

人工衛星を利用した海洋データ活用のための 事例整理と提言に向けた調査 報告書

契約日：令和3年7月1日

報告日：令和4年2月15日

日本リモートセンシング学会

目次

1. はじめに	1
2. 国内外における衛星データポータルサイトの調査	2
2.1 衛星データポータルサイトの概要	
2.1.1 国内海色・海面水温が得られるポータルサイト (斎藤)	
2.1.2 海外海色・海面水温が得られるポータルサイト (比嘉)	
2.1.3 海上気象・海象・氷のポータルサイト (石坂)	
2.1.4 SAR データ (JAXA, ESA, NASA) の取得ポータルサイト (向井田)	
2.1.5 その他のシステム (作野)	
2.2 主要な掲載プラットフォームの基本スペック及び利用許諾	
2.2.1 JASMES (石坂)	
2.2.2 JAXA G-portal (虎谷, 向井田)	
2.2.3 Ocean Color Web (虎谷)	
2.2.4 PODAAC (作野)	
2.2.5 GSMaP (石坂)	
2.2.6 ひまわりモニタ (斎藤)	
3. 衛星データ解析ソフト及びその活用事例の調査	28
3.1 衛星データの解析を行うフリーリモートセンシングソフトウェア	
3.1.1 衛星解析ソフトウェア (SNAP, SeaDAS など) (虎谷)	
3.1.2 GIS ソフトウェア (QGIS, GRASS など) (斎藤)	
3.1.3 数値計算ソフトウェア (Python, Octave, R など) (比嘉)	
3.1.4 その他 (EISEI, ODV, GrADS など) (石坂)	
3.2 フリーソフトウェアによる海洋項目の地図化	
3.2.1 SeaDAS を使った応用例 (虎谷)	
3.2.2 QGIS を使った応用例 (斎藤)	
3.2.3 SNAP を使った応用例 (向井田)	
3.2.4 Octave を使った応用例 (作野)	
3.3 解析・開発システム	
3.3.1 Google Earth Engine (石坂)	
3.3.2 Tellus (向井田)	
3.4 有償リモートセンシングソフトウェア (作野)	
4. 衛星データを使った応用分野でのシステム例	54
4.1 環境省藻場分布図のシステム (作野)	
4.2 環日本海環境ウォッチ (寺内)	
4.3 極域環境監視モニター (照井)	
4.4 エビスくん (斎藤)	
4.5 赤潮検知 (斎藤)	
4.6 トレダス (齊藤)	
5. 衛星データ解析の補助となる海洋の分光/GIS データサイトの調査	78
5.1 SeaBASS (虎谷)	
5.2 AERONET-OC (比嘉)	
5.3 アルゴブイ・アルゴフロート (作野)	
5.4 Global Fishing Watch (斎藤)	
6. 今後の展望・提言	85

1. はじめに

2020年度に実施した「人工衛星を利用した海洋の可視化の推進に向けた調査」委託事業では、人工衛星をプラットフォームとした海洋観測能力について取りまとめた。しかしながら海洋では、温暖化の進行、激甚災害の増加、海洋汚染の拡大、水産資源の枯渇、生物多様性の減少などに観測で得られたデータが十分に活用されている状況ではない。

そこで、2021年度は前年の成果をもとに、リモートセンシング技術で得られるデータと現実的な応用とのギャップに着眼し、国内外における衛星データの取得サイト、解析ソフト、応用的な可視化システムについて調査を行うことを目的とした。本報告書の主な内容としては、最初に衛星のデータをどこから、どのようにして取得したらよいかについて書かれている「国内外における衛星データポータルサイトの調査」、次に取得したデータをどのように解析し、可視化しているかについて書かれている「衛星データ解析ソフト及びその活用事例の調査」、さらに現在すでに具体的な応用として衛星データを使った情報を公開しているシステムの紹介が書かれている「衛星データを使った応用分野でのシステム例」、最後に今後への提言を述べる展開となっている。文章の中には衛星データの利用許諾、無料/有料で使える解析ソフトウェアなど、様々な情報が含まれている。

本報告書は、決して専門の研究者に向けて書かれたものではなく、むしろ一般向けを対象としている。近年、インフラ化しつつある衛星データを身近に利用しようとした場合、その指南書は意外と少ない。したがって、この報告書はその指南書の入門として位置づけられ、今後の海洋における衛星データ活用発展の一助になればと考えている。

なお、本報告書は、日本リモートセンシング学会の研究会の1つである「海洋・湖沼リモートセンシング研究会」（略称「OLaReS」）の会員と会員の共同研究者等が中心となって執筆した。以下に本報告書執筆にあたっての著者・受託研究担当者の一覧を示す。

<報告書執筆者>

作野裕司 日本リモートセンシング学会 理事（研究委員会担当）、
本報告書 執筆責任者、広島大学
斎藤克弥 日本リモートセンシング学会 海洋・湖沼リモートセンシング研究会 会員、
本報告書 執筆副責任者、一般社団法人漁業情報サービスセンター
石坂丞二 日本リモートセンシング学会 海洋・湖沼リモートセンシング研究会 会長、
本報告書 執筆内容検討委員、名古屋大学
虎谷充浩 日本リモートセンシング学会 海洋・湖沼リモートセンシング研究会 会員、
本報告書 執筆内容検討委員、東海大学
比嘉紘士 日本リモートセンシング学会 海洋・湖沼リモートセンシング研究会 会員、
本報告書 執筆内容検討委員、横浜国立大学
向井田明 本報告書 執筆内容検討委員、一般財団法人リモート・センシング技術センター
照井健志 本報告書 執筆委員、国立極地研究所
寺内元基 本報告書 執筆委員、財団法人環日本海環境協力センター
齊藤誠一 本報告書 執筆委員、北海道大学

<受託担当者>

寶楽 裕 日本リモートセンシング学会 理事

2. 国内外における衛星データポータルサイトの調査

2.1 衛星データポータルサイトの概要

2.1.1 国内海色・海面水温が得られるポータルサイト

国内の衛星データ配信サイトでは、宇宙航空研究開発機構（JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency）が運営する JASMES, JAXA G-Portal, ひまわりモニタが主要なサイトとして挙げられる。いずれも様々な海洋環境データにアクセス可能な無料サイトである。

2.2.1 に詳しく述べる JASMES[1]では、日単位、週単位、月単位の海面水温（SST: Sea Surface Temperature）、クロロフィル a 濃度といったデータを入手できる。また海との関連性の高い大気、陸域のデータも多数あり、日射量（光合成有効放射）、積雪・海氷域、降水・可降水量など地球の気候形成に関わる諸物理量の季節・経年変動と現在の状況に関する情報を把握できる。加えて高次加工データとして、流れ藻モニタ、内湾モニタなども閲覧できる。なお、JAXA では 2021 年に噴火した海底火山（福徳岡ノ場）から噴出した軽石の検知マップも提供している。JASMES では MODIS や SGLI のバイナリデータも入手可能となっている。一方、2.2.2 に詳しく述べる G-Portal[2]は、JAXA の地球観測衛星で取得されたプロダクトを検索・ダウンロードできるポータルサイトとなっており、GCOM シリーズを含む JAXA が運用した衛星データをすべて入手することが可能となっている。FTP によるデータの直接ダウンロードも可能となっている。データの検索については、物理量を指定して検索することや、衛星センサを指定して検索することが可能となっている。処理レベルについても最小限の処理をしたオリジナルデータに近いものから高次処理された地図投影済物理量まで選択可能となっている。GCOM-C（しきさい）のクロロフィル a 及び水温データの関しては、多くの県の水産試験場でも利用されており、画像を見ることができ[3]。JAXA では気象衛星ひまわりに関して、JAXA ひまわりモニタ[4]を運用しておりユーザー登録するとデータのダウンロードも可能となっている。ひまわりモニタの詳細については 2.2.6 に記載する。

JAXA の他にも衛星データを配信する国内サイトは有償・無償とも多数存在する。このうち、4.2 で詳しく述べる環日本海環境ウォッチ[5]でも日本周辺のクロロフィル a や SST が取得できる。東海大学宇宙情報センター[6]では、MODIS や VIIRS などのデータを配信、高次加工データとして積雪や海氷などの情報を配信している。また千葉大学環境リモートセンシング研究センター[7]では、過去のひまわりデータ、中国の FY シリーズ、など各種データを配信している。気象衛星ひまわりについては、情報通信研究機構の NICT サイエンスクラウドひまわり衛星プロジェクト[8]で過去のデータのダウンロードなども可能となっている。なお、気象業務支援センター[9]では、ひまわりの標準データが購入可能となっている。気象業務支援センターは気象予報に関する各種データを販売しており、他のサイトデータとは異なり利用条件がなく、商用が可能なデータである。

これらのサイトでは、補正処理などを行っていないオリジナルに近いデータから高次処理済のデータまで様々な処理レベルのデータを入手できる。これはサイトによって異なっている。G-Portal などはユーザーが自由にパラメータを設定でき、扱いやすいデータの形式で配信している。衛星データの解析は、これを専門としない者にとって難しい作業であり、衛星が観測した電磁波等放射量データではなく水温やクロロフィルといった物理量まで処理されたデータのニーズが高い。また地図投影済みですぐに地図データとマッチアップできることが望まれる。

各サイトともデータの利用にあたり条件が設けられている場合があり、特に試験研究以外の目的でデータを利用する場合はデータポリシーを確認することが必要である。

参考文献

- [1] JASMES: https://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/index_j.html, 2022/2/10 参照
- [2] G-Portal: <https://gportal.jaxa.jp/gpr/index/index>, 2022/2/10 参照
- [3] しきさいポータルしきさい水産利用サイト: <https://shikisai.jaxa.jp/SuisanRiyou/index.html>, 2022/2/10 参照

- [4] JAXA ひまわりモニタ: https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/index_j.html, 2022/2/10 参照
- [5] 環日本海環境ウォッチ: <https://ocean.nowpap3.go.jp>, 2022/2/10 参照
- [6] 東海大学宇宙情報センター: <http://www.tsic.u-tokai.ac.jp/>, 2022/2/10 参照
- [7] 千葉大学環境リモートセンシング研究センター: <https://ceres.chiba-u.jp/database-ceres/satellite/>, 2022/2/10 参照
- [8] NICTサイエンスクラウドひまわり衛星プロジェクト: <https://sc-web.nict.go.jp/himawari/himawari-index.html>, 2022/2/10 参照
- [9] 気象業務支援センター: <http://www.jmbc.or.jp/jp/online/s-online0.html>, 2022/2/10 参照

2.1.2 海外海色・SST が得られるポータルサイト

海外における海色・SST が得られるポータルサイトとして、宇宙機関等が提供しているサービスが主であるが、その中でも 2.2.3 に述べるアメリカ航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) の Ocean Color Web[1], European Space Agency (ESA) の Copernicus Open Access Hub[2], アメリカ海洋大気庁 (NOAA) の CoastWatch Data Portal[3]は多くの種類の衛星データをダウンロード可能である。NASA の Ocean Color Webでは, NASA, ESA, JAXA, Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST)の海色, SST の衛星データを取り扱っており, 例えば, SeaWiFS の Global Area Coverage (GAC)と Merged Local Area Coverage (MLAC), Aqua, Terra 衛星に搭載される MODIS, Suomi-NPP 及び NOAA-20 に搭載される VIIRS, ENVISAT 衛星の MERIS, Sentinel-3A, Sentinel-3B, ADEOS 衛星の OCTS, HICO, GOCI, CZCS, HawkEye 等のセンサによる衛星データが利用可能である。ESA の Copernicus Open Access Hub では, 海色センサである Sentinel-3 の衛星データが利用可能であるが, その他にも Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-5P のデータも同時に検索しダウンロードできる。NOAA の CoastWatch Data Portal は多くの種類のデータを扱っており, 図 2.2.1 に示すトップページの通り, SST, Sea Surface Salinity, Ocean Color, Ocean Surface Winds, Altimetry, Ocean Heat Content, Models, Seascapes といった項目がある。CoastWatch Data Portal で利用可能な SST は, AVHRR/L3S, Suomi-NPP/VIIRS, NOAA-20/VIIRS, Himawari-8/ AHI, GOES-R/ ABI, 海色では, Suomi-NPP/VIIRS, NOAA-20/VIIRS, Sentinel-3A のセンサによる衛星データが利用可能である。これらの衛星データは全て無償でダウンロード可能であり, アイディアさえあれば大量に蓄積したデータを有効に活かすことができる。

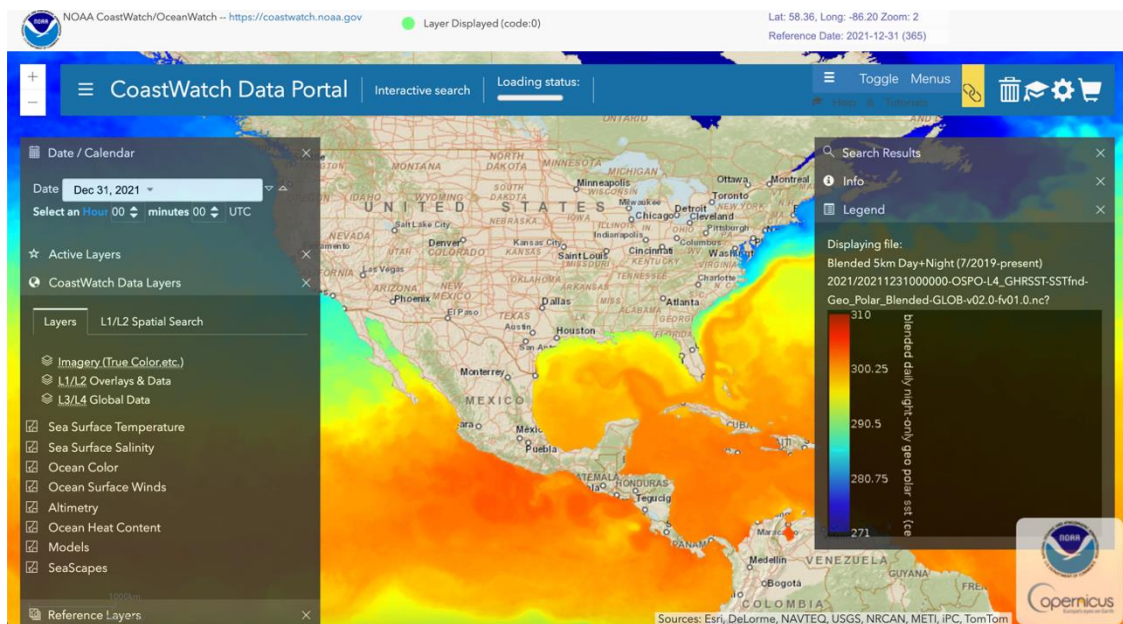


図 2.1.1 CoastWatch Data Portal のトップページ

参考文献

- [1] NASA Ocean Color Web: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>, 2022/1/2 参照.
- [2] ESA Copernicus Open Access Hub: <https://scihub.copernicus.eu/>, 2022/1/2 参照.
- [3] NOAA CoastWatch Data Portal: https://coastwatch.noaa.gov/cw_html/cwViewer.html, 2022/1/2 参照.

2.1.3 海上気象・海象・氷のポータルサイト

1) 海上気象

海上気象関連では、当然日本周辺ではひまわりのデータがあり、これは 2.2.6 で紹介する JAXA ひまわりモニター以外に、2.2.1 に述べた気象庁気象衛星センターひまわり標準データ[1]や情報通信研究機構（NICT）サイエンスクラウドひまわり衛星プロジェクト[2]、千葉大学環境リモートセンシングセンターデータベース[3]などがある。また、全球の降水データに関しては 2.2.5 に述べる JAXA の GSMap がわかりやすい。

2) 海象

海象関係には様々のデータが含まれるが、2.2.4 に述べる NASA の PODAAC[4]では多くのデータが収集可能である。また、ヨーロッパ宇宙機関（ESA）の COPERNICUS[5]は、Sentinel シリーズを中心に様々のデータを提供しており、多くの海洋プロダクトがある[6]。特に海面高度計による海流や波などの情報に関しては、フランス国立宇宙研究所（CNES）の AVISO+（Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data）[7]からデータを含めた様々の情報が取得できる。マイクロ波による様々な気象・海象データに関しては、アメリカの会社である Remote Sensing Systems[8]からも無料で、表示したり、取得することが可能である。

3) 海面フラックス

様々な衛星データを利用することによって、大気と海洋のフラックスを推定するデータセットが作成されている。衛星観測に基づく海面フラックス推定 J-OFURO (Japanese Ocean Flux Data Sets with Use of Remote Sensing Observations) [9]は、日本で開発されているデータセットで、潜熱・顕熱・短波放射・長波放射などの熱フラックスや、運動量・淡水フラックスなど多くのパラメータが、計算に利用したデータセットなどとともに利用可能である。

4) 海氷

海氷に関しても、様々なサイトが存在する。国立極地研究所で提供している海上気象・海象・氷のポータルサイト（ADS）の極域環境監視モニター（VISHOP）については、4.3 に詳しく述べられている。その他も、JAXA のオホーツク海の海氷分布[10]や 2.2(1)に述べる JASMES のグリーンランド氷床モニタ[11]、海表面積変動トレンド[12]、東海大学情報技術センター/宇宙情報センターのオホーツク海&北極海周辺の MODIS 画像[13]などがある。また、海外ではアメリカ海洋大気局（NOAA）の国立雪氷データセンター（NSIDC, National Snow and Ice Data Center）の海氷ニュース&解析[14]や、ベルゲン大学の Sea Ice Remote Sensing [15]で多くの情報が取得できる。

参考文献

- [1] 気象庁気象衛星センターひまわり標準データ：
https://www.data.jm, a. go. jp/mscweb/ja/info/sample_data_hsd.html, 2022/1/11 参照
- [2] 情報通信研究機構サイエンスクラウドひまわり衛星プロジェクト：
<https://sc-web.nict.go.jp/himawari/himawari-archive.html>, 2022/1/11 参照
- [3] 千葉大学環境リモートセンシングセンターデータベース：
<http://www.cr.chiba-u.jp/japanese/database.html>, 2022/1/11 参照
- [4] NASA PO.DAAC TOP ページ：<https://podaac.jpl.nasa.gov/>, 2022/1/11 参照
- [5] COPERNICUS の TOP ページ：<https://www.copernicus.eu/>, 2022/1/11 参照
- [6] COPERNICUS のデータアクセスページ：<https://marine.copernicus.eu/access-data>, 2022/1/11 参照
- [7] AVISO の TOP ページ：<https://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html>, 2022/1/11 参照
- [8] Remote Sensing System も TOP ページ：<https://www.remss.com/>, 2022/1/11 参照
- [9] J-OFURO の TOP ページ：<https://j-ofuro.isee.nagoya-u.ac.jp/>, 2022/1/11 参照
- [10] JAXA オホーツク海の海氷分布：

- https://sharaku.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/adeos2/seaice/seaice_v2.cgi?lang=j&mode=large,
2022/1/11 参照
- [11] JAXA JASMES グリーンランド氷床モニタ : 2022/1/11 参照
https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/daily/GLmonitor/index_j.html, 2022/1/11 参照
- [12] JAXA JASMES 海氷面積変動トレンド :
https://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/climate/index_j.html, 2022/1/11 参照
- [13] オホーツク海&北海道周辺 MODIS 画像 東海大学情報技術センター/宇宙情報センター :
http://www.tsic.u-tokai.ac.jp/view_modis/, 2022/1/11 参照
- [14] NOAA 国立雪氷データセンターの TOP ページ : <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>, 2022/1/11 参照
- [15] ベルゲン大学 Sea Ice Remote Sensing の TOP ページ : <https://seaice.uni-bremen.de/sea-ice-concentration/amsre-amsr2/>, 2022/1/11 参照

2.1.4 SAR データ (JAXA, ESA, NASA) の取得ポータルサイト (向井田)

1) 概要

JAXA の地球観測衛星の PALSAR シリーズのデータは G-portal [1] から検索することができる。なおプロダクトは有償のため、別途問い合わせが必要になる。詳細は 2.2.2 を参照されたい。

欧州宇宙機関 (European Space Agency: ESA) の Sentinel-1 衛星データは Copernicus 関連サイト群により情報が集約されている。まずは, Sentinel シリーズ衛星やそれらデータに関連する情報は Copernicus トップページ [2] に集約されている (<https://www.copernicus.eu/en>)。

米国航空宇宙局 (National Aero Space Agency: NASA) は, データをオープンにできる SAR 衛星を保有していない。しかし, ESA の Sentinel-1, JAXA JERS-1/SAR, ALOS/PALSAR, カナダの RADARSAT の一部データを Alaska Satellite Facility: ASF [3] から検索, 入手ができる (<https://asf.alaska.edu/>)。

2) ESA の関連サイト

EU Copernicus プログラムで運用されている Sentinel 衛星群のデータアクセスに関しては, Conventional Data Access Hub [4] に示されている通り (図 2.1.2 に示す), ESA 関連サイト及び EUMETSAT 関連サイト経由でアクセスできる。



図 2.1.2 Conventional Data Access Hub に示される Copernicus ポータルの構成

現時点では, 最終的に Copernicus Open Access Hub [5] および PANDA にリンクされている。どちらのサイトも簡単なユーザー登録のもとにオープンデータの検索, ダウンロードが可能である。ここでは, Copernicus Open Access Hub を例に取り利用方法を示す。

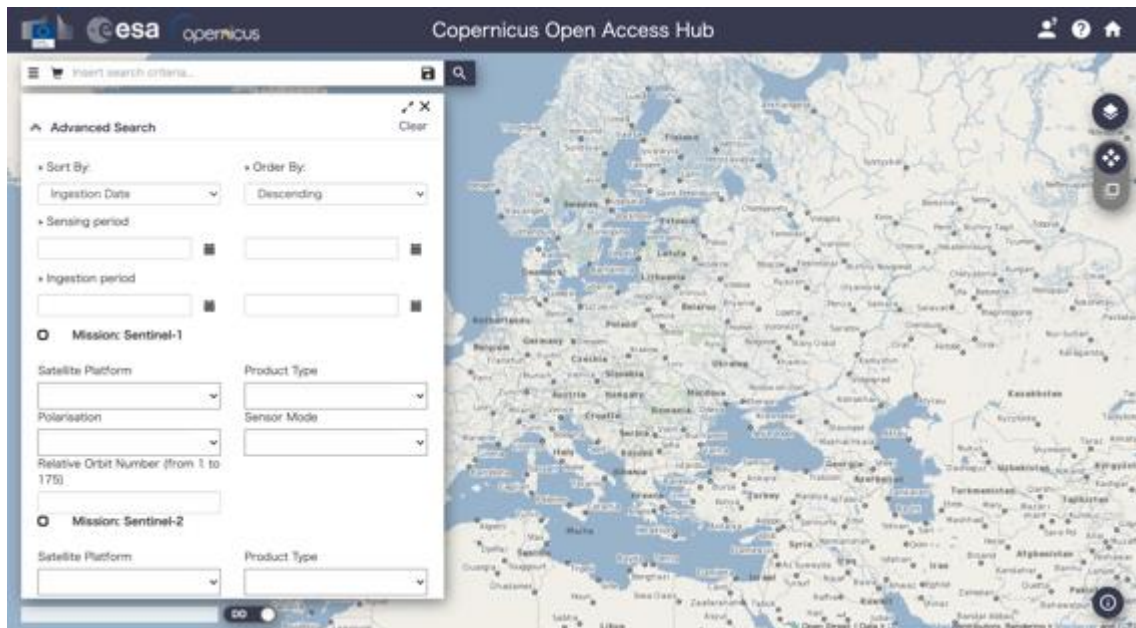


図 2.1.3 Copernicus Open Access Hub 検索画面

図 2.1.3 に示す通り，Copernicus Open Access Hub から Sentinel-1, 2, 3 データの検索とダウンロードが可能である。画面右上のユーザーアイコンからログインするか，“Sign up”から無料ユーザー登録を行う。画面左上の検索メニューから，それぞれの衛星，センサ，観測日，プロダクトを選択することができる。地理的には，画面右上のマップコントロールメニューから AOI のポリゴンを描画，指定することができる。目的が明確の場合，可能な限り詳細なパラメータ設定した方が検索時間が短縮される。

Sentinel-1 データの検索結果の表示例を図 2.1.4 に示す。GIS 上に指定した AOI(オレンジ矩形)に沿った，検索結果データのシーンポリゴンが表示され，画面左に検索一覧が表示される。検索結果の一つの目のアイコンを押下すると，そのデータのプロダクト情報，処理情報とブラウザ画像が表示されダウンロードボタンが示される。ダウンロードされるデータは geotiff フォーマットである。

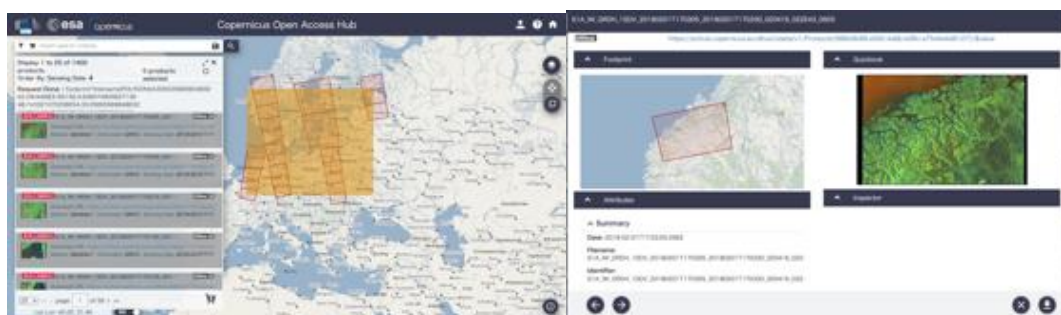


図 2.1.4 Sentinel-1 データの検索結果例(左)，プロダクト情報の表示例(右)

なお，観測年月日が古いデータには，検索結果に”offline”が表示される。その際は，ダウンロードをすると図 2.1.5 のように，オフラインにされたプロダクトをオンラインにステージングする要求が出されたことを示すウィジェットが表示される。カートの中のプロダクトで処理ステータスを確認することができる。



図 2.1.4 オフラインプロダクトのリクエスト(左), カートでのオンラインステータス確認(右)

3) NASA の関連サイト

アメリカ合衆国はそのデータがオープンフリーとなる SAR 衛星を保有していないため, EU の Sentinel-1, カナダ商用衛星の RADARSAT, JAXA の ALOS などのデータを対象とし, Alaska Satellite Facility: ASF から基本的に無償の提供をしている. ASF はアラスカ大学が NASA の Earth Science Data and Information System (ESDIS)プロジェクトの一環への協力で運用している.

対象データは,

- ERS, Sentinel-1
- ALOS/PALSAR, AVNIR-2, JERS-1
- SMAP
- UAVSAR
- AIRSAR
- SEASAT

また, ベータ版として, SIR-C, S1InSAR が公開されており, S1 InSAR は NISAR フォーマットで提供される. 全て, WEB インタフェースと, API で提供される.

WEB 検索インタフェースは図 2.1.5 に示す Vertex[6]である. 画面右上のユーザーアイコンから無料登録が可能である. 登録後ログインし, データの検索, ダウンロードが可能である.

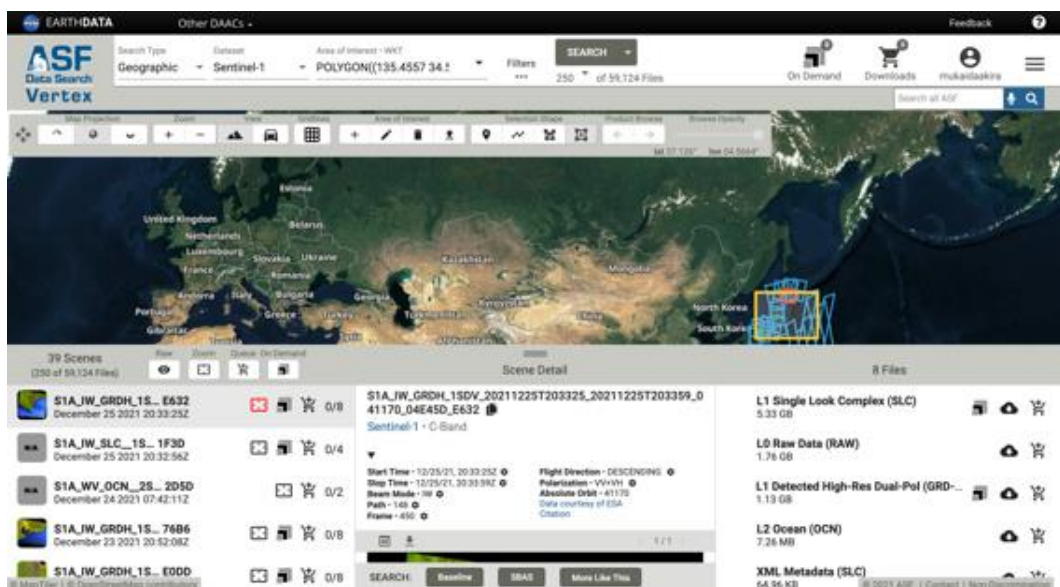


図 2.1.5 ASF Vertex の検索画面

画面上部のメニューから検索対象のデータ, AOI, 検索期間の設定を行う。AOI は, GIS インタフェース上でマップコントロールメニューから描画することができるほか, geojason, shp, kmz などのベクターファイルをアップロードすることも可能である。

検索結果は, 画面下部にリスト表示され, 左から観測, 中央に観測概要とブラウザ, 右にダウンロード可能なプロダクトが表示される。対象データをカートにまとめてダウンロードをすることも可能。ダウンロードされるファイルタイプは geotiff である。

参考文献

- [1] JAXA G-portal, <https://gportal.jaxa.jp/gpr/information/beginner1>, 2021/12/07 参照
- [2] Copernicus トップページ, <https://www.copernicus.eu/en>, 2021/12/20 参照
- [3] Alaska Satellite Facility, <https://asf.alaska.edu/>, 2021/12/20 参照
- [4] Conventional Data Access Hub, <https://www.copernicus.eu/en/accessing-data-where-and-how/conventional-data-access-hubs>, 2021/12/20 参照
- [5] Copernicus Open Access Hub, <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, 2021/12/20 参照
- [6] ASF Vertex, <https://search.asf.alaska.edu/>, 2021/12/20 参照

2.1.5 その他のシステム

2.1.4 までに紹介したシステムの他には、「Giovanni」[1][2]や「GlobColour」[3]と呼ばれる世界の海色などの長期的な時系列情報を提供するサイトもある。このうち、「Giovanni」は、海色や SST を含めた海洋の多くのグローバルデータが表示・取得できるサイトである。このサイトでは海洋だけでなく海象や大気の情報も含まれ、また衛星だけでなくモデル結果も含まれ、長期のデータから抽出することが可能である。また、時間平均した画像や時系列などの図の作成も可能である他、抽出したデータや作成した図をダウンロードすることも可能である。

さらにここまで紹介したサイトはいずれも外洋スケール（250m～1km 解像度程度）の現象把握を専門とする衛星データを取得するものであった。一方、沿岸域では、詳細な海岸線の移動や養殖場周辺の様子を知りたい場合など、より高解像度の衛星データを取得するサイトも必要となる。そこで、ここでは、数十m解像度程度を持ち、無料で入手することができる国内の衛星データポータルサイト「LandBrowser」[4]と国外の衛星データポータルサイトとして有名な「Earth Explorer」[5]、および「EO Browser」[6]を簡単に紹介する。

「LandBrowser」とは、産業技術総合研究所（以下、産総研と略す）が公開している高解像度衛星のデータポータルサイトである。2021年11月現在で閲覧・取得できる衛星データは、米国の衛星「Landsat-8」データ、日米共同開発の衛星「Terra」が搭載している「ASTER」データ、そしてヨーロッパ宇宙機関（ESA）が運用する「Sentinel-2」データである。公開サイトの TOP ページは図 2.1.6 のようになっている。LandBrowser の画像を Geotiff フォーマットで保存すると、そのファイルをそのままドラッグアンドドロップすれば QGIS などの GIS ソフトウェアでそのまま使える。

「Earth Explorer」は USGS（米国地質調査）が運営する衛星データポータルサイトで、米国の Landsat シリーズはもちろん、標高データ、空中写真データ、過去の偵察衛星（Corona など）のデータなど豊富なデータを取得できる。「EO Browser」とは、Sentinel-1 や Sentinel-2 などの衛星画像の閲覧、視覚化、分析のためのオープンソースの Web ベースのツールである。このアプリケーションを使用すると、インターネットと Web ブラウザを使用できる環境さえあれば、特定の場所で利用できるデータを見つけて、フル解像度まで即座に視覚化し、さまざまな分析（NDVI, NDWI, EVI, その他のアルゴリズムなど）を実行する。さらに、複数日の画像比較、タイムラプスの作成、デスクトップ GIS ツールでのさらなる分析のためのデータのエクスポートなどが可能となっている強力なツールである。

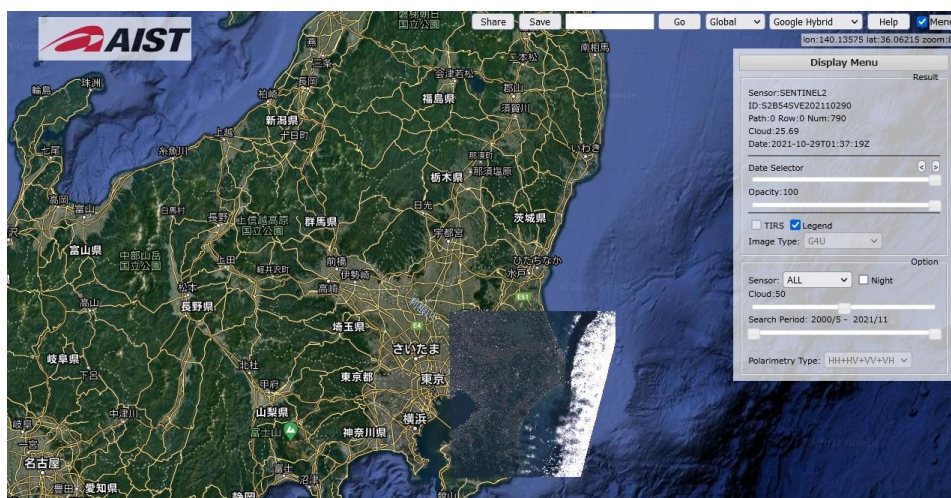


図 2.1.6 Landbrowser の TOP ページ[1]

参考文献

- [1] Giovanni サイト : <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>, 2022/1/22 参照
- [2] Giovanni の解説 : <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/giovanni/>, 2022/1/22 参照
- [3] GlobColour: <https://www.globcolour.info/>, 2022/1/22 参照
- [4] LandBrowser: <https://landbrowser.airc.aist.go.jp/landbrowser/>, 2022/1/22 参照
- [5] Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/>, 2022/1/22 参照
- [6] EO Browser: <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>, 2022/1/22 参照

2.2 主要な掲載プラットフォームの基本スペック及び利用許諾

2.2.1 JASMES

1) 概要

「JASMES」とは、JAXA の地球観測研究センター (EORC) が運営する JAXA 環境研究のための衛星モニタリング (JASMES: JAXA Satellite Monitoring for Environmental Studies) の略である[1]。このシステムでは、JAXA の EORC で処理された、全球から日本周辺を含めた海洋および陸域・大気・雪氷圏の様々なデータが、複数の形式で配信されている。「しきさい SGLI/GCOM-C」のデータも多く配布されているが、一部のデータは準リアルタイムデータとして観測後に速やかに配布されており、標準データとやや異なる場合もあるが通常利用問題はない。複数のホームページからなっており、全体像はわかりにくいですが、個別のユーザーインターフェースは地図上から比較的容易に画像が取得できるものが多くわかりやすい。一方で、FTP を用いて直接多くのデータを取得することも容易に可能である。特に幾何補正済みの日本周辺の「しきさい」データの画像を取得するのは、JAXA の標準サイトである G-portal よりも容易である。

図 2.2.1 に示す SGLI 準リアルタイム[2]では、幾何補正済みの「しきさい」の日本周辺の準リアルタイム 250m 分解能データが処理後速やかに画像化され、過去のデータとともにカレンダー状に表示されている。全体の範囲は 20N-60N, 115E-155E であり、等緯度経度で 16,000x16,000 ピクセルのデータであるが、さらに 16 分割されたデータも表示・取得可能である。海洋データとしては、SST, クロロフィル a 濃度, 有色溶存有機物, 懸濁物質濃度, 正規化海水射出放射輝度の RGB などがある。カレンダー上の画像をクリックすればブラウザ上で拡大等も可能であり、png 画像としてダウンロードすることによって、パソコン上で加工できる。これらの元データは後に述べる方法で取得することが可能である。同様な MODIS の準リアルタイムデータも存在している。

図 2.2.2 に示す内湾モニタ[3]では、日本の主要な湾について、SGLI 準リアルタイムの懸濁物質濃度およびクロロフィル a データが抽出してあり、定点の時系列データなども画像表示される他、入手可能である。図 2.2.3 に示す流れ藻モニタ[4]は、SGLI 準リアルタイムデータを基に、FAI (Floating Algal Index) と呼ばれる手法で、流れ藻を確認するサイトである。

図 2.2.4 に示す JASMES Standard Monitor [5]は、「しきさい」の 5km 分解の標準グローバルデータを表示できるサイトで、日平均、8 日平均、月平均のデータが表示できる。また図 2.2.5 に示す JASMES Map Monitor[6]は、JAXA で独自に処理した MODIS のグローバルな SST やクロロフィル a を表示できるサイトで、2015 年 1 月からの半月と月平均データが表示できる。

JASMES Climate[7]では、様々な衛星を利用した 1978 年からの海氷の北極・南極・グローバルの面積の時系列および海氷密度分布などが表示可能である。

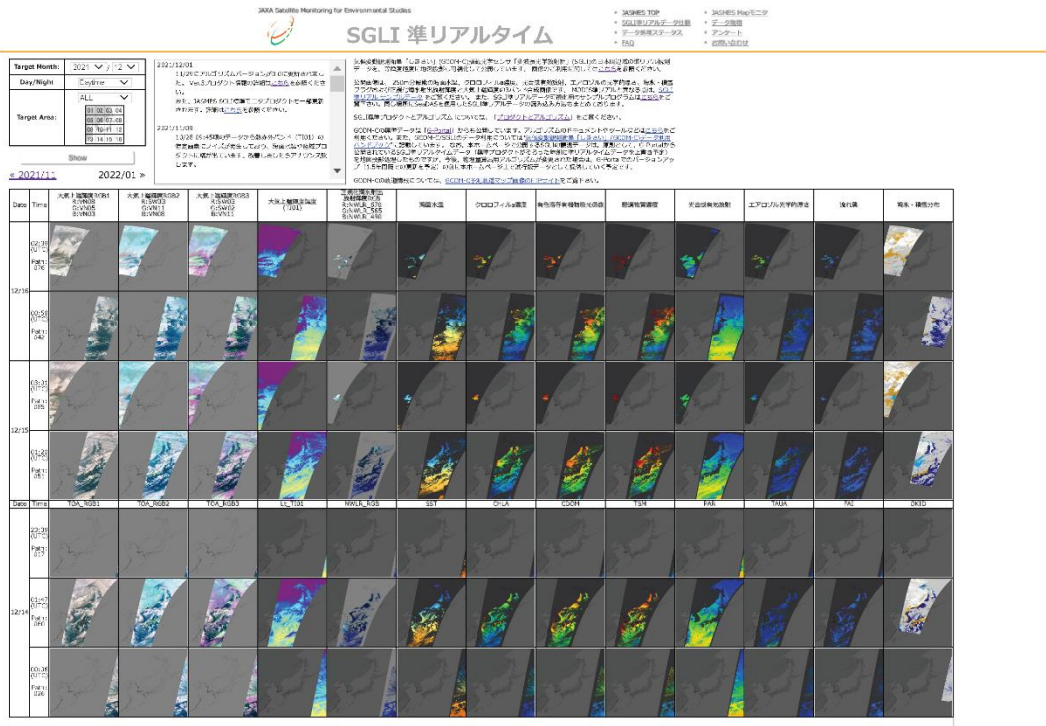


図 2.2.1 SGLI 準リアルタイムのホームページ [2]

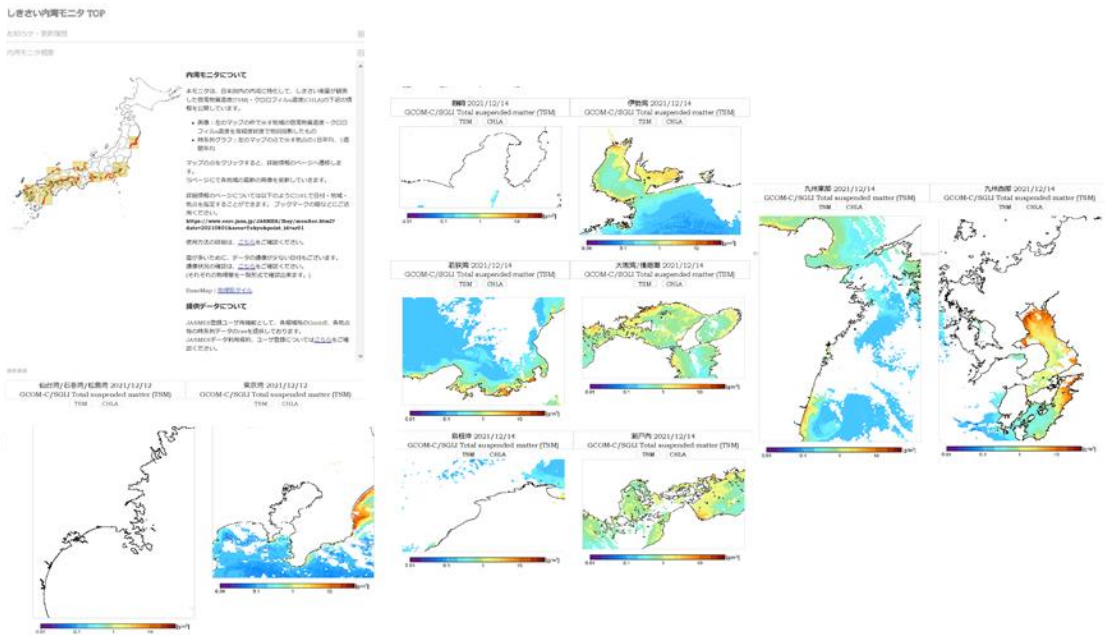


図 2.2.2 内湾モニタのホームページ [3]

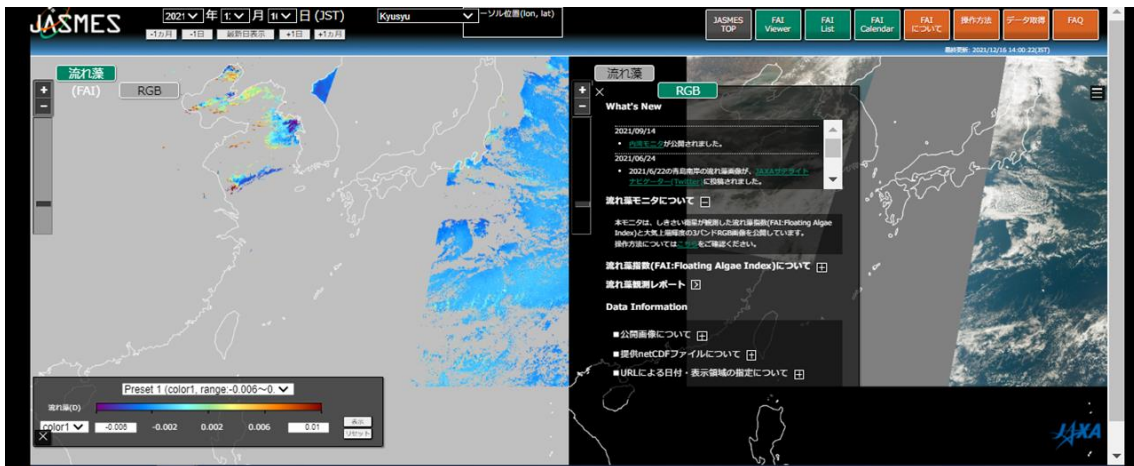


図 2.2.3 流れ藻モニタのホームページ [4]

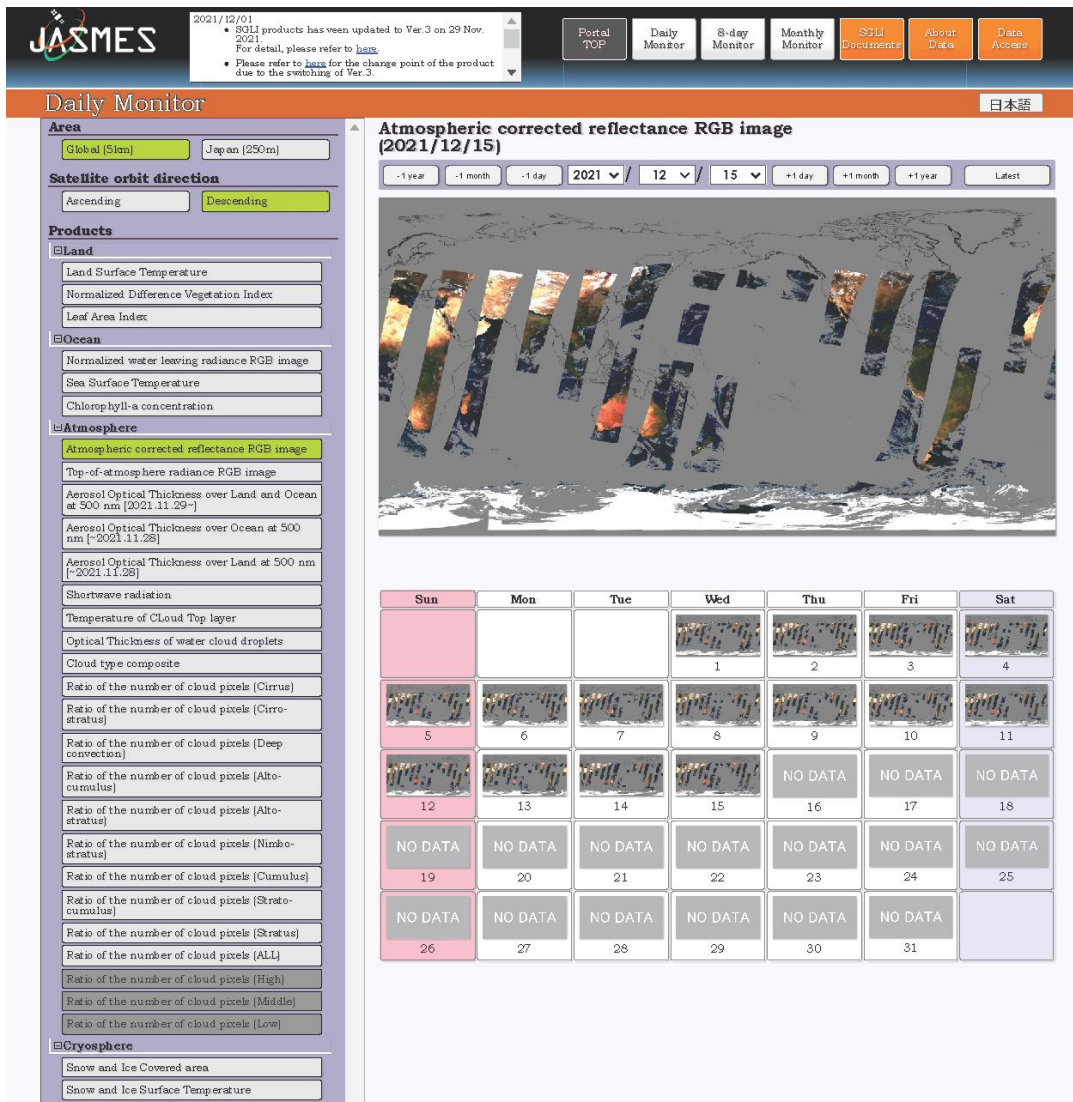


図 2.2.4 しきさい標準プロダクトのホームページ [5]

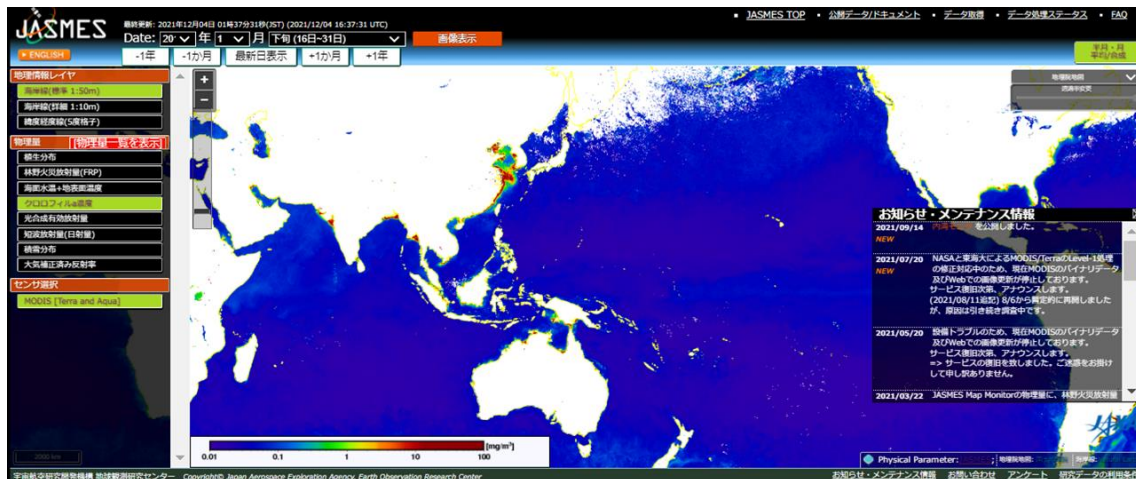


図 2.2.5 JASMES Map Monitor のホームページ [6]

2) ユーザー登録と利用許諾

本システムは、画像だけの利用であれば、登録なしでも利用できる。数値データを取得する場合には簡単なユーザー登録をすれば、基本的には無料で利用することができる。詳細は、以下の Web サイトを参照することになる。

<ユーザー登録サイト>

https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/registration_j.html

また、データの利用条件に関しては以下にくわしい。

<https://earth.jaxa.jp/policy/ja.html>

3) データ取得・マッピングの実際

マップデータは 1 のサイトで、画像をクリックすることによって取得することが可能である。数値データ (NetCDF フォーマット) に関しては、FTP サイトが準備されており、ユーザー登録を行うことによって、そのアクセス情報を得ることが可能である。

参考文献

- [1] JASMES の TOP ページ : https://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/index_j.html, 2021/12/16 参照
- [2] JASMES SGLI 準リアルタイム : https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/SGLI_NRT/index_j.html, 2021/12/16 参照
- [3] JAMES 内湾モニタ : <https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/Ibay/index.html>, 2021/12/16 参照
- [4] JASMES 流れ藻モニタ : <https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/FAI/index.html>, 2021/12/16 参照
- [5] JASMES Standard Monitor : https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/SGLI_STD/, 2021/12/16 参照
- [6] JASMES Map Monitor : https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/index_j.html, 2021/12/16 参照
- [7] JASMES Climate : https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/index_j.html, 2021/12/16 参照

2.2.2 JAXA G-portal

1) 概要

G-portal[1]は、JAXA が運営する JAXA の地球観測衛星で取得されたプロダクトを検索・ダウンロードできるポータルシステムである。

図 2.2.6 に示す G-portal で提供されるデータは、Global Climate Observation Mission-Climate(GCOM-C), Global Observation Mission-Water(GCOM-W1), Global Precipitation Measurement (GPM), Advanced Land Observing Satellite (ALOS-2) といった現在運用中 (2021 年 11 月現在) の衛星から、ALOS, Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS), ADEOS-II, Japanese Earth Resources Satellite (JERS-1), Marine Observation Satellite (MOS-1), MOS-1b, Super Low Altitude Test Satellite (SLATS) などの過去の JAXA の衛星、NASA の衛星 AQUA, TERRA データが提供されている。また、それらのデータから作成された世界の降水分布 (Global Satellite Mapping of Precipitation: GSMaP) データの提供も行っている。

これらの中で海洋と関連が深いのは、海色センサ群の GCOM-C/SGLI, ADEOS/OCTS, ADEOS-II/GLI, マイクロ波センサ GCOM-W1/AMSR2, AQUA/AMSR-E である。



図 2.2.6 G-portal の TOP ページ[2]

2) ユーザー登録と利用許諾

本システムは、多くの場合、簡単なユーザー登録をすれば、基本的には無料で利用することができる。ユーザー登録サイトは、以下の通りである。

<ユーザー登録サイト>

<https://gportal.jaxa.jp/gpr/user/regist1>

3) データ取得とダウンロードの実際

データ検索の方法は、降水・海色・植生などの物理量から絞り込んだり、衛星・センサ・プロダクトレベルから絞り込んだりすることができる。また、検索対象の期間指定、範囲指定をして、絞り込む。検索をかけると、対象となる衛星データのリストが表示される。データのシーン数が 1000 件を超えるとそれ以上は検索が行われないため、ある程度の絞り込みをしておいた方がよいだろう。

<例>海色のプロダクトの検索とダウンロード

例えば、海色の正規化海水射出放射輝度を検索したいとき、「物理量から選ぶ」場合、「物理量から選ぶ」->「海洋圏」->「海色」->「正規化海水射出放射輝度」

となる(図 2.2.7).

「衛星, センサから選ぶ」場合は,

「衛星, センサから選ぶ」->「GCOM-C/SGLI」->「LEVEL2」->「海洋圏」->「L2-正規化海水射出放射輝度 等」

となる(図 2.2.8).

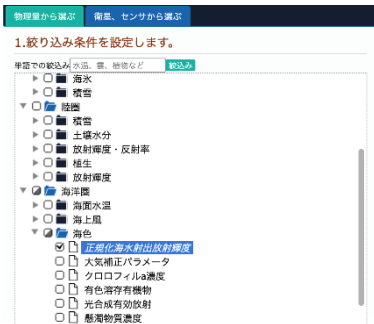


図 2.2.7 物理量からの絞り込み[3]



図 2.2.8 衛星, センサからの絞り込み[3]

データのダウンロードは, データリストの一覧からダウンロードしたいデータについて, ダウンロードボタンを押し, ダウンロードする.

ダウンロードしたデータは, 衛星によって異なるがおおむね hdf5 形式(Hierarchical Data Format)のファイルである. 画像表示については, SeaDAS などのソフトウェアを使う.

4) SAR および陸域観測データの検索と発注

G-Portal で以下に示す ALOS シリーズ衛星のデータは, 検索のみでダウンロードはできない.

- ALOS/PRISM, AVNIR-2, PALSAR
- ALOS-2/PALSAR-2

データの利用に際しては, 以下のサイトを参照されたい.

- ・一般財団法人 リモート・センシング技術センター
<https://www.restec.or.jp/solution/product/alos.html>
- ・株式会社 パスコ
<http://jp.alos-pasco.com/alos/>

検索は, 前節 3. データ取得とダウンロードの実際を示す, 「衛星・センサから選ぶ」から, 衛星名, センサ名を選択した上で, 観測日, AOI の検索条件を設定した上で検索を行う. なお, PRISM, PALSAR, PALSAR-2 は細目として観測モードの選択ができる. 観測モードに関しては各項目の”i”を押下すると示される.

データを購入する際には, 検索情報によって対象シーンを特定する必要があるため, 検索結果は CSV などでダウンロードしておくが良い.

参考文献

- [1] JAXA G-portal, <https://gportal.jaxa.jp/gpr/information/beginner1>, 2021/12/07 参照
- [2] JAXA G-portal, <https://gportal.jaxa.jp/gpr/>, 2021/12/07 参照
- [3] JAXA G-portal, <https://gportal.jaxa.jp/gpr/search?tab=0>, 2021/12/07 参照

2.2.3 Ocean Color Web

1) 概要

図 2.2.9 に示す Ocean Color Web[1]は、NASA のゴダードスペースフライトセンター (GSFC) の衛星海洋生物データ処理グループによってサポートされている Web サイトである。NASA の Distributed Active Archive Center (DAAC) の 1 つであり、Ocean Biology DAAC (OB.DAAC) と呼ばれる。1996 年以降、衛星データの処理を行い、国際コミュニティへの海色プロダクト、海面水温、海面塩分データなど衛星海洋生物学データ関連のアーカイブと提供を行っている。

これらのプロダクトを取得する主なセンサとしては、SeaWiFS, Aqua /MODIS, Terra/MODIS, Suomi-NPP/VIIRS, NOAA-20/VIIRS, ENVISAT/MERIS, Sentinel-3/OLCI/, ADEOS/OCTS, ISS/HICO, COMS/GOCI, Numbus-7/CZCS, SeaHawk/HawkEye があげられる。

これらの中で、COMS/GOCI は韓国の静止海色センサであり、2011 年 4 月～2021 年 3 月が運用された。対象海域は日本周辺も含む東アジア域である。韓国の Korea Ocean Satellite Center (KOSC) の Web サイトは閉じられており (2021 年 10 月現在)、Ocean Color Web のみが GOCI データをダウンロードできる。

データへのアクセスには、直接データ名をクリックしてアクセスする方法や、Web API を使ってコマンドラインからのサーチ&ダウンロードする方法、ブラウザで衛星画像を見ながらデータを選択し、ダウンロードする方法などがある。



図 2.2.9 Ocean Color WEB の TOP ページ[1]

2) ユーザー登録と利用許諾

本システムは、多くの場合、簡単なユーザー登録をすれば、基本的には無料で利用することができる。以下の「Earthdata」によるユーザー登録サイトから登録を行えば、DAAC で公開されているすべてのデータの取得が可能となる。新規ユーザー登録の詳細は、以下の Web サイトを参照することになる。

<ユーザー登録サイト>

<https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new>

3) データ取得の実際

Ocean Color WEB ページの DATA タブをクリックすると、図 2.2.10 の画面が表示される。衛星データのプロダクトへのリンク先の提示だけでなく、時系列データ取り出しツールや衛星が上空を通過するかどうかを調べるツール、得られるデータのクオリティの情報を提供しているなど、衛星海洋生物学データ関連の充実した情報提供が行われている。

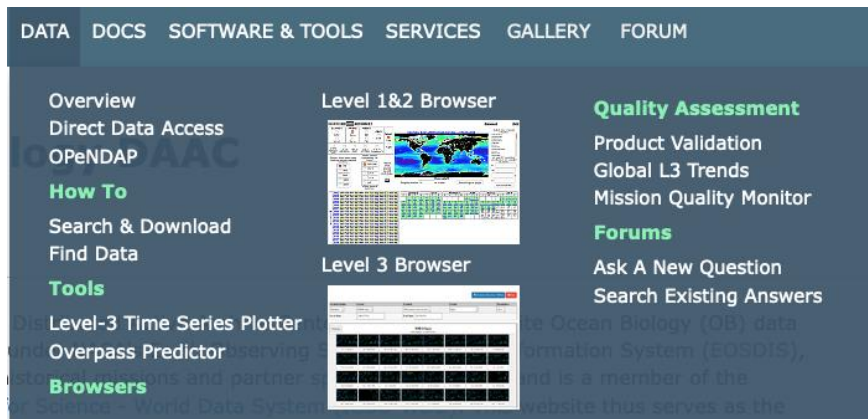


図 2.2.10 データアクセスのための画面[1]

例えば、MODIS/Aqua の 2018 年 7 月の全球のクロロフィル a 濃度を取得したい場合を考えてみる。

「DATA」の「Level 3 Browser」をクリックすると、「Level 3 Browser」が表示される。ちなみに、Level 1&2 データは、シーン毎のデータで、Level 1 は衛星の放射輝度、Level 2 は処理結果として得られるプロダクトであり、Level 3 データは、Level 2 を世界地図上にマッピングした平均化データである。

Level 3 Browser でセンサ「MODIS-Aqua」、プロダクト「Chlorophyll-a concentration」、期間「MONTHLY」を選択して、「2018」をクリックすると、2018 年の各月の平均クロロフィル a 濃度選択画面(図 2.2.11)が表示される。「July 2018」をクリックする。2018 年 7 月のクロロフィル a 濃度画像が画面上に表示される(図 2.2.12)。図の下にある SMI (Simple Map Image) をクリックするとデータをダウンロードすることができる。画像のみの場合は、Images の 4km もしくは 9km をクリックするとユーザー認証の後、ダウンロードできる。Ocean Color WEB で公開されているデータは、NASA が公開しているフリーソフトウェア「SeaDAS」を使って表示することができる。

Level-3 Browser

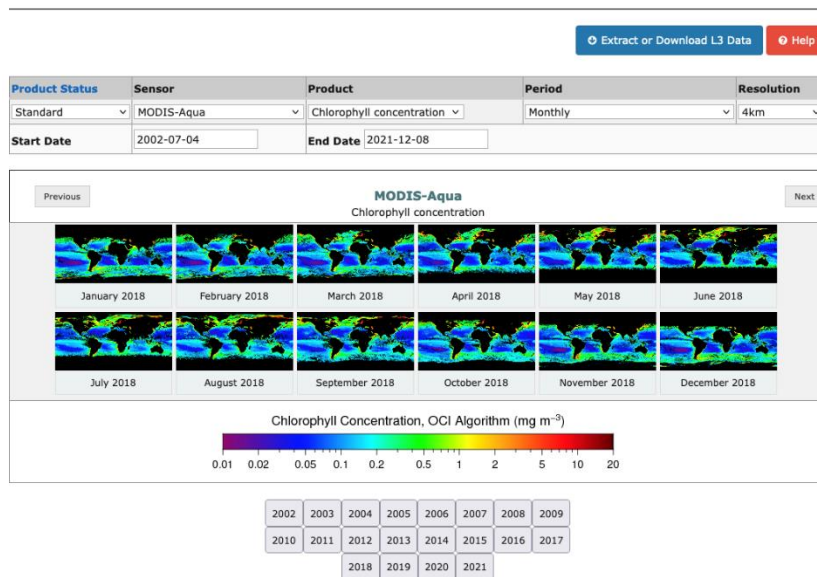


図 2.2.11 月平均クロロフィル a 濃度の選択画面[2]

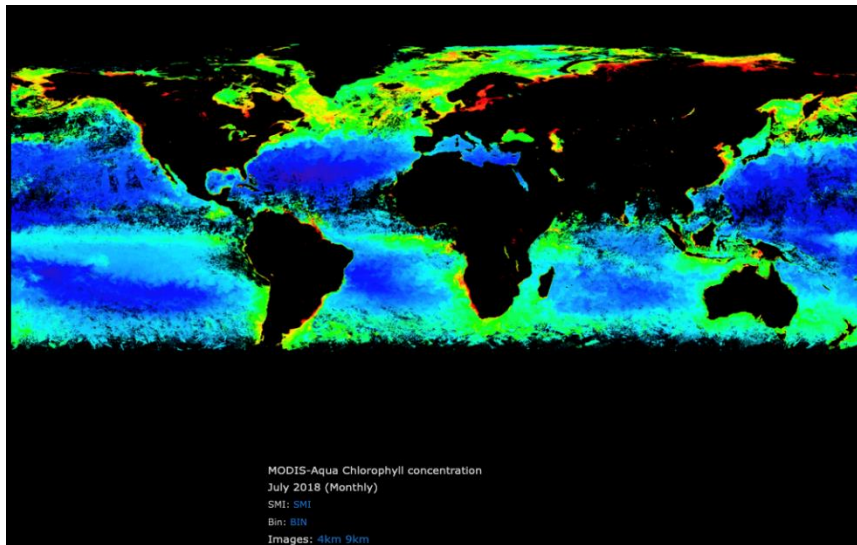


図 2. 2. 12 2018 年 7 月の全球の平均クロロフィル a 濃度の選択画面 [2]

参考文献

- [1] NASA OGBP, <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>, 2021/12/08 参照
- [2] NASA OGBP, <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/13/>, 2021/12/08 参照

2.2.4 PODAAC

1) 概要

「PO.DAAC」とは[1], NASA のジェット推進研究所 (JPL) が運営する海洋物理アーカイブ情報配布センター (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center) の略のことで, 実用上ではここからの海洋物理データ配布システム (図 2.2.13 参照) のことをいう. このシステムでは, NASA の海洋および水文データ (衛星, 空中, および現場) のデータが配信されている. データ項目としては, 主に衛星から取得された重力, 海風, 海面水温, 海面地形, 海面塩分, 循環である. これらデータは, 気候研究, 天気予報, 資源管理, 政策, 海洋データ資源の管理など, 幅広い応用範囲を支援することが目的で配布されている.

これらの海洋物理データを取得する主要な衛星センサとしては, Aquarius, Soil Moisture Active Passive (SMAP), Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE), GRACE Follow-on (GRACE-FO), NASA Scatterometer (NSCAT), Quick Scatterometer (QuikSCAT), Rapid Scatterometer (RapidScat), Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS), TOPEX / POSEIDON, Jason-1, Group for High Resolution Sea Surface Temperature (GHRSSST), Oceans Melting Greenland (OMG) などが挙げられる.

データアクセスサービスには, PO.DAAC ドライブ (FTP), テーマ別リアルタイム環境分散データサービス (THREDDS), ネットワークデータアクセスプロトコルのオープンソースプロジェクト (OPeNDAP), PO.DAAC Web サービス, および PO.DAAC GitHub リポジトリが含まれている. サブセット化, 抽出及び視覚化機能を提供するツールには, インタラクティブデータ抽出用の高レベルツール (HiTIDE), ライブアクセスサーバー (LAS), および海の状態 (SOTO) が含まれる.

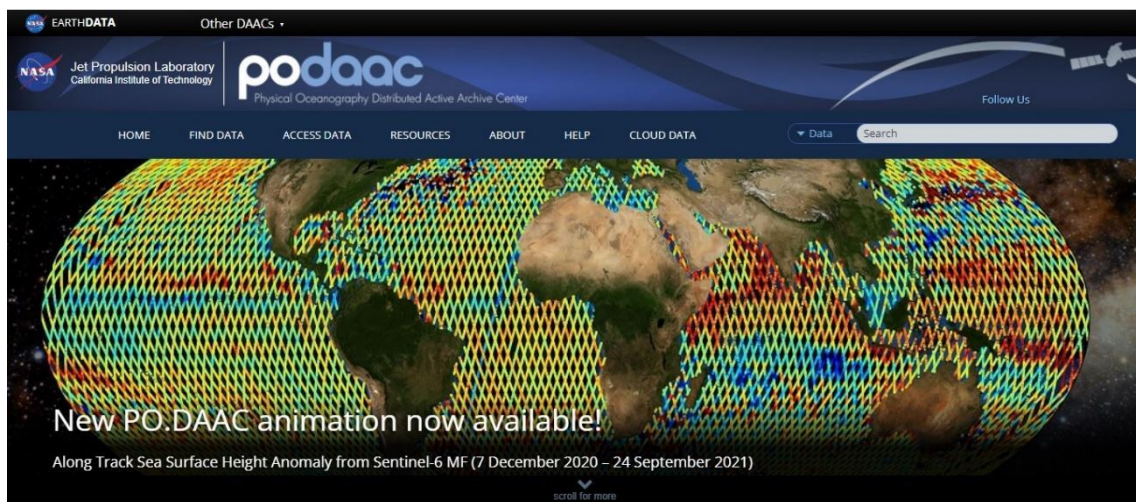


図 2.1.13 PO.DAAC の TOP ページ[2]

2) ユーザー登録と利用許諾

本システムは, 多くの場合, 簡単なユーザー登録をすれば, 基本的には無料で利用することができる. 例えば, 「PO.DAAC ドライブ」による FTP のダウンロードなどを行う場合には, 以下の「Earthdata」によるユーザー登録サイトから登録を行えば, DAAC で実行されているすべてのデータの取得が可能となる. 詳細は, 以下の Web サイトを参照することになる.

<ユーザー登録サイト>

<https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new>.

3) データ取得・マッピングの実際

例えば、海面水温（SST）のデータを取得したい場合、「FIND DATA」メニューの「Ocean Temperature」を選ぶと、図 2.2.14 のような画面が現れ、様々なデータセットを選ぶことができる。また、「ACCESS DATA」メニューのライブアクセスサーバー「LAS」を選択すると、Web 上でマッピングできるようなシステムもある。その他、多様のデータダウンロード、マッピングサービスなどが提供されている。

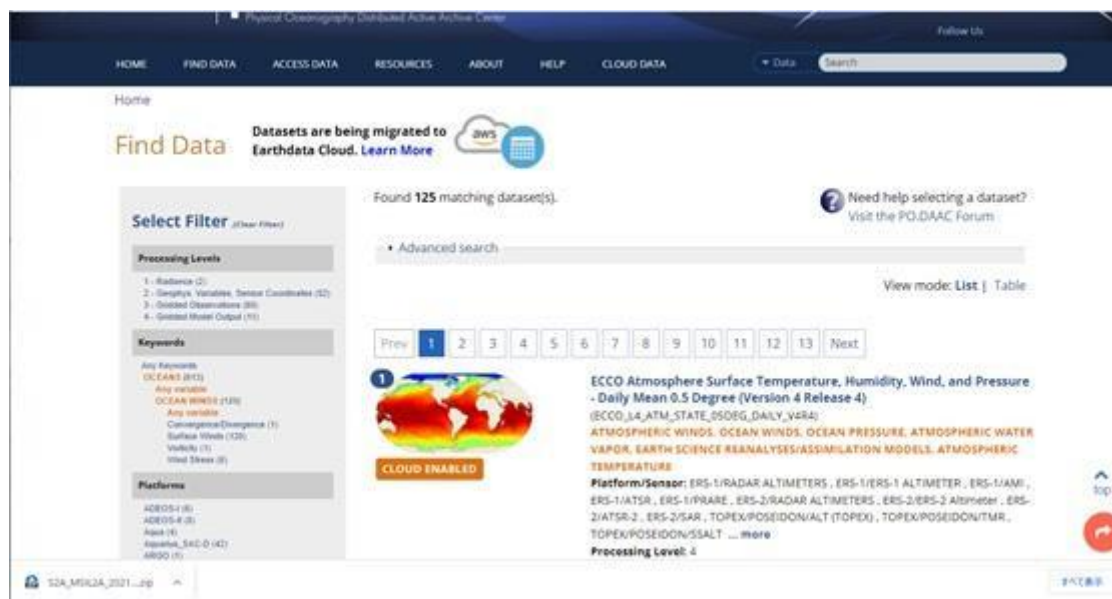


図 2.2.14 SST のデータセット [2]

参考文献

- [1] NASA PO.DAAC TOP ページ, <https://podaac.jpl.nasa.gov/>, 2021/12/08 参照
- [2] NASA PO.DAAC Ocean Temperature ページ, <https://podaac.jpl.nasa.gov/datasetlist?ids=Keywords&values=Oceans:Ocean%20Temperature&view=list>, 2021/12/08 参照

2.2.5 GSMaP

1) 概要

図 2.2.15 に示す「GSMaP」とは、JAXA の地球観測研究センター（EORC）が運営する衛星全球降水マップ（Global Satellite Mapping of Precipitation）の略である[1,2]. このシステムでは、全球降水観測（GPM）計画によって、GPM 主衛星に搭載された二周波降水レーダ（DPR）を中心に、複数の降水観測衛星や静止気象衛星のデータを組み合わせて作成した世界の緯度経度 0.1 度ごとの降水マップデータが配信されている。雨分布速報とリアルタイムでは、2000 年からの世界の 1 時間、12 時間、24 時間、72 時間の積算降水の分布が表示でき、図 2.2.16 に示すように特定の領域を拡大可能であり、その画像の保存も可能である。また、ユーザー登録すれば、地点・地域での時系列データ（CSV）が保存可能である。さらに、雨分布統計として 1 日、3 日、5 日、7 日、10 日、月平均の日降水量や上位 10%、5%の分布、時系列も表示が可能である。また、理研による 12 時間ナウキャストと NEXRA (NICAM-LETKF JAXA Research Analysis) による日本周辺以外の 5 日間の降水予報も表示できる。さらに図 2.2.17 に示すように日本周辺の 3 次元降水分布も表示できる。

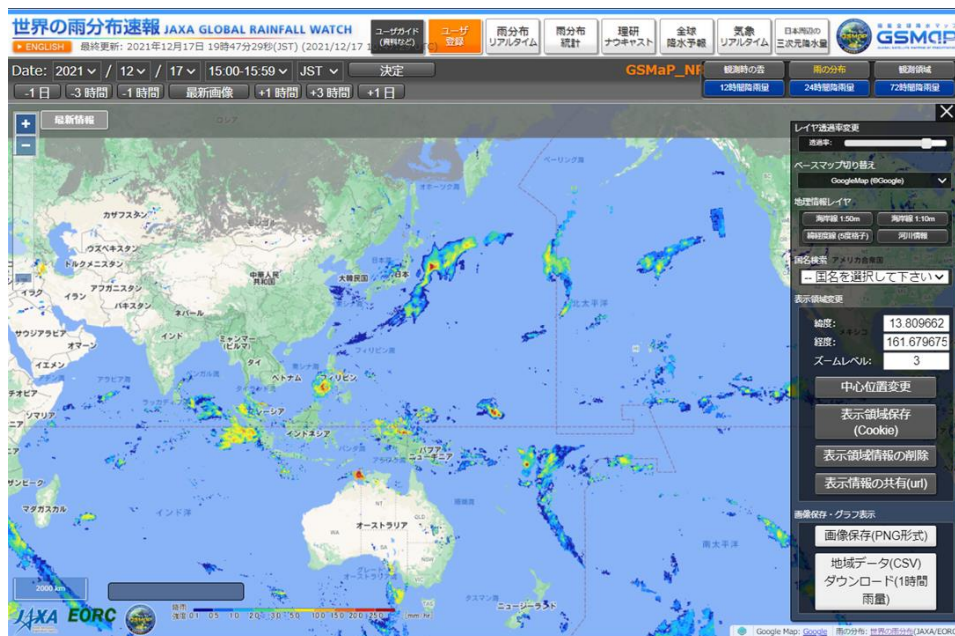


図 2.2.15 GSMaP の TOP ページ [1]

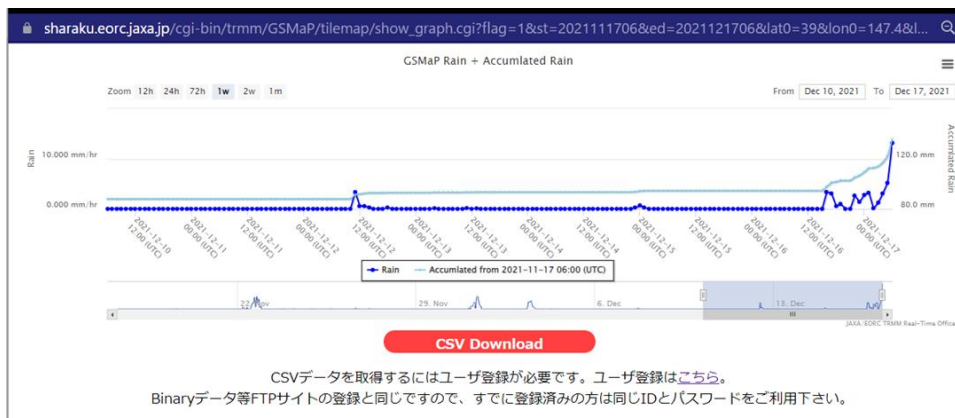


図 2.2.16 GSMaP の時系列表示[1]

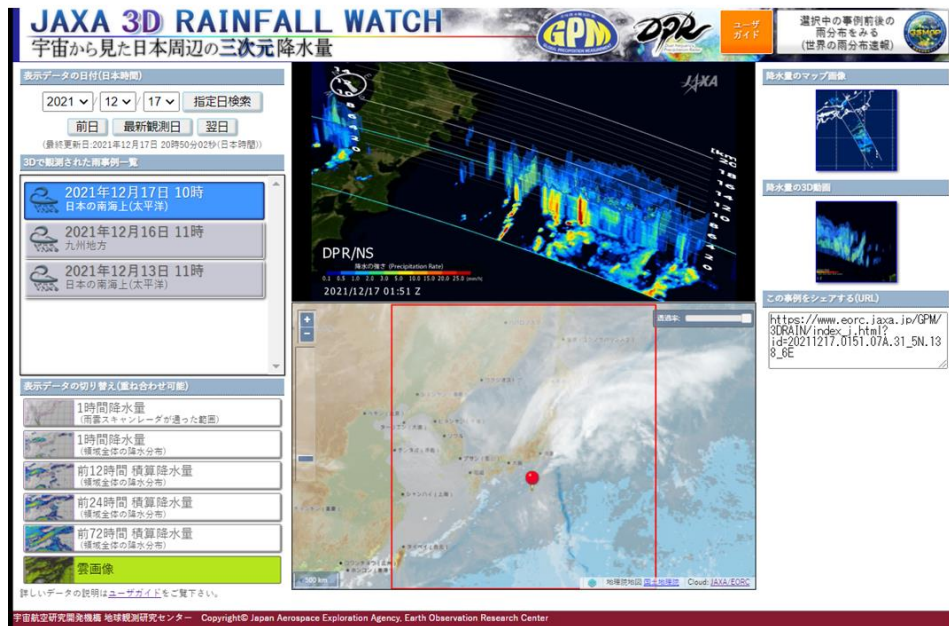


図 2. 2. 17 GSMaP の 3 次元表示 [3]

2) ユーザー登録と利用許諾

数値データを取得する場合には簡単なユーザー登録をすれば、基本的には無料で利用することができる。詳細は、以下の Web サイトを参照することになる。

<ユーザー登録サイト>

https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/registration_j.html

また、データの利用条件に関しては以下にくわしい。

<https://earth.jaxa.jp/policy/ja.html>

3) データ取得・マッピングの実際

マップデータは 1 のサイトで、画像をクリックすることによって取得することが可能である。数値データに関しては、FTP サイトが準備されており、ユーザー登録を行うことによって、そのアクセス情報を得ることが可能である。

参考文献

- [1] GSMaP の TOP ページ : https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm, 2021/12/17 参照
- [2] GSMaP ガイド : https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/guide_j.html, 2021/12/17 参照
- [3] GSMaP3 次元降水量 : https://www.eorc.jaxa.jp/GPM/3DRAIN/index_j.html, 2021/12/17 参照

2.2.6 ひまわりモニタ

1) 概要

「ひまわりモニタ」は、JAXA の分野横断型プロダクト提供システム (P-Tree) の一環で、気象庁から提供されている静止気象衛星ひまわり標準データ、および、JAXA がひまわり標準データから作成する物理量データを公開しているサイトである[1]。

「ひまわり」は日本の静止気象衛星の愛称であるが、2015 年より正式運用が始まった 8号は、それ以前の MTSAT シリーズに比べて観測波長の数が 5 バンドから 16 バンドに増加、解像度も赤外域で従来の 4km から 2km に向上した。これにより、研究や産業での利用の可能性が大きく向上した。同サイトでは、エアロゾル特性、雲特性、海面水温、海面水温(夜間)日射量/光合成有効放射量、クロロフィル a 濃度、林野火災に加え、他機関と連携したモデルプロダクトとしてエアロゾル特性、海面水温などを配信している。同サイトは WebGIS インターフェースを持ち、海岸線や緯度経度線の表示も可能となっており、手軽に水温分布などを見ることができる(図 2.2.18)。オリジナルのデータについては NetCDF で入手可能となっている。ひまわり標準データ(HSD)の入手も可能だが直近 1 カ月のデータのみとなっている。

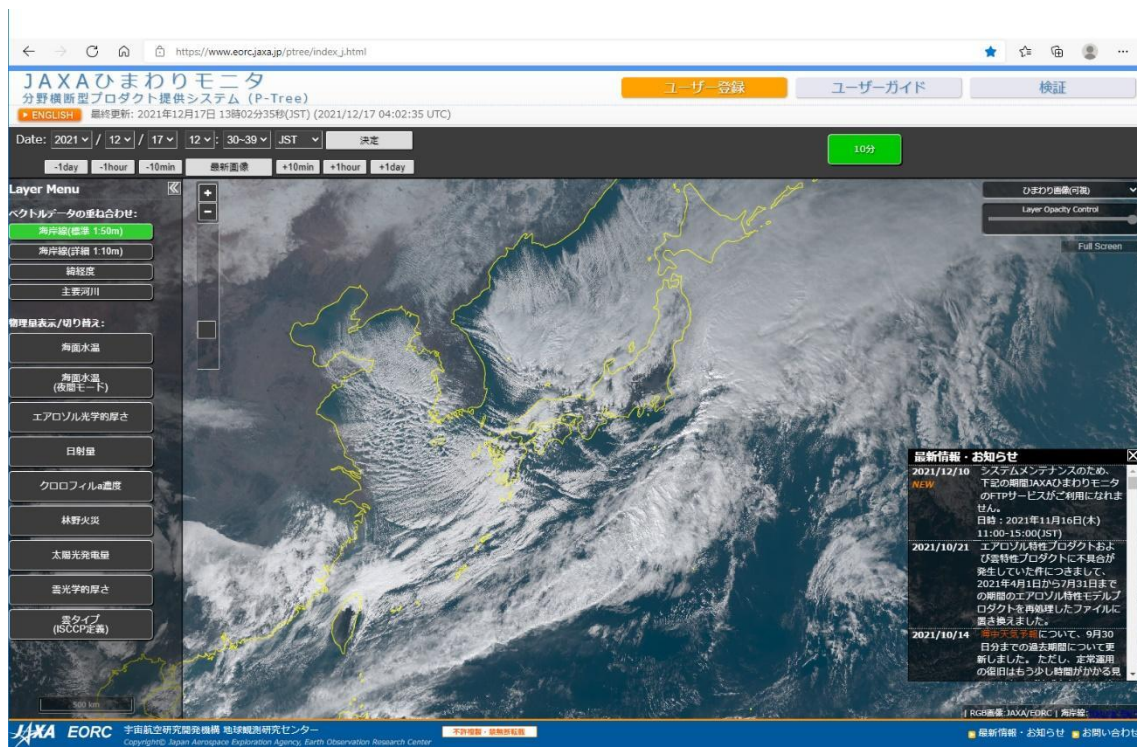


図 2.2.18 「ひまわりモニタ」のトップ画面

2) ユーザー登録と利用許諾

「ひまわりモニタ」を通じたデータの利用は、非営利目的(研究開発・教育等)に限定される。営利目的の場合は、気象業務支援センターから入手する必要がある。また「ひまわりモニタ」で提供しているデータの再配布は不可となっている。研究結果を外部公開する場合には、事前に事務局にご相談する必要がある。なお商用目的でひまわりデータを使う場合については 2.1 に記載した。

アカウント申請はメールアドレスがあれば簡単に可能で、申請時に所属機関、国名、利用目的と利用分野を登録する必要がある。アカウントを申請すると、ひまわり標準データ、および、JAXA が作成したひまわり物理量データ(準リアルタイム、過去期間)がダウンロ

ード可能となる。データを利用するには、個人情報保護および個人情報の取り扱いを含む P-Tree 利用規約に同意する必要がある。

3) データ取得とマッピング

「ひまわりモニタ」から解析可能なデータを入手する場合、アカウントを取得すれば FTP などデータの入手が可能で、FTP のフリーソフトなどを使うと簡単にローカルディスクにダウンロードできる。

提供されているデータは水温やクロロフィル濃度など多数あり、物理量まで導出された NetCDF のデータが標準的なデータとなっている。図 2.2.19 に QGIS を使って同サイトからダウンロードしたデータを表示した例を示す。GIS ソフトのほとんどが NetCDF に対応しており、FTP 等でダウンロードした同データをドラッグアンドドロップするだけで簡単に表示できる。物理量でデータが格納されており、直感的な操作でカラーテーブルを含む配色を調整することができる。

ひまわりモニタから入手できる海洋関連プロダクトは、前述のとおりバンド数が増えたことでクロロフィル濃度などの従来得られなかった物理量が多数得られるようになったことに加えて、解像度が向上したことで利用の可能性が大幅に向上したが、もう一つ重要なポイントは、それらの多種多様な物理量の画像を最短 2 分半おきに取得可能なことである。これにより水温の超短期変動や前線の移動などを動画のように詳細に追跡することが可能となっている。また高頻度観測により雲の影響をキャンセルすることが出来るため、欠測の少ないデータセットを作ることを可能にしている。これは時空間変化が激しい海洋のモニタリングに於いては強い優位性である。

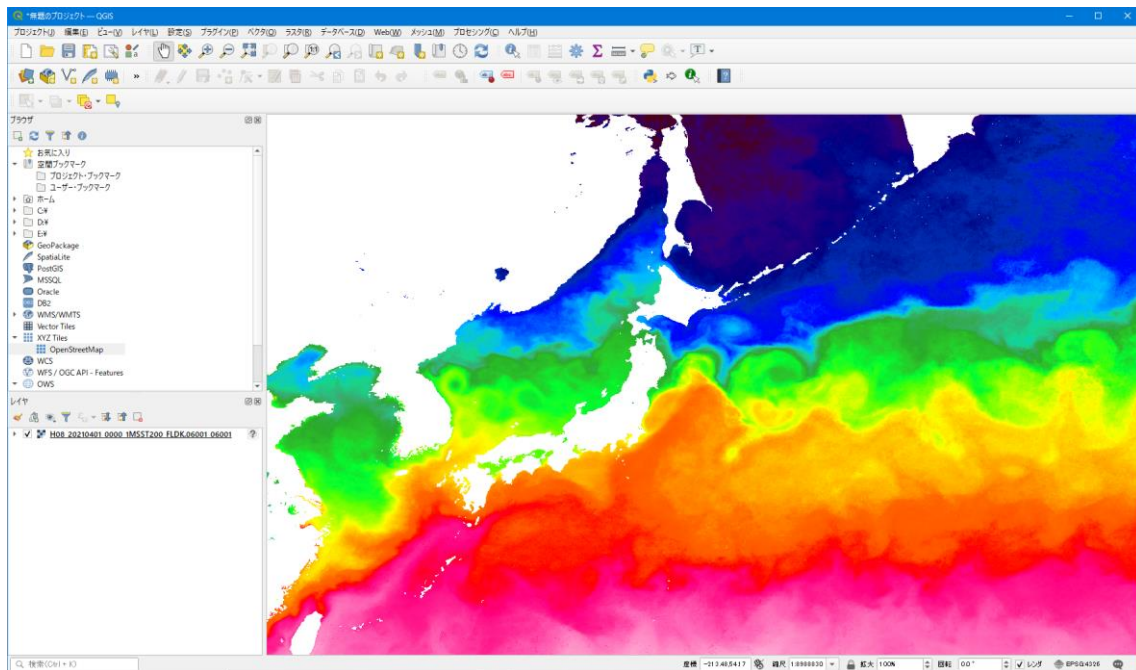


図 2.2.19 ひまわりモニタのデータを QGIS で読み込んで表示した例

参考文献

[1] ひまわりモニタ: https://www.eorc.jaxa.jp/ptree/index_j.html, 2022/2/10 参照

3. 衛星データ解析ソフト及びその活用事例の調査

3.1 衛星データの解析を行うフリーリモートセンシングソフトウェア

3.1.1 衛星解析ソフトウェア (SNAP, SeaDAS など)

1) 概要

SeaDAS とは、NASA が開発した地球観測の衛星データの処理・表示・解析・品質評価のための総合的なソフトウェアパッケージである。もともとは海色衛星センサ SeaWiFS プロジェクトをサポートするために 20 年以上前に作成が開始され、今では 15 を超える米国および国際的な衛星ミッションの地球科学データの解析ツールとなっている。現時点(2021 年 12 月)での最新バージョンは、2021 年 6 月 24 日にリリースされた 8.1.0 である。このバージョンは、ESA SNAP の改良に、Sentinel-3 用のツールボックスも加えられ、機能が強化されたものである。現在も開発・改良が続けられている。SNAP (Sentinels Application Toolbox) は、ESA が開発した衛星データの表示・解析のためのソフトウェアパッケージである。Sentinel プロジェクトの衛星センサ群を対象としている。

対象としているミッションは、可視化およびデータ処理できるものとして、Aquarius, CZCS, GOCI, Hawkeye, HICO, LANDSAT-8/OLI, MERIS, MODIS, MOS, MSI, OCM, OCM-2, OCTS, OLCI, OSMI, SeaWiFS, VIIRS, データ処理のみ可能なものとして、LANDSAT-5, LANDSAT-7, SGLI, 可視化のみ可能なものとして、ATSR, AVHRR, AVIRIS, AVNIR-2, CHRIS/Proba-1, EPIC/DSCOVER, PRISM, SPOT VGT となっている(2021 年 12 月現在) [2]。

GUI から処理コードまで、すべてフリーのソフトウェアで構成されており、Ocean Data Science Software Repositories[1]から、ソースコードも入手可能である。ダウンロード先は、以下の通りである。

SeaDAS <https://seadas.gsfc.nasa.gov/downloads/>

SNAP <http://step.esa.int/main/download/snap-download/>

Windows 版, Mac 版, linux 版がある。Mac 版と linux 版は、データ可視化・解析・データ処理の全て可能である。Windows 版は、データの可視化と解析のみ可能である。

2) 衛星データの可視化の手順

手順としては、①衛星データを入手し、②入手したファイルをオープンする。③ファイルの中に格納されているプロダクトを選択して表示する。という流れになる。

・プロダクトの可視化

ファイルボタン をクリック、もしくは[file]->[Open product...]

画像の表示

「File Manager」に表示されているファイル横の をクリックし、

「Bands」横の をクリックすると、プロダクト名が表示される。

プロダクト名をクリックすると、中央に衛星画像が表示される。

一例として、図 3.1.1 に Aqua/MODIS の Level-2 データの表示例を示す。

画面上部に、ファイルのオープンから、統計的な情報表示まで様々な操作アイコンが並んでいる。

画面左に表示されているものが「File Manager」、画面中央が「衛星画像(例では、日本周辺のクロロフィル a 濃度画像)」。画面右側には、「Pixel Info」で画面中央の画像内にマウスが入ると、マウスの位置の緯度経度やプロダクトの値が表示される。

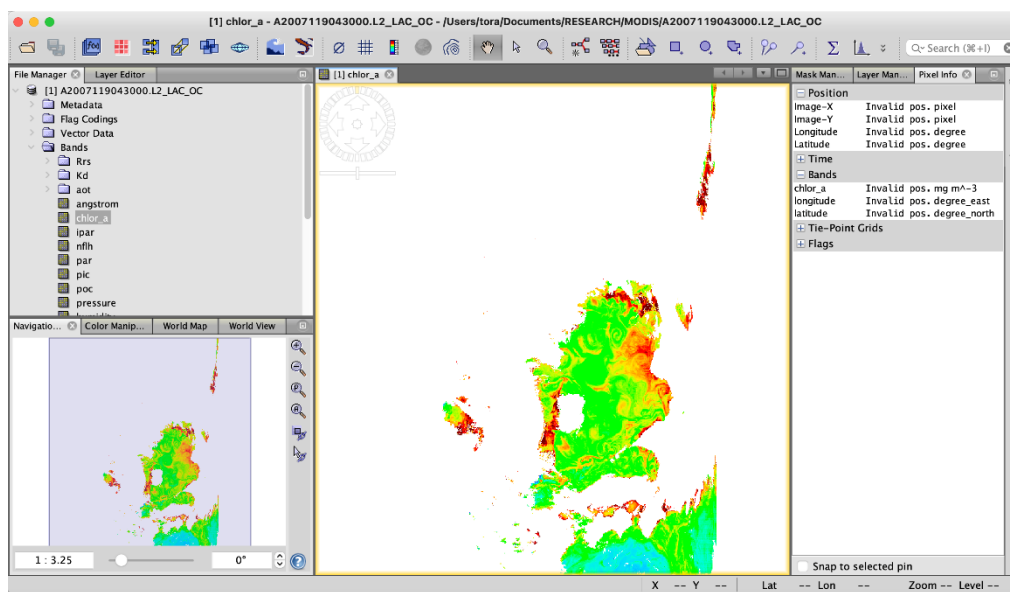


図 3. 1. 1 SeaDAS での画像表示例

SeaDAS には、多くの機能がある。3. 2. 1 節にその一部について紹介している。

参考文献

- [1] NASA-Ocean Color Web, <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/ocsw/>, 2021/12/10 参照
- [2] NASA-SEADAS, <https://seadas.gsfc.nasa.gov/missions/>, 2021/12/10 参照

3.1.2 GIS ソフトウェア (QGIS, GRASS など)

衛星データを利用する場合、可視化のための何らかのソフトウェアが必要となる。衛星データの解析を主な目的とするユーザーはデータ解析プログラミング言語等を使い自身でプログラミングすることが多いが、衛星データの解析を専門としない多くのユーザーは既存のソフトウェアを利用する。衛星データを扱えるソフトとしては、3.1.1 で説明した衛星データの解析を主な機能とするソフトウェアと GIS ソフトウェアの 2 種類が考えられる。衛星データと調査船などで取得された現場データなどを複合的に利用して解析するユーザーは多く、その場合 GIS ソフトウェアを利用した方が衛星データを扱いやすいことが多い。

地理情報システム (Geographical Information System: GIS) は海図などの基本データや画像データ (ラスターデータ) に調査船の観測データ (ベクトルデータ) 等を重ね合わせて、複合的なデータ解析を可能にするシステムである。ソフトウェアとしては有料・無料で多くのソフトが存在する。有料では ESRI 社の ArcGIS[1]が草分け的存在のソフトで、非常に高機能な GIS となっている。しかし最近では無料のソフトウェアでも有料の GIS ソフトと遜色ない機能を有するようになってきた。その代表例が QGIS[2]や GRASS[3]といったソフトである。利用の詳細については QGIS を例に後段で詳しく記載する。

ほとんどの GIS ソフトで衛星データの取り込みは比較的容易だが、あらかじめ衛星画像に地図投影法、楕円体、画素の緯度経度情報などのジオメトリック情報が与えられていることが前提となっている。QGIS でジオメトリック情報を与えようとする場合、専用のプラグインをインストールする必要がある。Geotiff や NetCDF などのデータは、あらかじめジオメトリック情報を持っており、変換などの処理なしで GIS ソフトに取り込んで、緯度経度線や海岸線を重ね合わせることが出来る。

WebGIS は web ブラウザを使いオンラインでサービスが提供される GIS である。これも無料で利用可能なサイトが多く存在する。QGIS などはローカルの PC にインストールして使うタイプのソフトだが、国土地理院が提供する地理院地図[4]などはソフトのインストールが不要で簡単に GIS を利用することができる。ただし、海洋を対象とした汎用的な WebGIS サイトは海上保安庁が運用する「海しる」など限られている[5]。最近では漁業者などのエンドユーザーがスマートフォンなどを使って海況情報収集するのが一般的になっており、データ閲覧を主な操作とするエンドユーザー向けには WebGIS によるデータ提供のほうが適切である場合が多い。

ここで挙げた GIS ソフトは基本的に陸上向けに作られており、海洋向けのものは非常に少ない。2 次元のデータである衛星データを扱う場合は大きな障害とならないが、海洋を対象とする研究では、どうしても鉛直的なデータ解析や可視化が必要となる。現場観測データや海洋数値モデルのデータは 3 次元での操作が必須で、現在の GIS、特に無料の GIS ソフトではこの機能がまだ十分とは言えず、今後のソフトウェアの高機能化が期待される。

参考文献

- [1] ArcGIS: <https://www.esri.com/products/arcgis/>, 2022/2/10 参照
- [2] QGIS: <https://qgis.org/ja/site//>, 2022/2/10 参照
- [3] GRASS: <https://grass.osgeo.org//>, 2022/2/10 参照
- [4] 地理院地図: <http://maps.gsi.go.jp/help/intro/index.html/>, 2022/2/10 参照
- [5] 海しる (海洋状況表示システム) : <https://www.msil.go.jp/msil/htm/topwindow.html/>, 2022/2/10 参照

3.1.3 数値計算ソフトウェア (Python, Octave, R など)

衛星データの解析は、汎用的な数値計算ソフトウェアでも可能である。一般的に衛星データの解析では、衛星データの読み込み、アルゴリズムの適用等の空間画像解析、統計解析、空間分布等の図化が一連の流れであり、行列演算や可視化が簡易であるソフトウェアであれば一連の解析を行い易い。そのような観点において、衛星データの解析に有効であり汎用的で無償のソフトウェアの一例として、R, Python, Octave が挙げられる[1, 2, 3]。各言語は、既に存在する関数を使用することで衛星画像のデータフォーマット（例えば TIFF, NetCDF, HDF 等）を容易に読み込み可能であり、また、行列演算や可視化が簡易であることは共通している。各言語は特徴を有しており、一般的に R は統計解析に特化し、Python は行列や配列処理を得意としコーディングが容易である。また、Octave は有償である matlab と互換性があり、Python と同様に行列や配列処理を得意としている。どの言語を使用するかどうかはユーザー次第であり、ユーザーは自らの利用目的を鑑みて、それぞれのソフトウェアのメリットを活かせるよう適したソフトウェアを選択することが望ましい。また、汎用的な数値計算ソフトウェアは、ユーザー自ら開発した空間画像解析のアルゴリズムの適用や統計解析等、専用ソフトウェアでは網羅されない自ら考案した独自の処理を施す場合において有効である。また、これらのソフトウェアはユーザーが多く、衛星データ解析を独学で学ぶ場合には website から様々な情報を得られ易い点もメリットがある。また、最近では、日本発の衛星データプラットフォームである Tellus が Python を使用した衛星データ解析のためのプログラミングを学習する e ラーニング講座を開講しており、このような学習コースを利用することも初心者には有効であると考えられる[4]。

参考文献

- [1] The R Project for Statistical Computing: <https://www.r-project.org/>, 2021/12/29 参照
- [2] Python: <https://www.python.org/>, 2021/12/29 参照
- [3] GNU Octave: <https://www.gnu.org/software/octave/index>, 2021/12/29 参照.
- [4] 初心者向け Tellus 学習コース: <https://techacademy.jp/lp-tellus>, 2021/12/29 参照

3.1.4 その他 (EISEI, ODV, GrADS など)

「EISEI」は、公益財団法人日本宇宙少年団および JAXA で作成した Windows PC で動く、教育用のソフトである [1, 2]。教育用ではあるが、LANDSAT、ひまわり 8 号、Sentilen-2 等可視センサの各バンドや RGB 合成画像、だいちの合成開口レーダデータや標高データなど多くの衛星データが表示できる。さらに、距離や面積を計算したりすることも可能である。また、教育用のソフトのために、説明がわかりやすいことがメリットである。

「Ocean Data View (ODV)」は広く海洋分野で利用されている Windows, Mac OS X, Linux 用のソフトで、測点や温度・塩分や他の項目の鉛直断面、空間分布などの海洋観測データを表示できる。現在は V. 5. 5. 2 がアルフレッド・ヴェゲナー極域海洋研究所 (AWI) の ODV のホームページ [3] から取得できる。日本海洋データセンターが翻訳した、バージョン 2 (2004 年) のマニュアルも存在している [4]。ODV でも、表面分布である衛星データを表示することが可能である。衛星データでよく利用されている netcdf などを読み込み表示することが可能である。すでに ODV を利用している人や、海洋の鉛直断面などと合わせて衛星データを表示・解析したい場合に適している。

「Grid Analysis and Display System (GrADS)」は、海洋物理や気象などの分野でよく利用されている Windows, Mac OS X, Linux 用のソフトである [5]。モデルアウトプットなど格子状に分布したデータの表示を行う場合に多く利用される。日本でも多くの大学で、ガイドが公開されている。すでに GrADS を利用している人や、モデルアウトプットと合わせて衛星データを利用する場合に適している。

参考文献

- [1] EISEI について : http://www.yac-j.com/hq/info/eisei_setsume.pdf, 2021/12/17 参照
- [2] EISEI の規約 : http://www.yac-j.com/hq/info/eisei_kiyaku171226.pdf, 2021/12/17 参照
- [3] ODV のページ : <https://odv.awi.de/>, 2021/12/18 参照
- [4] ODV V. 2 日本語マニュアル : https://www.nodc.noaa.gov/archive/arc0013/0001873/1.1/data/1-data/jp/publications/ODV/ODV_Ver2GuideJP040825.html, 2021/12/18 参照
- [5] GrADS のページ : <http://cola.gmu.edu/grads/>, 2021/12/18 参照

3.2 フリーソフトウェアによる海洋項目の地図化

3.2.1 SeaDAS を使った応用例

1) ソフトウェア SeaDAS の特徴

SeaDAS の概要については、3.1 (1) 節で説明した。SeaDAS は以下のような特徴を持つ。

- ・非常に高速に表示や操作ができる
- ・高度なレイヤー管理により、オーバーレイ操作ができる
- ・統計処理の領域選択ができ、グラフ化ができる
- ・ビットマスクの定義やオーバーレイが簡単にできる
- ・数式を使用したバンド間演算ができる
- ・地図投影とオルソ補正ができる
- ・地上基準点を用いた幾何補正ができる
- ・海岸線描画や陸域/水域のマスクができる
- ・作業途中のすべてのファイルやビューおよびレイヤーをセッションとして保存し、復元することができる。

ここでは、SeaDAS の機能の一部について説明する。

2) SeaDAS の操作例

(a) ファイルの読み込みと画像表示

SeaDAS はもともと海色用に作成されたソフトウェアである。2.2(3)で紹介した Ocean Color Web からダウンロードした衛星データはすべて表示可能である。

SeaDAS の画面上部に、ファイルのオープンから、統計的な情報表示まで様々な操作アイコンが並んでいる(図 3.2.1)。

ファイルボタン をクリック、もしくは[file]->[Open product...]を選択すると、「File Manager」上にファイルが表示される。画像の表示は、表示されているファイル横の をクリックし、「Bands」横の をクリックすると、プロダクト名が表示される。プロダクト名をクリックすると、画面中央に衛星画像が表示される。例の図 3.2.1 では、2021 年 11 月 15 日の日本近海のクロロフィル a 濃度(chlor_a)を表示した状態を表している。画面右側には、「Pixel Info」で画面中央の画像内にマウスが入ると、マウスの位置の緯度経度やプロダクトの値が表示される。

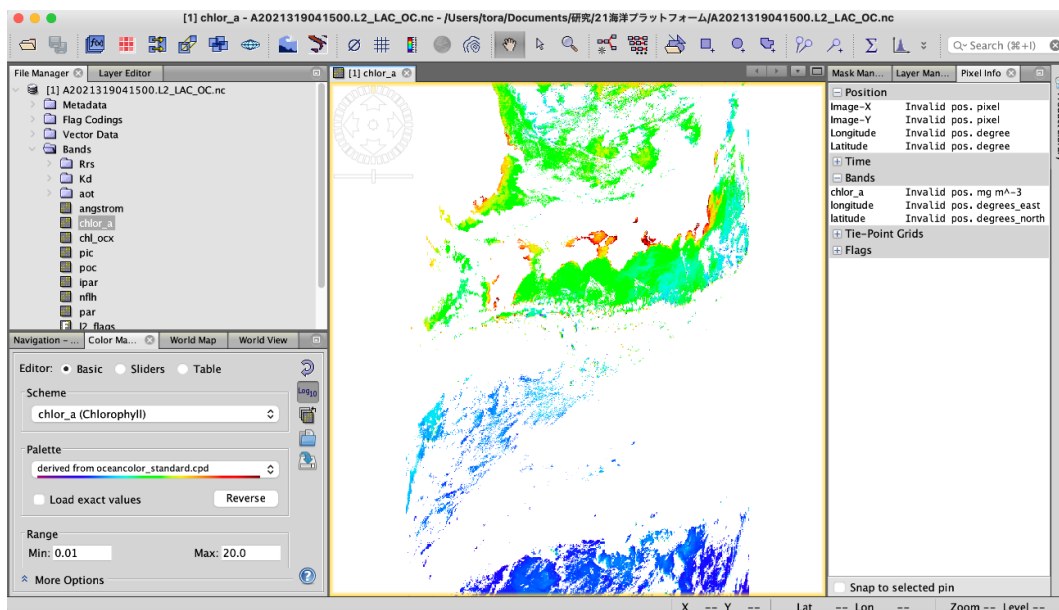




図 3.2.1 SeaDAS での画面

(b) 陸マスクや海岸線描画，緯度経度線描画

SeaDAS の機能の一例を示すと，陸や海岸線の描画は， ボタンを押して，「Create Masks」をクリックすると，海岸線や陸マスクができる．また， をクリックすると，緯度経度線が表示できる（図 3.2.2）．

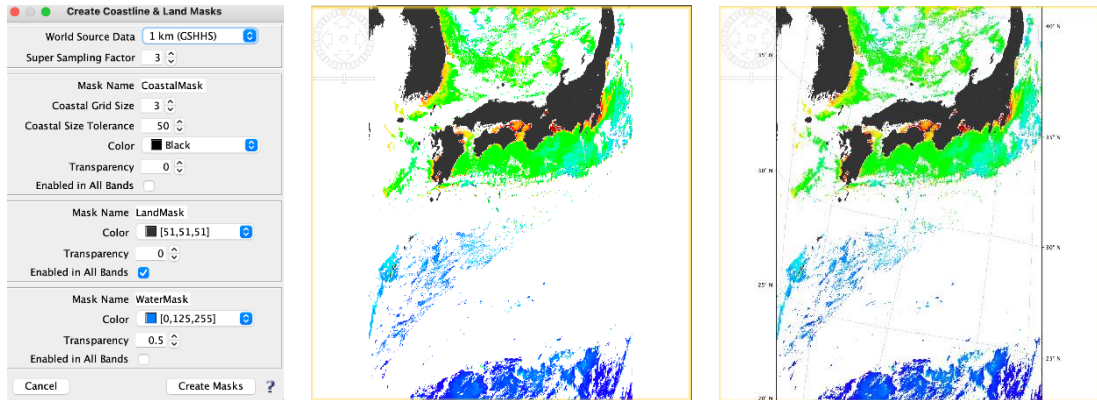


図 2 海岸線や陸マスクの設定と海岸線や陸マスク，緯度経度線が表示された状態

(c) 画像の拡大・縮小・回転

画像の拡大・縮小・回転は，画像左上の操作パネルを使う（図 3.2.3）．前後左右方向の矢印は，画像を平行移動させて，表示位置を変更に使う．下側のバーは，右にスライドさせると拡大，左は縮小に使う．円の部分をドラッグ&ドロップすると画像が回転する．これらはすべてマウスの操作で行う．

これら以外にも方法があり，虫眼鏡のマークをクリックして，画像上の範囲を指定すると，その範囲の拡大した表示に切り替わる（図 3.2.4）．ホイール付きのマウスであれば，ホイールを回すだけでも拡大・縮小できる．

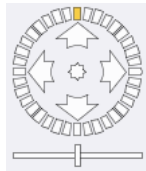


図 3.2.3 画像の拡大・縮小・回転用の操作パネル

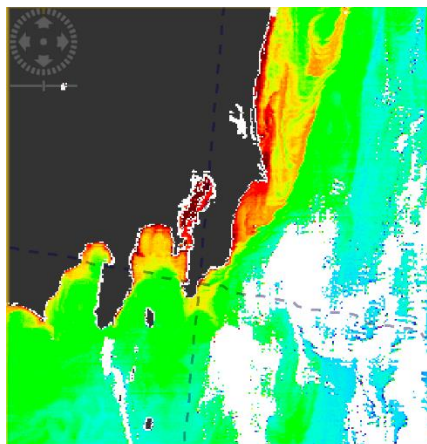


図 3.2.4 東京湾周辺を拡大

(d) 特定の位置のプロダクトの数値の読み取り

画像の特定ポイントのデータを読み取るには、ピンボタン を押し、画像上でマウスをクリックすると、ピンが立つ、複数のポイントを選択することもできる. 特定のピンのクロロフィル a 濃度を読み取るには、ピンボタン (2 つのピン) を押しと、画面下部に「Pin manager」が表示され、それぞれの位置の緯度経度が表示される. さらに、「Pin manager」の右端のアイコンをクリックし、プロダクトを選択すると、「Pin manager」の部分に各ピンの位置のプロダクトの値が表示される(図 3. 2. 5).

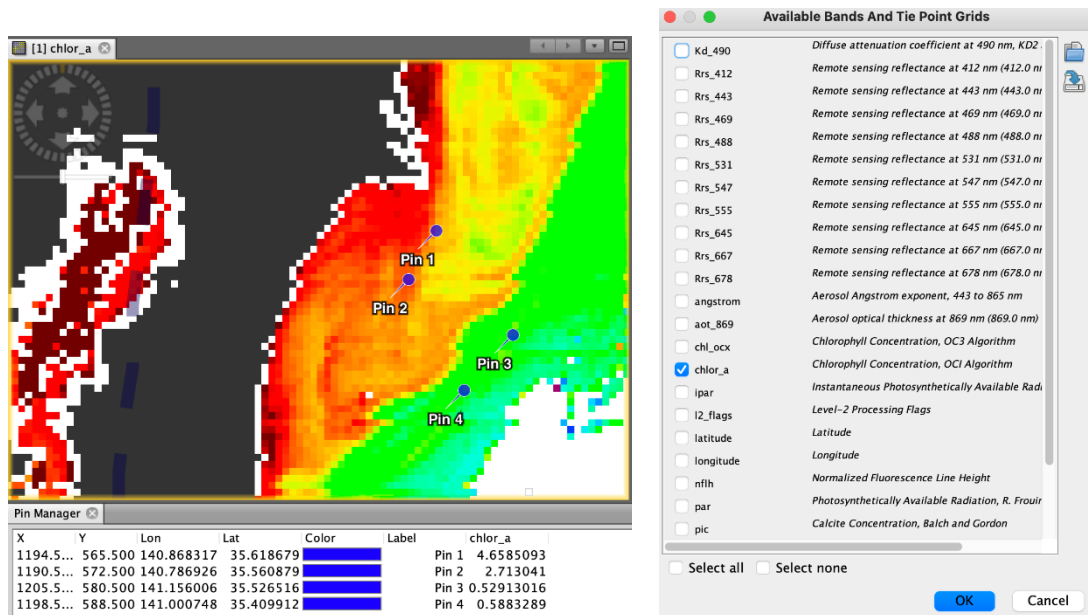


図 3. 2. 5 画像を拡大して、4つのポイントにピンを打った状態(右)と数値を表示するプロダクトを選択画面 (左)

(e) 画像間演算

複数の画像間の違いを調べるとき、画像間演算する. 例えば、平年値からの差分を取りたいなど場合などである. 画像間演算に使うデータを SeaDAS 上に取り込み、「f x (関数ボタン)」を使う.

例えば、2021年10月と平年の10月の平均クロロフィルa濃度を比較したいとする. まず、2021年10月の Monthly と10月の Monthly Climatology データを読みこむ(図 3. 2. 6). 次に、「f x (関数ボタン)」を押し、「Band Maths」画面を表示する. 「Band Maths」画面上の「Edit expression...」ボタンを押し、「Expression Editor」画面を表示する(図 3. 2. 7). 1 つ目のプロダクトを選び、中央にある演算子ボタンを押す. 差分を取る場合には、「@-@」である. 次に、もう一つのプロダクトを選択して指定し、式の入力を終わらば、OK ボタンを押す. 「Band Maths」画面上の OK ボタンを押すと、画像間演算結果が表示され、データが File Manager 上に追加され、画面上に演算後の画像が表示される(図 3. 2. 8).

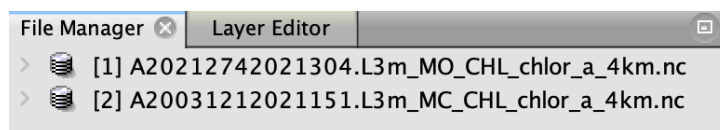


図 3. 2. 6 2021年10月と平年の10月の平均クロロフィルa濃度を読込んだところ

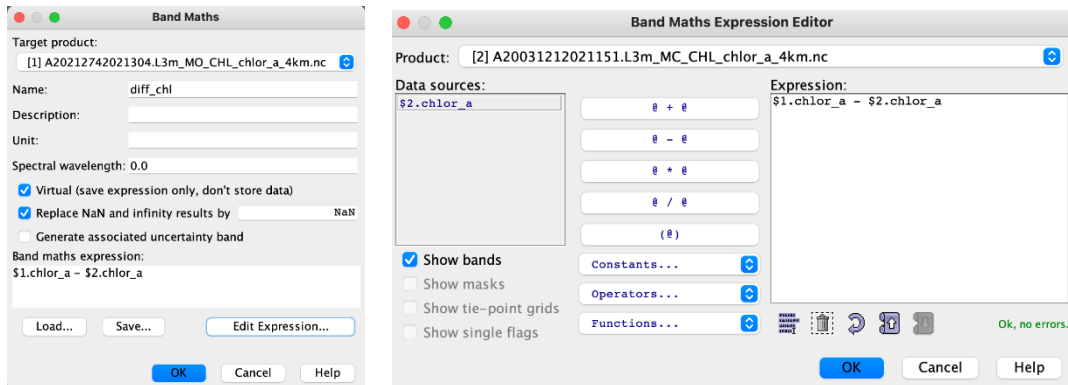


図 3.2.7 画像間演算の設定画面

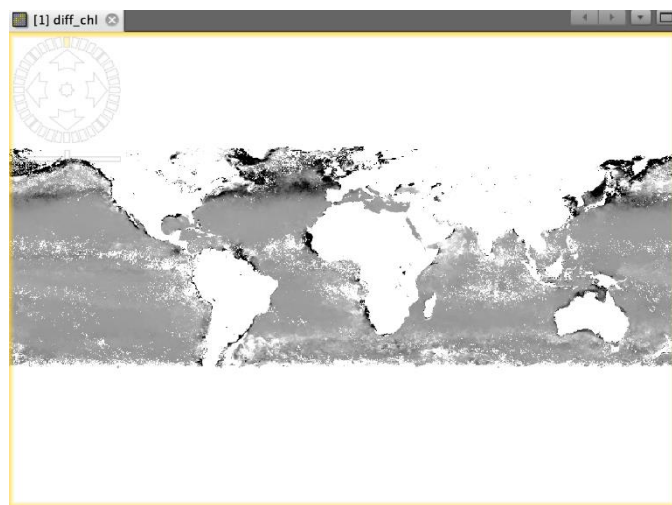


図 3.2.8 クロロフィル a 濃度の差分画像を表示したところ

(f) 画像のカラーマップの変更

画像のカラーマップを変更するには、「Color manager」を使う。

例として、先の節の差分画像に色を付けることとする。「Color manager」のカラーパレットを設定し、値の上限と下限を設定する(図 3.2.9). 色と数値の関係を示すカラーバーを表示するには、カラーバーボタン をクリックすると、カラーバーが表示される(図 3.2.10).

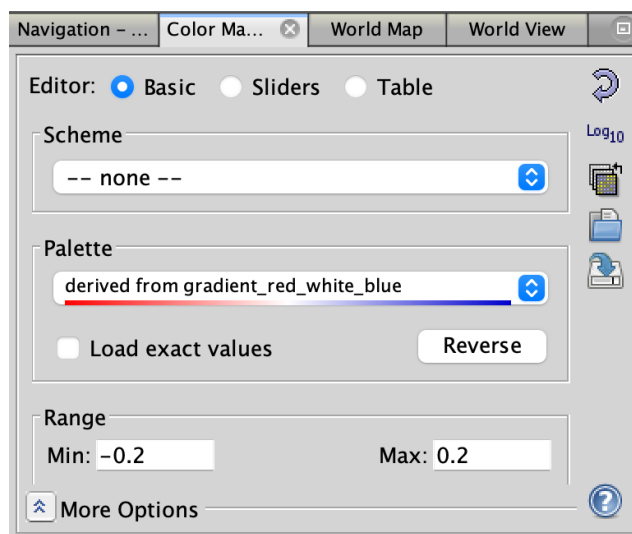


図 3.2.9 「Color manager」の設定画面

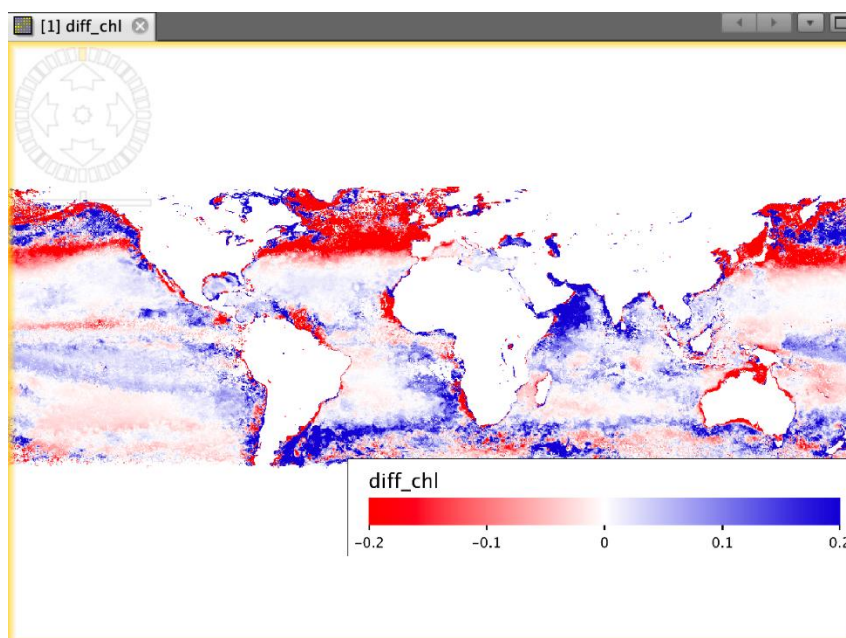


図 3.2.10 カラーパレットを設定し、カラーバーを表示した画面

SeaDAS には、ここで紹介した以外にも多くの機能がある。詳しくは、以下のサイト https://seadas.gsfc.nasa.gov/tutorials/video_tutorials/ や SeaDAS のヘルプを参照願いたい (<https://seadas.gsfc.nasa.gov/help/>)。

虎谷(2015) [1]でも SeaDAS の紹介をしている。当時と SeaDAS のバージョンが異なり、旧くなっている部分もあるが、おおむね参考になると考える。

参考文献

- [1] 虎谷充浩 (2015), 水域リモートセンシング用のソフトウェア (SeaDAS) について, 日本リモートセンシング学会誌, 35 巻・ 3 号, p.140-148.

3.2.2 QGIS を使った応用例

1) 概要

地理情報システム (GIS) は、緯度経度などの位置情報を持った空間データを複合的かつ総合的に管理・解析して、レイヤーと呼ばれる層構造で視覚的に表示し、空間データの属性情報などの演算やバッファリングなど、高度な分析を可能にする技術である。GIS は都市計画や農地管理など陸域での利用事例が圧倒的に多く、海洋での利用はまだ途上といえる。これは、海洋が水平方向に加え鉛直方向のデータが重要であること、海況などの事象の変化が複雑かつ早いことなど、様々な理由により現在の GIS の機能では十分ではないためである。海の GIS の基本データとしては国土地理院などの地図データや水路協会の海図データが使われるが、同じ面的なデータとして地球観測衛星データは GIS との親和性が高い。

GIS ソフトは有料・無料で多くのソフトが存在する。近年は無料ソフトでも有料ソフトなみの高度な機能を有するものがある。QGIS はその代表的なソフトである[1]。QGIS はオープンソースソフトウェア (OSS) で、ソースコードが公開されており、自由に改良再配布を可能となっている。本体にない機能をプラグインの形でユーザーによってどんどん追加されており、極めて高度な解析も可能となっている。また、Windows 以外にも MacOS や UNIX 系の OS でも動くことから利便性の高いソフトとなっている。

2) QGIS による衛星データの表示

QGIS ではジオメトリック情報を有するフォーマット (NetCDF や Geotiff など) の衛星データはドラッグアンドドロップで簡単に表示することが出来る。地図投影など幾何変換されていないデータを読み込む場合はプラグインなどを導入する必要がある。またレジストレーション補正や大気補正など専門的な衛星データ処理の機能については、NDVI (植生指標) の導出など一般的なものを以外は実装していないことが多い。衛星データの画素の型についても注意が必要で、たとえば画像を表示して特定の場所をクリックして画素値 (水温など) を取得しようとした場合、RGB の色情報で画素値を構成する一般的な Geotiff では水温などの物理量で値を取得することが出来ない。この場合、浮動小数点型の物理量で画素値を持つ Geotiff を読み込む必要がある。図 3.2.11 は QGIS で JAXA の GCOM-C/SGLI のクロロフィル濃度画像を表示した例である。日本周辺の衛星データを表示する場合は、座標系として EPSG コードを 4326 に設定すると扱いやすい。また、衛星画像を可視化する場合、色の配分 (カラーテーブルの調整) は重要である。たとえば海面水温画像は、狭いエリアで表示した場合、場所によっては階調がほとんど無かったり (温度差がほとんどない)、逆にクロロフィル濃度画像は狭いエリアで非常に幅広い階調 (隣接する海域で急激に濃度に変化する) であったりすることがある。QGIS では、これらの表示も簡単に変更可能となっており、シンボロジーから直感的にカラーテーブルを調整することができる。

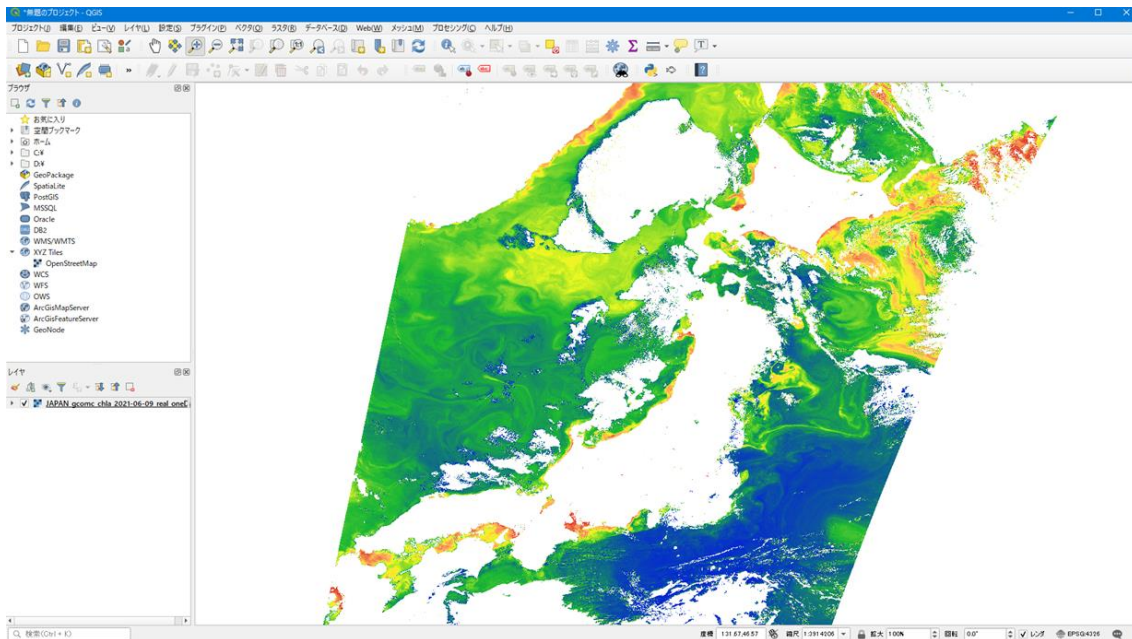


図 3.2.11 QGIS で SGLI のクロロフィル濃度画像を表示した例

QGIS を使えば、陸域に外部地図を表示する、陸域を単色でマスクする、緯度経度線を表示するといったことがメニューを選ぶなどの簡単な操作だけで可能となっている。図 3.2.11 ではそれらの処理の一部を適用している。

3) QGIS による GIS マップの作成・解析

QGIS により衛星データをベースデータとして現場観測データなどの各種の情報を重ね合わせた GIS マップを作る流れについて説明する。

GIS で扱うデータは、大きく分けて衛星データのような画像タイプのラスターデータと、調査船による観測データのような位置情報と複数の属性情報を持つベクトルデータに分けられる。海岸線や等深線などはベクトルデータとして扱われる。GIS では MS_ACCESS を含むさまざまなデータベースとの連携が可能で、これにより組織で保管されているアーカイブデータや多種多様なデータを読み込んで比較解析をするなどのビッグデータ解析が可能だが、自分が観測したデータや漁船の操業位置などのデータは扱いやすさから MS_Excel など管理されていることが多い。QGIS では、Excel のデータを直接取り込むプラグインがあり、これを導入すると簡単に Excel で保管されたベクトルデータをマップにすることができる(図 3.2.12)。また GIS の強力な機能を使えば簡単にベクトルデータが持つ属性情報でマーカーの切り替えや条件設定によるデータ抽出などの処理が可能である。図 2 はベースデータとして GCOM-C/SGLI の水温図、ダミーで作成した漁場データを重ね合わせて表示した例で、漁場データは複数の魚が同一場所で混獲された想定で百分率で表示した例である。

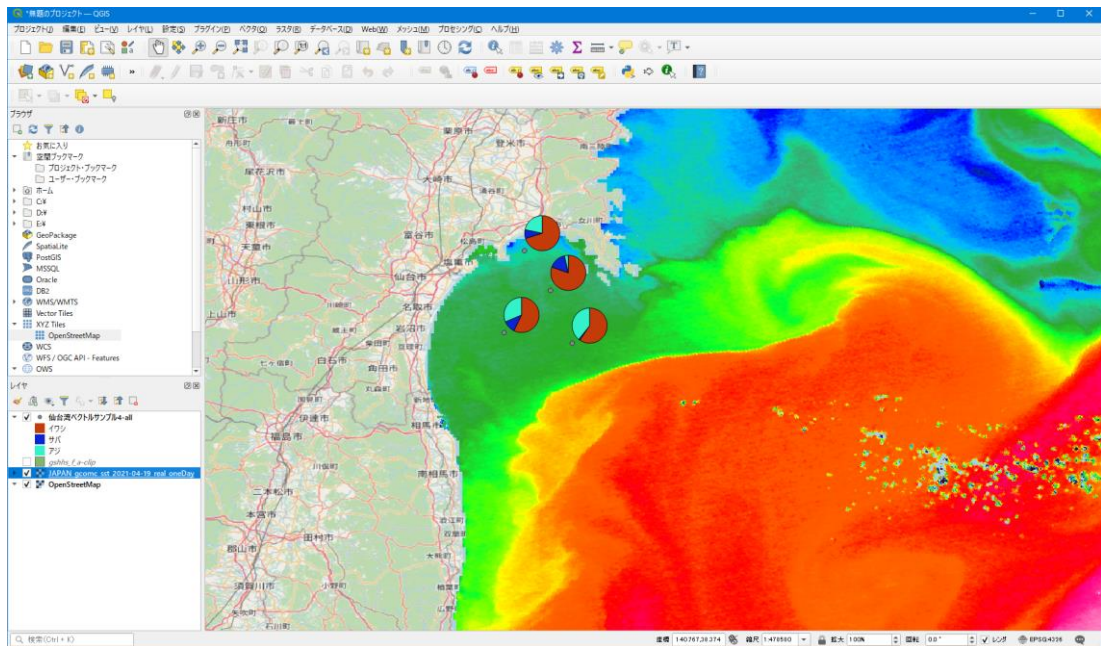


図 3. 2. 12 QGIS で衛星データと EXCEL のベクトルデータを表示した例

クリックした場所の画素値を衛星データから取得するという操作は画像データの分析ではよく行われる操作である。QGIS では画素値を取得するための強力なプラグインがあり、これを導入することで、複数の画像をレイヤーで重ね合わせて構成されたデータセットから一括で特定の位置の各レイヤーの画素値を取得することができる。この操作を応用すれば、波長別にレイヤー化した画像データから各波長の画素値を取得してスペクトル特性を得ることや、時系列の画像をレイヤー化した画像データセットから画素値の時間変化を取得すること等が可能である。図 3. 2. 13 は実際に画像から画素値を取得した例である。

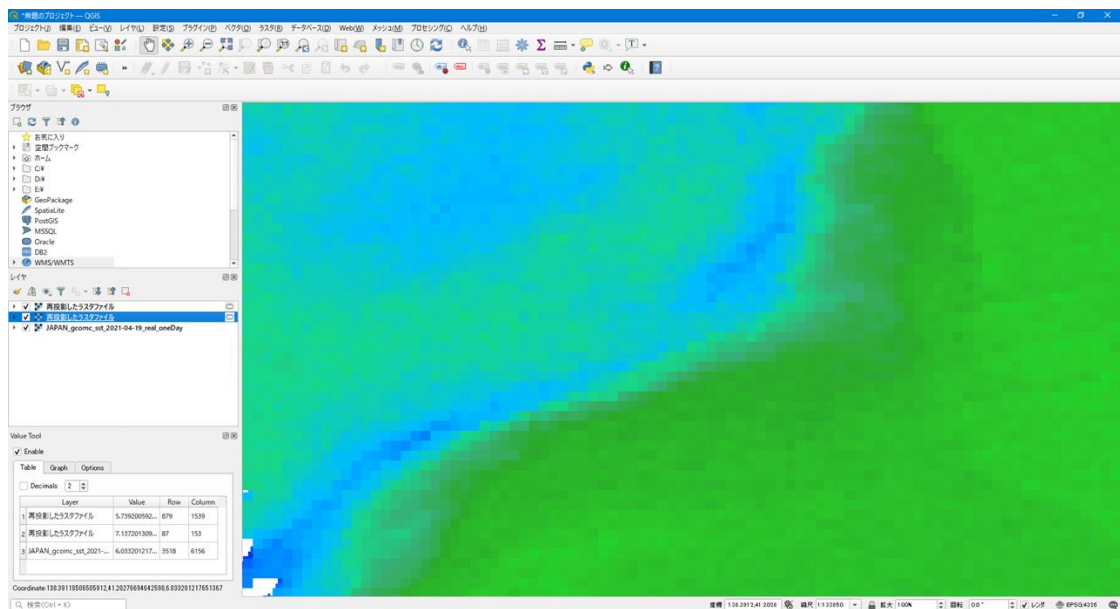


図 3. 2. 13 QGIS でプラグインにより衛星データの画素値を取得した例 (左下にレイヤーごとの画素値が表示されている)

4) WebAPI によるデータ連携と海洋 GIS の未来

WebAPI は、インターネットなどを介して (HTTP/HTTPS などの通信プロトコルを介して) 操作やデータをやり取りする API を指す。API とは OS やデータベースから直接操作しなければならない機能を外部のアプリケーションから呼び出すことが出来るようにした仕組み・インターフェースを指している。GIS と WebAPI も非常に親和性が高く、QGIS でも国土地理院などが提供する WebAPI により簡単に地図連携することができる。海洋分野では、海上保安庁が運用する「海しる」が WebGIS として稼働しているが[2]、「海しる」では WebAPI への対応も進めている。図 3.2.14 は試験的に公開されている海しる API を活用して GIS マップを作った例である。この図は「海しる」が提供する漁業権のデータ、JAXA の提供する衛星データ、更に愛知県水産試験場が収集した漁場データを連携されている。WebAPI によるデータ連携は「海しる」以外にもどんどん広がっており、これを有効に組み合わせることで高度な GIS マップを作ることが可能である。

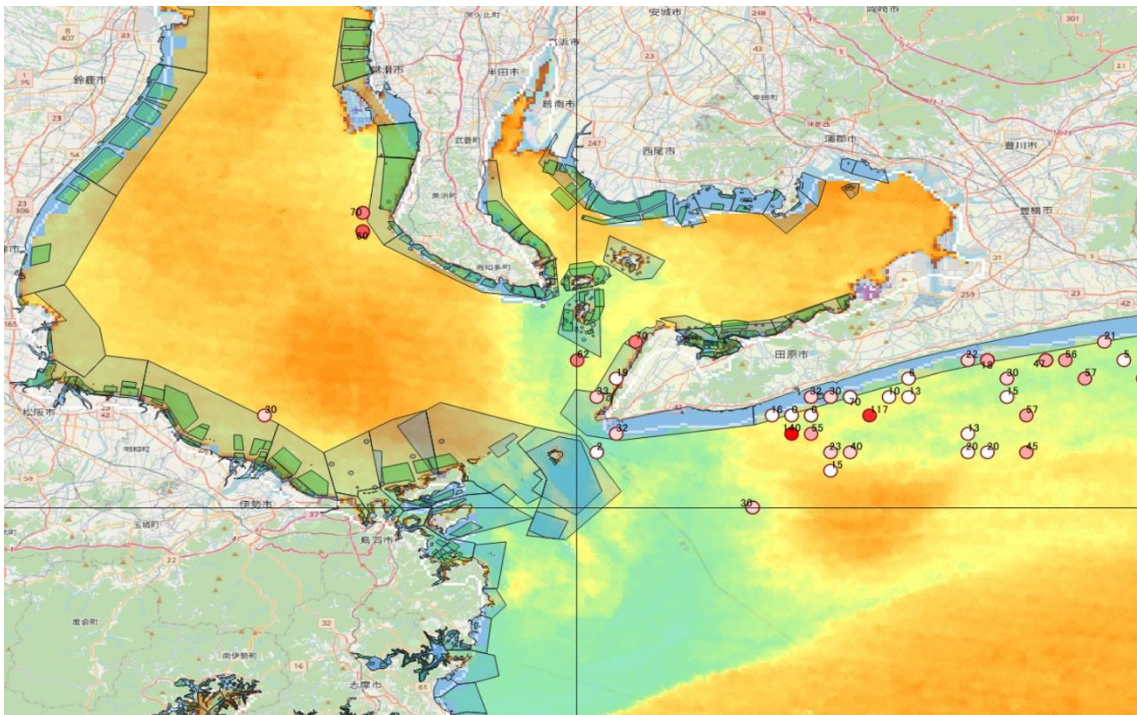


図 3.2.14 QGIS で WebAPI などを利用してデータ連携した例

GIS は、QGIS に限らず高機能化がどんどん進んでいる。これを積極的に利用することは研究や業務の効率化につながる。陸域での利用がメインであった GIS も、WebAPI によるデータ連携などの普及により、今後は海洋でも活用が今後更に進むと期待される。

参考文献

- [1] QGIS: <https://qgis.org/ja/site/>, 2022/2/10 参照
 [2] 海しる (海洋状況表示システム): <https://www.msil.go.jp/msil/htm/topwindow.html>, 2022/2/10 参照

3.2.3 SNAP を使った応用例

1) 概要

Sentinels Application Platform: SNAP は Sentinels Application Toolbox ベースで開発された、欧州宇宙機構 (European Space Agency: ESA) が所有している Sentinel1, Sentinel2, Sentinel3 などに加え、日本の ALOS などの衛星データにも対応したオープンな衛星画像処理ソフトである。Windows, MacOS X, Linux の OS に対応している。

2. SNAP の詳細

SNAP が有する機能を以下にまとめる。

- すべての Toolbox に共通のアーキテクチャ
- ギガピクセル画像でも非常に高速な画像表示とナビゲーションが可能
- Graph Processing Framework (GPF) : ユーザーが設定可能な処理チェーンの作成
- 高度なレイヤー管理により、他のバンドの画像, WMS サーバーからの画像, ESRI シェープファイルなどの新しいオーバーレイの追加と操作が可能
- 統計や各種プロットのための豊富な関心領域定義
- 簡単なビットマスクの定義と重ね合わせ
- 任意の数式を用いた柔軟なバンド演算が可能
- 一般的な地図投影への正確な再投影と正射投影.
- 地上基準点を用いたジオコーディングと平行化
- SRTM DEM の自動ダウンロードとタイル選択
- 大規模なアーカイブを効率的にスキャンし、カタログ化するための製品ライブラリ
- マルチスレッドとマルチコアプロセッサのサポート
- 統合された WorldWind のビジュアライゼーション

<http://step.esa.int/main/download/snap-download/> から、それぞれの OS に適したバージョンのインストーラーをダウンロードする。図 3.2.15 に示す通り、各 OS に対して、Sentinel-1, 2, 3 に対応するバージョン、左記に加えて SMOS に対応するバージョン、さらに高緯度植生観測の小型衛星ミッション: PROBA-V が追加されたフルオプションが用意されている。

	Windows 64-Bit	Windows 32-Bit	Mac OS X	Unix 64-bit
Sentinel Toolboxes	These installers contain the Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 Toolboxes, download size is close to 900MB.			
	Main Download	Main Download	Main Download	Main Download
	Mirror Download	Mirror Download	Mirror Download	Mirror Download
SMOS Toolbox	These installers contain only the SMOS Toolbox, download size is close to 500MB. Download also the Format Conversion Tool (Earth Explorer to NetCDF) and the user manual .			
	Main Download	Main Download	Main Download	Main Download
	Mirror Download	Mirror Download	Mirror Download	Mirror Download
All Toolboxes	These installers contain the Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 Toolboxes, SMOS and PROBA-V Toolbox, download size is close to 1GB.			
	Main Download	Main Download	Main Download	Main Download
	Mirror Download	Mirror Download	Mirror Download	Mirror Download

図 3.2.15 2021/12/20 時点でダウンロード可能な最新バージョン

次に、Sentinel-1 を例として、画像表示までの具体的な手順を示す。

まず、2.1(4)に前述した、Copernicus Open Access Hub などから Sentinel-1 データをダウンロードする。Zip ファイルは解凍する必要はない。次に、File> Open Product からダウンロードしたファイルを指定し、画面左上のタブから Product Explorer を選択し、Sentinel-1 データファイルに含まれるパラメータ項目が表示されていることを確認する。各パラメータの詳細は、右の”>”を押下すると表示される。

この中で、Bands に画像データが含まれている。表示される、画像データを選択すると、メイン画面に表示される。表示される画像は、記録順に格納されているため、東西南北が逆転表示される可能性があるが、幾何補正を行うことで地図に従った投影にすることができる（図 3.2.16 参照）。

画面上の Radar メニューに SAR 特有の処理が揃っている。例えば、

- Radiometric > Calibrate から Sigam0, Gamma0 への補正
- Geometric > Terrain Correction から幾何補正
- Speckle Filtering > スペックルノイズの除去

また、偏波解析、干渉解析など高度な解析も可能である。

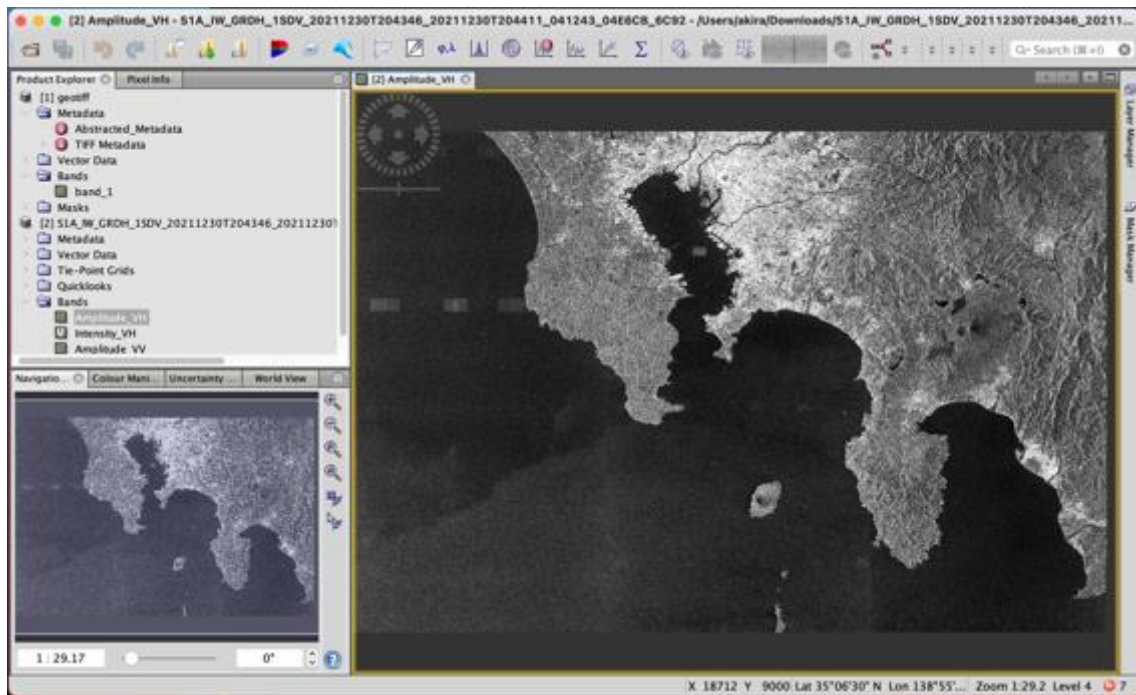


図 3.2.16 Sentinel-1 データを SNAP に表示した例

参考文献

- [1] ESA SNAP download, <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>, 2021/12/20 参照

3.2.4 Octave を使った応用例

1) 概要

衛星データの処理には、これまで高価な衛星画像処理ソフト ERDAS, ENVI, ER-Mapper などがなければ解析が難しいとされ、リモートセンシング以外の研究者や一般の方からは敬遠されがちであった。しかし、最近では SeaDAS (Windows 版, Mac 版, Linux 版) などのフリーのビューワーソフトや Multispec (Windows 版, Mac 版) などのフリーの解析ソフトを利用することによって、簡単な解析であれば、誰でもお金をかけずに挑戦できるようになってきている。

<フリーの衛星ビューワー・解析ソフトのダウンロードサイト>

SeaDAS (NASA) : <https://seadas.gsfc.nasa.gov/downloads/>

Multispec (Purdue 大学) : <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>

一方、大学生やリモートセンシング研究をこれから着手しようという人にとっては、これらのソフトでは物足りないと感じている人も多いだろう。筆者の研究室では、主に汎用の数値計算ソフトである Matlab (学生ライセンスは 1 万円程度) または Octave や Scilab (フリーウェア) を使って、衛星画像を解析、マッピングを行っている。これらのソフトの良いところは、衛星データの解析に特化していないソフトウェアにも関わらず、高度な行列計算を比較的簡単なプログラムだけで実現できること、そして自分自身が開発したアルゴリズムを簡単にプログラムに入れ込んで計算し、マッピングまで行えることである。さらに、過去の学生や教員が作成したプログラムを伝授していけば、初めて衛星データに触れる人でも最初は実行ボタン一つで難しい解析ができてしまうのである。

2) 衛星データの入手

Landsat-8 や Sentinel-2 データを入手する場合、米国地質調査所 (USGS) が運用する「Earth Explorer」が便利である。このサイトからは画像フォーマットとして有名な TIF データ (正式には緯度経度情報が含まれた Geotiff データ) となっている。以下にそのダウンロード手順を記述する。

<データのダウンロード手順>

- ① Earth Explorer[1]のダウンロードサービスを受けるため、図 3.2.17 画面右上の「Register」でユーザーの名前、パスワードの登録(無料)を行う。登録が成功すれば、USGS から連絡が来るので、その後 USGS からの連絡をもとに、改めて Earth Explorer の login を行う。
- ② 図 3.2.17 画面左上の「Search Criteria」の欄で、まず検索したい場所を付図-2 の地図画面上でクリックする(付図-2 の画面左中段の「Coordinates」欄にその場所の緯度経度が表示される)。必要に応じて、画面左のメニューで取得したい日にち、または期間を入力する。
- ③ 図 3.2.17 の画面左上の「Data Sets」をクリックし、「Landsat」の下階層である「Landsat Collection 1 Level 1」, 「Landsat8 OLI/TIRS C1 Level 1」(Sentinel-2 であれば、「Sentinel」の下階層にある「Sentinel-2」) にチェックを入れる。
- ④ 画面左下の「Results」というボタンを押せば、すぐに検索結果が表示される。検索結果の画面下には足跡マークや駐車禁止のようなマークがあるが、この中で、欲しい画像があれば、下向きの緑矢印とハードディスクのような形の描いてある「Download Option」というアイコンがあるので、これをクリックするとダウンロード選択画面が現れるので、最も下段にある画像データ (Level-1 GeoTIFF Data Product) をダウンロードする。なお、1 シーンの Landsat-8 データは、約 850Mb ほどあるので要注意である。なお、Landsat-8 の場合、少しデータ生成に時間がかかるが、手順③の工程で「Landsat Collection 1 Level 1 Level-2」のデータを選べば、面倒な大気補正作業をしなくても大気補正済みの反射率データが得られるため、特におすすめである。

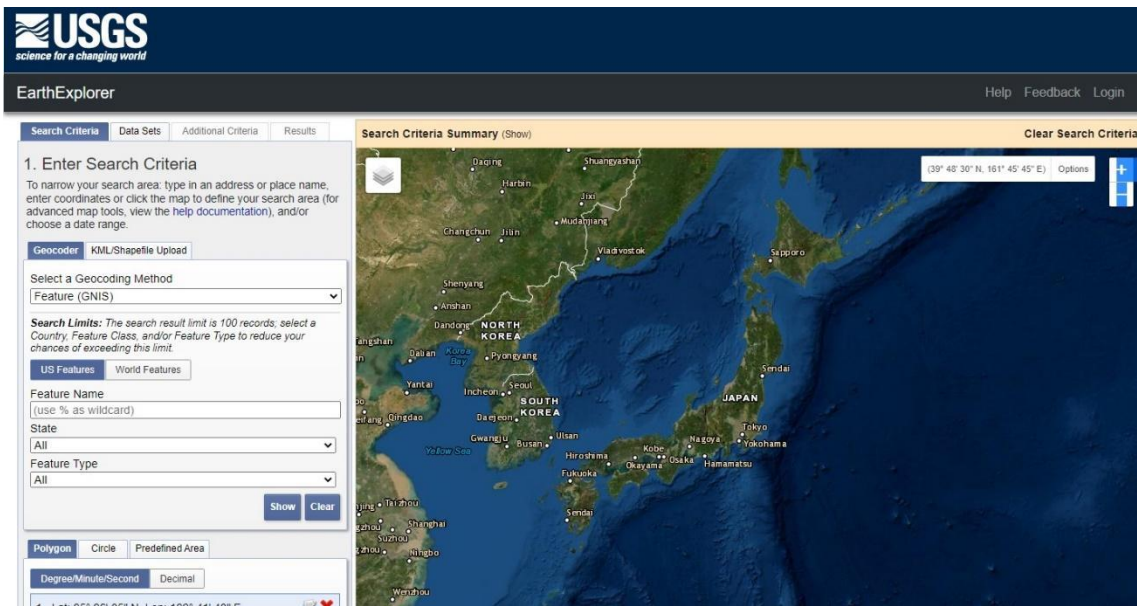


図 3. 2. 17 Earth Explorer の TOP 画面

3) Octave を使った衛星データの解析例

Octave を使った衛星データの解析一例として、以下に Landsat-8 データから東京湾の SST（海面水温）マップを作成するプログラムの例を示す。前述した方法で Landsat-8 データをダウンロードして、任意のフォルダでこのプログラムを実行すれば、東京湾の水温分布図を描くことができる。

<Matlab (Octave)プログラム例>

```
%ファイルの読み込み
DN5=imread('LC81070352014231LGN00_B5.TIF'); %Band5 を読む
B5=double(DN5(5200:7000, 2300:3800));
clear DN5
DN10=imread('LC81070352014231LGN00_B10.TIF'); %Band10 を読む
B10=double(DN10(5200:7000, 2300:3800));
clear DN10
DN11=imread('LC81070352014231LGN00_B11.TIF'); %Band11 を読む
B11=double(DN11(5200:7000, 2300:3800));
clear DN11
%放射輝度計算
L10=3.3420E-04*B10+0.10000; %B10 の放射輝度変換
L11=3.3420E-04*B11+0.10000; %B11 の放射輝度変換
clear B10 B11
%温度計算
K1_B10=774.89; %B10 のプランク第1定数
K2_B10=1321.08; %B10 のプランク第2定数
K1_B11=480.89; %B11 のプランク第1定数
K2_B11=1201.08; %B11 のプランク第2定数
T10=real(K2_B10./log(K1_B10./L10+1)-273.15); %Band10 の輝度温度
T11=real(K2_B11./log(K1_B11./L11+1)-273.15); %Band11 の輝度温度
MCSST=T10+1.95.*(T10-T11)-0.48; %MCSST 計算(作野ら)
```

```

clear K1_B10 K2_B10 K1_B11 K2_B11 T10 T11
%陸マスク処理
landmask=double(B5<=8000); %陸を 0, 海を 1 とする
seamask=double(B5>8000); %海を 0, 陸を 1 とする
landmask2=seamask*(-1000); %陸を-1000, 海を 0 とする
Tmask=MCSST.*landmask+landmask2;
clear landmask seamask landmask2
%水温表示
colormap(jet(128));
map = colormap; % current colormap
map(1,:) = [0,0,0]; % 最初の値を黒とする
colormap(map)
imagesc(Tmask);figure(gcf);
colorbar
caxis([22 30]); %値の範囲
axis off; %軸の目盛をなくす
axis image; %サイズを画像に合わせる
    
```

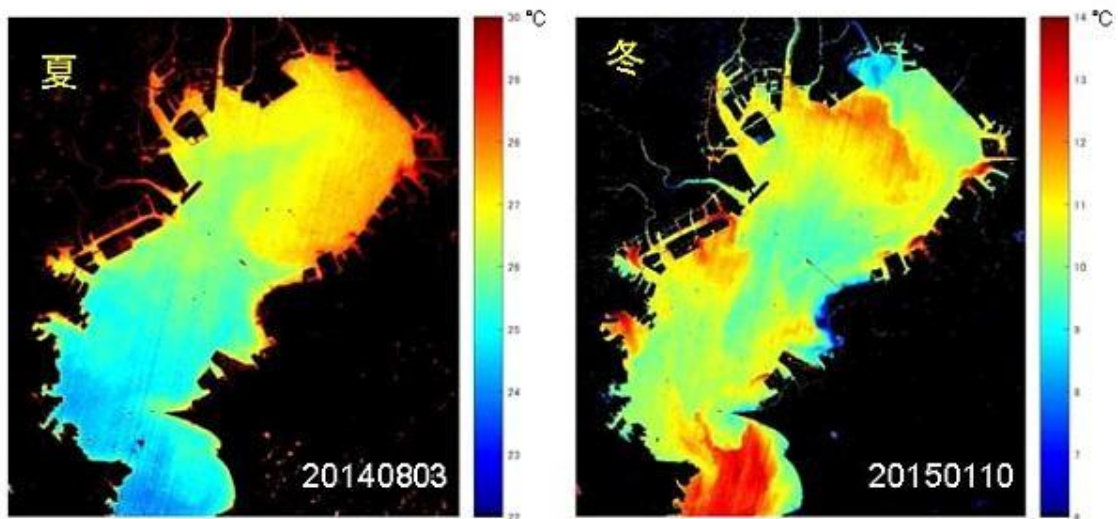


図 3.2.18 Octave による水温マッピング例 (文字などはドロー系ソフトで後入れ)

参考文献

- [1] USGS Earth Explorer: <https://earthdata.nasa.gov/eosdis/daacs/podaac>, 2021/10/6 参照.

3.3 解析・開発システム

3.3.1 Google Earth Engine

1) 概要

これまでの衛星データの解析では、衛星データを配布サイトから個人のパソコンにダウンロードし、そのパソコンにインストールしたソフトウェアで行われてきた。しかし、最近クラウド環境が発展するにしたがって大きな変革が進んでいる。このようなクラウドベースの解析・開発システムとして、世界的には Google Earth Engine が、国内では Tellus (3.3.2) がよく利用されている。これらのシステムでは、あらかじめクラウドに収納されている多くの衛星データをダウンロードなしで利用でき、またクラウド上に準備されている様々なツールが利用可能である。

Google Earth Engine (以下 GEE) は、Google 社が開発したシステムであり、無料で利用が可能である [1, 2]。多くの衛星 (LANDSAT, MODIS, Sentinel, GCOM-C など) や他 (ECMWF の気象モデルや HyCOM の海洋モデルなど) のデータセットがすでに収納されている [3] だけでなく、Google 収納されていないデータや自分で作成したデータセット等を自分のアカウントに収納して使用することも可能である。開発環境は、基本は Code editor [4] で編集できる java スクリプトであるが、GEE 用のコマンドが多数用意されている。このシステムで開発したアプリは、ウェブ上で公開することが可能であり、4.2 で述べられる Global Eutrophication Watch もこの GEE を利用している。また、別に GEE 用のモジュールをインストールすれば、Google Colabo [5] や自分のパソコンなどにインストールされている Python から GEE にアクセスし、データを解析することも可能である [2]。Earth Engine Explore [6] は、GEE のデータセットを簡易的に表示するツールである。

2) GEE Code Editor によるデータ表示

Code Editor [4] は Google (gmail) アカウントを登録することによって利用することが可能である [7]。Code Editor を開始すると、4 つのウィンドウが開く (図 3.3.1)。左画面 Scripts の Example には、衛星データを読み込み、処理するコードの例が多くあり、選択すると中央画面にコードが表示される。これを Run するだけで、様々な画像が下の地図上に出力される。例えば、(Scripts の検索画面に GCOM-C と入れて、) Datasets から JAXA_GCOM-C_L3_OCEAN_CHLA_V3 を選択して Run すると、「しきさい」のバージョン 3 の全球クロロフィルデータが表示される。中央画面のコードが修正することで、様々な解析が可能になる。コード中のコマンドに関しては Docs で、データに関しては上の検索ウィンドウで、詳しい情報を確認することができる。修正したコードは、Save でクラウド上の自分のフォルダに保存でき、さらに Get Link を利用するとネットを通じて他の人と共有化することもできる。さらに地図画像上をクリックすることによって、右画面の Inspector にポイントデータが表示される。Earth Engine Data Catalog [3] でデータセットを探して、Earth Engine Snippet のチェックボックスをクリックしても、Code Editor に表示用のコードが表示される。

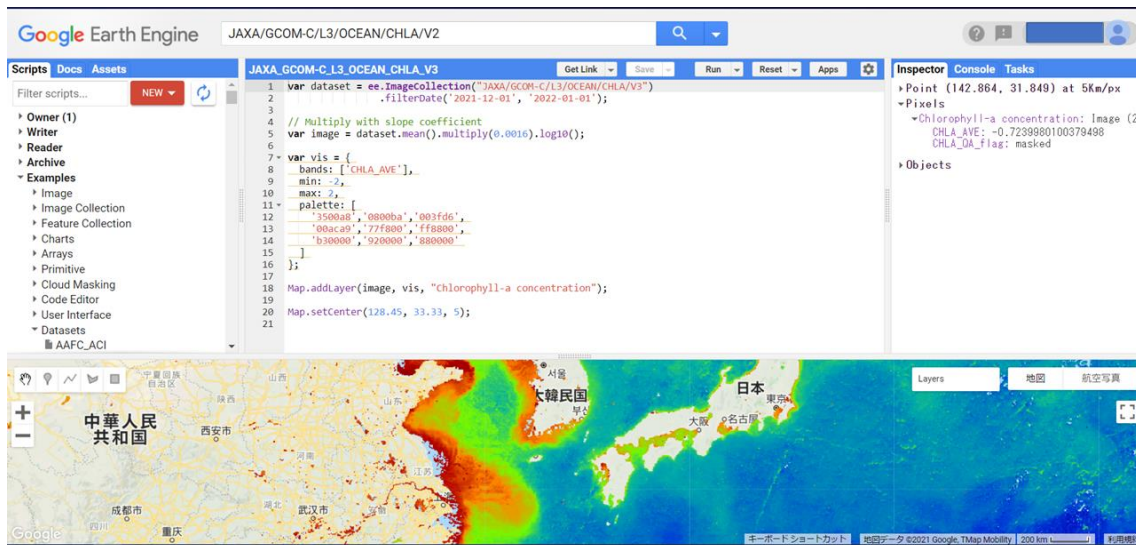


図 3.3.1 GEE での画像表示例

上記のコードでは、1~4行目で2021年12月1日から2022年1月1日までの日中のデータを読み込んでいる。7行目では平均をとり、変換係数0.016をかけたうえで、ログをとっている。9~18行目は、データ中のCHLA_AVEを選び、最小から最大を-2~2の間を、指定した色で表示している。20行目は表示した画像をChlorophyll-a concentrationとしてLayerに格納し、22行目では経度128.45度、緯度33.33度を中心に、5の大きさで表示している。

3) 時系列プロット

以下に、時系列MODIS-aquaのクロロフィルaデータの時系列図を作成するコードを上げる。図3.3.2のコードを実行すると、コンソールにグラフが表示される。グラフ横のチェックボックスをクリックすると、図3.3.3のように大きく表示され、データがcsv、画像はsvgおよびpng形式でダウンロードできる。

// データ読み取り

```
var aquaColl = ee.ImageCollection("users/nwatches/OCEANCOLOUR/MODIS-Aqua/L3M")
    .filter(ee.Filter.date('2010-01-01', '2020-12-31'));
```

// データ抽出点の緯度・経度

```
var inner =
    ee.Geometry.Point([137.2141, 36.8886]);
```

```
var offshore =
    ee.Geometry.Point([137.618, 37.259]);
```

```
var outer =
    ee.Geometry.Point([135.597, 37.251]);
```

// データ抽出地点を地図上に表示

```
Map.addLayer(inner, { color: "#0000FF" }, "Inner");
```

```
Map.addLayer(offshore, { color: "#FF0000" }, "Mid");
```

```
Map.addLayer(outer, { color: "#000000" }, "Open");
```

// データ抽出点を定義

```

var points = ee.FeatureCollection([
  ee.Feature(inner, {label: 'Inner-Bay'}),
  ee.Feature(offshore, {label: 'Offshore'}),
  ee.Feature(outer, {label: 'Open Ocean'}),
]);

// 時系列図の形式
var opts = {
  title: 'Chl-a Timeseries',
  hAxis: {title: 'Time',
    titleTextStyle: {italic: false, bold: true }
  },
  vAxis: {title: 'Chla [mg/m^3]', scaleType: 'log',
    titleTextStyle: {italic: false, bold: true }
  },
  lineWidth: 2,
  pointSize: 3,
  // Series (Time)
  series: {
    0: {color: '#0000FF', label: 'Inner-Bay'},
    1: {color: '#FF0000', label: 'Offshore'},
    2: {color: '#000000', label: 'Open Ocean'},
  }
};

// ImageCollection から時系列の決定
// 日付ごとにバンドデータをプロット
var chart =
  ui.Chart.image
    .doySeriesByRegion({
      imageCollection: aquaColl,
      bandName: 'chlor_a',
      regions: points,
      regionReducer: ee.Reducer.median(),
      scale: 4640,
      seriesProperty: 'label',
    })
    .setOptions(opts);

// 表示
print(chart);

```

図 3.3.2 時系列図のコード

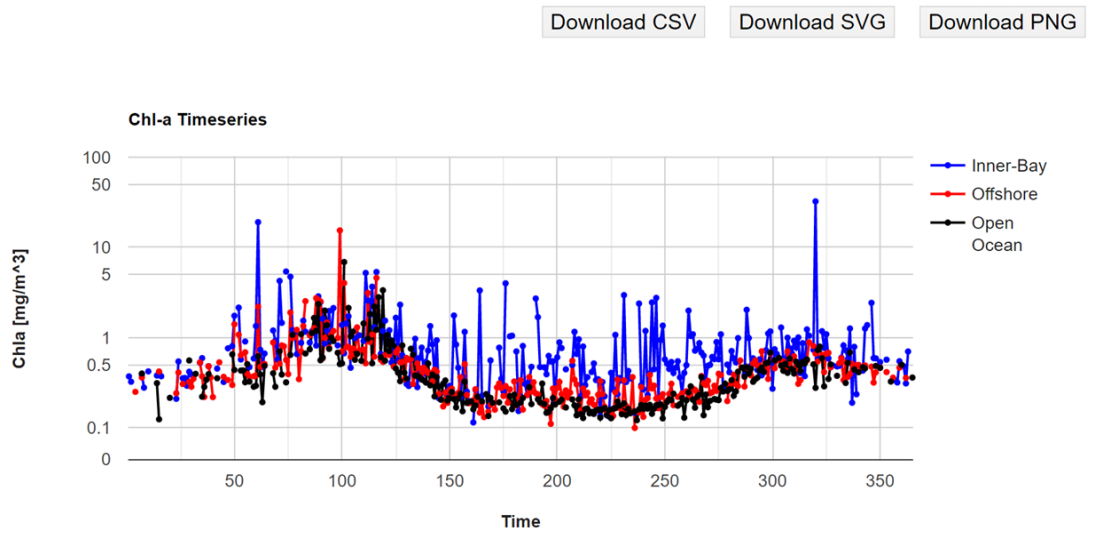


図 3.3.3 時系列図

4) GEE 利用の注意点

GEE にはすでに様々のデータセットが準備されており、気軽に利用することが可能であり、また容易にオンラインツールを開発することも可能である。しかし、収納されているデータセットの場合、一部のデータについてはバージョンが混在しており注意が必要である。また、海洋に関するものは多くないが、一般的な情報はネット上に多く出ている。日本語では山本ら[8]が比較的わかりやすい。また Youtube でも、さまざまな動画がアップされているが、Erickson の Google Earth Engine 101[9]は全体がまとまっている。

参考文献

- [1] GEE TOP ページ : <https://earthengine.google.com/>, 2022/1/10 参照
- [2] GEE Developer ページ : <https://developers.google.com/earth-engine>, 2022/1/10 参照
- [3] GEE データセットページ : <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>, 2022/1/10 参照
- [4] GEE Code Editor: <https://code.earthengine.google.com/>, 2022/1/10 参照
- [5] Google Colab : <https://colab.research.google.com/>, 2022/1/10 参照
- [6] Google Earth Engine Explore : https://www.google.com/intl/ja_ALL/earth/outreach/learn/introduction-to-google-earth-engine/, 2022/1/10 参照
- [7] GEE signup ページ : <https://signup.earthengine.google.com/>, 2022/11/10 参照
- [8] 山本雄平・小菅生文音・市井和仁, Google Earth Engine による MODIS データの解析 VL 講習会 ~ Google Earth Engine 篇~, 千葉大学環境リモートセンシング研/究センター, https://ceres.chiba-u.jp/vl_lecture/, 2022/11/10 参照
- [9] Google Earth Engine 101 : https://www.youtube.com/watch?v=I-wFYm4Hnhg&ab_channel=GoogleEarth, 2022/11/10 参照

3.3.2 Tellus

1) 概要

Tellus（テルース）とは、衛星データを利用した新たなビジネスマーケットの創出を目的とする、日本発のクラウド環境で分析ができるオープン&フリーなプラットフォームである。さくらインターネットが経済産業省の「平成30年度政府衛星データのオープン化及びデータ利用環境整備事業」を受託し開発を行っている[1]。なお、2020年6月30日に閣議決定された宇宙基本計画の改訂において[2]、Tellusは「衛星データの安定的かつ恒久的な提供を可能とするため、政府衛星データプラットフォーム「Tellus」について、民間活力も最大限利用しつつ、2020年度以降も衛星データを含む多様なデータの拡充、他分野のプラットフォームとの連携、解析ツールの拡充等の機能向上を進める。政府・公的機関によるTellusの積極的な活用等を通じた衛星データの利活用（アンカーテナンシー）の推進や、海外の衛星データプラットフォームとの連携を通じた衛星データの国際共有を進め、衛星データを活用した新たなビジネスを創出する民間事業者の取組を後押しする。」と位置付けられている。

2) Tellusの詳細



図 3.3.4 Tellus を構成する 6 つの要素

図 3.3.4 に示す通り、Tellus は、学習からビジネスまで一気通貫で提供するプラットフォームであり、その機能は 6 つの要素で構成されている。メディア、広報、データコンテストなどのサポート機能をはじめ、メインとなるコンピューティングパワーには、随時増強できるクラウド環境において CPU、GPU、メモリを提供し、また 5 PB を超えるデータを保存するためのストレージを備えている。ストレージには、JAXA の ALOS、ALOS-2 を始めとした政府系衛星データや ASANARO-1、ASANARO-2 など国内外の商業衛星のデータ、また地図や統計データ等の地上データも搭載されている。

Tellus のオペレーティングシステム (Tellus OS) [3]を利用すると、Tellus に搭載されるデータの可視化、解析、分析をよりスムーズに行うことができ、ブラウザに表示された地図上に、衛星データや地上データを直感的な操作でマッピングし、時系列情報や地域ごとの特性などを可視化できる(図 3.3.5 参照)。またより高度な解析、分析を行うため、統合開発環境 (Jupyter Lab) は期間限定で無償提供されている (要申請)。



図 3.3.5 Tellus OS に GRUS データを表示

マーケットからは、利用者がデータ、アプリケーション、アルゴリズムなどのツール利用、解析や分析に必要なデータの購入や、完成したプロダクトを販売することが可能である。

以上の通り、Tellus は衛星データやツールの提供、アプリケーションなどの開発環境、衛星データ活用のためのトレーニングおよび衛星データコンテストなどの教育コンテンツ、そして衛星データを活用するための情報を提供するオウンドメディアという機能を備えている。

参考文献

- [1] 気象ビジネスコンソーシアム，第一回気象ビジネスマッチングフェア資料，Tellus の開発状況について，https://www.wxbc.jp/wp-content/uploads/2018/11/bm/1-5_sakura.pdf，2021/12/20 参照
- [2] 内閣府宇宙基本法，<https://www8.cao.go.jp/space/plan/keikaku.html>，2021/12/20 参照
- [3] Tellus トップページ，<https://www.tellusxdp.com/>，2021/12/20 参照

3.4 有償リモートセンシングソフトウェア

ここまでは、リモートセンシングの研究者や専門の会社の関係者ではなく、一般の人でも無料で入手できるリモートセンシングソフトウェアを使った解析事例を紹介してきた。しかし、この報告書を読む読者の中には、有償であっても高度な解析ができるリモートセンシングソフトウェアを知りたいまたは購入したい人もいるだろう。そこで、ここでは、主に衛星リモートセンシングの分野でよく使われている有償のソフトウェアの概要を紹介する。

表 3.4.1 は、比較的有名な有償リモートセンシングソフトウェアの概要である。この表より、有償の場合、その価格は約 30 万円～160 万円程度であることがわかる。また、リモートセンシングソフトウェアには、主に GIS（地理情報システム）主体のものと、画像処理主体のものに分かれる（筆者の経験上、両立するソフトウェアは極めて少ない）。教育や研究で広く使われる ArcGIS や Mapinfo Pro は GIS 主体で、画像（ラスター）情報よりも、線やポリゴン（ベクター）情報の扱いに長けている。その他は、画像処理に主体を置いていると言ってよいだろう。有償のソフトウェアでは複雑な衛星データの読み込みや画像処理（幾何補正や分類処理など）や豊富なデータ出力が容易であることが、フリーのソフトウェアと決定的に異なる点である。このように有償のリモートセンシングソフトウェアは極めて高額であっても、素早く衛星データを解析して、美しい画像を出力できる利点があるため、根強い人気がある。

表 3.4.1 比較的有名な有償リモートセンシングソフトウェアの概要[1]

No.	ソフトウェア名	価格(万円) *	国内販売元	備考
1	ArcGIS [2]	40	ESRI ジャパン	GIS 主体
2	ENVI [3]	150	Harris Geospatial	画像処理主体
3	ERDAS ER Mapper [4]	-	日本インターグラフ	画像処理主体
4	ERDAS IMAGINE [5]	50-160	日本インターグラフ	画像処理主体
5	Mapinfo Pro [6]	40	シンクソート・ジャパン	GIS 主体
6	PG-STEAMER [7]	30	BIZWORKS	画像処理主体
7	TNT mips [8]	70	オープン GIS	画像処理/GIS

*2020-2021 年現在の概略価格

参考文献

- [1] GIS NEXT 編集部：主なデスクトップ GIS ソフトウェア一覧，ネクストパブリッシング，東京，2021.
- [2] Arc GIS：<https://www.esri.com/products/arcgis/>，2022/1/18 参照
- [3] ENVI：<https://www.harrisgeospatial.co.jp/Software-Technology/ENVI>，2022/1/18 参照
- [4] ER Mapper：
https://bynder.hexagon.com/m/2765e50aa113cd4/original/Hexagon_GSP_ERDAS_ER_Mapper_product_sheet.pdf，2022/1/18 参照
- [5] ERDAS IMAGINE：<https://www.hexagongeospatial.com/ja-jp/products/power-portfolio/erdas-imagine>，2022/1/18 参照
- [6] Mapinfo pro：https://ssl.japan.mapinfo.com/location/products/software/software_v2019.php，2022/1/18 参照
- [7] PG-STEAMER：<http://www.bizworks.co.jp/PGS/Top.htm>，2022/1/18 参照
- [8] TNT mips：<https://www.opengis.co.jp/htm/catalog/catalog.html>，2022/1/18 参照

4. 衛星データを使った応用分野でのシステム例

4.1 環境省藻場分布図のシステム

4.1.1 概要

自然環境保全施策の推進等において重要な資料となる藻場分布図（図 4.1.1 参照）は、環境省自然局生物多様性センターによって全国的に整備されている。これまでに 1981 年の第 2 回を初回として、第 4 回（1988～1992 年）、第 5 回（1993～1998 年）、第 6 回（2002～2007 年）、第 7 回（2018～2020 年）の各基礎調査で実施した結果が、日本全国の藻場分布図として公表されてきた。なかでも、2021 年 8 月 31 日に公表されたばかりの第 7 回調査の藻場分布図は、過去の実測調査に基づく地図から、衛星画像解析の結果に基づく地図に変更されている。



図 4.1.1 藻場分布図の閲覧サイト（Web-GIS）の例（石垣島周辺）[1]

4.1.2 衛星を使った藻場分布図の特徴

前述したように、最新の藻場分布図は、衛星データを利用したものである。全国の海区を 50cm 程度の高解像度衛星データ（2014～2018 年）を解析することによって基本的な藻場分布を把握し、過去の地図、現地調査、有識者ヒアリングなどによって、図が修正されている。基本的な衛星画像処理は、まず前処理法として、位置補正、大気補正、水深補正を行った後、教師なし分類（ISODATA 法）および分類結果が一様な広がりを持つ領域を自動でポリゴン化するオブジェクト指向分類によって藻場分布図が作成された。なお、水深補正には市販されている水深データのうち、最も詳細な水深情報が得られる水路協会発行の海底地形デジタルデータ（M7000 シリーズ）が使われた。精度評価としては、水中動画連続撮影の各測線と藻場分布図との重ね合わせにより、藻場分布図と現地調査結果による藻場の「あり（有）」、「なし（無し）」を比較され、約 7 割程度の正解率となっている。衛星画像を使った藻場分布図作成は、面的な分布推定が可能なこと、今後の更新作業が過去の方法と比べて比較的容易で現地調査コストを抑えることができる。半面、藻場分布図作成に最適な撮影季節・時間の衛星データ入手が困難なことなどの問題もある。

4.1.3 藻場分布図に付属するデータ

環境省の藻場分布図は、Web-GIS 上で単に閲覧するだけでなく、様々な付属データも提供している。例えば、藻場分布図のポリゴンの shp（シェイプ）ファイル（図 4.1.2 参照）はもちろんのこと、検証用に取得された、「水中動画連続撮影」データ、「垂下式水中カメラ撮影」データ、「UAV 撮影」データなどである。動画はいずれも、mp4、mov の形式で提供されている。このように、従来では提供されなかったような詳細な検証データ（図 4.1.3 参照）も、最近では積極的に公開されているのが特徴である。

藻場調査 都府県別・(総合)振興局別一覧

↓ 全県分ダウンロード

(ファイル容量 218.7MB)

ファイル容量0.2~29.4MBですのでご注意ください
また、複数の圧縮ファイルをまとめて解凍すると、データに支障をきたす恐れがありますのでご注意ください

都府県別・(総合)振興局別	シェイプ	都府県別・(総合)振興局別	シェイプ	都府県別・(総合)振興局別	シェイプ
剣路・根室 (総合) 振興局	ダウンロード	オホーツク総合振興局	ダウンロード	十勝・日高 (総合) 振興局	ダウンロード

図 4.1.2 藻場分布図 shp ファイルのダウンロードサイト
<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-025.html?kind=mo>

調査結果 (データ)

各調査海域において、現地調査で実施した水中動画連続撮影、垂下式水中カメラ撮影、UAV撮影の各調査結果 (データ) の概要 (イメージ) は以下のとおりです。
データを利用したい場合は、各調査結果の種類のデータイメージをご参照の上、[こちら](#)をご覧ください。

表 現地調査結果の種類 (データ)

調査手法	調査結果の種類	備考	ファイル形式	データイメージ
水中動画連続撮影				
	水中動画連続撮影 (動画データ)	各測線の動画データ	MP4ファイル	イメージ

図 4.1.3 藻場分布図検証データの閲覧サイト
http://www.biodic.go.jp/moba/3_3.html

参考文献

- [1] 環境省自然局生物多様性センター：http://www.biodic.go.jp/moba/4_1.html, 2021/12/20 参照

4.2 環日本海海洋環境ウォッチ

4.2.1 概要

国連環境計画の提唱のもとに、日本、韓国、中国及びロシアにより「北西太平洋行動計画(NOWPAP)」が実施されている。NOWPAP の実施にあたっては、各国に海洋環境保全に関するプロジェクトの拠点となる地域活動センター (RAC) が設置され、日本においては公益財団法人環日本海環境協力センター(NPEC)がNOWPAP の特殊モニタリング・沿岸環境評価地域活動センター(CEARAC)に指定され、特殊モニタリングの一つとして人工衛星リモートセンシングによる海洋環境モニタリング技術を開発・普及に取り組んでいる。

環日本海海洋環境ウォッチは、NOWPAP における日本に課せられた国際的任務を果たすべく、平成 13 年度から環境省の支援のもとに NPEC が運用しているプロジェクトで、人工衛星リモートセンシングデータを用いて広域的かつリアルタイムな日本海及び黄海の海洋環境の情報をウェブサイト上で提供している(図 4.2.1)。



図 4.2.1 環日本海海洋環境ウォッチウェブサイト トップ画面

<https://ocean.nowpap3.go.jp>

4.2.2 提供データ及びサービス

環日本海海洋環境ウォッチは、Amazon Web Services(AWS クラウド環境上に構築され、表 1 に示す世界各国の宇宙機関や調査研究機関が公開するリモートセンシング Level 2 データを自動取得し、長期間に亘り NOWPAP 海域(東経 117 - 143 度, 北緯 29 - 49 度)用にデータを時空間合成・幾何補正処理し、netCDF 及び png 形式にて、インターネット上で公開している(図 4.2.2, 図 4.2.3)。

表 4.2.1 環日本海海洋環境ウォッチが取得する物理量とセンサー一覧（物理量，センサー名，運用期間，データ入手先）

物理量	センサー名	運用期間 (年-月-日)	データ入手先
CHL (クロロフィル a 濃度)	OCTS	1996-10-31 to 1997-06-29	JAXA
	SeaWiFS	1997-09-04 to 2010-12-11	NASA
	MERIS	2002-03-21 to 2012-05-09	ESA
CHL & SST (海表面水温)	MODIS-Aqua	2002-07-04 to 現在	NASA
	VIIRS-SNPP	2012-01-02 to 現在	NASA/NOAA
CHL, CDOM (有色溶存有機物), TSM (全懸濁物質), & SST	SGLI	2017-12-23 to 現在	JAXA
SST	AVHRR Pathfinder	1985-08-25 to 現在	NOAA

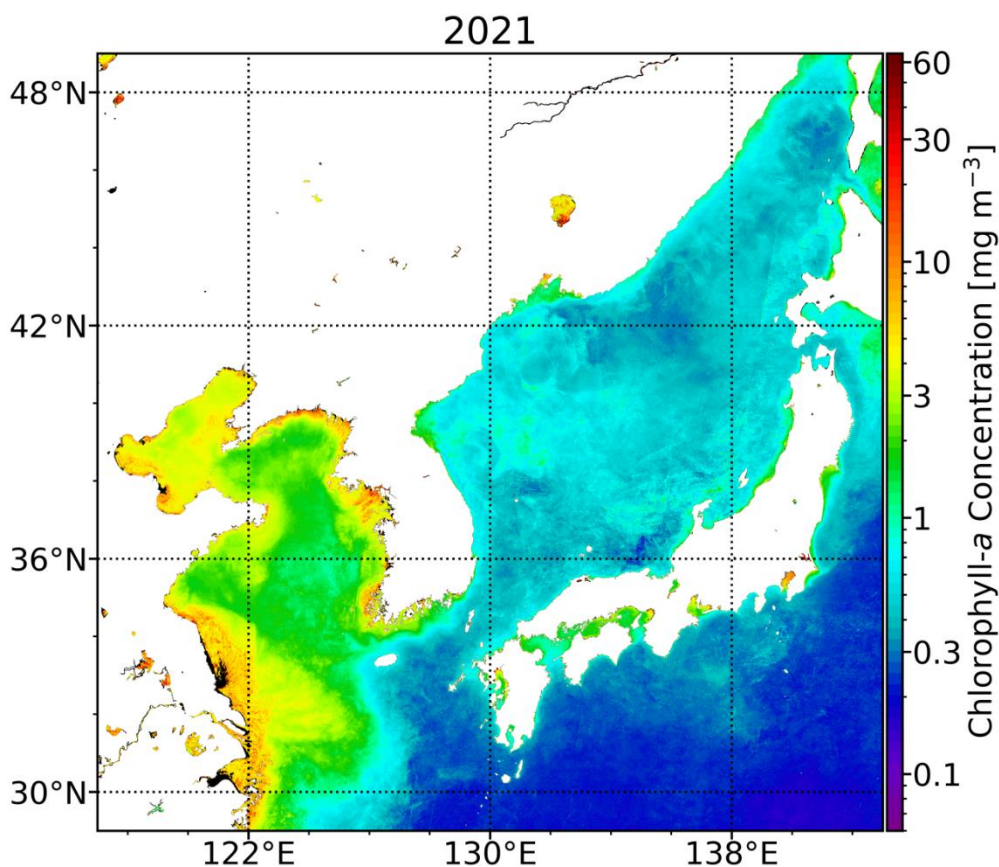


図 4.2.2 環日本海海洋環境ウォッチが提供するクロロフィル a 濃度データの例(2021 年の SGLI による年間合成画像)。

Search Result

SGLI/CHL/NOWPAP Sea Area/Monthly, Yearly Composite

[How to download data files](#)

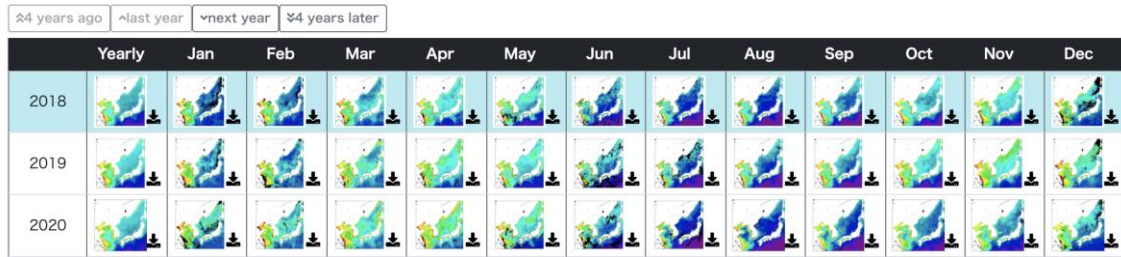


図 4. 2. 3 JAXA SGLI センサが取得した 2018～2020 年の月及び年平均クロロフィル a 濃度

環日本海海洋環境ウォッチが提供するクロロフィル a 濃度，海表面水温 (SST) データは，宇宙機関，調査研究機関の標準的な物理量推定アルゴリズム (標準アルゴリズム) で処理され作成されたものに加え，地域の特性に応じてチューニングされたアルゴリズムを組み合わせ使用することで作成されている．YOC データセットは，NOWPAP 海域における長期的な海洋環境変動の監視を目的に，複数の海色センサを混合し作成するクロロフィル a 濃度データセットで，YOC の名前は Yellow Sea Large Marine Ecosystem's project on Ocean Color (黄海大規模生態系における海色プロジェクト) に由来する．YOC データセットのクロロフィル a 濃度推定アルゴリズム (YOC アルゴリズム) は，Siswanto et al (2011) [1] によって開発され，有色溶存有機物や全懸濁物質が多いとされる NOWPAP 海域の西側，つまり渤海，黄海と東シナ海において，データ精度の向上が期待できる．このアルゴリズムは Tassan(Sinswanto et al 2011[1]と Tassan, 1994[2]) のアルゴリズムに似ており，以下のように定義づけられている．

$$\log_{10}(CHL_{YOC})[\text{mg m}^{-3}] = b_0 + \sum_{i=1}^2 b_i \left[\log_{10} \left(\frac{R_{rs}(\lambda_{443})}{R_{rs}(\lambda_{555})} \left\{ \frac{R_{rs}(\lambda_{412})}{R_{rs}(\lambda_{490})} \right\}^{c_0} \right) \right]^i \quad (1)$$

$b_0 = -0.166$ $b_1 = -2.158$ $b_2 = 9.345$ $c_0 = -0.463$

この数式は SeaWiFS の NASA の海色データ処理バージョン 5.1 (R2005) のデータセットで開発されているが，現在は 2018 処理バージョン (R2018) が主流なため，数式 (1) に示す係数は，Siswanto ら (2011) のオリジナルをベースに Yamaguchi et al (2013) [3] が更新したものを使用している．標準アルゴリズムと YOC アルゴリズムの組み合わせは，海面射出放射輝度 555 nm (nLw555, $\text{mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$) の値で決定し，非懸濁海域は $\text{nLw555} < 1.5$ ，懸濁海域は $\text{nLw555} > 2.5$ ，その中間 ($1.5 \leq \text{nLw555} \leq 2.5$) では，重み平均による 2 つのアルゴリズムをブレンドしたものが用いられている (Yamaguchi et al. 2013)．YOC アルゴリズムにより算出されたクロロフィル a 濃度を使った事例は (Siswanto et al., 2011; Terauchi et al., 2018[4]; Yamaguchi et al., 2013) に詳しく解説されている．

また，環日本海海洋環境ウォッチでは，ホームページ上にて，現場データとリモートセンシングデータ (図 4. 2. 4) を比較することで，リモートセンシングデータの評価が可能なクラウド型のツールを公開している．従来は，リモートセンシングデータの精度検証を行う場合は，現場データと同じ日と場所のリモートセンシングデータをダウンロードする必要があったが，このツールでは衛星データよりもデータサイズの小さい現場データをクラウド環境にアップロードし，クラウド上で現場データに対応するリモートセンシングデータのみを抽出することで精度検証に必要な労力を大幅に軽減している．

Selection Criteria

<p>Instrument <input type="text" value="modisa"/> vs. in situ</p> <p>Data Type</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ocean Color(OC) <input type="radio"/> Inherent Optical Properties(IOP) <input type="radio"/> Sea Surface Temperature(SST) <input type="radio"/> Remote Sensing Reflectance(Rrs)</p> <p>Products</p> <p><input type="checkbox"/> Check/Uncheck All</p> <p><input type="checkbox"/> aot_869 <input type="checkbox"/> angstrom <input type="checkbox"/> Rrs_412 <input type="checkbox"/> Rrs_443 <input type="checkbox"/> Rrs_488 <input type="checkbox"/> Rrs_531 <input type="checkbox"/> Rrs_547 <input type="checkbox"/> Rrs_645 <input type="checkbox"/> Rrs_667 <input type="checkbox"/> Rrs_678 <input type="checkbox"/> chlor_a <input type="checkbox"/> chl_ocx <input type="checkbox"/> Kd_490 <input type="checkbox"/> pic <input type="checkbox"/> poc <input type="checkbox"/> ipar <input type="checkbox"/> nflh <input type="checkbox"/> par</p>	<p>List of in-situ data points</p> <p>List of points: <input type="text" value="ファイルを選択"/> 選択されていません</p> <p>Contact Information</p> <p>Name: <input type="text"/></p> <p>Email: <input type="text"/></p>
--	--

Validation Criteria

<p style="text-align: center;">Specify the values</p> <p>Pixel Window Size</p> <p><input type="text" value="5"/> Pixels</p> <p>Min Valid Pixels</p> <p><input type="text" value="50"/> %</p> <p>Max Time Difference</p> <p><input type="text" value="3"/> hours</p> <p>SST Quality Level</p> <p><input type="text" value="1"/></p>	<p style="text-align: center;">Use Level 2 Flags</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bit</th> <th>Name</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>00</td><td><input checked="" type="checkbox"/> ATMFAIL</td><td>16 <input type="checkbox"/> NAVWARN</td></tr> <tr><td>01</td><td><input checked="" type="checkbox"/> LAND</td><td>17 <input type="checkbox"/> ABSAER</td></tr> <tr><td>02</td><td><input type="checkbox"/> PRODWARN</td><td>18 <input type="checkbox"/> SPARE</td></tr> <tr><td>03</td><td><input type="checkbox"/> HIGLINT</td><td>19 <input type="checkbox"/> MAXAERITER</td></tr> <tr><td>04</td><td><input type="checkbox"/> HILT</td><td>20 <input type="checkbox"/> MODGLINT</td></tr> <tr><td>05</td><td><input type="checkbox"/> HISATZEN</td><td>21 <input type="checkbox"/> CHLWARN</td></tr> <tr><td>06</td><td><input type="checkbox"/> COASTZ</td><td>22 <input type="checkbox"/> ATMWARN</td></tr> <tr><td>07</td><td><input type="checkbox"/> SPARE</td><td>23 <input type="checkbox"/> SPARE</td></tr> <tr><td>08</td><td><input type="checkbox"/> STRAYLIGHT</td><td>24 <input type="checkbox"/> SEAICE</td></tr> <tr><td>09</td><td><input checked="" type="checkbox"/> CLDICE</td><td>25 <input checked="" type="checkbox"/> NAVFAIL</td></tr> <tr><td>10</td><td><input type="checkbox"/> COCCOLITH</td><td>26 <input type="checkbox"/> FILTER</td></tr> <tr><td>11</td><td><input type="checkbox"/> TURBIDW</td><td>27 <input type="checkbox"/> SPARE</td></tr> <tr><td>12</td><td><input type="checkbox"/> HISOLZEN</td><td>28 <input type="checkbox"/> BOWTIEDEL</td></tr> <tr><td>13</td><td><input type="checkbox"/> SPARE</td><td>29 <input type="checkbox"/> HIPOL</td></tr> <tr><td>14</td><td><input type="checkbox"/> LOWLW</td><td>30 <input type="checkbox"/> PRODFAIL</td></tr> <tr><td>15</td><td><input checked="" type="checkbox"/> CHLFAIL</td><td>31 <input type="checkbox"/> SPARE</td></tr> </tbody> </table>	Bit	Name		00	<input checked="" type="checkbox"/> ATMFAIL	16 <input type="checkbox"/> NAVWARN	01	<input checked="" type="checkbox"/> LAND	17 <input type="checkbox"/> ABSAER	02	<input type="checkbox"/> PRODWARN	18 <input type="checkbox"/> SPARE	03	<input type="checkbox"/> HIGLINT	19 <input type="checkbox"/> MAXAERITER	04	<input type="checkbox"/> HILT	20 <input type="checkbox"/> MODGLINT	05	<input type="checkbox"/> HISATZEN	21 <input type="checkbox"/> CHLWARN	06	<input type="checkbox"/> COASTZ	22 <input type="checkbox"/> ATMWARN	07	<input type="checkbox"/> SPARE	23 <input type="checkbox"/> SPARE	08	<input type="checkbox"/> STRAYLIGHT	24 <input type="checkbox"/> SEAICE	09	<input checked="" type="checkbox"/> CLDICE	25 <input checked="" type="checkbox"/> NAVFAIL	10	<input type="checkbox"/> COCCOLITH	26 <input type="checkbox"/> FILTER	11	<input type="checkbox"/> TURBIDW	27 <input type="checkbox"/> SPARE	12	<input type="checkbox"/> HISOLZEN	28 <input type="checkbox"/> BOWTIEDEL	13	<input type="checkbox"/> SPARE	29 <input type="checkbox"/> HIPOL	14	<input type="checkbox"/> LOWLW	30 <input type="checkbox"/> PRODFAIL	15	<input checked="" type="checkbox"/> CHLFAIL	31 <input type="checkbox"/> SPARE
Bit	Name																																																			
00	<input checked="" type="checkbox"/> ATMFAIL	16 <input type="checkbox"/> NAVWARN																																																		
01	<input checked="" type="checkbox"/> LAND	17 <input type="checkbox"/> ABSAER																																																		
02	<input type="checkbox"/> PRODWARN	18 <input type="checkbox"/> SPARE																																																		
03	<input type="checkbox"/> HIGLINT	19 <input type="checkbox"/> MAXAERITER																																																		
04	<input type="checkbox"/> HILT	20 <input type="checkbox"/> MODGLINT																																																		
05	<input type="checkbox"/> HISATZEN	21 <input type="checkbox"/> CHLWARN																																																		
06	<input type="checkbox"/> COASTZ	22 <input type="checkbox"/> ATMWARN																																																		
07	<input type="checkbox"/> SPARE	23 <input type="checkbox"/> SPARE																																																		
08	<input type="checkbox"/> STRAYLIGHT	24 <input type="checkbox"/> SEAICE																																																		
09	<input checked="" type="checkbox"/> CLDICE	25 <input checked="" type="checkbox"/> NAVFAIL																																																		
10	<input type="checkbox"/> COCCOLITH	26 <input type="checkbox"/> FILTER																																																		
11	<input type="checkbox"/> TURBIDW	27 <input type="checkbox"/> SPARE																																																		
12	<input type="checkbox"/> HISOLZEN	28 <input type="checkbox"/> BOWTIEDEL																																																		
13	<input type="checkbox"/> SPARE	29 <input type="checkbox"/> HIPOL																																																		
14	<input type="checkbox"/> LOWLW	30 <input type="checkbox"/> PRODFAIL																																																		
15	<input checked="" type="checkbox"/> CHLFAIL	31 <input type="checkbox"/> SPARE																																																		

Click "Submit" button to run the system

図 4.2.4 環日本海海洋環境ウォッチオンラインデータ検証ツール. Selection Criteria ではリモートセンシングセンサ及び物理量を選択し, Validation Criteria では現場データに対応するリモートセンシングデータのサイズや時間差, 品質フラグ情報によるリモートセンシングデータの取捨選択が可能となっている.

この他, 2020 年度からはクラウド型の藻場マッピング及び解析ツールとして Seagrass Mapper(図 4.2.5), Seagrass Trainer(図 4.2.6)を公開し, ユーザーがそれぞれの関心領域における現場の藻場分布情報をクラウド上にアップロードすることで, リモートセンシング画像をダウンロードすることなく, クラウド上で解析し広域の藻場分布マップの作成が可能なサービスを提供している.

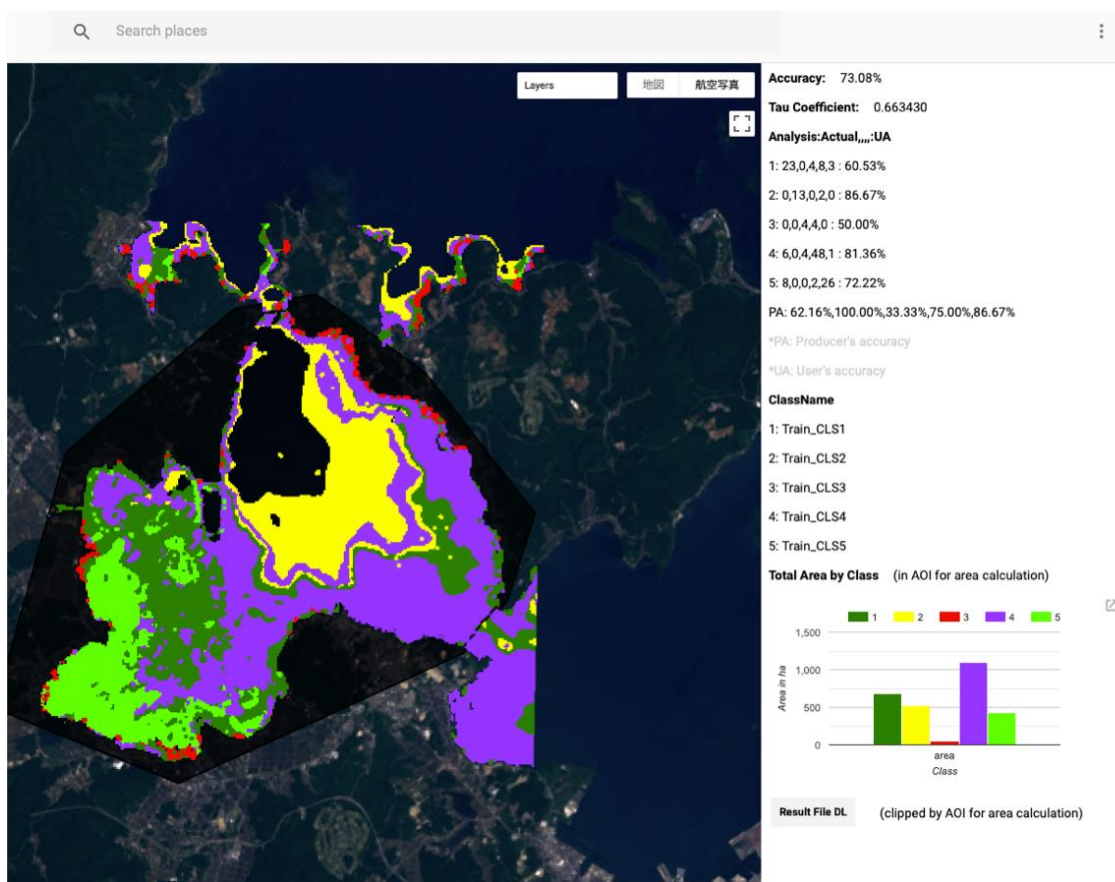


図 4.2.5 Seagrass Mapper による七尾湾における 2015 年 6 月の底質分類図。黄緑(アマモ及びガラモの混生)と深緑(アマモ濃生)がアマモ場の分布を示している。

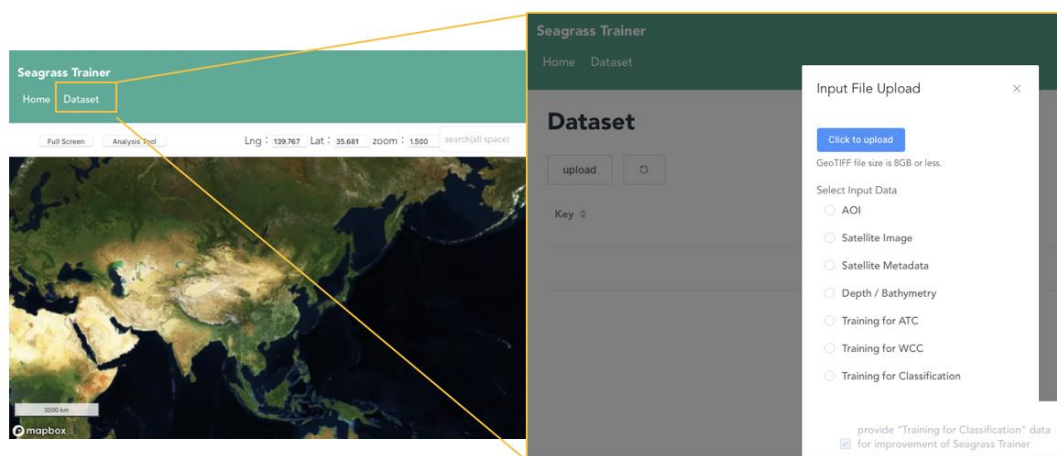


図 4.2.6 Seagrass Trainer のユーザーインターフェイス。リモートセンシングデータの分類に必要な現場情報をクラウド上にアップロードし登録することが可能。Seagrass Trainer の利用にはユーザー登録(無償)が必要となる。

4.2.3 提供データの活用事例

SDGs の目標 14「海の豊かさを守ろう」において、この目標を達しするための具体的なターゲットの一つとして 14.1「2025 年までに海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する。」が掲げられているが、このターゲットの達成状況をモニタリングする指標として 14.1.1(a)沿岸富栄養化指数が設定されている。SDGs14 の担当国際機関である UNEP では、SDGs14 の達成状況について国連加盟国が達成状況を適正にモニタリングし報告することを支援する目的で、世界各国の専門家と共に SDG14 に関連する指標について解説する報告書を作成しており (UNEP, 2021) [5], UNEP の地域海行動計画における取り組みとして NOWPAP 富栄養化評価ツール (NEAT: NOWPAP Eutrophication Assessment Tool)を紹介している。

NEAT では、1998 年以降に取得された SeaWiFS, MODIS - Aqua, MERIS の海色リモートデータを基に、NOWPAP 海域の特性を応じてチューニングされたクロロフィル a 濃度データの直近 3 年間の平均濃度 (基準値より低い-高い) と評価対象期間における増減傾向 (減少-変化なし-増加) を組み合わせ、NOWPAP 海域を 6 つに分類し富栄養化状況を予備的に評価している (Terauchi et al, 2018). NPEC では、3.3 で述べた Google Earth Engine を用いて、NEAT による富栄養化予備評価手法を全球に適用し動作する Web ツール「Global Eutrophication Watch」を作成し公開している (Maure et al, 2021) [6] (図 4.2.7). Global Eutrophication Watch の初期設定では、Earth Engine Data Catalog に公開されている 2003 年以降の NASA の MODIS - Aqua のレベル 3 クロロフィル a 濃度データが読み込まれ、NEAT と同じ統一的な手法で、世界各地の富栄養化状況を予備的に評価することができる。Global Eutrophication Watch は、クラウドコンピューティング技術を用いることで、クロロフィル a 濃度の高低の基準値や、2 つの異なる評価対象期間を手動で設定し、評価結果を即座に比較することが可能である。なお、NOWPAP 地域は、YOC データセットの読み込みが可能となっており、他の地域においても Google Earth Engine asset path (データセットがある場所) を指定することで、YOC データセットのように評価対象海域の特性を考慮して作成されたデータを読み込み評価することが可能である。

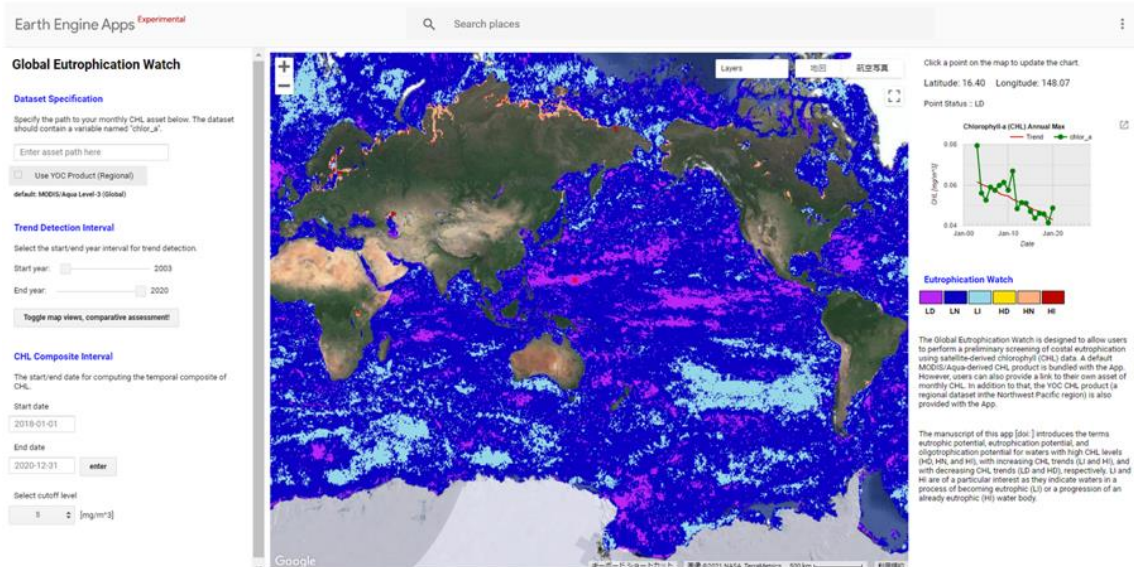


図 4.2.7 Global Eutrophication Watch の操作画面

<https://eutrophicationwatch.users.earthengine.app/view/global-eutrophication-watch>

その他、NPEC では、NOWPAP における CEARAC の活動として、NOWPAP 及び東アジア地域における海洋環境リモートセンシングデータ解析技術力の向上及び人材育成を目的として、リモートセンシングデータ解析研修を開催している。これまで、環日本海海洋環境ウォッチが提供するデータ及びサービスの利用促進を目的として、海色リモートセンシングデータの時系列解析、精度検証方法を解説する Github ページ開設し、ウェブブラウザ上で動作するプログラムの実行環境の一つである Jupyter Notebook を用いてインタラクティブな実習を実施している(図 4.2.8)。

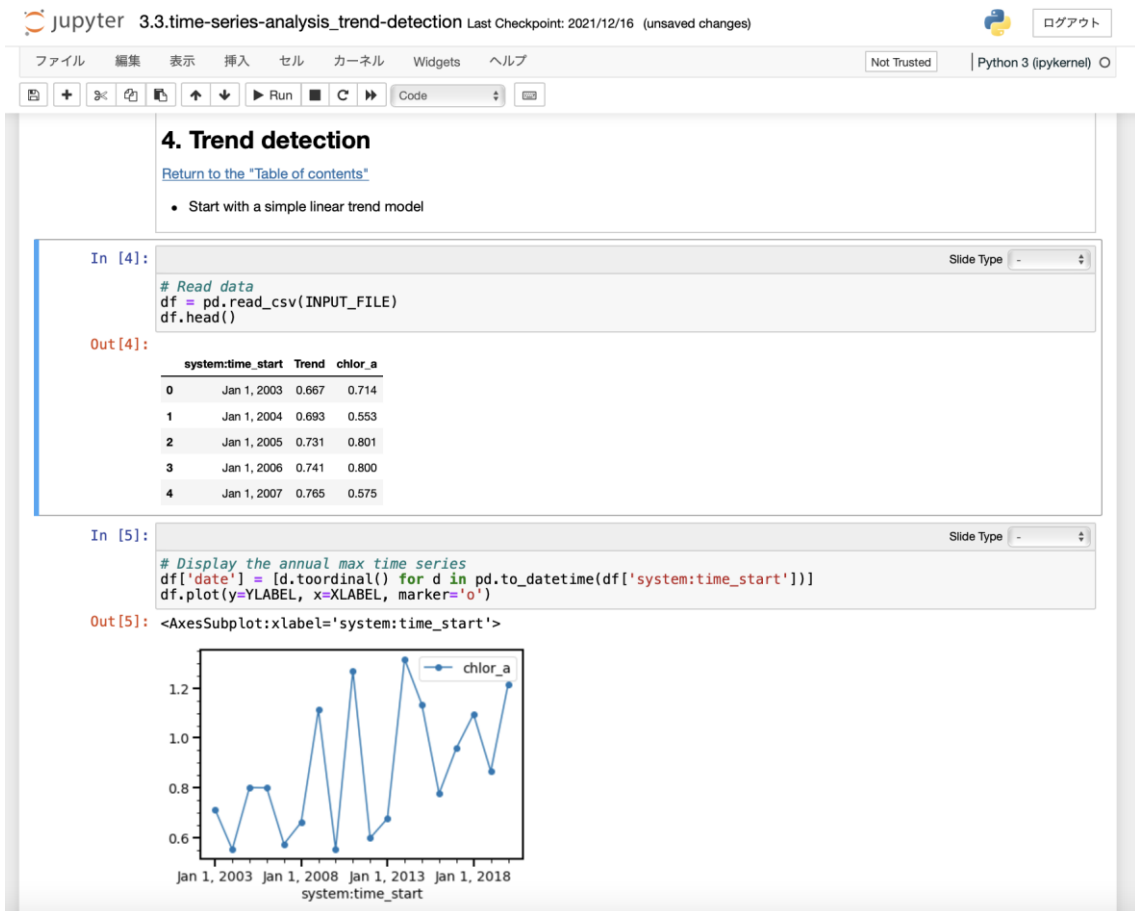


図 4.2.8 Jupyter notebook 上で環日本海海洋環境ウォッチが提供するデータを読み込み時系列データの増減傾向を判定している。

また、クラウド型の藻場マッピング及び解析ツールである Seagrass Mapper と Seagrass Trainer の使い方については、環境省が設置した Mapseagrass Project ウェブサイト(図 4.2.9)上に整備したマニュアルを用いて、学生や研究者を対象とした藻場マッピングのウェビナーを定期的で開催している。

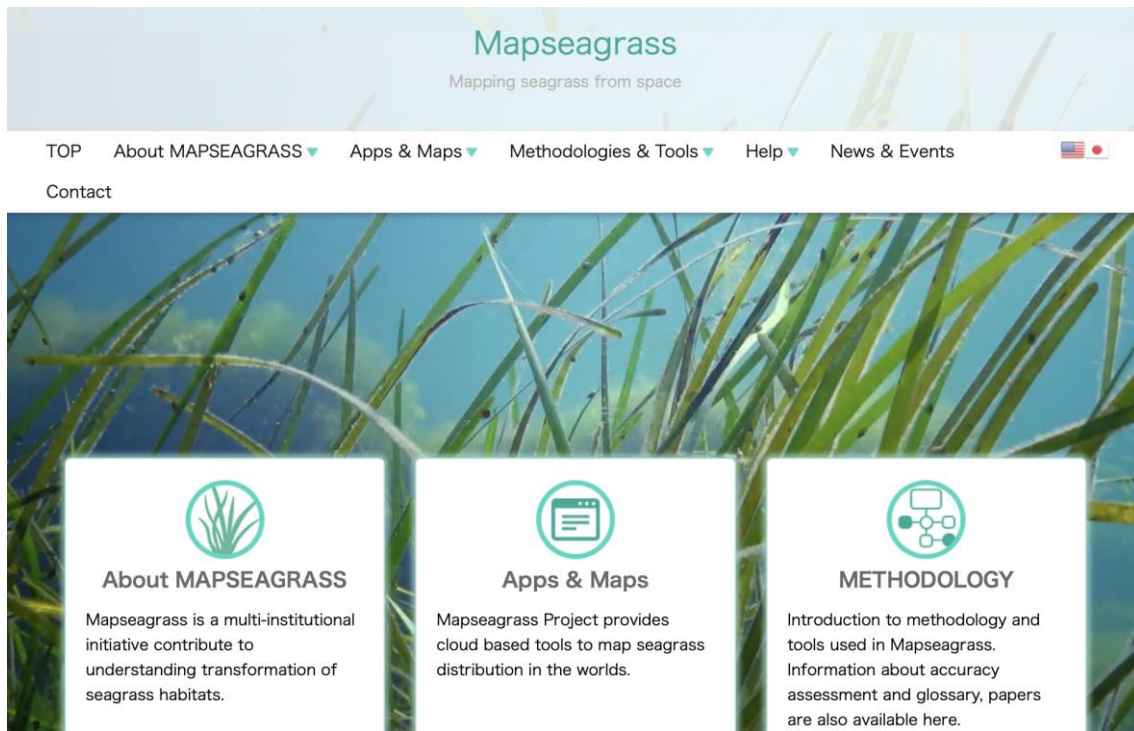


図 4.2.9 Mapseagrass Project ウェブサイトトップページ。クラウド技術を活用した藻場のマッピング及び解析ツールの使い方について解説している。

参考文献

- [1] Siswanto, E., Tang, J., Yamaguchi, H., Ahn, Y.H., Ishizaka, J., Yoo, S., Kim, S.W., Kiyomoto, Y., Yamada, K., Chiang, C., Kawamura, H., 2011. Empirical ocean-color algorithms to retrieve chlorophyll-a, total suspended matter, and colored dissolved organic matter absorption coefficient in the Yellow and East China Seas. *J. Oceanogr.* 67, 627-650. <https://doi.org/10.1007/s10872-011-0062-z>
- [2] Tassan, S. (1994). Local algorithm using SeaWiFS data for retrieval of phytoplankton pigment, suspended sediments and yellow substance in coastal waters. *Appl. Optics*, 12, 2369- 2378.
- [3] Yamaguchi, H., Ishizaka, J., Siswanto, E., Baek Son, Y., Yoo, S., Kiyomoto, Y., 2013. Seasonal and spring interannual variations in satellite-observed chlorophyll-a in the Yellow and East China Seas: New datasets with reduced interference from high concentration of resuspended sediment. *Cont. Shelf Res.* 59, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.03.009>
- [4] Terauchi, G., Maúre, E. de R., Yu, Z., Wu, Z., Kachur, V., Lee, C., Ishizaka, J., 2018. Assessment of eutrophication using remotely sensed chlorophyll-a in the Northwest Pacific region, in: Frouin, R.J., Murakami, H. (Eds.), *Remote Sensing of the Open and Coastal Ocean and Inland Waters*. SPIE, p. 17. <https://doi.org/10.1117/12.2324641>
- [5] United Nations Environment Programme (2021). *Understanding the State of the Ocean: A Global Manual on Measuring SDG 14.1.1, SDG 14.2.1 and SDG 14.5.1*. Nairobi.
- [6] Maúre, E.d.R., Terauchi, G., Ishizaka, J. *et al.* Globally consistent assessment of coastal eutrophication. *Nat Commun* 12, 6142 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26391-9>

4.3 極域環境監視モニター

4.3.1 概要

国立極地研究所では、北極域に関するデータの一元的な収集・蓄積・公開を行うために、北極域データアーカイブシステム (ADS: Arctic Data archive System) と呼ばれる研究データの情報公開基盤が運用されている [1]。ADS で公開されたデータは、制限を設けることなくインターネットを通じて公開され、研究者のような専門家だけではなく非専門家を含めたあらゆる人々が自由にアクセスできる。このように ADS はオープンサイエンスの研究基盤として運用されている。ADS は、2020 年 6 月から 2025 年 3 月まで実施される北極域研究加速プロジェクト (ArCS II: Arctic Challenge for Sustainability II) [2]において、研究開発が継続されている。

ADS では、データ公開の社会実装のため、Web ブラウザを通じて極域で観測されたデータの可視化や、可視化したデータを容易に簡易に加工できる Web サービスを開発してきた。この可視化サービスは極域環境監視モニター (VISHOP: Visualization Service of Horizontal scale Observations at Polar region) と呼ばれるものである [3]

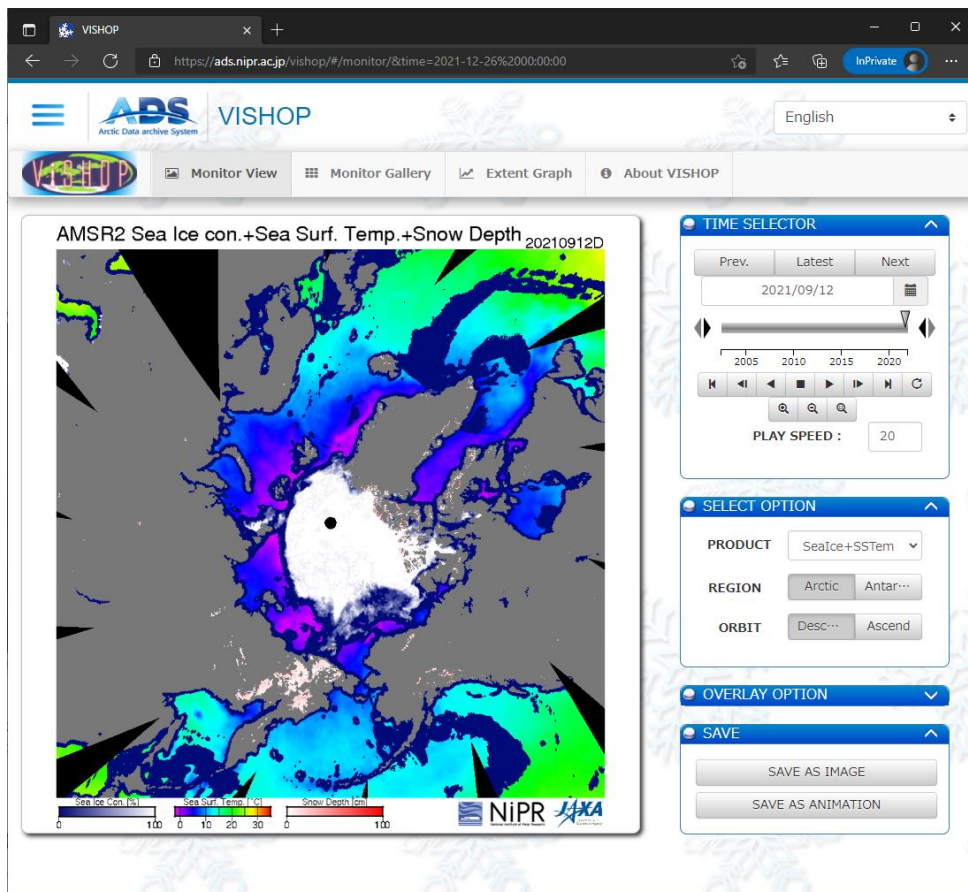


図 4.3.1 VISHOP で 2021 年の最小海氷面積を記録した 9 月 12 日の海氷密接度、海水面温度、積雪深を表示させた Web 画面。右カラムにコントロールパネルが表示されている。

VISHOP は、主に北極域や南極域の地球観測衛星で得られた衛星データを、準リアルタイムで PNG 画像として可視する Web サービスである (図 4.3.1)。いわゆる単純な画像表示を行う Web サービスであるが、VISHOP は世界中からアクセスされており、ArCS II 以前に行われた北極域研究推進プロジェクト (ArCS: Arctic Challenge for Sustainability) [4]の実

施期間である 2015 年度から 2020 年度までの日平均ページビュー数は 6105 PV、日データ転送量は 1.24 GB だった。この PV 数は ADS で最も高いアクセス数を稼いでおり、ADS のメインコンテンツである。さらに PNG 画像一枚当たりのデータサイズが 1MB 未満しかないので驚異的なデータ転送量である。VISHOP で表示されている画像は、大学や研究機関のプレスリリースのみならず、マスコミを含むメディアでも利用されており、大学の講義や学会発表でも利用されている。

4.3.2 VISHOP における操作と表示データ

VISHOP のトップページに表示される既定の画像は、JAXA の GCOM-W/AMSR2 で観測された下降軌道の海氷密接度、海水面温度、積雪深を、北極点を中心としたポーラステレオ図法で可視化したものである。これは世界的に地球温暖化の影響による北極海の海氷面積の縮小や、北極域における氷河の後退に対する関心が高いことから、既定の表示とされている。これ以外のデータについては、VISHOP の右カラムに表示されている「SELECT OPTION」から選択可能である。「SELECT OPTION」では「PRODUCT」で可視化されたプロダクトの選択、「REGION」で北極と南極の選択、「ORBIT」で衛星の軌道を選択可能である。これらの「SELECT OPTION」で選択可能な組み合わせを表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 VISHOP で選択可能なプロダクトと場所、軌道
表記は VISHOP 中のメニュー表記に準拠

PRODUCT	REGION	ORBIT
SeaIce+SSTemp+Snow	Arctic/Antarctic	Descend/Ascend
SeaIce Concentration	Arctic/Antarctic	Descend/Ascend
SeaIce Thickness	Arctic	Descend/Ascend
PR89 (89GHz Polarization Ratio)	Arctic/Antarctic	N/A
RGB (36V, 36H, 18V)	Arctic/Antarctic	N/A
SeaIce Drift Vector	Arctic/Antarctic	N/A

これら以外に、表示しているプロダクトに重ね合わせ可能なレイヤー画像を用意している。一つは 1980 年代、1990 年代、2000 年代、2010 年代の平均的な海氷面積の氷縁を表示できるようにしている。このレイヤーを使うことで、過去の現在の海氷面積を簡易に比較できるようにしている(図 4.3.2)。もう一つは、海氷面積の中期予報画像である。極地研の海氷情報室では、数カ月先の北極海における夏季の海氷分布を予測している[5,6]。海氷の中期予報のレイヤーを重ね合わせることで、現在の海氷からどれくらい海氷が後退しそうなのか、参考情報を提供できる(図 4.3.3)。ただし、中期予報のレイヤーは ArCS II における研究開発の一環で行われているものであるため、実際の利用には注意が必要である。

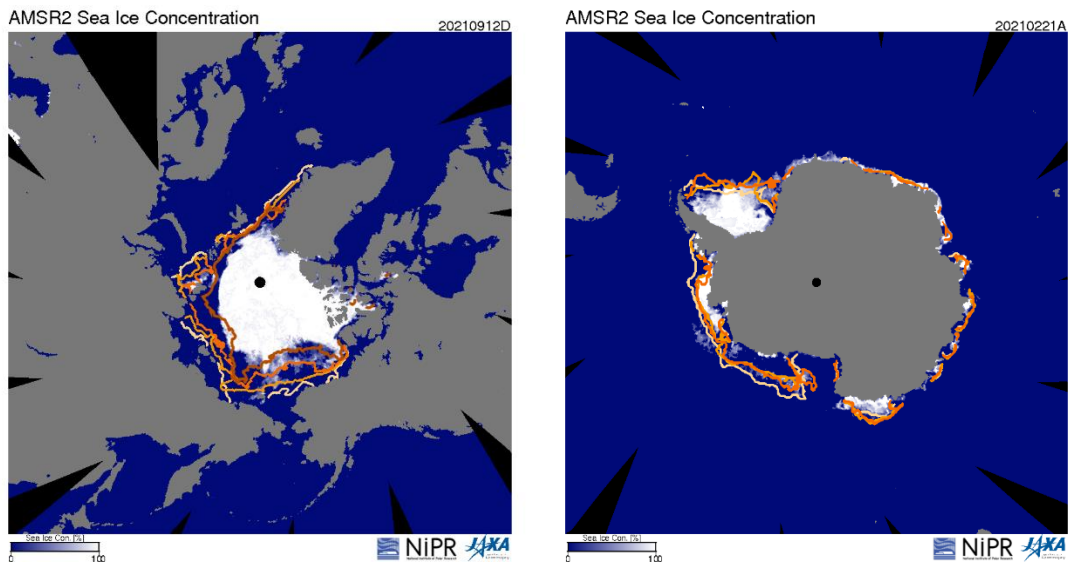


図 4.3.2 北極海および南極海の 2021 年における最小海水面積を記録した日に、過去年代の氷縁を重ね合わせた画像。淡黄色が 1980 年代，向日葵色が 1990 年代，橙色が 2000 年代，赤銅色が 2010 年代。海水面積が縮小していることが可視化されている

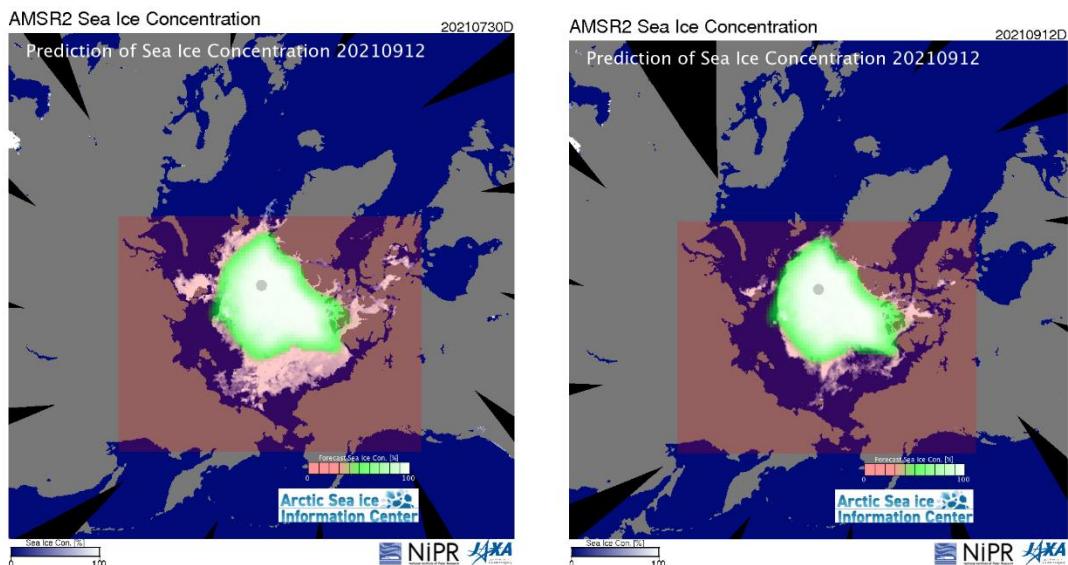


図 4.3.3 観測データの海水氷密度に中期予報レイヤーを重ね合わせた様子。中期予報は 2021 年の第 3 報における 2021 年 9 月 12 日の予測。観測データは，左図は 2021 年 7 月 30 日，右図は 2021 年 9 月 12 日。海水の後退の予測と実測の差異が可視化されている。

これらのプロダクトの変更以外に、「TIME_SELECTOR」から表示画像の日時を変更することができる。「TIME_SELAMSR」には画像の日付の前送りや後ろ送り、自動再生を行うラジオボタンがある。この操作を行うことで、Web ブラウザ上でアニメーションのような画像のコマ送りが可能である。「SAVE」では、Web ブラウザ上で画像や動画の出力が可能で、特定の日付や日付の範囲を選択することで、必要な静止画や動画を出力することが可能である。コントロールパネルを利用した操作を推奨しているため、一般的な右クリックによる画像の保存は操作できないようにしている。

4.3.3 海氷密接度の経年グラフと数値データ

VISHOP は、可視化された画像以外に海氷密接度の経年グラフも描画している（図 4.3.4）。この経年グラフのデータは AMSR2 の海氷密接度を元としている。上部メニューペインから「Extent Graph」を選択することで画面は遷移し、経年グラフ専用のメニューが右ペインに表示される。



図 4.3.4 海氷面積の経年グラフの Web ページ

地球温暖化の影響による海氷面積の経年変化は、注目度が高く、多くの人々にとって最もわかりやすい指標でもある。ADS ではアウトリーチの一環で、極地研の一般公開や学術イベントを通じて、今年（2021年）の北極海海氷面積の最小になる日を予想する、「北極ブックメーカー」を行っている。海氷密接度のデータ一つだけでも、見せ方の工夫やイベントを組み合わせることで、北極域への興味関心を引き付けるフックとして活用している。

この経年グラフのページから、グラフを出力するために利用した数値データの CSV ファイルをダウンロード可能である。アクセス解析の結果から、CSV データのダウンロード数が最も多かった。アクセス元で利用されている Web クライアンを調べると、wget や curl, Python, node といった、非ブラウザによるデータアクセスも存在していた。日々更新される CSV ファイルを用いて、ダウンロード先で独自のアプリケーションや数値処理の存在が推測される。衛星データ解析には、独自のフォーマットや専用ソフトウェアによる処理が必要になるが、ある程度のプレ処理を行い簡易に利用できるようにすることで、利用先や応用例が拡大することが期待される。

4.3.4 衛星データを利用した応用サービスの今後について

衛星データの可視化を行うだけの単純な Web サービスであっても、操作内容や主要なプロダクトを用意したことで、VISHOP は膨大なアクセス数を稼ぐことに成功した。

研究者にとって、衛星データの高度な解析には専用ソフトウェアによる、可視化作業が必要不可欠である。しかしながら、ある程度簡易に可視化された画像やデータを用意する

ことで、解析対象の時空間的な範囲をあらかじめ絞り込むことが可能である。それ以外にも気候イベントが発生した特別な日時の画像など、自動的に可視化された画像により、クイックルック的な確認もできる。このように VISHOP は研究者にとって、簡易に極域環境の変化を捉えることができる Web サービスでもある。

研究者以外の人々にとっては、海氷密接度の画像やグラフを通じて、南北両極域の環境変化を簡易に理解できる Web サービスである。専門的で複雑なデータよりも簡易に可視化、参照できるデータのおかげで、極域で何らかの活動を行おうとしているステークホルダーの意思決定や、アウトリーチ活動の幅を広げることができる。

近年は実用的な Web IDE サービスの登場により、Web 上に存在する数値データを直接扱ったプログラミングが可能となってきている。非ブラウザによる CSV の直接参照アクセスは、可視化ではなく直接的なデータ利用されていることが予想される。これまでは、衛星データの可視化はソコソコの難易度だったため、衛星データの提供側で可視化を行ってきた。しかしながら、利用者側が Web IDE 等を通じてデータを直接扱うならば、衛星データの公開方法も対応する必要があるだろう。これらの対応のためには衛星データの提供側も、主要な Web IDE によるデータアクセスや実際の可視化、解析方法についての検証が必要であろう。

参考文献

- [1] 北極域データアーカイブシステム: <https://ads.nipr.ac.jp/>, 2021/12/28 参照
- [2] ArCS II 北極域研究加速プロジェクト: <https://www.nipr.ac.jp/arcs2/>, 2021/12/28 参照
- [3] 極域環境監視モニター VISHOP: <https://ads.nipr.ac.jp/vishop/#/monitor>, 2021/12/28 参照
- [4] 北極域研究推進プロジェクト ArCS: <https://www.nipr.ac.jp/arcs/>, 2021/12/28 参照
- [5] 北極海氷分布予報: https://www.nipr.ac.jp/sea_ice/forecast/, 2021/12/28 参照
- [6] N. Kimura, A. Nishimura, Y. Tanaka, H. Yamaguchi, "Influence of winter sea-ice motion on summer ice cover in the Arctic," Polar Research, 2013.

4.4 エビスくん

4.4.1 概要

漁業の現場で人工衛星データが活用されていることは、今では小学校の教科書などにも掲載されているほど一般的となっている。魚は種類や季節によって分布水温が大きく異なる。また、潮境などの水温が急激に変化するところが好漁場になることは古くから知られている。つまり海面水温を面的に精度よくリアルタイムで把握できれば効率的な漁場探索が可能となる。しかし船による観測だけでは海水温を面的に把握することが難しい。この海水温を衛星から面的にモニターして海況を把握する、漁場を探すというのが、衛星データを漁業に応用する基本的な考え方となっている[1]。技術開発がスタートした1980年代前半は衛星水温データが解析のメインであったが、現在は水温に加えて、植物プランクトンを測る衛星、海流を測る衛星など多種多様な衛星があり、それらを組み合わせて漁業の現場で活用されている。漁業情報サービスセンター（以下「JAFIC」という。）では、「エビスくん」という漁船向け情報サービスで、水温や海流を組み合わせた図を、洋上で操業する漁船向けに配信している。図4.4.1は「エビスくん」の画面である。

このような情報配信が実用的になったのは、洋上データ通信環境の整備が大きく影響している。情報量を落とさずに衛星データなどをユーザーに提供するのはFAX等では不可能で、パソコンやタブレットを活用するのが必須であるが、これが漁船に普及するまでに実は長い時間を要している。洋上の漁船がパソコンでリアルタイム情報を入手し操業に活用するという技術革新は、今では当たり前のようになってきているが、これを試みられるようになったのは1990年代の終盤である。それ以前は、洋上で白黒FAXの情報を入手する、陸上で情報を入手して洋上で見る、といった情報の使い方が一般的だった。さらにこれが広く漁船に普及するようになったのは2010年頃からのことで、この頃からパソコンで情報を入手するユーザー数がFAXで情報を入手するユーザー数を上回るようになった。

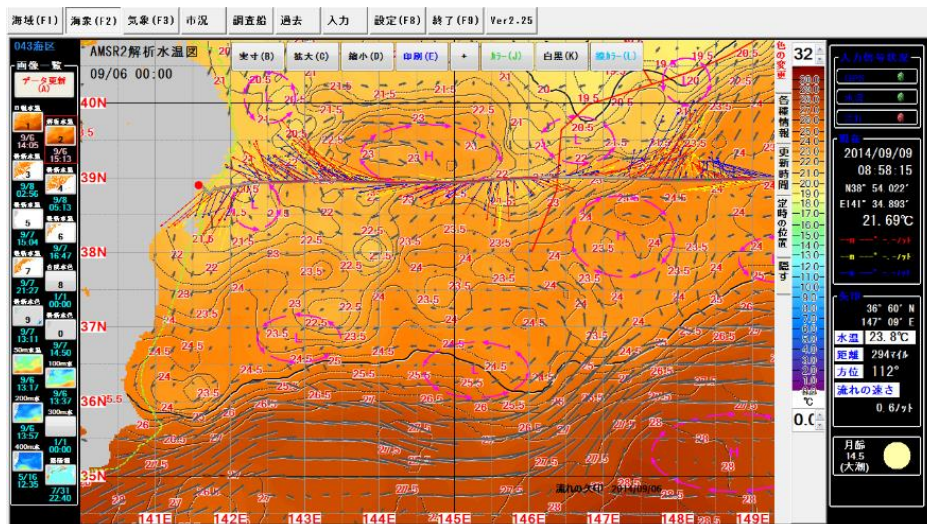


図 4.4.1 「エビスくん」の画面

4.4.2 エビスくんの機能

海象情報は、主に漁場探索を支援するための情報となっており、様々な漁業者のニーズに対応した表面水温図や植物プランクトン分布図、海面高度図、中層水温図等が表示でき、さらに、流れ情報や水塊配置等の様々な情報の重ね合わせ表示が可能となっているため、漁場探索の絞り込みがさらに効率的にできるようになっている（図4.4.1）。気象情報は、計画的で安全な操業を支えるための基盤情報となっている。そこで「エビスくん」では、多忙な漁船上においても簡単に必要とする気象情報が得られ、迅速に操業計画が立てられ

るようになっている（図 4.4.2）。気象・海象の他にも「エビスくん」はさまざまな情報が閲覧可能となっている。その一つである市況情報は、各市場における水揚げ量、魚価情報を一元的に提供しており、漁労長による効率的な水揚げ港の選定を支援している。また各種データを受信する以外にも、「エビスくん」では漁船同士、船団内での情報共有機能を提供しており、効率的な集団操業を支援している。

衛星が観測した直近の海況を迅速に提供することに加えて、更に衛星データをベースに高度な加工解析を加えた新しい情報に対するニーズも増えつつある。図 4.4.3 は漁場予測マップの例である。この例では実際に漁場が形成された場所と海況を AI で学習させて、漁場が形成されやすい場所を抽出している。

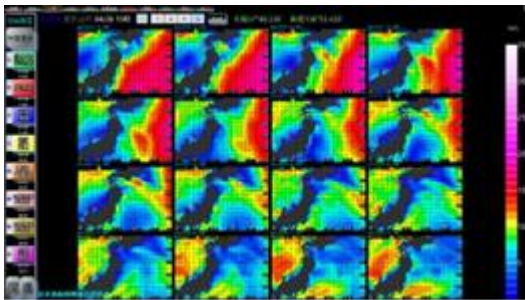


図 4.4.2 気象情報

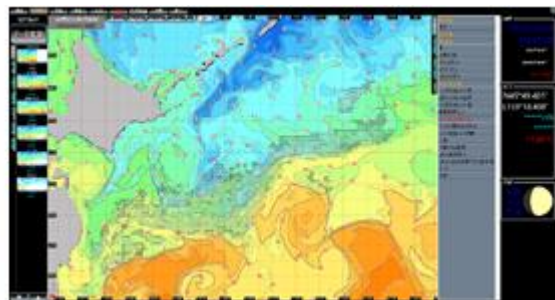


図 4.4.3 漁場予測マップ

4.4.3 エビスくんの評価

「エビスくん」を使っている漁船へのアンケート調査では、燃油消費を抑えることができた、漁場探索で役立ったなどの回答が多数寄せられている。過去に JAFIC で行った利用者アンケートでは燃油の消費を 16%抑えることが出来たという結果も出ている。

現在は「エビスくん」以外にも同種の情報サービスがベンチャー企業などを中心に提案されている。この分野での衛星データの利活用は更に進むと期待される。

参考文献

- [1] Laurs, R.M. and J. J. Polovina: Satellite remote sensing: an important tool in fisheries oceanography. Fisheries Oceanography, Paul J. Harrison and Timothy R. Parsons, eds., Blackwell Science, 146-160. 2002.

4.5 赤潮検知

4.5.1 概要

赤潮は水の色が変わる現象の総称だが、その原因は主に植物プランクトンの異常増殖であることが多い。変色はプランクトンの種類や濃度によって異なっており、それぞれ分光特性が異なる。有毒・有害プランクトンの増殖は90年代から世界的に問題となっており、「Harmful Algal Bloom=HAB（有害・有毒藻類ブルーム）」という呼称で呼ばれている。

日本の赤潮による漁業被害は、1970年代には社会問題となり瀬戸内海環境保全臨時措置法が制定され、大規模な対策が立てられるようになった。赤潮の数量的な基準に関しては、種類によってある程度全国的に一定の値が定められているが、漁業被害対策の最前線にある各県水産試験研究機関では独自の基準や対策が設定されている場合もある。現在は調査船による迅速な調査体制が各県で整備されており、赤潮対策は多くの県で今も重要業務となっている。しかし最近では地球温暖化等気候変動により海洋環境が大きく変わりつつあり、赤潮の出現も変則化しつつある。2021年の北海道沿岸での赤潮（*Karenia selliformis*）による漁業被害は記憶に新しいところである。

衛星を使った赤潮のモニタリング等の技術開発は1970年代からすでに試みられていたが[1]、衛星センサの空間解像度や観測頻度の問題から、現場でのニーズと衛星側のシーズには開きがあった。特に当時のデイリーで観測可能な可視衛星センサの空間解像度は1km前後で、この解像度がネックとなっていた。地球観測において高解像度と高頻度観測の両立は難しいが、2017年に打ち上げられたGCOM-C/SGLI、2011年打ち上げのNPP/VIIRSなどが実用的な高解像度・高頻度を実現できるようになった。

4.5.2 種判別の試み

Aqua/Terra MODISは、衛星による赤潮検知の研究を大きく前進させた[2]。またクロロフィル濃度画像だけでなく、分光特性を利用して海面放射輝度画像から赤潮を検知する手法も提案された[3]。これを更に進める試みが赤潮の種判別である。衛星画像から赤潮の種判別が可能となれば、迅速な対策が可能となる。図4.5.1は有明海の現場データおよび衛星データを処理して種判別を試みた例である。海面放射輝度の分光的特性から、「きれいな水」「濁った水」「赤潮ではない水」「珪藻赤潮」「ラフィド藻赤潮」に識別している。基礎となっている技術はMODISデータの処理等で提案された手法[4]で、これをGCOM-C/SGLIの波長に合わせて処理している。この成果を実際に現場で利用するためには検証を十分に行う必要があるが、赤潮発生場所の詳細な光学観測データは非常に少なく、今後の課題といえる。しかし、衛星から赤潮の種判別の可能性を示唆する新しい成果である。

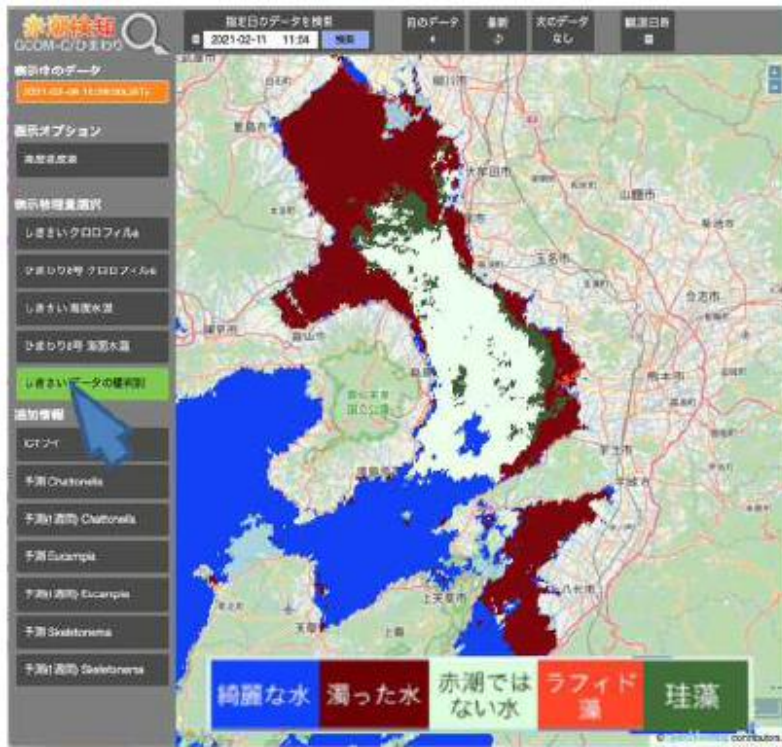


図 4.5.1 衛星データによる赤潮種判別

4.5.3 AI による予測

赤潮発生のメカニズムは、現場データをベースに物理的、化学的な側面、更に生物学的な側面からの検討されてきた[5]。近年のデータ解析の大きな潮流となっているのは、ビッグデータや機械学習を用いた分析や予測であるが、赤潮の予測にこれを適用した例について説明する。現場観測の赤潮データ、衛星クロロフィル濃度画像、日射量や積算降水量などの気象データ、これらをディープラーニングにより学習させて、7 日先の赤潮細胞数を導出した。図 4.5.2 は *Skeletonema* spp., *Eucampia* spp., *Chattonella* spp. を推定したマップである。AI 予測についても種判別同様に検証を十分に行う必要があるが、衛星と AI を組み合わせた赤潮予測の新しい成果である。

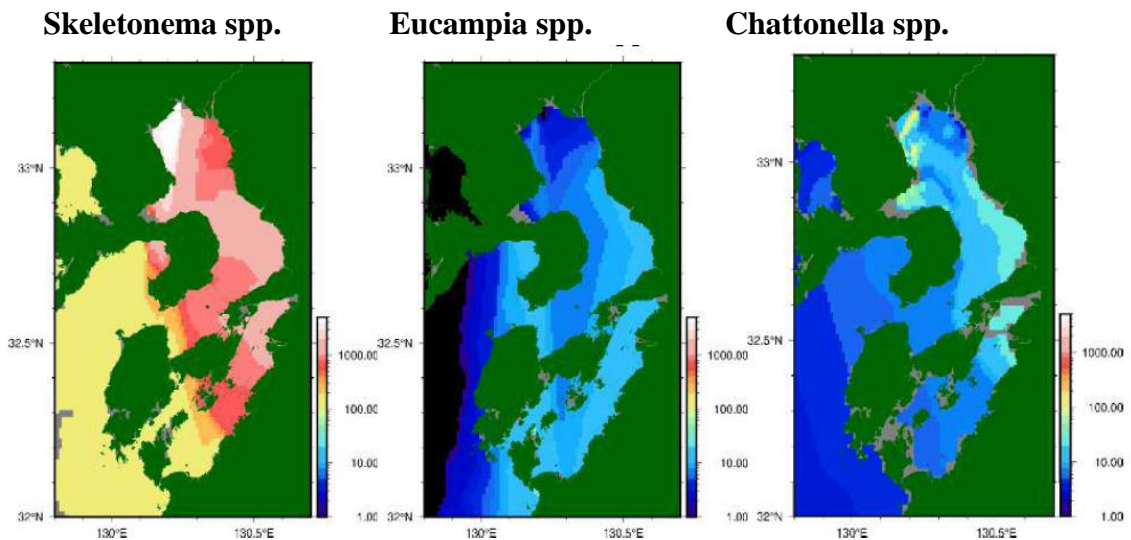


図 2 AI による赤潮予測

4.5.4 マルチデバイスに対応した情報配信

衛星情報や種判別やAI予測などの情報を現場で簡単にアクセスできるようにするには、マルチデバイス対応の情報配信が必須である。特に最近ではスマートフォンやタブレットが漁業の現場や洋上調査の現場で普通に使われるようになっており、これで情報のアクセスが必要不可欠となっている。本章で示した成果はWebGISでの配信が可能な設計となっている。図3はそのイメージである。



図 4.5.3 マルチデバイス対応の情報配信

参考文献

- [1] 落合弘明：リモートセンシングによる海洋調査，海と空，52，115-159，1977.
- [2] 宮村 和良・鬼塚 剛：衛星リモートセンシングを利用した赤潮監視，沿岸海洋研究 第54巻，第1号，49-55，2016.
- [3] Siswanto, E., Ishizaka, J., Tripathy, S. C., Miyamura, K.: Detection of harmful algal blooms of *Karenia mikimotoi* using MODIS measurements: A case study of Seto-Inland Sea, Japan. Remote Sensing of Environment, 129, 185- 196, 2013.
- [4] Feng, C., J. Ishizaka, J., Saitoh, K., Mine, T., Yamashita H.: A novel method based on backscattering for discriminating summer blooms of the raphidophyte (*Chattonella* spp.) and the diatom (*Skeletonema* spp.) using MODIS images in Ariake Sea, Japan. Remote Sens., 12 (9): 1504. 2020, <https://doi.org/10.3390/rs12091504>.
- [5] 池田三郎・中田英昭：赤潮発現現象のシステム分析，赤潮の科学第2版，293-325，1997.

4.6 トレダス

4.6.1 概要

魚の分布・回遊と環境との関係をリアルタイムに把握し、いつ、どこで、どのくらいの魚を漁獲しても資源維持に影響を与えないのか、さらにはどこにいる魚を漁獲すれば漁船の燃費が節約でき、最も対漁獲努力効果の高い漁獲物を得ることができるかをサポートする漁業活動支援システムの開発が不可欠である[1].

漁業情報サービスは水産海洋学の究極の応用分野である。いわば“オペレーショナル”水産海洋学と呼ぶべき分野である。“オペレーショナル”は“現業”とも訳されることがあるが、水産海洋学がより現業に近い学問であるので、利用者、たとえば漁業者であれば、いつ、どこに、どのくらいの対象魚種がいるのかといった漁場予測情報提供が期待される。

経済産業省公募型研究開発支援事業のひとつの地域新生コンソーシアム研究開発事業（以降本事業）において、2004年度と2005年度の2年間にわたり「沖合漁業のためのユビキタスな活動支援システムの研究開発」を推進した[2], [3]. 本研究開発では、水産資源の持続的可能な利用のためにリアルタイムに利用者ニーズに沿った高付加価値の情報配信を目指してユビキタス水産海洋情報システム『トレダス』を開発した。そこで、2006年6月20日に産学連携による地域初の有限責任事業組合(LLP)スペースフィッシュを設立し、マリン・フロンティア科学技術研究特区(函館)から海洋情報産業フロンティアを創出することを目指してサービスを開始した。その後(株)グリーン&ライフ・イノベーションにこの事業は継続されている。

4.6.2 ユビキタス水産海洋情報システム『トレダス』

開発したユビキタス水産海洋情報システムは、衛星受信処理、衛星プロダクト解析、データベース管理、インターネット GIS (地理情報システム)、漁船端末 GIS の5つのサブシステムからなる。利用者は、陸上にいるときはインターネット GIS より最新の情報を入手し、沖合に出漁または調査に出た後はブロードバンドとナローバンドの各種通信衛星経由で船舶端末 GIS により情報を入手することになる。

有限責任事業組合スペースフィッシュでは、この開発したシステムを活用して日本全国に準リアルタイムで水産海洋情報を提供するサービス『トレダス』(TOREDAS: Traceable and Operational Resource and Environment Data Acquisition System)を事業化した。この『トレダス』の目指しているところは「トレーサビリティ機能をもつ海洋の資源と環境に関するオペレーショナルなデータ収集システム」である[4].

4.6.3 『トレダス』の機能

『トレダス』では、インターネットで水産海洋情報を提供する「Web トレダス」と、衛星通信を活用して沖合いの漁船に搭載された漁船端末に水産海洋情報を提供する「Onboard トレダス」の2つの利用形態を提供していた。過去の研究成果をもとに、スルメイカ、サンマ、カツオ、ビンナガマグロの4魚種の漁場予測を行っている。対象魚種の公的な海洋環境を、空間統計学の手法を用いて対象魚種分布との関係を導き、衛星データを入力データとして潜在的な漁場形成海域を予測する手法である[5]. 漁船端末はタッチパネル機能のノートPCを用いて、キーボード操作なしで使用できるユーザーフレンドリなシステムである(図4.6.1).

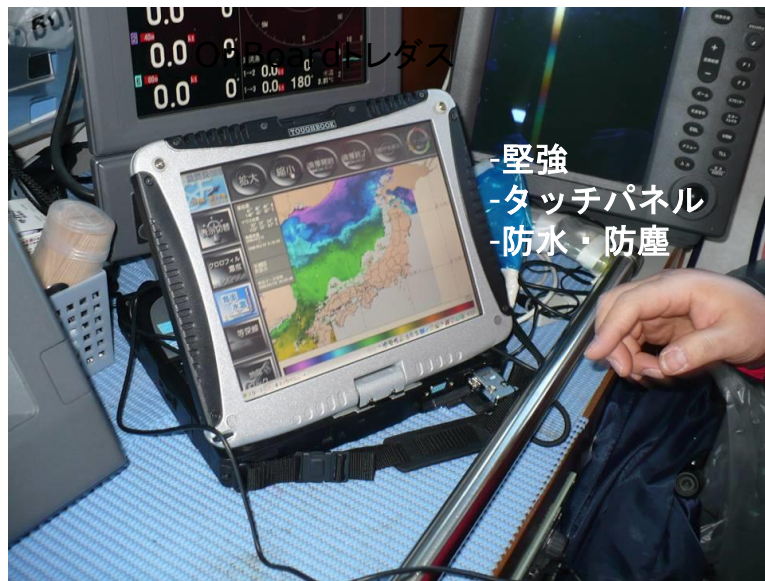


図 4.6.1 Onboard トレダスの漁船端末用ノート PC

提供情報は、海面水温画像、植物プランクトン色素画像、海面高度画像、海流分布、漁場予測マップなどが含まれる。機能として、各種海洋環境情報のオーバーレイ(図 4.6.2, 図 4.6.3), 漁場や漁港と自船位置との距離測定, 自船位置の記録などが含まれる。「Onboard トレダス」により提供された情報とこれまでの経験をもとに漁業者は操業すべき海域を決定して、無駄な燃料をつかわずに漁場へ直行する。めざす海域に到着して、漁業活動を開始し、漁が思わしくない時は、次の漁場へと向かう。その意味で「Onboard トレダス」は、漁場まで意思決定、漁場での意志決定の支援システムといえる。

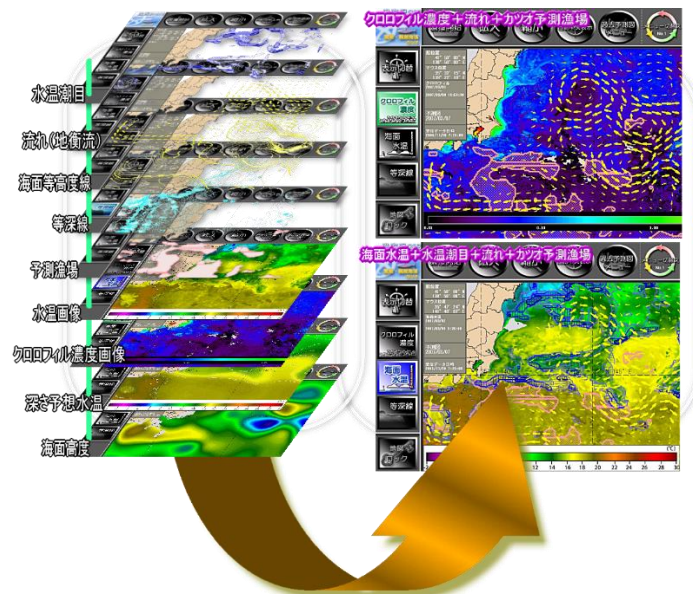


図 4.6.2 Onboard トレダス上での各種情報のオーバーレイ

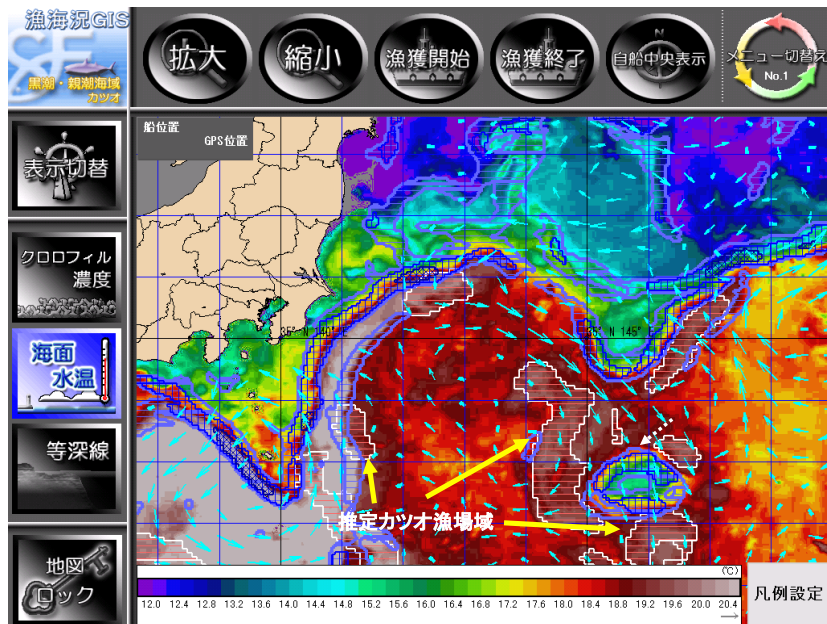


図 4.6.3 オーバレイ事例：海面水温画像の上に、流れ（→）、潮目（青のポリゴン）、カツオ漁場予測位置を重ね合わせた

図 4.6.4 に実際にこの「Onboard トレダス」を利用したサンマ漁船の航跡図を示した。約 2 ヶ月間の航跡であるが、拠点漁港根室を基地に、サンマ漁場へ直行している様子が理解できる。

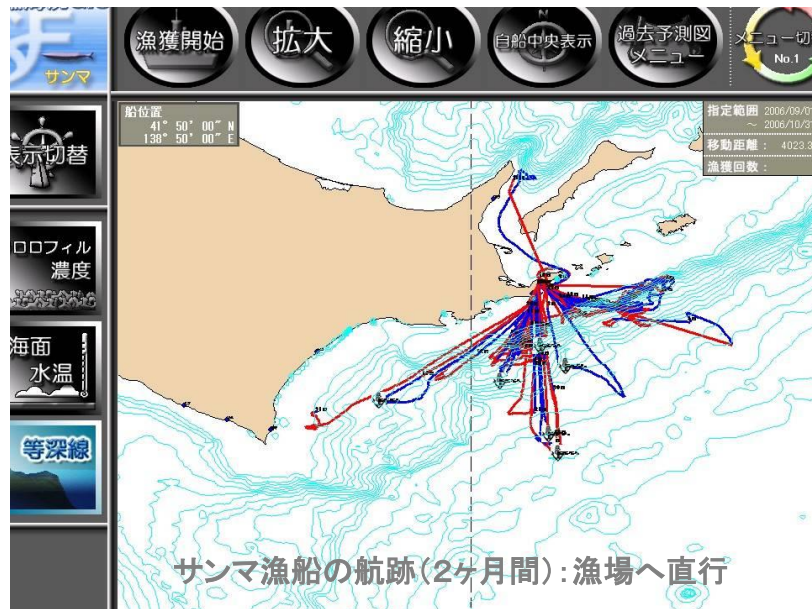


図 4.6.4 サンマ漁船の航跡図（約 2 ヶ月間）

4.6.4 今後のサービス

現在「Onboard トレダス」のサービスを継続している。「Web トレダス」の発展形としてカスタマイズド『トレダス』サービスを開始している。このサービスは特定の漁業会社

向けの個別海域、個別漁場予測情報サービスなどの漁業情報サービスに加え海上風・波浪予測情報を含む気象情報サービスを含んでいる。気象庁提供の海洋データ同化・予測システム（日本沿岸海況監視予測システム（JPN システム））[6]による海洋環境予測データを利用して、5日先までの漁場予測や海況予測を行っている。

参考文献

- [1] 清藤 秀理・齊藤 誠一：衛星リモートセンシングによる水産資源変動機構の解明，月刊海洋，37(8)，559-562，2005.
- [2] 齊藤誠一：宇宙から魚群を追跡するー沖合漁業のためのユビキタスな活動支援システムのための研究開発ー，コンサルタンツ北海道，107，6-9，2005.
- [3] 齊藤誠一：衛星データを用いたユビキタスな漁業支援システム，OHM，7月号，6-7，2006.
- [4] 齊藤誠一・高橋文宏：ITを駆使した水産海洋情報サービス，自動車技術，65巻，84-89，2011.
- [5] 齊藤誠一(分担)：「漁況・海況予測のこれから」，水産海洋学入門，講談社，92-102，東京，2014.
- [6] 気象庁ホームページ：<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/etc/notice20201110/>，2022/2/10 参照

5. 衛星データ解析の補助となる海洋の分光/GIS データサイトの調査

5.1 SeaBASS

5.1.1 概要

SeaBASS (図 5.1.1 参照) とは, SeaWiFS Bio-optical Archive and Storage System を略したものである. NASA が運営している世界的な海色リモートセンシングと関連する海洋観測データのデータベースである. SeaBASS は SeaWiFS データを活用して海色関連の様々なアルゴリズム開発や検証を目的としたデータベースである. SeaWiFS(Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor)は, 1997 年に打ち上げられ, 2010 年まで稼働した海色衛星センサの名称である.

SeaBASS は, 当初, アルゴリズムの校正や検証を目的として, 海洋の光学観測や植物プランクトンの色素データなどのデータをカタログ化していたが, その後, 海洋だけでなく, 大気データも含む形に拡張された. データベースには, 海水固有の光学的特性 (海水中の様々な吸収係数や後方散乱係数), 植物プランクトンの色素濃度, 水温, 塩分, 励起蛍光, エアロゾル光学的厚さなどの海洋のリモートセンシングと関連するデータが含まれている.

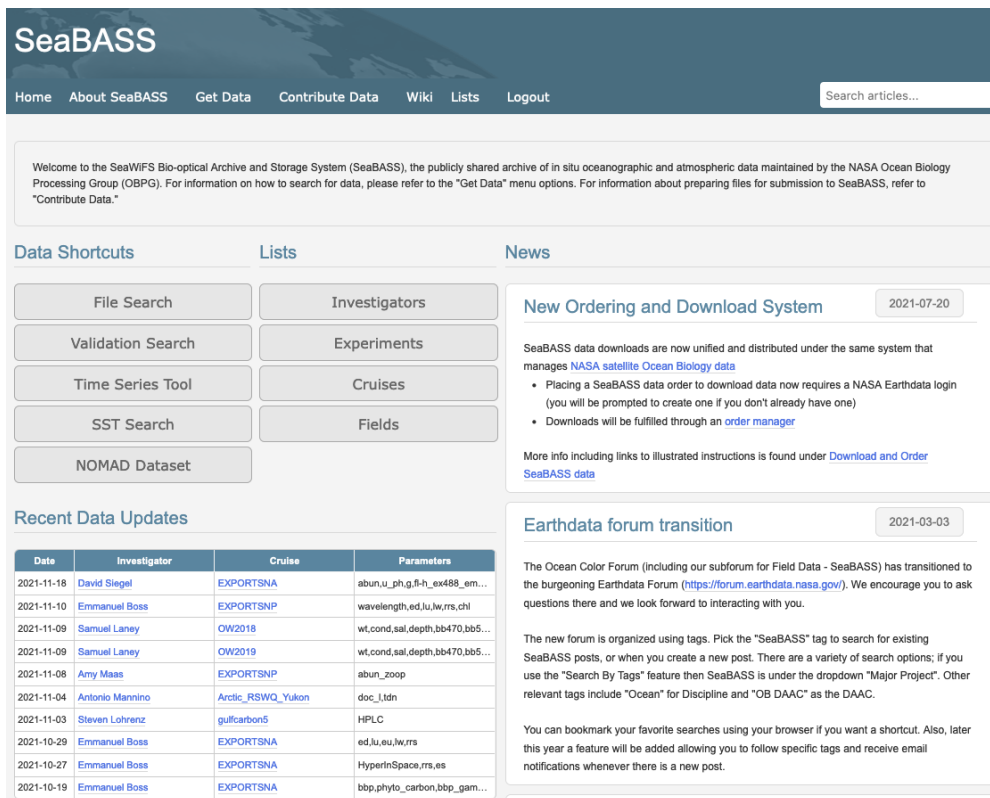


図 5.1.1 SeaBASS の Top ページ[1]

SeaBASS のサブセットに NOMAD(NASA Bio-Optical Marine Algorithm Dataset)がある. NOMAD は, SeaBASS のデータについてクオリティコントロールを行い, 精選されたデータセットのことである. 2008 年に Ver. 2 が作成されて以降, 更新されていないが海色プロダクトのアルゴリズム開発・検証によく利用されている.

<https://seabass.gsfc.nasa.gov/wiki/NOMAD>

衛星データの検証用データの検索は, 検索期間, 対象海域, キーワード, プロダクトなどを設定して行う.

検索されたデータをダウンロードできる。ダウンロードされたデータは、拡張子「.sb」となっているが、中身はテキスト形式である。「.sb」データを読み出すためのソフトウェア (MATLAB, Python, Perl 版) や NerCDF などへの変換ツール、OB.DAAC (2.2. (3) 参照) データとのマッチアップツールなども用意されている。

5.1.2 ユーザー登録と利用許諾

本システムは、多くの場合、簡単なユーザー登録をすれば、基本的には無料で利用することができる。以下の「Earthdata」によるユーザー登録サイトから登録を行えば、SeaBASS で公開されているすべてのデータの取得が可能となる。新規ユーザー登録の詳細は、以下の Web サイトを参照ください。

<ユーザー登録サイト>

<https://urs.earthdata.nasa.gov/users/new>

5.1.3 データ使用許諾と条件

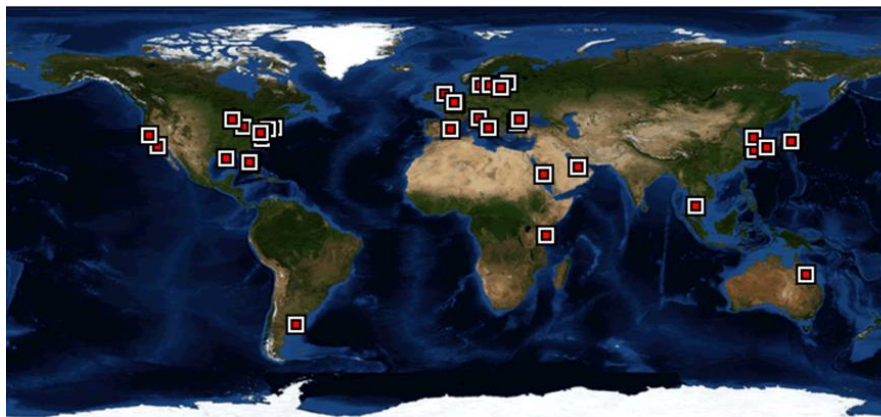
データの使用条件は、データが収集されてから 3 年以内の場合、データ提供者とのコンタクトし、提出前の論文のコピーを提供し、意見を聞く必要がある。また、データ DOI の引用などをする必要がある。

参考文献

[1] NASA- SeaBASS, <https://seabass.gsfc.nasa.gov/>, 2021/12/08 参照

5.2 AERONET-OC

エアロゾルロボティックネットワーク (The Aerosol Robotic Network (AERONET)) は、NASA のプロジェクトの一環として自律型 sun-photometer を世界中に設置し、大気のパラメータを取得し、大気の研究に貢献している。これをさらに海洋パラメータを取得し海洋の研究にも応用できるよう拡張したものが AERONET - Ocean Color (AERONET-OC) と呼ばれる[1]。AERONET-OC では、図 5.2.1 に示す地点において、改良型の自律型 sun-photometer を灯台、海洋観測やぐら等の沖合のプラットフォームに設置し、エアロゾルの光学的厚さに加えて正規化海水射出放射輝度を測定する。正規化水面放射輝度の算出に使用される手法とアルゴリズムの詳細については、[2]に記載されている。この改良型の自律型 sun-photometer は、フランスの CIMEL 社の CE-318 自律型 sun-photometer を拡張したものであり、対象の視野角と方位角において 400-1020nm の波長範囲の中から 8 から 9 つの中心波長において大気と海を複数回測定する。得られるパラメータは、エアロゾル光学的厚さ、正規化海面射出放射輝度に加え、インバースプロダクトとしてエアロゾル単一散乱アルベド、複素屈折率、オングストローム指数、体積粒径分布が得られる。測定結果は、一例として図 5.2.2 に示すようにデータ転送され、AERONET-OC の website にて公開される。また、測定結果は、データクオリティごとに Level 別で公開されており、最終的にはスクリーニング及び最終校正を経てデータクオリティが保証された Level 2.0 が公開される。一般的に衛星プロダクトの検証のためには、現地と衛星とのマッチアップデータが重要であるものの、海洋の場合は取得が非常に困難である。そのため自律型 sun-photometer の自動測定の機能は、多くのマッチアップデータの取得に期待される。さらに日本においては、有明海と東京湾の湾奥部において AERONET-OC のシステムが稼働しており、陸部に近い高濁度水域における大気と水中の光学観測データが取得されている。



Abu_Ai_Bukhoosh (25.495N, 53.146E)	ARIAKE_TOWER (33.104N,130.272E)	Bahia_Blanca (39.148S, 61.722W)
Bari_Waterfront (41.117N, 16.893E)	Blyth_NOAH (55.146N, 1.421W)	Casablanca_Platform (40.717N, 1.358E)
Chesapeake_Bay (39.124N, 76.349W)	COVE_SEAPRISM (36.900N, 75.710W)	Gagecho_Station (33.942N,124.593E)
Galata_Platform (43.045N, 28.193E)	Gloria (44.600N, 29.360E)	GOT_Seaprim (9.286N,101.412E)
Grizzly_Bay (38.108N,122.056W)	Gustav_Dalen_Tower (58.594N, 17.467E)	HBOI (27.534N, 80.357W)
Helsinki_Lighthouse (59.949N, 24.926E)	leodo_Station (32.123N,125.182E)	Irbe_Lighthouse (57.751N, 21.723E)
KAUST_Campus (22.305N, 39.103E)	Kemigawa_Offshore (35.611N,140.023E)	Lake_Erie (41.826N, 83.194W)
Lake_Okeechobee (26.902N, 80.789W)	Lake_Okeechobee_N (27.139N, 80.789W)	LISCO (40.955N, 73.342W)
Lucinda (18.520S,146.386E)	MVCO (41.325N, 70.567W)	Palgrunden (58.755N, 13.152E)
Sacramento_River (38.050N,121.888W)	San_Marco_Platform (2.942S, 40.215E)	Section-7_Platform (44.546N, 29.447E)
Socheongcho (37.423N,124.738E)	South_Greenbay (44.596N, 87.951W)	Thornton_C-power (51.532N, 2.955E)
USC_SEAPRISM (33.564N,118.118W)	USC_SEAPRISM_2 (33.564N,118.118W)	Venise (45.314N, 12.508E)
WaveCIS_Site_CSI_6 (28.867N, 90.483W)	Zeebrugge-MOW1 (51.362N, 3.120E)	

図 5.2.1 AERONET-OC における自律型 sun-photometer の設置地点

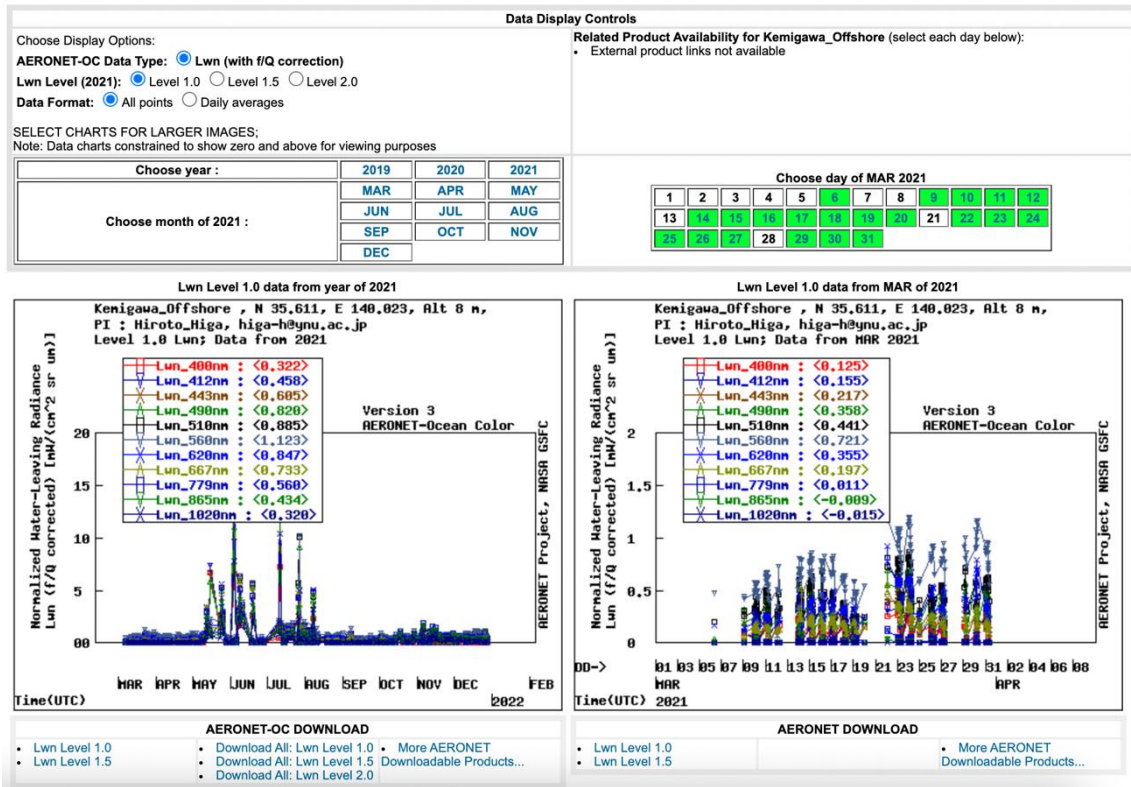


図 5.2.2 AERONET-OC website で公開されている東京湾 検見川沖の正規化水面放射輝度

参考文献

[1] AERONET OCEAN COLOR: https://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/ocean_color.html, 2021/12/29 参照.

[2] Zibordi, G., Mélin, F., Berthon, J. F., Holben, B., Slutsker, I., Giles, D., ... & Seppälä, J.: AERONET-OC: a network for the validation of ocean color primary products. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Vol. 26, No.8, pp.1634-1651, DOI: <https://doi.org/10.1175/2009JTECH0654.1>, 2009.

5.3 アルゴブイ・アルゴフロート

アルゴブイとは、アメリカ海洋大気庁（NOAA）が中心となって展開している観測ブイのことで、世界で約1300機（2016年7月現在）ある。ここでいう「ブイ（Buoy）」とは観測機器が取り付けられた海の気象（海象）の定点観測をする機器のことである。このうち日本周辺では「KEO：Kuroshio Extension Observatory」と呼ばれるブイのほか、津波警戒用の数機のブイもある。ちなみに日本の気象庁が日本周辺の海に投じている漂流式の観測ブイも数機ある。しかし地上の天気予報に使われる気象庁の気象観測システム「アメダス（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition System）」の約1300機（日本国内のみ）と比べると、圧倒的に少ない。これは、ブイが船の航行や漁業の邪魔になったり、機器のメンテナンスが難しいからである。このような設置の困難さはあるが、ブイは短時間ごとの環境変化を正確にとらえることができるため、海の環境を知るうえで、あるいは衛星観測値の検証データとして、非常に貴重なデータになっている。

一方、最近ではアルゴフロート（全世界中層フロート観測網、A Global Array for Temperature/Salinity Profiling Floats）と呼ばれる新しい観測システムが誕生し、図5.3.1に示すように世界の海の状態をかなり高密度で観測できるようになってきている。このようにブイを使った観測が密になってきているといっても、観測ブイでは把握が難しい面的に測る技術としてのリモートセンシングは貴重であり、ブイと衛星データの融合は海洋観測では欠かせないツールとなっている。

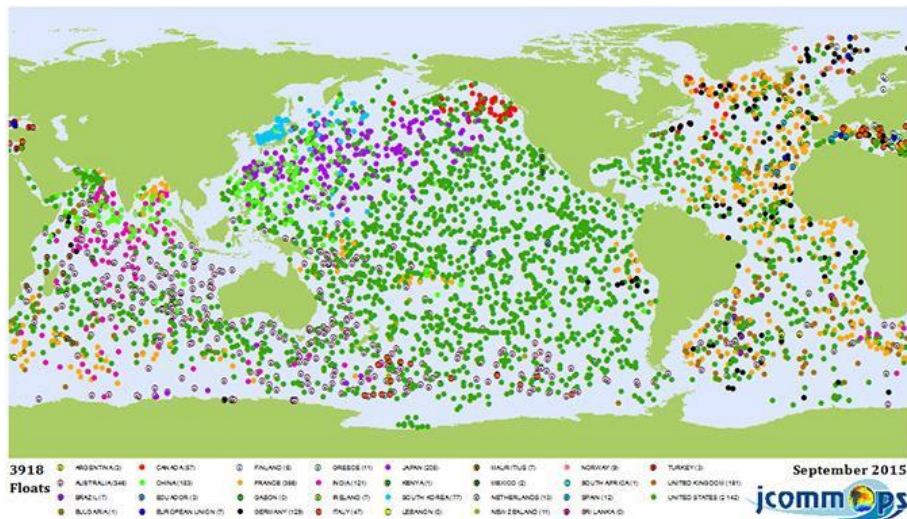


図 5.3.1 アルゴフロート観測網[1]

参考文献

[1] 国立研究開発法人海洋研究開発機構:

http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20160129/, 2021/11/4 参照

5.4 Global Fishing Watch

5.4.1 概要

SDGs の 14 番目は「海の豊かさを守ろう」というものである。海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用することを目指している。具体的には海洋汚染の防止、生態系の回復などが挙げられている。その中で 14.4 および 14.6 の 2 項目にわたって違法・無報告・無規制 (IUU: Illegal, Unreported and Unregulated) 漁業について書かれている。持続的な水産資源の利用には、正確な資源の把握と、適正な管理が必要である。IUU 漁業はこれを強く阻害するものであり、近年世界的に問題となっている。IUU 漁業の弊害については日本周辺海域での状況について大関らが報告している[1]。

Global Fishing Watch は、2016 年に Google が Oceana と SkyTruth と提携して立ち上げたウェブサイトで[2]、船舶が衝突防止に設置している自動識別システム (AIS) のうち、全世界の AIS 搭載漁船の分布情報を配信している。AIS とは、船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態及びその他の安全に関する情報を自動的に VHF 帯電波で送受信し、船舶局相互間及び船舶局と陸上局の航行援助施設等との間で情報の交換を行うシステムである。この電波は直進性が強く、水平線の先で受信することはできないが、上空を飛ぶ人工衛星で受信することができる。複数の衛星で AIS を受信するインフラをカナダの exactEarth などが整備した。

Global Fishing Watch を使用すると、全世界の漁業活動をモニタリングすることができる。船の情報を取得することも可能で、監視などに活用することも可能となっている。図 5.4.1 は「Global Fishing Watch」の画面例である。

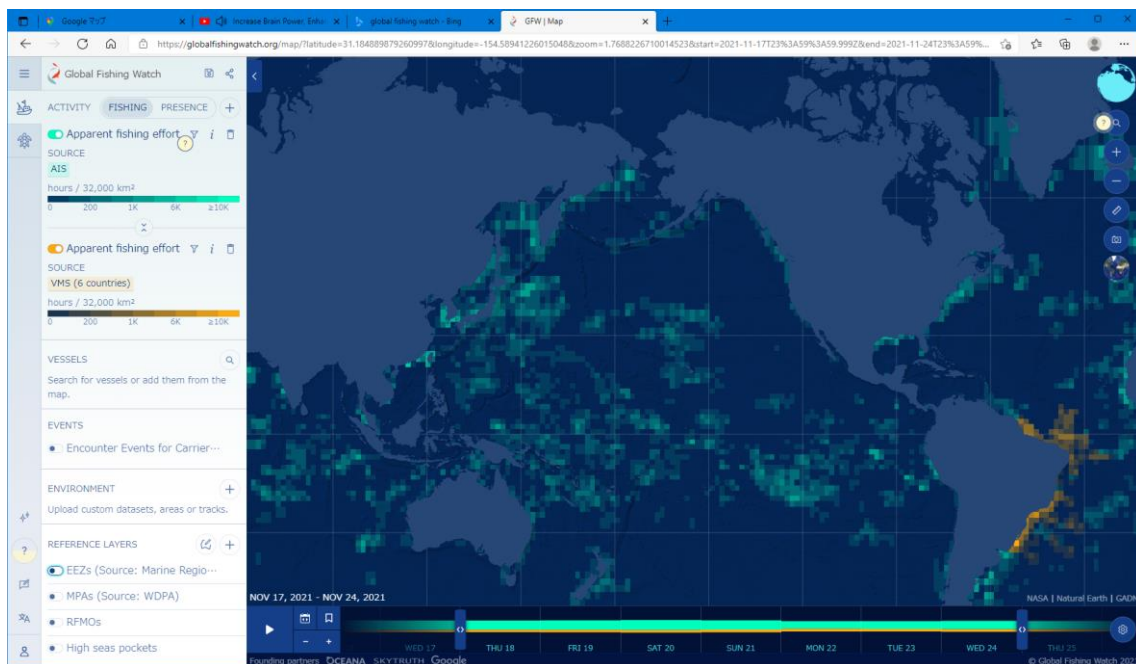


図 5.4.1 「Global Fishing Watch」の画面

5.4.2 Global Fishing Watch の機能

Global Fishing Watch はシステム開発を継続的に行っており、画面レイアウトや表示情報などが度々変更されている。基本となっている情報は AIS 情報で、クリックした場所の漁船の情報などを取得することができる (図 5.4.2)。また配信する情報については漁船 AIS に限らず、沿岸国と組んだ VMS (Vessel Monitoring System) 情報や、水温などの海洋環境情報の表示も可能で、更には海洋生物保護を含む海洋の諸問題にもアプローチしている。

ユーザー登録することで、統計情報などさまざまなデータへのアクセスも可能となっている。

なお利用規定については詳しい記載と、FAQにも具体的に丁寧な記載がある。

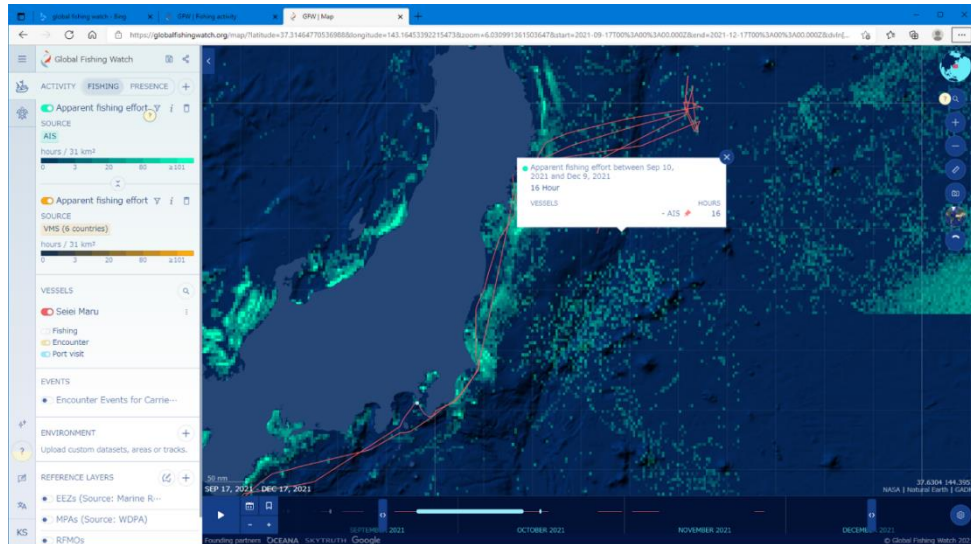


図 5.4.2 「Global Fishing Watch」で特定の AIS の情報を抽出した例

5.4.3 Global Fishing Watch の問題点

これは Global Fishing Watch というより AIS の問題点であるが、小型の船舶は AIS 搭載義務がないことからすべての漁船をモニタリングしているわけではない。また AIS の信号を船側で停止することが可能であったり、AIS の登録情報が実際と異なっていたりする場合もある。

Global Fishing Watch は迅速にデータの更新を行っているが、リアルタイムでの情報入手は exactEARTH などの AIS データサプライヤーから直接入手する必要がある。現在、AIS の後継技術とされる衛星 VDES などの技術開発も進められている。

参考文献

- [1] Y. Oozeki et al.: Reliable estimation of IUU fishing catch amounts in the northwestern Pacific adjacent to the Japanese EEZ: Potential for usage of satellite remote sensing images. Marine Policy 88, 64-74. 2018.
- [2] Global Fishing Watch: <https://globalfishingwatch.org/>, 2022/2/10 参照

6. 今後の展望・提言

昨年度の報告書のまとめとして、「海洋を解析するための衛星データは豊富に存在するが、そのデータは容易に利用しやすく整備されているわけではない」という問題点を述べた。そして、「長期にわたる変化を明らかにするために、複数の種類の衛星データを組み合わせた新たなデータセットやデータベースについて精査し、日本として独自に利用しやすいデータセットやデータベースも開発していく必要がある」という提言を行った。

本報告書はまさにこの提言に対して、現在日本の国内外において使われている衛星ポータルサイトや応用例やシステム、あるいはそこで使われているソフトウェアなどについて調査を行ったものである。今回報告書をまとめ終え、海洋という分野に限っても、改めて多くのポータルサイト（2章）や応用システム（4章）が稼働していることが分かった。しかし、一方で、自治体職員や漁業者、学生、一般などのエンドユーザーからは「衛星データの取得や処理は非常に興味はあるが、難しくて敷居が高い」という話を未だによく聞く。この一見矛盾したような状況において、何が不足しているかと考えた場合、衛星データと応用分野を結びつける伝道師や教育（3章）が必要であることは、明白である。つまり、無料で使える衛星データ（2章）やソフトウェア（3章）は十分あっても、そのデータを取得し、どう加工すれば自分の知りたい情報になるのかについて知る機会が極めて少ないことが問題だろう。したがって、関連のトレーニング（4章）やその教則本の出版、関連イベント（公開で行う衛星データ検証など）の開催などが具体的なアクションとして必要だろう。また、データセットやポータルサイト・システムにしても、まだまだ日本のユーザーに必要とされているものが十分に整備されているとはいえない。さらに可能であれば、「気象予報士」や「カラーコーディネーター」と同じような実務的・趣味的な資格（例えば「衛星解析士（海洋環境）」）の創設などが実現できれば、衛星データ利用者の拡大、ビジネス化の起爆剤になるだろう。

この報告書を執筆している期間においても、北海道沿岸の赤潮被害、海底火山（福徳岡ノ場やトンガの火山島）噴火による軽石や津波の被害が発生し、広域の環境変化を非接触で測定できる衛星データの必要性を誰しも実感したことだろう。また、2020年初頭から今日まで続く世界的なコロナ禍において非接触での計測技術は、ますます発展すると考えられる。このような好機に、是非この報告書を参考にして、各自が実施してみたい、あるいは活用してみたいデータ処理やシステムの閲覧に挑戦していただくことを期待して、この報告書のまとめとする。

以上