

ASTE望遠鏡による星/惑星系形成過程 の研究と南極望遠鏡への発展

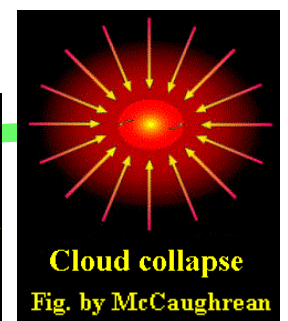
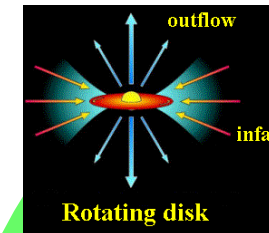
塚越 崇 (茨城大)

内容

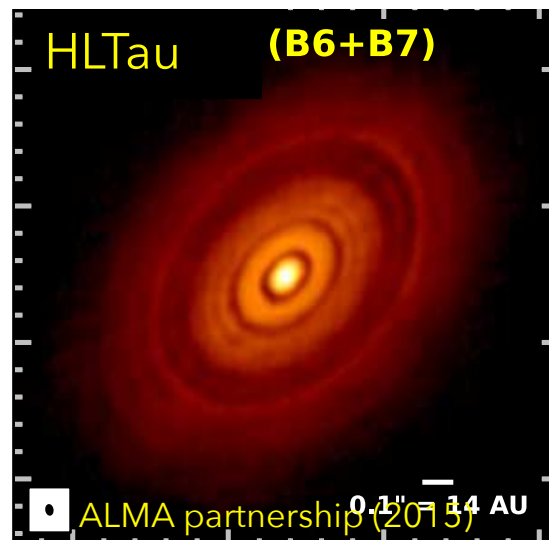
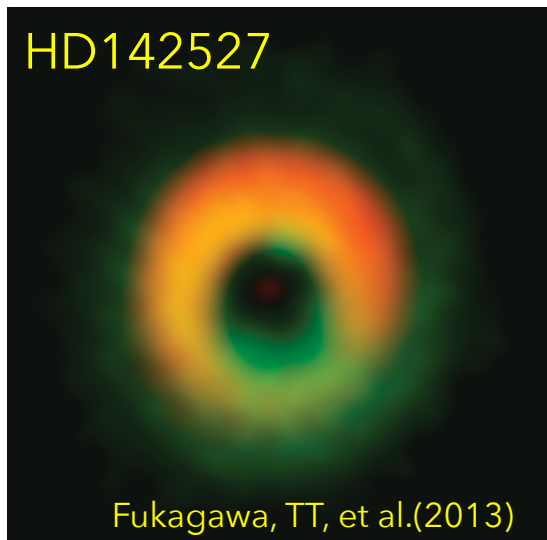
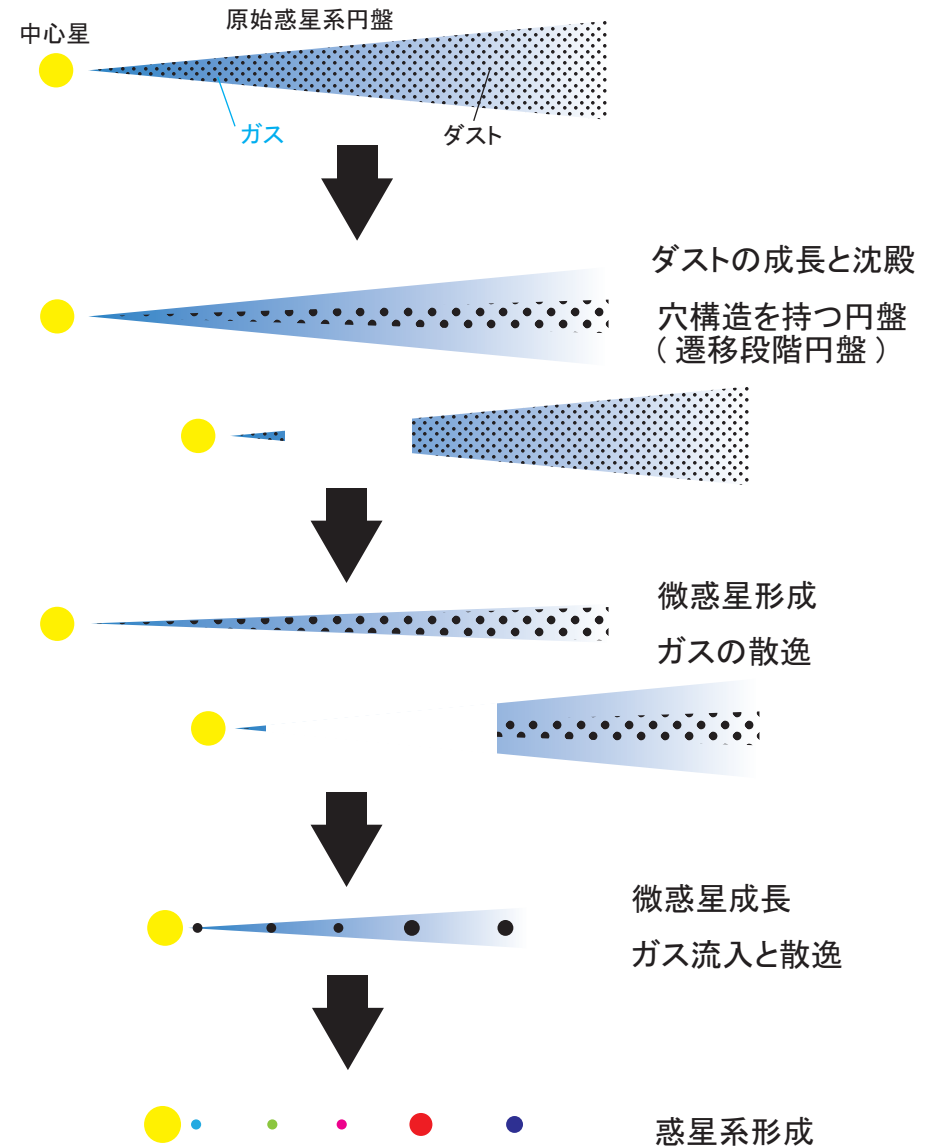
- ASTE望遠鏡による観測結果を基にした南極望遠鏡でのサイエンス
 - Tタウリ型星, 原始惑星系円盤の観点から
- AzTECサブミリ波広域イメージングによる原始惑星系円盤観測の結果、および他望遠鏡へのサイエンスの発展
- 南極望遠鏡によるサイエンス
 - カメレオン分子雲に対する連続波イメージング観測
 - [CII]輝線で探る円盤表層物理

惑星系形成と原始惑星系円盤

- 原始惑星系円盤: 惑星系形成の土台
- 観測におけるキーパラメータ
 - 円盤内のダスト・ガス分布
 - 円盤の散逸時間
- ALMAにおける詳細構造解明
近年のホットトピックの一つ



Tタウリ型星

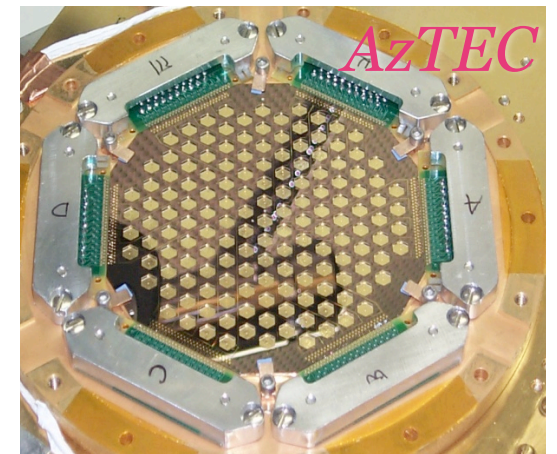


これまでの観測: AzTEC/ASTE K1 Project

- 高感度広領域の(南天)近傍星形成領域1.1mm連続波マッピング観測
- 原始惑星系円盤の均一かつ大サンプルのサーベイ
 - 南天のダスト円盤探査 (-> 干渉計観測、ALMAへ)
 - ダスト円盤の進化と散逸
- コア探査と Core Mass Function
- 外領域の星形成過程への影響

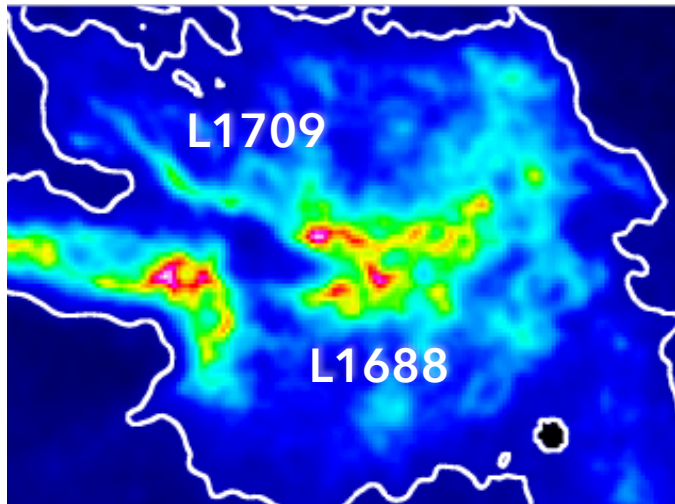
ASTE望遠鏡/AzTECカメラ

- ASTE: 10mサブミリ波望遠鏡
- 受信機: AzTEC (developed at UMASS)
 - 144素子ボロメータアレイ
 - 中心周波数: 270GHz ($\lambda=1.1\text{mm}$)
 - 視野: 7.8arcmin
 - 分解能: 28" (4200-5600AU)
- Jun. 2007 - Dec. 2008
- ラスター & リサーージュスキャン

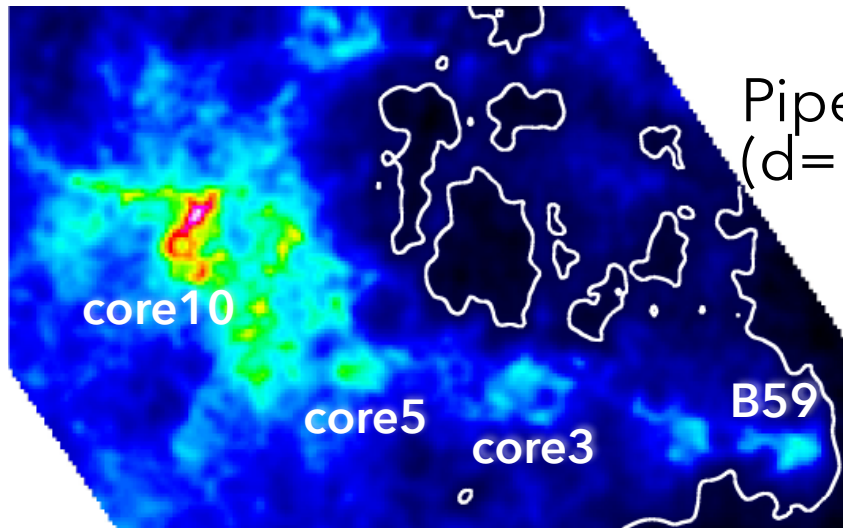


観測領域

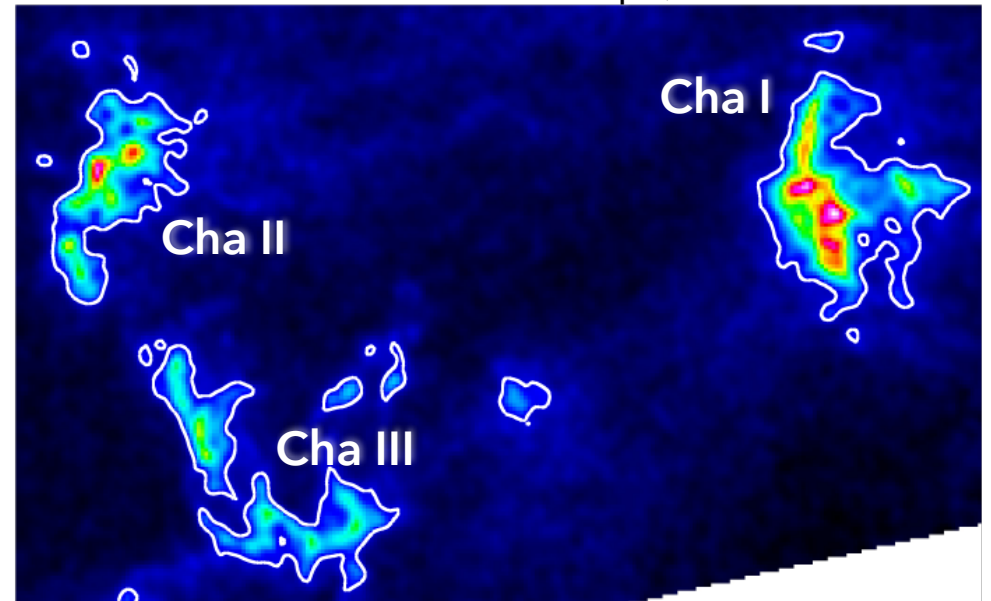
- 南天近傍星形成領域($\sim 16 \text{ deg}^2$)
- 性質の異なるsub-cloudを保有



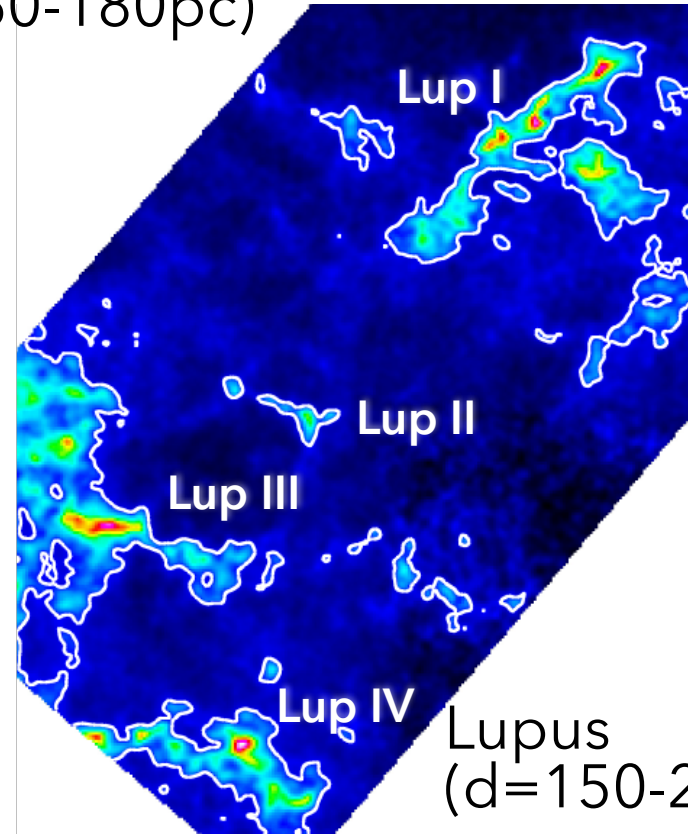
Ophiuchus
($d=130\text{pc}$)



Pipe Nebula
($d=130\text{pc}$)



Chamaeleon
($d=160-180\text{pc}$)

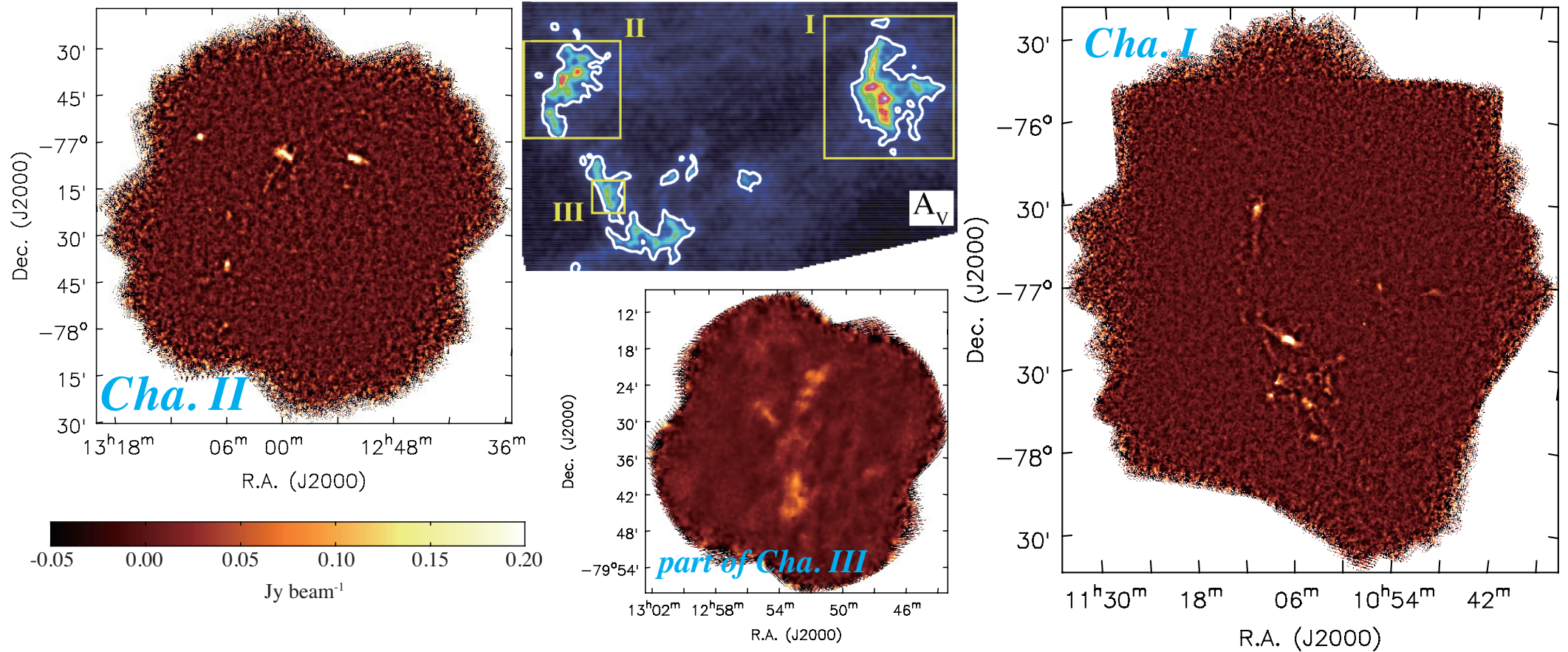


Lupus
($d=150-200\text{pc}$)

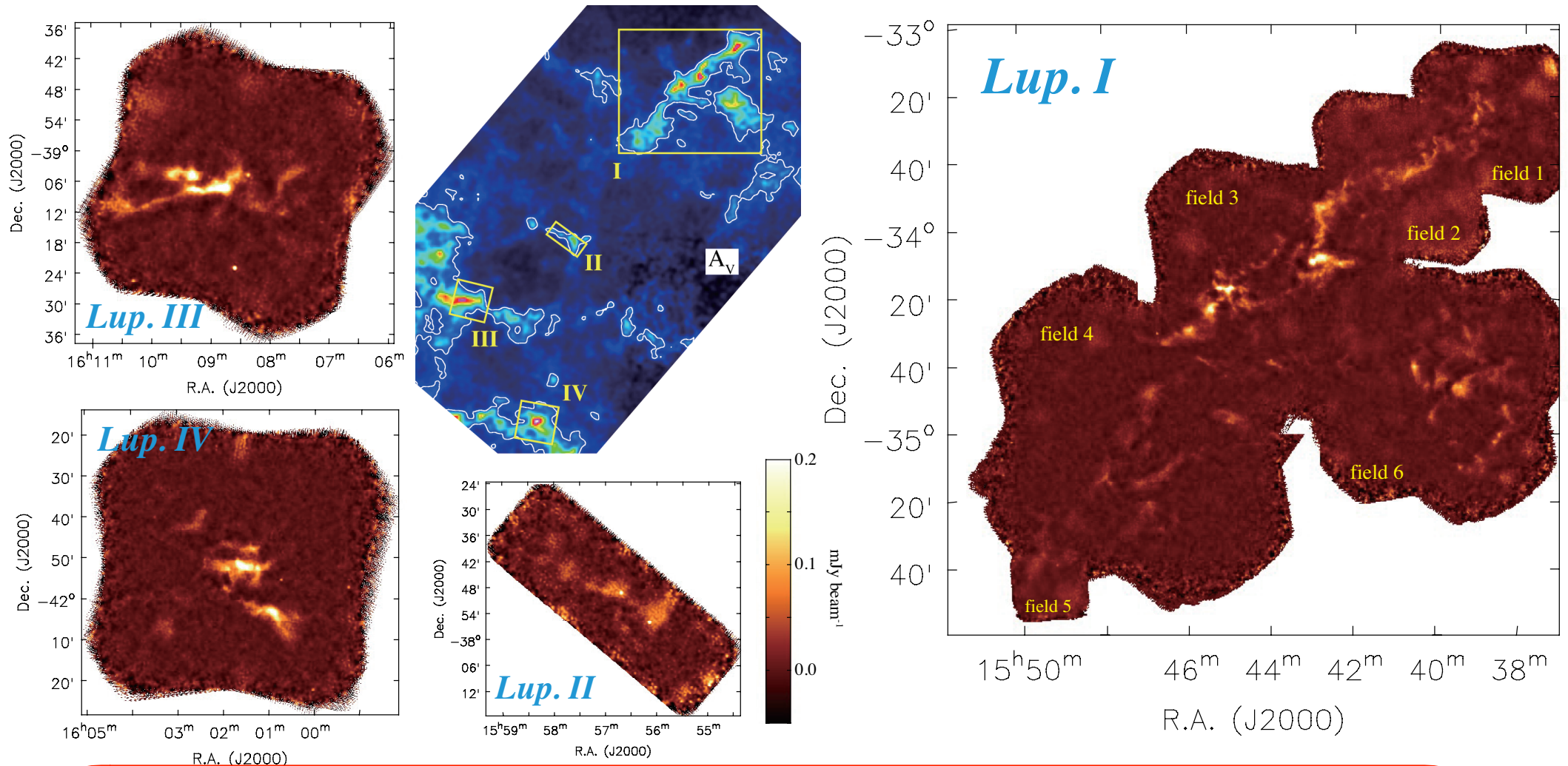
連続波カメラのデータ解析手法

- Principle Component Analysis (**PCA**) method
 - 素子間で相関性の良い信号を大気由来成分として除去
 - 点源天体に対して高い感度
 - source extractionに使用
 - 低空間周波数を落とすことによりnegative signalが生成
- Iterative procedure for extended emissions
 - **FRUIT**
 - PCAのパラメータを変化させ、iterativeに広がった放射を回復させる
 - **CLEAN** deconvolution
 - 得られたPCAイメージをPSFでdeconvolution
 - 電波干渉計でよく用いられる

觀測結果例: Chamaeleon

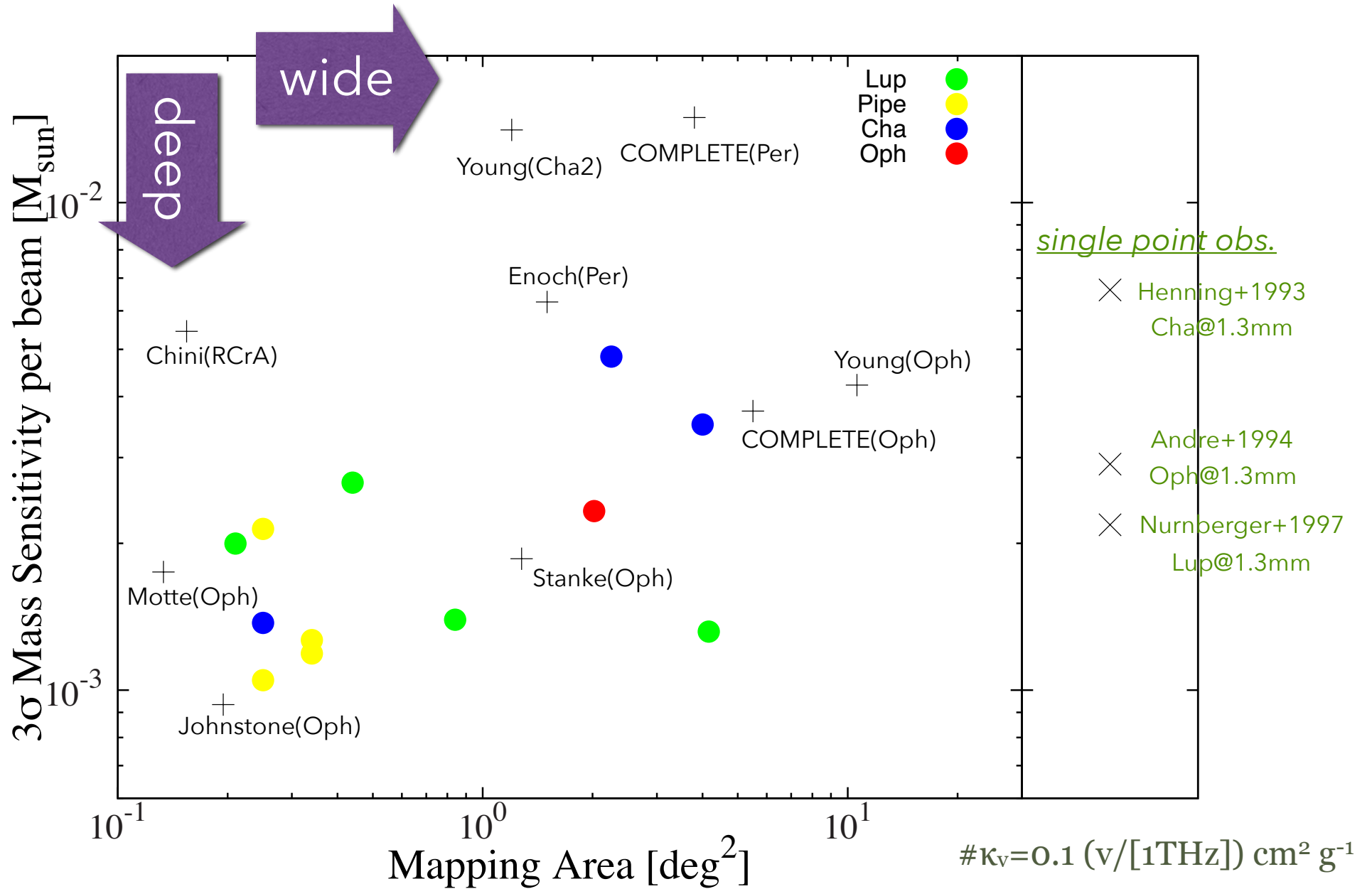


観測結果例: Lupus



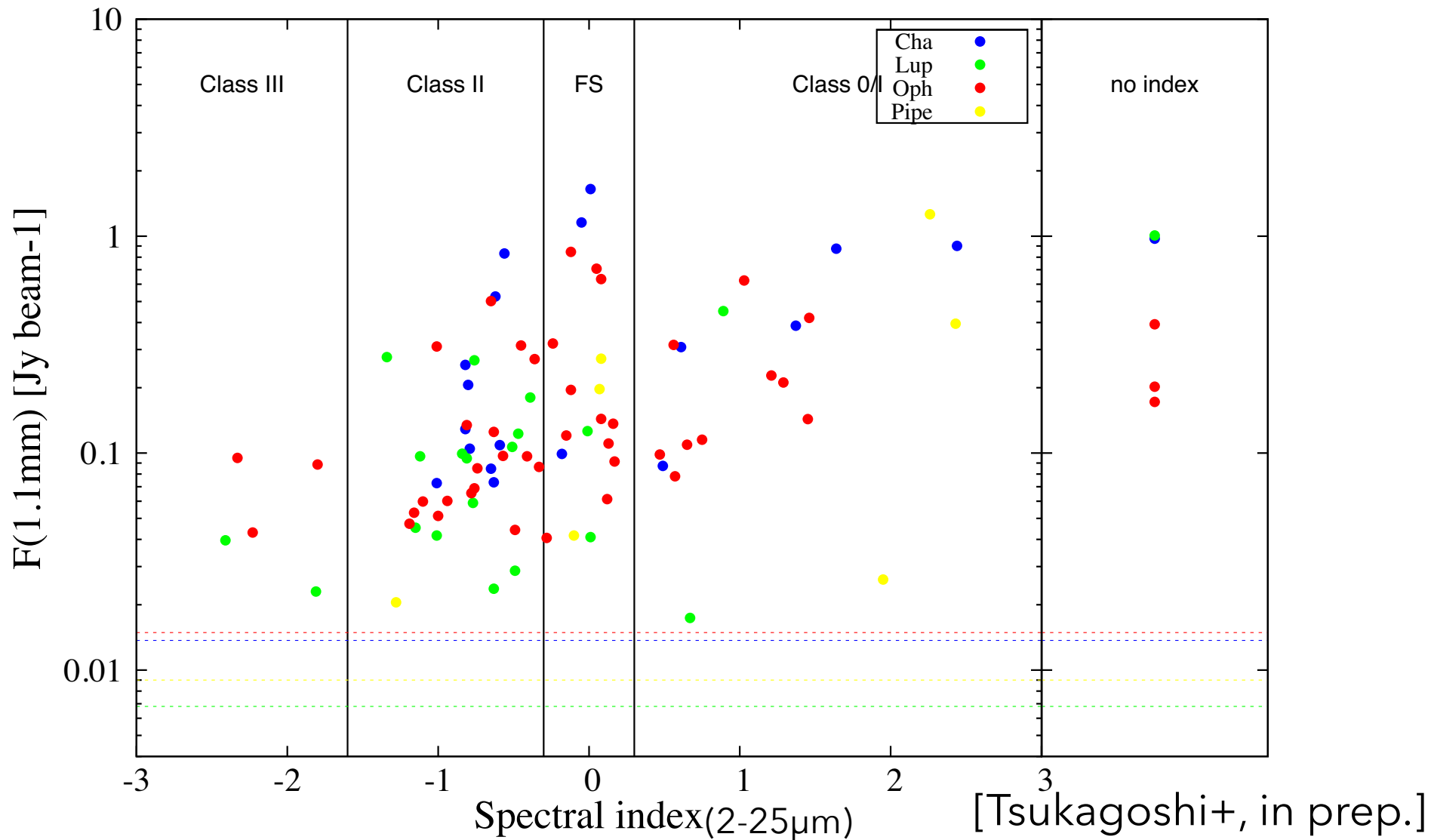
- 多くの原始惑星系円盤(分子雲から孤立したものを含む)を検出
 - 高感度・広域サーベイの利点
- 干渉計(ALMA,SMA)観測へ

AzTEC/ASTEの観測領域と感度



- アタカマでもChamaeleon領域の観測条件は厳しい

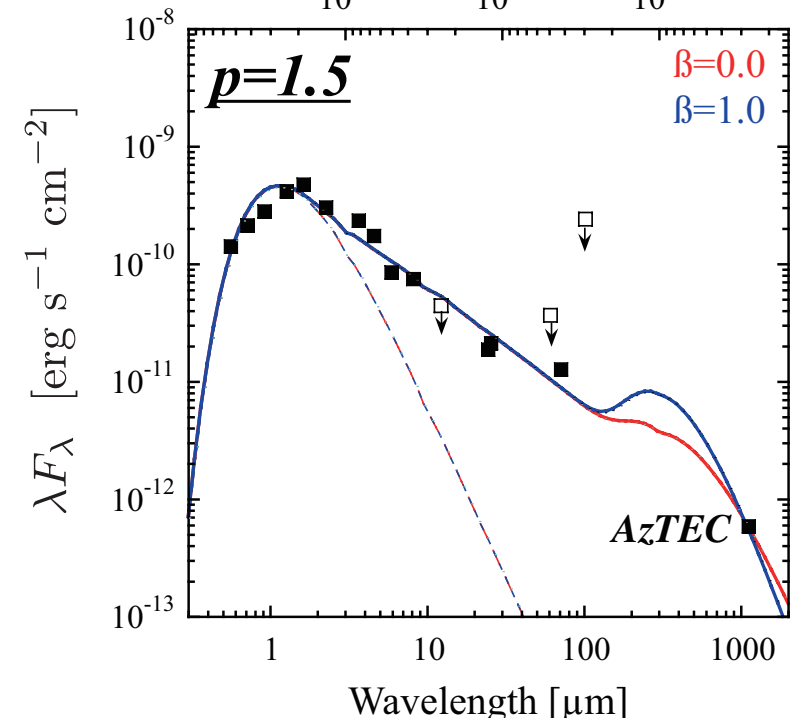
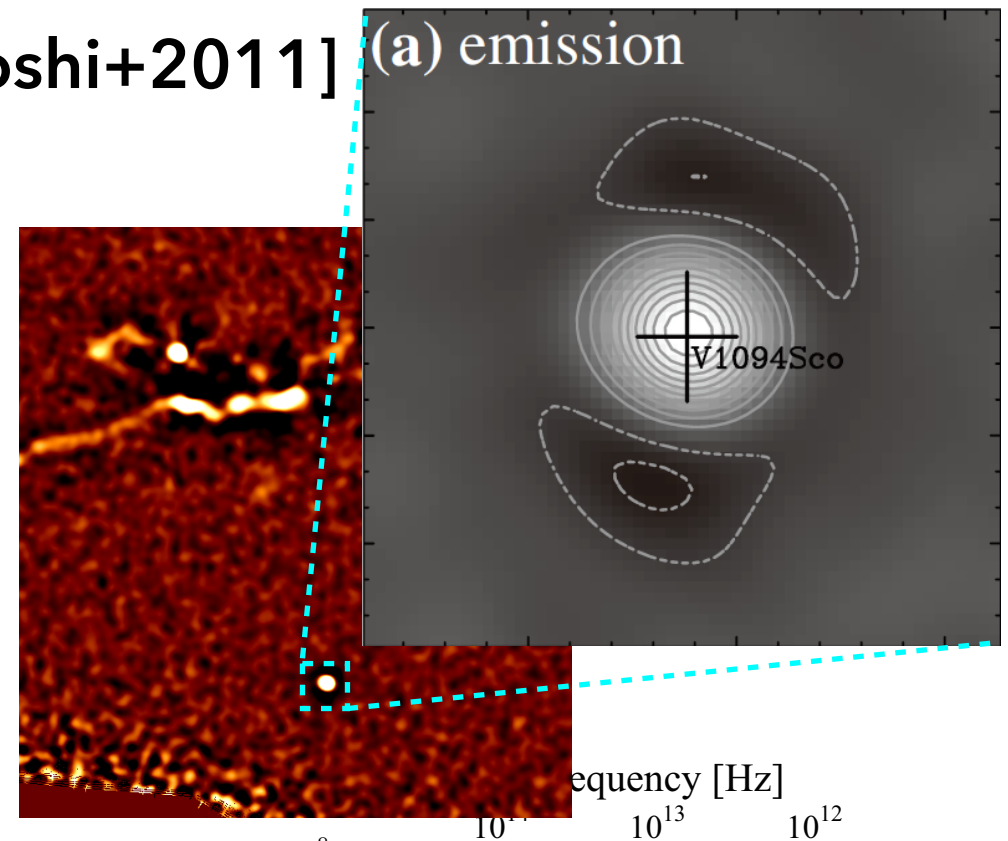
YSOの検出率と進化傾向




- 進化に伴うフラックス減少
- “Outlier”天体の詳細観測へ

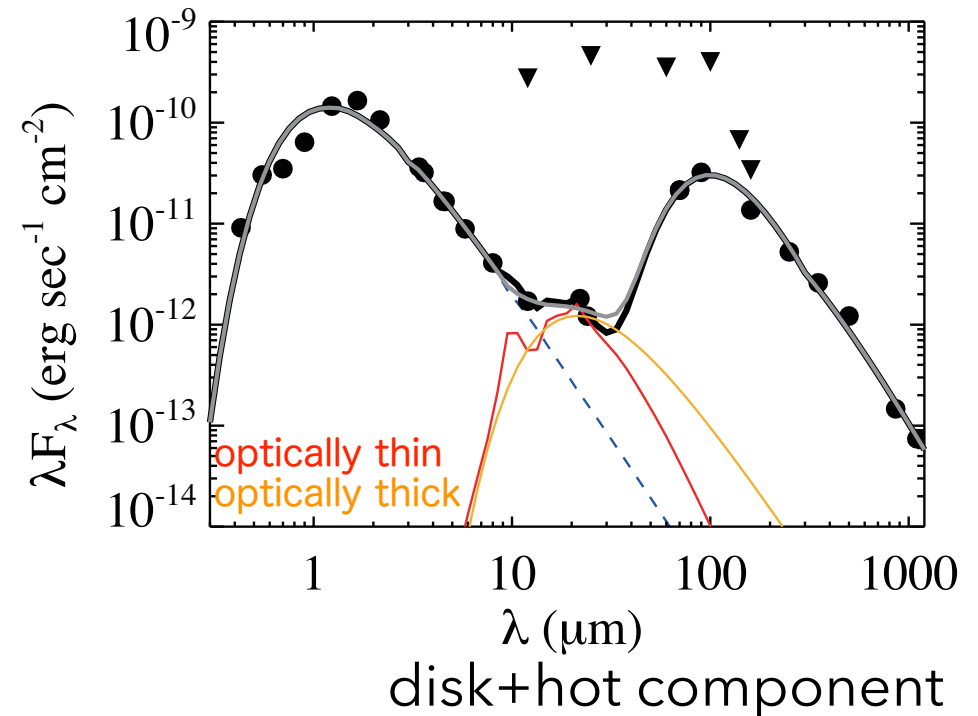
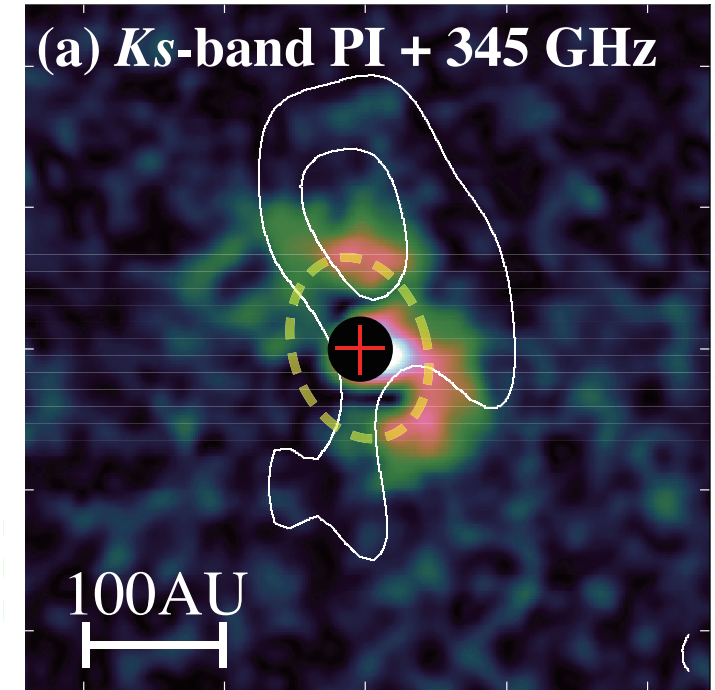
ダスト沈殿円盤 [Tsukagoshi+2011]

- V1094Sco (Lupus III)
- 弱輝線Tタウリ型星, $0.8M_{\odot}$
- $F(1\text{mm})=221\text{mJy}$
 - Lupusで最も大きい
 - $F(1\text{mm})/F(\text{MIR})\sim 1$
- 冷たく重い円盤であり不安定
 - $T_R\sim 99\text{ [K]} (R_{1\text{au}})^{-0.7}$ でSEDを再現
 - $M_{\text{disk}}\sim 0.02\text{-}0.10M_{\odot}$
- 回転COガス円盤
(ASTE,SMAのフォローアップ)



Late Stage of Transitional Disk [Tsukagoshi+2014]

- Sz91 (Lupus III)
 - Class III Tタウリ型星, $0.5M_{\odot}$.
- SMA+すばる望遠鏡での高分解能観測
- $R_{in}=65\text{au}$ のinner hole 
- $M_{\text{disk}}=2.4 \times 10^{-3} M_{\odot}$ ($g/d=100$)
 - class IIIとしては最もmassive
- 内側に $\sim 170\text{K}$ の成分が存在
 - 局所的な放射源
 - 中心星に照らされるリング



ASTEによる円盤ガス輝線観測

- 345GHz帯多分子輝線観測
 - 近傍24天体
 - 円盤(ダスト)進化に伴う輝線強度減少

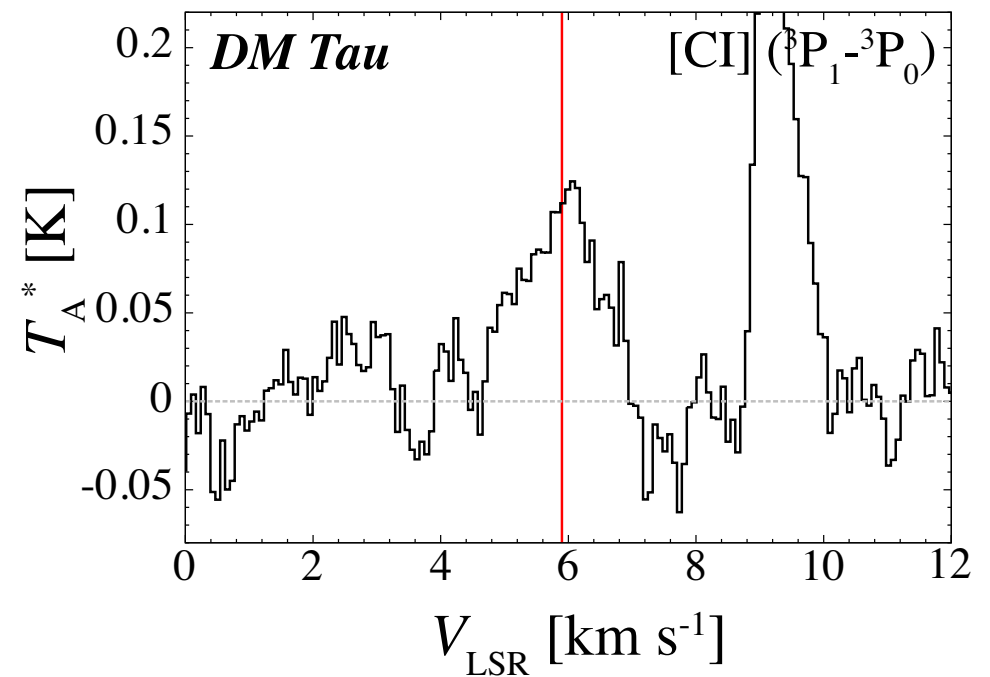
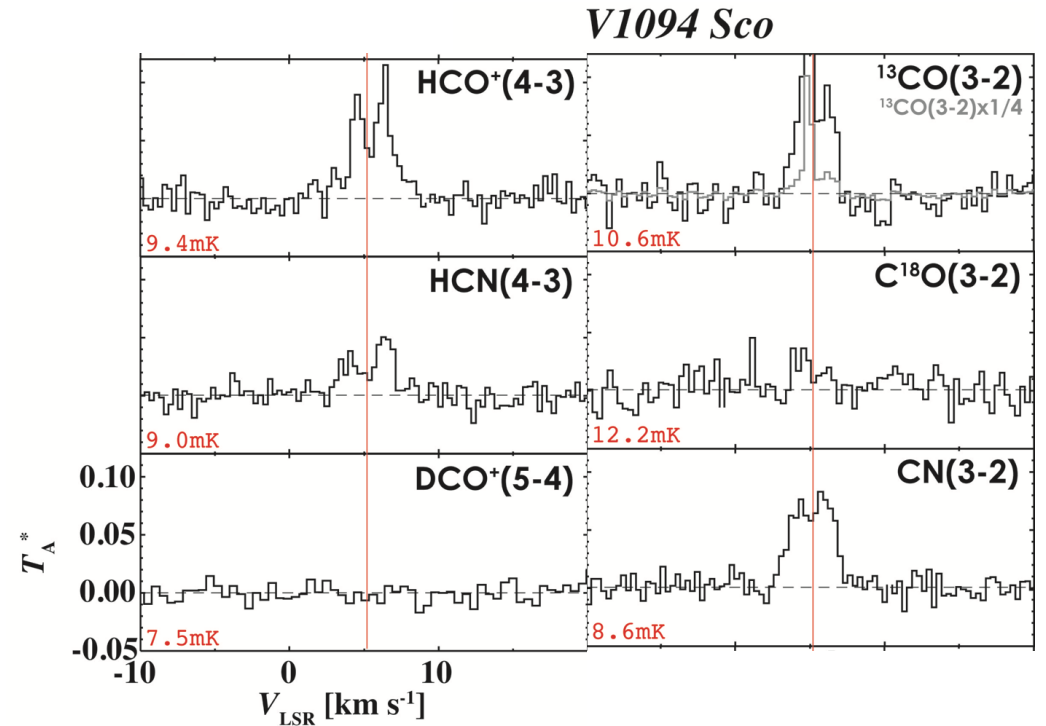
• 円盤[CI]輝線の初検出

[Tsukagoshi+2015]

- Band8QM/ASTE
- 円盤表層物理(円盤風散逸など)

問題点

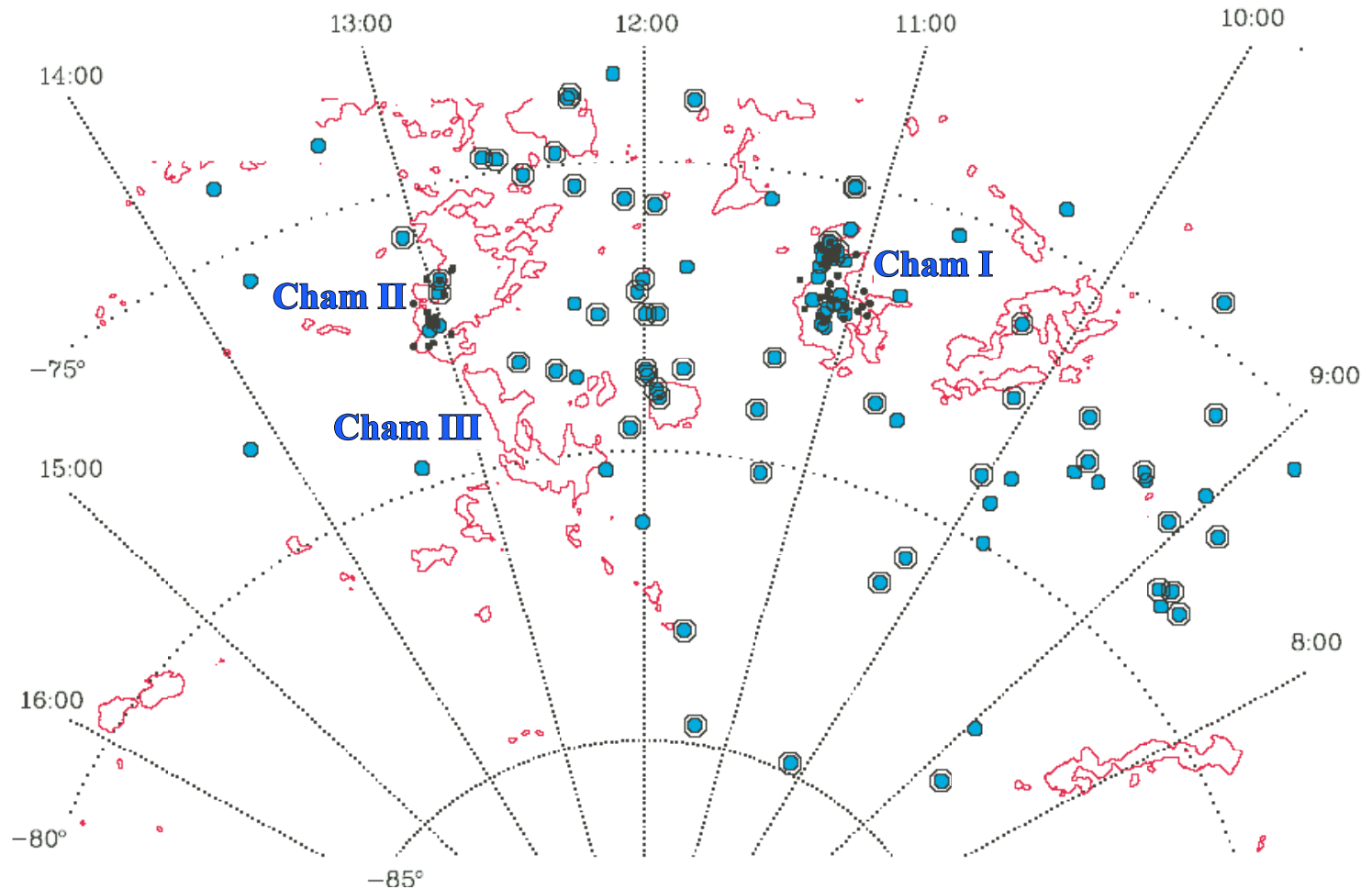
- 492GHz帯観測の大気条件
- 単一準位での物理量導出



南極望遠鏡によるChamaeleon分子雲の観測

- Chamaeleon分子雲: 性質の異なるsub-cloudを持つ
 - Cha1: SFE~10%, cluster
 - Cha2: SFE~1%, isolated
 - Cha3: SFE=0%

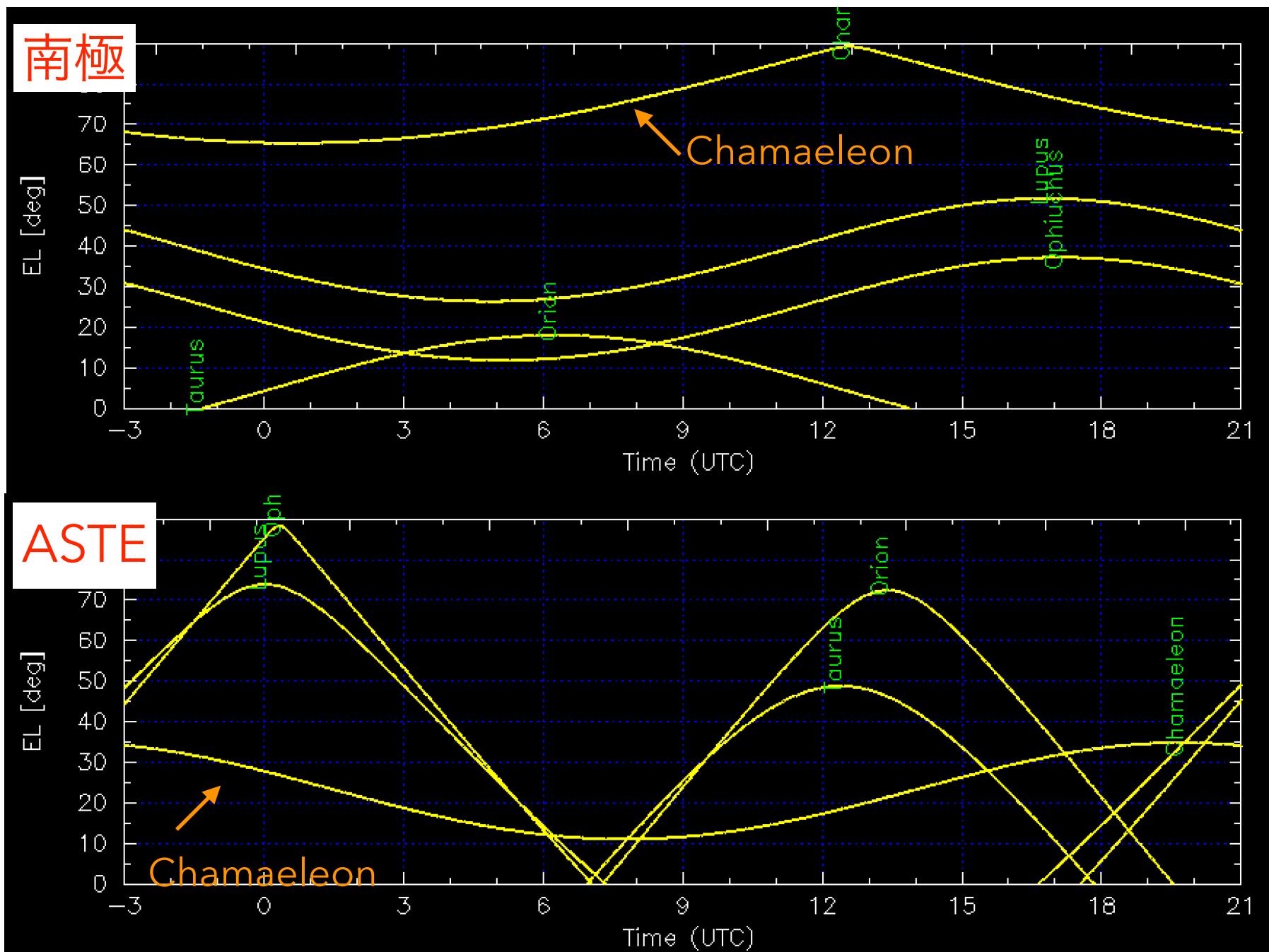
観測例の少ない未開拓領域



[Alcala+1997]

南極望遠鏡によるChamaeleon分子雲の観測

- 観測サイト間のElevationの違い

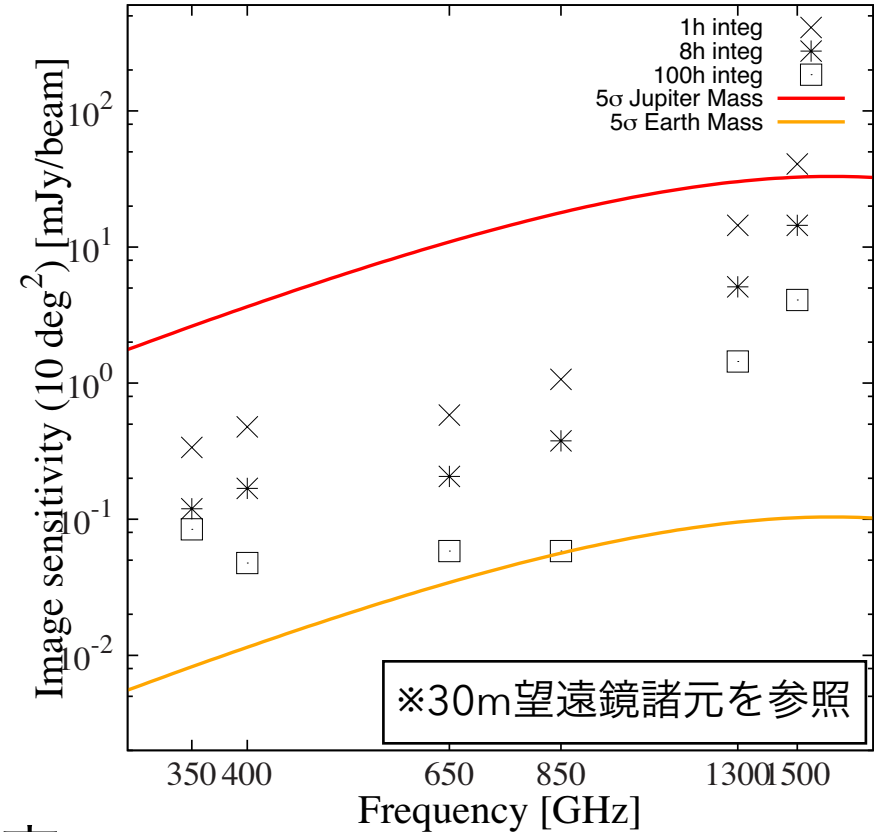


南極望遠鏡によるChamaeleon分子雲の観測

- 連続波広域イメージングサーベイ
 - 原始惑星系円盤探査, ダスト円盤散逸時間
=>多周波観測によってダスト成長の指標も得る
 - 母体分子雲からコア/原始星の形成

視野+分解能が必要

=>単一鏡の強みを生かす

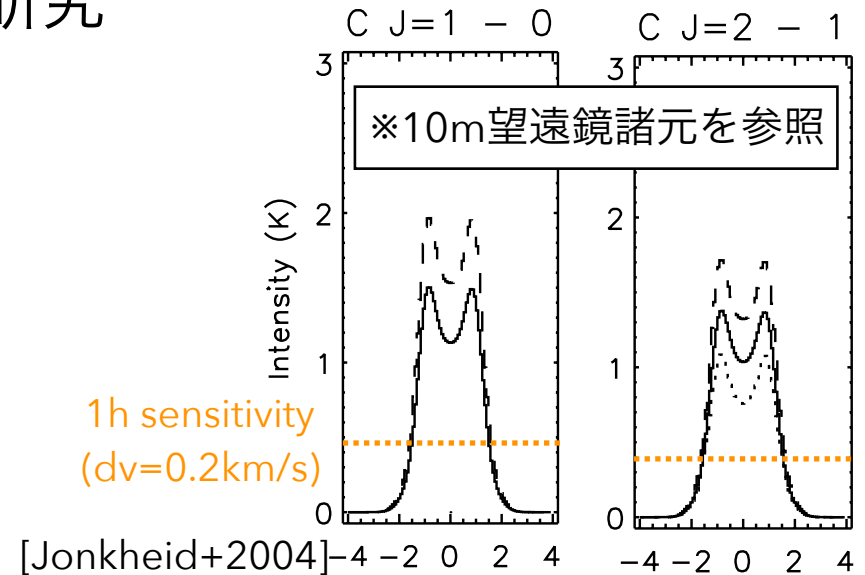


- 2準位[CI]観測による円盤表層物理の研究

- [CI](1-0)@492GHz, [CI](2-1)@809GHz
- [CI]の探査観測+高速度円盤風の検出

分解能+高周波が必要

=>南極の大口徑望遠鏡



まとめ

- AzTEC/ASTEによるミリ波広域イメージングサーベイ
 - 多くの原始星・原始惑星系円盤の検出、進化傾向を明らかに
 - 分子雲全体の構造も
 - AzTECデータをベースに、様々な研究へと発展
 - 星形成や遠方銀河を含む
- 南極望遠鏡による原始惑星系円盤研究
 - カメレオン分子雲
 - アタカマでも高周波は難しい
 - サブミリ波多波長連続波イメージング観測
 - [CII]輝線による円盤表層物理の解明

視野+分解能+高周波が必要
南極の大口徑望遠鏡の役目