

# データ解析講習会2023(中級編) CASAを用いたイメージング

中西 康一郎  
(国立天文台/総研大)



# 実習内容と目標

- 内容
  - CASAの`tclean`タスクを使って、ALMAサンプルデータのイメージング処理を行う
  - パラメータを変えて実行、生成された画像にどのように反映されたか確かめる
- 目標
  - `tclean`タスクの基本パラメータとその振舞いを把握し、目的に沿った画像作成ができる



# 参考情報源

- 斉藤さん講義「イメージング入門」
- [講習会テキスト](#)(特に4章、7.4章)
- [EA-ARC 解析ガイド](#)
- [I-TRAIN with the European ARC Network](#)
  - 特に #17: Introduction to tclean
- CASAオンラインヘルプ (help タスク名)
- [CASA Doc](#)
  - 特に“Synthesis Imaging”節 と tcleanタスク
- [CASA guides \(ALMA\)](#)
  - [Region Formatについての解説](#)

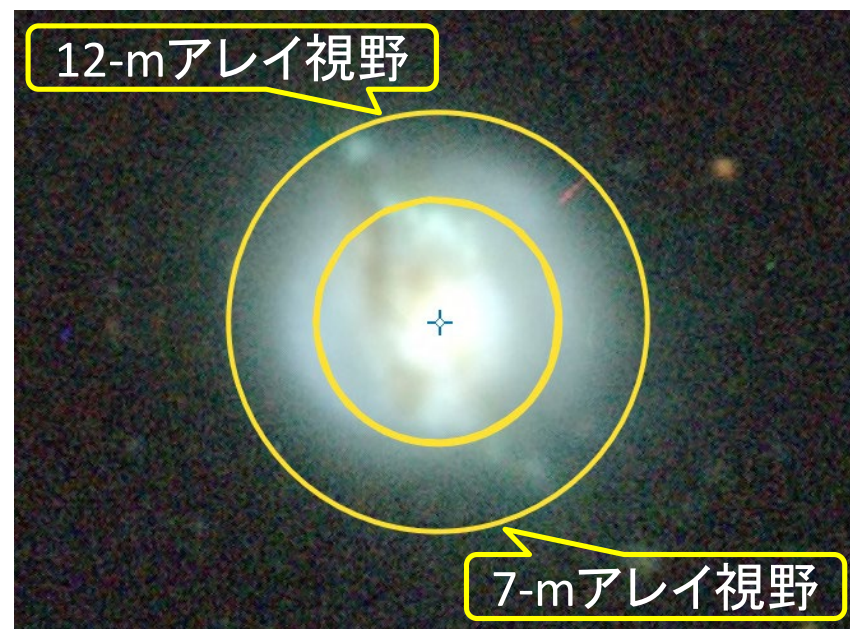


# 実習データについて



# 観測天体: IC 2520

- 近傍の不規則銀河
- post AGNがある?
- 詳しくは [NED](#) 参照



[ALMA science archive](#)



- project: 2015.1.00846.S
- Array: 12m-array (compact configuration)
  - 他に12-m (extended), 7-m, TPデータ有
- Molecular line:  $^{12}\text{CO}$  (2-1)
- Frequency resolution: 7.812 MHz ( $\sim 10.2$  km/s)
- Obs. date: 2016-01-01
- [ALMA Archive](#) で公開されています



# データの概要を把握する

- イメージングパラメータの決定に必要な情報を把握する
  - 天体、相関器(周波数、分解能)設定、アンテナ配列、天候状況...
- weblog を眺める
  - パイプライン処理時に生成
  - アーカイブから取り寄せ
- listobs タスクを実行する
  - 入力visibilityデータ(MeasurementSet)





# weblog: 設定と観測



Home

By Topic

By Task

2015.1.00846.S

## Observation Overview

Project	uid://A001/X1ee/X8de
Principal Investigator	dfarrah
OUS Status Entity id	uid://A001/X2d8/X3bd
Observation Start	2016-01-01 06:50:32 UTC
Observation End	2016-01-01 07:17:42 UTC

## Pipeline Summary

Pipeline Version	r36091 (Pipeline-Cycle3-R4-B)
CASA Version	4.5.2 r36115
Pipeline Start	2016-02-19 19:56:39 UTC
Execution Duration	1:48:41

## Observation Summary

Measurement Set	Receivers	Num Antennas	Time (UTC)			Baseline Length			Size
			Start	End	On Source	Min	Max	RMS	
Observing Unit Set Status: uid://A001/X2d8/X3bd Scheduling Block ID: uid://A001/X2d8/X3b4									
Session: es_001_1									
uid__A002_Xae6c13_X2852.ms	ALMA Band 6	41	2016-01-01 06:50:32	2016-01-01 07:17:42	0:06:35	15.1 m	310.2 m	113.4 m	4.3 GB






[Home](#)
[By Topic](#)
[By Task](#)

2015.1.00846.S

Session: session\_1

uid\_\_A002\_Xae6c13\_X2852.ms

## Overview of 'uid\_\_A002\_Xae6c13\_X2852.ms'

### Observation Execution Time

Start Time	2016-01-01 06:50:32
End Time	2016-01-01 07:17:42
Total Time on Source	0:22:17
Total Time on Science Target	0:06:35

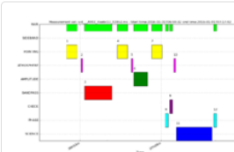
[LISTOBS OUTPUT](#)

### Spatial Setup

Science 'J0854+2006'

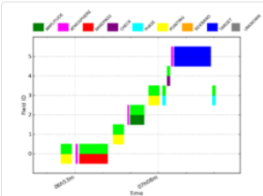
Targets

Calibrators 'Callisto', 'J0854+2006', 'J0954+2639', 'J0956+2515' and 'J1133+0040'



Intent vs Time

Track scan intent vs time



Field vs Time

Track observed field vs time

### Spectral Setup

All Bands

'ALMA Band 6' and 'WVR'

Science Bands

'ALMA Band 6'





# weblog: 観測天体



Home By Topic By Task

2015.1.00846.S

Session: session\_1

uid\_\_A002\_Xae6c13\_X2852.ms

## Spatial Setup Details

BACK

### Sources

ID	Source Name	Source Position			Proper Motion		# Pointings	Intent
		RA	Dec	Ref. Frame	X	Y		
0	J0854+2006	08:54:48.875	+020.06.30.641	ICRS			1	ATMOSPHERE, BANDPASS, POINTING, WVR
1	J1133+0040	11:33:20.056	+000.40.52.837	ICRS			1	POINTING, WVR
2	Callisto	11:35:42.466	+003.58.38.292	ICRS			1	AMPLITUDE, ATMOSPHERE, WVR
3	J0956+2515	09:56:49.875	+025.15.16.050	ICRS			1	PHASE, POINTING, WVR
4	J0954+2639	09:54:39.797	+026.39.24.543	ICRS			1	CHECK, WVR
5	IC_2520	09:56:20.160	+027.13.39.320	ICRS			1	ATMOSPHERE, TARGET

Sources in uid\_\_A002\_Xae6c13\_X2852.ms

### Fields

Field ID	Field Name	Position			Intent	Source Reference
		RA	Dec	Ref. Frame		





# weblog: 相關器設定



Session: session\_1

uid\_\_A002\_Xae6c13\_X2852.ms

## Spectral Setup Details

BACK

Science Windows

All Windows

### Science Windows

ID	Frequency			Bandwidth	Channels			Correlator Axis	Band
	Start	Centre	End		Number	Width	Resolution		
19	227.015 GHz	228.015 GHz	229.015 GHz	2.000 GHz	128	15.625 MHz	20.544 km/s	XX, YY	ALMA Band 6
21	211.315 GHz	212.315 GHz	213.315 GHz	2.000 GHz	128	15.625 MHz	22.063 km/s	XX, YY	ALMA Band 6
23	213.315 GHz	214.315 GHz	215.315 GHz	2.000 GHz	128	15.625 MHz	21.857 km/s	XX, YY	ALMA Band 6
25	228.648 GHz	229.585 GHz	230.523 GHz	1.875 GHz	240	7.812 MHz	10.202 km/s	XX, YY	ALMA Band 6

Spectral Windows with Science Intent in uid\_\_A002\_Xae6c13\_X2852.ms



# TCLEANタスク



# tclean

- 干渉計データのイメージング・デコンボリューションを行うタスク
- 非常に多機能、様々なカスタマイズが可能
- 設定可能なパラメータが非常に多い...
- オンラインヘルプ(`help tclean`)、CASA Docの [tcleanのページ](#) を適宜参照



# tcleanのパラメータ(と初期値)

```
tclean(vis, selectdata=True, field='', spw='', timerange='', uvrange='',  
antenna='', scan='', observation='', intent='', datacolumn='corrected',  
imagename='', imsize=[100], cell='"1arcsec"', phasecenter='', stokes='I',  
projection='SIN', startmodel='', specmode='mfs', reffreq='', nchan=- 1,  
start='', width='', outframe='LSRK', veltype='radio', restfreq='',  
interpolation='linear', perchanweightdensity=True, gridder='standard',  
facets=1, psfphasecenter='', wprojplanes=1, vptable='', mosweight=True,  
aterm=True, psterm=False, wbawp=True, conjbeams=False, cfcache='',  
usepointing=False, computepaststep=360.0, rotatepaststep=360.0,  
pointingoffsetsigdev='', pblimit=0.2, normtype='flatnoise',  
deconvolver='hogbom', scales='', nterms=2, smallscalebias=0.0,  
fusedthreshold=0.0, largestscale=- 1, restoration=True, restoringbeam='',  
pbcor=False, outlierfile='', weighting='natural', robust=0.5, noise='1.0Jy',  
npixels=0, uvtaper=[''], niter=0, gain=0.1, threshold=0.0, nsigma=0.0,  
cycleniter=- 1, cyclefactor=1.0, minpsffraction=0.05, maxpsffraction=0.8,  
interactive=False, fullsummary=False, nmajor=- 1, usemask='user', mask='',  
pbmask=0.0, sidelobethreshold=3.0, noisethreshold=5.0, lownoisethreshold=1.5,  
negativethreshold=0.0, smoothfactor=1.0, minbeamfrac=0.3, cutthreshold=0.01,  
growiterations=75, dogrowprune=True, minpercentchange=- 1.0, verbose=False,  
fastnoise=True, restart=True, savemodel='none', calcres=True, calcpsf=True,  
psfcutoff=0.35, parallel=False)
```



# パラメータ:入出力ファイル

---

- **vis** : イメージングするMeasurementSetファイル名(visibility)  
(ex) 'calibrated.TM2.ms\_IC\_2520.contsub'
- **imagename** : 出力ファイル名  
(ex) 'IC\_2560.CO.cube.clean'



# tcleanが生成するファイル

- IC\_2520.CO.cube.clean.**image** 天体画像
- IC\_2520.CO.cube.clean.**image.pbcor** 天体画像(primary beam補正済)
- IC\_2520.CO.cube.clean.**mask** CLEANマスク
- IC\_2520.CO.cube.clean.**model** CLEANモデル
- IC\_2520.CO.cube.clean.**pb** Primary beam pattern
- IC\_2520.CO.cube.clean.**psf** synthesized beam(PSF)
- IC\_2520.CO.cube.clean.**residual** CLEAN残差  
(dirty-PrimaryBeam×model)
- IC\_2520.CO.cube.clean.**sumwt** sum-of-weights(single pix)





# パラメータ: データの選択

- **datacolumn**: 利用するカラム
  - (ex) 'DATA', 'CORRECTED'
  - 使用するMSファイル・状況によって異なる
- **field**: 天体 (番号または名前で指定)
  - (ex) '3', 'IC\_2560'
- **spw**: spectral window(複数指定や部分指定可)
  - (ex) '0, 1:5~119'
- **timerange, uvrange, antenna, scan, observation**: (時間・アンテナなどを指定して、一部のデータだけを使用したい場合に)
- 事前にweblog/listobsタスクで調べておく



# パラメータ: 画像の基本要素

- **imsize:** ピクセル数(空間方向)
  - (ex) [128,128], [1024,2048]
- **cell:** ピクセルスケール(秒角)
  - (ex) 0.01
- **specmode:** 連続波(2次元)/キューブ(3次元)
  - (ex) 'mfs' (連続波), 'cube' (スペクトル)
- **phasecenter:** 画像(位相)中心座標
- **stokes:** ストークス
  - (ex) 'I', 'IQUV'



# パラメータ: キューブの基本要素

- **start**: 第0チャンネルの座標
  - (ex) '230.3 GHz', '-10 km/s', 0 (MSのチャンネル)
- **width**: 1チャンネルの周波数/速度幅
  - (ex) '7.69 MHz', '10 km/s', 1 (MSのチャンネル)
- **nchan**: チャンネル数
  - (ex) 24, -1 (自動判定)
- **outframe**: 速度の基準(start, widthに影響)
  - (ex) 'LSRK', 'BARY'
- **restfreq**: ラインの静止系周波数(単位必須)
  - (ex) '230.538 GHz'



# パラメータ: 連続波像の基本要素

---

- **reffreq:** 基準周波数
  - (ex) 230.5 GHz
- **nterms:** Taylor展開次数
  - (ex) 1(フラット), 2(傾き有り直線)



# パラメータ: イメージング(1)

- **gridding**: グリidding手法
  - (ex) 'standard' (通常), 'mosaic' (モザイク観測), 'wproject' (W-projection)
- **weighting**: 重み付け手法
  - (ex) 'natural', 'uniform', 'briggs'
- **robust**: ロバストパラメータ (weighting='briggs')
  - (ex) 0.5 (設定可能範囲: -2.0~2.0)
  - ※ 「イメージング」講義 “グリiddingと重み付け”、教科書4.4章を参照



# パラメータ: イメージング(2)

- **uvtaper**: テーパー
    - (ex) `['5klambda'], ['3arcsec']`
    - 注意: CASA 5.8/6.2~6.4は`weighting='natural'`の場合に正しくテーパーが働かないバグ有  
(回避策: `weighting='briggs'`, `robust=2.0`とする)
  - **pbcor**: 主ビーム補正を適用した画像を生成
    - (ex) `True`
  - **parallel**: 並列処理を行う(mpicasa利用時のみ有効)
    - (ex) `True`
- ※「イメージング」講義 “グリッディングと重み付け”  
“テーパーグリッディング” “主ビーム補正”参照



# パラメータ:デコンボリューション

- **deconvolver**: デコンボリューションアルゴリズム
  - (ex) 'hogbom', 'clark', 'multiscale', 'mtmfs' (multi-term MFS)
    - ※「イメージング」講義“Clark CLEAN”, “発展的内容”参照
- **niter**: ピークの同定・差引プロセスの回数上限値
  - (ex) 0 (ピーク差引を行わない→dirty map生成), 100000
- **threshold**: 差引を行う(=有意と考える)ピーク強度の下限值
  - (ex) '0.1 mJy'
    - ※ niterまたはthresholdいずれかの条件を満たした時点でデコンボリューションが終了する
    - ※「イメージング」講義 “CLEANの止め時”参照
- **gain**: ピーク差し引きゲイン
  - (ex) 0.1 (10%)



# パラメータ: マスク

- **usemask:** マスク手法
  - (ex) 'user' (ユーザー定義), 'pb' (視野全体), 'auto-multithresh' (auto-masking)
  - *auto-masking*(自動マスク)のパラメータ:  
[Automasking Guide](#) の“[Standard Values](#)”に従って指定するのがお勧め
- **mask:** ユーザー定義マスク(usemask='user')
  - (ex) 'circle[[40pix,40pix],10pix]' (円形), 'mymask.crf' (CASA region file) ※複数指定可
  - 書式はCASA Guidesの [Region Format](#) 参照
- **interactive:** 手動でmask設定
  - (ex) True(viewerが立ち上がる)
  - ※「イメージング」講義 “マスクの活用”参照





# パラメータ: automask

- **usemask='auto-multithresh'** とすれば、自動マスク機能(automasking)を利用可
- 主要automask用パラメータ:  
**sidelobethreshold, noisethreshold, minbeamfrac, lownoisethreshold, negativethreshold**
  - [Automasking Guide](#) の“[Standard Values](#)”に従って指定することを強く推奨
- **verbose=True** を推奨 (automaskingが上手く働かなかった時にヒントが出力される場合有)



# CASAのバージョン



# CASAのバージョン: 注意

- 使い分けが可能、あるいは必要
- アーカイブデータのキャリブレーションを再生したい
  - **QA2と同じバージョン**(必須!)
- イメージングを行いたい
  - **最新または最新に近いバージョンを推奨**  
(2023年2月時点では6.5.3または6.4.1)
    - キャリブレーションとは違うバージョンも可
    - 5.3以前はお勧めしません(深刻なバグ有; [参照](#))
- 多波長解析システムでは4.7以降が利用可能

