

不規則形状小天体向け三次元地理情報システムの開発とその応用

平田成, 出村裕英, 寺藺淳也, 浅田智朗

田山拓人, 上甲祐己, 藤井良明(会津大学)

GIS

- 地理情報システム (Geographical Information System)
- 電子化され, 種々のデータが統合された「すごい地図」
- ArcGIS, Google Earth...
- 電子化された複数種のデータがあれば, GIS化することでこれらを統合して解析できる
 - 新しい解釈
 - 視覚的な理解

Planetary GIS

- USGS astrogeology research program
 - 過去の紙ベースの地図の電子化
 - Web経由でのGISデータ配信
- 現在進行形のミッション
 - データのオンライン検索支援のためのシステム
- 球形の天体であれば地球のGISの枠組みがそのまま使える
- 非球形、複雑形状の小天体では？

An artistic rendering of the Hayabusa spacecraft on the surface of the asteroid Itokawa. The spacecraft is yellow and white, with large solar panels deployed. It is positioned on a dark, rocky, and cratered surface. In the background, the curved horizon of the asteroid is visible against the blackness of space.

■ Hayabusa (MUSES-C)

■ 2003年5月打ち上げ

■ 2005年9月12日小惑星Itokawaへ到着

■ 3ヶ月間のリモートセンシングを実施

■ 可視/近赤外カメラ (AMICA)

■ 近赤外分光器 (NIRS)

■ X線分光器 (XRS)

■ レーザ測距計 (LIDAR)

■ 2度のタッチダウンと小惑星表面試料の採取

■ 2010年に試料の回収予定

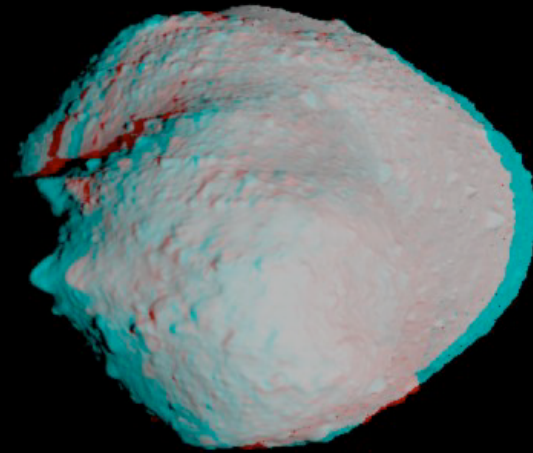
■ 固体惑星科学分野にとって、実質的に初めての探査データ

Itokawa

■ 最大軸長~520 m

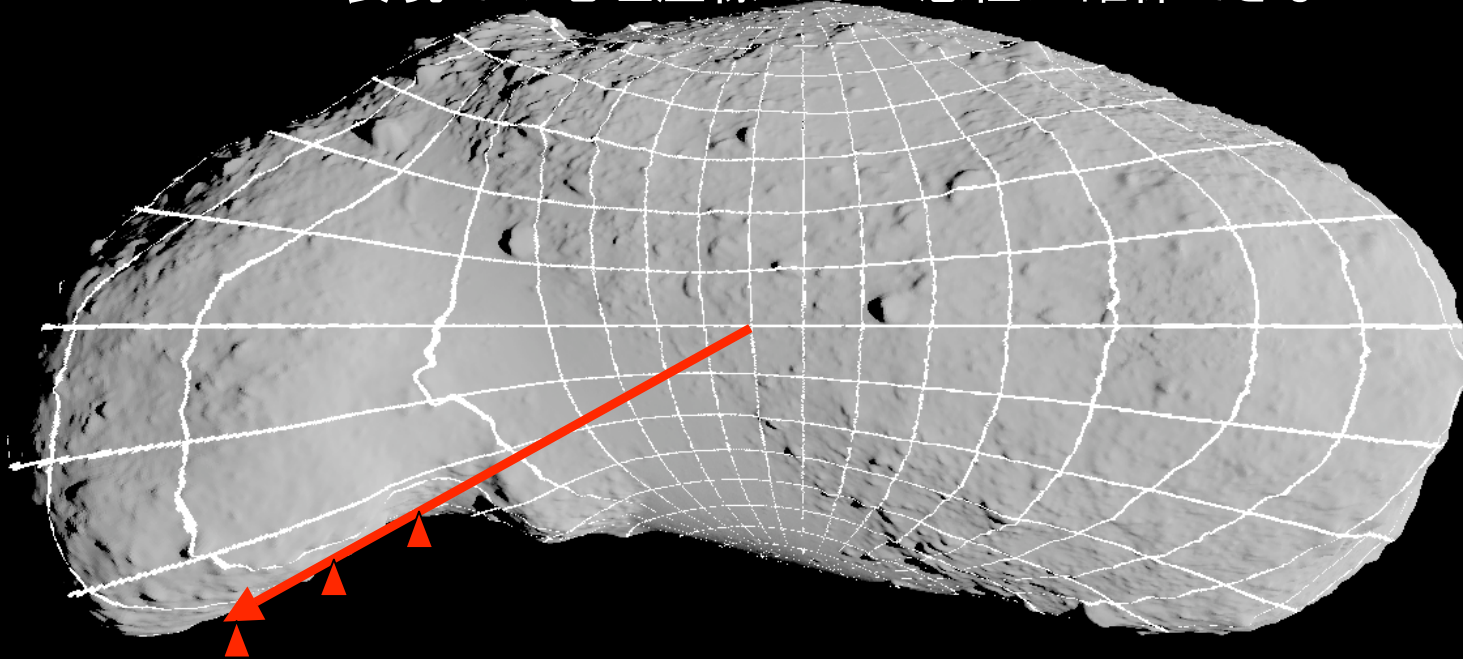


Itokawa

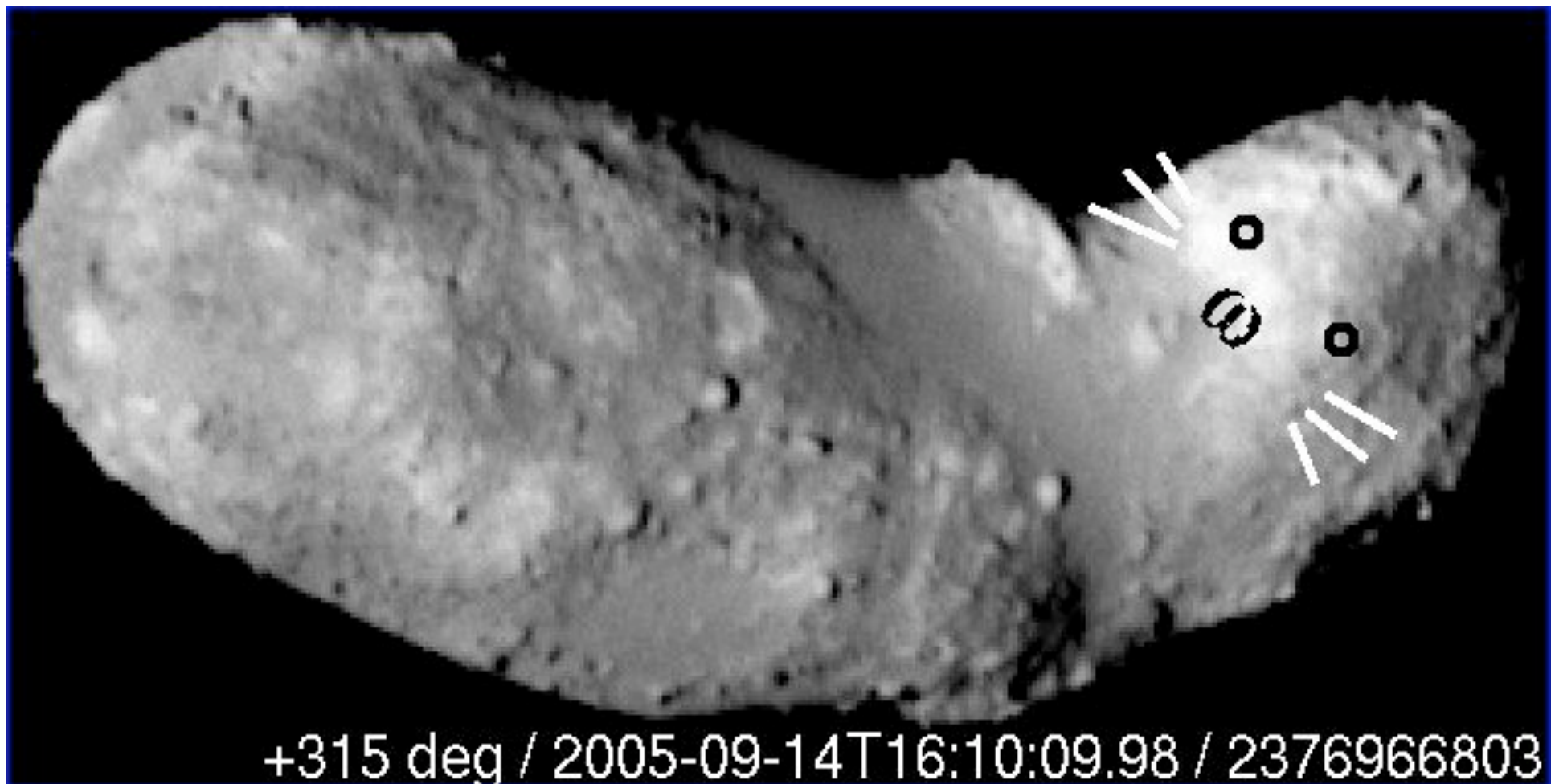


不規則形状天体の地理座標

■ Lat-Lon表現での地理座標では一意性が確保できない



Sea Otter Itokawa

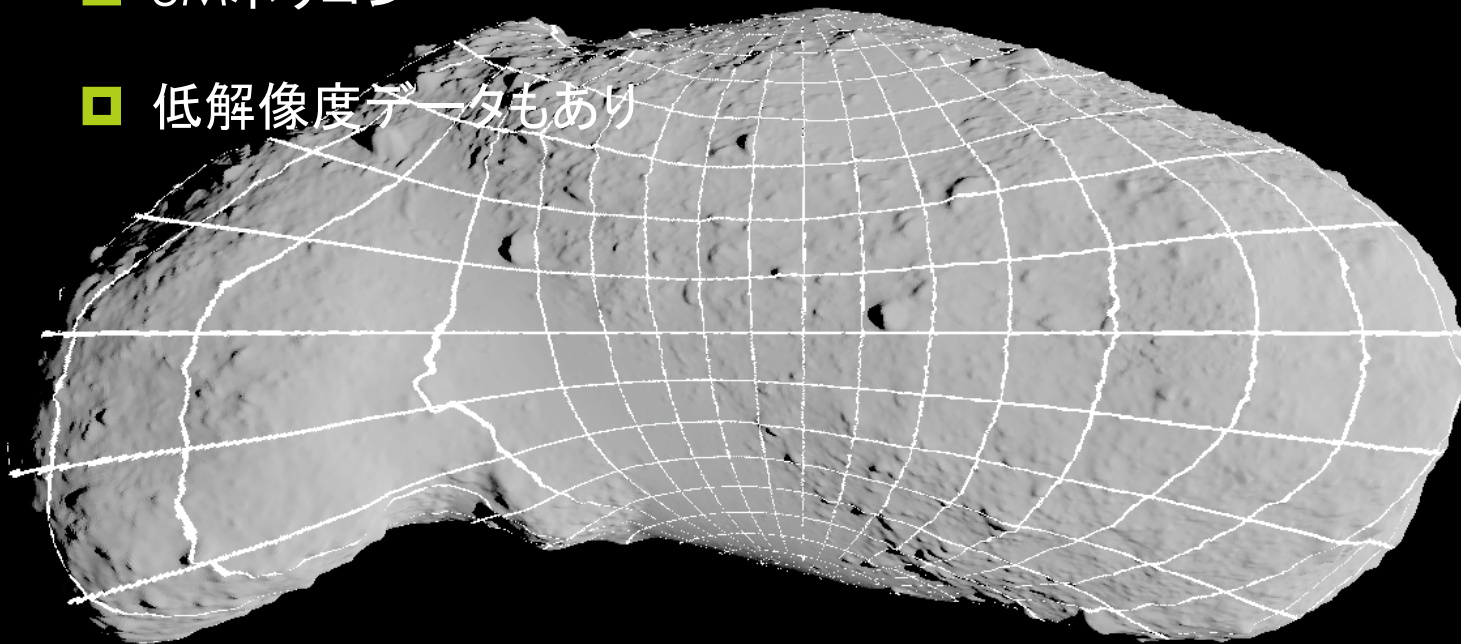


不規則形状小天体向けGIS

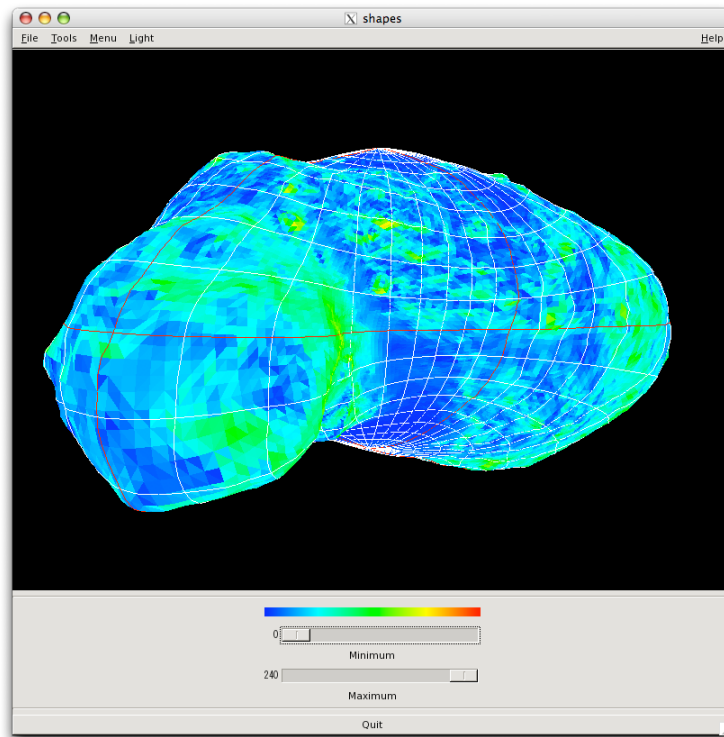
- 形状自体が地表上の位置特定の手がかりになっている
- データの分解能も地表の平面近似を許すほど高くない
- CGによる三次元表示でそのまま表現した方がよい
- 要件
 - 形状モデル(ポリゴンモデル)の三次元表現
 - 表面に地図(マップデータ)を張り付けて表示
 - 複数マップデータの切り替え

Itokawaポリゴンモデル

- 3Mポリゴン
- 低解像度データもあり



マッピングデータ



- 斜度マップ
 - 重力方向とポリゴン面のなす角度
- ポリゴンにひも付けされたデータ
- ポリゴンは一意的なIDを持つ
 - 内部的にはLat-Lonに替わる地理座標表現になり得る

不規則形状小天体向けGIS (cont.)

- ライブラリ: OpenGL, GTK+
 - クロスプラットフォームによる動作を実現
 - MS-Windows, MacOSX, Linux, UNIX
- データ構成

不規則形状小天体向けGIS (cont.)

□ ライブラリ

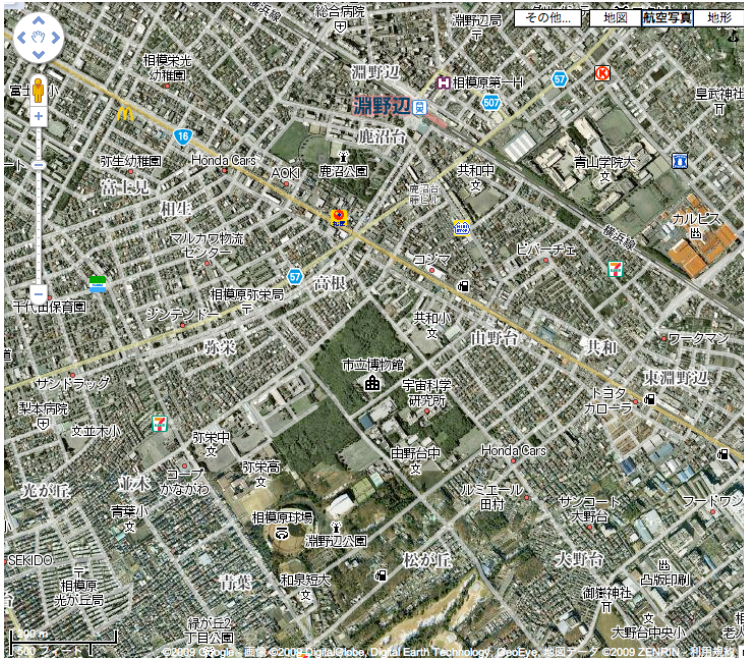
- OpenGL, GTK+
- マルチプラットフォームでの動作 (Windows, MacOSX, linux...)

□ データ構成

- ポリゴン形状モデル
- マッピングデータ (複数種可)
 - ポリゴンID-スカラー量
 - 疑似カラー表現

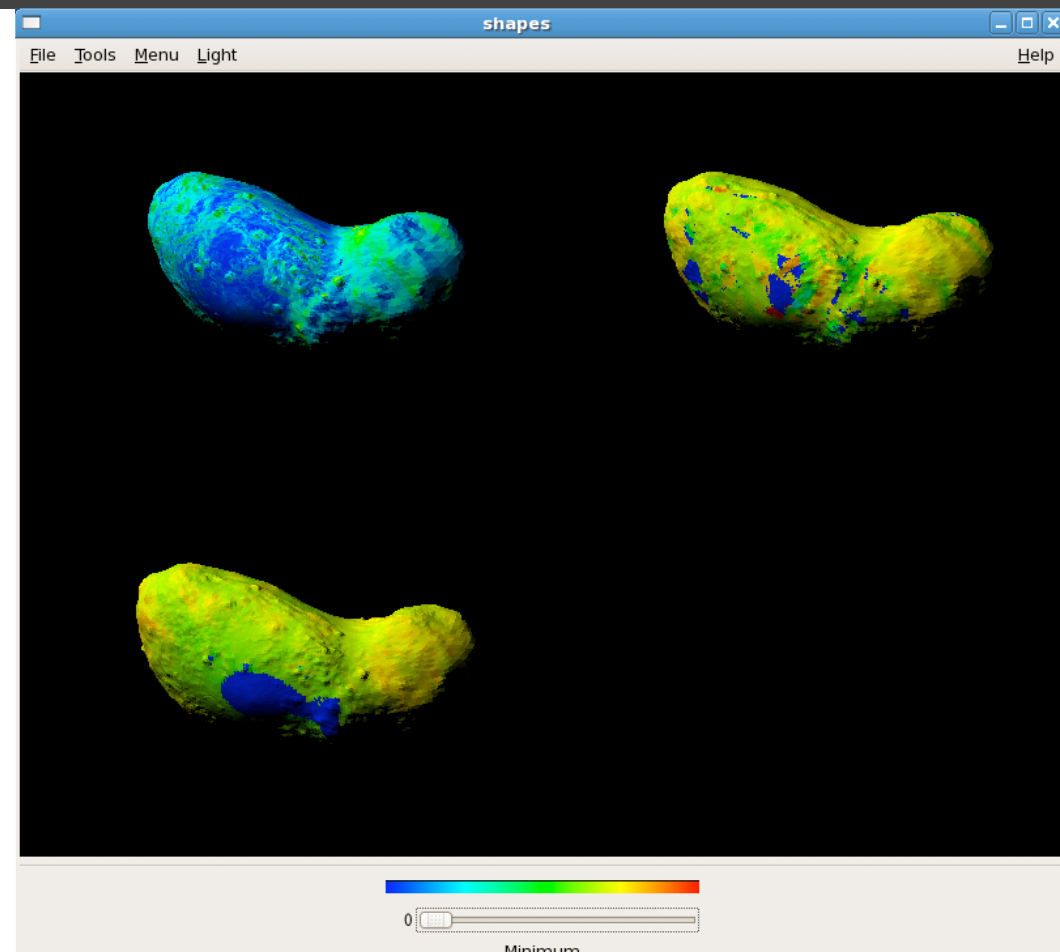
デモ

GISにおける複数種データの表現



- マルチレイヤーによる重ね合わせ表現
- ベクトルデータとラスターデータの混在環境
- 複数のラスターデータのわかりやすい同時表現は難しい

画面分割による多種データの表現



Available Mapping Data

- Slope distribution map (Fujiwara et al., 2006; Abe et al., 2007)
 - NIRS reflectance map (Kitazato et al., 2008)
 - AMICA v-band brightness map (This talk)
-

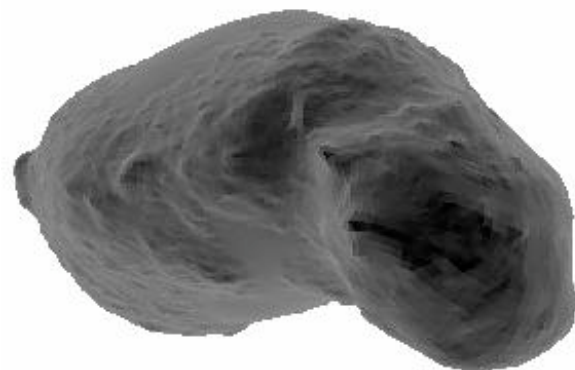
AMICA輝度，観測条件DB

- 最終目標: AMICA反射率マップの作成
- AMICAデータによるイトカワ表面物質のローカルな光散乱特性(位相関数)の推定
- 画像の各画素のイトカワ上での位置の特定
- ローカル地形を考慮した観測条件(入射角, 出射角, 位相角)の推定
- 上記データのDB化

手法

- 航法データと形状モデルから実画像に対応する模擬画像を作成
 - SPICE toolkit
 - SPICE platelib
- 実画像と模擬画像の正確な位置合わせ
- 模擬画像と同時に算出している画素ごとの観測条件（入射角，出射角，位相角）と対応ポリゴン情報を抽出，実画像の輝度値とともにDBへ格納

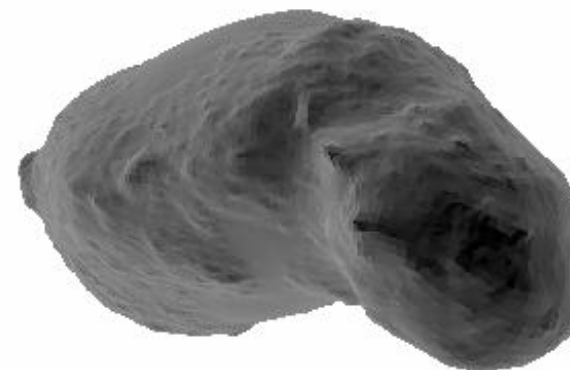




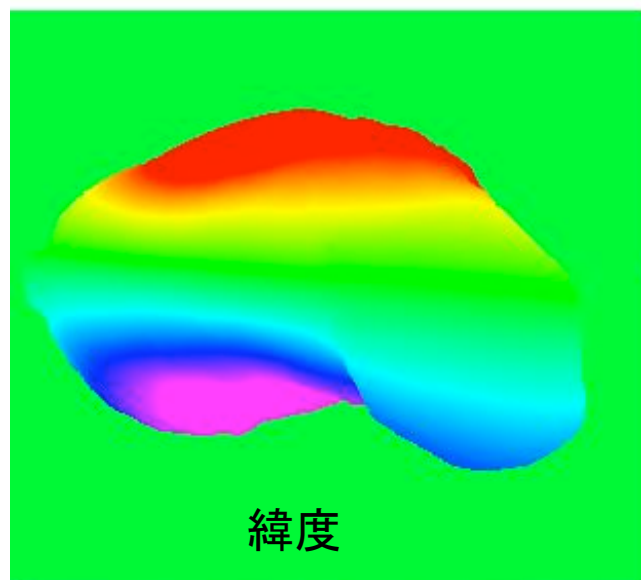
反射光出射角



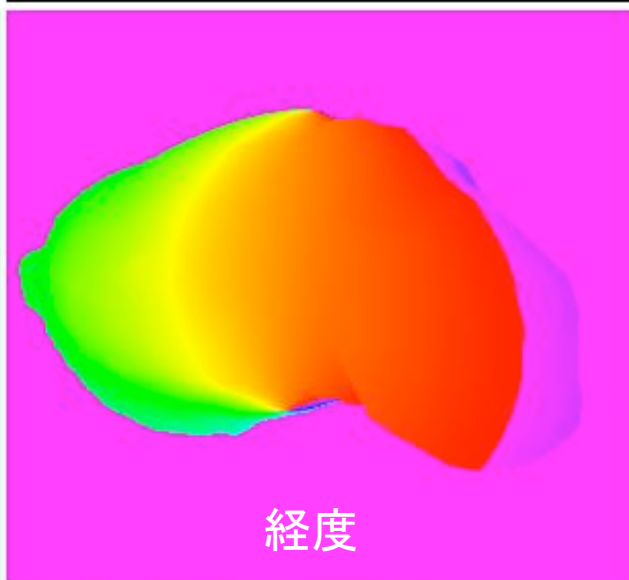
Hapke則レンダリング



太陽光入射角



緯度



経度



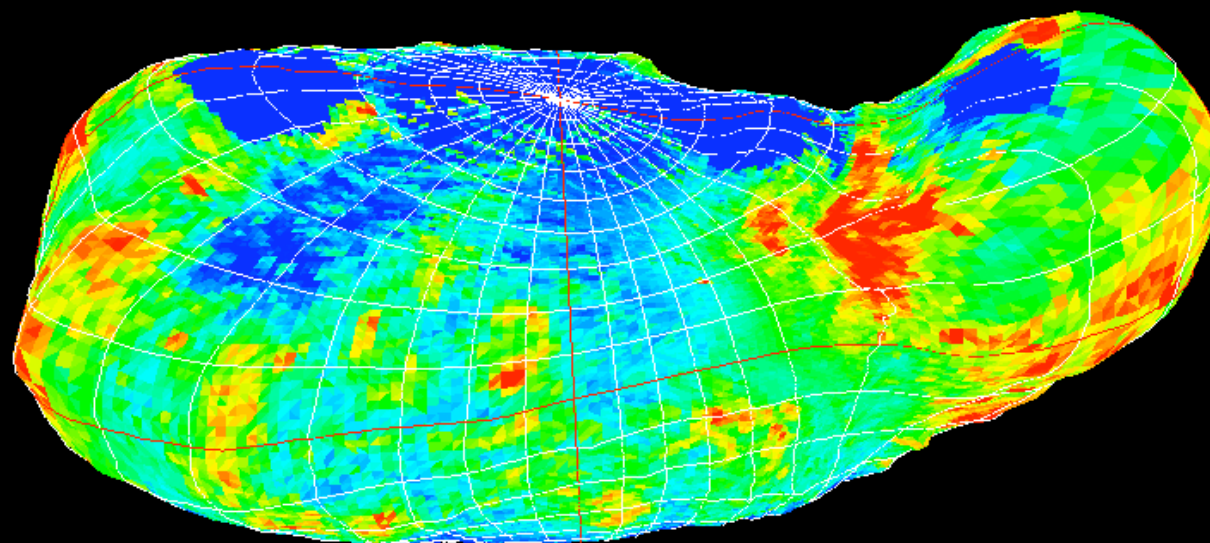
ポリゴン面傾斜方向



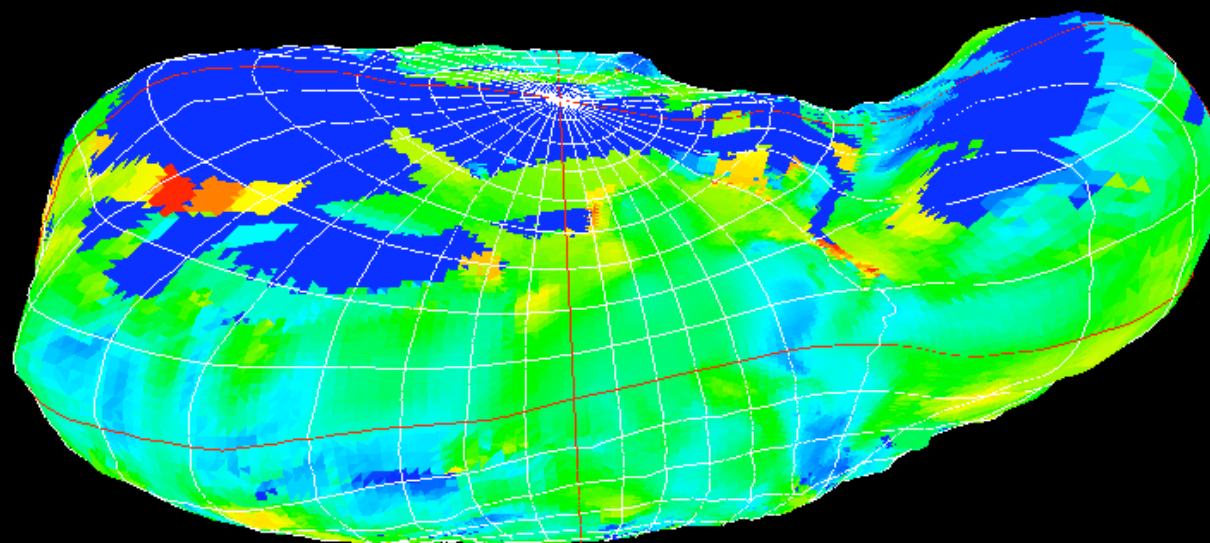
AMICA v-band ($0.54\ \mu\text{m}$) 輝度マップ

- AMICAによるイトカワの全周撮像データ(位相角ほぼ一定)を源泉とした相対輝度のマップ
- ポリゴンごとの最大輝度を抽出
 - 入射角, 出射角の影響を排除
 - 位相角補正抜きでも反射率の目安と考えてよい

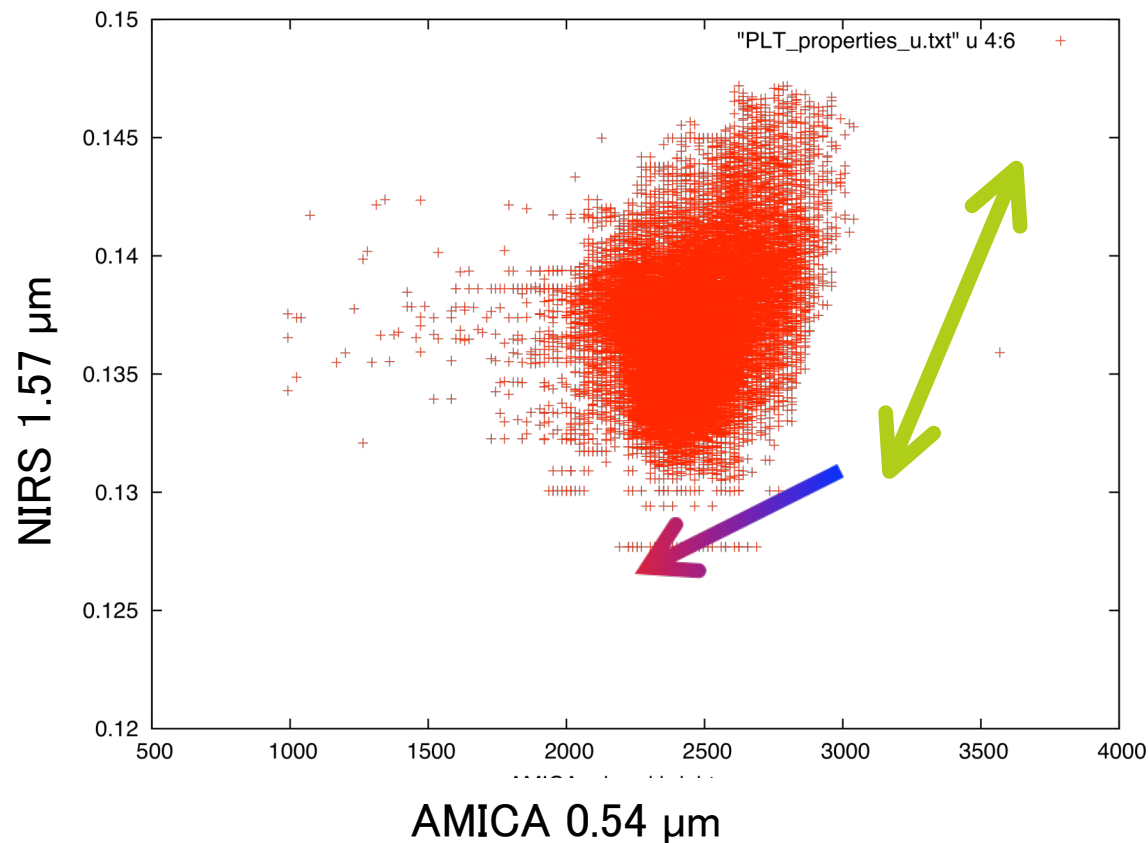
AMICA輝度マップ (0.54 μm)



NIRS反射率マップ (1.57 μm)

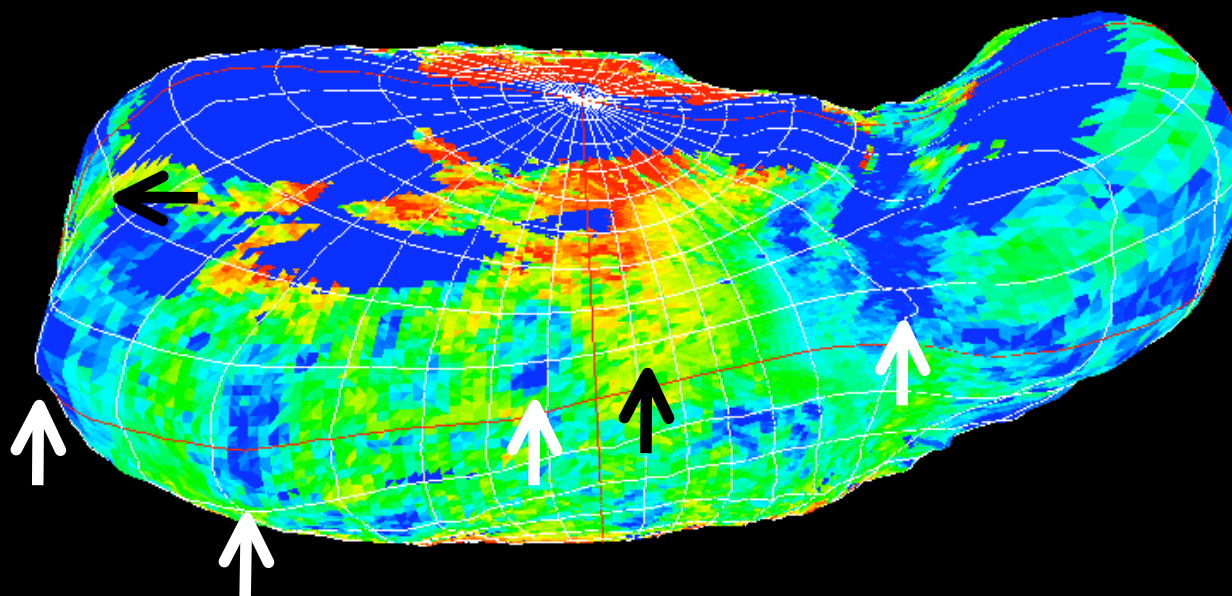


AMICA-NIRSの相関



- 1.57 μm /0.54 μm
- 両者はおおむね正の相関を持つ
- NIRSが相対的に明るい地域
 - 「赤化」
 - 暗いと赤化している
 - 分布は3D-GISデモ参照

NIRS/AMICA



Fresh/Mature regionの分布

- Fresh region (bright/blue)
 - 顎部(急傾斜領域)
 - Rim of crater (candidate)
 - Edge(佐々木, 2007)
- Mature region (dark/red)
 - Smooth terrains
 - Arcoona (ex. Woomera)
 - Ohsumi (ex. Tsukuba)

課題

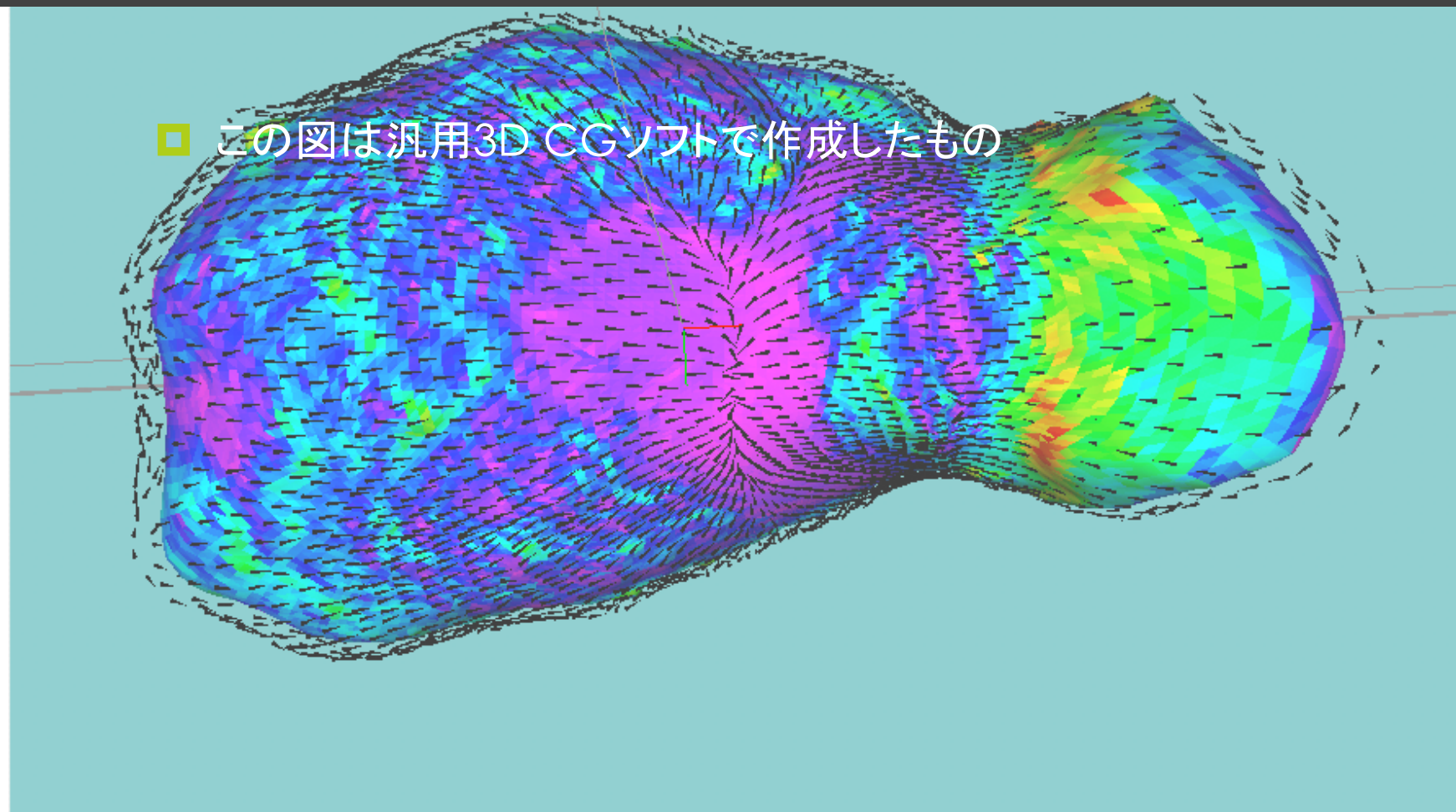
- SPICE platelibの将来性
 - 現行の版で開発は中断
 - SPICE shape model subsystemへ以降
 - ただしこちらも未リリース
- 三次元GISと観測条件DBの連携動作
 - 現在は独立して動作
 - マッピングデータ経由で連携
 - 詳細は次ページ

課題 (cont.)

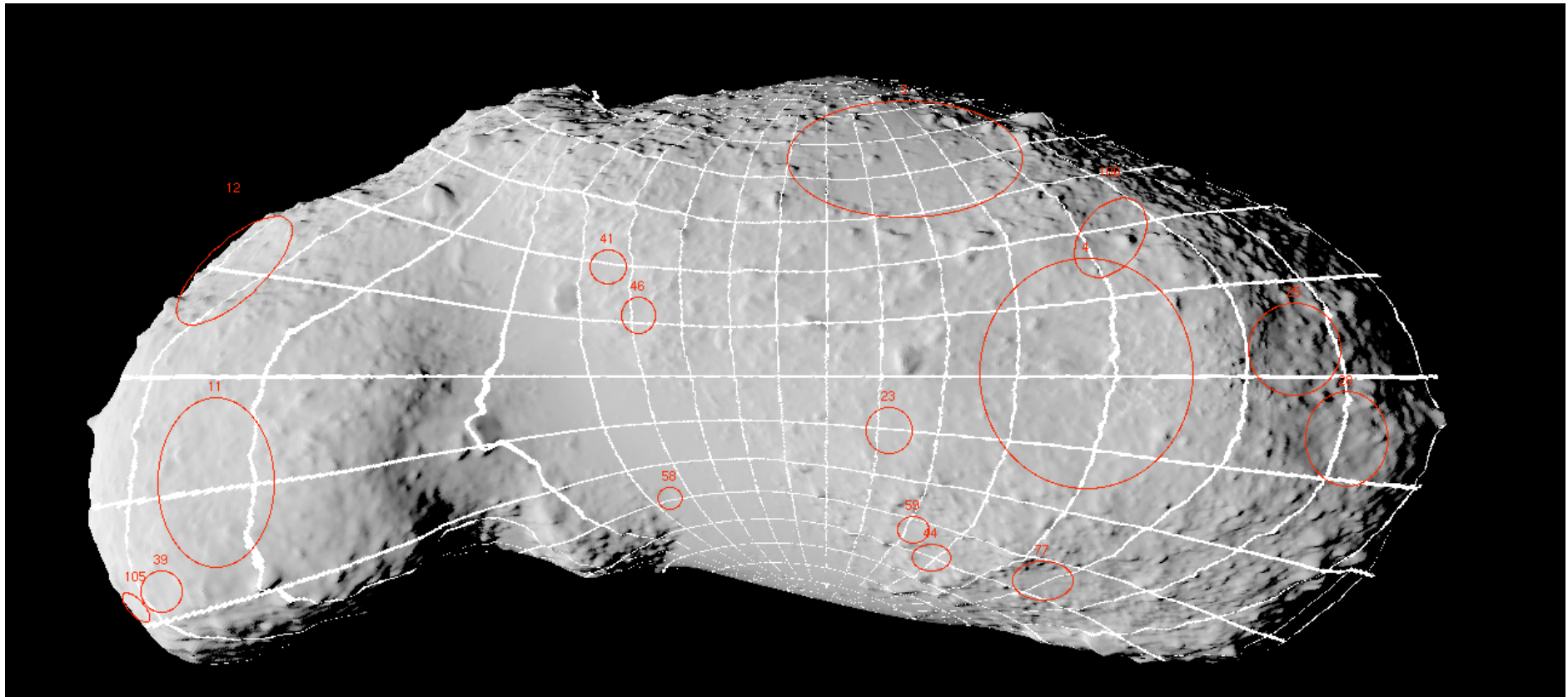
- 三次元GISの可視化機能強化
 - スカラー量以外の情報
 - 例: 重力方向情報
- 解析機能の強化
 - マッピングデータの編集
 - 他の地標情報(地質ユニット, クレーターなど)の登録
 - 地形, 地質情報の抽出

斜度＋傾斜方向マップ

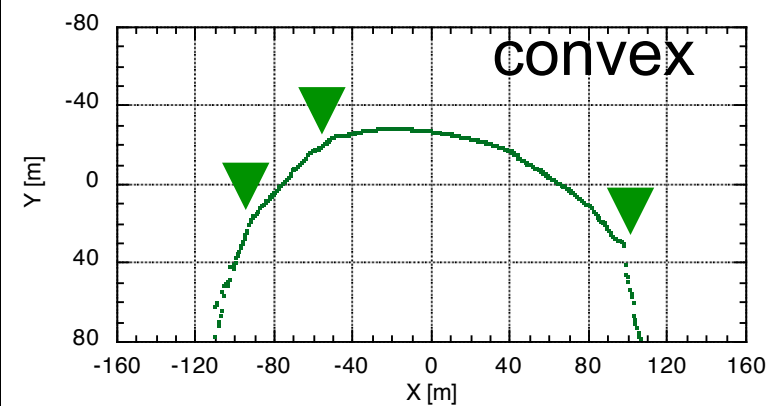
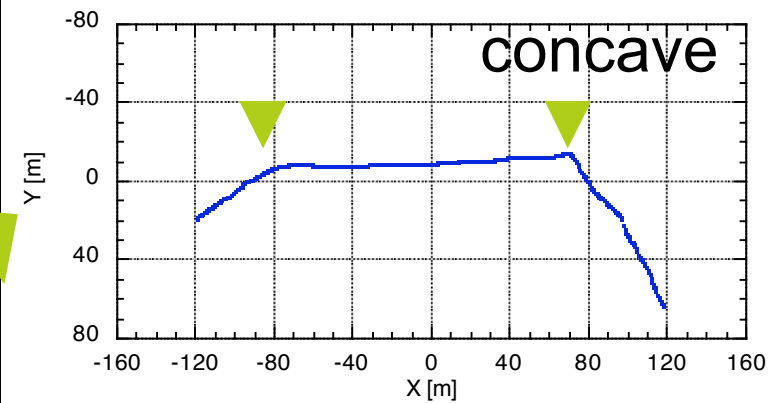
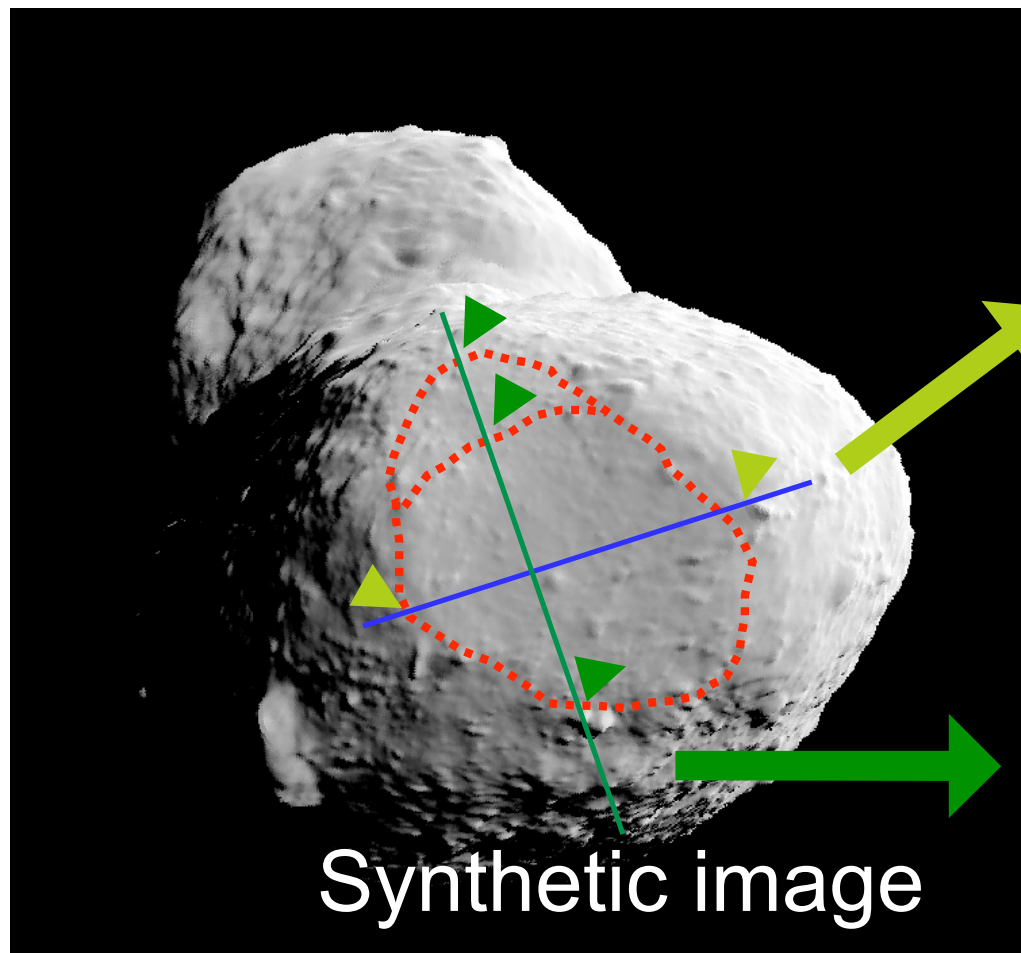
■ この図は汎用3D CGソフトで作成したもの



地図作りのためのツールとして



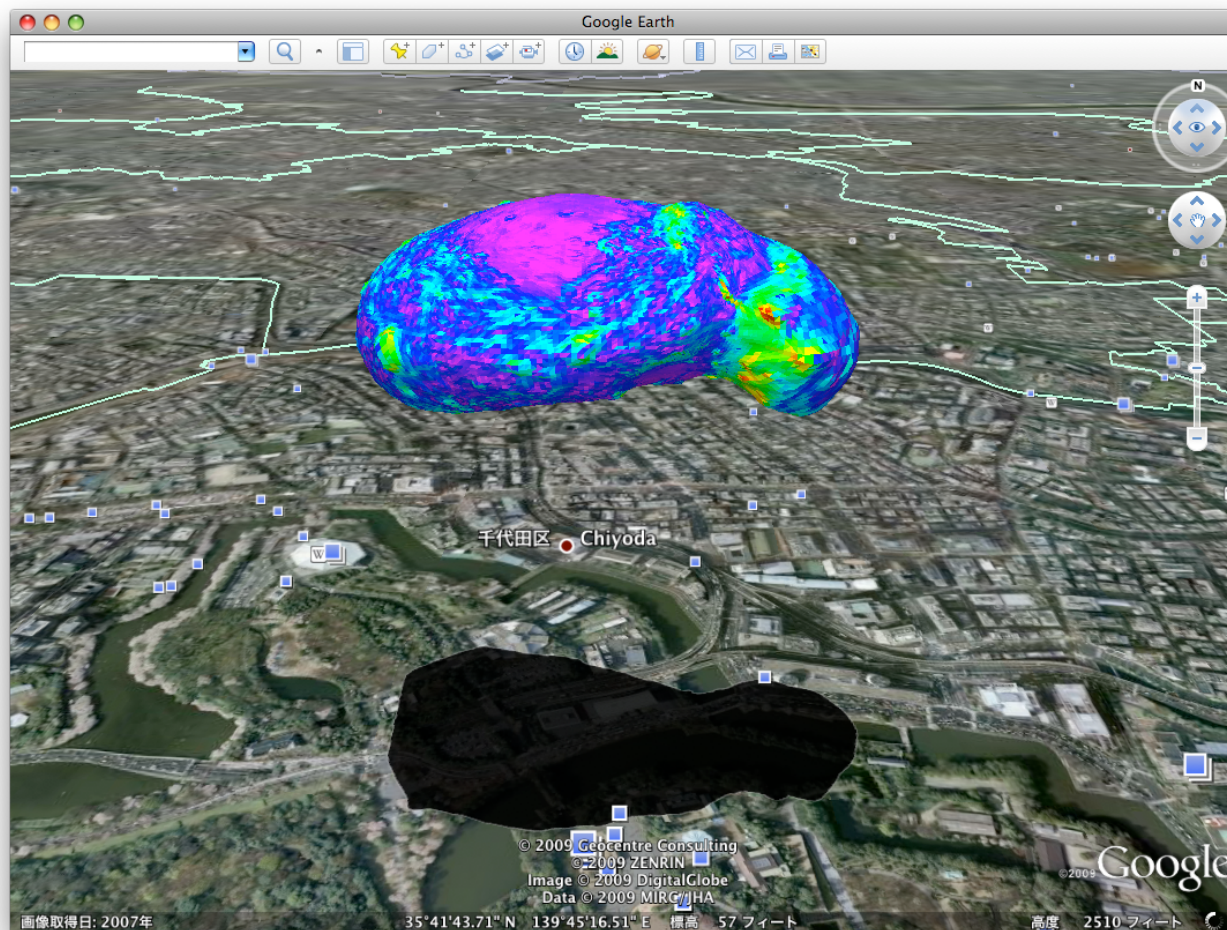
地形解析の例



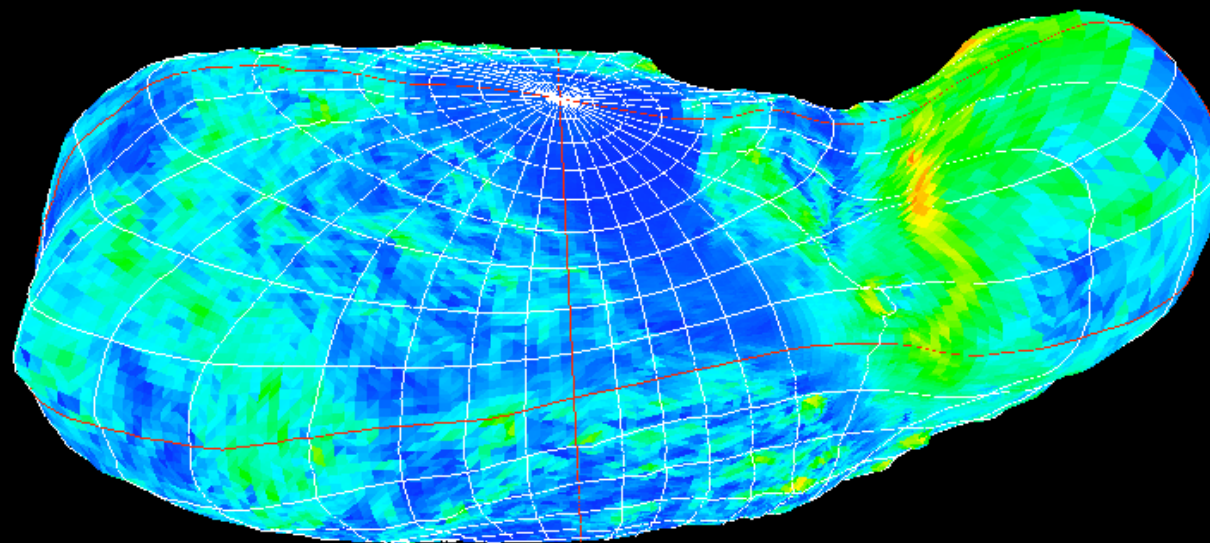
まとめ

- 小惑星データ解析用3D-GISを開発した
 - <http://kumano.u-aizu.ac.jp/~naru/3D-GIS>
 - 開発は継続予定:フィードバック求む
- HAYABUSA/AMICAデータのDB開発を開発した
 - DBを用いた共同研究提案募集中
- 3D-GISを活用したイトカワの地質解析を進めている
 - Bright (fresh) outcropの分布と地形との相関
 - イトカワ上での地質活動史と内部構造への制約

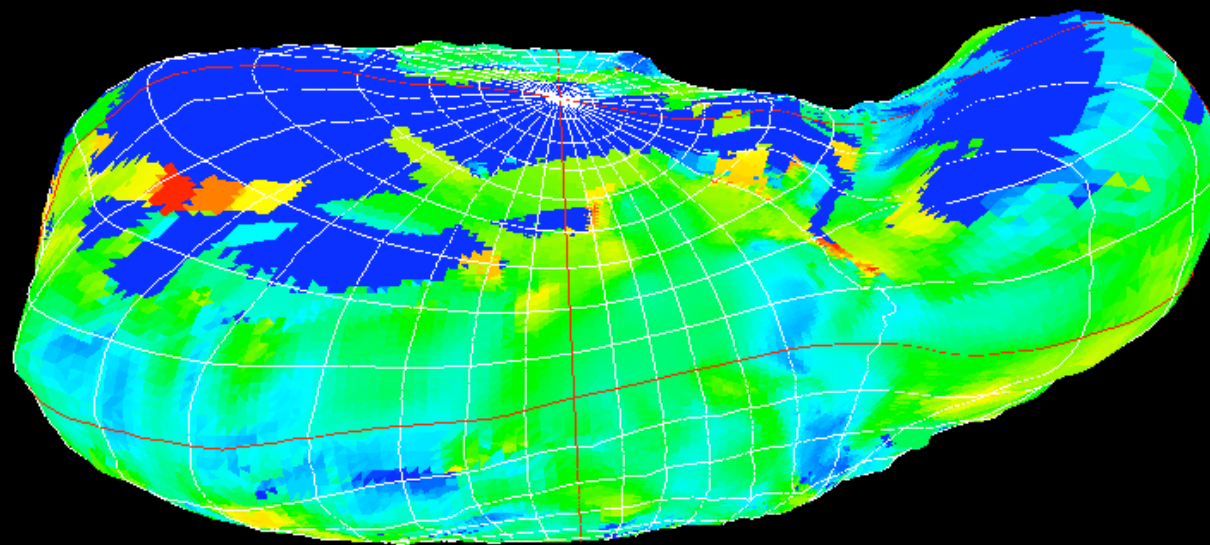
おまけ



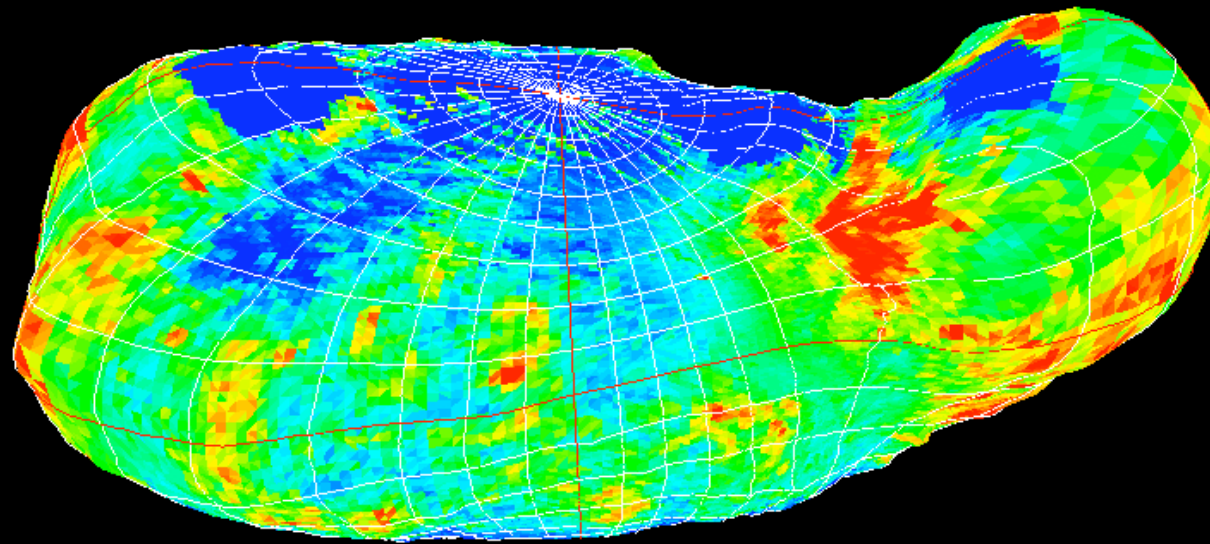
斜度マップ



NIRS反射率マップ



AMICA輝度マップ



NIRS/AMICA

