

# GISを用いた小天体リモート センシングデータの活用

巽瑛理、市川真弓、本田和広、横田康弘（ISAS/JAXA）、  
Zou Xiao-Duan（PSI）、平田成（会津大学）



# 新しいサイエンス = データ統合が鍵

- 背景

- 探査において、一つの機器で完結する研究が多い。
- 統合的な議論が進まない。

- 問題点

- 機器それぞれの特徴がある。
  - 画像 (FOV、カメラ特性)
  - 分光器 (フットプリント、波長)
- 機器データだけでなく、地理情報を統合して解析をする必要がある。

- 解決策

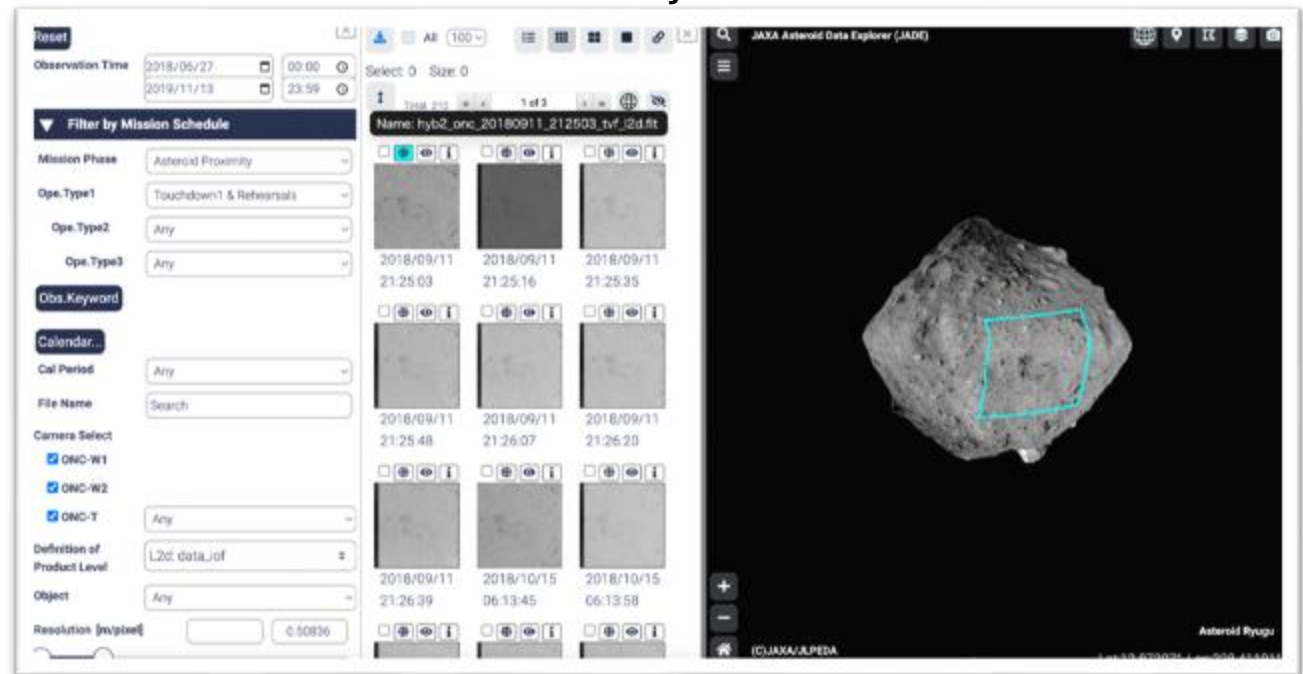
- 地理情報をもつ高次データを作成する。
  - このデータのみで解析ができる。



# Geographic Information System (GIS)

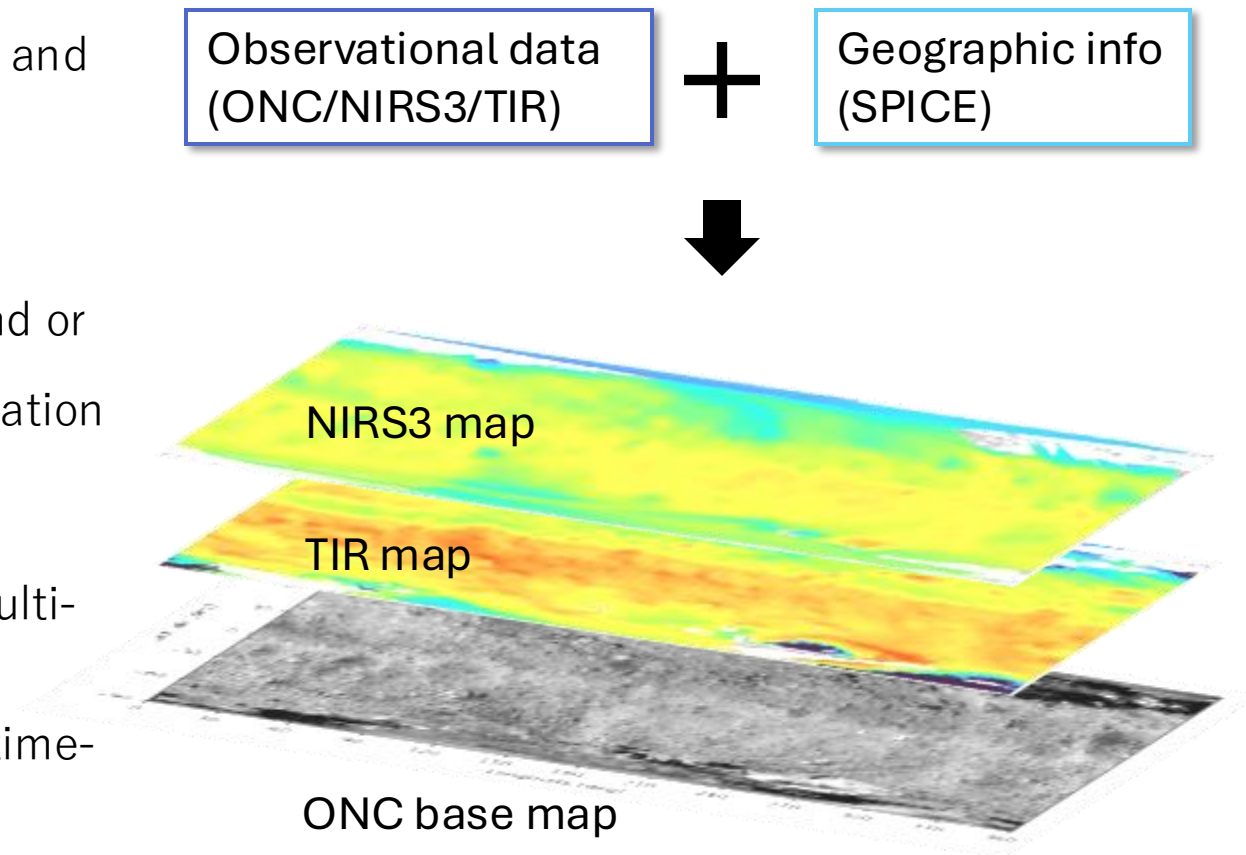
- 地理情報システムとは（出典：国土地理院）  
「地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。」
- 惑星科学における**GIS**の活用
  - GIS platforms
    - ArcGIS
    - QGIS
    - ISIS
  - 可視化/マッピング
    - NASA Treks
    - Small Body Mapping Tool
    - AiGIS/PyAiGIS
    - JADE/JADE2

JADE for Hayabusa2 ONC



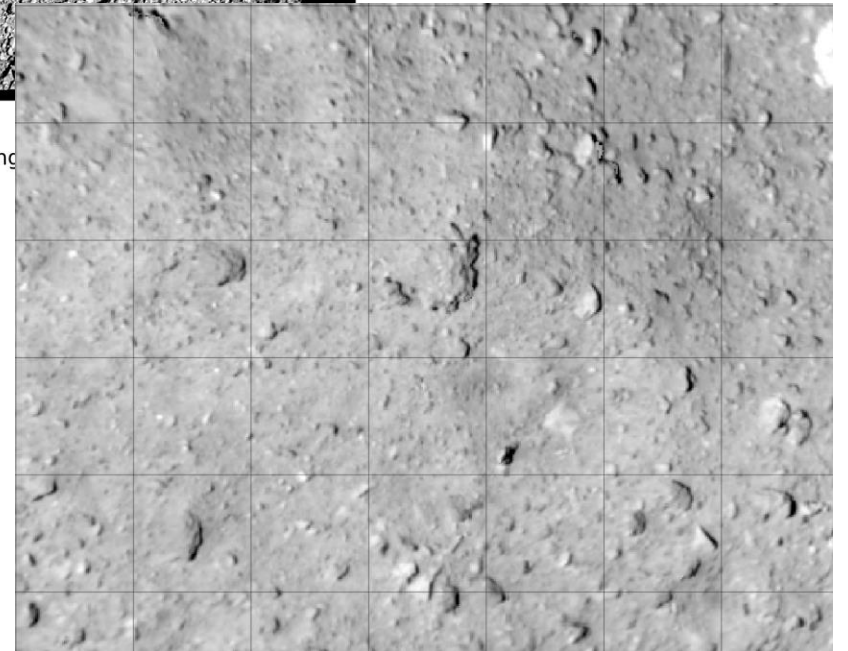
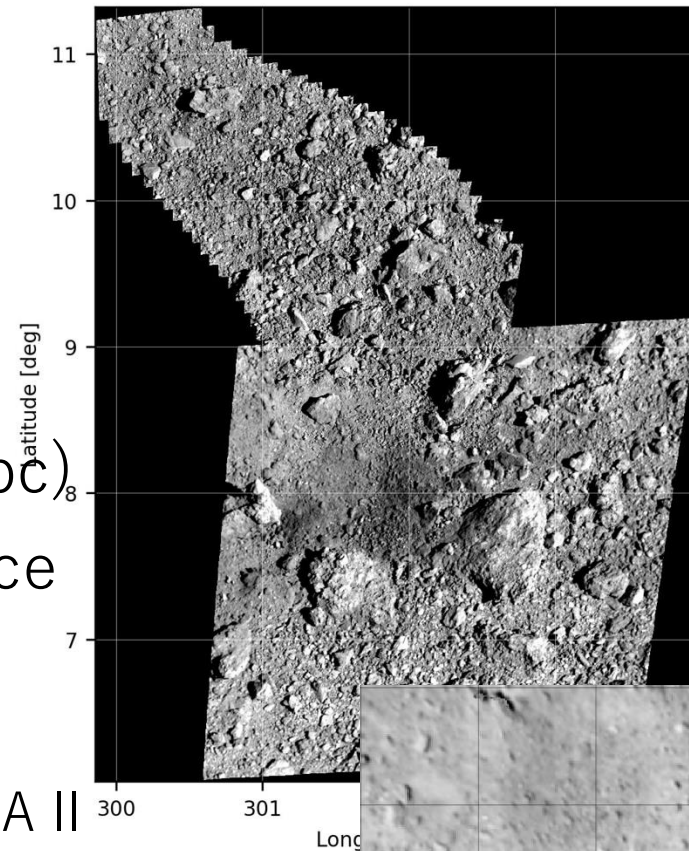
# Hayabusa2 GIS products

- GIS products
  - Observation data with geographic information.
  - Easily handled with GIS applications, such as QGIS and ArcGIS.
  - Comparison between multiple instruments.
- Product Type
  - GeoTIFF: raster multiple layered images (multi-band or time-series)
  - GeoPackage: vector shapes + observational information
- Products under development
  - Optical Navigation Camera (ONC) mosaic maps; multi-band
  - NIRS3 spectrometer I/F maps; multi-channel
  - Thermal Infrared Imager (TIR) temperature maps; time-series



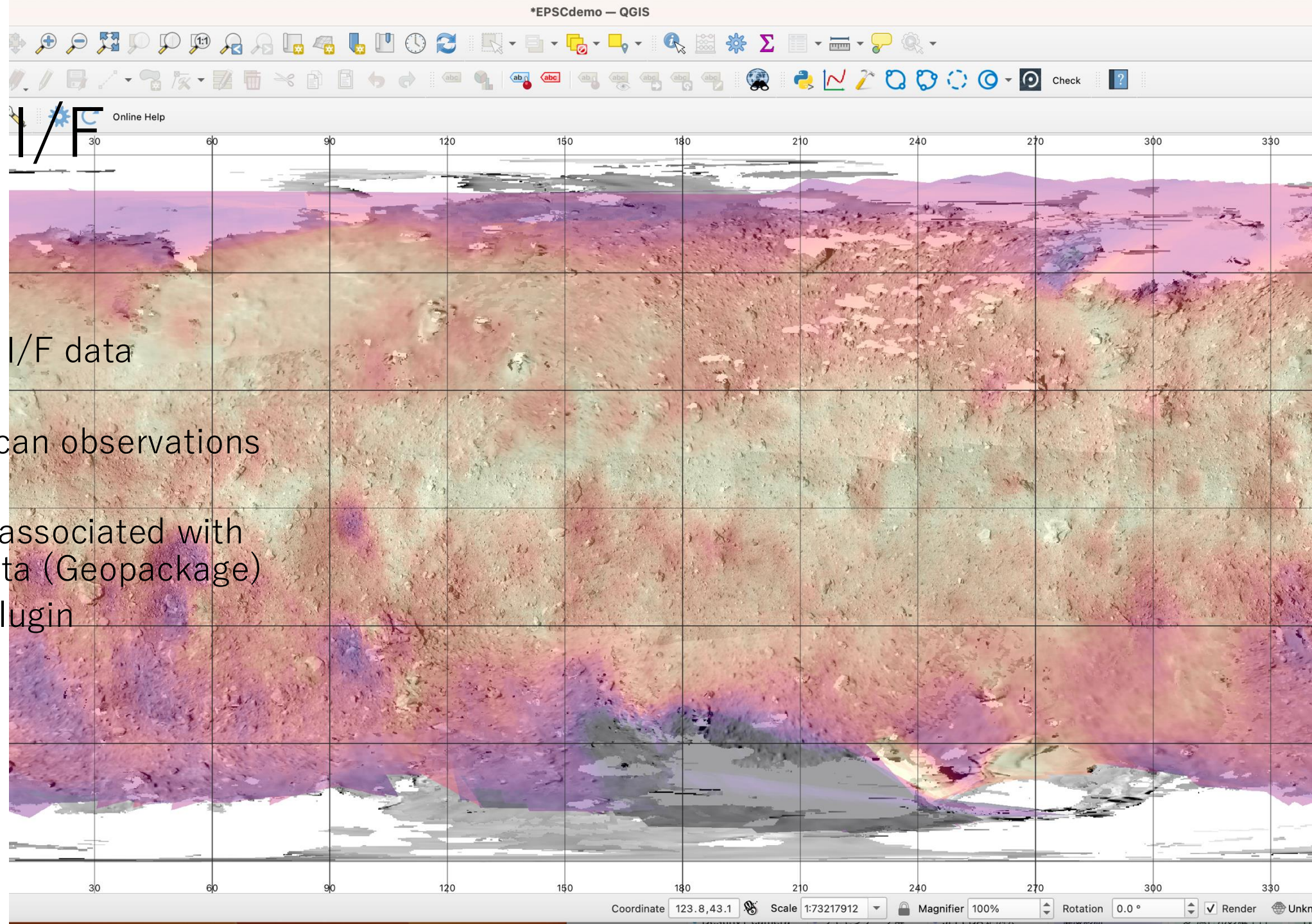
# ONC mosaic maps

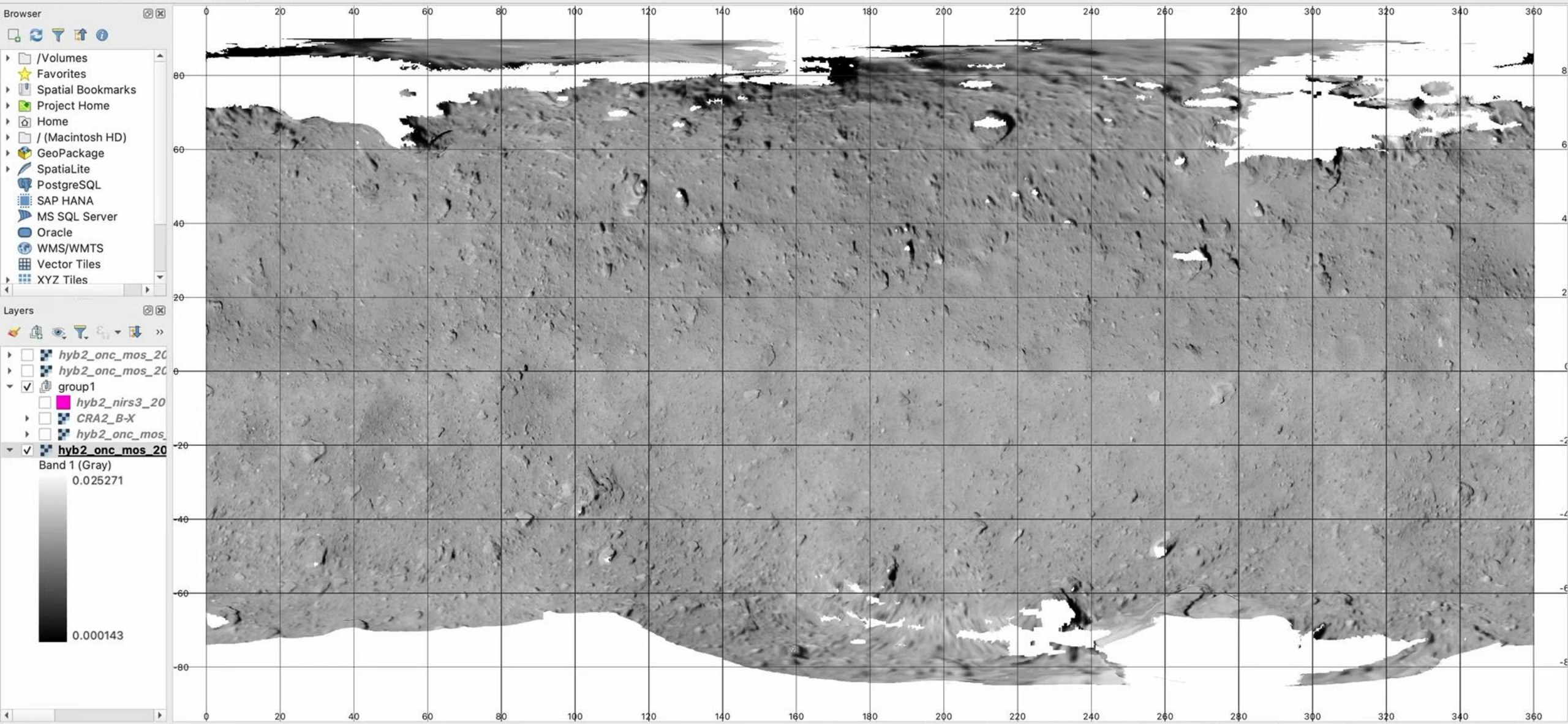
- Input data:  
I/F (L2d), geometric backplanes (L2dbpc)
- Map for each observation date/sequence
  - Maps with different illumination conditions
- High resolution maps
  - Touch down operations, MASCOT/MINERVA II deployment operations, etc.



# NIRS3 maps

- Input data: I/F data (L2c,L2d)
- Maps for scan observations (GeoTIFF)
- Footprints associated with spectral data (Geopackage)
  - QGIS plugin





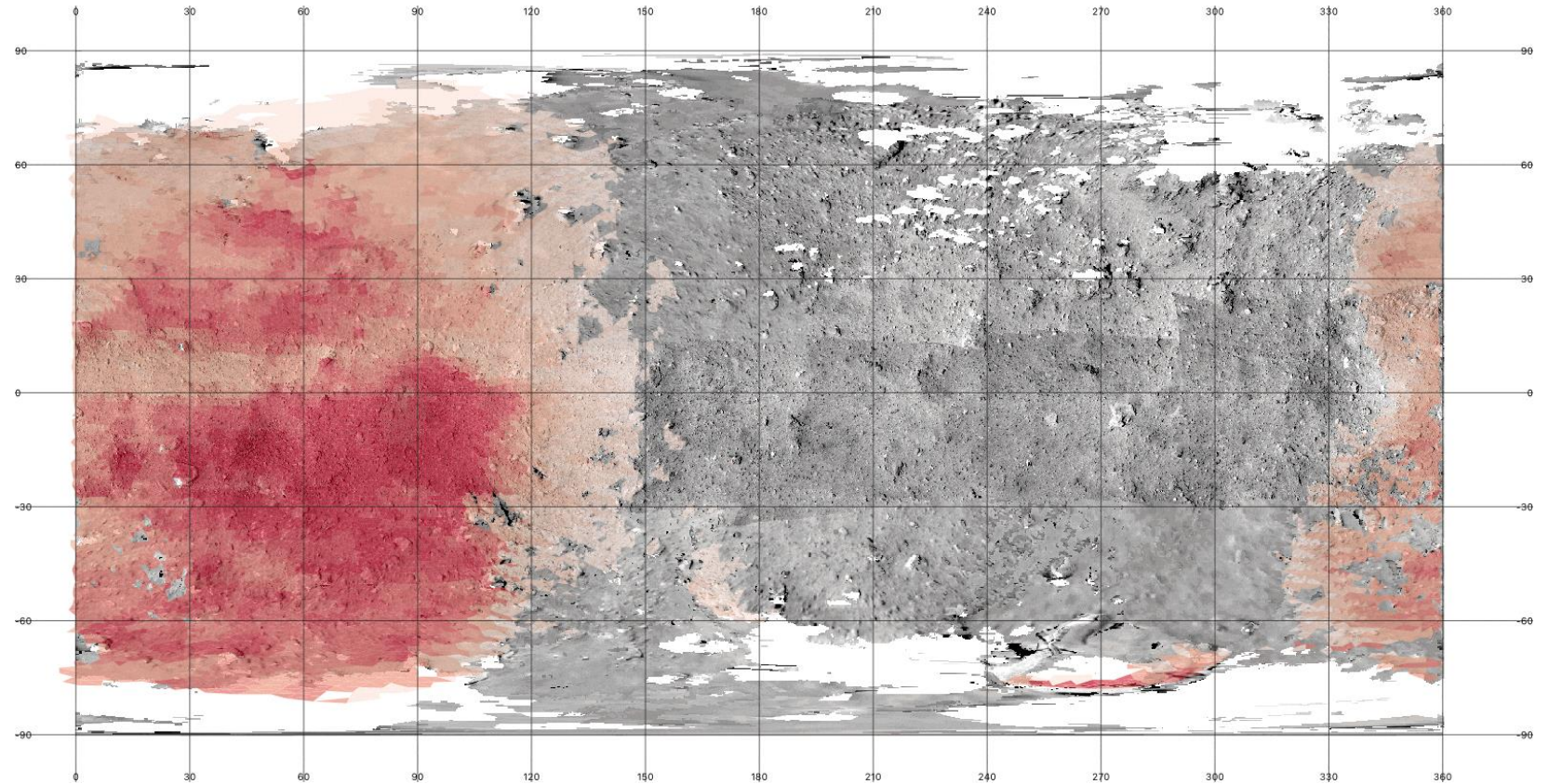
- Browser
- /Volumes
  - Favorites
  - Spatial Bookmarks
  - Project Home
  - Home
  - / (Macintosh HD)
  - GeoPackage
  - SpatialLite
  - PostgreSQL
  - SAP HANA
  - MS SQL Server
  - Oracle
  - WMS/WMTS
  - Vector Tiles
  - XYZ Tiles

Layers

- hyb2\_onc\_mos\_20
- hyb2\_onc\_mos\_20
- group1
  - hyb2\_nirs3\_20
  - CRA2\_B-X
  - hyb2\_onc\_mos\_20
- hyb2\_onc\_mos\_20
  - Band 1 (Gray)
  - 0.025271
  - 0.000143

# TIR temperature maps

- Input data:  
Brightness  
temperature map  
(L3)
- Shape model  
polygons with time-  
series temperature  
data (Geopackage)



Home position TIR observation 2018-06-30

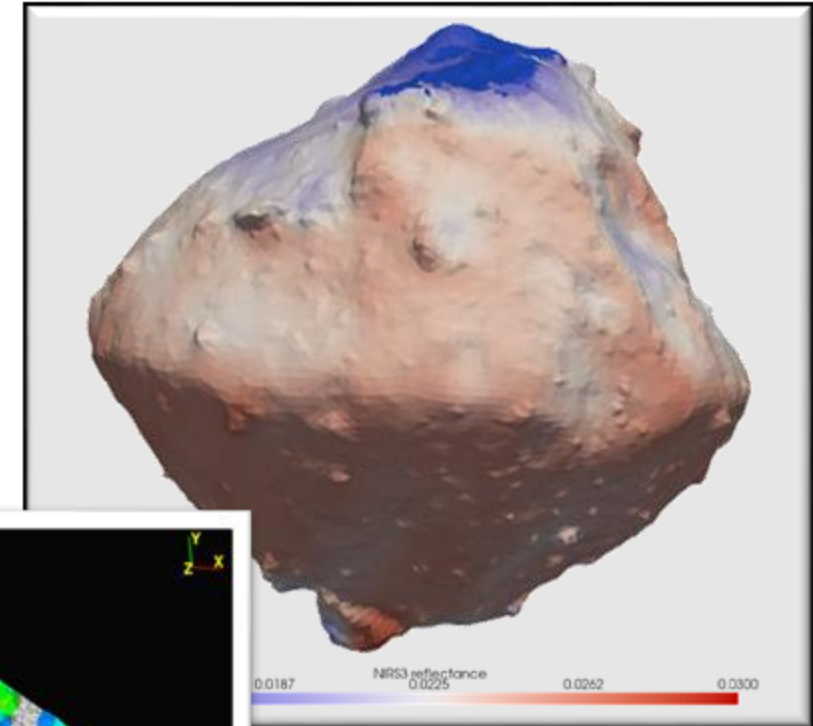
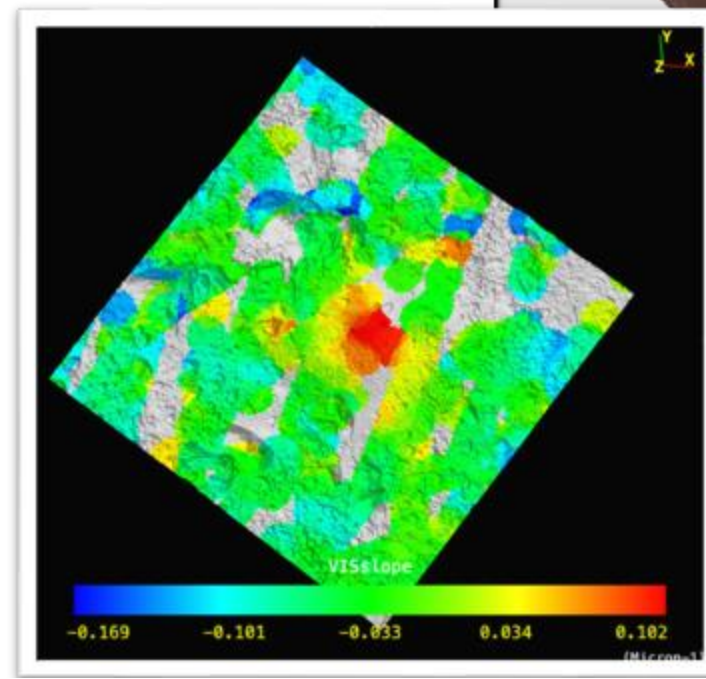


# Development of QGIS plugin

- GISプロダクト用のプラグインを作成し、データ活用を促す。
  - Pythonベースで簡単に作成可能。
  - 公式レポジトリで公開することにより、多くの人アクセス可能。  
<https://plugins.qgis.org/plugins/>
- QGISでスペクトル解析データに特化したプラグインを開発中。  
※ARC-Spaceの萌芽研究「小天体のローカルなスペクトル可視化・解析についての検討」予算で実施。
  - スペクトルのクイックルック
  - スペクトル特徴量の算出
    - スペクトルスロープ
  - マップの作成（GeoPackageからGeoTIFF）
- 近日公開予定。

# Transform to AiGIS/PyAiGIS format

- AiGIS/PyAiGISは会津大・平田さんが開発されている3次元可視化アプリケーション。  
<https://arcspace.jp/doku.php?id=ja:aigis:top>
- GeoTIFFからAiGIS/PyAiGISフォーマットへの変換プログラムを作成した。
- Local DEMに対しても読み込めることを確認。
- GeoTIFFから直接読み込めるように今後AiGIS/PyAiGISをアップデート予定。

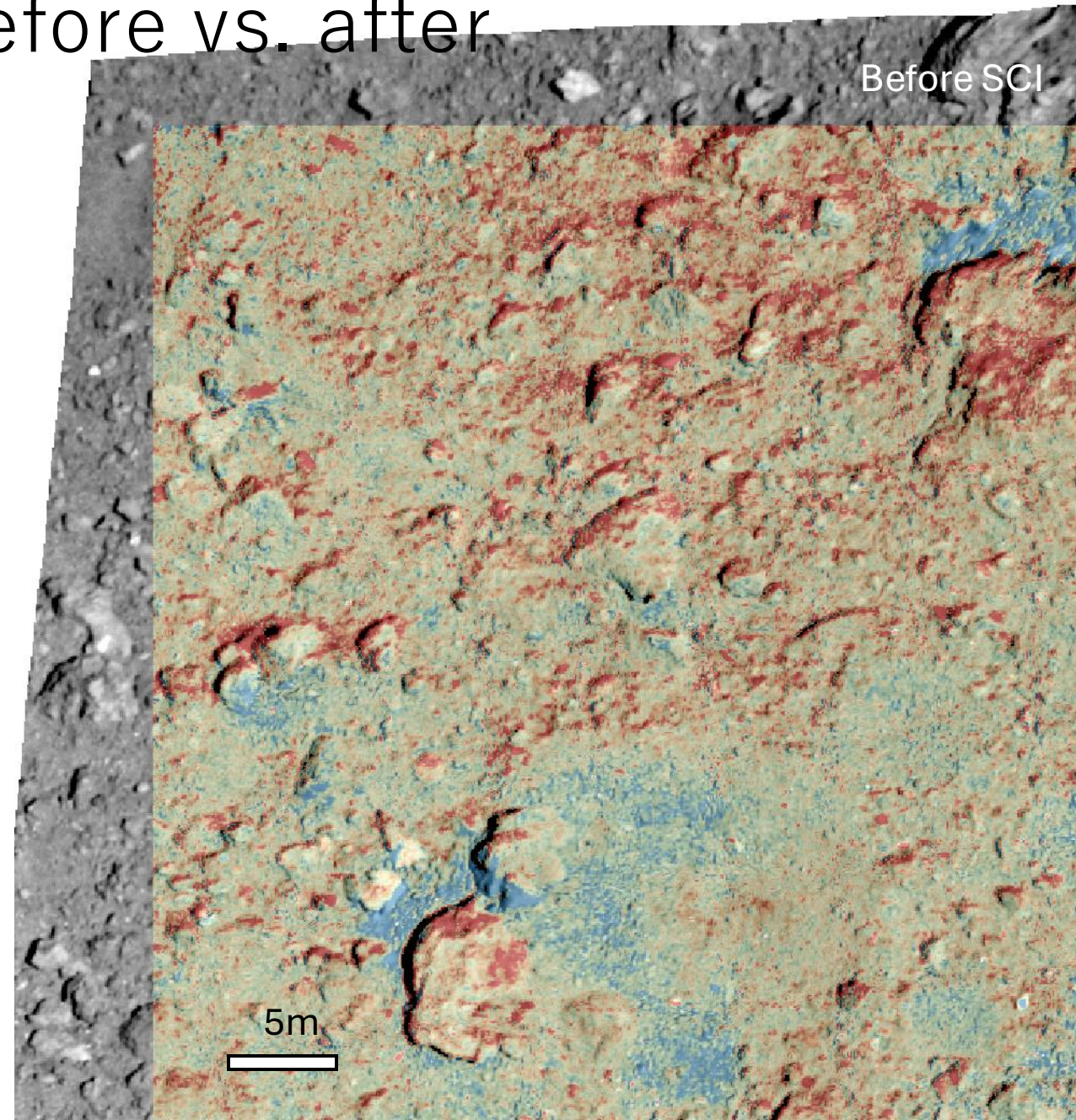


# Science Topics

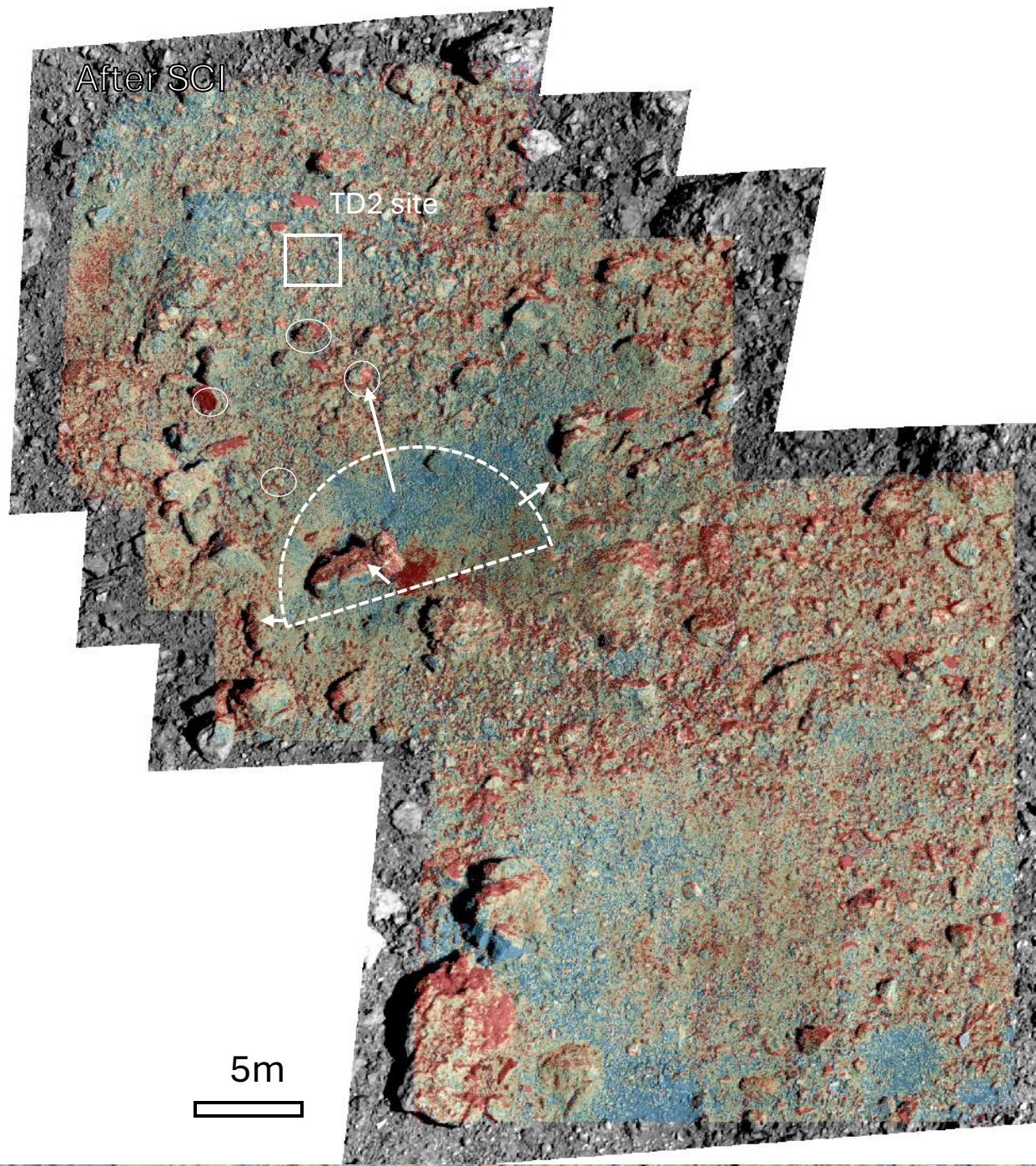
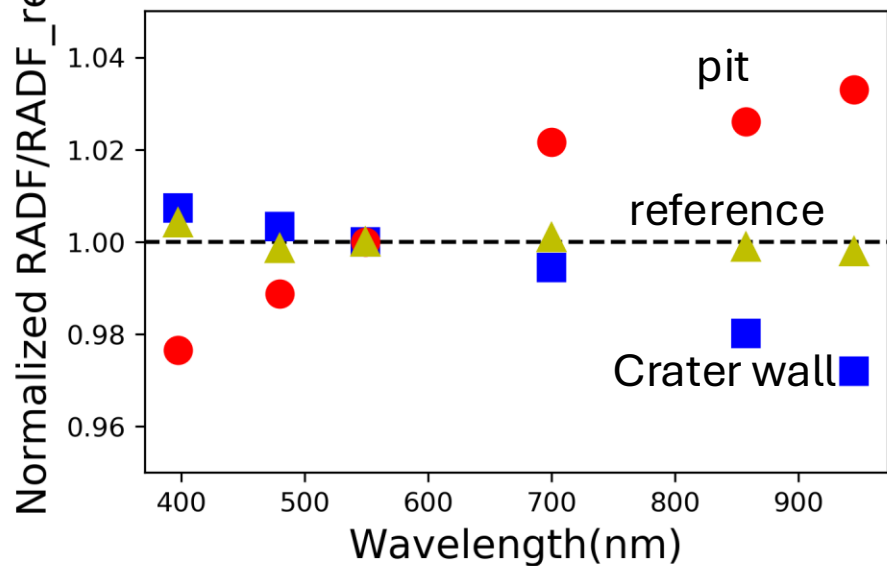
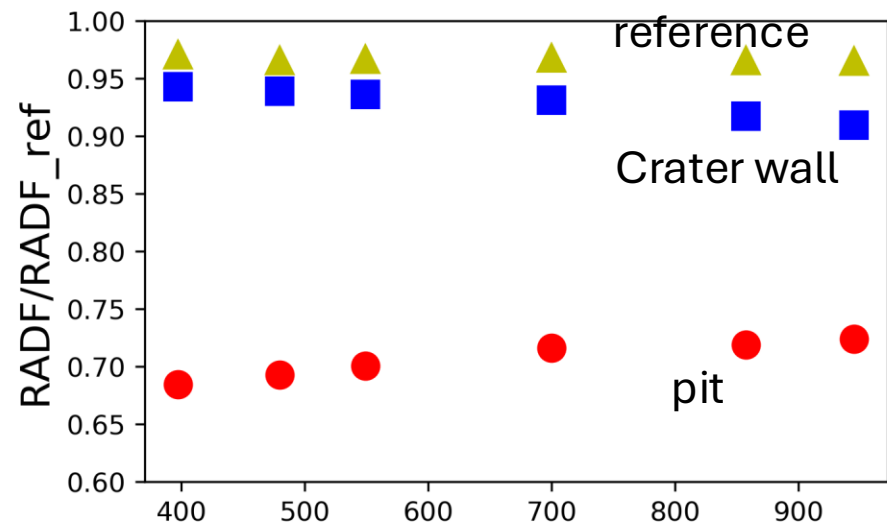
- Time-series comparison
  - Before vs. after sampling
  - Different illumination conditions
- Inter-mission
  - Hayabusa2 and OREx: carbonaceous asteroids
  - Hayabusa2 (TIR) and Hera (TIRI)
  - Hayabusa2 and MMX
  - Hayabusa2 and Hayabusa2#
- Inter-instruments
  - Geophysical characteristics (gravity, slopes) vs. Spectral characteristics
  - Themophysical characteristics (grain size, porosity) vs. Spectral characteristics
- Inter-disciplinary
  - Lab measurements vs. Remote-sensing data

# Example 1: SCI crater before vs. after

- Small Carry-on Impactorによるクレータ形成前後のスペクトル変化
- SCI crater (Arakawa et al. 2021) :
  - $D > 10$  m
  - Gravity scaling



# Example 1: SCI crater be



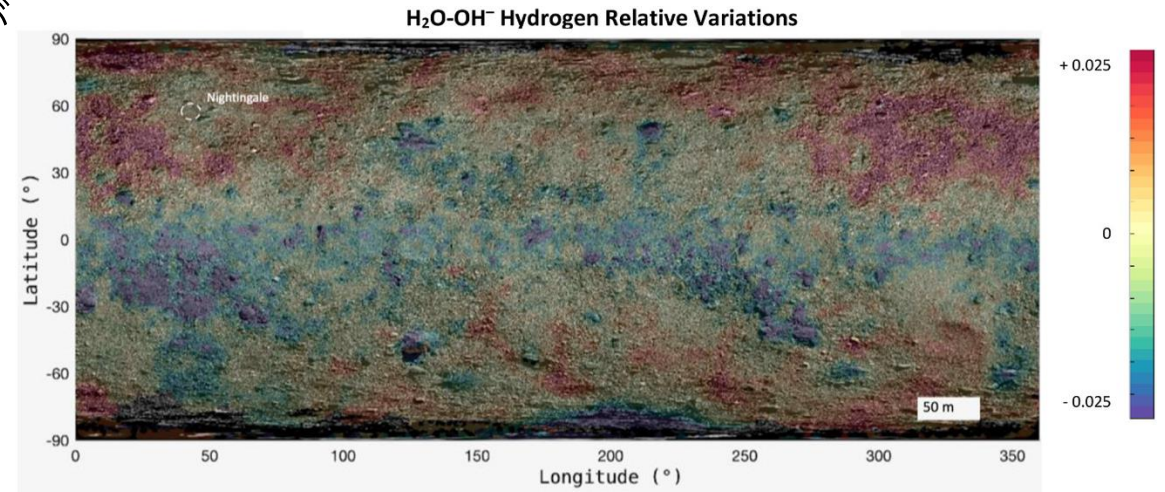
## Example 2: ONC vs. TIR

- ONCとTIR画像を比較することで、物理的性質とスペクトルを比較することが可能。

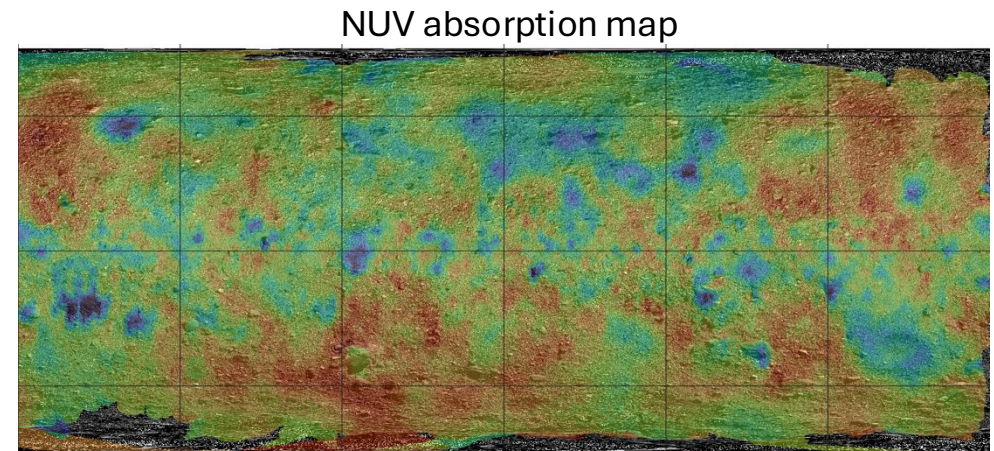


# Example 3 : OSIRIS-REx/OVIRS data to GIS formats

- OSIRIS-RExの分光器OVIRSのデータセットがPDSで公開されたことを受けて、はやぶさ2 NIRS3相当のデータセットを作成した。
  - 測光補正済みRADF
    - GeoPackage
    - スペクトルスロープマップGeoTIFF
- はやぶさ2 NIRS3と同様に解析することが可能！
- NUV反射率特性の理解
  - OH(2.7 $\mu$ m)吸収率マップとの比較。
  - 粒径分布、熱慣性との比較。



Praet et al. (2021)



# 1st Hayabusa2 Data Analysis Workshop @ ISAS/online

- 44 participants (15 in-person, 29 online)
- Agenda
  - About Instruments
  - Archived products
  - High level products (GIS products)
  - Hands-on trainings of PyAiGIS and QGIS
  - Data analysis examples
- Recorded video is available on the WS website.

<https://sites.google.com/view/hyb2ws/home>

- We are planning workshops next year. Discussion of inter-mission collaborations.
  - Planetary Exploration Data Analysis Workshop organized by 月惑星探査育英会, @ ISAS/JAXA, February 19-21, 2025
  - 2nd Hayabusa2 Data Analysis Workshop, @ ISAS/JAXA, April, 2025 (held concurrently with Hera, Apophis T-4 workshops)





# Summary

- We are developing high level products and tools in the GIS format.
  - GeoTIFF/GeoPackage: Obs. data + geometry data
  - Easily handled by QGIS/ArcGIS.
  - QGIS plugin is under development.
  - Common formats with other missions, MMX, Hera, etc.
- Future plans
  - Friendly analysis interface on QGIS.
  - Easy interface 2D <-> 3D.
  - Hands-on workshops in coming year, possibly in April.