

# 東工大/MITSuME望遠鏡での Python + Astropyでのデータ解析

村田勝寛, 細川稜平, 庭野聖史, 安達稜 (東京工業大学 河合研)

東工大MITSuMEチーム

# 今日のお話

1. Astropyの紹介
2. MITSuME望遠鏡でのAstropy, Pythonの利用例
3. Astropyの学習教材

# Astropy: A community Python package for astronomy



## Pythonの天文関係のパッケージ群を開発・取りまとめるプロジェクト、パッケージ群そのもの

- オープンソース
- Pythonで天文関係の処理・解析をする際のデファクトスタンダード？
- Astropyを使うと開発が楽

### 1. Coordinated Packages

- Astropyプロジェクトが開発するPythonパッケージ群
- 代表的には Common Core Package (天文関係の処理で共通する機能)
- 全8パッケージ

### 2. Affiliated Packages

- Astropyプロジェクトが直接開発はしておらず、プロジェクトに参加が承認されたPythonパッケージ群
- 個人開発されていたものが集積
- 全42パッケージ

# Astropyのパッケージ

## Common Core Package

- データ構造・変換
  - 天文で扱いやすいテーブル構造
  - 天文でよく使う物理定数・物理量、時間、座標
- ファイルI/O
  - FITS, VOTable, SE出力などのI/O
- Computation and Utilities
  - 宇宙論関係の計算
  - コンボリューション、フィルタリング
  - データ可視化
  - Astrostatic Tools
- Nuts and Bolts
  - logging, warning

## Common Core以外のCoordinated Packages

- 開口・PSF測光など **photutils**
- 撮像画像の一次処理 **ccdproc**
- 画像、カタログのクエリ **astroquery**
- regionファイル (coreへ統合予定) **regions**
- 画像のreprojection **reproject**
- スペクトル解析(一次処理ではない) **specutils**
- HEALPix関係 **astropy-healpix**

## Affiliated Packages

- **agnpy**
- **dust\_extinction**

など、42パッケージ。分野特化したものが多い。

# コード例：astropy.units

```
In [1]: from astropy import units as u
```

パッケージのインポート

```
In [2]: 15.1 * u.m / u.s
```

u.m はメートル、u.sは秒  
値と単位を掛け算

```
Out[2]: 15.1  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 
```

```
In [3]: x = 1.0 * u.pc  
x.to(u.cm)
```

u.pc はパーセク  
パーセクをcmに変換

```
Out[3]: 3.0856776  $\times 10^{18}$  cm
```

```
In [4]: y = 1.23 * u.pc / u.yr  
y.cgs
```

パーセク/年をCGS単位系に

```
Out[4]: 1.2026844  $\times 10^{11}$   $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ 
```

# MITSuME望遠鏡（可視光撮像）でのAstropyの使用

## 測光 (M1 細川さん、開発中)

- 開口・PSF（MITSuME向け、可視光・近赤外線の一般的な撮像データ向けにも拡張可）、`differential magnitude`の評価
- IRAF `apphot`, `daophot`など → astropyの測光パッケージ `photutils`など
- `photutils`の使用は、開口測光は問題なさそう、PSF測光は注意が必要（詳細は細川さん講演）

## 画像一次処理 (M2 庭野さん、昨日の講演)

- バイアス・ダーク引き、フラット補正、シフト、重ね合わせ処理をGPU計算に置き換え
- IRAF `imshift`, `imcombine`など → PythonのNVIDIA GPU/CUDA用パッケージ `cupy`
- GPUによる高速化、**GPU化の恩恵がない部分で一部 astropyを使用**
- PASJ accepted, arXiv:2008.11486;  2008.020 <https://github.com/MNiwano/Eclare>

# この他、多くの学生が研究・解析でastropy（特にcommon core）を使用

# GROWTH astronomy schoolのJupyter-notebook公開教材

<http://growth.caltech.edu/growth-astro-school-2019-resources.html>

Python入門、可視・近赤外線の処理・解析など  
Astropy (common coreなど)を使用



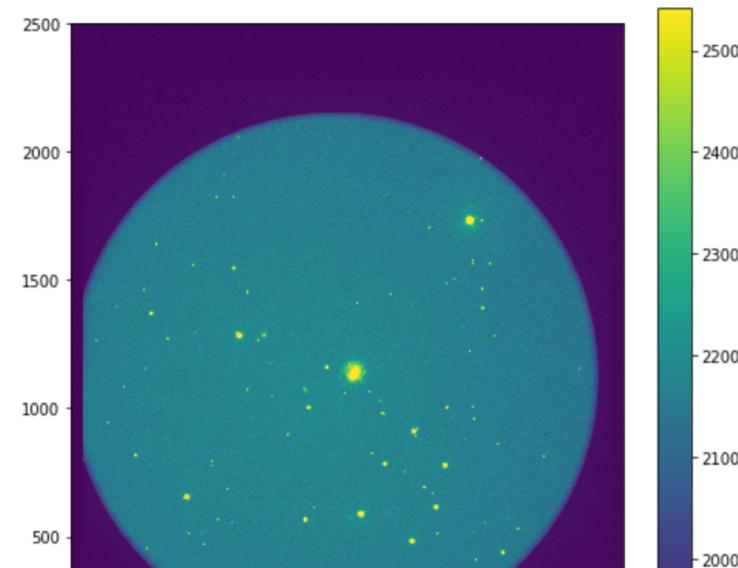
JUPYTER FAQ </> ☰ ⌂ ⌂

1. Python basics
2. Image Data Reduction
3. UV, Optical and IR Photometry
4. Observing Run Preparation
5. Image Subtraction
6. Gravitational Wave Localization and Galaxy Crossmatch
7. Machine Learning
8. Optical and Infrared Spectroscopy (2Dスペクトル以降の処理)
9. Analysis Methods for Lightcurves of Variable Stars
10. Asteroids
11. Data Analysis in X-ray Astronomy
12. Radio Astronomy and Data Analysis

obvious problems before we analyze it. We will use the imshow command within pyplot, which requires us to provide some parameters defining the minimum and maximum range of the colorbar scale. For this, we will use sigma-clipped image pixel statistics to come up with some reasonable values.

In [7]: *## Get and display the image data*

```
data = HDUList[1].data # Get the data array (a simple numpy array) from the first extension.  
  
mean, median, std = sigma_clipped_stats(data) # get some image statistics  
plt.figure(figsize=(8,8)) # set up the plot panel  
plt.imshow(data, vmin = median - 2*std, vmax = median + 3*std, origin='lower')  
plt.colorbar()  
plt.show()
```



# GROWTH astronomy school公開教材の日本語化

卒研の一環として日本語化（戸間紗也香、東工大2019年度卒業研究、GROWTHチームと共同）

全12セクションのうちの、2セクション

1. Python basics
2. Image Data Reduction

- ・日本語化するだけでなく、より初心者向け（高校生、大学生）に改変
- ・今年のB4のPython, Astropyの自習教材として利用

以下、日本語化についての発表スライド

<https://oister.kwasan.kyoto-u.ac.jp/wordpress/wp-content/uploads/2019/12/toma.pptx>



## 調べ方が身につくような誘導

```
In [ ]: #まず、行列の各成分の平均、中央値、標準偏差を求めます。  
mean, median, std = sigma_clipped_stats(rawdata) #sigma_clipped_stats()がどういう関数か調べてみてください  
  
#平均、中央値、標準偏差を表示してください。  
print('mean=' , *** , 'median=' , *** , '***' , *** )
```

#sigma\_clipped\_stats()がどういう  
関数か調べてみてください

```
In [ ]: #ちゃんと3枚あるか確認しましょう  
numBiasFiles =*** #リストの長さを取得する関数は?  
print('Found %d bias files'%numBiasFiles) #%dの位置にnumBiasFiles(整数)を挿入できる
```

#リストの長さを取得する関数は？

ほぼそのまま調べれば求める関数が出てくることを確認

# Astropyを使う際の注意

## 開発中のパッケージが多い

- 枯れてない、バグが残ってる
- 基本的な機能、IRAFの豊富な機能はないかも（例：photutilsのPSF測光の測光値エラーが含まれたのは2017年10月）
- 分光データ一次処理はなさそう
- 後方互換性を失ったアップデート
- 個人・小規模開発での使用は一部は問題なさそうだが、大規模パイプライン開発では十分検討が必要
- 頻繁にアップデートできない、安定性を求められる場合は、Astropyを使わないPython開発もあり
- Python+Astropyのメリットは学習コストの低さ？（特に学生）

	astropy パッケージ	最新バージョン	今すぐ 使い始められそう？	MITSu ME利用
FITS I/O, WCSなど	common core	v4.0.1	○	○
開口測光	photutils	v0.7.2	○	○
PSF測光	photutils	v0.7.2	△（後方互換？）	○
分光一次処理	ない? (Pypelt)		-	-
撮像一次処理	ccdproc	v2.1.0	○	×
分光データ関 係（フィット など）	specutils	v1.0	?	-
region	regions	v0.5	△（開発初期）	×
healpix	astropy- healpix	v0.6	△（開発初期）	×
カタログ、 画像のクエリ	astroquery	v0.4.2	△	○

## まとめ

Python開発ではAstropyを使うと便利

開発段階のパッケージも多いため、  
注意が必要

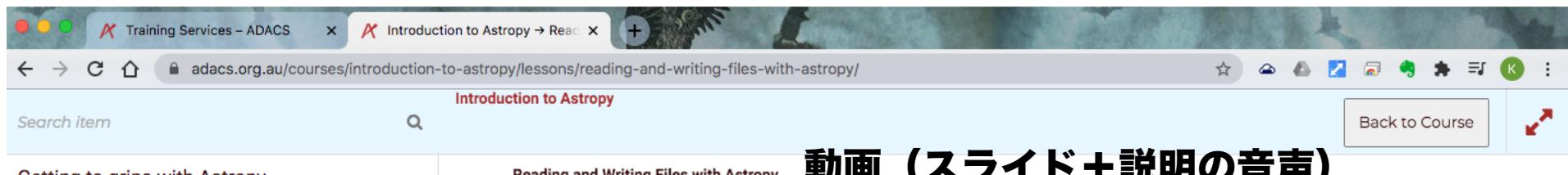
Q) IRAFのコンテンツはAstropyに完全移行できますか？

現時点では、全てを移行するのは難しそう。  
(撮像一次処理、開口測光は移行できそう)

# ADACSのAstropy入門

Astropy/coreパッケージの初心者向け動画（全20分）

<https://adacs.org.au/courses/introduction-to-astropy/lessons/reading-and-writing-files-with-astropy/>



カバーしている範囲は限られているが、Astropyをはじめる出発点としては良さそう

**動画 (スライド+説明の音声)**

### READING & WRITING FILES

- The **astropy.io.fits** package provides access to **FITS files**.
- FITS files generally contain a header (metadata) and data

```
>>> from astropy.io import fits
>>> hdulist = fits.cpe ('input.fits')
>>> hdulist.info()
Filename: test1.fits
No. Name Type Cards Dimensions Format
0 PRIMARY PrimaryHDU 220 () int16
1 SCI ImageHDU 61 (800, 800) float32
2 SCI ImageHDU 61 (800, 800) float32
3 SCI ImageHDU 61 (800, 800) float32
4 SCI ImageHDU 61 (800, 800) float32
```

01:21 02:10

Prev Dealing with N-Dimensional datasets in Astropy Next Astropy - Models and Fitting