

宇宙情報 × プログラミング



北海道情報大学

経営情報学部 システム情報学科

入学前教育

入学前教育の対象と受講方法

□ 対象

- 宇宙情報, プログラミングの分野を特に学びたい学生
- パソコンを利用できる環境にある学生
- Googleアカウントを作成できる (既に保有している) 学生

□ 受講方法

- 本資料は, 前半がリモートセンシングに関する基本事項の説明, 後半が Google Earth Engineを使った実習で構成されています. 順番に読み進めてください. 実習は初修者には難しいかもしれませんが, できるところまでで大丈夫です.
- 分からない単語や疑問があるときは, Webブラウザ等を使って調べましょう.
- 実習には練習問題がありますので, プログラムを変更して試してみましょう.

入学前教育の課題と狙い

□ 課題

- この入学前教育を通して新しく理解できたことや興味を持てたことを、大学入試選抜の面接時に皆さんが述べた志望理由と関連させて、具体的に述べてください。
- 提出はA4のワードファイルで1ページ以上 (10.5または11ポイントのフォントサイズを選択すること) とします。

□ 狙い

- この入学前教育では、皆さんが興味を持っている宇宙情報分野でできることの(ほんの) 一部を紹介しています。大学では、こうした実習を通して、衛星データの解析方法や得られた結果の考察の仕方について学びます。論述では、入学前教育を通して、皆さんがこの分野を志望した理由をもう一步掘り下げて考えてください。

リモートセンシング



リモートセンシング

□ リモートセンシング (remote sensing)

- 「対象物に触れずに計測する技術」のこと
- 地球観測衛星: リモートセンシング技術を利用して地球を観測する人工衛星

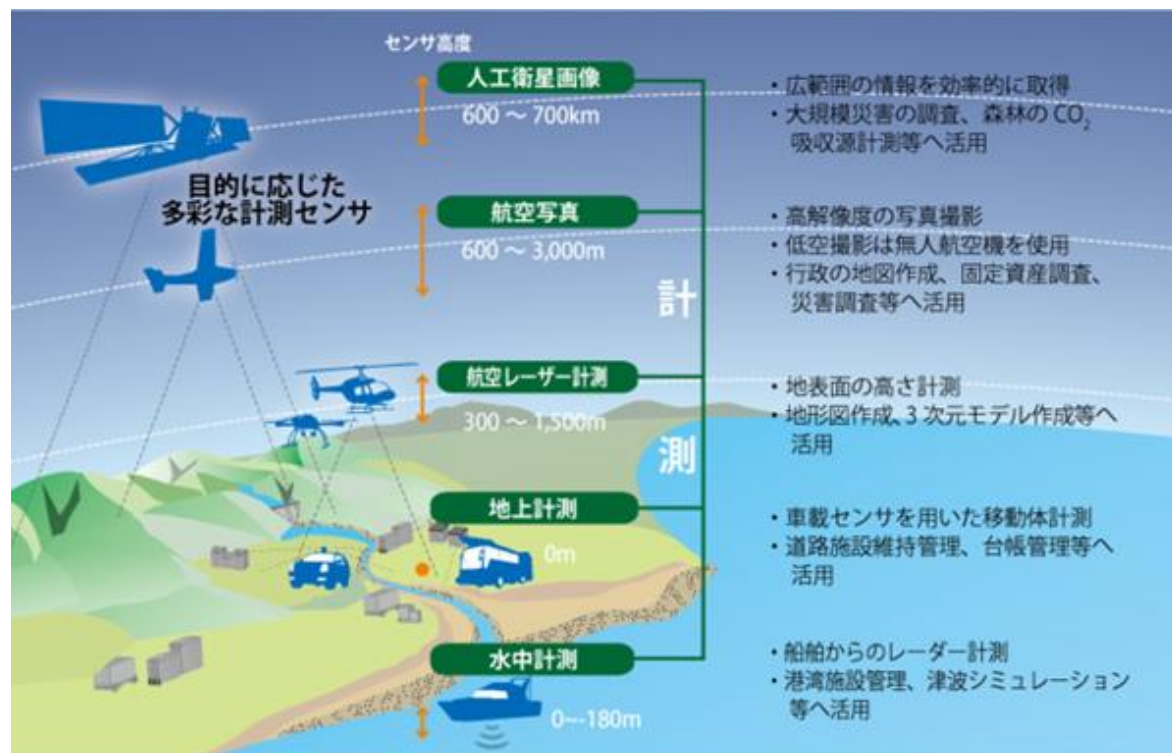
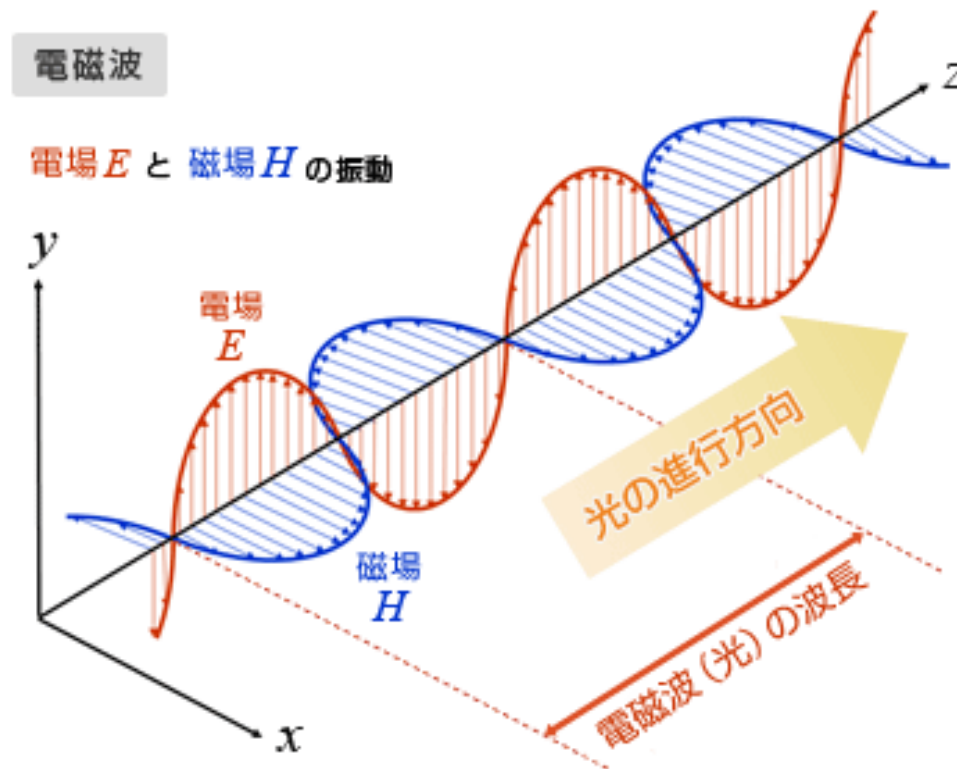


図 色々なリモートセンシング (出典 地球空間情報技術ミュージアム)

リモートセンシングの原理

□ 電磁波

- 空間の電場と磁場が互いに振動しながら空間を伝搬していく物理現象



リモートセンシングの原理

□ 電磁波の種類

ヒトの目で見えるのは、**可視光**だけ

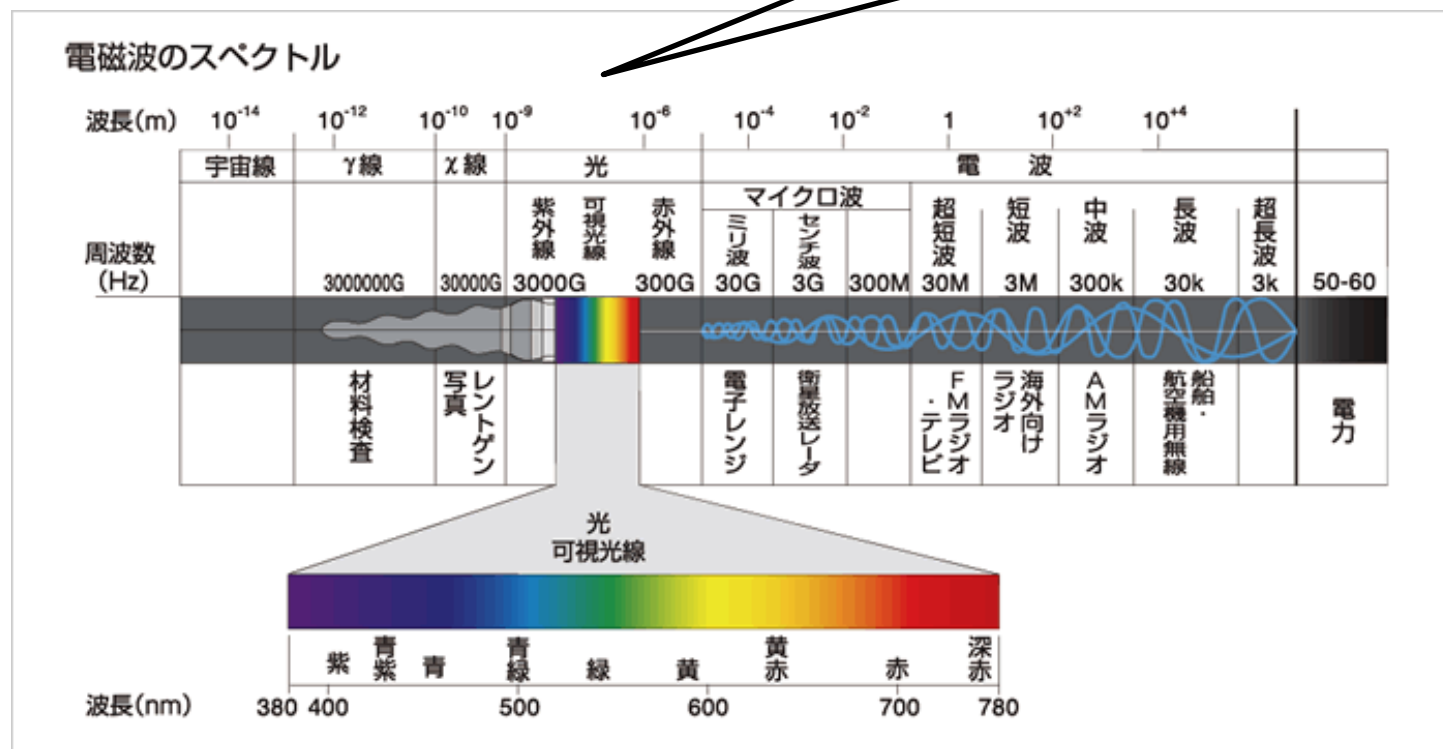


図 電磁波のスペクトル (出典 スガツネ工業)

リモートセンシングの原理

□ 電磁波スペクトル

- 「全ての物体」は、**物体の温度に応じた電磁波を放射**している。

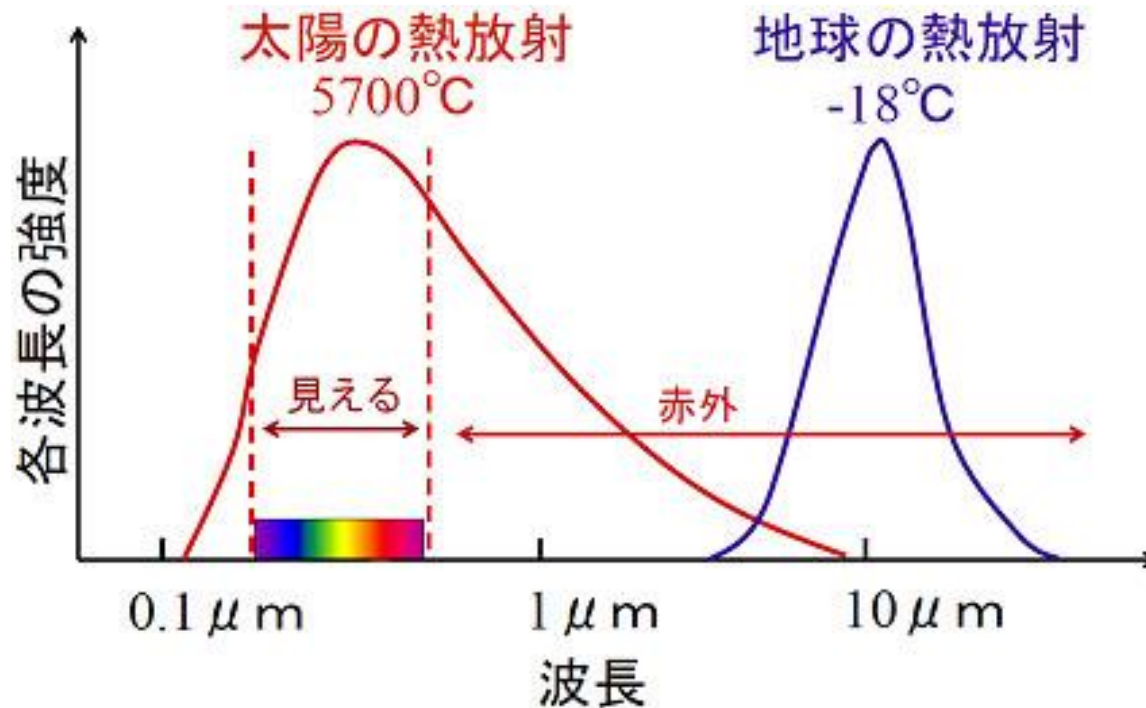


図 太陽と地球の電磁波スペクトル (出典 文部科学省)

リモートセンシングの原理

□ 電磁波スペクトルを観測すると...

- 太陽の熱放射や地球の熱放射のスペクトルは、地球の大気や雲、地面の性質等によって変化する。
- 地球の大気や雲、地面の性質を調べることができる。

分光放射照度 [$\text{Wm}^{-2}, \mu\text{m}^{-1}$]

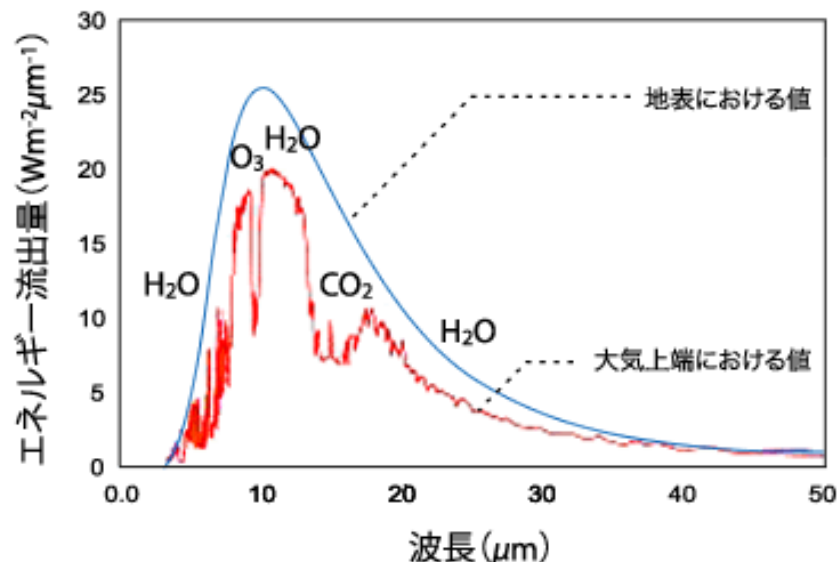
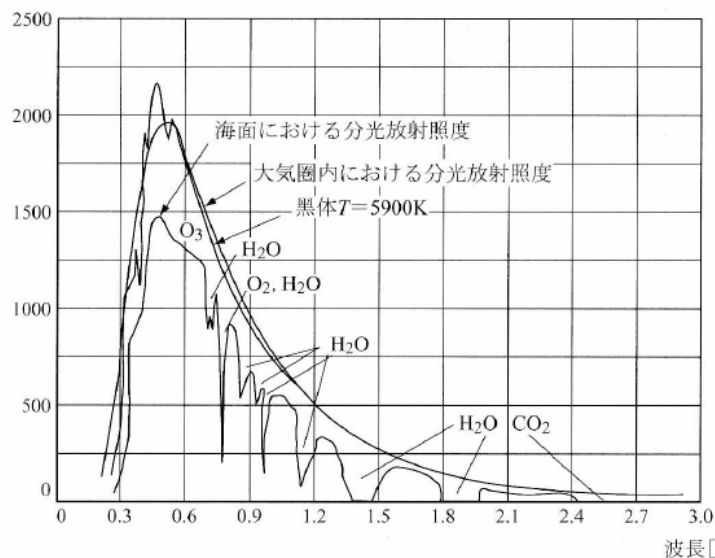
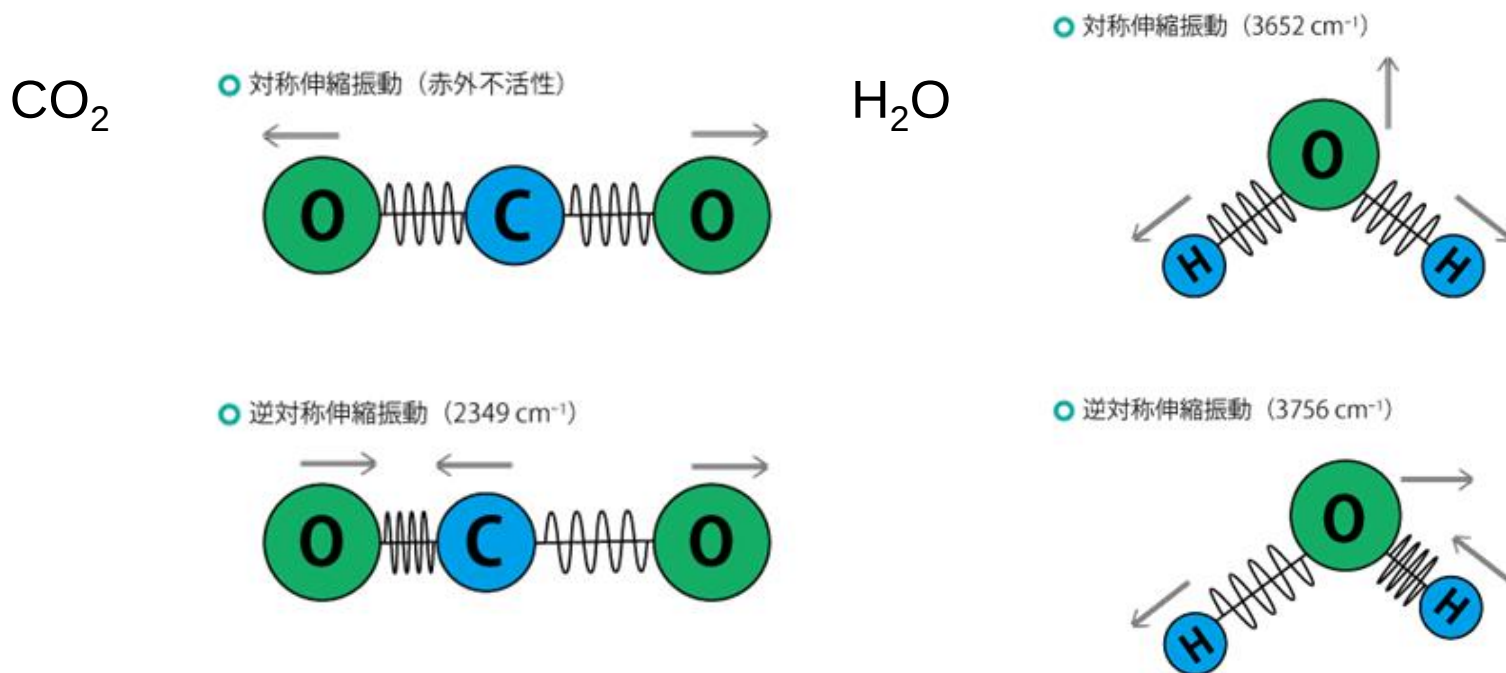


図 (左) 太陽の熱放射スペクトル (出典 独習リモートセンシング),
(右) 地球の熱放射スペクトル (出典 環境研)

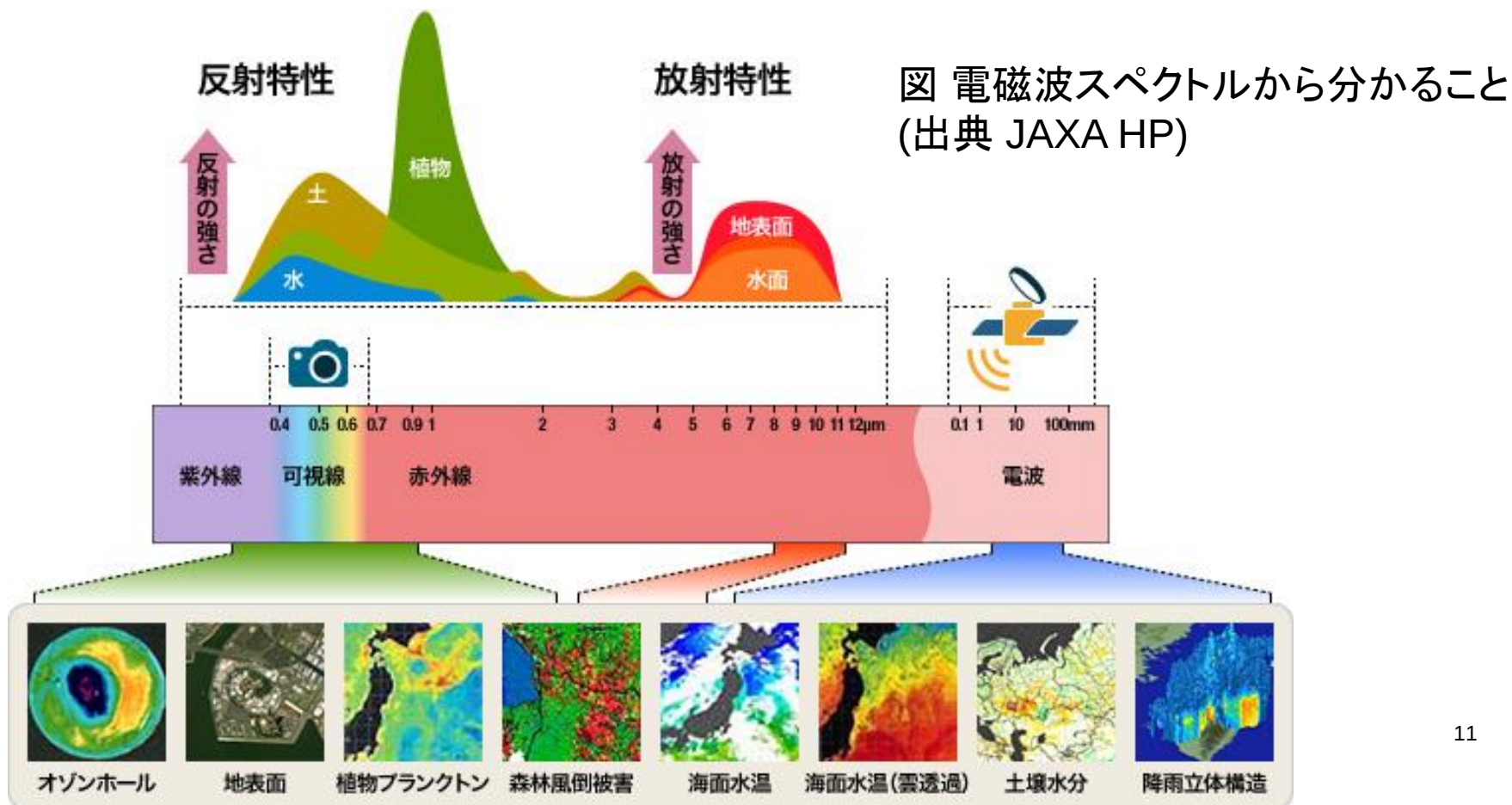
リモートセンシングの原理

- なぜ太陽や地球の熱放射スペクトルは変化するか？
- (特定波長の) 熱放射エネルギーが大気中の分子の運動に使われるため.
- ✓ 電子エネルギー, 振動エネルギー, 回転エネルギー



リモートセンシングの原理

□ 電磁波スペクトルから分かること



葉が緑なのも，リンゴが赤なのも・・・

$$\text{吸収率 (\%)} + \text{反射率 (\%)} = 100 (\%)$$

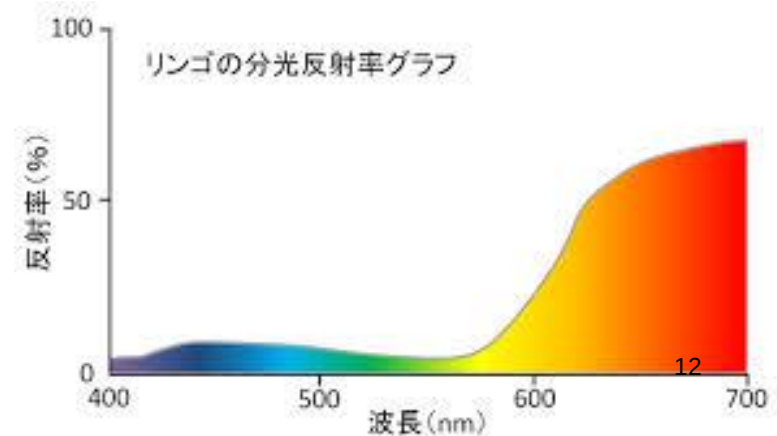
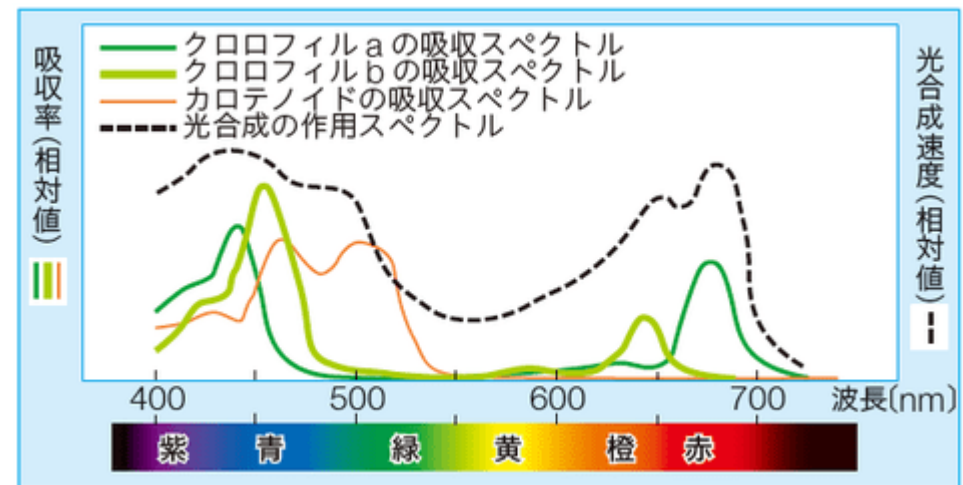


写真 (出典: Wikipedia)

図 (右上) おうちで学べる生物学バイオハック

図 (右下) 東大CoREF

Google Earth Engine



Google Earth Engine

□ Google Earth Engine (GEE) とは？

- 地球観測衛星のデータを用いた情報の可視化と分析ができる**クラウドベースの地理空間分析プラットフォーム**



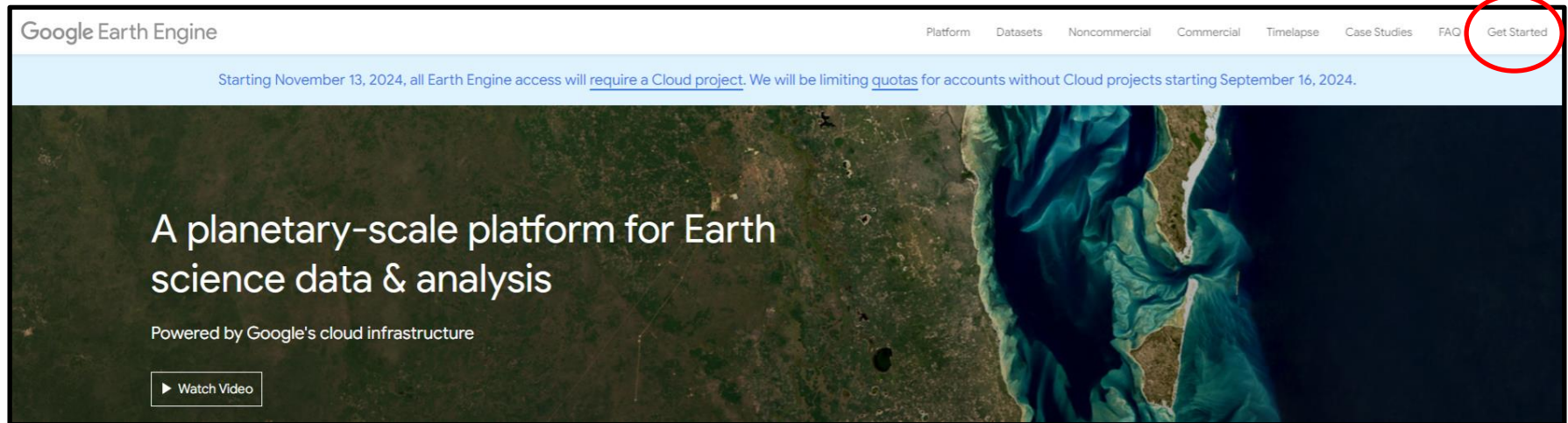
図 Google Earth Engineによる衛星データ解析の仕組み
(出典 <https://sorabatake.jp/337/>)

Google Earth Engineの使い方

□ 使い方

1. Google Chromeで「Google Earth Engine」を検索し表示する.
(<https://earthengine.google.com>)
2. 右上の「Get Started」をクリックする.

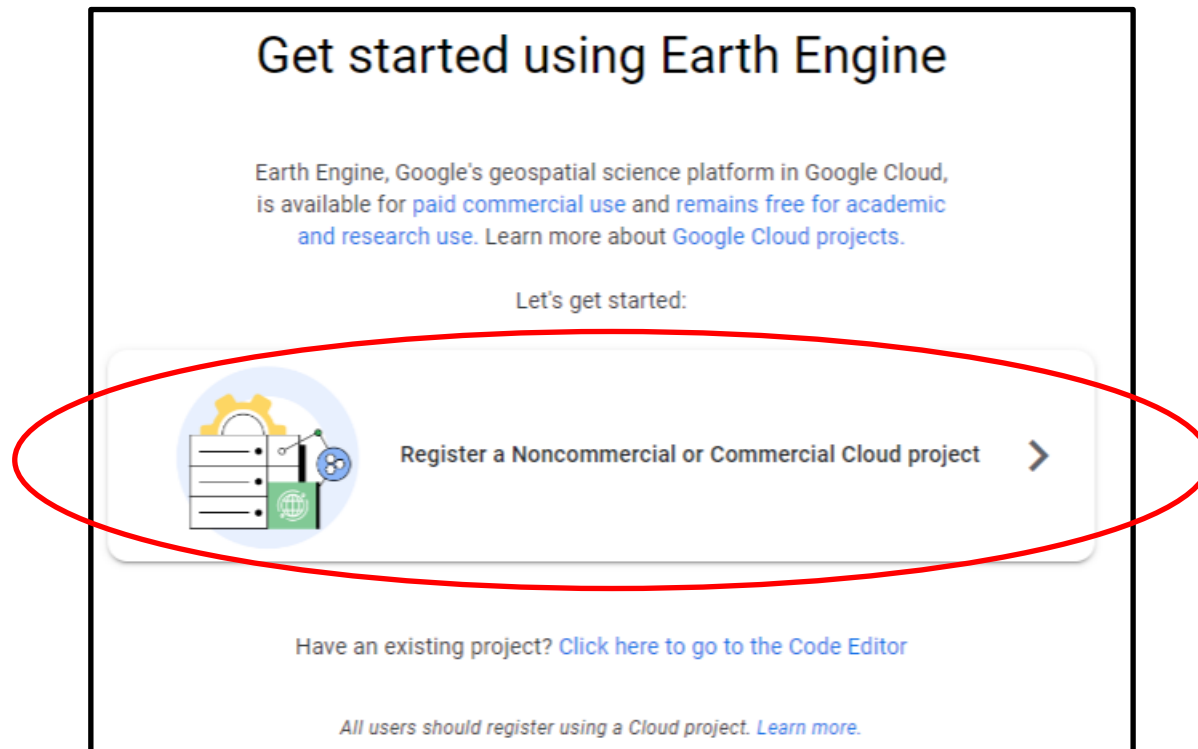
Get Started



3. Googleアカウントでログインする (Googleアカウントが必要).

Google Earth Engineの使い方

4. 「**Register a Noncommercial** (非営利目的) **or Commercial** (営利目的) **Cloud project**」をクリックする (Commercialは有料です).



Google Earth Engineの使い方

5. 「How do you want to use Earth Engine? (どういった目的で使いますか?)」には、「Unpaid usage (有料にならない目的で利用)」→「No affiliation (上記に該当しない)」を選択する。

How do you want to use Earth Engine?

☐ Paid usage
Commercial businesses, government operations. [See examples](#)

☒ Unpaid usage
Non-profits, education, government research, training, media. [See examples](#)

Project type*
No affiliation ▼

Please note: If you will be accessing Earth Engine as a customer of a Google Cloud Platform reseller, please contact your reseller for terms and pricing governing your use of Earth Engine.

BACK NEXT

Your information here is subject to [Google Cloud's Privacy Policy](#)

最後にNEXTをクリック

Google Earth Engineの使い方

6. 「**Create or choose a Cloud Project to register** (Cloud Projectを新規作成または既存のCloud Projectを選択)」には、「**Create a new Google Cloud Project** (Google Cloud Projectを新規作成)」を選択する.

Project-IDは, Google アカウントに紐づけされており, 変更できません.

Project Nameは分かりやすい名前に変更しても良いですが, このままで構いません.

Create or choose a Cloud Project to register

Create a new project in Google Cloud, or choose one you are authorized to access to enable the API:

☒ Create a new Google Cloud Project

Organization

Project-ID*
ee-satotakaohiu1888021

Choose a unique ID. This cannot be changed later.

Project Name (optional)
Earth Engine Default Project

Choose a name to help you identify the Cloud Project.

☐ Choose an existing Google Cloud Project

BACK CONTINUE TO SUMMARY

最後にCONTINUE TO SUMMARYをクリック

Google Earth Engineの使い方

7. 下記のようなGoogle Cloudのページが表示される。「Googleアカウントの確認」, 「Country (Japan)」, 「Terms of Service (利用規約)」, 「Email updates (利用規約に変更等があった時にメールで連絡が欲しいか)」を確認して, 必要に応じてチェックを入れる.

自分のGoogleアカウント
になっているか確認

Japan (日本) を選択

利用規約を読んでチェッ
クを入れる

必要ならチェックを入れる



Google Cloud

Welcome 佐藤隆雄!

Create and manage your Google Cloud instances, disks, networks, and other resources in one place.

隆雄 佐藤隆雄 [SWITCH ACCOUNT](#)

Country

Japan

Terms of Service

☒ I agree to the [Google Cloud Platform Terms of Service](#), and the terms of service of [any applicable services and APIs](#).

Email updates

☐ I would like to receive periodic emails on news, product updates and special offers from Google Cloud and Google Cloud Partners.

[AGREE AND CONTINUE](#)

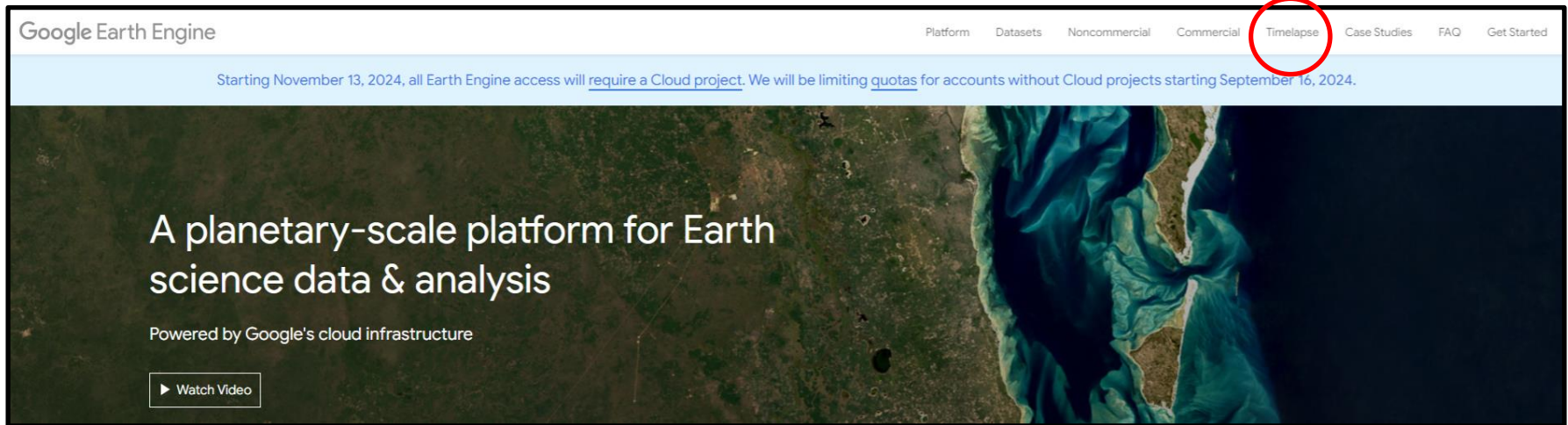
最後にAGREE
AND CONTINUE
をクリック

Google Earth Engineの使い方

□ Google Earth Timelapse

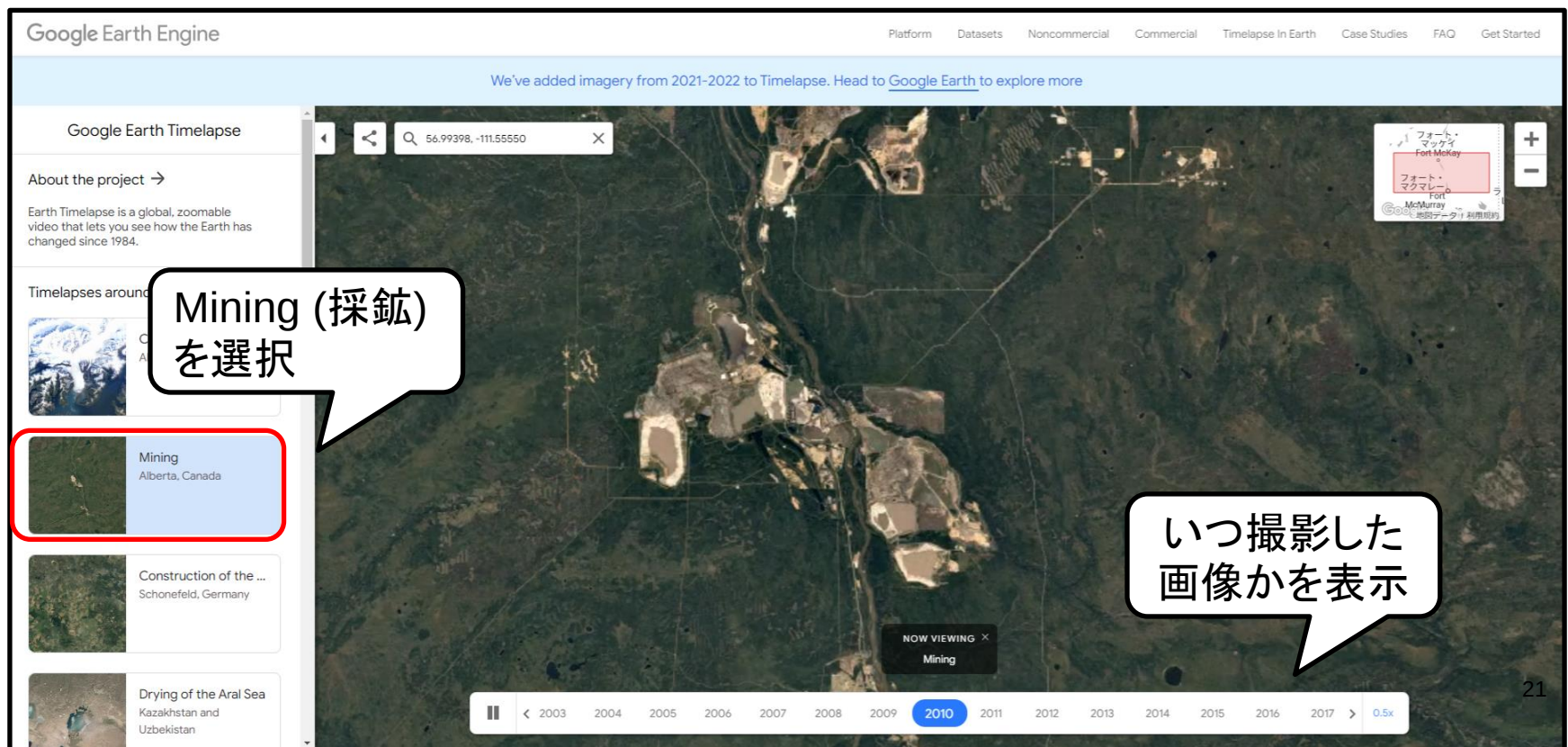
- 色々な地域の衛星画像を基にした時系列画像を見ることができる。

Timelapse



Google Earth Engineの使い方

- 左の「Timelapses around the world (世界のタイムラプス)」で「Mining (採鉱)」を選択すると、衛星画像のアニメーションを表示できる (他も同様).



Google Earth Engineの使い方

□ Code Editor

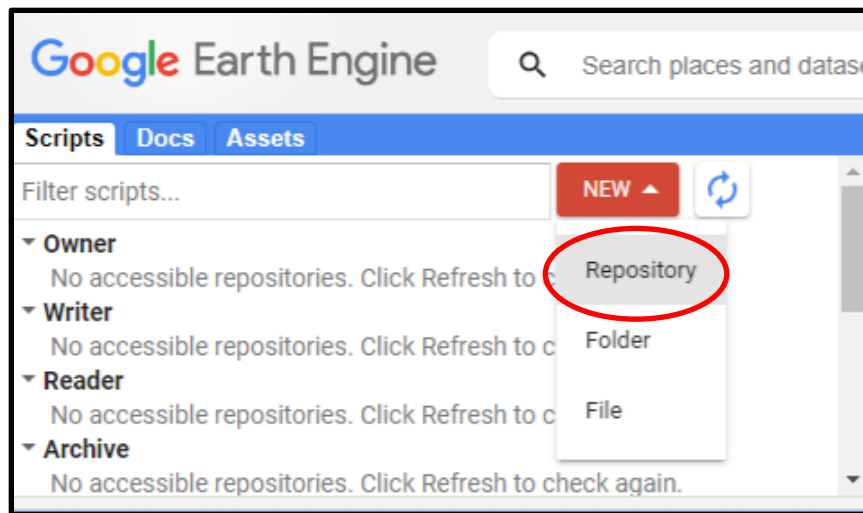
1. 「Platform」→「Code Editor」の順にクリックする。

The screenshot shows the Google Earth Engine Code Editor interface. The main map displays North America. Several red boxes highlight key features:

- Scripts**: A box on the left sidebar highlights the 'Scripts' tab and the 'NEW' button.
- Inspector**: A box on the right sidebar highlights the 'Inspector' tab.
- Console**: A box on the right sidebar highlights the 'Console' tab, which displays a welcome message: 'Welcome to Earth Engine! Please use the help menu above (?) to learn more about how to use Earth Engine, or visit our help page for support.'
- Script Editor**: A box in the center highlights the main script editor area, which contains the text: 'スクリプトを編集 & 実行 言語はJavaScript'.
- Directories**: A box on the left highlights the 'Scripts' tab and the 'NEW' button, with the text: 'スクリプトを保存するディレクトリやサンプルなど'.
- Results**: A box on the right highlights the 'Inspector' tab, with the text: '結果が表示される画面'.

Google Earth Engineの使い方

2. 「NEW」の▼ボタン → 「Repository (保管場所)」の順にクリックする.
3. 「New repository」でrepositoryの名前 (HIU2024) を入力し, 「CREATE」をクリックする.



実習1



Sentinel 2号



□ Sentinel 2号

- 欧州委員会のコペルニクス地球観測プログラムの1つとしてESAが開発・運用している地球観測衛星
- 可視, 近赤外における高分解能画像を提供
- 2015年6月23日に打ち上げ (2A)
- 2017年3月7日に打ち上げ (2B)
- 観測幅: 290 km × 290 km
- 観測センサ
 - MSI (Multispectral Imager)

センチネル-2バンド	中心波長(μm)	解像度(m)
バンド1 沿岸のエアロゾル	0.443	60
バンド2 青	0.490	10
バンド3 緑	0.560	10
バンド4 赤	0.665	10
バンド5 植生のレッドエッジ	0.705	20
バンド6 植生のレッドエッジ	0.740	20
バンド7 植生のレッドエッジ	0.783	20
バンド8 近赤外	0.842	10
バンド8A 植生のレッドエッジ	0.865	20
バンド9 水蒸気	0.945	60
バンド10 短波長赤外-巻雲	1.375	60
バンド11 短波長赤外	1.610	20
バンド12 短波長赤外	2.190	20

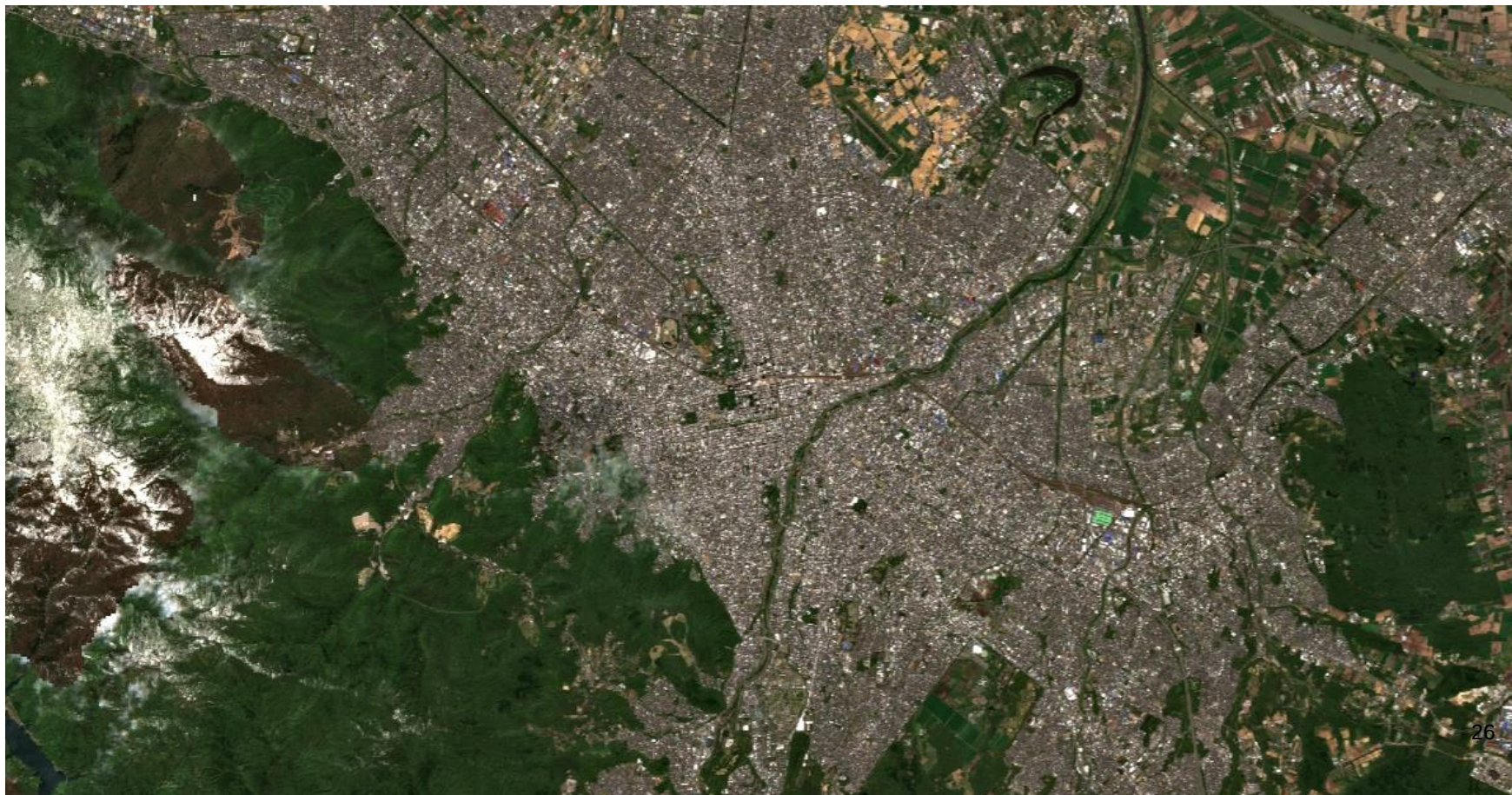
イラスト Sentinel 2号 (出典 ESA)

表 Sentinel 2号の観測波長 (出典 Wikipedia)

True color画像

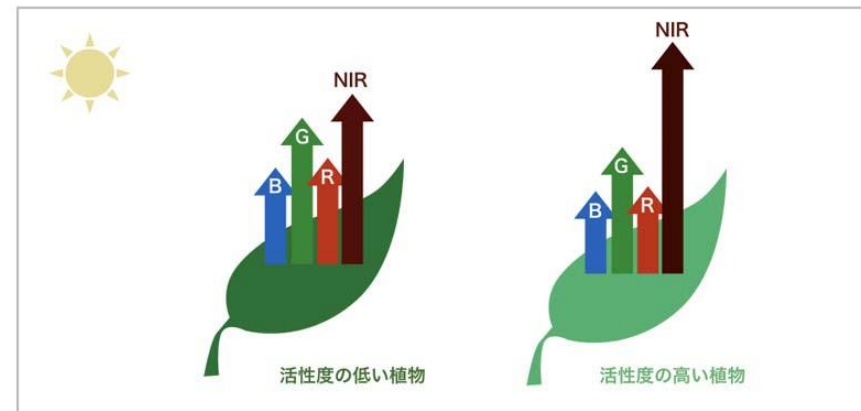
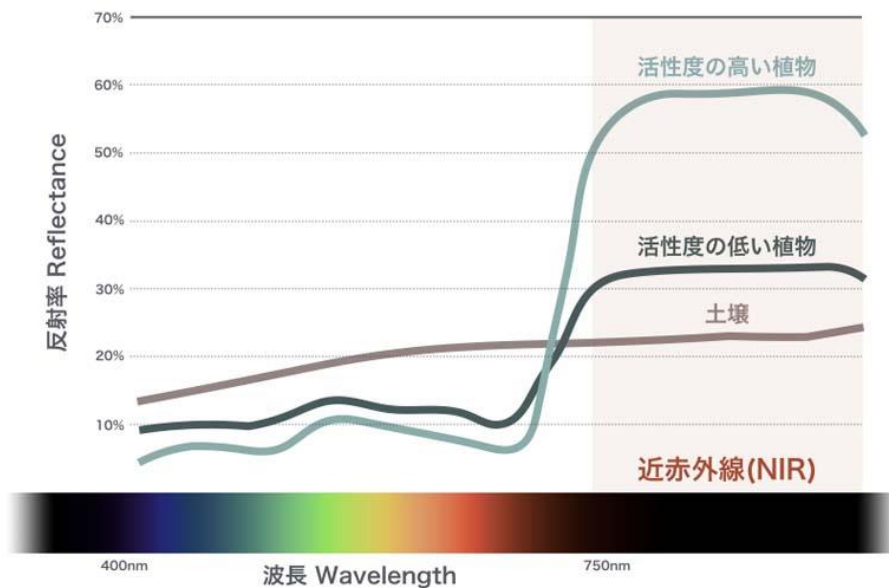
2024年5月に取得された画像
像を利用して作成

□ True color画像 (人の目の配色と同じように表現するカラー画像)



NDVI

- **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index; 正規化植生指数)
 - NDVIとは、植物による光の反射特性を利用して**植生の状況を把握することを目的に考案された指標**である。
 - NDVIは、-1から1の間に正規化された数値となり、植物の量が多い、または活力が高いほど、NDVIの値が大きくなる。



Normalized Difference Vegetation Index
正規化植生指標

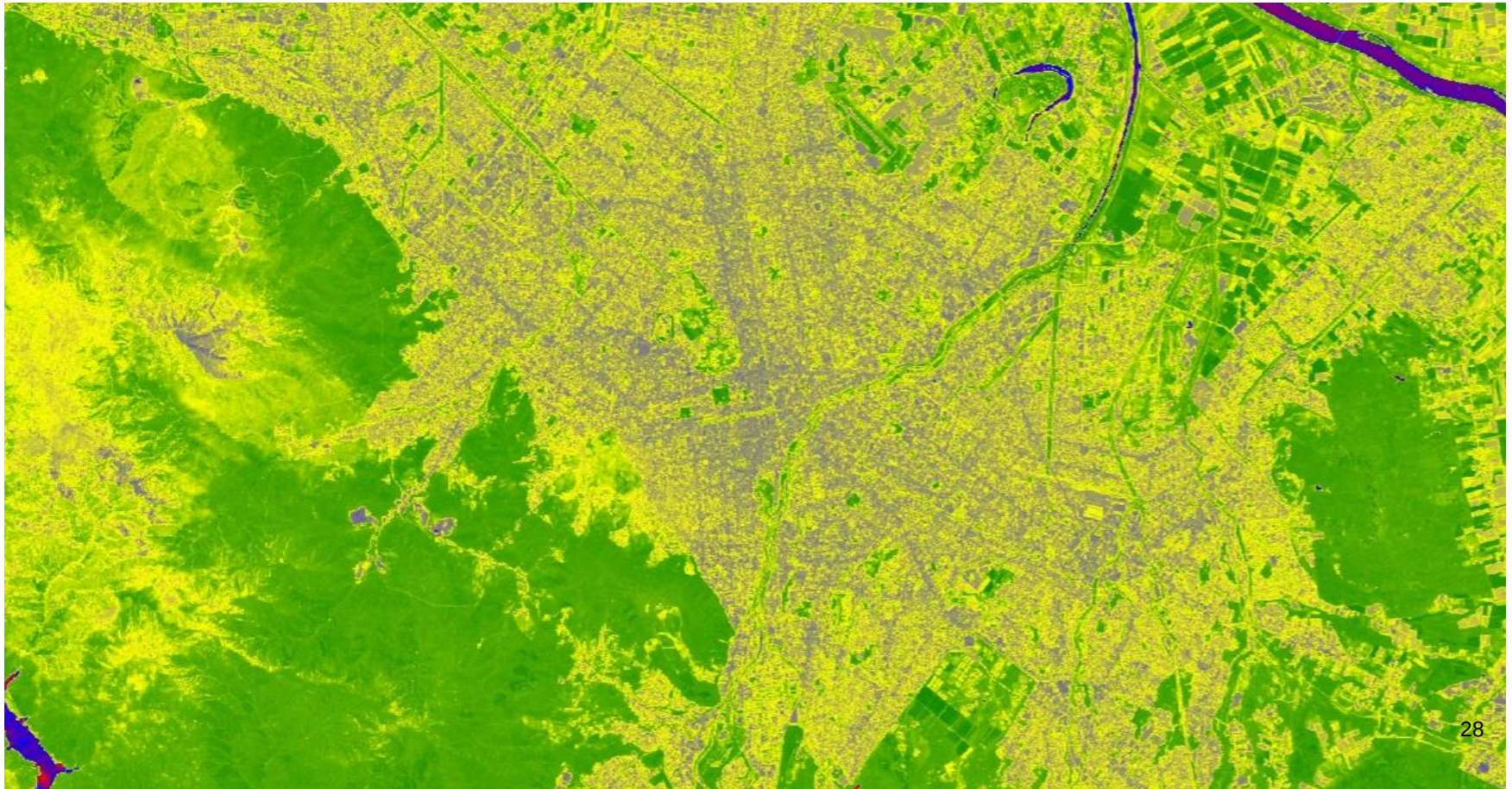
$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

(-1 ~ 1)

NDVI画像

2024年5月に取得された画像
像を利用して作成

- NDVI画像 (NDVI値は, 赤, 青, 黄, 緑の順で高くなるように着色)



実習1

□ 実習1の手順 (スクリプトを自分の環境に保存する)

1. Google Chromeで以下のリンクを表示する。

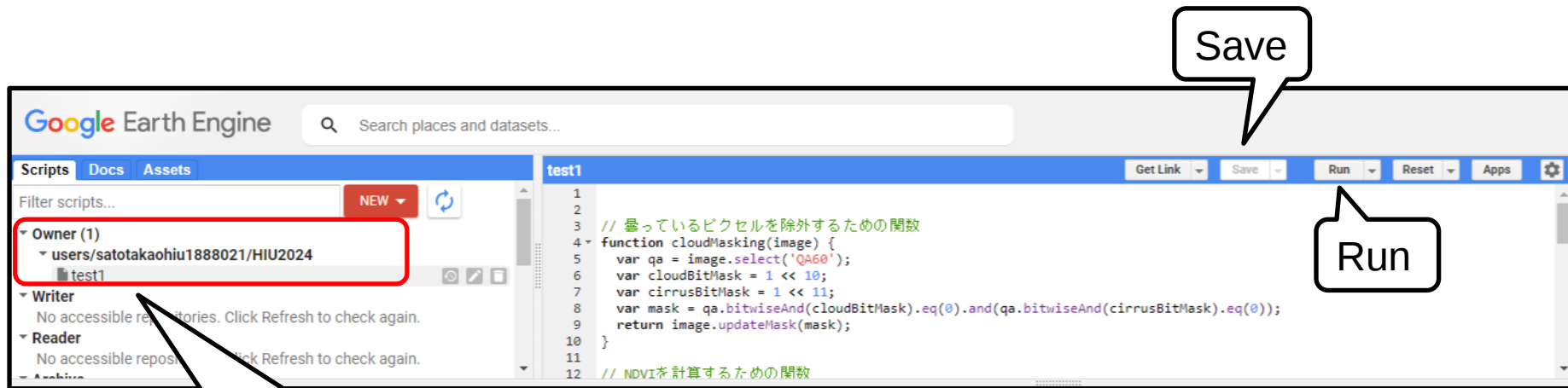
<https://code.earthengine.google.com/f3bc8214721fb13f7f5ce276a2eee931?noload=true>

2. スクリプトの1行目を消して「Save」をクリックし、ファイル名「test1」を付けて保存する。



実習1

3. 「Run」をクリックして実行する.
- ✓ スクリプトを変更したら, 「Save」をクリックして上書き保存する.



作成したrepository (HIU2024)の下にファイル (test1) が作成されれば手順通りです.

実習1

□ 練習問題

1. 日付を変えてみよう.

- (22行目) `var start = ee.Date('2024-05-01');`
- (24行目) `var finish = ee.Date('2024-06-01');`
- 赤字の2か所を変更して保存し、実行してみよう.

2. 領域を変えてみよう.

- (26行目) `var lon = 141.354;`
- (28行目) `var end = 43.062;`
- 赤字の2か所を変更して保存し、実行してみよう.

実習2



コロナ対策で地球環境が改善？

□ 二酸化窒素 (NO_2)

- 自動車, 航空機の排ガスや工場の排煙等に起因した大気汚染物質
- 大気中での寿命は短い (~半日).
- ✓ 二酸化炭素 (CO_2) や微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) も減少した.

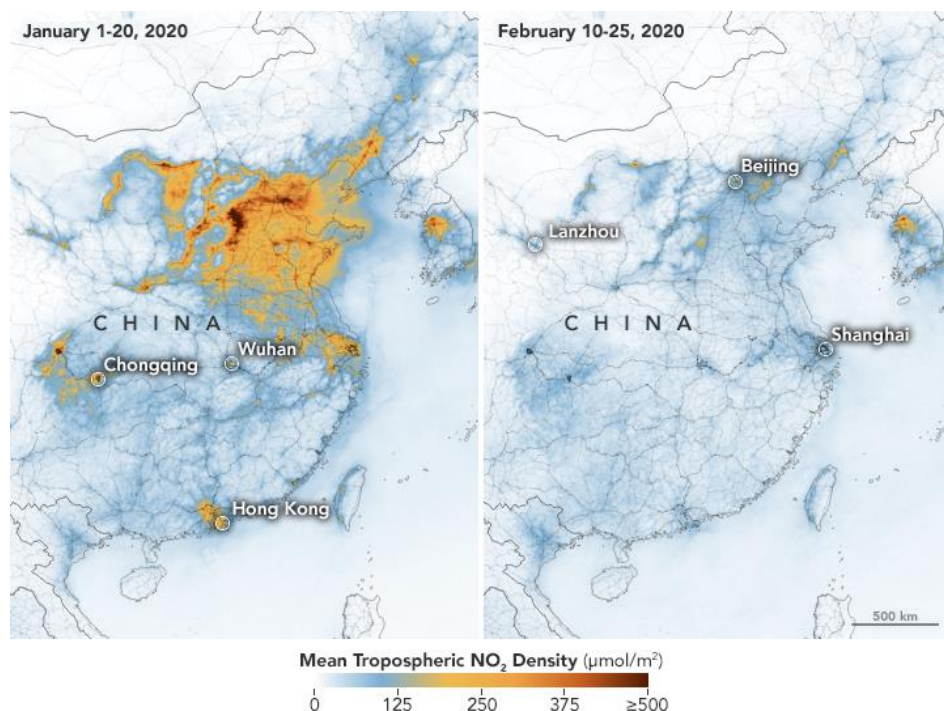


図 対流圏における NO_2 濃度 (NASA), 写真 数十年ぶりに見えたヒマラヤ山脈 (200 km離れたインドのパンジャブ州から望む) (CNN).

Sentinel-5P

□ Sentinel-5P (Precursor)

- 欧州委員会のコペルニクス地球観測プログラムの1つとしてESAが開発・運用している地球観測衛星
- 紫外波長～近赤外波長の分光観測により、大気汚染物質 (NO₂, O₃, ホルムアルデヒド, SO₂, CH₄, CO等) のモニタリングを行う。
- 2017年10月13日に打ち上げ
- 観測幅: 2,600 km
- 観測センサ
 - TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument)

イラスト Sentinel-5P (出典 ESA)

表 Sentinel-5Pの観測波長 (出典 ESA)

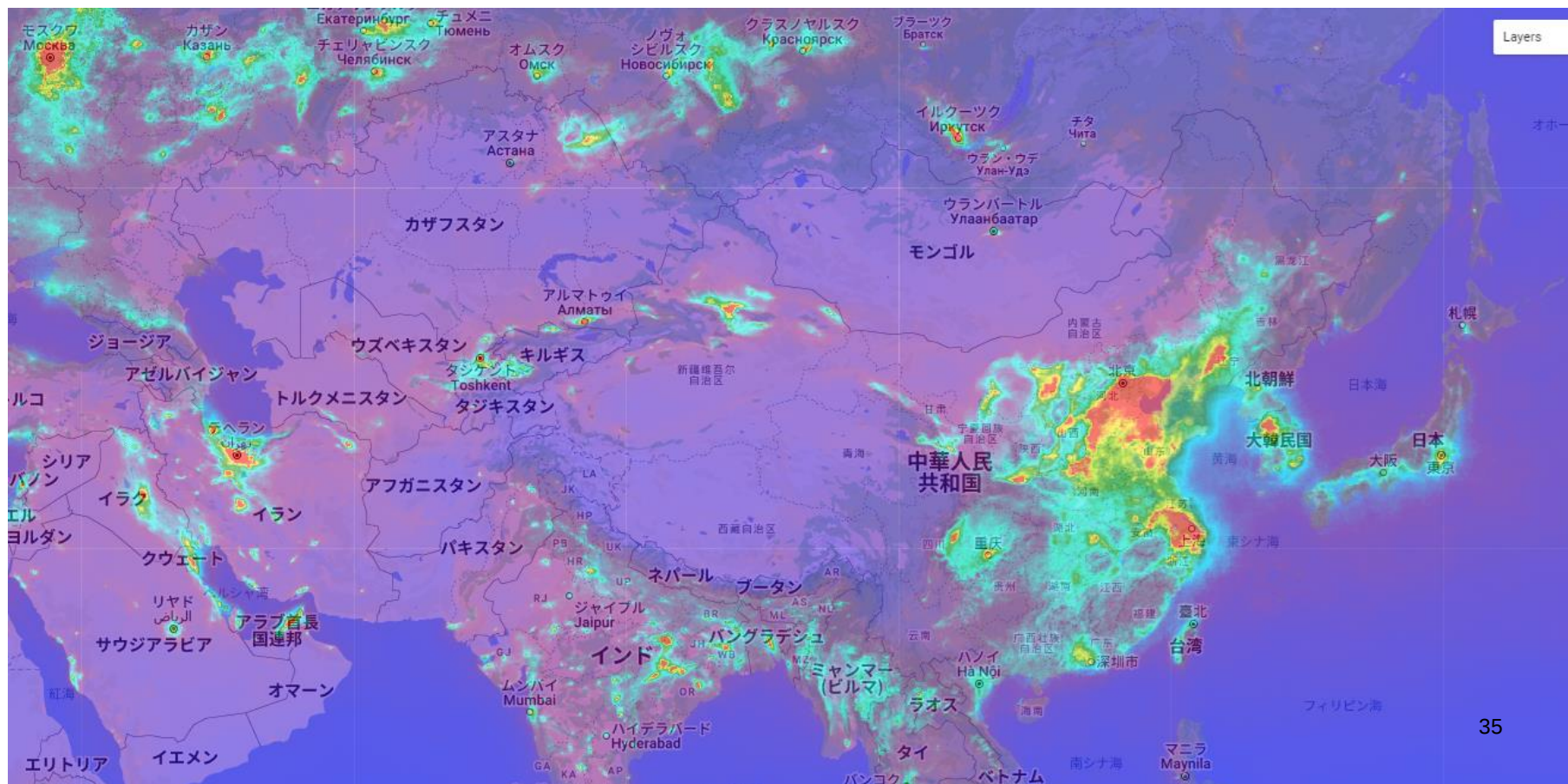


スペクトルバンド	波長帯 (nm)	解像度 (km)
UV1	270-300	21 × 28
UV2	300-320	7 × 7
UVIS	310-405	7 × 7
VIS	405-500	7 × 7
NIR1	675-725	7 × 7
NIR2	725-775	7 × 1.8
SWIR	2305-2385	7 × 7 ³⁴

NO₂濃度マップ

2024年3月に取得された
データを利用して作成

□ NO₂濃度が高い地域の共通点は？



実習2

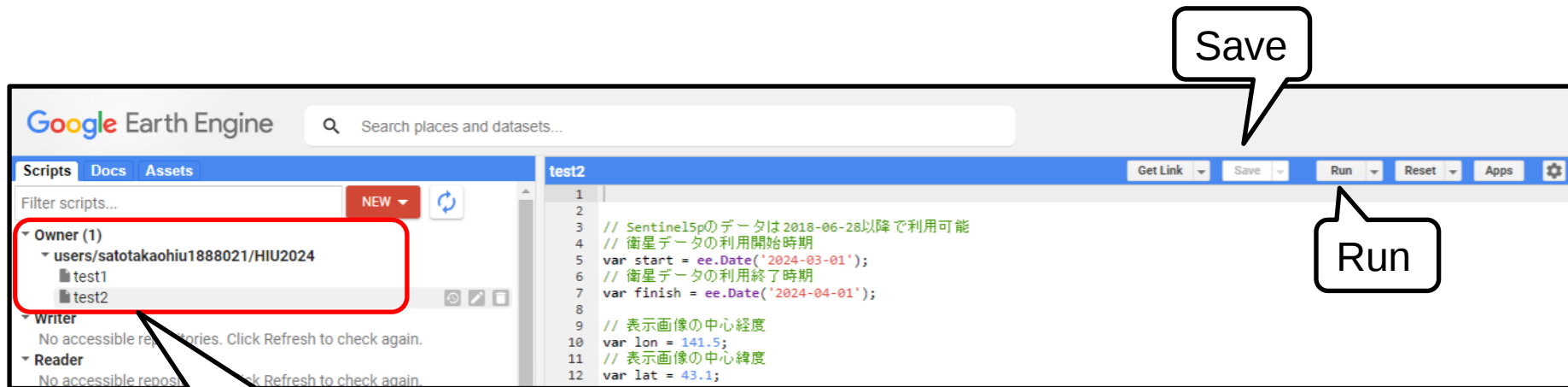
□ 実習2の手順 (スクリプトを自分の環境に保存する)

1. Google Chromeで以下のリンクを表示する.
<https://code.earthengine.google.com/5a933827b9f4ad5ad2adbaa3a573f6ad?noload=true>
2. スクリプトの1行目を消して「Save」をクリックし、ファイル名「test2」を付けて保存する.



実習2

3. 「Run」をクリックして実行する.
- ✓ スクリプトを変更したら, 「Save」をクリックして上書き保存する.



作成したrepository (HIU2024)
の下にファイル (test2) が作成
されれば手順通りです.

実習2

□ 練習問題

1. 日付を変えてみよう.

- (5行目) `var start = ee.Date('2024-03-01');`
- (7行目) `var finish = ee.Date('2024-04-01');`
- 赤字の2か所を変更して保存し、実行してみよう.

2. 領域を変えてみよう.

- (10行目) `var lon = 141.5;`
- (12行目) `var end = 43.1;`
- 赤字の2か所を変更して保存し、実行してみよう.

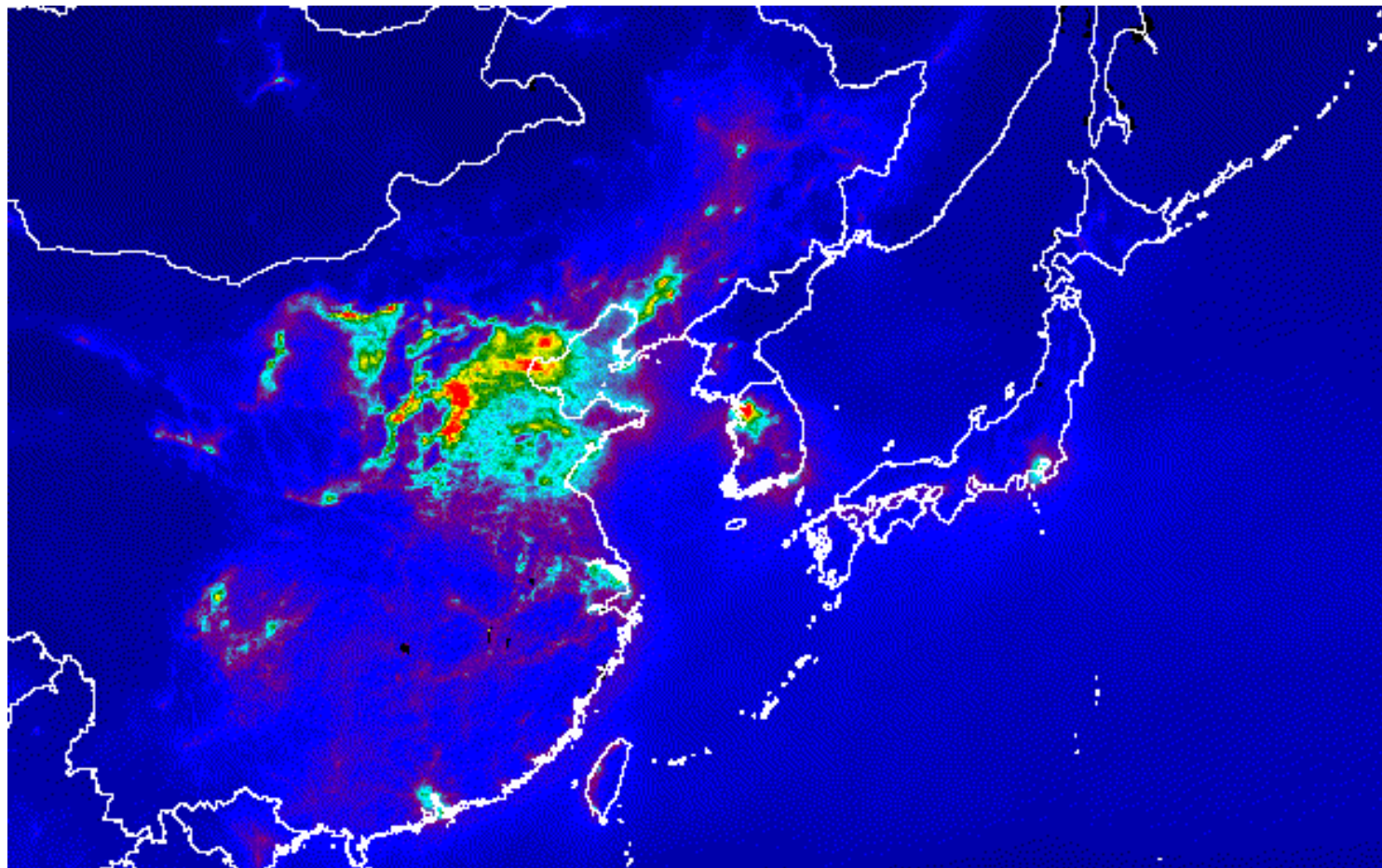
実習3



NO₂濃度の動画

2022年1月～12月の月平均
データを動画で表示

- NO₂濃度には季節変化がある。冬に増える理由は？



実習3

□ 実習3の手順 (スクリプトを自分の環境に保存する)

1. Google Chromeで以下のリンクを表示する.
<https://code.earthengine.google.com/f44ae36197c5e1eab4e9ce2d5efad6a2?noload=true>
2. スクリプトの1行目を消して「Save」をクリックし、ファイル名「test3」を付けて保存する.



実習3

3. 「Run」をクリックして実行する.
- ✓ スクリプトを変更したら、「Save」をクリックして上書き保存する.



作成したrepository (HIU2024)の下にファイル (test3) が作成されれば手順通りです.

実習3

□ 練習問題

1. 日付を変えてみよう.

- (9行目) `.filterDate('2023-01-01', '2024-01-01');`
- 赤字の2か所 (年のみ) を変更して保存し, 実行してみよう (スクリプトの設定上, 1年分しか表示できません).

2. 領域を変えてみよう.

- (41-42行目) var regionAoi = ee.Geometry.Rectangle({
coords: [95.0, 20.0, 155.0, 50.0], geodesic: false});
- 赤字の緯度経度範囲 (緯度: 20N-50N, 経度: 95E-155E) を変更して保存し、実行してみよう。

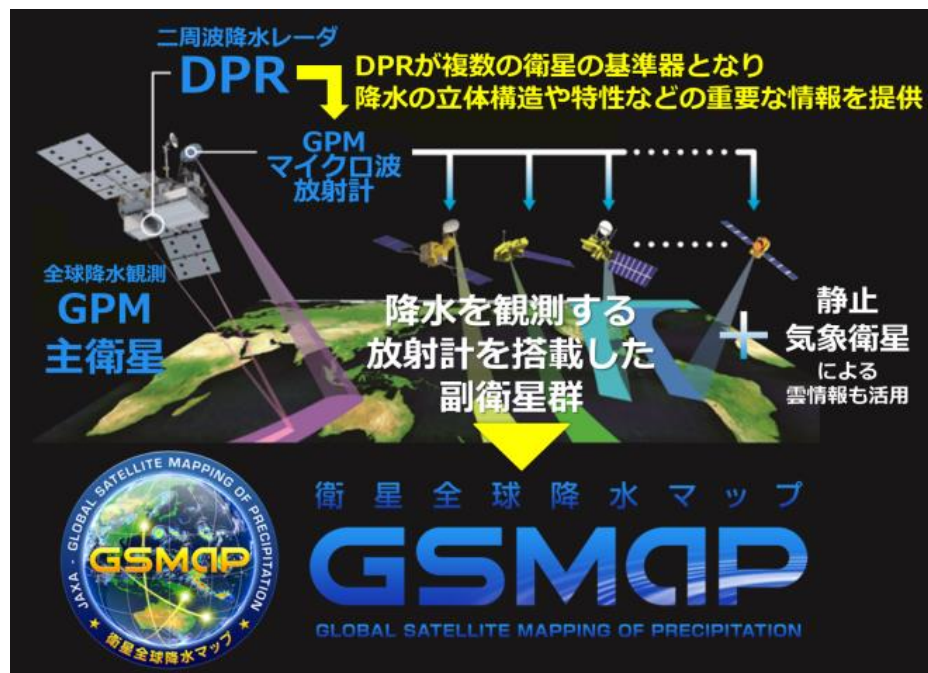
実習4



衛星全球降水マップ (GSMP)

□ 衛星全球降水マップ (GSMP)

- 全球降水観測 (GPM) 計画の下, 複数の衛星データを組み合わせで開発した **世界の雨分布マップ**
- 空間分解能: 緯度経度 0.1° 格子 (赤道で約11km格子), 時間分解能: 1時間
- 提供する物理量: 降雨強度 (mm/hour)



ブラウザ版

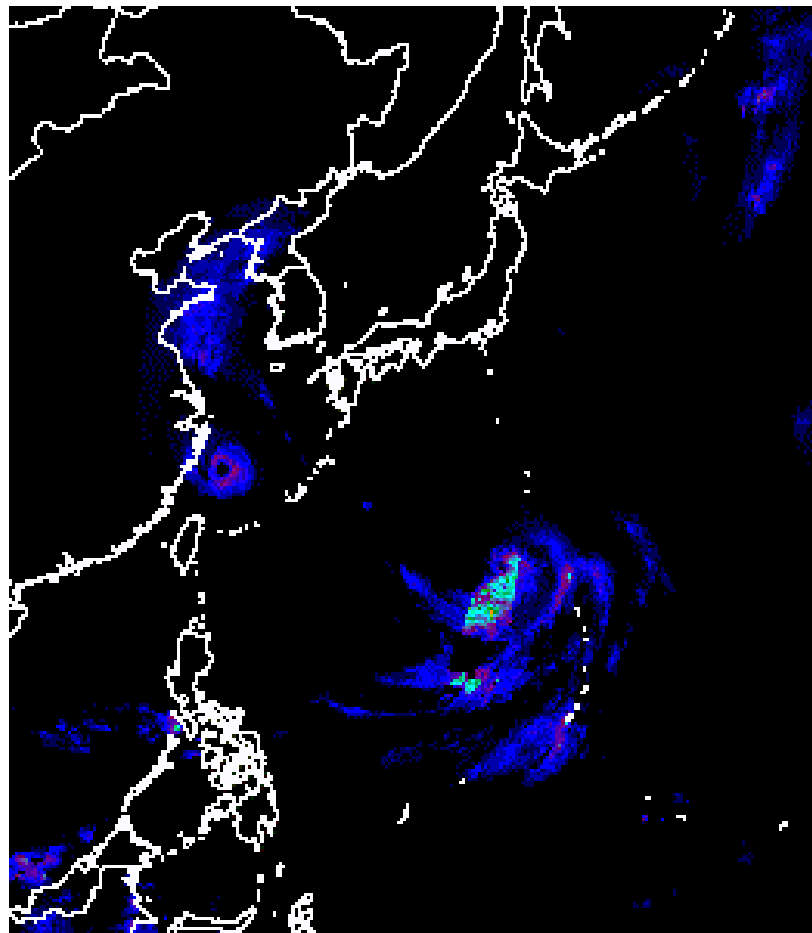
https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMP/index_j.htm

図 GSMPのイメージ
(出典

https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMP/guide_j.html)

降水マップの動画

□ GSMaPのデータを使った降水マップの動画



令和4年台風14号 (ナンマドル) の
誕生 (9月14日) から消滅 (9月20日) まで

上陸時 (直前) の中心気圧が低い台風順位
で, 歴代4位 (935 hPa)

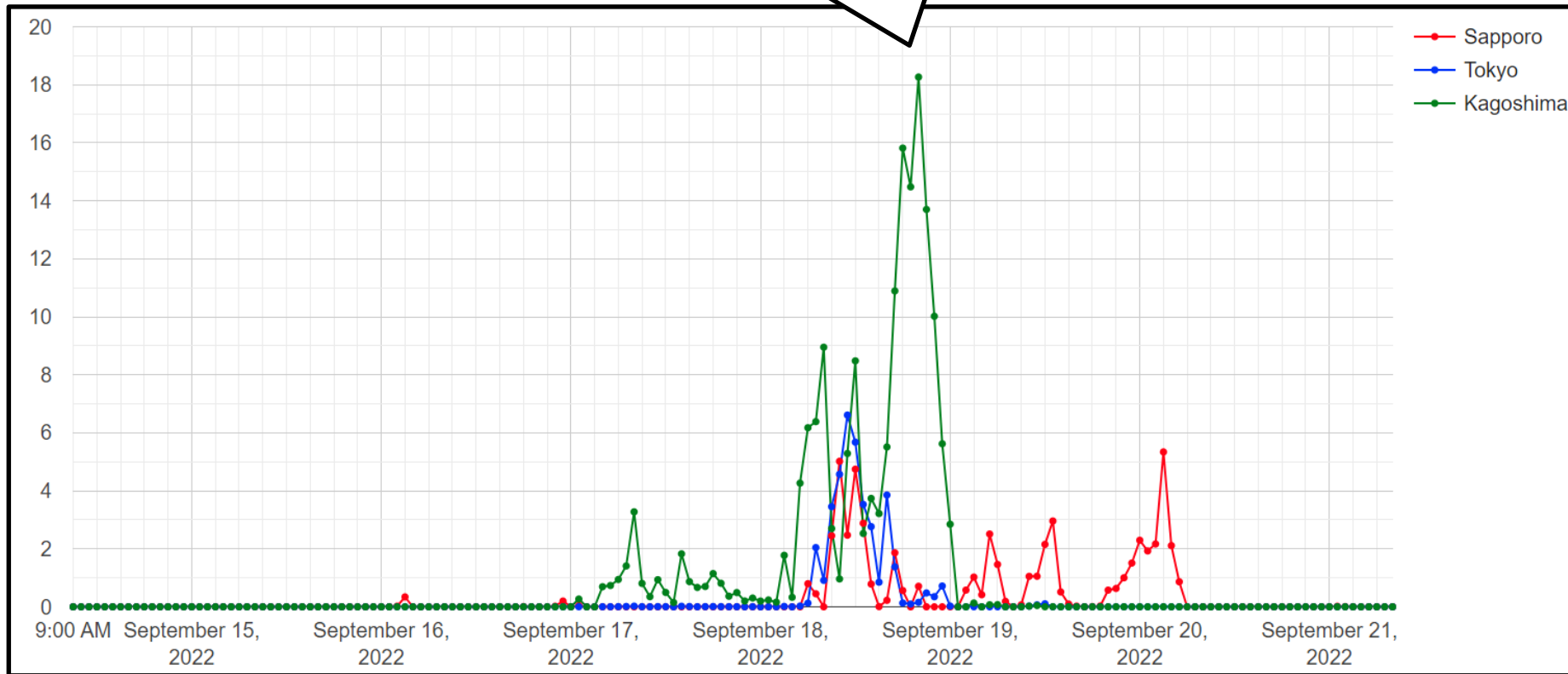
1位 第2室戸台風 (1961年)

2位 伊勢湾台風 (1959年)

3位 平成5年台風13号 (1993年)

発展： 降水量のグラフ

9月18日19時に鹿児島市付近に上陸



実習4

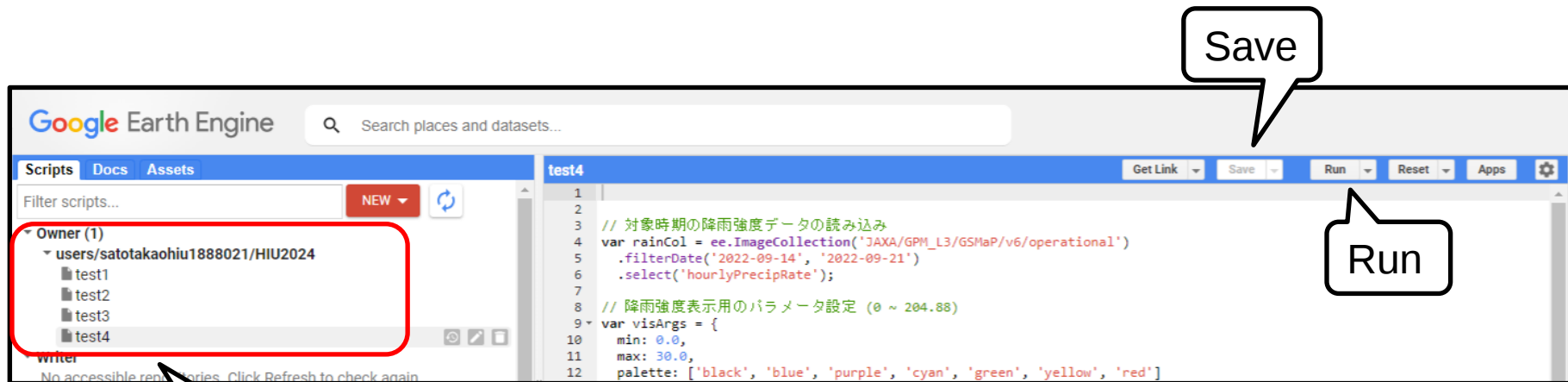
□ 実習4の手順 (スクリプトを自分の環境に保存する)

1. Google Chromeで以下のリンクを表示する。
<https://code.earthengine.google.com/0550e76addc6651d990c1bcb09e43b39?noload=true>
2. スクリプトの1行目を消して「Save」をクリックし、ファイル名「test4」を付けて保存する。

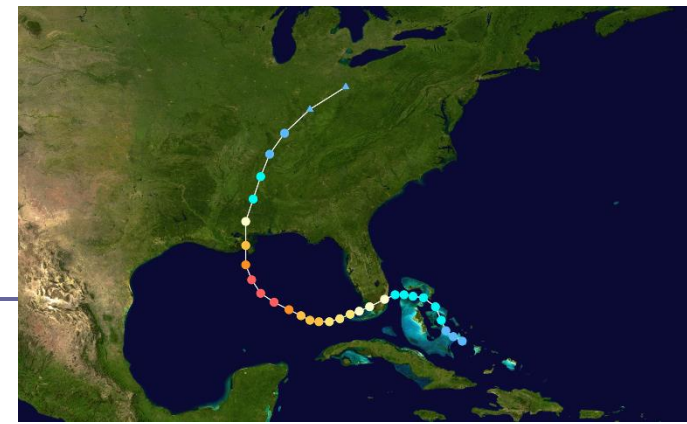


実習4

3. 「Run」をクリックして実行する.
- ✓ スクリプトを変更したら、「Save」をクリックして上書き保存する.



作成したrepository (HIU2024)
の下にファイル (test4) が作成
できれば手順通りです.



実習4

□ 練習問題

- **ハリケーン・カトリーナ** (2005年) の誕生 (8月23日) から消滅 (8月31日) までをアニメーションにしてみよう.
- ✓ 日付を変更する.
 - (5行目) `.filterDate('2022-09-04', '2022-09-21');`
 - 赤字の2か所を2005年8月23日と2005年9月1日に変更する.
- ✓ 領域を変更する.
 - (24-25行目) `var regionAoi = ee.Geometry.Rectangle({`
`coords: [110.0, 0.0, 160.0, 50.0], geodesic: false});`
 - 赤字の緯度経度範囲を緯度 (0N-50N), 経度 (110W-60W) に変更する.
- 上記の2つが出来たら, 実行する.

おわり

Planet labs Inc.のSkySat衛星が撮影した
米東海岸のとある街 (空間分解能: 0.8m)

