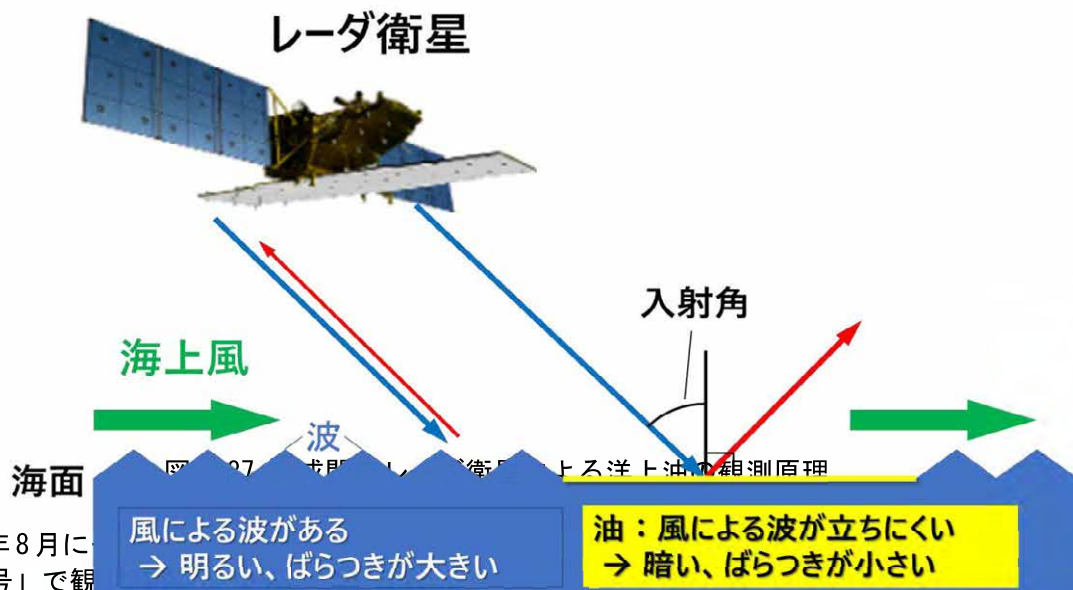


<「だいち2号」による洋上油の観測>

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返ってくる。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。

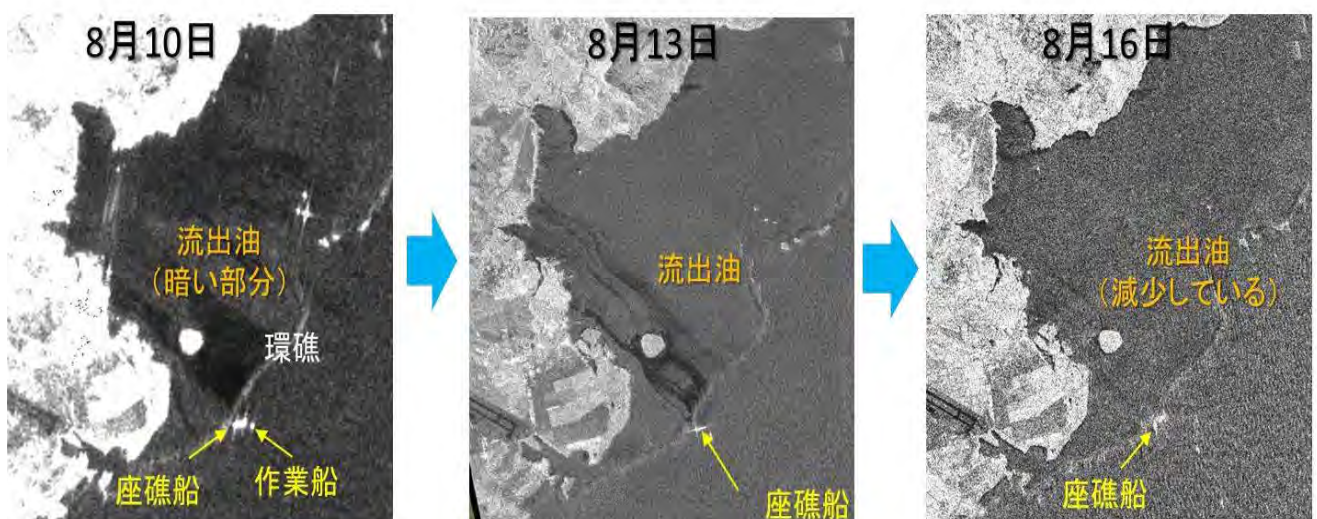


図 3-88 モーリシャス沖貨物船座礁事故による油流出に対する「だいち 2 号」観測画像

<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。

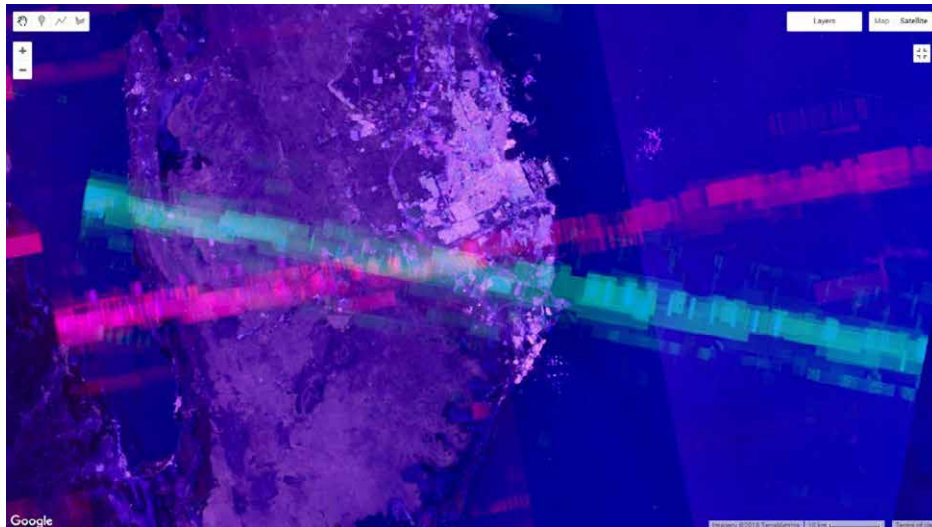


図 3-89 Sentine-1 衛星画像における干渉パターン（青、赤）2 本が交差するところにレーダ源があると推定。

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/>

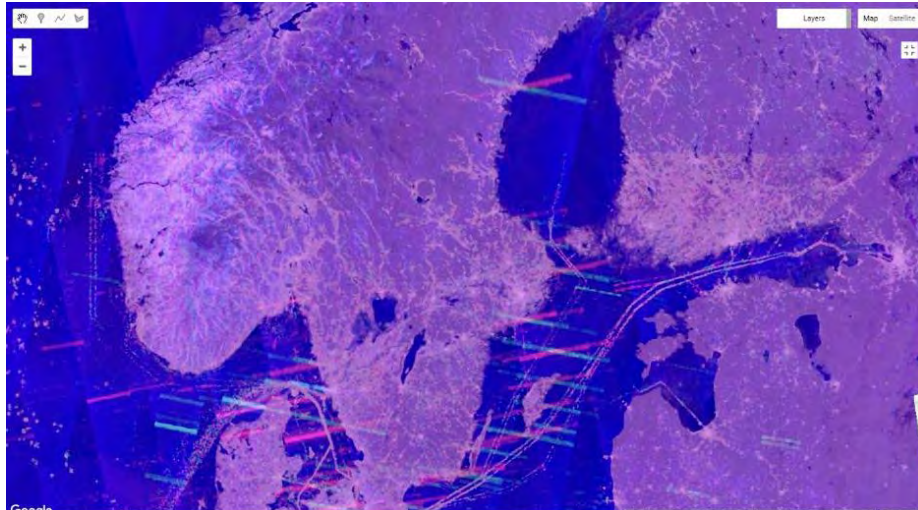


図 3-90 スウェーデンにおけるパターン例

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なく、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>