

# 画素志向画像DBの開発と 小惑星光散乱特性の解析への 応用

平田 成<sup>1, 2</sup>, 北里 宏平<sup>1, 2</sup>, 巽 瑛理<sup>3</sup>, 菊地 紘<sup>4</sup>, 佐藤 広幸<sup>4</sup>

1. 会津大学コンピュータ理工学部, 2. 会津大学ARC-Space,
3. カナリア天文物理学研究所,
4. 宇宙航空研究開発機構月惑星探査データ解析グループ (JLPEDA/JAXA)

2021年度宇宙科学情報解析シンポジウム 2022/2/18

# 画素志向画像DB

## 画像のデータベース

- 通常の画像DB

- 画像をファイル単位で管理する

- DB内容・メタデータ・検索キー：ファイルごとの情報

- ミッション名, カメラ名, 画像ファイル名

- 撮像時刻, 観測波長 (フィルタ名), など

- 画素志向画像DB

- 画像を画像中の画素単位で管理する

- DB内容・メタデータ・検索キー：画素ごとの情報

- 画素座標, 画素値, など

# 画素志向画像DBの例

- Hayabusa2 TIR画像の較正システムHEAT
  - TIR地上試験データを画素ごとに分解してDBに格納, 画素ごとの較正係数推定に使用
  - Kuwano 2016, Endo+2017
- Hayabusa AMICA画像DB
  - 会津大学卒業研究 (上甲 2013, 古川 2018, 三留 2020, 古舘 2021, 片平 2021)
  - JLPEDAとの共同研究 (2019-)

# 画像バックプレーン情報

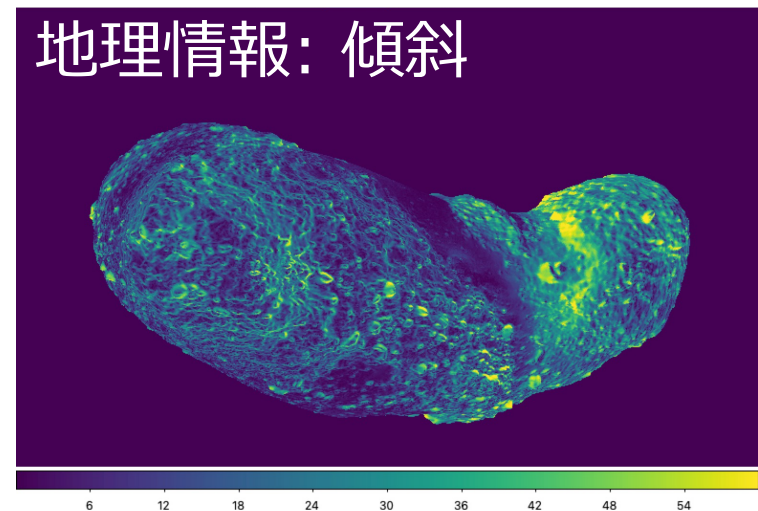
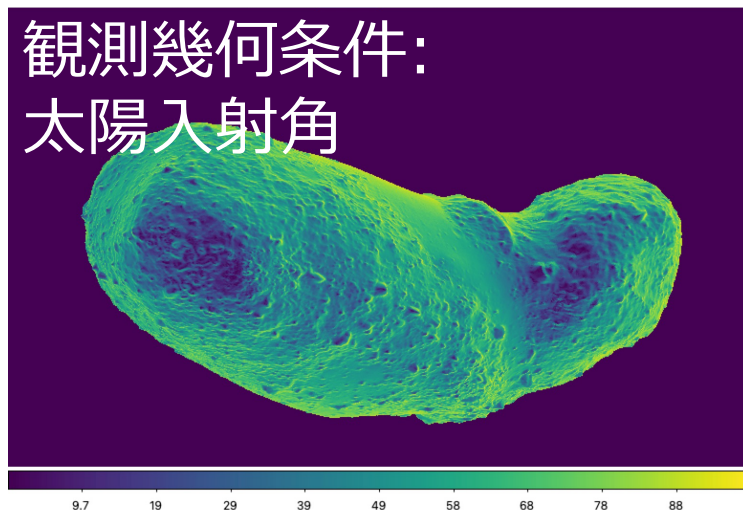
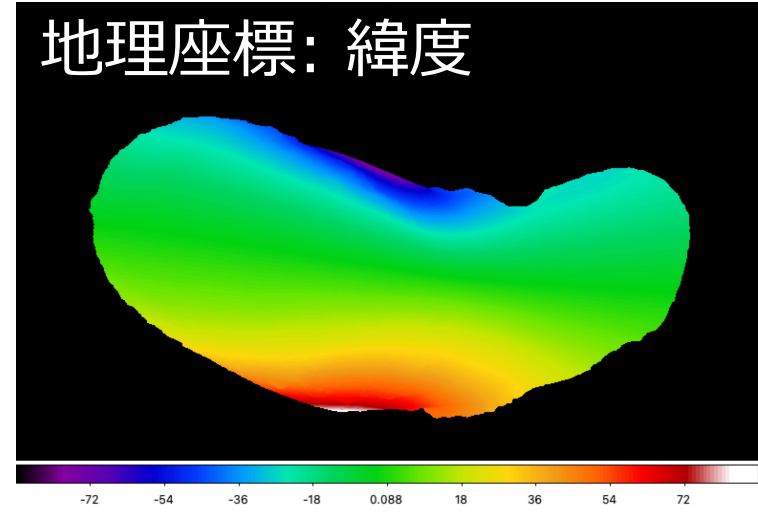
- 画像本体と同じサイズ（画素数）のメタデータ集合体
  - 通常，複数プレーンからなる
- 画素ごとのメタデータを格納
  - 対応する画像の同じ画素座標のメタデータ
  - 画素ごとの観測条件：観測幾何条件など
  - 当該画素の観測対象の情報：地理座標，地理情報など

# バックプレーン情報を含む アーカイブデータの例

- Hayabusa AMICA geometry backplanes
  - Barnouin and Kahn, 2012
  - HAY-A-AMICA-3-AMICAGEOM-V1.0
- Hayabusa2 ONC-T L2dbpc data
  - Honda+, 2019
- Pixel values: Lat, Lon, Lighting and observation geometry (i, e, g)...
- Tools:
  - plate\_renderer (Hirata, 2020, [https://arcspace.jp/doku.php?id=plate\\_renderer:top](https://arcspace.jp/doku.php?id=plate_renderer:top))
  - ISIS phocube (<https://isis.astrogeology.usgs.gov/Application/presentation/Tabbed/phocube/phocube.html>)

# バックプレーン情報

## Hayabusa AMICA geometry backplanes



# 画素志向画像DB

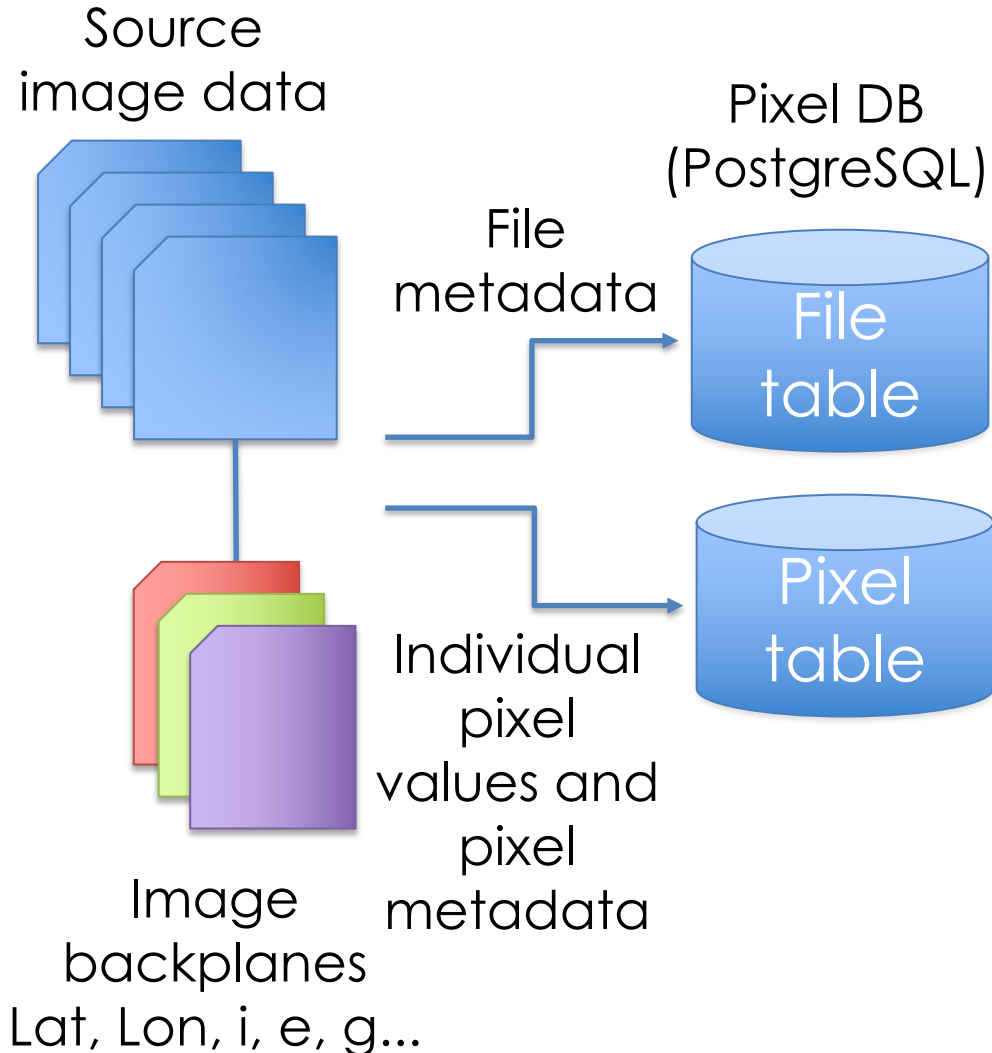
- 画像を画像中の画素単位で管理する
  - 格納される情報
    - 画素座標, 画素値
    - バックプレーンに含まれる情報: 観測幾何条件, 地理座標, 地理情報など
- 格納された情報をキーとして検索が可能
  - 画素ごとの情報を抽出することができる

# 検索例

- 特定の地点を撮影している画像
  - 画像DB: 可能 (例: JADE)
  - 画素志向画像DB: 可能
- 特定の地理条件 (例: 傾斜が30度以上) を満たす地点を撮影している画像
  - 画像DB: 実装すれば可能
  - 画素志向画像DB: 可能
- 特定の地点に該当する画素
  - 画像DB: 不可能
  - 画素志向画像DB: 可能
- 特定の地理条件を満たす地点に該当する画素
  - 画像DB: 不可能
  - 画素志向画像DB: 可能
- 特定の日照条件を満たす画素
  - 画像DB: 不可能
  - 画素志向画像DB: 可能
- 画素値を検索・抽出するだけでなく, 対応する画素ごとの観測条件, 日照条件, 地理座標, 地理情報をセットで抽出可能
  - 抽出後の処理も容易になる



# AMICA Pixel Database



- File table
  - ファイルごとの情報を格納
  - 源泉:
    - FITS header
    - PDS label
- Pixel table
  - 画素ごとの情報を格納
  - 源泉:
    - 画像画素値
    - バックプレーン情報画素値

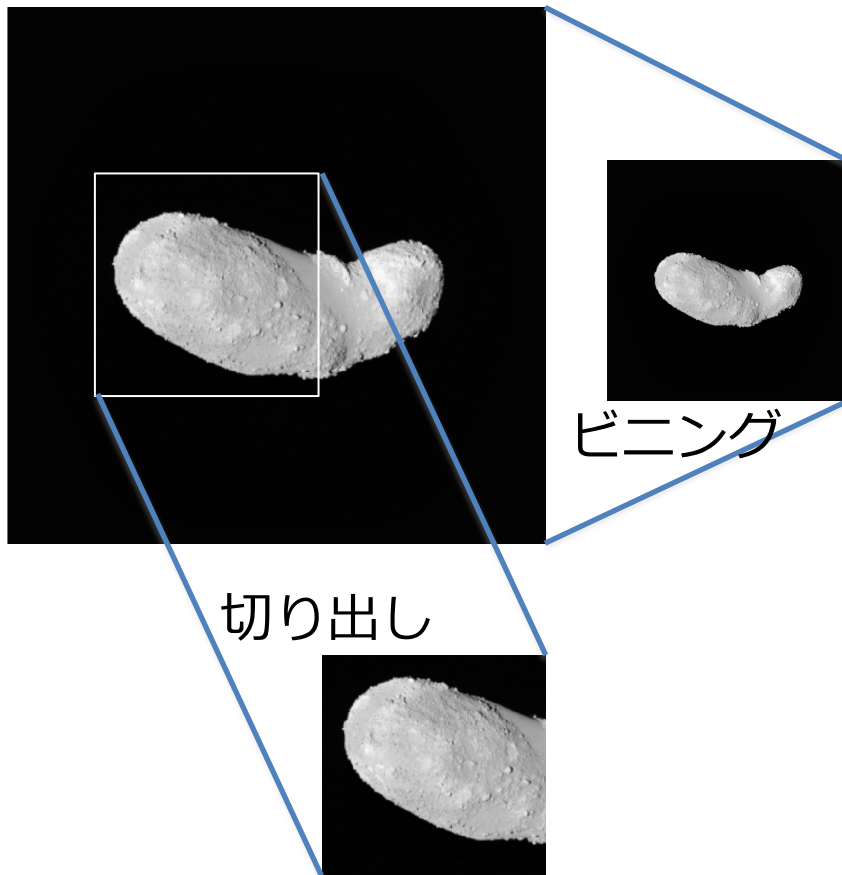
# Source image data

- AMICA calibrated data
  - Tatsumi et al., 2018
  - Pixel values: I/F
- AMICA geometry backplanes
  - Barnouin and Kahn, 2012
  - HAY-A-AMICA-3-AMICAGEOM-V1.0
  - Pixel values: Lat, Lon, Lighting and observation geometry (i, e, g)...
- Polygon ID map
  - Produced from the shape model (Gaskell et al, 2008) and SPICE kernels

# 技術

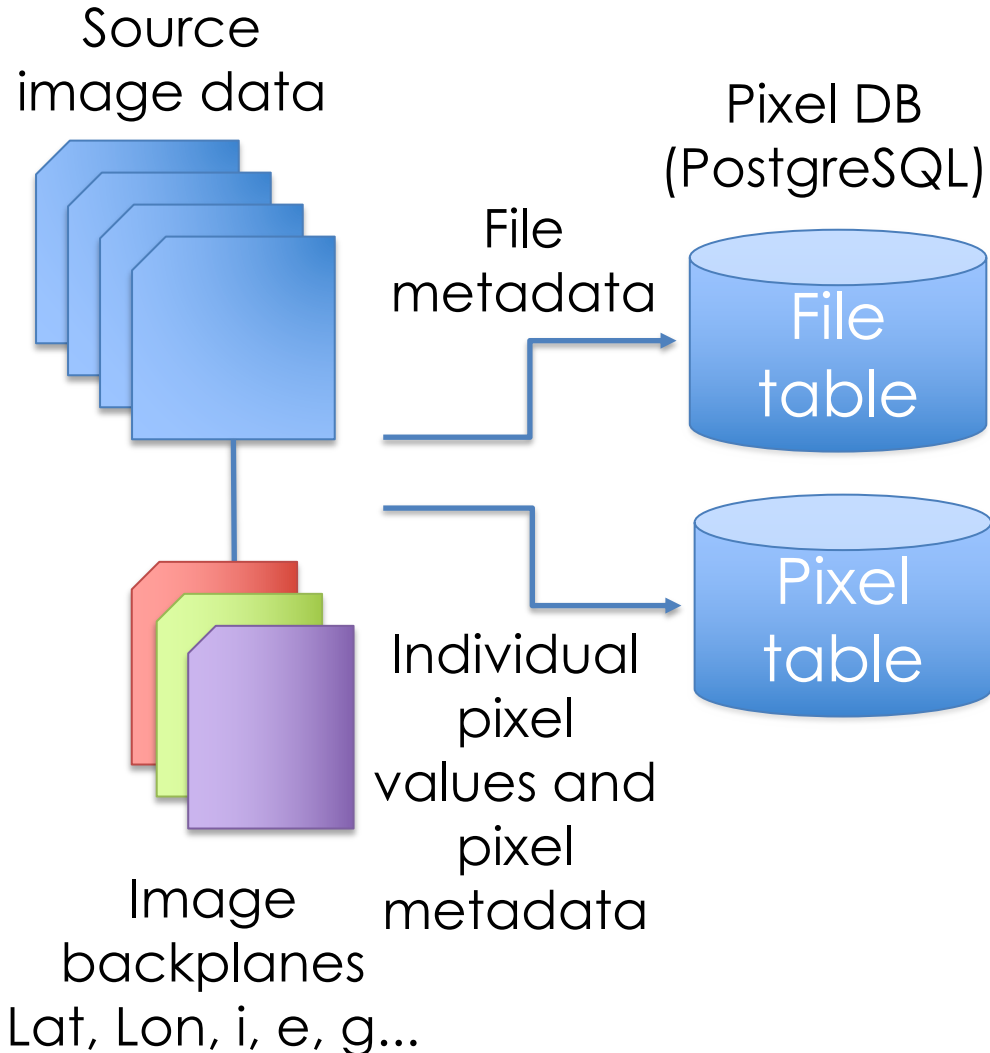
- DBエンジン
  - PostgreSQL
- 源泉データ読み取り, テーブル格納
  - Python + Jupyter Notebook
  - psycopg2, astropy, Pillow, NumPy
- 検索, 結果取り出し・格納, 可視化
  - pandas, matplotlib

# AMICA機上処理データの 取り扱い



- AMICAセンサ画素サイズ:  
1024x1024
- 切り出し, ビニングなどの画素サイズが変化する機上処理を実施
- AMICA geometry backplanes:
  - 切り出し実施, ビニング実施せず
- Polygon ID map
  - 切り出し実施せず, ビニング実施せず
- AMICA画像と画素座標を一致させる処理が必要
- 画像座標系の違いの吸収も必要
  - AMICA image, Polygon ID map:  
sensor native + FITS
  - backplane: sensor native  
(=natural)

# AMICA Pixel Database



- 829 images in the file table
- $5.0 \times 10^7$  pixels in the pixel table

~ 85 GB

# Performance

- データ投入所要時間: ~ 4 hours
- 検索所要時間 (例)
  - 以下を満たす画素
    - フィルタ: v-band
    - 観測距離: 0.2 km以上
    - 太陽入射角: 75度以下
    - 観測角 (出射角) : 75度以下
  - 件数:  $\sim 4.2 \times 10^5$  pixel
  - 所要時間: ~20 sec
  - (インデックス未作成, キャッシュ有効状態)

# 応用例： 小惑星光散乱特性の地域性の解析

JpGU2021, 惑星科学会2021年秋季講演会にて報告済み

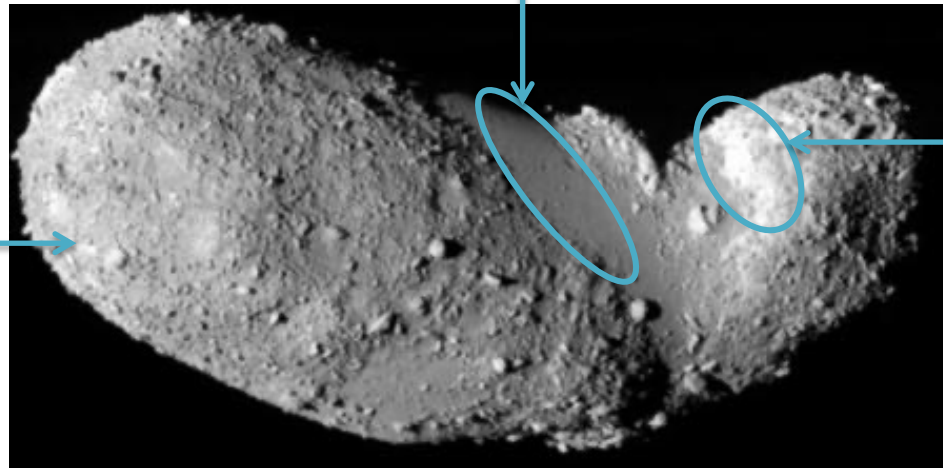
# Itokawa表面の多様性

- 地形学的多様性

- Rough terrain
- Smooth terrain

- 物質/分光学的多様性

- Space-weathered material
- Fresh material



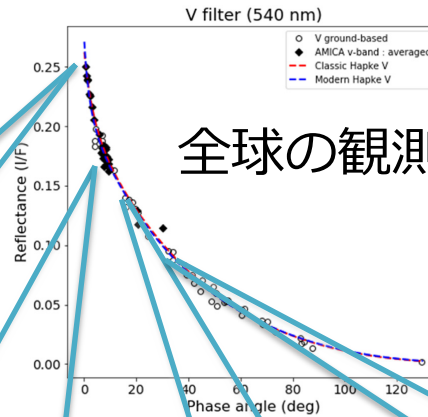
- 測光学的特性にもこれらの多様性が現れているはず



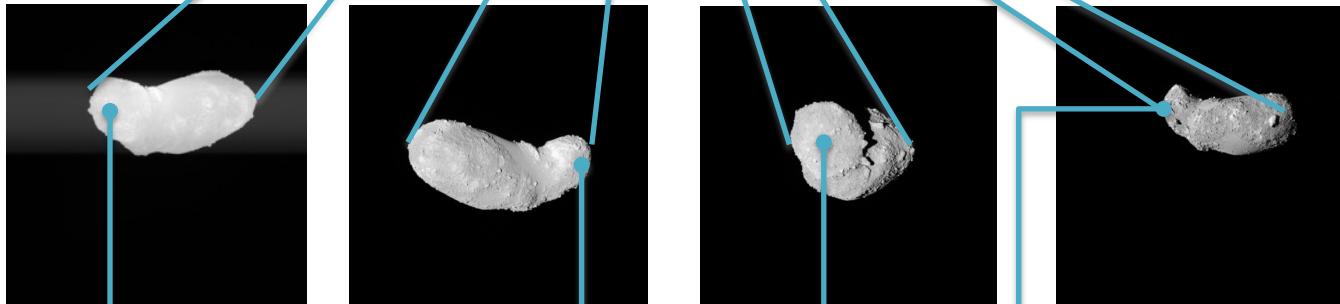
# 像積分測光と像分解測光

## Disk-integrated and disk-resolved photometry

Disk-integrated  
photometry  
Tatsumi et al.,  
2018



全球の観測量が積分された測光関数



Images with  
different  
observation  
conditions

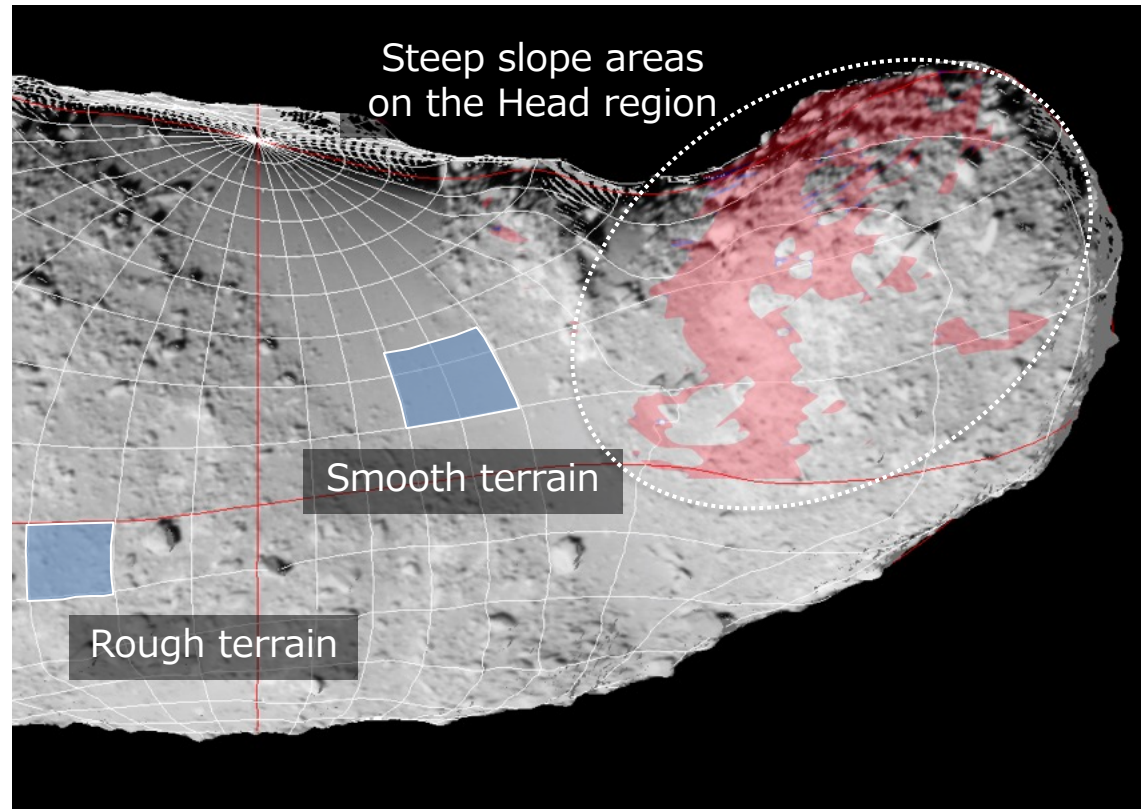
Local  
photometric  
property

I/F values  
from every pixels

地域ごとのdisk-resolvedな測光学的特性を明らかにする

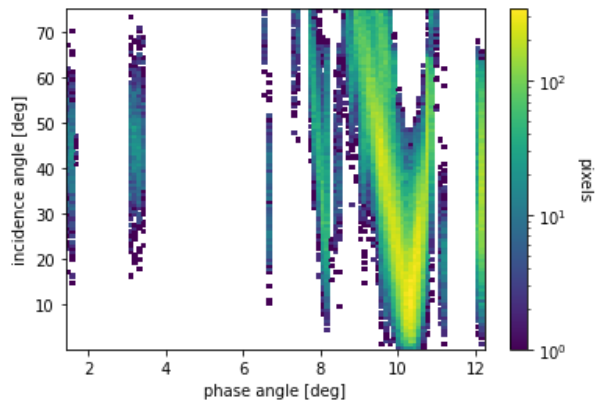
# Target regions

- Global data  
 全球の1%サンプル  
 416,621 pixels
- Rough terrain  
 138,606 pixels  
 Lat:  $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$   
 Lon:  $110^{\circ} \sim 120^{\circ}$   
 138,606
- Smooth terrain  
 MUSES-C region  
 Lat:  $-25^{\circ} \sim -10^{\circ}$   
 Lon:  $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$   
 154,131 pixels
- Steep slope areas on the Head region  
 Slope  $> 30^{\circ}$   
 2,141,823 pixels

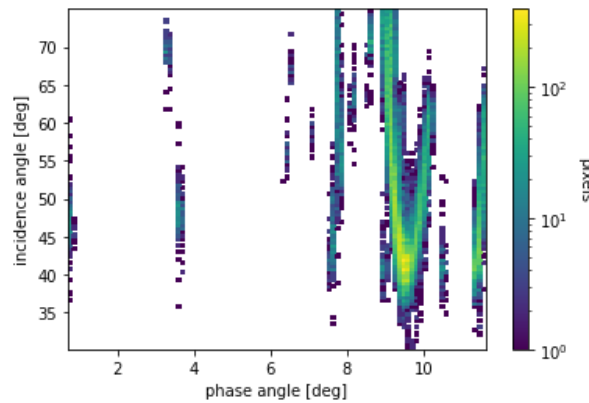


# Distributions of lighting and observation geometries: Local regions before binning

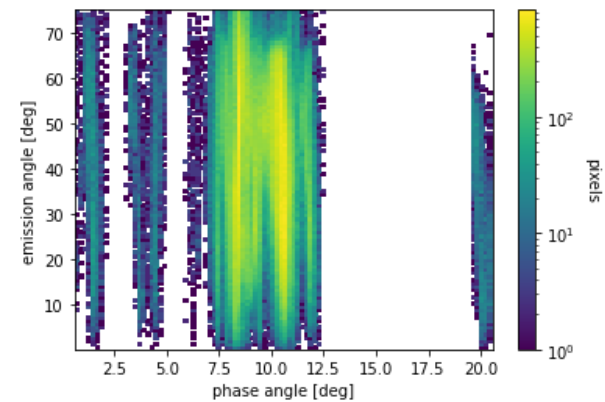
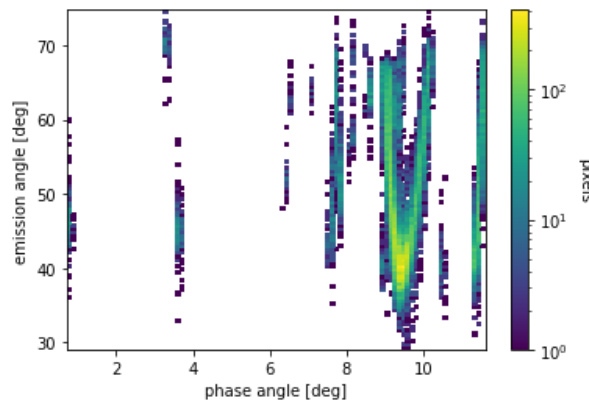
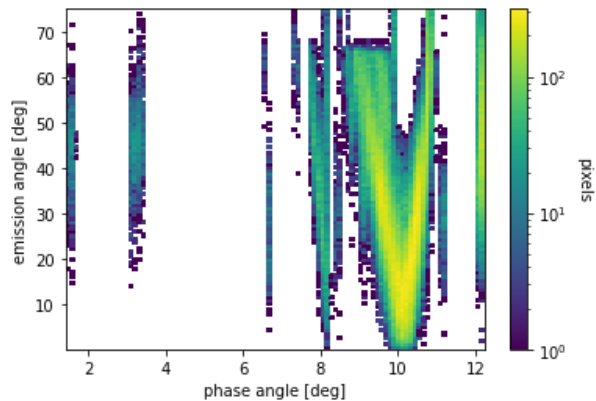
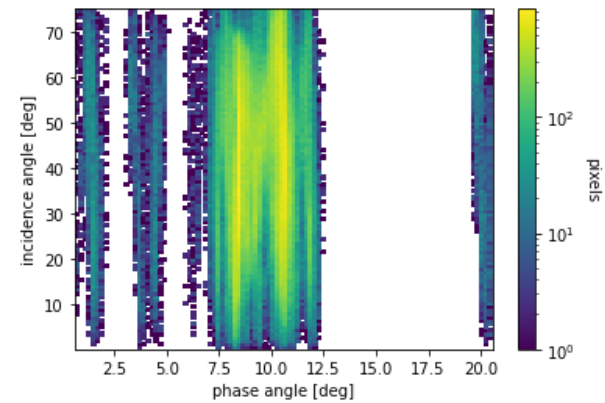
Rough terrain



Smooth terrain



Steep slope areas



# Best-fit Hapke parameters for v-band (tentative)

	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

# 今後

- DB構造・インデックスの最適化
  - 外部可視化ツールとの連携強化
  - DB全体のDockerコンテナ化・可搬化
  - AMICA以外の小惑星観測データのDB化
- 
- DBの理学的活用

## Acknowledgements:

本研究は文部科学省特色ある共同研究拠点の整備の推進事業 JPMXP0619217839 の助成（会津大ARC-Space公募型共同研究2019年度採択課題）を受けたものです。

会津大ARC-Spaceの2022年度共同研究は4月以降公募予定