

ナルなLバンド SAR 衛星)、その後 ALOS シリーズとして我が国において長年開発、運用、利用されてきたものであり、災害等の利用分野を含め、日本が世界をリードしている領域である。

火山分野では火山噴火予知連絡会において、火山活動評価に必要な情報として衛星情報、特に SAR 情報が活用されている。気象庁と火山噴火予知連絡会 衛星解析グループによる「陸域観測技術衛星 2号観測データ等の利活用に関する令和3年度成果報告書」といった報告書が毎年作成されウェブサイトにて入手可能である³⁷。同報告書から枠組みについて図 3-50 に抜粋する。JAXA では ALOS-2 に加え、海外宇宙機関間のデータ交換協力として入手するイタリア宇宙庁 (ASI) 運用の SAR 衛星 COSMO-SkyMed 画像についても、本枠組みに提供を行い、我が国の火山防災への協力を行っている。毎年度の成果については各年度の報告書を参照されたい。

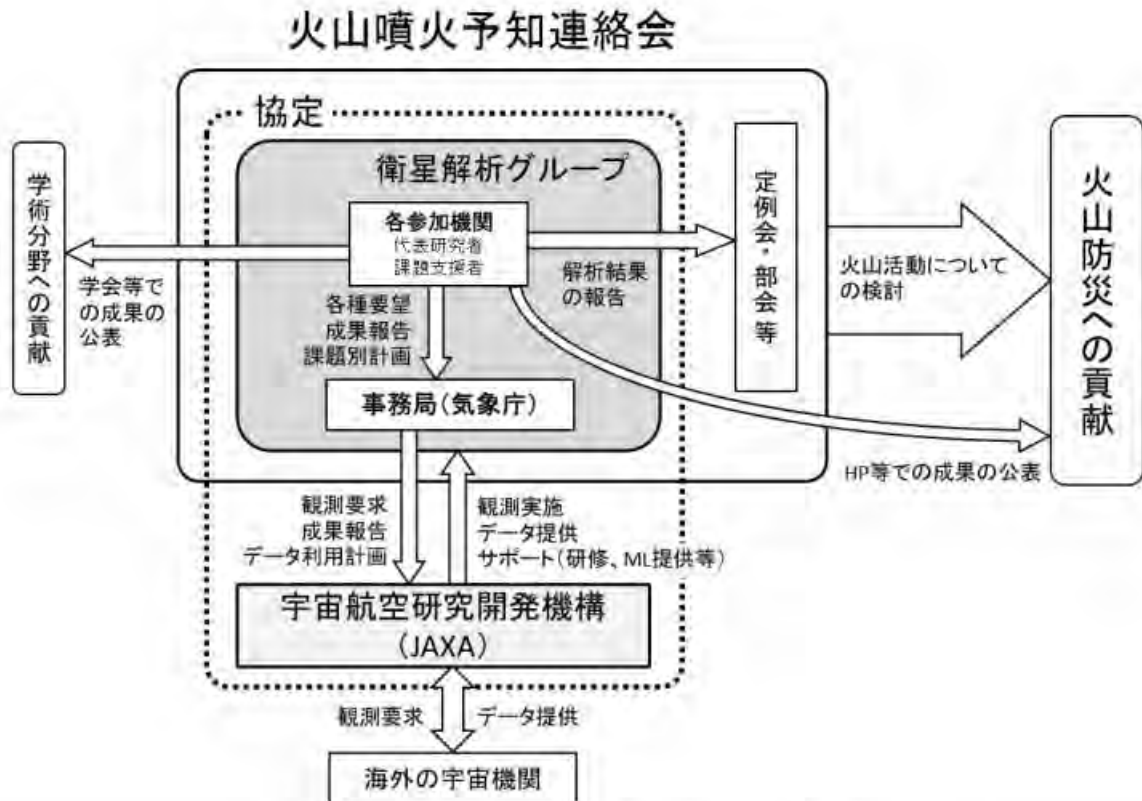


図 1 衛星データ利活用に関する枠組み

図 3-50 JAXA と気象庁、火山噴火予知連絡会との衛星データ利活用に関する枠組み

加えて、科学技術・学術審議会による地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進については、次のように記載されている³⁸。

Ⅲ 計画の実施内容 1 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

○ 気象庁、海上保安庁、国土地理院、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所及び大学は、火山活動が活発化した場合には、火山周辺での機動的観測、航空機や無人測量船等による観測、衛星搭

³⁷ 気象庁・火山噴火予知連絡会 「衛星解析「令和3年度版：陸域観測技術衛星2号観測データ等の利活用に関する 令和3年度成果報告書」。 Retrieved from:

<https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/EISEI/202204/r03report.pdf>

³⁸ 科学技術・学術審議会. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議)」(平成20年7月17日). Retrieved from: https://www.mext.go.jp/content/20210202-mxt_jishin01-000012539_20.pdf

載 SAR（合成開口レーダー）などの人工衛星によるリモートセンシング技術を活用し、陸域、海域での火山観測体制の強化を図る。

2 地震・火山現象解明のための観測研究の推進 (3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

3 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

○ GPS や衛星搭載 SAR 等の宇宙技術は、地震及び火山活動を深く理解するとともにそれらの活動を的確に把握するための観測手段として重要な役割を果たしている。それらのデータを利用した解析技術の高度化を図ることにより、より高精度な測地手法の実現や様々な地震や火山活動をより高い精度で把握

するリモートセンシング手法の実現を目指す。特に、「だいち」などによる衛星観測は、国内国外の地震・火山現象の解明に有用なデータを提供しており、地球観測衛星が継続して打ち上げられることが極めて重要である。

なお、海外で発生した災害に対しても、JAXA は衛星による緊急観測を実施し、センチネルアジア、国際災害チャータといった国際的な災害協力の枠組みに迅速に提供、被災国および災害を支援する国、機関によって活用されている。加えて、海外での災害発生時は国際協力機構（JICA）にも提供し、我が国が行う緊急援助活動において支援活動や、安全の確保に利用されている。

今後の JAXA 衛星の計画

〈「だいち 4 号」（先進レーダ衛星、ALOS-4）〉

JAXA では「だいち 2 号」の後継となる「だいち 4 号」（先進レーダ衛星、ALOS-4）を開発中である。「だいち 4 号」は「だいち 2 号」で有用であった利用をさらに発展させることを目指している。船舶の観測に対しては「だいち 2 号」と同様に SAR、AIS の同時観測を行うが、課題であった①SAR 観測域の拡大、②船舶過密域における AIS 観測性能の向上に次のように取り組んでいる。これにより、特に日本海、東シナ海といった我が国として重要な海域での船舶情報把握能力の強化を目指す。

SAR 観測域の拡大

「だいち 4 号」ではデジタルビームフォーミング技術により、「だいち 2 号」の分解能を維持したまま、各観測モードの観測幅を拡大する（図 3-51）。広域観測モードでは 700 km 幅と「だいち 2 号」の 2 倍に拡大する（イメージ：図 3-52）。海上の船舶分布把握範囲を拡大させることができ、切れ目のない広範囲の船舶分布図として利用しやすい情報となる。

また、高分解能モードは 200 km 幅と 3~4 倍に拡大する。200 km の観測幅で観測できるため、洋上で移動する船舶も観測しやすく、かつ分解能も高いため、形状から船舶のサイズ、種類の分析にも役立つ。ただし各モードの観測は排他的であり、同時に 1 モードのみの選択となる。各観測モードの観測イメージを図 3-53 に示す。

観測モード（分解能）	「だいち 2 号」（ALOS-2）	「だいち 4 号」（ALOS-4）
高分解能（3m, 6m, 10m）	50 km, 70 km	200 km
広域観測（100m）	350 km, 490 km	700 km
スポットライト（1m×3m）	25 km×25 km	35 km×35 km

図 3-51 「だいち 4 号」での観測幅拡大

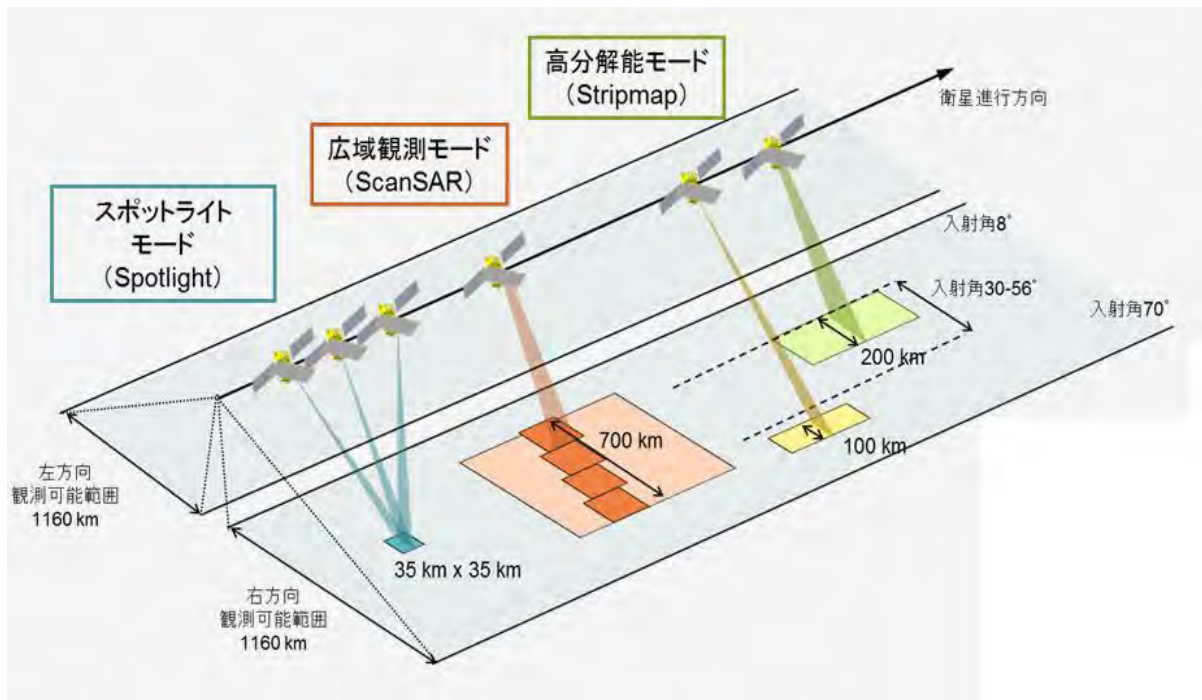


図 3-52 広域モードの拡大イメージ

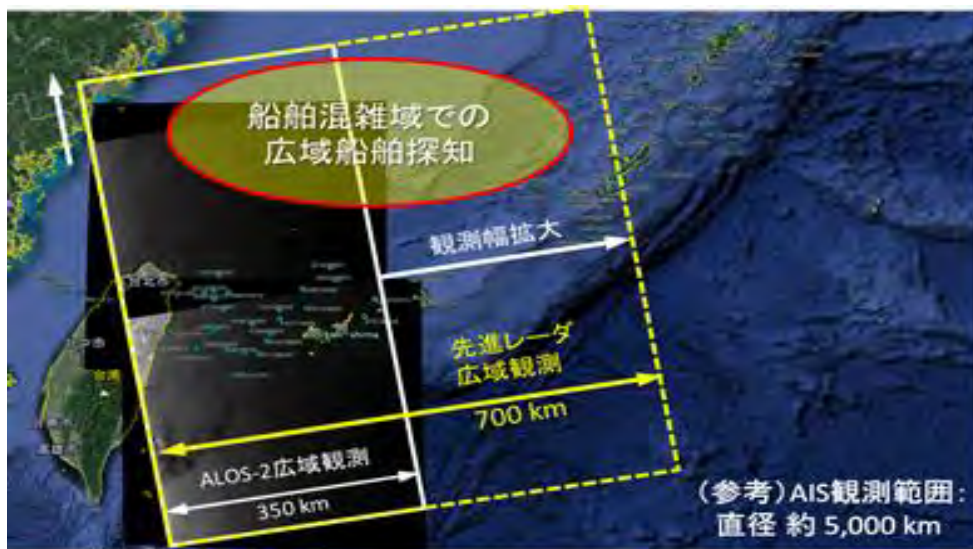


図 3-53 「だいち 4号」の観測イメージ（観測モード別）

SAR 衛星の状況

X バンド衛星はドイツの TerraSAR-X、TanDEM-X（いずれもドイツ航空宇宙センター；DLR とアストリウム社の官民連携）や、イタリアの COSMO-SkyMed（イタリア宇宙機関 ASI と DMI の連携。防衛とのデュアルユース）といった先進国の宇宙機関と産業、または防衛関係機関との利用目的で進んでいた。

また、C バンド衛星ではカナダ宇宙庁とカナダ国防省が、RADARSAT Constellation Mission (RCM) を運用中であり、こちらもデュアルユースの SAR 衛星となっている。

最近では小型商用衛星の開発も進んでいる。フィンランドのベンチャー企業 ICEYE が先行し、2022 年 5 月には 21 機の X バンド SAR 衛星の保有に至った（多くのユーザ向けの商用、ブラジル空軍といった特定ユーザ向けの専用を合わせて）。なお 2022 年 2 月には 1 億 3,600 万ドルのシリーズ D 資金調達ラウンドを調達し（日本企業でも鹿島建設の鹿島建設の投資会社 (Kajima Ventures) や東京海上が含まれる。なお、三井物産や伊藤忠商事は以前から出資）、累計調達

額が3億400万ドル（約350億円）となった。

我が国も Synspective と QPS 研究所の2社が X バンド衛星の開発、運用、データ提供事業を行っている。

Synspective は 2022 年 1 2 月に自社 3 機目、初の商用実証機を打ち上げている。また、2023 年までに 6 機、2020 年代後半には 30 機のコンステレーション（衛星群）構築を目指す計画を発表している他、2022 年 3 月にシリーズ B ラウンドによる第三者割当増資および融資により 119 億円の大型資金を調達し、計 228 億円の資金調達となっている。

QPS 研究所は現在 2 機の衛星を軌道上に保有し、2023 年 6 月以降に Space-X での打上げ、また 2025 年以降を目標に 36 機の小型 SAR 衛星コンステレーション構築を目指す計画を発表している。2022 年 2 月シリーズ B セカンドクローズで約 10.5 億円の追加を含め、82.5 億円の累積調達額となった。

1.6. 光学

<利点>

判読性に優れた画像が得られる。民間による小型衛星のサービスも進み、観測サービスを利用しやすい。

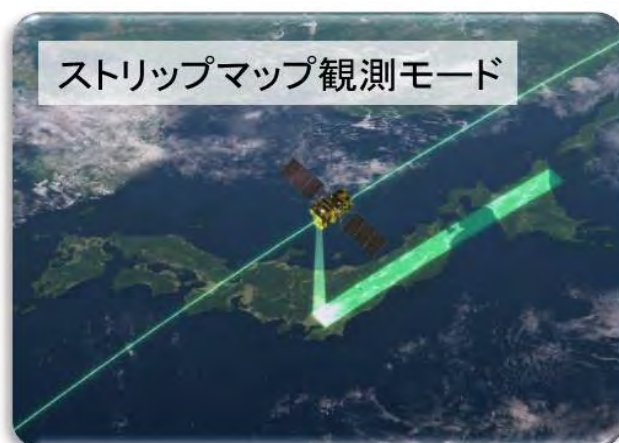
<課題>

夜間の撮像ができない。また、雲を透過しないため、曇天時の洋上観測ができないほか、全面に雲が無い場合でも、雲と船舶の判別が難しい。そのため晴天時限定となるが、SAR では観測しにくい小型の船舶の撮像や、SAR 観測では得られない船舶の状況を確認すること、特に、SAR 画像の機械学習用の教師データとしての利用となる。

SAR 衛星同様に、狙った場所を観測することが可能である。（但し、観測する角度によって分解能が下がる、倒れこみが生じる）。高分解能光学衛星では、トレードオフ性能として観測幅が狭くならざるを得ない（例えばALOS-3において、地表面分解能0.7m、走査幅70km。cf. ALOS-4(SAR)の走査幅最大 200km）。そのため領域監視には必ずしも向かず、すでに検知された箇所について、詳細観測を行う目的が適している。



図 3-54 JAXA の光学衛星



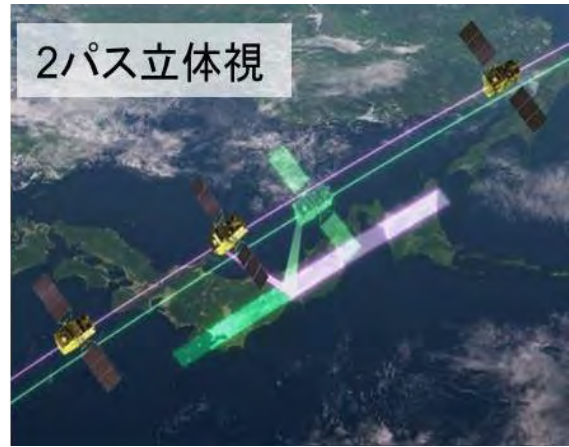
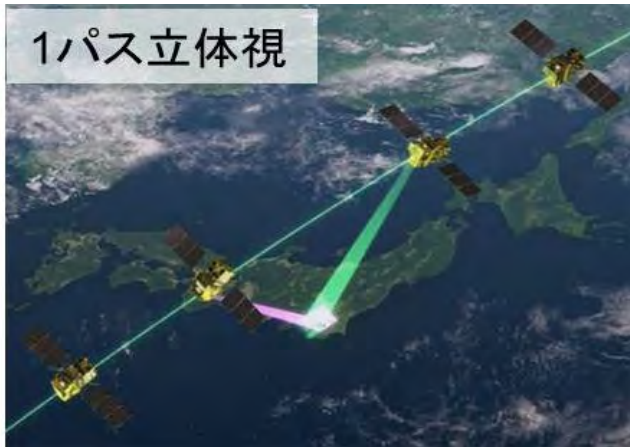


図 3-55 ALOS-3 の観測モード例
立体視は 2 つの観測画像を合成して高さ情報を得るため等に用いる

く「だいち3号」(先進光学衛星、ALOS-3、図3-56) >

「だいち3号」(先進光学衛星、ALOS-3)は、「だいち」初号機の広い観測幅(70km)を維持しつつ、地上分解能を向上させた(白黒:0.8m)光学衛星である(図3-57)。定常的な観測を行うことでベースマップ画像を取得、蓄積することにより地理空間情報の更新に資するほか、災害発生時には発生前後の衛星画像を処理、配信することによる災害への貢献を目指す。

但し、「だいち3号」の2023年3月の打ち上げは、失敗した。

地上分解能 (直下視)	パンクロ(白黒):0.8m マルチ(カラー):3.2m
観測幅	70 km

図3-56 「だいち3号」の分解能、観測幅

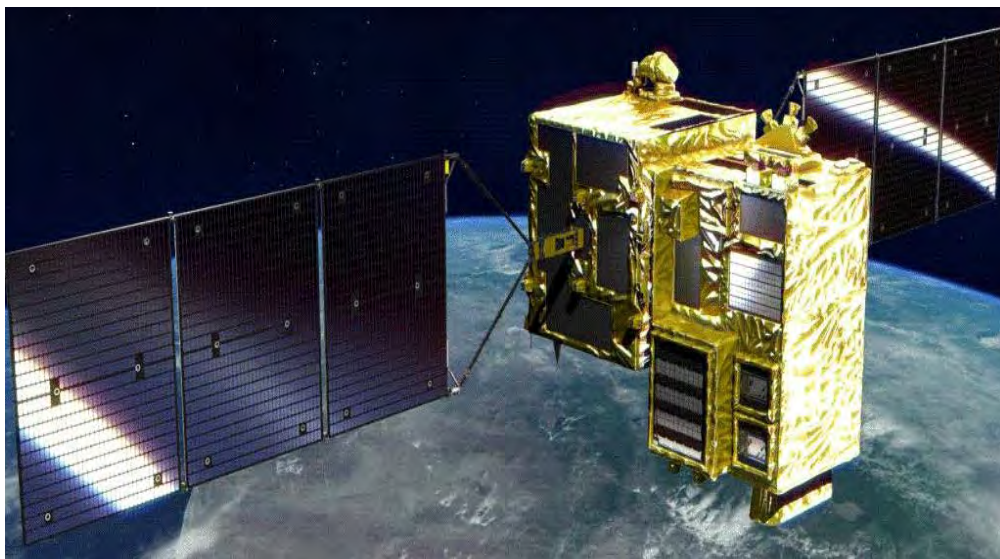


図3-57 「だいち3号」

また、「だいち」から次の2種類の観測波長帯を追加している。植物の分布や健康状態への利用が想定されるレッドエッジバンド(波長:0.69~0.74 μ m)と、水中での減衰が少なく沿岸域の利用が期待されるコースタルバンド(波長:0.40~0.45 μ m)である(図3-58)。

「だいち3号」シミュレーションデータを用いて作成、検証した波照間島の水深推定マップを図3-59に示す。この検証では、比較的透明度が高く白波が少ない清澄な海域では、最大水深20m程度の浅瀬を1.5-2m程度の誤差で水深推定ができることが分かった。

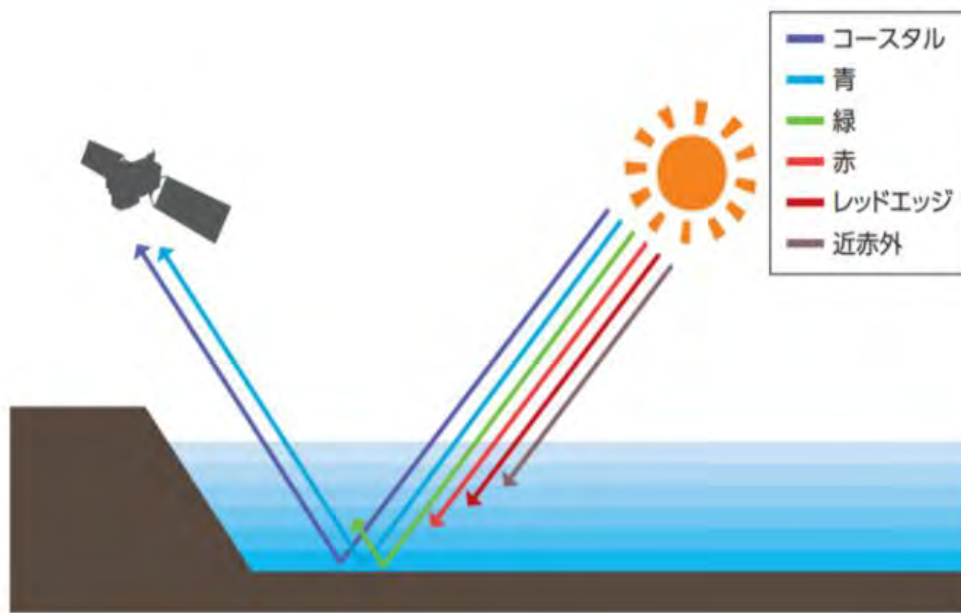


図 3-58 波長別の水中減衰イメージ

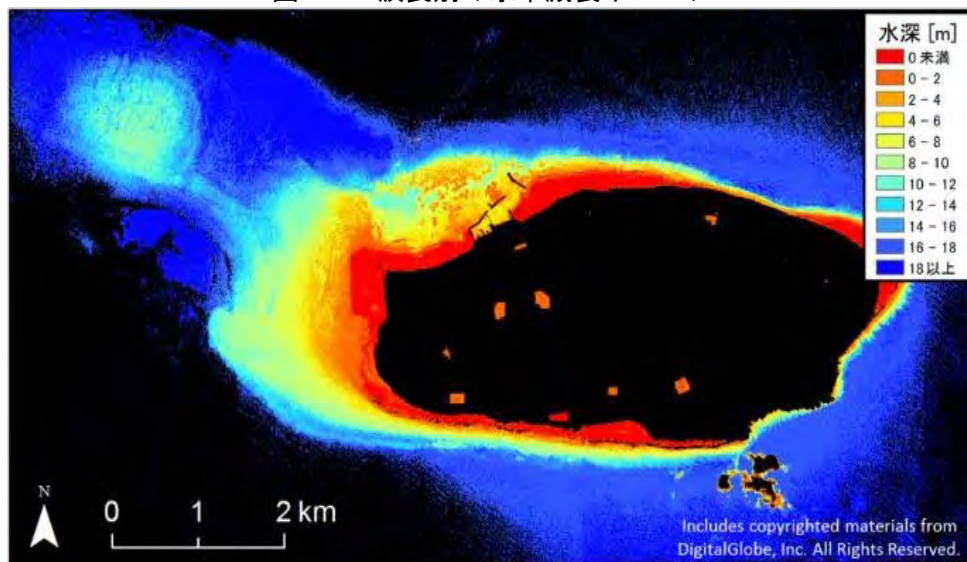


図 3-59 シミュレーションデータを用い波照間島水深推定マップ

＜光学衛星を用いた水深推定＞

我が国においては、海上保安庁海洋情報部が人工衛星の観測情報を用いた水深推定を実施している³⁹。調査船によるマルチバンドソナーより精度は劣るものの、広域の海底地形に関する情報把握に有効とされている。海上保安庁海洋情報部では現在、米国の Landsat 衛星を用いた推定を行っているが、ALOS-3 を水深推定に利用する調整を、海上保安庁、JAXA 間にて行っているところである。

³⁹ 海上保安庁海洋情報部 小川 遥、松本良浩、山野寛之。「海洋情報部におけるリモートセンシングを用いた測深技術への取り組み」。(令和 3 年 3 月 19 日)。海洋情報部研究報告 第 59 号。Retrieved from: https://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/KENKYU/report/rhr59/rhr59_r_03.pdf