

Abstract : Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology is developing an ocean color monitoring system using satellite remote sensing data in the Asian region to monitor ocean phenomena such as red tide in semi-real time. The system aims to enhance maintainability and scalability during long-term operations by adopting Cloud Optimized GeoTIFF (COG) and SpatioTemporal Asset Catalogs (STAC), satellite data storage and catalog management technologies. After the system is released, it is possible to add simulation data by model and satellite data provided by other organizations, and provide data via Web Application Programming Interface (API).

1. 海色モニタリングシステム: Asia Ocean Color Portalの概要

■ 開発の背景および目的:

- 沿岸域は人間活動と地球表層環境間における相互作用が顕著に表れる領域であり、例えば経済発展著しい東南アジア沿岸海域では、その活発な人間活動により赤潮が頻繁に発生し、生態系などの自然環境および、養殖や観光業などの社会経済の双方向に影響を与えている。
- このような相互作用の仕組みを先進国・開発途上国問わず理解し評価することは、全世界的に持続可能な開発が求められる昨今において極めて重要となっている。
- 広範囲な海洋から赤潮などの現象を把握するのに衛星リモートセンシングは特に有用であるが、先進国のみならず開発途上国も含めたアジア沿岸域を広く対象とする衛星海色モニタリングシステムは未だ存在していない。
- そこで本研究では、気候変動観測衛星しきさい (GCOM-C) に搭載されている多波長光学放射計 (SGLI) で観測される 250m 空間解像度の海色プロダクトを主に用いて、Web ベースのアジア海域における準リアルタイムモニタリングシステムを構築中である (Fig. 1)。

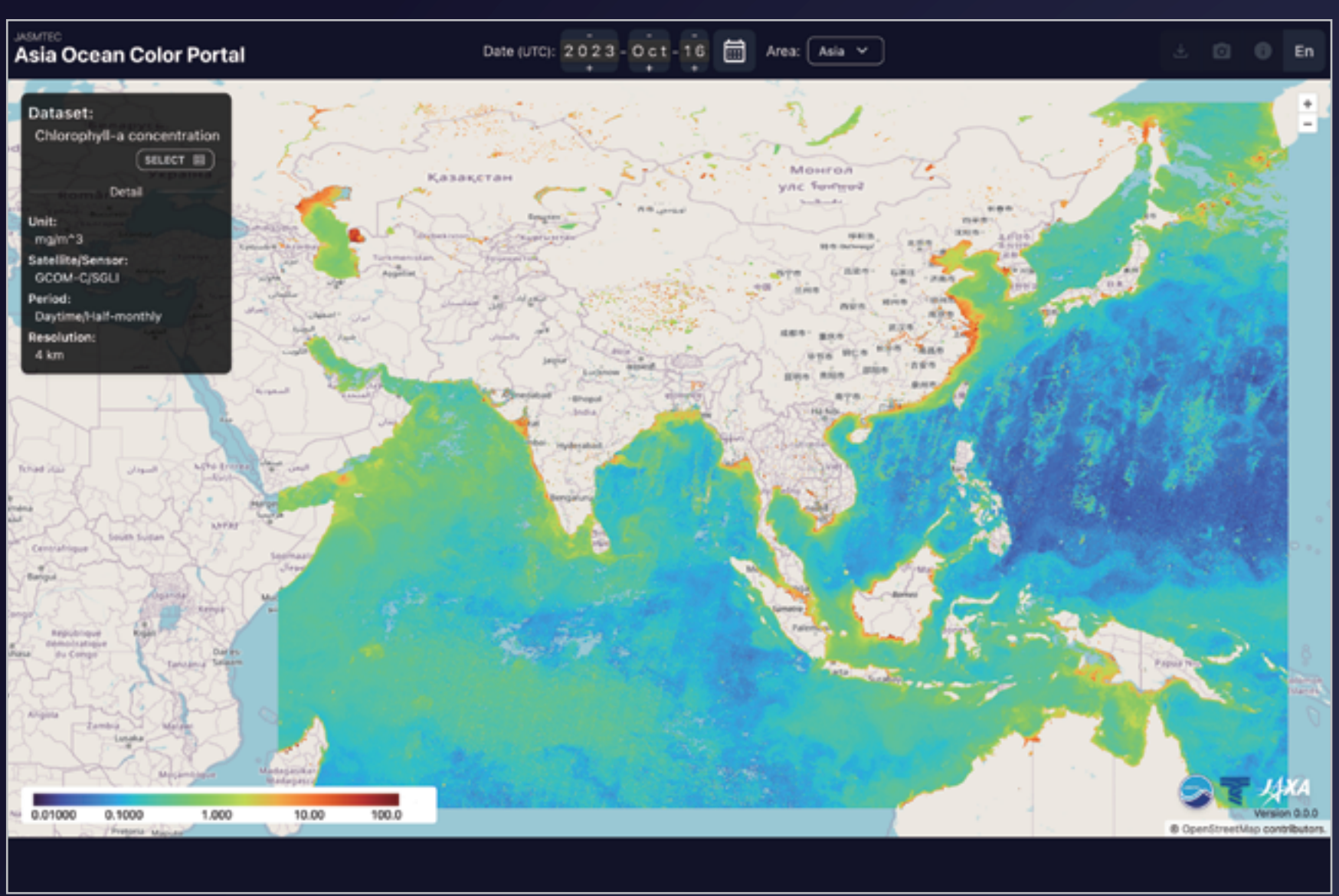


Fig.1 モニタリングシステムのWeb画面 (開発中につき衛星画像は4 km解像度データ)

■ 提供予定のデータセット: 日別, 半月平均, 月平均

- A) SGLI 標準Level-3 クロロフィルa濃度 (JAXA提供)
- B) SGLI 標準Level-3 海面水温 (日中/夜間) (JAXA提供)
- C) SGLI 標準Level-3 リモートセンシング反射率 @ 380 nm, 412 nm, 443 nm, 490 nm, 530 nm, 565 nm, 670 nm (JAXA提供)
- D) 特定海域最適化クロロフィルa濃度 (JAMSTEC開発中)

■ モニタリング領域:

- A) アジア域 (Fig. 2)
- B) 東京湾
- C) 北海道西部
- D) タイランド湾
- E) 他領域の追加も検討中

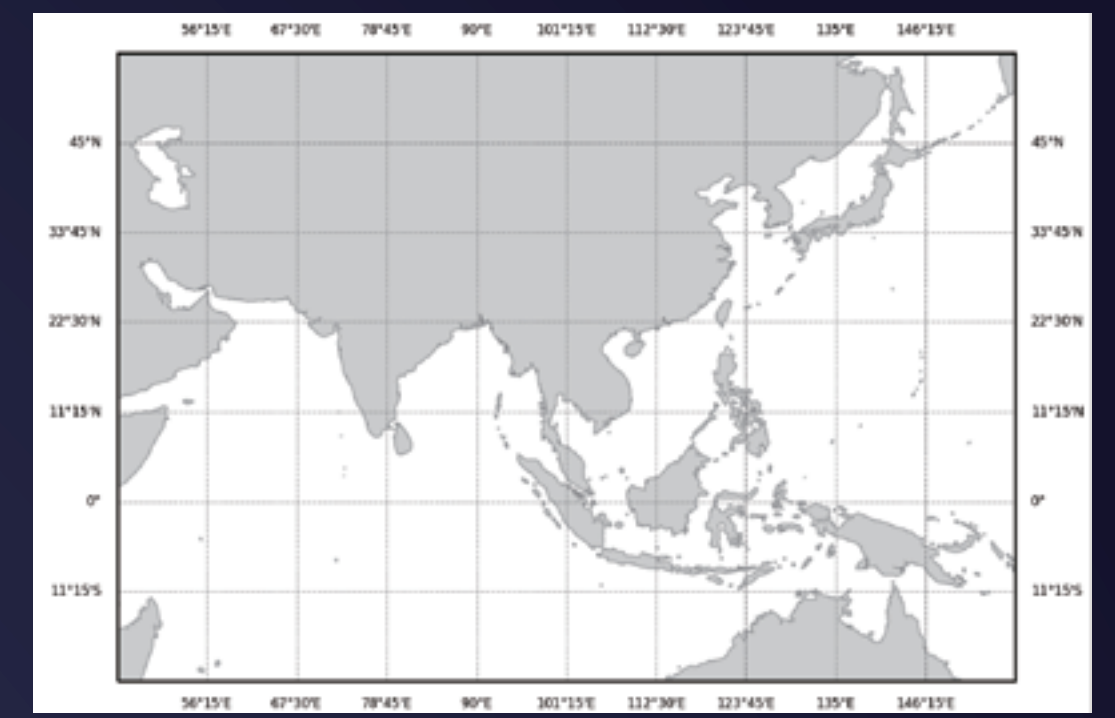


Fig. 2 アジア域のモニタリング範囲

■ 主な機能:

- A) CSV形式でのデータダウンロード
 - a) 点または矩形領域での範囲指定
 - b) 期間指定
- B) 画像形式ファイルでのダウンロード
- C) GeoTIFFダウンロードまたはWeb APIでのデータ提供

■ 特徴:

- 基盤技術としてクラウドコンピューティングに親和性の高い以下2つの仕組みを採用
- A) Cloud Optimized GeoTIFF (COG)¹: 衛星データの格納方式
- B) SpatioTemporal Asset Catalogs (STAC)²: 衛星データのカタログ管理方式

2. Cloud Optimized GeoTIFF (COG)

■ COGの概要:

- A) HTTPファイルサーバで地理空間データを提供する際に、GeoTIFFファイルを用いてクラウドベースのオブジェクトストレージから効率的にデータを配信できる様にする仕組み。
- B) 標準仕様に基づくGeoTIFFファイル^{3,4}とHTTP Get Rangeリクエスト⁵の2つの技術の組み合わせから成り立つ仕組み (特殊なGeoTIFFの仕様ではない)。

■ COGで使用されるGeoTIFFの代表的な規約:

- A) 格納する画像データを1/2n倍でダウンサンプリングしたOverviewと呼ばれる画像データを追加してよい。
- B) 通常、GeoTIFF内の画像データは256か512 pixelsのtileとして格納する。
- C) ヘッダ、IFD⁶、画像データはFig. 3で示す順番でファイルに格納する。

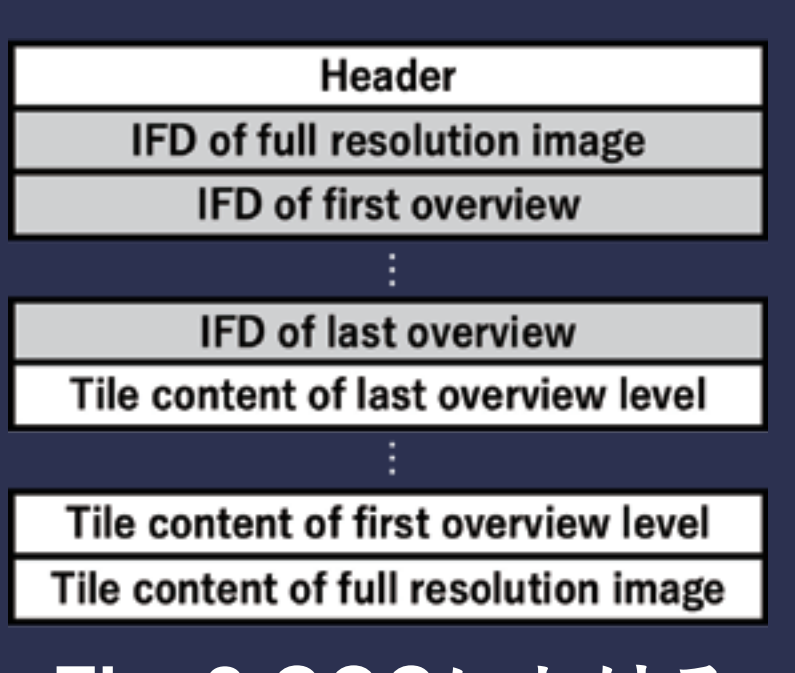


Fig. 3 GOGにおけるGeoTIFFの構造

*: Image File Directoryの略で、画像の情報を格納したタグの集合

■ HTTP Get Rangeリクエスト:

- A) HTTP 1.1プロトコルで規定されている仕様。クライアントからサーバに対して、応答されるリソースの範囲をbyte単位等で指定して要求できる。
- B) ApacheやNginxなどのWebサーバや、AWS S3などのクラウドサービスのオブジェクトストレージでは通常対応している。

■ COGの構造と利点:

- A) GeoTIFF ファイルを、HTTP Get Range リクエストでサーバから提供することで、データ利用者はファイル全てをダウンロードせずにデータを取得できる (Fig. 4)。
- B) 通信量の削減および通信速度の高速化に繋がり、高空間解像度化/複数バンド化によりデータ量が増加している衛星データの提供/取得に大きな利点となる。

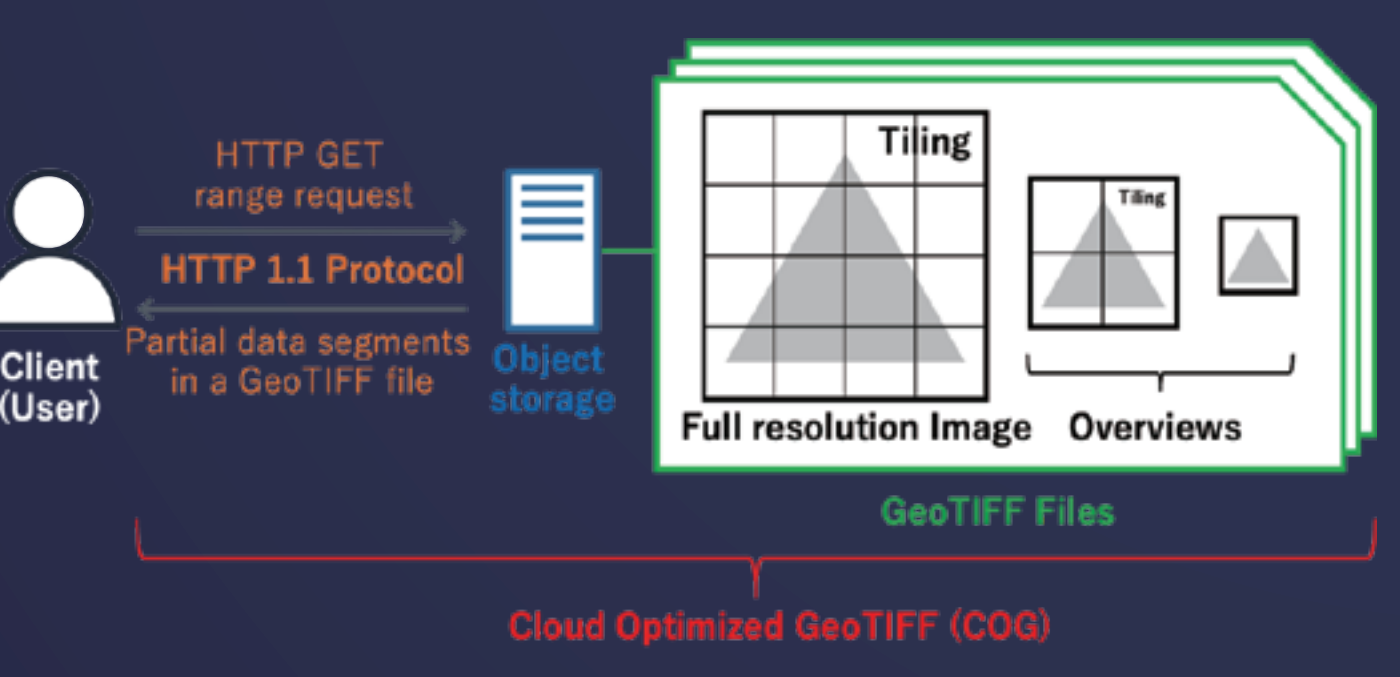


Fig. 4 GOGにおける各技術の構成

3. SpatioTemporal Asset Catalogs (STAC)

■ STACの概要:

- A) 異なる組織間における衛星データ検索の運用性を向上させるために策定された、JSON (JavaScript Object Notation) ⁶を用いたオープンな仕様。
- B) 共通のメタデータが記載されたJSONファイルを組み合わせ、時空間データが格納されたファイルカタログを作成する。
- C) STACでは、航空機やドローンなどのプラットフォームで観測されたLiDARやSAR、動画などの全ての時空間データをカタログ化することも目的としている。

■ STACによるデータセットカタログの構造:

- A) 時空間データのカタログは、以下3種類のJSONファイルを組み合わせで作られる:
 - i) **Collection**は、特定のセンサやプロダクトで構成される時空間データの一団 (データセット) に対する説明、時空間の範囲、ライセンスなどの全体的な情報を提供する。
 - ii) **Catalog**は他のCatalog、CollectionおよびItemをまとめた論理グループを提供する。ブラウジング時などに見やすく階層化するために、領域や時間基準でCatalogを作りリンクさせたSub-Catalogとして使われることが多い。
 - iii) **Item**は最小のデータ実体 (例えばGeoTIFFファイル) に対する、時空間情報などのメタデータやリンク先などを提供する。
- B) カタログは通常、Fig. 5のようなB木 (多分岐の平衡木) 構造となる。

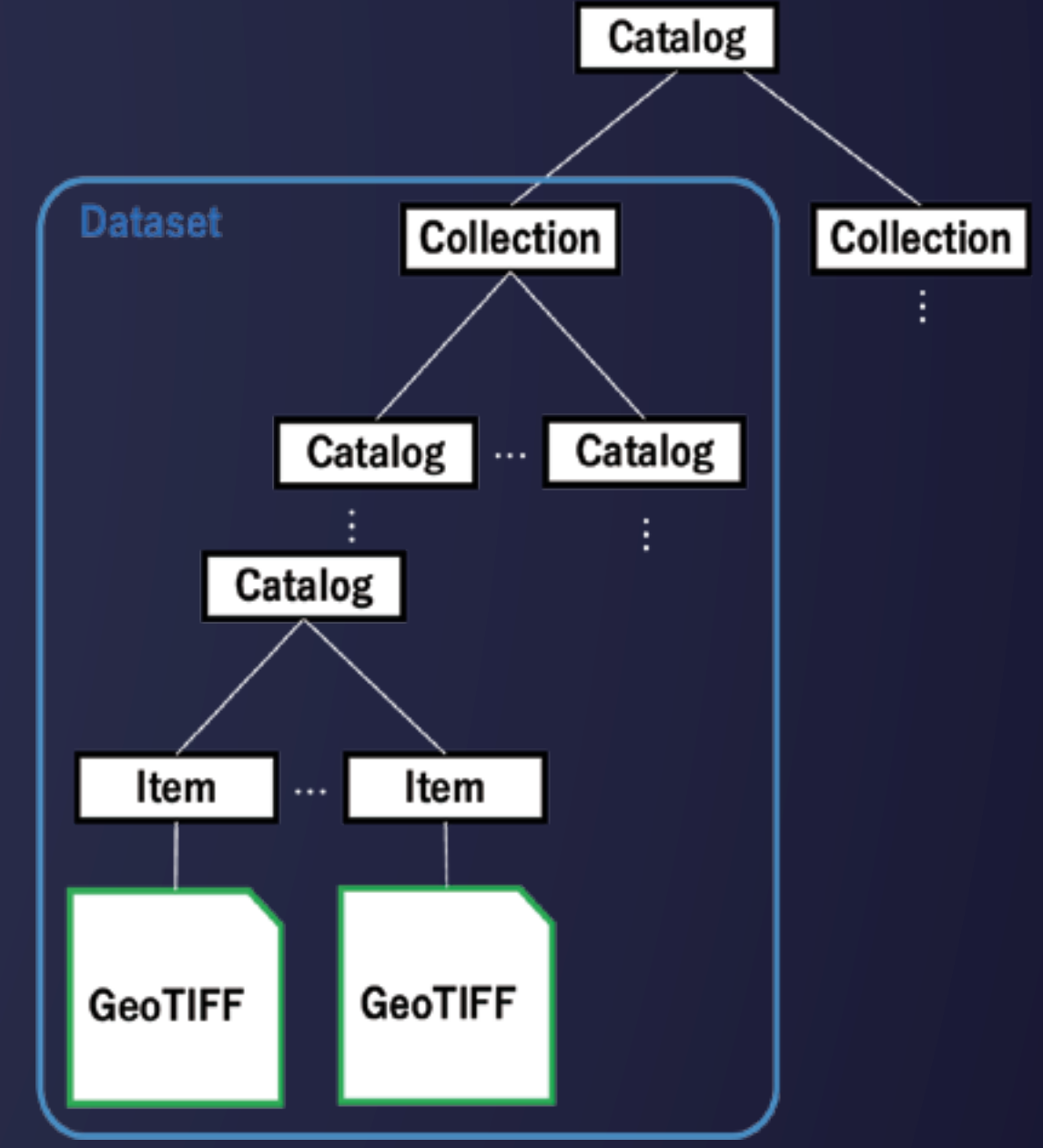


Fig. 5 STACによるカタログの構造

■ STACの利点

- A) 目的の時空間に該当するデータを探す際に、カタログがB木なので効率的に探索できる。
- B) XMLと違い、JSONなので可読性が高い。
- C) JSONファイルをストレージに単純に置くだけで良く、管理運用の負担が軽減できる。

4. STAC/COGを用いた海色モニタリングシステムの構成

■ COG/STACの採用動機:

海色データの表示およびダウンロード提供機能両方において、効率的なデータ探索および最小限の通信量で処理を行うため。

■ システム構成:

- A) 運用コストの点から、オンプレミス下で構築する設計とした (Fig. 6)。
- B) サーバソフトウェアは、WebサーバにはNginx⁷、オブジェクトストレージにはAmazon S3互換のMinIO⁸を使用した。
- C) ローカルネットワーク内のWebサーバとオブジェクトストレージ間の通信は、Amazon S3互換のWeb APIを用いて疎結合にしている。
- D) Webサーバの処理負荷を軽減するため、出来る限りクライアントサイドで処理を行い、データを取得更新する。

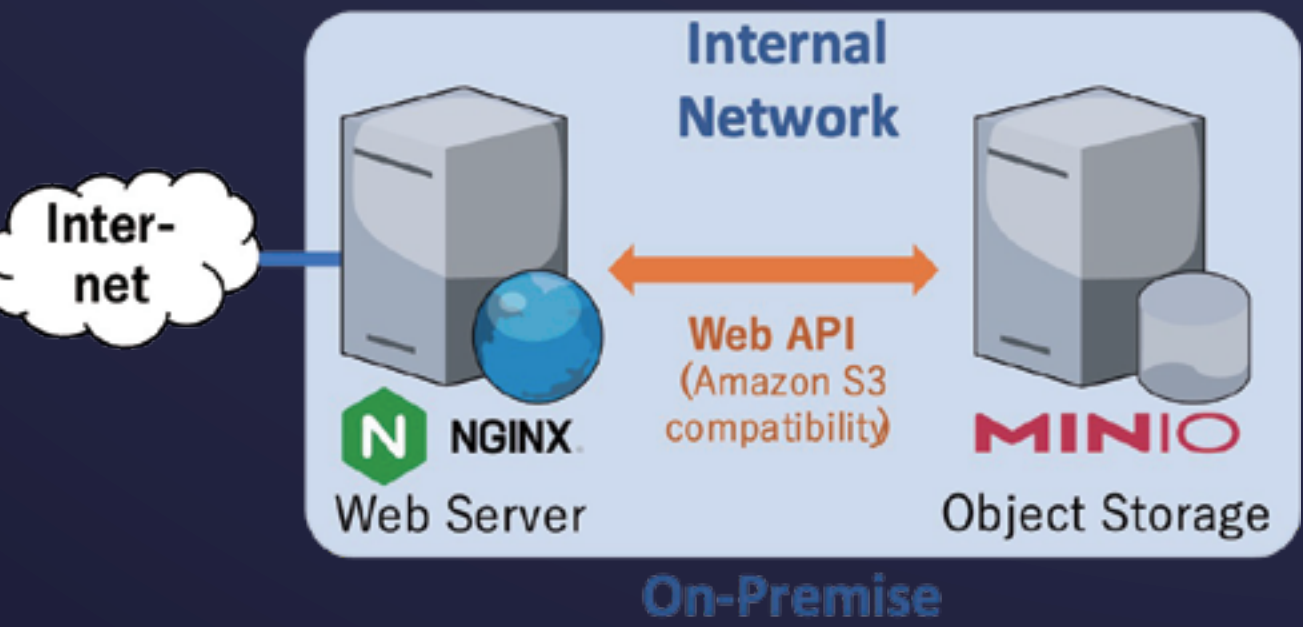


Fig. 6 モニタリングシステムの構成概要。実際のサーバ台数は省略している。

■ 本構成の利点:

- A) WebサーバとオブジェクトストレージがWeb API経由の通信なので、それぞれに負荷が大きい場合、複雑な調整をせずにスケールアウト (サーバの増強) ができる。
- B) 提供するデータセットを、クラウド上のオブジェクトストレージに全て/一部移してもSTACの修正のみでよく、モニタリングシステム全体の改修は必要ない。
- C) 他の組織が提供するデータセットでも、COG/STAC形式であれば比較的簡単に取り込むことができる。

5. まとめと展望

COG/STACを基盤技術とした海色モニタリングシステムの設計について、COG/STACの説明および利点と共に解説を行った。本モニタリングシステムは、COG/STACを基盤技術として採用することで、管理運用の簡便性と拡張性に富んでいる。以下に、今後想定できる拡張内容について列挙する。

- 1) 衛星リモートセンシング以外 (例えばドローン観測やモデルによるシミュレーション結果) のデータセット追加。
- 2) 他組織が提供するCOG/STAC形式のデータセットとの連携。
- 3) JAXA Earth API⁹が提供するPythonやJavaScript API、QGIS用プラグインの共用。本システムにおけるCOG/STACは、国内で先駆けてCOG/STAC形式の衛星データを提供しているJAXA Earth APIの仕様にてできる限り準拠している。もし共用が実現すれば、ユーザーはそれぞれのサービス間における違いを意識せずにデータの利用が可能となる。

様々な組織/サービスから提供される衛星データは、技術的な統一性のなから、利用者にとって使いにくいことも多い。しかしながら、統一されたプラットフォームから衛星データを提供することは現実的に難しい。そのため、提供サービス間で共通のオープン仕様に準拠することにより、利用者の技術的障壁を低くして利便性を向上させていくことが、今後ますます種類およびデータ量が増大する衛星リモートセンシングデータの利活用に重要だと考える。

参考文献

- 1) Anonymous: Cloud Optimized GeoTIFF, <https://www.cogeo.org/> (Accessed 2023.9.25).
- 2) Anonymous: STAC: SpatioTemporal Asset Catalogs, <https://stacspec.org/en> (Accessed 2023.9.25).
- 3) Adobe Developers Association: TIFF (TM) Revision 6.0 - Final, 1992, <https://developer.adobe.com/content/dam/udp/en/open/standards/tiff/TIFF6.pdf> (Accessed 2023.9.25).
- 4) N. Ritter and M. Ruth: The GeoTIFF data interchange standard for raster geographic images. Int. J. Remote Sens., 18:7, 1637-1647, doi:10.1080/014311697218340.
- 5) R. T. Fielding, Y. Lafon and J. Reschke: Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Range Requests, Request for Comments, 7233, 2014, doi:10.17487/RFC7233.
- 6) T. Bray: The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format, Request for Comments, 8259, 2014, doi:10.17487/RFC8259.
- 7) F5, Inc.: Advanced Load Balancer, Web Server, & Reverse Proxy - NGINX, <https://www.nginx.com/> (Accessed 2023.9.25).
- 8) MinIO, Inc.: MinIO | High Performance, Kubernetes Native Object Storage, <https://min.io/> (Accessed 2023.9.25).
- 9) 佐々木 善信, 河村 耕平, 瀬上 剛, 大野 慶, 田嶋 武雄: JAXA Earth API: 効率的・効果的な地球観測衛星画像利用のためのオープンソース API の開発と公開, 日本リモートセンシング学会誌, 論文 ID 2022.029, [早期公開] 公開日 2023/09/20, doi:10.11440/rssi.2022.029.