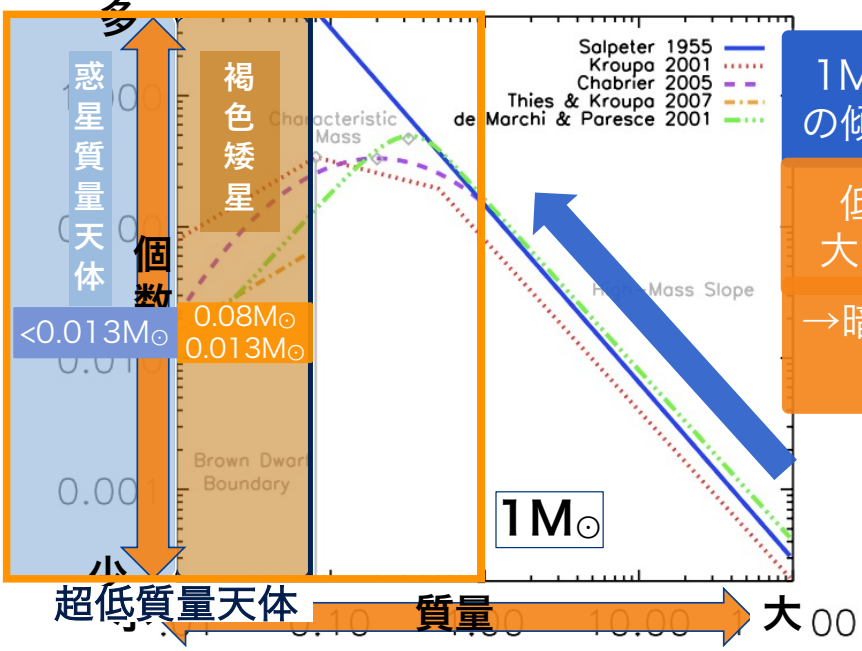
1

Introduction

初期質量関数

星は質量が軽いほど多く形成される



1M⊙までは増加の傾きがほぼ同じ

低質量側では大きなばらつき

→暗く、観測例が少ない

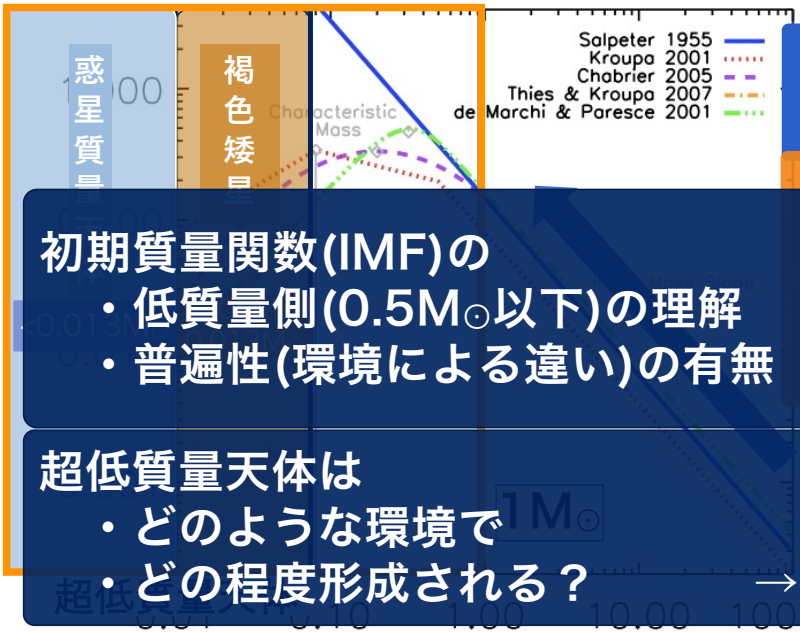
Offner et al. 2014

3

Introduction

初期質量関数

星は質量が軽いほど多く形成される



1M⊙までは増加の傾きがほぼ同じ

低質量側では大きなばらつき

→暗く、観測例が少ない

初期質量関数(IMF)の
- **低質量側(0.5M⊙以下)の理解**
- **普遍性(環境による違い)の有無**

超低質量天体は
- **どのような環境で**
- **どの程度形成される？** →未解明

Introduction

超低質量天体の理論進化モデル

e.g. Baraffe et al. 2015

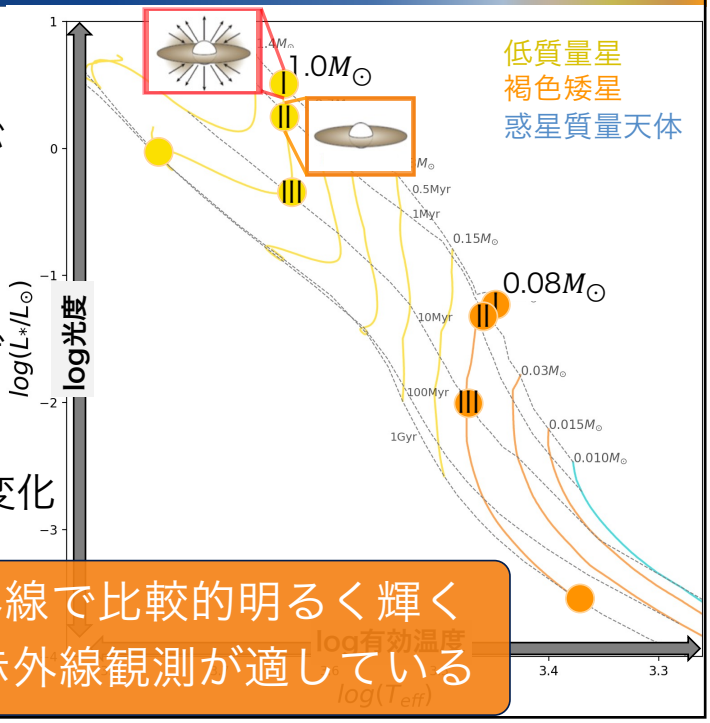
- 低質量星

→中心で水素の核融合が起こり、安定して輝く

- 超低質量天体

→水素の核融合が起きず徐々に暗くなってゆく

年齢と共に光度・温度が変化



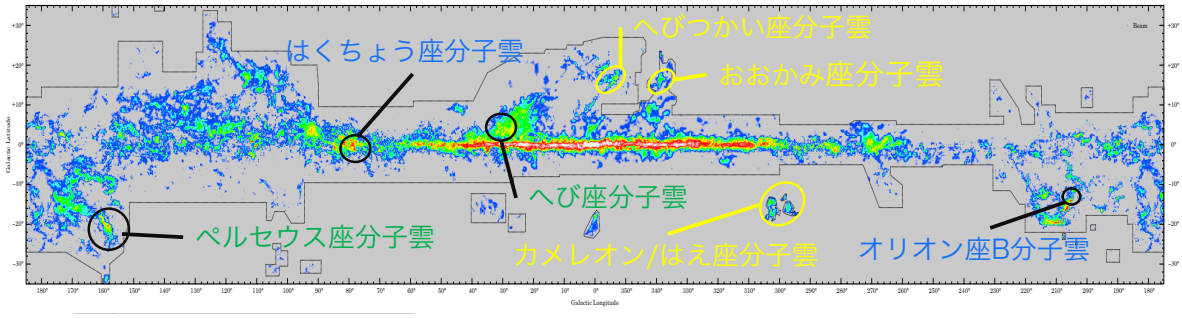
形成直後は赤外線で比較的明るく輝く
→ 形成直後の赤外線観測が適している

Introduction

超低質量天体探査

我々のグループが若い超低質量天体探査を行なってきた領域(<1kpc)

大質量星形成領域～低質量星形成領域 様々な環境をもつ



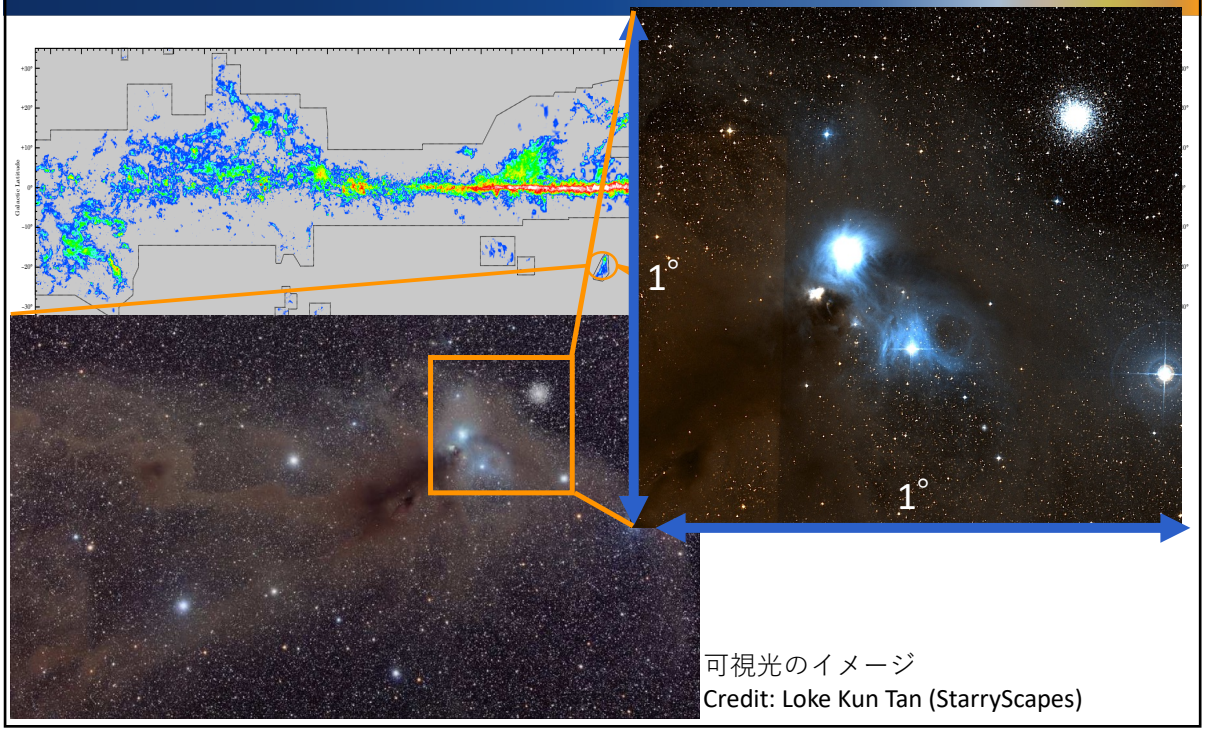
銀河面付近におけるCOガスの分布図(Dame et al. 2001)

同じ手法を用いた観測・解析により、

超低質量天体形成の環境依存性/普遍性を探る

Introduction

観測領域



可視光のイメージ
Credit: Loke Kun Tan (StarryScapes)

Introduction

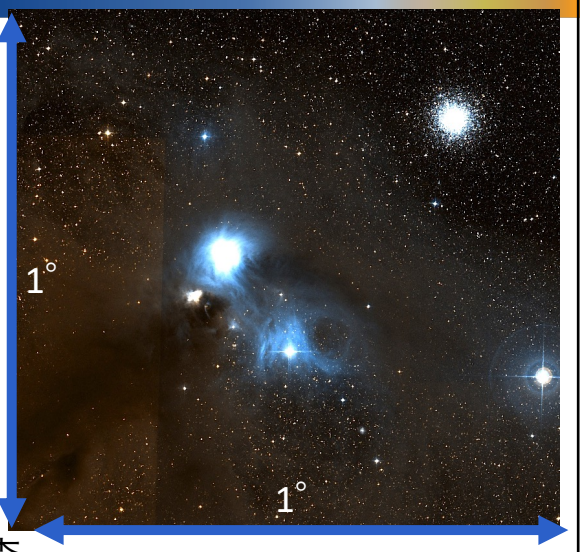
観測領域

R CrA 領域

→ Herbig Ae/Be 型星

中質量星形成領域

距離	150pc Gali et al. 2020



X線-電波観測等、様々な波長によるYSO探査

→数十天体のYSOが発見

Spitzer等による低質量YSO探査

(e.g. Perterson et al. 2011)

⇆ 惑星質量天体を目的とした探査は行われていない

Introduction

観測領域

R CrA 領域

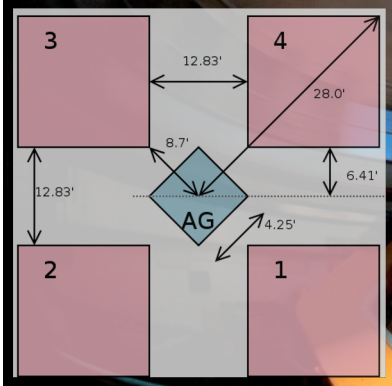
→ Herbig Ae/Be 型星

- 深い近赤外測光観測で超低質量天体候補を同定
- 近赤外追分光観測で質量/年齢を同定
- 分子雲の物理量と比較

→ 超低質量天体形成の普遍性を探る

Observations

近赤外測光観測



望遠鏡	UKIRT@マウナケア (英国赤外線望遠鏡)
観測装置	WFCAM (広視野赤外線検出器)
観測日(UT)	2010/08/08
観測波長	J(1.25μm),H(1.64μm),K(2.20μm)
観測視野	13.7'×13.7'×4視野
シーイング	約0.9"
積分時間	800s

20

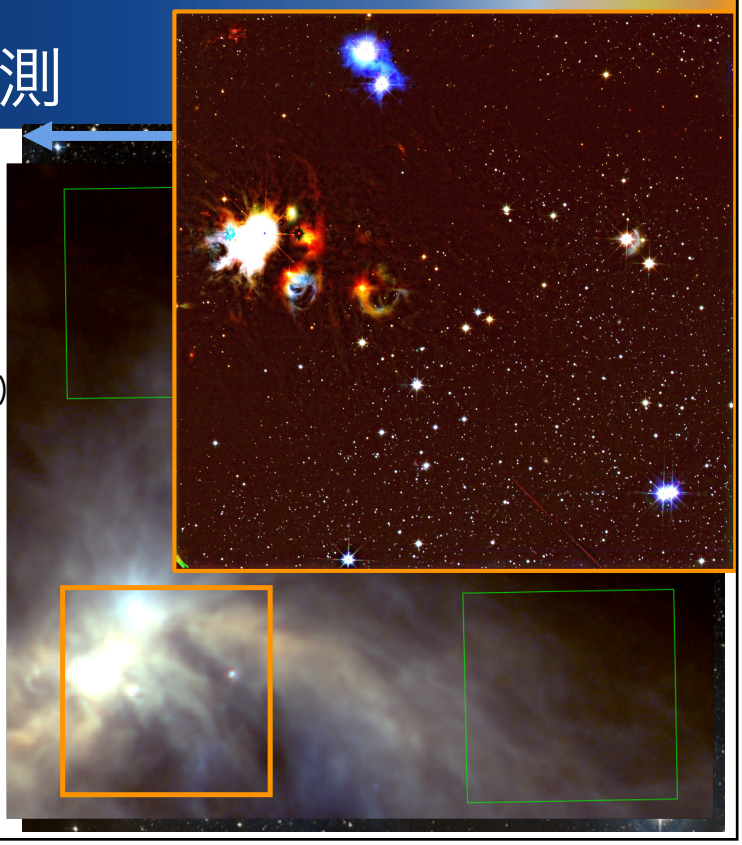
Observations

近赤外測光観測

- 画像比較

可視画像(DSS)
(0.3μm, 0.6μm)
遠赤外画像(Herschel)
(150μm, 250μm, 500μm)

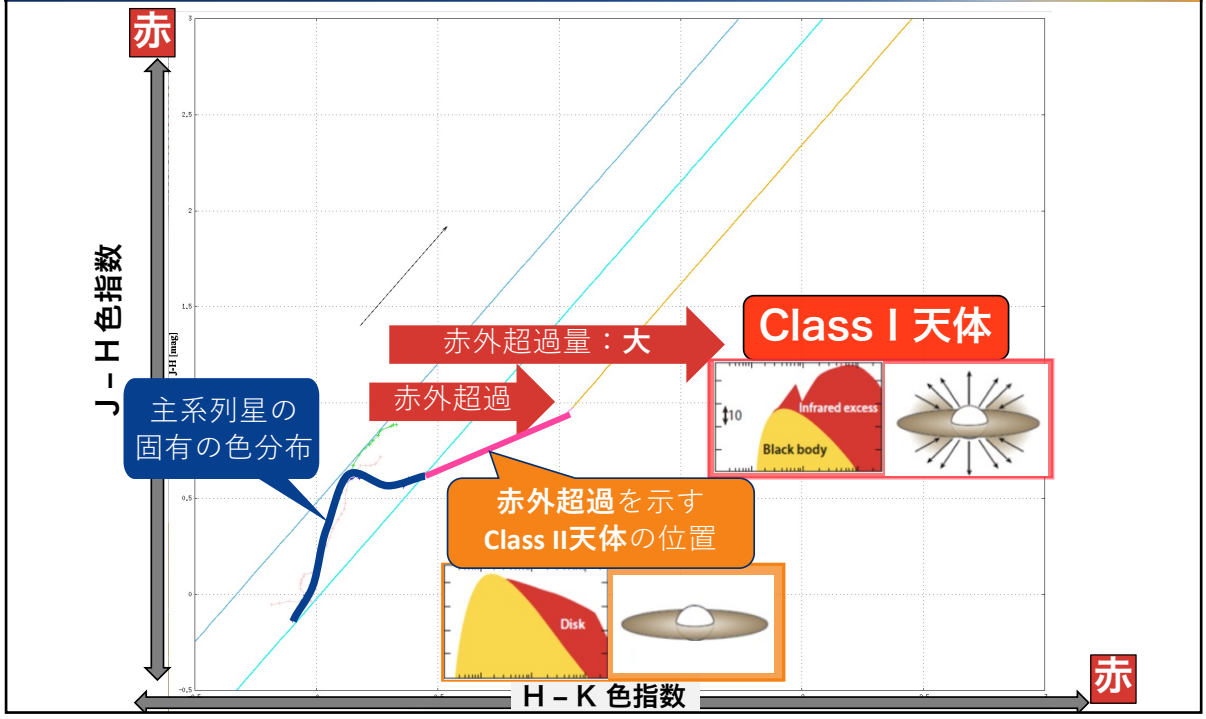
近赤外画像(UKIRT)
(1.2μm, 1.6μm, 2.2μm)



21

Analysis

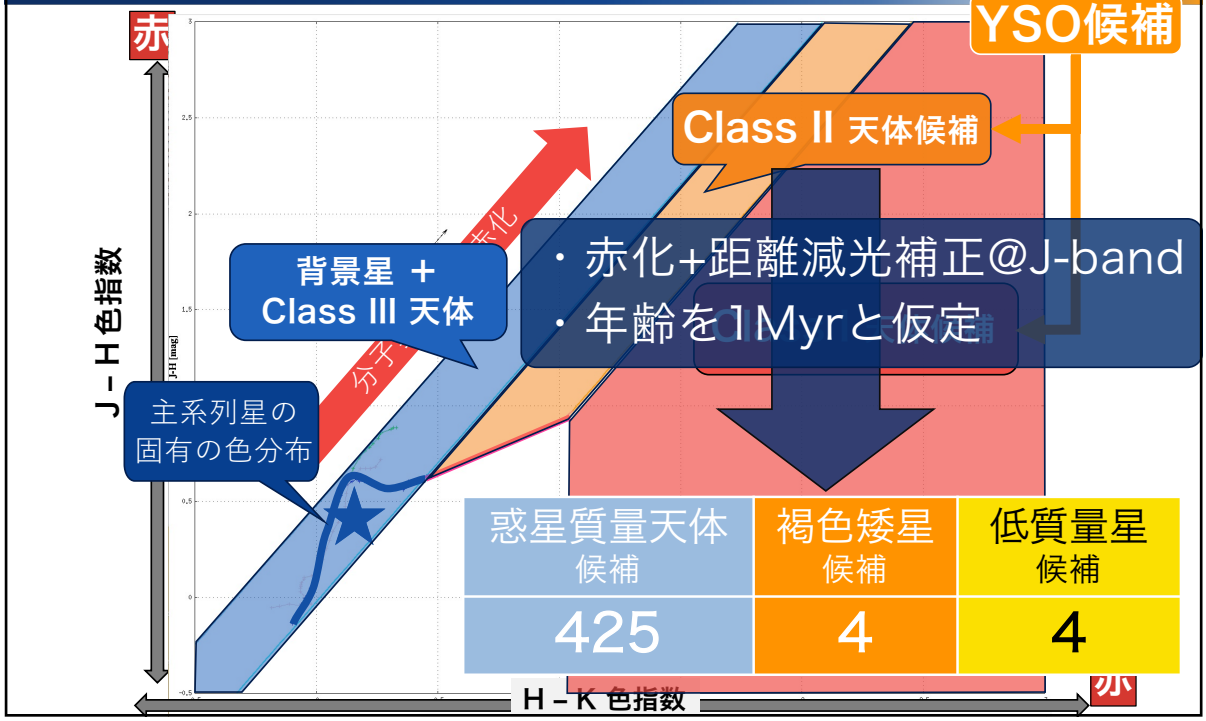
[J-H]/[H-K]二色図(YSOの選別/赤化量推定)



23

Analysis

[J-H]/[H-K]二色図(YSOの選別/赤化量推定)



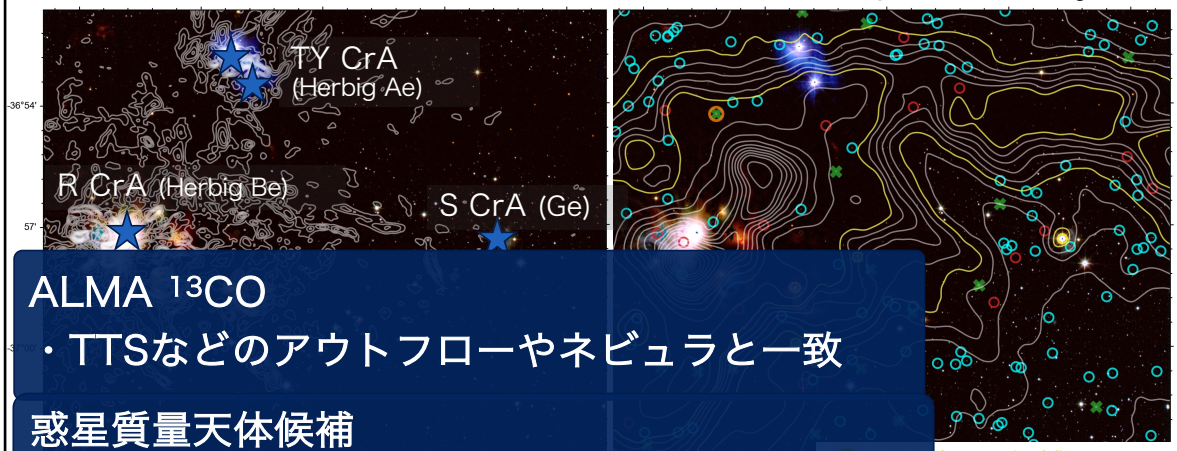
25

Discussions

分子雲との比較

ALMA ^{13}CO

Herschelダスト柱密度(Sicilia-Aguilar+2013)



ALMA ^{13}CO
・TTSなどのアウトフローやネビュラと一致

惑星質量天体候補
…領域の全体に分布

低質量星/褐色矮星候補+先行研究(M*≧褐色矮星)
→ 分子雲南側のやや高密度な領域に多く分布

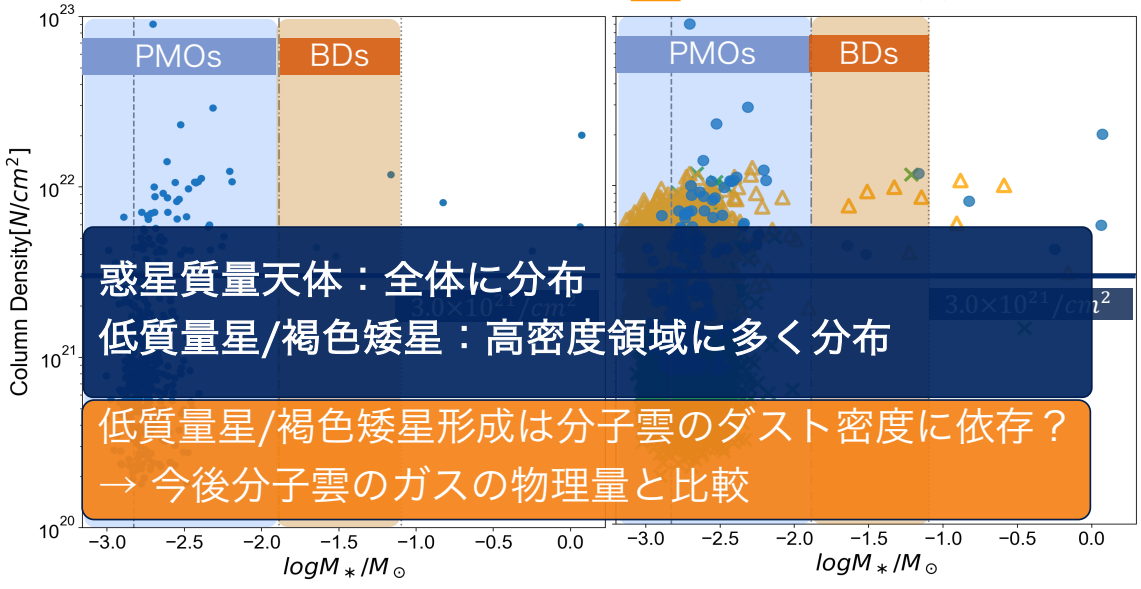
○: 低質量星候補
○: 褐色矮星候補
星質量天体候補
ss I 候補
主系列星
(Esplin & Luhman 2022)

Discussions

Herschelダスト柱密度との比較

R CrA領域のみ

R CrA領域＋低質量星形成領域
△: L1689/1709, ×: Lupus I

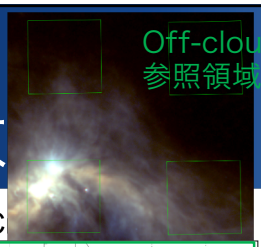


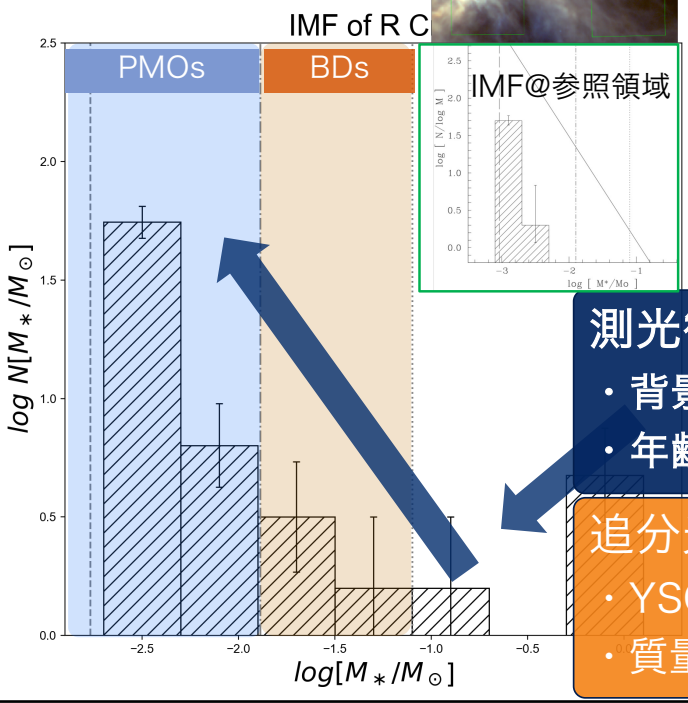
惑星質量天体：全体に分布
低質量星/褐色矮星：高密度領域に多く分布

低質量星/褐色矮星形成は分子雲のダスト密度に依存？
→ 今後分子雲のガスの物理量と比較

Discussions

初期質量関数





Class II天体候補のIMF
(参照領域の天体数を差し引き済み)

信頼限界(破線)にかけて
天体数は増加
低質量星で小さなピーク

測光観測の不定性…
- 背景星/銀河の混入
- 年齢を仮定した質量導出

追分光観測により
- YSOの同定
- 質量/年齢の導出

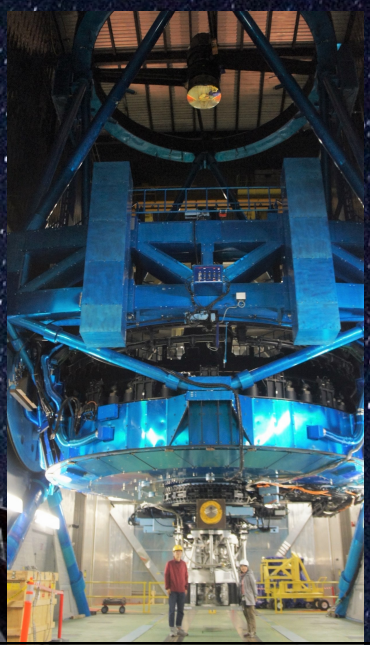
38

Observations

近赤外追分光観測

同定したYSO候補38天体を含む、計110天体を観測

望遠鏡	すばる望遠鏡
観測装置	MOIRCS (多天体近赤外分光装置)
観測日(UT)	2020/09/02
グリズム	HK500(1.35-2.2μm)
観測視野	4’×7’×2視野
シーイング	約0.3”
積分時間	2100s, 2400s

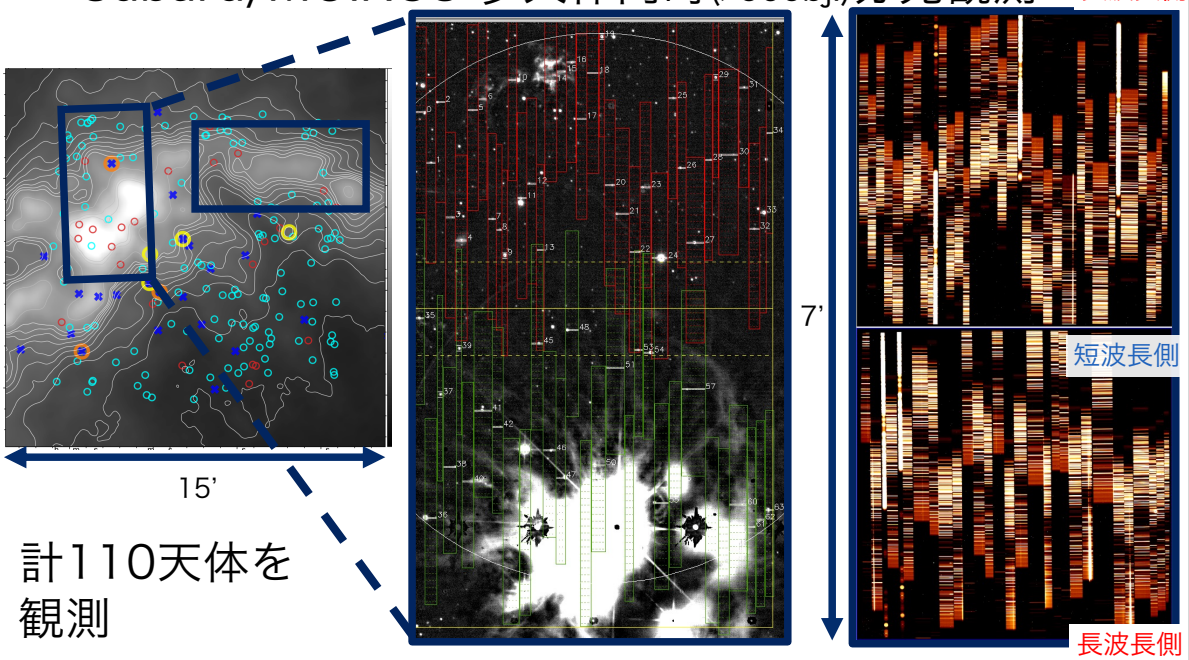


39

Observations

近赤外追分光観測

- Subaru/MOIRCS 多天体同時(>60obj.)分光観測

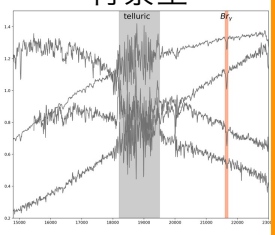


計110天体を観測

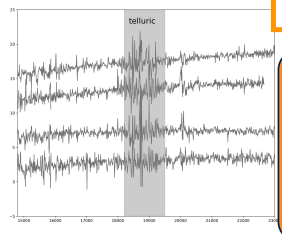
Results

得られたスペクトルの例

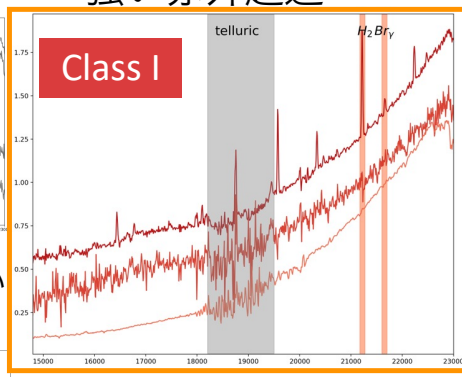
水素の吸収
…背景星



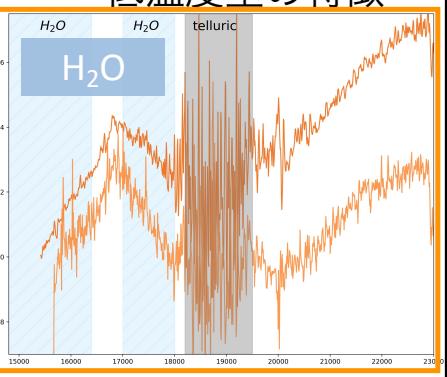
特徴が見られない
…背景天体



長波長側にかけて
強い赤外超過



H_2Oの吸収帯
…低温度星の特徴



YSOと同定

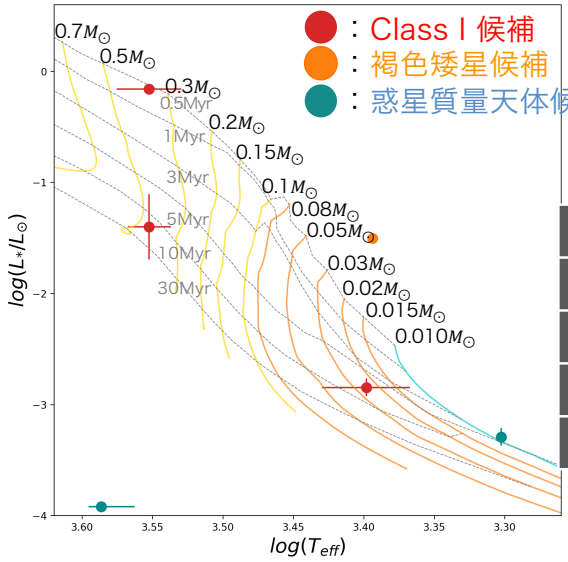
H_2O吸収帯の深さから有効温度を導出

→ 理論進化モデルから質量/年齢を導出

Discussions

質量/年齢導出

- 輻射光度(測光観測)＋有効温度(分光観測)を理論進化モデルと比較
  → 質量/年齢をそれぞれ導出



30Myrよりも年齢が大きい天体は背景天体として同定

測光分類	惑星質量天体	褐色矮星	Class I
観測数	17	1	10
解析済	2	1	5
同定数	1	1	4
>30Myr	1	0	1

and more...

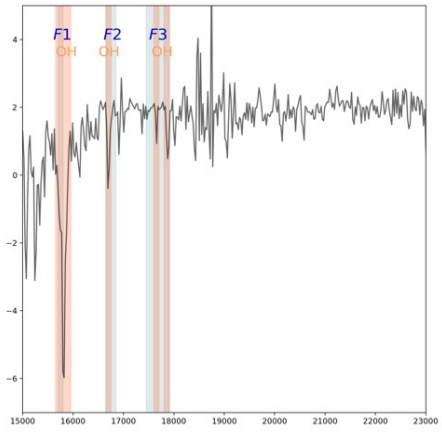
Issues

現在の課題

OH夜光がH_2Oの吸収量比 測定波長域に重なっている
→いくつかの暗い天体では有効温度の導出が困難

観測条件
・露出：300s×7-8枚
・高度：~35度
・薄明中
→ OH夜光の変動が大きい

対策
・夜光が重なっている部分のフラックスを付近の波長域で補完
・スペクトルフィッティングを行なう
を検討中



OH夜光の波長に深い吸収
(2400s 積分; 3点ビニング)

Summary

まとめ

R CrA領域(~150pc)における若い超低質量天体の探査

- UKIRT/WFCAMによる近赤外測光観測
  → 超低質量天体候補を~400天体同定
  同定した天体の質量ーダスト柱密度に相関？

現在進行中…

- すばる望遠鏡/MOIRCSによる近赤外追分光観測
  → 候補天体の質量/年齢を同定
  少なくとも1天体の惑星質量天体を初同定

今後…

- ALMA望遠鏡で得られた分子雲環境との比較