

# 衛星リモートセンシング・データ解析 ~ENVI入門~

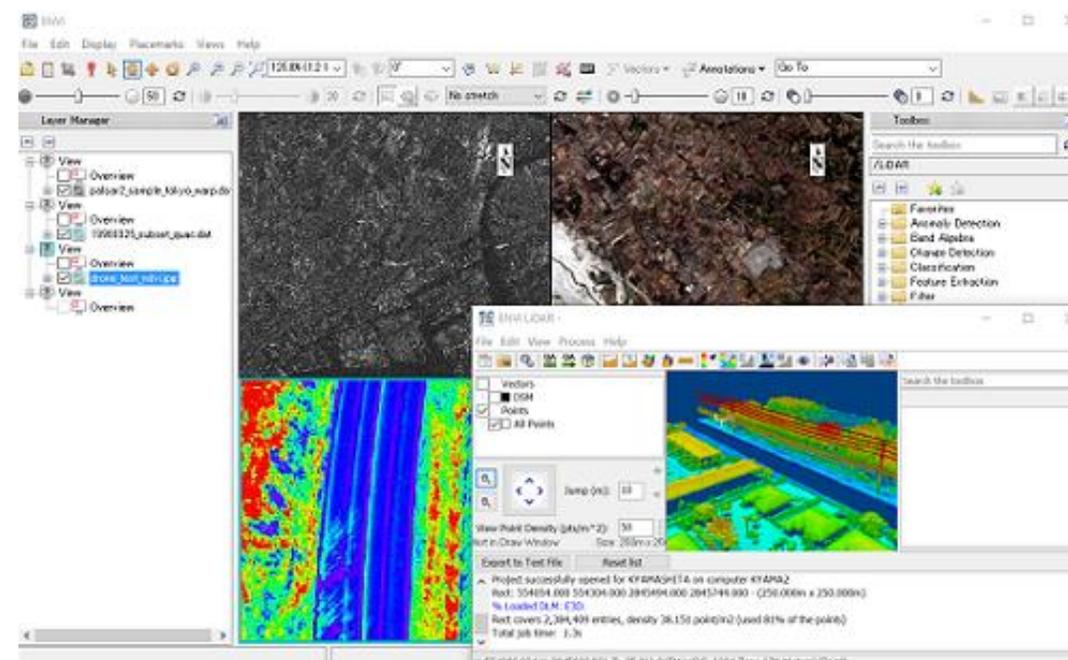
NV5 Geospatial 株式会社

N|V|5

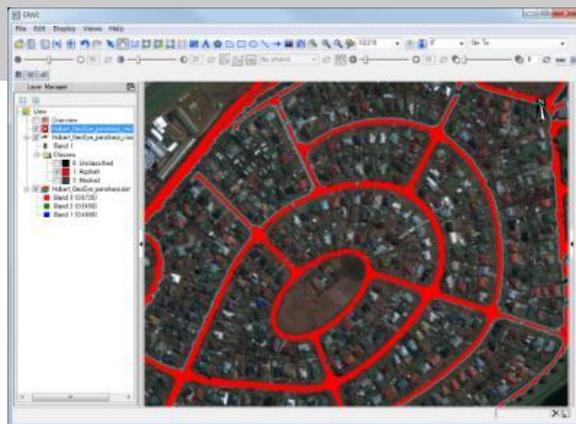
# ENVIについて

## ENVI: **EN**vironmental for **V**isualizing **I**mages

- ✓ ユーザフレンドリーなインターフェース
- ✓ 空間データの処理と解析をするソフトウェア
- ✓ 快適なハイパースペクトルの解析処理
- ✓ 大容量データのハンドリング
- ✓ 定評ある解析アルゴリズムを多数搭載
- ✓ ワークフロー機能による簡易な画像処理



モジュール名	内容
Atmospheric Correction	マルチ・ハイパースペクトル画像の大気補正を行うモジュールです。画像内の大気の影響を除去します。
DEM Extraction	ステレオペア画像から標高データ（Digital Elevation Model）を抽出するモジュールです。
Feature Extraction	オブジェクト分類法のモジュールです。従来のピクセル値の統計から分類する方法と異なり、ユーザの求めるオブジェクト（車、屋根、河川、湖等）を画像から抽出します。 また、点群データ解析ツールであるENVI LiDAR ではこのモジュールを使用することで建物、木、鉄塔などのオブジェクトを抽出することができます。



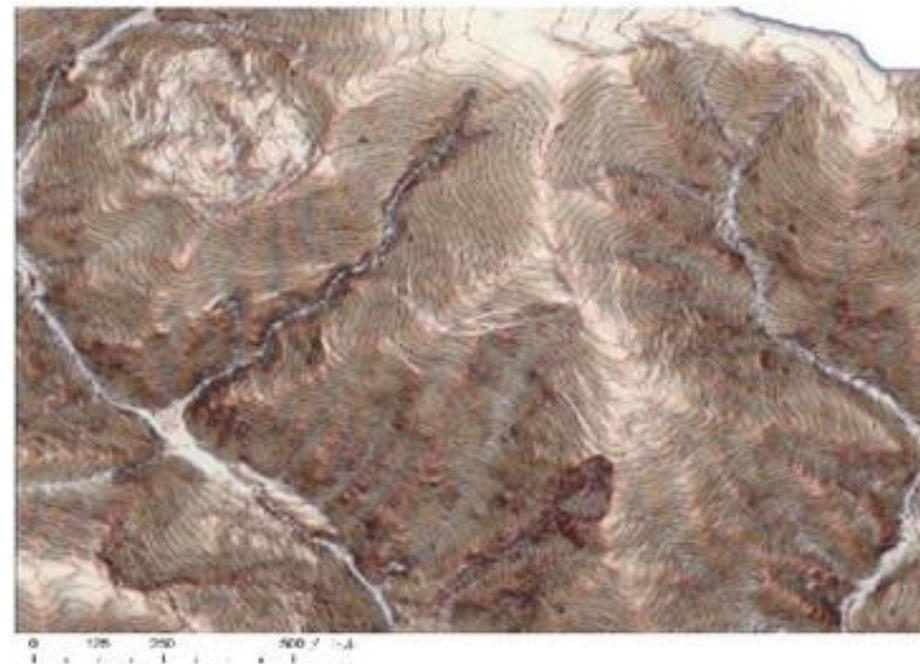
Feature Extractionモジュールによる道路の抽出

モジュール名	内容
Photogrammetry	対応衛星画像からオルソモザイク画像を作成するためのモジュールです。ステレオペア画像を使用することで3次元点群データの生成も行うことができます。
NITF	NITFデータの読み込み、書き込みをサポートするモジュールです。
ENVI Crop Science	衛星画像やUAV / ドローンなどで取得したマルチスペクトル画像を用いて、圃場の健康状態や作物の数量把握を簡単に行うためのモジュールです。
SARscape	合成開口レーダ（SAR）画像の解析処理を行うためのモジュールです。基本的な処理や干渉解析に加え、追加のオプションを加えることで時系列解析や偏波解析も行うことができます。
Deep Learning	TensorFlowを使用して深層学習モデルをトレーニングし、空間特性とスペクトル特性に基づいて画像内のフィーチャを特定します。（※動作にはハードウェア要件あり）

# ENVIの利用事例:防災 -地形図の作成

長野県林業総合センターは、昨今の山地災害の被害を減らすべく、土砂災害危険地発見のための地形判読を容易に行うために新たな立体図法、長野県型立体地形図=CS立体図を開発しました。ENVI LiDARを使用し、その地形図を作成する元となる高解像度DEM（数値標高モデル：Digital Elevation Model）を大量な航空レーザ測量データから抽出しています。

- CS立体図法とは、以下を算出・着色した図法。
  - 標高や傾斜、勾配変化を視覚情報から直感的に読み取ることができます。
    1. DEMから曲率（Curvature）と傾斜（Slope）を算出
    2. 谷（凹）地形を青色
    3. 尾根（凸）地形を赤色
    4. 緩斜面を淡い色、急斜面を濃い色で段彩化



CS立体図

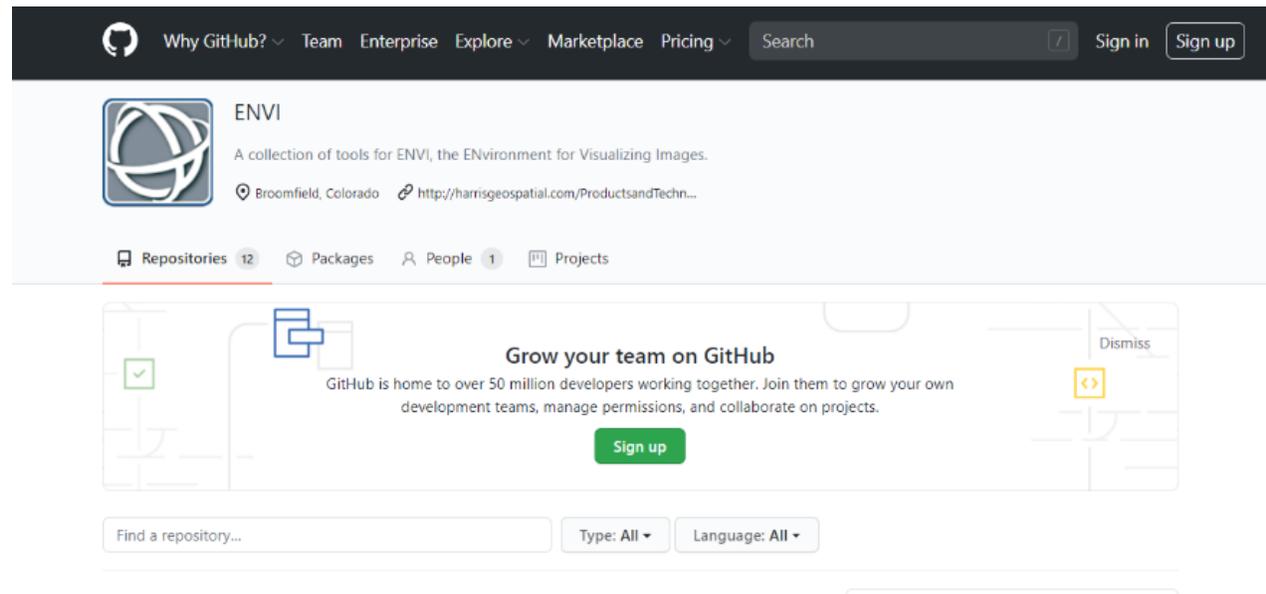
出典：長野県 林務部  
長野県森林整備加速化・林業再生協議会 路網部会、  
『長野県型立体地形図=CS立体図』を用いた林内路網の路網配置検討手順  
P6, 2014年3月

## ENVI Discussion

- ENVI Discussion は当社ホームページ上に設けられており、ユーザ同士が問題の討議や意見の交換が行えます。
- <https://www.nv5geospatialsoftware.com/Support/Forums/aff/216>

## GitHub

- 米国本社によって管理・運営されているGitHub のページでは、ENVI の機能拡張に関する様々なコードが公開されております。
- <https://github.com/envi-idl>



NV5 Geospatial 株式会社では、ENVI 及びその他の製品に関する技術サポート、お客様の使用事例などの情報を提供しています。

## NV5 Geospatial 製品・サポート連絡先

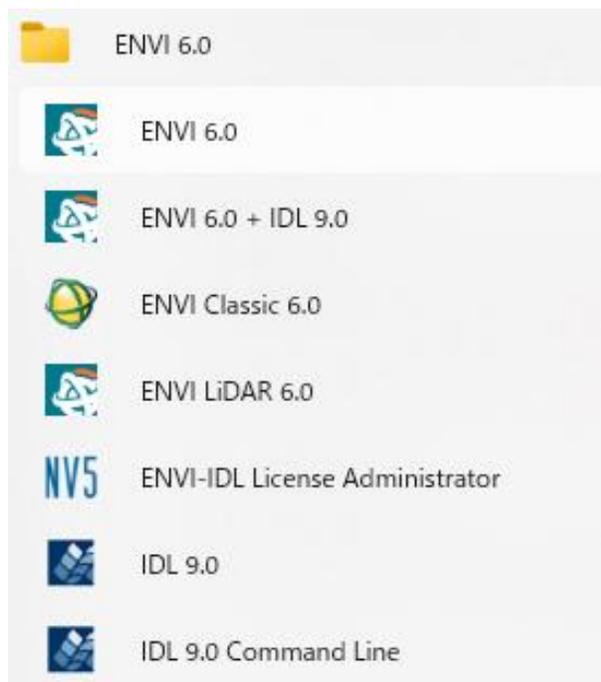
E-mail :

[support\\_jp@NV5.com](mailto:support_jp@NV5.com)

Home Page :

<https://www.nv5geospatialsoftware.co.jp/>

# ENVIの起動とUI



## Windows10 / 11

[Start Menu] > ENVI 6.0 > ENVI 6.0

## Mac

/Applications/harris/ -> ENVI6.0のアイコンを選択

## Linux

ターミナルから `envi_rt` コマンドを入力する

# ENVIインターフェースについて

メニューバー

ツールバー

レイヤマネージャ

オーバービュー

カーソル値表示

ツールボックス

プロセスバー

Layer Manager

Toolbox

Layer

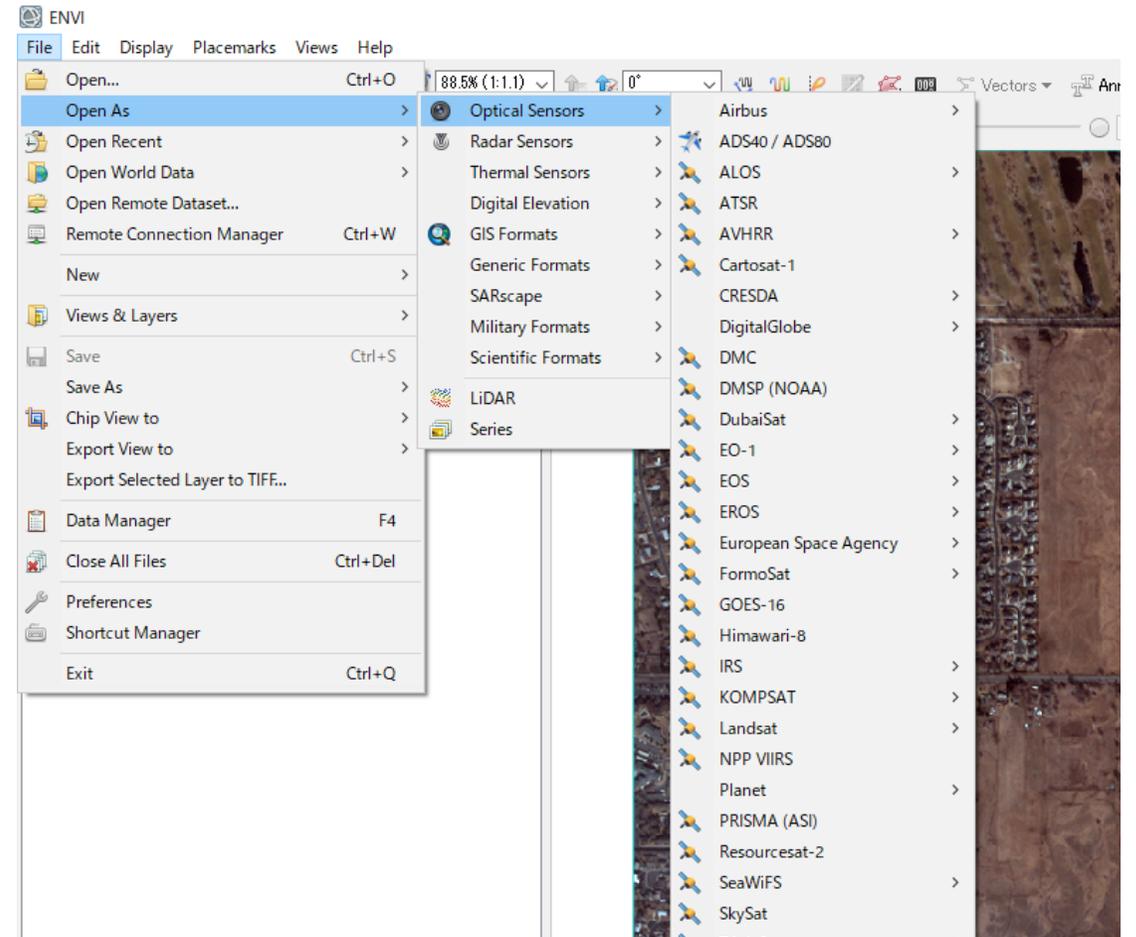
qb_boulder_msi	
Dataset Name	qb_boulder_msi
Description	Demo QuickBird 2 data cou
Dimensions	1,024 x 1,024 x 4 [BSQ] Uf
Projection	UTM, Zone 13 North
Pixel Size	2.8 Meters
Datum	WGS-84

Lat: 40° 0'4.82"N, Lon: 105° 13'12.14"W

Proj: UTM, Zone 13 North, WGS-84

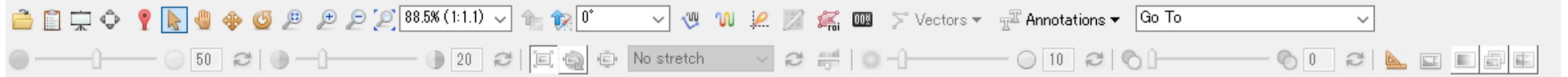
# ENVIインターフェース: メニューバー

- ファイルを開く、編集、表示に関するツールや、ウィンドウの分割など、インターフェース及び、画像の基本的な操作に必要な機能を提供します。



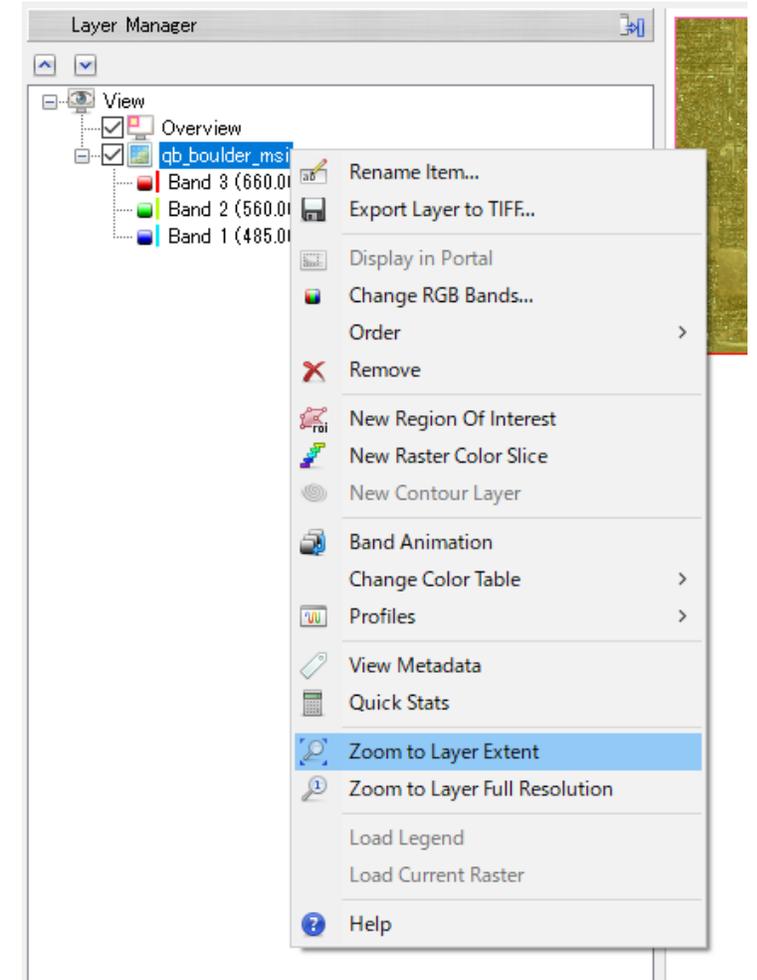
# ENVIインターフェース: ツールバー

- ズームイン・アウトや、パン、アノテーション、ストレッチなど、表示した画像に対して操作に関するツールをグラフィカルなアイコンで提供します（詳細は後述します）。



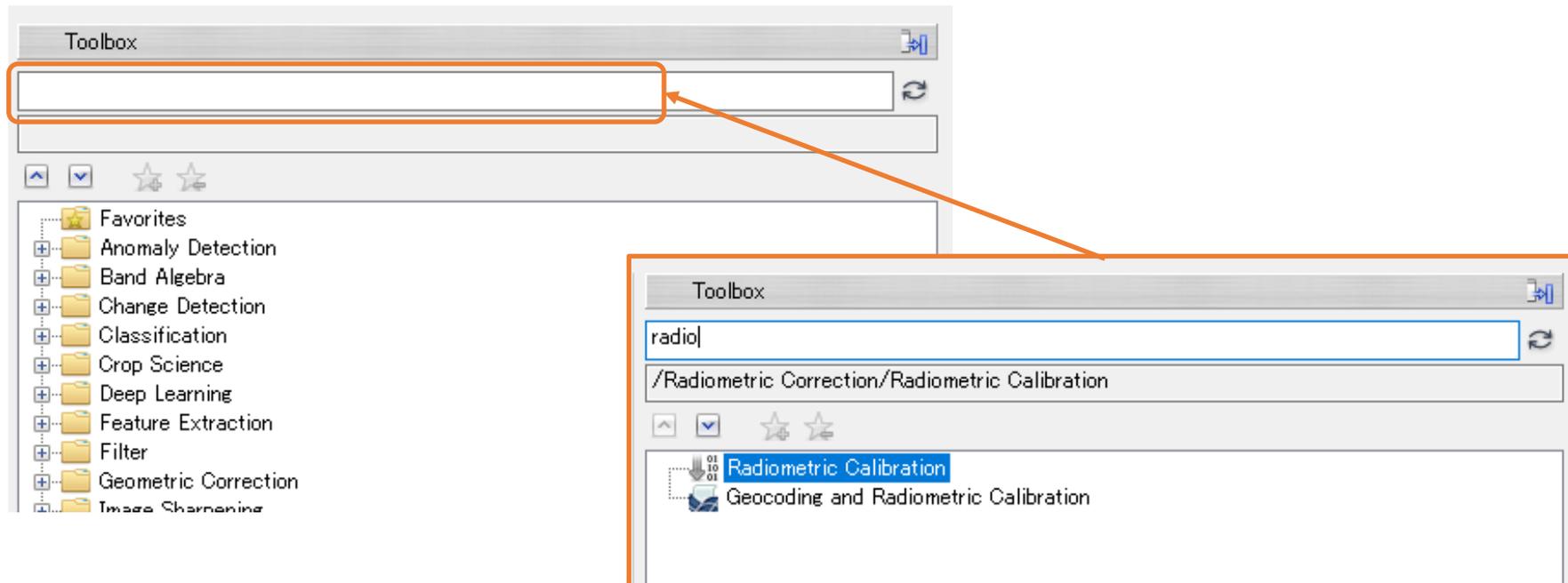
# ENVIインターフェース: レイヤマネージャ

- インターフェースに表示されている画像の管理を行います。
- チェックボックスをオン/オフする事で、表示/非表示の設定を行います。
- ファイル名上で右クリックをすると、サブメニューが表示され、表示の削除やRGBコンポジットの変更などが行えます。
- レイヤマネージャの[Overview]へチェックを入れることで、画像全体を表示します。



# ENVIインターフェース:ツールボックス

- ENVI の解析機能がカテゴリごとに格納されています。検索機能が提供されており、「Search the Toolbox」へキーワードを入力することで、該当の機能がリスト表示されます。



# ENVIインターフェース: カーソル値表示およびプロセスバー

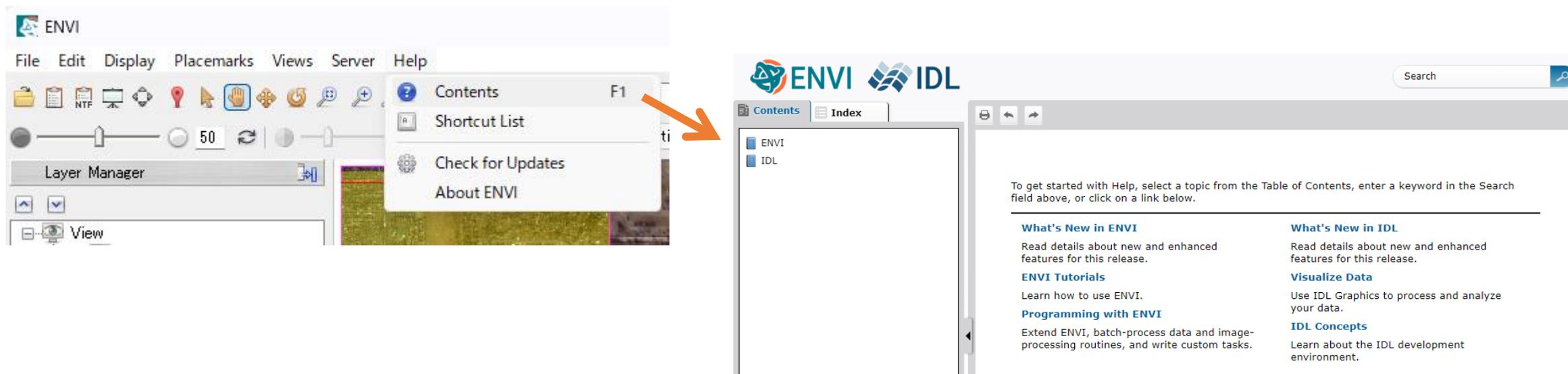
地図投影法を保持した画像上でマウスを移動させると、カーソルのある場所のピクセルに対応した地図情報が表示されます。



プロセスバーは、処理の経過を表示しています。右側にあるバツマークをクリックすると、処理はキャンセルされます。



- 指定のブラウザでENVIのHELP機能が起動します。



一見してわかる通り、英語版のみが提供されている。  
日本語でHELPを参照する方法は、大きく2通りある。

1. 日本語パッチを適用する
2. WebブラウザでDocumentation Centerにアクセスしアドオンで翻訳する

- 特定のバージョンでは、ENVIの日本語パッチが提供されています
  - 現在最新の日本語パッチ提供バージョンは、ENVI5.7です。
- 日本語パッチを適用すると、表示されるHELPも弊社で翻訳した日本語版のものになります



- ENVIのHELP機能と同じ内容のものが本社のDocumentation Centerで提供されています。
- ブラウザによっては翻訳アドオンを適用することが可能なので、機械翻訳によって大まかな意味を捉えるのであればこの方法が便利です。

<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/home.html>

The screenshot shows the English version of the ENVI documentation page for the Region of Interest (ROI) Tool. The page title is "Region of Interest (ROI) Tool". It includes a search bar, a table of contents, and a main text area. The table of contents lists sections such as "What's New in This Release", "Getting Started with ENVI", "Explore Data", "Preprocess Data", "Analyze Data", "Vegetation Analysis", "ENVI Servers", and "Visual Programming with ENVI Modeler". The main text area provides detailed information about the ROI tool, including its purpose and usage instructions.

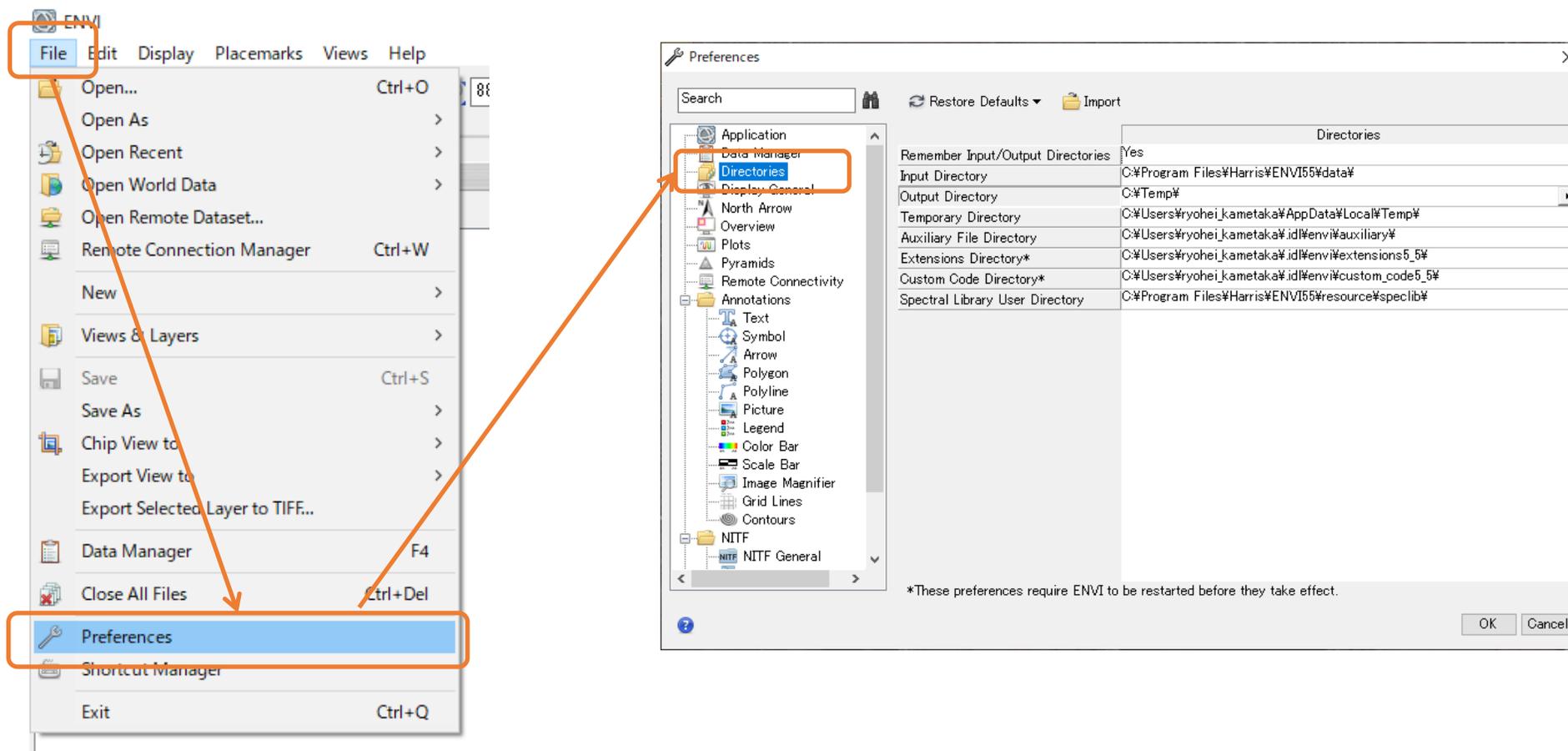


The screenshot shows the Japanese version of the ENVI documentation page for the Region of Interest (ROI) Tool. The page title is "関心領域 (ROI) ツール". It includes a search bar, a table of contents, and a main text area. The table of contents lists sections such as "このリリースの新機能", "ENVI の使用を開始する", "データを探索する", "データの前処理", "データを分析する", "種生解析", "ENVI サーバー", and "ENVI モデラーによるビジュアルプログラミング". The main text area provides detailed information about the ROI tool in Japanese, including its purpose and usage instructions.

# ENVIの操作

# 環境の設定: PREFERENCE

- 使用するデータへのアクセスなどを容易に行うため、環境の設定を行います。
- ENVI では、ファイルの入出力ディレクトリをあらかじめ指定することで、デフォルトで指定したディレクトリを表示することが可能です。



# 環境の設定: PREFERENCE

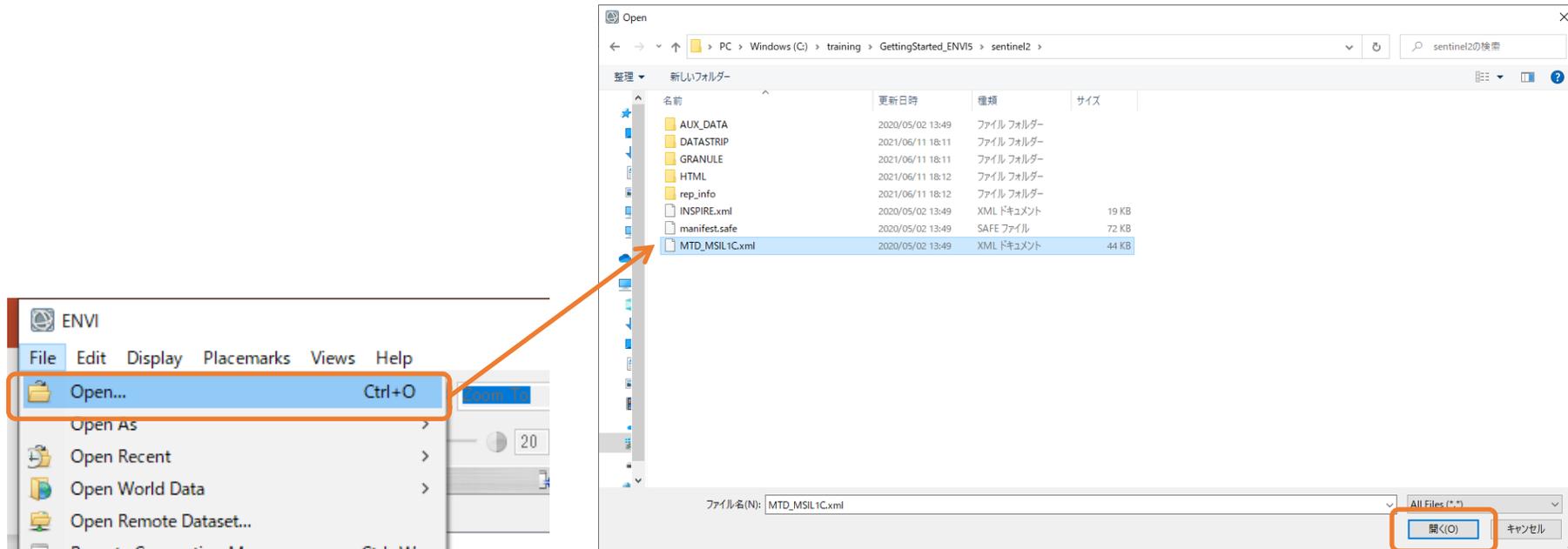
Directories	
Remember Input/Output Directories	Yes
Input Directory	C:\Training\GettingStarted_ENVI5\
Output Directory	C:\Training\output\
Temporary Directory	C:\Training\output\
Auxiliary File Directory	C:\Training\GettingStarted_ENVI5\

名称	機能
Input Directory	入力ファイルを指定する際に表示するインプットディレクトリの指定
Output Directory	出力ファイルを指定する際に表示するインプットディレクトリの指定
Temporary Directory	処理中に作成される、テンポラリファイルの保存先
Auxiliary File Directory	読み取り専用のDVDなどからデータを読み込む際に、ヘッダファイルが書き込めない場合の保存先

<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/Preferences.html#Director>

# ファイル読み込み

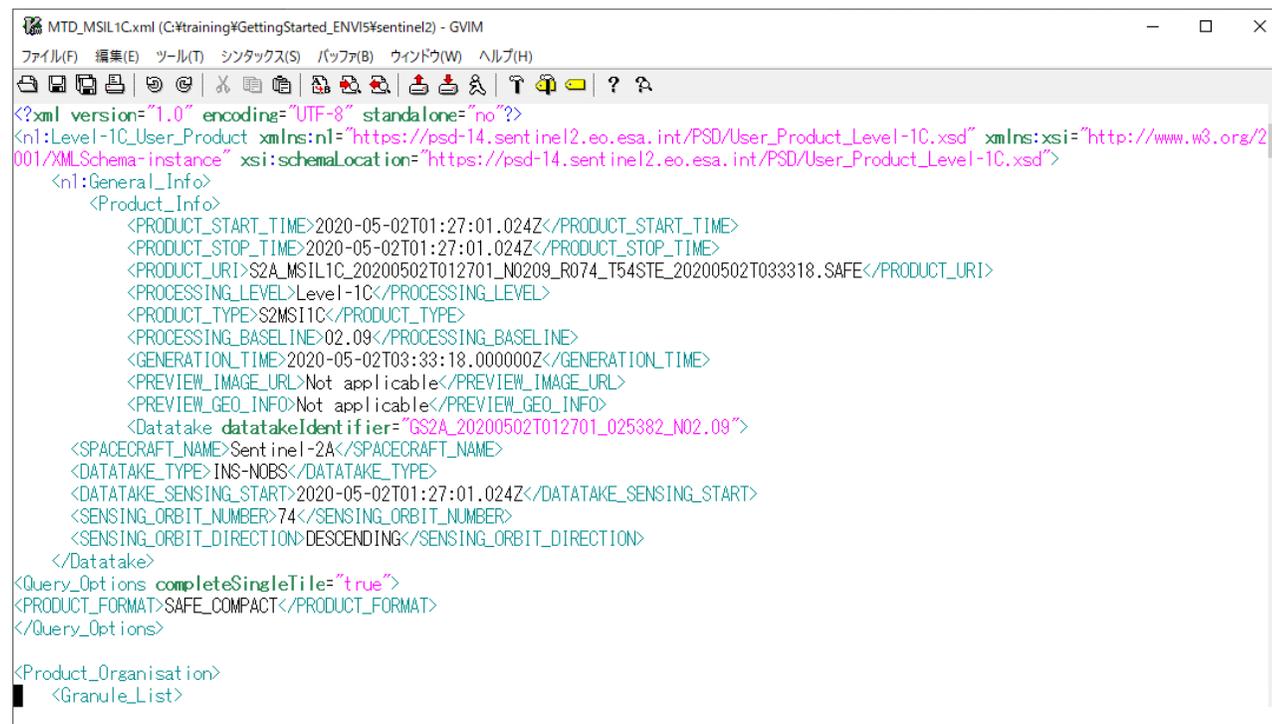
- ENVI にラスタデータの読み込み、表示を行います。
- この演習では、Copernicus Open Access Hubより入手したSentinel-2のデータを  
読み込み、表示を行います。



**MTD\_MSIL1C.xml**

# MTD\_MSIL1C.XMLについて

- Sentinel-2 データを入手したときに画像データと共に配布されるメタファイル
- このメタファイルには、画像撮影時の情報やデータ処理施設で使用されたデータ処理のパラメータが含まれています。
- ENVI ではこのメタファイルを直接指定することで、ENVI ファイルと同様に取り扱うことができ、波長帯の情報や地理情報などを合せて読み込むことが可能です。



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<n1:Level-1C_User_Product xmlns:n1="https://psd-14.sentinel2.eo.esa.int/PSD/User_Product_Level-1C.xsd" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="https://psd-14.sentinel2.eo.esa.int/PSD/User_Product_Level-1C.xsd">
  <n1:General_Info>
    <Product_Info>
      <PRODUCT_START_TIME>2020-05-02T01:27:01.024Z</PRODUCT_START_TIME>
      <PRODUCT_STOP_TIME>2020-05-02T01:27:01.024Z</PRODUCT_STOP_TIME>
      <PRODUCT_URI>S2A_MSIL1C_20200502T012701_N0209_R074_T54STE_20200502T033318.SAFE</PRODUCT_URI>
      <PROCESSING_LEVEL>Level-1C</PROCESSING_LEVEL>
      <PRODUCT_TYPE>S2MSI1C</PRODUCT_TYPE>
      <PROCESSING_BASELINE>02_09</PROCESSING_BASELINE>
      <GENERATION_TIME>2020-05-02T03:33:18.000000Z</GENERATION_TIME>
      <PREVIEW_IMAGE_URL>Not applicable</PREVIEW_IMAGE_URL>
      <PREVIEW_GEO_INFO>Not applicable</PREVIEW_GEO_INFO>
      <Dataake dataakeIdentifier="GS2A_20200502T012701_025382_N02_09">
        <SPACECRAFT_NAME>Sentinel-2A</SPACECRAFT_NAME>
        <DATATAKE_TYPE>INS-NOBS</DATATAKE_TYPE>
        <DATATAKE_SENSING_START>2020-05-02T01:27:01.024Z</DATATAKE_SENSING_START>
        <SENSING_ORBIT_NUMBER>74</SENSING_ORBIT_NUMBER>
        <SENSING_ORBIT_DIRECTION>DESCENDING</SENSING_ORBIT_DIRECTION>
      </Dataake>
    </Product_Info>
    <Query_Options completeSingleTile="true">
      <PRODUCT_FORMAT>SAFE_COMPACT</PRODUCT_FORMAT>
    </Query_Options>
  </General_Info>
  <Product_Organisation>
    <Granule_List>
```

# SENTINEL-2ミッションについて

Band Number	Central Wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Spatial Resolution (m)
1	443	20	60
2	490	65	10
3	560	35	10
4	665	30	10
5	705	15	20
6	740	15	20
7	783	20	20
8	842	115	10
8a	865	20	20
9	945	20	60
10	1375	30	60
11	1610	90	20
12	2190	180	20

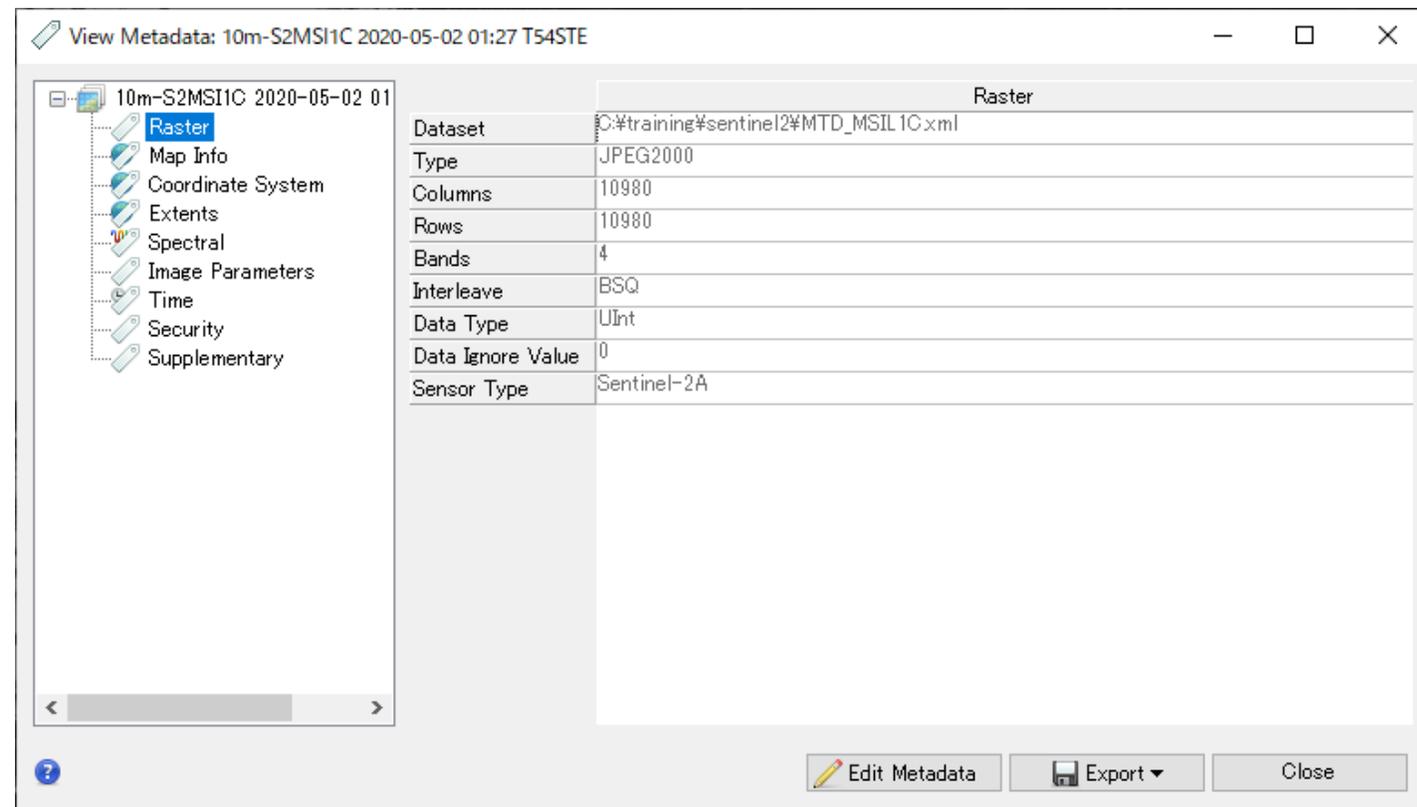
- Sentinel-2ミッションは、植生、土地被覆、環境モニタリングをサポートするために開発された2つの衛星で構成されている。
  - Sentinel-2A衛星は2015年6月23日にESAによって打ち上げられ、10日間の繰り返し周期で太陽同期軌道で運用されている。2機目の同じ衛星（Sentinel-2B）は2017年3月7日に打ち上げられた。これらを合わせて、地球のすべての地表、大きな島、内陸および沿岸海域を5日ごとにカバーしている。
- Sentinel-2 Multispectral Instrument (MSI)は、290kmの軌道幅に沿って可視近赤外（VNIR）から短波長赤外（SWIR）までの13のスペクトルバンドを取得する。

<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>

※ENVI上では、異なる解像度のデータは別々のオブジェクトとして読み込まれます。これは後続のData Managerの演習で確認できます。

# VIEW METADATA

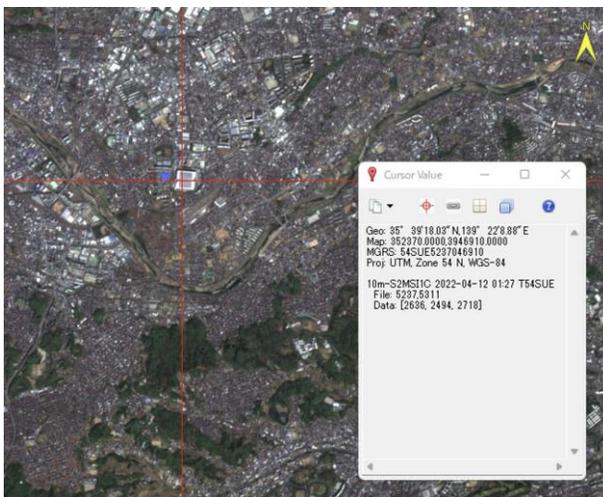
- データが開かれたら、レイヤマネージャで右クリックしView Metadataを選択して詳細を確認してみます。
- データのサイズや型、設定されている投影情報や波長情報が確認できることがわかります。
  - ENVIがサポートしている衛星のメタファイルを指定して画像を開いた場合、ファイルに記載されている投影情報や波長情報が併せて読み込まれます。
  - 現在読み込まれているデータが、実数（浮動小数点）、符号付き整数、整数、型かどを詳しく理解することは、解析をすすめる上で重要になります。（詳しくはBand Mathの演習で触れます）



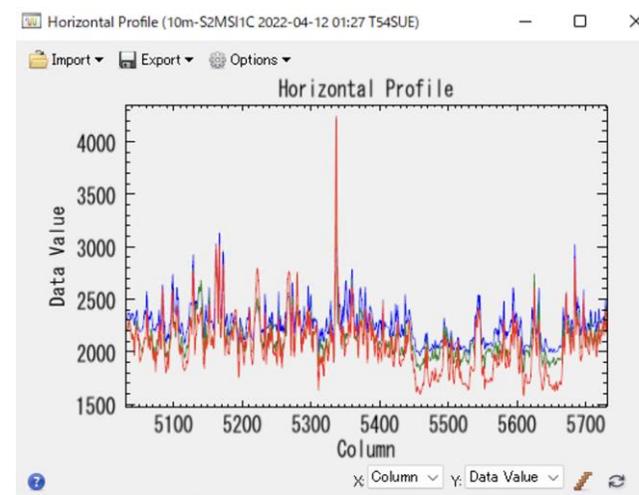
ツールバーで提供されているツールを使用して、表示した画像に様々な操作を行うことができます。

- Cursor Value 
  - 十字が交差するポイントのピクセル値や緯度経度を確認できる
- Arbitrary Profile 
  - 始点と終点を指定すると、その間のピクセル分布を確認できる

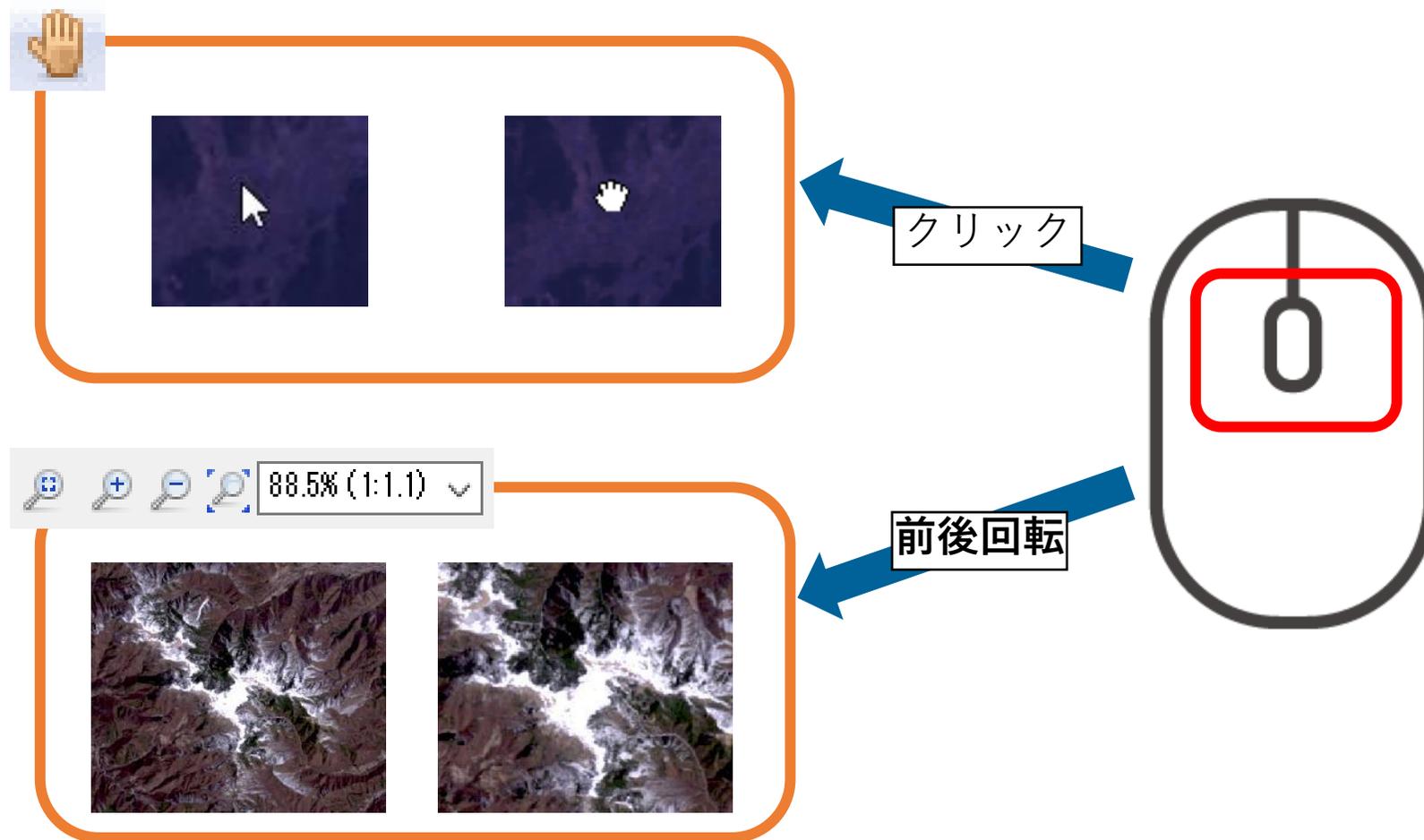
Cursor Value



Arbitrary Profile

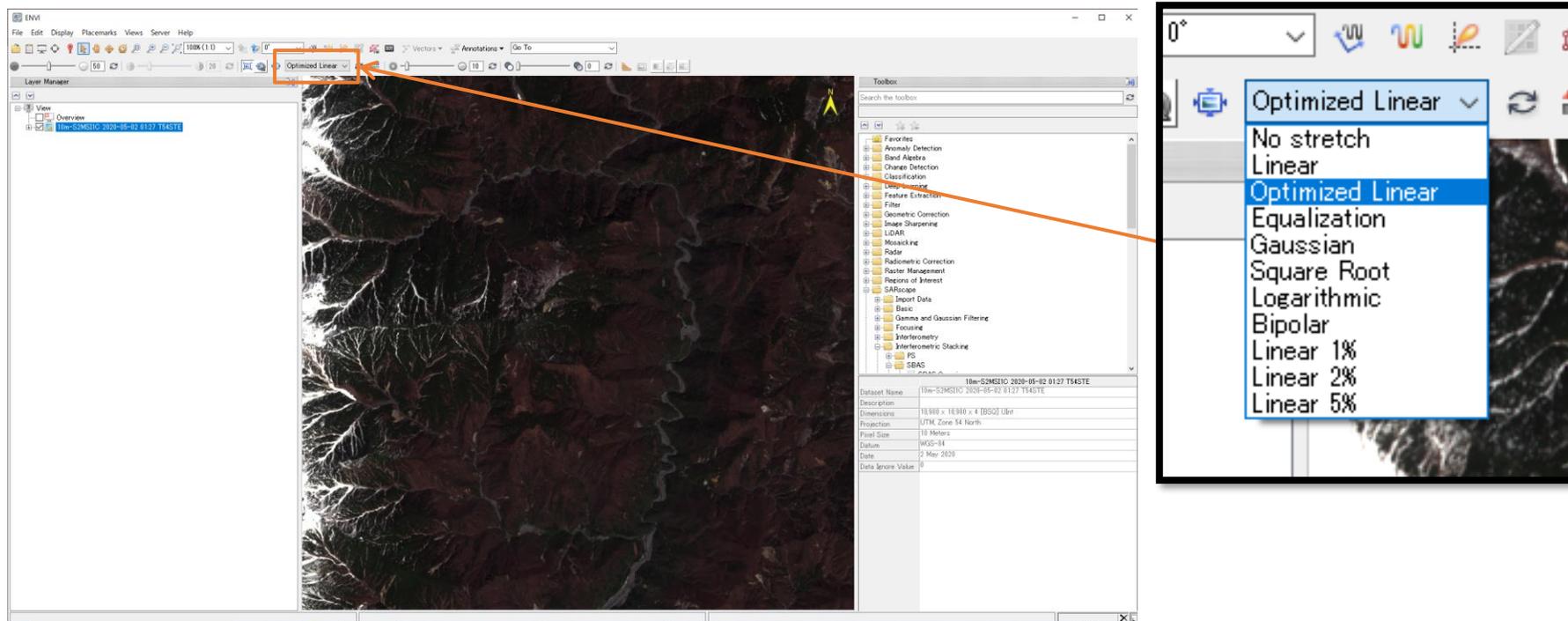


# 3ボタン式マウスによる移動の簡略化: パン機能とズーム機能について

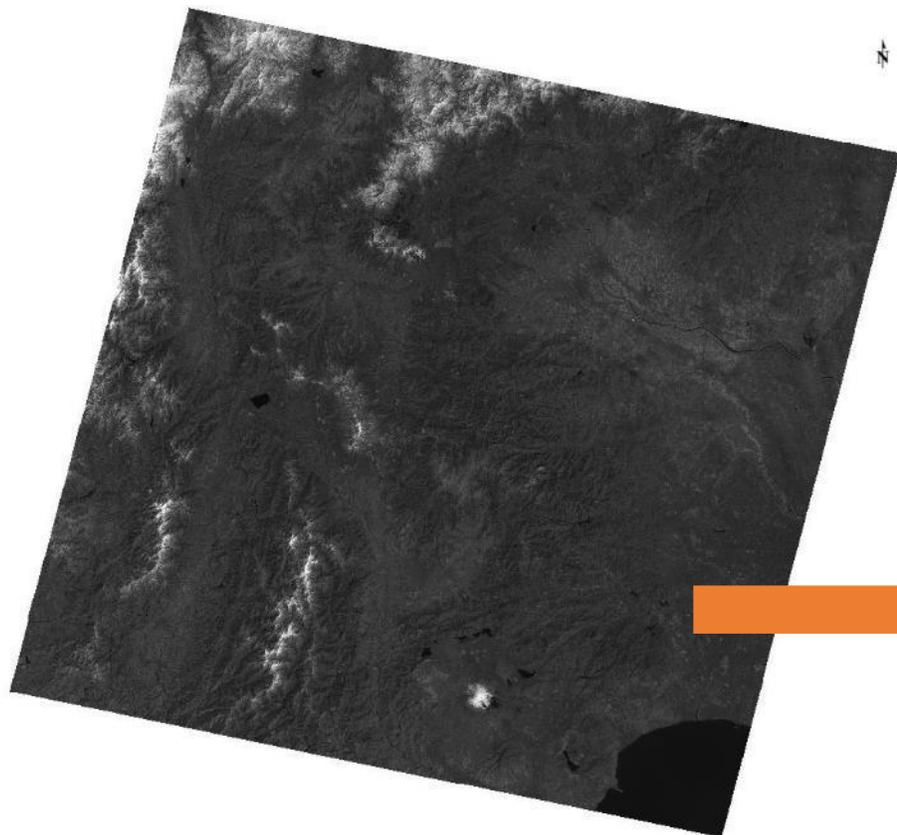


# ストレッチの調整

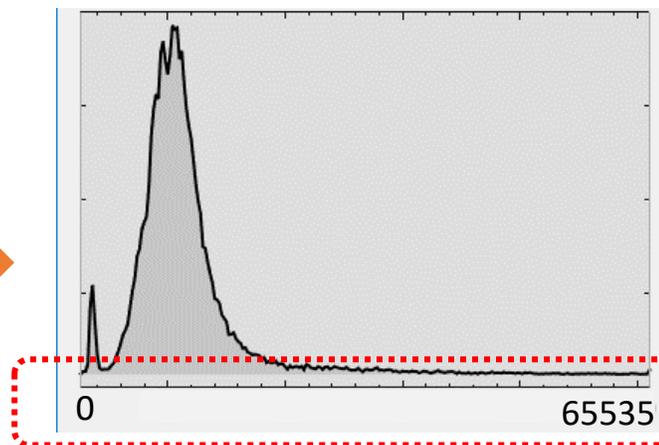
- 表示した画像に対して、ストレッチやコントラストなどを変更して、画像を見やすくします。
- データを読み込んだ際にRGB コンポジットで表示されている画像があるので、その画像を使用して操作を行います。



# ストレッチとは？



各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理

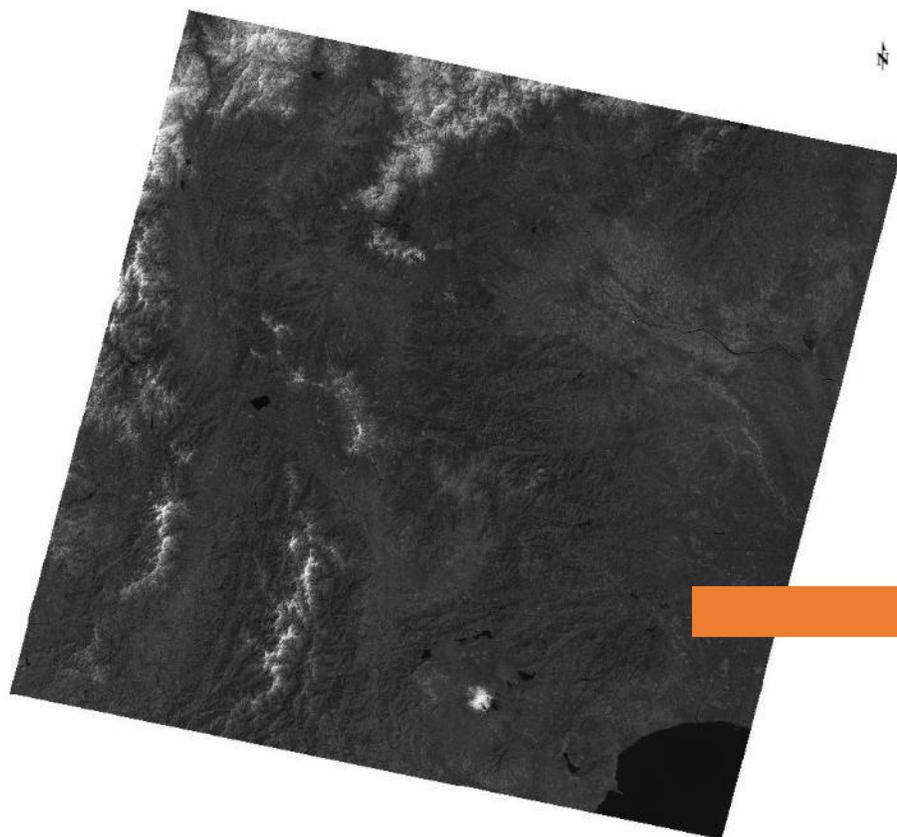


暗く見える

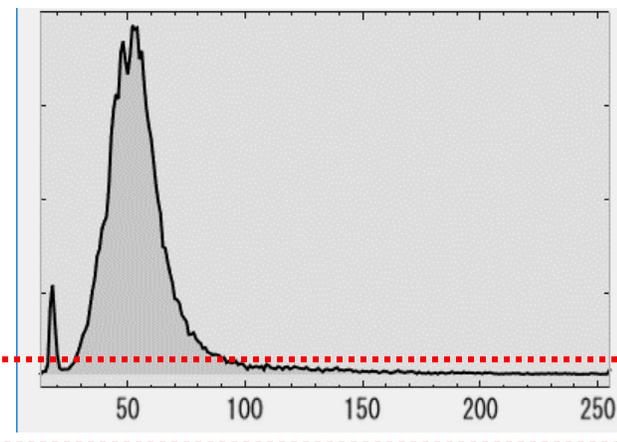
明るく見える

各ピクセルには様々な値が入っており、上に示すような分布だとします。  
(値の取る範囲は、データがどのような型を持つかに依ります。詳細は後述します。)

# ストレッチとは？



各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理

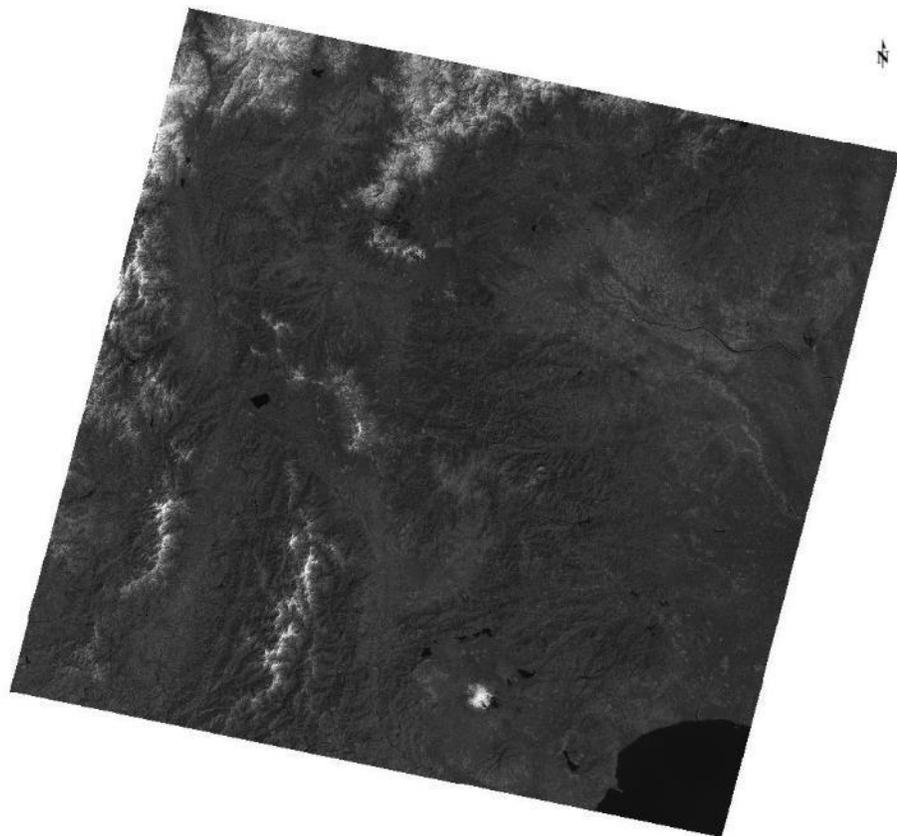


暗く見える

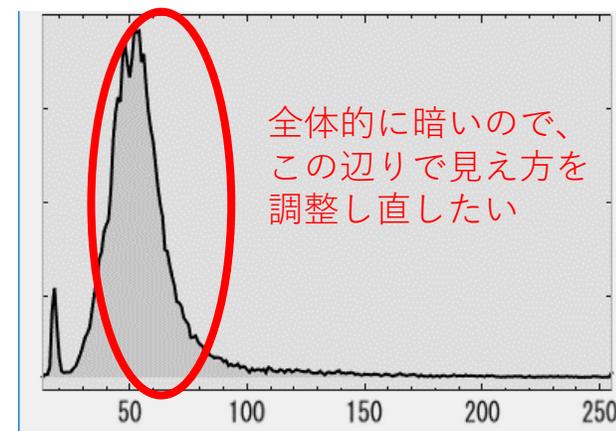
明るく見える

まずはENVIで表示するにあたって、データ値を輝度値(0から255のBYTE値)に変換します

# ストレッチとは？



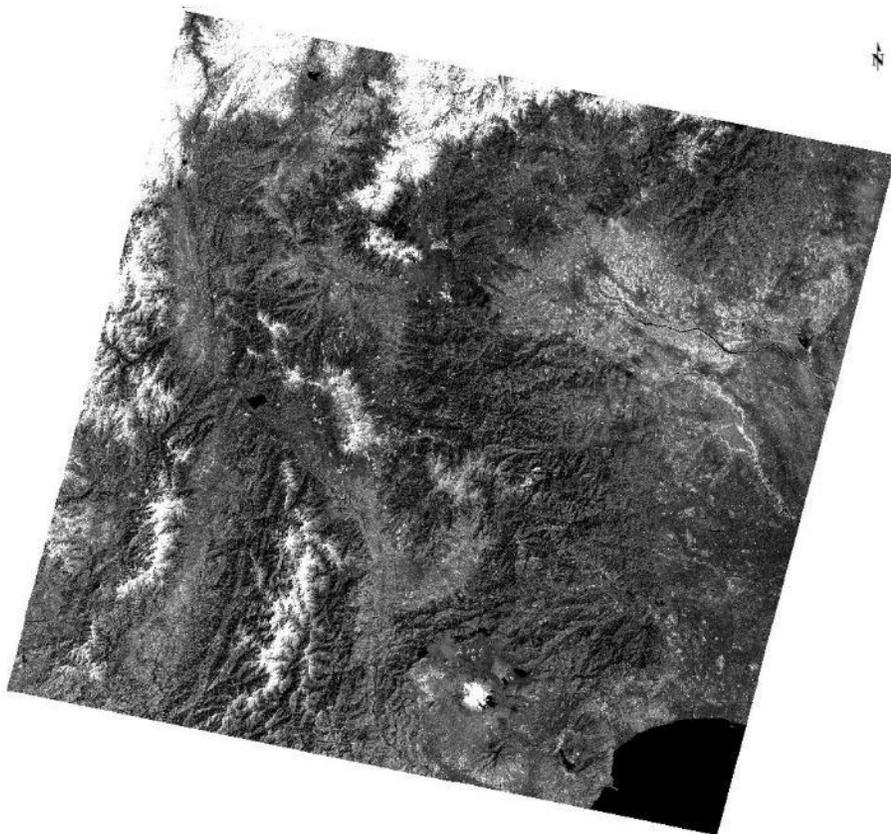
各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



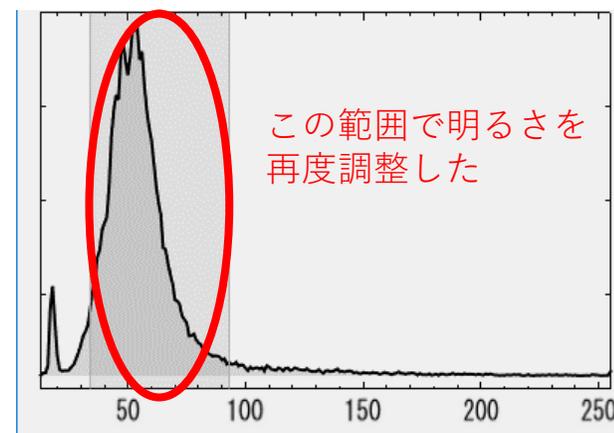
暗く見える

明るく見える

# ストレッチとは？



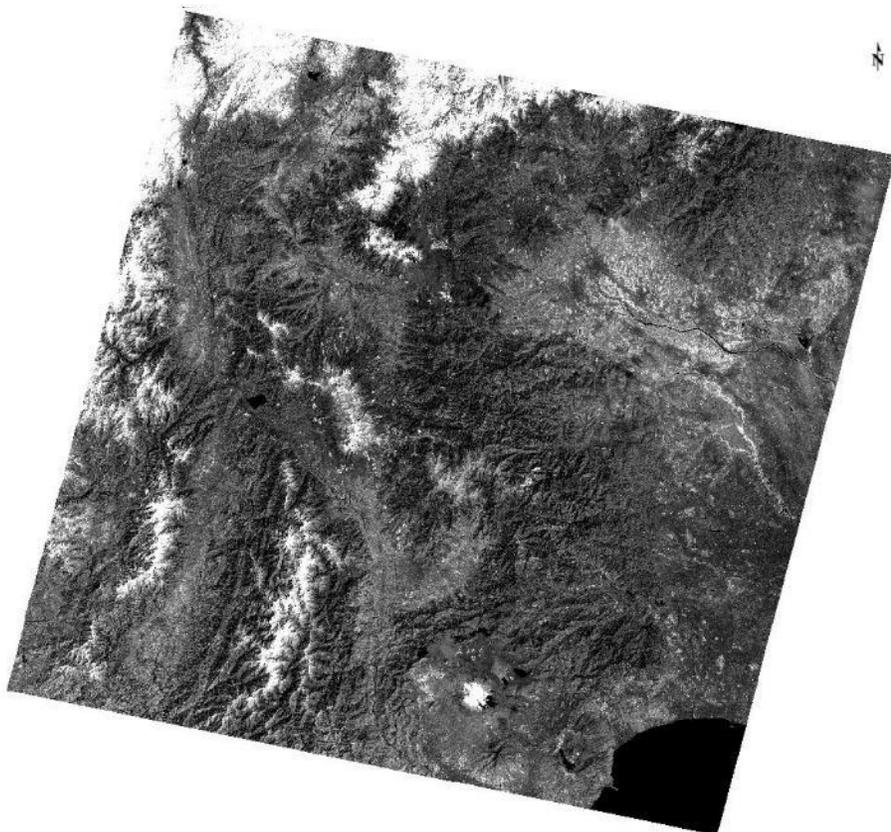
各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



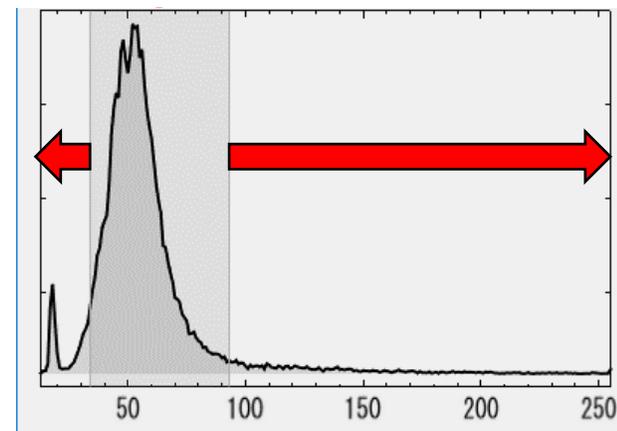
暗く見える

明るく見える

# ストレッチとは？



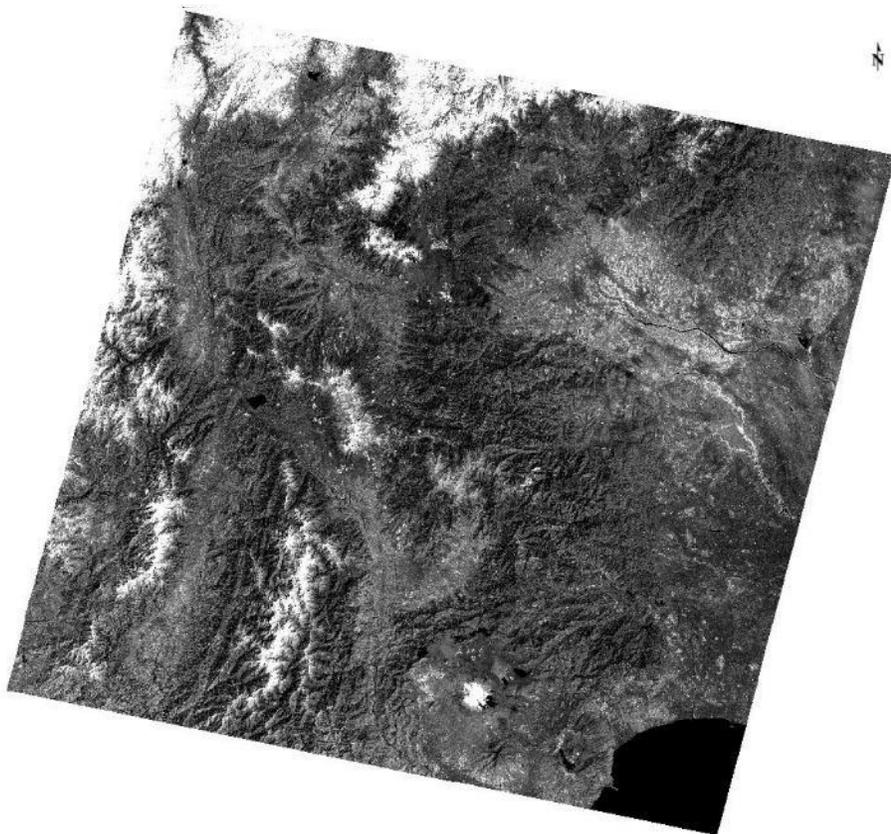
各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理



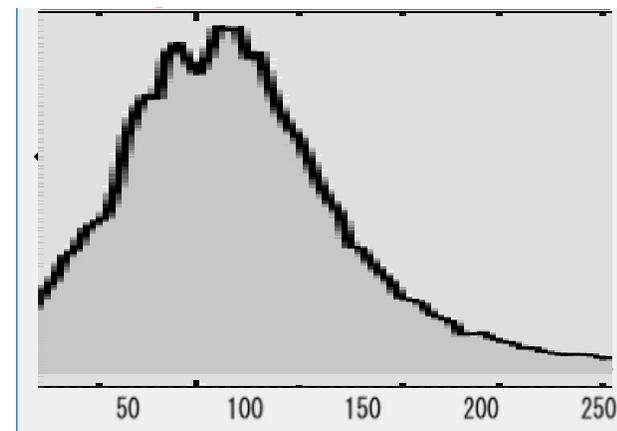
暗く見える

明るく見える

# ストレッチとは？



各ピクセルの値分布を調整して  
見やすくするための処理

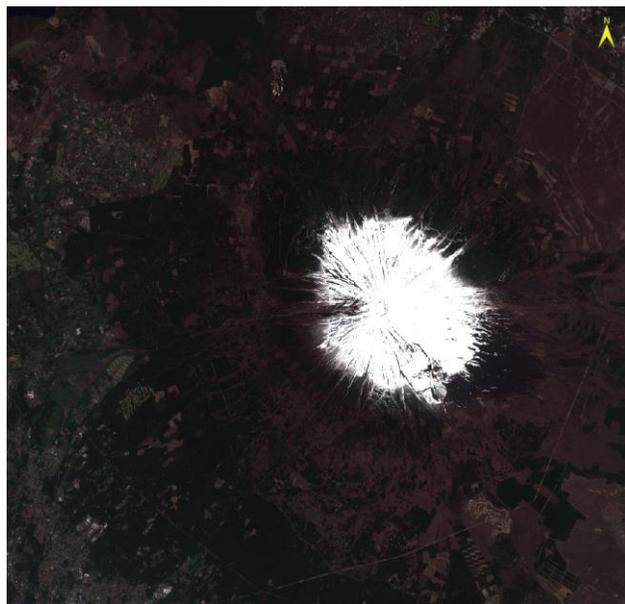


暗く見える

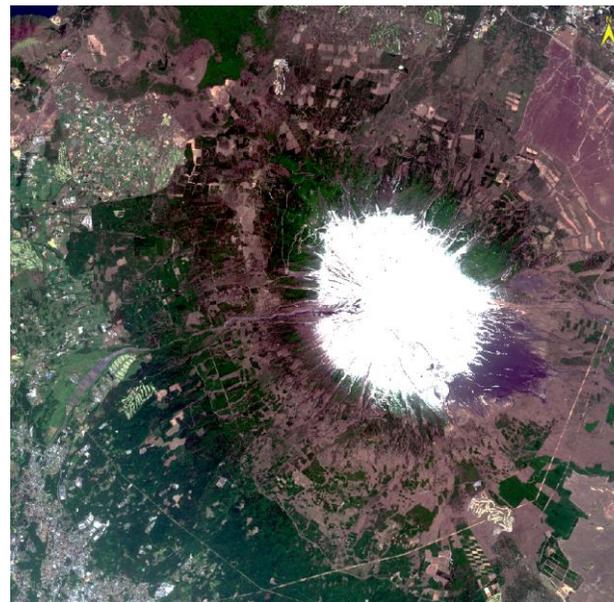
明るく見える

ENVIのストレッチ機能には、変換方法が幾つか用意されています

- ここではOptimized LinearからGaussianに変更します
- その他のストレッチ手法について:
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/BackgroundStretchTypes.html>



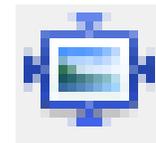
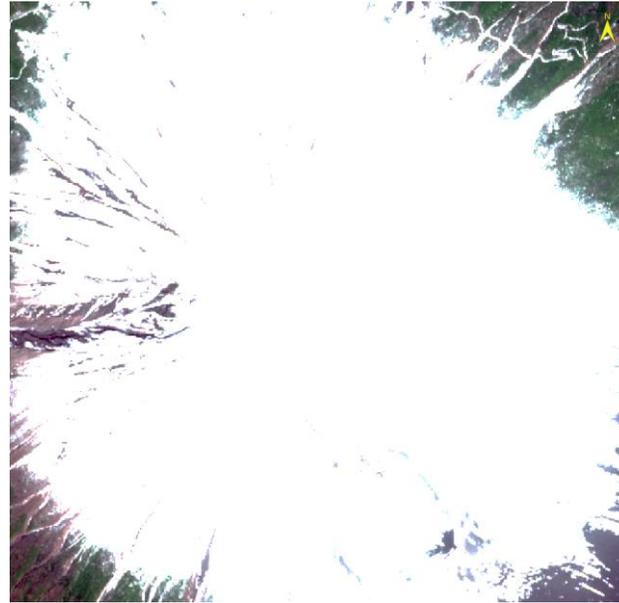
Optimized Linear



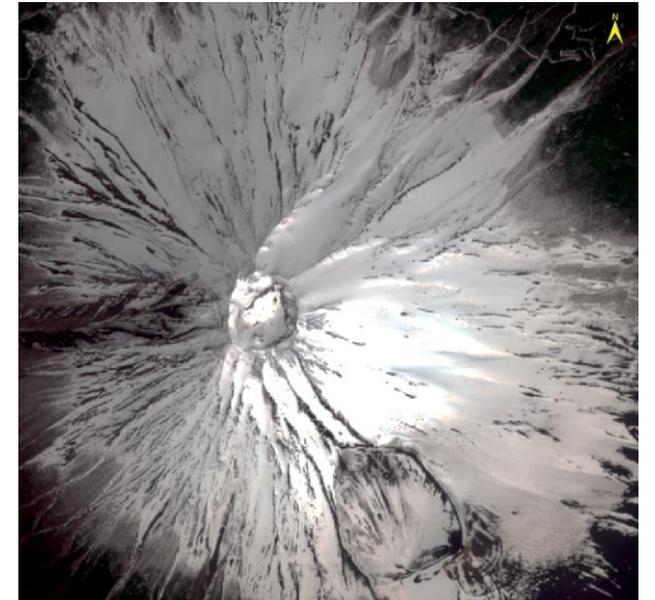
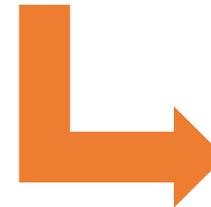
Gaussian

# ストレッチの実施（VIEWエリアで最適化）

1.  ボタンで全体を表示し、  
 ボタンで富士山頂を拡大します
2.  ボタンで、表示したエリアについてストレッチを適用します
3.  ボタンをクリックして拡大/縮小による自動更新を有効に設定します
4.  ボタンで、全体に対して再度ストレッチを実施します

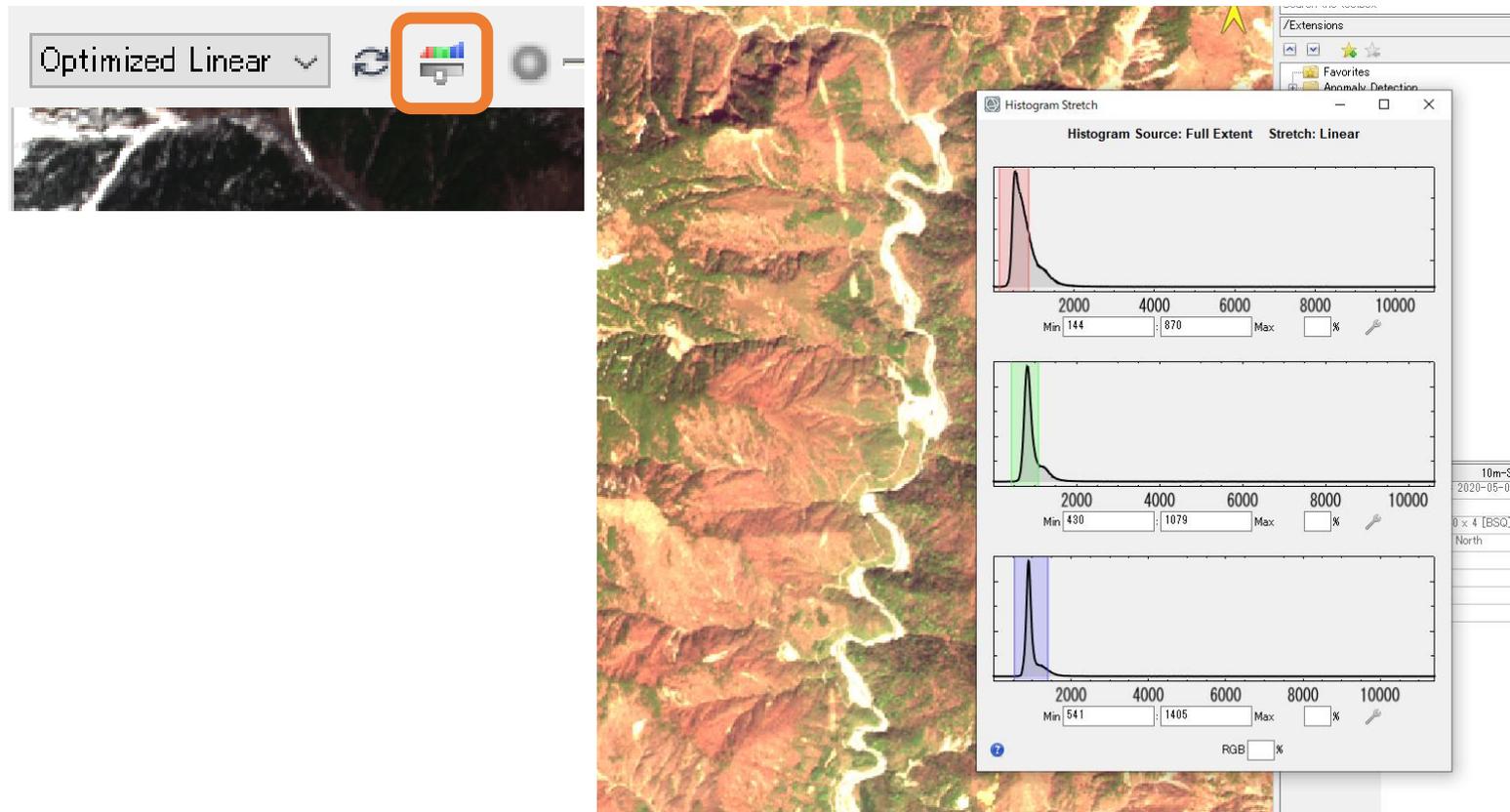


Stretch on View Extent



# 補足: ヒストグラムストレッチ

- ストレッチしたい範囲をユーザ側で任意に決めるには、ヒストグラムストレッチという機能を使用します

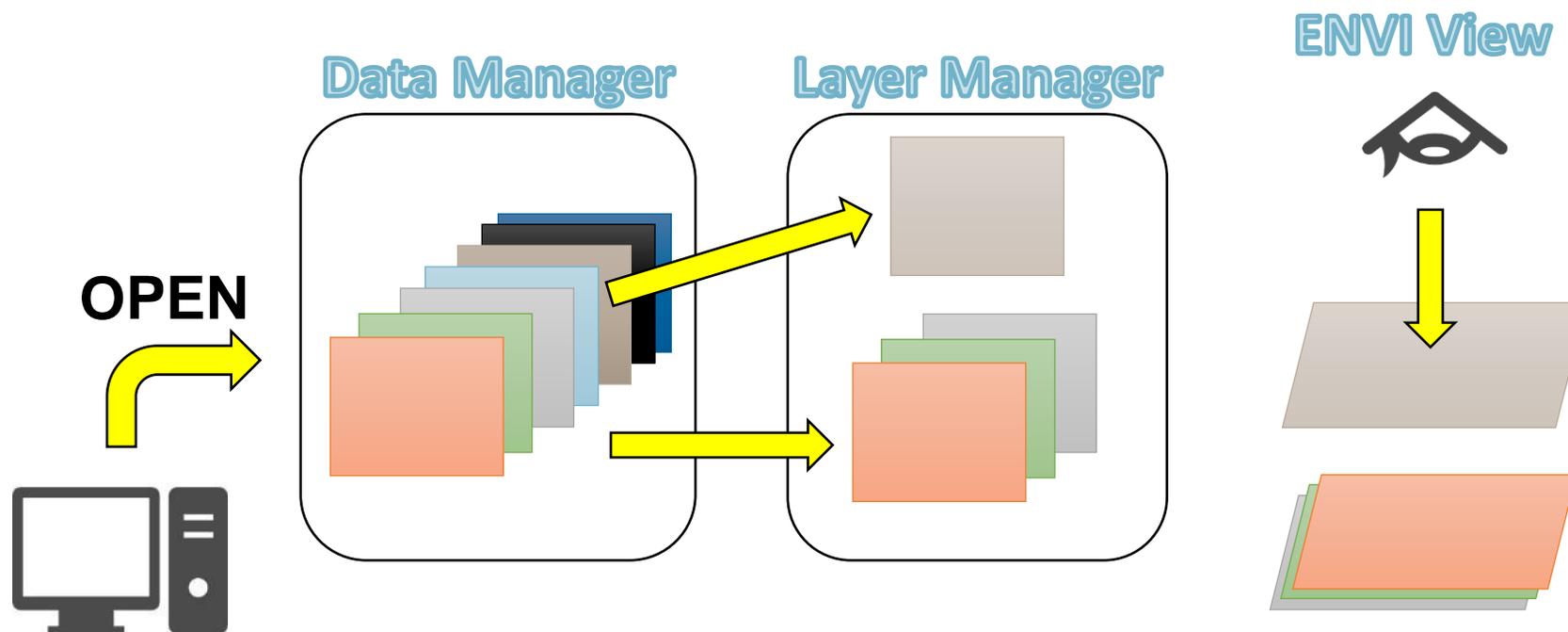


<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/displaytools.html#InteractiveStretching>

Data Manager は読み込んだファイルを管理しています。

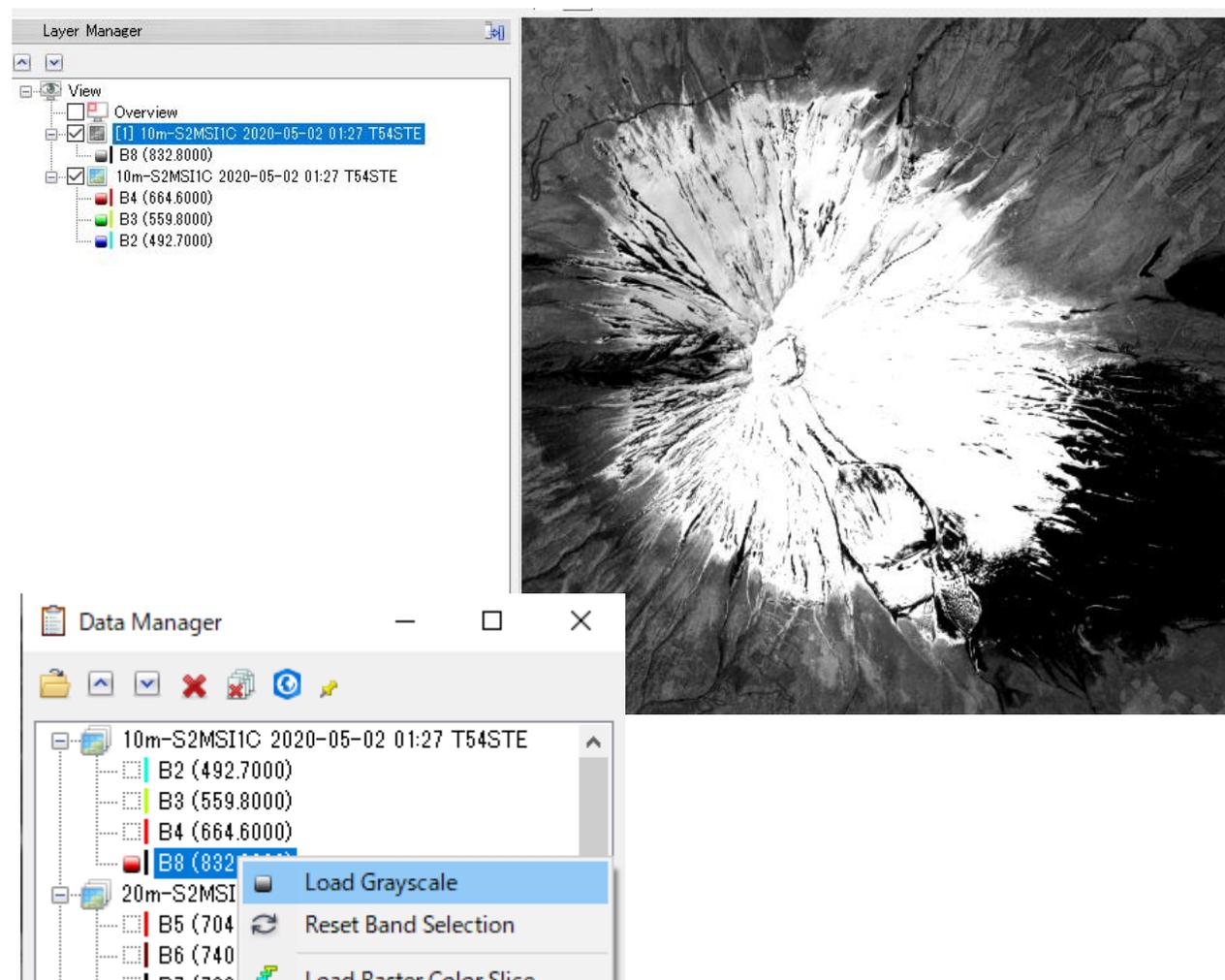
- レイヤーマネージャでは、表示している画像の情報しか表示されません。
- データの詳細情報を確認する時や、すでに読み込んだデータを別の表現(バンドのグレイスケール表示や、RGB コンポジットの変更など)で表示する際にこのマネージャを使用します。

<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/OpeningLocalFiles.html#OpenDataManager>



# データマネージャ: 演習

1. メニュー → File → Data Manager を選択してください。
2. Data Manager ダイアログ → 「10m-S2MSI1C 2020-05-02 01:27 T54STE」の[Band 8]を右クリック → Load Grayscale を選択してください。
  - ここでみてわかる通り、ENVIでは同じSentinel-2のデータであっても、異なる解像度のデータを別々のオブジェクトとして管理しています。
3. Band 8 が表示され、レイヤーマネージャへ追加されていることを確認してください。



# カラーの変更

前の項目で表示したBand8 のグレイスケールの画像に対して疑似カラーを付与します。

- グレイスケールの画像には、カラーテーブルを割り当てることで、データの分布を一目で確認することが可能です。
- 疑似カラーを付与する機能として、「Change Color Table」と「Raster Color Slices」のツールがあります。

# CHANGE COLOR TABLE

1. レイヤーマネージャ → グレイスケール画像の「10m-S2MSI1C 2020-05-02 01:27 T54STE」を右クリック → Change Color Table → Rainbow を選択します。

2. カラーテーブルを選択すると、選択したカラーテーブルにより色づけされた画像がディスプレイに表示されます。

適用している疑似カラーは、データの実際の各ピクセル値に、対してではなく、ストレッチされた後の見え方に対して適用されています。

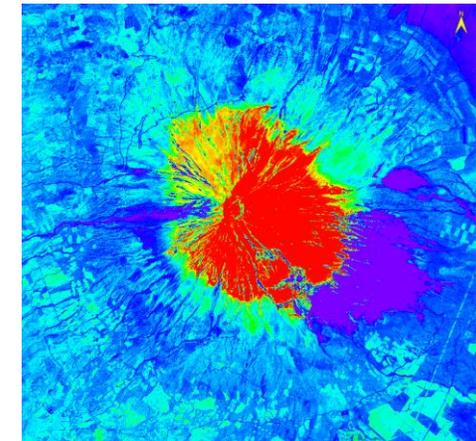
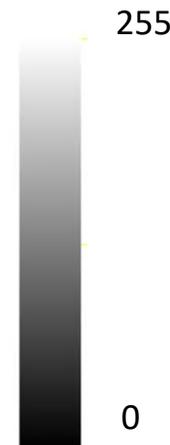
• ストレッチを変更すると、色の当たり方が変わることを確認してください

0	0	0
500	500	500
1000	1000	1000

Original Data

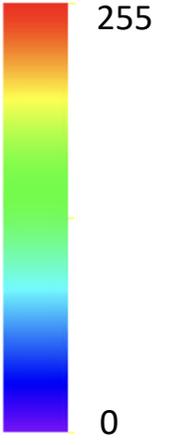
0	0	0
127	127	127
255	255	255

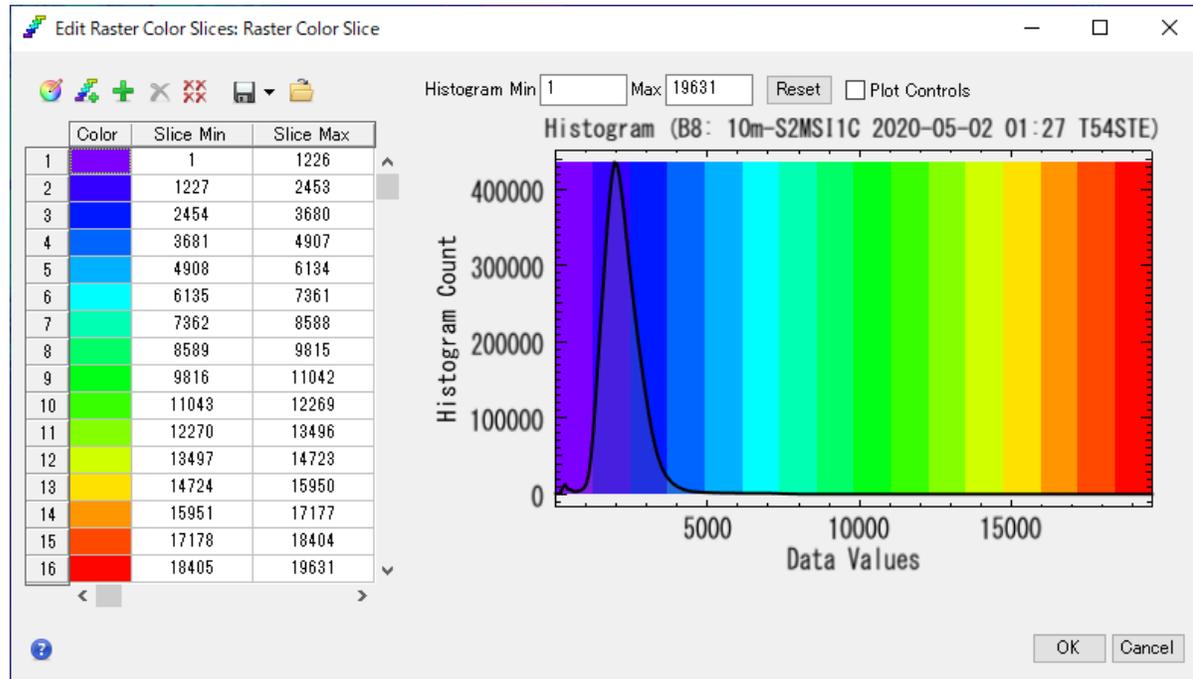
Linear Stretch (Grey Scale)



0	0	0
127	127	127
255	255	255

Rainbow Color with Linear Stretch (Rainbow)

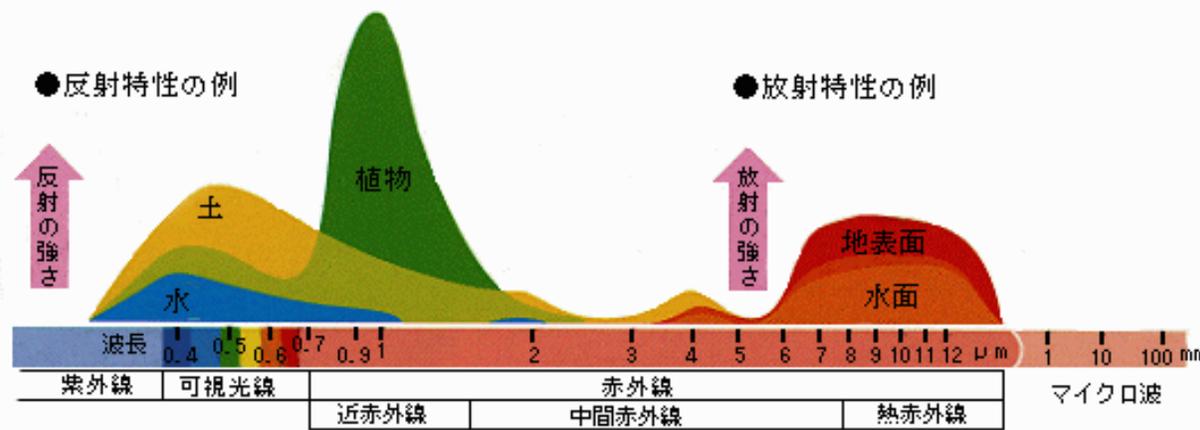




1. レイヤーマネージャ → グレイスケール画像の「10m-S2MSI1C 2020-05-02 01:27 T54STE」を右クリック → New Raster Color Slice を選択します。
  2. Data Selectionウィンドウが出現するので、B8を選択します。
  3. Edit Raster Color Slicesウィンドウの設定を確認し、OKボタンで閉じます。
- このカラーは、実際のピクセル値に対して適用されています。
- ストレッチの変更自体が不可能であることを確認してください。

<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/ColorSlices.html>

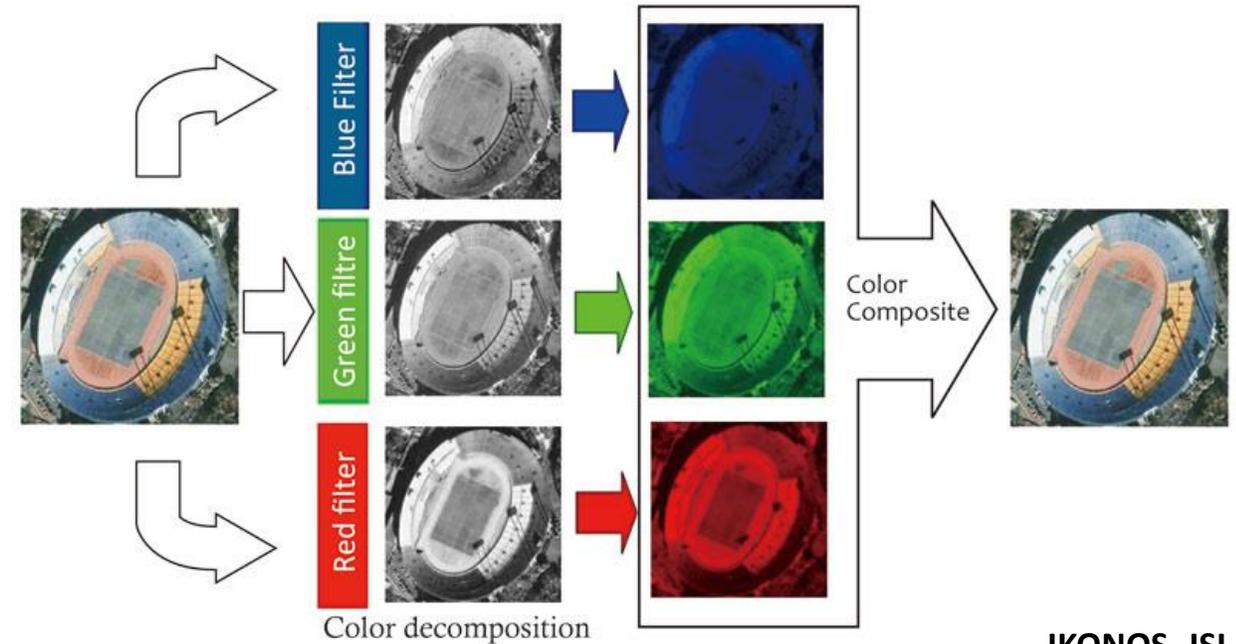
- 衛星は、光源(太陽)からの電磁波が地表面の物質を反射してセンサに戻ってくる強さ(電磁波の強さ)を観測します。
  - 地表面の物質は、それぞれ違った反射の特徴があり、衛星の各バンドは波長帯域が違う電磁波を取得することから、地表面の反射の特徴をとらえることができます。
- これを利用し、RGBへ割り当てるバンドを変更することで、地表面の特徴を一目で認識できるように表示します。
  - 以下の図は、各波長帯における地表面の物質(植物、土、水)の電磁波の反射と放射の強さを示しており、横軸は電磁波の波長を、縦軸は反射・放射の強度を示します。



各波長帯における植物、土、水の電磁波の反射と放射の強さ[JAXA]

# RGBコンポジット: トゥルーカラー合成

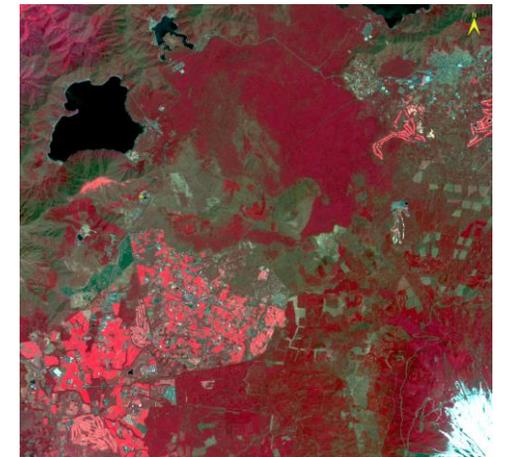
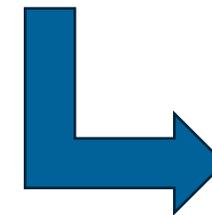
- 衛星データは様々な波長帯で収集されている。
- 個々のデータはシングルバンドのグレースケール・データであるが、ENVIはそれらにRGBの色を付加し、合成として表示することができる。
- 青色波長帯で取得されたデータには青色チャンネルを、緑色波長帯で取得されたデータには緑色チャンネルを、赤色波長帯で取得されたデータには赤色チャンネルを適用することで、人間の目で見たような画像を作成することができます。
  - これをトゥルーカラー合成という。



IKONOS, JSI

# RGBコンポジット: フォールスカラー合成

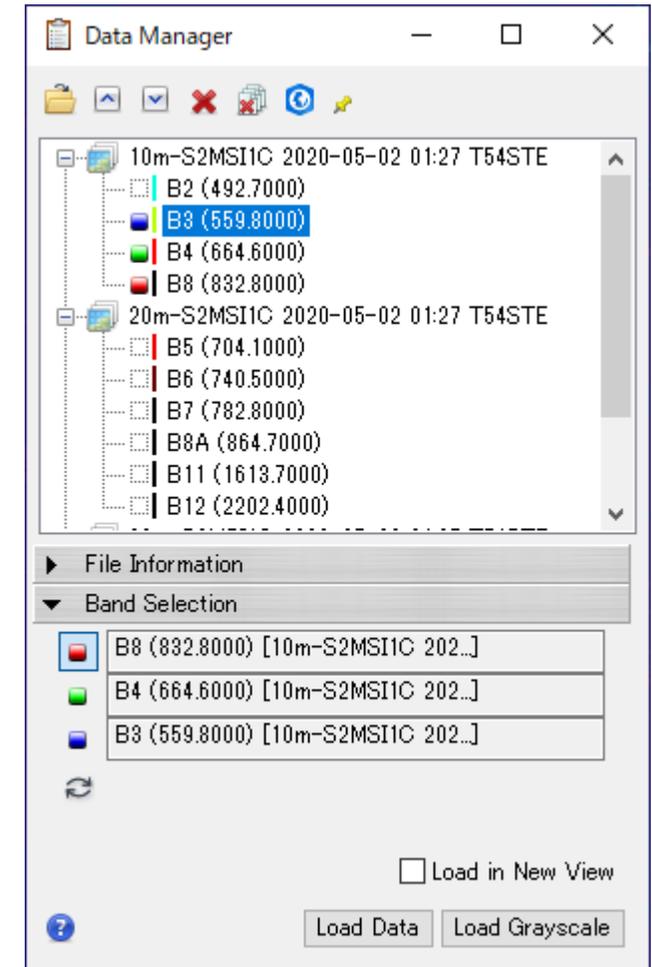
- 同様に、カラー合成を適切なものに変更することで、特定の波長における反射の強さを強調することができる。
- 緑色の波長帯で取得したデータに青色のチャンネルを、赤色の波長帯で取得したデータに緑色のチャンネルを、近赤外線の波長帯で取得したデータに赤色のチャンネルを適用すると、植生が強調された画像が得られる。
  - これをフォールスカラー合成と呼ぶ
  - これは植生が近赤外域で強い反射特性を持つことを利用している



# RGBコンポジット：演習

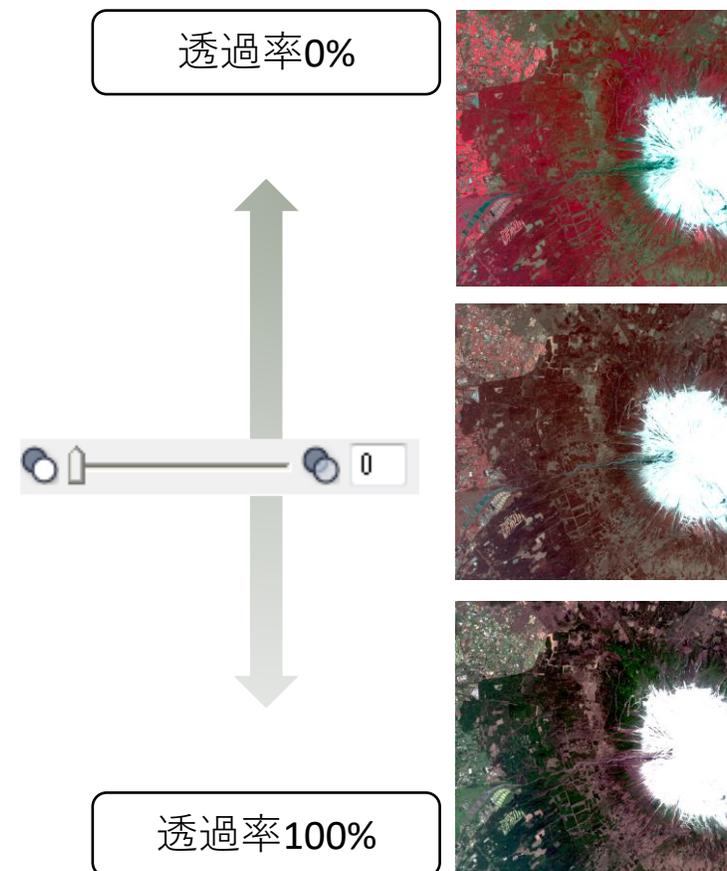
1. メインメニュー → File → Data Manager を選択します。
2. Data Manager ダイアログ → [RGB に該当するBand を選択] → Band Selection タグを展開し、RGB コンポジットを確認します。
3. 組み合わせが決まったら、「Load Data」ボタンをクリックして画像を表示してください。

演習ではフォールスカラーを作成する  
青: Band3 / 緑: Band4 / 赤: Band8



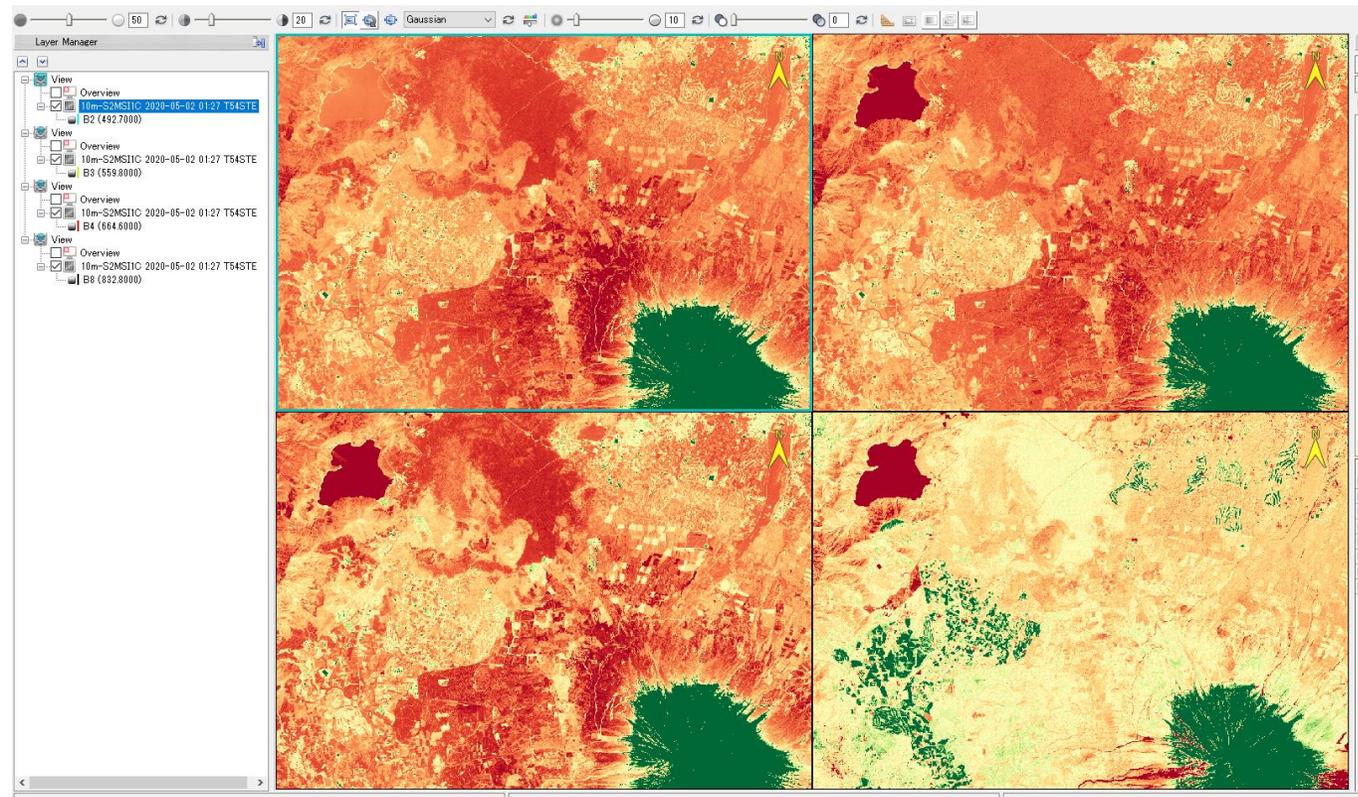
作成されたフォールスカラー画像と、トゥルーカラー画像を比較します。

- レイヤマネージャのShow/Hideチェックを切り替える
- 透過率を変更したいレイヤをレイヤマネージャで左クリックした後、ツールバーのTransparencyバーを変更する
- Viewを分割し、互いにリンクさせる（後述）



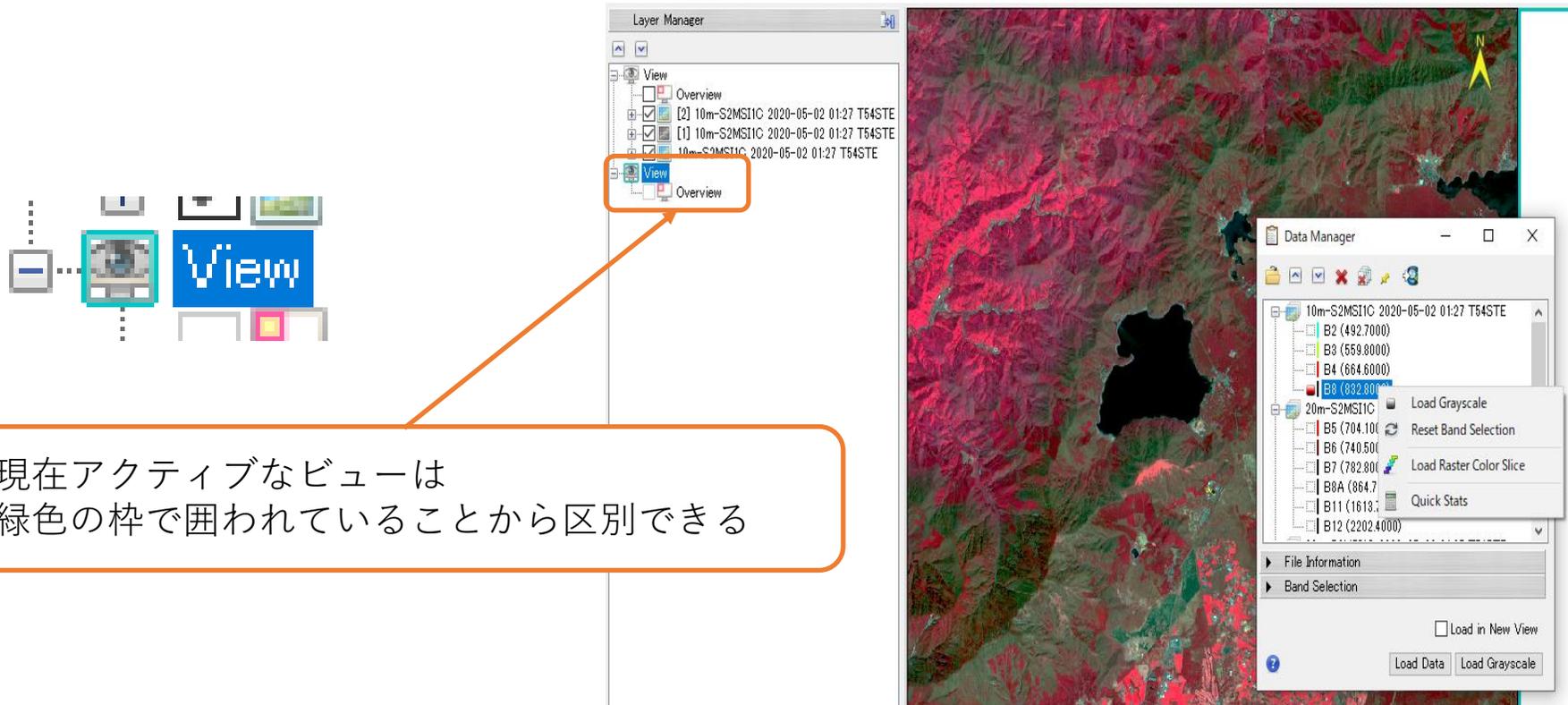
# 複数のビューと画像のリンク

- ENVI のインターフェースでは、複数のビューを用いて同時に画像を表示し、リンクすることができます。
- 画像をリンクさせることで、表示しているデータを効率的に比較します。



# 複数のビューと画像のリンク: 演習

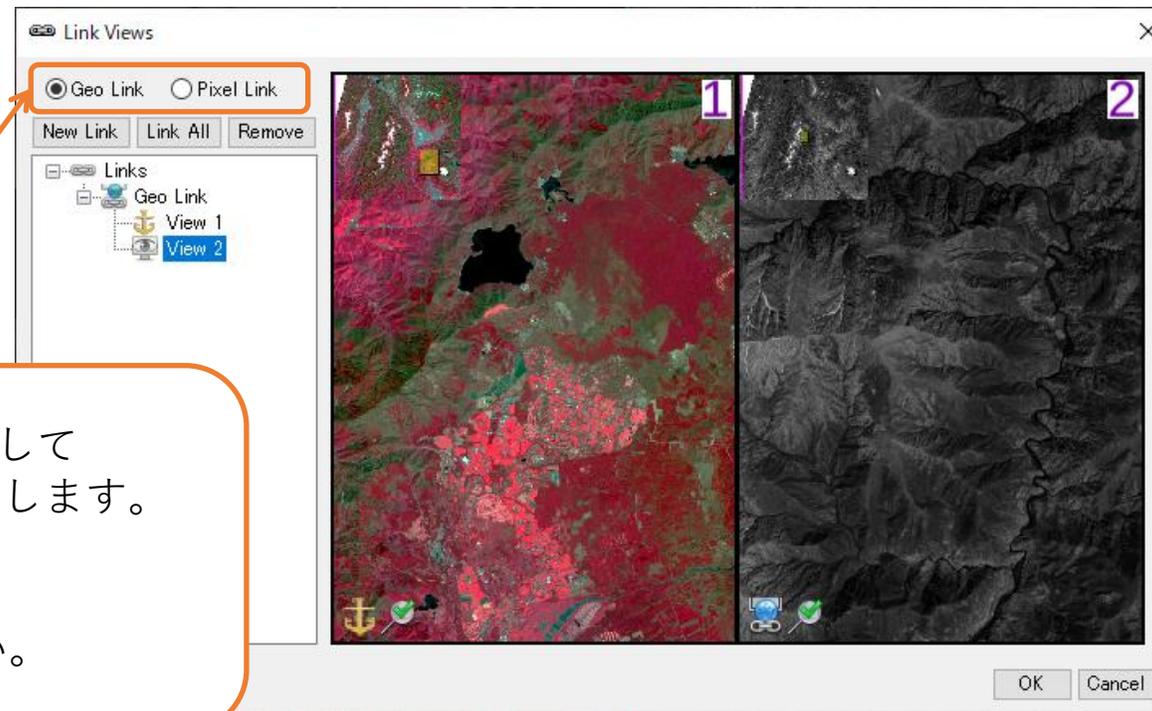
1. メニュー → Views → Create New View を選択し、画像の表示エリアが二つに分割されたことを確認してください。
2. レイヤーマネージャ → 新しく作成されたView をクリックしてください。
3. Data Manager → Band4 を右クリック → Load Grayscale を選択してください。



# 複数のビューと画像のリンク: 演習

4. 新しく作成されたViewの[Overview]へチェックを入れ、画像全体も確認してください。この時点では画像はリンクされていないため別の場所を表示しています。
5. View → Link Views を選択し、表示した二枚の画像のリンクを行います。
6. Link Views ダイアログ → <Link ALL> → <OK> をクリックし、リンクを実行し、比較します。

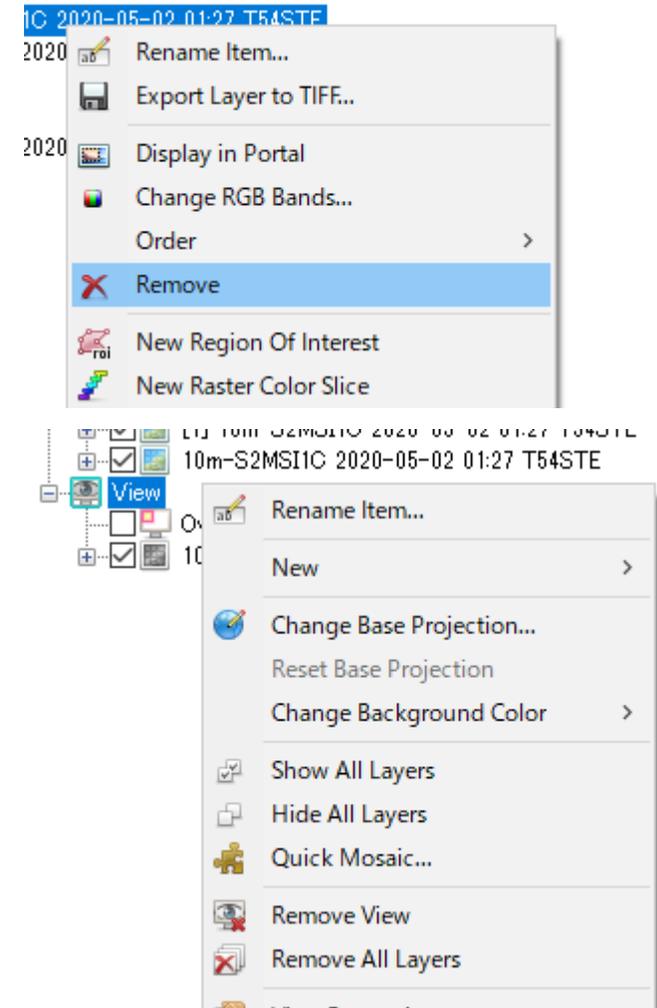
この演習では地理情報を利用してリンクを行う[Geo Link]を選択します。ピクセルポジションを利用してリンクを行う場合は、[Pixel Link]を選択してください。



# 画像を閉じる

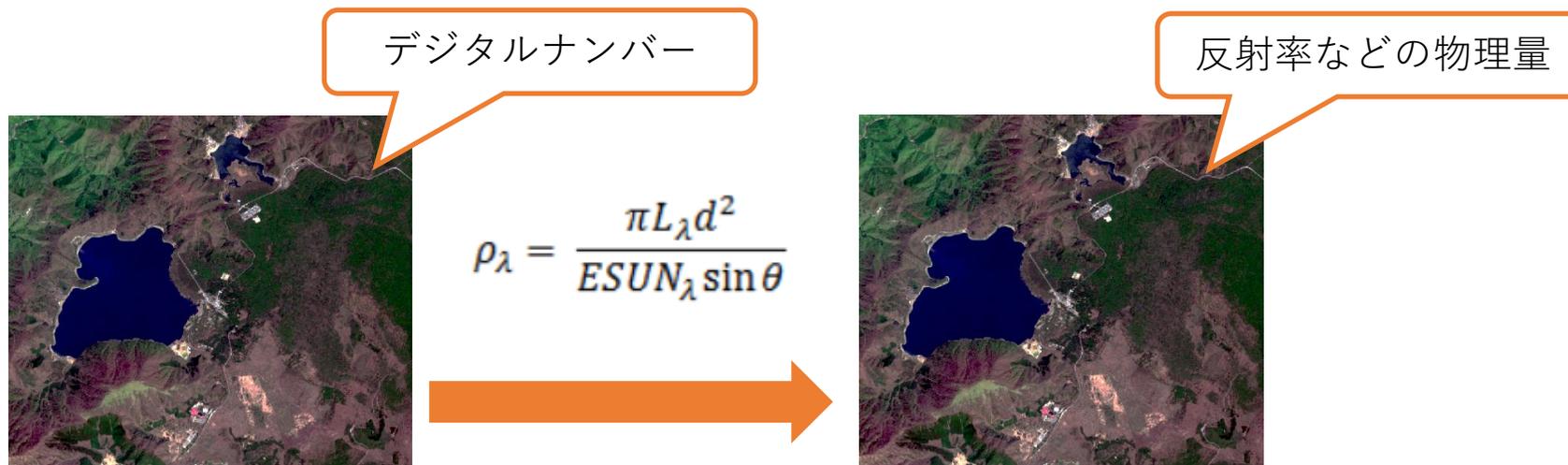
- 表示している画像を閉じ、必要がなくなった View を閉じることが出来ます。
  - 個々のレイヤはレイヤを右クリックし、Removeで閉じます
  - Viewを削除する場合はViewを右クリックし、Remove Viewを選択します
  - Viewは残したまま、Viewにあるレイヤを削除するには Remove All Layersを選択します。

- ✓ Layer Managerから削除してもData Managerにはデータが残ります。
- ✓ 必要のないファイルを閉じる場合は、Data Manager から該当ファイルを右クリック → Close File を選択してください。



# ENVIによる解析

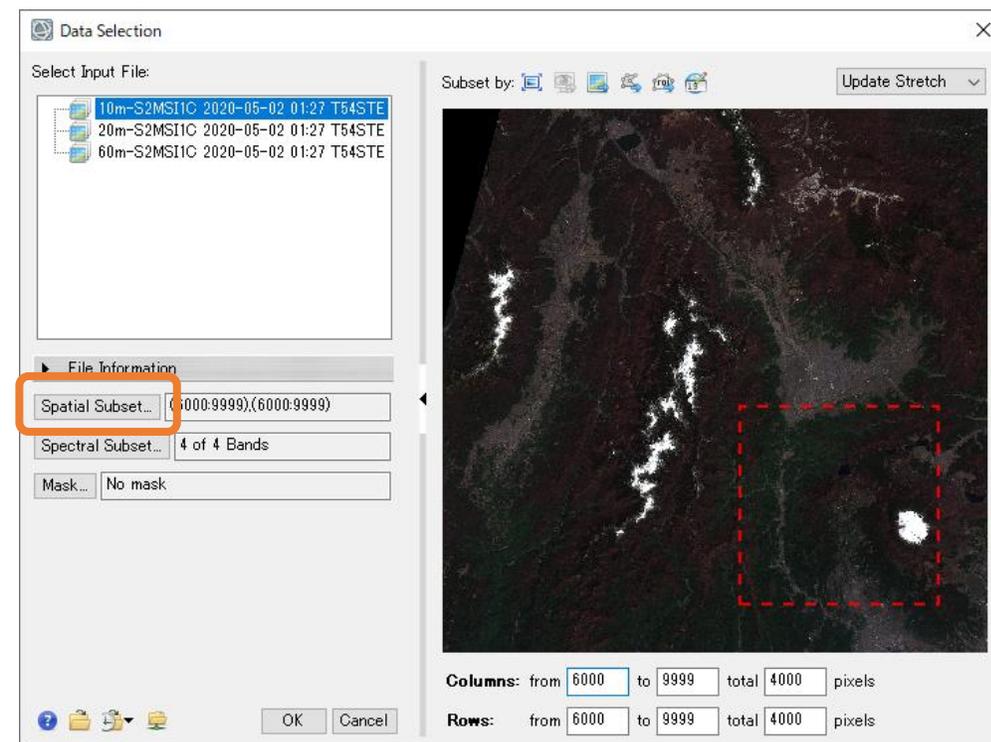
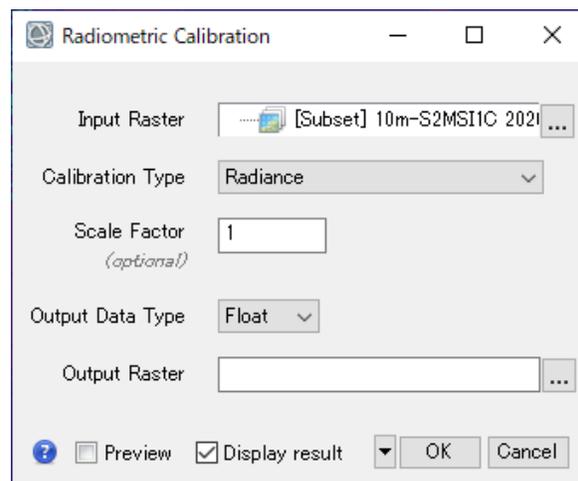
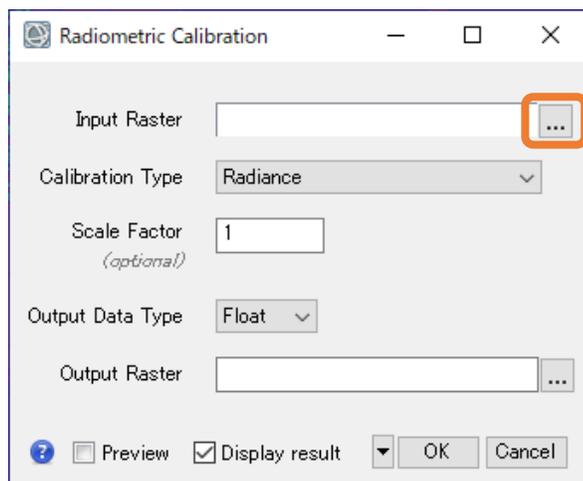
- 一般に配布されているデータは反射された光の強さが記録されています。
  - この状態で記録されている値を、デジタルナンバーと呼びます。
- デジタルナンバーは変換係数を使用して放射輝度や反射率といった物理量に変換することができます。
  - この操作をキャリブレーションと呼びます。



- ENVIがこのキャリブレーションをサポートする衛星は以下にまとめられています  
<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/RadiometricCalibration.html>
- この他にも、プログラムによって独自のキャリブレーションを追加することも可能です。

# キャリブレーション: 演習

1. ツールボックスの検索フィールドへ「radio」と入力し Radiometric Calibration をダブルクリックして起動させてください。
2. Input RasterのBrowseボタンを押下し、ファイル選択ダイアログで「10m-S2MSI1C 2020-05-02 01:27 T54STE」を選択し、<Spatial Subset>をクリックしてください。
3. Spatial Subset ダイアログでは、画像の処理範囲を設定します。以下のパラメータを入力し、<OK>をクリックしてください。
4. Input Rasterに[Subset]と付加されたデータが登録されることを確認してください。

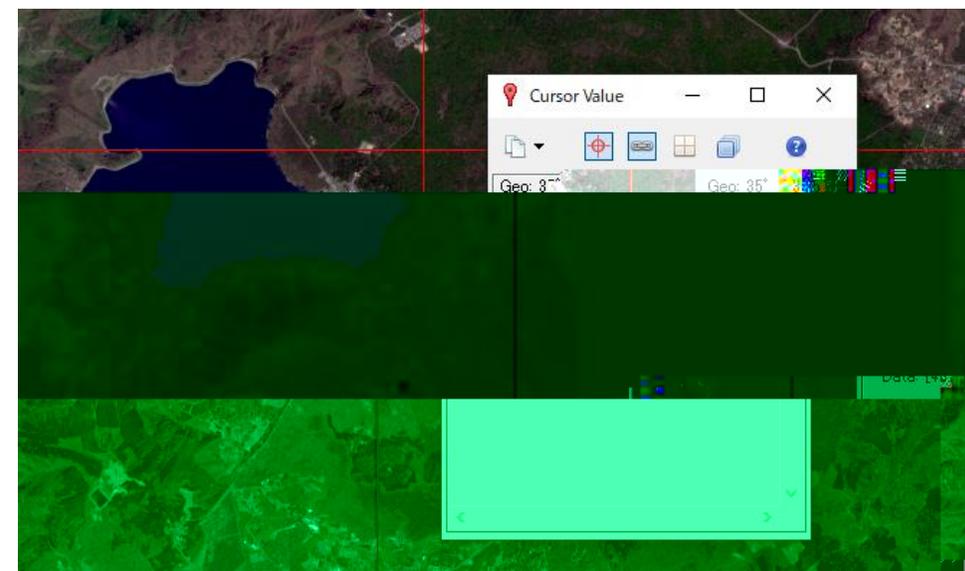
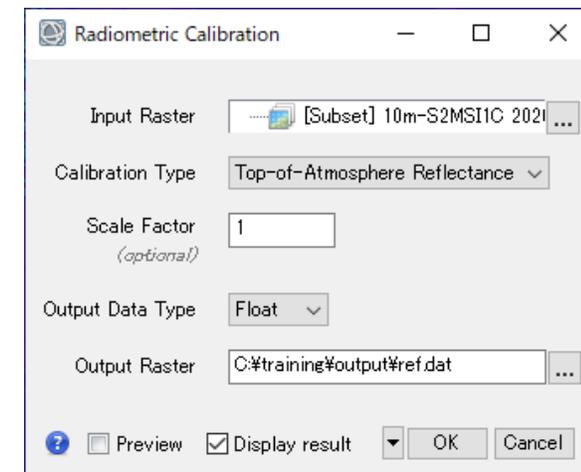


**Columns: from 6000 to 9999**  
**Rows: from 6000 to 9999**

5. 以下のパラメータ設定に更新し、OKボタンでファイル出力してください。

**Calibration Type: Top-of-Atmospheric Reflectance**  
**Scale Factor: 1.0**  
**Output Data Type: Float**  
**出力ファイル名: ref.dat**

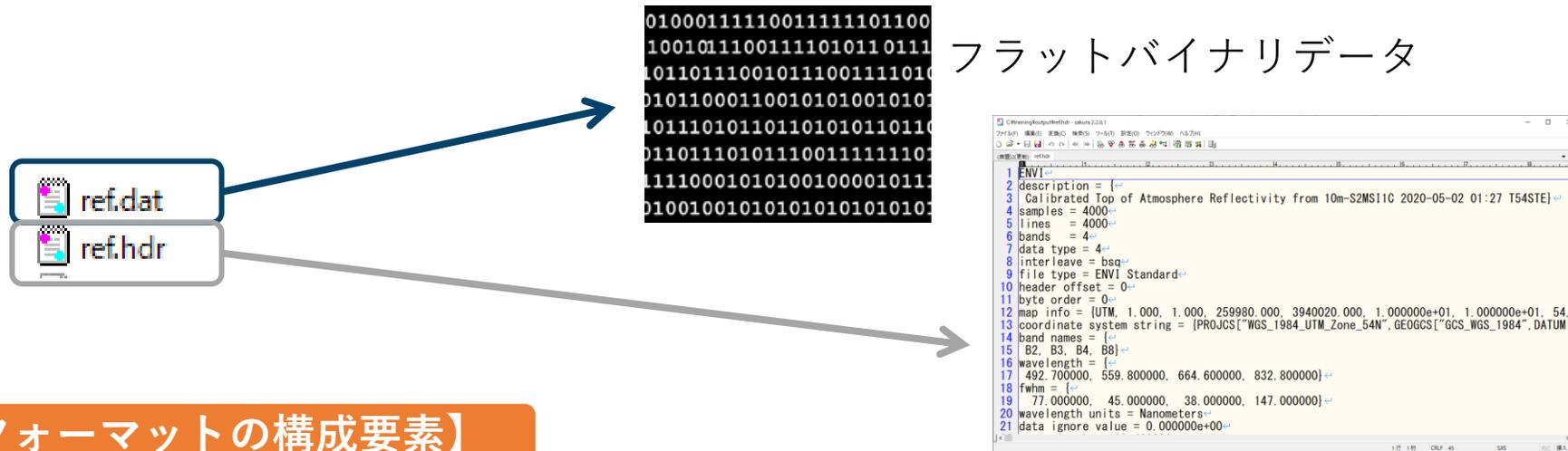
6. Cursor valueツールを使用し、出力された結果のピクセル値が0.0から1.0の間で登録されていることを確認してください。
- 反射率は0.0から1.0で定義された光の反射の強さを示す物理量です。



# 出力ファイルの確認: ENVI形式とは

ENVI フォーマット(ENVI から作成されるファイル)は、単純なラスタフォーマットのデータです。

- このフォーマットはバイト型で形成され、フラットバイナリファイルと呼ばれるデータフォーマットです。
- このフォーマットは画像以外のデータが含まれないため、ENVI はENVI ヘッダファイル (ENVI Header File : \*.hdr ) というASCII ファイルを作成し、そこに画像を読み込むためのパラメータ情報を記録します。

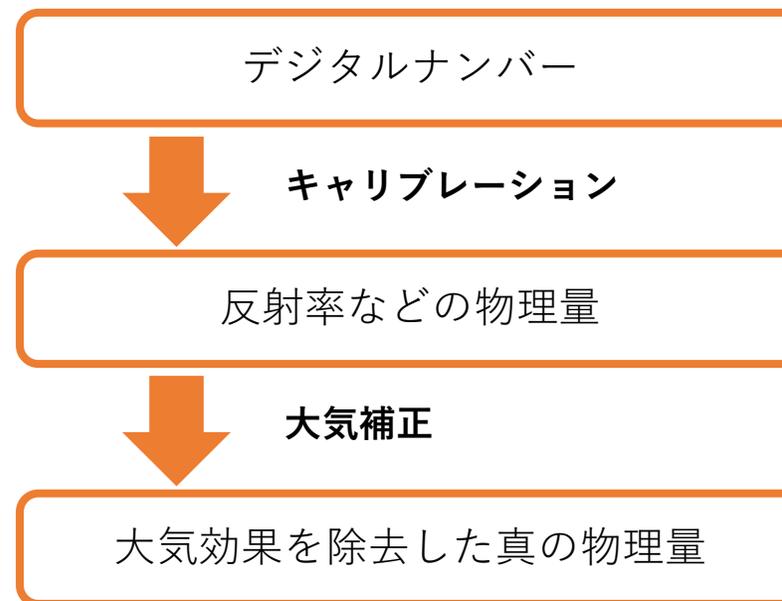
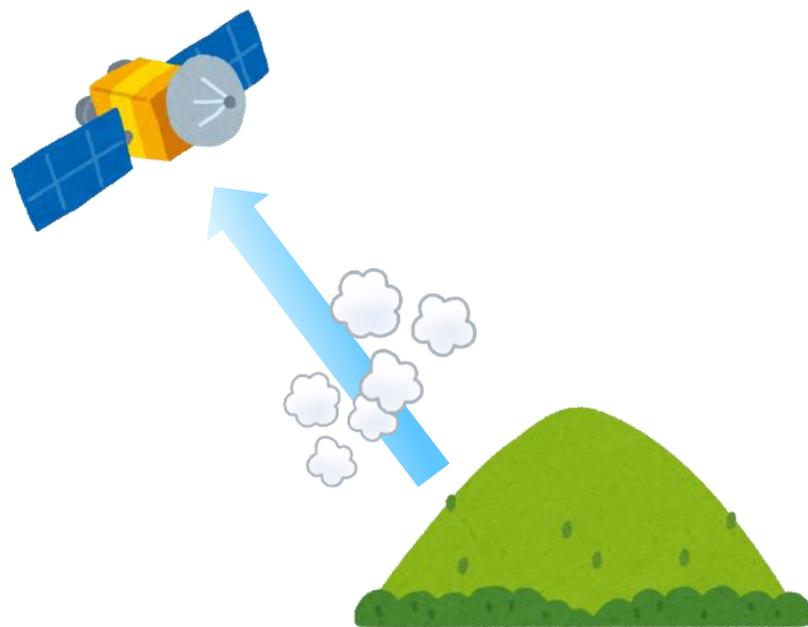


## 【ENVIフォーマットの構成要素】

- 拡張子なしまたは.dat形式のフラットバイナリデータ
- .hdr形式の関連情報を書き込んだASCIIファイル

ASCII ファイル

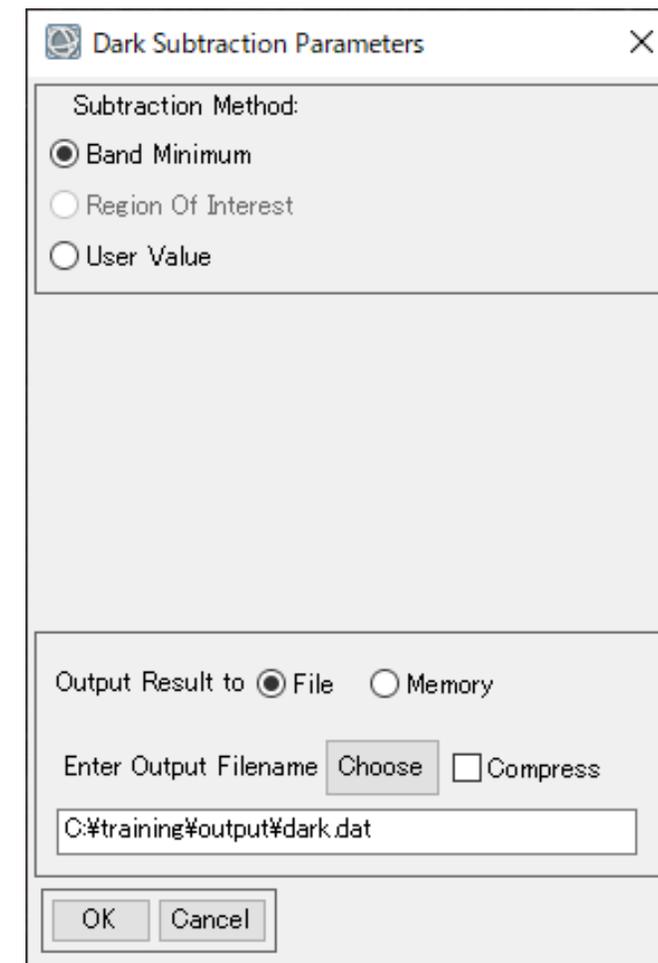
- 衛星センサは大気を通して地表を観測しているため、大気中の水蒸気や細かい粒子の影響を受けています。
- 衛星画像データを定量的に解析するためには、この大気効果を除去して真の地表反射率を求める必要があります。
  - ここでは、ENVIの標準機能に含まれている散乱や、もやの影響を除去する「Dark Subtraction」という手法を使用し、大気の影響を簡易的に除去する補正を行います。



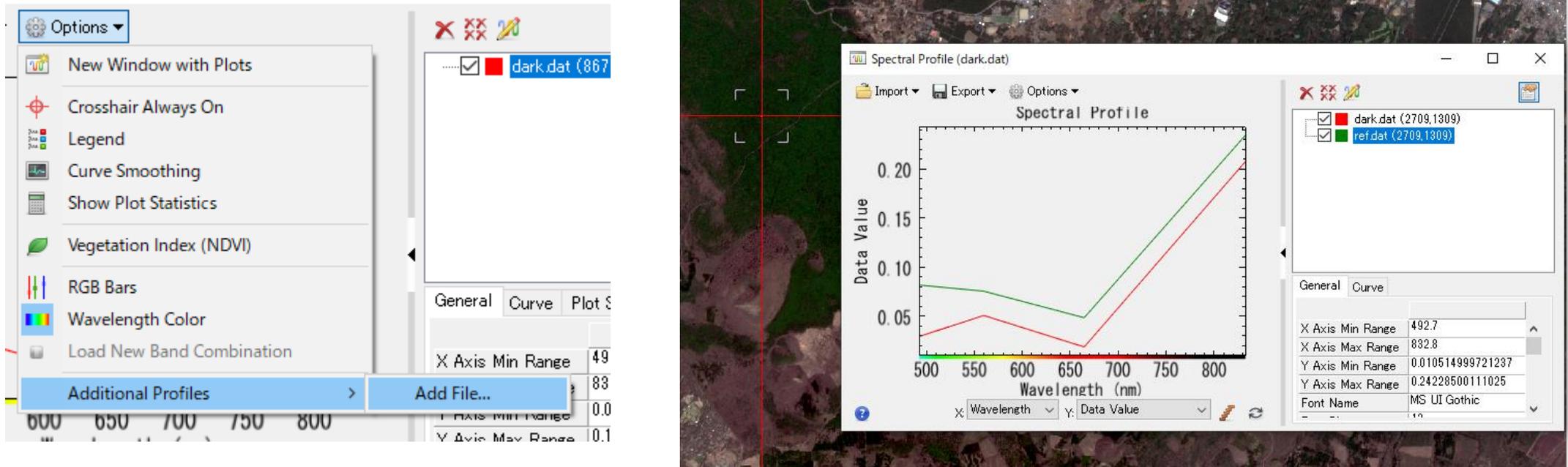
1. ツールボックスの検索フィールドへ「dark」と入力し Dark Subtraction を選択してください。
2. ファイルの選択ダイアログでは、「ref.dat」を選択します。Dark Subtraction のパラメータ設定ウィンドウでは、以下の設定を行って下さい。
3. 処理終了後、レイヤーマネージャへ「dark.dat」が追加されていることを確認してください。

**Subtraction Method: Band Minimum**  
**Output Result to: File**  
**Enter Output Filename: dark.dat**

ダークサブトラクションとは、各バンドから指定した値を一律で差し引くという手法です。これは、本来反射がないと考えられる部分(陰)からオフセットを計算しています。差し引く値にバンド毎の最小値を指定すると、処理の結果各バンドの最小値が0になります (Band Minimum)。

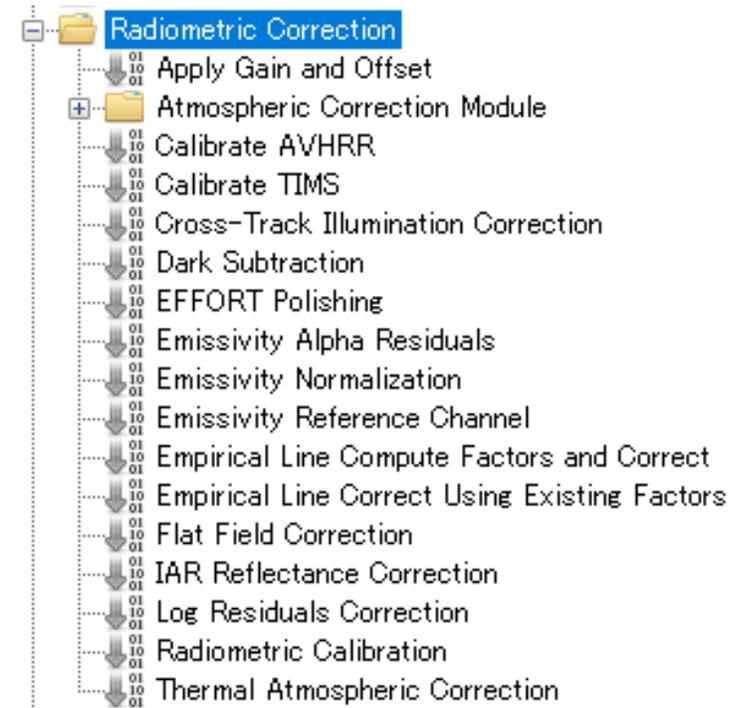


4. 処理前の画像「ref.dat」と大気補正後の画像「dark.dat」のスペクトルの違いを確認します。Spectral Profileツールを選択し Options → Additional Profiles → Add File で「ref.dat」を選択して追加を行ってください。



Dark Subtractionによって各バンドの最小値が0になるように減算されているため、darkのほうがrefよりも値が低い

- ENVI に標準機能に含まれる、キャリブレーションや大気補正のツールはENVI ツールボックスの「Radiometric Correction」フォルダに含まれます。
  - Dark Subtraction
  - Flat Field
  - Empirical Line
  - Internal Average Reflectance
- 一般的に大気補正は、研究所やフィールドより得られたグラントルースのスペクトルデータに基づいて計算されます。



<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/atmosphericcorrection.html>

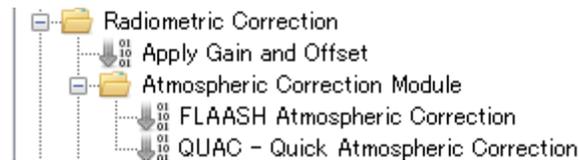
## 大気補正に関する追加機能を提供するオプションモジュール

### FLAASH

- Spectral Sciences, Inc. (SSI)、Air Force Research Labs (AFRL)および米国本社の3社で開発された、MODTRAN6ベースの大気補正ツールです。
- スペクトルの水分吸収帯の情報から水蒸気量を算定し、反射率に変換します。
- ENVI5.7から大幅なアップデートが行われ、UIが更新されました。

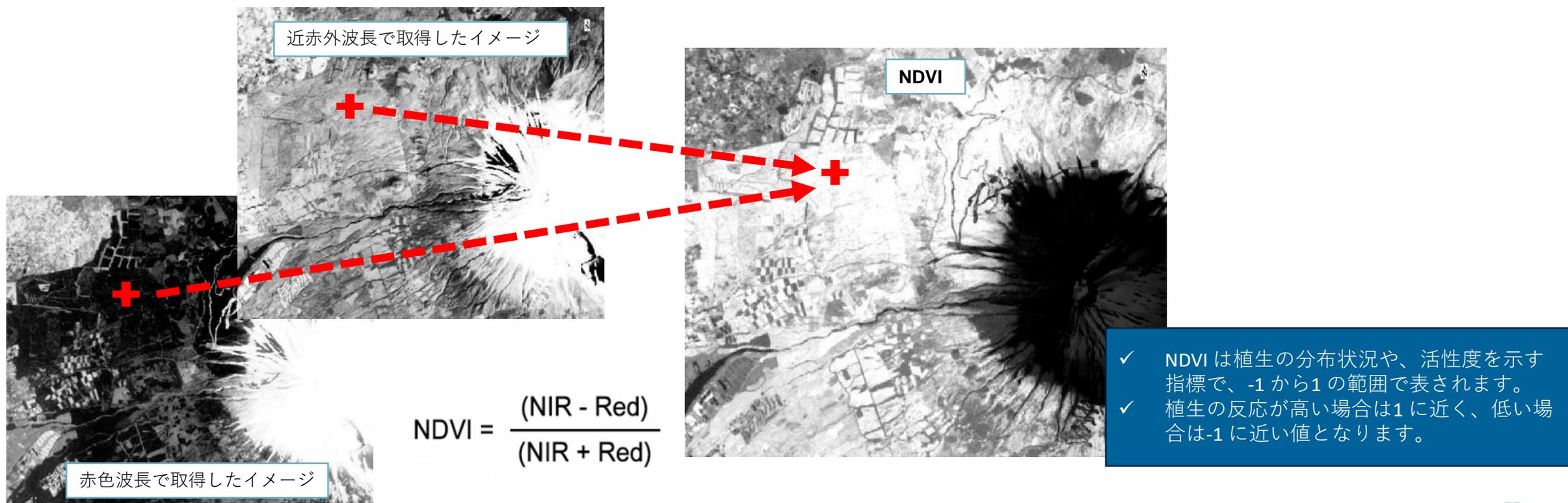
### QUAC

- マルチバンド（ハイパースペクトルも含む）、大気補正を簡易的にこなうツールです。
- 放射輝度への変換などの前処理が必要ないため、操作が簡単です。
- 高解像度のマルチバンド画像においてよく使用されています。



<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/AboutAtmosphericCorrectionModule.html>

- 同じファイルのバンド間で演算を行い、新たなファイルを作成します。
- 一般的に知られている数式や係数を与えることで、NDVI（植生指標）など、リモートセンシング画像を解析する上で便利な解析結果を求めることが可能です。

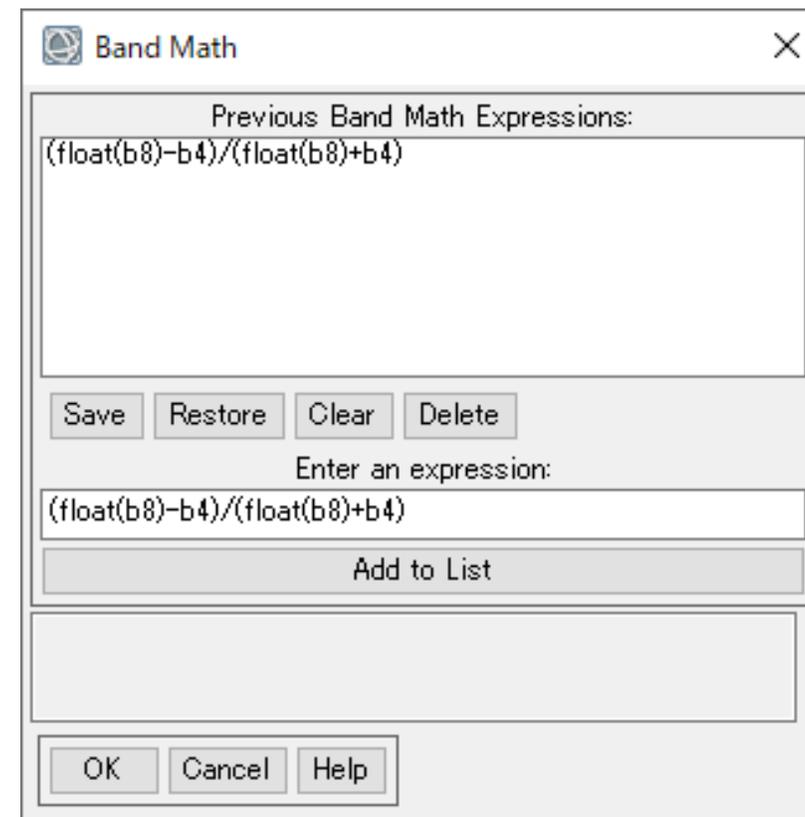


# BAND MATH: 演習

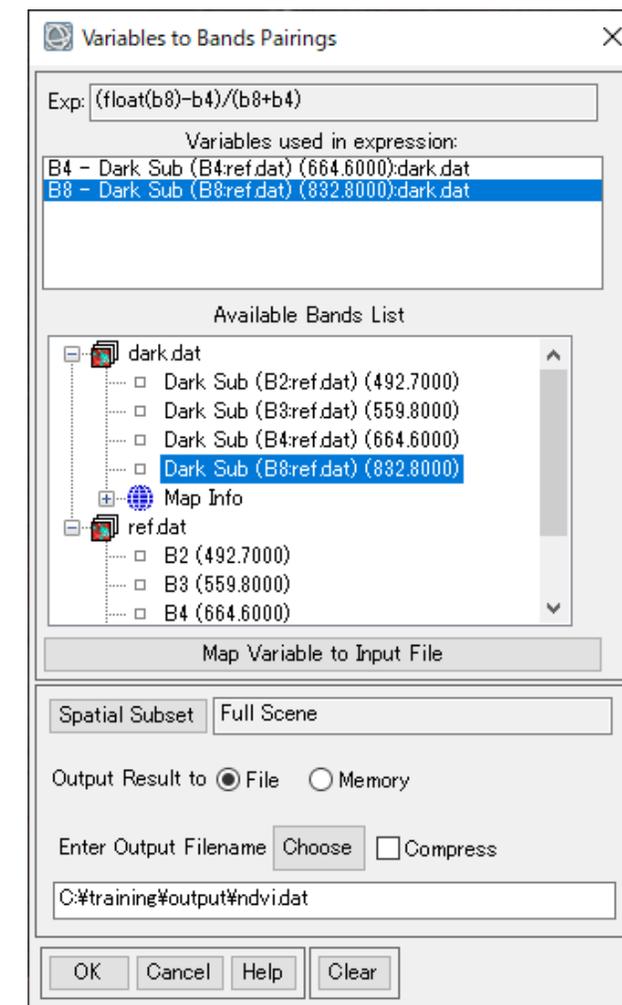
1. 大気補正結果である「dark.dat」が開かれていることを確認します。
2. ツールボックス → 検索フィールドへ「band」と入力してください → Band Math を選択し、起動させてください。
3. Band Math ダイアログが表示されます。Enter an expression へ以下の式を入力 → <Add to List> をクリック → <OK> をクリックしてください。

$$(\text{float}(b8) - b4) / (\text{float}(b8) + b4)$$

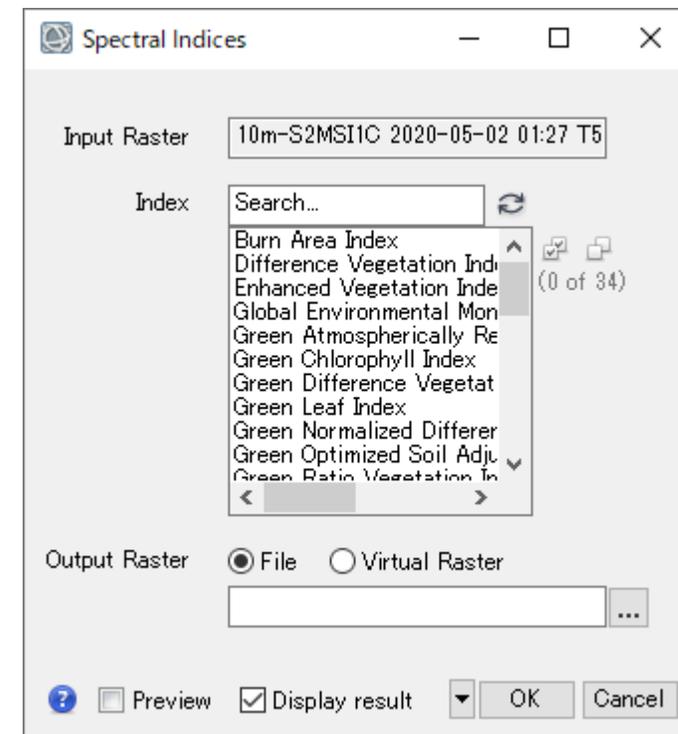
- ✓ 使用する変数は**b**始まりで定義します
- ✓ 型が一番大きいものに併せて計算されるため、元のデータ型に応じて型変換(キャスト)することが必要です。
  - 整数しか扱えないBYTEやINTEGERでは、商に含まれる小数点以下が切り捨てられることがあります。
  - 例えば0から255からしか扱えないBYTE型では、和差積がこの範囲から外れると、値が壊れます。



4. Variable to Bands Pairings ダイアログが表示されます。変数、B4 とB8 にどのファイルのバンドを使用するか設定を行います。
5. Variable used in expression フィールドのB4 に「dark.dat」の664 $\mu$ mで取得されたB4由来のバンドを選択してください。
6. Variable used in expression フィールドのB8 に「dark.dat」の832 $\mu$ mで取得されたB8由来のバンドを選択してください。
7. Output Result to を「File」にし、ファイル名を「ndvi.dat」に設定し、「OK」ボタンをクリックして処理を実行してください。
8. 表示された結果のピクセル値が-1.0から1.0で定義されており、植生の多い場所で1に近いことをCursor Valueツール等で確認してください。



- 本処理では、演習のためNDVIの算出は手動で行いましたが、ENVIにはツールボックスのSpectral → Vegetation フォルダ内に簡単にNDVIを算出するツールが用意されています。
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/NDVI.html>
- そのほか、Band Algebra→Spectral Indicesでは複数の指標演算の計算をサポートしています。
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/spectralindices.html>
- ENVIがサポートする指標演算の一覧は以下から確認できます。
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/alphabeticallistspectralindices.html>
  - ここに含まれていないものや、独自の指標を計算する場合にはBAND MATHツールを使用します。



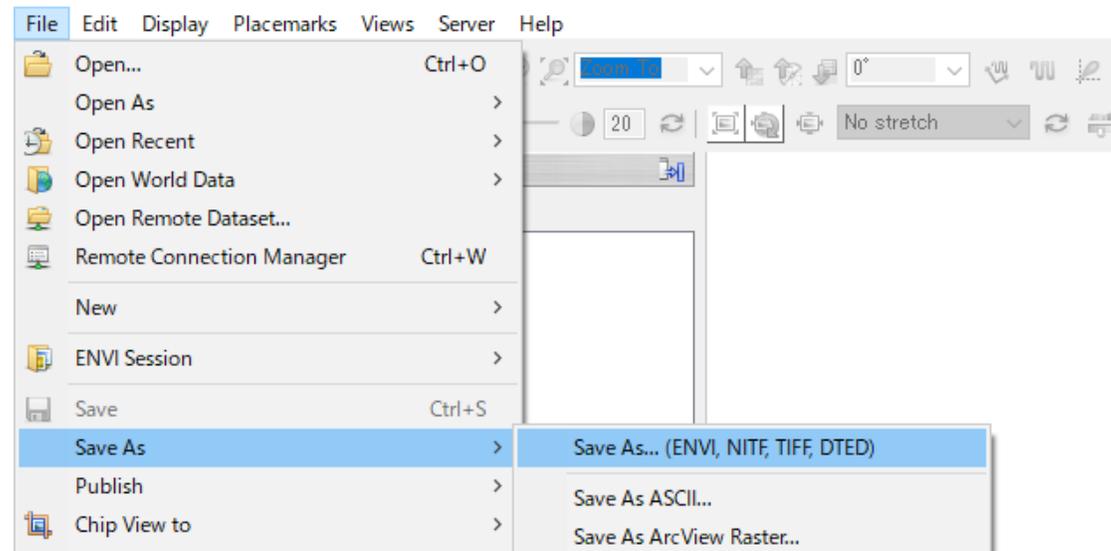
Spectral Indices ツール

# TIFF形式への変換

これまでの処理ではENVI形式のファイルが出力されてきました。

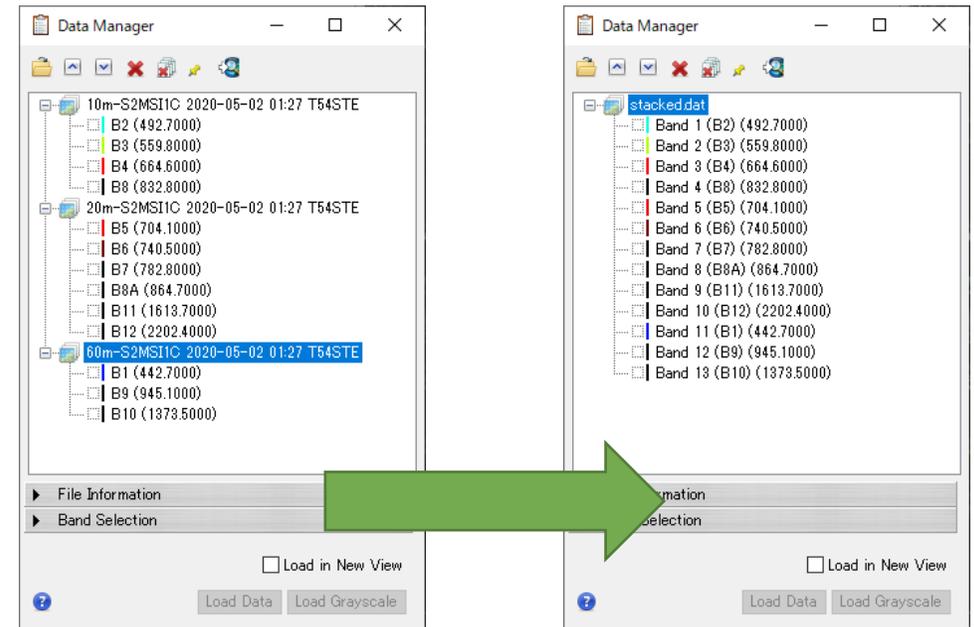
別の画像処理ソフトやプログラミング言語などで扱えるGeoTiff形式に変換する方法を紹介します。

1. メニュー → File → Save As → Save As...(ENVI, NITF, TIFF, DTED)を選択してください。
2. Select Input File ダイアログ → 「ndvi.dat」を選択 → <OK>をクリックしてください。
3. Save File As Parameters でファイル形式を[TIFF] → 出力ファイル名に「ndvi.tif」を設定 → <OK>をクリックしてください。
4. 出力ファイルがレイヤーマネージャへ追加されたことを確認してください。



# レイヤスタック

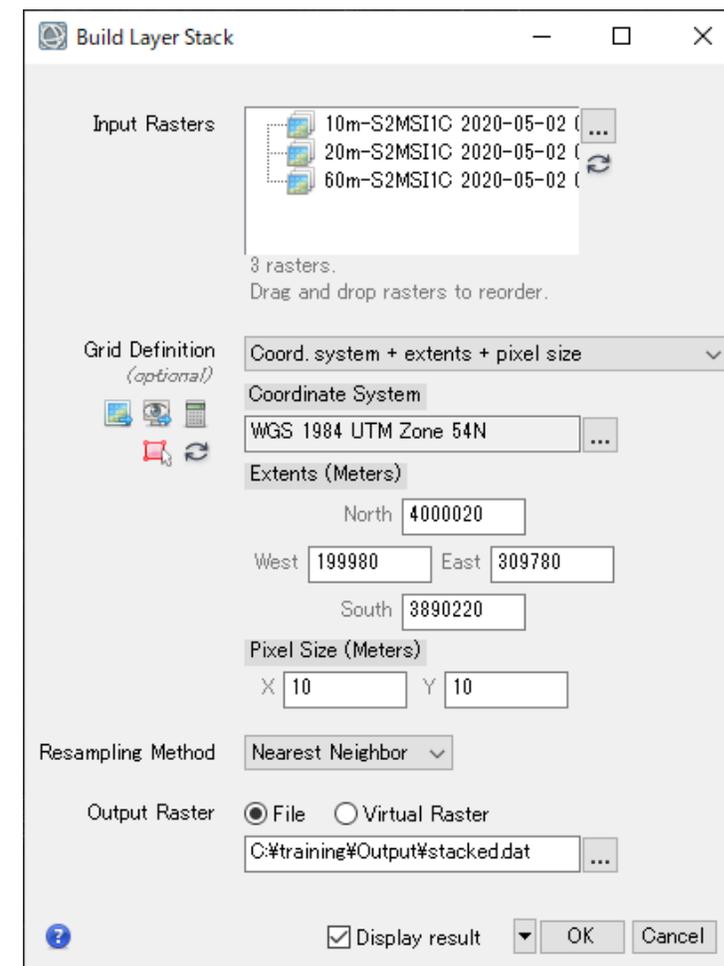
- Sentinel-2やLandsat-8のような解像度の異なるデータは、ENVIで読み込んだ際にそれぞれ別のバンドグループで管理されます。
- これらのデータをまとめて一つのラスタデータとして扱うためにはレイヤスタック機能を使用します。
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/LayerStacking.html>
  - こうすることで、たとえばSentinel-2で、MNDWI(修正正規化水指数)のような緑(Band3: 10m解像度)と短波赤外(Band11: 20m解像度)の波長帯を使用した指標値計算がBand Mathツールなどから行えるようになります。



# レイヤスタック: 演習

1. ツールボックスのRaster Management/Build Layer Stackを選択し、起動させてください。
2. Build Layer Stackダイアログが表示されます。以下の設定を入力し、OKボタンで処理を実行してください。
3. Data ManagerやView Metadataで結果のメタ情報を確認してください。

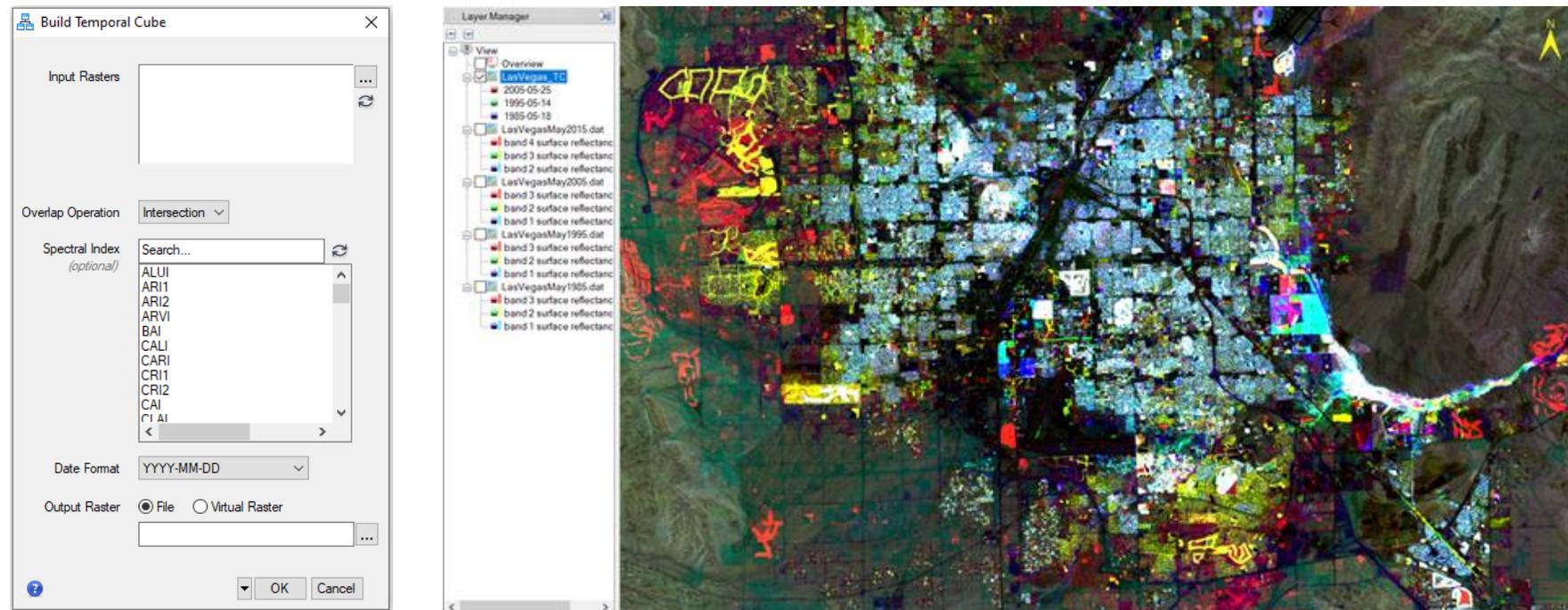
- ✓ Input Rastersには10m, 20mおよび60mのSentinel-2データをそれぞれ設定します。順番は先頭に10mのものが来るように設定して下さい。
- ✓ Grid Definitionは先頭データに依存します。明示的に10mになるようにFrom Datasetボタン  から10mのデータのメタ情報で登録してください。
- ✓ Resampling処理はデフォルトのNearest Neighborのままとします
- ✓ Output RasterはFileボタンに出力設定を併せ、ファイル名は「stacked.dat」とします。



# 機能紹介: TEMPORAL DATA CUBE ツール

ENVI 5.6.3からTemporal Data Cubeという機能が追加されました。

- 同じ地域の異なる日付/時刻を表すバンドで構成されたラスタを構築することができるツールです。
- このツールの出力結果は、特定のエリアの時系列的な変化に注目した処理への利用が期待されます。

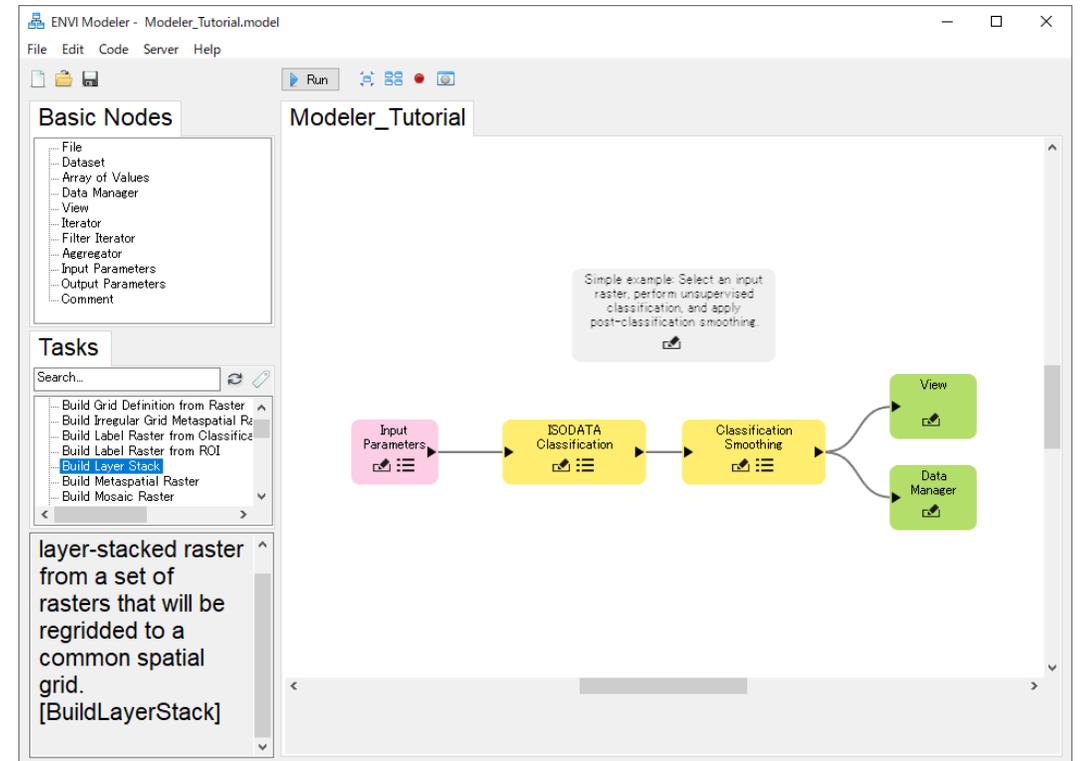


<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/WorkingWithTemporalCubes.html>

# 機能紹介: ENVI MODELER

ENVI Modeler はビジュアルプログラミングツールです。

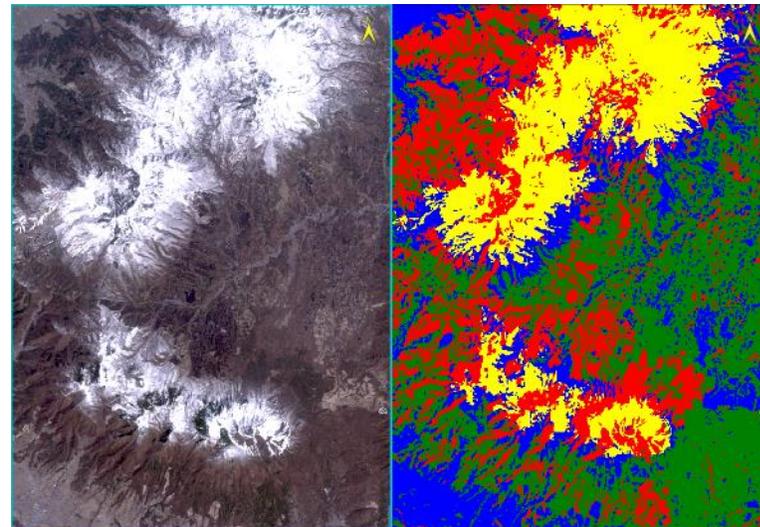
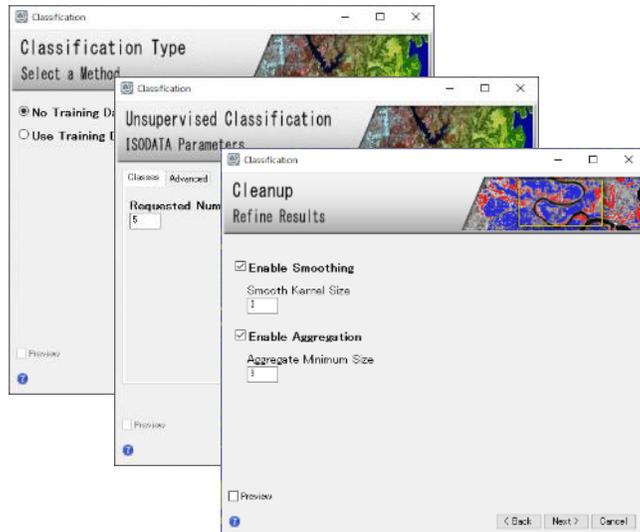
- この機能を使用することで、プログラミングすることなしにバッチ処理やカスタムワークフローを組み立てて実行することが可能です。
- ここまでで使用してきた個々のツールを組み合わせ、一連の処理としてひとつにまとめ上げることが可能です。
- 作成した機能はENVIのツールボックスに追加することができます。また、ENVIの作成元であるプログラミング言語のIDLや、Pythonといった言語のソースコードとして出力することが可能です。



<https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/VisualProgrammingENVIModeler.html>

# ワークフロー①: 分類処理

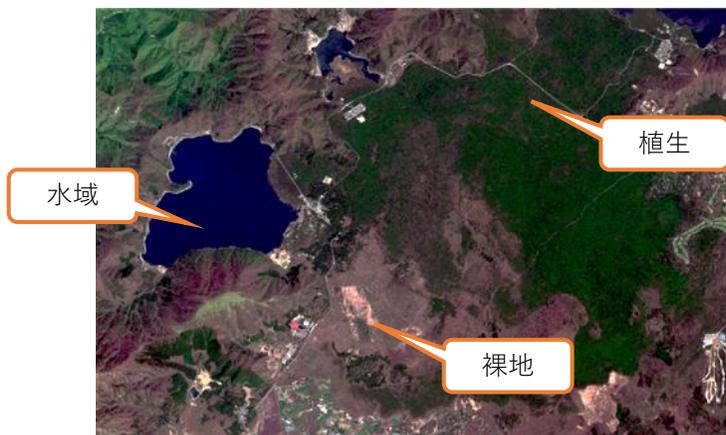
- ENVIは、操作ガイドに従って進めるだけで簡単に解析結果を導くことができるワークフロー機能を多数搭載しています。
  - 画像処理の専門知識が無くても、科学的根拠に基づいた解析結果を手軽に得ることができます。
- ワークフローに搭載されているプレビュー機能を利用することにより、データ全体へ解析処理を施す前に、設定したパラメータに基づく解析結果を部分的に表示できます。
  - パラメータの再調整などを行えるので、大容量のデータでも一度の処理で最適な解析結果を得ることが可能になります。



- ENVIでは、教師付き・教師なし分類を行うためのワークフローが用意されています。
  - この演習では教師付き分類を使用してENVIのワークフローを体験します。

## 教師付き分類

入力データと分類ラベルを  
セットで与えて分類させる方法



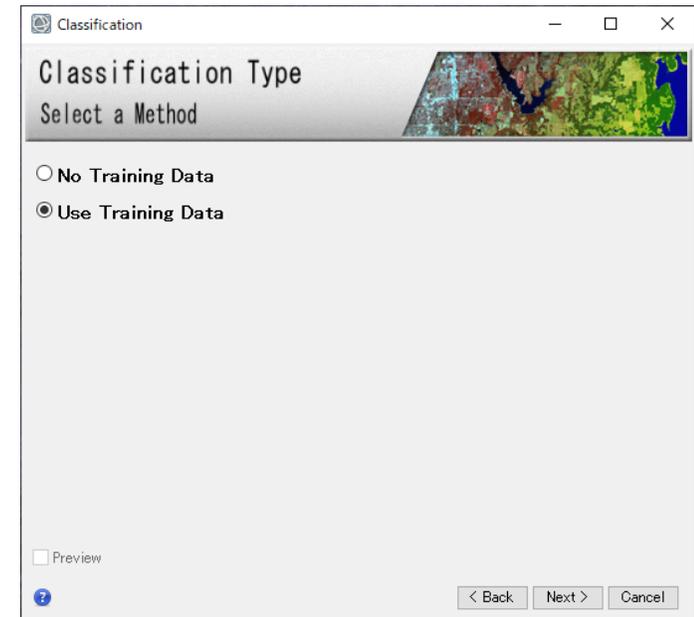
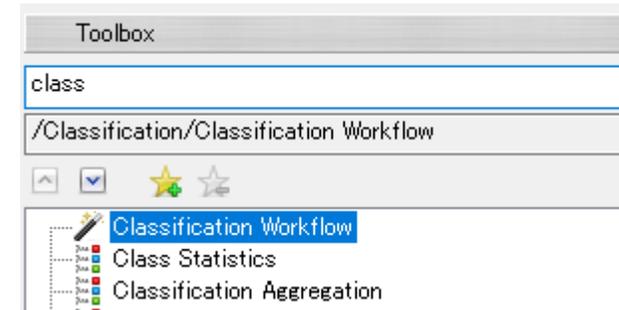
## 教師なし分類

入力データだけを設定して  
自動的に分類させる方法



自動で5通りに分類して

1. ツールボックス → 検索フィールドへ「class」と入力してください → Classification Workflow を選択し、起動させてください。
2. File Selection ダイアログが表示されます。<Browse>をクリック → 「dark.dat」を選択 → <OK>をクリックしてください。File Selection ダイアログの<Next>をクリックし、次の手順へと進んでください。
3. Classification Type ダイアログでは、[Use Training Data]を選択してください。No Training Data は教師なし分類を実施します。

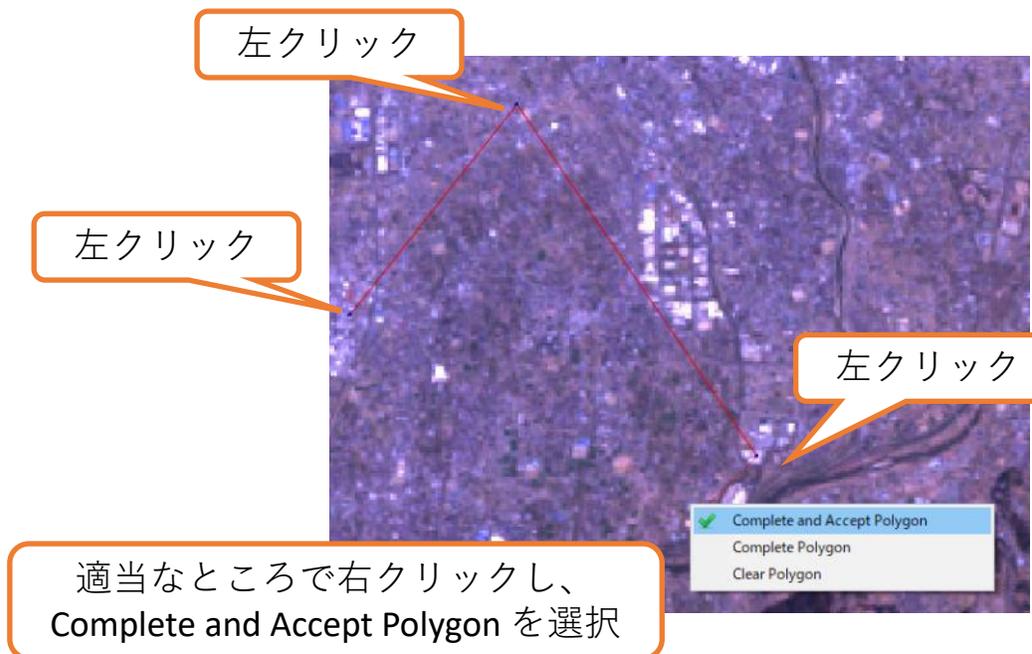


# 補足: トレーニングデータの作成方法

ポリゴンROIを使用してトレーニングデータを作成します。クリックで3つ以上の頂点を作成し、ポリゴンを確定する際は、右クリックのメニューからComplete and Accept Polygon を選択してください。

## 注意

- ✓ 押し間違えたなどの理由で操作をやり直したいの場合には、Clear Polygon を選択します。
- ✓ 一度Acceptされたポリゴンは、ワークフローのなかでキャンセルすることはできません。やり直すためには、改めてClassから作り直す必要があります。



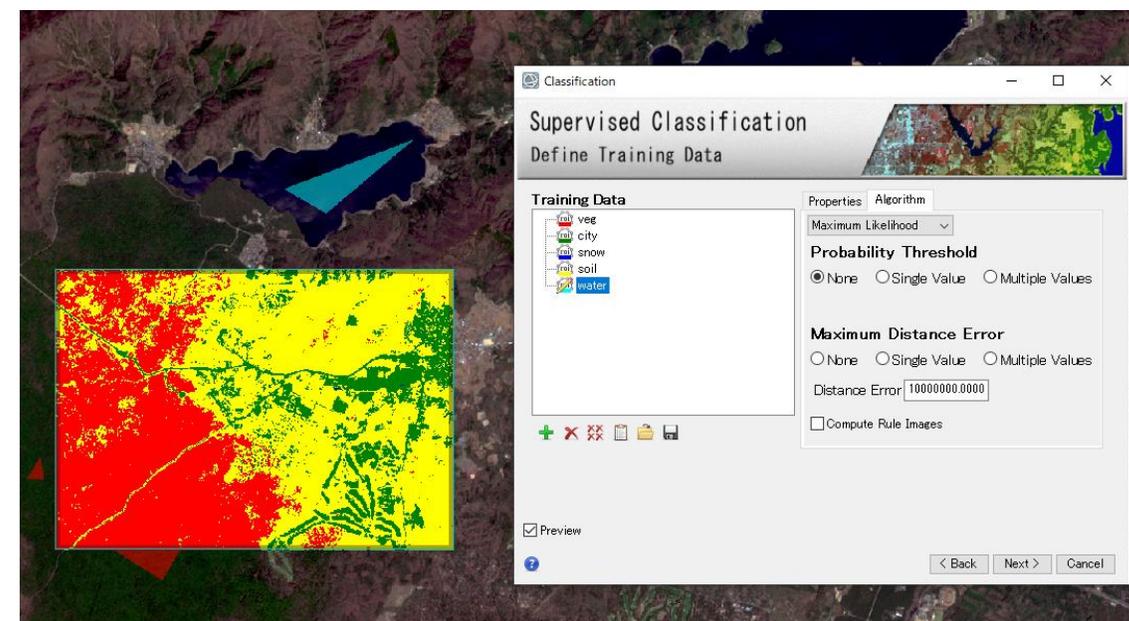
4. Define Training Data ダイアログでは、ポリゴンを使用してトレーニングデータを作成します。ポリゴンを作成するトレーニングデータを選択し、マウスカーソルが十字になっていることを確認してください。
- ✓ veg (植生)、city (街)、snow (雪)、soil (土壌)、water(水域)のトレーニングデータを画像から取得してください（ここでは、各データごとに3ポリゴンずつ作成してみます）。
  - ✓ プロパティでは、トレーニングデータの色の指定と名前の変更が行えます。

新たなクラスはここから追加できます

クラス名はここで変更し、Enterキーで確定できます。  
**(注意)**  
日本語といったマルチバイト文字は、クラス名に使用しないでください。

# 分類処理: PREVIEWとALGORITHMタブについて

- Previewを使用することで、分類処理の結果を一部表示することができます。
  - 結果を見ながら、教師データを取り直すなどの処理が可能です。
  - Preview範囲が広いと計算できないので、ズームインして範囲を狭くして下さい。
- Algorithmタブからは別のアルゴリズムやパラメータ変更を行うことが可能です。
  - 選択可能なアルゴリズムの背景については以下のURLをご参照ください
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/docs/Classification.html#ClassSupervised>



5. Refine Results ダイアログでは、ノイズ除去を行います。
- ✓ スムージングの値とアグリゲーションの値を調整し、ノイズのように細かく分類された箇所が無くなるように調整してください（ここではデフォルトの値で進めます）。
  - ✓ [Preview]へチェックを入れることで、処理の結果をその場で確認することが可能です。調整が終了しましたら、<Next>をクリックしてください。

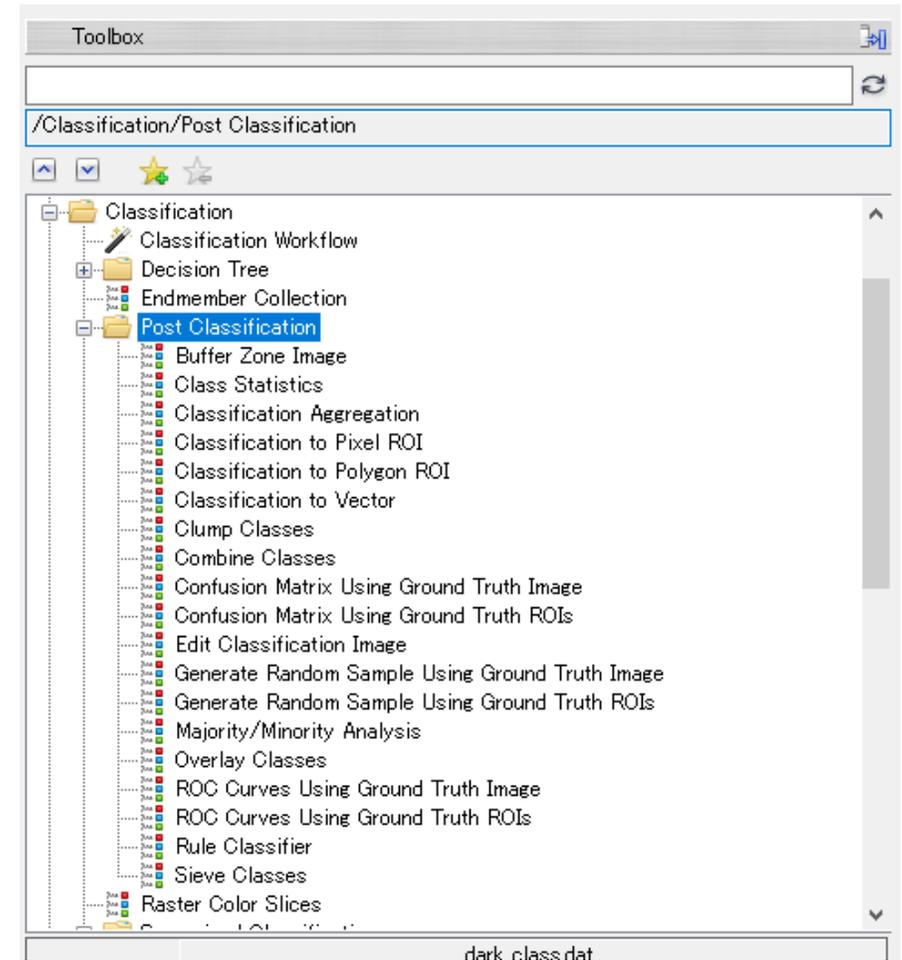


6. Save Result ダイアログでは、処理結果のラスタ及びベクタデータの出力先を指定します。チェックがついているものは出力されます。出力先と出力ファイル名を確認後、<Finish>をクリックしてください。
7. 処理が完了し、レイヤーマネージャにこれらの結果が追加されていることを確認してください。

項目	指定パス
Export Classification Image	C:¥training¥output¥dark_class.dat
Export Classification Vectors	C:¥training¥output¥dark_vectors.shp

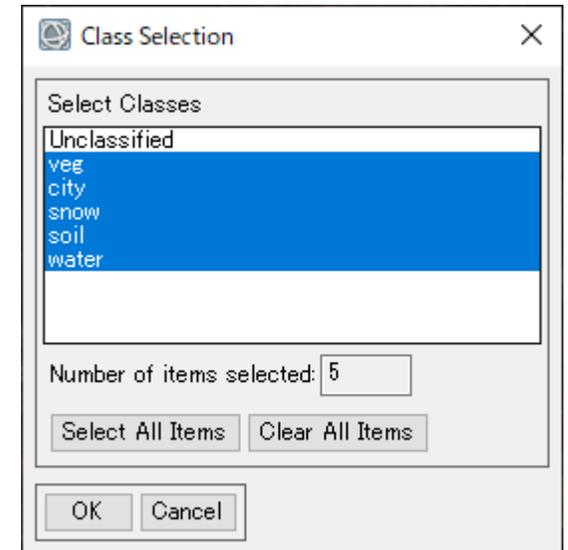
# 分類画像に対する後処理

- 出力結果は、「クラス画像」と呼ばれる分類データです。
- ENVIツールボックスの Classification > Post Classification配下には、こうした分類結果に対する様々な処理がまとめられています。
- 分類結果に対して修正を加えたり、分類結果を使用して分類元データに対して統計処理を実施することが可能です。
  - ここでは、統計処理のやり方を確認します。



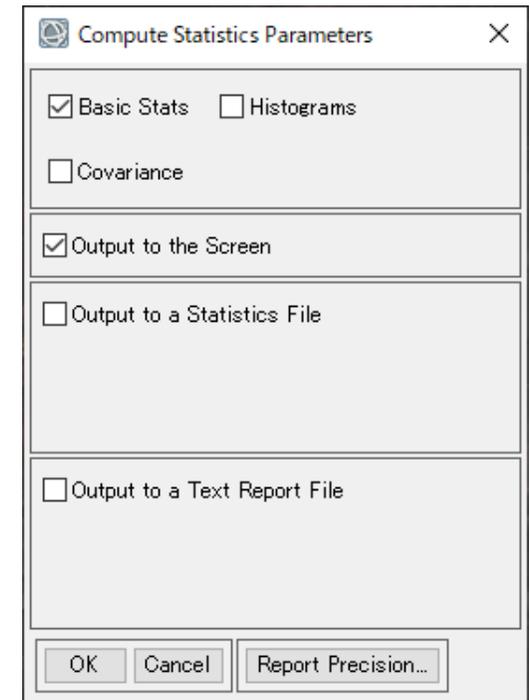
# クラス統計: 演習

1. ツールボックス Classification→Post Classification配下の「Class Statistics」を選択し、起動させてください。
2. Classification Inputダイアログが表示されます。クラス画像をインプットする箇所ですので、「dark\_class.dat」を選択し、OKボタンで先に進みます。
3. Statistics Input Fileダイアログが表示されます。クラス画像と重ねて実際に統計値を算出するデータをインプットする箇所ですので、クラス画像の作成元になった「dark.dat」を選択し、OKボタンで先に進みます。
4. 統計を取るクラスを選択するClass Selectionダイアログが出現します。Unclassified以外をCtrlやShiftキーを使用して選択し、OKボタンを押してください。

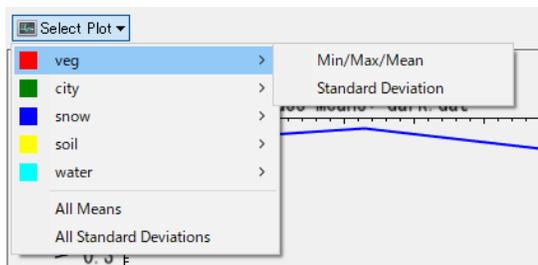


# クラス統計: 演習

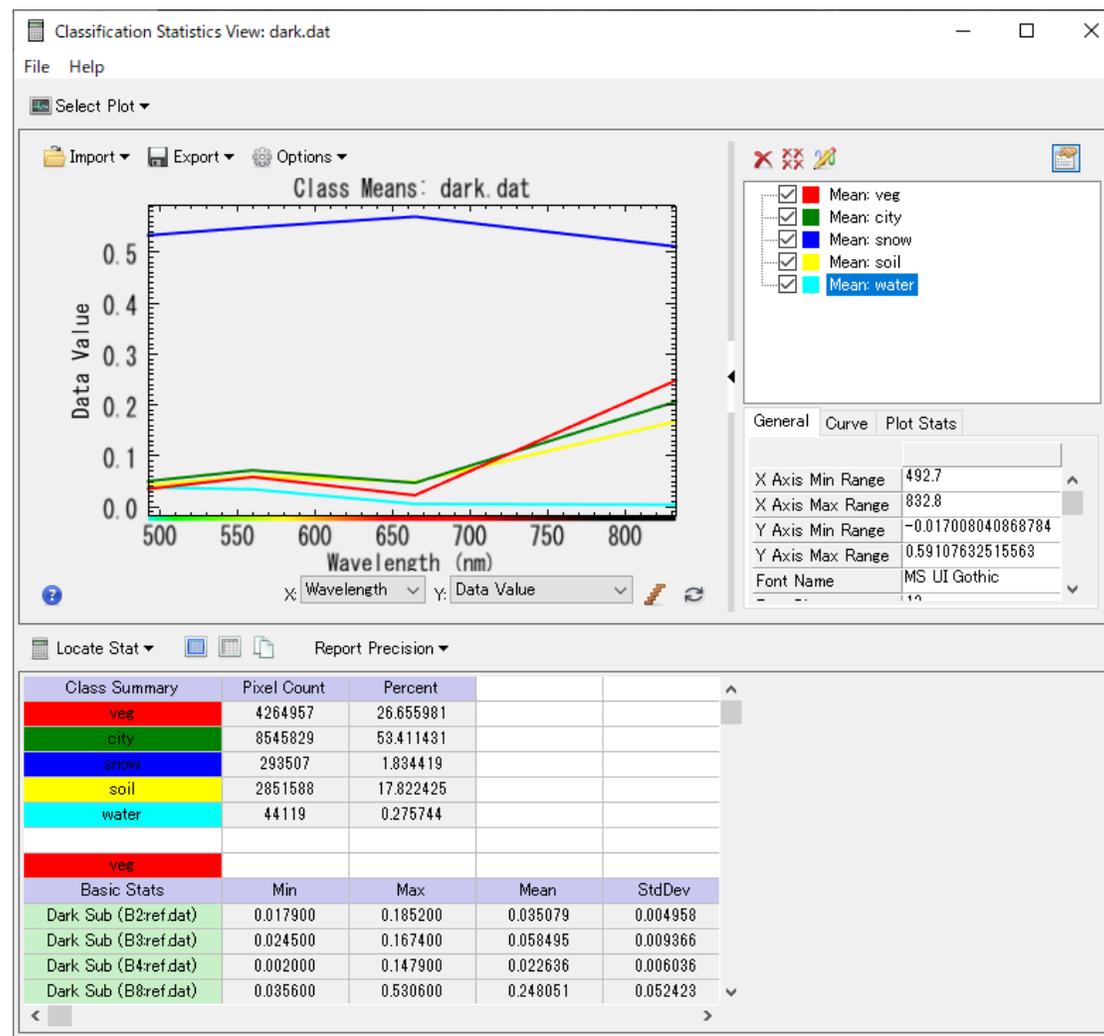
5. Compute Statistics Parametersダイアログが出現します。基本統計以外にも、ヒストグラムなども算出可能です。
6. Output to the Screenにチェックが入っていることを確認してOKボタンで実行します。
7. 結果がスクリーンに出力されます。



# クラス統計: 結果の確認



作図する対象は  
Select Plotで変更できます。  
結果を画像保存するには  
Exportボタンを選択します。



下部の表は  
Select All  を選択し  
その後Copy  すれば  
クリップボードに  
コピーされます。  
結果をExcelなどに貼り付けて  
任意の作図を行うことも  
可能です。

## ワークフロー②: 差分抽出

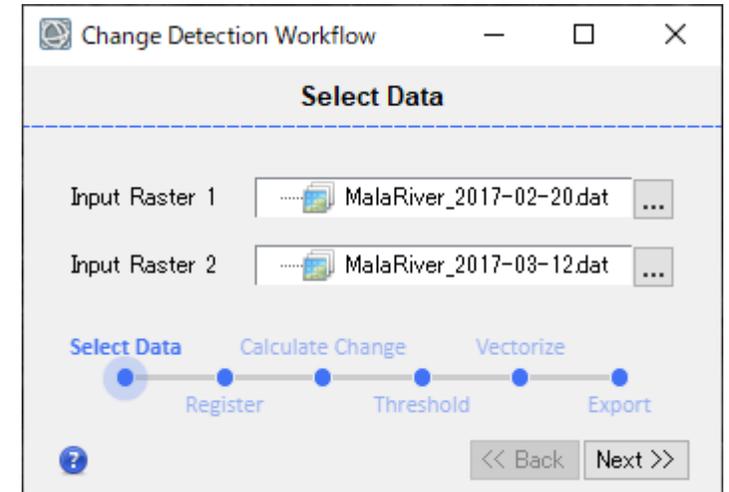
- 2017年に発生したペルーの洪水災害を対象として差分抽出を行います。
- このインプットデータはSentinel-2の災害前後データをそれぞれBuild Layer Stack ツールでまとめたものを使用します。
  - 同様のデータの入手方法については対応するチュートリアルページを参照ください。

データ	ファイルパス
2017年2月20日撮影 Sentinel-2データ	changeDetection¥MalaRiver_2017-02-20.dat
2017年3月12日撮影 Sentinel-2データ	changeDetection¥MalaRiver_2017-03-12.dat

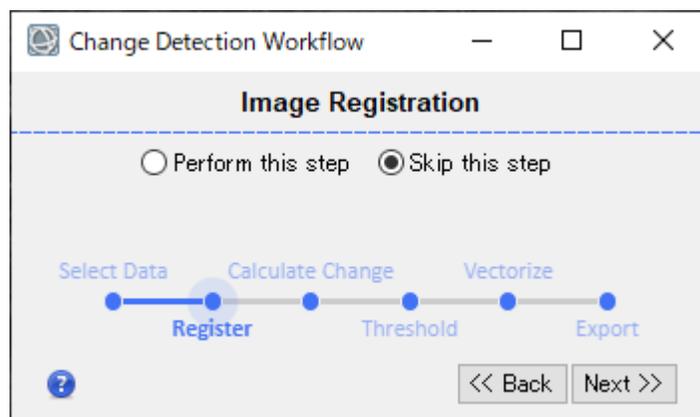
2017年3月17日、ペルー・リマ市ファチパ地区で発生した大規模な地滑りと洪水後の空撮映像(出展: The Atlantic)  
<https://www.theatlantic.com/photo/2017/03/peru-suffers-worst-flooding-in-decades/520146/>



1. MalaRiver\_2017-02-20.datとMalaRiver\_2017-03-12.datのデータを開いてください。
2. ツールボックス → 検索フィールドへ「change」と入力してください → Change Detection Workflow を選択し、起動してください。
3. Select Dataパネルでは、Input Raster 1に2/20のデータを、Input Raster 2に3/12のデータをそれぞれ設定してください。
4. [Next >>]ボタンを押して次の工程に進みます。



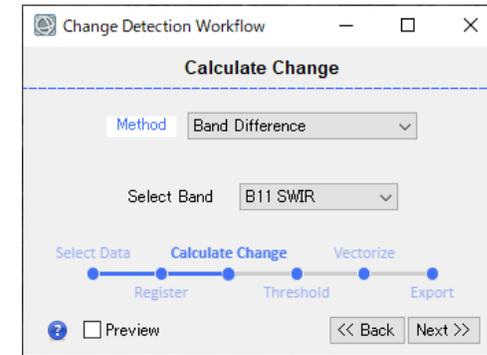
5. Image Registration パネルでは、2枚の画像の位置合わせを行うことができます。すでに位置合わせされているならば、Skip Image Registrationを選択します。ここでは、ペアは位置合わせ済みのため、この工程はSkipします。



この位置合わせの工程はデフォルトのパラメータ設定に基づいて実行されます。もし細かいパラメータ設定の行ったうえで位置合わせ処理を実行したい場合には、Image Registration Workflowという、それに特化した専用のツールをご利用ください。

6. 次のCalculate Changeパネルでは、いくつかの手法の中から適用するものを選択できます。ここでは、バンド値の変化量に注目する[Band Difference]を選択します。
7. どのバンドの変化に注目するかについては、Select Band を変更します。ここでは、1613nmで取得された[B11 SWIR]を選択してください。

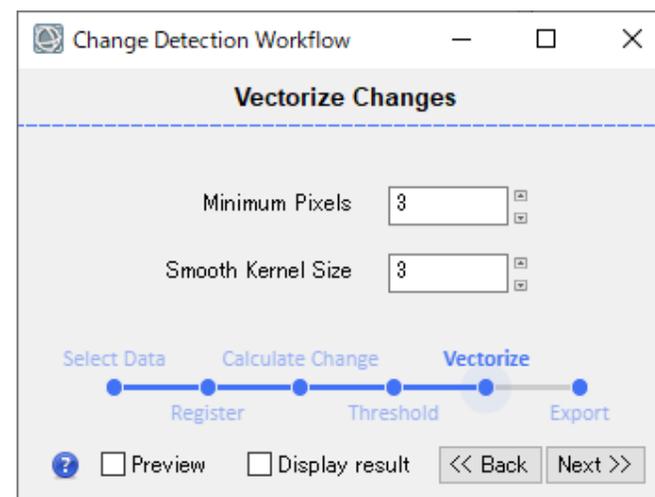
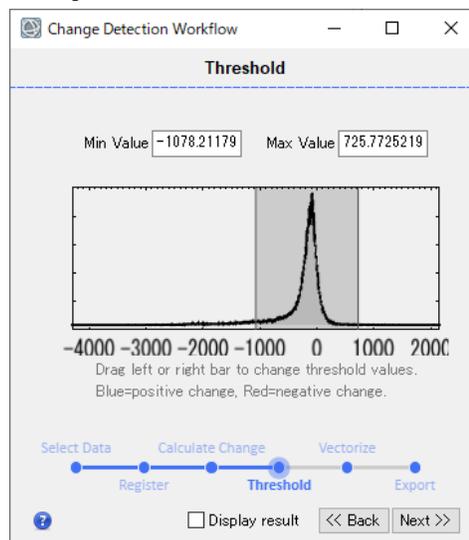
洪水流には土砂や泥が含まれており、それらは短波赤外線（SWIR）バンドによく写ります。B11のSWIRバンドを使用して差分画像を作成することで、この変化を抽出します。



## Sentinel-2 Band

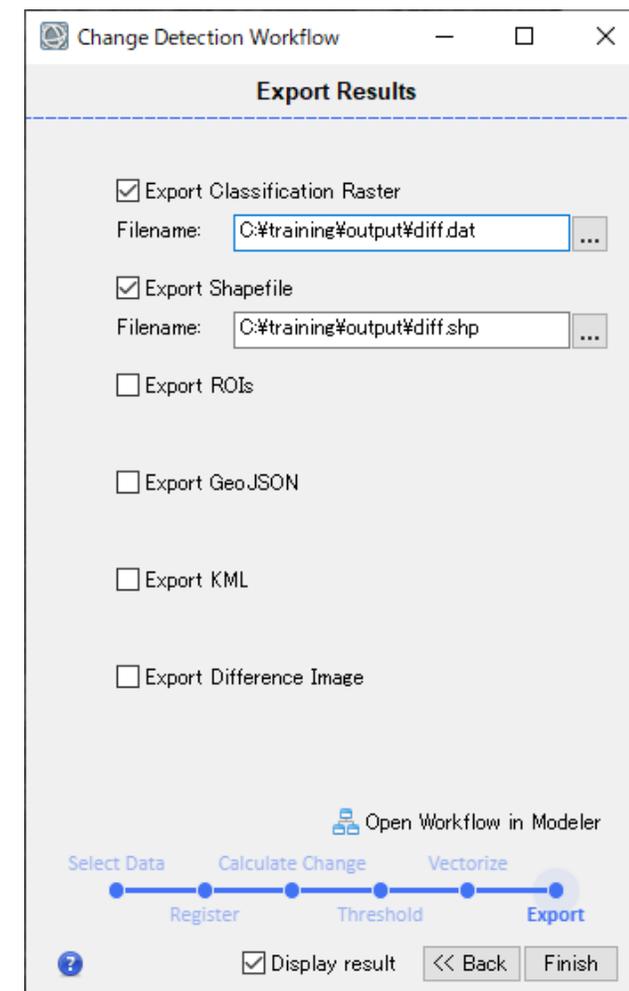
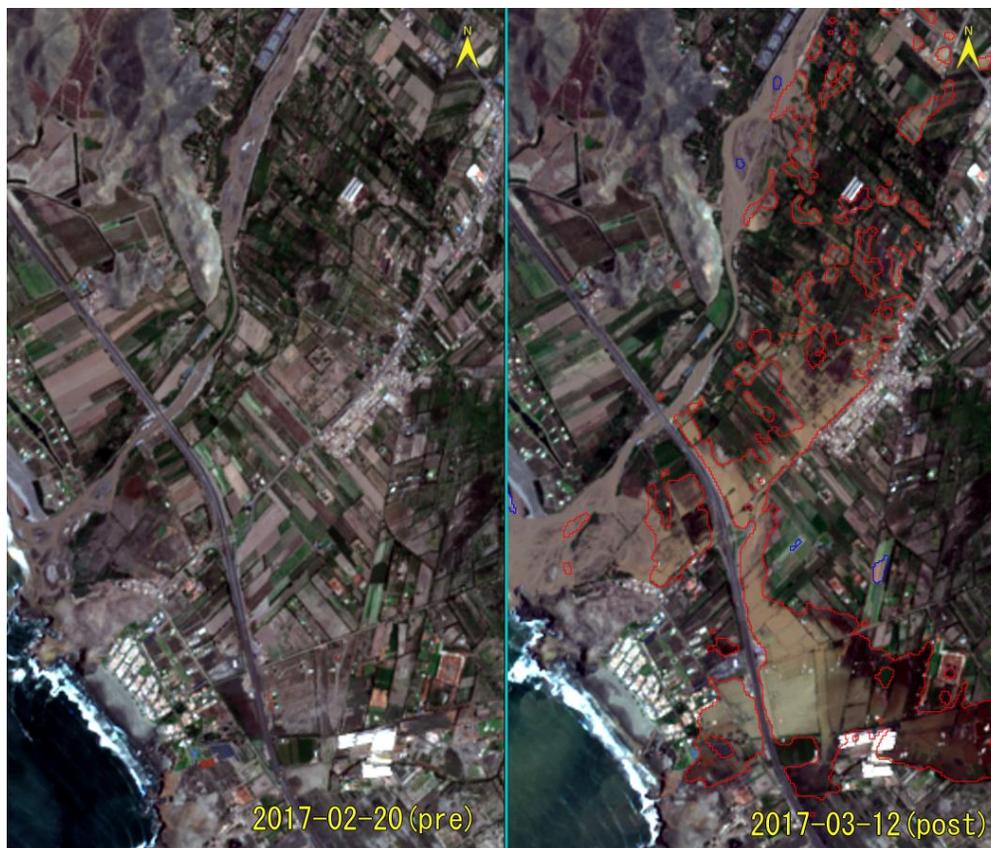
B2 Blue (496.6 nm)
B3 Green (560.0 nm)
B4 Red (664.5 nm)
B5 Vegetation Red Edge (835.1 nm)
B6 Vegetation Red Edge (703.9 nm)
B7 Vegetation Red Edge (740.2 nm)
B8 NIR (782.5 nm)
B8A Narrow NIR (864.8 nm)
B11 SWIR (1613.7 nm)
B12 SWIR (2202.4 nm)

8. Thresholdパネルでは、一定の値以上の変化量だけを抽出するためのしきい値が設定できます。画像内の黒い領域は、関心のない領域としてマスクされます。デフォルト設定のままNextで先に進めます。
9. Vectorize Changesパネルでは、変化したエリアの周囲でポリゴンを作成する方法について定義します。デフォルト設定のままNextで先に進めます。
  - Minimum Pixelには、考慮する奇数を指定します。この値よりもピクセル数が少ない領域は、出力シェープファイルで破棄されます。最小値は0ピクセル、デフォルト値は3です。
  - 平滑化のためのSmooth Kernel Sizeには、奇数を指定します。最小値は0ピクセル (平滑化なし)、デフォルト値は3です。



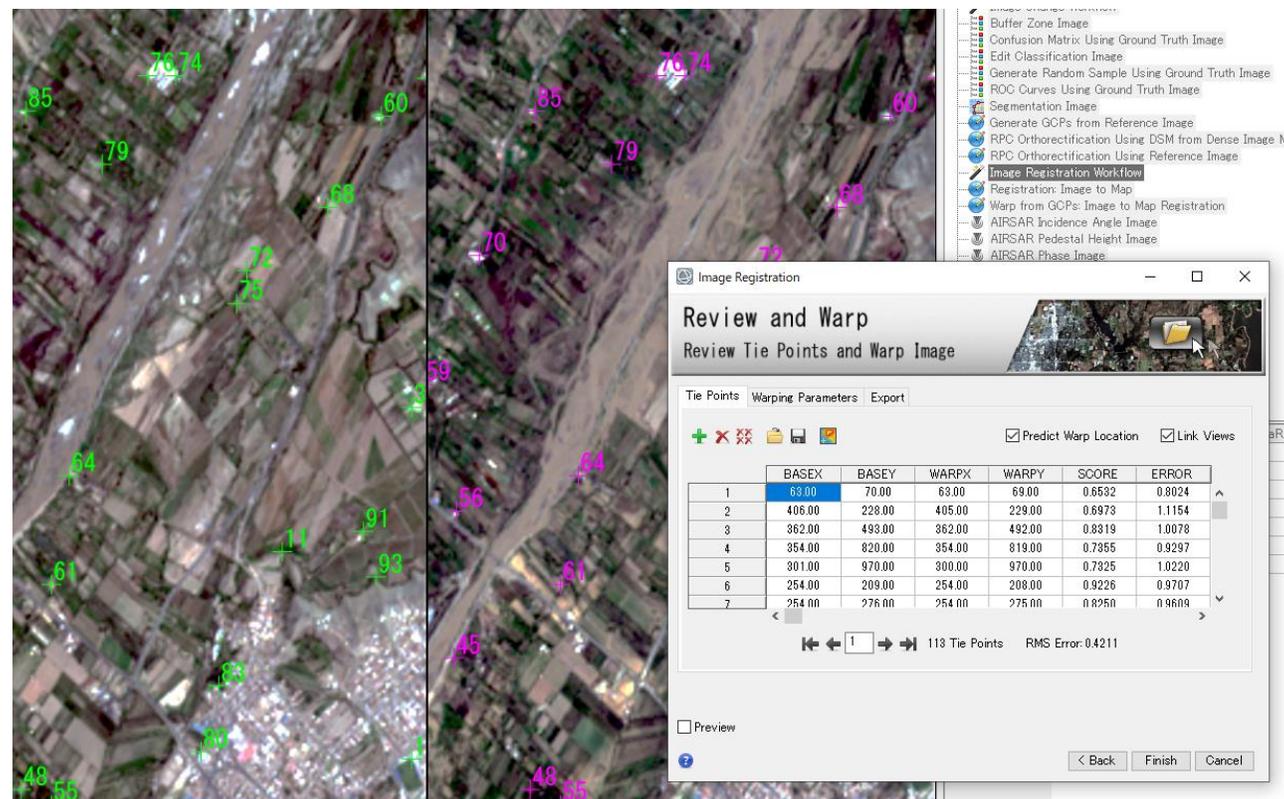
# 差分抽出: 演習

10. 最終工程のExport Resultsパネルでは、出力するファイルを選択できます。Classification RasterおよびShapefileに適切なファイル名を設定して、Finishで処理を完了させてください。



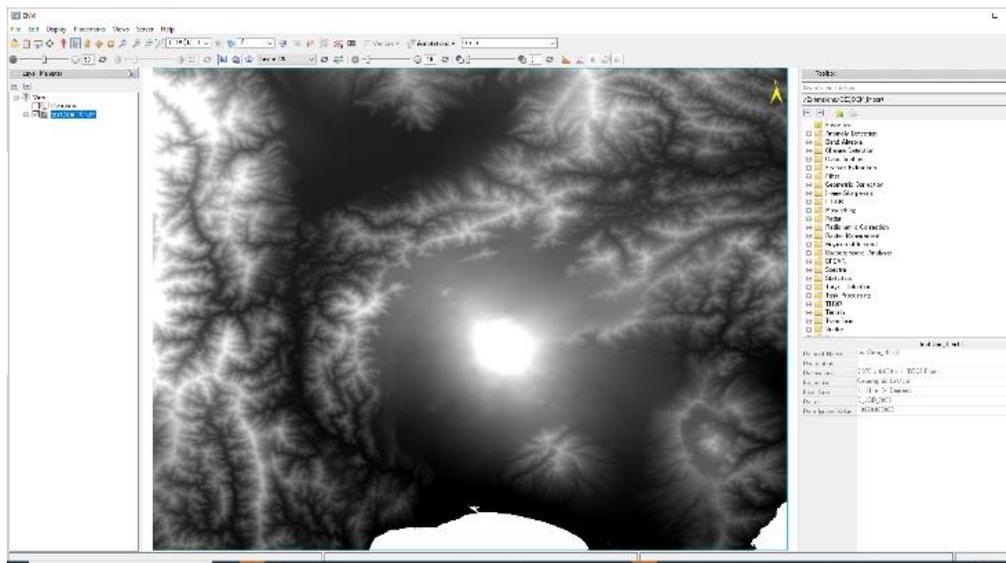
# その他のワークフロー: 位置合わせ(IMAGE REGISTRATION)

- 差分抽出ワークフローのなかで行える位置合わせの工程は、より詳細なパラメータ設定ができる Image Registration Workflowとして独立しています。
- ツールの中では自動取得されたタイポイントを手動で追加・調整することができるため、より厳密に位置合わせが求められるケースでは、このツールが有効な場合があります。



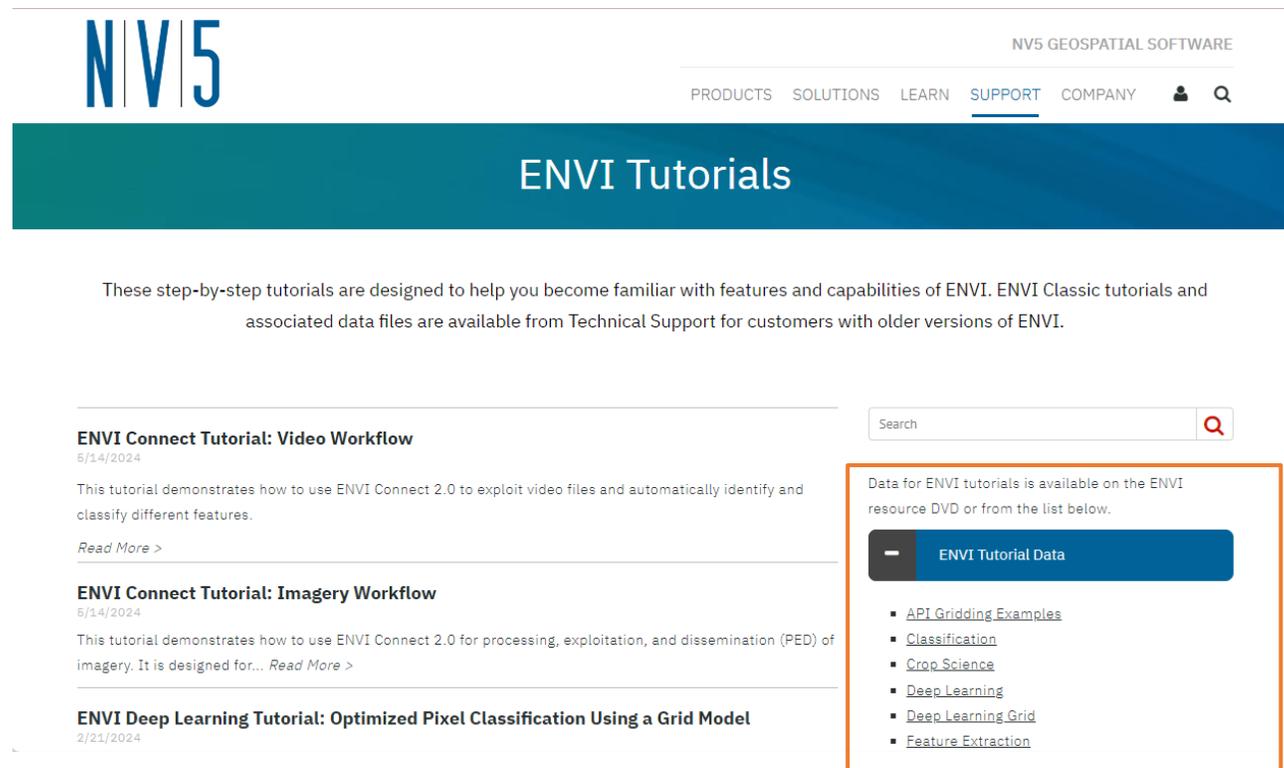
ENVIでは、IDLやENVI Modelerによって作成したオリジナルの機能やバッチ処理をENVIツールボックスに登録し使用することが可能です。

- 日本法人でも、いくつかのオリジナルツールを提供しています。
  - 例: GSI-DEM Importツール：
    - 国土地理院のDEM（基盤地図情報数値標高モデル：JPGIS(GML)形式）を複数枚結合し、ラスタ形式でENVIに出力するツールです。
    - 機能の入手方法や詳細については、[support\\_jp@NV5.com](mailto:support_jp@NV5.com)までご連絡ください。



# さらに学習したい人のために

- ENVIでは、チュートリアルとして様々な演習を提供しています。
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.co>
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/Support/Self-Help-Tools/Tutorials>
- トレーニングデータは米国本社からダウンロードすることが可能です。（以下の図）
  - <https://www.nv5geospatialsoftware.com/Support/Self-Help-Tools/Tutorials>



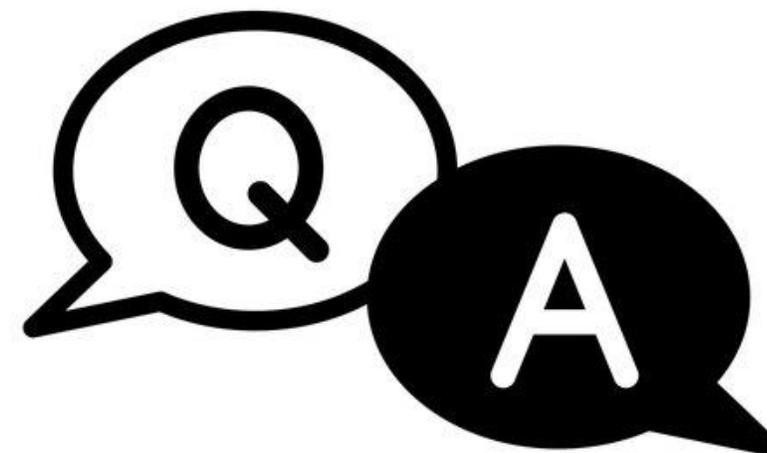
チュートリアルデータは、こちらのリンクをクリックすることでダウンロードできます。

- 本日のトレーニングや全体を通して、疑問点があればご質問ください。
- トレーニング終了後に思いついた質問などあれば、以下の連絡先までご連絡ください。

NV5 Geospatial 製品・サポート連絡先

E-mail :

[support\\_jp@NV5.com](mailto:support_jp@NV5.com)



**N|V|5**  
GEOSPATIAL