

大規模惑星大気数値シミュレーションデータ の可視化ツールの開発 ー 地図投影の実装 ー

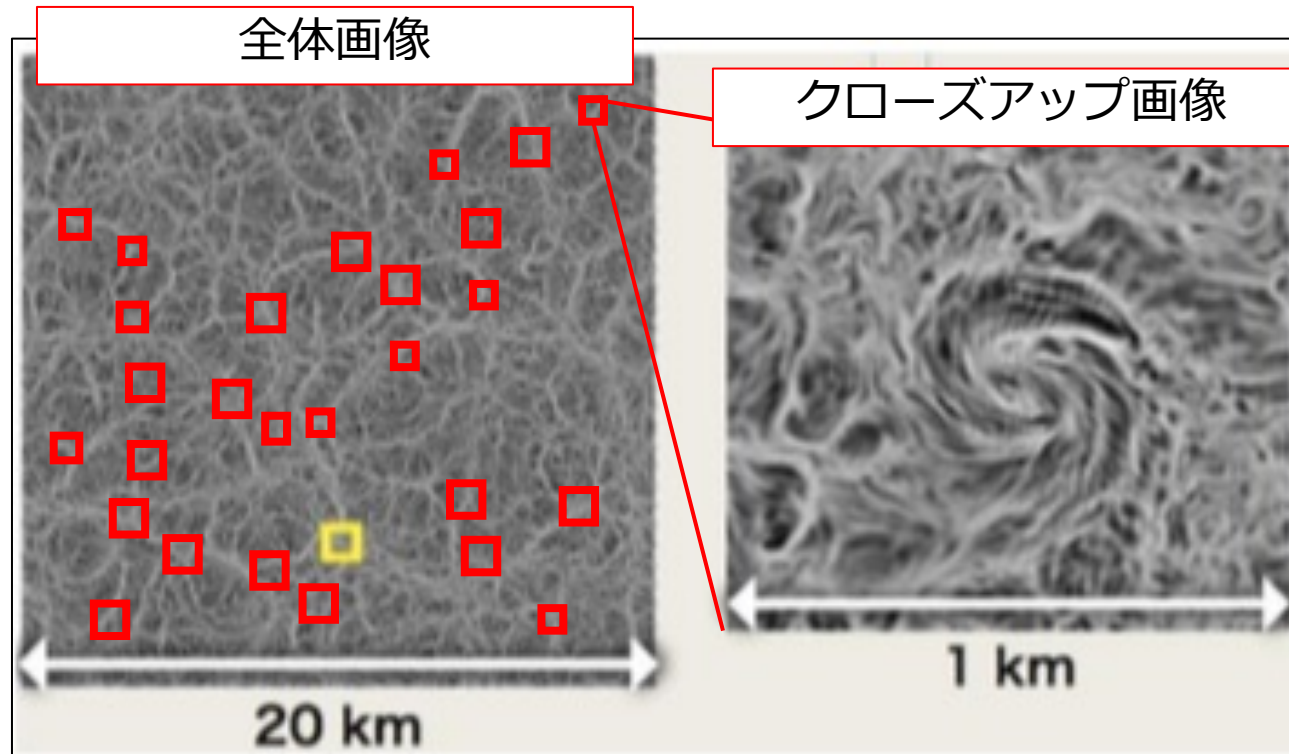
森脇 大智^{*1} 村橋 究理基^{*2} 石渡 正樹^{*2} 林 祥介^{*3} 杉山 耕一郎^{*1}

^{*1}松江高専 情報工学科 ^{*2}北海道大学 宇宙理学 ^{*3}神戸大 惑星学/CPS

2022/02/18 宇宙科学情報解析シンポジウム

はじめに ～ 背景と問題点 ～

- 惑星大気の大規模な数値シミュレーションデータの可視化は、全体画像とクローズアップ画像を別々に作成することが一般的である。
- 無数に存在する現象のクローズアップ画像を個別に作成することは現実的でない。



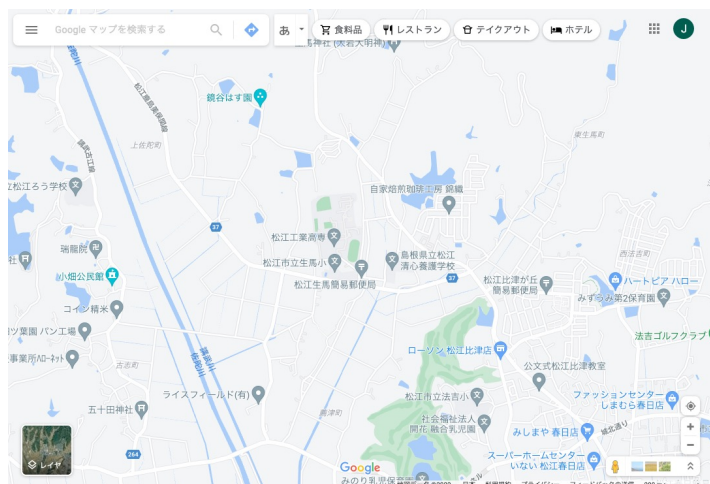
すべての注目したい現象を
調べきれない

はじめに ～ 他の分野における事例 ～

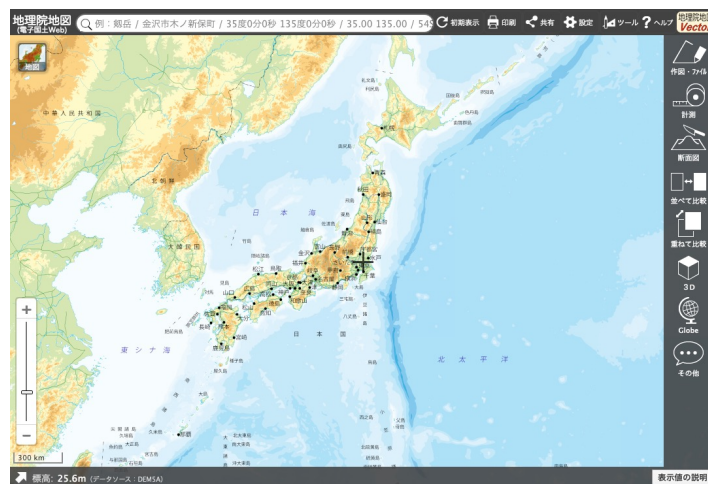
他の分野では以下の機能を持った可視化ツールが開発されている.

- スムーズな拡大縮小, 及びスクロール操作
- それぞれの分野で必要な解析機能

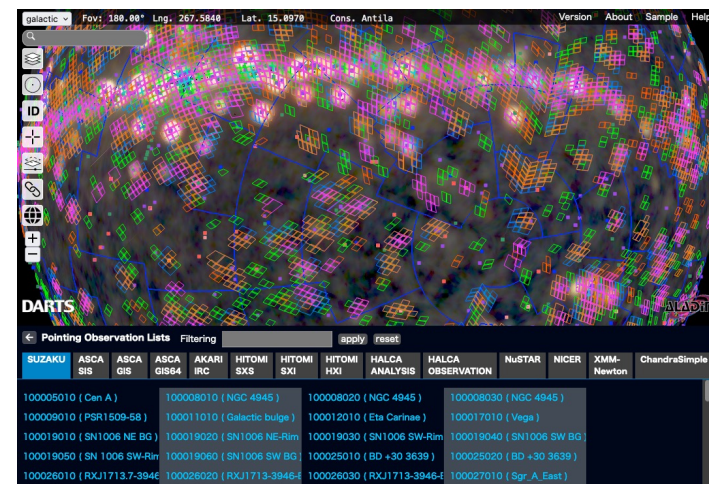
これらのツールのいくつかでは, **Web Map Tile Service**と呼ばれる技術を活用している.



Google Map
<https://www.google.co.jp/maps>



地理院地図
<https://maps.gsi.go.jp>



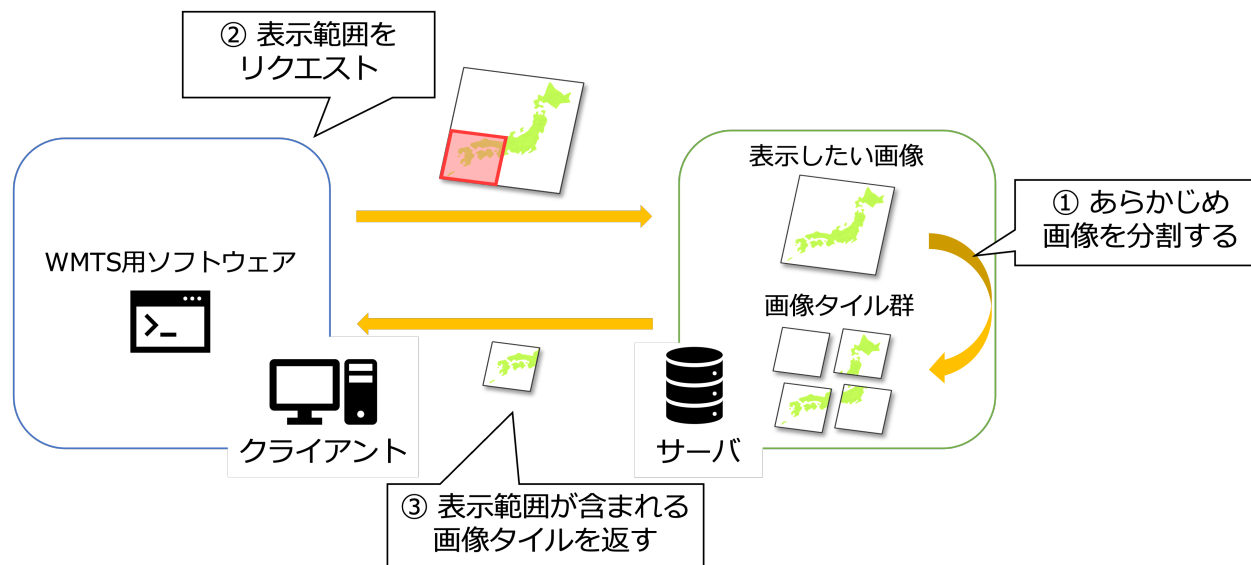
天文分野の例(JUDO2)
<https://darts.isas.jaxa.jp/astro/judo2>

Web Map Tile Service (WMTS)とは

スムーズな拡大縮小, 及びスクロール操作を実現する技術のこと

処理

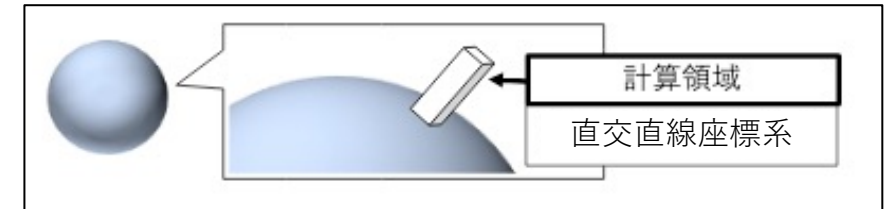
- サーバ上であらかじめ, 表示したい図を拡大率に合わせて分割しておく.
(分割された各画像を画像タイルと呼ぶ.)
- WMTS用ソフトウェアは表示領域に入った画像タイルのみをサーバにリクエストする.
- サーバは表示範囲に含まれる画像タイルを返す.



これまで我々の取り組み

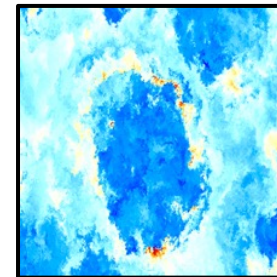
Web Map Tile Service(WMTS)を活用して
領域モデル(直交直線座標系)を対象に
次の2つの機能を備えた可視化ツールの開発と公開.

- スムーズな拡大縮小, 及びスクロール操作
- 既存ツールの主要機能

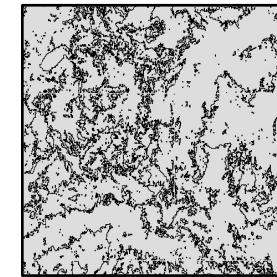


既存ツールの主要機能

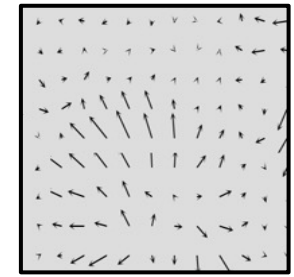
- カラートーン図, コンタ図, ベクトル図の描画
- 数学的操作(平均値からの偏差など)
- 複数の変数の重ね合わせ
- アニメーション
- カラーマップの変更
- 描画範囲の変更



カラートーン図



コンタ図

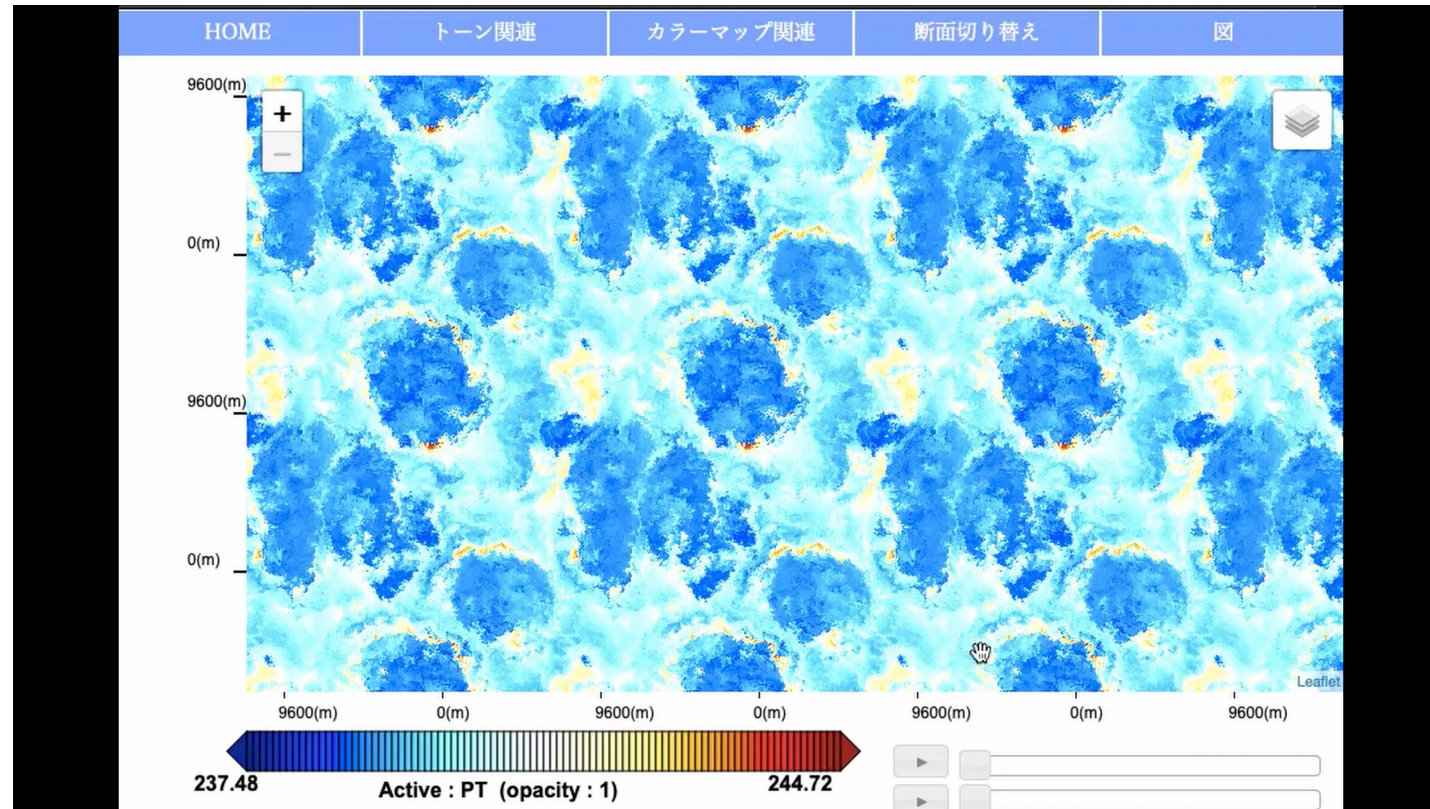


ベクトル図

これまでの我々の取り組み ～取り組みの成果～

DCWMT (Dennou Club Web Map Tool)を開発, 公開

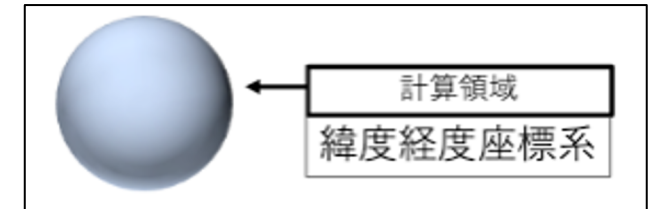
⇒ WMTS技術を用いて, 既存ツールの主要機能の実装は十分に可能であることを確認できた.



本研究の目的

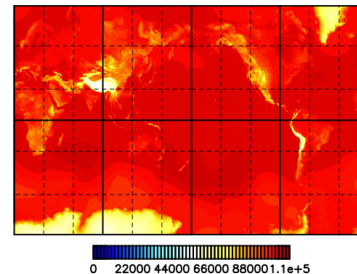
Web Map Tile Service(WMTS)を活用して
大循環モデル(緯度経度座標系)を対象に
次の2つの機能を備えた可視化ツールの開発と公開.

- スムーズな拡大縮小, 及びスクロール操作
- 既存ツールの主要機能

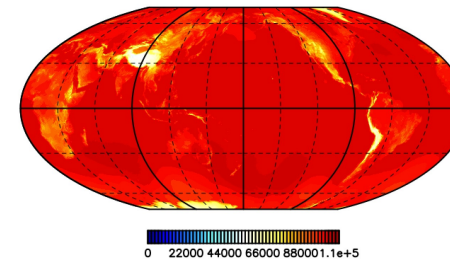


既存ツールの主要機能

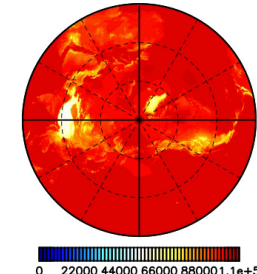
- カラートーン図, コンタ図, ベクトル図の描画
- 数学的操作(平均値からの偏差など)
- 複数の変数の重ね合わせ
- アニメーション
- カラーマップの変更
- 描画範囲の変更
- **地図投影の適用**



メルカトル図法



モルワイデ図法



正距方位図法

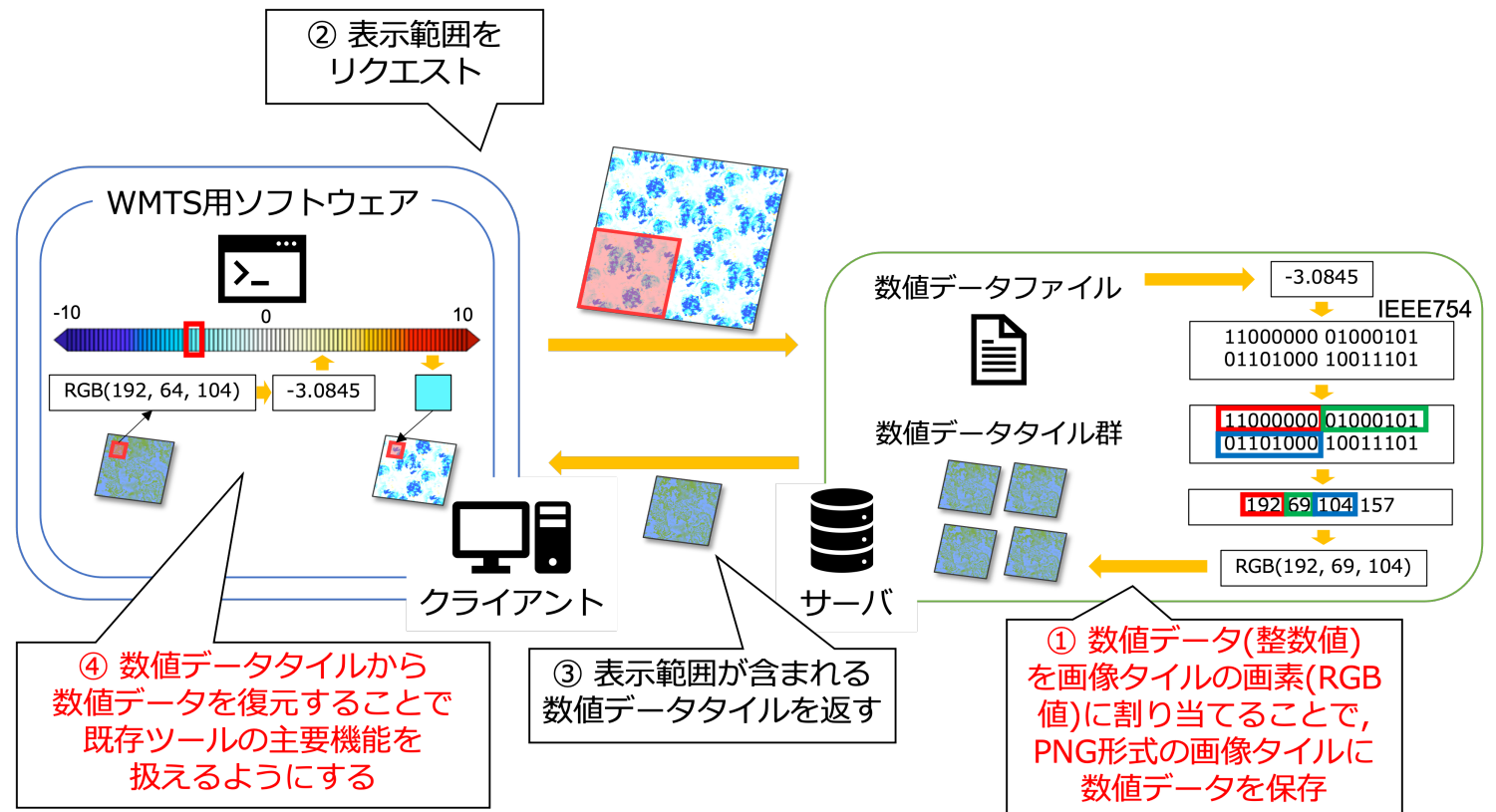
DCWMT ~ DCWMTの構造 ~

本研究ではこれまでに作成した可視化ツールDCWMTを
ベースとして開発を行う.

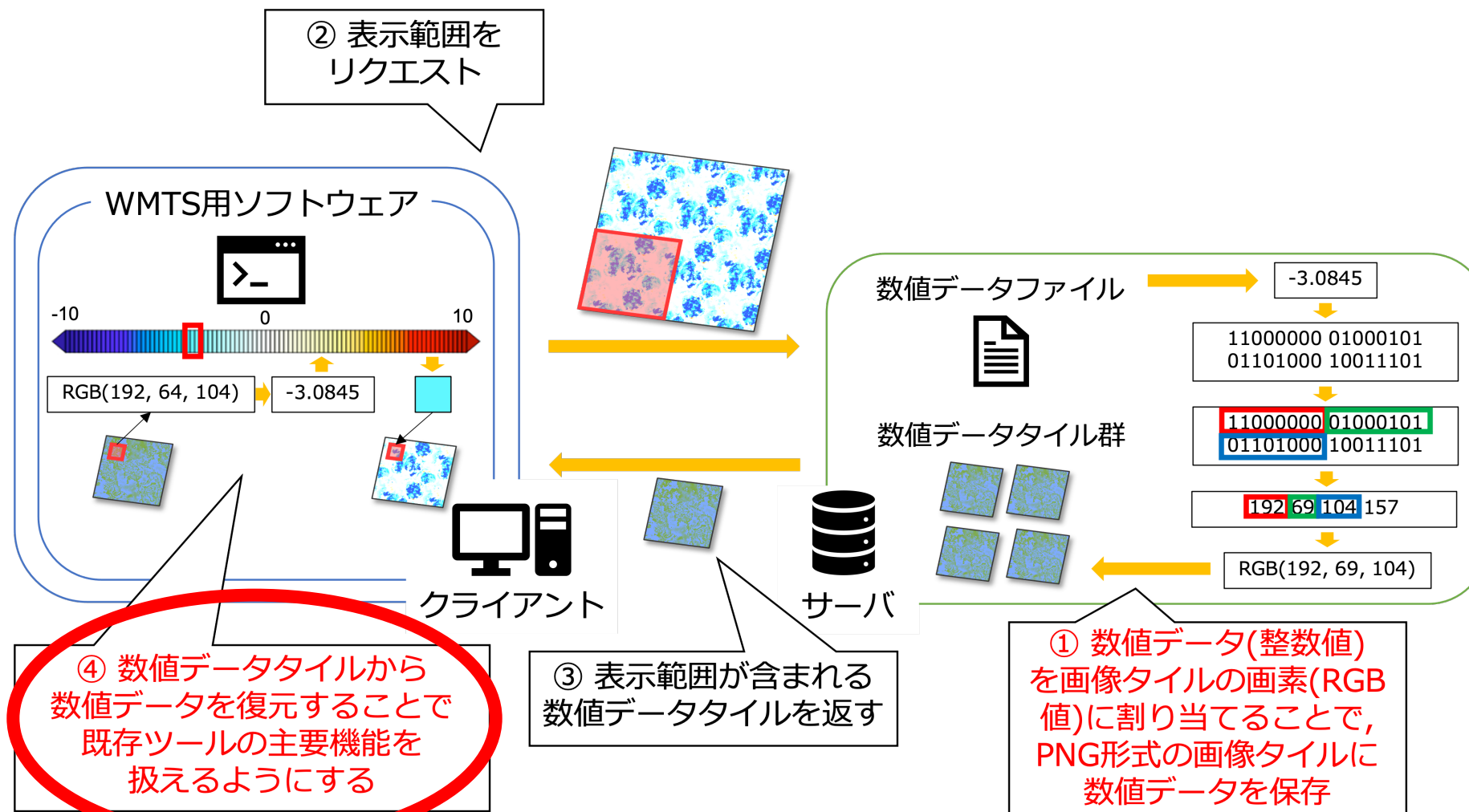
WMTS技術を活用して可視化をする

クライアント上で
数値データを扱うことができる

画像タイルのままでは



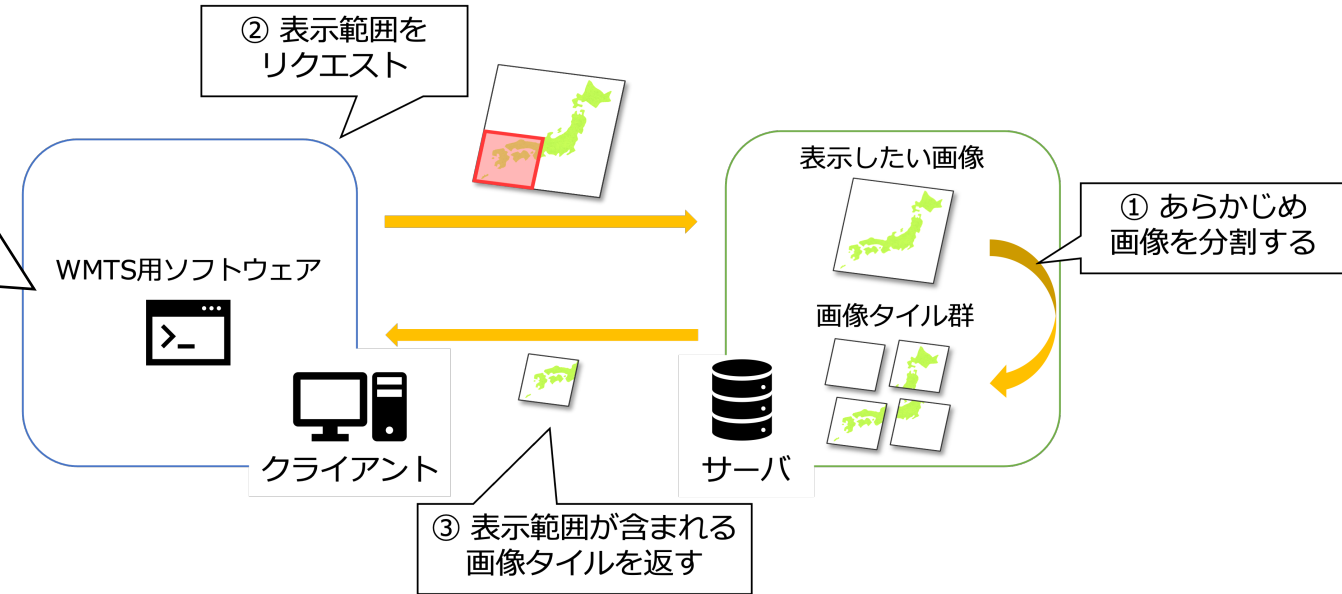
DCWMT ~ 本研究で変更を加える箇所 ~



地図投影も適用できるようにする

実現方法 ～ 調査 ～

WMTS用ソフトウェアを開発するために、
一般に公開されている
WMTSライブラリLeafletの機能を拡張して
使っていた



- WMTSライブラリの中には、**地図投影が適用可能なライブラリ**は存在.
- これまでに使っていたWMTSライブラリLeafletでは**標準で地図投影の適用ができない**.
- 数値データタイルも変更を加える必要がある.

実現方法 ～ 手法 ～

- WMTS用ソフトウェアで使っているWMTSライブラリを地図投影が適用できるライブラリに変更.
- 数値データタイルに変更を加える.

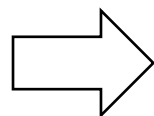
実現方法 ～ 数値データタイルに変更を加えることについて ～

- WMTS用ソフトウェアで使っているWMTSライブラリを地図投影が適用できるライブラリに変更.
- 数値データタイルに変更を加える.

実現方法 ～ 数値データタイルに変更を加えることについて ～

調査の結果

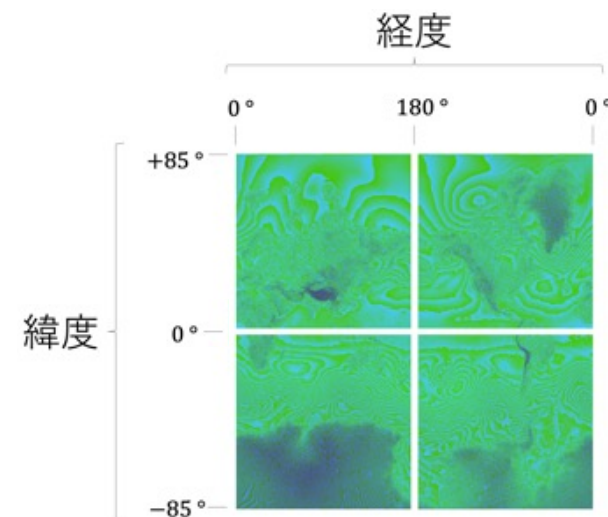
WMTSライブラリのいくつかは画像タイルがWebメルカトル図法に従って作成されていることを前提に, 画像タイルの画素を緯度経度に対応づけて地図投影を適用している.



Webメルカトル図法に従って数値データを格納

Webメルカトル図法

- 緯線と経線が直交するメルカトル図法をベースとしている.
- 85度以北, 以南の表現を諦めたもの.
- 世界全体を正方形で表現.



実現方法 ～ WMTSライブラリの変更 ～

- WMTS用ソフトウェアで使っているWMTSライブラリを地図投影が適用できるライブラリに変更.
- 数値データタイルに変更を加える.

実現方法 ～ WMTSライブラリの変更1 ～

これまでの取り組みで使っていた
WMTSライブラリ

Leaflet

- 標準では地図投影に適用していない

変更したWMTSライブラリ

OpenLayers

- 地図投影の適用が可能
 - 変換式は, 座標変換ライブラリProj4jsを使う.

CesiumJS

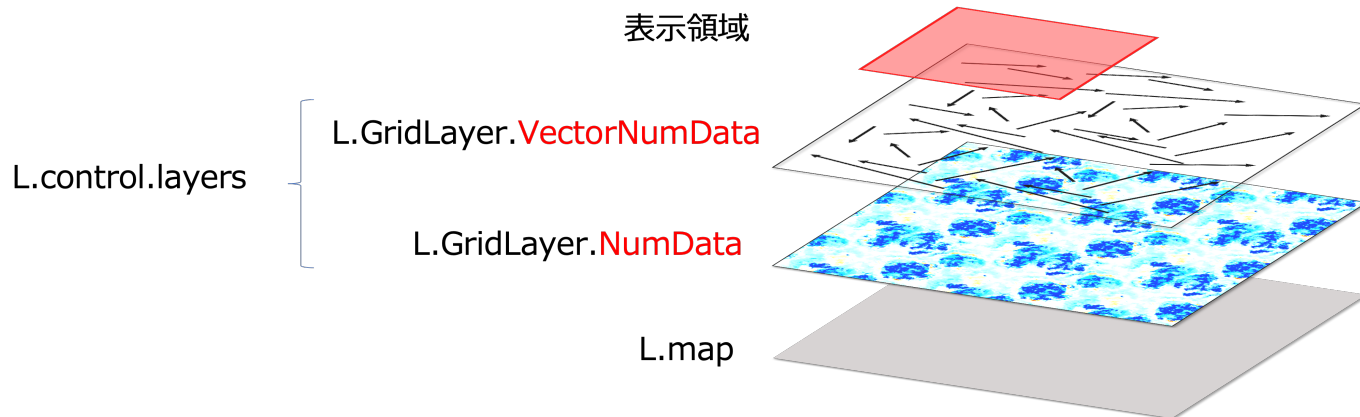
- 地球儀のように球体に投影が可能

既存ツールの主要機能を実装できるように
拡張する必要がある

(全てJavaScriptで書かれている)

実現方法 ～ WMTSライブラリの変更2 ～

DCWMTの話



L.map	<ul style="list-style-type: none">地図の基盤例) HTML要素とのバインド例) 拡大縮小, 中心点の制御
L.GridLayer	<ul style="list-style-type: none">画像タイルの表示
L.control.layer	<ul style="list-style-type: none">レイヤの重ね合わせ

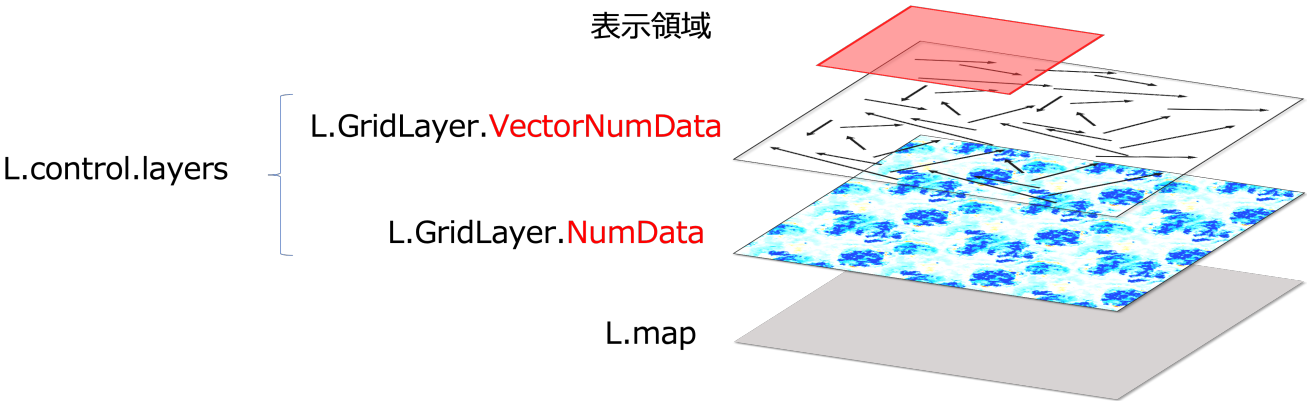
L.GridLayer

1. 画像の取得
2. 画像をCanvas要素に描画
3. Canvas要素をレイヤとして返す

L.GridLayer.VectorNumData & L.GridLayer.NumData

1. 画像の取得
2. 画像の画素から数値データを復元
3. 既存ツールの主要機能を適用して, Canvas要素に描画
 - トーン図, コンタ図, ベクトル図
 - 数学的操作
 - カラーマップの変更
4. Canvas要素をレイヤとして返す

実現方法 ～ WMTSライブラリの変更3 ～



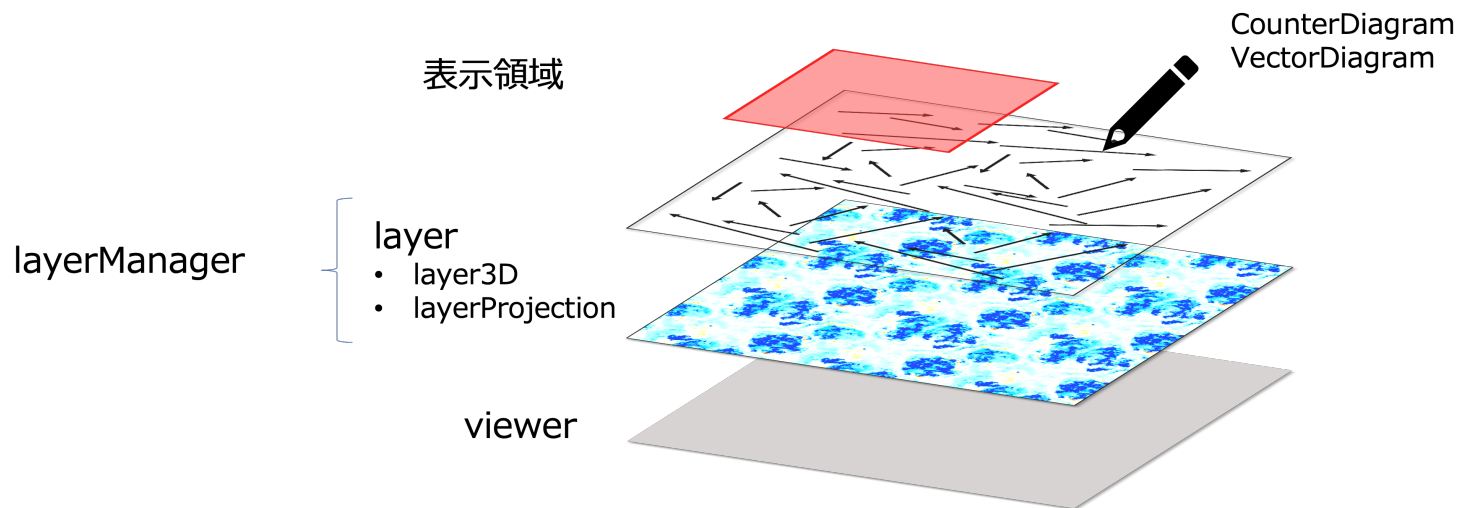
変更するライブラリにも
代わりとなるクラスは用意されている.

Leaflet	OpenLayers	CesiumJS
L.map	ol.Map	Cesium.Viewer
	ol.View	
L.GridLayer	ol.layer.Tile	Cesium.UrlTemplateImageryProvider
L.control.layers	ol.Map	Cesium.Viewer.imageryLayers

複数のライブラリを併用することから, 統合的に扱えるようにクラスを整理した.

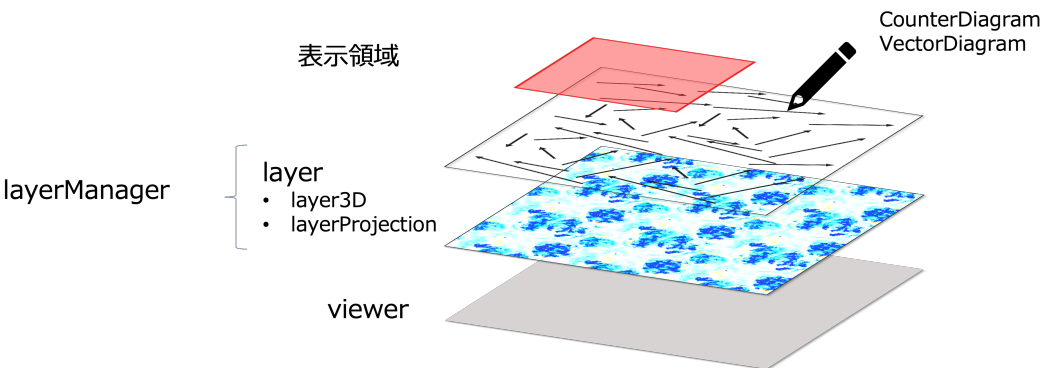
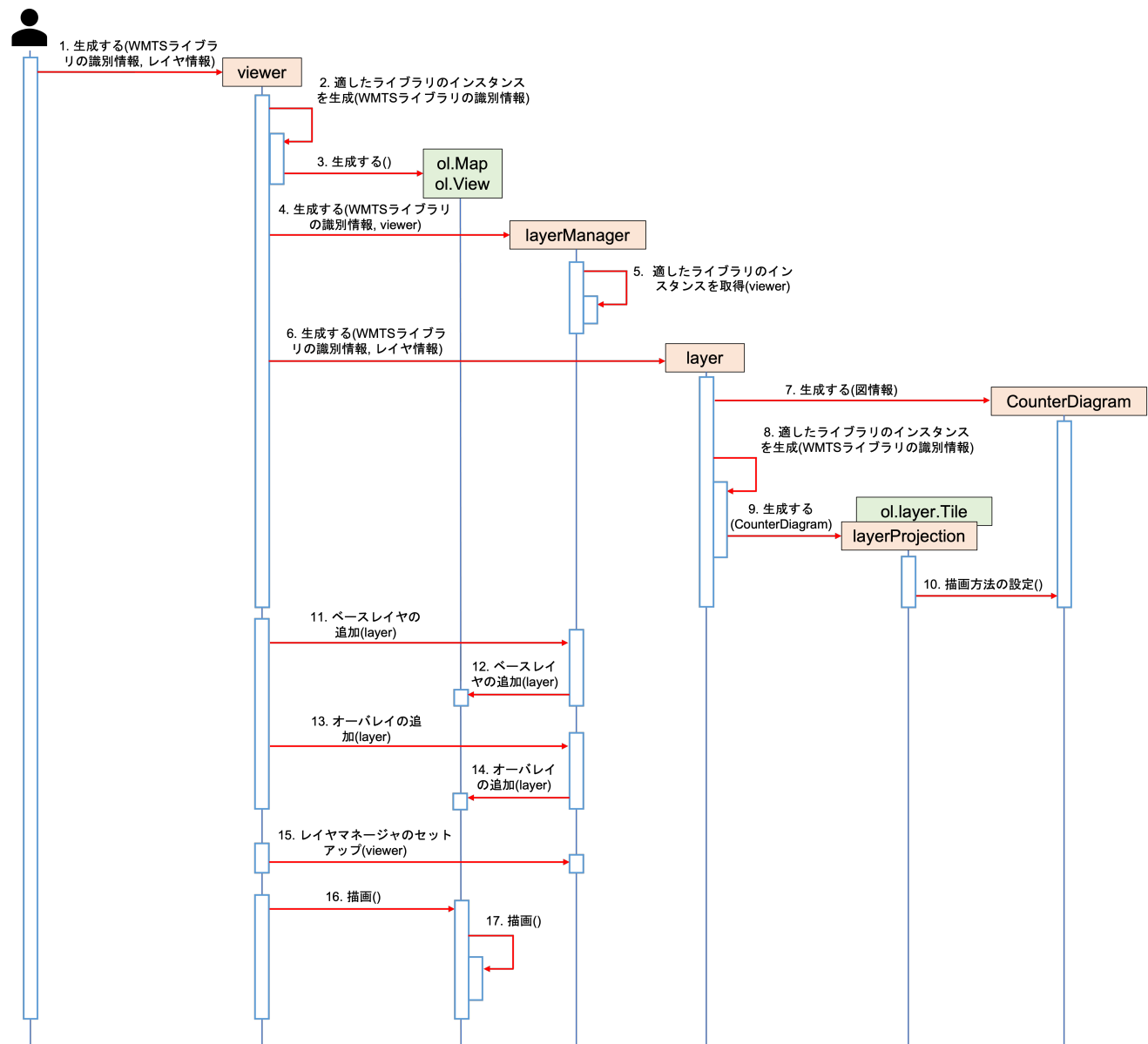
実現方法 ～ WMTSライブラリの変更4 ～

作成したクラス	Leaflet	OpenLayers	CesiumJS
viewer	L.map	ol.Map ol.View	Cesium.Viewer
layer	L.GridLayer	ol.layer.Tile	Cesium.UrlTemplateImageryProvider
layerManager	L.control.layers	ol.Map	Cesium.Viewer.imageryLayers



- 「layer」, 「viewer」, 「layerManager」は、ライブラリの識別情報を受け取って適したライブラリのインスタンスを生成し、一連の処理をしてくれるクラス。
- 「layer3D」は、CesiumJSの「Cesium.UrlTemplateImageryProvider」を継承して、数値データタイルを扱えるようにしたクラス。
- 「layerProjection」は、OpenLayersの「ol.layer.Tile」を継承して、数値データを扱えるようにしたクラス。
- 「CounterDiagram」, 「VectorDiagram」はコンタ図やベクトル図を描画するためのクラス。

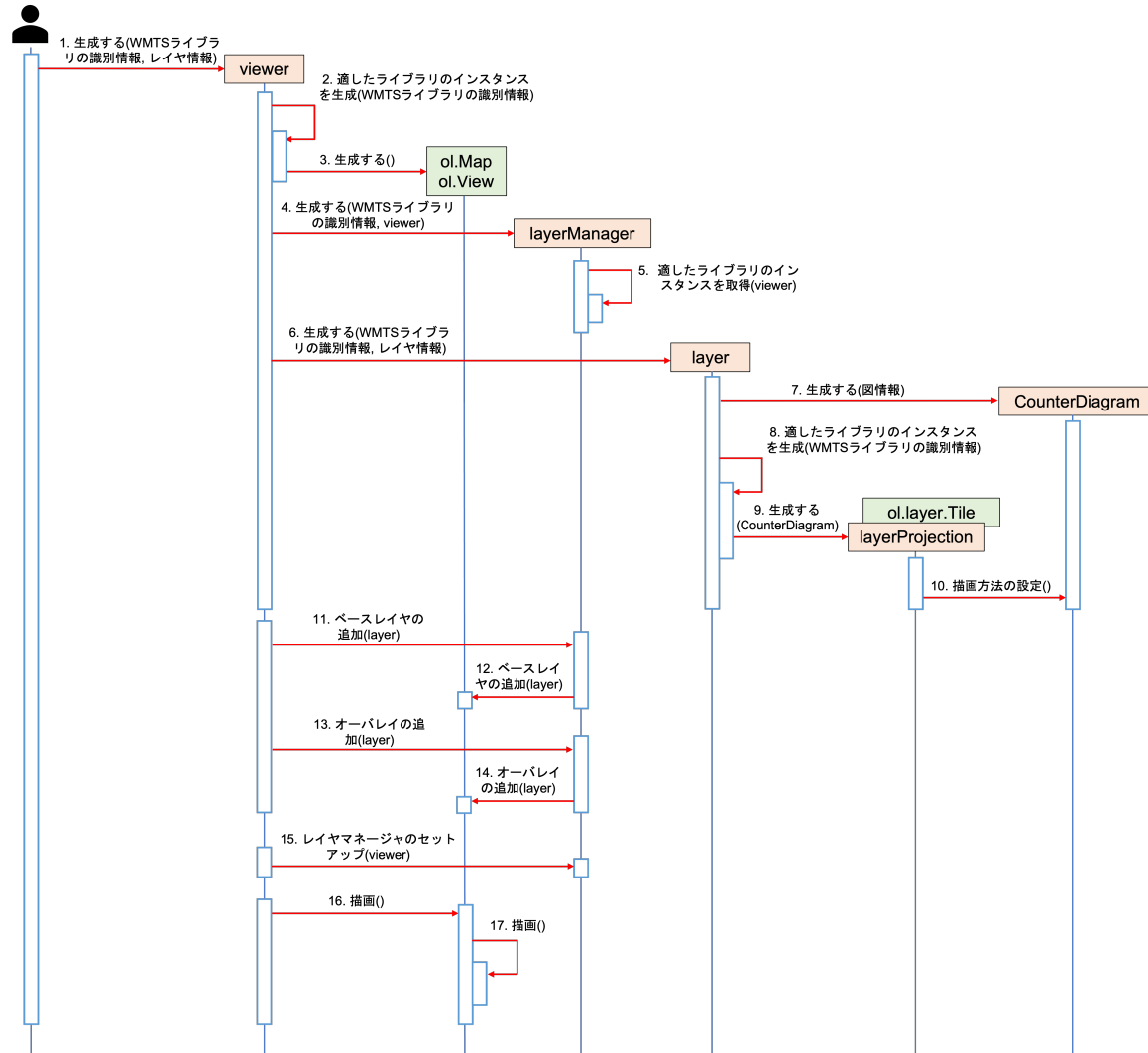
実現方法 ～ WMTSライブラリの変更5 ～



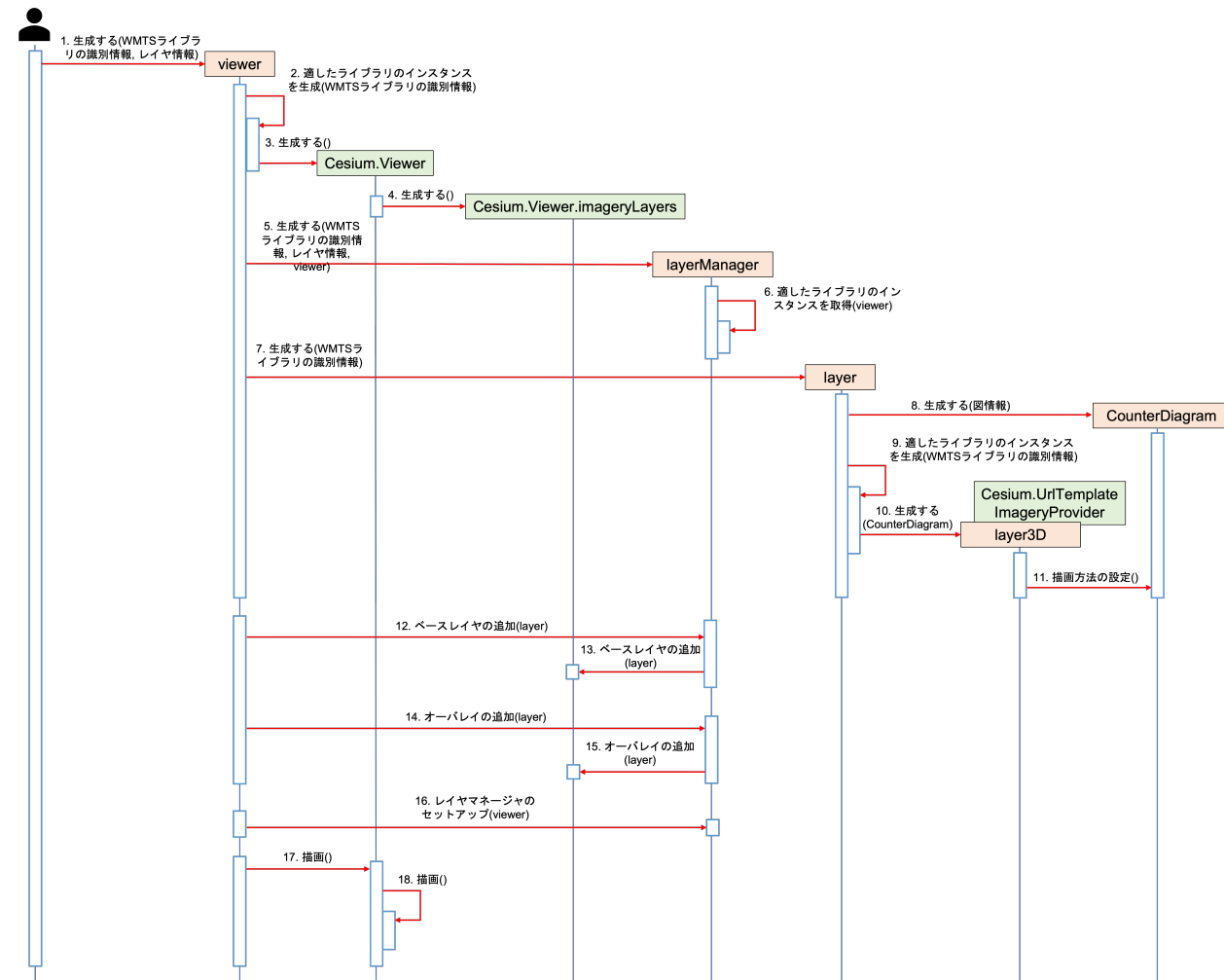
作成したクラス	OpenLayers
viewer	ol.Map
	ol.View
layer	ol.layer.Tile
layerManager	ol.Map

実現方法 ～ WMTSライブラリの変更6 ～

OpenLayersを用いた可視化の処理の流れ

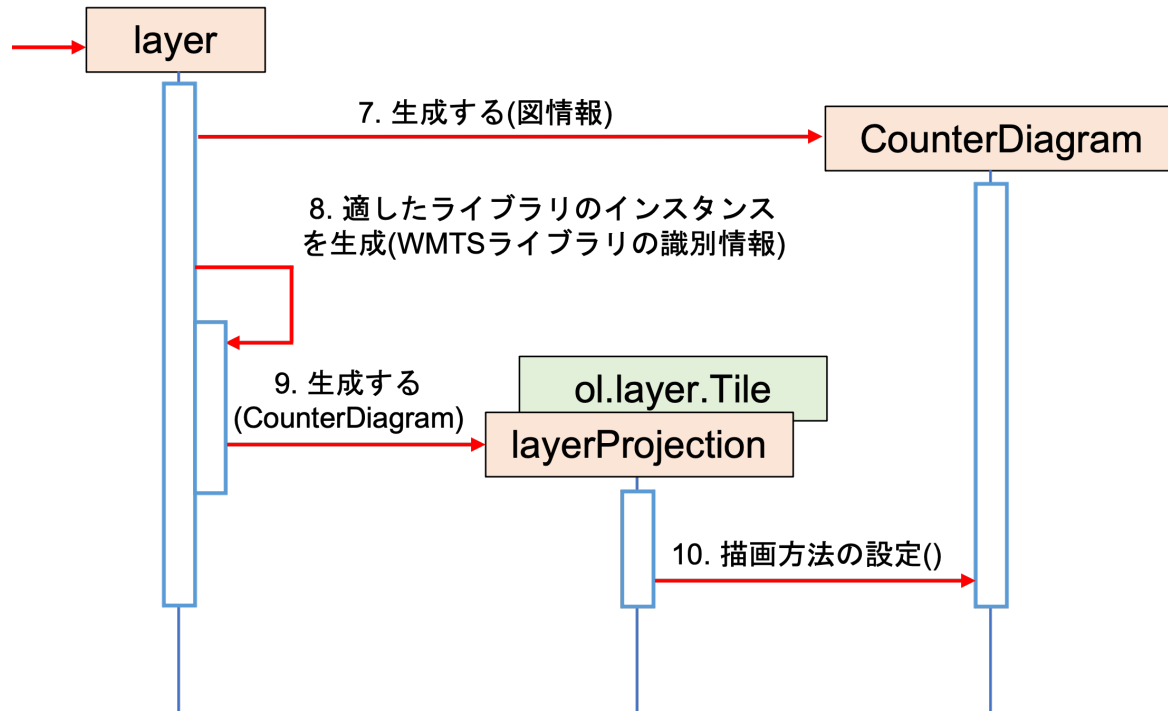


CesiumJSを用いた可視化の処理の流れ

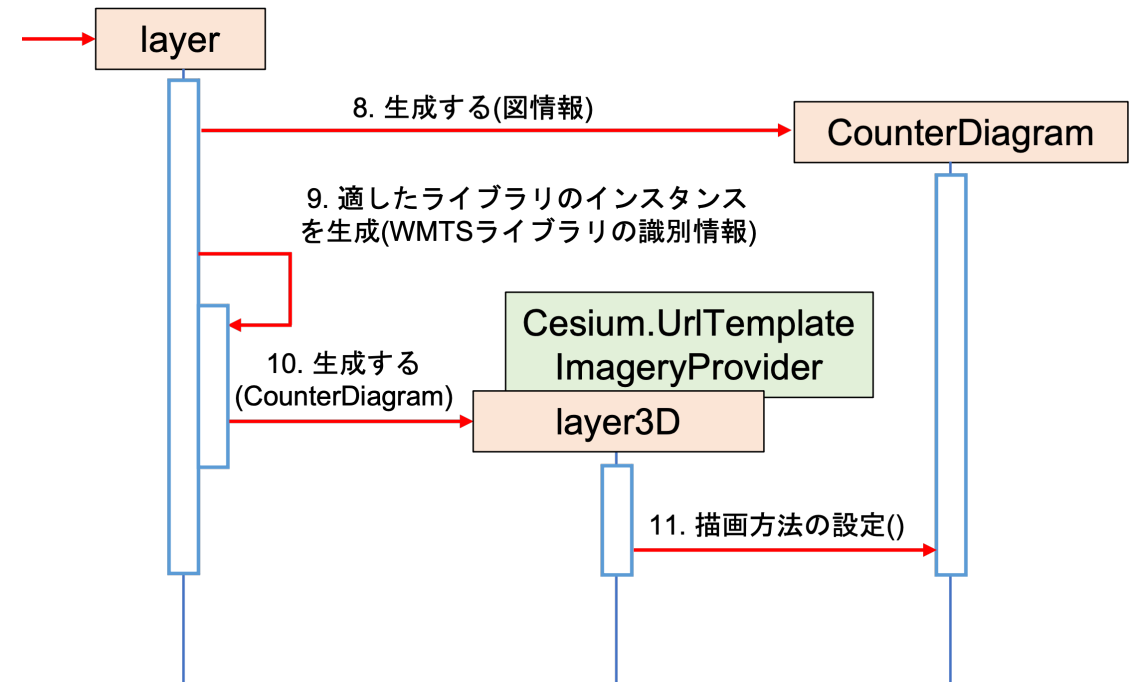


実現方法 ～ WMTSライブラリの変更7 ～

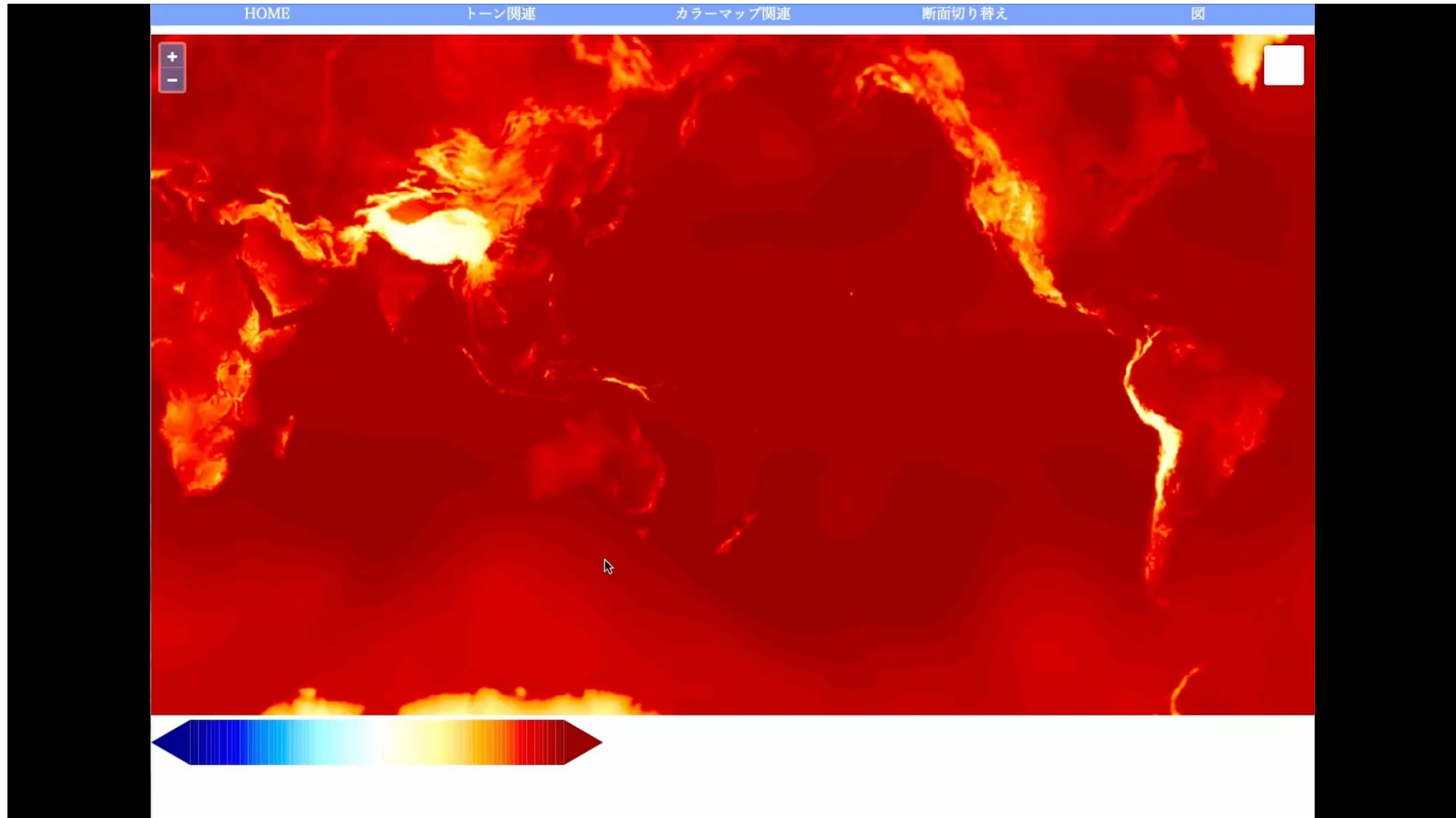
OpenLayersを用いたlayerの処理の流れ



CesiumJSを用いたlayerの処理の流れ



本ツールのデモ



ソースコード: <https://github.com/gfd-dennou-club/dcwmt/tree/v0.3> cesium and openlayers and leaflet

まとめ

- 大循環モデル(緯度経度座標系)を扱えることを目的として, 地図投影の適用を行った.
- 数値データタイルはWebメルカトル図法に従って作成することで, 緯度経度座標の情報を持たせた.
- 地図投影の適用が可能なWMTSライブラリに変更, 及びクラスの整理をすることで地図投影の適用ができた.
 - メルカトル図法
 - 正距方位図法
 - モルワイデ図法
 - サンソン図法
 - 球体への投影

今後の課題

- 既存ツールの主要機能の実装.
- 領域モデル(直線直交座標系)と大循環モデル(緯度経度座標系)の両モデルが統合的に扱えるようにする.
- Webシステム独自のインタラクティブな解析機能の追加.
 - 例) 領域を範囲選択して平均値を取得.
 - 例) 任意の2点間の物理量の変化の折れ線グラフの表示.
- 定期的なユーザ向けチュートリアルセミナーの実施.

既存ツールの主要機能

- | | |
|----------------------------|------------------|
| • カラートーン図の描画 | • 複数の変数の重ね合わせ |
| • コンター図の描画 | • アニメーション |
| • ベクトル図の描画 | • カラーマップの変更 |
| • 数学的操作(平均値からの偏差など) | • 描画範囲の変更 |