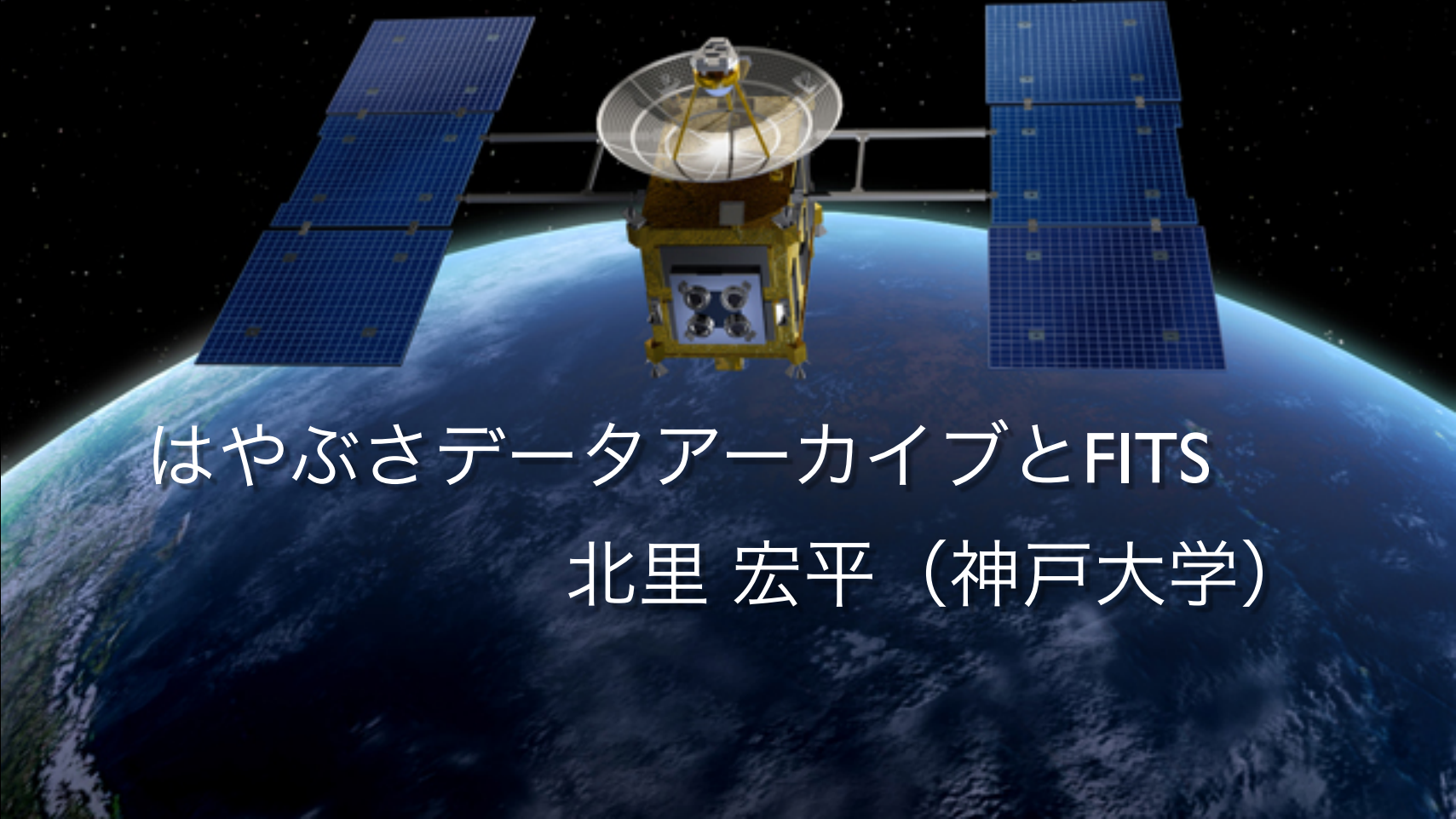


第一回 惑星探査データ解析実習会
小惑星探査機はやぶさのデータ解析



はやぶさデータアーカイブとFITS
北里 宏平 (神戸大学)

はやぶさサイエンスデータアーカイブ

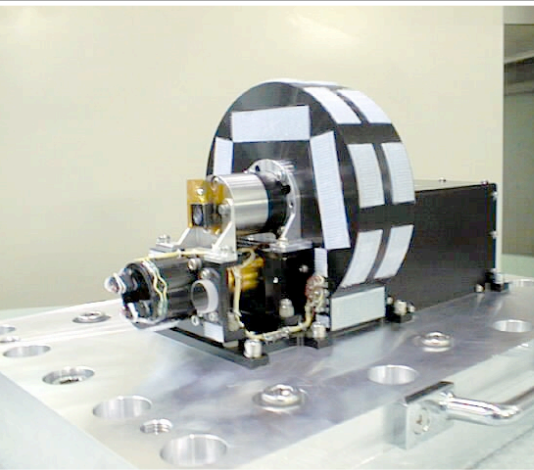
「はやぶさ」は日本の月惑星探査の第一歩となるデータを生み出した

- 2007年4月からWebにて一般向けに公開開始
(観測終了から約一年後)
- 公開月にはのべ16,800人からのアクセスを記録
- 小惑星ランデブーまでの生成全データを公開
(データ量は全体で2GB弱)
- 将来的に JAXA/DARTS や NASA/PDS にも登録予定

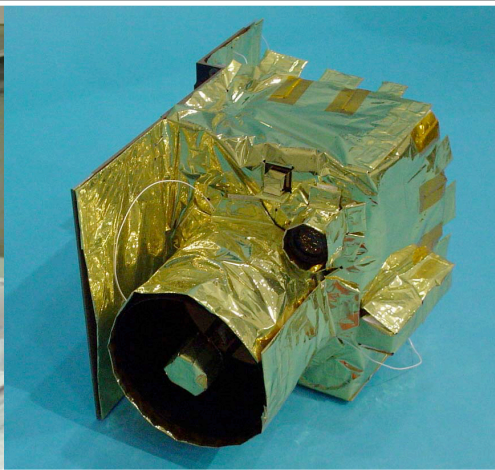
<http://hayabusa.sci.isas.jaxa.jp/>



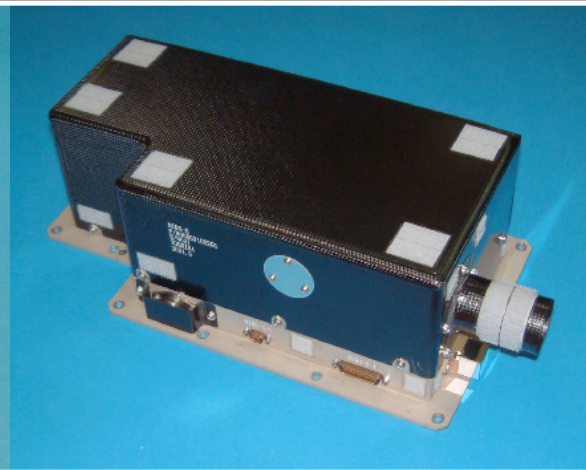
はやぶさ公開データ



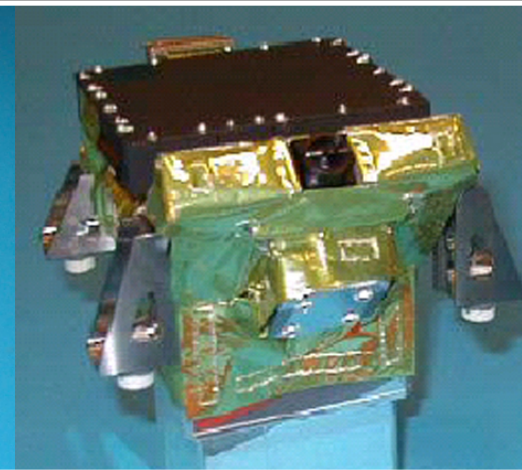
AMICA



LIDAR



NIRS



XRS

理学観測機器データ

AMICA 可視多色カメラ：画像データ 1.3 GB (約1,300枚)

LIDAR レーザー高度計：測距データ 70 MB (約1,700,000点)

NIRS 近赤外線分光器：スペクトルデータ 19 MB (約80,000本)

XRS 蛍光X線分光器：スペクトルデータ 286 MB (約6,000本)

アンシラリ (補助) データ

SPICE 探査機時間・位置・姿勢データ 93 MB

SHAPE 小惑星形状モデル 36 MB

データ保存

- データアーカイブ保存データ

探査機のテレメトリを地上で一次処理したデータ

(地上処理：デパケット, 圧縮画像の解凍, 物理量変換)

内容はほとんど生データ状態

厳正なピアレビューのプロセスは通っていない

▶ 現状はユーザー自身の較正作業が必要 (今後改修予定)

- データフォーマット

AMICA, NIRS : FITS 画像形式

LIDAR, XRS : テキスト (ASCII) テーブル

SPICE : SPICE カーネル

ちなみに..

ダウンロードランキング

1位 AMICA

2位 NIRS

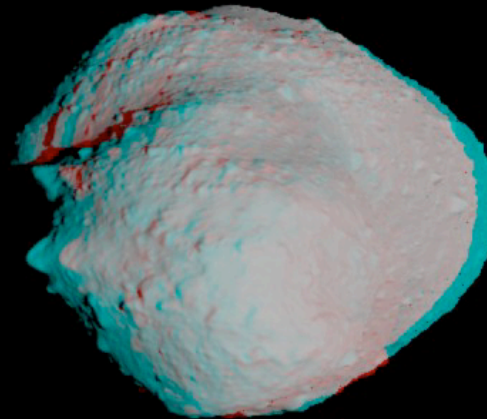
3位 SPICE

4位 SHAPE

5位 XRS

6位 LIDAR

(2009/03/08 時点)



AMICA, NIRS のデータフォーマット

FITS (Flexible Image Transport System)

天文分野の標準的なファイル形式（拡張子：fits）

- 多次元データ配列（イメージ, スペクトル, イベント, 表データ）
- 無圧縮バイナリ保存
- データに関する詳細情報も一緒に格納
- 解析ソフトウェアが充実
- 天文分野ではほぼすべてのデータアーカイブで採用
 - SMOKA@国立天文台（地上望遠鏡）
 - DARTS@JAXA/ISAS（天文・太陽・地球プラズマ衛星）
 - PDS@NASA（惑星探査機）
 - 地球観測衛星などでは別のフォーマットを使用

FITS ファイル構造

基本要素：ヘッダ＋データ配列

単純 FITS ファイル

前半部
ヘッダ

- ◀ データの目的・種類・構造・バイト数・レコード数などデータに関する情報を格納
テキスト (ASCII) 形式

後半部
データ配列

- ◀ 画像やスペクトルの各ピクセルのデータ値を格納
バイナリ形式
データ型：8, 16, 32, 64-bit の
整数型または浮動小数点型

*基本要素が複数連結した拡張FITSもある

FITS ヘッダ

テキスト (ASCII) コードで書かれた **カードイメージ** の並び

キーワード = 値 / コメント

FITSヘッダ例

先頭はデータ配列の情報

```
SIMPLE = T / file does conform to FITS standard
BITPIX = -32 / number of bits per data pixel
NAXIS = 2 / number of data axes
NAXIS1 = 64 / length of data axis 1
NAXIS2 = 4 / length of data axis 2
EXTEND = F / FITS dataset may contain extensions
```

続いて観測の詳細情報

```
TARGET = 'ITOKAWA' / Observation target
NBITPIX = 32 / Number of bits per data pixel
PIXELO = 787.16 / Wavelength of pixel 0[nm]
WLENINT = 23.56 / Wavelength interval[nm]
PIXNUM = 64 / Number of pixel
BITSHIFT= 0 / Bit shift of pixel data (0-4)
TIME = 2391693475 / Data stacking end time[decimal]
```

END # ヘッダの終わりを告げる

FITS 用ソフトウェア

画像表示ブラウザ

- Makali'i : 国産の教育向けソフト
- FITSview : マルチプラットフォームブラウザ
- SAO ds9 : 高機能ブラウザ (IRAF対応)

本格的な解析ソフト

- IRAF : 天文解析の標準的ソフト
- MIDAS : ESO の標準天文解析パッケージ
- AIPS : 電波天文分野の標準解析ソフト

開発者向けツール

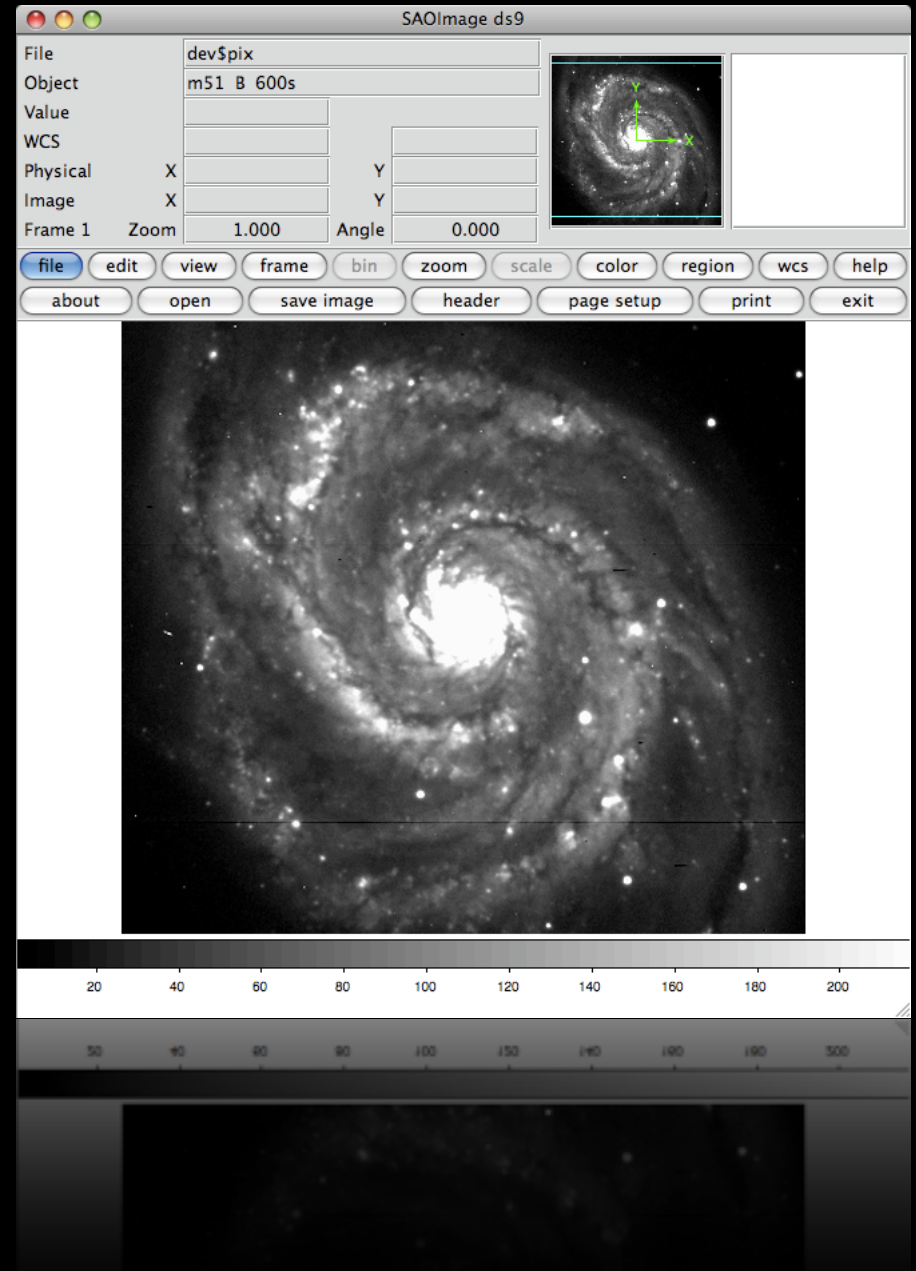
- FTOOLS : FITS の処理用ユーティリティ集
- FITSIO : FITS の入出力用ライブラリ集
- WCSTools : FITS 操作ツール

などなど他多数

SAO ds9

主な機能：

- 画像解析処理に必要な基本的機能
 - 色, 階調の変換
 - 拡大縮小
 - 方向の反転
- FITS ヘッダの閲覧
- ブリンク・コントア・スライス
- ビニング・グリッド表示
- 他の画像形式での書き出し
- (JPEG, TIFF, PNG, MPEG など)
- コマンドライン立ち上げの際に各種オプション, 複数ファイル指定が可能



WCSTools

主な機能：

コマンドラインでの FITS のファイル操作

- FITS ヘッダおよびデータ配列の閲覧・出力・編集が可能
- 大量ファイルの処理に便利
- 実行可能コマンドは `wcstools` コマンドで一覧表示される
- コマンド `manual` は用意されていない（引数なし実行で `help` 表示）

今回使用するコマンド：

`imhead` : ヘッダの閲覧

`gethead` : ヘッダキーワード値の出力

`getpix` : データ配列（ピクセル値）の出力

WCSTools を使ってみる

```
# caltarget ディレクトリに移動
% cd $(nirs_package)/caltarget
# ヘッダの閲覧
% imhead nirs_lamp_ave.fits
# 引数なし実行だと help 表示
% imhead

# ヘッダ TIME の値を標準出力
% gethead nirs_lamp_ave.fits TIME

# ピクセル値(AVE)を ave.dat へ出力
% getpix -n 1 %.8e nirs_lamp_ave.fits 0 1 > ave.dat
# ピクセル値(DEV)を dev.dat へ出力
% getpix -n 1 %.8e nirs_lamp_ave.fits 0 2 > dev.dat
```

出力データをプロットしてみる

```
# gnuplot を立ち上げる
```

```
% gnuplot
```

```
# ピクセル値(AVE)データをプロットする
```

```
gnuplot> plot 'ave.dat' using 0:1 with lines
```

```
# エラーバーをつけてプロットする
```

```
gnuplot> plot '< paste ave.dat dev.dat' using 0:1:2  
with errorlines
```

