

不規則形状小天体探査 アーカイブデータ解析のための 三次元地理情報システムと 探査画像DB

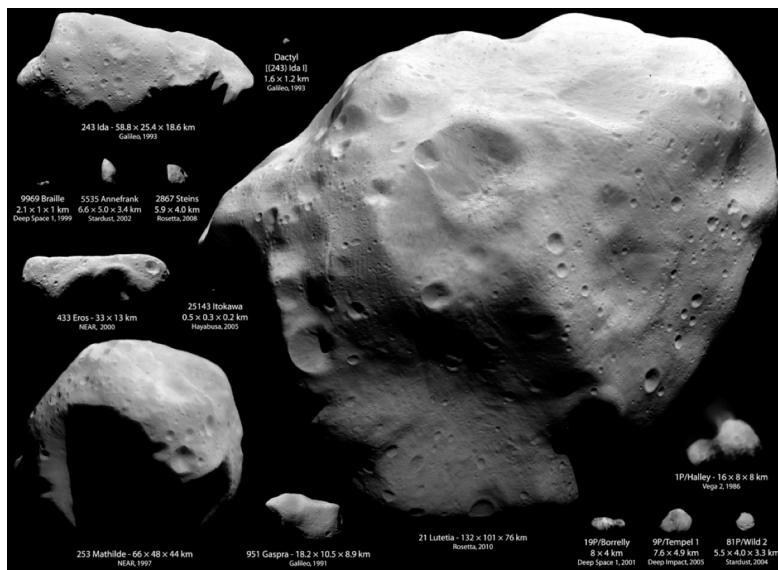
月惑星探査アーカイブサイエンス拠点集会2021
(2021/10/11)

平田 成 (会津大学)

出村 裕英 (会津大学), 菊地 紘 (JLPEDA)

不規則形状小天体向けGIS

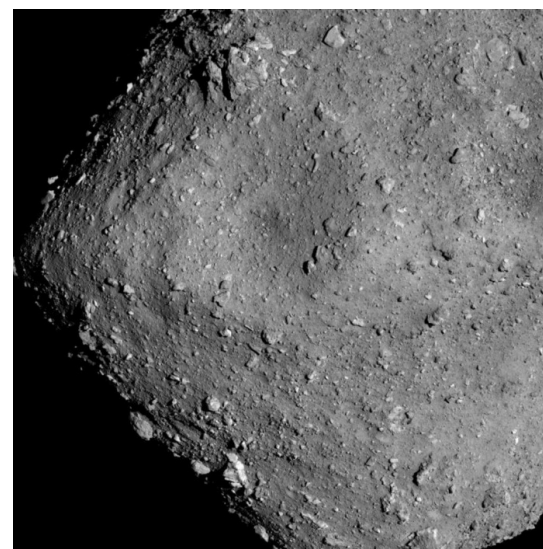
- 小惑星の形状は球や回転楕円体では近似し難い不規則なもの



Montage by Emily Lakdawalla



Itokawa

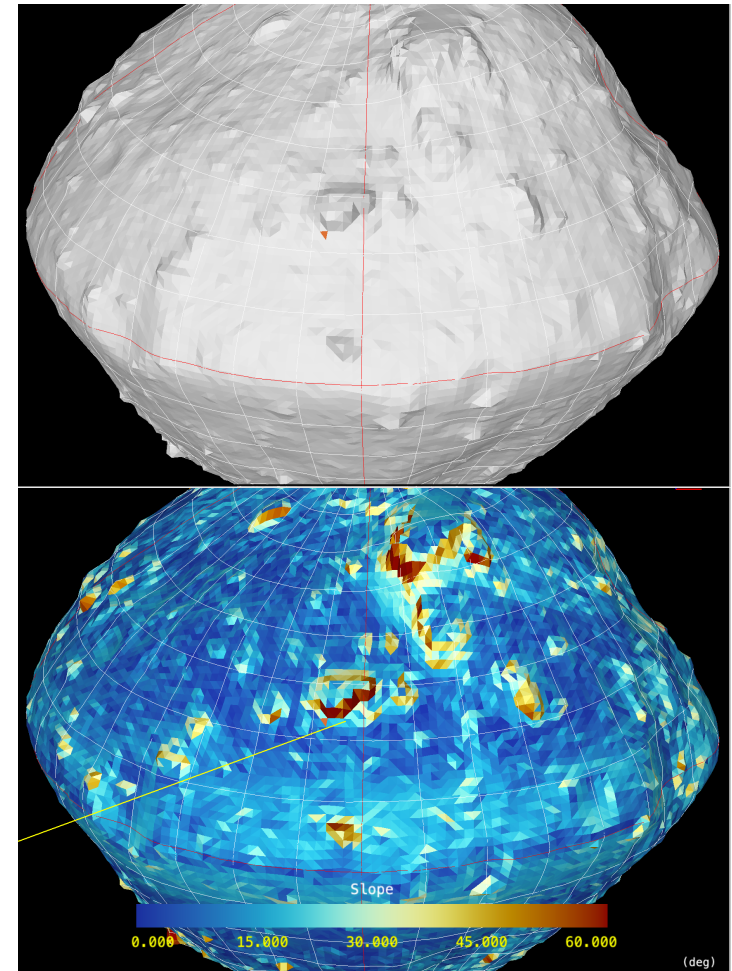


Ryugu

- 地理座標による地理位置表現の限界
- 平面地図による可視化表現の限界

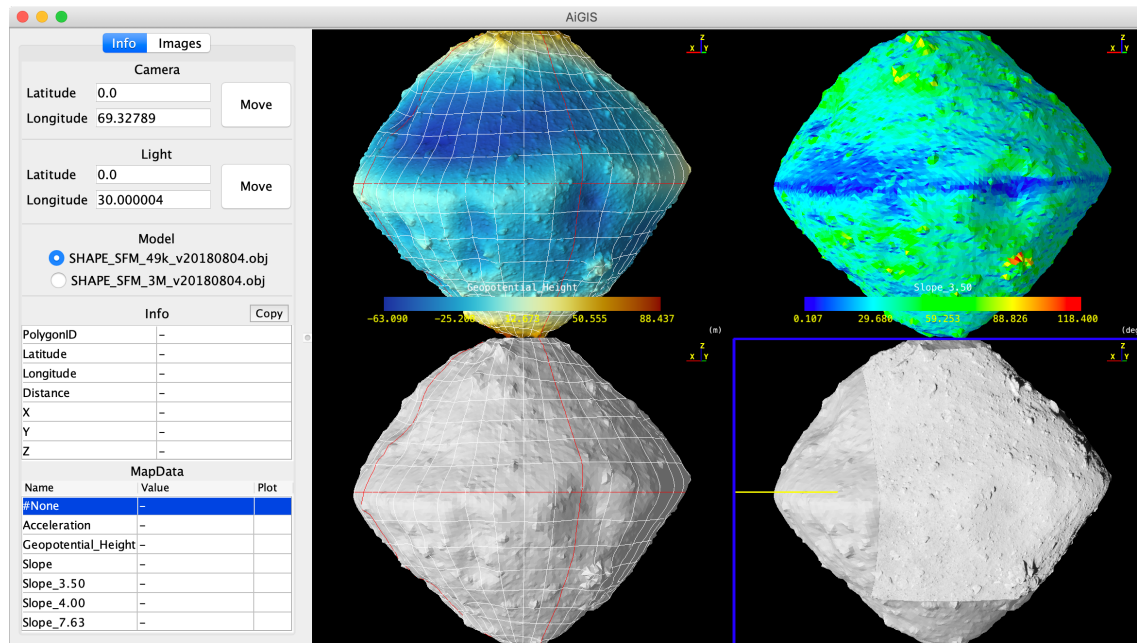
不規則形状小天体向け 三次元地理情報システム

- 立体は立体のまま、3Dポリゴンモデルを3D-CGで表示
 - 歪みなく小惑星を可視化
- ポリゴンIDで地理位置を表現
- 地点ごとの属性情報をポリゴンごとの数値情報で表現



AiGIS: 小惑星向け3D-GIS

- 3D-GISのコンセプトに基づき会津大学で開発した小惑星向けGIS
- 基盤技術
 - Java + OpenGL (JOGL: Java OpenGL binding)
- <https://arcspace.jp/aigis/> で配付中
 - macOS/Windows/linux用
 - Itokawa, Ryuguのサンプルデータ付き
- Small Body Mapping Tool (米APL/JHU開発)も同様のコンセプト



回転, 拡大/縮小, 移動

AIGIS

Info Images

Camera

Latitude 0 Move

Longitude 0.0

Light

Latitude 0 Move

Longitude 30

Model

SHAPE_SFM_49k_v20180804.obj

SHAPE_SFM_3M_v20180804.obj

Info

PolygonID	-
Latitude	-
Longitude	-
Distance	-
X	-
Y	-
Z	-

MapData

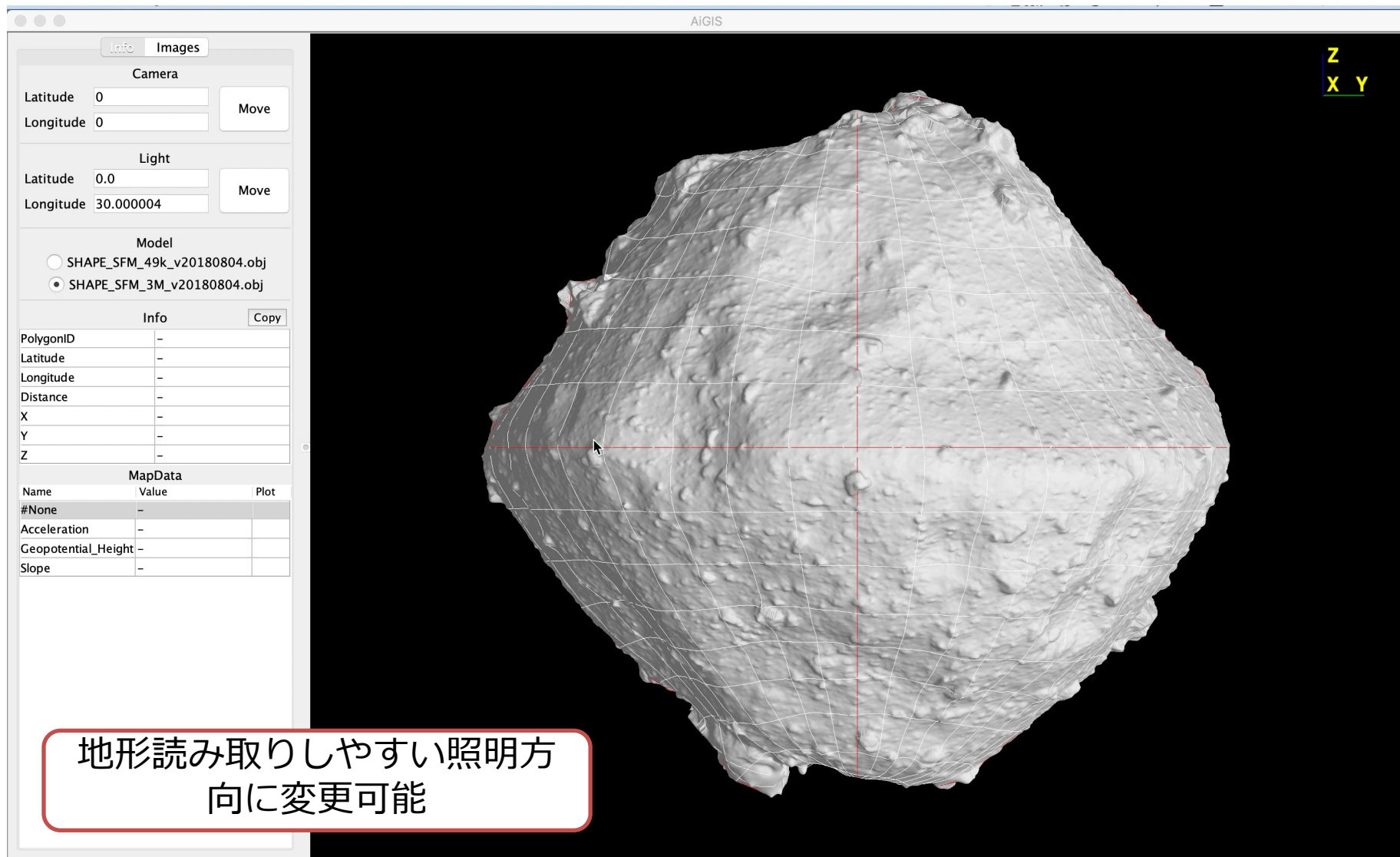
Name	Value	Plot
#None	-	
Acceleration	-	
Geopotential_Height	-	
Slope	-	

Z
X Y

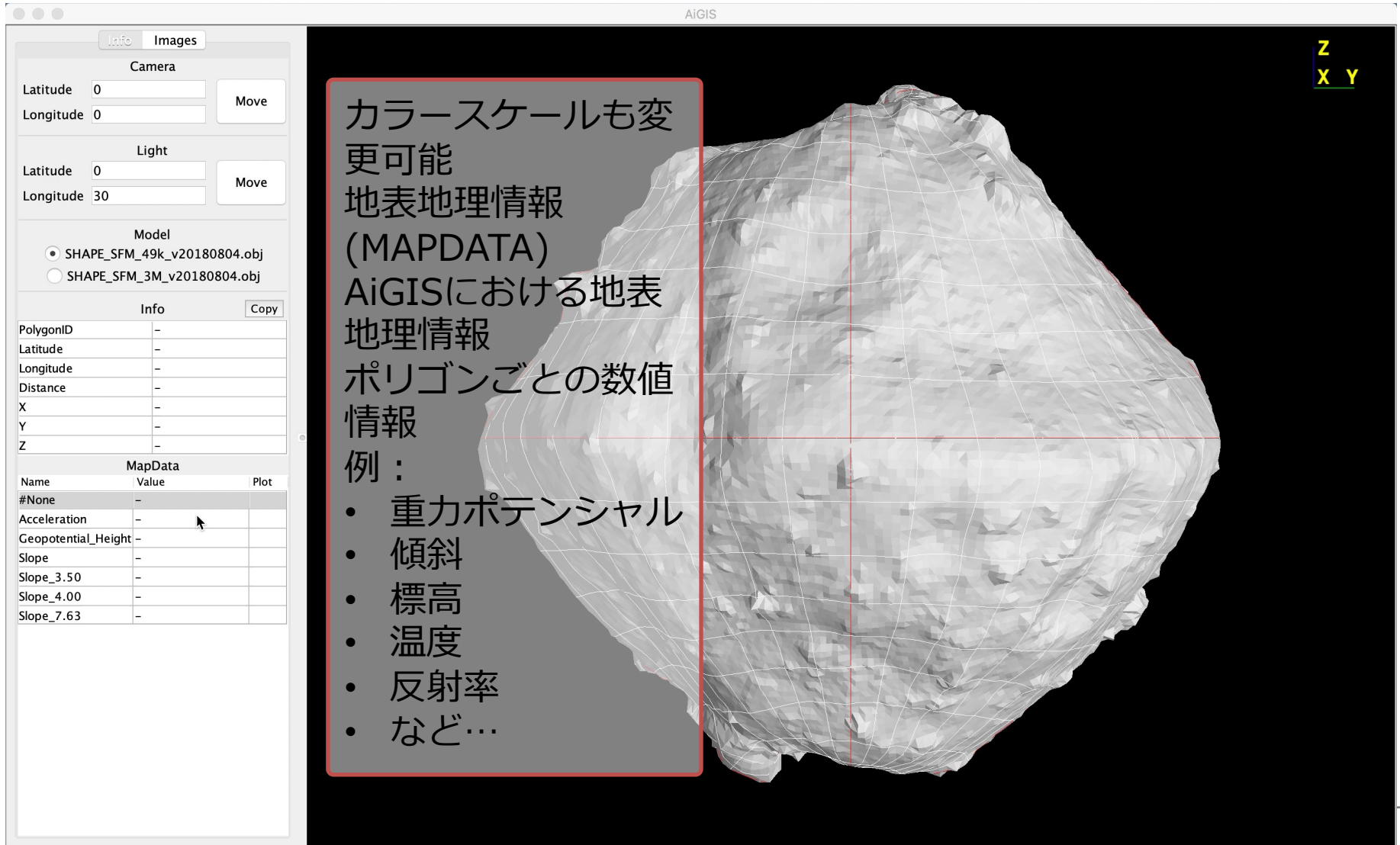
形状モデル
Wavefront OBJ形式

マウス操作で回転, 拡大/縮小,
平行移動できる

照明方向の変更



地表地理情報の可視化 ポリゴン単位数値のカラー表示



The screenshot displays the AiGIS software interface. On the left is a control panel with sections for Camera, Light, Model, Info, and MapData. The main area shows a 3D terrain model with a grid overlay. A red box highlights a text area on the left side of the model.

Camera
Latitude: 0
Longitude: 0
Move

Light
Latitude: 0
Longitude: 30
Move

Model
 SHAPE_SFM_49k_v20180804.obj
 SHAPE_SFM_3M_v20180804.obj

Info Copy

PolygonID	-
Latitude	-
Longitude	-
Distance	-
X	-
Y	-
Z	-

MapData

Name	Value	Plot
#None	-	
Acceleration	-	
Geopotential_Height	-	
Slope	-	
Slope_3.50	-	
Slope_4.00	-	
Slope_7.63	-	

例 :

- 重力ポテンシャル
- 傾斜
- 標高
- 温度
- 反射率
- など...

カラースケールも変更可能
地表地理情報 (MAPDATA)
AiGISにおける地表地理情報
ポリゴンごとの数値情報

Z
X Y

地表地理情報の可視化

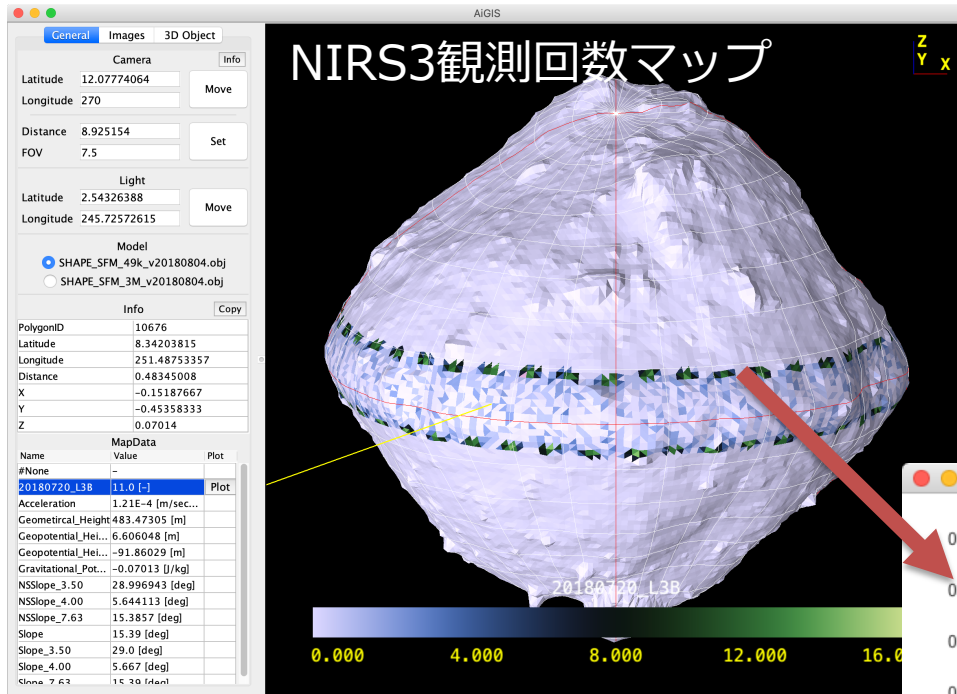
指定地点の数値表示

- マウス選択したポリゴンの情報を串刺し表示
 - ポリゴンID
 - 緯度・経度（一意性はないが有用）
 - XYZ座標
 - MAPDATA数値情報

Info		Copy
PolygonID	35640	
Latitude	5.7885585	
Longitude	346.98358	
Distance	0.4950873	
X	0.47990665	
Y	-0.11093999	
Z	0.049933333	

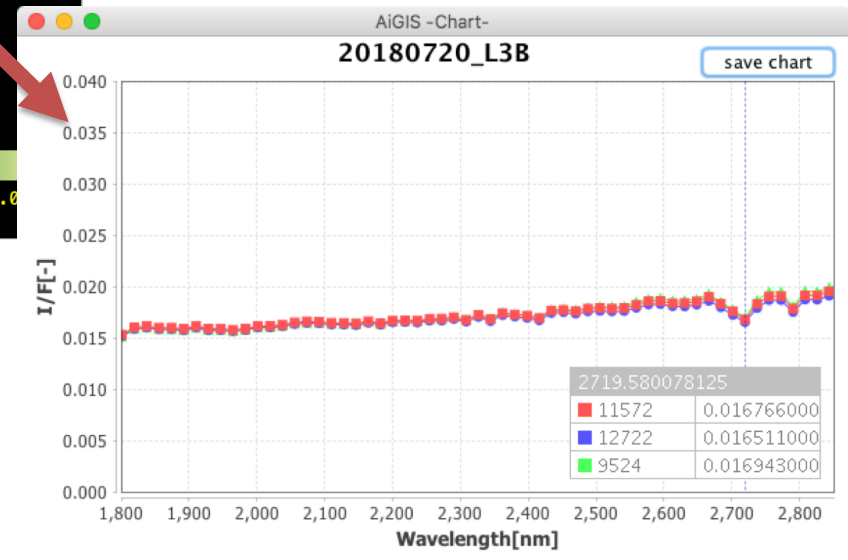
MapData		
Name	Value	Plot
#None	-	
Acceleration	1.17E-4 [m/sec^2]	
Geopotential_Height	10.598435 [m]	
Slope	19.24 [deg]	
Slope_3.50	26.78 [deg]	
Slope_4.00	2.794 [deg]	
Slope_7.63	19.24 [deg]	

地表地理情報の可視化 グラフ表示

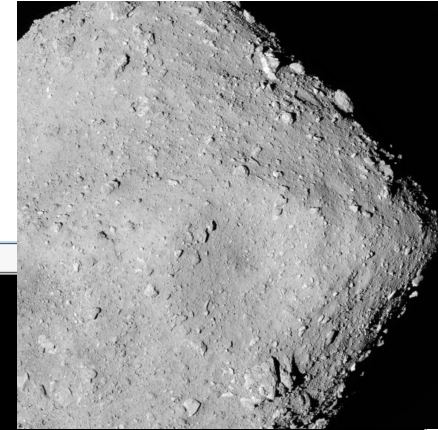


- 元データはポリゴンID-横軸数値-縦軸数値情報のテキストファイル

- 選択地点の反射スペクトルや時系列情報のグラフ表示
- 複数地点の比較も可能



画像の貼り付け表示 探査機画像+幾何情報



AIGIS

Info Images

Camera

Latitude 2.7213087 Longitude 292.1757 Move

Light

Latitude 2.7213087 Longitude 292.1757 Move

Model

- SHAPE_SFM_49k_v20180804.obj
- SHAPE_SFM_3M_v20180804.obj

Info Copy

PolygonID	-
Latitude	-
Longitude	-
Distance	-
X	-
Y	-
Z	-

MapData

Name	Value	Plot
#None	-	
Acceleration	-	
Geopotential_Height	-	
Slope	-	
Slope_3.50	-	
Slope_4.00	-	
Slope_7.63	-	

幾何情報: 小惑星固定座標系での探査機位置, 姿勢, カメラ視野端ベクトル

画面分割・比較表示

AIGIS

Info Images

Camera
Latitude -0.91689134 Move
Longitude 126.94593

Light
Latitude -0.91689134 Move
Longitude 126.94593

Model
 SHAPE_SFM_49k_v20180804.obj
 SHAPE_SFM_3M_v20180804.obj

Info Copy

PolygonID	-
Latitude	-
Longitude	-
Distance	-
X	-
Y	-
Z	-

MapData

Name	Value	Plot
#None	-	
Acceleration	-	
Geopotential_Height	-	
Slope	-	
Slope_3.50	-	
Slope_4.00	-	
Slope_7.63	-	

Geopotential_Height
-43.562 -12.489 18.583 49.656 80.728 (m)

Slope_3.50
0.107 29.680 59.253 88.826 118.400 (deg)

操作は分割画面全てに適用

WebAiGIS

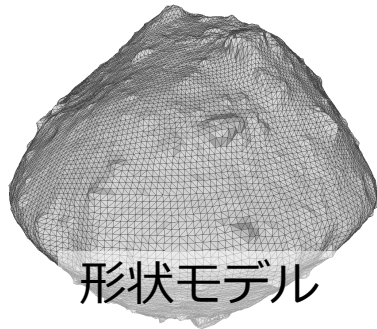
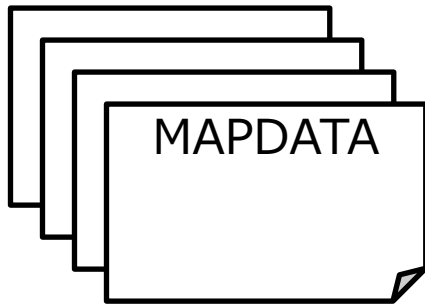
- WebGLを利用したウェブアプリ版
- インストール, データセット準備不要
- 未リリース

The screenshot displays the WebAiGIS application interface. At the top left, there is a language selector set to "日本語ページ" and a "Geographic" dropdown menu set to "None". Below this, there are controls for "gray scale" (set to "on") and "zoomrange:" with a slider. A legend on the left shows a color scale from blue to red, labeled "[-]". The central part of the interface features a 3D model of an asteroid. To the right of the model is a data table with the following content:

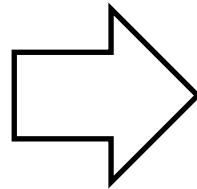
Name	Value
ID	9488[-]
LIDAR_Shot_count	2[times]
AMICA_Brightness	2192[-]
Gravitational_Potential	1.442907e-8[km ² /s ²]
NIRS_Albedo	0.136926[-]
Space_Weathering	154.119[-]
Surface_Slope	2.906873[deg]
NIRS_COUNT	0[times]
Ryugu	0[-]
Itokawa_49152	2192[-]

Below the table, there are several interactive buttons: "clean point", "coordinate axis" (set to "on"), "position info" (set to "on"), and "data info" (set to "off"). At the bottom left, a status bar shows "47 FPS (0-60)" and a small logo.

探査データ可視化環境（現状）

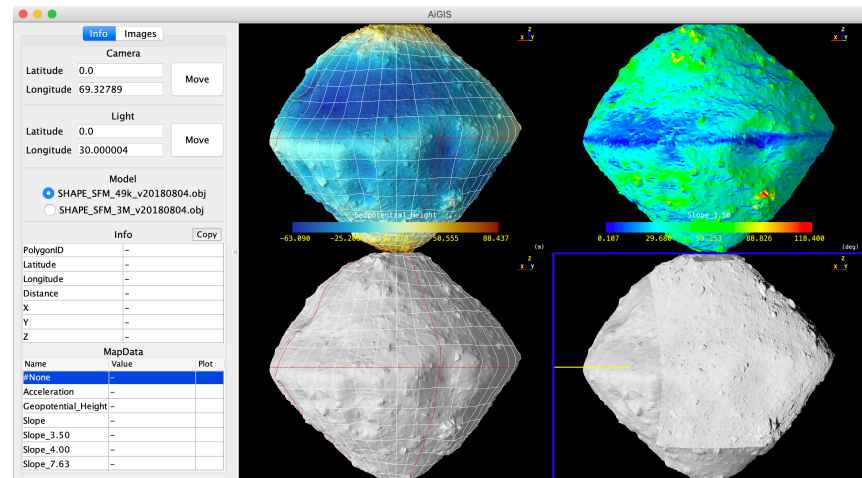


形状モデル



画像データ

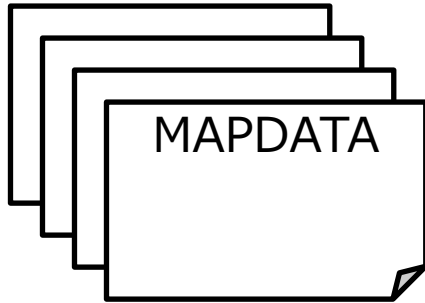
3D-GISのコンセプトとそれに基づくAiGISの開発により、不規則形状小天体探査データの可視化環境は整った



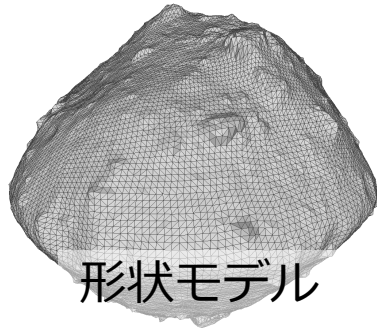
3D-GIS (AiGIS)による可視化

次のステップは（より高度な）解析環境の実現

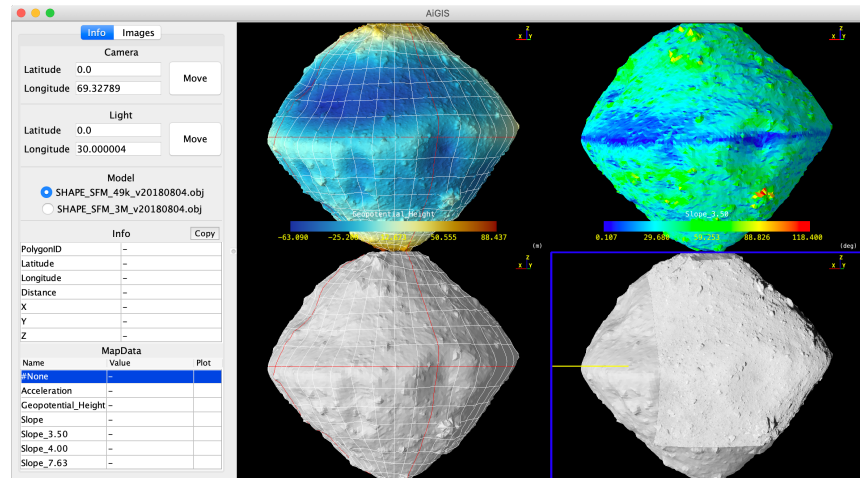
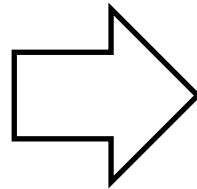
探査データ解析環境



新規MAPDATAの生成



形状モデル



画像データ

画像データ画素値の直接参照
メタデータとの連携

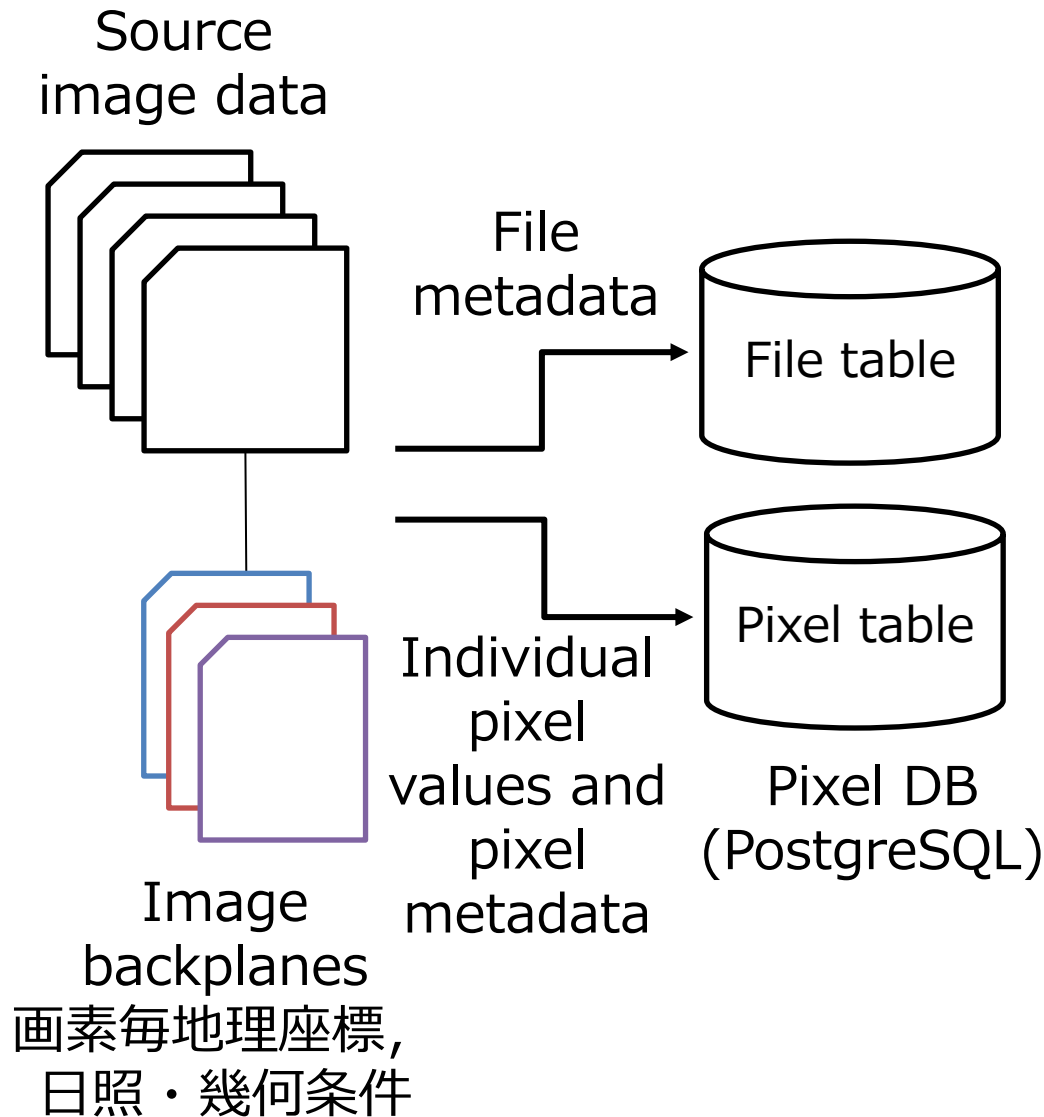
3D-GIS (AiGIS)による可視化

新規データのその場可視化
解析機能の充実

新規MAPDATAの生成のための 取り組み

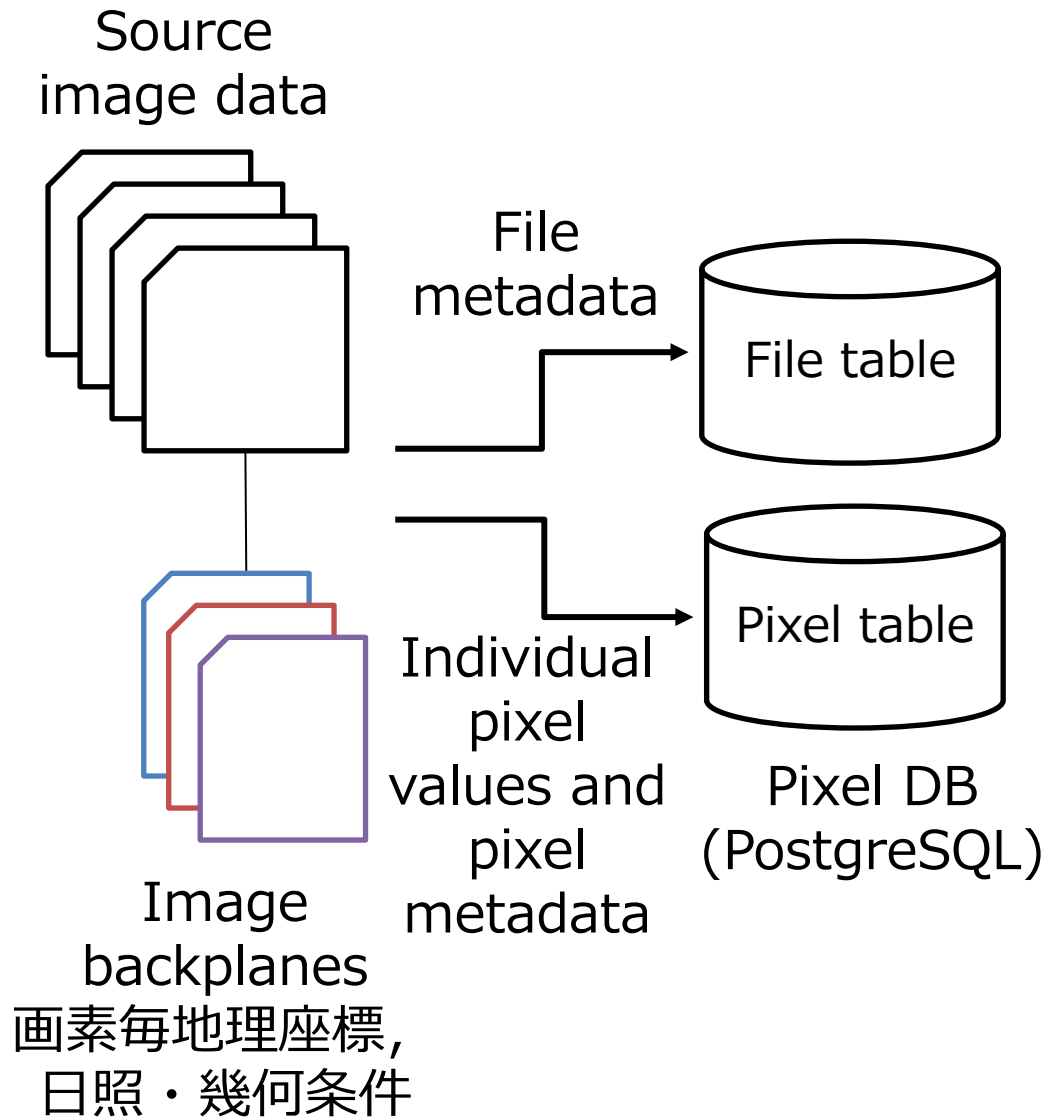
- MAPDATA生成のための計算時間の短縮
 - 重力場計算の高速化（河野さん発表）
- 画像データとメタデータを源泉としたMAPDATAの生成
- 既存MAPDATAや画像，その他の観測データを組み合わせた新規データの生成

画素志向画像DB



- 画像データをファイル単位のメタデータと画素単位のデータに分割
- 画素データはファイル名, 画素座標でインデックス付け

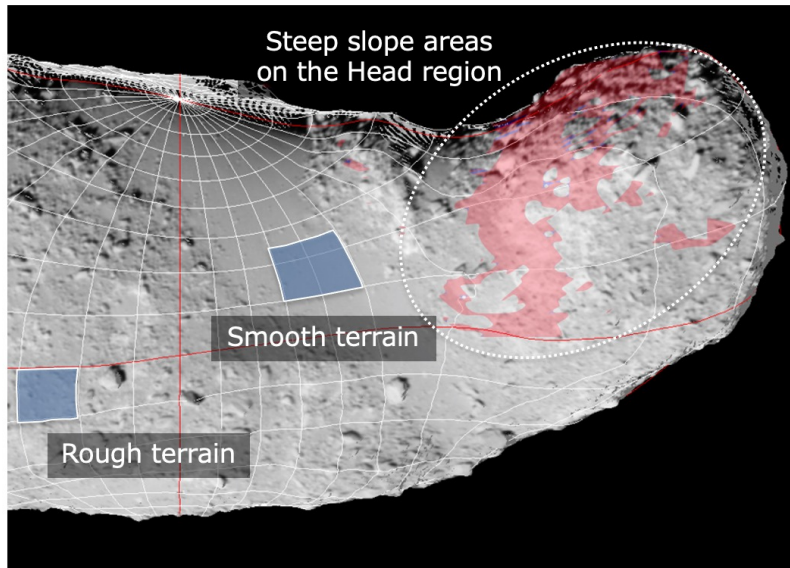
画素志向画像DB



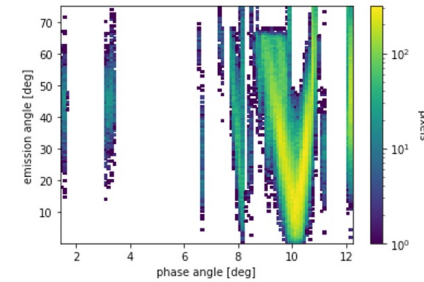
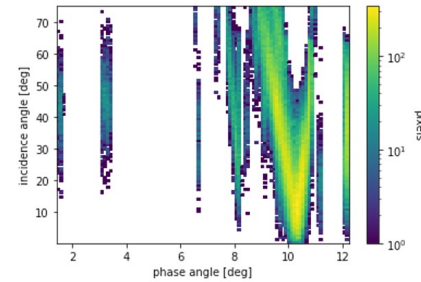
- はやぶさの Itokawa画像を DB化済み
 - 829 images
 - 5.0×10^7 pixels
- 検索例:
 - 全ポリゴンの特定日照条件における平均輝度
 - 斜度などの地形条件ごとの測光モデル源泉

利用例・解析例

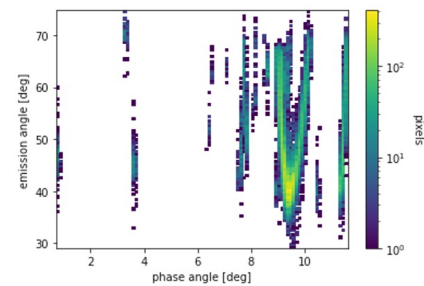
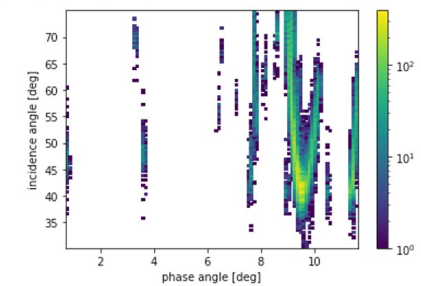
Hirata+, 2021, JpGU and JSPS



Rough terrain



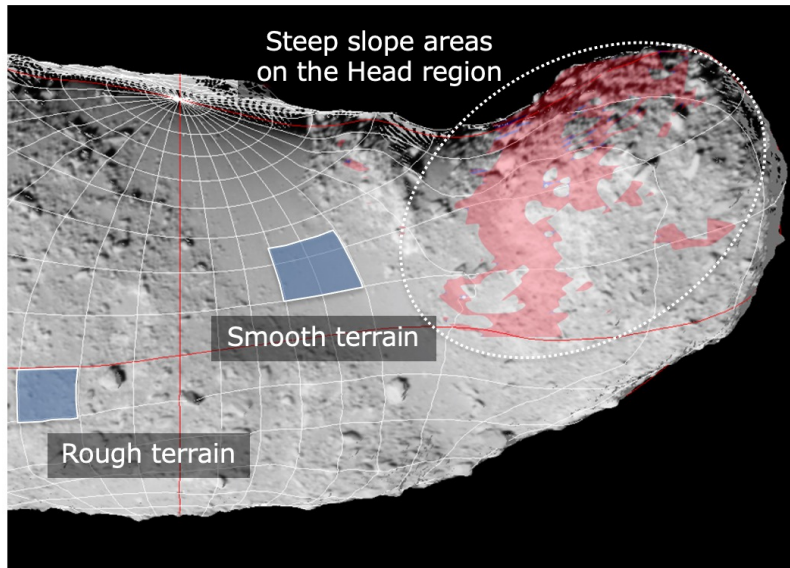
Smooth terrain



- Itokawa表面の地形ユニット毎の輝度データを観測条件とともに抽出
 - 地理座標による領域指定, 斜度による領域指定
- 反射率モデルに当てはめてパラメータを推定

利用例・解析例

Hirata+, 2021, JpGU and JSPS

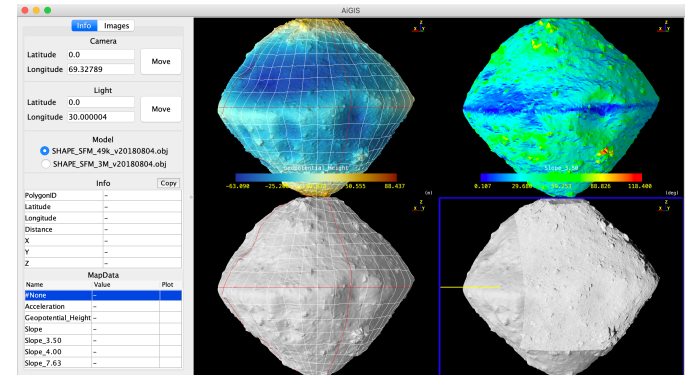


	Disk-integrated Tatsumi+ 2018	Global data Disk-resolved	Rough terrain	Smooth terrain	Steep slope areas on the Head region
w	0.57	0.61	0.58	0.42	0.70
B0	0.98	0.63	0.63	0.71	0.75
h	0.05	0.01	0.03	0.02	0.01
b	0.35	0.55	0.58	0.44	0.60
c	0.56	0.78	0.81	0.40	0.87
theta	40°	16°	19°	0°	14°
Fitting error	0.08	0.04	0.08	0.02	0.13

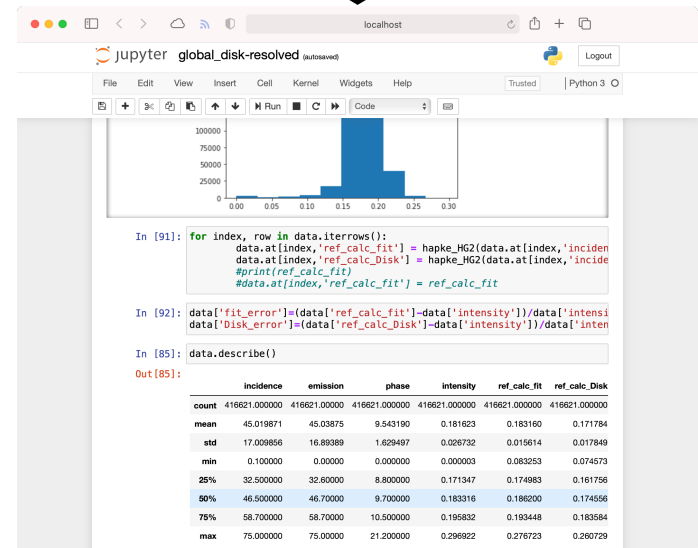
- 地形・地質対応したパラメータ推定が行われている
 - Smooth terrainでの小さいラフネスパラメータ

新規データのその場生成とその場可視化，解析機能の充実（仮称AiGIS2）

- GUIによる可視化・解析I/F
 - 従来のAiGISと同様
 - 天体表面のROI選択機能（点，線，領域）
 - 画像DBのGUIフロントエンド
 - 新規可視化要素の追加
 - ROIに基づく断面抽出
 - ベクトル場
 - vtkなど外部ライブラリの活用



- CUIによる対話的な解析I/F
 - Jupyter notebook的/あるいはそれぞれのもの
 - ロード済みデータの抽出，処理による新規データその場生成
 - 画像DBの詳細フロントエンド
 - Plot生成機能
 - GUI 3D可視化機能呼び出し



まとめ

- 不規則形状小天体探査データ解析ツールとして3D-GISを提案し, AiGISを開発
- AiGISを核とした不規則形状小天体探査データ解析環境の開発を進めている
- <https://arcspace.jp/aigis:top> で配付中
 - macOS/Windows/linux用
 - Itokawa, Ryuguのサンプルデータ付き

