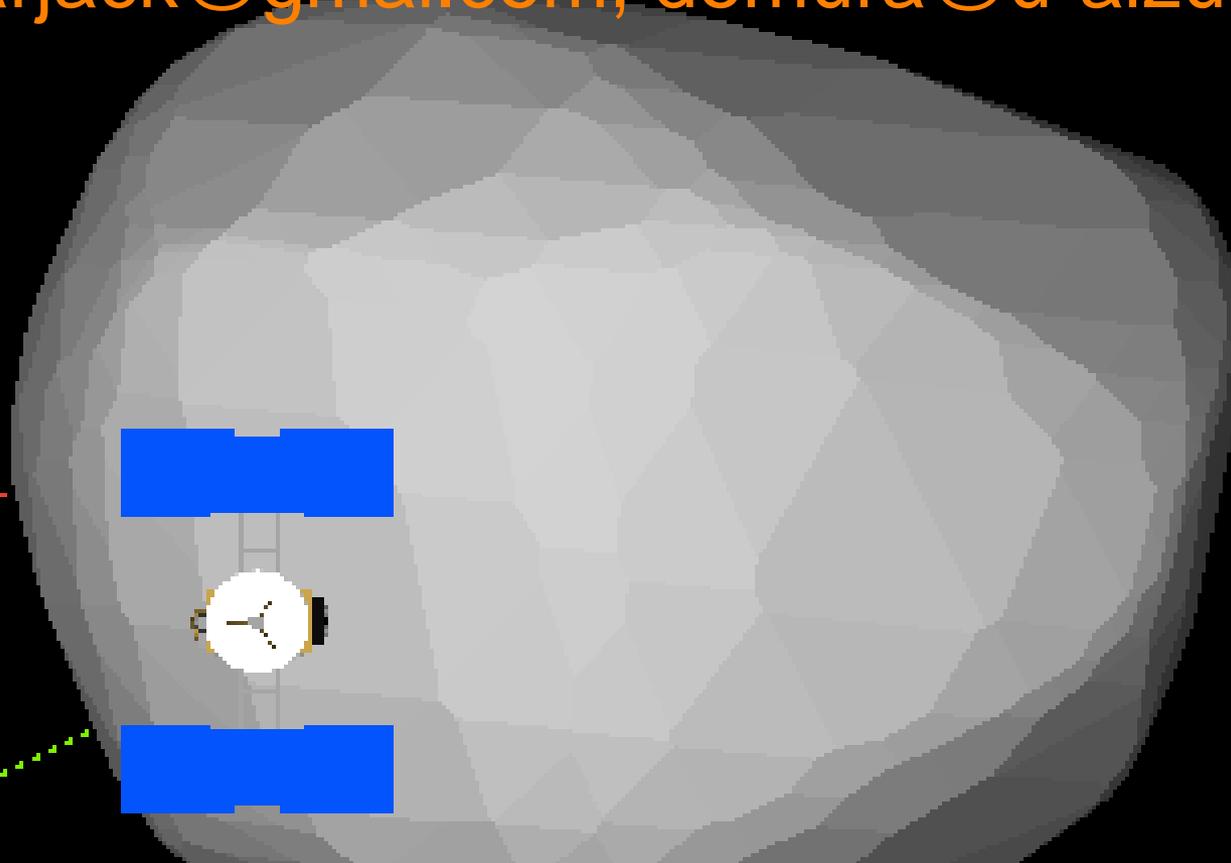


HARMONICS2: はやぶさ2運用支援可視化ツール

会津大学

上野 航、出村裕英、平田成

silvarjack@gmail.com, demura@u-aizu.ac.jp

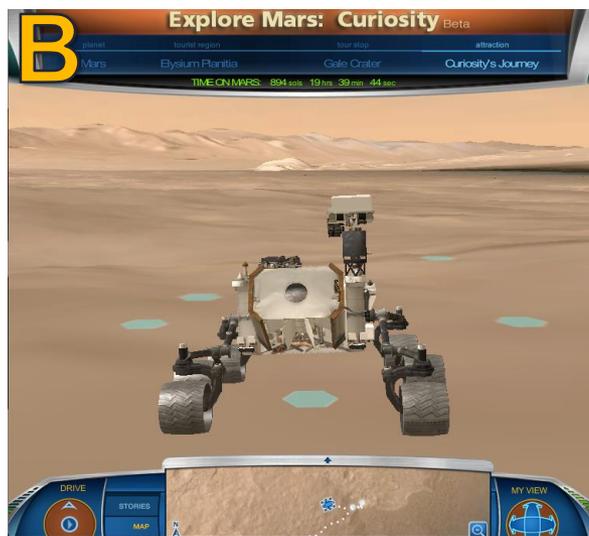


周囲状況の可視化例

- 周囲の状況を3Dグラフィックスで模擬的に作成し、カメラと異なる様々な視点から観察することは多くの分野で行われている。
 - 例:[A]Google Earth flight simulator, [B]Explore Mars!
[C]Visual Odometry on the Mars Exploration Rovers.
- 視点を自由に変更できることで操作性が向上する。



http://www.gearthblog.com/blog/archives/2008/07/more_addons_for_google_earth_flight.html



http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/multimedia/pia16937.html#photo_gallery
ive/2012/08/curiosity-rover-busts-out-the-telephoto-lens/261638/

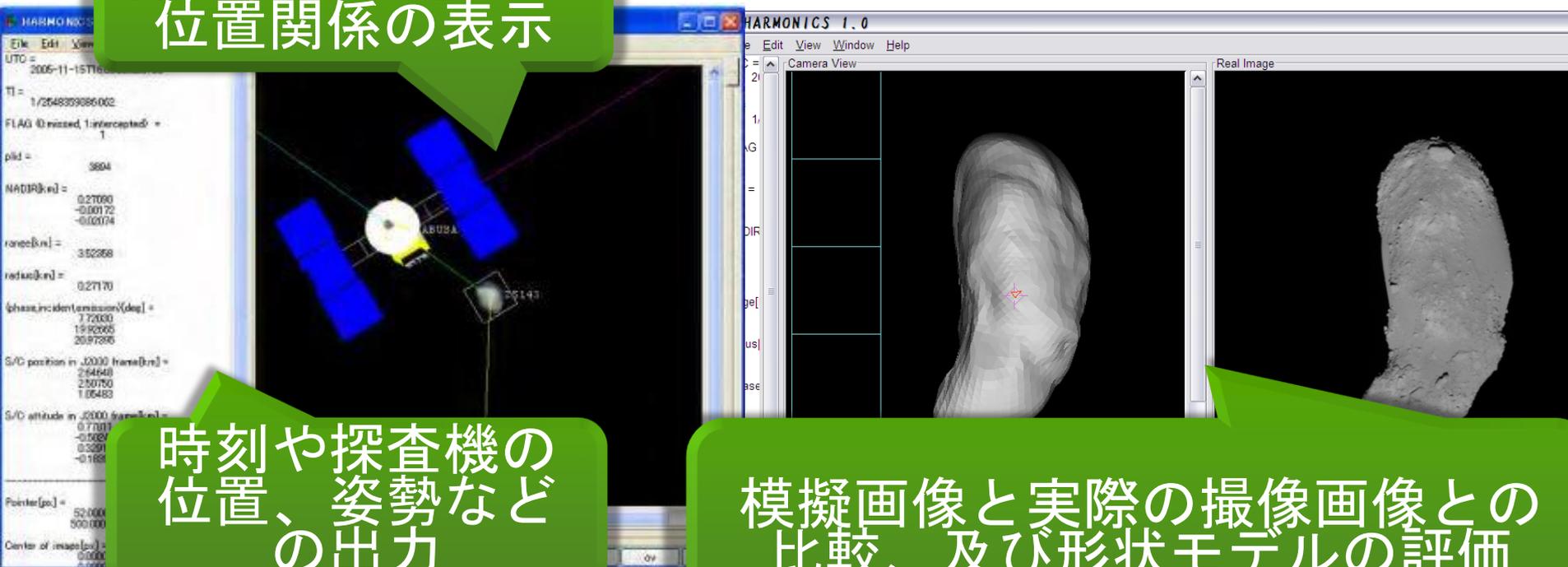


http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/multimedia/pia16937.html#photo_gallery
This document is provided by JAXA

はやぶさミッションで使われた可視化ツール, HARMONICS

- Hayabusa Remote MONitoring and Commanding Systemの略

探査機と小惑星の
位置関係の表示



時刻や探査機の
位置、姿勢など
の出力

模擬画像と実際の撮像画像との
比較、及び形状モデルの評価

はやぶさ2

- はやぶさの後継機
- はやぶさ2のミッションは、1999JU3の調査を行い、サンプルを地球に持ち帰る事である。

■スケジュール

- 2014 12月3日: はやぶさ2打ち上げ
- 2015 12月: 地球スイングバイ
- 2018 7月: 1999JU3に到着
- 2020 12月: 地球に帰還

研究の目的

- HARMONCISをはやぶさ2用HARMONCIS2に改良する。
- HARMONICSユーザ意見を取り入れる。
 - 対話的にGUIで探査機の位置や姿勢の変更できること。
 - 変更した位置や姿勢をSPICEカーネルとして出力できる。
- 現在の環境で動くように、HARMONICSを作り直す。
 - 使用するGUIライブラリをGTKからQtに置き換える。

HARMONICS2のコンポーネント

- SPICE:NAIFが開発した補助データに関する枠組み
 - SPICE kernel:補助データを記録したファイル。
 - SPICE toolkit:補助データを扱うためのツール
- Qt: GUI ライブラリの一つ
 - HARMONICS2のインターフェースを構築
- OpenGL: 3D グラフィックスライブラリの一つ
 - 探査機や小惑星のモデルを描画する。

HARMONICS2のユースケース

1. カメラ視野を模擬して表示する
2. 探査機と小惑星の位置関係をカメラ視点以外で可視化
3. 複数の座標系での比較
4. 模擬画像と実際の撮像画像との比較

HARMONICS2固有の機能

5. カメラ視野と視点(探査機位置と姿勢)の変更シミュレーション、及び運用記録をSPICEカーネルとして出力

QuickTime Player ファイル 編集 表示 ウィンドウ ヘルプ

HARMONICS?

Frame
Frame: HAYABUSA_HP

Instrument Target
Instrument: AMICA
Target: ITOKAWA

Mode
Mode: ReadingKernel

Time
UTC : 2000-01-01T11:58:56

S/C position [km]
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 0.000
Target-S/C: 0

Attitude
Roll: 0.000
Pitch: 0.000
Yaw: 0.000

Sun-Target Dista
Earth-S/C: 0.00

Illuminations[deg]
phase: Non
incidence: Non
emission: Non

Gaskell形状モデル

パネルの読み込み
開始と終了時刻、
時間ステップの設定

カメラ視野の表示

HARMONICS2 File Edit View Window Help

HARMONICS2

Frame
Frame: HAYABUSA_HP

Instrument Target
Instrument: AMICA
Target: ITOKAWA

Mode
Mode: ReadingKernel

Time
UTC: 2005-10-01T03:47:17

S/C position [km]
X: 0.066
Y: 0.036
Z: 7.958
Target-S/C: 7.95836

Attitude
Roll: -179.892
Pitch: 0.355
Yaw: -87.862

Sun-Target Distance[AU]
Earth-S/C: 2.054

Illuminations[degree]
phase: 8.70407
incidence: 20.6309
emission: 18.1638

形状モデルの評価

模擬画像と実際に撮像した画像との比較

<< > >>

FOV of Camera 3D V

QuickTime Player ファイル 編集 表示 ウィンドウ ヘルプ

HARMONICS2

Frame
Frame: HAYABUSA_HP

Instrument Target
Instrument: AMICA

Target: ITOKAWA

Mode
Mode: ReadingKernel

Time
UTC : 2005-10-01T03:47:17

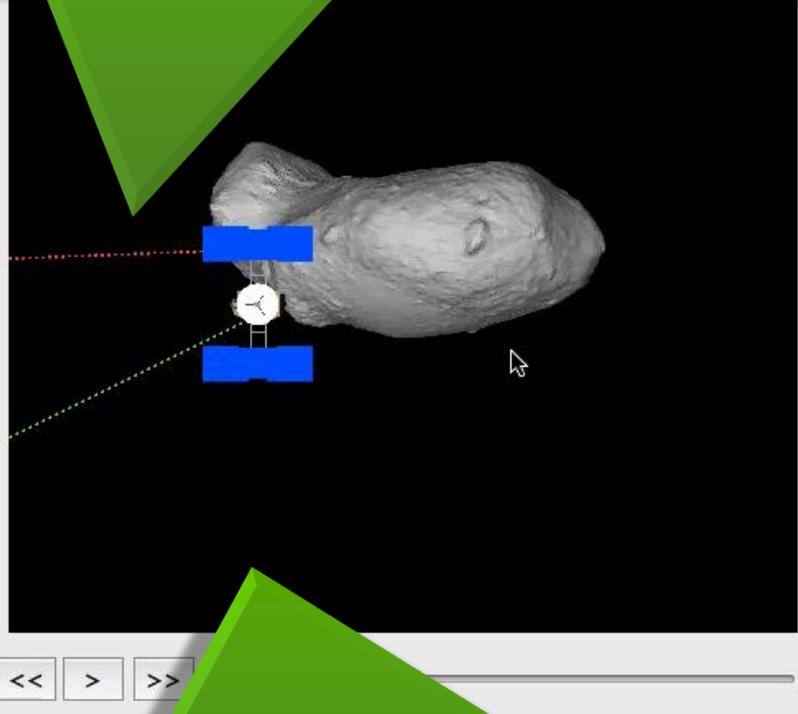
S/C position [km]
X: 0.066
Y: 0.036
Z: 7.958
Target-S/C: 7.95836

Attitude
Roll: -179.892
Pitch: 0.355
Yaw: -87.862

Sun-Target Distance[AU]
Earth-S/C: 2.054

Illuminations[degree]
phase: 8.70407
incidence: 20.6309
emission: 18.1638

太陽方向、地球方向、
カメラ視線方向ベクトルを表示



探査機と小惑星の位置関係を可視化

座標系の変更

HARMONICS2 F

Frame

Frame: HAYABUSA_HP

Instrument Target

Instrument: AMICA

Target: ITOKAWA

Mode

Mode: ReadingKernel

Time

UTC : 2005-10-01T03:47:17

S/C position [km]

X: 0.066

Y: 0.036

Z: 7.958

Target-S/C: 7.95836

Attitude

Roll: -179.892

Pitch: 0.355

Yaw: -87.862

Sun-Target Distance[AU]

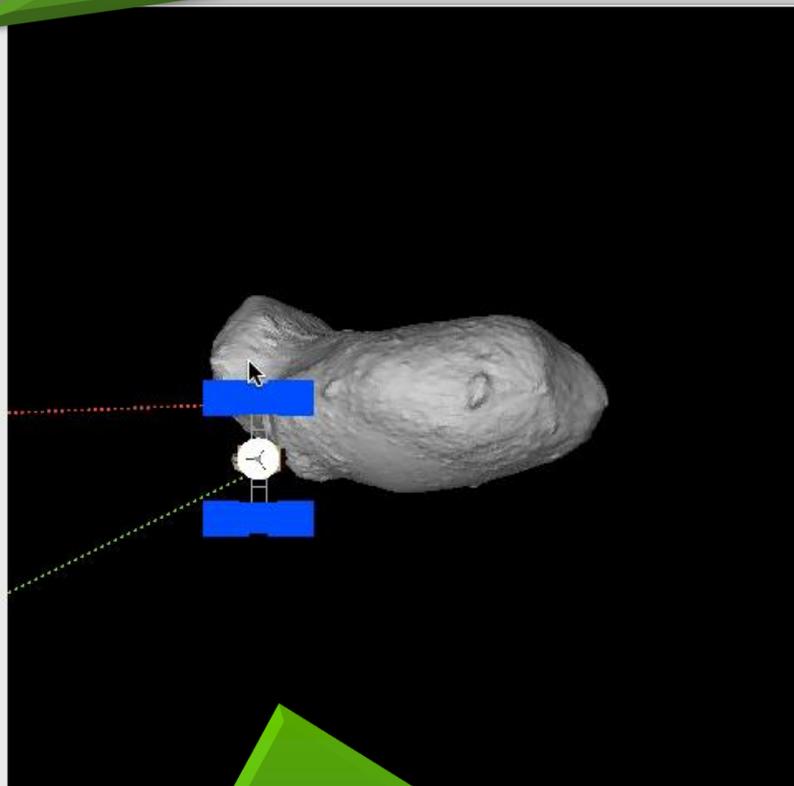
Earth-S/C: 2.054

Illuminations[degree]

phase: 8.70407

incidence: 20.6309

emission: 18.1638



異なる座標系間での比較

HARMONICS2 File Edit View Window Help

Frame
Frame: HAYABUSA_HP

Instrument Target
Instrument: AMICA
Target: ITOKAWA

Mode
Mode: OperationFreeChange

Time
UTC : 2005-10-01T03:47:17

S/C position [km]
X: 0.066
Y: 0.067
Z: 7.958
Target-S/C: 7.95856

Attitude
Roll: -179.072
Pitch: -0.225

Earth-S/C: 2.054

Illuminations[degree]
phase: 8.70407
incidence: 20.6309
emission: 18.1638

Input Position and Attitude Form

S/C Position [km]
X: 0.066
Y: 0.046
Z: 7.958

S/C Attitude [degree]
Roll: -178.962
Pitch: -0.355
Yaw: -87.862

Close OK

位置と姿勢の入力

キー入力での変更

探査機の位置と姿勢の変更の反映

探査機の位置と姿勢の履歴の記録

The screenshot displays the HARMONICS2 software interface. On the left, a sidebar contains various parameters for the spacecraft HAYABUSA_HP, including instrument target (AMICA), mode (OperationFreeChange), and current attitude (Roll: -176.894, Pitch: -0.045, Yaw: 89.867). The main window shows a 3D visualization of the spacecraft's position relative to a target (ITOKAWA) and Earth. A blue arrow points from a diamond marker in the 3D view to an 'Input Position and Attitude Form' dialog box. This dialog box contains input fields for S/C Position [km] (X: 0.054, Y: 0.078, Z: 7.980) and S/C Attitude [degree] (Roll: -176.894, Pitch: -0.0447, Yaw: 89.8667). In the background, two data tables are visible, showing historical position and attitude data for two different times.

Time	X [km]	Y [km]	Z [km]	Roll [degree]	Pitch [degree]	Yaw [degree]
2005-10-01T03:47:17	0.066	0.036	7.958	-179.892	0.355	-87.862
2005-10-01T04:06:17	0.068	0.034	7.963	-179.903	0.365	-87.873

HARMONICS2 File Edit View Window Help

HARMONICS2

InputSPKDataForm

InputCKDataForm

2005-10-01T03:47:17 0.066 0.036 7.958
 2005-10-01T04:06:17 0.068 0.034 7.963
 2005-10-01T05:32:17 0.054 0.278 7.98
 2005-10-01T05:33:17 0.024 0.278 7.98

2005-10-01T03:47:17 -179.892 0.355 -87.862
 2005-10-01T04:06:17 -179.903 0.365 -87.873
 2005-10-01T05:32:17 -177.894 -0.045 89.867
 2005-10-01T05:33:17 -177.894 -0.045 89.867

Instrument Target
 Instrument: AMICA
 Target: ITOKAWA
 Mode: OperationFreeChange
 Date: 2005-10-01T05:33:17
 Position [km]
 0.024
 0.278
 7.980
 Target-S/C: 7.98488
 Attitude
 Roll: -177.894
 Pitch: -0.045
 Yaw: 89.867
 Target Distance[AU]
 Target-S/C: 2.054
 Rotations[degree]
 Roll: Non
 Pitch: Non
 Yaw: Non

Write Date Create SPKKernel Clear Write Date Create CKKernel Clear

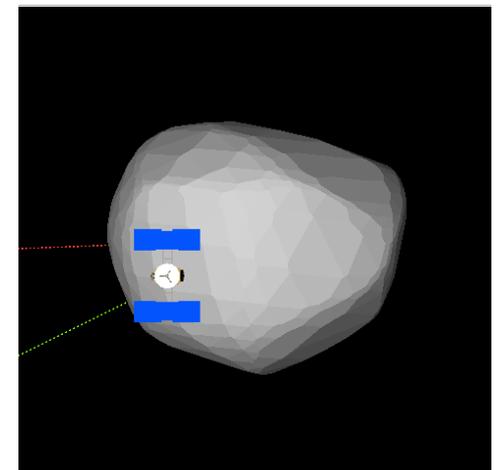
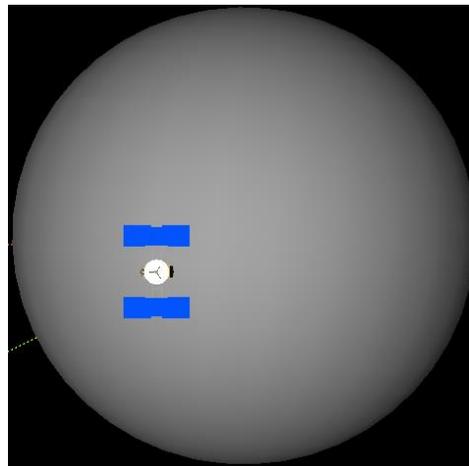
Roll: -177.894
 Pitch: -0.0447
 Yaw: 89.8667

FOV of Camera 3D View

記録した履歴を基に、SPK(位置)と
 CK(姿勢)カーネルの作成

考察

- Qtの拡張ライブラリ、先日Qwtが公開された。Qwtを利用する事でより使いやすいインターフェースを構築する事が出来る。
- カメラのフットプリントを可視化すれば、運用計画を立て易い。
- 使用するモデルやSPICEカーネルを任意で読み込めば、小惑星ランデブー以外にも応用できる。
- 探査機の軌道を可視化することで、どのような動きをしているのかがわかるようになる。



結論

- HARMONICS2 はHARMONICSの機能を全て取り込み、動作することを確認した。
- ユーザは視点と視野をツール内で変更でき、試行錯誤しながら運用計画を立案ができる。
- HARMONICS2はユーザの運用記録をSPICEカーネルとして出力し、複数の運用計画案の比較、検討が行える。

- 今後の予定
 - HARMONICS2β版を配布し、ユーザからの要望を得る
 - カメラ視野のフットプリントの可視化し、実績管理を行う。
 - カメラ以外の機器(TIR, LIDAR, NIRS3)への拡張。