

RENKEI WorkFlow Tool を利用した 輻射輸送計算による CFD 計算結果 の擬似観測

本山 一隆, 合田 憲人,
坂根 栄作, 三浦 謙一 (国立情報学研),
田中 義一(明星大学)

Abstract

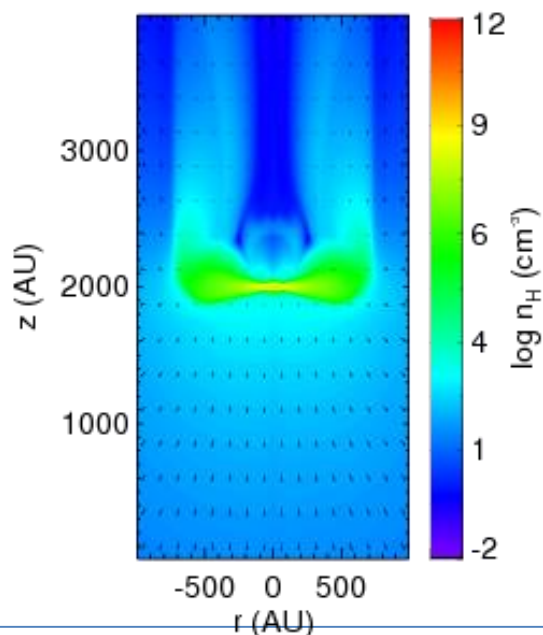
- 天体現象の流体シミュレーションの計算結果に対して輻射輸送計算を行い、擬似的な観測を行えるシステムを構築した
- ワークフローシステム「RENKEI WorkFlow Tool」を利用することで、必要な計算を自動化し効率の良いシステムを実現した

天体現象の理論モデルと観測データ

天体現象の理論モデルを検証するためには観測結果との比較が必要

理論モデル

天体の密度分布や温度分布等の情報



流体シミュレーション、解析モデル

物理量を導出

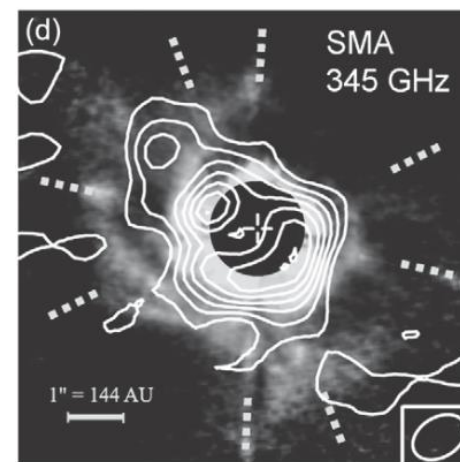


観測量を導出



観測データ

天体からの放射された電磁波の情報



2次元の情報(観測データ)から3次元的構造の推定するのは簡単ではない

輻射輸送計算による擬似観測

天体現象の理論モデル

理論モデルに対する
擬似的な観測

観測イメージ
スペクトル etc.

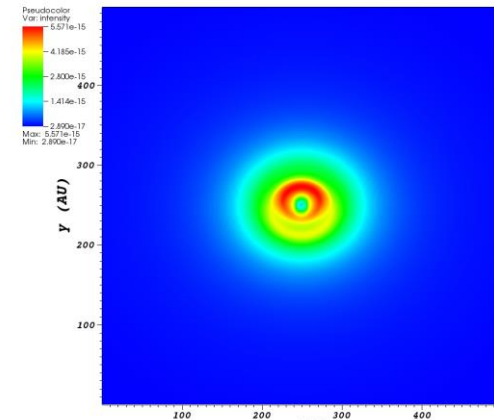
流体シミュレーション
解析モデル

input

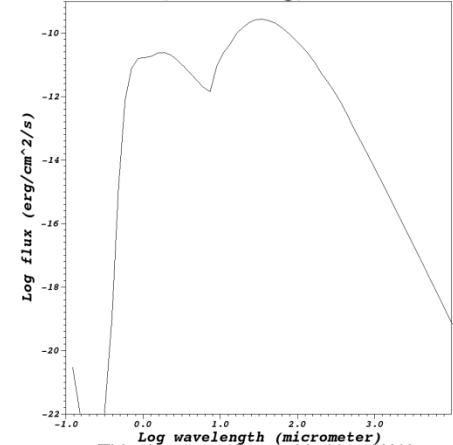
輻射輸送計算

output

Specific Intensity ($\text{erg/s/cm}^2/\text{ster/Hz}$)



Spectral Energy Distribution



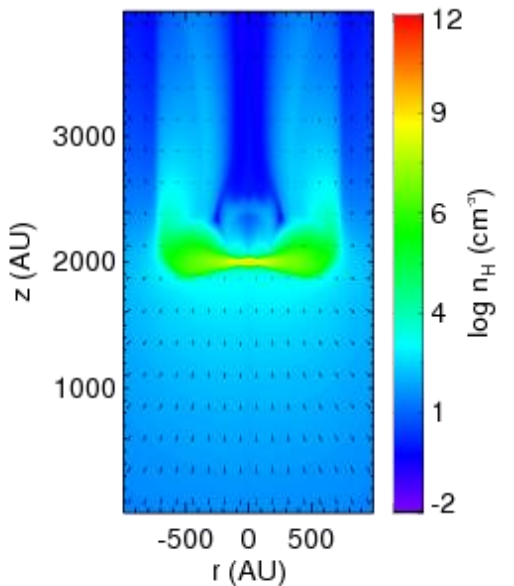
This document is provided by JAXA.

density

$t = 2.00$ (k)

密度分布
温度分布
分子の存在比

観測結果と直接比較できる
データを得られる



擬似観測のための問題点

- パラメータが多い

何からの放射を観測するか

(どの分子 or ダスト? どの輝線?)

どの波長で観測するか

天体をどの方向から観測するか



処理を自動化して作業の負担を減らしたい

- 計算量が大

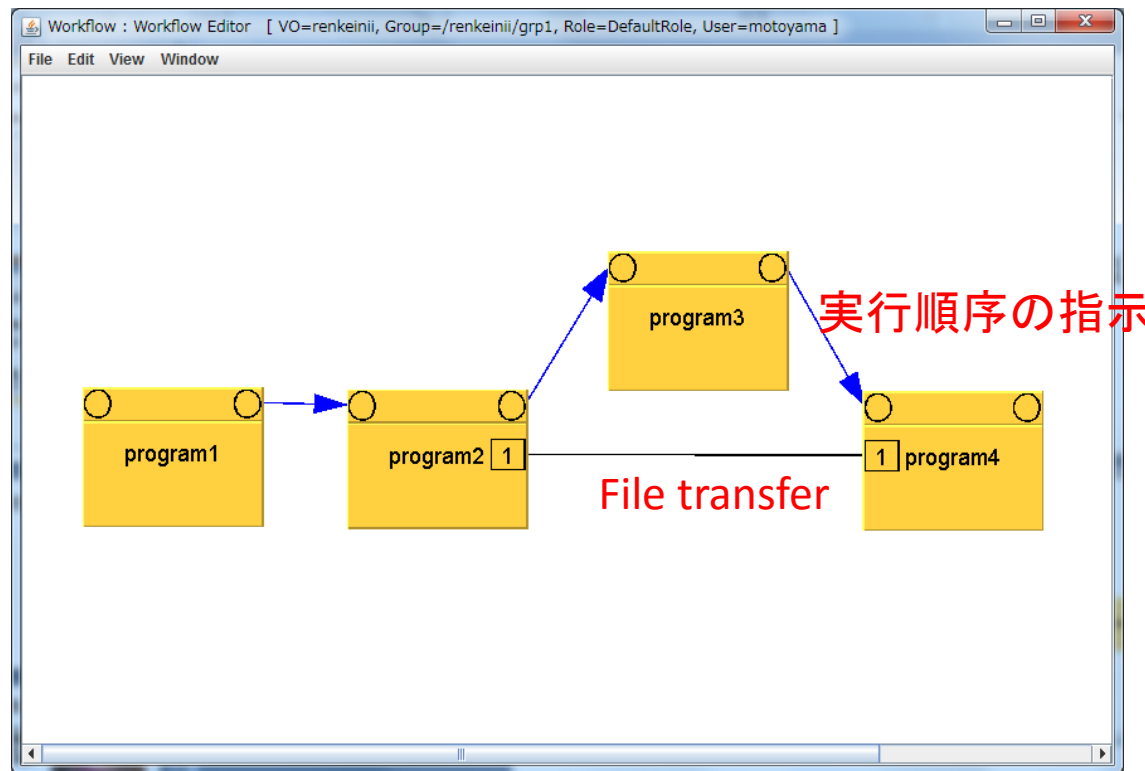
多次元でのNon-LTE輻射輸送計算はそれなりに重たい計算 (空間、方向、周波数で6次元の計算)



計算資源を有効に活用して効率よく計算
を実行したい

RENKEI WorkFlow Tool

- ジョブの実行順序やファイルの転送をGUIで記述
- 複数の計算資源にまたがったワークフローを実現



「RENKEI(RESources liNKage for E-science)プロジェクト」の開発成果

<http://www.e-sciren.org/>

RENKEI WorkFlow Toolの機能

- アイコンごとにジョブの実行ホストや実行ディレクトリを指定できる

実行プログラムの指定

実行ディレクトリの指定

実行ホストの指定

Property

Icon : program2

Job Specification

By Menu By JSDL

Name	Detail	Value
JobName	-	Program
Executable	-	<code>\${HOME}/WFT_test/hostname.sh</code>
Argument	1	
Output	-	
Error	-	
WorkingDirectory	-	WFT_test
Environment	-	
WallTimeLimit	-	300
MemoryLimit	-	
CPUTimeLimit	-	
VirtualMemoryLimit	-	
CandidateHosts	HostName	xig0023.naregi.org
OperatingSystemName	-	
IndividualCPUCount	-	
TotalResourceCount	-	

☐ Ignore exception

Input/Output

Symbol	Type	File
1	output	output.dat
2		
3		
4		

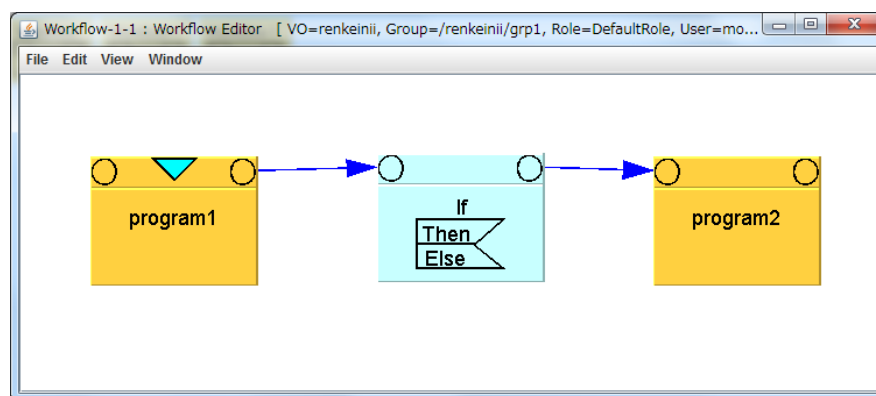
☐ Option

OK Cancel

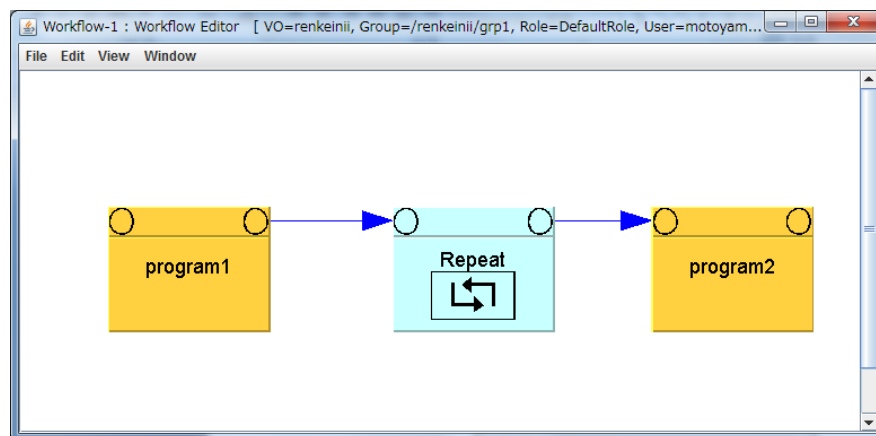
RENKEI WorkFlow Toolの機能

- 条件分岐や繰り返し処理も記述できる

前のジョブの実行結果によって、その後の処理を分岐させる

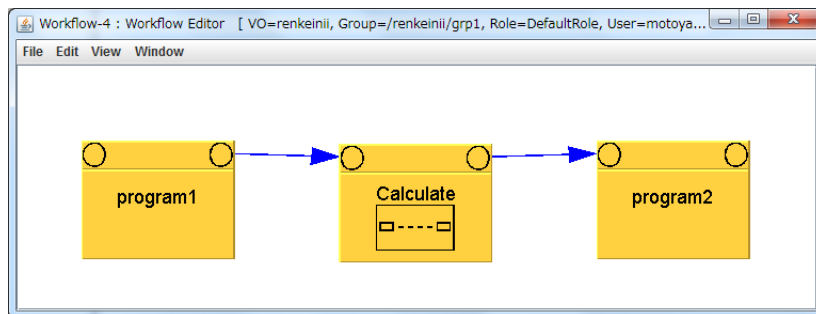


ワークフローを指定した回数だけ繰り返す



RENKEI WorkFlow Toolの機能

- 同一アプリケーションを並列に多数実行可能
→ パラメータサーベイ的な計算に有効



並列実行数の指定

The 'Property' dialog box for the 'Calculate' job is shown. It has two tabs: 'By Menu' and 'By JSDL'. The 'By Menu' tab is active, displaying a table of job specifications. To the right of the table are buttons for 'Remove', 'Add', 'Insert JobID Ahead', 'Insert JobID Behind', 'Browse...', and 'Edit'. At the bottom, there are checkboxes for 'Ignore exception' and input fields for 'Start Number of Sequence \$(#)' and 'Number of execution'.

Name	Detail	Value
JobName	-	Calculate
Executable	-	\${HOME}/WFT_test/test.out
Argument	1	inputdata-\$(#).dzt
Output	-	
Error	-	
WorkingDirectory	-	WFT_test\$(#)
Environment	-	
WallTimeLimit	-	300
MemoryLimit	-	
CPUTimeLimit	-	
VirtualMemoryLimit	-	
CandidateHosts	HostName	
OperatingSystemName	-	
IndividualCPUCount	-	
TotalResourceCount	-	

☐ Ignore exception

Start Number of Sequence \$(#) 1

Number of execution 30

OK Cancel

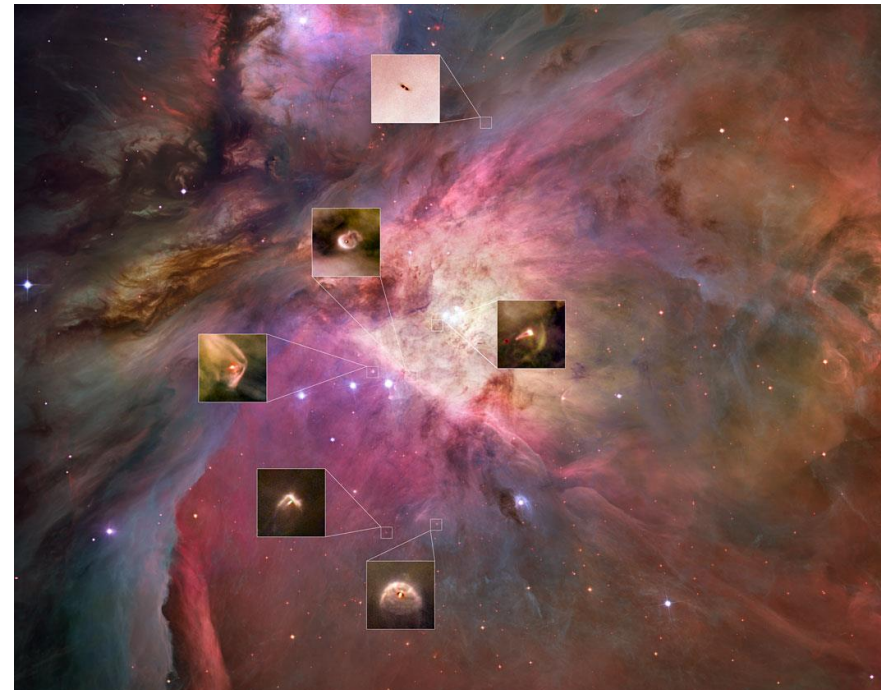
研究の目的

- RENKEI WorkFlow Toolを用いて、輻射輸送計算による擬似観測の処理を自動化する
- パラメータ(波長、観測方向etc.)を変えたジョブを並列に実行させ、研究の効率を向上させる
- エキスパートでなくても簡単に輻射輸送計算ができる環境を構築する

擬似観測システムの応用例

大質量星近傍の原始惑星系円盤の進化を調べた流体シミュレーションの結果に対して輻射輸送計算を行う

近傍に大質量星が存在している場合、原始惑星系円盤は大質量星からの強い紫外線にさらされるため、光蒸発によるガスの散逸が重要

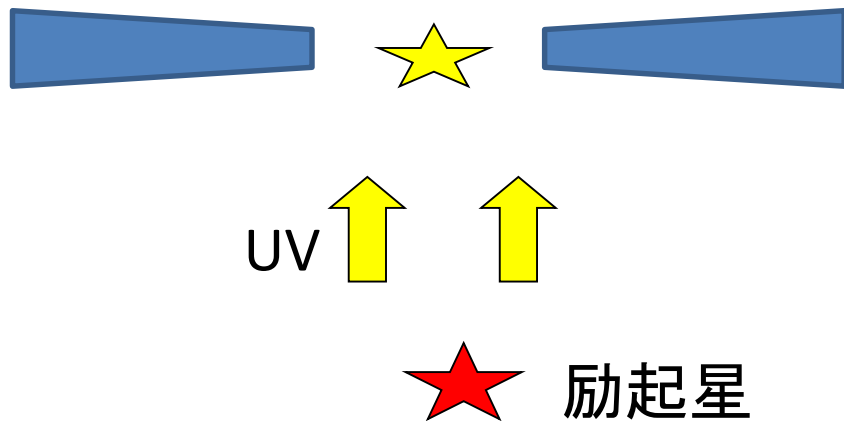


Orionのproplyd

流体シミュレーション

Numerical Models

計算は軸対称を仮定



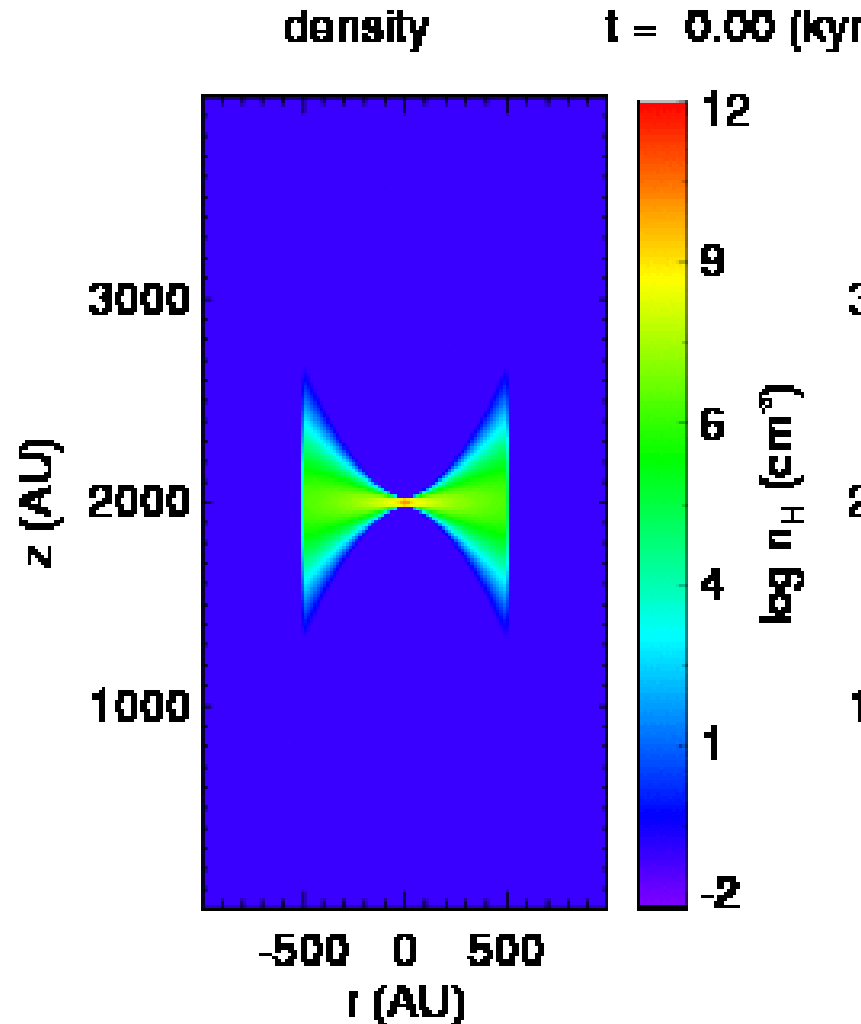
中心星の質量 $1 M_{\text{sun}}$

Diskの質量 $0.01 M_{\text{sun}}$

Diskの半径 500 AU

励起星と円盤の距離 1 pc

励起星の質量 $18 M_{\text{sun}}$



輻射輸送計算

- 輻射輸送計算コードとしてRADMC-3D (developed by Dullemond et al.)を使用した
- Dust continuum, gas line transferのNon-LTE輻射輸送計算ができる
- 原始惑星系円盤の研究を想定しているが、それ以外の天体にも利用できる

RADMC-3d is available at

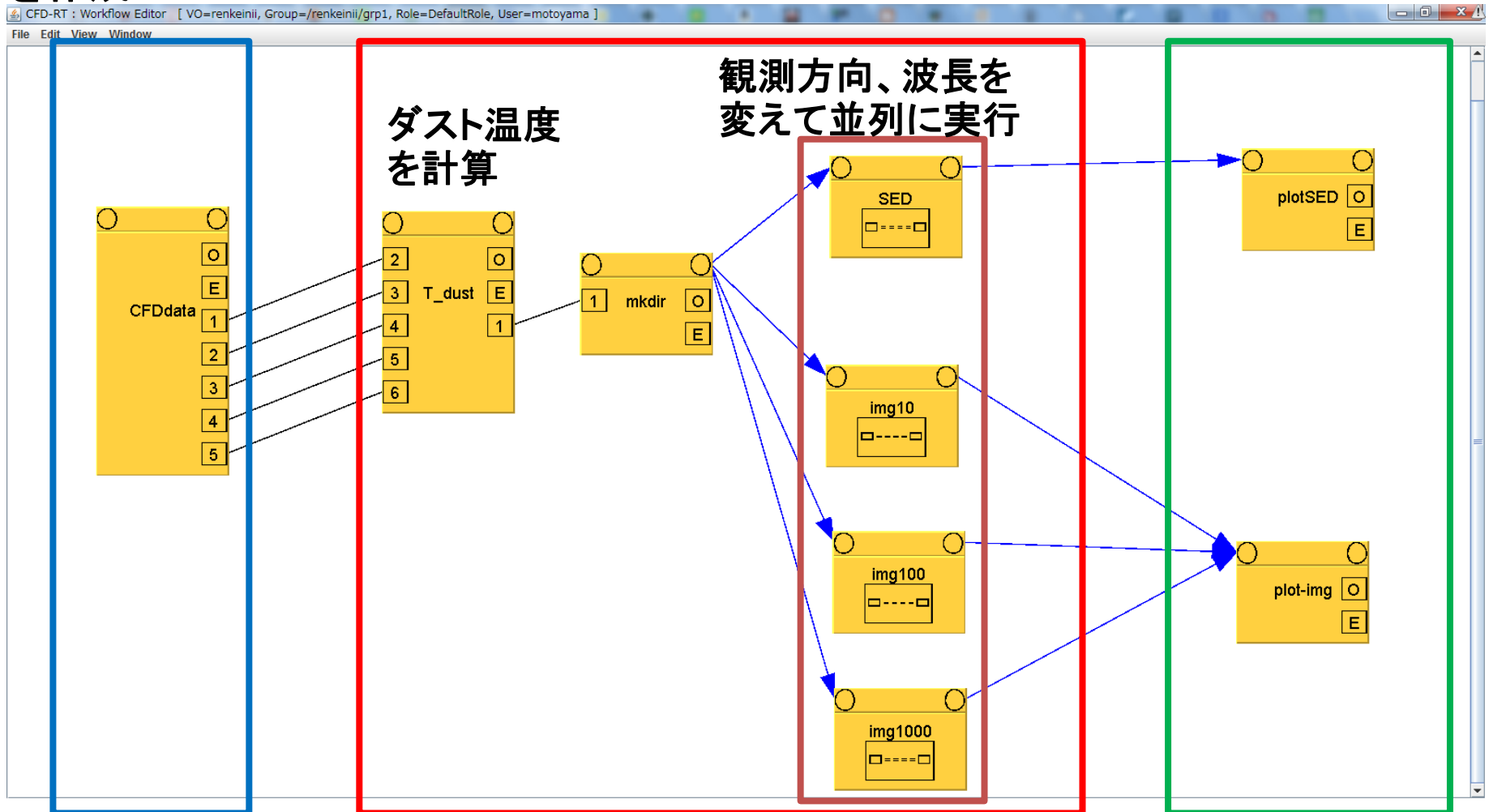
<http://www.ita.uni-heidelberg.de/~dullemond/software/radmc-3d/>

使用したworkflow

流体シミュレーション
の結果からinput data
を作成

輻射輸送計算

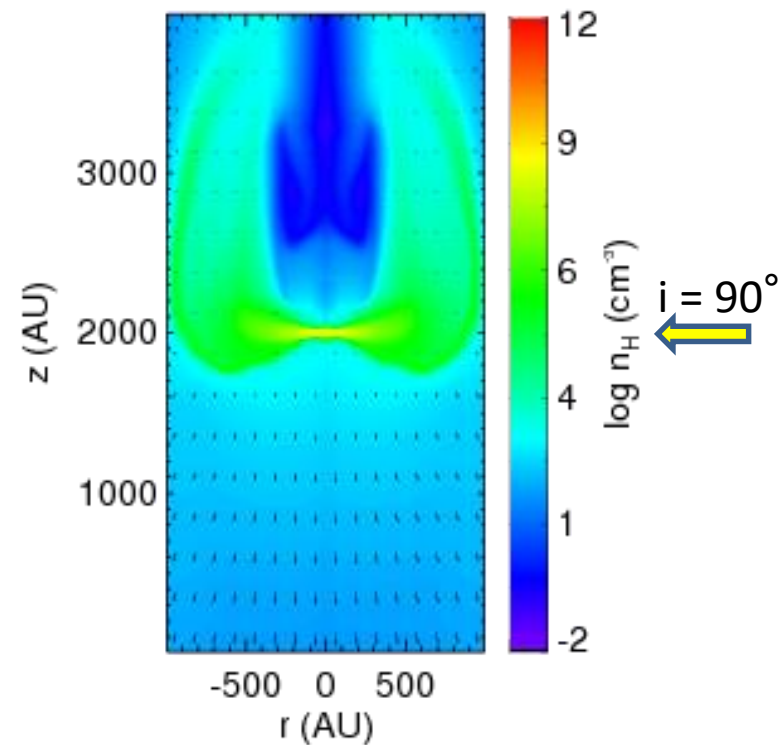
可視化ソフトによる作図



強度分布図 (@1000 μm)

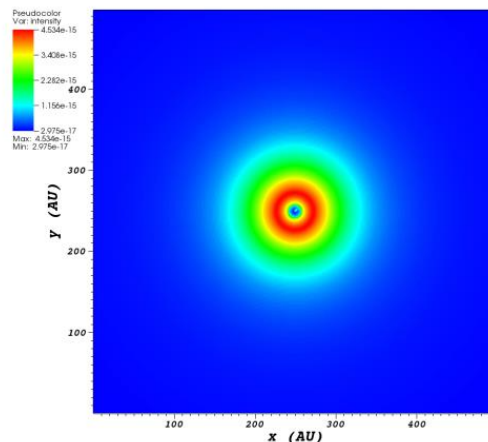
密度分布

$i = 0^\circ$



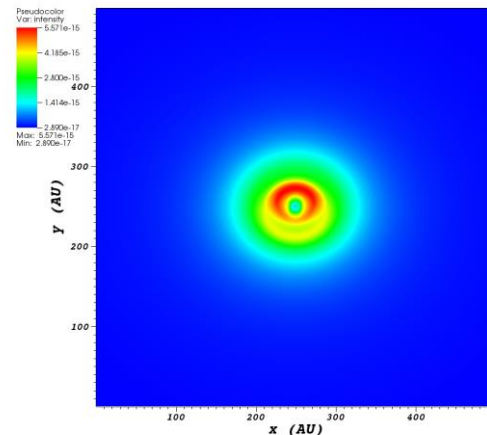
$i = 0^\circ$ (face-on)

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



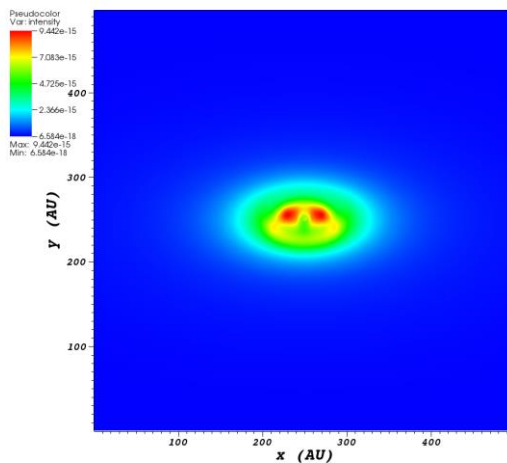
$i = 30^\circ$

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



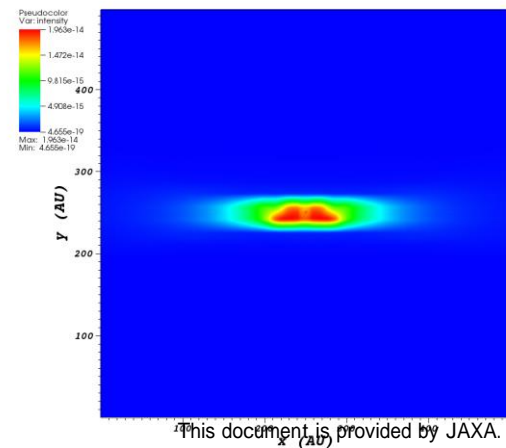
$i = 60^\circ$

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



$i = 90^\circ$ (edge-on)

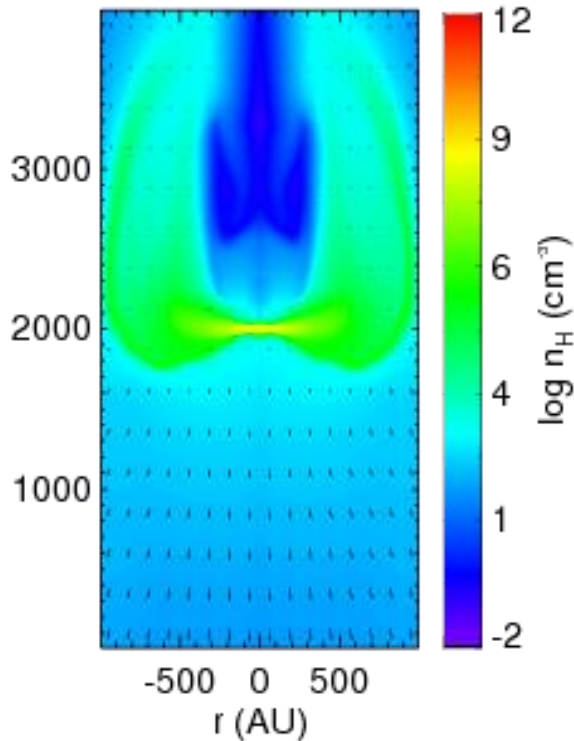
Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



強度分布図 (@100 μm)

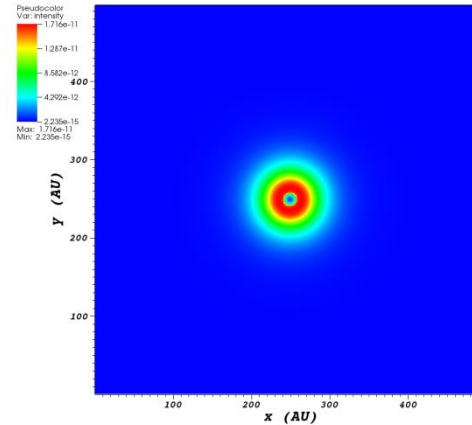
密度分布

$i = 0^\circ$

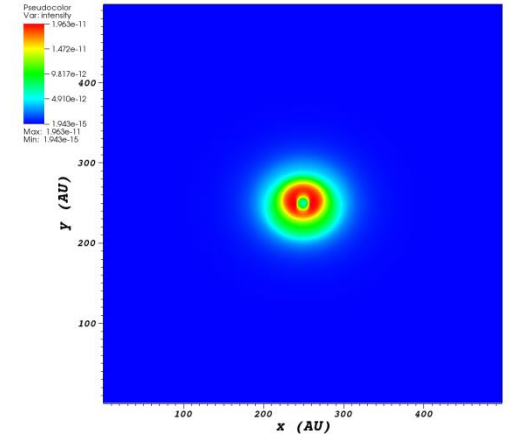


$i = 90^\circ$

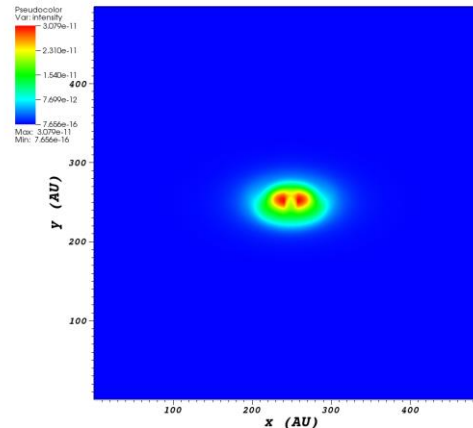
$i = 0^\circ$ (face-on)
Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



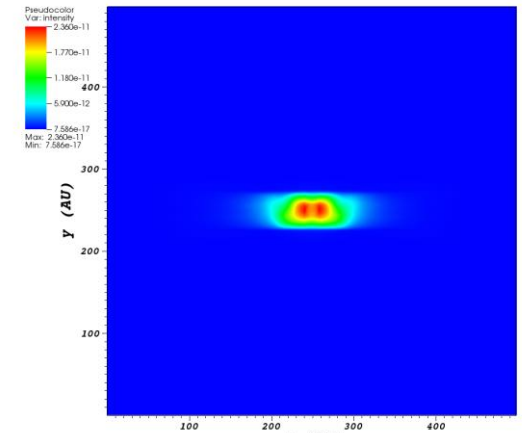
$i = 30^\circ$
Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



$i = 60^\circ$
Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



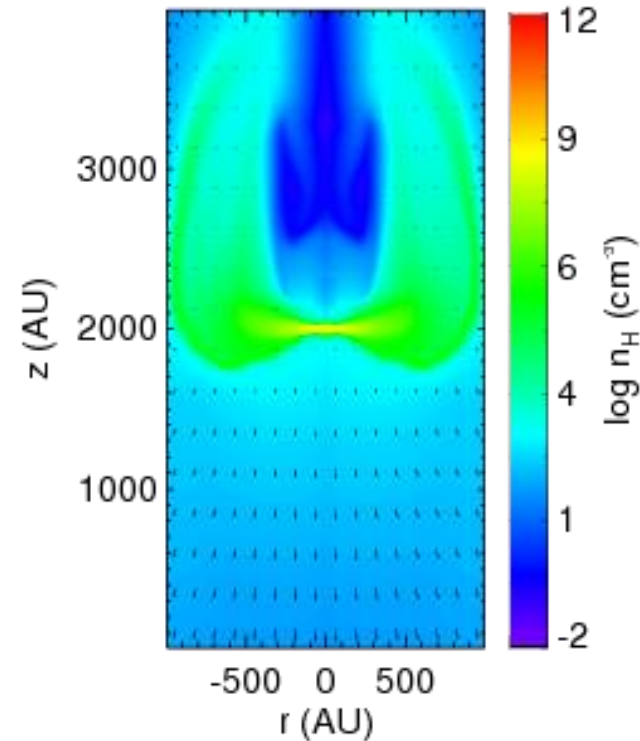
$i = 90^\circ$ (edge-on)
Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



強度分布図 (@10 μm)

密度分布

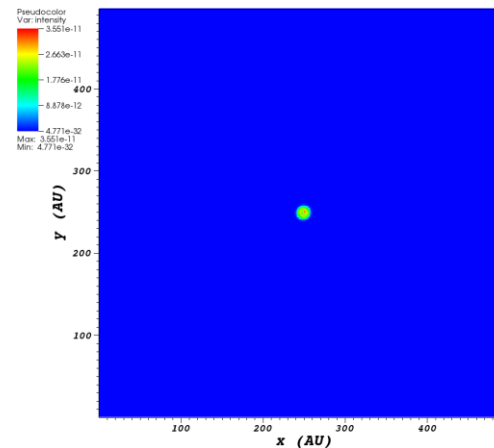
$i = 0^\circ$



$i = 90^\circ$

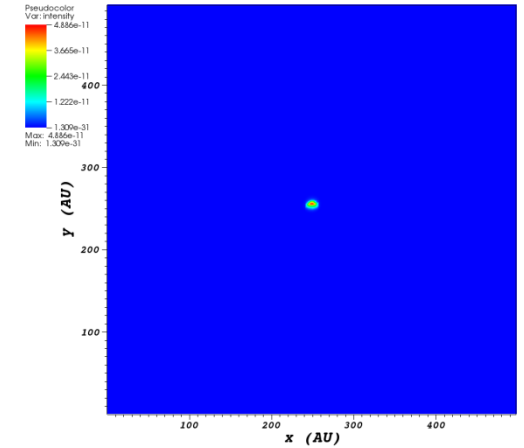
$i = 0^\circ$ (face-on)

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



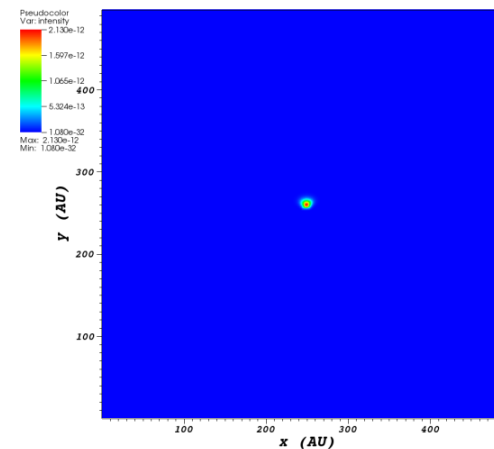
$i = 30^\circ$

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



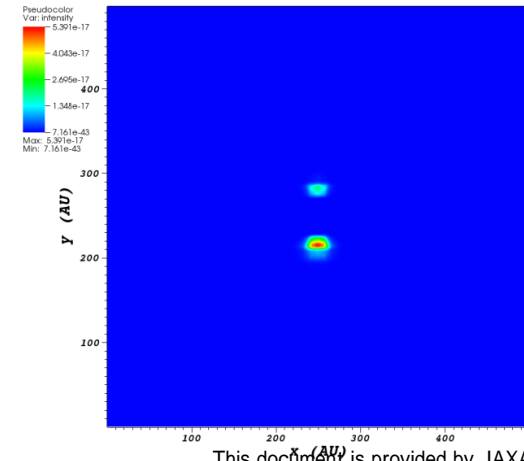
$i = 60^\circ$

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)



$i = 90^\circ$ (edge-on)

Specific Intensity (erg/s/cm 2 /ster/Hz)

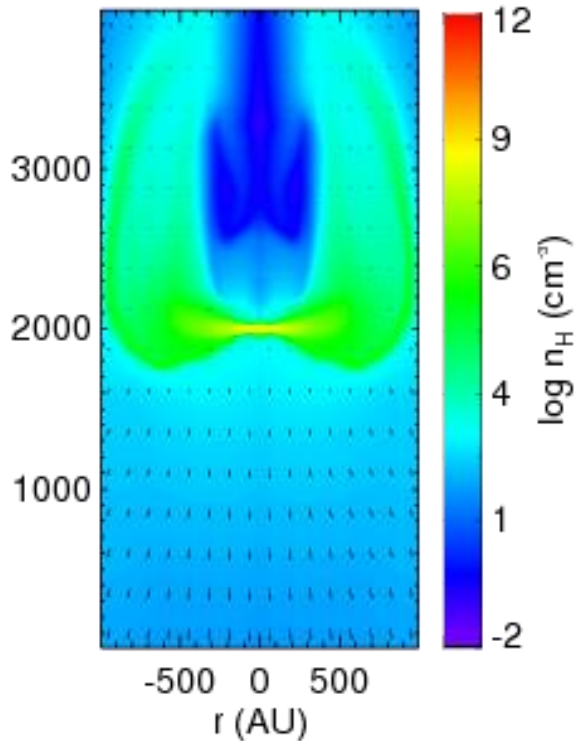


Spectral Energy Distribution

密度分布

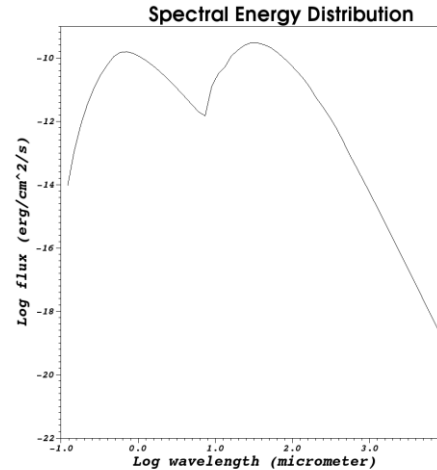


$i = 0^\circ$

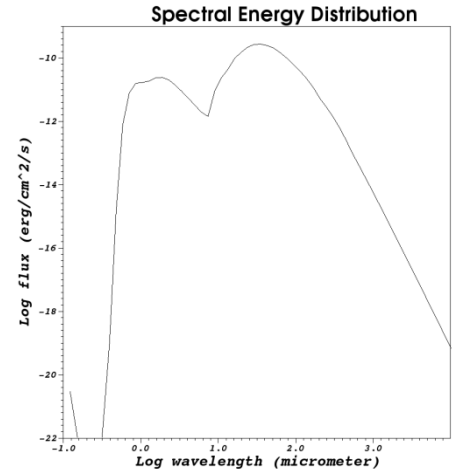


$i = 90^\circ$

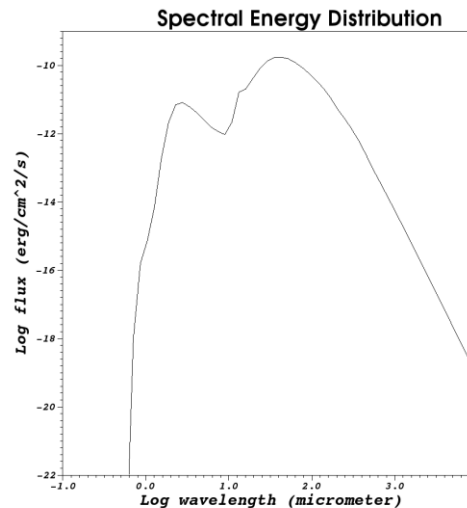
$i = 0^\circ$ (face-on)



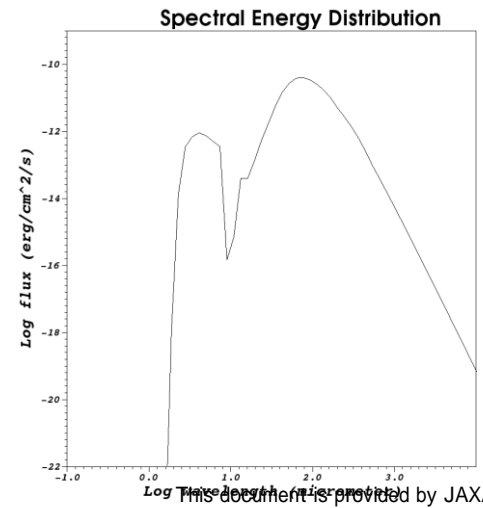
$i = 30^\circ$



$i = 60^\circ$



$i = 90^\circ$ (edge-on)



Summary

- RENKEI WorkFlow Toolを使用することで、輻射輸送計算のための煩雑な処理を自動化し、擬似観測のためのシステムを構築した
- パラメータを変えた計算を並列に実行させることで、効率も良く計算できる
- 今後は、line transferの計算も実装する予定。誰でも簡単に輻射輸送計算を行える環境を構築したい。