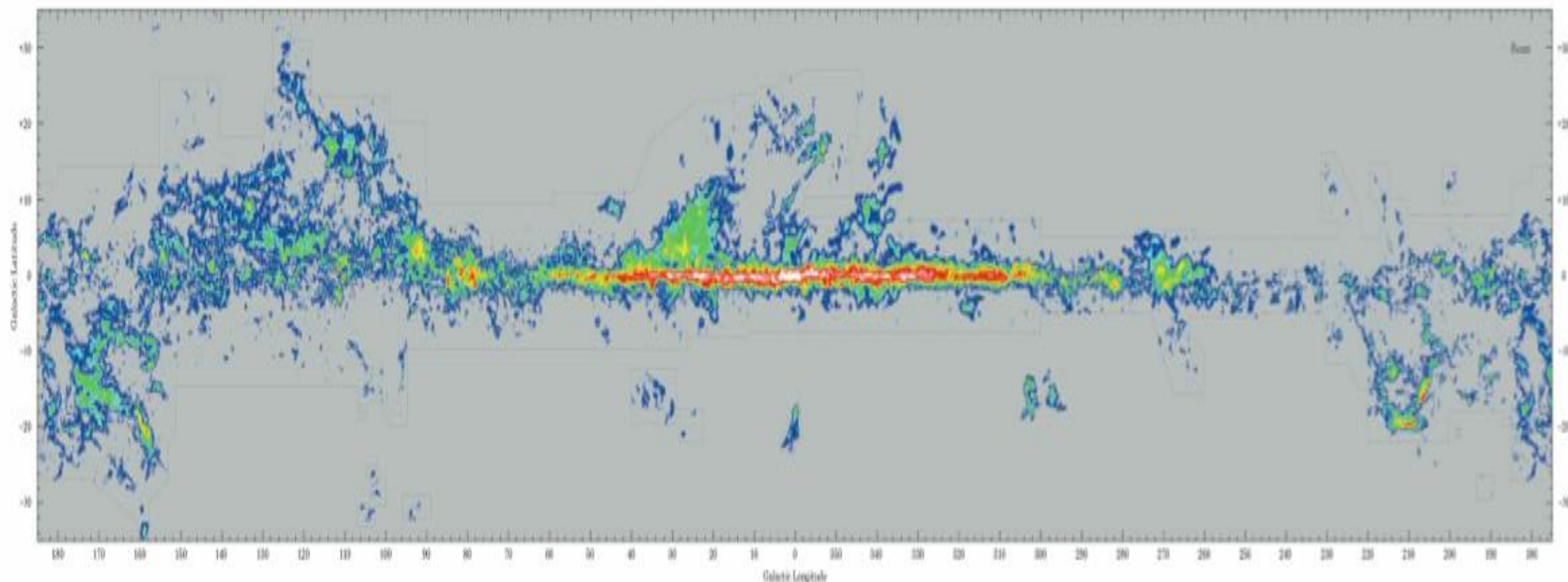


# 高銀緯分子雲における星形成の 探査観測

平塚雄一郎、大朝由美子(埼玉大学)

# 星形成

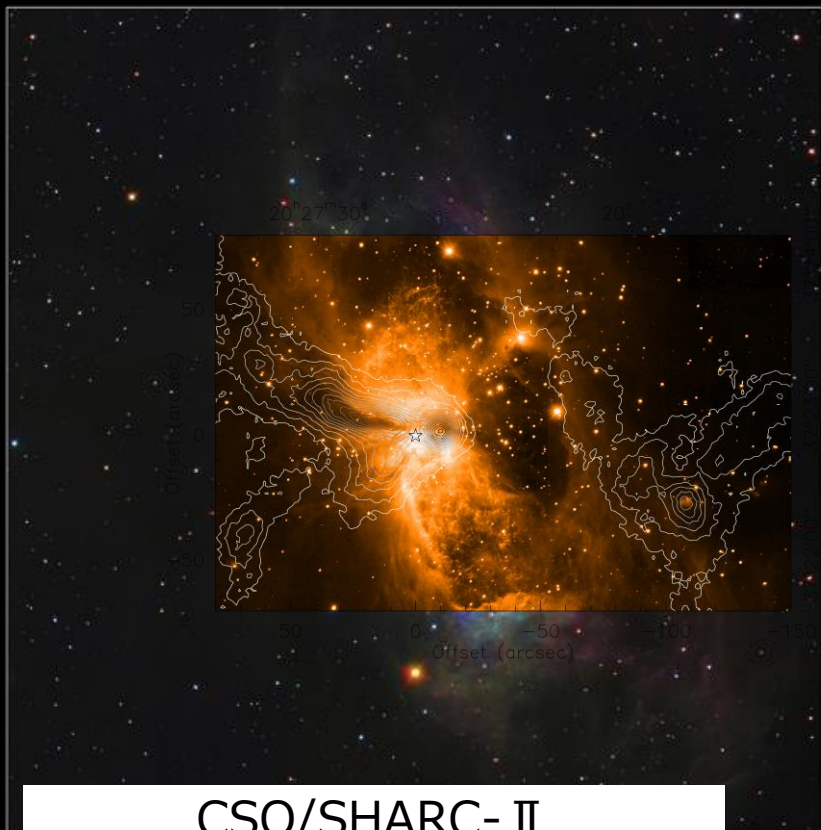
多くの星形成領域：銀河面付近に存在  
Ex)はくちょう座分子雲やへび座分子雲等  
電波や近赤外線など様々な波長域で観測がされている。



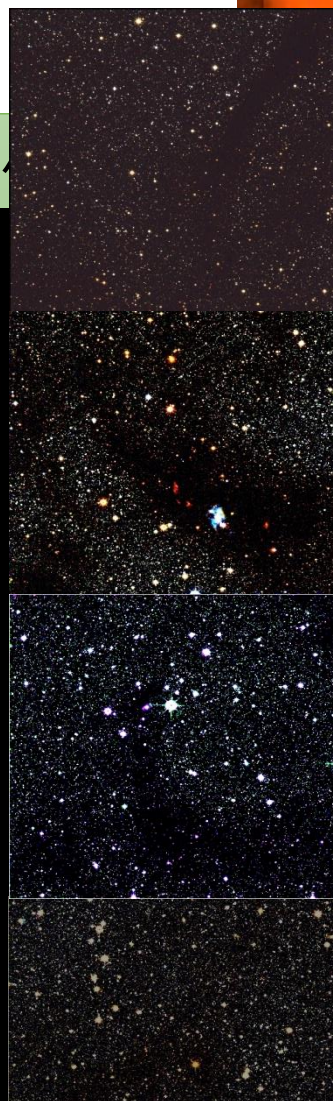
銀河面におけるCOガスの分布図(Dame et al. 2001)

# 星形成

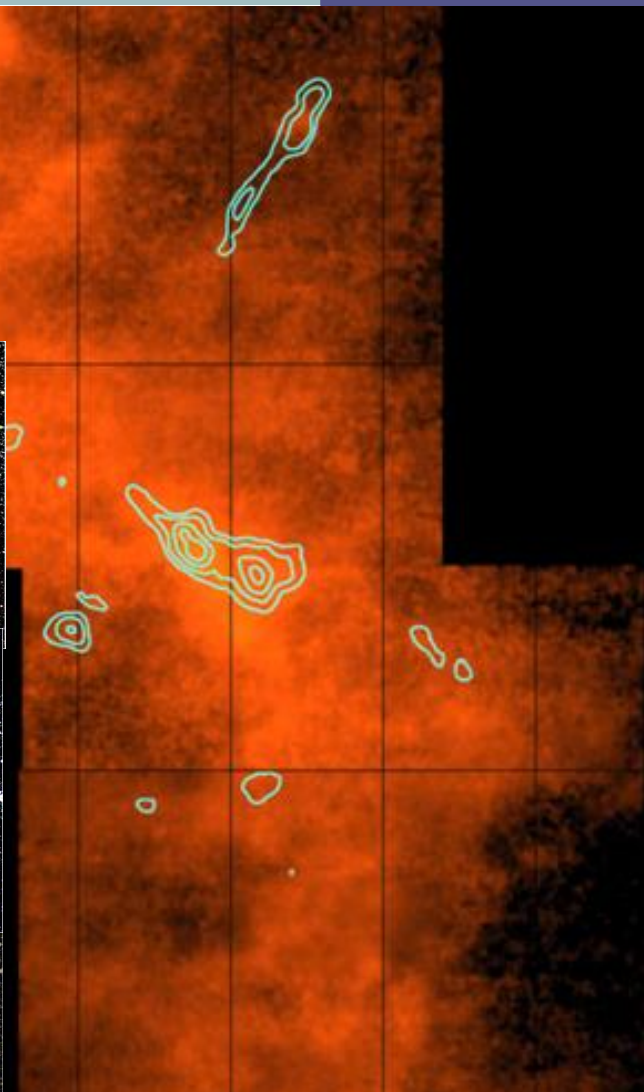
多くの星形成領域：銀河面



CSO/SHARC- II  
350 $\mu$ m+subaru/CISCO JHK  
(Oasa et al.2006)  
(Simon et al. 2012)



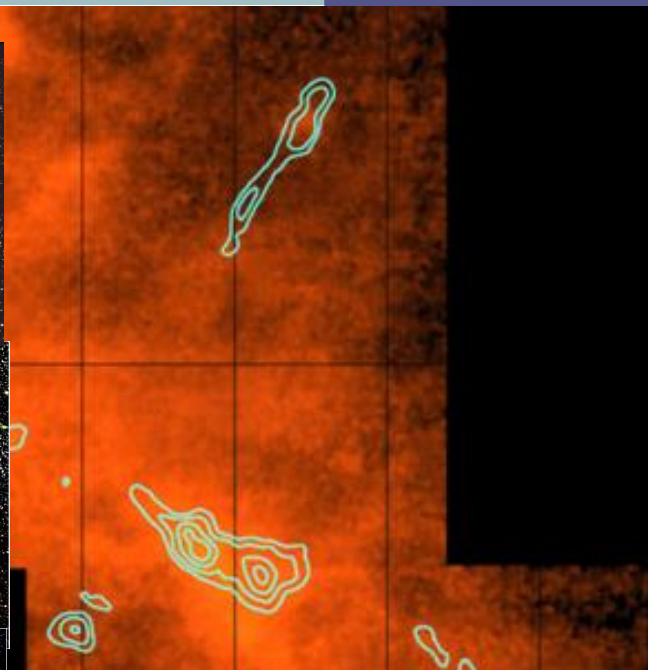
UKIRT/WFCAM JHK  
(小田卒論 2016)



HHT <sup>13</sup>CO積分強度図  
+CSO bolocam 1.1mm  
(Burleigh et al. 2013)

# 星形成

多くの星形成領域：銀河面



これらの星形成領域の多くは、若い低質量星や褐色矮星が分子雲内の密度が高い場所で集団的に形成されている。

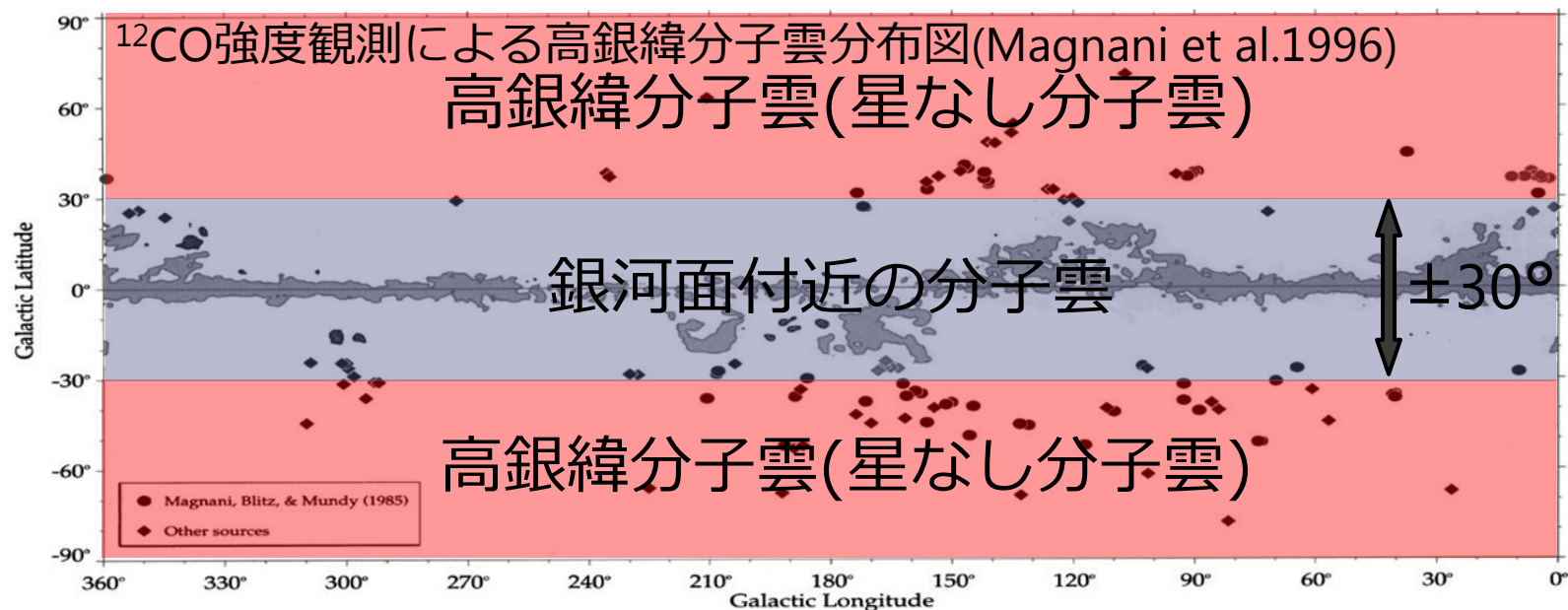
CSO/SHARC- II  
350 $\mu$ m+subaru/CISCO JHK  
(Oasa et al.2006)  
(Simon et al. 2012)

UKIRT/WFCAM JHK  
(小田卒論 2016)

HHT  $^{13}\text{CO}$ 積分強度図  
+CSO bolocam 1.1mm  
(Burleigh et al. 2013)

# 星形成

- ✓ 高銀緯分子雲：銀緯  $> \pm 30^\circ$  に位置する分子雲



## 高銀緯分子雲の特徴

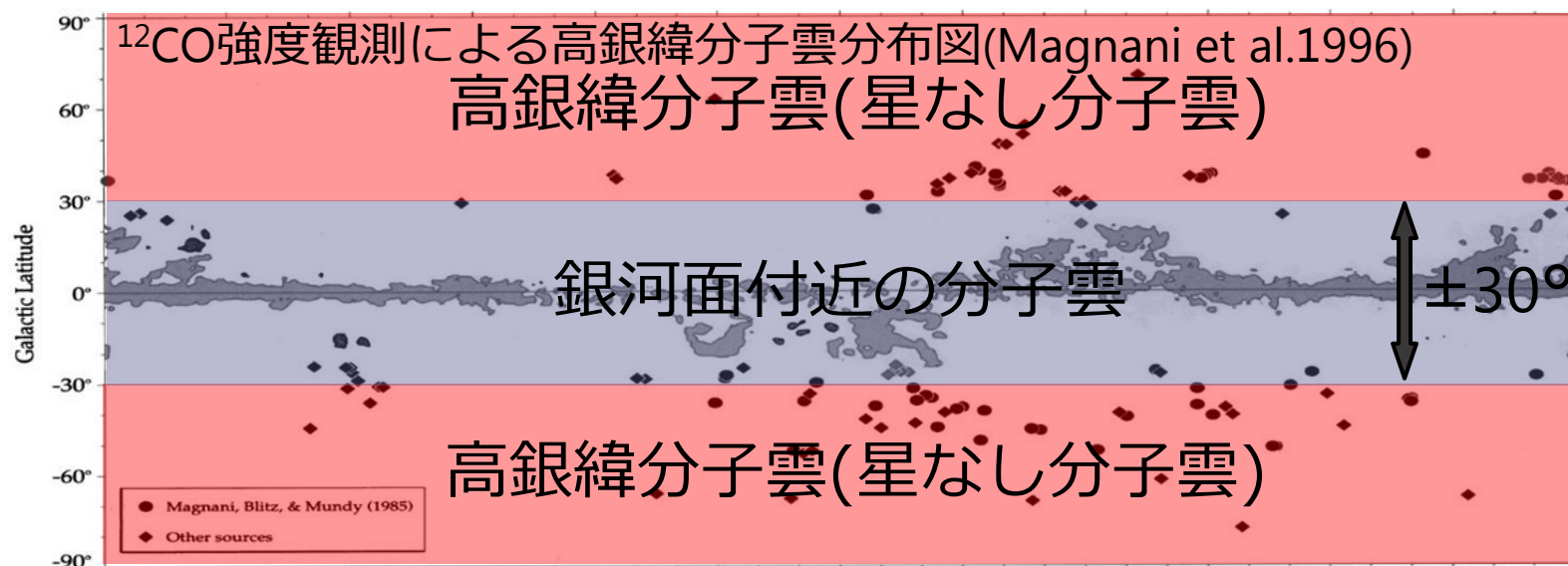
1. 距離が近い
2. 分子雲のガスの個数密度が低い
3. 背景星の混入が少ない

→暗い天体まで観測可能

→星間減光量が小さい

# 星形成

- ✓ 高銀緯分子雲：銀緯  $> \pm 30^\circ$  に位置する分子雲



<Magnani et al. 1985>

高COによるサーベイ観測を行い、57個の高銀緯分子雲を同定

- Martin et al.1996  
高銀緯分子雲のTTSをプリズム分光探査を行ったKun 1992で同定されたTTS34  
に対し可視分光観測  
⇒星形成の可能性の示唆

- Mamajek et al.1999  
MBM12にあるROSATのX線源12天体に対し可視分光観測  
⇒星形成が起きている

- Brand et al.2012  
MBM18に対し、可視分光と電波で観測  
⇒H $\alpha$ 輝線検出(10天体)  
電波では証拠なし

# 本研究の目的

高銀緯分子雲では、星形成が見つかっている分子雲が少ない。

分子雲の電波観測は行われているが、  
形成されているTTSの可視・近赤外観測  
はあまり行われていない。

- ①高銀緯分子雲に対し、TTSの可視分光探査観測を行い、星形成の有無を調べ、星形成率を算出する。
- ②様々な環境・条件下に存在する分子雲の星形成率と比較を行い、星形成の違いを探る。

## 観測領域

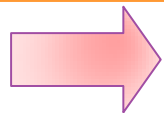
- 高銀緯分子雲 MBM01、MBM02、MBM03、MBM32
- 参照領域 L1455(ペルセウス座分子雲)

# Tタウリ型星(TTS)

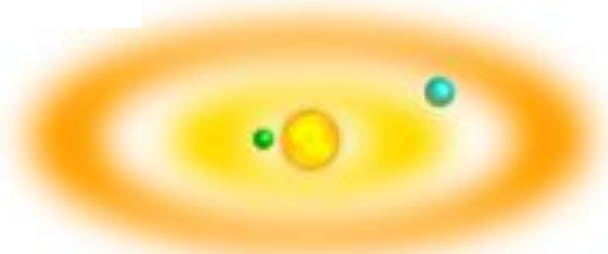
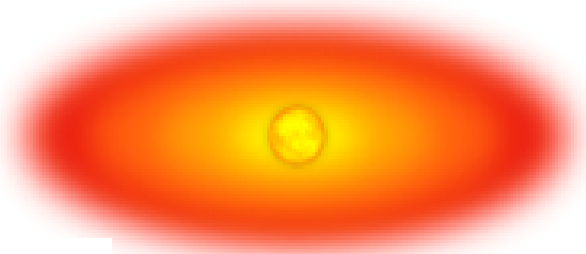
Tタウリ型星(TTS):主系列星の前段階にある天体

<特徴>

(1)H $\alpha$ 輝線 (2)赤外超過 (3)X線放射 (4)変光 (5)Li吸収線



可視分光観測、赤外超過



## 古典的Tタウリ型星(CTTS)

星周円盤から中心星への質量降着が起こっている段階。

<特徴>

- H $\alpha$ 輝線の等価幅 > 10 Å
- 年齢: 1Myr程度

## 弱輝線Tタウリ型星(WTTS)

星周円盤から質量降着が少なくなってきた段階。

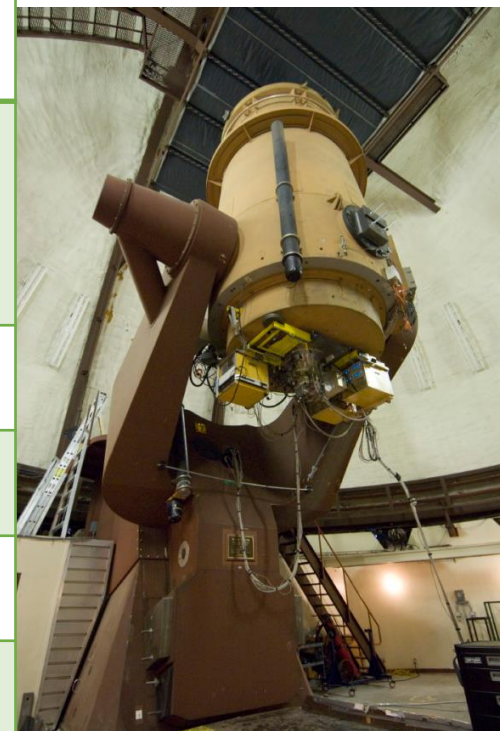
<特徴>

- H $\alpha$ 輝線の等価幅 < 10 Å
- 年齢: 10Myr程度



# スリットレス可視分光観測

望遠鏡	UH2.2m望遠鏡(UH88) @ハワイ・マウナケア山
観測装置	・ 広視野グリズム分光撮像装置(WFGS2) - Grism (300本/mm) - wide Ha Filter (6265~6765 Å)
視野	11'.5×11'.5
観測日	2012/02/17~2015/05/26 計10晩
積分時間	1領域あたり600s~1500s
分解能	R~570@6560 Å (スリットレス)



## <本観測の特徴>

1. スリットレスのため多天体を同時に分光することができる。
2. wide Ha Filterを用いることでHa付近のみを分光できる。

# スリットレス可視分光観測

望遠鏡

観測装置

視野

観測日

積分時間

分解能

カウント数



<本観測>

1. スリットレス

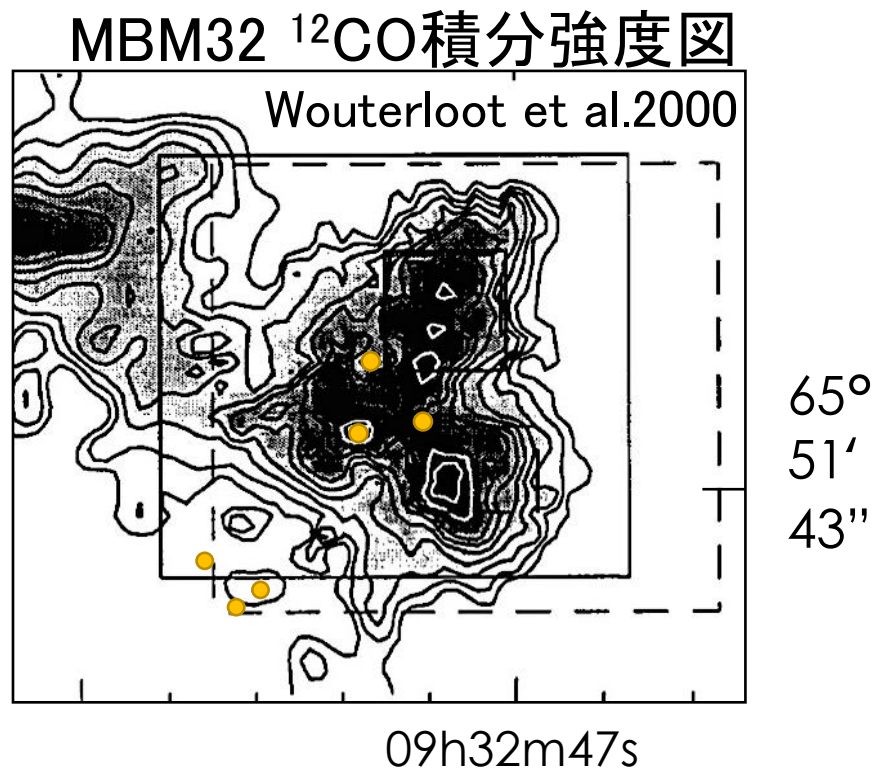
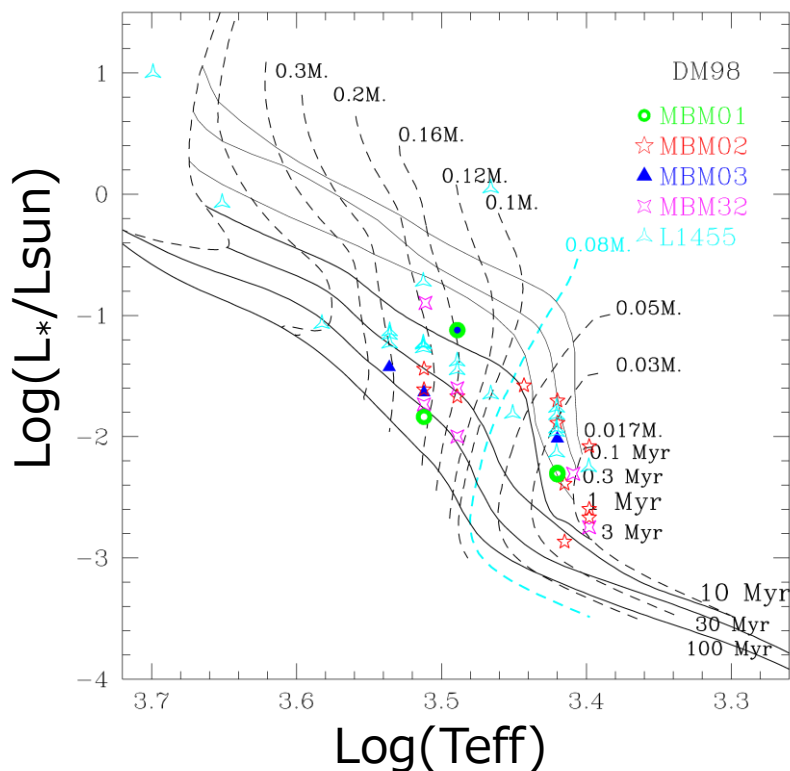
2. wide H $\alpha$  filterを用いること (H $\alpha$ 付近のものを分離できる)

Rmag:14~19の天体を1513天体検出し、137天体でH $\alpha$ 輝線を検出

# 議論

## HR図と理論進化モデルの比較

- ✓ **2MASSから得られる絶対等級とスペクトル型から得られる絶対等級**を用いて分子雲にある天体を決定した。
- ✓ 2MASSのJ等級から**輻射光度**、スペクトル型から**有効温度**を求めてHR図を作成し、低質量星進化モデル(D'Antona & Mazzitelli et al.1998)と比較し、**YSOの質量と年齢**を求めた。

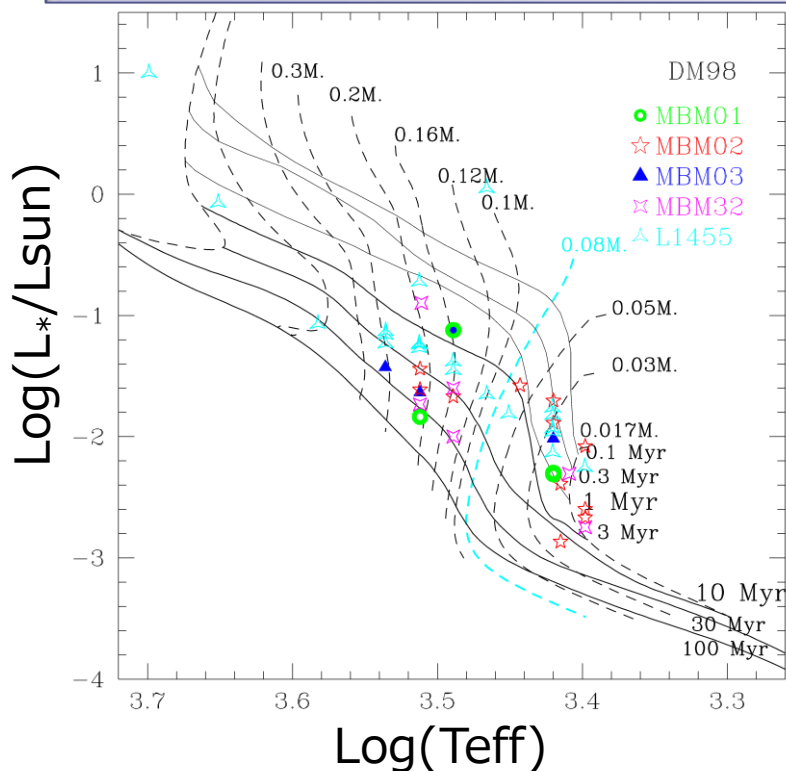


# 議論

## HR図と理論進化モデルの比較

✓ 2MASSから得られる絶対等級とスペクトル型から得られる絶対

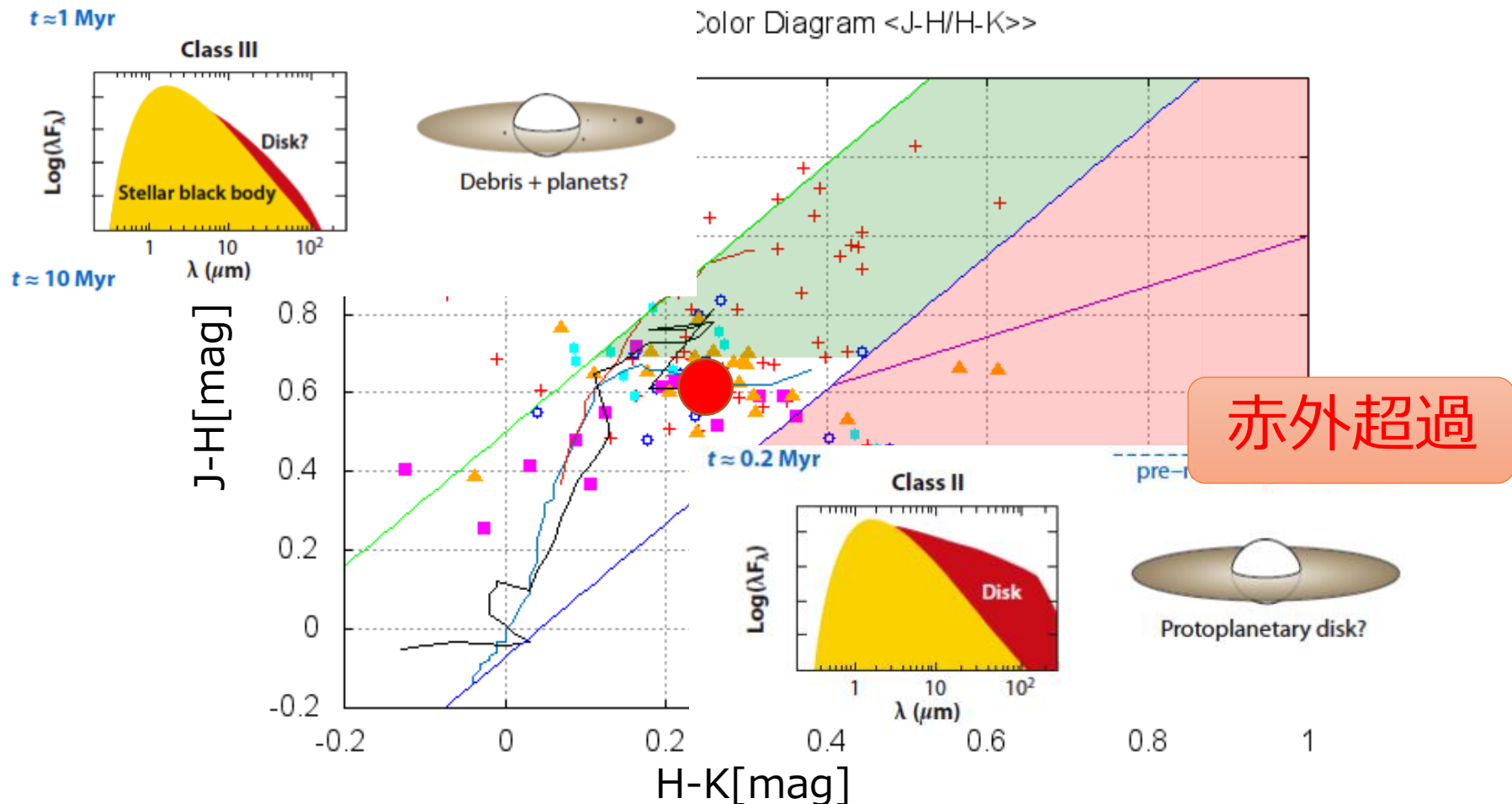
- ① 高銀緯分子雲には、褐色矮星など低質量YSOの割合が高い
- ② 高銀緯分子雲は、L1455に比べて若い天体の割合が小さい



分子雲	候補天体数	平均等価幅 [Å]	平均質量 [ $M_{\odot}$ ]	平均年齢 [Myr]
MBM01	4	3.8	0.10	10
MBM02	11	7.3	0.076	4.8
MBM03	4	2.4	0.17	13
MBM32	6	4.3	0.12	14
L1455	19	15	0.26	5.0

# 赤外超過・X線放射

- ✓ H $\alpha$ 輝線を検出した天体に対し、CTTS(Class II)の特徴である赤外超過の有無を調べるため、2MASS/JHKを用いて二色図を作成した。

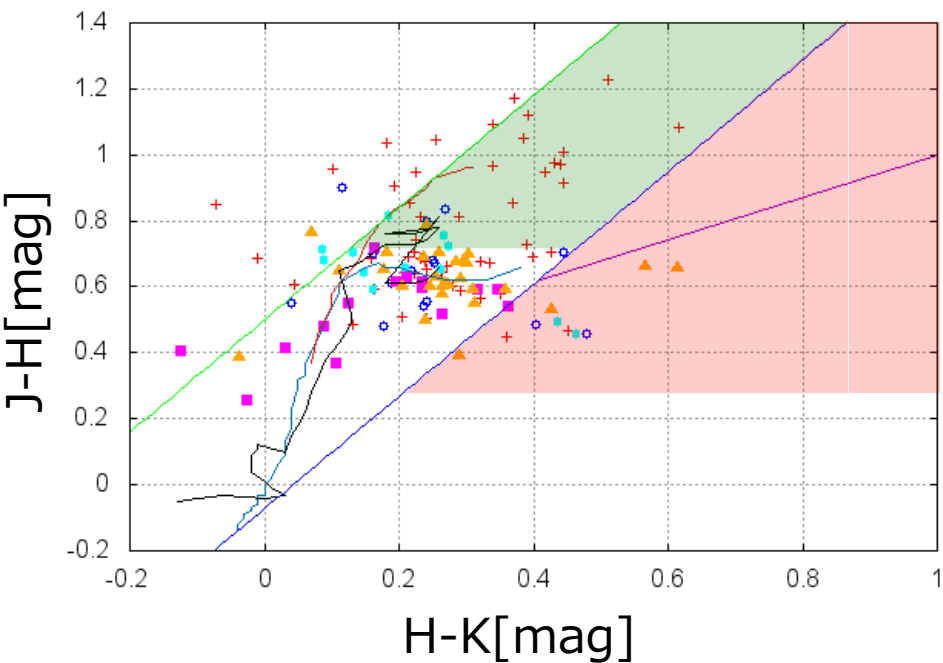


# 赤外超過・X線放射

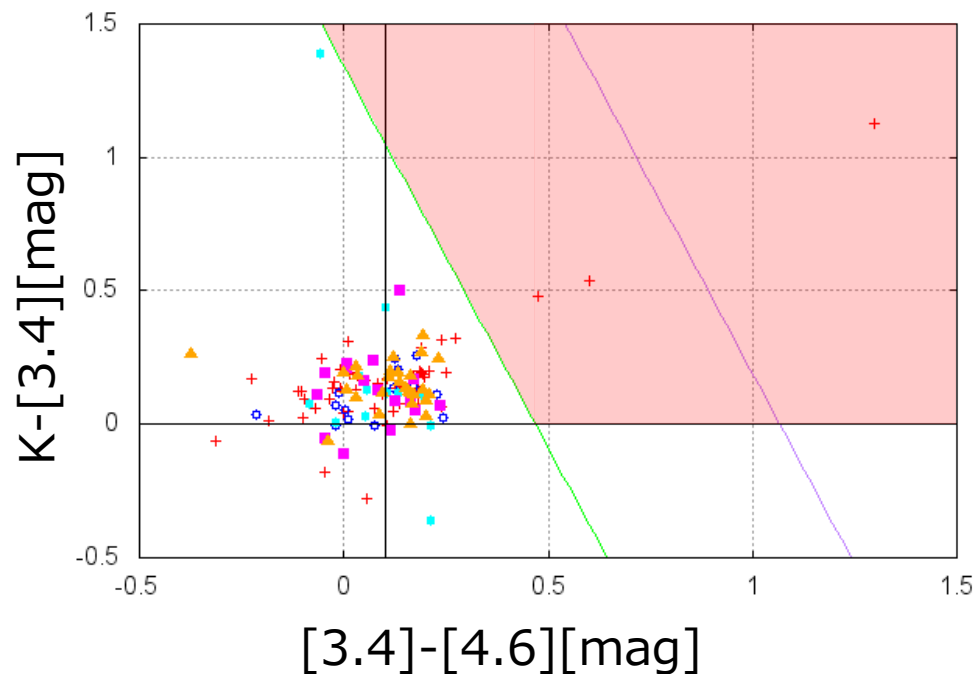
他の波長でも、YSOの分類は二色図で調べることが可能。

(例) 2MASS:Ks+WISE:3.4、4.6 $\mu$ m

Color-Color Diagram <J-H/H-K>>

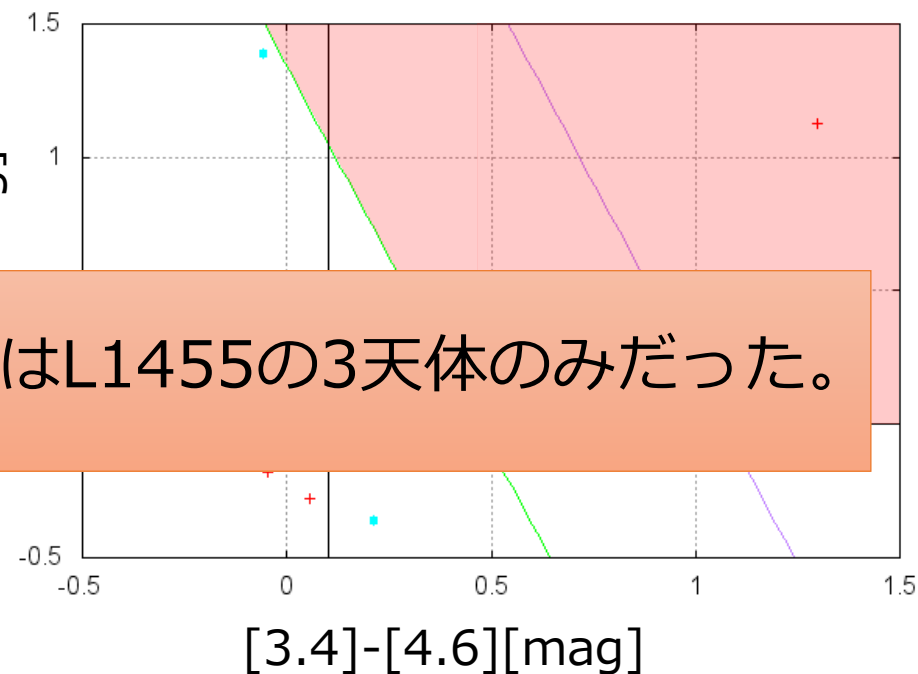
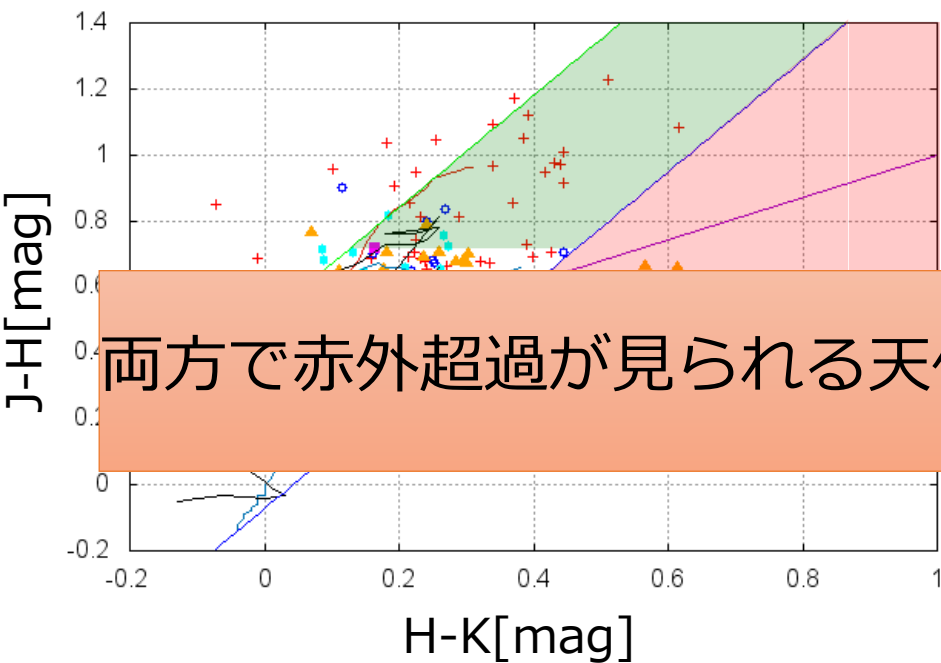


Color-Color Diagram <K-[3.4]/[3.4]-[4.6]>



# 赤外超過・X線放射

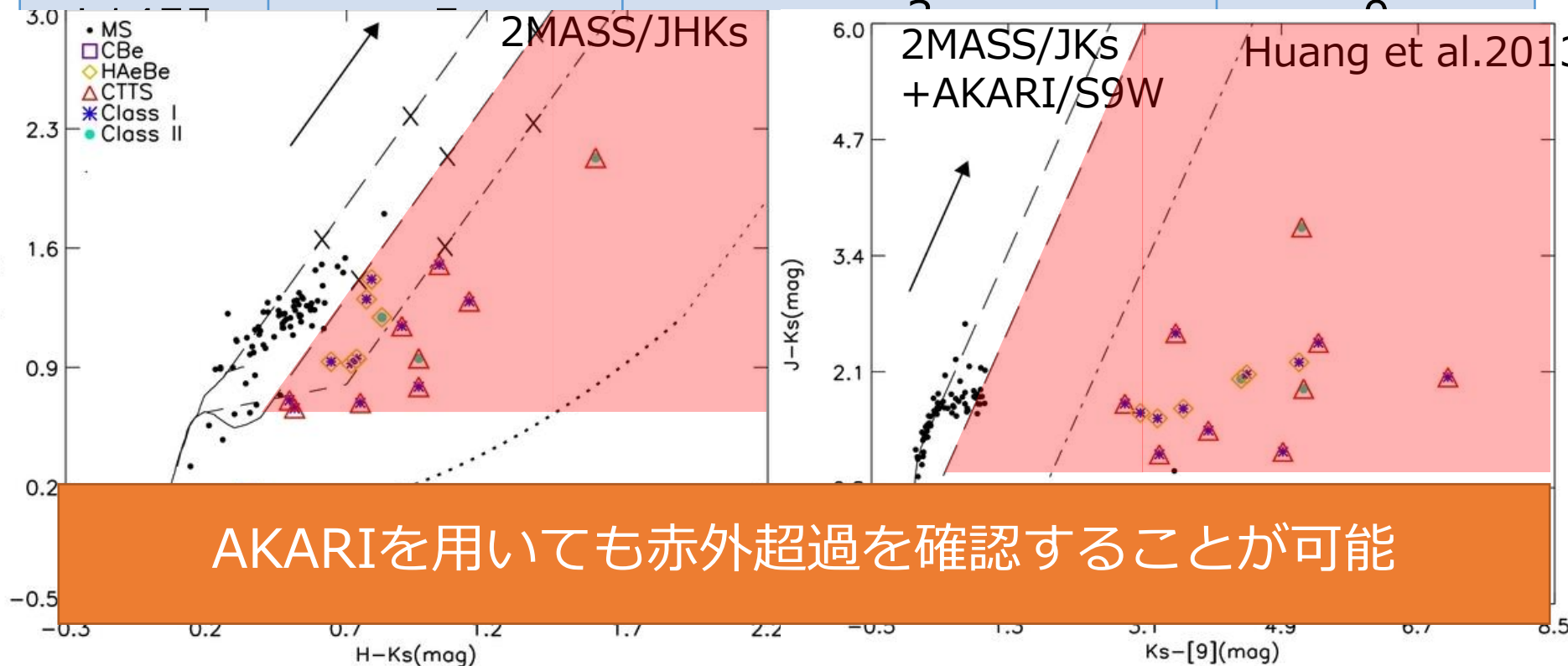
分子雲	J-H/H-K超過	K-[3.4]/[3.4]-[4.6]超過	ROSAT検出
MBM01	1	0	0
MBM02	4	0	0
MBM03	2	0	0
MBM32	2	0	0
L1455	5	3	0



両方で赤外超過が見られる天体はL1455の3天体のみだった。

# 赤外超過・X線放射

分子雲	J-H/H-K超過	K-[3.4]/[3.4]-[4.6]超過	ROSAT検出
MBM01	1	0	0
MBM02	4	0	0
MBM03	2	0	0
MBM32	2	0	0



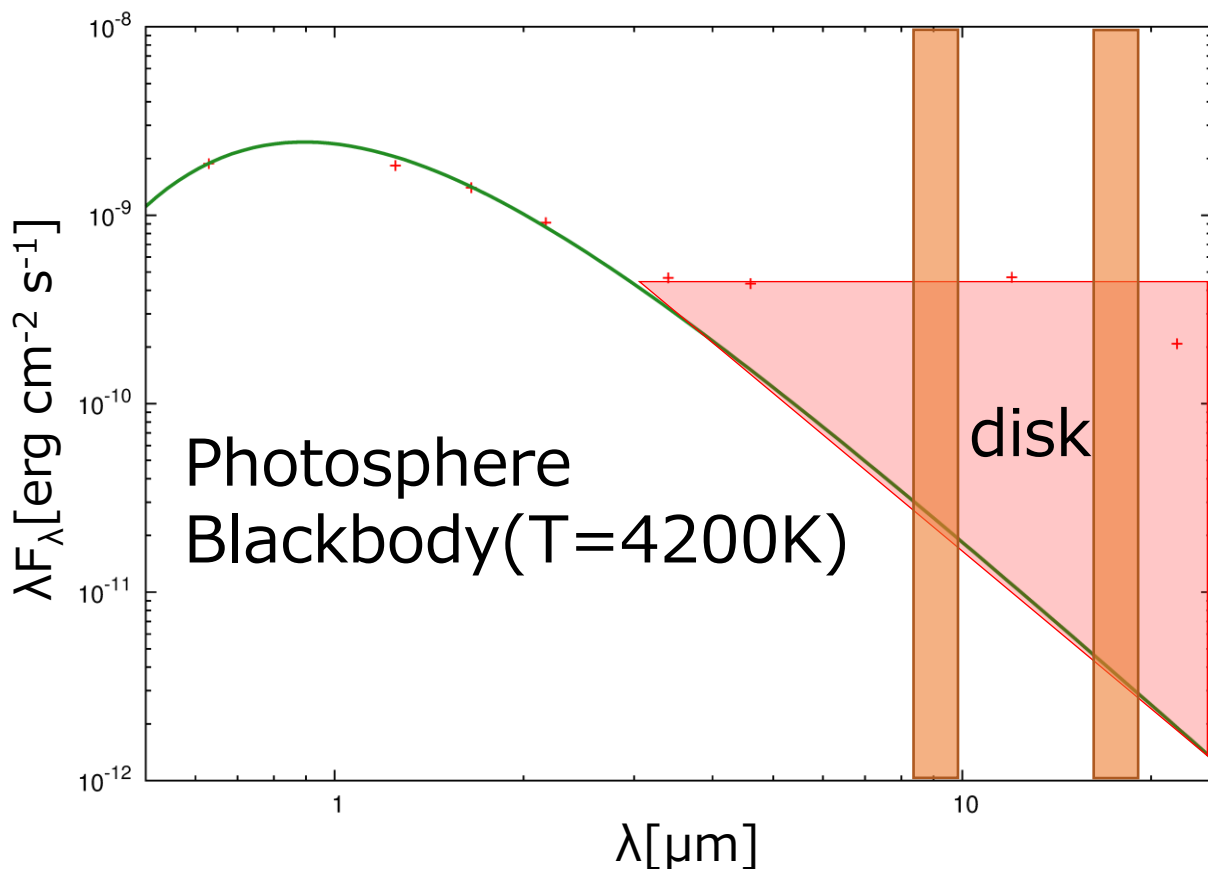
AKARIを用いても赤外超過を確認することが可能



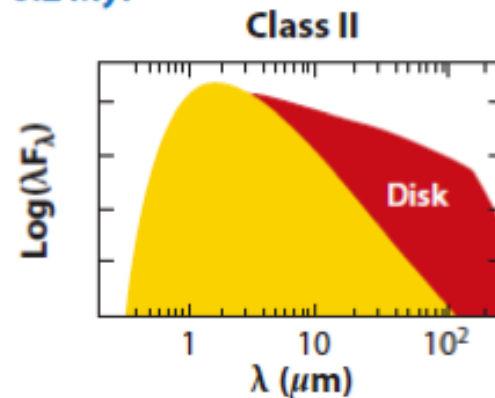
# 多波長の利用

- YSO候補天体と同定した場合、ディスクの有無を調べるため、SEDを作成。

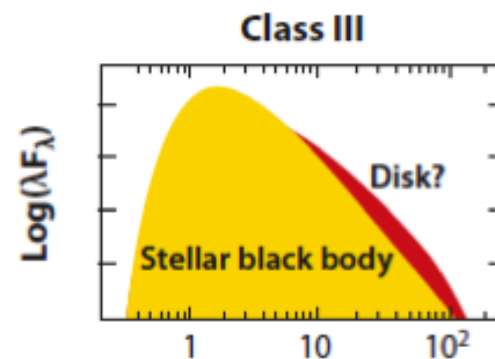
⇒現在、USNO,2MASS,WISEのデータを使用



$t \approx 0.2$  Myr



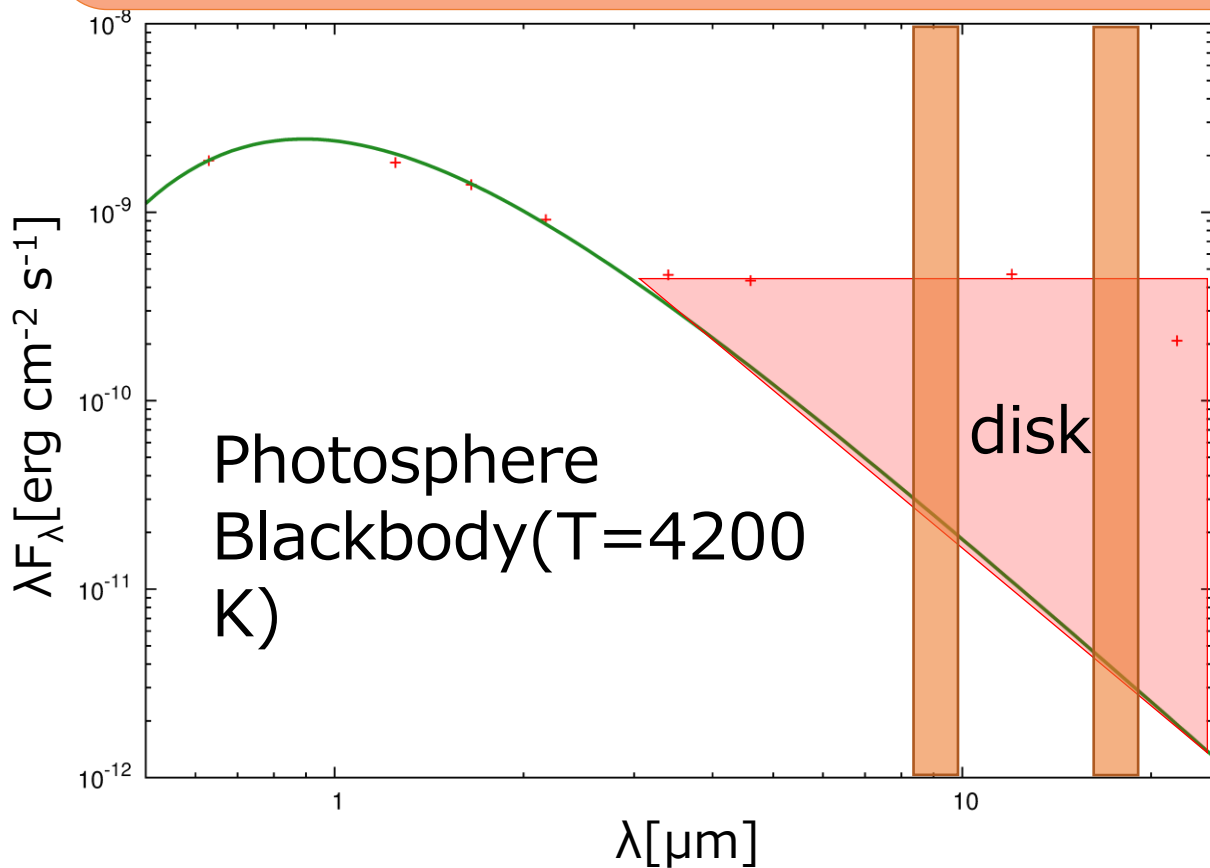
$t \approx 1$  Myr



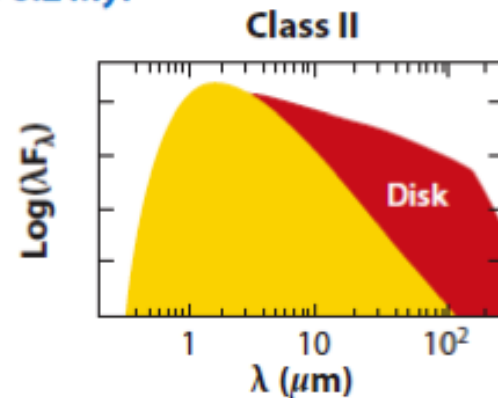
# 多波長の利用

利用できると考えられるAKARIの波長域：S9W,S18W

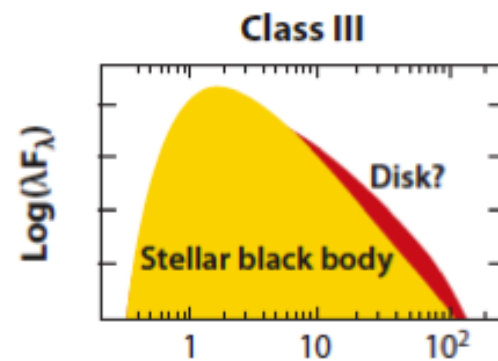
- ① Disk成分をさらに詳しく見ることが可能に
- ② H $\alpha$ が弱いClass IIIの遷移円盤が見える可能性有り



$t \approx 0.2$  Myr



$t \approx 1$  Myr



# まとめ

- ✓ 高銀緯分子雲においてUH88/WFGS2を用いて、TTSのH $\alpha$ 輝線探査を行った。
- ✓ 高銀緯分子雲とペルセウス座分子雲で星形成が起きていることが示唆された。
- ✓ 高銀緯分子雲における星形成の特徴は①若い星の割合が多く、②分子雲の進化が進んでいる可能性がある。

- ✓ AKARIの利用方法として、①二色図と②SEDを検討
  - ⇒ SpitzerやHerschelは高銀緯分子雲を観測していない。AKARIは全天サーベイであるため、本研究にも利用可能である。