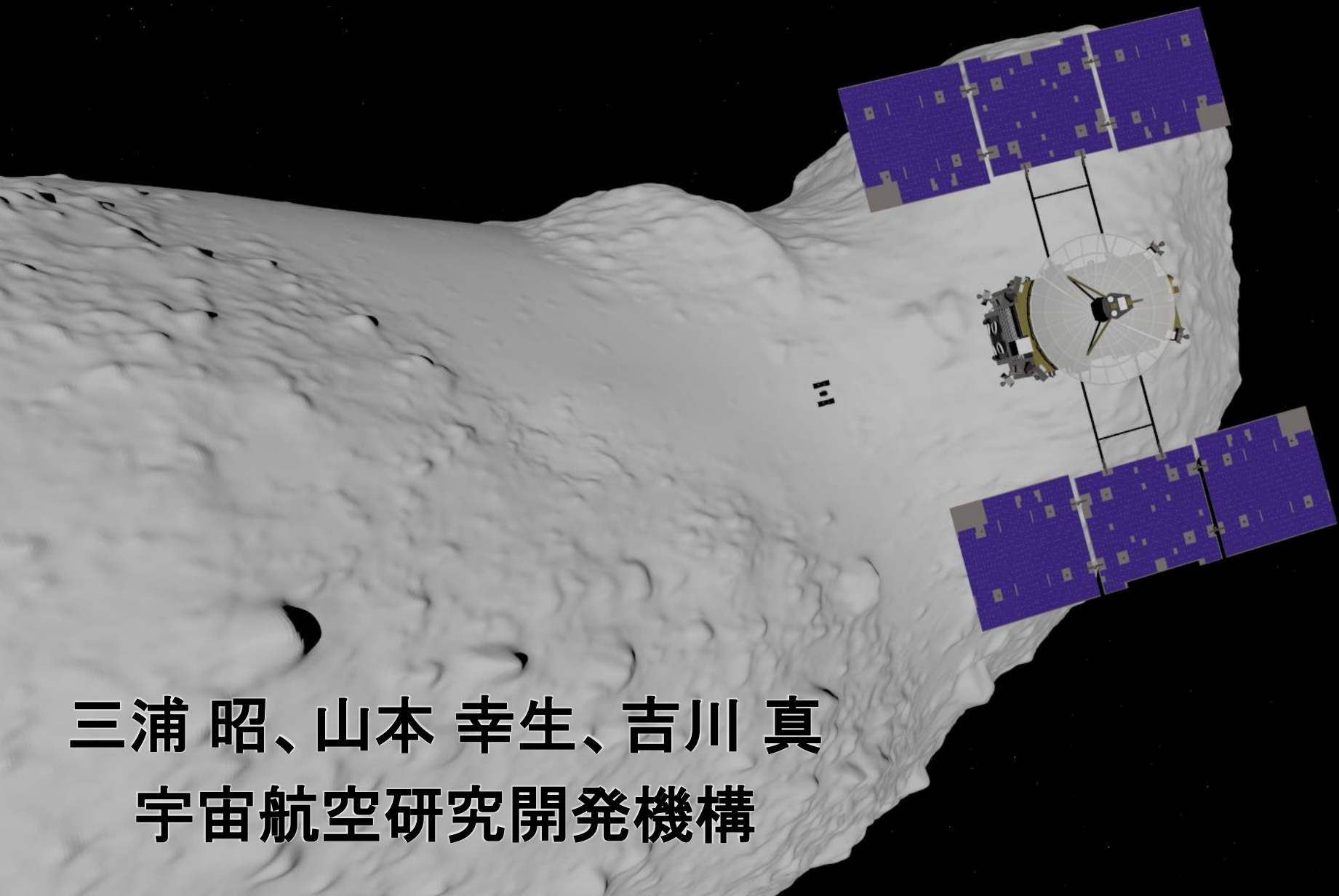


小惑星探査機「はやぶさ」軌跡の映像化



三浦 昭、山本 幸生、吉川 真
宇宙航空研究開発機構

概要

- 目的: 「はやぶさ」の軌跡の映像化
 - イトカワ周辺の「はやぶさ」の位置・姿勢を再現
 - 実際に「はやぶさ」がイトカワ周辺で、どう動いたか
 - データが整っていない期間も可能な限り再現
- 映像化の意義
 - アウトリーチ
 - 「はやぶさ」について広く知って頂く
 - 実際のミッション計画
 - 「はやぶさ2」の探査計画を立てる参考になれば
 - 3D空間での動きを直感的に理解
 - 記録
 - 「はやぶさ」が実際に動いた軌跡を記録

映像化に使用するデータ

- 現存する各種データ等を組み合わせて使用
- オブジェクトのデータ
 - 「はやぶさ」
 - 既存のモデル、図面、写真等からモデリング
 - イトカワ
 - Gaskell 形状モデル*を使用
- 位置・姿勢データ等
 - 恒星 (Hipparcos 星表)
 - 太陽 (光源)
- 位置・姿勢データ等
 - SPICEカーネルデータから時刻毎の位置・姿勢を取得
 - 中心座標: イトカワ、リファレンスフレーム: J2000

*http://darts.jaxa.jp/planet/project/hayabusa/shape_ja.pl

SPICE

- **NASAのNAIF*が確立したシステム**

***Navigation and Ancillary Information Facility**

<http://naif.jpl.nasa.gov/naif/>

- **Kernelファイル(データ群)**

- **Toolkit(kernelファイルを扱うサブルーチン群)**

- **「はやぶさ」可視化に用いるkernelファイル**

- **SPK(位置・速度): 「はやぶさ」、イトカワ、太陽**

- **IK(機器のアライメント): AMICA**

- **CK(姿勢): 「はやぶさ」**

- **SCLK(時計情報): 「はやぶさ」**

- **FK(リファレンスフレーム): 「はやぶさ」、イトカワ**

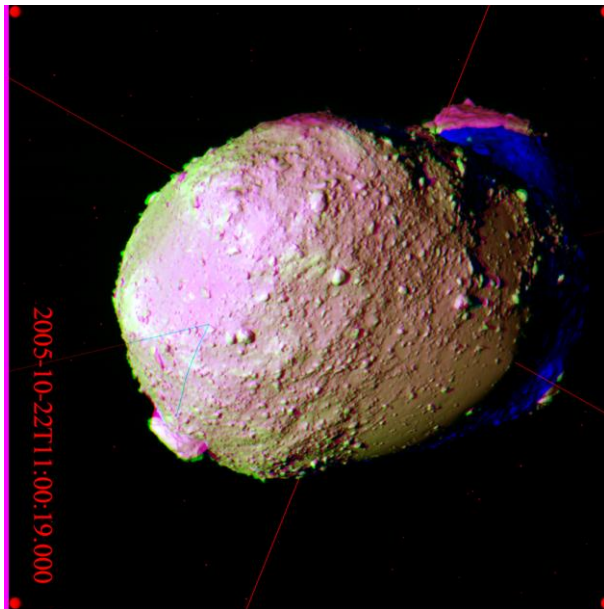
- **PCK(天体情報): イトカワ, etc.**

可視化

- **各オブジェクトの配置**
 - イトカワ、「はやぶさ」、太陽、恒星等(必要に応じて)
 - 各時刻の位置・姿勢データに基づいて座標変換
- **カメラワーク(後述)**
- **レンダリング**
 - POV-Ray (レイトレーシングソフト)
 - スクリプトベースのフリーソフト
- **映像合成・編集**
 - After Effects等

可視化の検証(位置・姿勢)

- 正しく可視化されているか、幾何学的形状を確認
 - AMICAの視点を模擬してイトカワのモデルを可視化
 - AMICAの実画像及びFLOW*の画像と形状を比較
- *Field Of View Visualizer(視野角ビジュアライザ)
- <http://darts.jaxa.jp/planet/tools/flow/>
- 結果: 良好なデータであれば、1%以内の誤差で一致
 - 誤差の精査は必要だが、座標変換の妥当性は確認できた



2005/10/22 11:00:19のデータ

赤: 可視化結果

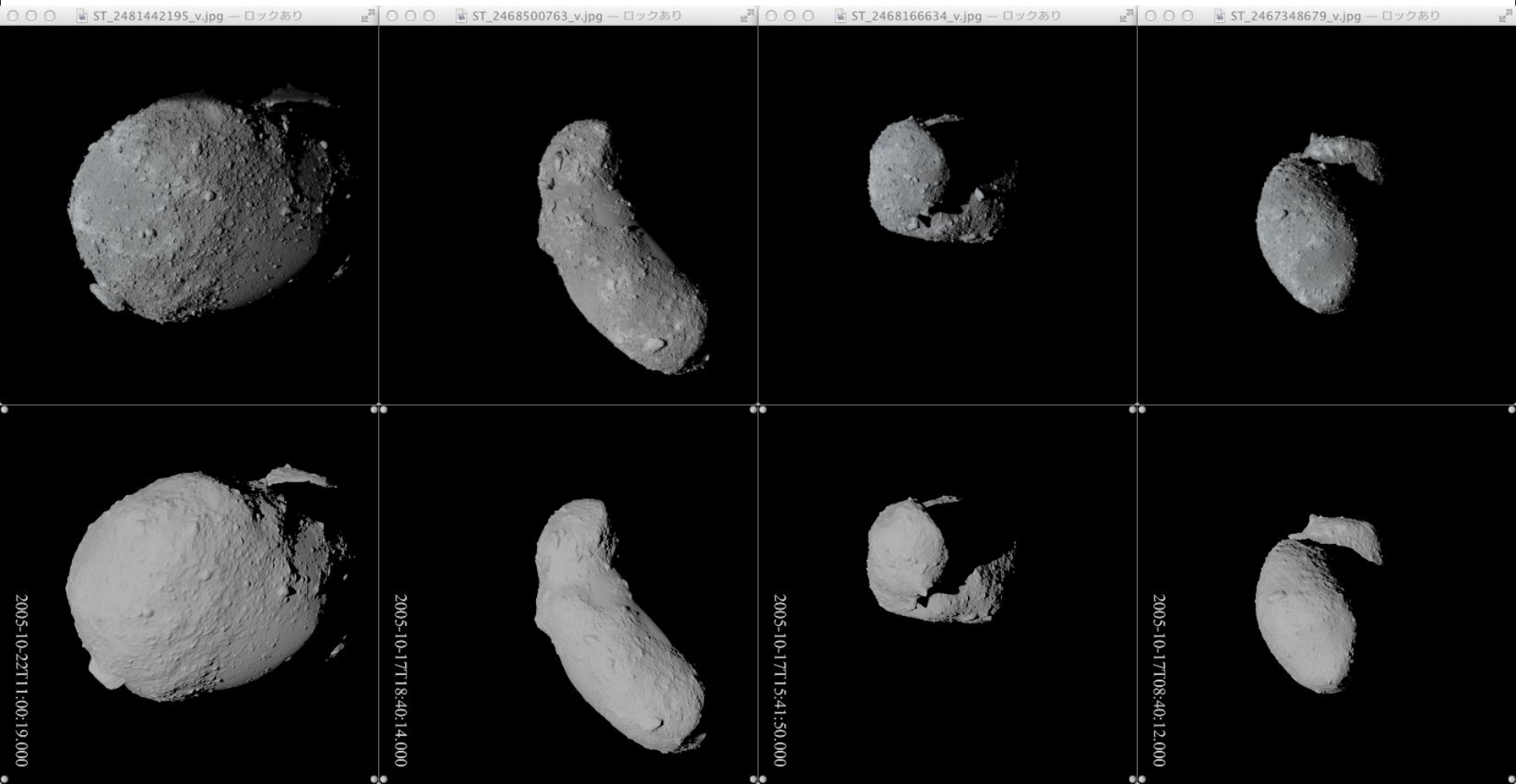
緑: AMICAの実画像(DARTSより)

青: FLOWの画像

影(shadow)処理が無いため濃淡は不一致

可視化の検証

- その他の例(2005年10月)
 - 上段: AMICAの画像(DARTSより取得)
 - 下段: 同時刻の可視化結果

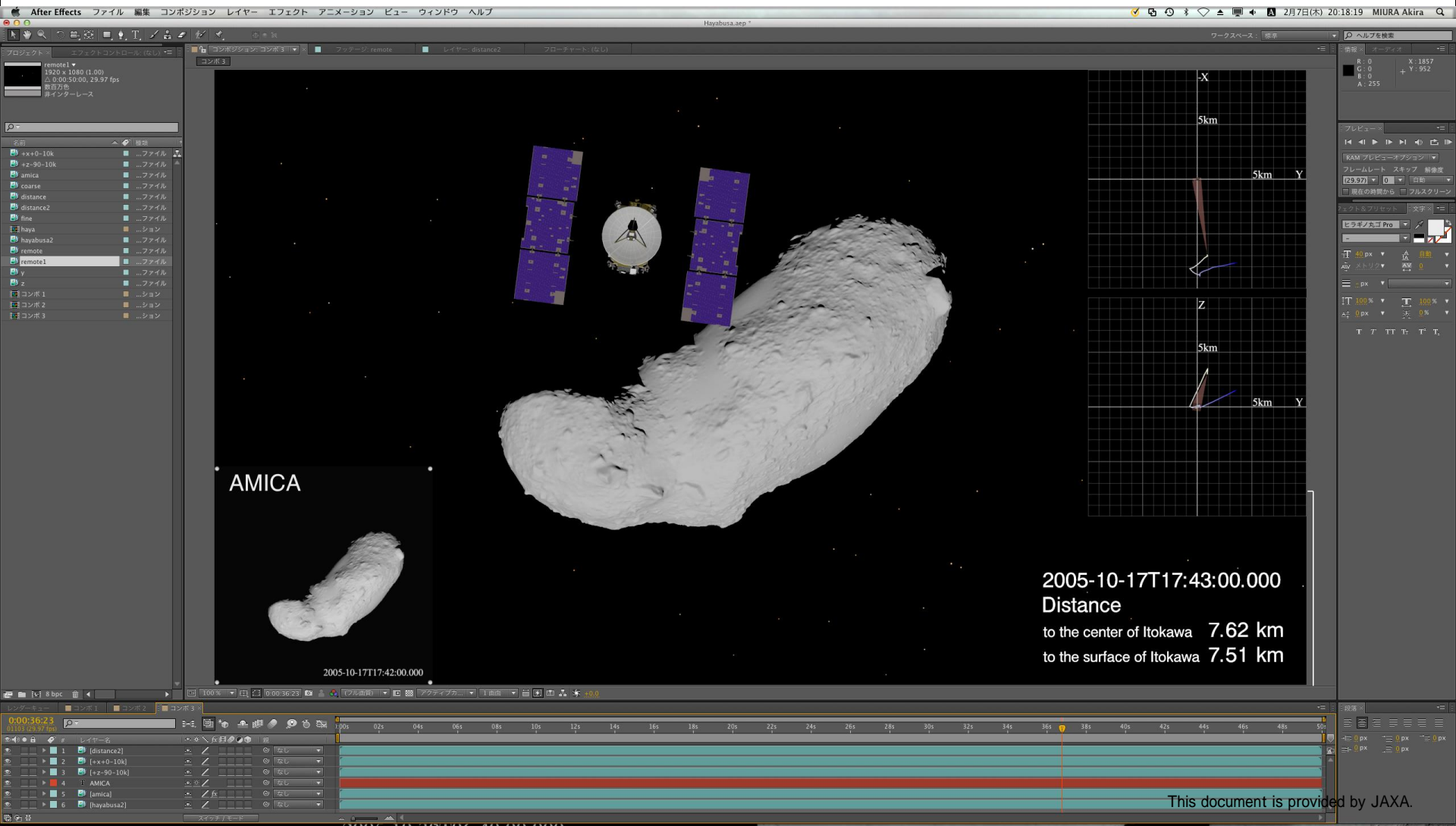


「はやぶさ」を含めた可視化

- 「はやぶさ」の背後からイトカワを望む
 - 「はやぶさ」を視認可能なアングル
- 想定されるカメラの位置 / 視点
 - AMICA視点
 - 「はやぶさ」相対
 - イトカワ相対, etc.
- カメラの姿勢 / 注視点
 - 「はやぶさ」相対
 - イトカワ相対
 - イトカワ注視
 - 赤道面 (J2000)、黄道面相対, etc.

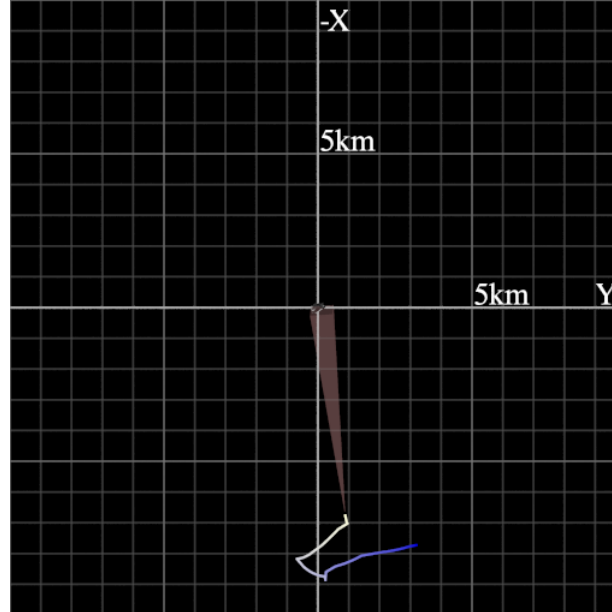
動画像の生成

- 可視化結果を時系列で合成
 - 望遠, 視点=「はやぶさ」相対、注視点=イトカワ



補助的な情報の合成

- 距離情報(軌道情報、LIDAR情報)
- 軌跡の履歴
- AMICAのFOV(～「はやぶさ」の姿勢), etc.



2005-10-17T19:40:00.000

Distance

to the center of Itokawa 7.54 km

to the surface of Itokawa 7.40 km

合成映像の例

課題

- **適切なデータの選択**
 - 高精度に較正された位置・姿勢データは限られている
 - 他の観測データ等から位置・姿勢の補正は可能か？
- **適切な構図の選択**
 - イトカワと「はやぶさ」は2桁スケールが異なる
 - 両者の形状が同時に判別できる構図は限られる
 - 距離感が現実離れしている
 - 周囲に距離感を補うような物体が存在しない
 - 補助的な画像の利用
- **再生時間スケール**
 - 時間を早送りすると、「はやぶさ」のゆらぎが目立つ
 - 低速だと相対位置の変化に乏しい

今後の計画

- **位置・姿勢データが整っている時期の映像化**
 - AMICAの画像等と比較しつつ、妥当性を検証
 - 記録映像として、位置・姿勢の正確な再現を目指す。
- **その他の時期の映像化**
 - データの収集？ 関係者からのヒアリング？
- **構図、可視化要素の検討**
 - 効果的な構図や、補助データの検討
 - 「はやぶさ」の拡大表示等による視認性の向上
 - ステレオ視、全天周映像の検討（距離感の表現）
 - 可視化補助ツールの構築
 - 位置・姿勢等の直感的把握、ヒアリングの補助等
 - 各種データのブラッシュアップ