

環日本海海洋環境ウォッチ データユーザガイド (ver 1.0)

環境省
2020年7月

バージョン及び改訂履歴

| 日付 | バージョン | 改訂履歴 |
|-----------|-------|------|
| 2020年7月1日 | 1.0 | - |

目次

| | | |
|-------|----------------------|----|
| 1. | はじめに | 1 |
| 1.1 | 適用範囲及び本文書の内容 | 1 |
| 1.2 | 略語一覧 | 1 |
| 1.3 | データプロダクトについて | 3 |
| 1.3.1 | 地理的範囲 | 3 |
| 1.3.2 | 物理量と衛星センサ | 4 |
| 1.3.3 | 物理量と活用事例 | 5 |
| 1.3.4 | データプロダクトの時空間分解能 | 6 |
| 2. | データプロダクトフォーマット | 6 |
| 2.1 | 概要 | 6 |
| 2.1.1 | ファイル形式と命名規則 | 7 |
| 3. | データ処理 | 8 |
| 3.1 | 海色データの選別及びマッピング | 9 |
| 3.2 | 海面温度データの選別 | 14 |
| 3.3 | ブレンドクロロフィルデータセットについて | 16 |
| 3.3.1 | YOC アルゴリズムについて | 17 |
| 3.3.2 | 標準アルゴリズムについて | 17 |
| 3.4 | 時間合成 | 19 |
| 4. | 操作手順 | 19 |
| 4.1 | データアクセスツール | 19 |
| 4.1.1 | データ検索インターフェイス | 19 |
| 4.1.2 | 海のカレンダー | 20 |
| 4.2 | 複数ファイルのダウンロード | 21 |
| 4.3 | データの読み込み | 23 |
| 4.4 | データの可視化 | 24 |
| 5. | NetCDF ファイルの構造 | 29 |
| 6. | データ利用上のご注意 | 33 |
| 7. | 参考文献 | 34 |

1. はじめに

1.1 適用範囲及び本文書の内容

このドキュメントは NPEC のウェブサイトにある「環日本海海洋環境ウォッチ」ホームページが提供するデータ利用者向けの説明書です。データが示している海洋環境情報を理解するため、データの時間空間的な対象範囲やパラメータ、フォーマット、処理方法等の詳細について解説しています。

1.2 略語一覧

| | |
|--------|--|
| ADEOS | Advanced Earth Observing Satellite |
| AVHRR | 改良型高分解能放射計センサ (AVHRR: Advanced Very High-Resolution Radiometer Pathfinder) |
| CDOM | Coloured Dissolved Organic Matter |
| GEARAC | Special Monitoring & Coastal Environmental Assessment Regional Activity Centre |
| CHL | Sea Surface Chlorophyll-a |
| DAAC | Distributed Active Archive Centre |
| DS | Data Search |
| ESA | European Space Agency |
| GCOM-C | 気候変動観測衛星ミッション (GCOM-C: Global Change Observation Mission-Climate) 「しきさい」 |
| JAXA | Japan Aerospace Exploration Agency |
| L2 | Level 2 data products |
| L3 | Level 3 data products |
| L4 | Level 4 data products |

| | |
|-------------|--|
| MERIS | ヨーロッパ宇宙機関「ESA」が打ち上げた海色センサ「中分解能イメージングスペクトロメータ Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS)」 |
| MODIS-Aqua | 衛星 Aqua に搭載されている海色センサである中分解能撮像分光放射計「Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer instrument on Aqua (MODIS-Aqua)」 |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration (USA) |
| NASDA | National Space Development Agency (Japan) |
| netCDF | Network Common Data Format |
| NLW | Normalised water Leaving Radiance |
| NMEW | Marine Environmental Watch of the of the Northwest Pacific Region |
| NOAA | National Oceanic and Atmospheric Administration (USA) |
| NOWPAP | Northwest Pacific Action Plan |
| NPEC | Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center |
| NW | Northwest Pacific Region |
| OC | Ocean Colour |
| OCTS | JAXA「旧 NASDA」が打ち上げた ADEOS に搭載された「海色海温走査放射計 Ocean Colour and Temperature Scanner (OCTS)」 |
| PNG | Portable Network Graphics |
| Rrs | Remote Sensing Reflectance |
| SC | Sea Calendar |
| SeaWiFS | NASA が 1997 年に打ち上げた海色センサ Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS) |
| SGLI/GCOM-C | Second generation GLobal Imager aboard the Global Change Observation Mission on GCOM-C |

| | |
|------------|---|
| SST | Sea Surface Temperature |
| TSM | total Suspended Matter |
| VIIRS-SNPP | スオミ衛星 NPP に搭載された可視近赤外放射計群センサ Visible and Infrared Imager/Radiometer Suite-Suomi National Polar-orbiting Partnership(VIIRS-SNPP)で MODIS-A の後続センサ |
| YOC | Yellow Sea Large Marine Ecosystem's project on Ocean Color |

1.3 データプロダクトについて

1.3.1 地理的範囲

環日本海海洋環境ウォッチが入手・処理し、提供するデータ(データプロダクト)の地理的対象範囲は東経 117-143 度、北緯 29-49 度です。

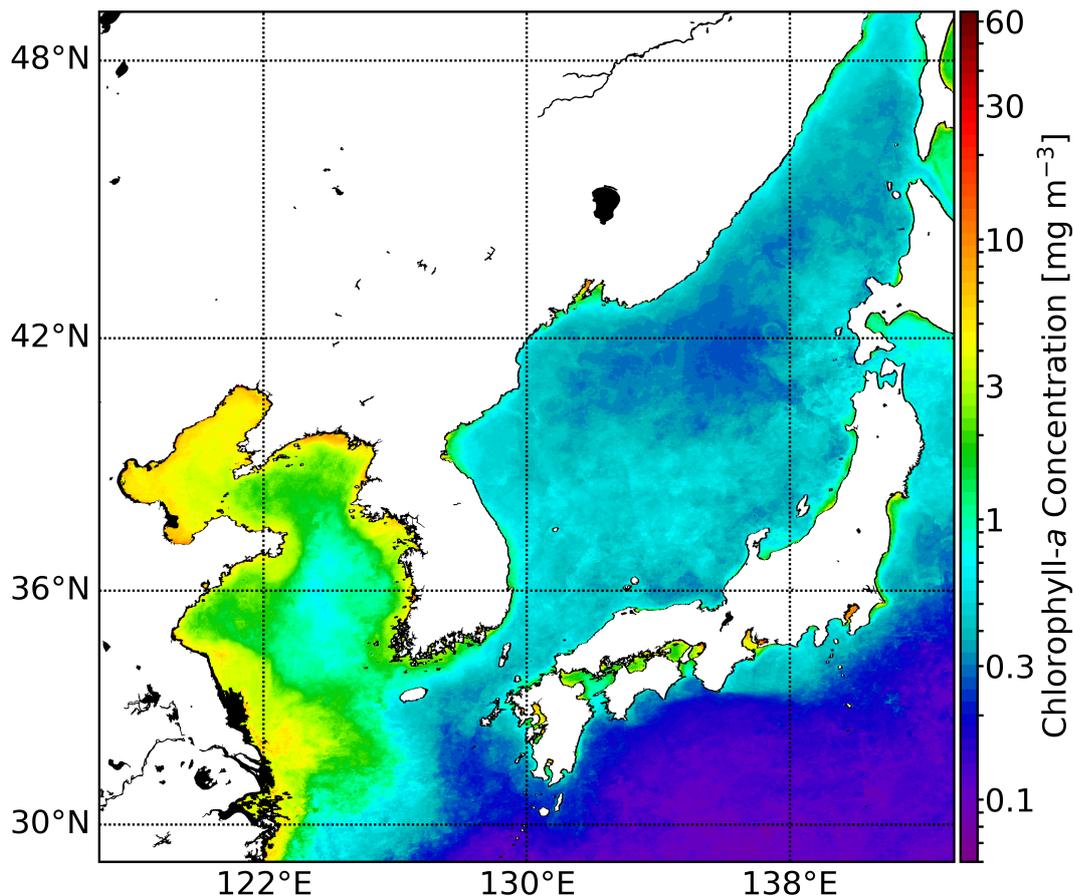


図 1. 環日本海海洋環境ウォッチシステムが提供するクロロフィル a 濃度データプロダクトのサンプル (2006 年の MODIS-Aqua による年間合成画像)。

1.3.2 物理量と衛星センサ

環日本海海洋環境ウォッチは、北西太平洋地域海行動計画「NOWPAP」の推進を目的とし、人工衛星に搭載された地球観測センサが得た海洋環境の情報を提供する地域データアーカイブセンター（DAAC）の役割を担っています。

利用可能な物理量は宇宙機関が提供する標準的なアルゴリズムで処理された海表面クロロフィル濃度値（CHL）と黄海大規模生態系プロジェクトの海色アルゴリズム（YOC アルゴリズム）で処理された CHL がブレンドされた値、全懸濁物質（TSM）、海面温度（SST）です。（詳しくは第 3 章で説明します。）以下の表 1 に、NOWPAP 海洋環境ウォッチが取得し処理しているデータについて説明します。

表1. NPEC が入手している物理量とセンサー一覧（物理量、センサ名、運用期間、宇宙機関）

| 物理量 | センサ名 | 運用期間 (年-月-日) | 宇宙機関 |
|--|------------------|-----------------------------|-------------------|
| CHL (クロロフィル a 濃度) | OCTS | 1996-10-31 to 1997-06-29 | JAXA (旧 NASDA) |
| | SeaWiFS | 1997-09-04 to 2010-12-11 | NASA |
| | MERIS | 2002-03-21 to 2012-05-09 | ESA |
| CHL & SST (海面水温) | 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 |

1.3.3 物理量と活用事例

a) クロロフィル a 濃度(CHL)

1978年、最初の海色センサである Coastal Zone Colour Scanner (CZCS)の運用と共にクロロフィルの衛星による観測が始まりました(O'Reilly and Werdell, 2019)。表1では現在も使用している後続センサも合わせて紹介しています。クロロフィルは生物パラメータとして広く利用されているものの1つで、植物プランクトンバイオマスの代わりとされることもあります。植物プランクトンは海域食物連鎖の下位に位置した独立栄養生物で、基礎生産や水中の酸素発生システムにおいて重要な役割を果たします。植物プランクトンの多くは光が届く表層で浮遊しています。

衛星クロロフィル値(CHL)は基礎生産(Chavez et al., 2010; Yamada et al., 2005)や生物ポンプ(Omand et al., 2015; Thomsen et al., 2017)、植物プランクトンの季節変動と漁業活動との関係(Kodama et al., 2018; Platt et al., 2003)、海域の物理的・生物学的相互作用(Maure et al., 2018, 2017; McGillicuddy, 2016)、気候変動(Cianca et al., 2012; Racault et al., 2012, 2017)、水質評価(Terauchi et al., 2018, 2014; Yang et al., 2018)、海域の観測等、多くの調査研究に利用されています。NPECでは、衛星クロロフィル値を用いて、NOWPAP沿岸域の富栄養化評価に取り組んでいます。気候変動が注目される中、クロロフィル値は海洋環境の理解を深めるために重要なパラメータと言えます。

b) 有色溶存有機物 (CDOM)

有色溶存有機物(CDOM)は、気候変動観測衛星「しきさい」に搭載の SGLI センサからのデータを使い、412nmの波長による海面の溶存有機物の光吸収係数で推定値を表すことができます(Smyth et al., 2006)。CDOMは海域の生物地球化学的プロセスや生態系力学を理解するために必要不可欠で、水質評価の指標の1つとなっています(Kutser et al., 2005)。CDOMは光を吸収するため、基礎生産の妨げになります。また短波長の方がより光を吸収します(Yang et al., 2018)。海域のCDOMの主な発生源として、河川経由で流入する枯れた陸域の植物、沿岸域における下水の流入あることから、CDOMは陸域での人間活動が沿岸域に与える影響を調査研究する際の重要なパラメータになっています(Bai et al., 2013)。

c) 全懸濁物質 (TSM)

全懸濁物質(TSM)も「しきさい」搭載の SGLI センサによるデータを用いて推定します。TSM推定値は海面に浮遊するプランクトンや土等の有機・無機物の単位面積当たりの乾燥重量で表すことができます(Toratani et al., 2012)。TSMは土壌流出、河川水に含まれるもの、海底の堆積物や植物プランクトンが攪拌されたもので、重要な水質指標の1つとなっています(Yang et al., 2018)。TSM量が多いと海洋生物にとって必要な水質が低下する、航路の妨げになる(Wood, 2014)、洪水の危険性が増す等の問題が生じます。そのため、水質観測で必要な指標となります。

d) 海表面水温 (SST)

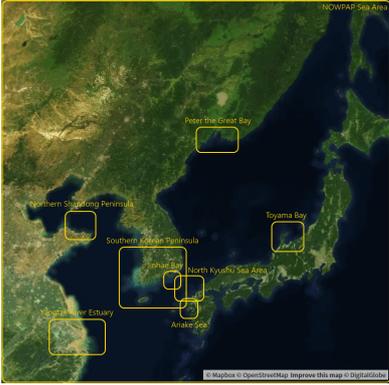
海表面水温(SST)は海域の物理的プロセスや生物学的プロセスを決定づける重要な物理量です(Merlivat et al., 2015)。衛星観測では海面下1メートル以内の skin SSTといわれる温度で示さ

れ、ブイや現場観測による海面温度より 0.1～0.2度低い数値になります(Casey and Cornillon, 1999)。SST は、基礎生産や大気－海洋間の熱・運動量・気体フラックス等に関係する海洋と大気の相互作用や海洋力学を理解するには重要なパラメータです(Behrenfeld et al., 2006; Racault et al., 2017; Small et al., 2008; Tomita et al., 2019)。また、生態系アセスメント、気候変動の研究、漁業活動等多様な分野で利用されています。

1.3.4 データプロダクトの時空間分解能

NPEC では宇宙航空研究開発機構(JAXA)、アメリカ航空宇宙局(NASA)、アメリカ海洋大気庁(NOAA)、欧州宇宙機関(ESA)等から NOWPAP 地域のデータを取得し処理しています(表 1)。

表 2. 環日本海環境ウォッチシステムウェブサイトにあるデータプロダクトの時空間分解能

| センサ | 対象領域 | 空間分解能 | 時間分解能 |
|---------------------|--|-------|-------------------|
| OCTS | 環日本海エリア(NW)全体及び 黄色で囲んだサブエリア(表 3)  | 4 km | 日平均 月平均 年平均 |
| SeaWiFS | | 1 km | |
| MERIS | | 1 km | |
| MODIS-Aqua | | 1 km | |
| VIIRS-SNPP | | 750 m | |
| SGLI | | 250 m | |
| AVHRR Pathfinder | | 4 km | |

2. データプロダクトフォーマット

2.1 概要

環日本海海洋環境ウォッチシステムが提供する画像データはレベル 3 及びレベル4です。レベル3とレベル4の違いは第 3 章で説明します。環日本海海洋環境ウォッチシステムが提供する物理量を格納したデータは netCDF4 形式、画像は PNG 形式となっています。PNG 画像は、サムネイル(縮小画像)とフルサイズ画像で入手することができます。netCDF はバイナリフォーマットの一つであり、科学的なデータを共有するフォーマットとして広く用いられています。データフォーマット詳細は下の URL で公開されています。<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf>

各データプロダクトは一つの netCDF ファイルに保存されていますが、これらには dimensions, variables, variable attributes, global attributes 等のデータの属性情報が含まれます(詳細は第 5 章にて解説します)。月、年合成データには valid_pixel_count という合成処理に使われた有効データ数を示す情報が付加されます。

2.1.1 ファイル形式と命名規則

環日本海海洋環境ウォッチのファイルの命名規則は以下のとおりです。

日平均のファイル: iyyyymmdd_vvv_sba_tc.ext

月平均のファイル: iyyyymm_vvv_sba_tc.ext

年平均のファイル: iyyyy_vvv_sba_tc.ext

ファイル名の最初の i はセンサのイニシャルを表します。OCTS は O、SeaWiFS は S、MERIS は M、MODIS-Aqua は A、VIIRS は V、AVHRR-Pathfinder は P、SGLI は GS です。現在、OLCI のデータはありませんが、利用可能になれば、OCTS と区別したイニシャルをつけていきます。ブレンドされたクロロフィル a 濃度データのイニシャルは Y です。

yyyymmdd の部分は、年 (yyyy)、月 (mm)、日 (dd) を表します。vvv はデータ変数で、CHL はクロロフィル a 濃度値、SST は海表面水温、CDOM は有色溶存有機物、TSM は全懸濁物質を意味します。

sba はサブエリアを意味します。表 3 に NOWPAP 海域にあるサブエリアのイニシャルをまとめています。tc は合成画像の期間(日/月/年)です。

ext はファイル拡張子(nc は net CDF、png は PNG)を意味します。

表 3. データ処理を施したサブエリアの一覧

| サブエリアの略語 | サブエリア名 |
|----------|-----------------|
| NW | 北西太平洋(NOWPAP)海域 |
| AS | 有明海 |
| JB | チンヘ湾 |
| KS | 九州北部海域－玄海 |
| PB | ピーター大帝湾 |
| SP | 山東半島北部 |
| SS | 朝鮮半島南部 |
| TB | 富山湾 |
| YR | 揚子江流域 |

3. データ処理

人工衛星による観測データには、0から始まる様々のレベルがあります。各レベルについての詳細は、宇宙機関毎に定義されており、NASA では以下の URL に示すとおり (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/products/>) になっています。NPEC では、宇宙機関から主にレベル2データ入手し、更に高次のデータ処理を行い、レベル 3 データを作成し、NOWPAP 海洋環境ウォッチシステムホームページで表 1 に示す複数のデータプロダクトを提供しています。レベル2のデータは JAXA、NASA、ESA 等の宇宙機関から取得しています。MERIS のレベル 2 データは NASA の Ocean Color Website を通じて入手しています。SST は、NOAA からレベル 3 データを入手しています。これらのデータの処理手順の詳細について説明する前に、レベル 3 とレベル 4 データの詳細について次のセクションにて解説します。

a) レベル3プロダクト

レベル3のデータは、予め時間及び地理的範囲を設定して、物理量を地図上に投影して表示しているデータです。レベル2データが衛星に搭載したセンサが地表面を観測する角度がそのまま画像に歪みとして表れるのに対して、レベル3のデータは可能な限り空間分解能を保ち、地図上に幾何補正し、投影したデータです。

b) レベル4プロダクト

NASA のウェブサイトでは、レベル4のデータはそれ以下のレベルのデータを解析して作成したデータや或いはモデルが出力するデータとされています(例えば複数の計測値に基づく変動を表したものが含まれます)。ウォッチシステムが提供するブレンドされたクロロフィル a 濃度データは、このレベル4データに該当し、観測期間が異なる海色センサデータについて統計解析を行い、さらに対象地域に現場観測データに経験的に合わせてチューニングされたアルゴリズム(Siswanto ら, 2011)により処理し、クロロフィル a 濃度として処理し提供しています。

3.1 海色データの選別及びマッピング

前述のとおり、環日本海海洋環境ウォッチシステムのデータ処理はレベル2データから始まります(図2)。レベル2データの処理では、複数の衛星の観測パスを関心領域単位でまとめながら、品質情報を基に選別しています。このようにして選別されたデータは、共通の座標上に地図投影され、日合成画像として作成されます(図2)。

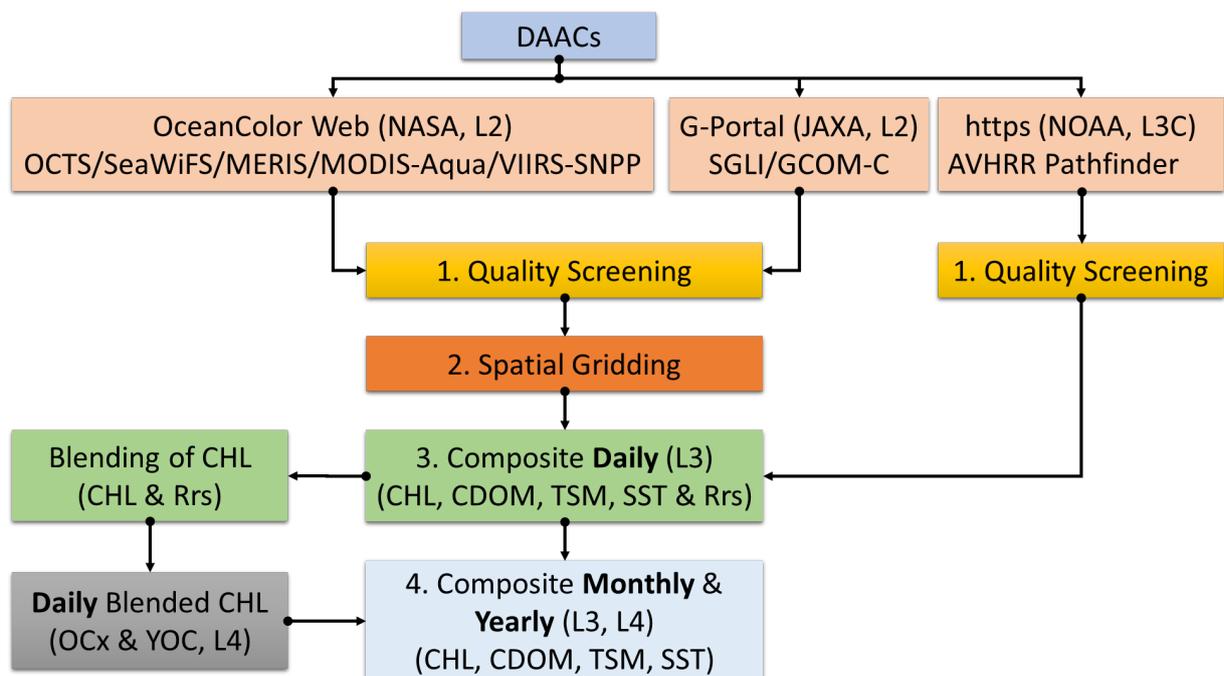


図2. データ処理フローの概要

レベル2データの選別は、レベル2データに含まれる `l2_flags` という各ピクセルに含まれる物理量の品質を示す情報によって実施されています。この `l2_flags` は JAXA のデータの場合は 16 ビット、NASA のデータの場合は 32 ビットの配列のデータとなっています。これらのフラグには、人工衛星のセンサが地表面を観測する際の気象条件やデータがある場所が陸域である可能性等の物理量の推定に問題となりうるデータの品質情報が含まれており、レベル3データを作成する際のデータの選別に使用されます。フラグ情報は、2進法で示される“0”と“1”の情報を基に切り替えることができ、

NASA では 32 ビット配列のフラグを切り替えるためのツールを準備しています (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/ocl2flags/>)。

表 4. NASA Ocean Color Web から入手した海色センサのレベル 3 データ作成時の選別基準。富山湾のデータセットは、寺内ら(2014)を参照し、フラグ名の右肩に TB がつくもののみをデータ選別に使用している。

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|------------------------|---------------------------|--------------|
| 00 | ATMFAIL ^{TB*} | 大気補正失敗 | ✓ |
| 01 | LAND ^{TB} | 陸域のピクセル | ✓ |
| 02 | PRODWARN | 一つもしくは複数の物理量推定アルゴリズムに警告あり | |
| 03 | HIGLINT | 鏡面反射 | ✓ |
| 04 | HILT ^{TB} | 極端に高い、または飽和した放射輝度の検知 | ✓ |
| 05 | HISATZEN ^{TB} | 閾値を超えた天頂角のセンサビュー | ✓ |
| 06 | COASTZ | 浅い海域のピクセル | |
| 07 | Spare | | |
| 08 | STRAYLIGHT | 迷光の可能性 | ✓ |
| 09 | CLDICE ^{TB} | 雲または海氷の可能性 | ✓ |
| 10 | COCCOLITH | 円石藻の検知 | ✓ |

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|------------|------------------|--------------|
| 11 | TURBIDW | 濁水の検出 | |
| 12 | HISOLZEN | 閾値を超えた太陽点需要 | ✓ |
| 13 | spare | | |
| 14 | LOWLW | 極端に低い海面射出輝度 | ✓ |
| 15 | CHLFAIL | クロロフィルアルゴリズムの失敗 | ✓ |
| 16 | NAVWARN | ナビゲーション品質の不良 | ✓ |
| 17 | ABSAER | 吸収性エアロゾル | ✓ |
| 18 | spare | | |
| 19 | MAXAERITER | 近赤外光反復になるような最大反復 | ✓ |
| 20 | MODGLINT | 中程度の鏡面反射 | |
| 21 | CHLWARN | クロロフィル a 濃度の限界値 | ✓ |
| 22 | ATMWARN | 大気補正の不良 | ✓ |
| 23 | spare | | |
| 24 | SEAICE | 海氷の可能性 | |
| 25 | NAVFAIL | ナビゲーション不良 | ✓ |

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|-----------|--|--------------|
| 26 | FILTER | ユーザー定義によるフィルターが検出するもの、もしくはスムージングフィルターが効かないようなデータ | |
| 27 | spare | | |
| 28 | BOWTIEDEL | オフナディア角、もしくはピクセルの重複 (VIIRS のみ) | |
| 29 | HIPOL | 偏光の検出 | |
| 30 | PRODFAIL | 物理量の不良 | |
| 31 | spare | | |

表 5. JAXA G-portal 提供されるからの SGLI / GCOM-C 海色センサレベル 2 データのレベル 2 フラグの一覧及びレベル 3 データ作成時の選別基準。富山湾のデータセットは、寺内ら (2014) を参照し、フラグ名の右肩に ^{TB} がつくもののみをデータ選別に使用している。

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|------------------------|--------------|--------------|
| 00 | DATAMISS ^{TB} | 観測データなし | ✓ |
| 01 | LAND ^{TB} | 陸域のピクセル | ✓ |
| 02 | ATMFAIL ^{TB} | 大気補正失敗 | ✓ |
| 03 | CLDICE ^{TB} | 雲もしくは氷(高い反射) | ✓ |

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|-------------------------|--------------------------------------|--------------|
| 04 | CLDAFFCTD ^{TB} | 雲による影響あり(雲の近く、もしくは薄雲、ピクセルの一部に雲がある場合) | ✓ |
| 05 | STRAYLIGHT | 迷光の可能性あり | ✓ |
| 06 | HIGLINT ^{TB} | 鏡面反射と思われる | ✓ |
| 07 | MODGLINT | 中程度の鏡面反射 | |
| 08 | HISOLZ ^{TB} | 閾値を超える太陽天頂角 | ✓ |
| 09 | HITAU | 閾値を超えるエアロゾルの光学的厚み | |
| 10 | NEGNLW | マイナスの放射輝度値 | |
| 11 | TURBIDW | 濁ったケース 2 の水 | |
| 12 | SHALLOW | 閾値を超えた太陽天頂角 | |
| 13 | ITERFAILCDOM | CDOM アルゴリズムの反復不良 | ✓(CDOM のみ) |
| 14 | CHLWARN | 閾値を超えるクロロフィル a 濃度 | |
| 15 | spare | | |

SST データ選別は別の手順で実施されます。これは SST データのレベルがセンサによって異なるため(MODIS-Aqua, VIIRS-SNPP, SGLI/GCOM-C はレベル 2 データ、AVHRR_Pathfinder はレベル 3) で、環日本海海洋環境ウォッチシステムでは AVHRR のデータは品質の低い情報だけを除去する処理を実施しています(図 2、第 3 章 3.2 参照)。

海色センサのレベル 2 データを基に、日平均のクロロフィル a、CDOM, TSM, SST 濃度データを作成しています。表6に示すリモートセンシング反射率(Rrs)のデータは、宇宙機関から提供される標準的なアルゴリズムと渤海、黄海、東シナ海におけるクロロフィル a 濃度の過大推定を軽減するよう地域用にチューニングされたアルゴリズムとを組み合わせることでブレンドされたクロロフィル a 濃度を作成するために使用されています(後述セクション 3.3 YOC 参照)。

表 6. MEW の各センサのリモートセンシング反射率(Rrs)のバンド一覧

| Sensor/センサ | Rrs bands (nm) /リモートセンシング反射率のバンド (nm) |
|------------|---------------------------------------|
| SeaWiFS | 412, 443, 490, 555 |
| MERIS | 413, 443, 490, 560 |
| MODIS-Aqua | 412, 443, 488, 547 |

MODIS-Aqua、VIIRS-SNPP、SGLI/GCOM-C 等の海色センサは現在も運用が続いています。これら観測画像は、環日本海海洋環境ウォッチシステム上で更新されるタイミングは、観測から 1~2 日のタイムラグがあります。つまり、最新のデータは、前日までのデータということとなります。

選別され作成した日平均画像は netCDF と PNG 形式(Rrs は除く)で保存され、表 3 に示すサブエリア毎にデータプロダクトを作成し保存されています。

3.2 海面温度データの選別

環日本海海洋環境ウォッチシステムでは、赤外線放射から得られる情報を基に複数の海表面センサのデータを提供しています。SGLI/GCOM-C は 250m、VIIRS-SNPP は 750m、MODIS-Aqua は 1 km、AVHRR-Pathfinder のデータは 4km の空間解像度です。AVHRR パスファインダーの海表面水温(SST)データは長期間に亘りますが、人工衛星による観測からデータが提供されるまでの間に約 3 ヶ月のタイムラグがあります。

MODIS-Aqua と VIIRS-SNPP の SST データはこれらのセンサのレベル 2 データに格納されている SST データの品質情報である「sst_qual」を用いて選別しています。MODIS-Aqua と VIIRS-SNPP の「sst_qual」は、0-4 で示す 5 段階の品質情報が付与されており、0 が最高品質

質、1 が優良、2 は怪しい、3 は不良、4 は処理できないとなっており、このうち 0 と 1 の品質情報があるものだけを処理しています(0 だけにすると極端に有効データ数が少なくなるためです)。

AVHRR-Pathfinder の SST データは地図投影済みのレベル 3 データ(L3C)を入手し、0~5 の 6 段階の品質情報を参考にしながら無効なデータを除去しています。MODIS-Aqua と VIIRS-SNPP の SST データも 6 段階で示される品質情報を基に、許容できる精度以上のデータだけ有効なデータとして選別し処理しています。

GCOM-C の SST データは、表 7 に示す品質情報(12_flags)を基に、SST データの選別をしています。

表 7. JAXA G-portal から提供される SGLI/GCOM-C の SST データのレベル2フラグの一覧及びレベル 3 データ作成時のデータ選別基準。

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|-----------------|--------------|--------------|
| 00 | No data | データなし | ✓ |
| 01 | LAND | 陸域のピクセル | ✓ |
| 02 | REJECTED_BY_QC | 品質管理による除去 | ✓ |
| 03 | Retrieval error | データ取得できず | |
| 04 | No data (TIR1) | データなし(TIR1) | |
| 05 | No data (TIR2) | データなし (TIR2) | |
| 06 | Spare | | |
| 07 | Spare | | |

| ビット | フラグ名 | フラグの説明 | データ選別に用いるフラグ |
|-----|--|-----------------------------|--------------|
| 08 | 0: nighttime or no visible data, 1: daytime | 0: 夜間もしくはデータなし 1: 昼間 | |
| 09 | Spare | | |
| 10 | Spare | | |
| 11 | Unknown (clear/cloudy) | Unknown (clear/cloudy) | |
| 12 | Cloudy | 雲が多い | ✓ |
| 13 | Acceptable (possibly cloudy) | 許容範囲 (雲が少しかかっている) | |
| 14 | Good | 両方 | |
| 15 | Unreliable | 0: 陸地もしくは陸地に近い, 1: 信頼できる | ✓ (“0”の時) |

3.3 ブレンドクロロフィルデータセットについて

ブレンドされたクロロフィルデータセットは標準的なアルゴリズムとYOCアルゴリズムを組み合わせて作成されています。このデータセットはNOWPAP海域における長期的な海洋環境変動を監視するために用意されたセンサが混合されたデータセットです。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)に由来し、このアルゴリズムは、NOWPAP海域の西側、つまり渤海、黄海と東シナ海のクロロフィル a 濃度の推定精度を向上するために使用されています。東側の海域では、標準的なアルゴリズムが使用されています。

3.3.1 YOC アルゴリズムについて

YOC アルゴリズムは有色溶存有機物や全懸濁物質が多い東シナ海を対象に、Siswanto ら (2011)によって開発されました。このアルゴリズムは Tassan(Sinswanto ら, 2011と Tassan, 1994)のアルゴリズムに似ており、以下のように定義づけられます。

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

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

この数式は SeaWiFS の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ますが、現在は 2018 処理バージョン(R2018)が主流です。そのため、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)が更新したものを使用しています。

3.3.2 標準アルゴリズムについて

標準的なクロロフィル a 濃度推定アルゴリズムは、以下に示す Hu ら(2012)と O' Reilly ら(1998)の 2 つの経験的なアルゴリズムの組み合わせになります。Hu ら(2012)のアルゴリズムは Colour Index 法と呼ばれ、赤、緑、青の 3 つのバンドによるリモートセンシング反射率を用いて、下の (2)の数式で示されます。

$$CI = R_{rs}(\lambda_{green}) - \left[R_{rs}(\lambda_{blue}) + \frac{\lambda_{green} - \lambda_{blue}}{\lambda_{red} - \lambda_{blue}} * (R_{rs}(\lambda_{red}) - R_{rs}(\lambda_{blue})) \right] \quad (2)$$

λ_{blue} , λ_{green} , λ_{red} は、それぞれ海色センサのリモートセンシング反射率の波長帯で 443、555、670nm に近い波長帯になります。

一方、O' Reilly ら(1998)の OCx アルゴリズムは、(3)に示す多項式で定義され、センサ毎に定義されたリモートセンシング反射率の異なる波長帯の比と 2020 年 4 月現時点では表 8 に示す係数((Hu et al., 2012; Morel and Maritorena, 2001; O' Reilly et al., 1998)が用いられます。クロロフィル a 濃度が 0.15 mg m^{-3} よりも低い値の時は CI アルゴリズムが使用され、 0.15 mg m^{-3} よりも高い場合は OCx アルゴリズムが採用され、その間は重み平均による 2 つのアルゴリズムをブレンドしたものが用いられます。

$$\log_{10}(CHL) [\text{mg m}^{-3}] = a_0 + \sum_{i=1}^4 a_i \left[\log_{10} \left(\frac{R_{rs}(\lambda_{blue})}{R_{rs}(\lambda_{green})} \right) \right]^i \quad (3)$$

$$\text{OC4 (SeaWiFS)} \quad \frac{R_{rs}(\lambda_{blue})}{R_{rs}(\lambda_{green})} = \frac{\max(443, 490, 510)}{555} \quad (4)$$

$$\text{OC4E (MERIS)} \quad \frac{R_{rs}(\lambda_{blue})}{R_{rs}(\lambda_{green})} = \frac{\max(443, 490, 510)}{560} \quad (5)$$

$$\text{OC3M (MODIS-Aqua)} \quad \frac{R_{rs}(\lambda_{blue})}{R_{rs}(\lambda_{green})} = \frac{\max(443, 488)}{547} \quad (6)$$

表 8. NASA 標準クロロフィル a 濃度推定アルゴリズムに用いられる係数の一覧。NASA が提供するクロロフィル a 濃度は、これらの係数をベースに作成している (https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/chlor_a/)

| センサ | 青 | 緑 | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 |
|------------|-------------|-----|--------|---------|---------|---------|---------|
| SeaWiFS | 443>490>510 | 555 | 0.3272 | -2.9940 | -2.7218 | -1.2259 | -0.5683 |
| MERIS | 443>490>510 | 560 | 0.3255 | -2.7677 | 2.4409 | -1.1288 | -0.4990 |
| MODIS-Aqua | 443>488 | 547 | 0.2424 | -2.7423 | 1.8017 | 0.0015 | -1.2280 |

YOC アルゴリズムも NASA の標準アルゴリズムと似たような考え方で YOC アルゴリズム(1)と (3)の NASA 標準アルゴリズムの組み合わせで使用されます。ただし YOC アルゴリズムでは、アルゴリズムの切り替えに海面射出放射輝度の値を 555 nm (nLw_{555} , $\text{mW cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$)が用いられ、懸濁海域と非懸濁海域のスイッチングを行います。非懸濁海域は $\text{nLw}_{555} < 1.5$ 、懸濁海域は $\text{nLw}_{555} > 2.5$ 、その中間($1.5 \leq \text{nLw}_{555} \leq 2.5$)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ます(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; Yamaguchi et al., 2013)に詳しく解説されている。

3.4 時間合成

環日本海海洋環境ウォッチのデータには、日、月、年単位の平均画像があります。月平均は、日平均を基に、年平均は月平均を基に算出されています(図 2)。次に、日平均画像のデータ処理の場合について説明します。月平均、年平均の netCDF 形式のファイルには、物理量とともに平均処理に用いられた有効データの数が格納されています。月平均、年平均の基になっている日平均データについては以降で解説します。

4. 操作手順

4.1 データアクセスツール

環日本海海洋環境ウォッチが提供するデータはデータ検索 (https://ocean.nowpap3.go.jp/image_search/)、海のカレンダー (Sea Calendar, https://ocean.nowpap3.go.jp/image_search/?latest) のいずれかの方法で検索することができます。データ検索や海のカレンダーはほぼ同等の機能ですが、海のカレンダーは自動的に直近の 1 ヶ月の画像が予め設定された情報により可視化されます(詳細は第 4 章 4.1.1., 4.1.2. で後述します)。このサイトでは日、月、年単位の画像が検索・利用可能です。各データの空間解像度は元データに依存し、海色センサが 1km の空間解像度を観察するとき、環日本海海洋環境ウォッチもまた同じ 1 km の解像度の処理情報を提供します。ただし注意すべき点として、1 km の空間解像度はほとんどセンサ直下の解像度であり、センサの視野角の端に行くにつれ解像度が低くなります。

4.1.1 データ検索インターフェイス

データ検索インターフェイスを使って、センサ、データプロダクト、ファイル形式、サブエリア(図 3 にある黄色で囲んだ 8 カ所と環日本海地域)、合成画像の期間、可視化・ダウンロード時間(データの範囲)の指定ができます。日付単位で日合成を選択し、日付範囲にて年、月を選択すると特定の月の日合成画像をカレンダー形式で見ることができます。日付単位で、月・年合成が選択されている時は、一日合成が選択できなくなります。月合成・年合成を選択すると、選択されている年を中心にデータが存在していれば 7 年分の年平均、月平均データの表示ができます。例えば、2017 年を選択されている時は、2014 年から 2020 年の年平均、月平均データが表示されます。

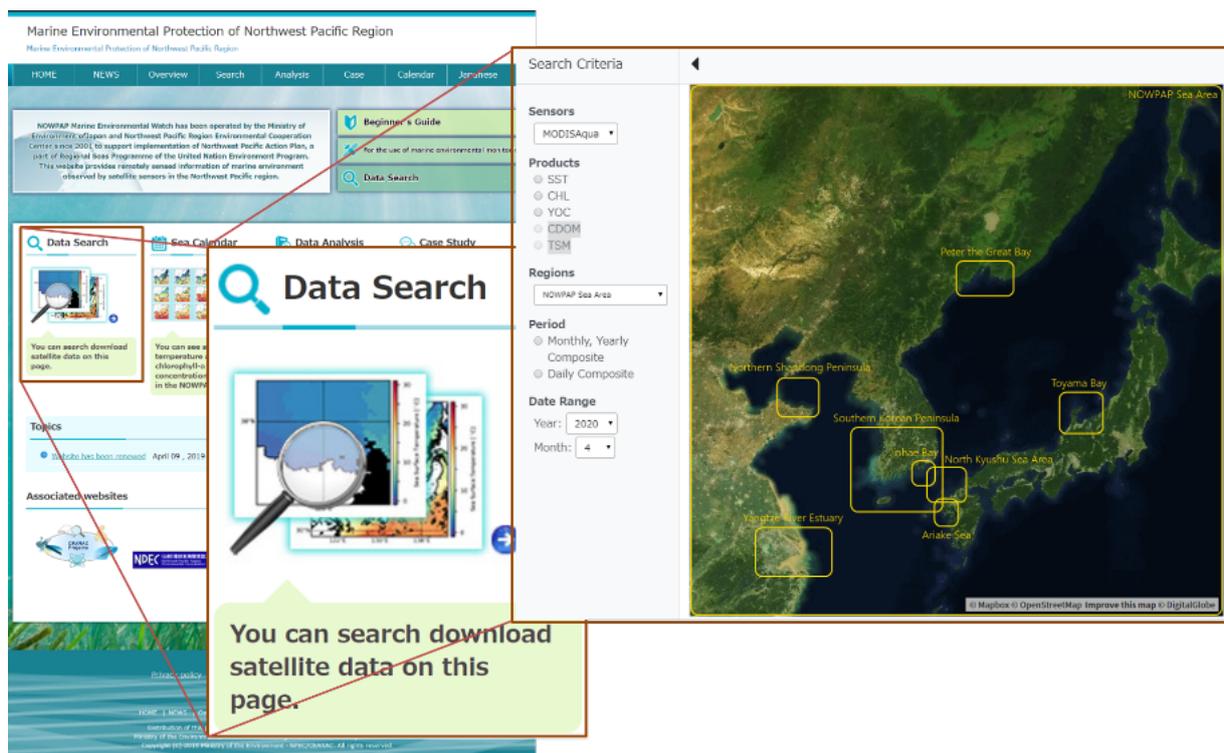


図 3. 環日本海海洋環境ウォッチでのデータ検索の例

4. 1. 2 海のカレンダー

データ検索インターフェイスとは異なり、海のカレンダーでは定義済みの設定に基づき画像を可視化することが可能です。現時点(2020年4月)の初期設定では、MODIS-Aqua センサによる NOWPAP 地域の直近の月の日平均クロロフィル a 濃度の値を PNG 形式で表示しています。図 4 は 2020 年 4 月の例ですが、選択した以外の月の画像はグレーで表示されます。

選択した以外の月がグレー表示されるのと同様に、選択したセンサにないデータプロダクトや観測期間もグレー表示されます。YOC は、異なる複数のセンサから統合して作成しているため、センサ種類に関係なく独立して選択することができます(第 3 章 3.3 参照)。

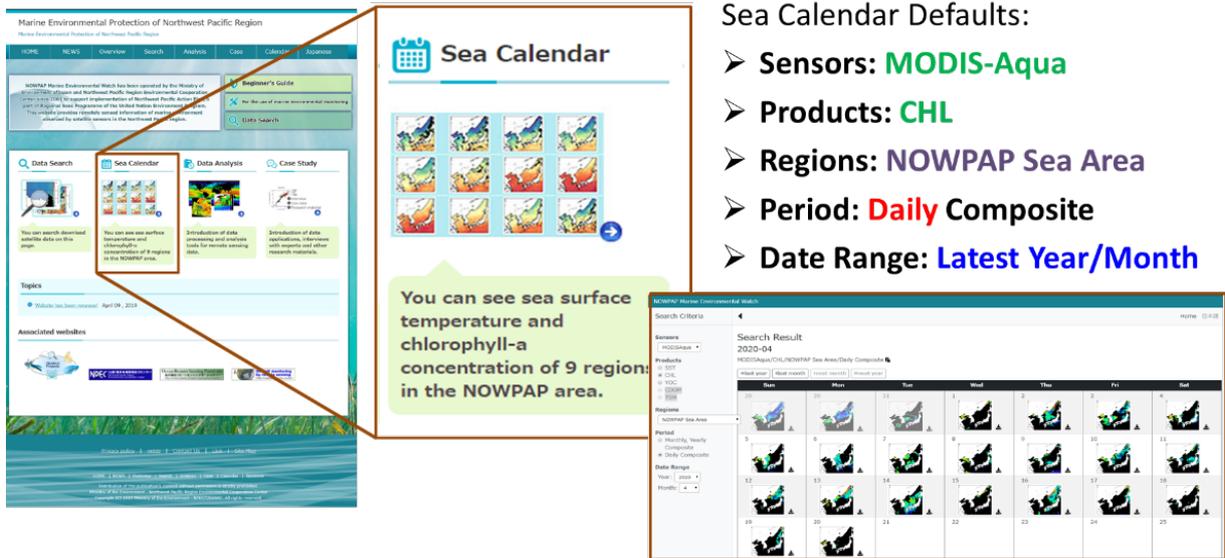


図 4. 図 3 と同じものを海のカレンダー (SC) で表示したもの

4.2 複数ファイルのダウンロード

前述の方法でデータのダウンロードが可能ですが、環日本海海洋環境ウォッチのホームページでは、大量にダウンロードする場合、現在FTP (File Transfer Protocol)等の方法が使えません。大量にダウンロードする場合はオープンソースの1つであるパイソンプログラミング言語 (<https://www.python.org/>) を利用してください。リクエスト (requests) モジュール (<https://requests.readthedocs.io/en/master/>) を利用する簡単なものをここでは紹介し、基本的なPython言語についての理解があるとの前提で、デモ用のサンプルコードを提供します。

図 5 の例は 1998 年から 2005 年までの環日本海地域の月平均クロロフィル a 濃度のデータをダウンロードする場合です。この例のセンサはSeaWiFSです。この例と同様の手順で、サブエリアや期間を指定して必要なデータをダウンロードできます。

```
[1]: ▶ import os
import requests
import time

from tqdm import tqdm

[2]: ▶ # setting download parameters
sba = 'NW' # Other subareas (Table 3)
var = 'CHL' # variable name
comp = 'day' # monthly composite | here can be 'day', 'month' or 'year'
init = 'S' # Initial character of the sensor name, MODIS-Aqua (A) and SGLI-GCOMC (GS)
ys = 1997 # start year
ms = 9 # start month
ds = 10 # start day of month
ye = 1998 # end year + 1, if end is 1997 then use ye = 1997 + 1
me = 11 # end month + 1, if end is 12 (Dec) then use 13, if 1 then use 2
de = 11 # end day
file_ext = ('nc', 'png') # file extension (type) to download, ('nc', 'png') or ('nc',) or ('png',)
url = 'https://ocean.nowpap3.go.jp/image_search/{filetype}/{subarea}/{year}/{filename}'
```

図5. パイソンリクエスト(request)モジュールを使って環日本海海洋環境ウォッチにあるデータプロダクトを大量ダウンロードする場合の例。

[1] 使うモジュールをインポートする。[2] ダウンロードに必要なパラメータを設定する。

```
[3]: ▶ # Day month fetching file generator
def daymonth_filegen(filetype:tuple=file_ext):
    # Define the netCDF (PNG) file name
    for month in range(ms, me):
        if comp == 'day':
            for day in range(ds, de):
                files = [f'{init}{year}{month:02}{day:02}_{var}_{sba}_{comp}.{ext}'
                          for ext in filetype]

                yield from [url.format(filetype='netcdf', subarea=sba, year=year, filename=f)
                             if f.endswith('.nc') else
                             url.format(filetype='images', subarea=sba, year=year, filename=f)
                             for f in files]

            if comp == 'month':
                files = [f'{init}{year}{month:02}_{var}_{sba}_{comp}.{ext}'
                          for ext in filetype]

                yield from [url.format(filetype='netcdf', subarea=sba, year=year, filename=f)
                             if f.endswith('.nc') else
                             url.format(filetype='images', subarea=sba, year=year, filename=f)
                             for f in files]

[4]: ▶ # Function to download the data
def get_file(query_url:str):
    getfile = os.path.basename(query_url)
    with requests.get(query) as r:
        if r.status_code != 200:
            print(f'{os.path.basename(query_url)}: FileNotFound')
            return
        total = int(r.headers.get('content-length'))
        print('File: {}'.format(getfile), end='')
        with tqdm(total=total) as bar, open(getfile, "wb") as handle:
            for chunk in r.iter_content(chunk_size=max(int(total / 1000), 1024 * 1024)):
                # download progress check tqdm
                if chunk:
                    handle.write(chunk)
                    time.sleep(0.1)
                    bar.update(len(chunk))
```

図6. 大量ダウンロードのための関数の定義(図5の手順の続き)、手順[3]ではダウンロードする対象のファイル作成する関数を定義し、手順[4]では作成したファイルをダウンロードする関数を定義する。

```
[5]: # Now retrieve the data from NMEW
for year in range(ys, ye):
    print(f'{year}...')
    if comp in ('day', 'month'):
        for query in daymonth_filegen():
            # -----
            get_file(query_url=query)
            # -----

    if comp == 'year':
        ncfile = f'{init}{year}_{var}_{sba}_{comp}.nc'
        query = url.format filetype='netcdf', subarea=sba, year=year, filename=ncfile)
        # -----
        get_file(query_url=query)
        # -----

        pngfile = f'{init}{year}_{var}_{sba}_{comp}.png'
        query = url.format filetype='images', subarea=sba, year=year, filename=pngfile)
        # -----
        get_file(query_url=query)
        # -----

print('done!')
```

1997...

100% | 63782/63782 [00:00<00:00, 603069.66it/s]

File: S19970910_CHL_NW_day.nc

図 7 実際にデータをダウンロードする際のコード。データは、日、月、年単位でのダウンロードが可能。この手順では図 6 で定義した関数を読み出し、図 5 の手順 [3] で設定したパラメータにてデータを現在作業中のディレクトリに保存される。データのダウンロード状況は画面下の進捗バーで確認できます。データのダウンロードが完了すると“done!”と表示される。このパイソンのスクリプトは、次の URL から無料で入手可能。

https://github.com/npec/NMEW.demos/blob/master/NMEW_bulk_download_demo.py

4.3 データの読み込み

netCDF ライブラリにある方法(<https://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>)または netCDF ファイルの読み取りができる他のツール(WIM, <https://www.wimsoft.com/>等)を使ってデータの読み取りを行います。Net CDF はバイナリフォーマットの一つで、便利かつ標準的なものです。

SST データは整数値で保存されているので、以下の公式で物理値に戻します。

$$\text{SST} = \text{sst} * \text{scale_factor} + \text{add_offset}$$

scale_factor と add_offset は netCDF の sst プロダクトから求めます。標準的な netCDF ライブラリでは、この公式を使って自動的にデータ変換ができません。また scale_factor と add_offset が変数の場合、__FillValue や missing_value としてデータがマスキングされてしまいます。CHL、CDOM、TSM は浮動小数点で保存されているので、変換する必要はありません。

4.4 データの可視化

環日本海海洋環境ウォッチのデータは全て一般的な経緯度線が入った地図上にマッピングされるので、ツールを使って簡単に可視化することができます。パイソンを使って可視化する例を紹介します。

NOWPAP 地域全体の 2020 年 4 月からの月平均 CHL データを使います。データの表示には netCDF4、matplotlib、Basemap モジュールが必要です。Basemap はデータを地図上に投影したり沿岸線を描いたりするときに使用するものですが、これを使う場合と使わない場合の両方を説明します。

このコードサンプルでは、データの可視化について解析していきます。[1]～[3]の手順では、netCDF ライブラリを用いてデータセットを読み込み、可視化のための基本的なパラメータをセットしています(図 8)。手順[4]では matplotlib モジュールの imshow 機能モジュールを用いて画像を表示させます。一方手順[5]は、pcolormeshとBasemapを使って陸域、沿岸線、海域を示しています(図 11、図 12)。一般的に[4]では、はっきりとマスキングしない限り、海域におけるデータがないピクセル部分と陸域は区別ができません。しかし[5]では、Basemap を使って陸域と海域の色を変えることで 2 つの違いがわかりやすくなります。詳しくは以下のコードサンプルと各図を参考にしてください。

Basemap(<https://basemaptutorial.readthedocs.io/en/latest/index.html>)はパイソンを使って簡単に地図が描けるものですが、欠点もあります。Basemap の代用品として Cartopy (<https://scitools.org.uk/cartopy/docs/latest/>)もありますが、時空データの処理には Basemap の方が有用です。

```
[1]: import numpy as np

from matplotlib import pyplot as plot, colors
%matplotlib inline

from mpl_toolkits import basemap
from netCDF4 import Dataset, num2date

[2]: # Input file and data visualization settings
file = 'A202004_CHL_NW_month.nc'
varname = 'chlor_a'
font_size = 20
cmin, cmax = 0.01, 100
# for CHL we use Lognorm
norm = colors.LogNorm(cmin, cmax)
# update the size of figure labels
plot.rcParams.update({'font.size': font_size})

[3]: # Read the dataset and geo-ref data
with Dataset(file, 'r') as nc:
    sds = nc[varname][:] # the output is a numpy masked array
    sds = np.ma.squeeze(sds) # remove singleton dimensions
    label = nc[varname].units.replace('^-3', '${-3}$')
    lat = nc['lat'][:]
    lon = nc['lon'][:]
    time = num2date(nc['time'][:,
                        units=nc['time'].units,
                        calendar=nc['time'].calendar)
    label = nc[varname].long_name.split(',')[0] + f' [{label}]'
```

図8. パイソン matplotlib モジュールを使って環日本海海洋環境ウォッチプロダクトを可視化するための工程を示したものの。

[1] モジュールをインポートする。 [2] 可視化に必要な基本パラメータを設定する。 [3] データ、時間、位置、ラベルを読み取る。

```
[4]: # Visualisation with out basemap
plot.figure(figsize=(10, 10))
# figure bounds
extent = [lon.min(), lon.max(), lat.min(), lat.max()]

# Land mask
mask = np.where(~sds.mask, np.nan, 0)
plot.imshow(mask, cmap='gray', vmin=-1, vmax=1, extent=extent)

# Data
ims = plot.imshow(sds, cmap='jet', vmin=cmin, vmax=cmax, extent=extent, norm=norm)

# Figure Labels
plot.xlabel('Longitude [ $^{\circ}$ E]')
plot.ylabel('Latitude [ $^{\circ}$ N]')
plot.yticks(range(30, 50, 5))
plot.title(time[0].strftime('%b %Y'))

# Colourbar
plot.colorbar(ims, orientation='horizontal', aspect=20, label=label, format='%g')

# save to file
svf = f'{file[:-3]}.png'
plot.savefig(svf, dpi=300)

# close
# plot.close()
```

図 9. 環日本海海洋環境ウォッチプロジェクト(CHL)を可視化するための手順 (matplotlib モジュールの imshow 機能を使ったもの)

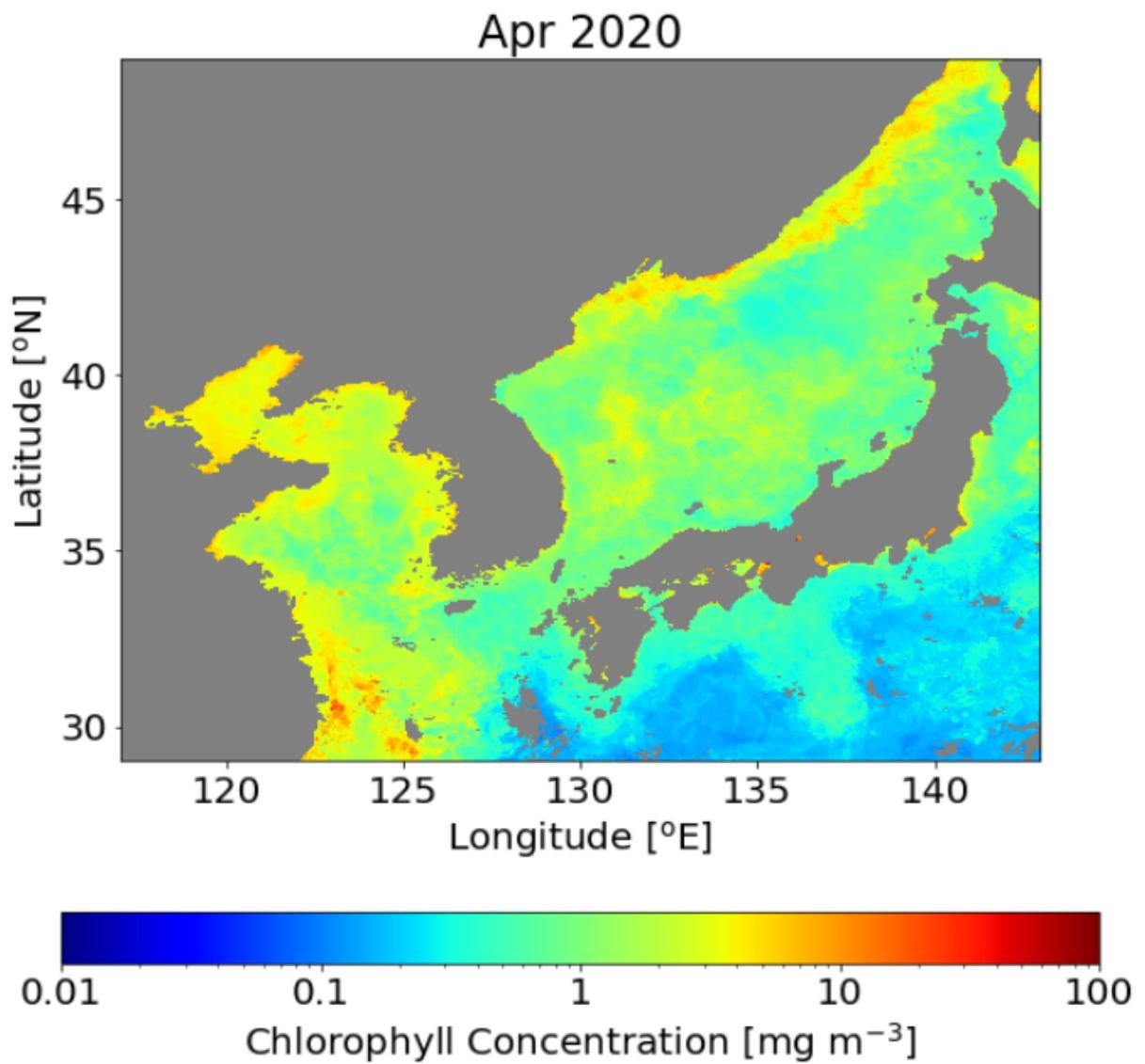


図 10. 図 9 のコードサンプルに従って作成したクロロフィル a 濃度画像

```
[5]: # Visualisation with basemap
if len(lon.shape) == 1:
    lon, lat = np.meshgrid(lon, lat)
lon_0, lat_0 = (lon.min() + lon.max()) / 2, (lat.min() + lat.max()) / 2
m = basemap.Basemap(llcrnrlon=lon.min(), llcrnrlat=lat.min(),
                    urcrnrlon=lon.max(), urcrnrlat=lat.max(), resolution='i',
                    lon_0=lon_0, lat_0=lat_0, projection='merc')
# optional, to change the figure size
fig = plot.figure(figsize=(10, 10 * m.aspect))
ax = fig.add_axes([0.08, 0.1, 0.7, 0.7], facecolor='white')

mx, my = m(lon, lat)
pm = m.pcolormesh(mx, my, sds, norm=norm, cmap=plot.cm.jet)
plot.title(time[0].strftime('%b %Y'))

# colourbar with axes set to match figure size
cax = plot.axes([0.8, 0.1, 0.03, 0.7]) # setup colorbar axes
cb = plot.colorbar(pm, label=label, cax=cax, format='%g') # draw colorbar
cb.ax.tick_params(width=2, length=4)

plot.sca(ax) # make the original axes current again
plot.clim(cmin, cmax)

m.drawparallels(range(30, 50, 5), labels=[True, False, False, False])
m.drawmeridians(range(120, 150, 10), labels=[0, 0, 0, 1])
m.fillcontinents(lake_color='black') # Fill the continents ',
m.drawmapboundary(fill_color='black') # Fill the globe with a blue color
m.drawcoastlines()

# to visualise
plot.show()
```

図 11. 環日本海海洋環境ウォッチプロダクト(CHL)を可視化するための手順(Pcolormesh と Basemap モジュールを使ったもの)

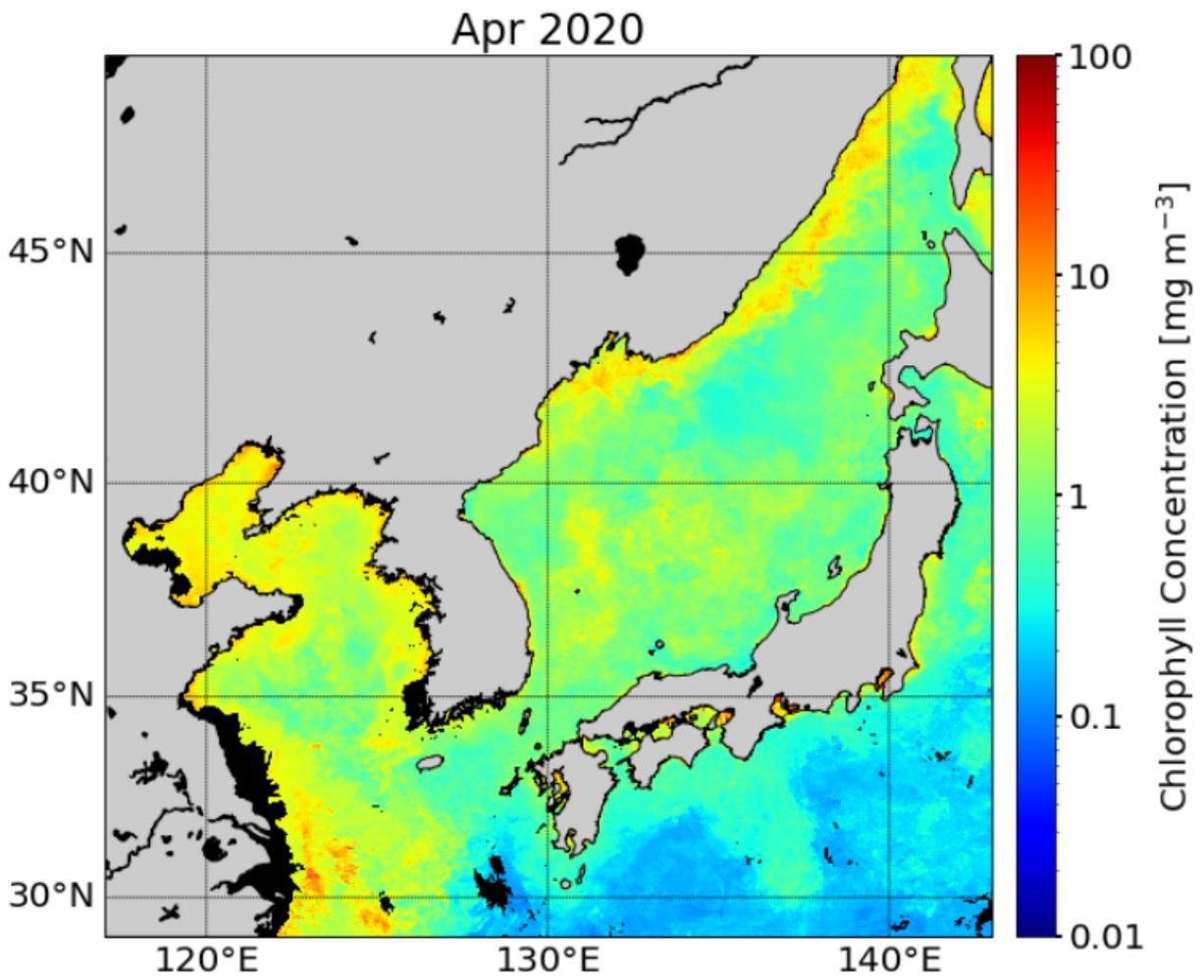


図 12 図 11 のコードサンプルに従って作成したクロロフィル a 濃度画像

5. NetCDF ファイルの構造

netCDF ファイルの主な特徴として自己説明ができる点があります。下は netCDF ライブラリの `ncdump-h filename(入力するファイル名)` を使い、`A202004_CHL_NW_month.nc` のファイル構造を出力したものを示します。

```
netcdf A202004_CHL_NW_month {
dimensions:
    time = 1 ;
    lat = 2219 ;
    lon = 2250 ;
variables:
    int time(time) ;
        time:standard_name = "time" ;
        time:long_name = "reference time of the monthly composite file" ;
        time:axis = "T" ;
        time:units = "seconds since 1981-01-01 00:00:00" ;
        time:calendar = "gregorian" ;
    int crs ;
        crs:standard_name = "coordinate reference system" ;
        crs:grid_mapping_name = "custom_latitude_longitude_grid" ;
        crs:dx = 0.0115509f ;
        crs:dy = -0.009010315f ;
        crs:lat = "lat_max:dy:(lat_max-dy)+dy*lat_size" ;
        crs:lon = "lon_min:dx:(lon_min-dx)+dx*lon_size" ;
        crs:comment = "This variable only contains the description of the grid_mapping" ;
    float lat(lat) ;
        lat:standard_name = "latitude" ;
        lat:long_name = "latitude" ;
        lat:units = "degrees_north" ;
        lat:grid_mapping = "crs" ;
        lat:axis = "Y" ;
```

```

        lat:valid_min = 29.01117f ;
        lat:valid_max = 48.99549f ;
float lon(lon) ;
        lon:standard_name = "longitude" ;
        lon:long_name = "longitude" ;
        lon:units = "degrees_east" ;
        lon:grid_mapping = "crs" ;
        lon:axis = "Y" ;
        lon:valid_min = 117.0058f ;
        lon:valid_max = 142.9894f ;
float chlor_a(time, lat, lon) ;
        chlor_a:long_name = "Chlorophyll Concentration, OCI Algorithm" ;
        chlor_a:standard_name = "mass_concentration_of_chlorophyll_in_sea_water" ;
        chlor_a:units = "mg m-3" ;
        chlor_a:FillValue = -32767.f ;
        chlor_a:grid_mapping = "crs" ;
        chlor_a:valid_min = 0.09948392f ;
        chlor_a:valid_max = 97.58238f ;
        chlor_a:reference = "Hu, C., Lee Z., and Franz, B.A. (2012). Chlorophyll-a
        algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance
        difference, J. Geophys. Res., 117, C01011, doi:10.1029/2011JC007395." ;
short valid_pixel_count(time, lat, lon) ;
        valid_pixel_count:standard_name = "count of valid pixels" ;
        valid_pixel_count:long_name = "number of valid data in each pixel for the
        composite period" ;
        valid_pixel_count:units = "count" ;
        valid_pixel_count:FillValue = -32767s ;
        valid_pixel_count:valid_min = 1s ;
        valid_pixel_count:valid_max = 16s ;
}
// global attributes:
        :product_name = "A202004_CHL_NW_month.nc" ;

```

```

:title = "MODISA Level-2 chlor_a screened for bad pixels" ;
:platform = "Aqua" ;
:instrument = "MODIS" ;
:processing_level = "L3" ;
:temporal_range = "month (30-days)" ;
:time_coverage_start = "20200401T000000Z" ;
:time_coverage_end = "20200430T000000Z" ;
:processing_version = "2018.1QLP" ;

:input_files = "A20200401_CHL_NW_day.nc; A20200402_CHL_NW_day.nc;
A20200417_CHL_NW_day.nc; A20200422_CHL_NW_day.nc; A20200424_CHL_NW_day.nc;
A20200418_CHL_NW_day.nc; A20200419_CHL_NW_day.nc; A20200420_CHL_NW_day.nc;
A20200421_CHL_NW_day.nc; A20200423_CHL_NW_day.nc; A20200403_CHL_NW_day.nc;
A20200425_CHL_NW_day.nc; A20200404_CHL_NW_day.nc; A20200426_CHL_NW_day.nc;
A20200427_CHL_NW_day.nc; A20200405_CHL_NW_day.nc; A20200428_CHL_NW_day.nc;
A20200406_CHL_NW_day.nc; A20200429_CHL_NW_day.nc; A20200407_CHL_NW_day.nc;
A20200408_CHL_NW_day.nc; A20200430_CHL_NW_day.nc; A20200409_CHL_NW_day.nc;
A20200410_CHL_NW_day.nc; A20200411_CHL_NW_day.nc; A20200412_CHL_NW_day.nc;
A20200413_CHL_NW_day.nc; A20200414_CHL_NW_day.nc; A20200415_CHL_NW_day.nc;
A20200416_CHL_NW_day.nc" ;

:l2_flags = "ATMFAIL, LAND, HIGLINT, HILT, HISATZEN, STRAYLIGHT, CLDICE,
COCCOLITH, HISOLZEN, LOWLW, CHLFAIL, NAVWARN, ABSAER, MAXAERITER,
ATMWARN, NAVFAIL" ;

:spatial_resolution = "1.0 km" ;
:latitude_step = 0.009010315f ;
:longitude_step = 0.0115509f ;
:geospatial_lon_min = 117LL ;
:geospatial_lon_max = 143LL ;
:geospatial_lat_min = 29LL ;
:geospatial_lat_max = 49LL ;
:date_created = "Sat May 2 10:26:17 2020" ;
:subarea = "nowpap_sea_area" ;
:project = "Northwest Pacific Action Plan" ;
:creator_name = "UNEP > NOWPAP > CEARAC" ;
:creator_url = "http://cearac.nowpap.org" ;
:creator_email = "webmaster@cearac.nowpap.org" ;

```

```
:publisher_name = "Marine Environmental Protection of Northwest Pacific  
Region";  
:publisher_url = "https://ocean.nowpap3.go.jp/";
```

6. データ利用上のご注意

環日本海海洋環境ウォッチホームページからダウンロードしたデータを使用する場合、データ作成・提供元として(公財)環日本海環境協力センター(NPEC, <http://www.npec.or.jp/en/>)の名称を入れてください。お問い合わせは terauchi@npec.or.jp までお願いします。

使用時の例

「クロロフィル-a と海面温度のデータは、環境省の支援の下、環日本海環境協力センター(NPEC、<http://www.npec.or.jp/en/>)が運営している環日本海海洋環境ウォッチ(<https://ocean.nowpap3.go.jp/>)が提供しているものを使用した。」

7. 参考文献

- Bai, Y., Pan, D., Cai, W.J., He, X., Wang, D., Tao, B., Zhu, Q., 2013. Remote sensing of salinity from satellite-derived CDOM in the Changjiang River dominated East China Sea. *J. Geophys. Res. Ocean.* 118, 227–243. <https://doi.org/10.1029/2012JC008467>
- Behrenfeld, M.J., O’Malley, R.T., Siegel, D.A., McClain, C.R., Sarmiento, J.L., Feldman, G.C., Milligan, A.J., Falkowski, P.G., Letelier, R.M., Boss, E.S., 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature* 444, 752–755. <https://doi.org/10.1038/nature05317>
- Casey, K.S., Cornillon, P., 1999. A Comparison of Satellite and In Situ-Based Sea Surface Temperature Climatologies. *J. Clim.* 12, 1848–1863. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1848:ACOSAI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1848:ACOSAI>2.0.CO;2)
- Chavez, F.P., Messié, M., Pennington, J.T., 2010. Marine Primary Production in Relation to Climate Variability and Change. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 3, 227–260. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163917>
- Cianca, A., Godoy, J.M., Martin, J.M., Perez-Marrero, J., Rueda, M.J., Llinás, O., Neuer, S., 2012. Interannual variability of chlorophyll and the influence of low-frequency climate modes in the North Atlantic subtropical gyre. *Global Biogeochem. Cycles* 26, 1–11. <https://doi.org/10.1029/2010GB004022>
- Hu, C., Lee, Z., Franz, B., 2012. Chlorophyll a algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance difference. *J. Geophys. Res. Ocean.* 117, 1–25. <https://doi.org/10.1029/2011JC007395>
- Kodama, T., Wagawa, T., Ohshimo, S., Morimoto, H., Iguchi, N., Fukudome, K.-I., Goto, T., Takahashi, M., Yasuda, T., 2018. Improvement in recruitment of Japanese sardine with delays of the spring phytoplankton bloom in the Sea of Japan. *Fish. Oceanogr.* 27, 289–301. <https://doi.org/10.1111/fog.12252>
- Kutser, T., Pierson, D.C., Tranvik, L., Reinart, A., Sobek, S., Kallio, K., 2005. Using satellite remote sensing to estimate the colored dissolved organic matter absorption coefficient in lakes. *Ecosystems* 8, 709–720. <https://doi.org/10.1007/s10021-003-0148-6>
- Maúre, E.R., Ishizaka, J., Aiki, H., Mino, Y., Yoshie, N., Goes, J.I., Gomes, H.R., Tomita, H., 2018. One-Dimensional Turbulence-Ecosystem Model Reveals the Triggers of the Spring Bloom in Mesoscale Eddies. *J. Geophys. Res. Ocean.* 123, 6841–6860. <https://doi.org/10.1029/2018JC014089>
- Maúre, E.R., Ishizaka, J., Sukigara, C., Mino, Y., Aiki, H., Matsuno, T., Tomita, H., Goes, J.I., Gomes, H.R., 2017. Mesoscale Eddies Control the Timing of Spring Phytoplankton Blooms: A Case Study in the Japan Sea. *Geophys. Res. Lett.* 44, 11,115–11,124. <https://doi.org/10.1002/2017GL074359>
- McGillicuddy, D.J., 2016. Mechanisms of Physical-Biological-Biogeochemical Interaction at the Oceanic Mesoscale. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 8, 125–159.

<https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015606>

- Merlivat, L., Boutin, J., Antoine, D., 2015. Roles of biological and physical processes in driving seasonal air–sea CO₂ flux in the Southern Ocean: New insights from CARIOCA pCO₂. *J. Mar. Syst.* 147, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2014.04.015>
- Morel, A., Maritorena, S., 2001. Bio–optical properties of oceanic waters: A reappraisal. *J. Geophys. Res. Ocean.* 106, 7163–7180. <https://doi.org/10.1029/2000jc000319>
- O’Reilly, J.E., Maritorena, S., Mitchell, B.G., Siegel, D.A., Carder, K.L., Garver, S.A., Kahru, M., McClain, C., 1998. Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. *J. Geophys. Res. Ocean.* 103, 24937–24953. <https://doi.org/10.1029/98JC02160>
- O’Reilly, J.E., Werdell, P.J., 2019. Chlorophyll algorithms for ocean color sensors – OC4, OC5 & OC6. *Remote Sens. Environ.* 229, 32–47. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.04.021>
- Omand, M.M., D’Asaro, E.A., Lee, C.M., Perry, M.J., Briggs, N., Cetinić, I., Mahadevan, A., 2015. Eddy–driven subduction exports particulate organic carbon from the spring bloom. *Science (80-.)*. 348, 222–225. <https://doi.org/10.1126/science.1260062>
- Platt, T., Fuentes–Yaco, C., Frank, K.T., 2003. Spring algal bloom and larval fish survival. *Nature* 423, 398–399. <https://doi.org/10.1038/423398b>
- Racault, M., Le Quéré, C., Buitenhuis, E., Sathyendranath, S., Platt, T., 2012. Phytoplankton phenology in the global ocean. *Ecol. Indic.* 14, 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.010>
- Racault, M.F., Sathyendranath, S., Brewin, R.J.W., Raitsos, D.E., Jackson, T., Platt, T., 2017. Impact of El Niño variability on oceanic phytoplankton. *Front. Mar. Sci.* 4, 133. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00133>
- 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>
- Small, R.J., DeSzoeki, S.P., Xie, S.P., O’Neill, L., Seo, H., Song, Q., Cornillon, P., Spall, M., Minobe, S., 2008. Air–sea interaction over ocean fronts and eddies. *Dyn. Atmos. Ocean.* 45, 274–319. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2008.01.001>
- Smyth, T.J., Moore, G.F., Hirata, T., Aiken, J., 2006. Semianalytical model for the derivation of ocean color inherent optical properties: Description, implementation, and performance assessment. *Appl. Opt.* <https://doi.org/10.1364/AO.45.008116>
- 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.
- 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>
- Terauchi, G., Tsujimoto, R., Ishizaka, J., Nakata, H., 2014. Preliminary assessment of eutrophication by remotely sensed chlorophyll-a in Toyama Bay, the Sea of Japan. *J. Oceanogr.* 70, 175–184. <https://doi.org/10.1007/s10872-014-0222-z>
- Thomsen, L., Aguzzi, J., Costa, C., De Leo, F., Ogston, A., Purser, A., 2017. The Oceanic Biological Pump: Rapid carbon transfer to depth at Continental Margins during Winter. *Sci. Rep.* 7, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11075-6>
- Tomita, H., Hihara, T., Kako, S., Kubota, M., Kutsuwada, K., 2019. An introduction to J-OFURO3, a third-generation Japanese ocean flux data set using remote-sensing observations. *J. Oceanogr.* 75, 171–194. <https://doi.org/10.1007/s10872-018-0493-x>
- Toratani, M., Ishizaka, J., Kiyomoto, Y., Ahn, Y.-H., Yoo, S., Kim, S.-W., Tang, J., 2012. Estimation of total suspended matter from three near infrared bands, in: Remote Sensing of the Marine Environment II. <https://doi.org/10.1117/12.979669>
- Wood, B.M.S., 2014. Estimating suspended sediment in rivers using acoustic Doppler meters. U.S. Geol. Surv. Fact Sheet 2014–3038. <https://doi.org/10.3133/fs20143038>
- Yamada, K., Ishizaka, J., Nagata, H., 2005. Spatial and temporal variability of satellite primary production in the Japan Sea from 1998 to 2002. *J. Oceanogr.* 61, 857–869. <https://doi.org/10.1007/s10872-006-0005-2>
- 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>
- Yang, M.M., Ishizaka, J., Goes, J.I., Gomes, H. do R., Maúre, E. de R., Hayashi, M., Katano, T., Fujii, N., Saitoh, K., Mine, T., Yamashita, H., Fujii, N., Mizuno, A., 2018. Improved MODIS-Aqua chlorophyll-a retrievals in the turbid semi-enclosed Ariake Bay, Japan. *Remote Sens.* <https://doi.org/10.3390/rs10091335>