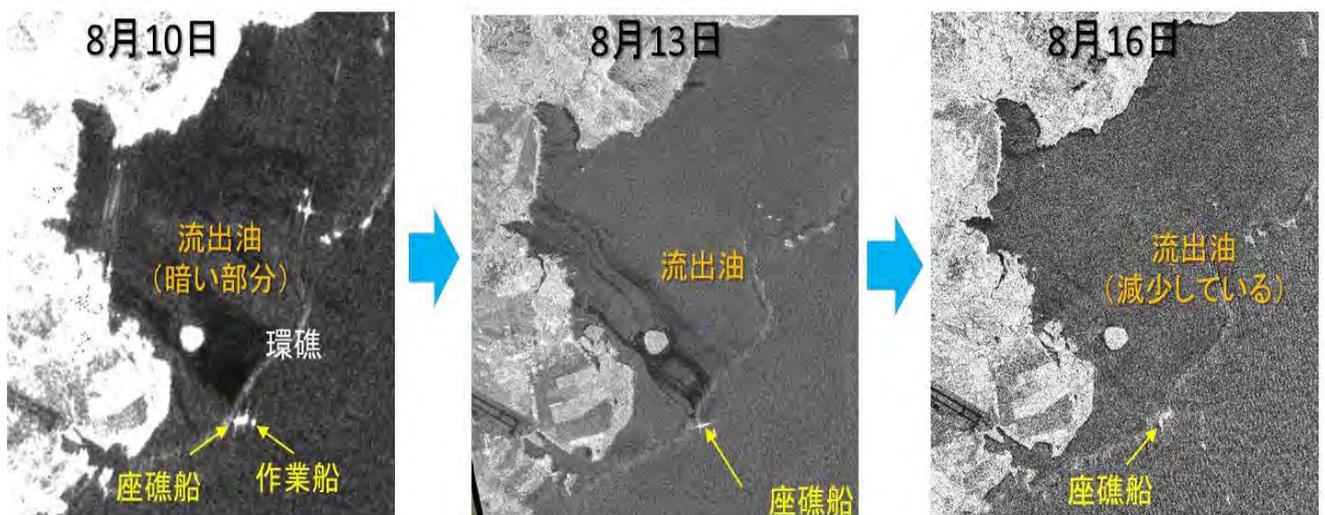


図 3-88 モーリシャス沖貨物船座礁事故による油流出に対する「だいち 2 号」観測画像

<抗たん性、妨害行動への対応>

SAR 衛星が地上レーダ施設の電波を受ける件：

SAR 衛星観測画像では年々、地上から送信される電波を受信することによる画像上のノイズ発生が増えてきている。主な発信源として航空機、ミサイルに対する探知用のレーダーと思われる。

JAXA の ALOS-2、欧州の Sentinel-1 A/B 等で生じており、関係の技術者間で情報、意見交換を行っている。人工の電波であるため特定のパターンを有しており、そのパターンを調べて除去する処理を行うことで、ノイズを減らす技術の開発が行われている。このような対策も可能であるものの、レーダ衛星からの監視されたくない対象がある場合には、軌道が知られている SAR 衛星に対し、妨害する電波を発信することで SAR 観測に対抗することも可能と考えられる。また、存在が知られていない移動式のレーダ等について、SAR 衛星での受信情報を元に場所の特定や動作の検知に応用することも可能である。

2022 年 2 月のベリングキャット（オープンソースインテリジェンスが主な対象）による Web 記事：Radar Interference Tracker: A New Open Source Tool to Locate Active Military Radar Systems⁶⁴の内容を紹介する。ある地理空間技術者が、欧州の SAR 衛星 Sentinel-1（オープンフリーとして公開されている）の画像において、中東で強い干渉パターンがあることに気づいた。調べが進んだ結果、バーレーン、カタール、ヨルダン、イスラエル、イエメンなどに展開された MIM-104 パトリオット PAC-2 などの運用中のミサイル防衛システムによるものと確認された。ミサイル防衛システム等の軍事レーダと、SAR 衛星の観測する周波数帯が重なっていたためである。SAR 衛星が軍事レーダから受信した場所は、SAR 画像で明るい縞状のノイズとして出現し、それが交差するところが軍事レーダの場所として推定される。

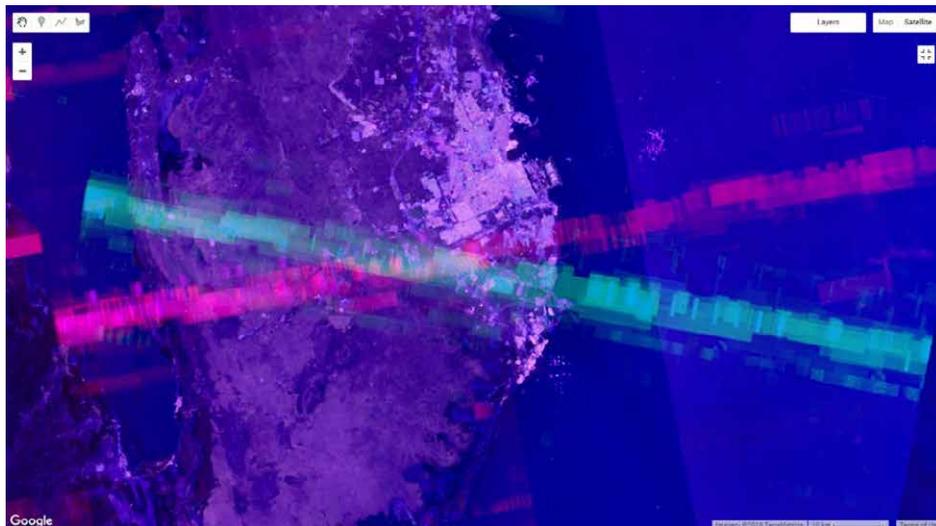


図 3-89 Sentine-1 衛星画像における干渉パターン（青、赤）2 本が交差するところにレーダ源があると推定。

⁶⁴ 報告書中の図を含め、出典：<https://www.bellingcat.com/resources/2022/02/11/radar-interference-tracker-a-new-open-source-tool-to-locate-active-military-radar-systems/>

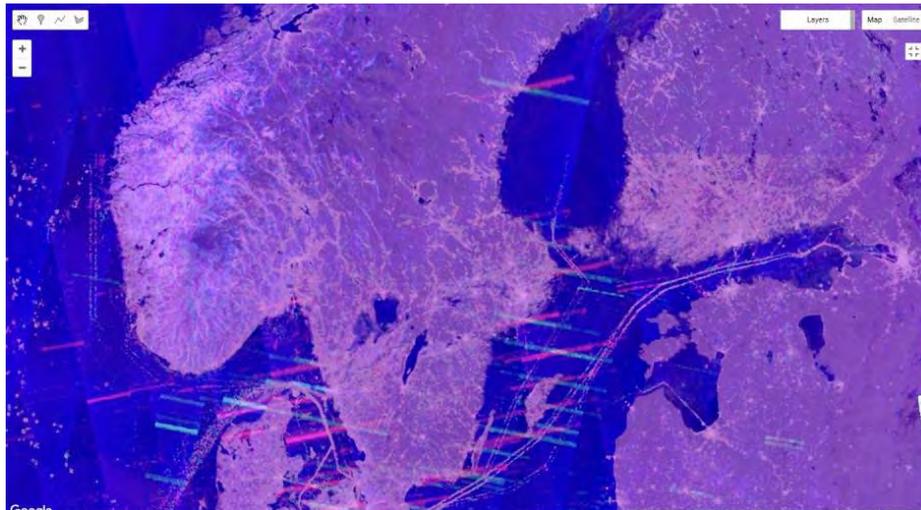


図 3-90 スウェーデンにおけるパターン例

2021 年 9 月では、ロシアの町、ポゴノヴォとリスキ付近で強いノイズが検出された。2019～2020 年に撮像された画像ではこのようなノイズは無く、2021 年後半にロシア軍が移動したことによるものと考えられる。



図 3-91 ロシア/ウクライナ国境付近の様子。2021 年後半から・・・ロシアによる配備

(8) 米国の安全保障に関わる衛星観測の状況、動向（小型衛星含む）

概観

従来、国家安全保障に関わる商用の観測衛星は、観測データの提供に専念して、分析・処理・配信は政府機関の役割であった。政府内においても、NRO（米国国家偵察局）はデータの提供が役割であり、NGA（米国国家地理空間情報局）が分析・処理・配信を行って来た。商用衛星の場合には、当初は、NRO が関与することは無く、NGA が商用企業から直接データを取得して、分析・処理・配信を行って来た次第である。NRO と NGA の重複作業を防止するため、NRO による一括調達に変更したが、NGA が商用企業から 取得する場合も残っている。

当初は、デジタルグローブ（現マクサー）社の独占市場であった商用画像は、現在は競争状況に入り、NRO は複数の商用企業と契約している。競争の激化に伴い、マクサー社は、NRO や NGA 以外の販路の拡大を目指しており、同社の衛星画像は報道機関や非政府団体のホームページで頻繁に見られるようになった。

ロシアのウクライナ侵攻において、問題となったのは、西側諸国の戦術的能力の欠落であり、これは小型衛星を多数配置する新興企業に機会を与えたことになる。分析の高度化が要求される一方で、紛争地域や被災地域のユーザはリアルタイムのデータを必要としている傾向が見えている。これらの要求に全て応えるのは、現在の仕組みでは時間を要し、困難な場合が出てきている。このような状況に対処すべく、NRO は多数の商用衛星画像提供事業者と試験用途の契約を進めている。一方、民間でも、多くの商用衛星画像提供事業者と契約して、情報分析プロダクトを提供する URSA スペースのような企業も出現している。

従来の商用画像衛星は、サービスとしてのデータの範疇であったが、サービスとしてのプラットフォームも出現している。また、フィンランドの ICEYE 社は、「サービスとしての衛星」のような事業を行っている。この「サービスとしての衛星」モデルは最近開発されたものである。ICEYE 社は 最近、完全に運用可能な SAR 衛星の新しい製品を今後数か月以内に提供すると発表した。このモデルにより、国家や企業は ICEYE 社のようなメーカーから既製の衛星を取得できるため、資産は顧客自身が完全に所有することができる。事例はウクライナである。ICEYE 社の報道発表では、「契約の一環として、ICEYE は既に軌道上にある SAR 衛星の 1 基の完全な能力を、ウクライナ政府が、この地域で使用できるように譲渡する。SAR 衛星は ICEYE が運用する。更には、ICEYE は SAR 衛星群へのアクセスを提供し、ウクライナ軍が重要な場所で頻繁に再訪するレーダー衛星画像を受信できるようにする。」と記載している。これは、衛星製造を発注するのではなく、様々なユーザが使用する衛星の衛星画像を購入するのでも無く、軌道上に既にある衛星の完全な能力一式を所有することであり、これが「サービスとしての衛星」事業モデルという概念である。

後述する個人評論家のアラヴィンド氏が主張するような垂直統合に繋がる動きが見られる可能性がある。垂直統合モデルには、前方と後方の 2 種類がある。「前方垂直統合（Forward Vertical Integration）」は最も一般的な種類であり、組織が宇宙セグメントで垂直統合されるだけでなく、衛星からのデータに基づくプロダクトの開発を所有することも選択する。プラネット社（Planet Labs）の事例を後述するが、比較的分かり易いものである。

「後方垂直統合（Backward Vertical Integration）」は、ビジネスの能力として、独自の地球観測衛星能力（例えば宇宙からの植生監視）を開発することを決定した企業の間では、新たな傾向となっている。これは、企業が独自の社内地球観測能力の構築に投資し、既存の商用及び（政府）機関の情報源からのデータを活用することを意味する可能性がある。故に、これは『データ戦略』とも呼ばれる。このような事例として、Husqvarna 社の Intellion を挙げている。詳細は後述するが、これは植生監視ツールである。しかし、後方垂直統合は前方垂直統合と比較すると単純では無く、ゼロから、又は既存の商用地球観測衛星事業者との戦略的パートナーシップ/投資（これは『宇宙戦略』とも呼ばれる）を通じて、独自の地球観測衛星コンステレーションの構築に投資することを 選択している企業を指す場合もある。事例として、パランティア社（Palantir Technologies）や Tomorrow io 社（気象インテリジェンス）を挙げている。パランティア社は、商用地球観測衛星企業の Blacksky と提携して、Blacksky の『スペクトラ』（Spectra）AI プラットフォームは、パランティア社のファウンドリ（Foundry）プラットフォームをベースにしている。またパランティア社は Blacksky に資本参加している次第である。

アラヴィンド氏は、地球観測産業界が進化するにつれて、より多くの地球観測衛星企業が特

定の産業界やユースケース向けの製品を垂直化して構築することを決定し、垂直統合を進めることが予想している。地球観測産業界以外の他の企業は、既存の地球観測衛星事業者からデータを取得するだけでなく、「データ戦略」又は「宇宙戦略」のいずれかを使用して、独自の地球観測能力でそれを補完することを選択すると予測している。

(9) 2022年の地球観測衛星の動向

個人評論家のアラヴィンド氏（Aravind）〔地球観測コンサルタント及び意志伝達者、TerraWatch 宇宙サイトの運営者〕が運営する「TerraWatch Space Insights⁶⁵」というサイトがある。個人的な見解なので、その点を考慮する必要があるが、積極的に洞察を全体的な視点から参考になる洞察は多い。同サイトでは、以前から地球観測運営スタック（適切な訳語が見つからないのでカタカナ表示とする）を紹介している。

以下に商用地球観測の現状 2022年版から抜粋した概要を示す⁶⁶。

地球観測運営スタック

地球観測（地球観測衛星）市場は、その運営スタックの3種類の主要な層に分類できる。即ち、取得、配信、インテリジェンスである（図 3-92 を参照）。

- 1 取得：衛星からのリモートセンシングデータの収集に関係する、宇宙、衛星、センサに関係するほとんどすべての階層。
- 2 配信：衛星データをアクセス可能、相互運用可能、融合可能、使用可能にし、データを有用な情報に変換することに重点を置いた層。
- 3 インテリジェンス：衛星データの価値が、たまたま地球観測（地球観測衛星）セクターの領域外にいるユーザによって実現される階層。「インテリジェンス」は、更に「分析」、「洞察」、「アプリケーション」に分類できる。

昨年のインフォグラフィックからの最も根本的な変更の1つは、地球観測（地球観測衛星）バリューチェーン全体の企業の進化を強調するために、インフォグラフィックを垂直にしたことである。これは非常にダイナミックな市場であり、いくつかの可動部分が引き続き存在する。

⁶⁵ <https://newsletter.terrawatchspace.com/>

⁶⁶ Aravind. *The State of Commercial Earth Observation: 2022 Edition* (2022年8月28日). Retrieved from: <https://newsletter.terrawatchspace.com/p/the-state-of-commercial-earth-observation>

EARTH OBSERVATION OPERATING STACK



Updated August 2022

© TerraWatch Space, by Aravind

terrawatchspace.com

図 3-92 地球観測運営スタック

地球観測：取得

ここ数年で、取得階層での企業の形成に大きなブーム（またはバブル？）が存在した。それ

は、次の3つの要因によるものと思われる。

- 宇宙産業の進歩により、宇宙へのアクセスが容易になり、衛星システムとサブシステムの小型化が進んだ。
- サービスとしての宇宙、場合によってはサービスとしての衛星などの革新的なビジネスモデルにより、より多くの顧客が「宇宙戦略」に投資できるようになる。
- 気候変動、環境危機、進化する地政学が組み合わせり、地球とその上での私たちの活動に関するより多くのデータが求められている。

図 3-93 に、センサの種類ごとの地球観測衛星企業のマッピングを示す。全てを網羅するように最善を尽くしたが、省略やエラーがあった場合は遠慮なく連絡を乞う（可能性がある）。私が興奮しているのは、地球、地球上の私たちの生活、そして両者の複雑な関係について、より多くのデータを取得しようとしているということである。

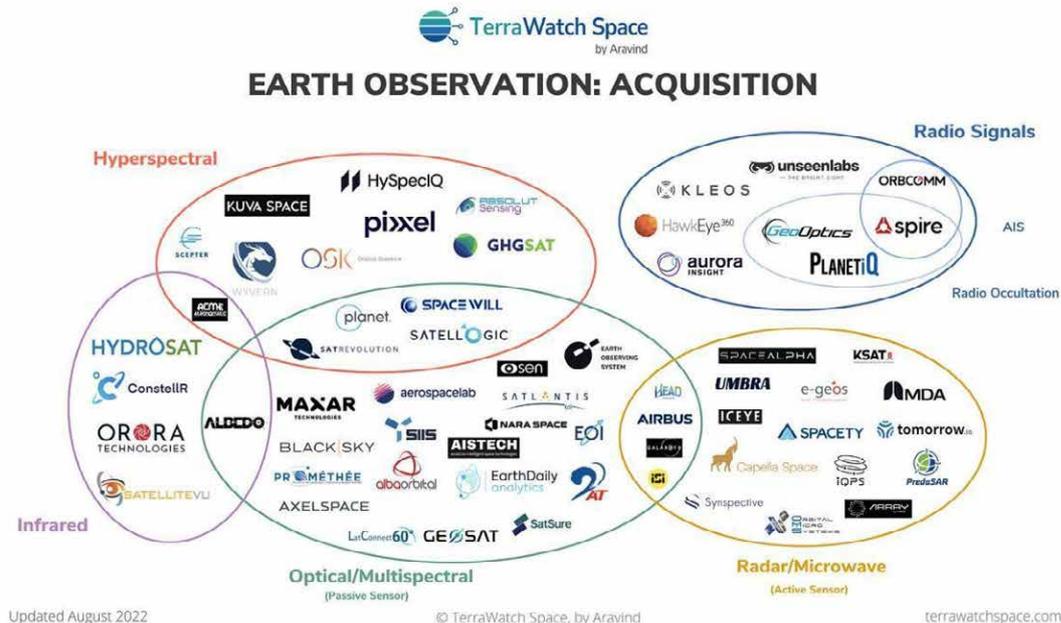


図 3-93 地球観測 取得

商用の取り組みに加えて、多くの国が、国家宇宙戦略の一環として、独自の地球観測コンステレーションに投資している（UAE やオーストラリアなど）。主権とデータの独立性に対する戦略的利益、および固有の能力を構築するための社会経済的根拠により、いくつかの国から追加の地球観測衛星の計画が導かれている。しかし、前に述べたように、簡潔にするために、この記事では商業的な取り組みのみに固執している。

地球観測：配信

これは昨年の成果物に新しく追加したもので、この階層ではかなり多くの活動が行われている。過少報告されたり誤解されたりすることがよくあるが、これは根本的に地球観測衛星パズルの最も重要な部分であると信じている。以下に4種類の理由を示す。

- アクセシビリティ：クラウドでデータが腐敗しないようにするため。
- 相互運用性：データサイロを構築しないため。
- 融合可能性：個別の内容を集めたものよりも、全体の方が大きい（融合したものが加わる）地球観測衛星においてさえも、それが当てはまる。
- ユーザビリティ：衛星データがユーザにとって分析のために利用できるよう準備済であることがユーザ側から確認できるようにするため。

私は、地球観測衛星の「配信」を3種類の階層に分類している。即ち、①プラットフォーム、②マーケットプレイス、③インフラである。注意すべき点がいくつか存在する（図 3-94 を参照）。

1. これらの企業の一時的な性質と、それらが提供するものを考えると、セグメンテーションは 図に示すように明白では無い。

2. この分野で活動しているほとんどの企業は、相互依存または独立のいずれかである。

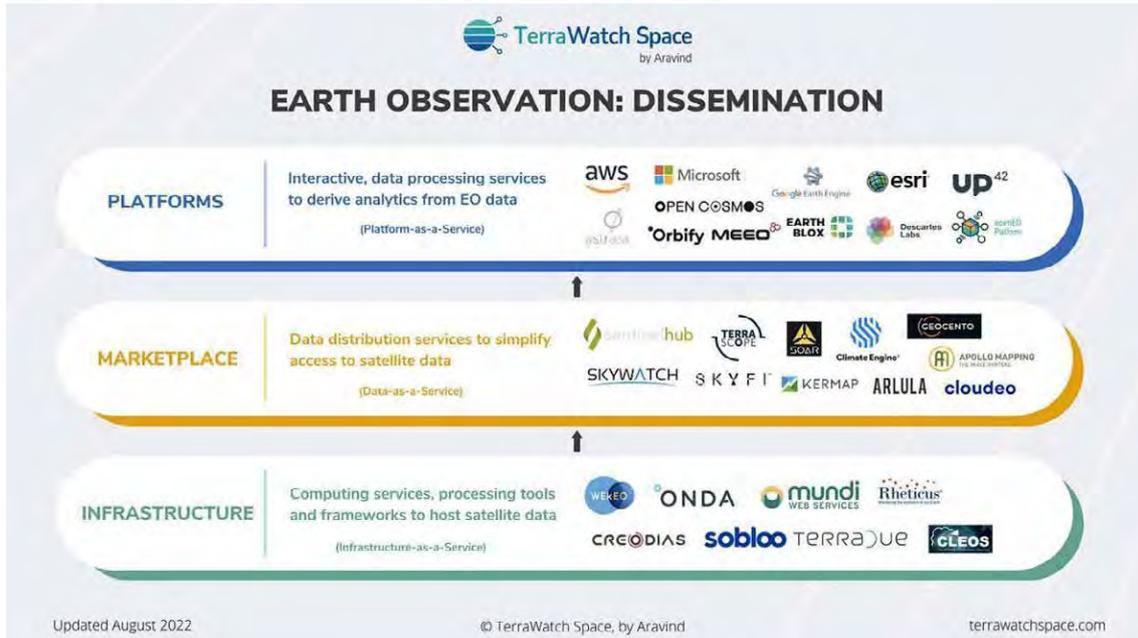


図 3-94 地球観測 配信

地球観測衛星 業界が進化するにつれて、大規模な高度技術企業が地球観測衛星プロダクトポートフォリオを多様化する一方で、階層内の小規模な地球観測衛星企業は、それらと提携しようとするか、買収に向かう可能性がある。

地球観測：インテリジェンス

昨年、「バーティカル化」について執筆した。これは、業界やユースケース全体の問題を解決するための製品を提供するのではなく、バーティカル固有の問題を解決する能力の開発に焦点を当てた企業の傾向である。地球観測衛星セクター全体でそれが見られる。農業市場向けの衛星を打上げる地球観測衛星企業はほとんどなく、保険顧客向けの製品を開発している地球観測衛星企業もいくつかある。

分析、洞察、アプリケーションの 3 種類のセグメントの分類は年々曖昧になってきており、これは避けられないことである。一部の分析企業はカスタムアプリケーションを構築しているが、一部の分析企業は反復可能なモデルを見つけ始めている。

インテリジェンス階層で注目すべき 3 つのポイント：

- アプリケーション階層への道：一部の企業は枠内にとどまるが、他の企業は、拡張性があり、反復可能なモデルを見つけることを可能にする 1 つまたは幾つかのユースケースを見つけようとしている。
- 市場開拓戦略：通常の顧客への直接アプローチとは別に、大規模なコンサルティング会社と戦略的パートナーシップを構築し始めている企業もあれば、世界の規模大なエンタープライズ ソフトウェア企業との統合を構築している企業もある。
- 全てを見つけることは出来ない：地球観測衛星バブル内では、私達は分析及び洞察セグメントの殆どの企業にさらされることになるが、アプリケーション階層の全ての企業を追跡することはできないことを認識する必要がある。それは「地球観測衛星業界」の一部ではなく、独自の特定の分野（農業技術 [agtech]、保険技術 [insurtech]、気候技術 [climatech] など）の一部である。

次以降では、最近話題となった、各種トピック別の公開情報に基づき、動向を解説する。

(10) 各種公開情報に基づく地球観測衛星の動向

GEOINT コミュニティにおける 2022 年の画像とリモートセンシングのトレンド (Esri 社) ⁶⁷

May 06, 2022 Beau Legeer

成功した GEOINT シンポジウムに参加したばかりなので、今年のトレンドを振り返る時間をとっている。なじみのない方のために説明すると、GEOINT シンポジウムは、2004 年以来、地理空間インテリジェンスの専門家にとって米国で最高のイベントとなっている。今年のテーマは「インテリジェンスの基盤」であった。これは、拡大する世界的な紛争、気候変動への懸念、新しいインフラストラクチャの野心に関する取り組みを伝えるために今年使用されたさまざまな方法を考えると、特に適切だった。これまで GEOINT に 10 回ほど参加してきたが、今年の議論に参加した新しい心と新鮮な視点の流入にも触発された。実証済みの戦略と最新の技術を組み合わせて連携させる多くの例があり、イノベーションの明白な話題が存在した。私が参加したディスカッションの多くは、画像コンテンツのアクセシビリティ、分析、及びデータ共有を中心に展開された。

場所や状況をより詳細に見る

多くの人が気づいているように、衛星企業または画像コンテンツ 提供事業者の数は、過去 10 年間で着実に増加している。従って、今年の会合でも、MAXAR や Airbus 等のより確立した 企業から、Albedo、Xplore、Umbra Space などの有望な新興企業迄、これ程強力なプレゼンスがあったことは驚くべきことでは無かった。昨年、Esri 社のグローバル ビジネス開発担当部長の Richard Cooke は、GEOINT 後のブログで、より高い解像度を備えた大型衛星の新しい波が 出現していると述べた。この約束はその後実現した。GEOINT でより確立したコンテンツ提供事業者の一部が共有した画像は、まさに絶妙であった。エアバス社のプレアデス・ネオ・コンステレーションは現在、軌道上に解像度 30 cm の衛星を 4 基乗せており、解像度と時間周波数の両方で情報収集能力を向上させている。



図 3-95 出典: Airbus 提供のワシントン D.C. の衛星画像

従来の（衛星を傾けない）直下視だけでなく、オフナディア（衛星を傾けた）画像収集からも非常に優れた画質が得られる。これは、遠くからの状態の評価または監視に不可欠である。斜めの視点により、撮像の繰り返しが高速になり、他の方法では隠されている可能性のある地上アイテムの詳細が追加されるためである。従来、分析者はこの画像を使用する際に解像度を犠牲にしなければならなかったが、図-5 に示すような例を見ると、それがもはや当てはまら

⁶⁷ <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-enterprise/imagery/2022-imagery-and-remote-sensing-trends-in-the-GEOINT-community/>

ないことがわかる。

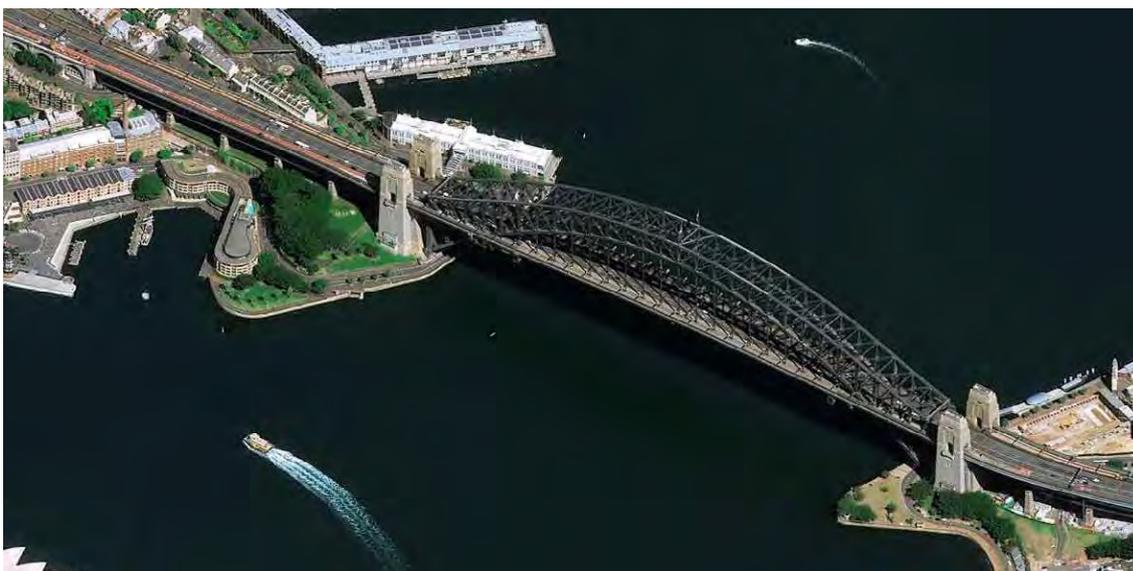


図 3-96 出典: Airbus 提供のオーストラリア、シドニーのオフナディア画像

私は個人的に、この品質の飛躍に非常に興奮している。これは、中央政府の宇宙だけでなく、あらゆる場所の分析者に可能性の水門を開くからである。これが地理情報システム（GIS）分析者にとって何を意味するのか、特に楽しみである。GIS 技術と組み合わせると、画像の価値が飛躍的に高まる。画像を他の空間データと重ね合わせることで、景観、地球のシステム、人間活動の全体的で現実的な画像を得ることができる。見逃した方のために説明すると、Esri と Airbus は 3 月にパートナーシップを発表し、Airbus の画像を直接 ArcGIS Online に統合した。私は会議で、進行中または同様にこれを行いたいと考えている他の商用画像提供事業者からも連絡を受けた。確立した画像提供事業者と新興画像提供事業者の両方が協力して、画像をこれまで以上にアクセスしやすくしている。

状況を監視し、変化を迅速に検出

解像度の傾向を超えて、私は「オンデマンド」タスクの傾向として私が造語するものも見ている。

これは、現在利用可能な幾つかのより大きなコンステレーションによって可能になる。以前は、分析者は、以前の収集活動からの画像のアーカイブに依存する必要があり、ユースケースに適用できる画像を見つけるか、アーカイブされた画像以上の費用を費やして、衛星から特定の関心領域を要求するまで数週間待つ必要があった。ただし、一部の画像提供事業者は、自動化したリアルタイムタスクを提供することで、このワークフローを変更しようとしている。ワークスペースにおいて、エリアを選択し、数百ドルを支払い、わずか 1 時間で新鮮な衛星写真を手に入れることを想像してみたい。この能力はもはや単なる夢ではなく、急速に現実のものとなっている。

長年にわたる私の仕事の多くは、政府部門で、地理空間データを使用してより適切な意思決定を行えるよう支援するために取り組んできた。このようなオンデマンドの商用画像は、特に安全性、透明性、及びリソースの割り当てに重点を置いている場合に、ゲームチェンジャーになる可能性がある。画像にリアルタイムでアクセスできることで、実際に現場で何が起きているかについて比類のない洞察が得られる。

共通の運用概念図を作成する

最後に、今年目にしたもう 1 つの大きな変化は、セキュリティで保護されたクラウド内で作業することであった。政府は常にオンプレミスで作業することを要求してきたが、意思決定者は、共通の運用状況をサポートし、部門間でインテリジェンスを共有するクラウド機能の力を

認識している。

この増加したデータ量には、この増加する流入を処理するだけでなく、活用できる人間のプロセスが必要である。これが、Esri が昨年 7 月に画像の提供を拡大した主な理由の 1 つであり、画像管理と分析機能をクラウドにもたらし、顧客が画像とラスター収集を簡単にホスト、分析、ストリーミングできるようにした。

GEOINT 衛星運用者はますます商業的な未来に目を向けている

地理空間データ 提供事業者は、商用市場に参入する準備ができており、分析と高度な技術を組み込んで、多数の非政府顧客にリーチしている。



図 3-97 ヴィヴィアン・マチ⁶⁸

何十年もの間、特に防衛および諜報目的で、地理空間データを処理する手段と経験を有していたのは政府だけであった。しかし、振り子は商用アプリケーションの指数関数的な成長に向かって揺れており、画像提供事業者は自社製品がどれほど多用途に対応できるかを実証することを熱望している。オブザーバーは、地理空間インテリジェンス (GEOINT) 提供事業者が石油やガス、汚染監視、金融および保険市場などのセクターに独占的にサービスを提供できる未来を見ている。

国防及び情報 (D&I) コミュニティは、今後数年間、これらの企業のポートフォリオを固定することを期待している。無線周波数 (RF)、合成開口レーダー (SAR)、及びマルチスペクトルからハイパースペクトルへの画像を介して GEOINT データを取得する衛星運用者は、数十億ドル規模の商業市場が間近に迫っていると考えている。これらの事業者達は、独自の分析及び洞察ショップを開発しており、将来の投資を獲得するために市場レートを押し下げる役割を果たしている。

作物の水分と商品の追跡から、自然災害と人災の評価、違法取引の監視迄、地理空間データの商用アプリケーションは無限にあるようである。しかし、政府との契約、特に国防及び情報の分野では、依然として商用契約をドルで圧倒している。そうは言っても、商用契約の量は、

⁶⁸ GEOINT. GEOINT Satellite Operators Look Toward an Increasingly Commercial Future (2022 年 3 月 29 日). Retrieved from <https://interactive.satellitetoday.com/via/april-2022/geoint-satellite-operators-look-toward-an-increasingly-commercial-future/>

防衛、情報、民事契約を上回っていると、Orbital Sidekick の CEO、ダニエル・キャッツ (Katz) 氏は述べている。

ハイパースペクトルデータ提供事業者は、2021 年に技術のデモンストレーターとして Aurora センサを発売し、2022 年に 6 つの衛星を打ち上げて、グローバルハイパースペクトル観測衛星 (GHOSt) コンステレーションをキックスタートする計画を立てている。目標は、2024 年までに合計 14 基の GHOSt 衛星を打ち上げることである。同社はエネルギー、鉱業、石油とガスなどの分野に目を向けており、キャッツ (Katz) 氏は、ハイパースペクトル撮像を使用して植生、土壌水分、または炭素量を分類できる火災監視ツールの開発に熱心であると述べている。

しかし今のところ、国防総省は依然として Orbital Sidekick の最高額の顧客である。商業的に適用されるリモートセンシングデータが指数関数的に増加するのはまだ数年先のことだとキャッツ (Katz) 氏は言い、「地球観測の誰も、商用化のコードを完全に解読した人は居ない。商用化が他の全てを完全に凌駕しているのだ。」と付け加えている。

NSR のコンサルタントである Shivaprakash Muruganandham 氏は、国防及び情報の顧客は今後も暫くの間、地球観測ポートフォリオを固定するだろうと述べている。政府は期限内に請求書を支払う信頼できる顧客であり、リモートセンシング提供事業者は政府から初期資金と長期契約を取得する。「これにより、リモートセンシング提供事業者は、今後数年以内に立上げて運用を開始し、これらの企業の多くが約束するタイムライン内に収まるようになる。」と彼は言う。

アルゼンチンの画像提供事業者であるサテロジック (Satellogic) は、「米国政府である最大の地理空間及び地球観測市場」を獲得するために、2021 年に米国に拠点を置く子会社を設立した。それは少なくとも今後 1 年半は変わらないだろうとサテロジックの北米担当責任者、マット・ティルマンは予測している。

D&I 契約を持つことは、データ提供事業者が正当性を確立するのにも役立つ、と RF データ提供事業者 Kleos Space の会長兼執行役員である Peter Round 氏は述べている。ルクセンブルグに本拠を置く同社は軌道上に 8 基の衛星を持っており、2022 年に予定されている 2 基の打上げでその数を 2 倍にする計画である。現在、同社の顧客の約 60%は防衛市場にいると Round は言う。

「米国、フランス、ドイツ、英国などの防衛関係の顧客に製品を使用してもらうことで、製品に評判、信頼性、信頼性の要素がもたらされる。」と彼は述べている。



図 3-98 2 月 28 日にウクライナのイヴァンキフで撮影された BlackSky 衛星画像。キエフ北西部の焼け焦げた田園地帯を通過するロシア軍の車列 写真：ブラックスカイ

拡大を続ける商用市場

商用 GEOINT 市場は数年前から助長されてきたと、BlackSky の最高商業責任者である Amy Minnick 氏は述べている。BlackSky は軌道上に 12 基の衛星を持ち、2022 年に 4 基の衛星を打上げる予定である。これは、軌道上での容量の増加と、顧客がボタンを押すだけでデータプロダクトを購入できる、より直感的なシステムのおかげである。「商用部門は、Amazon のような注文体験に慣れている。」と彼女は言う。BlackSky の衛星コンステレーションに加えて、その Spectra AI インターフェースは、加入者のために様々な情報源からの複数のタイプのデータを統合し、直感的でモバイルフレンドリーになるように構築されている。「これらのことにより、商用部門が使用できるようになり、私達ができることから洞察を得ることができるようになる。」と前出の Minnick 氏は述べている。データ提供事業者は、社内の分析部門、または既存の洞察企業との戦略的パートナーシップが、センサが宇宙から収集している生データをより適切に解釈するのに役立つと確信している。

Orbital Sidekick の最近の採用活動の殆どは、分析とソフトウェア開発に向けられており、「単にピクセルを販売するのではなく、洞察に基づいた情報製品を提供できるようにするためである。」と Orbital Sidekick の CEO キャッツ (Katz) 氏は言う。しかし、他の事業者は、データ洞察 ゲームから離れたたいと考えている。Umra の SAR 超小型衛星は、サブメートルの解像度の画像を既存の分析提供事業者に提供する。Umra の最高戦略責任者である Gabe Dominocielo 氏は、下流の提供事業者である自社の顧客と競争したくないと述べている。「私達は、顧客がうまくやってくれること、そして多くのお金を稼ぐことを望んでいる。そのための 最善の方法は、顧客と競争しないことだ。」と彼は言う。

衛星通信事業者は、地理空間データの潜在的な商用アプリケーションのほぼ無限のリストを目にしている。BlackSky の監視および分析機能は、荷主、商品提供事業者、取引モニター等、グローバルサプライチェーンに関与する顧客にとって理想的である、と Minnick 氏は言う。BlackSky のイベント監視システムに組み込まれた自動化されたチップ&キュー能力を提供する迅速な再訪コンステレーションにより、顧客は特定の地域での自然災害と人災の影響をすばやく確認できる。複数の事業者が、特に公害や違法な人身売買を支援するために、非政府組織市場に大きな可能性がある」と述べている。「しかし、非政府組織は新しい衛星の打上げを要求する立場にはならない。」と、Kleos Space の Round は述べている。「その費用は高すぎる。」ためである。

商用部門全体にこのような機会が広がる中、一部の地球観測衛星オブザーバーは、データ提供事業者が、企業がサービスを主要な分野や多くの問題に特化するような垂直化戦略に近づくと予測している。

RF データとサービスとしての衛星を提供する Spire は、選択肢をオープンにしておきたいと考えている。軌道上に 100 基を超えるナノサテライトを配置している同社は、サードパーティのコンサルタントと協力して、自社製品の最適な使用例を決定したと、CEO の Peter Platzer 氏は述べている。この調査では、海上自動識別システム (AIS)、航空 (自動従属監視放送 (ADS-B))、気象監視、および宇宙サービスの主要部門全体で、175 項目の新しいユースケースと 200,000 の潜在的な顧客が生まれた。Spire は現在、これらのユースケースに取り組んでいる。この戦略は、Spire が既存の顧客を維持するのに役立つだけでなく (政府と商用の契約の間で約 50/50 に分かれている)、宇宙由来のデータセットが顧客のニーズを独占的に解決できる方法を説明することで、新しい顧客に着実に拡大するのに役立つ、と前出の Platzer は説明している。

強化オンボード処理、光衛星間回線技術、人工知能 (AI) 及び機械学習 (ML) 機能により、提供事業者は衛星からデータを取得し、より低い遅延率で、より高いデータセキュリティで顧客の手に渡すことができる。搭載カメラの解像度が向上し、電子光学センサからのデータの品質が航空ドローンから得られるものを超えることができるようになると、保険及び金融セクターで機会が開かれると、サテロジック (Satellogic) のマット・ティルマン (Tirman) 氏は述べている。

以前は、地理空間情報を消費できる顧客は、一連のデータをダウンロードして自分で処理できる顧客だけであった。しかし現在、提供事業者は、絶えず成熟する AI とクラウドストレージ能力のおかげで、センシングデータの変化検出を非常に迅速に解釈するために、非常に短時間で大量のデータを処理できる。

Blacksky の Minnick 氏によると、BlackSky の衛星コンステレーション許容能力は過去 1 年間

で2倍以上になっている。「顧客から注文を受けてから、90分で分析を使用してその画像を取得できるようになる。」とMinnick氏は言う。「『このプロダクトの価格はどうすればいいの?』とか『私のプロダクトがこの場所に届くのはいつごろになると見積もればいいのか?』とやりたい商業顧客にとって、これはかなり強力である。」

Spireのような一部の企業は、独自の衛星間回線技術を社内で開発して、待ち時間を短縮し、データセキュリティを強化し、「素晴らしい地理位置情報機能」を実現している。SpireのGEOにとって、インターネットの帯域幅のように、光衛星間リンク(OISL)がリモートセンシング企業の「当たり前の装備」にならない未来を想像するのは困難である。Spireは、1年以上前にRFデータ回線を展開した後、2021年に最初のOISLを軌道に投入した。

顧客の採用拡大への障壁

NSRのMuruganandham氏は、GEOINT商用市場の長期的な成功は、提供事業者が価格設定モデルを改善し、顧客のデータアクセスを改善できるかどうかにかかっていると述べている。

特定のデータ提供事業者は、市場の過飽和を説明する必要がある。たとえば、計画しているハイパースペクトルコンステレーションの数は現在2桁であり、「その種のデータに対する需要がどのようになるかについては、まったく明確では無い。」と彼は観察している。「コストが高くなり、データ集約型になる。商業的な面では、手頃な価格でない限り、誰も喜んでお金を払おうとはしない。」提供事業者は、「全てを収益化」しようとしないうことで、商用顧客のリスクを軽減する必要があると、UmbraのDominocielo氏は述べている。「提供事業者が似ているところには障害がある。即ち、「このデータはとても貴重だ。私達はそれを手放さない。」

Umbraは現在2基の衛星を軌道に乗せており、年末までに更に4基の衛星を打ち上げる予定である。同社は、Canopyと呼ぶセルフタスキングプラットフォームを構築している。これにより、米国又はNATO加盟のユーザは、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスを使用して定額料金の衛星に直接タスキングを課すことができる、とDominocielo氏は言う。データのコストを下げ、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスを使用し、訓練データセットを配布することで、営利企業がGEOINT市場に参入するコストを削減できると彼は付け加えた。

オブザーバーは、政府または民間の顧客に生データ画像を提供する衛星提供事業者の数に上限があると予測している。「衛星運用者は、ダウストリームの実際の需要よりもはるかに多くのデータを生成できる。」とMuruganandhamは言う。しかし、データを収集し、そのデータを洞察に変えることに焦点が移るにつれて、「ここでの最終的な指標は、事業者がどのように適応できるかということだ。」Orbital Sidekickのキャッツ(Katz)氏は次のように述べている。「もっとエンドユーザー中心になれるか?」

一部の企業は、既存のデータサービス企業を買収することでこれを実現している。プラネット社(Planet labs)は昨年、VanderSat社を買収すると発表した。VanderSat社は、地球のデータと分析を提供し、顧客が土壌水分やバイオマスなどを追跡するのに役立つ。サテロジック社(Satellogic)とパランティア社(Palantir Technologies)の間で最近発表されたような戦略的パートナーシップを結んでいる企業もある。サテロジック社は、パランティア社のファウンドリ(Foundry)プラットフォームを活用して、より高解像度の画像データとテラーメイドのデータ洞察を提供する。その見返りとして、パランティア社はサテロジック社のAPIにアクセスして、独自のメタ・コンステレーション(Meta Constellation)及びEdge AI能力を加速する。

GEOINTデータを自分の利益のために活用する方法を潜在的な顧客が理解できるようにするために、まだやるべきことがある。これまでのところ、産業界は、リモートセンシングデータの実行可能性について、政府と企業の両方の顧客を教育するという仕事は不十分であったと、サテロジック社のティルマン(Tirman)氏は付け加える。「顧客は、地球観測データが日常業務にどのように影響を与えるかを理解する助けを必要としている。きれいな絵にはならない。彼らのために針を動かさなければならない。」

画像とともに洞察と分析を顧客に提供することで、教育のギャップを埋めることができると期待されている。「人々は常に自分の船がどこにあるかを知りたがっている。それは未知の問題では無い。」とスパイヤ社(Spire)のプラッツア(Platzer)氏は言う。「不明なのは、解決策が今日存在するということである。多くの場合、「本当に?」という質問がある。こ

れは可能か？ あなたは これを行うことができるか？”

(11) GEOINT Tradecraft の垂直インテリジェンススタックの有効化⁶⁹

Presagis は、GEOINT 2022 カンファレンスに参加して、米国地理空間インテリジェンス財団 (USGIF) のビジョンをサポートできることを光榮に思う。今年の会議で議論された重要なテーマの 1 つは、国境を越えた開放性とコラボレーションであった。特に、非秘匿区分の地球観測データは、タイムリーで正確な地理空間インテリジェンスを提供する上でゲームチェンジャーであるという認識が広まっていることに気付いた。

オープンな地理空間データは新しい基準を確立しており、最終的には GEOINT のトレードクラフトを再形成する。

これらの傾向は、東ヨーロッパの状況を考えると特に顕著である。ここでは、Maxar、Airbus、Planet、BlackSky、Capella などの企業からの商用リモートセンシングデータが、資産、インフラストラクチャ、サプライチェーン、損害評価、および人道的懸念の位置付けに関する頻繁な更新を提供し続けている。

バーティカル・インテリジェンス・スタックとは

バーティカル・インテリジェンス・スタック (VIS) アプローチは、地理空間的に正確なデジタルツインを構築するためのアプローチを定義するだけでなく、人工知能 (AI) を使用したサービスとしてのシミュレーション (SaaS) のパラダイムを確立する。

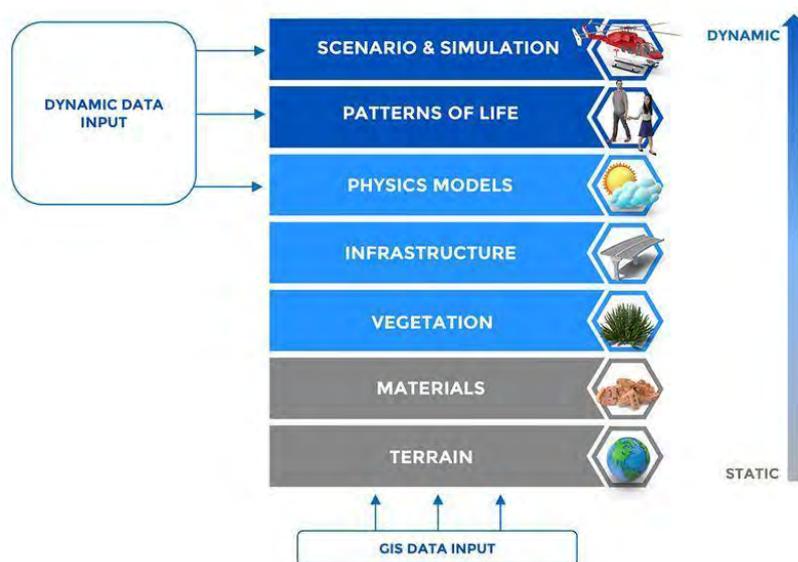


図 3-99 バーティカル・インテリジェンス・スタック

- ・ 基盤階層では、地形と GIS データが収集され、リアリティ キャプチャ デバイスからの高空間解像度ビューと一緒に登録される。
- ・ 次に、天候、物理学、モビリティ、及びライフパターンからの動的データでデータを強化する。

⁶⁹ <https://www.presagis.com/en/blog/detail/enabling-the-vertical-intelligence-stack-for-geoint-tradecraft/>

- ・ 最終的に、意思決定者がさまざまな結果を準備して理解できるようにするシミュレーションとシナリオを提供し、複雑な現実の問題の解決に役立てる。

5つの主要な垂直インテリジェンス・スタック技術

Presagis が追跡している、新しい垂直インテリジェンス・スタックの概念を可能にする 5つの主要な技術トレンドを以下に示す。

- 1) 3D ビジュアライゼーション、AI、シミュレーションによる GEOINT トレードクラフトの集合が加速している。最近、Google マップは、天候やその他のエンティティをシミュレートした 3D の「没入型ビュー」をリリースした。これは、メタバースの競争におけるマイルストーンである。これは単なる「クールな」視覚化エクスペリエンスでは無い。これは、地理空間的に正確な デジタルツイン環境内の次世代の行動分析へのブレークスルーである。
- 2) 商用のリモート センシング企業は、分析サービスを拡大している。衛星画像提供事業者は、付加価値サービスの利益率を高めることを長年追求してきた。気候変動と抗堪性は、国家安全保障研究とサプライチェーン・モデリングの中で GEOINT のトレードクラフトの機会として確立されつつある。
- 3) 地球観測はますます身近になってきている。衛星及び低軌道センサのキャプチャには多くの新規参加者があり、高品質の出力とより高速な配信を提供しながら、アクセスを簡素化し、最終的に地理空間コミュニティのコストを削減している。
- 4) 消費者向けデバイスを使用した屋内および屋外環境の低コストの 3D リアリティキャプチャが普及している。ドローン、車両、スマートフォンの高品質カメラと Lidar センサにより、デジタル風景の収集要件が変化し、3D 物体のキャプチャがシンプルでアクセスしやすくなっている。
- 5) ゲームエンジン・プラットフォームは、地理空間情報の視覚化手法を変革している。Unreal Engine 及び Unity 用の Esri の Maps SDK の 2022 年リリースは、ゲームエンジン・プラットフォーム内での信頼できる地理空間データの使用におけるもう 1 つの進歩である。他の多くの企業が、視覚化とエンティティシミュレーションの両方の機能を活用して、GEOINT トレードクラフトの要素を次世代の分析者向けに変換している。

Presagis は、上記の技術トレンドのすべてを、地理空間データの「垂直インテリジェンス スタック」のビルディングブロックと見なしている。私達のアプローチは、データに捉われず、標準に基づいており、拡張性があり、地理空間コミュニティの進化するトレードクラフト需要を満たすように設計している。

(12) 地球観測のトップ 5 トレンド「Geospatial World 紙」⁷⁰



図 3-100 Earth Observation イメージ

地球観測部門は驚異的なペースで成長しており、近い将来、幾つかの民間及び政府のプレーヤーが数十の衛星を打ち上げる予定である。ここでは、衛星データとその世界的な応用に関連する 5 つの興味深い開発の概要を示す。

世界の地球観測（地球観測衛星）部門は急速に成長しており、今後数年間で民間企業と公的機関の両方によって数百の衛星が打ち上げられると予想されている。このセクターに関連する幾つかの技術と市場動向を分析できる。衛星に搭載されるさまざまな種類のセンサから、衛星データの処理と意味を理解するための人工知能（AI）の役割までである。しかし、5 項目のハイレベルでありながら同等に重要な戦略的傾向は、最終的に成長する 地球観測衛星 部門の基盤を築き、より広い宇宙産業内でその卓越性を高めることになるため、際立っている。

最高の地球観測

宇宙産業の進歩（宇宙へのアクセスコストの削減、衛星システムとサブシステムの小型化の増加、及び『サービスとしての宇宙』などの革新的なビジネスモデルの導入）を活用して、幾つかの国家は、国家宇宙戦略の一環として地球観測衛星コンステレーションに投資している。これには、オーストラリアが今年初めに 4 基の新しい地球観測衛星を設計、構築、打ち上げ、運用するという発表、SAR（合成開口レーダー）コンステレーションに関する UAE からの発表、また、オーストラリアの LatConnect60 や韓国の Nara Space Technology など、それぞれの政府の地球観測 データ政策に貢献する商用 地球観測衛星 企業の計画も含まれている。これらの開発には、次の 3 つの特定の要因がある。

① 気候変動や進化する地政学を含む世界的な傾向：

ロシアのウクライナへの侵攻により、世界中の国々が戦略的資産を強化するようになった。その 1 つは、国家安全保障上の理由からの、地球観測のための衛星の使用である。これは、気候危機、特に環境監視ツールへの投資の必要性和相まって、各国が 地球観測衛星に投資する基本的な根拠を提供している。

② 主権とデータの独立性に対する戦略的利益：

国家機関と民間企業の両方から数百基の地球観測衛星が軌道上にあり、今後 10 年間で数千基の地球観測衛星が打ち上げられる予定であるが、殆どの国は主権目的のためにそれらがデータ

⁷⁰ Aravind Ravichandran. Top Five Trends in Earth Observation. *Geospatial World*. (2022 年 9 月 7 日). Retrieved from: <https://www.geospatialworld.net/prime/business-and-industry-trends/top-five-trends-earth-observation/>

から独立していることを確認することに関心がある。これにより、既に軌道上にあるコンステレーションと大きく異なるものではなくても、一部の国によって幾つかの地球観測衛星 国家コンステレーションが発表されるようになった。

③地球観測衛星 の社会経済的根拠:

地球観測衛星 がグローバルな観点から戦略的であるのと同様に、各国にとって、このセクターへの投資は、地元の人々のスキルの向上と何千もの雇用を保証する。これは既存の能力があるかどうかには依存するが、民間の地球観測衛星 部門を通じて、固有の能力に向けたロードマップを作成するというかなりのプレッシャーがある。

「サービスとしての (as-a-Service) 」モデルの出現

主権的な地球観測衛星のトレンドを可能にし、実装をいくらか容易にしているのは、「サービスとしての宇宙」モデルと、最近では「サービスとしての衛星」モデルの出現である。

「Space-as-a-Service」モデルにより、政府は重要なペイロードを提供することで 地球観測衛星 ミッションに貢献でき、残りの宇宙セグメントは本質的に営利企業に「アウトソーシング」できる。これらには、ペイロードの統合、組立て、試験、打上サービス契約、衛星運用を担当するスパイア社 (Spire) やロフトオービタル社 (Loft Orbital) などの企業が含まれる。このモデルにより、民間部門はミッションの設計とペイロードの製造に貢献できるようになり、地球観測衛星ミッションの経済的合理性が保証される。

「Satellite-as-a-Service」モデルは最近開発されたものである。たとえば、フィンランドのマイクロサテライト SAR 事業者である ICEYE 社は最近、完全に運用可能な SAR 衛星を今後数か月以内に提供すると発表した。このモデルにより、国家や企業は ICEYE のようなメーカーから既製の衛星を取得できるため、資産 (衛星) は顧客自身が完全に所有することができる。

興味深いことに、Nano Avionics からの最近の発表に見られるように、既に軌道上にある地球観測衛星を取得することも可能になり、同社は軌道上衛星 1 基を無名の買い手に売却したと述べている。

これら 2 つのモデルはしばしば同じ意味で使用されるが、両者の間には戦略上及び財務上の明らかな違いがある。一部の国家では、予算と特定の需要に基づいて 2 つのモデルのいずれかを選択する。ただし、従来の衛星製造契約はまだなくなるわけではないことに注意されたい。

たとえば、エアバスは最近、地球から宇宙に放出される熱を測定するために、欧州宇宙機関 (ESA) の FORUM 衛星に 1 億 6000 万ユーロの契約を締結した。FORUM は Far-infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring の略で、地球を遠赤外線観測する最初の衛星となり、気候システムの理解を深めるのに役立つ地球の発信エネルギーの独自の測定値を提供する。

後方および前方の垂直統合モデル

垂直統合モデルは、地球観測衛星事業で益々一般的になりつつある。これは、企業が社内設備・能力を通じて衛星を設計、構築、打上げることを決定する宇宙セグメントの観点からだけでなく、バリューチェーンを下って川下産業に至る場合にも当てはまる。地球観測衛星事業の垂直統合には、前方と後方の 2 つの傾向が見られる。

「前方垂直統合」は最も一般的な種類であり、地球観測衛星事業組織が宇宙セグメントで垂直統合されるだけでなく、衛星からのデータに基づくプロダクトの開発を所有することも選択する。一部の企業は日和見主義的な方法で行っているが、一部の企業は、Vandersats 社の買収を活用して「Planetary Variables」を発表したプラネット社の開発から見られるように、戦略的な 根拠を持っている。「Planetary Variables」は、動的システムの変化を捉えて定量化し、その情報を地上の意思決定者に提供するために、地表の状態を測定する前処理した正確なデータフィードである。これは、プラネット社が地球観測衛星データの取得と配布を超えたビジネス活動を所有 及び管理しようとしているだけでなく、また、農業内での垂直化、つまり、垂直全体の問題を解決するための水平的な機能を提供するのではなく、特定の垂直の機能の開発に焦点を当てている。

【参考】 Planetary Variables⁷¹ :

変化する世界の定量化 : Planetary Variables は、プラネット社 (Planet) の衛星とより広範な球観測エコシステムからの観測を利用して、地球の表面の変化する状態を測定する継続的で科学的に厳密なデータを提供する。地球の水文学的及び生物学的システムは、非常に複雑に日々変化している。Planet の衛星データは、水、植生、気温、森林炭素等、私達の世界の健全性を定義する幾つかの重要な特性を追跡するのに役立つ。Planetary Variables は、様々な衛星群からの複雑な地球観測データを、地球の陸地のほぼ全ての場所で実行可能な測定値に変換する。最先端のリモートセンシング技術を搭載し、受賞歴を有する科学者チームが磨き上げた Planetary Variables は、地球表面の堅牢な測定値をユーザに提供する。一貫した観察と数十年にわたるアーカイブに裏打ちしたツールを使用して、様々な産業界でより適切な意思決定を行う。図 3-101 に同サービスの事例を示す。

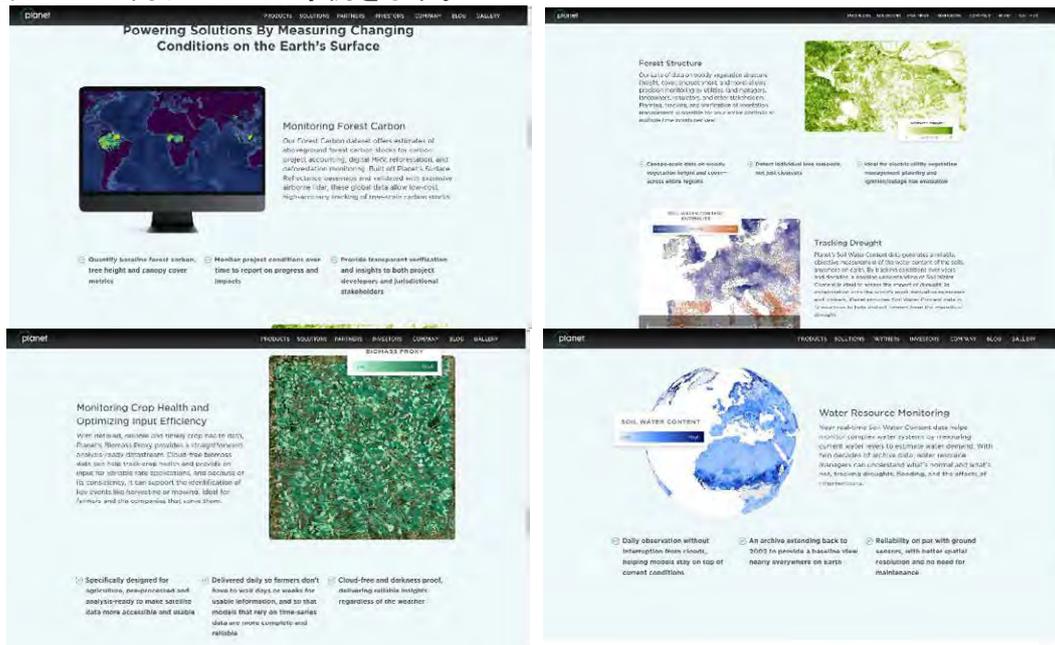


図 3-101 Planetary Variables サービスの事例
 左上 : 森林の二酸化炭素監視、右上 : 森林構成と干ばつ追跡
 左下 : 穀物生育状況監視、右下 : 水資源監視

「後方垂直統合 (Backward Vertical Integration)」は、ビジネスの機能として独自の地球観測能力を開発することを決定した組織の間で新たな動向となっている。これは、企業が独自の社内地球観測能力の構築に投資し、既存の商用及び (政府) 機関の情報源からのデータを活用することを意味する可能性がある (『データ戦略』とも呼ばれる。)。しかし、これは、ゼロから、又は既存の商用地球観測衛星事業者との戦略的パートナーシップ/投資 (『宇宙戦略』とも呼ばれる) を通じて、独自の地球観測衛星コンステレーションの構築に投資することを選択している企業を指す場合もある。Husqvarna の Intellion 及び Hitachi の Vegetation Manager は、どちらも植生監視ツールで、前者のアプローチの例である。Tomorrow.io、ExxonMobil、Palantir などの企業の計画は、後者のアプローチの異なるバージョンである。

〔補足〕 後方垂直統合の概念を捕捉するため、以下に事例を示す。

【参考】 データ戦略の事例 : Husqvarna の Intellion⁷²

信頼できる実用的なインテリジェンス

Husqvarna Intellion は、大規模な植生管理のためのインタラクティブ且つ包括的なデジタル

⁷¹ Planet. *Planetary Variables: Quantifying a Changing World*. Retrieved from: <https://www.planet.com/products/planetary-variables/>

⁷² <https://intellion.husqvarna.com/>

プラットフォーム（図-10 にイメージを示す）であり、衛星データの利用可能な全ての情報源と、LiDAR スキャン、天気予報、及びその他のデータ情報源とのデータ融合を実行する機能を使用する。Husqvarna Intellionは、最良且つ最も費用対効果の高い決定を下すための絶対的な最良の基盤を提供する。継続的に更新するデータの利点により、関心のある領域の実際の状況に基づいて行動を計画できる。言い換えれば、限られたサンプルデータに基づく当て推量や仮定は必要ない。Husqvarna の使命は、柔軟でニーズに合わせて調整された実用的なインテリジェンスを提供することである。

個々のリスクを軽減し、継続的な運用を最適化：Husqvarna Intellion の多くの利点には、1年 365 日継続的に植生の変化とリスクを検出すること、植生の活力を長期にわたって観察すること、手遅れになる前に害虫の攻撃を特定することが含まれる。リスクを軽減し、継続的な運用を最適化するための最良の方法を提供する。Husqvarna Intellion プラットフォームを、スタンドアロンソリューションとして利用することも、ニーズに最適な方法ですぐに使用できる API を介して既存の GIS システムに統合することもできる。

カスタマイズしたサブスクリプションモデル：Husqvarna は、顧客の資産と関心のある領域が、1つの同種の組織体として扱う必要のない（そして扱うべきではない）広い領域に分散していることを認識している。そのため、テリトリーをどのようにセグメント化するか、また、関心のある各領域でどのようなインテリジェンスと分析を有効にするかを決定するための完全な柔軟性を提供している。



図 3-102 Husqvarna Intellion デジタルプラットフォームのイメージ

【参考】 Tomorrow.io の Weather & Climate Security プラットフォーム⁷³

宇宙戦略の事例：世界で最も高度な気象インテリジェンスを入手

Tomorrow.io の Weather & Climate Security プラットフォームは、天候が日常業務にどのように影響するかを予測して、事前に効率を最大化し、安全上のリスクを軽減できるようにする。ハイパーローカルな予測インサイトを使用して静的資産または移動資産を監視し、利益率を改善して組織を保護する。（同社プラットフォームのイメージを図 3-102 に示す。）

⁷³ <https://www.tomorrow.io/>

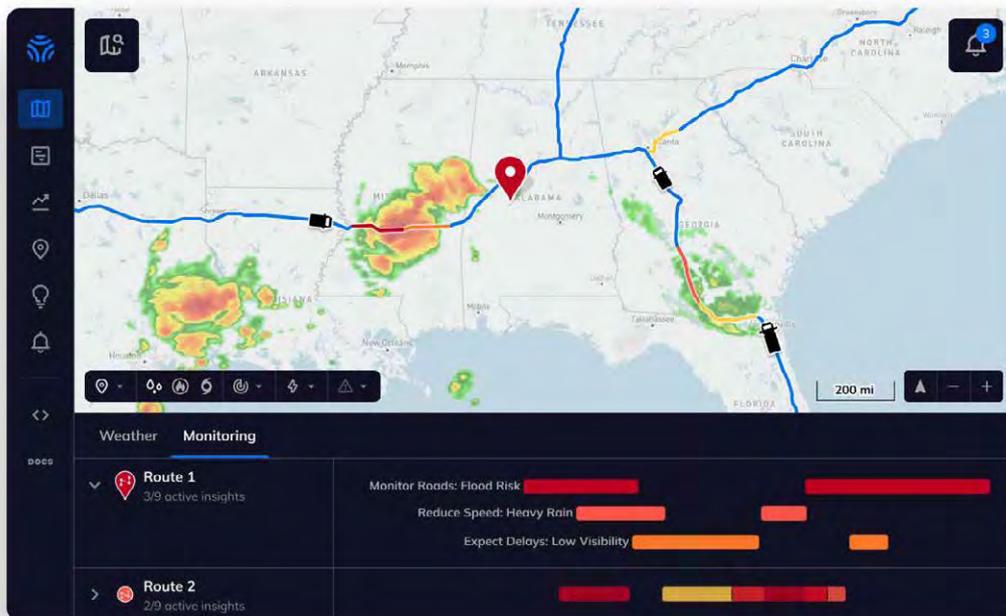


図 3-102 Tomorrow.io の Weather & Climate Security プラットフォームの画面

地球観測産業界が進化するにつれて、より多くの地球観測衛星企業が特定の業界やユーザー向けの製品を垂直化して構築することを決定し、垂直統合を進めることが予想される。地球観測産業界以外の他の企業は、既存の地球観測衛星事業者からデータを取得するだけでなく、「データ戦略」又は「宇宙戦略」のいずれかを使用して、独自の地球観測衛星機能でそれを補完 することを選択するであろう。

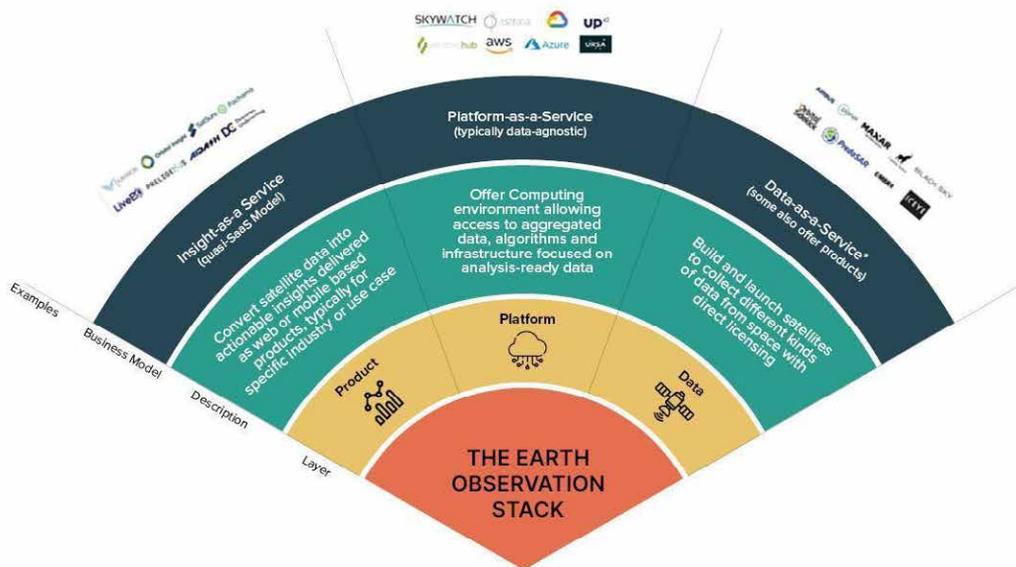


図 3-103 地球観測スタック

市場開拓戦略の進化

ここ数年、商業地球観測衛星企業が規模を拡大するにつれて、市場開拓（GTM）戦略が急速に拡大している。地球観測衛星のセグメントによって、以下に説明するように異なるが、商用地球観測衛星市場がまだ非常に初期段階にあることを考えると、正しいアプローチがないことに注意することは重要である。

衛星から地球観測衛星の「サービスとしてのデータ」を提供する殆どの企業は、サブスクリプションベースの契約だけでなく、長期の無期限の契約を複数獲得することを望んでいる。しかし、多くの場合、アンカー顧客は企業とセクターの両方の発展において重要な役割を果たしている。BlackSky、Planet、Maxar（現状この3社が継続）に対する米国家偵察局（NRO）の数十億ドルの契約に見られるように、増大する（政府）顧客の要求に対応するために、NROは光学商用階層（EOCL）衛星画像を取得する。商用地球観測衛星セクターの開発における最大の問題の1つは、さまざまな業界で使用するためだけに地球観測衛星データ機能を開発している企業にとって、十分なアンカー顧客が存在するかどうかである。

地球観測衛星企業向けの市場進出（GTM）

Google、Amazon、Microsoft などの大手技術企業と、最近ニュースになった Open Cosmos、Earth Blox、Astraea などの地球観測衛星産業界内の両方によって、いくつかの地球観測衛星プラットフォームが開発されている。プラットフォームは、さまざまなタイプの地球観測衛星データのアクセシビリティ、融合性、及び使いやすさを改善する上で重要な役割を果たすが、政府や企業全体で使用できる拡張性のある地球観測衛星アプリケーションを構築するために、一部のプラットフォームは本質的にテーマ別のものになると私は信じている。これは、さまざまな一般的なユースケースを引き続きサポートするが、その一部は垂直化して、領域固有の詳細なデータを提供し、特定の市場向けの専門知識を開発することを意味する。

地球観測衛星プラットフォームの市場進出（GTM）は簡単である - 即ち、できるだけ多くのユーザを獲得することである。理想的には、プラットフォームへのアクセスに対してサブスクリプションを支払うユーザをできるだけ多く獲得することである。しかし、プラットフォームは単なるツールに過ぎない。彼らが成功するためには、それらを使用する組織が構築したビジネスケースが必要である。



図 3-104 WMO の全地球観測システムの現在の宇宙ベースの部分に加えて、追加の宇宙天気および環境衛星

地球観測衛星商品の GTM

これは、特定のユースケースまたは業界内のユースケースに焦点を当てた衛星データを活用して構築したソフトウェア製品を提供する企業を指す。企業が製品を顧客に直接配布しようとする直接的な GTM アプローチとは別に、地球観測衛星製品の最も興味深い2つの GTM 戦略は、大規模なエンタープライズソフトウェア企業（SAP、Oracle、IBM、Salesforce など）又は特定の業種のマーケットリーダーとのパートナーシップとコア統合に基づいている。これは、洪水マッピングの新興企業である Cloud to Street が、パラメトリック保険提供事業者である

Raincoat と提携し、Munich Re Group と提携してコロンビアで洪水保険商品を発売するという発表に見られるものである。国家プログラムは、初めて100,000人以上のコロンビアの農家が洪水保険を利用できるようにする。世界最大のコンサルティング会社（BCG、Aon、PwC、Deloitte、Accenture 等）との戦略的パートナーシップに基づいて、気候リスク情報の最大の独立系販売業者の1つである Jupiter Intelligence の発表に見られるように、ボストンコンサルティンググループとの新しい戦略的パートナーシップは、企業の ESG の実践とクライアントを支援するものであると、同社は最初に Axios に語った。

商用気象衛星の時代

現在、気象を監視し、地球上の気象を理解し予測するのに役立つさまざまな地球物理学的変数に関するデータを取得する衛星がいくつかある。これらの衛星のほとんどは、米国、日本、ヨーロッパ、中国、ロシア、韓国などの政府機関によって所有および運用されている。気象における民間部門の役割は、政府の衛星からすでに収集されたデータに基づいてモデリング機能を改善することに主に焦点が当てられてきた。これは、ほとんどの場合、漸進的な改善である。

しかし、ここ数年で、Spire や G 地球観測衛星 Optics などの企業が、マイクロ波放射計を介して GNSS 電波掩蔽データと軌道マイクロ システムを提供し始めた。昨年、Tomorrow.io は、降水レーダーのコンステレーションを開始すると発表し、今年後半には、マイクロ波サウンドを計画に追加した。

人気の MyRadar モバイルアプリの提供事業者である Acme AtronOmatic は、ハイパースペクトルカメラ、サーマルカメラ、及び可視カメラを搭載した 250 基の 1 ユニットキューブサットのコンステレーションを立上げる計画を発表した。最近では、Spire は、気象観測を強化するために、RAL Space からのマイクロ波サウンドをコンステレーションに追加していると発表した。

気候変動が経済、社会、政治、および防衛の物語の一部になるにつれて、地球観測衛星業界に含めることができる商業気象セクターは、気候適応および抗堪性ツールの開発において大きな役割を果たすことになる。たとえば、NOAA は、今後 5 年間で「気候データとサービス」に約 10 億米ドルを割り当てた。その多くは、高度なセンサの立上げだけでなく、気象と気候情報のモデリング、処理、普及に関する民間部門の進歩に依存する。スパイア (Spire) 社の TCOM 社 (情報監視偵察 [ISR] 把握ソリューション提供企業⁷⁴) との数百万ドルの契約は、防衛部門からの商用気象 サービスの採用の例である。5 年間の契約には、包括的な天気予報、悪天候予報の場合にエアロスタットサイトの運営者に通知するためのアラート、サイト管理者とサイトリーダー向けの気象 訓練、24 時間年中無休の気象情報を提供するコンタクトセンターが含まれる。

ゴールは問題解決

パンデミック、気候変動、ロシアのウクライナへの侵攻などの世界的な危機により、地球観測衛星データと製品に対する新たな需要が生まれているため、客観的かつ全体的なレンズを通して問題の 解決に目を向けることが不可欠である。

最終的に、問題は特定のタイプのセンサ (ハイパースペクトル対赤外線対 SAR 対 Lidar) に関するものではなく、特定の媒体 (衛星対空中対現場) に関するものでも、地球観測衛星、気象、GNSS に関するものでもなく、もちろん、地理空間、空間、またはロケーションインテリジェンスなどの用語でも無い。私達は、地球観測衛星 が顧客に与える影響、それが顧客の仕事の遂行にどのように役立つか、そしてそのプロセスにおいて、より大きな環境、社会、経済の課題の解決に貢献することに焦点を当てる必要がある。

⁷⁴ <https://tcomlp.com/>

本資料は、辻野照久（元宇宙航空研究開発機構国際部参事）が 2016 年 10 月から Science Portal China にて連載している「定点観測シリーズ 中国の宇宙開発動向（その 1）～（その 22）」を編集したものである⁷⁵。各セクションは下記の 7 分野に分けられ、時系列順に中国の宇宙開発動向を記録している（なお、記録範囲は 2016 年 10 月～2023 年 1 月まで）。

- 宇宙ミッション 1 地球観測分野
- 宇宙ミッション 2 通信放送分野
- 宇宙ミッション 3 航行測位分野
- 宇宙ミッション 4 有人宇宙活動分野
- 宇宙ミッション 5 宇宙科学分野
- 宇宙ミッション 6 新技術実証分野
- 宇宙ミッション 7 宇宙輸送分野

⁷⁵ Science Portal China. 「定点観測シリーズ 中国の宇宙開発動向」
Retrieved from https://spc.jst.go.jp/experiences/science/st_2253.html#note16

宇宙ミッション1 地球観測分野

2016年10月

地球観測衛星は、7つのコンステレーション（衛星群）を整備する計画で、陸域観測衛星で3つ（光学高分解能、光学中分解能、レーダ）、海洋観測衛星で2つ（海色、海洋動力学）、大気で2つ（気象、気候）のコンステレーションの構築を目指している。2016年に入って5月に「遥感（Yaogan: YG）30号」と「資源（Ziyuan: ZY）3号02」、8月に「高分（Gaofen: GF）3号」の計3機が打ち上げられた。次に打上げ予定のTanSat（碳⁷⁶星）は日本の「いぶき（GOSAT）」と同様に温室効果ガスの観測を目的とするものである。

2017年4月

中国科学院（CAS）は12月に温室効果ガス（二酸化炭素）観測衛星「碳衛星（Tansat）」を打ち上げた。この他、上海航天技術研究院（SAST）は11月に大気観測衛星「雲海（Yunhai）1号」、国家気象局（CMA）は12月に新系列の静止気象衛星「風雲（Fengyun）4号A」、四維世景科技は12月に「高景」2機、長光衛星公司は今年1月に地球観測衛星「靈巧（Lingqiao）」を打ち上げた。

中国は民生用宇宙インフラ整備中長期計画で7つの衛星群と3つの単独衛星を運用する計画を実現するため、毎年多数の地球観測衛星を打ち上げようとしている。中央政府の地球観測衛星だけでなく、フランスと共同で開発する海洋観測衛星や、省レベル及び民間の商業目的の地球観測衛星群構築などの計画も次々に新しく発表されており、日進月歩の様相を呈している。一方、それらがもたらす社会的影響などは、実際に現象が出てきた時点でないと評価することは難しいと思われる。良い効果を持つ影響だけでなく、宇宙の混雑による衛星同士の衝突などの懸念が増大するという負の影響もありうる。

2016年から開始された欧州と共同の地球観測研究プロジェクト「第4期龍計画（Dragon 4）」の研究テーマが発表された。8分野 27プロジェクトのテーマ名と中欧の参加機関名を文末の参考資料に示す。

2017年11月

地球観測衛星6機のうちの1機は、天舟1号から放出された「絲路1」（Silu-1、別名「SilkRoad-1 01」）⁷⁷と呼ばれる質量4.5kg、3ユニットのキューブサットである。衛星打ち上げ状況のリストでは、衛星保有者を西安連合と略記したが、詳しくいえば陝西省地理信息工程国家重点実験室が中心となり、西安航天天絵数据技術有限公司、中国科学院西安光学精密機械研究所、西安電子科技大学連合など企業・研究所・複数の大学などが協力している。今後各種の周波数帯で約30機の地球観測衛星群を構築していくという構想に基づいている

続いて、珠海軌道控制公司が開発した「珠海（Zhuhai）」衛星⁷⁸の最初の2機は、後述するX線天文観測衛星「慧眼」などととも6月に打ち上げられた。

人民解放軍（PLA）は各種の偵察衛星として遥感衛星シリーズを打ち上げており、9月29日に3機1組の「遥感30号」衛星を打ち上げた⁷⁹。この衛星名は奇妙で、実は2016年に「遥感30号」という衛星が打ち上げられているので、普通であれば今年の衛星は「遥感31号」となるは

⁷⁶ 「碳」は元素名としての炭素（C）の中国語表記である。元素名は中国語では原則として常温で固体の金属の場合は金（かねへん、鉄など）、固体で非金属の場合は石（いしへん）、気体の場合は気（きがまえ、氧=酸素など）、液体の場合は氵（さんずい、溴=臭素のみ）に音や性質を表す文字を付して1文字で表記される。金（Au）と汞=水銀（Hg）は例外である。

⁷⁷ 2017年8月5日、Gunter's Space Page、SilkRoad-1 01、http://space.skyrocket.de/doc_sdat/silkroad-1.htm

⁷⁸ 2017年6月15日、網易公司、「珠海一号”遥感微纳卫星星座首发成功”
<http://money.163.com/17/0615/18/CN0850GD002580S6.html>

⁷⁹ 2017年10月16日、China Spaceflight、遥感三十号01组（一箭3星）：2017年9月29日12時21分、长征二号丙运载火箭从西昌卫星发射中心升空、<https://www.chinaspaceflight.com/satellite/Yaogan/YG-30-01.html>

ずである。機能的な同一性や関連性もないと見られており、いずれ訂正される可能性もある。

衛星打上げはなかったものの、気象衛星「風雲」や「雲海」、高分解能地球観測衛星「高分」や「高景」、地方政府主導の「吉林」など多数の衛星群の整備計画があり、11月以降に続々と打ち上げられるとみられる。また、フランスと共同で開発する海洋観測衛星「CFOSAT」やアジア太平洋宇宙協力機構（APSCO）の衛星なども国際協力による衛星開発が進んでいる。

2018年4月

中国地震局（CEA）は2018年2月に地震電磁波観測衛星「張衡（Zhangheng）」を打ち上げた。これは中国の陸域観測衛星の3種類のコンステレーションとは別に、地球観測分野の特定の目的で打ち上げる単独衛星である。この他、人民解放軍の「遥感（Yaogan）30」が3機セットで3回打ち上げられ、計9機、吉林省の衛星企業である長光衛星の「吉林（Jilin）」衛星が3機と2機の同時打上げで計5機、新しいシリーズとして「陸地調査衛星（LKW）」が4機、「高分（Gaofen）1号」がシリーズ化されて同時に3機、四維世景科技の「高景（Gaojing）」の後続機が同時に2機、国家気象局の気象衛星「風雲（Fengyun）3号」が1機と、半年間で13回の打上げにより25機もの地球観測衛星を打ち上げた。衛星数だけでいえば、米国Planet社の地球観測衛星「Flock」は1回の打上げで88機も同時に軌道投入されたことがあるが、1機の質量が5kg程度で総質量は500kgにも満たない。本期間における中国の25機の地球観測衛星打上げ実績は、歴史的にも突出しているといえる。

2018年にはフランスと共同で開発する海洋観測衛星「CFOSAT」や、「高分5号」及び「高分6号」などの地球観測衛星の打上げが予定されている。

2018年10月

中国の地球観測衛星は、短期間に集中的に打ち上げられ、設計寿命を超えて運用されているものも多く、世界最大級の衛星群を有している。2018年5月末時点で運用中の世界の地球観測衛星は680機ほどあり、米国が約半数の約350機、中国が120機余りである。欧州宇宙機関（ESA）とその加盟国を合わせて約60機、日本・インド・ロシアの3カ国で約70機、韓国やカナダなどその他の国の合計で80機といったシェアになっている。米国は衛星の数だけは圧倒的に多いが、質量が10kg以下のキューブサットが250機ほどもあり、合計質量で比較すると中国との差は小さい。

中国は、本期間（半年間）で7回の打上げにより15機もの地球観測衛星を打ち上げた。

実用衛星としては、静止気象衛星「風雲2H」（風雲2型の最終号機）、海洋観測衛星「海洋10」、民生用地球観測衛星「高分5号」、「高分6号」及び「高分11号」、偵察衛星「遥感31号」（3機組）などがある。この中で最も注目すべきなのは、「高分11号」だと思われる。この衛星は光学観測で米国に次ぐ10cm級の高分解能を実現しており、中国のこれまでの地球観測衛星群で不足していた能力が補われたものと考えられる⁸⁰。高分シリーズは大規模かつ急速に発展しており、今回の参考資料として一覧表にまとめてみた。

民間や大学でも小型衛星による地球観測衛星群の構築が競って行われている。まだ実用と言えるレベルに到達していない計画もあるが、珠海軌道控制会社が大学などと共同で開発した小型衛星5機、武漢大学の珞珈1号などが打ち上げられ、新技術や新ミッションの創出を目指している。

11月にはフランスと共同で開発中の海洋観測衛星「CFOSAT」の打上げが予定されている。

2019年1月

第4四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は10機で、そのうち2機は偵察衛星「遥感」シリーズの新形式であるYG（遥感）32型の最初のセット、6機は上海航天技術研究院（SAST）が開発した軍事気象衛星「雲海（Yunhai）2」の6機、他の2機はいずれも海洋観測衛星で、1つは中国とフランスが共同で開発したCFOSAT（中法海洋衛星、法はフランスのこと）、もう1

⁸⁰ 2018年8月14日、Jane's Defence Weekly, Andrew Tate, China closing the satellite imagery capability gap
<https://www.janes.com/article/82366/china-closing-the-satellite-imagery-capability-gap>

つは「海洋2型」シリーズの2機目となるHY（海洋2B）である。

地方政府が推進している独自の小型地球観測衛星群のうち、吉林省のJL（吉林）衛星は多数の打上げが予定されていたが、年初から先延ばしが続いた。2019年1月以降に相次いで打ち上げられる可能性がある。

11月16日、中国地震局、中国国家航天局、イタリア宇宙機関が共同主催し、中国地震局地殻応力研究所と航天東方紅衛星株式会社がホストする「中国電磁観測試験衛星工程第3回国際シンポジウム」が北京で開催された。中国、イタリア、ロシア、米国、フランス、パキスタン、ウクライナ、日本などの関連分野の100人近くの専門家と学者が会議に出席した。なお、「中国電磁波観測試験衛星」とは、2018年2月に打ち上げられた「張衡1号」のことである。中国科学院傘下の「遥感学報」2018年第22巻第S1期で張衡1号関連の特集記事が掲載された⁸¹。

2019年4月

第1四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は2機で、いずれも吉林省の長光衛星技術が開発したハイパースペクトラル（光譜）撮像装置搭載の地球観測衛星「吉林光譜（Jilin Guangpu）」衛星である。「吉林光譜01」は別称として「吉林林草（Jilin Lincao）」、「吉林光譜02」は「文昌起算（Wenchang Qisuan）」と名付けられている。同会社はこれまでにビデオ撮像など10機の「吉林」衛星を打ち上げており、年内にさらに5機の「吉林」衛星を打ち上げる予定。

気象衛星関係では、1月10日に静止軌道の「風雲2H」と極軌道の「風雲3D」の運用開始が国防科技工業局（SASTIND）から発表された⁸²。

地上施設としては、福建省の海絲（Haisi）核心区に地球観測データセンターが設置された⁸³。海絲とは海のシルクロードという意味で、福建省では福州・泉州・廈門の3市の港湾が海絲の重要な拠点となっている。

CASCによる地球観測衛星の打上げ予定は、「高分（Gaofen）7」、ブラジルと共同の「CBERS 4A」などがある。

2019年7月

第2四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は3機で、立体地図作成用の「天絵2号」が2機、もう1機は吉林省の長光衛星技術が開発したハイパースペクトラル（光譜）撮像装置搭載の地球観測衛星「吉林1号光譜（Jilin Guangpu）03」である。

地震電磁波観測衛星「張衡1号」に関して、中国地震局の申旭輝氏は5月30日に「張衡1号は地震の研究以外で人類に何をもたらすことができるのか？」という講演を行った⁸⁴。後漢時代の天文学者である張衡は、紀元132年に地震計を発明し、134年の隴西地震を記録したとのことである。マグニチュード7クラスの大地震は世界で年間18回程度発生しており、中国も3年間で2回発生している。

⁸¹ 2018年、遥感学報、电磁监测试验卫星(张衡一号)地震遥感专辑
http://www.jors.cn/jrs/ch/reader/issue_list_new.aspx

⁸² 2019年1月10日、SASTIND）、风云二号H星、风云三号D星正式投入业务运行
<http://www.sastind.gov.cn/n112/n117/c6805134/content.html>

⁸³ 2019年1月14日、SATIND、海丝卫星数据服务中心在福州开通 数据覆盖海丝沿线
<http://www.sastind.gov.cn/n112/n117/c6805201/content.html>

⁸⁴ 中国地震局地壳应力研究所总工程师申旭辉：“张衡一号”卫星，除了研究地震，还能为人类带来什么？
<https://www.guokr.com/article/452141/>



張衡を描いた切手（1955年発行）

2019年11月

第3四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は10機で、「遥感(Yaogan)」衛星が3機、「資源(Ziyuan)」衛星が1機、珠海軌道制御技術有限公司の2種類の衛星(OVS 1機とOHS 4機)の5機、気象衛星「雲海(Yunhai)」が1機となっている。打上げ予定の衛星は「CBERS」や「吉林(Jilin)」衛星など多数あるが、打上げは遅れ気味である。これらの衛星打上げの主力となる「快舟(Kuai Zhou) 1A型」ロケットは、年内に6回程度の打上げを予定している。

なお、珠海軌道制御技術有限公司の5機の衛星は、それぞれ資金拠出機関に命名権が与えられ、たとえば酒造企業である貴州茅台集団会社が資金拠出した衛星(OHS-3B)は「飛天茅台(Feitian Maotai)」と名付けられた⁸⁵。

2020年1月

第4四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は13機で、「高分(Gaofen)」衛星が3機(7、10R、12)、ブラジルと共同の「CBERS」衛星が1機、寧夏金硅信息技術会社の「寧夏(Ningxia)」衛星が同時に5機、長沙天儀研究院の「天儀(Tianyi)」衛星が2機(16、17)、長光衛星会社の「吉林(Jilin)」衛星が2機(高分02A、同02B)となっている。

中国国家航天局(CNSA)は、12月10日に高分7号の取得画像を国防科技工業局(SASTIND)を通じて公表した⁸⁶。

2020年4月

第1四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は4機で、内訳は遥感30号の6組目の3機1組衛星群と吉林省の長光衛星技術会社が開発したブロードバンド(寛幅)通信装置搭載の地球観測衛星「吉林寛幅(Jilin Kuanfu)」衛星1機である。同会社のサイトによれば、別称として「紅旗(Hongqi: HQ)9号」とも呼ばれている⁸⁷。寛幅は「観測幅が広い」ことを意味する(通信衛星で用いられる「寛幅」はインターネット通信を行う周波数帯である「ブロードバンド」を意味するので、区別に注意)。同会社は2019年までにビデオ撮像など15機の「吉林」衛星を打ち上げており、今回の打上げで「吉林」衛星の累積数が16機となった⁸⁸。観測ミッションも光学(O)・高分解能(HR)・ハイパースペクトラル(HS)・ビデオ(V)・寛幅(WB)の5種類と

⁸⁵ 2019年9月23日、搜狐網、「飛天茅台”飞上天了!

http://www.sohu.com/a/342753409_120290777

⁸⁶ 2019年12月10日、SASTIND、高分七号卫星首批亚米级立体影像产品发布

<http://www.sastind.gov.cn/n112/n117/c6808400/content.html>

⁸⁷ 2020年1月15日長光衛星技術公司、全球首顆亞米級超大幅寬光學遙感衛星“紅旗一號-H9”成功發射

⁸⁸ 2020年1月15日 Gunter's Space Page、Jilin-1 Wideband-01

なった。

CASC による地球観測衛星の打上げ予定は、「高分 (Gaofen : GF) 5」の 2 号機、「資源 (Ziyuan : ZY) 3」シリーズの 3 号機などがある。

2020 年 7 月

第 2 四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は 3 機で、内訳は「高分 9 号 02」⁸⁹、「高分 9 号 03」⁹⁰、及び「海洋 1D」⁹¹である。「高分」衛星は 17 機目で、すべて運用中。「海洋」衛星は既に運用中の「海洋 1C」とコンビとなり、2 機 1 組で午前観測と午後観測を分担する。

2020 年 10 月

1) 地球観測衛星打上げ状況

第 3 四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は 19 機 (うち 2 機は打上げ失敗) であった。これを中央政府の衛星 8 機と地方政府の衛星 11 機に分けてそれぞれの状況を述べる。

① 中央政府の衛星

中央政府の衛星 8 機の内訳は「高分 (Gaofen : GF)」が 4 機⁹²、「環境 (Huanjing : HJ)」が 2 機⁹³、「資源 (Ziyuan : ZY)」⁹⁴と「海洋 (Haiyang : HY)」⁹⁵が各 1 機である。

高分は 2013 年以來 20 機を打ち上げ (うち 1 機は打上げ失敗)、現在 19 機を運用中。

環境は 2008 年以來 5 機を打ち上げ、最初の 2 機の衛星を今回打上げの衛星で置き換える予定。衛星の名称が「環境減災衛星」となった。

資源は 2000 年以來 8 機を打ち上げ、4 機を運用中。ブラジルと共同の CBERS は資源とほぼ同じで 6 機打上げ (1 機失敗)、2 機を運用中。

海洋は 2002 年以來 7 機を打ち上げ、5 機を運用中。

② 地方政府の衛星

地方政府の衛星はすべて吉林省の長光衛星会社が製造した「吉林 (Jilin : JL)」衛星で、軌道投入に成功した 9 機は黄海付近の洋上からの長征 11H 型ロケットにより同時に打ち上げられた⁹⁶。他の 2 機は快舟 11 と快舟 1A の打上げ失敗⁹⁷のため軌道投入できなかった。

吉林衛星は 2015 年以來 27 機が打ち上げられ (うち 2 機は打上げ失敗)、現在 24 機が運用中。

2) 地球科学衛星「広目」の開発

中国科学院 (CAS) は地球科学衛星「広目 (Guangmu : GM)」⁹⁸を開発中で、人類と環境システムの相互作用における科学的課題を解決し、衛星画像で人間活動の痕跡を精密に描写することを目指しているという。打上げは 2021 年頃の予定。

「広目」とは、仏教で説かれる四天王の一つ (他は持国天・増長天・毘沙門天 (別名 : 多聞天)) で、地球観測衛星の機能を端的に示すのに適した名称である。

⁸⁹ 2020 年 5 月 31 日、CASC、長二丁火箭成功实施“一箭双星”

⁹⁰ 2020 年 6 月 17 日、CASC、长征二号丁运载火箭成功实施一箭三星任务

⁹¹ 2020 年 6 月 11 日、人民網、海洋一号 D 卫星成功发射 我国首个海洋业务卫星星座组成

⁹² 2020 年 7 月 3 日、CASC、长四乙火箭成功发射高分多模卫星及八一 02 星

2020 年 8 月 6 日、CASC、长二丁火箭执行第 50 次发射任务

2020 年 8 月 24 日、中国政府、我国成功发射高分九号 05 星

2020 年 9 月 8 日、CASC、长四乙火箭成功发射高分十一号 02 星

⁹³ 2020 年 9 月 27 日、CNSA、环境减灾二号 A、B 星成功发射

⁹⁴ 2020 年 7 月 25 日、CASC、长征四号乙运载火箭以一箭三星方式成功发射资源三号 03 星

⁹⁵ 2020 年 9 月 21 日、CNSA、我国成功发射海洋二号 C 星

⁹⁶ 2020 年 9 月 15 日、CASC、长十一火箭成功实施“一箭九星”海上发射任务

⁹⁷ 2020 年 7 月 10 日、新華社、China's Kuaizhou-11 carrier rocket fails in maiden flight

2020 年 9 月 12 日、新華社、“吉林一号”高分 02C 卫星发射失利

⁹⁸ 2020 年 8 月 21 日、CAS、我国“广目”地球科学卫星预计 2021 年前后发射升空

2021年1月

第4四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は6機であった。

6機の内訳は「遥感 (Yaogan : YG)」が4機⁹⁹、「高分 (Gaofen : GF)」が2機¹⁰⁰である。

高分は2機とも長征3B型ロケットによる打上げで、「高分13号」は静止地球観測衛星(分解能15mとみられる)、「高分14号」は極軌道地球観測衛星である。西昌射場から長征3系列のロケットによる極軌道への軌道投入は初めてのことである。

2021年4月

第1四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は「遥感 (Yaogan : YG) 31」9機¹⁰¹と「高分 (Gaofen) 12 02」¹⁰²である。遥感31は長征4C型ロケットにより3機ずつ3回打ち上げられ、累計12機となった。「高分12 02」は高分シリーズの24機目で、合成開口レーダ搭載の「遥感29」の民生用とみられている。

2020年に開始された中欧共同の龍計画第5期(2020-2024)の研究プロジェクトは気候変動や海洋など10分野で55件あり、分野別のテーマと研究機関の一覧を参考資料として本文末尾に示す。

2021年7月

第2四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は「遥感 (Yaogan : YG) 34」¹⁰³、「遥感30」シリーズ6機¹⁰⁴、海洋観測衛星「海洋 (Haiyang : HY) 2D」¹⁰⁵、静止気象衛星「風雲 (Fengyun : FY) 4B」¹⁰⁶、「齋魯 (Qilu)」¹⁰⁷2機、「佛山 (Foshan) 1号」¹⁰⁸、「中安国通 (Zhong'an Guotong) 1号」¹⁰⁹、「泰景 (Taijing) 2号」¹¹⁰、「北京 (Beijing) 3号」¹¹¹、「海絲 (Haisi) 2号」¹¹²、「仰望 (Yangwang) 1号」¹¹³の計17機である。信号傍受 (SIGINT) による海洋監視が目的と考えられる「遥感30」シリーズは8回目と9回目の打上げで累計27機となった。「風雲4B」は風雲4型の2機目で、今回が「風雲4型」の最初の運用機となり、分解能や観測頻度などの観測性能がプロトタイプの初号機(風雲4A)よりも大幅に向上している¹¹⁴。

2021年10月

⁹⁹ 2020年10月27日 中国政府、我国成功发射遥感三十号07组卫星

2020年12月28日 Gunter's Space Page、YG-29, 33, 33R (33Rが該当)

¹⁰⁰ 2020年10月12日 CASC、长征三号乙运载火箭成功发射高分十三号卫星

2020年12月06日 CASC、长征三号乙改进五型运载火箭成功发射高分十四号卫星

¹⁰¹ 2021年01月29日、CASC、长四丙火箭成功发射遥感三十一号02组卫星

2021年2月24日、CASC、长四丙火箭成功发射遥感三十一号03组卫星

2021年3月13日、CASC、长四丙火箭成功发射遥感三十一号04组卫星

¹⁰² 2021年03月31日、CASC、长征四号丙运载火箭成功发射高分十二号02星

¹⁰³ 2021年4月30日、新華網、我国成功发射遥感三十四号卫星

¹⁰⁴ 2021年5月7日、新華網、我国成功发射遥感三十号08组卫星

2021年6月18日、CASC、长征二号丙火箭成功发射遥感三十号09组卫星

¹⁰⁵ 2021年5月19日、新華網、我国成功发射海洋二号D卫星

¹⁰⁶ 2021年6月3日、CASC、长征三号乙运载火箭成功发射风云四号B星

¹⁰⁷ 2021年4月28日、Gunter's Space Page、Qilu 1、

¹⁰⁸ 2021年4月28日、Gunter's Space Page、Foshan 1、

¹⁰⁹ 2021年4月28日、Gunter's Space Page、Zhongan Guotong 1 (Hangsheng 1, HS 1)、

¹¹⁰ 2021年4月28日、Gunter's Space Page、Taijing-2 01、

¹¹¹ 2021年6月15日、Gunter's Space Page、Beijing 3

¹¹² 2021年6月15日、Gunter's Space Page、Haisi 2

¹¹³ 2021年6月15日、Gunter's Space Page、Yangwang 1

¹¹⁴ 2021年6月3日、中国气象局公共气象服务中心、风云四号B星成功发射 将实现大范围高分辨率连续观测、

第3四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は、吉林寛幅 (Jilin Kuanfu) 01B1、吉林1高分 (Gaofen) 03D (3機)¹¹⁵、吉林1高分 02D¹¹⁶、風雲 (Fengyun) 3E¹¹⁷、寧夏 (Ningxia) 2 (5機)¹¹⁸、遥感 (Yaogan) 30-10 (3機)¹¹⁹、天絵 (Tianhui) 1-04¹²⁰、天絵 2-02 (2機)、高分 05-2 の計 18 機である。この他に吉林魔方 (Mofang) 01A が打上げ失敗に終わった¹²¹。

2022年1月

1) 2021年版宇宙白書

5年ごとに発行される中国の宇宙白書は、前回2016年版が同年12月に発表された。2021年版は現時点でまだ発表されていないが、2021年に過去最多の年間55回の打上げを行うなど5年間の宇宙活動で顕著な実績を残しており、今後も中国宇宙ステーション拡張や月探査の第4期計画（有人月基地の研究を含む）などで大きな進展が見込まれ、近々にそれらの計画が発表されるであろう。

2) 第14次5カ年計画におけるCASCの総合発展規画

中¹²²国航天科技集团公司 (CASC) は10月15日に第14次5カ年計画におけるCASCの総合発展規画を発表した¹²³。高品質の開発、イノベーション、実行メカニズムの改善、人材育成などを通じて宇宙強国の基盤を確立することを主眼としている。

2022年4月

第1四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は20機であった。

1) 中央政府の地球観測衛星

① 陸地探測 (Ludi Tance)

1月26日と2月26日に新シリーズの地球観測衛星「陸地探測」(別名「L-SAR」)2機(01Aと01B)が長征4Cロケットにより打ち上げられた¹²⁴。ミッション機器は中国初のLバンドSARである¹²⁵。衛星の運用は中国科学院(CAS)空天信息創新研究院(AIR)が行っており、3月5日に2号機の最初のデータを受信した¹²⁶。

¹¹⁵ 2021年7月3日、中国経済網、中国成功发射吉林一号宽幅01B卫星

¹¹⁶ 2021年9月27日、中国新聞網、中国成功发射吉林一号高分02D卫星

¹¹⁷ 2021年7月5日、中国气象新聞網、风云三号E星成功发射

¹¹⁸ 2021年7月9日、上観新聞、上海航天再立新功!“钟子号”卫星星座02组顺利进入预定轨道

¹¹⁹ 2021年7月19日、澎湃在線、遥感三十号10组卫星发射成功，背后的意义是什么？

¹²⁰ 2021年7月30日、百度知道、我国成功发射天绘一号04星，这个卫星的用途是什么？

¹²¹ 2021年8月3日、bilibili、双曲线一号遥五运载火箭发射吉林一号魔方01A卫星失利

¹²² 2022年3月16日、Gunter's Space Page、Jilin-1 Gaofen-03A, -03B, 03C, 03D (Jilin-1 High Resolution-03A, 03B, 03C, 03D)

¹²³ 2021年10月15日、CASC、中国航天科技集团有限公司“十四五”综合发展规划发布

¹²⁴ 2022年3月16日、Gunter's Space Page、Ludi Tance 1-01A, 1-01B (L-SAR 01A, 01B)

¹²⁵ 2022年2月21日、CASC、航天科技集团陆地探测一号01组卫星研制侧记

¹²⁶ 2022年3月7日、CAS、China Receives Data from Newly Launched L-SAR 01B Satellite

② 遥感 (Yaogan)

3月17日、人民解放軍 (PLA) は「遥感 34-02 号」¹²⁷を長征 4C ロケットにより打ち上げた。

2) 地方政府関連の地球観測衛星

以下の 14 機の衛星は 2 月 19 日に長征 8 型遥 2 型ロケットにより同時に打ち上げられた 22 機 (中国として 1 回の打上げでの過去最多衛星数) に含まれる。

① 吉林 (Jilin) 10 機

吉林省長春に本拠を置く長光衛星技術公司是「吉林 1 魔方 (Mofang) 02A」¹²⁸と「吉林 1 高分 (Gaofen) 03D」9 機 (10 号~18 号) を打ち上げた。

② 海南 (Hainan) と文昌 (Wenchang)

海南省の三亜遥感研究所は「海南 1 号」2 機¹²⁹と「文昌 1 号」2 機を打ち上げた。当初は「海南」4 機の同時打上げになると思われたが、高分解能の「海南」とマルチスペクトルの「文昌」の 2 種類となり、同研究所はさらに高分解能衛星「三亜 (Sanya)」と SAR 衛星「三沙 (Sansha)」の打上げも計画している。

3) 民間企業の地球観測衛星

① 泰景 (Taijing)

MinoSpace 社は「泰景」2 機 (3-01, 4-01) を打ち上げた。「泰景 2-01」は 2021 年に打ち上げられており、累計 3 機となった。

② 星時代 (Xingshidai)

MinoSpace 社は「星時代 17 号」 (別名: 大運、大学運動会の略) を打ち上げた。

2022 年 7 月

1) 中央政府の地球観測衛星

① 高分 (Gaofen)

4 月 6 日、C バンド SAR を搭載した「高分 (GF) 3-03」を打ち上げた¹³⁰。このシリーズは 2016 年に初号機の「GF 3」に続いて 2021 年に「GF 3-02」が打ち上げられ、今回の「GF 3-03」は 3 機目となる。

6 月 27 日には、SAR 搭載の「高分 12-03」を打ち上げた¹³¹。このシリーズも 2019 年打上げの初号機「GF 12」に続いて 2021 年に「GF 12-02」が打ち上げられ、今回は 3 回目となる。ミッションは国土調査、都市計画、土地の権利確認、道路網の設計、農産物の収穫量推定、防災減災などである。

② 遥感 (Yaogan)

6 月 23 日、人民解放軍 (PLA) は長征 2D ロケットにより 3 機 1 組の「遥感 (Yaogan) 35 - 02」を打ち上げた¹³²。遥感 35 号の 01 組は 2021 年 11 月に打ち上げられており、当時は 3 機とも同一機能の衛星であると思われたが、最近の Gunter 情報によれば 3 機のうち A, B の 2 機と C では衛星の機能が異なるとしている。機能に相違があっても 3 機で 1 組であると認識されている。ミッションは科学試験、国土資源調査、農産物の収穫量推定、防災減災などである。

③ 大気 (Daqi)

4 月 15 日、上海航天技術研究院 (SAST) が長征 4C 型ロケットにより打ち上げた「大気 1 号」は、大気圏の環境監視を行う衛星 (AEMS: Atmospheric Environment Monitoring Satellite) である¹³³。エアロゾル・二酸化炭素検出ライダー (レーザーダ) やワイドスペクトルイメージャなど 5 種の観測機器を搭載している。

¹²⁷ 2022 年 3 月 27 日、CASC、長四丙成功发射遥感三十四号 02 星

¹²⁸ 2022 年 3 月 16 日、Gunter's Space Page、Jilin-1 Mofang-02A

¹²⁹ 2022 年 3 月 16 日、Gunter's Space Page、Hainan-1 01

2022 年 3 月 16 日、Gunter's Space Page、Hainan-1 02

¹³⁰ 2022 年 4 月 7 日、Gunter's Space Page、Gaofen 3 (GF 3)

¹³¹ 2022 年 6 月 29 日、中国航天報、航天科技集团長四丙火箭試驗隊執行高分十二號 03 星發射任務側記

¹³² 2022 年 7 月 1 日、Gunter's Space Page、Yaogan 35-01A, 35B

2022 年 7 月 1 日、Gunter's Space Page、Yaogan 35-01C

¹³³ 2022 年 4 月 20 日、Gunter's Space Page、Daqi 1 (DQ 1, AEMS 1)

2) 地方政府関連の地球観測衛星

①吉林 (Jilin)

14機が打ち上げられ、うち13機が軌道投入に成功した。

4月30日、長光衛星技術公司是、洋上打上げの長征11H型ロケットにより、「吉林高分 (Jilin Gaofen) 04A」と「吉林高分03D 04~07」の計5機の打上げに成功した。

5月5日、同社は長征2D型ロケットにより「吉林寛幅 (Jilin Kuanfu) 1C」と「吉林高分03D 27~33」の計8機の打上げに成功した¹³⁴。

5月13日、同社は双曲線1型ロケット¹³⁵により「吉林魔方 (Jilin Mofang) 01R」¹³⁶の打上げを行ったが、ロケットの不具合により昨年8月に続いてまたも軌道投入に失敗した (宇宙ミッション7 宇宙輸送の項参照)。

3) 民間企業の地球観測衛星

中国四維測繪技術総公司是「四維高景 (Siwei Gaojing) 01」と「同02」の2機の地球観測衛星を長征2Cロケットにより打ち上げた¹³⁷。

2022年10月

1) 中央政府の地球観測衛星

①「遥感 (Yaogan:YG)」13機

9月2日、人民解放軍 (PLA) は「遥感33号」の2機目の衛星を打ち上げた¹³⁸。

7月から9月まで月1回のペースで3機1組の「遥感35号」の3番目から5番目までの衛星を打ち上げた。それぞれの打上げ日は、03組が7月29日¹³⁹、04組が8月19日¹⁴⁰、05組が9月6日¹⁴¹である。

9月26日には3機1組の「遥感36号」01組を打ち上げた¹⁴²。

②「陸地生態系統碳監測衛星」1機

8月4日、中国空間技術研究院 (CAST) は長征4Bロケットにより「陸地エコシステム (生態系) の炭素を監視する衛星」 (Terrestrial Ecosystem Carbon Monitoring Satellite) を打ち上げた。この衛星のミッションは、マルチビームライダー、マルチアングルマルチスペクトルカメラ、ハイパースペクトル検出器、マルチアングル偏光イメージャーの4種類のペイロードにより、地上の植生バイオマスを能動的および受動的測定を組み合わせて検出し、陸上生態系の炭素モニタリング、陸上生態学および地球環境に関する問題の研究に資することである¹⁴³。

③気象観測衛星「雲海 (Yunhai)」1機

9月20日、上海航天技術研究院 (SAST) は気象観測衛星「雲海1号03」衛星を打ち上げた。雲海1号の3機目で、6機の雲海2号と合わせて雲海シリーズは9機となった¹⁴⁴。

2) 地方政府関連の地球観測衛星

①「吉林 (JL)」16機

8月10日、長光衛星技術公司是長征6ロケットにより16機の「吉林」衛星を打ち上げた¹⁴⁵。

¹³⁴ 2022年5月5日、CASC、用成功落实总书记回信精神！长二丁“一箭八星”得胜

¹³⁵ 2022年5月13日、Gunter's Space Page、Shian (正しくは Shuang) Quxian-1 (SQX-1, Hyperbola-1)

¹³⁶ 2022年5月13日、Gunter's Space Page、Jilin-1 Mofang-01A (Jilin-1 MagicCube-01A)

¹³⁷ 2022年4月29日、CASC、金牌老将长二丙火箭成功发射四维01/02卫星

¹³⁸ 9月3日、CASC、圆满成功 长四丙火箭发射遥感三十三号02星

¹³⁹ 7月30日、CASC、长二丁“三十而立”成功发射遥感三十五号03组卫星

¹⁴⁰ 8月21日、吉林日報、我国成功发射遥感三十五号04组卫星

¹⁴¹ 9月7日、CASC、我国成功发射遥感三十五号05组卫星

¹⁴² 9月27日、澎湃、长二丁成功发射遥感三十六号卫星，今年已将26颗卫星送入预定轨道

¹⁴³ 8月4日、CASC、中国长征火箭百连胜！陆地生态系统碳监测卫星发射成功

¹⁴⁴ 2022年9月21日、Gunter's Space Page、Yunhai-1 01, 02, 03

¹⁴⁵ 8月10日、CASC、一箭16星！长征六号发射圆满成功

その内訳は「吉林高分」衛星 10 機と「吉林紅外」衛星 6 機で、紅外（赤外線）衛星は初の打上げである。高分衛星は 03D のシリーズで、9 号機と 35～43 号機が含まれ、累計で 33 機に達した。なお、8 号機と 19～26 号機及び 34 号機の計 10 機はまだ打ち上げられていない。

3) 民間企業の地球観測衛星

①「四維高景 (Siwei Gaojing)」2 機

7 月 15 日、中国四維測繪技術總公司 (China Siwei Survey and Mapping Technology Co. Ltd.)¹⁴⁶は長征 2C ロケットにより「四維高景 2」の 01 星と 02 星を打ち上げた¹⁴⁷。これまでに「高景」衛星 4 機、「四維高景 1」衛星 2 機が打ち上げられており、同社の衛星は 8 機となった。

②「泰景 (Taijing)」2 機

8 月 9 日、微納星空公司 (Minospace) は穀神星 (Gushenxing、CERES) ロケットにより地球観測衛星「泰景 1 号 02」2 機 (02A 及び 02B) と技術試験衛星「平安 3 号」を同時に打ち上げた¹⁴⁸。「泰景」衛星群は 5 機になった。

③「北京 (Beijing)」1 機

8 月 24 日、21 世紀 AT 社は「北京 3 号 B」を長征 2D ロケットにより打ち上げた¹⁴⁹。

2023 年 1 月

1) 中央政府関連の地球観測衛星

本期間に 4 シリーズで 14 機が打ち上げられた。

①「高分 (Gaofen:GF)」2 機

1 2 月 8 日に陸域と大気を統合的に観測する「高分 5 号 01A」(GF5 の 2 機目)を打ち上げ¹⁵⁰、1 2 月 27 日に光学観測衛星「高分 11 号 04」(GF11 の 4 機目)を打ち上げた¹⁵¹。

②「遥感 (Yaogan:YG)」10 機

人民解放軍 (PLA) は ELINT 衛星とみられる「遥感 36 号」の 2 組目の衛星 3 機を 10 月 14 日に打ち上げた¹⁵²。されに 1 1 月 27 日に「遥感 36 号」の 3 組目の衛星 3 機、1 2 月 14 日に「遥感 36 号」の 4 組目の衛星 3 機を打ち上げた。

また、1 1 月 15 日には光学偵察衛星とみられる「遥感 34 号」の 3 機目を打ち上げた¹⁵³。

③「環境減災 (Huanjing Jianzai:HJ)」1 機

10 月 13 日、中国資源衛星応用センター (GRESDA) は長征 4B ロケットにより民生用地球観測衛星「環境減災 2E」を打ち上げた¹⁵⁴。環境 1C と同様のレーダ衛星である。環境シリーズの衛星は 6 機目となる (2C 及び 2D はまだ打ち上げられていない)。

④「雲海 (Yunhai:YH)」1 機

1 1 月 11 日、上海航天技術研究院 (SAST) は大気・海洋・宇宙環境を観測する「雲海 301」を打ち上げた¹⁵⁵。「雲海」シリーズの打上げは 10 回目となる。

2) 民間企業 (地方政府支援) の地球観測衛星

①「吉林 (Jilin:JL)」13 機

1 1 月 16 日、長光衛星技術公司是穀神星 (Gushenxing) ロケット (CERES) により「吉林 1

¹⁴⁶ 中国四維測繪技術總公司

¹⁴⁷ 7 月 16 日、CASC、長二丙成功發射兩顆四維高景二號！新一代商業遙感衛星系統第一階段建設圓滿成功

¹⁴⁸ 8 月 9 日、微納星空、再傳捷報！平安 3 號、泰景一號 02 雙星發射入軌成功

¹⁴⁹ 8 月 25 日、人民網、8 月 24 日 11 時 01 分中國成功發射北京三號 B 星

¹⁵⁰ 12 月 9 日、CASC、長二丁火箭成功發射高光谱綜合觀測衛星

¹⁵¹ 12 月 27 日、CASC、長四乙戰極寒！成功發射高分十一號 04 星

¹⁵² 10 月 15 日、騰訊新聞、中國成功發射遙感三十六號衛星

¹⁵³ 11 月 15 日、CASC、長征四號丙運載火箭成功發射遙感三十四號 03 星

¹⁵⁴ 10 月 17 日、搜狐網、環境減災二號 E 星成功發射 我國再添生態環境立體監測的新利器！

¹⁵⁵ 11 月 12 日、CASC、長征六號改火箭成功發射雲海三號衛星

高分 03D」の 08 号と 51-54 号の計 5 機の吉林衛星を打ち上げた¹⁵⁶。

12月9日、同会社は捷龍（Jielong）3 ロケットにより「吉林 1 高分 03D」の 44-50 号機と「吉林 1 平台 01A-01」の計 8 機を打ち上げた¹⁵⁷。「平台」はプラットフォームを意味し、今回が初の打ち上げである。また、03D 44-46 には眉山環天智慧科技有限公司が運用する「天府星座」の「東坡 08-10」、03D 48-49 には北京道達天際科技有限公司が運用する「道達星座」の「天羅星・天芯星」の別名がある。両社は 03D 47 及び 50 を運用する長光衛星技術会社とともに小型軽量高分解能力カメラの開発を行った¹⁵⁸。

吉林衛星は 2030 年までに 137 機を打ち上げる計画であるが、種類が多岐にわたるため、文末の参考資料に衛星の仕様や運用状況などを示した。

¹⁵⁶ 11月16日、環球網、四连胜！谷神星一号火箭成功发射5颗高分03D卫星，助力吉林一号星座组网！

¹⁵⁷ 2月10日、CASC、首飞告捷！捷龙三号一箭14星发射成功

¹⁵⁸ 12月13日、百度、“吉林一号”8颗卫星今日出征

宇宙ミッション2 通信放送分野

2016年10月

通信放送衛星については、2016年5月に新しいミッションとなる「天通（Tiantong：TT）1-1」が打ち上げられた。自国の衛星ではないが、1月にベラルーシの静止通信衛星「Belintersat 1」を今年世界初の衛星（2016-001A）として打ち上げており、中国製の衛星を中国ロケットで打ち上げる包括的な衛星打上げビジネスの実績を重ねている。

2017年4月

本期間に打ち上げられた通信衛星は、4機目のデータ中継衛星「天鏈（Tianlian）1D」である。技術試験衛星の分類ではあるが、実践17号は通信に関する技術試験を主目的とする静止衛星である。

2017年4月以降には、実践13号/中星16号（4月12日打上げ成功）、実践18号、ニカラグア通信衛星、アルジェリア通信衛星などが打上げ予定となっている。

2018年6月には、月の裏側に着陸する嫦娥4号の地球との通信のためのデータ中継衛星が打ち上げられる予定である。

2017年10月

本期間に打ち上げられた通信衛星は、高スループットの通信衛星「実践13号/中星16号」（4月12日打上げ成功）¹⁵⁹、中国衛星通信会社の「中星9A」（6月18日打上げ、ロケットは軌道投入に失敗したが、衛星の推進力で静止軌道に到達）、亜州衛星有限公司社の「AsiaSat 9」（9月28日、ロシアのプロトンロケットにより打上げ成功）¹⁶⁰の3機である。

2018年4月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星はなく、中国が打ち上げたアルジェリア初の通信放送衛星「AlComSat 1」が本期間で唯一の静止衛星打上げ実績となっている。アルジェリア側からは自国の通信システムを整備する上で中国の寄与が多大であったと絶賛している。今後、香港企業の「Apstar 6C」（2018年4月打上げ予定）、ニカラグアの「NicaSat 1」（2019年打上げ予定）、カンボジアの「Techo 1（親王1号）」（2021年打上げ予定）などの打上げが予定されている。コンゴ民主共和国（旧ザイール）の衛星は2018年までに打上げ予定であったが、資金不足のために保留状態になっている。

通信の実用ミッションではないが、2018年5月か6月には、月の裏側に着陸する「嫦娥4号」の打上げに先立って、地球との通信のためのデータ中継衛星が打ち上げられる予定である。月から6万km離れた地球-月系第2ラグランジュ点に配置される。中国の情報ではこの点が「地球の引力と月の引力が釣り合うところ」と説明したものがあるが、それは第1ラグランジュ点（地球と月の間にある）の場合であり、第2ラグランジュ点では月と地球の引力は同じ方向に働くので相殺することはない。厳密に言えば第2ラグランジュ点を飛行する宇宙機の遠心力が地球+月の引力と釣り合うのである。

2018年10月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星はAPT Satellite社の「APStar 6C」の1機だけである。この他に、中国の衛星ではないが、トランスポンダ（中継器）を占有する「ホステッド・ペイロード」として、カナダ・テレサット社の「Telstar 18V」衛星（9月打上げ）に「APStar 5C」が搭載された。中国長城工業集団公司（CGWIC）は、ニカラグアの「LSTSAT-1（旧称 NicaSat 1）」（2019年打上げ予定）、カンボジアの「Techo 1（親王1号）」（2021年打上

¹⁵⁹ 2017年10月8日、China Spaceflight、中星十六号/实践十三号（ZX-16/SJ-13）：2017年4月12日19:04由长征三号乙火箭从西昌成功发射、<https://www.chinaspaceflight.com/satellite/tongxin/Zhongxing-16/Zhongxing16-launch.html>

¹⁶⁰ 2017年9月29日、亜州衛星有限公司、AsiaSat 9、<http://www.asiasat.com/technology/satellite-fleet/satellite-9>

げ予定)といった衛星製造及び打上げを受注している。打上げに成功すればいずれもその国の初の衛星となり、東方紅4型衛星バスを用いた世界最高水準クラスの通信放送衛星を保有することになる。

2019年1月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は3機で、1つは軍事用と見られる目的不明の静止衛星(SIGINT衛星または早期警戒衛星と推測されている)「通信技術試験3」で、1つは「紅雲(Hongyun)1」という中国航天科工有限公司の272機の小型衛星群の最初の1機である。もう1つは「鴻雁(Hongyan)1」で、最終的に300機以上の小型通信衛星群で構成される小型通信衛星群の最初の1機である。この衛星は、2018年の最後となる39回目の打上げで高度1100kmの周回軌道に投入された。まだ技術実証段階で、設計が確立されれば、小型衛星打上げ用ロケットにより多数の衛星が短期間のうちに打ち上げられるようになると見込まれる。天津にある衛星製造工場では「鴻雁」衛星を年間130機程度製造する体制を整えている。

一方、インターネット接続サービス等を提供する寧夏金硅信息技術有限公司は、「鐘子(Zhongzi)」(または寧夏(Ningxia))という30機の衛星群による衛星通信システムの開発を開始した¹⁶¹。早ければ2019年にも最初の衛星が打ち上げられる見通し。

中国に発注された外国の静止通信放送衛星の打上げはなかった。

2019年4月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は3機で、民生用の「中星(Zhongxing)6C」、軍事用の「中星2D(別称:神通(Shentong)2D)」、性能向上型のデータ中継衛星「天鏈(Tianlian)2A」である。

2017年に長征5型ロケットによる打上げに失敗した通信技術試験衛星「実践18号」の代替となる「実践(Shijian)20号」が7月頃に打ち上げられる予定。

2019年7月

本期間には通信放送衛星の打上げはなかった。これから注目されるのは、長征5型ロケットによる実践20号の打上げで、世界初の量子暗号通信機器を搭載した静止衛星となる可能性がある。

2019年10月

中国衛通集团有限公司(China Satcom)は8月19日に通信放送衛星「中星(Zhongxing)18」を打ち上げたが、軌道投入には成功したものの、衛星本体の不具合により全損となった¹⁶²。

双曲線1号ロケットで打ち上げられた「CAS 7B」はアマチュア無線衛星(業余衛星)である。中国科学院(CAS)と紛らわしいが、こちらは中国アマチュア無線グループ(CAMSAT)が保有する衛星である。

2020年1月

中国空間技術研究院(CAST)が10月17日に打ち上げた「通信技術試験(Tongxin Jishu Shiyun:TJS)4」衛星は、高速通信技術の実証を目的としていると見られ、2019年12月末時点で東経83.5度の静止軌道にある¹⁶³。

快舟1A型ロケットで打ち上げられた「天啓(Tianqi)4A」及び「天啓4B」衛星は、国電高科技有限公司が保有する通信衛星で、累計5機となった。

2020年4月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は3機で、中国空間技術研究院(CAST)の技術試

¹⁶¹ 2018年11月6日、CGWIC、长城公司将向国内客户交付五颗钟子号卫星
<http://cn.cgwic.com/news/2018/1106-3.html>

¹⁶² 2019年8月21日、中国衛通、中国卫通集团股份有限公司重大事项公告
<http://www.csat.spacechina.com/n782724/n782804/c2699345/content.html>

¹⁶³ 2019年12月29日取得、N2Y0、TJS-4、<https://www.n2yo.com/satellite/?s=44637>

験衛星「通信技術試験 (Tongxin Jishu Shiyan : TJS) 5号」¹⁶⁴、Galaxy Space社の「銀河 (Yinhe : YH) 1号」及び国電高科公司の「天啓 (Tianqi : TQ) 5号」¹⁶⁵である。Galaxy Space社は銀河衛星を144機打ち上げる予定¹⁶⁶。

第2四半期以降、インドネシア PSNS社の「PALAPA N1 (Palapa Nasantora 1)」及びアジア太平洋衛星寛幅通信公司のブロードバンド通信衛星「Apstar 6D」を長征3Bロケットにより打ち上げる予定。

2020年7月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は2機で、CASICの行雲2号の最初の2機である¹⁶⁷。

インドネシア PSNS社の「PALAPA N1 (Palapa Nasantora 1)」は4月9日に長征3Bロケットにより打ち上げられたが、ロケットの3段目エンジンの不具合により軌道投入はできなかった¹⁶⁸。

船舶自動識別システム (AIS) の信号を収集する衛星は、和徳宇航公司が高分2回の打上げに合わせて「和徳 (Hede : HD)」衛星の4号機と5号機を打ち上げた¹⁶⁹。AIS信号は地上では数十キロメートルしか届かないが、宇宙空間では数百キロの高度でも通信が可能で、収集された情報は船舶の運航監視などのために商業的に利用されている。

2020年10月

1) 通信放送衛星打上げ状況

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は2機。

商業静止通信放送衛星は亜太衛星通信有限公司 (APStar社) の「APStar 6D」¹⁷⁰で、同社の運用中の衛星は5機となった。

周回衛星是北京国電高科科技公司的「天啓10号」(十ではなく一零と表記)¹⁷¹である。データ収集やモノのインターネット (IoT) の核心技術の検証を行う。

2) 「行雲」の衛星間レーザ通信

本年5月に打ち上げられた三江集团有限公司の2機の「行雲」(別称: 武漢号) が衛星間レーザ通信技術試験に成功したと8月9日に発表された¹⁷²。

2021年1月

第4四半期に打ち上げられた中国の地球観測衛星は6機であった。

6機の内訳は「遥感 (Yaogan : YG)」が4機¹⁷³、「高分 (Gaofen : GF)」が2機¹⁷⁴である。

高分は2機とも長征3B型ロケットによる打上げで、「高分13号」は静止地球観測衛星(分解能15mとみられる)、「高分14号」は極軌道地球観測衛星である。西昌射場から長征3系列のロケットによる極軌道への軌道投入は初めてのことである。

¹⁶⁴ 2020年1月9日 Gunter's Space Page、TJS 2, 5 ?

¹⁶⁵ 2020年1月15日 Gunter's Space Page、Tianqi 1, 2, 3, 4A, 4B, 5

¹⁶⁶ 2020年2月17日 Gunter's Space Page、Yinhe 1

¹⁶⁷ 2020年5月12日、CASIC、行云工程首发两颗卫星成功入轨 快舟一号甲火箭圆满完成发射任务

¹⁶⁸ 2020年4月9日、新華網、PALAPA-N1 卫星发射失利

¹⁶⁹ 2020年6月17日、Gunter's Space Page、HEAD

¹⁷⁰ 2020年7月9日、CASC、长征三号乙运载火箭成功发射亚太6D通信卫星

¹⁷¹ 2020年10月2日、AFP BB News、中国初の低軌道衛星 IoT コンステレーション 世界のユーザーにサービス提供

¹⁷² 2020年8月13日、中国政府、「行云二号」卫星成功验证星间激光链路技术

¹⁷³ 2020年10月27日 中国政府、我国成功发射遥感三十号07组卫星

2020年12月28日 Gunter's Space Page、YG-29, 33, 33R (33Rが該当)

¹⁷⁴ 2020年10月12日 CASC、长征三号乙运载火箭成功发射高分十三号卫星

2020年12月06日 CASC、长征三号乙改进五型运载火箭成功发射高分十四号卫星

2021年4月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は2機であった。

1) 静止通信衛星「天通 (Tiantong : TT) 1-03」¹⁷⁵

1月19日に打ち上げられた移動体通信用の静止衛星で、静止位置は東経 81.5 度である。なお、これまでに打ち上げられた2機の天通衛星の静止位置は東経 101 度と東経 125 度である。

2) GMS Space (GMS Zhaopin) 社の「GMS-T」¹⁷⁶

GMS-T 衛星はドイツの OHB 社が製造したためドイツの衛星だという説もあるが、最終ユーザーが中国企業であるので、本稿では中国衛星としている。ミッションはインターネット接続を行うブロードバンド通信である。NZ の射場から米ロケットラブ社のエレクトロノロケットにより打ち上げられた。ロケットラブ社は元々NZ の企業であり、NZ の射場から NZ の宇宙活動法に基づいて打ち上げられているので、本稿では打上げであるとして米国とは異なるものとしている。同社は現在米国に本社を置き、今後は NZ の 2 つの射点と米国のワロップス島射場から多数のエレクトロノロケットを打ち上げることを計画している。

2021年7月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は北京国電高科科技有限公司の「天啓 (Tianqi)」3機である。「天啓」シリーズは累計で13機となった。

通信衛星「天啓 9」、「天啓 12」及び「天啓 14」¹⁷⁷

これら3機の衛星は4月27日、5月6日及び6月18日に打ち上げられた。

2021年10月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は「中星 (Zhongxin : ZX) 2E 号」(別称: 神通 (Shentong) 2E)¹⁷⁸、「中星 9B 号」、「天鏈 (Tianlian : TL) 1E 号」、「天啓 (Tianqi) 15 号」の4機である。

2022年1月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は計5機である。

1) 軍事通信衛星

1月26日、PLA は静止通信衛星「中星 (Zhongxing : ZX) 1D」(別名「烽火 (Fenghuo : FH) 2D」) を打ち上げた。「烽火」は軍における音声、ファックス、データ、画像、総合業務などの通信を行う衛星で、東方紅4型衛星バスを用いた最新型の3機目である¹⁷⁹。なお、「ZX 1B (または FH 2B)」は打ち上げられていない。

2) データ中継衛星

12月13日、有人宇宙活動を支援するデータ中継衛星「天鏈 (Tianlian) 2B」が長征 3B ロケットにより打ち上げられた¹⁸⁰。

3) アマチュア無線衛星

12月26日、中国アマチュア無線協会 (CAMSAT) はアマチュア無線衛星「希望 (Xiwang) 3号」(別名「CAS (China amateur Radio Satellite)-9」) を6ユニットのキューブサットで製作し、打ち上げに成功した¹⁸¹。2021年末現在運用中のアマチュア無線衛星は7機である。

4) 自動船舶識別 (AIS)

¹⁷⁵ 2021年01月20日、CALT、「十四五」首战告捷！长三乙火箭成功发射天通一号03星

¹⁷⁶ 2021年01月20日、Space News、Rocket Lab launches secretive communications satellite for OHB

¹⁷⁷ 2021年4月28日、Gunter's Space Page、Tianqi 8、

¹⁷⁸ 2021年8月6日、光明網、中国成功发射中星2E卫星

¹⁷⁹ 2021年11月27日、CASC、长三乙火箭成功发射中星1D卫星

¹⁸⁰ 2021年12月14日、CASC、401！长征三号乙火箭成功发射天链二号02星

¹⁸¹ 2021年11月2日、個人図書館、希望三号业余卫星完成频率协调

10月14日、和徳宇航公司是 AIS 衛星「和徳 (Hede) 2E」と「同 2F」を 2 機同時に、宇宙科学衛星「羲和」と相乗りで打ち上げた¹⁸²。これまでに打ち上げた 5 機と合わせて、7 機で「天行者 (Tianxingzhe)」衛星群を構成している。

2022 年 4 月

本期間に打ち上げられた中国の通信放送衛星は 7 機であった。

①銀河 (Yinhe)

銀河航天公司 (Galaxy Space 社) は 3 月 5 日に「銀河 2 号」衛星 6 機を同時に打ち上げた¹⁸³。同社は 2020 年に「銀河 1 号」を打ち上げており、累計 7 機となった。

②天啓 (Tianqi)

北京国電高科公司是 2 月 27 日に「天啓 19 号」(別称: 平安 2 号) を打ち上げた¹⁸⁴。天啓シリーズの衛星は累計で 16 機となった。

2022 年 7 月

1) 中国衛通集团公司的静止通信衛星「中星」

4 月 15 日、中国衛通 (China Satcom) は長征 3B ロケットにより「中星 6D」を打ち上げた。通信ペイロードは C バンド中継器 25 本である¹⁸⁵。

2) Geespace 社の低軌道通信衛星

6 月 2 日、Geespace 社は測位補強のための通信を行う GeeSat (吉利星座) 9 機を打ち上げた。同社は 2021 年 12 月の 2 機の GeeSAT 試験衛星の打上げに失敗したが、今回は長征 2C 型ロケットにより打上げに成功した¹⁸⁶。今後 63 機の衛星を追加して 72 機の衛星群とする計画とみられる。

2022 年 10 月

①データ中継衛星「天鏈 (Tianlian) 」

7 月 12 日、8 機目のデータ中継衛星となる「天鏈 2C」が長征 3B ロケットにより西昌射場から打ち上げられた¹⁸⁷。

②軍事通信衛星「烽火 (Fenghuo) 2E」

9 月 13 日、軍事通信衛星「烽火」の 7 機目となる「烽火 2E」(別名「中星 1E」) が長征 7A ロケットにより文昌射場から打ち上げられた¹⁸⁸。

③AIS 衛星「和徳 (Hede) 」

8 月 4 日、和徳宇航技術有限公司 (HEAD Aerospace)¹⁸⁹の AIS 衛星「和徳 2G」が打ち上げられた。和徳衛星としては 2017 年の初打ち上げ以来、8 機目となる。なお、和徳 2C と和徳 2D 及び和徳 3 はまだ打ち上げられていない。

2023 年 1 月

1) 静止通信放送衛星

1 月 5 日、中国衛通集团公司 (China Satcom) は長征 3B/G(2) ロケットにより Ka バンドでハイスループット通信を行う「中星 (Zhongxing) 19 号」を打ち上げた¹⁹⁰。

¹⁸² 2021 年 12 月 18 日、Gunter's Space Page、HEAD 1, 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F, 3, 4, 5 (Hede 1, 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F, 3, 4, 5)、

¹⁸³ 2022 年 3 月 5 日、新浪網、一箭七星！中国成功发射银河航天 02 批卫星

¹⁸⁴ 2022 年 2 月 27 日、読創、天啓星座 19 星 (平安 2 号) 卫星成功入轨

¹⁸⁵ 2022 年 4 月 16 日、Gunter's Space Page、ZX 6D (ChinaSat 6D)

¹⁸⁶ 2022 年 6 月 2 日、Gunter's Space Page、GeeSAT-1 01, ..., 74

¹⁸⁷ 7 月 13 日、CASC、长三乙成功发射天链二号 03 星 我国第二代地球同步轨道数据中继卫星系统正式建成！

¹⁸⁸ 9 月 13 日、CASC、海南传捷报！长七 A 成功发射中星 1E

¹⁸⁹ 北京和徳宇航技术有限公司

¹⁹⁰ 11 月 5 日、CASC、长征三号乙运载火箭成功发射中星 19 号卫星

2) AIS（船舶自動識別）衛星

和徳宇航公司（Head）12月9日、捷龍3型ロケットによりAIS衛星「和徳（Hede）2H」（別名：交通5号）を打ち上げた。和徳衛星の打上げ数は9機となった。

3) IoT（モノのインターネット）衛星

北京国電高科科技公司（Guodian Gaoke）は12月9日、捷龍3型ロケットによりIoT通信衛星「天啓（Tianqi）7」を打ち上げた。天啓衛星の打上げ数は16機となった。

4) アマチュア無線衛星 2機

11月12日打上げの物資補給船「天舟5号」に搭載されていた中国アマチュア無線協会（CAMSAT）のアマチュア無線通信衛星「希望（Xiwang）4号」（別名：マカオ学生科学1号）は、12月に軌道投入された¹⁹¹。

12月9日に吉林衛星とともに捷龍3ロケットにより打ち上げられた「豊台少年2」（別名：CAS 5A号）もCAMSATのアマチュア無線通信衛星である。

¹⁹¹ 11月1日、網易、「天舟5号」貨運飛船將攜帶一顆「希望4号」衛星在11月12日發射

宇宙ミッション3 航行測位分野

2016年10月

航行測位衛星は2月に中高度周回軌道の「北斗(Beidou; BD) 3-M3」と軌道傾斜角付き地球同期軌道型の「北斗2-IG6」、6月に静止軌道の「北斗2-G7」の計3機が打ち上げられた。筆者は、測位精度が4倍になった北斗3の登場で旧型の北斗2はもう後続機がないものと予想したが、案に相違して今年になって2機も打ち上げられたのには何かわけがあると思われる。

2017年4月

本期間に航行測位衛星「北斗(Beidou)」の打上げはなかった。周回衛星はまだ数が少なく、実用化には少なくとも24機体制を2020年までに構築する必要があり、2017年には4月以降だけで6機か8機の中高度軌道(MEO)周回型衛星が打ち上げられると見込まれる。

航行測位衛星の応用も拡大中と思われるが、次回以降に動向を整理したい。

2017年10月

本期間に航行測位衛星「北斗(Beidou)」の打上げはなかった。10月下旬の時点では、長征3B型ロケットによる中高度軌道周回(MEO)衛星の2機同時打上げが11月3日に予定されている。ただし、これまでも何回も延期されている。

5月17日に中国衛星導航定位協会(GLAC)から2016年度版の「中国衛星導航・位置サービス産業発展白皮書」が発行された¹⁹²。

中国北斗衛星導航系統管理室(CSNO)は、5月にアラブ情報通信機構(AICTO)と北斗航行測位衛星の利用で協力する協議を行った。8月にはロシアの中央機械建設研究所(TsNIIMash)との共同実験を開始した。

2018年4月

本期間に航行測位衛星「北斗(Beidou)」の打上げは中高度軌道(MEO)周回型の北斗3M型が4回で8機も打ち上げられた。周回衛星はまだ数が少なく、実用化には少なくとも24機体制を2020年までに構築する必要があり、2018年4月以降、引き続きMEO衛星が多数打ち上げられると見込まれる。これまで数年にわたって中高度衛星の打ち上げがさしたる進展を見せていなかったが、いよいよ2020年のフル運用体制構築完了に向けて宇宙インフラ整備が本格化してきたと感じられる。

2018年10月

本期間に航行測位衛星「北斗(Beidou)」の打上げは軌道傾斜角付き地球同期軌道(IGSO)の北斗2I型1機と中高度軌道(MEO)周回型の北斗3M型6機、計4回の打上げで7機も打ち上げられた。周回衛星は2018年10月中にさらに4機打ち上げる予定で、実用化に必要な24機体制を2020年までに構築できる公算が高まった。

航行測位衛星システムの構築を推進する中国北斗導航衛星システム管理室(CNSO)は、5月に「2018年中国衛星導航位置サービス産業発展白皮書」を発表した¹⁹³。北斗応用の上場企業数は58社、航行測位関連のサービスを行う企業は14000社で従業員総数が50万人といった最新情報を伝えている。

上海市で高精度測位サービスを提供する千尋位置網絡有限公司(Qianxun Spatial Intelligence Inc)は、5月に「天音計画」を開始した。同計画は衛星と地上を一体化して測位精度を50%向上させるプログラムである¹⁹⁴。

¹⁹² 2017年5月17日、鳳凰資訊、2016年度中国衛星導航與位置服務産業発展白皮書
http://news.ifeng.com/a/20170517/51113374_0.shtml

¹⁹³ 2018年5月18日、CNSO、《2018中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》在京发布
<https://www.harxon.com/info-detail.php?Infold=318>

¹⁹⁴ 2018年5月16日、人民網、全球卫星导航“中国方案”发布“天音计划”定位精度提高50%
<http://sh.people.com.cn/n2/2018/0516/c134768-31588063.html>

中国は、独自の全球測位システムにより中国だけでなく一帯一路を含む欧州・アフリカへのサービス展開を目指している。5月には、北斗システムの海外初の拠点として、チュニジアのチュニスにあるエル・ガザラ技術パークにおいて、アラブ連盟傘下のアラブ情報通信技術機構(AICTO)が運用する「中国・アラブ北斗GNSSセンター」がオープンした¹⁹⁵。

中国は航行測位衛星システムの発展に伴い、北斗衛星や応用サービスの運営・利用に関する法制度の整備を不可欠としており、CNSOは5月31日に「北斗に法制の翼を付加する」という方針を発表し、「法治北斗」という新しい概念を提起した¹⁹⁶。

2019年1月

本期間に航行測位衛星「北斗(Beidou)」の打上げは静止軌道(GSO)の「北斗3-1Q」と中高度軌道(MEO)周回型の「北斗3M」型4機、計3回の打上げで5機が打ち上げられた。北斗衛星はこれまでに44機打ち上げられ、そのうち運用終了した北斗1型の4機と静止化に失敗した静止衛星の計5機を除き、現在39機の衛星群となっているが、このうち33機が運用中との情報もある。予備の衛星や修理中または軌道変更中など一時的に運用から離脱する衛星もあり、各衛星の詳細な状況まではわからない。設計寿命を大幅に超えている衛星もある。

12月28日の新聞報道で、中国は全世界北斗の運用開始を繰り上げたと伝えられたが、2020年までまだ10機以上の打上げ計画があり、基本的なシステム構築が完了したという意味で、以前から2018年から基本システムを運用開始すると予告されていた。

文末の参考資料に、北斗衛星の打上げ数を年別に示す表と準天頂軌道の9機の衛星の軌道図を掲げた。

2019年4月

本期間に航行測位衛星「北斗(Beidou)」の打上げはなかった。4月以降に7回の打上げで10機の打上げが予定されている。

2019年7月

本期間に打ち上げられた「北斗(Beidou)」衛星は3機で、2機は「北斗3型」の軌道傾斜角付き地球同期軌道(IGSO)衛星、1機は「北斗2型」の静止軌道(GEO)衛星である。今年中に中高度周回衛星が2機1組で打ち上げられる予定。

2019年10月

本期間に打ち上げられた「北斗(Beidou)」衛星は2機で、「北斗3型」の中高度周回衛星「北斗3-M23」と「北斗3-M24」が2機1組で打ち上げられた。第4四半期には静止衛星(北斗3-G2Q)と準天頂衛星(北斗3-I3)が打ち上げられる可能性がある。来年以降、周回衛星の残り4機(北斗3-M19~22)と静止衛星5機(北斗3-G1~5)の打上げ予定がある。

2020年1月

本期間に打ち上げられた「北斗(Beidou)」衛星は5機で、「北斗3型」の中高度周回衛星「北斗3-M21」と「北斗3-M22」が11月に、「北斗3-M19」と「北斗3-M20」が12月に、それぞれ2機1組で打ち上げられた¹⁹⁷。これにより中軌道の北斗3衛星が24機揃ったが、来年さらに周回衛星と静止衛星の打上げを行うことを表明している。また、11月には準天頂衛星(北斗3-I3)が打ち上げられた。

¹⁹⁵ 2018年6月11日、AstroBlog、BeiDou navigatie satelliet systeem centrum geopend in Tunesië (蘭語)

<https://www.astroblogs.nl/2018/06/28/beidou-navigatie-satelliet-systeem-centrum-geopend-in-tunesie/>

¹⁹⁶ 2018年5月31日、CNSO、杨君琳：为北斗插上法治翅膀

http://www.beidou.gov.cn/zt/zcfg/201806/t20180604_14924.html

¹⁹⁷ 2019年12月22日、Gunter's Space Page、BD3M (Type II)、https://space.skyrocket.de/doc_sdat/bd-3m-2.htm

2020年4月

3月9日に国防부는航行測位衛星「北斗(Beidou:BD)」の静止衛星「北斗3 G2Q」を打ち上げた¹⁹⁸。北斗衛星の2型と3型の累計は54機(うち51機が運用中)となった。4月以降にさらに1機の静止衛星を打ち上げ、これによって北斗3型衛星群が完成する予定。

2020年7月

6月23日に国防부는航行測位衛星「北斗(Beidou:BD)」の静止衛星「北斗3 G3Q」を打ち上げた¹⁹⁹。北斗衛星の2型と3型の累計は55機(うち52機が運用中)となった。今回の打上げをもって北斗3型衛星群が完成した。この衛星は衛星群を締めくくる(=収官)最後の衛星という意味で「全球系統收官之星」という名前もある。

本シリーズ(その6)で2018年12月末現在の北斗の形式別の打上げ状況を参考資料として末尾に付したが、その後12機の打上げが行われており、下表に対比を行った。()内は運用終了数を示す。北斗2号の初期の周回衛星が2機運用終了となっている。

時期/形式	北斗1	北斗2G	北斗2I	北斗2M	北斗3G	北斗3I	北斗3M	計
2018年12月末	4(4)	7(1)	7	5	1	2	21	47(5)
2020年6月末	4(4)	8(1)	7	5(2)	3	5	27	59(7)

図3-105 北斗の形式別打上げ状況

2020年10月

6月23日に「北斗(Beidou)」衛星群が完成し、当面は静止衛星「北斗3G」が補充されていく見込み。国外での利用も進んでおり、従来から米国のGPS衛星を利用しているパキスタンでは、今年になって軍事での利用に関して相互運用性を高めるため北斗(Beidou)衛星利用に全面的に置き換えた²⁰⁰。静止衛星と準天頂衛星を含む北斗衛星群はGPS衛星群よりも都市部や山間部でのアベイラビリティが高いので、相互運用性が高まることを評価したものと考えられる。

2021年1月

11月27日、中国北斗衛星航行測位システム管理室(CSNO)は、第3回中国・東南アジア諸国連合(ASEAN)北斗航行測位システム(BDS)利用・産業発展協力フォーラムを中国広西チワン族自治区南寧市において開催した²⁰¹。このフォーラム開催中に中国、タイ、カンボジア及びフィリピンの企業が、BDSシステムの利用に関する協力合意に署名した。

この期間に新たな北斗(Beidou:BD)衛星の打上げはなかった。「憂慮する科学者連合」(UCS)が不定期的に更新している運用中の地球周回衛星のリスト(衛星データベース、2020年8月1日付更新)²⁰²によれば、北斗衛星の運用数は51機(衛星名昇順で見出し行を含め161-211行目/全2,788行中)である。なお、このデータベースは探査機及び有人宇宙船・貨物補給船を除いている。

2021年4月

既に航行測位衛星「北斗(Beidou:BD)3」の35機の衛星群が構築されており、応用範囲の拡大や顧客数の増加状況が今後の注目点になる。

2021年7月

¹⁹⁸ 2020年3月9日 Gunter's Space Page、BD-3 G

¹⁹⁹ 2020年6月23日、新華網、我国提前半年完成北斗全球系統星座部署 北斗三号最后一顆组网卫星“重啟”发射成功

²⁰⁰ 2020年8月21日、The Economic Times、Pakistan military to use Chinese navigation system BeiDou to improve interoperability

²⁰¹ 2020年11月27日 中国政府、BeiDou navigation base in South China targets services in ASEAN

²⁰² 2020年08月01日 UCS、UCS Satellite Database (Excel format)

北斗衛星は現在 49 機が運用中。6 月 30 日午前 7 時の時点での各衛星の位置が下図のように発表されている²⁰³。

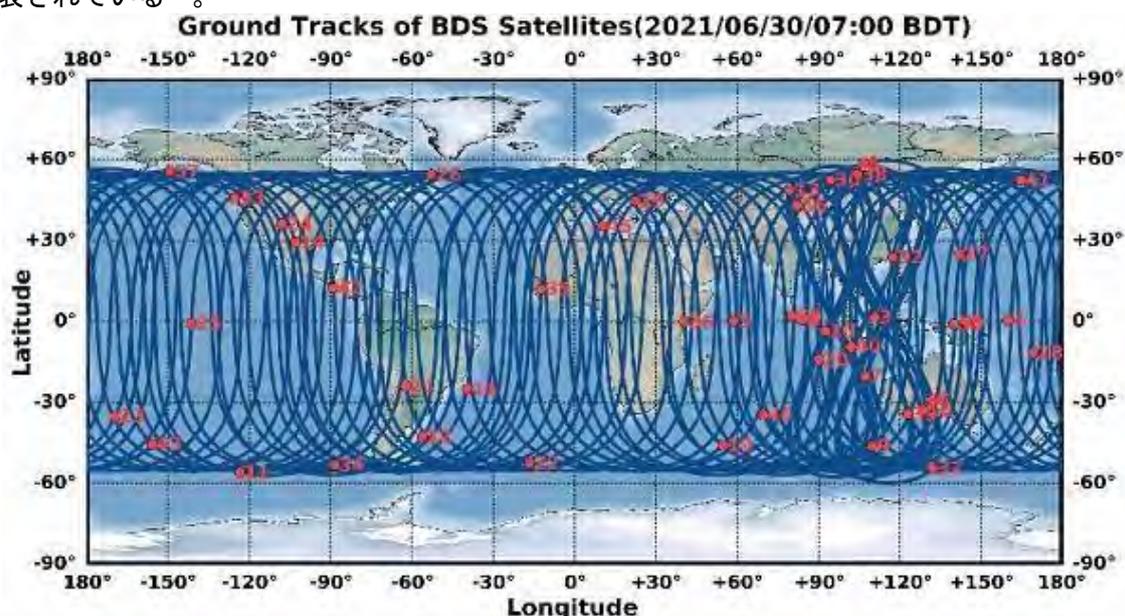


図 3-106 2021 年 6 月時点の北斗の位置

全国北斗衛星導航標準化技術委員会は 4 月 10 日に 2021 年の標準化訓練の実施について発表した²⁰⁴。

5 月 26 日から 28 日まで南昌において第 12 回中国衛星導航年會が開催された²⁰⁵。

2021 年 10 月

北斗衛星は航行測位衛星として現在 49 機が運用中（試験中を含む）。SBAS 用の静止衛星（北斗 3G）3 機は静止位置が東経 145 度付近で密集しており、試験中とされている 1 機の衛星も測位信号は発信している。

7 月 13 日に、5 月に開催された第 12 回導航衛星年會（China Navigation Satellite Conference : CNSC）の総結会及び 2022 年 5 月開催予定の第 13 回 CNSC の活動開始会が北京で行われた²⁰⁶。

中国は第 12 回 CNSC の意義として、2020 年 11 月に国際民間航空機関（ICAO）から民間航空用の測位補強システムである北斗 SBAS（BDSBAS）の承認を得てグローバル化の新時代に入った直後の最初の CNSC であり、衛星航法技術研究の現状や傾向に焦点を当て、さまざまな分野での応用事例などを含め衛星航法に関する最新の成果の交換と共有を促進したとしている。

2022 年 1 月

2021 年には航行測位衛星の打上げは行われなかった。2022 年以降、北斗 2 型の静止衛星などが順次北斗 3 型に更新されていくとみられる。

今回初打上げで技術試験衛星に分類した「天枢」は、北斗導航システムの測位補強を目的としており、今後衛星数が増えて実用化段階に入れば航行測位衛星に分類される可能性がある。

1 月 5 日、北斗導航系統弁公室（CSNO）は、アフリカにおける以下の 10 分野での北斗応用のシナリオを発表した²⁰⁷。

²⁰³ 2021 年 7 月 1 日、北斗網、

²⁰⁴ 2021 年 4 月 10 日、北斗網、关于全国北斗卫星导航标准化技术委员会 2021 年标准化培训和宣贯会的通知

²⁰⁵ 2021 年 5 月 26 日、中国卫星导航系统管理办公室、第十二届中国卫星导航年会在南昌召开

²⁰⁶ 2021 年 7 月 14 日、微博、第十三届中国卫星导航年會启动会在京召开

²⁰⁷ 2021 年 11 月 5 日、CSNO、北斗卫星导航系统在非十大应用场景（非はアフリカを意味する）

①道路運輸車両、②鉄道事業、③精密農業、④国際捜索救助、⑤国土測量、⑥デジタル施工、⑦スマートマイニング（智慧鉱区）、⑧公共安全、⑨野生動物保護、⑩正確な時間と空間のスマートシティ

例えば道路輸送では、北斗端末を搭載することで事故による死傷者数が顕著に減らせるとしている。

2022年4月

3月末時点で北斗衛星の運用数は47機である。

3月6日、中国北斗衛星導航系統管理弁公室（CNSO）は、5月25日から27日まで北京国測国際会議会展センターにおいて第13回中国衛星導航年会（CSNC）を開催すると発表した²⁰⁸。

2022年7月

5月18日、中国衛星航法・測位協会は2021年の衛星導航サービスの産業規模が4690億元に達したと発表した²⁰⁹。測位に直接関連するチップ・デバイス・アルゴリズム・ソフトウェア・ナビゲーションデータ・端末・基礎施設などが1454億元で約12%を占めている。関連組織の従業員は50万としている。

2022年10月

中国の航行測位衛星システムは、2020年から引き続き49機の北斗2・3衛星群で運用を継続している。

2023年1月

中国の航行測位衛星システムは、2020年から引き続き49機の北斗2号・3号衛星群で運用を継続している。

2023年には静止軌道の航行測位衛星や中高度軌道の周回型航行測位衛星の打上げなどが行われる可能性がある。

²⁰⁸ 2022年3月6日、CNSO、第十三届中国卫星导航年会（CSNC2022）会议注册通知（第2号通知）

²⁰⁹ 2022年5月20日、CASC、2021年我国卫星导航与位置服务产业总产值达4690亿元

宇宙ミッション4 有人宇宙活動分野

2016年10月

前回の有人宇宙飛行は、2013年に神舟10号で3名の搭乗員（うち1名は女性）が飛行し、宇宙授業などを行った。

今年の計画は、まず9月に「天宮2号」を打ち上げた後、10月か11月に「神舟11号」を打ち上げ、天宮2号とのドッキングを行う予定である。

なお、2011年に打ち上げられた天宮1号は、まもなく地上からの操作で大気圏に突入する予定である。

本格的な宇宙ステーションのコアモジュール「天和（Tianhe）」を打ち上げるためには長征5型を使用する必要があり、11月にはその試験機が文昌射場から打ち上げられる予定である。このロケットは天津で製造され、輸送船「遠望21号」により海南島まで輸送された。ペイロードは「実践17号」で、もしかすると東方紅5型衛星バスの試験機となるかもしれない。

中国は有人月探査も視野に入れており、数年後には中国人宇宙飛行士が月に降り立つシーンが見られるようになる可能性がある。その宇宙飛行士を地球に帰還させるための宇宙船の実験も、実はつい最近、長征7型ロケットのペイロードにより行われているのである。

長征7型は2016年6月25日に海南島の文昌射場からの初の打上げとして、初号機が打ち上げられた。このロケットには上段に「遠征1A」というロケットが用いられた。

この歴史的な初打上げに際し、中国は5種類で6機のペイロードを搭載し、すべてミッションを成功させた。それらは今中国が関心を持っている各種の技術開発要素を包含しており、数年のうちには技術的發展を踏まえて本格的なペイロードとして打ち上げられるようになると予想される。名称も大変難しいので、読み方や意味なども併せて以下に列挙する。

① 多用途飛船縮比返回艙 (Duoyongtu Feichuan Fanhui Cang : DFFC)

神舟の帰還モジュールはロシアのソユーズ宇宙船の帰還モジュールにそっくりであるが、今回試験された円錐台型のカプセルの縮小モデルは NASA が開発中の有人宇宙船「Orion (Multi-Purpose Crew Vehicle : MPCV)」によく似ている。名称に至っては MPCV の中国語訳ではないかと考えたい。長征7型ロケットの初打上げにおいては、縮小版の無人カプセルである DFFC を地上に帰還させることがメインミッションであった。質量は2,600kgで、翌日の6月26日には地上への回収に成功した²¹⁰。



図 3-107 DFFC ©CASC/Orion(MPCV) ©NASA

② 翱翔之星 (AoxiangzhiXing : AX)

西北工業大学 (NWPU) に属する陝西省微衛星工程実験室 (SEML)²¹¹が開発した12ユニットのキューブサットである。質量は18kgもあり、キューブサットでありながら超小型衛星 (Nanosat) ではなく小型衛星 (Microsat) のカテゴリーとなっている。

③ 天鵝飛行器 (Tiange Feixingqi : TF)

²¹⁰ 2016年6月26日、CASC、多用途飛船縮比返回艙成功着陸

<http://www.spacechina.com/n25/n144/n206/n214/c1341233/content.html>

²¹¹ SEML <http://www.selmsat.cn/index.php>

北京航天长征飞行器研究所が開発した2機1組の衛星間通信実験機である²¹²。「鴿」は鳩という意味。8月に相次いで大気圏に再突入し、消失した。

④ 遼龍1 (Aolong : AL)

中国ロケット技術研究院 (CALT) が開発した宇宙デブリ除去実験衛星である²¹³。「遼」は遊と同じ意味。

⑤ 天源1 (Tianyuan : TY) または在軌加注試験装置 (ZaiGui Jiazhu Shiyān Zhuāngzhì : ZGZ)

ZGZは軌道上で燃料を補給する試験を行う装置という意味で、长征7型ロケットの上段ロケット「遠征1A」に装着された状態で実験が行われた²¹⁴。

2017年4月

2016年9月に「天宮 (Tiangong) 2号」を打ち上げた後、本期間では10月に「神舟 (Shenzhou) 11号」で2名の男性宇宙飛行士が搭乗し、これまでで最長の33日間の宇宙飛行を行った。天宮2号とのドッキングに成功し、30日間滞在した。その間に多数の宇宙実験を行った。これで中国の宇宙飛行士数は日本・ドイツと並ぶ11名となり、米口に次ぐ第3位となった。累積飛行日数は168日で、世界第12位。

2017年4月20日には长征7型ロケットで貨物輸送船「天舟 (Tianzhou) 1号」を打ち上げ、天宮2号と自動ドッキングを行う予定。2018年には本格的な宇宙ステーションのコアジュール「天和 (Tianhe)」を长征5型ロケットで打ち上げる予定である。

有人宇宙活動を通信面で支援するデータ中継衛星は、天鏈シリーズの第2世代を開発中で、2018年から打ち上げ始められる見込み。

2017年10月

2017年4月20日に长征7型ロケットによる貨物輸送船「天舟 (Tianzhou) 1号」が打ち上げられ、天宮2号と自動ドッキングを行い、燃料補給の試験も行われた。天舟1号に搭載されていた「絲路 (Silk Road) 1」の1号機の放出も行われ、約5カ月ですべてのミッションを完了して大気圏に再突入した²¹⁵。

宇宙ステーションのコアジュール「天和 (Tianhe)」の打上げは、长征5型の打上げ失敗の前から2019年になると発表されていたが、その前に打ち上げられる予定だった嫦娥5号が2019年に延期されたため、宇宙ステーションの構築計画にも影響が出る可能性がある。

8月22日には、欧州宇宙機関の宇宙飛行士及び宇宙飛行士候補者の2名と共同で、山東省煙台市沖で宇宙船の不時着水を想定したサバイバル訓練を行った²¹⁶。中国は外国人にも「天宮」に搭乗させることを表明しており、パキスタンやイタリアなどが強い関心を寄せている。

中国は2017年中に宇宙飛行士第3グループを選抜する予定²¹⁷。これまでは空軍パイロットだ

²¹² 2016年8月27日、航天見聞、天鴿一号飛行器：北京航天长征飞行器研究所、
<http://www.chinaspaceflight.com/satellite/Tiange.html>

²¹³ 2016年6月28日、澎湃、技術派 | 中国遼龍一号飞行器領全球風騷、
http://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_1490352

²¹⁴ 2016年7月4日、鳳凰網、“天源一号”衛星在軌加注試驗成功 我国首次實現衛星“空中加油”、
http://news.ifeng.com/a/20160704/49292216_0.shtml

²¹⁵ 2017年9月22日、China Spaceflight、天舟一号货运飞船：2017年4月20日19:41:35从文昌发射升空。9月22日18时左右受控离轨再入大气层。154天在轨飞行行为空间站建设积累重要经验。
<https://www.chinaspaceflight.com/cargo-spacecraft/Tianzhou1-launch.html>

²¹⁶ 2017年8月22日、ESA (欧州宇宙機関)、Sea survival training
http://www.bb.go.th/budget_book/e-Book2560/FILEROOM/CABILIBRARY60/DRAWER01/GENERAL/DATA0000/00000502.PDF

²¹⁷ 2017年7月27日、CMSEO (中国载人航天办公室)、中国梦·航天梦——首届中国航天员飞天摄影作品展在京开幕
http://www.cmse.gov.cn/art/2017/7/27/art_19_31838.html

けが有資格者であったが、今回は一般の科学者や技術者も採用し、宇宙ステーション「天宮」（天和・問天・巡天の3モジュールで構成）での宇宙実験の実施や船外活動を含むメンテナンス、補給物資の積み替えなどの任務を行わせるようになる。

北京航空航天大学は、同大学内にある「月宮1号」という月面基地を模擬した閉鎖環境実験モジュールを用いて、4人が200日間滞在する実証試験を7月17日から開始した²¹⁸。

夢のある有人宇宙飛行計画が着々と進む一方、宇宙からの災害リスクの心配もある。2009年に打ち上げられた実験ステーション「天宮1号」は、当初2年程度のミッションの後に指令により安全な場所に再突入させる予定であったが、他のミッションで活用している間に数年が経過し、制御ができなくなってしまった。高度は現在300km程度であり、2018年1月か2月頃に自然落下すると予測されている²¹⁹。機体は大気圏再突入で燃え尽きるとしているが、都市部で残骸が人や物を直撃する恐れもあり、飛行状況には注意を払う必要がある。

2018年4月

2011年に打ち上げた「天宮（Tiangong）1号」について、中国は2016年3月に大気圏への再突入を安全に行えるよう制御して落下させると発表していたが、実はこの頃既に制御不能状態になっていたことが後になって判明した。制御がない場合、地球上で自然落下する可能性がある場所は北緯43度から南緯43度の間で、どこで落下するかは直前までわからないため、万一の危険に備えて「天宮1号」の飛行予測の情報には世界中で大きな関心が寄せられた。筆者も半年間にわたって軌道状況の推移を見守った。2018年4月2日、日本時間では午前9時を少し過ぎた頃に南太平洋中部に落下し、幸いにも被害はなかった。その直前の数時間で日本の領土・領海の上を何回も通過しており、北海道・東北・東海・九州・沖縄と徐々に西へ移動して、最後に沖縄付近を通過した後に南米大陸の直前で落下した。

2017年7月の長征5型ロケット打上げ失敗は有人宇宙活動にも影響しており、中国独自の宇宙ステーション「天宮」の構築開始は2020年にずれ込みそうである。

2018年10月

中国の宇宙ステーション（CSS）「天宮」の構築に向けて、モジュールの開発・宇宙飛行士の選抜及び訓練・宇宙実験テーマの募集・外国との協力など幅広く準備活動が行われている。将来の月面での居住に備えた実験も行われている。

ウィーンにある国連宇宙部（UNOOSA）は5月にCSSを利用した宇宙実験を国連加盟国から募集することを発表した²²⁰。8月には、中国空間技術研究院（CAST）がCSS科学技術実験委員会を設置し、宇宙環境での長期の実験テーマを世界中から募集すると発表した²²¹。

中国有人宇宙プログラム室（CMSEO）の人事異動が4月にあり、主任に中国初の宇宙飛行士となった楊利偉氏、副主任に郝淳氏が就任した。しかし、わずか3カ月で楊氏は退任し、郝氏が主任に昇格した²²²。

4月2日に南太平洋に落下した天宮1号に続き、現在運用中の天宮2号を2019年7月頃に再突入させる計画が発表された。

5月には、15名の宇宙飛行士が酒泉衛星発射センターに近い内蒙古自治区のバダインジャラン砂漠で野外サバイバル訓練を行った。

²¹⁸ 2017年7月9日、BUAA（[北京航空航天大学](http://news.buaa.edu.cn/info/1002/41151.htm)）、“月宮365”实验换班仪式在北航举行
<http://news.buaa.edu.cn/info/1002/41151.htm>

²¹⁹ 2017年10月11日、China Spaceflight、天宮一号：预计2018年1月至2月间再入地球大气层。
<https://www.chinaspaceflight.com/css/Tiangong-1/Tiangong-1.html>

²²⁰ 2018年5月18日、新華網（日本語版）、中国と国連、中国宇宙ステーションによる協力への参加呼びかけ、
http://jp.xinhuanet.com/2018-05/30/c_137216618.htm

²²¹ 2018年8月6日、太空網、中国空间站科学技术实验委员会成立，将面向全球征集实验项目
<http://www.taikongmedia.com/Item/Show.asp?m=1&d=25728>

²²² 2018年7月20日、80視点網、上任不足3个月 杨利伟卸任中国载人航天办主任
<http://www.80sd.org/pl/2018/07/20/40693.html>

月面での生活を模擬するための閉鎖環境実験モジュール「月宮1号」（北京航空航天大学内に設置）は、5月に370日間の長期滞在実験を完了した。

2019年1月

中国の宇宙ステーション（CSS）「天宮」の構築に向けて、モジュールの開発・宇宙飛行士の選抜及び訓練・宇宙実験テーマの募集・外国との協力など幅広く準備活動が行われている。

1月13日に広東省珠海で開催された第9回国際航空宇宙博覧会²²³では、天宮の実験モジュール（左は問天、右は巡天と見られる）の実物大模型が展示された。

2019年4月

3月5日から15日まで開催されていた全国人民代表大会（全人代）には、中国有人宇宙プログラム室（CMSEO）から中国の宇宙ステーション（CSS）「天宮」のコアモジュールなどの開発について発言があった。また3月3日から13日まで開催されていた政治協商会議（政協）では、CMSEO主任の楊利偉や総設計師の張柏楠などが政協委員として国連宇宙部（UNOOSA）との共同プログラムや有人宇宙船生産体制などについて発言した。発言要旨は3月15日にCMSEOより発表された²²⁴。

第3回目の宇宙飛行士の選抜は最終段階に近づいており、人民解放軍の空軍パイロット以外の科学者や技術者なども選抜される見込み。



図 3-108 中国航天大会の様子

2019年7月

4月24日に湖南省長沙で第4回中国航天大会が開催された²²⁵。この中で、「地球・月空間の開発」と題する基調講演があり、「有人宇宙分野における成功経験を踏まえて、中国宇宙ステ

²²³ 2018年11月13日、CASC、第九届中国国際中国航空航天博覧会、
<http://zhuanti.spacechina.com/n305192/index.html>

²²⁴ 2019年3月15日、CMSEO、载人航天“两会”好声音
http://www.cmse.gov.cn/art/2019/3/15/art_19_33032.html

²²⁵ 2019年、CMSEO、实现从“地球中心”到地月空间的转变 ——中国载人航天工程原副总指挥张育林畅谈地月空间开发、
http://www.cmse.gov.cn/art/2019/4/30/art_19_33089.html

ーション（CSS）の運用及び有人月探査ミッションのための打上げシステムを開発するとともに、有人及び衛星打上げのためのロケットシステムの信頼性向上に努める。」という興味深い示唆があった。

2019年10月

9月2日から6日まで、中国有人宇宙プログラム室（CMSEO）は中国宇宙ステーション「天宮」（CSS）のコアモジュール「天和（Tianhe）」の製造移行のための審査会を行った²²⁶。宇宙ステーション関係者が100名以上参加し、審議の結果、プロトタイプ開発フェーズを完了して実機製造段階に入ることが承認された。

2020年1月

12月27日に長征5型試験3号機の打上げが成功したことで、中国宇宙ステーション「天宮」（CSS）の各モジュールの打上げが目白押しになる一方で、中国では月面基地建設のためのロケット開発が進められている。1つは超重量級の長征9型ロケットで、直径10m、高さ90m、低軌道投入能力100トンと米アポロ計画のサターン5ロケットに匹敵し2030年頃に初打上げを目指している。一方、それよりは規模がやや小さいが、中国運載火箭技術研究院（CALT）が直径5m級の次世代有人ロケットの全体技術の予備研究を行っている。中国有人宇宙プログラム室（CMSEO）は10月1日にこの予備研究の成果を審査し、有人基地建設用として資材25トン以上を月へ輸送できるなど次世代有人ロケットに利用可能であるとの審査結果を発表した²²⁷。

2020年4月

中国宇宙ステーション（CSS）の最初のモジュールとなる「天和（Tianhe：TH）」の打上げは2021年に先送りされ、2020年の最初の打上げは低軌道打上げ用の長征5B型の初打上げによる次世代有人宇宙船の試験機（無人）となった。1月21日にロケットの出荷審査が完了し、海南島へ専用輸送船により搬送された。



図 3-109 2020年2月、長征5Bロケットを文昌射場に搬送するトラックの列@海南島 ©CCTV

2020年7月

5月5日に長征5B型ロケットの初打上げにより次世代有人宇宙船の試験機（フルネームは

²²⁶ 2019年9月6日、CMSEO、空间站系统核心舱顺利通过转正样评审

http://www.cmse.gov.cn/art/2019/9/6/art_18_33293.html

²²⁷ 2019年10月12日、中国軍網、奔月运力超25吨！新一代载人火箭预研项目顺利验收

http://www.81.cn/hkht/2019-10/12/content_9649225.htm

「新一代载人飞船试验船（XZF-SC）」が無人で打ち上げられた²⁵⁶。3日後の5月8日に東風着陸場（内蒙古自治区四子王旗）への帰還に成功した²²⁸。あわせて貨物の回収のために柔軟性のある膨脹型回収カプセル（フルネームは「柔性充气式货物返回舱试验舱（RCHFC-SC）」）も試験機から放出されたが、5月6日に行われた地上での回収には失敗した²²⁹。

第3次宇宙飛行士選抜は大詰めを迎えており、5月に開催された全国政治協商会議において、中国有人宇宙プログラム総設計師の周建平氏は、パイロットだけでなく、科学者やエンジニアを含む候補者を7月に発表すると述べた²³⁰。

2020年10月

1) 宇宙飛行士

第3次宇宙飛行士候補者（予備航天员）は、女性1名を含む18名が選抜された。宇宙パイロット（航天駕馭員）に7名、新しい職種となる宇宙飛行エンジニア（航天飛行工程師）に7名、ペイロードスペシャリスト（載荷專家）に4名が選任された²³¹。第2次選抜の先輩宇宙飛行士とともに、2021年から始まる中国宇宙ステーションの建設に参加する。

2) 「巡天」

当初は中国宇宙ステーション（CSS）の科学モジュールの1つとなる計画であった「巡天（Xuntian: XT）」は、CSSと同じ軌道を飛行する独立した宇宙機として天文観測を行うことになった。中国有人宇宙プログラム室（CMSEO）は、9月19日に広東省珠海市において巡天望遠鏡科学センターの設立式典を開

2021年1月

1月1日にCMSEOは有人宇宙プログラム空間科学・応用委員会を設置し、第1回会合を開催した²³²。

2021年4月

第2四半期に打ち上げる予定の中国宇宙ステーション（CSS）の最初のモジュール「天和（Tianhe: TH）」打ち上げ用の長征5型ロケットは既に文昌射場に搬入された。

有人宇宙船「神舟12号」打ち上げ用の長征2F型ロケットも製造・搬出準備が始まっている。

1月6日、中国有人宇宙プログラム室（CMSEO）は、CSSの運用を支援するための低コストの貨物輸送システムに関する提案の募集について発表した。貨物輸送は既に貨物輸送船「天舟（Tianzhou: TZ）」による年2-3回の補給ミッションを予定しているが、CSSの運用及び利用フェーズにおける貨物輸送手段を充実させるため、天舟とは別に低コストの貨物輸送方法を模索し、天舟を補完する柔軟かつ効率的で多様な低コストの貨物輸送システムを構築したいようだ²³³。

2021年7月

中国宇宙ステーション（CSS）の最初のモジュール「天和（Tianhe: TH）」²³⁴は、4月29日に文昌射場から長征5B型ロケットにより打ち上げられた。

続いて5月29日には貨物輸送船「天舟（Tianzhou: TZ）2号」²³⁵を文昌射場より長征7型ロケットにより打ち上げ、その日のうちに「天和」へのドッキングに成功した。この打ち上げは当初5月20日を予定していたが、何らかの不具合により再三延期された。

²²⁸ 2020年5月8日、CASC、我国新一代载人飞船试验船成功返回

²²⁹ 2020年5月6日、CMSEO、柔性充气式货物返回舱试验舱返回出现异常

²³⁰ 2020年5月25日、CMSEO、两会 | 周建平：第三批航天员将有科学家入选

²³¹ 2020年10月1日、CMSEO、我国载人航天工程第三批预备航天员 选拔工作顺利完成

²³² 2020年11月01日 CMSEO、载人航天工程空间科学与应用委员会第一次会议在天津举办

²³³ 2021年01月06日、CMSEO、关于征集“面向空间站运营的低成本货物运输”方案设想的公告

²³⁴ 2021年4月29日、CMSEO、空间站天和核心舱发射任务取得圆满成功

²³⁵ 2021年5月29日、CMSEO、天舟二号货运飞船发射任务取得圆满成功

さらに6月17日には有人宇宙船「神舟（Shenzhou：SZ）12号」が酒泉射場から長征2F型ロケットにより打ち上げられた²³⁶。搭乗した宇宙飛行士は聶海勝（Nie Haisheng、3回目）、劉伯明（Liu Boming、2回目）、湯洪波（Tang Hongbo、初）の3名で、打ち上げ当日のうちに「天和」とのドッキングに成功し、中国宇宙ステーションへ移乗して、中国の恒久的な有人宇宙飛行がついに開始された。今回の滞在期間は3か月程度で、10月には次の搭乗員輸送のため「神舟13号」が打ち上げられる見込み。

中国は今回の打上げ前には宇宙飛行士の累積滞在時間が168日で世界第12位だったが、7月2日現在で9位となり、8月中には8位まで上がることになる見込みだ（参考資料参照）。

参考資料：中国の宇宙飛行士の飛行実績（2021年6月末現在）

6月17日に神舟12号が打ち上げられ、その日のうちに中国宇宙ステーション（CSS）に到着した²³⁷。2003年の最初の宇宙飛行以来の中国の宇宙飛行士の飛行実績を下表に示す。

番号	氏名	宇宙飛行期間	搭乗機
1-1	楊 利偉 Yang Liwei	2003/10/15	神舟5号
2-1	費 俊龍 Fei Junlong	2005/10/12~10/16	神舟6号
3-1	聶 海勝 Nie Haisheng	2005/10/12~10/16	神舟6号
3-2		2013/6/11~6/26	神舟10号
3-3		2021/6/17~飛行中	神舟12号
4-1	翟 志剛 Zhai Zhigang	2008/9/25~9/28	神舟7号
5-1	劉 伯明 Liu Boming	2008/9/25~9/28	神舟7号
5-2		2021/6/17~飛行中	神舟12号
6-1	景 海鵬 Jing haipeng	2008/9/25~9/28	神舟7号
6-2		2012/6/16~6/29	神舟9号
6-3		2016-10/16-11/17	神舟11号
7-1	劉 旺 Liu Wang	2012/6/16~6/29	神舟9号
8-1	劉 洋 LiuYang	2012/6/16~6/29	神舟9号
9-1	張 曉光 Zhang Xiaoguang	2013/6/11~6/26	神舟10号
10-1	王 亜平 Wang Yaping	2013/6/11~6/26	神舟10号
11-1	陳 冬 Chen Deng	2016-10/16-11/17	神舟11号
12-1	湯 洪波 Tang Hongbo	2021/6/17~飛行中	神舟12号

図 3-110 中国の宇宙飛行士の飛行実績

中国は国別の累積宇宙滞在日数が168日で12位であったが、6月末までの39日が加わったことでベルギーと英国を抜いて10位になった。7月2日にはオランダを上回り、さらに8月20日後にはカザフスタンを抜いて8位になる見込みである。神舟13号以降、年数回の打上げが継続されれば、2023年までに日本と肩を並べ、上回ることは必至である。

順位	国名	宇宙飛行士数	累積宇宙滞在日数
1	ロシア	123人	29,778日

²³⁶ 2021年6月17日、CMSEO、神舟十二号载人飞船发射圆满成功

²³⁷ 2021年6月17日、CMSEO、神舟十二号载人飞船发射圆满成功

2	米国	351 人	22,368 日
3	日本	12 人	1,555 日
4	イタリア	7 人	968 日
5	ドイツ	11 人	851 日
6	フランス	10 人	698 日
7	カナダ	10 人	686 日
8	カザフスタン	2 人	359 日 (8 月 20 日に追い抜く見込み)
9	オランダ	2 人	211 日 (7 月 2 日に追い抜いた)
10	中国	12 人	207 日
11	英国	2 人	193 日 (6 月 26 日に追い抜いた)
12	ベルギー	2 人	177 日 (6 月 21 日に追い抜いた)

図 3-111 国別の宇宙滞在日数

2021 年 10 月

1) 中国宇宙ステーション (CSS)

4 月に打ち上げられた CSS の最初のコアモジュール「天和 (Tianhe : TH)」は 7 月 1 日時点では有人宇宙船「神舟 12 号 (Shenzhou : SZ)」と物資補給船「天舟 (Tianzhou : TZ) 2 号」を接続していたが、9 月 16 日には神舟 12 号が分離され、代わりに 9 月 20 日に天舟 3 号が到着した。9 月末時点では天舟 2 号と天舟 3 号が接続されている状態となった。

2) 有人宇宙船「神舟」

9 月 17 日に神舟 12 号が中国として最長期間の宇宙飛行となる 3 か月間の飛行を終えて帰還した²³⁸。10 月 16 日頃には次の搭乗員輸送のため「神舟 13 号」が打ち上げられ、6 か月間飛行する予定。宇宙飛行士のうち 1 名は搭乗経験のある女性になりそうである²³⁹。

宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数は 9 月末現在で 444 日となり世界第 8 位となった。日本 (9 月末現在 1647 日) に次ぐ 4 位のイタリアは 968 日だが、10 月 31 日頃にドイツ (9 月現在 851 日) の宇宙飛行士が打ち上げられると、ドイツは 2022 年 4 月までに 1000 日を超えて 4 位となる。神舟 13 号で中国が 3 人の搭乗員で 180 日の飛行を行ったとすると 984 日となり、イタリアを上回るが、ドイツには追い付かず、中国が 5 位になる。さらに、2022 年 4 月 15 日からイタリア人宇宙飛行士が搭乗する予定になっており、中国の飛行状況次第で空白期間があれば 6 位に戻る可能性もある。いずれにしても同時に 3 人搭乗させる中国はその次の神舟 14 号を打ち上げればドイツとイタリアをたちまち追い抜き、当分の間 (日本を追い抜くまで) 4 位ということになるだろう。

3) 物資補給船「天舟」

5 月に打ち上げられた天舟 2 号は中国宇宙ステーション (CSS) への食料輸送や燃料補給の任務などを終えて、9 月 18 日に後部接続ポートから切り離され、前方のポートに移動した。無人になった CSS で、天舟 3 号を出迎えた形になった²⁴⁰。

なお、宇宙飛行士が 6 月に到着する前に 5 月に食料が輸送されたのはなぜかという質問に対して、「大軍未動糧草先行」(大軍が動かないうちに食料を先に送る) という古くからの兵法を引用して回答している²⁴¹。旧ソ連のミールへの最初の輸送は有人宇宙船で、物資補給船は 1 か月後であった。3 機目の物資補給船「天舟 3 号」は 9 月 20 日に文昌射場から長征 7 型ロケットに

²³⁸ 2021 年 9 月 17 日、CMSEO、神舟十二号载人飞船发射圆满成功

²³⁹ 2021 年 10 月 8 日、百度、确定了！神舟十三号近期发射，1 位女宇航员将进入空间站，是谁？

²⁴⁰ 2021 年 9 月 21 日、騰訊網、无人的空间站并没有闲着，天舟二号“挪位”迎接天舟三号

²⁴¹ 2021 年 6 月 1 日、百度、宇航员还没到空间站，为何天舟二号现在就运食物？吸取俄罗斯教训

より打ち上げ、その日のうちに「天和（Tianhe：TH）」へのドッキングに成功した。

2022年1月

1) 中国宇宙ステーション（CSS）「天宮（Tiangong：TG）」

12月末時点では「天和（Tianhe：TH）」、「神舟（Shenzhou：SZ）13号」、「天舟（Tianzhou：TZ）2号」及び「天舟3号」の4つの要素からなる複合飛行体として運用されている。2022年には宇宙実験モジュール「問天（Wentian：WT）」（5月頃）及び「夢天（Mengtian：MT）」（8月頃）が打ち上げられ、天和に接続される予定。

2) 有人宇宙船「神舟」

10月15日（中国時間10月16日）、神舟13号が中国として最長となる6か月間の宇宙飛行を目指して打ち上げられた²⁴²。搭乗員は3回目の飛行となる翟志刚（Die Zhigang）、2回目の飛行となる女性の王亚平（Wang Yaping）及び初飛行の葉光富（Ye Guangfu）の3名である。

11月7日、翟と王の2人は6時間にわたる船外活動を実施した²⁴³。

宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数は12月末現在で672日となり、2022年1月5日には686日のカナダを抜いて世界第7位、2月23日には831日のフランスを抜いて世界第6位となる見込み。

3) 物資補給船「天舟」

天舟2号は一旦天和から分離したが、再度ドッキングを行い、元に戻った。2022年4月には「天舟4号」が打ち上げられる予定²⁴⁴。

2022年4月

本期間に有人宇宙活動分野の衛星の打上げは行われなかった。4月以降、「天舟（Tianzhou）4号」の打上げ、「神舟（Shenzhou）13号」の帰還と「神舟14号」の打上げ、中国宇宙ステーション（CSS）の2機の試験モジュール（問天（Wentian）及び夢天（Mengtian））の打上げが次々に実施される予定。

宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数は270日増えて942日となり、露米日独伊に次ぐ第6位となった。4月9日にイタリアを追い抜いた後、「神舟13号」が4月16日に帰還した場合、ドイツを追い抜かず第5位にとどまる（4月16日時点で独1007日、中990日）。

2022年7月

5月9日に物資補給船「天舟4号」が打ち上げられた²⁴⁵。

続いて6月5日に「神舟14号」が打ち上げられ、陳冬（Chen Dong、2回目）、劉洋（Liu Yang、2回目、女性）、蔡旭哲（Cai Xuzhe、初）の3名の宇宙飛行士がCSSに輸送された²⁴⁶。今回の宇宙飛行士は今年打上げ予定の宇宙実験モジュール「問天（Wentian）」と「夢天（Mengtian）」を接続してCSSを完成させる重要なステップを遂行する重大な任務を帯びている。筆者は6月6日に放送された中国国営テレビ CCTV の番組にビデオ出演し、今回の任務の重要性を中国国民に向けて客観的に紹介した²⁴⁷。

これまで CCS は常時有人ではなく、搭乗員交替の際に無人になる期間があったが、今後は2機の神舟の同時接続を行い、数日間は6名の搭乗員が同時に滞在するようになり、常時有人となる。

6月30日までに累積宇宙飛行日数が75日増えて世界第4位の1065日となった。世界第3位の日本は1687日で、2022年秋から若田宇宙飛行士の約半年間の滞在が予定されているが、中国

²⁴² 2021年10月16日、CASC、长征二号F运载火箭成功发射神舟十三号载人飞船

²⁴³ 2021年11月7日、CASC、航天员翟志刚、王亚平已出舱！本次出舱活动预计持续6小时

²⁴⁴ 2021年9月20日、Gunter's Space Page、Tianzhou 1, 2, 3, 4 (TZ 1, 2, 3, 4)

²⁴⁵ 2022年5月10日、CASC、中国空间站开建！长征七号火箭成功发射天舟四号货运飞船

²⁴⁶ 2022年6月5日、CMSEO、神舟十四号3名航天员顺利进驻天和核心舱

²⁴⁷ 2022年6月6日、CCTV、多国人士：神舟十四号载人飞船成功发射意义重大

は今後年間 1100 日以上のパースで増加していき、次回の「神舟 15 号」の飛行期間中の 2023 年 3 月か 4 月に日本を抜いて 3 位になると予想される。

2022 年 10 月

7 月 24 日、文昌射場より長征 5B ロケットにより中国宇宙ステーション (CSS) 「天宮 (Tiangong)」の最初の宇宙実験モジュール「問天 (Wentian)」が打ち上げられた。8 分後にロケットから分離され、予定軌道に投入され、打上げに成功した²⁴⁸。

2 番目の宇宙実験モジュール「夢天 (Mengtian)」は 10 月 27 日打ち上げ予定と発表された²⁴⁹。

「神舟 15 号」の打上げは 11 月 17 日に予定されている。CSS は天和・問天・夢天・神舟 14 号・神舟 15 号・天舟 4 号の 6 つの宇宙機の複合体となる。文末の参考資料に外観図を示す。

宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数は 9 月末現在で 1341 日となり、ロシア・米国・日本に次いで世界第 4 位である。日本との差は 346 日に縮まっている。

2023 年 1 月

10 月 31 日、中国載人航天工程弁公室 (CMSEO) は中国宇宙ステーション (CSS) 「天宮 (Tiangong)」の 2 番目の宇宙実験モジュール「夢天 (Mengtian)」を長征 5B ロケットにより文昌射場から打ち上げた²⁵⁰。これにより T 字型の 3 モジュール構成が完成した。

11 月 12 日、CSS への物資輸送船「天舟 5 号」を打ち上げた²⁵¹。それに先立って、「天舟 4 号」は 11 月 9 日に CSS から分離され、11 月 14 日に智星が開発した「智星 (Zhixing) 3B」を放出して軌道投入に成功した後、11 月 15 日に大気圏に再突入して消失した²⁵²。

「神舟 15 号」の打上げは 11 月 29 日に行われた²⁵³。搭乗員は男性だけで、費俊龍 (Fei Junlong、2 回目)、鄧清明 (Deng Qingming、初)、張陸 (Zhang Lu、初) の 3 名である²⁵⁴。

「神舟 14 号」は 12 月 4 日に帰還した²⁵⁵。2 チームの宇宙飛行士が CSS に同時に搭乗したのは初めてで、宇宙飛行士 6 名の期間は 5 日間であった。

中国の宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数は世界第 4 位で、12 月末現在 1,632 日となった。前回の 9 月末より 291 日増えた。同 3 位の日本も若田光一宇宙飛行士が搭乗する米国の「クルードラゴン 5 号」が 10 月 6 日に打ち上げられ、1,768 日となった。136 日の差となったため、2023 年の 69 日目 (すなわち 3 月 10 日) に中国が日本を抜いて、ロシアと米国に次ぎ世界第 3 位となる見込み。

宇宙ミッション 5 宇宙科学分野

2016 年 10 月

2015 年 12 月に中国初の天文観測衛星となる暗黒物質探査機「悟空 (Wukong : WK)」 (DAMPE) が打ち上げられ、2016 年は 4 月に微小重力実験衛星「实践 (Shijian : SJ) 10 号」、8 月に世界初の量子科学実験衛星「墨子 (Mozi)」が打ち上げられた。量子科学実験について筆者の知見の範囲で説明すると、量子暗号通信は秘匿性に優れており、原理的に盗聴不可能な通信方式である。世界的に研究開発が競われている中で、到達距離をより長くすることが課題であり、光ファイバーケーブルによる地上伝送ではケーブル内での屈折反射による減衰で 100km 程度が限界で、

²⁴⁸ 7 月 25 日、CASC、长征五号 B 火箭成功发射中国空间站问天实验舱

²⁴⁹ 9 月 3 日、CASC、送“梦天”长征五号 B 遥四运载火箭安全运抵文昌航天发射场

²⁵⁰ 11 月 1 日、新華網、飞天圆梦 | 梦圆航天，正当其时——中国空间站梦天实验舱发射升空侧记

²⁵¹ 11 月 16 日、CASC、航天科技集团长征七号运载火箭成功执行天舟五号货运飞船发射任务侧记

²⁵² 12 月 1 日、智星公司、“智星三号 A 星”由天舟四号成功释放 已完成在轨测试转入常态运行

²⁵³ 11 月 30 日、新華網、神舟十五号载人飞船发射取得圆满成功 空间站关键技术验证和建造阶段 12 次发射任务全部完成

²⁵⁴ 11 月 28 日、科学網、登场！神舟十五号载人飞行任务航天员集体亮相

²⁵⁵ 12 月 4 日、新華網、神舟十四号载人飞船返回舱成功着陆 神舟十四号载人飞行任务取得圆满成功

空間伝播では空気層による減衰で数十 km 程度の短距離でしか伝送が行えないのに対し、宇宙を経由することで、厚い空気層を合計 20km くらい通過する以外はほとんど減衰がなくなり、1000km~2000km といった遠距離伝送が可能になる、ということが衛星利用のメリットである。欧州（特にオーストリア）で量子暗号通信の研究に係わった中国人研究者らが自国にノウハウ等を持ち帰り、欧州に先駆けて世界初の宇宙空間経由の量子遠距離伝送を実現しようとしているものとみている。

年内に硬 X 線調制望遠鏡（HXMT）の打上げも計画されている。調制とは Modulation（電流の振幅・周波数・位相などを変化させること）を意味する。これまで中国の天文観測衛星は皆無であったが、ようやく独自の宇宙科学衛星が実現する段階に到達したといえる。

2017 年 4 月

2016 年 9 月までに打ち上げられた 3 機の科学衛星のミッション実施状況や成果などが発表されている。

- 1) 暗黒物質探査機「悟空(Wukong)」は宇宙空間の粒子の観測成果が既に発表されている。
- 2) 微小重力実験衛星「実践 10 号」は軌道上での実験を終えて地上に回収された。
- 3) 量子科学実験衛星「墨子(Mozi)」は、宇宙空間を利用した大規模な量子通信実験であり、これまで地上の光ケーブルや空間伝播では 100km 以上の距離での通信実験を行うことがきわめて困難であったが、宇宙空間を経由することにより長距離通信が可能になり、欧米でも得られていないような実験結果が発表されている。

2017 年には「硬 X 線調制望遠鏡」(HXMT) と月探査機「嫦娥 5 号」の打上げが計画されている。また中国独自の火星探査機は 2020 年打上げを目指して開発中である。

これまで中国の宇宙活動の中で、宇宙科学は他国に比してかなり遅れていたが、中国科学院の国家空間科学センター（NSSC）が中心となって、多数のプロジェクトが同時並行的に進められている。

2017 年 10 月

- 1) 2015 年 12 月に打ち上げられた暗黒物質探査機「悟空(Wukong)」(DAMPE) は、江蘇省にある紫金山天文台において運用されており、9 月 15 日現在、638 日間の飛行で、31.3 億個の高エネルギー宇宙線粒子を観測したと発表された²⁵⁶。
- 2) 2016 年 8 月に打ち上げられた量子科学実験衛星「墨子(Mozi)」(QUESS) は、宇宙空間を利用した大規模な量子通信実験であり、これまで地上の光ケーブルや空間伝播では 100km 以上の距離での通信実験を行うことがきわめて困難であったが、宇宙空間を経由することにより長距離通信が可能になり、8 月には中国とオーストリア（2 か所）の間で衛星からの量子暗号鍵配信と地上からの量子もつれテレポーテーションの実験に成功し、主要な科学目標を達成した。打上げから 395 日経過した 9 月 15 日現在で地球を 6025 周した²⁵⁷。
- 3) 硬 X 線調制望遠鏡「慧眼(Huiyan)」(HXMT) は 2017 年 6 月に打ち上げられ、観測開始に向けて軌道上での調整を行っているところである²⁵⁸。「慧眼」の主要なミッションは、高エネルギー天体の発見やブラックホールの観測などである。

²⁵⁶ 2017 年 9 月 27 日、China Spaceflight、暗物質粒子探測衛星：2017 年 9 月 15 日、在軌運行 638 天、飛行 9718 軌、共采集 31.3 亿个高能宇宙线粒子

<https://www.chinaspaceflight.com/bbs/viewtopic.php?f=3&http://www.thepaper.cn/baidu.jsp?contid=1742537>

²⁵⁷ 2017 年 9 月 28 日、China Spaceflight、量子科学实验卫星(QUESS)：2017 年 9 月 15 日、在軌運行 395 天、飛行 6025 軌

<https://www.chinaspaceflight.com/satellite/Space-Science/QUESS/QUESS.html>

²⁵⁸ 2017 年 6 月 19 日、China Spaceflight、硬 X 射线调制望远镜卫星(HXMT)：2017 年 6 月 15 日 11:00、由长征四号乙火箭从酒泉成功发射。一箭四星、<https://www.chinaspaceflight.com/satellite/Space-Science/HXMT/HXMT-launch.html>

これまで中国の宇宙活動の中で、宇宙科学は他国に比してかなり遅れていたが、中国科学院の国家空間科学センター（NSSC）が中心となって、多数のプロジェクトが同時並行的に進められている（文末の参考資料参照）。

2018年4月

本期間では青海省に設置する火星模擬基地の具体的な設置場所が決定された。写真で見ると赤い地肌の砂漠のようで、火星に実際に行ったような気分になる。

2018年12月頃に世界初の月の裏側着陸を行う嫦娥4号の打上げを行う。

また、中国科学院の国家空間科学センター（NSSC）が中心となって、多数のプロジェクトが同時並行的に進められている。国際協力プロジェクトも含まれる。末尾の参考資料で8件のプロジェクトの名称やミッションなどの一覧を示す。

2018年10月

2018年5月20日に月探査データ中継衛星「鵲橋」が打ち上げられた。2018年12月頃に世界初の月の裏側着陸を行う「嫦娥4号」の打上げを行う。2019年の月サンプルリターンミッション「嫦娥5号」の打上げに備え、2019年に長征5型ロケットによる大型衛星打上げを行う予定。

ロシアの国営公社ロスコスモスと中国国家航天局（CNSA）は、6月に月探査での協力に関する了解覚書に署名した。

2017年までに打ち上げられた宇宙科学衛星はほとんどミッション全体または一部を達成しており、今期は特筆すべき成果は見当たらなかった。

2019年1月

12月7日に月着陸機「嫦娥4号」が打ち上げられた。2019年1月3日頃に世界初の月の裏側着陸を行う予定。着陸機及び月面ローバは既に実績のある「嫦娥3号」と基本的な仕様は同じだが、外国の機関が協力した搭載ペイロードには低周波電波観測装置や月面に初めて持ち込まれる植物・動物など、これまでにない興味深い実験テーマがあり、その成否も注目されている。

11月29日に「天格計画（Gamma Ray Integrated Detectors: GRID）」の24機の衛星群の1号機が打ち上げられた。GRIDは重力波源と見られる天体からの電磁波を観測する宇宙科学ミッションである²⁵⁹。衛星名は「銅川1号²⁶⁰」で、今後衛星を製作する長沙天儀研究院と天格計画に賛同する中国各地の都市などが提携して順次打ち上げていく。

2019年4月

1月19日に中国科学院（CAS）において量子科学実験衛星「墨子（Mozi）」及び暗黒物質粒子探査機「悟空（Wukong）」の運用期間延長に関する審議が行われ、衛星の状況や科学的成果の期待などを考慮して運用期間を延長することが決定された²⁶¹。

3月21日、中欧共同宇宙科学ミッション「SMILE（中国名：微笑）」が正式に開始された²⁶²。欧州宇宙機関（ESA）における会議に中国からは中国科学院国家空間科学中心（NSSC）などが参加した。2023年末に打上げの予定。

周回中の「天宮2号」に搭載されている「ガンマ線バースト観測装置」（天極望遠鏡、POLAR）は太陽フレアの高感度偏光観測に成功した²⁶³。

²⁵⁹ 2017年11月17日、搜狐、天格计划：这群本科生要发卫星，研究引力波天文学
http://www.sohu.com/a/205010976_263220

²⁶⁰ 2018年10月29日、三秦網、“銅川一号”卫星今日成功发射（銅川は甘肅省西南部の都市の名前）
<http://www.sanqin.com/2018/1029/390711.shtml>

²⁶¹ 2019年1月19日、CAS、量子科学实验卫星和暗物质粒子探测卫星延寿论证评审会在京召开
http://www.nssc.cas.cn/xwdt2015/xwsd2015/201901/t20190107_5225647.html

²⁶² 2019年3月22日、NSSC、地球空间“微笑”计划正式启动工程研制
http://www.nssc.cas.cn/xwdt2015/xwsd2015/201903/t20190322_5259954.html

²⁶³ 2019年1月15日、CMSEO、天宮二号完成高精度伽马射线暴偏振探测
http://www.cmse.gov.cn/art/2019/1/15/art_19_32846.html

2019年7月

2023年頃打上げ予定の「嫦娥6号」について、国際協力を担当する中国国家航天局（CNSA）は4月18日に国内の研究機関・大学・民間企業及び海外の研究機関からのそれぞれの搭載ペイロード募集を開始すると発表した。同時に、小惑星・彗星探査ミッションの募集も行う。締め切りはいずれも8月31日まで。

2019年10月

本年12月に打上げを予定していた「嫦娥5号」は、長征5型ロケットの3機目の打上げが遅れていることに伴って、2020年初頭に延期された。

2018年5月に月着陸機データ中継衛星「鵲橋（QueQiao）」とともに打ち上げられた月周回衛星「龍江（Longjiang）2号」は、7月31日に制御落下が行われ、月の裏側に落下して運用を終了した²⁶⁴。なお、「龍江2号」は、チリやアルゼンチンで7月3日に観測された「皆既月食」の際の地球の画像を取得した²⁶⁵。地球上で皆既日食になっている部分が巨大な黒点のように見える。これが地球に投影された「月の影」である。また、月軌道投入に失敗した「龍江1号」は、引き続き地球周回軌道を飛行している。近地点高度は約400km、遠地点高度は約38万3000kmである²⁶⁶。

中国が2020年に予定している初の火星探査機については、7月5日に中国国家国防科学技術工業局（SASTIND）が火星探査ミッションの科学目標に関する予備研究チームを公募すると発表した²⁶⁷。

2020年1月

月の裏側に着陸した「嫦娥（Chang'e）4号」は12月20日に月の13日目の活動を開始した²⁶⁸。12日目の活動終了時点で、ローバ「玉兔（Yutu）2号」の走行距離は約358mであった。月面ローバの活動期間としては、1971年に旧ソ連のルノホート1号が達成した10か月間というこれまでの最長記録を49年ぶりに更新した。

月着陸機データ中継衛星「鵲橋（QueQiao）」（2018年5月打上げ）に搭載されたオランダの低周波電波観測装置（NCLE）は、11月にアンテナが展開された²⁶⁹。

2019年12月に打上げを予定していた「嫦娥5号」は、長征5型ロケットの3機目の打上げが遅れたことに伴って、2020年末まで延期された。

中国が2020年に予定している初の火星探査機について、2019年10月11日に名称を「真容（Zhenrong）」とすることが中国航天科技集团有限公司（CASC）から発表された²⁷⁰。火星着陸前に全球周回観測を行い、着陸後は火星ローバを展開して、周辺の探査を行う計画で、1回の探査機打上げでこれだけの試みを行うのは世界初であり、火星全球の総合的調査並びに重点地区の詳細調査を目標としている。

²⁶⁴ 2019年8月5日、中国衛星導航定位应用管理中心（CNAGA）、“龙江二号”微卫星圆满完成环月探测任务
<http://www.chinabeidou.gov.cn/xinwen/4045.html>

²⁶⁵ 2019年7月5日、搜狐網、38万公里外！我国小卫星捕捉非凡镜头，地球出现一个圆形“暗点”
http://www.sohu.com/a/324969296_383749

²⁶⁶ 2019年10月9日取得、N2YO、LONGJIANG 1
<https://www.n2yo.com/satellite/?s=43471>

²⁶⁷ 2019年7月5日、SASTIND、首次火星探测任务科学目标先期研究团队招募公告
<http://www.sastind.gov.cn/n132/n230/n18088/c6806747/content.html>

²⁶⁸ 2019年12月23日、CLEP、“玉兔二号”：成月面工作时间最长月球车
<http://www.clep.org.cn/n132/n230/n18088/c6808514/content.html>

²⁶⁹ 2019年11月26日、ISIS、Dutch antennas deployed behind the moon
<https://www.isispace.nl/news/dutch-antennas-deployed-behind-the-moon/>

²⁷⁰ 2019年10月19日、東郷、中国火星探測器的“真容”原来长这样，一起来看一下！
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1647257484111374682&wfr=spider&for=pc>

2020年4月

火星探査機「真容 (Zhenrong : ZR)」は7月に長征5型ロケットにより打ち上げられる²⁷¹。来年1月に火星に到着する予定である。3月10日に火星探査機の実機と地上のアンテナとの間で無線通信試験を行った²⁷²。

「嫦娥4号」は3月18日に月での16日目の活動に入った。「玉兔2号」もこの時までに活動開始以来440日を経過し、月ローバの最長活動記録を更新し続けている²⁷³。走行距離は月の1日の昼間 (地球の約15日間) の累計で約400m程度である。

月サンプルリターンの「嫦娥 (Chang'e : CE) 5号」は12月に打ち上げる予定。

天文観測衛星などの地球周回型の宇宙科学衛星はそれぞれ運用を継続している。

2020年10月

火星探査機「天問 (Tianwen : TW) 1号」は7月に長征5型ロケットにより打ち上げられる²⁷⁴。来年1月に火星に到着する予定である。

4月24日は「中国航天日」すなわち中国における「宇宙の日」で、1970年の東方紅1号打上げを記念する日である。この日に合わせて、中国は今後の惑星探査ミッションのシリーズの名前を「天問」とし、木星や小惑星など月以外のすべての天体に向かう探査機に「天問〇号」と命名することになった²⁷⁵。また、惑星探査計画のロゴも制定された。



図 3-110 中国惑星探査計画のロゴ
「嫦娥4号」は6月15日に月での19日目の活動に入った。

2021年1月

1) 月探査機「嫦娥」

「嫦娥 (Chang'e : CE) 4号」は12月22日から25日目の活動に入った。「玉兔2号」が探査した月の内部の物質構造についての科学成果の詳細が11月に発表された²⁷⁶。

月サンプルリターンミッションの「嫦娥5号」は11月23日に打ち上げられた²⁷⁷。12月1

²⁷¹ 2020年2月1日 CASC)、中国将于7月实施首次火星探测任务

²⁷² 2020年3月11日 CASC、我国完成首次火星探测任务无线联试

²⁷³ 2020年3月20日中国工业新闻网 (CINN)、嫦娥四号再次唤醒“复工”玉兔二号实现“双四百”突破

²⁷⁴ 2020年、5月25日、CNSA、长五瞄准7月发射火星探测器，工程按计划推进

²⁷⁵ 2020年4月24日、SASTIND、2020年“中国航天日”启动仪式线上举行

²⁷⁶ 2020年11月10日 CLEP、嫦娥四号迎来第24月昼，研究成果揭示南极-艾特肯盆地底部物质成因

²⁷⁷ 2020年11月23日 CNSA、嫦娥五号探测器发射圆满成功 开启我国首次地外天体采样返回之旅

日月の表側のリュムケル山 (Mons Rumker) 周辺に軟着陸²⁷⁸し、付近の試料を採取し、12月3日には上昇モジュールで月面から打上げを行い、12月16日に地球に帰還し²⁷⁹、中国科学院 (CAS) に採取した試料が引き渡された²⁸⁰。末尾の参考資料に米口の月サンプルリターンとの比較を示す。

2) 怀柔1号 (重力波対応高エネルギー電磁波全天観測衛星)

12月9日に「怀柔 (Huairuo: HR) 1号」という2機の重力波対応高エネルギー電磁波全天観測衛星 (Gravitational wave high-energy Electromagnetic Counterpart All-sky Monitor: GECAM) が打ち上げられた²⁸¹。搭載機器はガンマ線検出器 (GRD) 25基と荷電粒子検出器 (CPD) 8基で、質量は1機当たり140kg、運用軌道は高度550-600km、傾斜角29度の地球周回低軌道 (LEO) である。この衛星の開発に当っては、中国科学院 (CAS) の国家空間科学センター (NSSC) が中心となり、微小衛星創新研究院 (IAMCAS) が衛星システムの開発と製造、高エネルギー物理研究所 (IHEP) が科学ミッションの策定と搭載ペイロード及び科学利用システムの開発、空天信息研究院 (AIR) が科学データの地上受信システムの構築をそれぞれ担当した²⁸²。

3) 深宇宙通信用アンテナの増設

2020年11月、西安衛星追跡管制センター (XSCC、西安衛星測控中心) は、新疆ウイグル自治区カシュガル (喀什) において深宇宙探査用アンテナシステムの設置を完了した²⁸³。今回新設されたアンテナ3基と既存の1基の計4基の口径35mのアンテナにより「嫦娥4号」、「嫦娥5号」及び「天問1号」との深宇宙通信を行う。

2021年4月

1) 火星探査機「天問1号」

「天問1号」2月10日に火星周回軌道に投入された²⁸⁴。アラブ首長国連邦 (UAE) の火星探査機「Al-Amal」がそれより1日早く2月9日に火星周回軌道投入に成功したため、中国は世界で6番目 (ロシア・米・欧州・インド・UAEに次ぐ) の火星周回達成国となった。着陸は5月に予定している。

2) 月探査機「嫦娥4号」

「嫦娥 (Chang'e: CE) 4号」は3月21日に28日目の活動を終了した²⁸⁵。「玉兔 (Yutu) 2号」の走行距離は約683mに達した。

3) 月探査機「嫦娥5号」 (月の試料は2020年12月に回収済み)

試料回収カプセル分離後の嫦娥5号の軌道モジュールは、太陽-地球系の第2ラグランジュ点 (SEL-2、地球から見て太陽と反対側にあり、地球からの距離は約150万km) へ向かって飛行している。

1月18日、中国国家航天局 (CNSA) は、中国科学院 (CAS) と共同で、月探査機「嫦娥5号 (Chang'e-5)」ミッションの国際連携記念式典を同日開催した²⁸⁶。同式典は、嫦娥5号の地上利用システムが設置されたCAS国家天文台 (NAOC) で行われ、嫦娥5号の追跡管制で協力した欧州宇宙機関 (ESA)、アルゼンチン国家宇宙活動委員会 (CONAE)、ナミビア高等教育・訓練・

²⁷⁸ 2019年11月01日 Space News、China targets late 2020 for lunar sample return mission

²⁷⁹ 2020年12月17日 CLEP、嫦娥五号探测器圆满完成我国首次地外天体采样返回任务

²⁸⁰ 2020年12月19日 CNSA、嫦娥五号任务月球样品交接仪式在京举行

²⁸¹ 2020年12月10日 CASC、长征十一号火箭以“一箭双星”方式成功发射 GECAM 卫星

²⁸² 2020年12月10日 NSSC、我国成功发射引力波暴高能电磁对应体全天监测器 (怀柔一号) 空间科学卫星

²⁸³ 2020年11月18日 中国政府、我国首个深空天线组阵系统正式启用

²⁸⁴ 2021年02月10日、CNSA、天问一号探测器成功实施火星捕获 中国首次火星探测任务环绕火星获得成功

²⁸⁵ 2021年3月22日、CLEP、嫦娥四号完成第28月昼工作，科研成果揭示巡视区石块来源

²⁸⁶ 2021年01月18日、CNSA、中国科学院联合举办“大使走进中国探月工程”活动

革新省 (Ministry of Higher Education, Training and Innovation) 及びパキスタン宇宙高層大気研究委員会 (SUPARCO) の 4 機関に CNSA から記念品が贈呈された。

4) 太陽天文台衛星「ASO-S」

1月12日、中国科学院紫金山天文台 (PMO) は、同国初の太陽探査衛星「Advanced Space-based Solar Observatory (ASO-S)」の打上げを2022年に実施すると発表した²⁸⁷。なお、ASO-Sは、2017年12月にCASが宇宙科学戦略的先導科学技術分野の特定プロジェクト (宇宙科学先導プロジェクト) として正式に承認された。ASO-Sのミッションは、太陽磁場、太陽フレア及びコロナ質量放出 (CME) の形成メカニズムや相互関係を解明するため、全日面ベクトル磁力計 (Full-Disc Vector Magnetograph: FMG)、ライマンアルファ線太陽望遠鏡 (Lyman-alpha Solar Telescope: LST)、硬X線イメージャ (Hard X-ray Imager: HXI) などの機器を搭載し、太陽同期軌道 (SSO、高度720km、傾斜角98.2度) で太陽観測を行う。質量は約1トンで、ミッション寿命は4年。

2021年7月

1) 火星探査機「天問1号」

「天問1号」は5月15日に火星着陸に成功した。中国は世界で3番目 (ロシア・米国に次ぐ) の火星着陸達成国となった。火星ローバ「祝融 (Zhurong)」の送り出しにも成功した。ローバの走行に成功するなど火星における活動を実施したのは、米国に次ぎ2カ国目となる。(ロシアは着陸直後に通信途絶となり、活動は行っていない)



図 3-111 火星ローバ「祝融」の轍 ©CNSA²⁸⁸

2) 月探査機「嫦娥」

CMESOは学生を対象に「嫦娥7号」のミッションのアイデアを募集していたが、大学生のグループから9件、中学生のグループから6件、小学生のグループから5件を選定した²⁸⁹。

「嫦娥 (Chang'e: CE) 4号」と「玉兔 (Yutu) 2号」は4月6日に29日目の活動を開始した²⁹⁰。しかし、その後の活動終了などは公表されていない。

3) 宇宙科学衛星

²⁸⁷ 2021年01月12日、中国科学院紫金山天文台、[太陽, 我们来了: 中国第一颗综合性太阳探测卫星明年发射](#)

²⁸⁸ 2021年6月27日、CLEP、[天问一号任务着陆和巡视探测系列实拍影像发布](#)

²⁸⁹ 2021年5月26日、CLEP、嫦娥七号任务科普试验载荷创意设计征集方案完成初选

²⁹⁰ 2021年4月8日、中国軍視網、嫦娥四号顺利唤醒 进入第29月昼工作期

小惑星を観測する深圳起源太空科技有限公司の小型衛星「起原天空」(Qiyuan Tiankong NEO-1)²⁹¹が4月27日に他の8機の衛星とともに長征6型ロケットにより打ち上げられた。

2021年10月

1) 月・深宇宙探査

9月27日、珠海において月・深宇宙探査成果発表会(フォーラム)が開催された²⁹²。

2) 火星探査機「天問1号」

7月12日、火星ローバ「祝融」は巡回中に降下用落下傘の着地点から350m離れた地点を通過し、パラシュートやバックカバーを撮影した。



図3-112 天問1号が撮影した画像

3) 月探査機「嫦娥」

9月29日、「嫦娥(Chang'e: CE)4号」の月面ローバ「玉兔(Yutu: YT)2号」は1000日目を迎え、走行距離は839.37mとなった²⁹³。その間の走行ルートを下図に示す。

嫦娥四号巡视器前34月昼行驶路线图

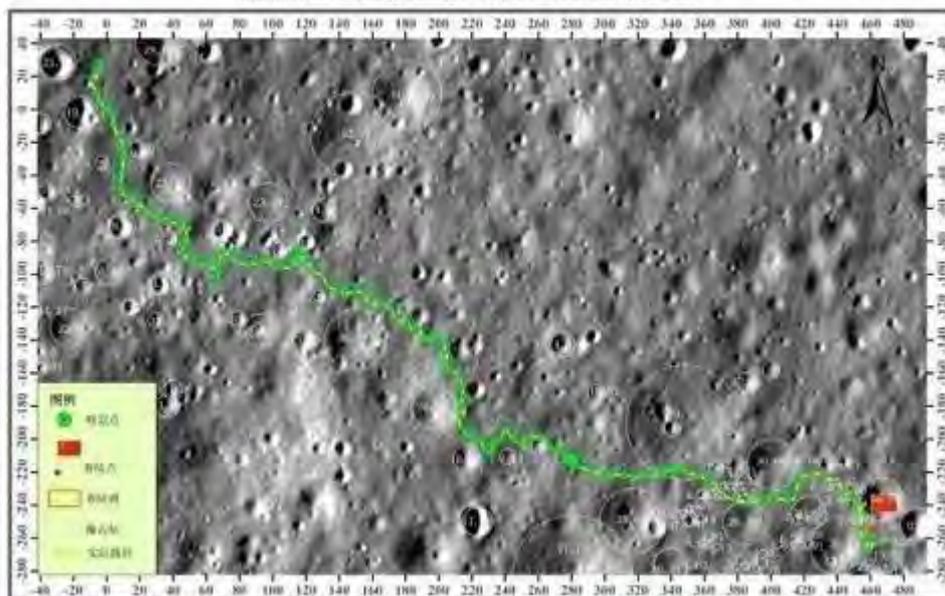


図3-113 玉兔(Yutu: YT)2号の走行ルート

²⁹¹ 2021年4月28日、Gunter's Space Page、NEO 1、

²⁹² 2021年9月27日、CLEP、月球与深空探测成果发布会在珠海航展举办

²⁹³ 2021年9月30日、大洋網、嫦娥四号月球背面工作突破千日，玉兔二号行驶839.37米

2022年1月

1) 欧州との火星探査協力

12月3日、欧州宇宙機関（ESA）の火星周回機「Mars Express」（2003年6月2日打上げ）は中国の火星探査機「天問（Tianwen）」が放出した火星ローバ「祝融（Zhurong）」との通信中継に成功した²⁹⁴。

2) 月探査機「嫦娥」

12月27日、国家航天局（CNSA）の呉艶華（Wu Yanhua）副局長は、今後の月探査機の計画について発表した。今後月探査の第4期計画として打上げが予定されている「嫦娥（Chang'e）6号」・「嫦娥7号」・「嫦娥8号」の中で、「嫦娥7号」を先に打ち上げると表明した²⁹⁵。

3) 火星探査機「天問1号」

10月20日前後、太陽を挟んで地球と火星がほぼ一直線に並んだ状態で「天問1号」は太陽の強力な電磁波により通信が阻害される現象（「日凌」といい、地球近傍の衛星の場合でも衛星の背後に太陽が入った場合に起こる）に遭遇したが、この期間を乗り切る（中国語で「度過」）ことに成功した²⁹⁶。



図 3-114 地球と火星の間に太陽が入った時のイメージ
火星からの電波は太陽や電磁波に遮られて正常に地球との通信ができなくなる。

4) 太陽観測

10月14日、中国科学院は太陽探測科学技術試験を行う宇宙科学衛星「羲和（Xihe）」（別名「CHASE（Chinese H α Solar Explorer）」）を長征 2D ロケットにより打ち上げた²⁹⁷。

2022年4月

月探査機「嫦娥（Chang'e）」

1月20日、国家航天局（CNSA）の月探査・宇宙プロジェクトセンターに属する中国探月・深空探測網（CLEP）は月の裏側を探査中の「嫦娥4号」の中性原子探査の実施状況を発表した²⁹⁸。

2022年7月

²⁹⁴ 2021年12月3日、CASC、中欧火星探測器成功开展在轨中継通信試驗

²⁹⁵ 2021年12月28日、科普大世界、探月工程四期获批，先发射嫦娥七号，月球上将首次出现真正飞行器

²⁹⁶ 2021年10月21日、CASC、天问一号成功度过日凌

²⁹⁷ 2021年10月15日、CASC、长二丁火箭成功发射中国首颗太阳探測卫星“羲和号”等11颗卫星

²⁹⁸ 2022年1月20日、CLEP、嫦娥四号中性原子探測仪最新进展

火星探査

6月29日、中国探月工程（CLEP）は火星探査機「天問（Tianwen）1号」が709日目に予定のミッションを完了したと発表した²⁹⁹。

天問1号に続く天問シリーズのミッションとして、2号機は小惑星、3号機は火星サンプルリターン、4号機は木星探査を計画している模様³⁰⁰。

2022年10月

本期間には宇宙科学衛星の打上げはなかったが、「中科1」ロケットにより打ち上げられた中国科学院の6機の技術試験衛星のうちいくつかのミッションは、実証段階を経て宇宙科学衛星として打ち上げられるようになる可能性がある。

2023年1月

10月8日、中国科学院（CAS）は太陽観測衛星「夸父（Kuafu）」（別名 Advanced Space-based Observatory-Solar : ASO-S）の打上げに成功した³⁰¹。先端型宇宙天文台シリーズの1機目である。主要な搭載センサは3つあり、太陽磁場を観測する全太陽ベクトル磁気撮像装置（FMG）、太陽フレアを観測する硬X線撮像装置（HXI）、コロナ質量放出を観測するライマン・アルファ太陽望遠鏡（LST）である。

²⁹⁹ 2022年6月29日、新華網、天问一号完成既定科学探测任务

³⁰⁰ 2022年4月29日、百度、官宣！15年内中国着手“行星探测工程”，天问三号将从火星取样

³⁰¹ 百度百科、[夸父一号](#)、

宇宙ミッション6 新技術実証分野

2017年4月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星の中で、最も注目されるのは XPNNAV (X線パルサーによるナビゲーション) 衛星である。中国語で脈衝星(みやくしょうせい、X線を周期的に放射するパルサーと呼ばれる星) 導航試験衛星と表記されている。地球周回の航行測位衛星が役に立たないような惑星間飛行などで必要となる位置決め的手法であり、かなり先の有人惑星探査まで見越しているように見受けられる。この衛星を開発した深圳航天東方紅有限公司は、CAST 傘下の企業である。

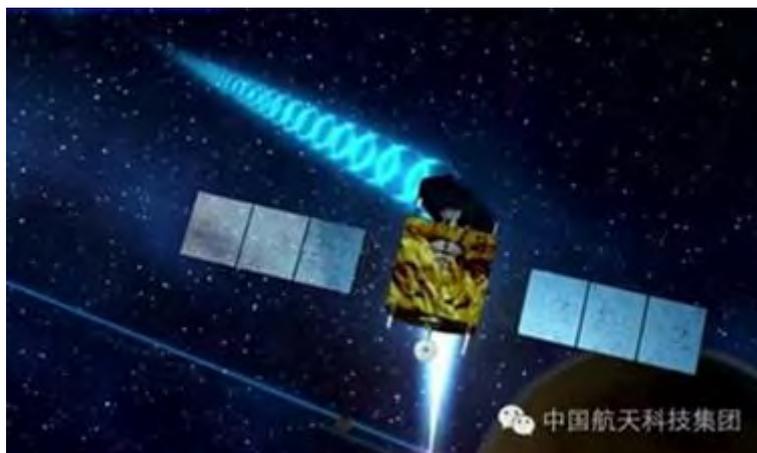


図 3-115 XPNNAV 出典：CASC

TSJ 2については、下図のように外観が通信衛星とは思えないような形状をしており、「通信技術試験 2号/火眼(Huoyan) 2号」という名称があることから、ミサイル発射早期警戒衛星の要素技術の試験機である可能性がある³⁰²。

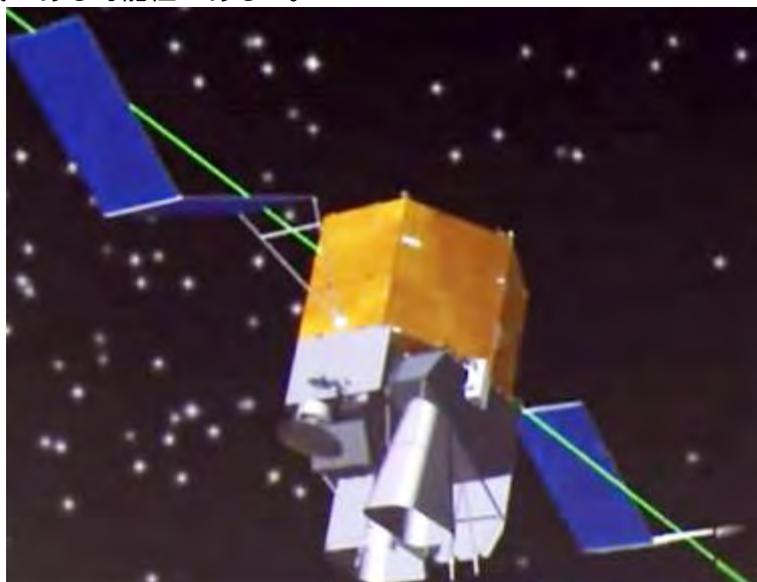


図 3-116 TSJ 2/火眼 2号 出典：軍科網

本期間に技術試験衛星の初打ち上げを行った機関(衛星名)は、深圳航天東方紅有限公司(XPNNAV)、長沙天儀空間科技研究院有限公司(瀟湘(Xiaoxiang)、下図参照)、浙江利騷電子科技有限公司(麗水(Lishui)及び皮納(Pina))、科創航天(KS-1Q)、北京市八一学校(八一科普衛星)、北京凱盾科技(凱盾(Kaidung))、中国航天科工集团公司(天鯤

³⁰² TSJ 2, <https://www.chinaspaceflight.com/satellite/tongxin/Tongxinjishushiyan-2/txjssy2-launch.html>

(Tiankun)) の 7 機関に及ぶ。商業目的と教育目的が混在しており、中にはシリーズとして今後多数の衛星を打ち上げることになるものもある。北京市八一学校は習近平国家主席の母校で、昨年 12 月には科普衛星を製作したチームの激励のために訪問した³⁰³。



図 3-117 潇湘のプレゼンテーション@長沙、紅網（動画）³⁰⁴

2017 年 10 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星 4 機は、いずれも EU（欧州連合）が第 7 次フレームワークプログラム (FP7) で資金を拠出して世界各国の超小型衛星を打ち上げていく「QB50」³⁰⁵というシリーズの中の中国衛星である。一例として、「紫丁香 1」はハルビン工科大学（HIT）が製作したもので、別名「QB50 CN02」とも呼ばれ、質量 2kg、2 ユニットのキューブサット（1 辺 10cm の立方体を 2 個連結した形の衛星）である。

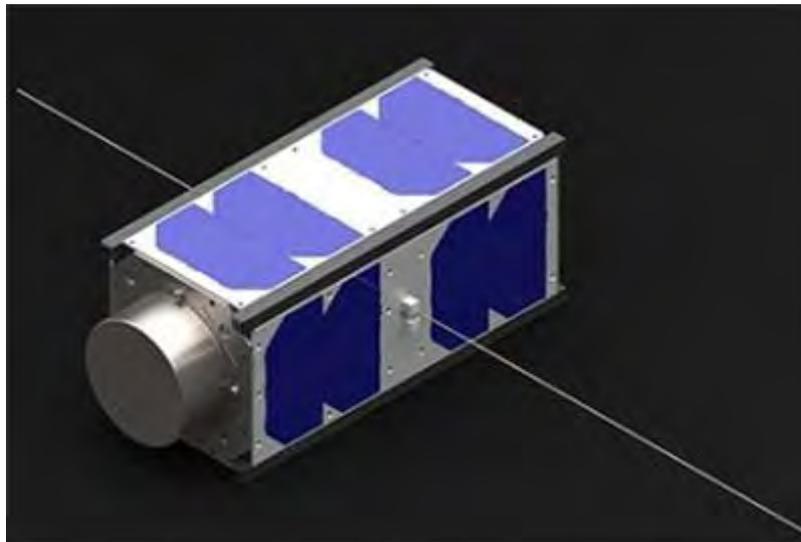


図 3-118 「紫丁香 1」の外観(©HIT)³⁰⁶

中国の 3 機の QB50 シリーズ衛星は 4 月にアトラス 5 型ロケットで打ち上げられた国際宇宙ステーション（ISS）への貨物輸送船「シグナス CRS-7」に搭載され、ISS に輸送後、日本実験モジュール「きぼう」から放出された。この場合、衛星の国際標識番号は ISS の最初のモジュール

³⁰³ 2016 年 12 月 28 日、新華社、习近平回信勉励北京市八一学校科普小卫星研制团队学生
http://news.xinhuanet.com/politics/2016-12/28/c_1120207095.htm

³⁰⁴ 2016 年 10 月 28 日、紅網、<http://qq.rednet.cn/c/2016/10/28/4120584.htm>

³⁰⁵ 2017 年、EU（欧州連合）、QB50 - Mission Objectives、<https://www.qb50.eu/index.php/project-description-obj>

³⁰⁶ 2017 年 8 月 8 日、Gunter's Space Page、LilacSat 1、http://space.skyrocket.de/doc_sdat/link.htm

(米国の「Zarya」) から分離または放出された物体であることから、「1998-067+英字 (I と O を除く)」で放出順序が示される。「紫丁香 1」の場合は「1998-067ME」で、293 番目 (24×12+5) の物体である。この中には「Zarya」(A) を打ち上げたプロトンロケットの機体(B)、衛星以外の物体(宇宙デブリ) も含まれる。

国防科技大学の「DTNUSat」は別名「QB50 CN06」と呼ばれ、上記の 3 機とは別に、インドの PSLV ロケットにより 6 月に打ち上げられた。

2018 年 4 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は比較的少なかった。

新たに技術試験衛星の初打ち上げを行った機関とその衛星は、北京零重空間技術の「周恩来 (Zhou Enlai)」、翎客航天技術 (Link Space Aerospace Technology) の「風馬牛 (Fengmaniu)」、中国教育学会や中国宋慶齡基金などの共同計画による「少年星 (Shaonianxing)」などである。3 文字の衛星名が多いのは新たな傾向かもしれない。

2018 年 10 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 3 機と比較的少なかった。2 機の XJSW (新技術試験衛星) は CAST が開発した。また中国科学院の微衛星研究所は、微厘空間 (CentiSpace) という小型衛星を 9 月 29 日に快舟 1A 型ロケットにより打ち上げた。

中国科学院の軟件 (ソフトウェア) 研究所 (Institute of Software: ISCAS) はソフトウェア定義衛星技術を研究しており、技術試験衛星「天智 1 号 (Tianzhi-1)」の打ち上げを計画している。4 月の時点では 2018 年後半の打ち上げとしていた³⁰⁷が、現時点ではまだ確定した情報はない。

2019 年 1 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 21 機と多数にのぼった。

まず公的機関の技術試験衛星としては、中国空間技術研究院 (CAST) の「試験 6 号」及び「天平」(2 機)、中国科学院軟件 (ソフトウェア) 研究所 (Institute of Software: ISCAS) の「天智 1 号 (Tianzhi-1)」が打ち上げられた。

民間企業では、長沙天儀研究院有限公司が、宇宙科学衛星の「銅川 1 号」以外に、2 回に分けて 6 機の技術試験衛星を打ち上げた。衛星名は天儀・瀟湘の他、長沙高新、天府国星 (または星河)、鬪魚、新疆交通など地方色が見られ、後続の衛星も多数計画されている。北京九点微星科技有限公司は 7 機の「瓢虫 (テントウムシ)」衛星を打ち上げた。また、上海欧科微航天科技の「嘉定」、阿里巴巴 (アリババ) の「糖果罐」も打ち上げられた。その他に所有機関や衛星名さえ不明のものが 2 機ある。

2019 年 4 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 3 機 (うち 1 機は打ち上げ失敗) であった。

1 つは北京零重空間技術有限公司の「靈鵲 1A」で、ビデオ撮影・高速データ伝送・衛星間通信などの技術実証を行う。「靈鵲 1B」は前述の通り「OS-M1」ロケットの打ち上げ失敗で軌道投入できなかった。なお、靈鵲衛星群は 132 機 (将来的に 378 機) で構成される計画³⁰⁸。もう 1 つは長沙天儀研究院有限公司の「瀟湘 (Xiaoxiang) 1-03」で、別称として共同開発者の青騰大学にちなみ「青騰之星 (Qingteng zhi Xing)」と名付けられている。小型カメラと軌道離脱装置を搭載している。天儀研究院の衛星はこれまでに多数打ち上げられており、それぞれパートナーにちなむ別称が付けられている。

2019 年 7 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 4 種類で 6 機であった。

³⁰⁷ 2018 年 4 月 10 日、騰訊公司、我国首颗软件定义卫星“天智一号”研制顺利 将于今年下半年发射
<https://news.qq.com/a/20180410/013921.htm>

³⁰⁸ 泰伯網、零重空间宣布打造由 132 颗卫星组成的商业遥感卫星星座
<http://www.3snews.net/column/252000051614.html>

長沙天儀研究院有限公司は着々とシリーズ衛星を増やしており、今回は「瀟湘 (Xiaoxiang) 1-04」を打ち上げた。中国空間科学研究院 (CAST) は海上の風速を観測する「捕風 (Bufeng)」という新シリーズの衛星を 2 機同時に打ち上げた。国有企業の中国電子科技集团公司 (CETGC)³⁰⁹は、「天象 (Tianxiang)」という新シリーズを 2 機同時に打ち上げた。もう 1 機は北京国電高科科技有限公司³¹⁰の「天啓 (Tianqi)」という衛星である。企業が保有する小型衛星の裾野が広がってきており、新たに小型衛星の打上げを目指す新興企業も目立っている。

2019 年 10 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 8 種類で 8 機であった。

長沙天儀研究院は「天儀 (Tianyi) 1-07」衛星を打ち上げた。第 2 四半期に初の衛星を打ち上げた北京国電高科科技有限公司は、「天啓 (Tianqi)」の 2 機目を打ち上げた。この他、「航天発展 (Hangtian Fazhan)」、「千乗 (Qiancheng)」、「星時代 (Xingshidai)」、「太極 (Taiji)」、「京師 (Jinshi)」（北京師範学校の略）、「金牛座 (Jinniuzuo)」という 6 種類の衛星が打ち上げられた。それぞれ複数衛星を打ち上げていく計画があり、民間の動きを網羅的かつ定期的に把握することが難しくなってくるかもしれない。

2020 年 1 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 8 種類で 9 機であった。

CAST の「実践 20」は 2017 年に打ち上げに失敗した「実践 18」と同型機で、静止通信衛星の新技术の試験を行う。特に重要な技術は東方紅 5 型衛星バスで、現在主力となっている東方紅 4 型衛星バスの性能・仕様を大きく上回り、質量は 8 トン以上、衛星の推進にはイオンエンジンを採用している。ミッション機器でも野心的な実験が行われる可能性があるが、今のところ詳細は不明である。

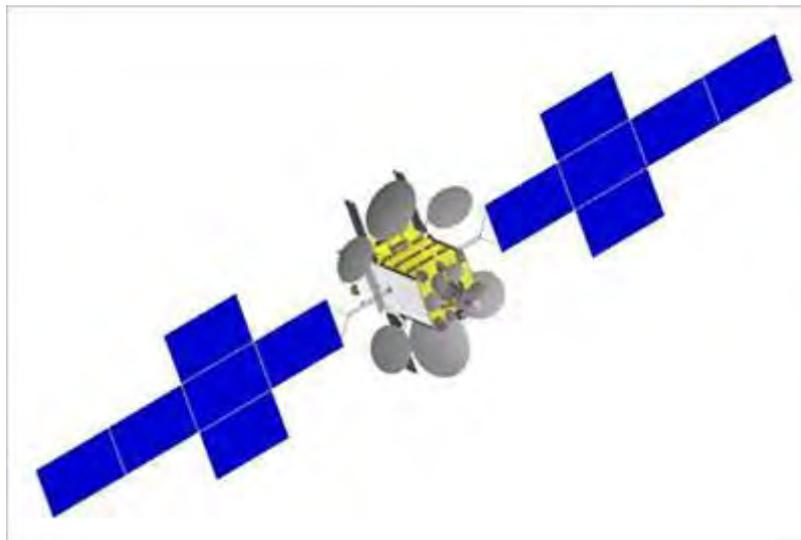


図 3-119 東方紅 5 型バスの外観 (CAST)

他の小型衛星 8 機のうち、これまでに打上げ実績があるものは、長沙天儀研究院の「瀟湘 Xiaoxiang」で今回「1-08」が打ち上げられた。微納空間公司の「未来 (Weilai) 1R」は 2018 年に朱雀 1 型ロケットで失敗に終わった「未来 1」の再挑戦で、今回は長征 4B ロケットにより打ち上げに成功した。その他の初登場衛星は、粵 (広東省) 港 (香港) 澳 (マカオ) 大湾区研究院「黄埔 (Huangpu) 1」、中山大学の「天琴 (Tianqin) 1」、「中国国防科技大学の 2 機に「玉衡 (Yuheng)」及び「順天 (Shuntian)」」、その他 2 機に「天雁 (Tianyan)」(01、02 の 2 機同時打上げ) と名付けられた。特に「天雁 01」は江蘇州儀徵經濟開發区にある中星空間遥感衛星技術公司が製作した 72kg の小型衛星で、別名「儀徵 1」と名付けられ、今後約 8 種のミッショ

³⁰⁹ CETGC 各所简介、<https://wenku.baidu.com/view/46a04e9e998fcc22bcd10df3.html>

³¹⁰ 北京国电高科科技有限公司、<https://company.zhaopin.com/CZ898577220.htm>

ンに拡大させる可能性がある。「天雁 02」の別名は「星時代 8」で、国星宇航技術会社が打ち上げた。

2020 年 4 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 5 機（うち 1 機は打上げ失敗）であった。

軌道投入に成功した 4 機は「新技術試験衛星 (Xin Jishu Shiyan Weixing : XJSW) 」C, D, E, F の同時打上げで、衛星の機能等は明らかではない。地上からの宇宙飛行物体観測により、高度約 500km、軌道傾斜角 35 度の軌道に投入されたことが判明している³¹¹。なお、新技術試験衛星 A 及び B は 2018 年 6 月に打ち上げられた。衛星の製造は CAST 傘下の東方紅衛星股份有限公司が受注した。

打上げに失敗したのは「新技術検証 (Xin Jishu Yanzheng) 6 号」で、これまでにない名称であるが 6 号機と称しているのが奇異であった。詳細な仕様は不明であるが、ロケットは静止トランスファ軌道に衛星を投入しようとしており、大型静止衛星の技術試験及び長征 7A ロケットの性能評価が目的であったと考えられる。

過去には、2012 年に「新験 (Xinyan : XY) 1 号」という衛星が打ち上げられており、CAST の組織的なプロジェクトではなく職員個人の研究活動として製作されたもので、打上げ前のフルネームが「新技術検証衛星」であったことから、今回の「XJS 6」と何らかの関係があると思われる。2015 年 9 月にはミッション機器が全く異なる「新験 2 号」も打ち上げられていることから、1 つの機能のシリーズではなく、日本の技術試験衛星 (ETS) と同じように 1 機ごとに実証する技術が異なるシリーズであると考えられる。

2020 年 7 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星（有人関連を除く）は 3 機であった。そのうち CAST が開発した新技術試験 (XJS) 衛星 2 機は、これまでに 6 機打ち上げられたシリーズの 7 号機（上海微小卫星创新研究院が開発）と 8 号機（国防科技大学が開発）である³¹²。打上げロケットは固体ロケットの長征 11 型で、新型発射台が初めて使用された。

浙江大学は「高分 9-03」及び「和徳 5」と相乗りで 5 機目のピコサット「皮星 3A」を打ち上げた³¹³。

2020 年 10 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星（有人関連を除く）は 3 機であった。そのうち CAST が開発した新技術試験 (XJS) 衛星 2 機は、これまでに 6 機打ち上げられたシリーズの 7 号機（上海微小卫星创新研究院が開発）と 8 号機（国防科技大学が開発）である³¹⁴。打上げロケットは固体ロケットの長征 11 型で、新型発射台が初めて使用された。

浙江大学は「高分 9-03」及び「和徳 5」と相乗りで 5 機目のピコサット「皮星 3A」を打ち上げた³¹⁵。

2021 年 1 月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は 6 機であった。うち 3 機は長征 6 型ロケットによりアルゼンチンの「NuSat」10 機とともに打ち上げられたもので、その内訳は「北航空事 (Beihangkongshi : BHKS) 」(別名 : 天儀 (Tianyi) 20 号)³¹⁶、電子科技大学の「天雁 05 号」(別名 : 新時代 (Xinshidai) 12 号)³¹⁷、八一学校の「八一科普衛星 (Bayi Kepu Weixing) 3 号」

³¹¹ 2020 年 3 月 22 日参照 N2Y0

³¹² 2020 年 5 月 30 日、CASC、长十一火箭成功发射新技术试验卫星 G 星和 H 星

³¹³ 2020 年 6 月 17 日、Gunter's Space Page、ZDPS 3A

³¹⁴ 2020 年 5 月 30 日、CASC、长十一火箭成功发射新技术试验卫星 G 星和 H 星

³¹⁵ 2020 年 6 月 17 日、Gunter's Space Page、ZDPS 3A

³¹⁶ 2020 年 12 月 22 日 Gunter's Space Page、Beihangkongshi 1 (TY 20)

³¹⁷ 2020 年 12 月 10 日 Gunter's Space Page、Tianyan 05 (Xinshidai 12)

³¹⁸である。他の3機は長征8型ロケットによりエチオピアの衛星とともに打ち上げられた。主衛星はCASTの「新技術検証(Xin Jishu Yanzheng: XJY)7号」³¹⁹で、海絲衛星会社の「海絲(Haisi)1号」³²⁰、長沙天儀研究院の「元光(Yuanguang)」³²¹である。残る1機は長征4C型ロケットにより打ち上げられた上海微衛星工程中心の「微納(Weina)02号」である。なお、「長征8型」ロケットは、今後コア機体と両側の補助ロケットを接続した形のまま着陸脚を使用して洋上のドローンに着地させ、再使用型ロケットとして運用できることを目指して開発中である³²²。

2021年4月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は3機(うち1機は打上げ失敗)であった。軌道投入に成功した2機のうち1機は、長征7A型ロケットにより3月11日に打ち上げられた「試験(Shiyan)9号」³²³で、同ロケット初の打上げ成功となった。予定された近地点270km、遠地点35,991km、軌道傾斜角19.5度の静止トランスファ軌道(GTO)を現在も周回中である。ただ、試験9号は静止衛星とされているが、打上げ後1か月以上を経過しても依然として周期10時間余りのGTO軌道にとどまっており、バンアレン帯(高度2,000-20,000kmの放射線帯)を1日4回以上の割合で通過している。近地点は約480kmに上昇した。宇宙用部品・材料の耐放射線性試験を実施するミッションを含んでいる可能性もある。

もう1機は静止衛星の「通信技術試験(Tongxin Jishu Shiyan: TJS)6号」³²⁴で、別名「火焰(Huoyan)」とも呼ばれ、既に同型機のTJS2とTJS5の2機が打ち上げられている。衛星の形状から通信実験ではなく、ミサイル早期警戒衛星ではないかと見られている。静止位置は番号順に東経55.5度、東経178.5度、東経178.6度となっている。

軌道投入できなかったのは双曲線1号ロケットの2回目の打上げで搭載された北京航天方舟空間技術有限公司の「方舟(Fangzhou)2号」³²⁵である。

2021年7月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は4機であった。中国空間技術研究院(CAST)は「試験6号03」³²⁶を打ち上げた。零重空間公司(Zero G Lab)は「金紫荊」³²⁷を2機同時に打ち上げた。人民解放軍に属する航天工程大学(Space Engineering University)は「太空試験」を打ち上げた³²⁸。

2021年10月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は「星時代(Xingshidai)10号」³²⁹、「通信技術試験(Tongxin Jishu Shiyan: TJS)7号」³³⁰、「融合試験衛星(Ronghe Shiyan)」(2機)³³¹、「試

³¹⁸ 2020年12月10日 Gunter's Space Page、BY 3 (BY70 3)

³¹⁹ 2020年12月27日 Gunter's Space Page、XJY 7

³²⁰ 2020年12月27日 Gunter's Space Page、Haisi 1

³²¹ 2020年12月27日 Gunter's Space Page、Yuanguang

³²² 2020年12月22日 CASC、我国新一代运载火箭长征八号在中国文昌航天发射场首飞成功

³²³ 2021年03月12日、Gunter's Space Page、SY 9

³²⁴ 2021年02月05日、CASC、长三乙火箭成功发射通信技术试验卫星六号

³²⁵ 2021年02月01日、航空航天港、双曲线一号Y2火箭自酒泉发射失利

³²⁶ 2021年5月21日、Gunter's Space Page、Shiyan 6、

³²⁷ 紫荊はハナズオウ(バウヒニア)という植物の名。香港特別行政区の花。

2021年5月8日、Gunter's Space Page、Jinzijing 1-01、1-02 (-01、1-02)

³²⁸ 2021年6月13日、一点資訊、天上的卫星当教具?没错!欢迎报考航天工程大学!

2021年6月15日、Gunter's Space Page、Taikong Shiyan 1

³²⁹ 2021年7月3日、中国経済網、中国成功发射吉林一号宽幅01B卫星

³³⁰ 2021年8月25日、中国政府、我国成功发射通信技术试验卫星七号

³³¹ 2021年8月25日、証券報、我国成功发射融合试验卫星01/02星

験 (Shiyan : SY) 10号」で計5機であった。試験10は軌道傾斜角が51度、周期11時間56分と地球自転周期(23時間56分)の約半分で、遠地点高度約40,000kmの長楕円軌道を周回している³³²。

2022年1月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は、計18機であった。

1) 中央政府の衛星

CASTは各種の技術試験衛星を計8機打ち上げた。

①「通信技術試験 (Tongxin Jishu Shiyan : TJS)」衛星シリーズ

12月29日に長征3Bロケットにより「通信技術試験9号」が打ち上げられた。これまでに打ち上げられた各種のTJS衛星のうち、「TJS 1」及び「TJS 4」に次ぐ3機目の静止SIGINT衛星とみられている³³³。2021年における長征ロケット系列による最後の打上げで、長征ロケットの累計打上げ数は405機となった。

②「実践 (Shijian : Sj)」衛星シリーズ

10月24日に長征3Bロケットにより打ち上げられた「実践21号」は、実践シリーズの最新機で、デブリ低減技術の技術試験を目的としていると推測されている。ほぼ静止軌道に近いが、完全に静止ではなく、近地点と遠地点の高度に差があり、楕円軌道でドリフトしているようである。また副衛星 (Subsatellite) を同時に打ち上げているが、目的や技術仕様などの詳細は不明。

12月10日に長征4Bロケットにより2機1組の「実践6号」の5組目が打ち上げられた³³⁴。

③「試験 (Shiyan : SY)」衛星シリーズ

11月24日に快舟1Aロケットにより「試験11号」が³³⁵、12月23日に長征7Aロケットにより2機1組の「試験12号」³³⁶が打ち上げられた。いずれも試験の目的や搭載機器などの詳細は不明。

2) 民間や大学の衛星

①宇宙科学衛星「羲和 (Yihe)」と同時に打ち上げられた7機の小型衛星

- 「商業気象探測星座試験衛星 (Shangye qixiang tance xingzuo shiyan weixing)」³³⁷ はGPS掩蔽を利用した気象観測の試験を行う衛星である。運用者や製造者等の詳細は不明。
- 上海市宝山区に本拠地を置く火眼位置数智科技服务有限公司 (Huoyan Digital Intelligence Technologies Service Co Ltd) は北斗導航衛星の補強を目的とする「天枢 (Tianshu) 1号」を打ち上げた³³⁸。
- 華東師範大学第二附属中学の生徒は上海航天技術研究院 (SAST) の技術者の助力を得て「華曜 (Huayao)」(別名「交通試験衛星」) を打ち上げた³³⁹。
- 「軌道大気密度探測試験衛星 (Guidao Daqi Midu Tance Shiyan Weixing)」は深圳航天東方紅衛星公司³⁴⁰が製造した。運用機関などの詳細は不明である。
- 南京理工大学は6ユニットで質量10kgのキューブサット「田園 (Tianyuan) 1号」を打

³³² 2021年10月9日、N2Y0、SHIYAN 10 (SY-10)

³³³ 2021年12月30日、海外網、我国发射通信技术试验卫星九号
2021年12月29日、Gunter's Space Page、TJS 1, 4, 9 (Qianshao-3 1, 2, 3 ?)

³³⁴ 2021年12月10日、新京報、实践六号05组卫星成功发射

³³⁵ 2021年11月25日、北京日報、我国成功发射试验十一号卫星

³³⁶ 2021年12月23日、新華報、我国成功发射试验十二号卫星01星02星

³³⁷ 百度百科、商业气象探測星座試驗卫星

³³⁸ 2021年10月15日、科創板日報、火眼位置“天枢一号”低軌導航增強技術試驗卫星成功发射

³³⁹ 2021年10月19日、華東師範大学、“华曜”号卫星发射成功！华东师大少年给它命名

³⁴⁰ 深圳航天東方紅衛星公司、关于我们

ち上げた³⁴¹。

- 大学生小型衛星 (Student Small Satellite : SSS)

北京航空航天大学と上海交通大学はそれぞれ「SSS 1号」³⁴²と「SSS 2A号」³⁴³を打ち上げた。

②穀神星 (CERES) ロケットにより12月7日に打ち上げられた3機の小型衛星

- 天津大学は「天津 (Tiajin) 1号」を打ち上げた³⁴⁴。
- 中関村睿宸衛星創新应用研究院、北京英視睿達科技公司及び聯合天儀研究院は共同で「麗澤 (Lize) 1号」を打ち上げた³⁴⁵。
- 長沙天儀研究院は12ユニットで質量20kgのキューブサット「宝醞 (Baoyun)」を打ち上げた³⁴⁶。

2022年4月

本期間に打ち上げられた技術試験衛星は11機であった。

1) 中央政府の技術試験衛星

①試験 (Shiyan)

1月17日、中国空間科学研究院 (CAST) は「試験13号」を長征2Dロケットにより打ち上げた³⁴⁷。軌道は高度500kmの太陽同期極軌道であるが、試験の目的などは不明。

②天平 (Tianping)

3月30日、CASTは長征11型ロケットにより「天平2号」A・B・Cの3機の衛星を打ち上げた。宇宙環境での大気観測や軌道予報モデルの修正等のミッションを行う³⁴⁸。「天平1号」衛星は2018年に2機打ち上げられており、累計5機となった。

③天鯤 (Tiankun)

3月29日、中国航天科工集团公司 (CASIC) は長征6A型ロケットにより「天鯤2号」を打ち上げた。「天鯤1号」は2017年に打ち上げられており、累計2機目である。

④浦江2号 (Pujiang)

3月29日、上海航天技術研究院 (SAST) は長征6A型ロケットにより「浦江2号」を打ち上げた。「浦江1号」は2015年に打ち上げられており、累計2機目である。

2) 大学の技術試験衛星

以下の3機はいずれも2月19日に長征8型ロケットにより打ち上げられた。

①西安電子科技大学は「西電 (Xidian) 1号」³⁴⁹を打ち上げた。

②北京郵電大学は「創新雷神 (Chuangxin Leishen)」³⁵⁰を打ち上げた。

③武漢大学は「啓明星 (Qimingxing) 1号」³⁵¹を打ち上げた。

3) 民間企業の技術試験衛星

①2月19日、長沙の天儀研究院は「巢湖 (Chaohu) 1号」³⁵²を打ち上げた。

³⁴¹ 2021年10月14日、中国校園在線、厉害 (すごい) ! 南京理工大学“田园一号”卫星成功发射升空!

³⁴² 2021年11月19日、搜狐網、微纳星空助力北航, APSCO 首颗国际重大合作小卫星 APSCO-SSS-1 成功升空

³⁴³ 2021年10月15日、中国日報網、仰望星空, 梦想成真, 上海交通大学 APSCO-SSS-2A 卫星成功发射!

³⁴⁴ 2021年12月8日、環京津網、“天津大学一号”卫星成功发射

³⁴⁵ 2021年12月15日、瀟湘晨報、“丽泽一号”卫星发射成功进入预定轨道

³⁴⁶ 2021年12月7日、鳳凰網、一箭五星!“宝醞号”卫星成功发射! ——探索浩瀚宇宙, 讲述中国酿酒哲学!

³⁴⁷ 2022年1月18日、Gunter's Space Page、SY 13

³⁴⁸ 2022年3月30日、CASC、四级固体火箭长十一“一箭三星”发射成功

³⁴⁹ 2022年2月28日、科技日報、“西电一号”卫星发射成功

³⁵⁰ 2月28日、現代時刊、“创新雷神号”卫星成功发射 华为云“天地一体”首次组网成功

³⁵¹ 2月28日、荆楚網、武大首颗“学生造”卫星成功发射 “启明星一号”卫星见证中国大学生创新能力

³⁵² 2月28日、瀟湘晨報、“中安在线”国内首颗商业组网 SAR 遥感卫星“巢湖一号”发射成功

②3月5日、北京星願航天科技公司は「星願（Xingyuan）2号」³⁵³を打ち上げた。

2022年7月

1) 長光衛星技術会社の低軌道通信衛星

5月20日、長光衛星技術公司（CGSTL：ChangGuang Satellite Technology Ltd.）は衛星通信技術の試験検証に用いられる最初の試験衛星「CGSTL Test1」と「同2」の2機を打ち上げた。同社は1,2000機の小型衛星で構成される中国版スターリンク通信衛星群の構築をめざしている。

2) DTSW衛星

5月20日にCGSTL衛星と同時に打ち上げられた1機の小型衛星については、衛星の利用目的や保有機関の名称などが不明である。

3) 6月22日にCASICが開発した小型衛星打上げ用ロケット「快舟1A」ロケットにより技術試験衛星「天行（Tianxing）1号」が打ち上げられた³⁵⁴。この衛星の主なミッションは宇宙空間環境探測等の試験である。なお、快舟1Aロケットの打上げは失敗に終わった昨年12月以来半年ぶり。

2022年10月

1) 政府の技術試験衛星

①重複使用試験航天器

8月4日、CASTは「神舟」打上げ用と同性能の長征2F/Tロケットにより、再使用可能な「重複使用試験航天器」（Chongfu Shiyong Shiyang Hangtianqi）を打ち上げた。同種の宇宙機は2020年にも同じロケットで打ち上げられており、2日間の飛行で地球に帰還した。今回は2回目の飛行となり、9月末現在でまだ着陸したという情報がないことから、長期間の周回飛行の試験を行っていると思われる³⁵⁵。

②「試験（Shiyang）」衛星5機

中国空間技術研究院（CAST）は2021年以降「試験」衛星を多数打ち上げており、本期間には2回の打上げで試験14³⁵⁶・15³⁵⁷（9月24日、快舟1Aにより高度不明のSSO軌道に投入）と試験16A、16B³⁵⁸、17³⁵⁹（9月26日、長征6により高度約500kmのSSO軌道に投入）の5機の打上げに成功した。これらの衛星は主に地球観測関係のセンサなど新技術の実証を行うことが目的であると考えられるが、詳細は発表されていない。

2) 中国科学院及び関連機関の技術試験衛星 6機

①7月27日、「中科1」ロケット（別名：力箭1号）により、以下の5種類6機の衛星が同時に打ち上げられた

(a) 空間新技術試験衛星

アルミ製自由曲面カメラ、高性能AIチップ、無毒ゲル（凝膠）などの新材料・新技術、太陽観測・地球観測・赤外線観測などに関する15種類のペイロードを搭載している³⁶⁰。

(b) 軌道大気密度探測試験衛星

文字通り、軌道の大気密度を計測する衛星である。中国科学院国家空間科学センター太陽活

³⁵³ 3月5日、一箭七星，长征二号丙火箭成功发射“星愿”等多个商业卫星

³⁵⁴ 2022年6月23日、多特軟件站、我国成功发射天行一号试验卫星是怎么回事，关于中国成功发射第一颗试验通信卫星的新消息、

³⁵⁵ 8月5日、CASC、我国成功发射可重复使用试验航天器

³⁵⁶ 2022年9月25日、Gunter's Space Page、SY 14

³⁵⁷ 2022年9月25日、Gunter's Space Page、SY 15

³⁵⁸ 2022年10月2日、Gunter's Space Page、SY 16A、16B

³⁵⁹ 2022年9月27日、Gunter's Space Page、SY 17

³⁶⁰ 百度、空间新技术试验卫星

動・宇宙天気重点実験室と中国科学院上海微小衛星創新研究院が共同で開発したもので、最近では珍しい直径 60cm の球形の衛星で、質量は 36kg である。衛星本体を球状にした理由は、従来の複雑な衛星形状や姿勢制御系の場合に大気密度測定の精度を高めることが困難であったことや、衛星開発コストの低減などをあげている³⁶¹。

(c) 低軌道量子密閉分発試験衛星

「密閉分発 (miyao fenfa)」とは「鍵を配送する」という意味で、日本語では「低軌道量子鍵配送試験衛星」となる。低軌道の超小型衛星と地上小型局の間で量子鍵の伝送を試験するための衛星である。中国科学院は既に「墨子 (Mozi)」で遠距離の量子鍵配送を成功させているが、今回はマイクロ衛星やナノ衛星でも同様な伝送ができることを実証しようとしている。合肥国家実験室、中国科学技術大学、中国科学院上海技術物理研究所、中国科学院上海微小衛星創新研究院、済南量子技術研究院等が共同で開発した³⁶²。

(d) 電磁組装試験衛星 2 機

中国語では「电磁组装试验双星」と称して 2 機の衛星で構成されることを示している。上海微小衛星工程センターが開発した³⁶³。

(e) 華万-南粵科学衛星

華万とは、広州市花都区にある華南師範大学附属学校の所在地で、南粵は広東省南部を意味する。華万学校は青少年への科学普及教育を目的として、海洋風速や土壌湿度の測定とデータ伝送実験を行う「華万-南粵科学」衛星を打ち上げた³⁶⁴。

②「創新 (Chuangxin)」衛星 2 機

8 月 2 3 日、中国科学院は快舟 1A ロケットにより「創新 16 号 A 星」及び「同 B 星」を打ち上げた³⁶⁵。

3) 民間企業の技術試験衛星 3 機

①「向日葵 (Xiangrikui)」

9 月 6 日、微厘空間公司 (Centispace) は快舟 1A ロケットにより「向日葵」衛星 2 機 (3 号及び 4 号、別名 CentiSpace-1 S3, S4) の打上げに成功した³⁶⁶。向日葵 2 号は打上げに失敗しており、同会社の衛星数は 3 機となった。同会社は近く同衛星の 5 号及び 6 号の打上げを予定している。

②平安 (Ping'an)

8 月 9 日、微納星空公司 (Minospace) は「平安 3 号」を打ち上げた。1 号・2 号はまだ打ち上げられていない。

4) その他 1 機

①閔行少年 (Minhang Shaonian)

8 月 4 日、上海の教育関係者が開発した科学普及目的の「閔行少年」衛星が「陸地生態系統碳監測衛星」・「和徳 2E」とともに打ち上げられ、9 月 4 日に地球を背景とした自撮り写真の伝送に成功した³⁶⁷。この衛星には「巡天」及び「探地」と称するペイロードが搭載されている。

2023 年 1 月

1) 中央政府関連の技術試験衛星

①試験 (Shiyan: SY) 衛星 5 機

³⁶¹ 7 月 28 日、観察者網、軌道大気密度探测试験衛星、为何采用奇特的球形？

³⁶² 7 月 28 日、科技日報、世界首顆量子微納衛星順利入軌

³⁶³ 百度、电磁组装试验双星

³⁶⁴ 7 月 28 日、羊城晚報、「南粵科学星」发射成功航天大咖进校园放飞航天梦想

³⁶⁵ 8 月 23 日、新華網、我国成功发射中科院创新十六号卫星

³⁶⁶ 9 月 6 日、上觀新聞、快舟 1 甲成功发射微厘空间试验卫星

³⁶⁷ 9 月 6 日、新民晚報、「閔行少年星」满月了 首次传回机身高清图

10月29日、中国空間技術研究院（CAST）は長征 2D ロケットにより「試験 20C」を SSO 軌道に投入することに成功した³⁶⁸。12月12日には「試験 20A」、「試験 20B」を打ち上げた³⁶⁹。これら 3 機の衛星は高度約 800km、軌道傾斜角 60° で編隊飛行を行っている。

12月16日、SAST は長征 11 ロケットにより西昌射場から「試験 21」を打ち上げた³⁷⁰。高度約 500km、軌道傾斜角 36° の所定の軌道への投入に成功した。

12月29日、SAST は「試験 10-02」を遠地点高度 40,000km、近地点高度 190km、軌道傾斜角 51° の長楕円軌道に向けて打ち上げた³⁷¹。2021 年打上げの「試験 10」も同様の軌道を予定していたが、打上げ時の何らかの不具合により軌道傾斜角が 63° となり、電力系統やバッテリーなどのトラブルに苦しんでいるとのことである³⁷²。

2) 民間企業の技術試験衛星 7 機

① 「向日葵 (Xiangrikui) 」 2 機

10月7日、微厘空間公司 (Centispace) は長征 11H ロケットにより「向日葵」衛星 2 機 (5 号及び 6 号、別名 CentiSpace-1 S5, S6) の打上げに成功した³⁷³。同シリーズの衛星数は 5 機となった。

② 「金紫荆」 2 機

12月9日、香港航天科技公司 (Hong Kong Aerospace Technology Group) は捷龍 3 ロケットにより「金紫荆 (Jinzijing) 5 号」、「同 6 号」の 2 機の衛星を打ち上げた。

③ 「火炬 (Huoju) 一号」

12月9日、火箭派 (太倉) 航天科技有限公司は捷龍 3 ロケットにより生命科学関連の微小重力実験を行う技術試験衛星「火炬 (Huoju) 1 号」を打ち上げた³⁷⁴。「火炬」は松明 (たいまつ) を意味する。

④ 行雲衛星公司

12月7日、快舟 11 ロケットにより技術試験衛星「行雲交通 VDES 試験 (Xingyun Jiaotong VDES Shiyan)」を打ち上げた。

⑤ 智星公司

5月に「天舟 4 号」に搭載されて打ち上げられた智星会社の技術試験衛星「智星 3A」は、11月14日に「天舟 4 号」から放出された。

³⁶⁸ 11月2日、中国航天報、航天科技集团长征二号丁运载火箭试验队发射试验二十号 C 卫星侧记

³⁶⁹ 12月12日、CASC、一箭双星！长四丙成功发射试验二十号 A/B 卫星

³⁷⁰ 12月16日、CASC、今年第 4 发！长十一火箭成功发射试验二十一号卫星

³⁷¹ 12月29日、CASC、集团全年 54 次发射满堂红！长三乙成功发射试验十号 02 星

³⁷² 2022 年 12 月 30 日、Gunter's Space Page、SY 10

³⁷³ 10月8日、CASC、长征十一号一箭双星海上发射成功

³⁷⁴ 12月9日、新京報、中国商业航天首颗空间生命科学试验卫星“火炬一号”成功发射

宇宙ミッション7 宇宙輸送分野

2016年10月

2016年の中国の打上げ回数は26回の予定と発表された。ロシアは年30回以上、米国はスペースX社だけで20回以上と予想されていたので、第3位に終わる可能性は高いと思われた。しかし、9月末時点で米口とも低調で、中国は米国の16回に次ぎ14回でロシアと並んでいる。今後3か月でこれら3カ国がそれぞれ10回前後の打上げ計画を有していることから、回数の順位は最後までわからないという状況である。

一方打上げの内容面では2015年までと様相が異なってきている。中国が宇宙開発強国に向けて飛躍的に発展すべく準備してきた新型ロケットや海南島の射場からの初打上げ、3年ぶりの有人宇宙飛行など、今後の宇宙開発活動の基盤となる宇宙輸送能力の新展開の全容が誰の眼にもわかるまで来ている。

まず特筆すべきことは、6月25日に海南島の文昌(Wenchang)射場から新型の長征7型ロケット³⁷⁵の打ち上げに成功したことである。長征7型のコア機体は直径3.35mで、長征2F型と同じである。液体エンジンの燃料は従来の有毒燃料使用から低公害型のケロシン使用になり、2基のエンジンが束ねられている。ストラップ・オン・ブースタ(SOB)は2015年に初打上げに成功した長征6型(直径2.25m)の第1段相当の機体が4基使われている。SOBもケロシン燃料の新型エンジンが1基ずつ使われ、長征7型の第1段には液体エンジンが計6基装備されている。

一方、少し不安が感じられる事故が発生した。それは、8月31日の本年13回目の打上げで、2013年12月以来2年8か月ぶりに打上げ失敗となったことである。この日、地球観測衛星「高分10号」を搭載して太原射場から打ち上げられた長征4C型ロケットは、第1段と第2段の分離に失敗し、衛星とともに中国本土内に落下してしまった。前回の失敗以降、48回の打上げに連続成功しており、過去の平均の打上げ成功率96%(25回に1回の失敗)の水準は維持されている。また9月には酒泉射場から宇宙ステーション実験機「天宮2号」が長征2F型ロケットにより打ち上げられており、残る3か月間で長征5型ロケット(機体直径5m)の初飛行や有人宇宙船「神舟11号」、快舟ロケットの3号機³⁷⁶などを含め12回程度の打上げを行うことができれば、年初の計画通りとなる。前半よりもハイペースであるが、ここ数年の中国の年間パターンと同じ傾向である。

一方、中国のライバルと目される米国のスペースX社は、その翌日の9月1日、米国フロリダ州のケープカナベラル射場において、衝撃的な爆発事故により9月3日に打ち上げる予定だったファルコン9ロケット³⁷⁷とペイロードのイスラエル静止通信衛星「Amos-6」を全損してしまった³⁷⁸。さらに射場設備も損傷したため、打上げ再開は11月以降になりそうだと予想されている。米国はスペースX社だけでまだ10回以上の打上げ計画があったが、大幅に減ってしまうことは確実である。その他のロケット(アトラス5、デルタ4など)で9月以降に予定されている打上げ回数は10回程度である。

2021年1月

CASICは武漢で開催された商業フォーラムにおいて、第14次5カ年計画(2021-2025年)期間における宇宙輸送システム関係の主要な計画を発表した。

【2021-2025年のCASICの主な計画】

・宇宙インフラの下、商業宇宙システムの能力向上を図り、国家重大発展戦略に対して積極的に貢献・融合し、国内のデジタル経済、インテリジェント製造、新材料等の新興産業の発展を促進する。

<ロケット産業分野>

・「高速、安価、効率性、信頼性」の特徴を備えた小型固体ロケット「快舟(Kuaizhou, KZ)」シリーズの開発を堅持し、ロケットのシリーズ化等を推進する。

³⁷⁵ 長征7型ロケット、Gunter、http://space.skyrocket.de/doc_lau/cz-7.htm

³⁷⁶ 快舟ロケット、Gunter、http://space.skyrocket.de/doc_lau/kuaizhou.htm

³⁷⁷ Falcon 9ロケット、Gunter、http://space.skyrocket.de/doc_lau/falcon-9.htm

³⁷⁸ 爆発時の映像、https://www.youtube.com/watch?v=I9vMF_Uj2_E

- ・商業打上げの定常的実施の下、打上げ準備期間及びミッション間隔をさらに短縮し、打上げ能力をより一層向上させる。
- ・ロケットの再使用技術を獲得し、打上げコストのさらなる削減を進める。
- ・2023年までに、快舟シリーズの打上げ回数を倍増させ、2025年までに固体ロケットエンジン技術の水準を世界トップクラスへと引き上げる。

2021年4月

2月5日、零壹空間（OneSpace）社は開発中の車載発射型「OS-X6B」ロケット（「重慶両江之星（Chongqing Liangjiang Star）」シリーズ）を中国西北部の射場から打ち上げ、580秒間の飛行で最高高度300kmに達し、ペイロードの分離に成功した³⁷⁹。サブオービタルの打上げで、試験項目をすべて達成し、打上げは完全に成功したとしている。同社はこの打上げシステムを「五箇一（5つの一）」と表現しており、ロケット本体、ロケット積載車両、地上局、無人航空機、発射台（PAD）がそれぞれ1つずつあることを示している。

2021年7月

4月8日、浙江省のエンジニアリング会社は、中国の5番目の射場として、同省寧波（Ningbo）市象山（Xiangshan）県に商業射場を建設するプロジェクトを落札したと発表した³⁸⁰。ロケットの組立てや試験なども行い、年間100回の打上げを計画している。

4月29日に打ち上げられた長征5B型の全長30m以上のロケット機体は落下場所の予想ができず、世界のどこかで人的・物的な被害が発生することも懸念された。このロケットは単段式で、第1段の機体が地球周回速度に達して直接宇宙ステーションのモジュールを分離するため、通常第1段ロケットのようにすぐには落下せず、5月10日にモルディブ諸島付近のインド洋に落下した³⁸¹。前回の打上げではアフリカ西部のコートジボアール内陸部に落下したが、幸いにも大きな被害はなかった。来年予定されている2回の打上げで、制御落下機能を追加するなどの対策がとられるかどうか注目される。なお、スペースX社のファルコン9ロケットも1段だけで地球周回速度に達する可能性があるが、地上（海上）に着陸させて再使用するのこのような問題は生じない。

また6月15日には5月29日打上げの長征7型ロケットの上段が南太平洋に落下した³⁸²。ほとんどの部品が再突入中に燃え尽きた。

2021年10月

2019年に初打ち上げに成功した北京星際榮耀空間科技会社の「双曲線1型（Hyparbola-1）」ロケットは、8月3日に吉林1魔方01Aを搭載して打ち上げられたが、2月1日に続いて本年2回目の打上げ失敗に終わった³⁸³。双曲線1型ロケットの打上げ成功率は33.3%（1/3）。

2022年1月

中国の年間打上げ回数は55回で、過去最多であった2020年の39回を大幅に上回った。1国の打上げ回数が50回以上となったのは1992年のロシア以来29年ぶり。

本期間における打上げ失敗は快舟1Aで、GeeSpace社³⁸⁴のGeeSAT衛星2機の軌道投入ができなかった。

³⁷⁹ 2021年02月04日、微博、零壹火箭第4次点火，成功实现“一箭一车一站”快响发射

³⁸⁰ 2021年4月8日、新華網、Across China: China to build commercial launch center in eastern coastal province

³⁸¹ 2021年5月10日、騰訊網、长征5b 残骸落入印度洋

³⁸² 2021年6月15日、CMSEO、长征七号遥三火箭末级残骸再入大气层情况公告

³⁸³ 2021年8月3日、bilibili、双曲线一号遥五运载火箭发射吉林一号魔方01A 卫星失利

³⁸⁴ GEELY、What is Geespace?

2022年4月

本期間に打上げロケットの新しい種類として「長征8遥2」と「長征6A」の2種類が打ち上げられた。長征8遥2は長征8の補助ブースタ（直径2.2m）2基をなくして打上げコストを下げ、長征6Aは逆に1段機体に4基の補助ブースタ（直径1m）を追加して太陽同期極軌道への投入性能を大幅に増大させたものである。

2022年の計画として、CASCは40回以上の打上げを予定しており、そのうち6回は有人宇宙活動関連で長征2F（神舟）・長征7（天舟）・長征5B（CSSモジュール）が2回ずつである。

2022年7月

5月13日、北京星際榮耀空間科技公司（Beijing Interstellar Glory Space Technology Ltd.）は昨年2回続けて打上げに失敗した「双曲線（Shuangquanxian）1号」ロケットの打上げに今回も失敗し、3回連続の失敗で打上げ成功率は25%（1/4）に低下した。

CASICの「捷龍（Jielong）」ロケットや北京星河動力空間科技有限公司（Galactic Energy社）の「穀神星（Gushenxing=Geres）」ロケットの打上げ情報もあったが、本期間には打上げは行われなかった。

2022年10月

1) 長征ロケットは本期間に462番目から440番目まで15機打ち上げた。2020年4月にインドネシア衛星打上げに失敗した長征3Bロケットは330番目の打上げであったが、連続成功が始まった331番目から数えて100番目となる430番目の長征4Bロケットが8月4日の「陸地生態系統碳監測衛星」の打上げに成功したことで、脚注6の出典の見出しは「長征火箭百連勝！」としている。

2) 「穀神星（Gushenxing）」ロケット（別名CERES）は2020年の初打上げ以来、2021年・2022年と3年連続で打上げに成功している³⁸⁵。

3) 新型の固体燃料ロケットとして「中科（Zhongke）1号」ロケット（別名力箭1号）がデビューした³⁸⁶。

4) 「快舟1A」ロケット³⁸⁷は本年2回目（ペイロードは「創新」衛星2機）、3回目（「向日葵」衛星2機）、4回目（「試験」衛星2機）の打上げが実施され、すべて成功した。「快舟1」と「快舟1A」を合わせて20回の打上げ中、18回成功しており、打上げ成功率は90%である。今年中に和徳2C及び2Dの同時打上げを予定している。

2023年1月

1) 1月4日、長征5B型ロケットの機体は無制御で大気圏に再突入し、消失した³⁸⁸。このため、欧州では空域を閉鎖するなど緊急事態に備えた措置を行った³⁸⁹。

2) 快舟11型は2回目の打上げで初成功した。

3) 1月16日、中国の民間ロケット企業の1つである藍箭航天空間科技公司（Land Space社）は朱雀2型ロケットにより「智星1B」など11機の小型衛星を搭載して打上げを実施したが、ロ

³⁸⁵ 2022年8月9日、Gunter's Space Page、Geres-1（Gushenxing-1, GX-1）

³⁸⁶ 7月28日、人民中国、中国の積載量が最大の固体燃料ロケット「力箭（Lijian）1号」が打ち上げに成功
7月28日、百度、力箭一号运载火箭首飞成功

³⁸⁷ 2022年9月25日、Gunter's Space Page、Kuaizhou-1A（KZ-1A）

³⁸⁸ 11月8日確認、N2Y0、CZ-5B R/B、

³⁸⁹ 11月7日、Gadget Gate、

ケット上段の不具合によりすべての衛星の軌道投入に失敗した³⁹⁰。同社は2回連続で打上げに失敗した。

³⁹⁰ 12月17日、百度、朱雀二号火箭发射失败，中国版 SpaceX 遭重挫，马斯克早就有言在先

第4章 無人航空機（無操縦者航空機）

EMSA では欧州の沿岸調査隊等での利用に向けて、遠隔操縦者航空機システム（Remotely Piloted Aircraft Systems : RPAS）の開発、支援も実施している。RPASは3種の機体が用意されており、AIS 受信機、可視/赤外カメラ、油検出のための IR（赤外）センサやレーダ等が利用可能、現在の航続時間は6~8時間となっている。（図4-1）

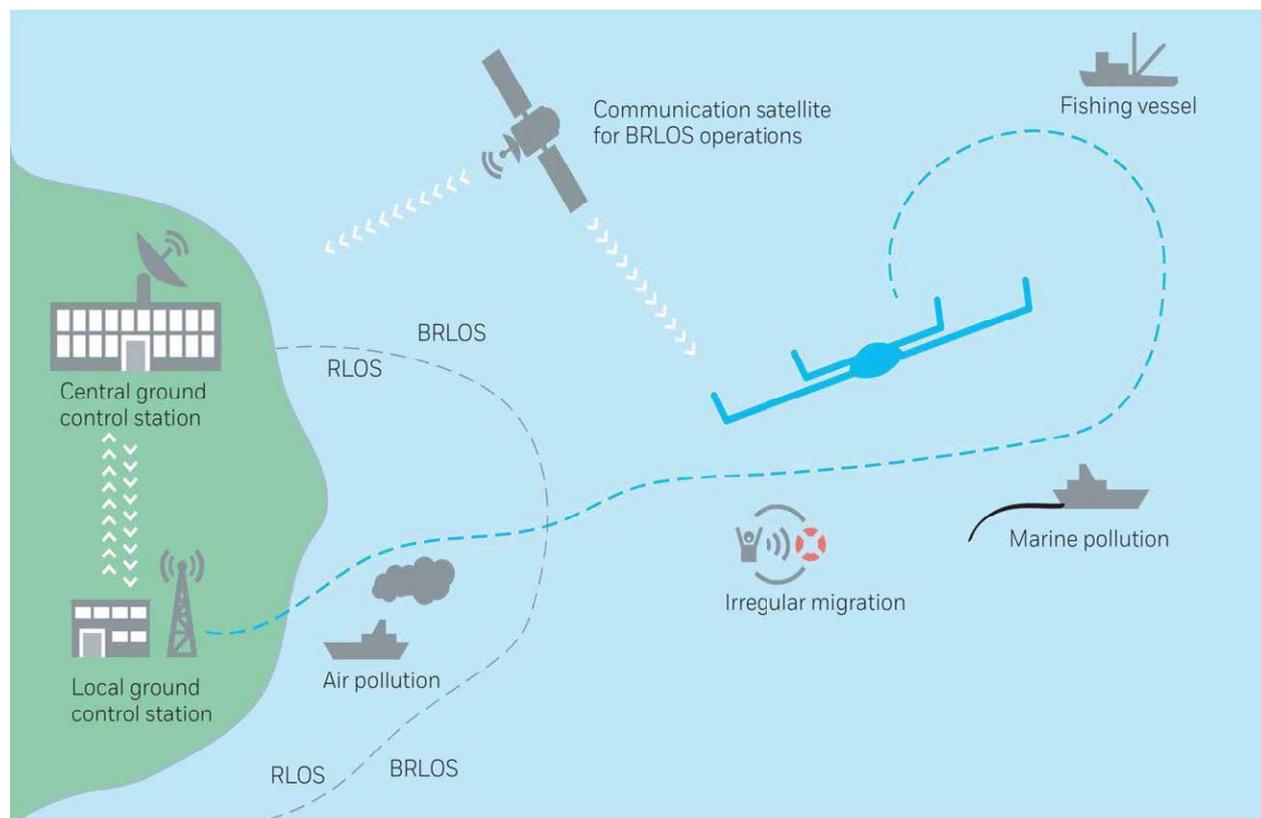


図4-1 欧州 EMSA による海上監視用 RPAS の運用イメージ³⁹¹

無人航空機は農薬散布や空撮等の分野で既に国内においても実用化されているが、近年ではウクライナ侵攻などの軍事用途での活用も増加している。また、今後は災害監視などの公的利用や、インフラ点検、物資輸送などの新たな産業での活用が期待されている。

(1) ウクライナ侵攻における無人航空機活用状況調査

ウクライナ侵攻において無人航空機は、情報収集任務だけでなく攻撃任務にも活用されている。一般財団法人防衛技術協会による記事³⁹²の内容を紹介する。

ウクライナ開発機材 「PD-1」「R-18 オクトコプター」「Punisher」。

ウクライナで開発された3種類の機体についてスペックや用途を図4-2に示す。

³⁹¹ European Maritime Safety Agency. *Remotely Piloted Aircraft Systems Services (RPAS)*. Retrieved from <http://www.emsa.europa.eu/we-do/surveillance/rpas.html>

³⁹² https://www.defense-tech.or.jp/journal/docs/202302_1.pdf