



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)



- 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



- 齊藤さん講義「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](#)



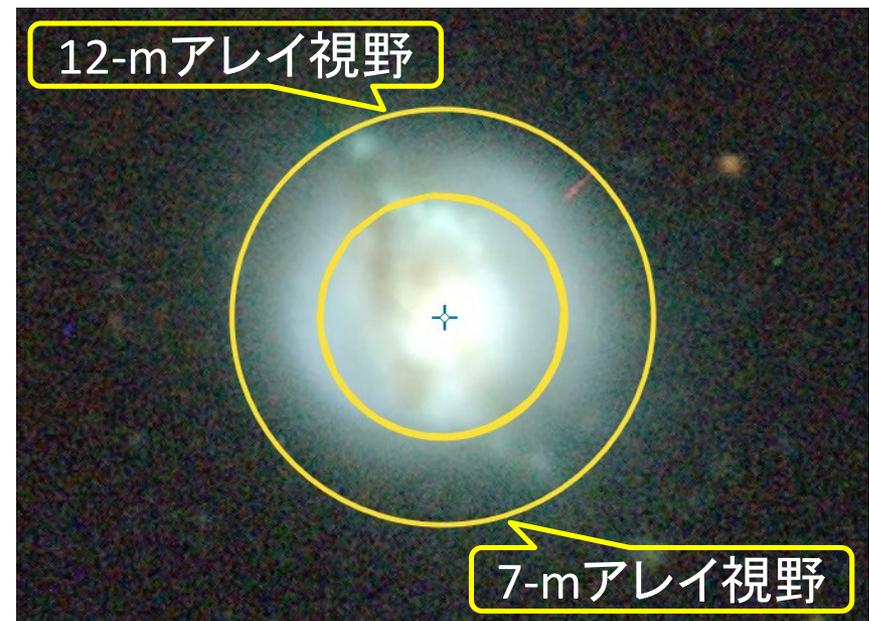


実習データについて



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](#)





データ

- 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}CO (2-1)
- Frequency resolution: 7.812 MHz (~ 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_									
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





weblog: 設定と観測



Home By Topic By Task

2015.1.00846.S

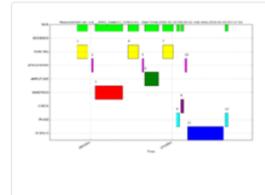
Session: session_1

uid__A002_Xae6c13_X2852.ms

Overview of 'uid__A002_Xae6c13_X2852.ms'

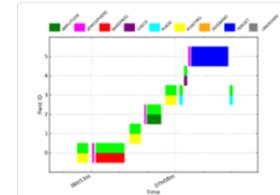
Observation Execution Time

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



Intent vs Time

Track scan intent vs time



Field vs Time

Track observed field vs time

LISTOBS OUTPUT

Spatial Setup

Science Targets	'J08520'
Calibrators	'Callisto', 'J0854+2006', 'J0954+2639', 'J0956+2515' and 'J1133+0040'

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



Home By Topic By Task

2015.1.00846.S

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



- 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, computepastep=360.0, rotatepastep=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

- **imsi**size: 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

