

VERAと野辺山45m鏡を用いたカリフォルニア分子雲L1482 フィラメントの研究

鹿児島大学 面高 俊宏

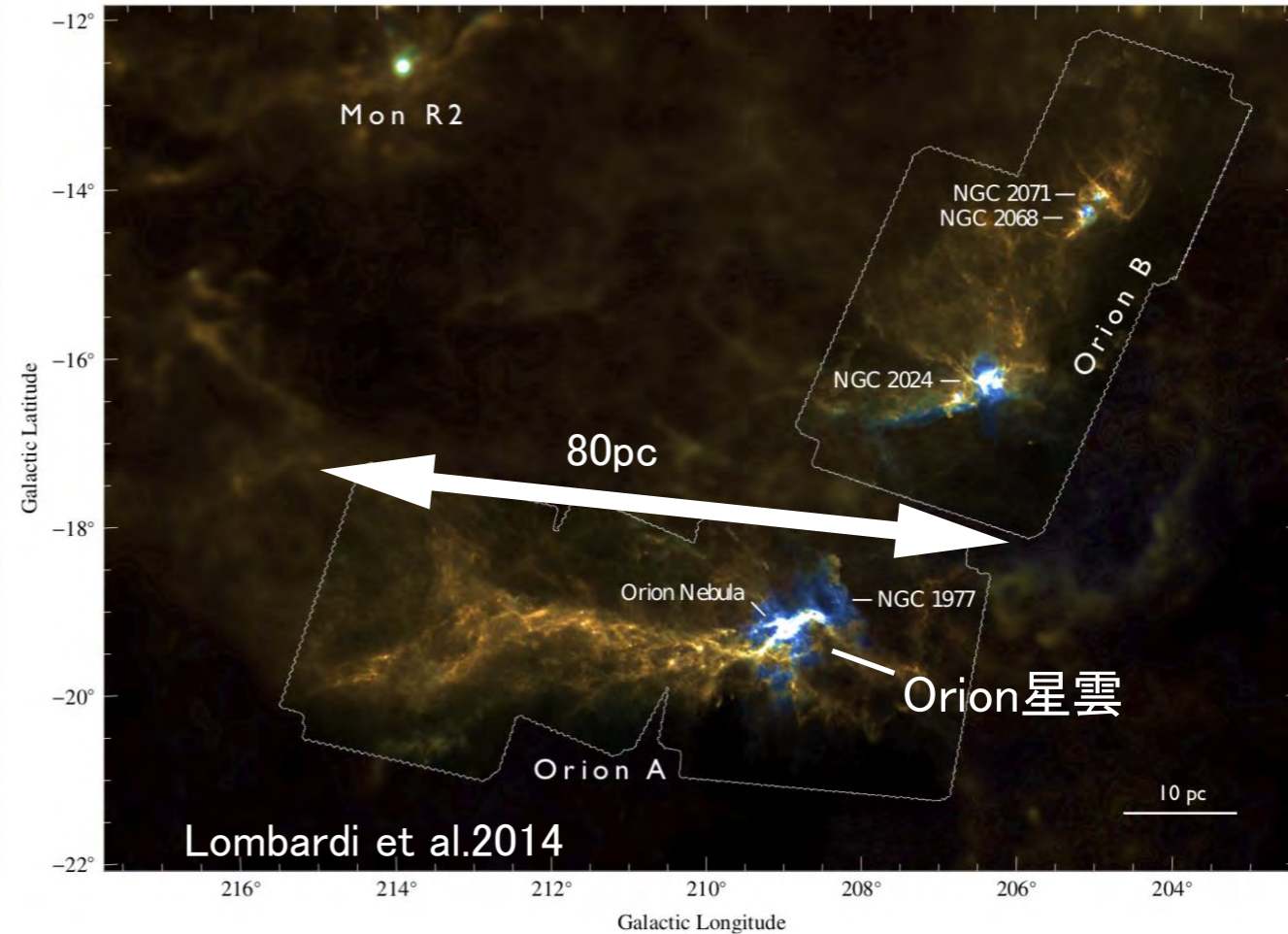
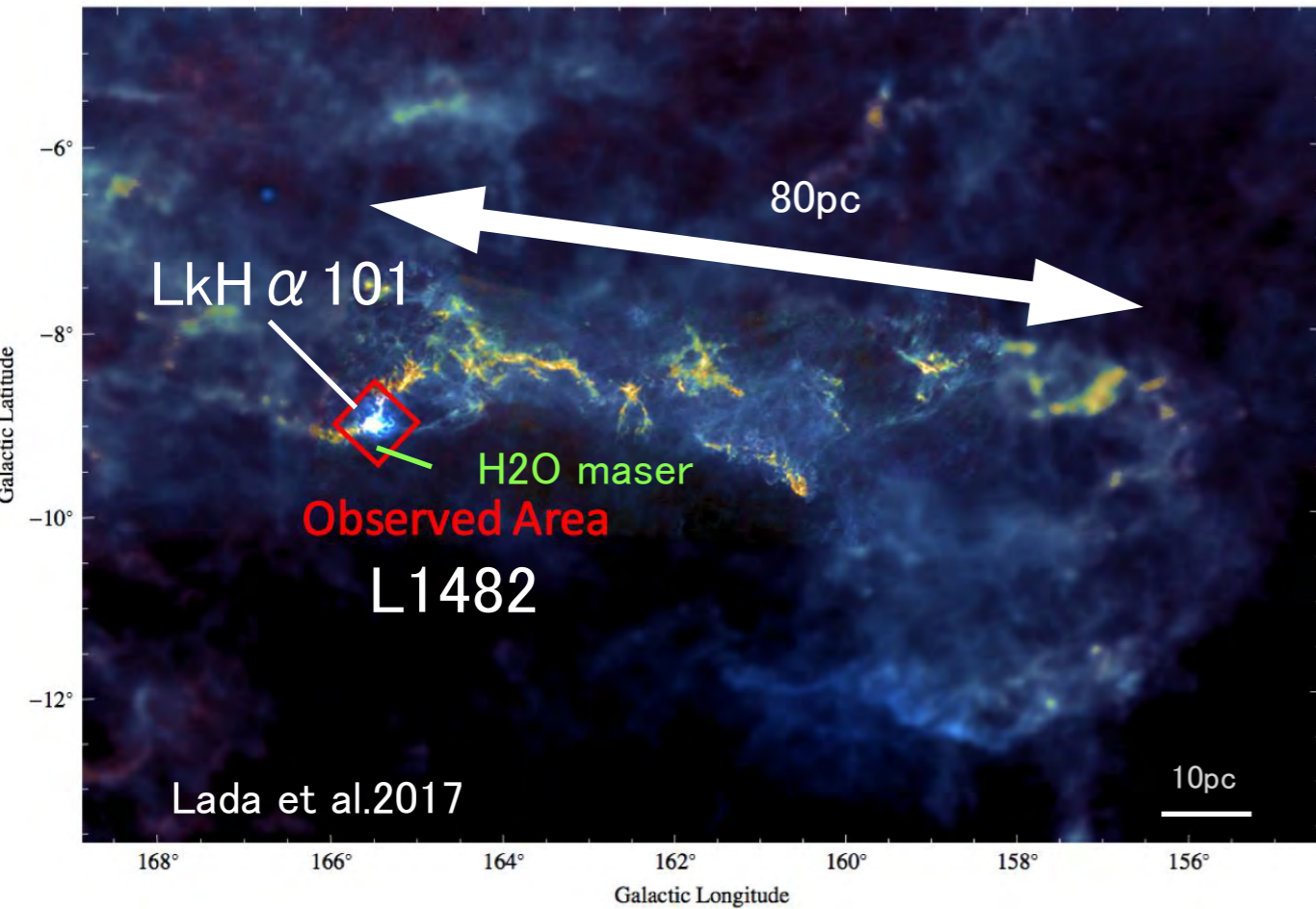
導入

Herschel3色合成画像
250,350,500 μ m (blue,green,red)

L1482に対してH₂O maser検出→VERA
12CO,13CO(J=1-0)の観測→野辺山45m鏡

カリフォルニア分子雲

オリオン分子雲



- ・カリフォルニア分子雲は巨大分子雲であるがオリオンA分子雲に比べて、星形成率が1桁も低いことが知られている。(Lada et al.2009)

問題意識

1.カリフォルニア分子雲(CMC)とオリオン分子雲(OMC)

距離が近い(OMC=>450pc,CMC=>532pc(今回のVERAの結果))

サイズ、総質量、filamentary structure、morphologyが類似

OMCには多くの大質量星が存在 <=> CMCには15M_☉のB型星が1個なぜ？

CMCの星生成率はOMCに比べて1桁小さい

L1482 ==> CMCで最も顕著でmassiveなfilament

L1482の南端にB型星LkH α 101が存在

2.B型星LkH α 101の周囲のH II 領域には180個以上の星団が存在し、 LkH α clusterがある。

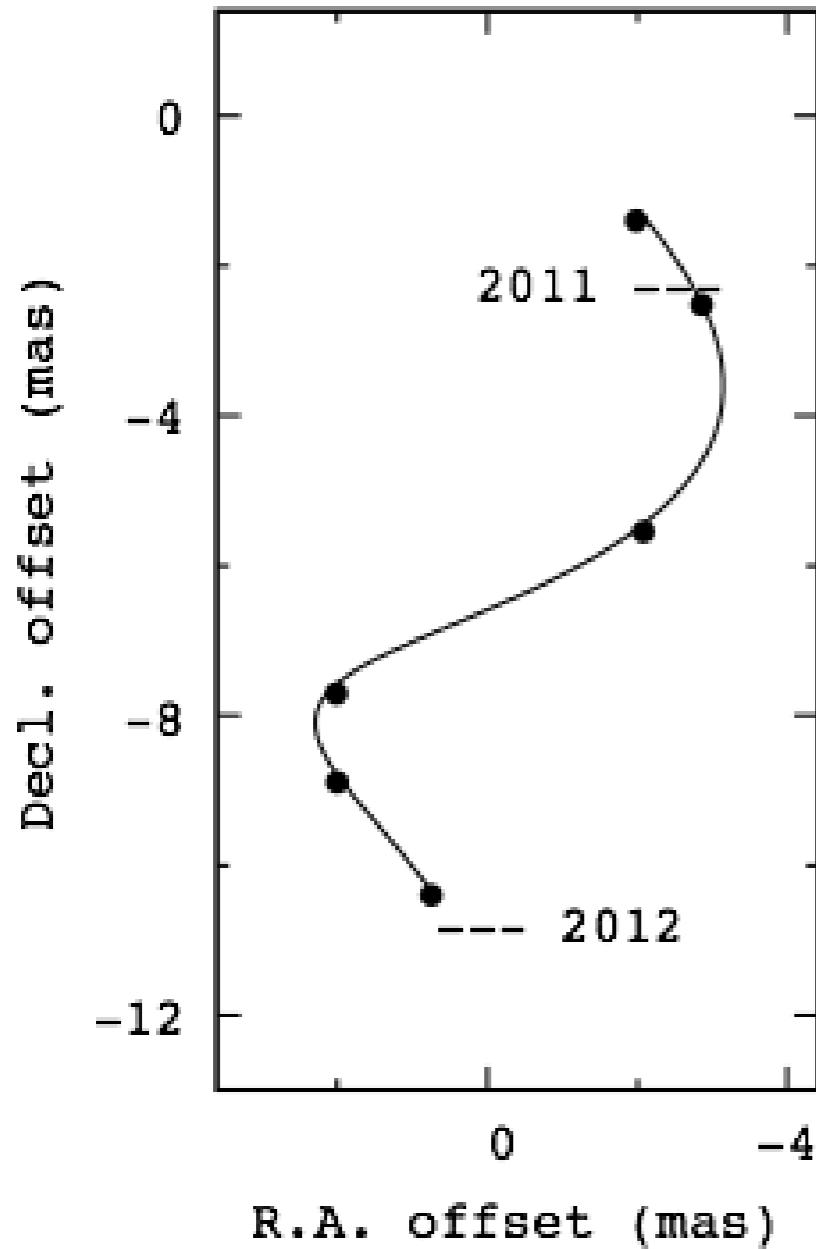
LkH α 101により形成されたH II 領域とL1482の分子雲が接する電離境界面で星形成率が上昇していないかを調べるのに適している。

=>LkH α 101とL1482が同一の距離にいればよい

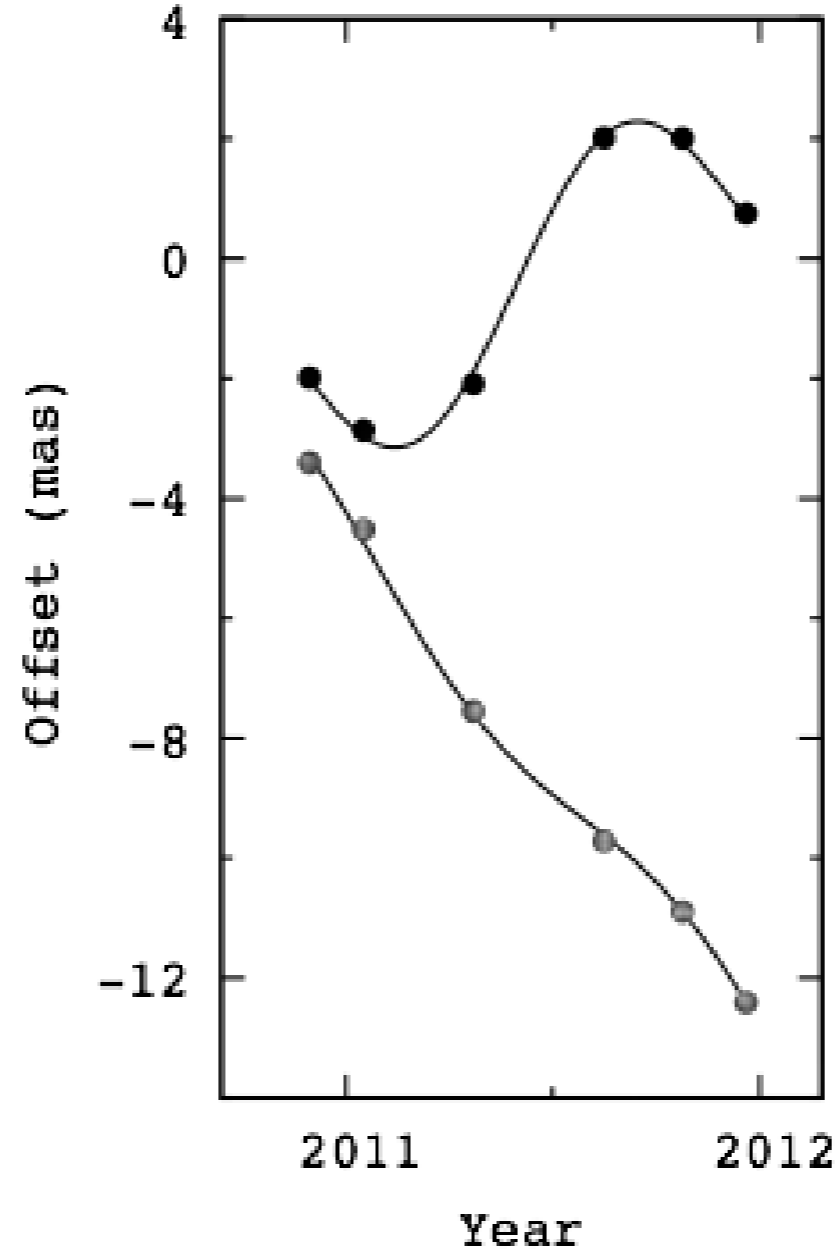
結果 VERA

VERAによる水メーザーの年周視差計測

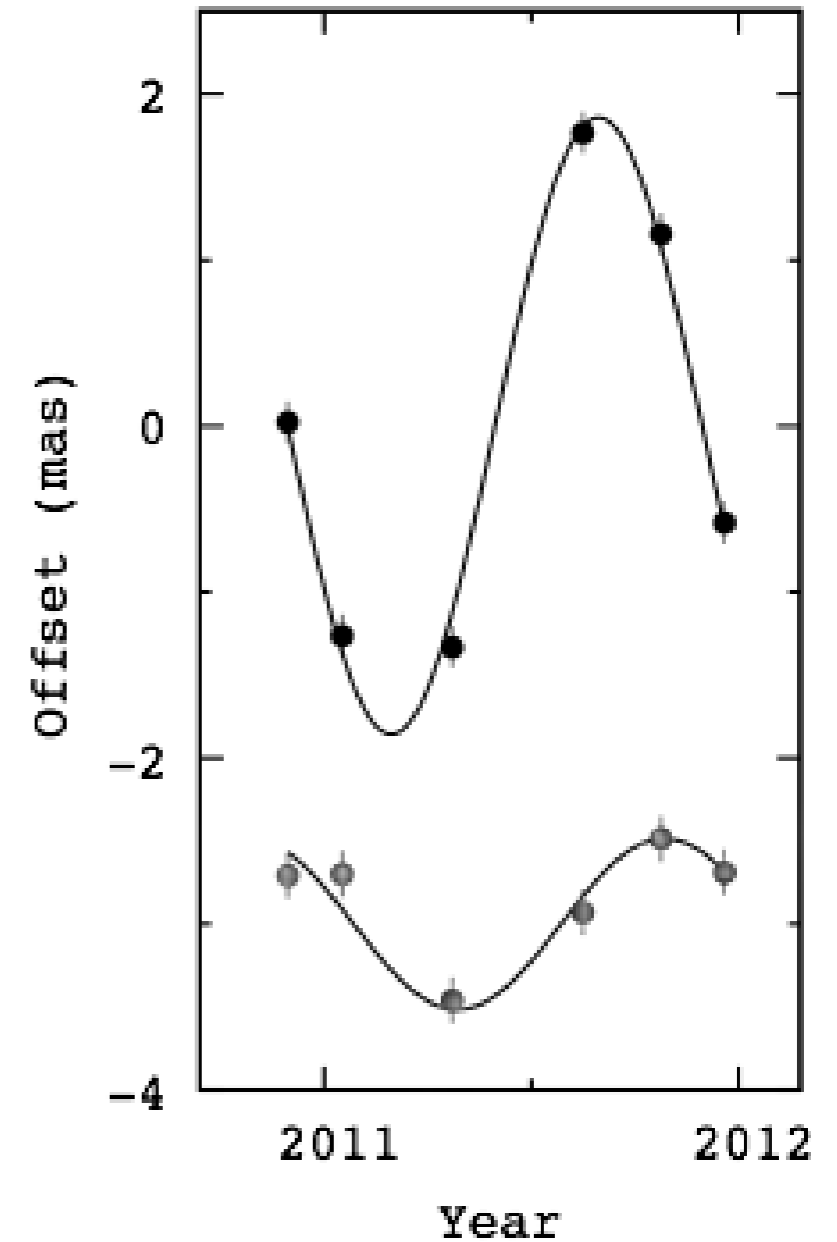
天球面上での運動



固有運動



年周視差



L1482に付随するH2O maserまでの距離

=> **532 ± 29 pc**

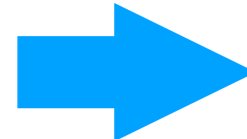
結果 L1482とLkH α 101の位置関係

Gaia DR2によるLkH α 101の距離

B型星を含むLkH α 101 clusterまでの距離: 567 ± 69 pc

LkH α 101とL1482の位置関係

これまでCMCの距離は160~800pcと言われてきた
⇒ 今回VERAで求めたL1482の距離と
Gaia DR2で得られたLkH α 101までの距離がほぼ一致

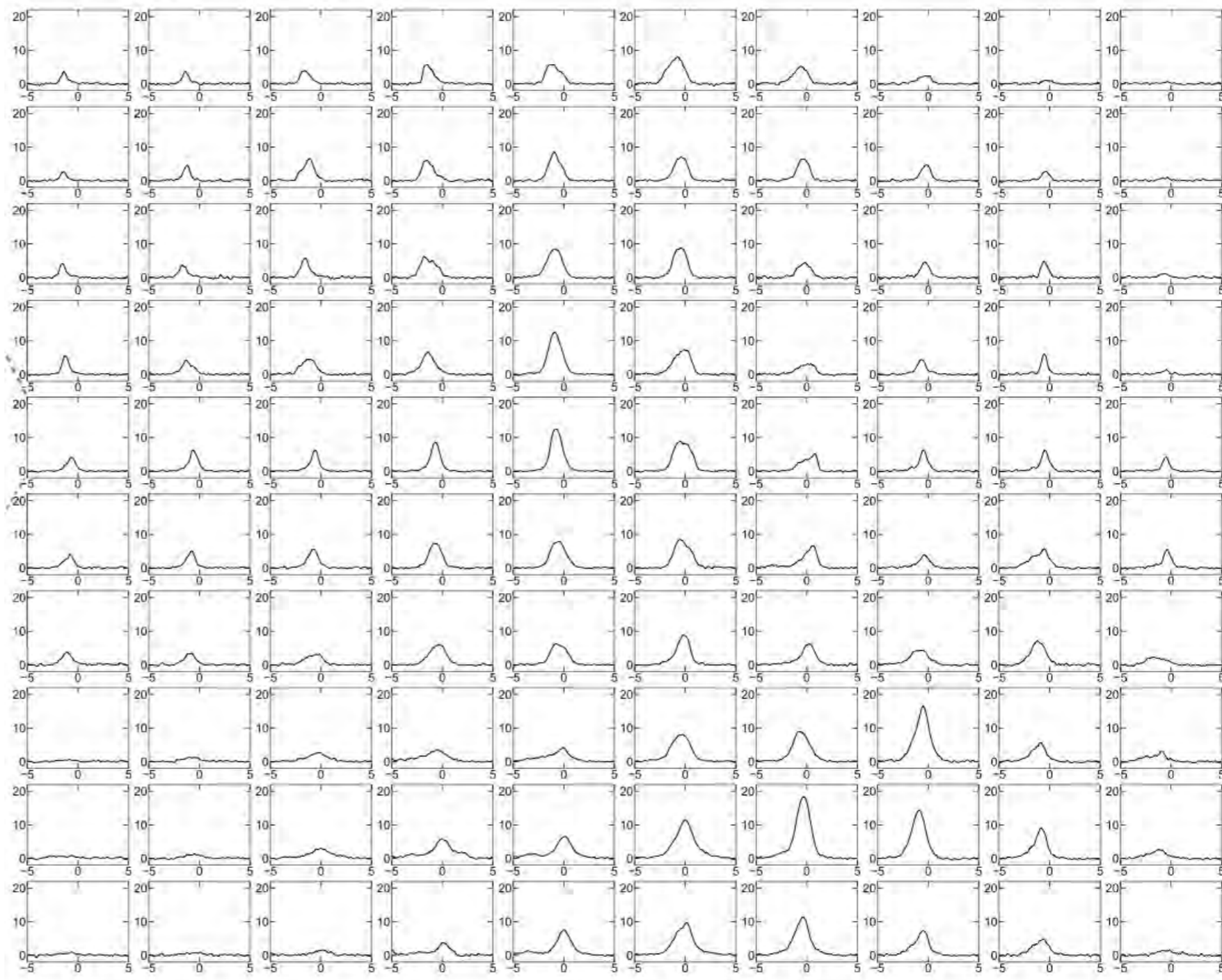
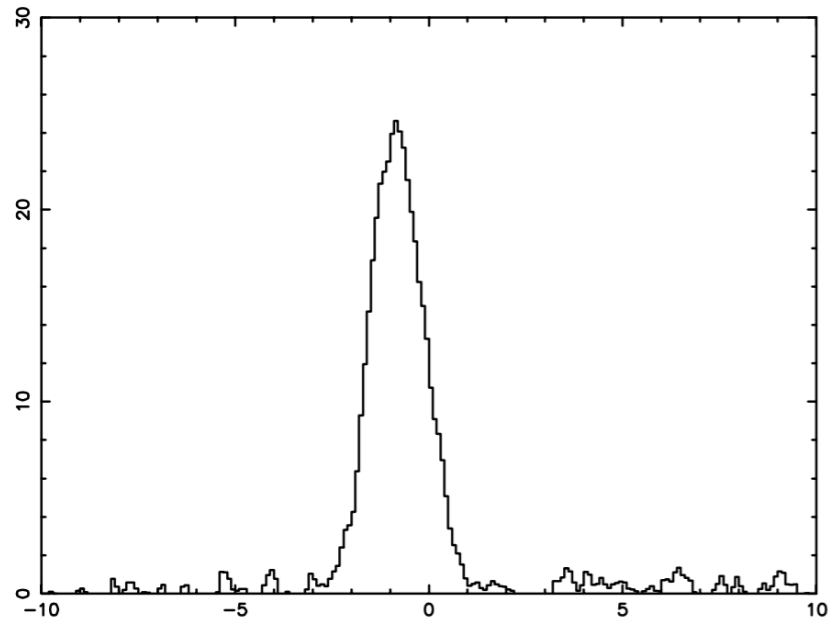
 カリフォルニア分子雲(巨大分子雲)と
LkH α 101は同じ領域に存在する

カリフォルニア分子雲(L1482)のクラスター形成領域の
星形成の様子を明らかにすることができる

結果 野辺山45m鏡: ^{13}CO プロファイルマップ

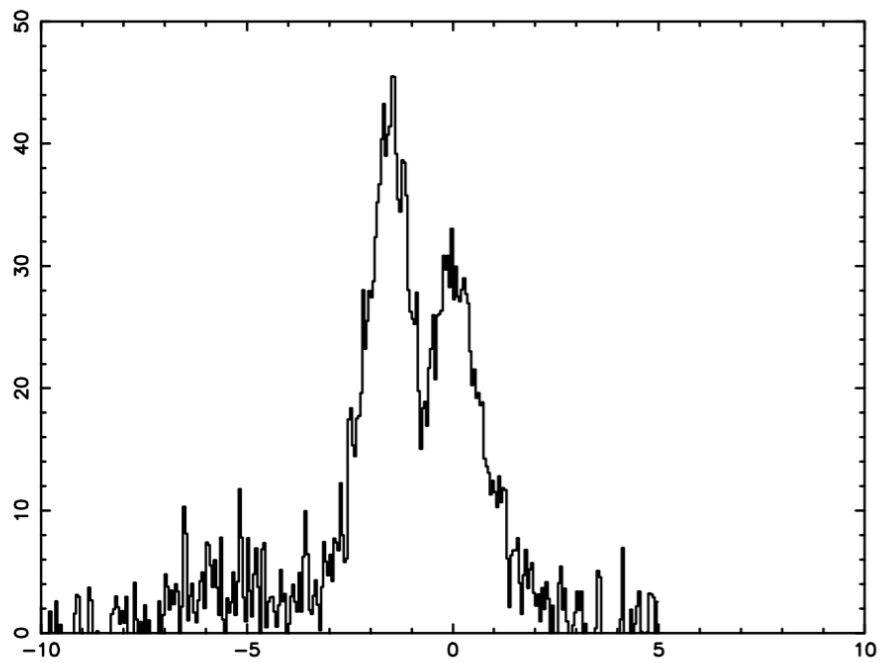


$^{13}\text{CO}(40' \times 40')$



COデータ
東京学芸大
土橋さんより提供

結果 野辺山45m鏡: 12COプロファイルマップ



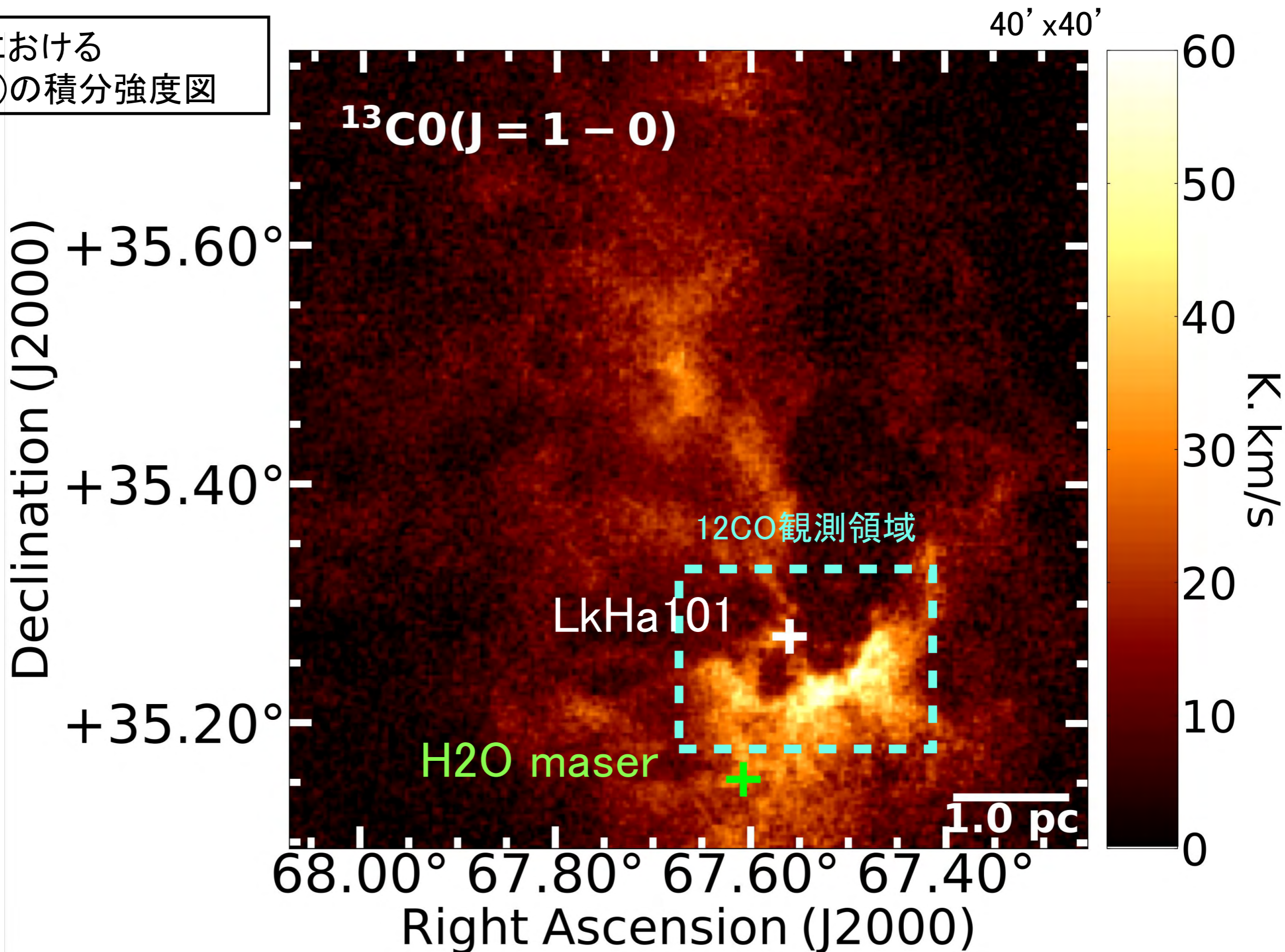
$^{12}\text{CO}(13' \times 12')$



自己吸収を起こしている

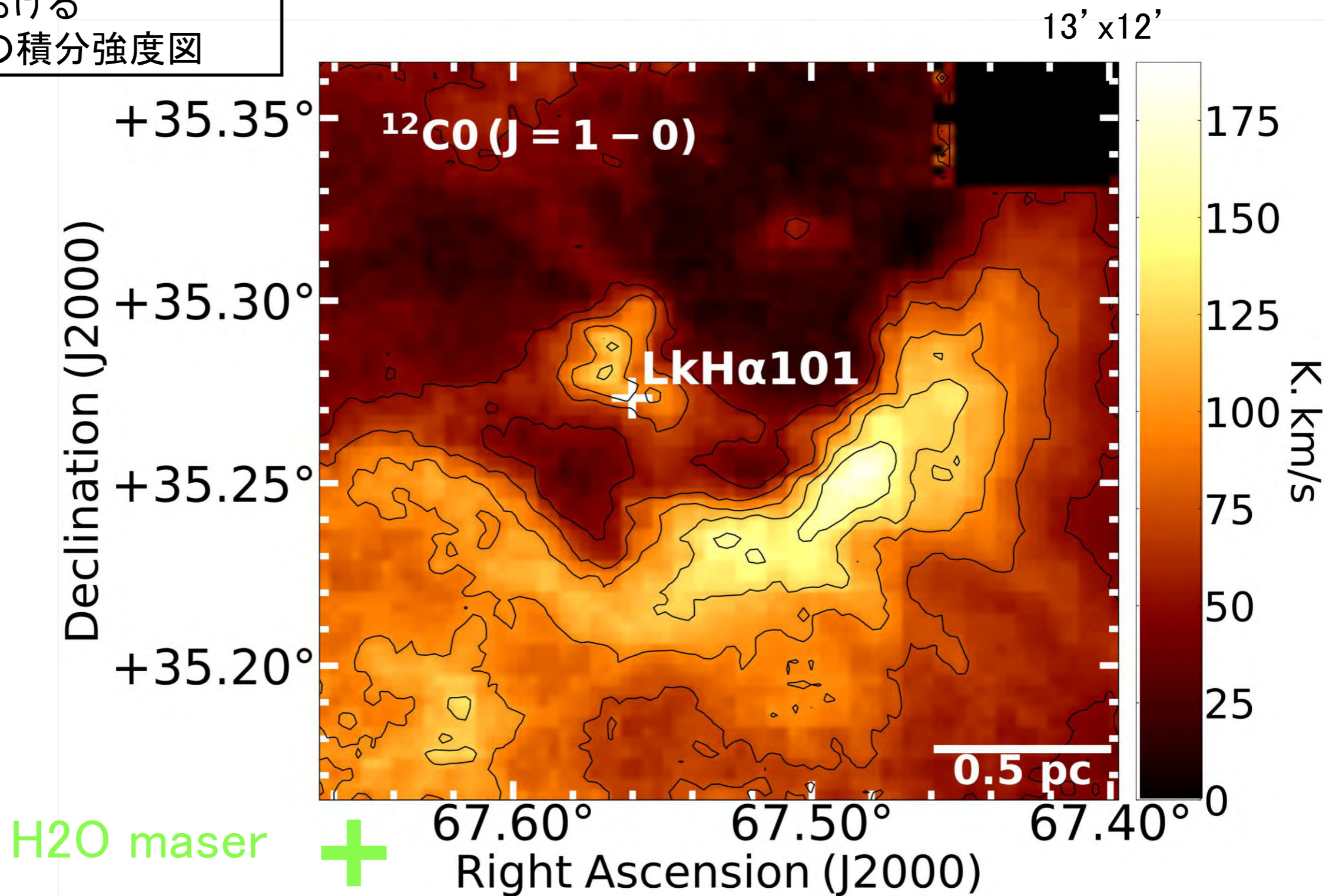
結果 野辺山45m鏡: ^{13}CO 積分強度図

L1482領域における
 $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ の積分強度図



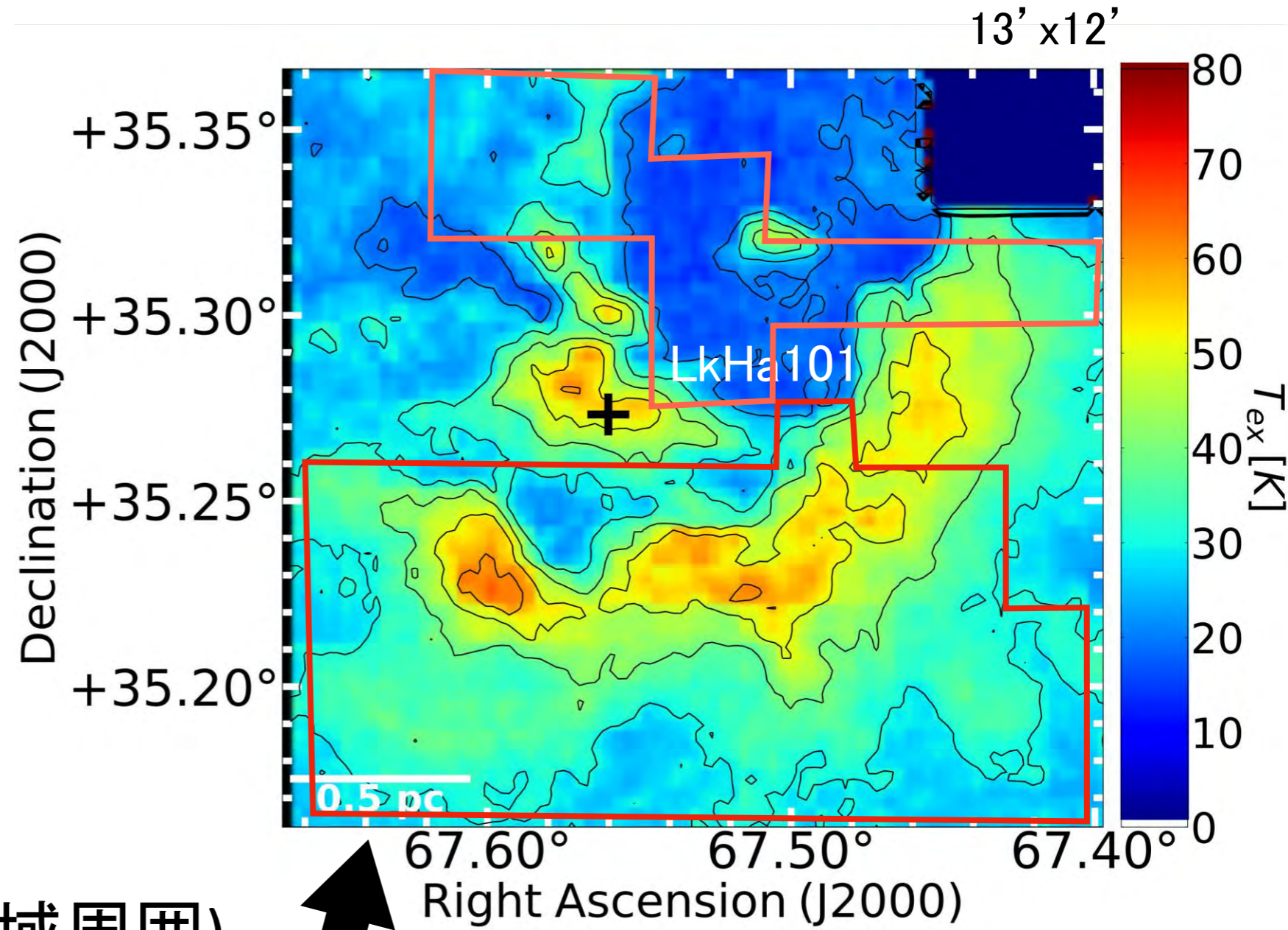
結果 野辺山45m鏡： ^{12}CO 積分強度図

L1482領域における
 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ の積分強度図



励起温度

$$T_{ex} = \frac{5.53}{\ln \left[1 + \frac{5.53}{T_{mb}(^{12}CO) + 0.819} \right]}$$



- 平均:30 K
- 最高60~70 K(HII領域周囲)
- 北部側では40K

自己吸収が起きている領域

結果 野辺山45m鏡：柱密度

柱密度

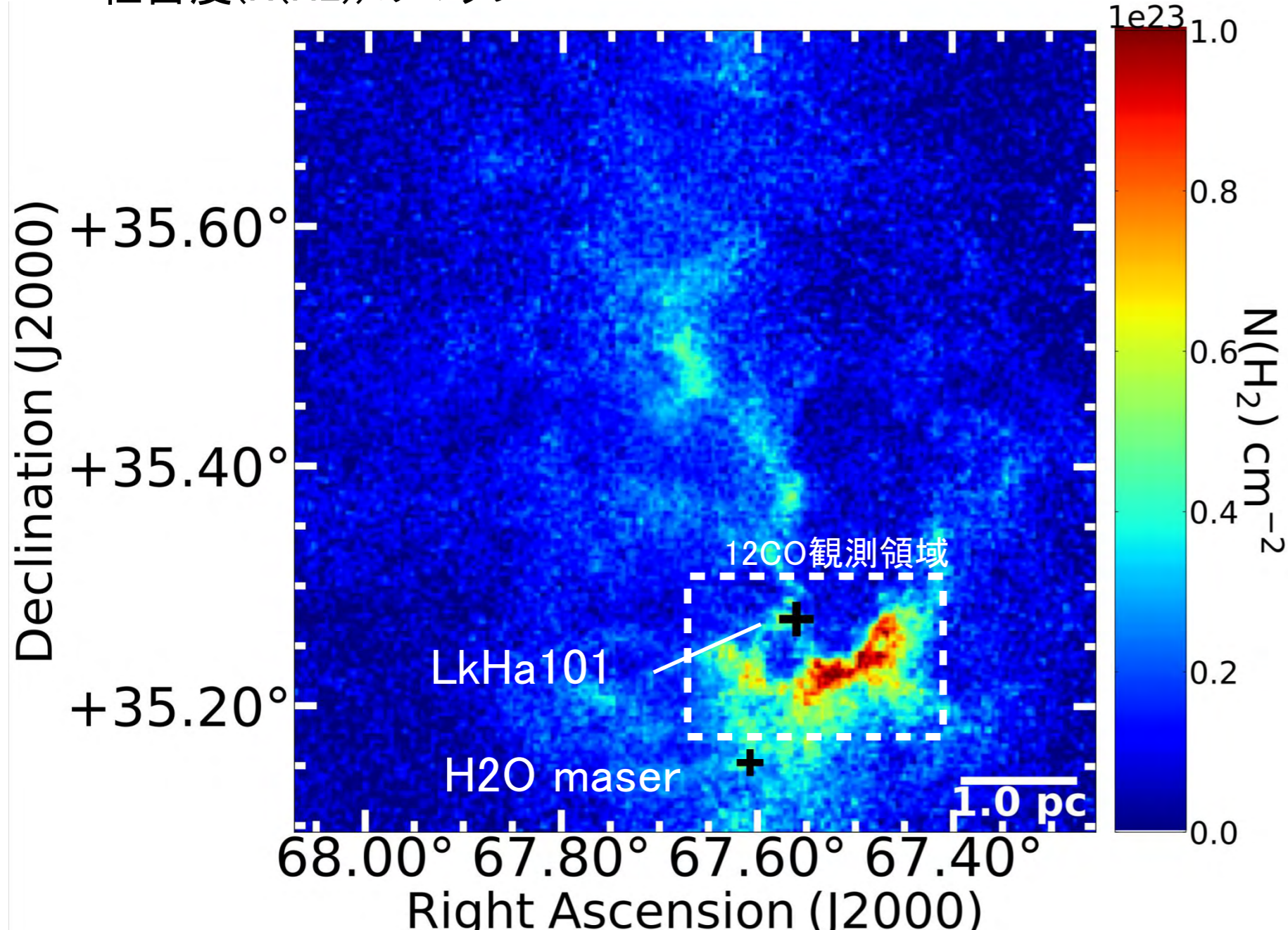
12CO観測領域外の励起温度を一律40Kと仮定

$$\tau(V) = -\ln \left[1 - \frac{T_{mb}^{13}(V)}{J(T_{ex}) - J(T_b)} \right] = -\ln \left[1 - \frac{T_{mb}^{13}(V)}{\frac{5.29}{\exp(5.29/T_{ex}) - 1} - 0.868} \right]$$

$$N(^{13}\text{CO}) = 2.42 \times 10^{14} \frac{T_{ex}}{1 - \exp(-5.29/T_{ex})} \int \tau(V) dV \quad [\text{cm}^{-2}]$$

柱密度(N(H2))のマップ

$$N(\text{H}_2) = 5 \times 10^5 N(^{13}\text{CO})$$



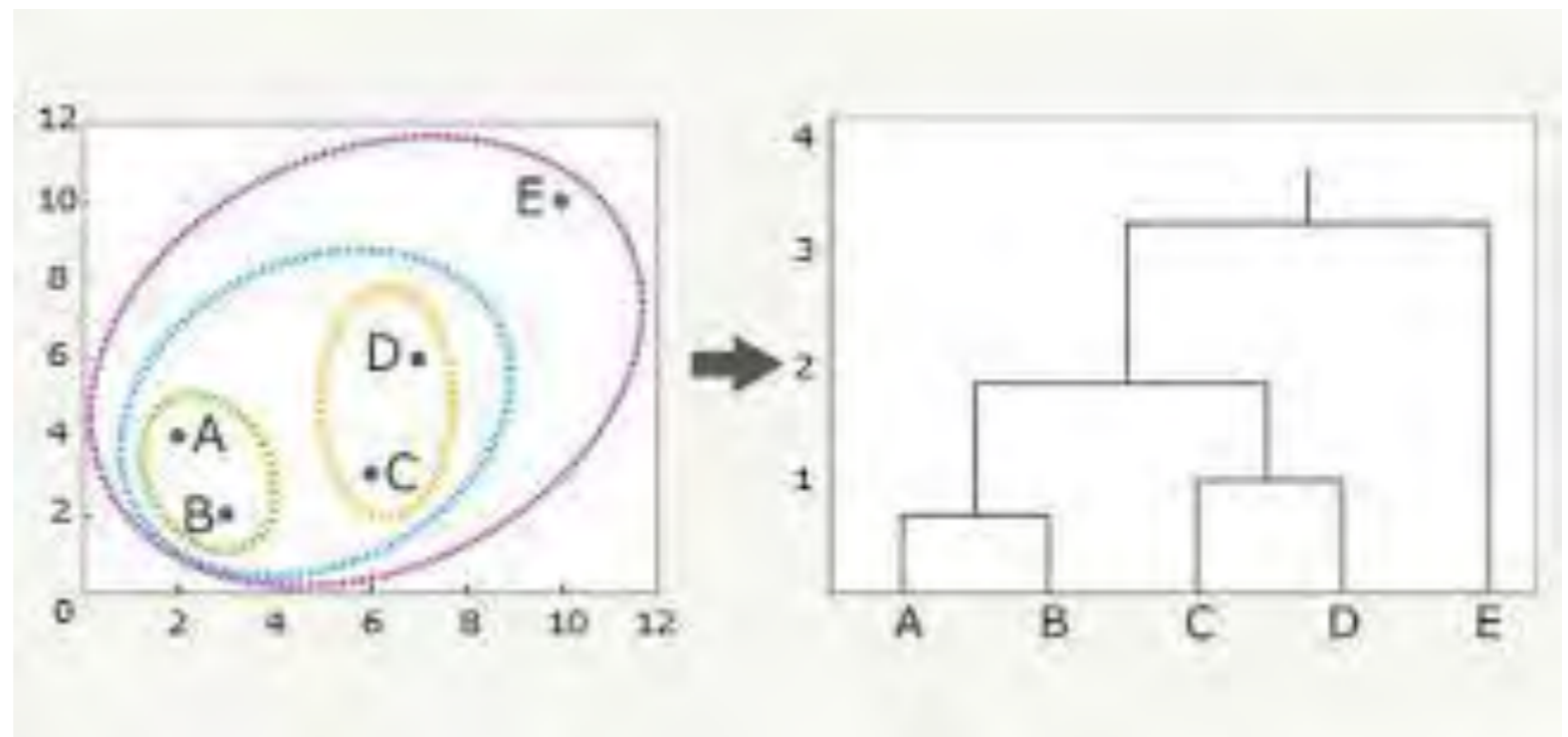
結果 野辺山45m鏡:dendrogram解析

^{13}C Oデータからdendrogram(Rosolowsky et al.2008)解析

1.dendrogram*によるコア同定

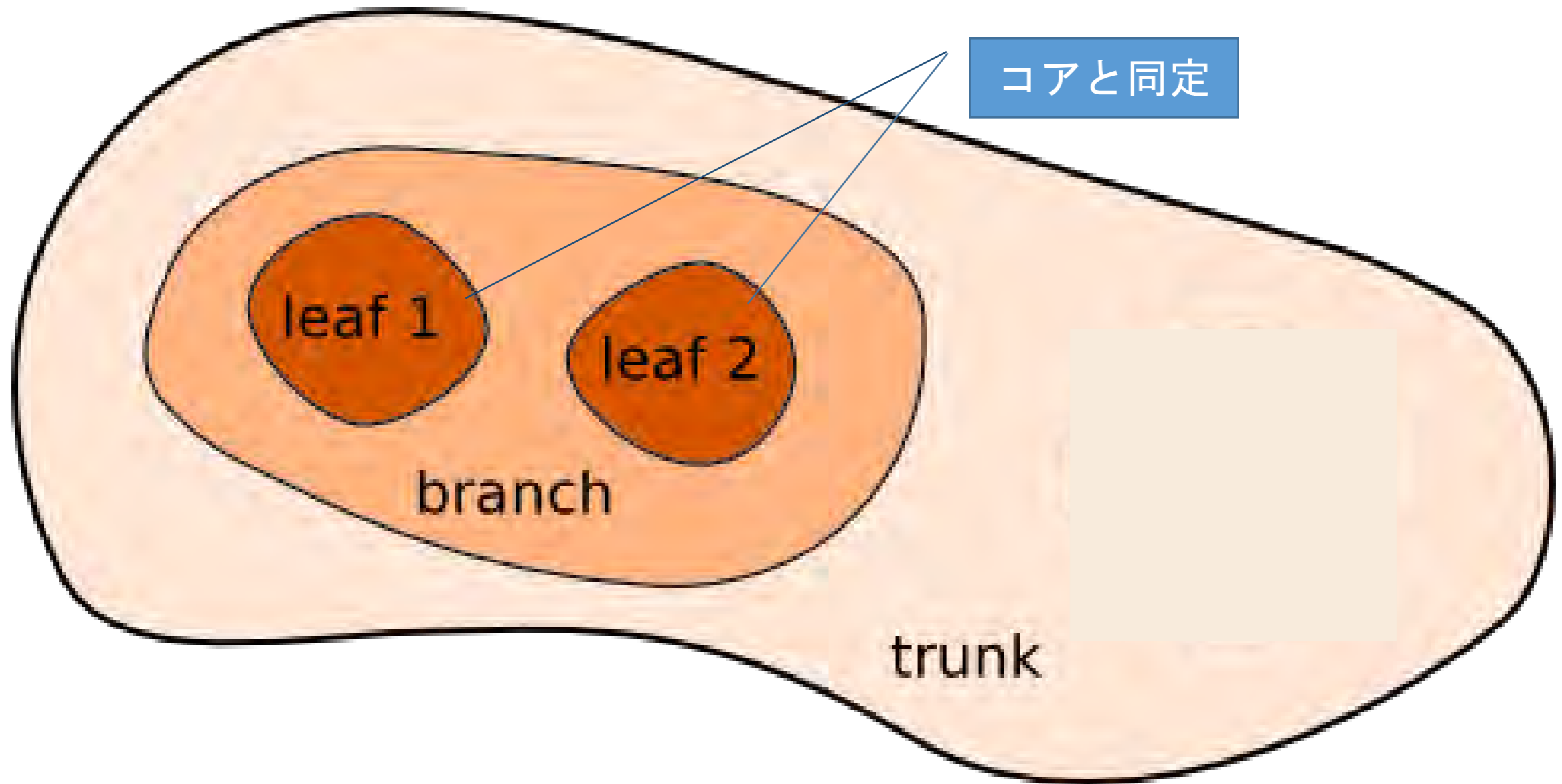
- * 集団→近いものを集める→集落（クラスター）を作り、対象を階層的に分類
- 医学、心理学、生物学などで利用

天文学では分子雲コアの同定方法として最もよく使われている。



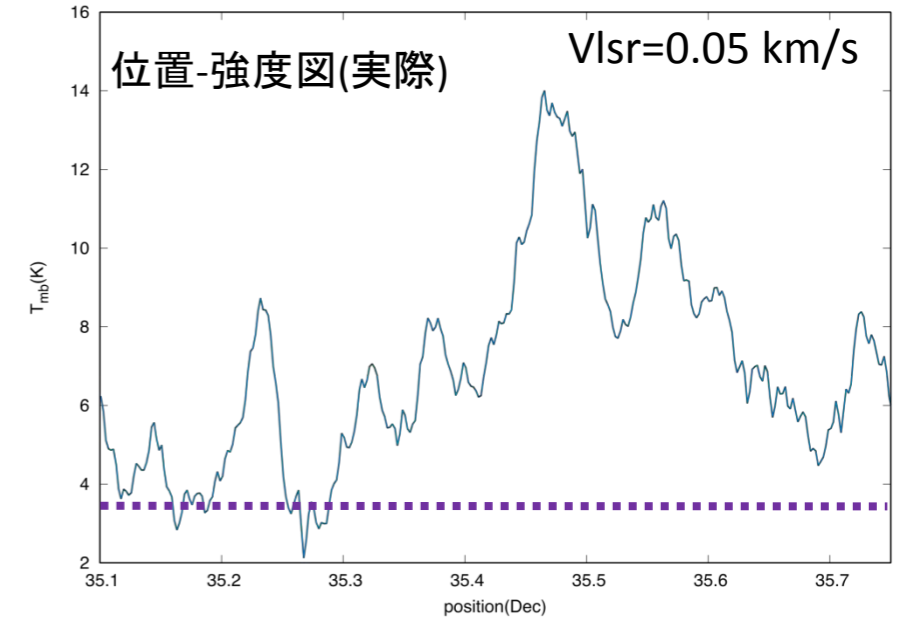
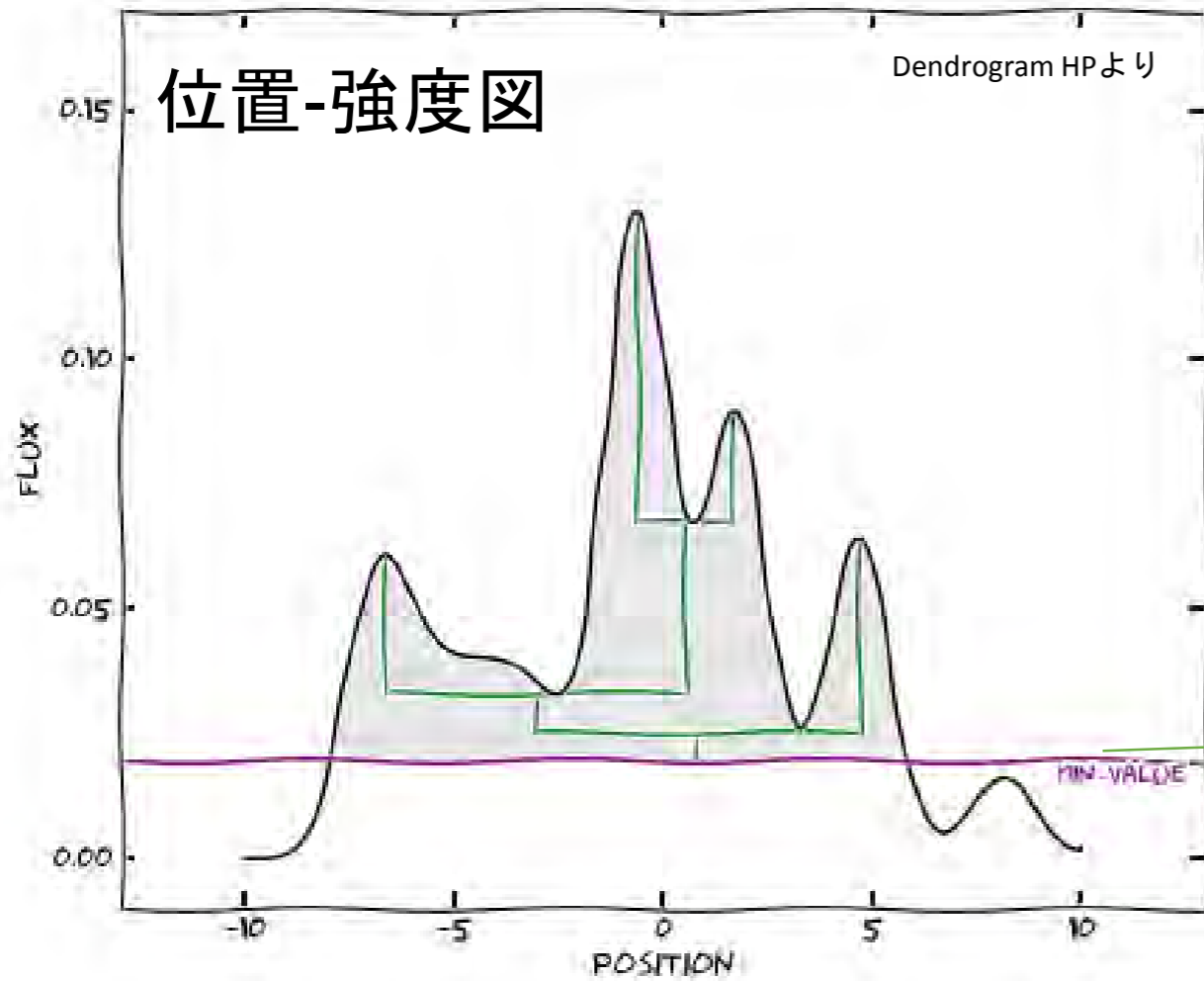
結果 野辺山45m鏡: dendrogram解析

dendrogram実行結果(例)



結果 野辺山45m鏡: dendrogram解析

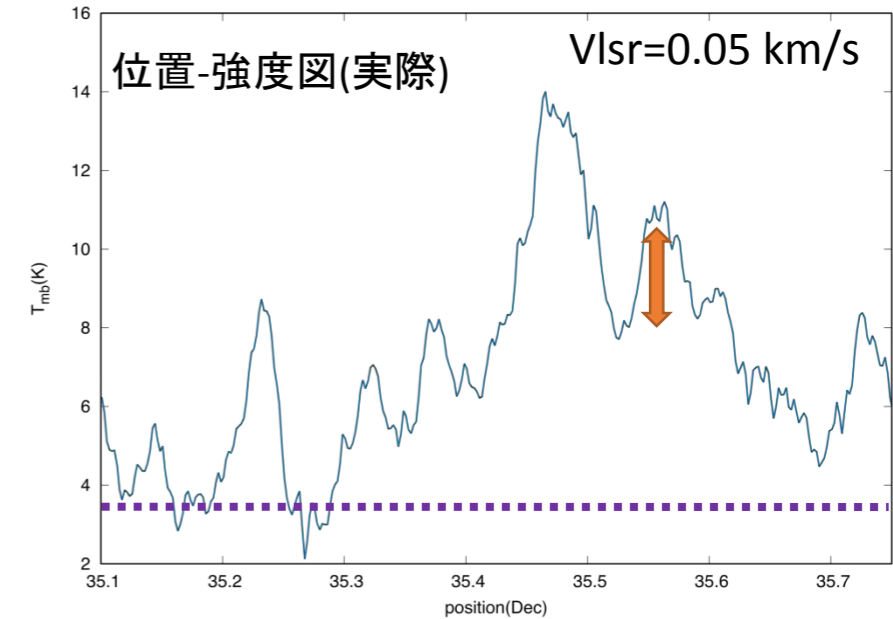
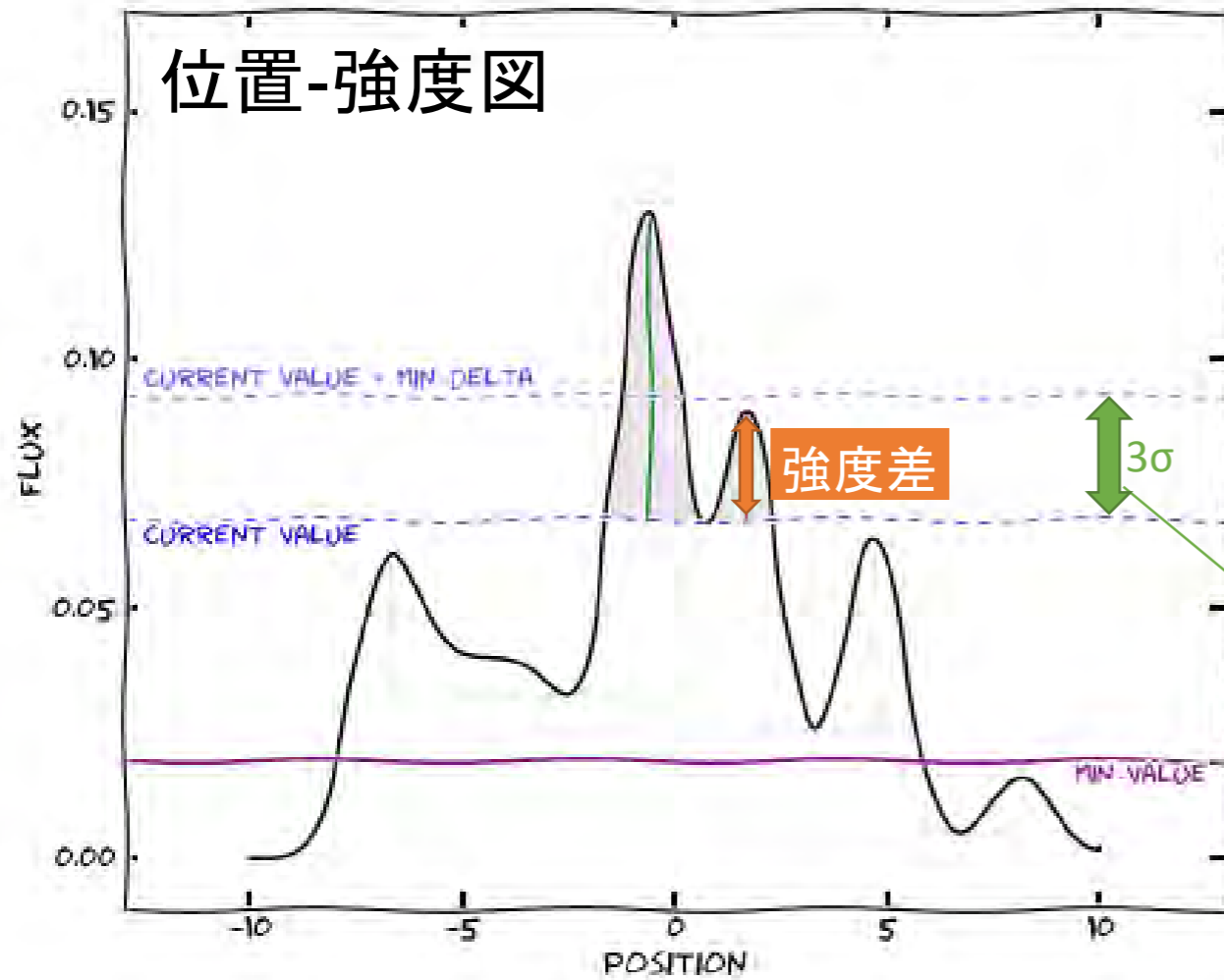
実際の解析に用いたパラメータ



強度の最小値 = 5σ
この値以上を分子雲構造
とみなす

結果 野辺山45m鏡: dendrogram解析

実際の解析に用いたパラメータ

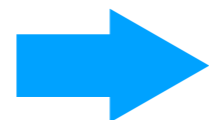
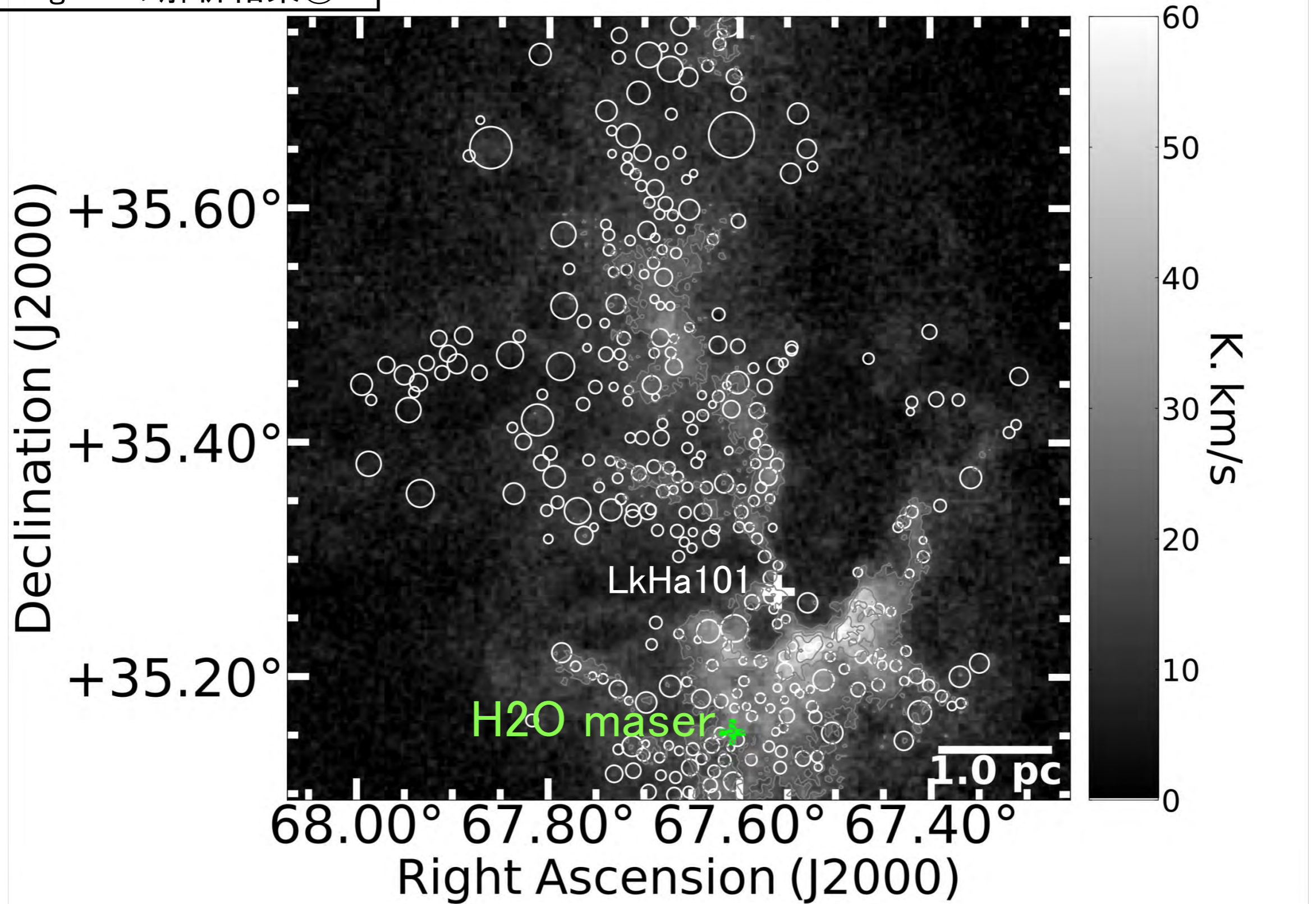


(構造が隣接する場合)

強度差の最小値 = 3σ
この値以上の場合
異なる構造と同定

結果 野辺山45m鏡: dendrogram解析

dendrogramの解析結果①

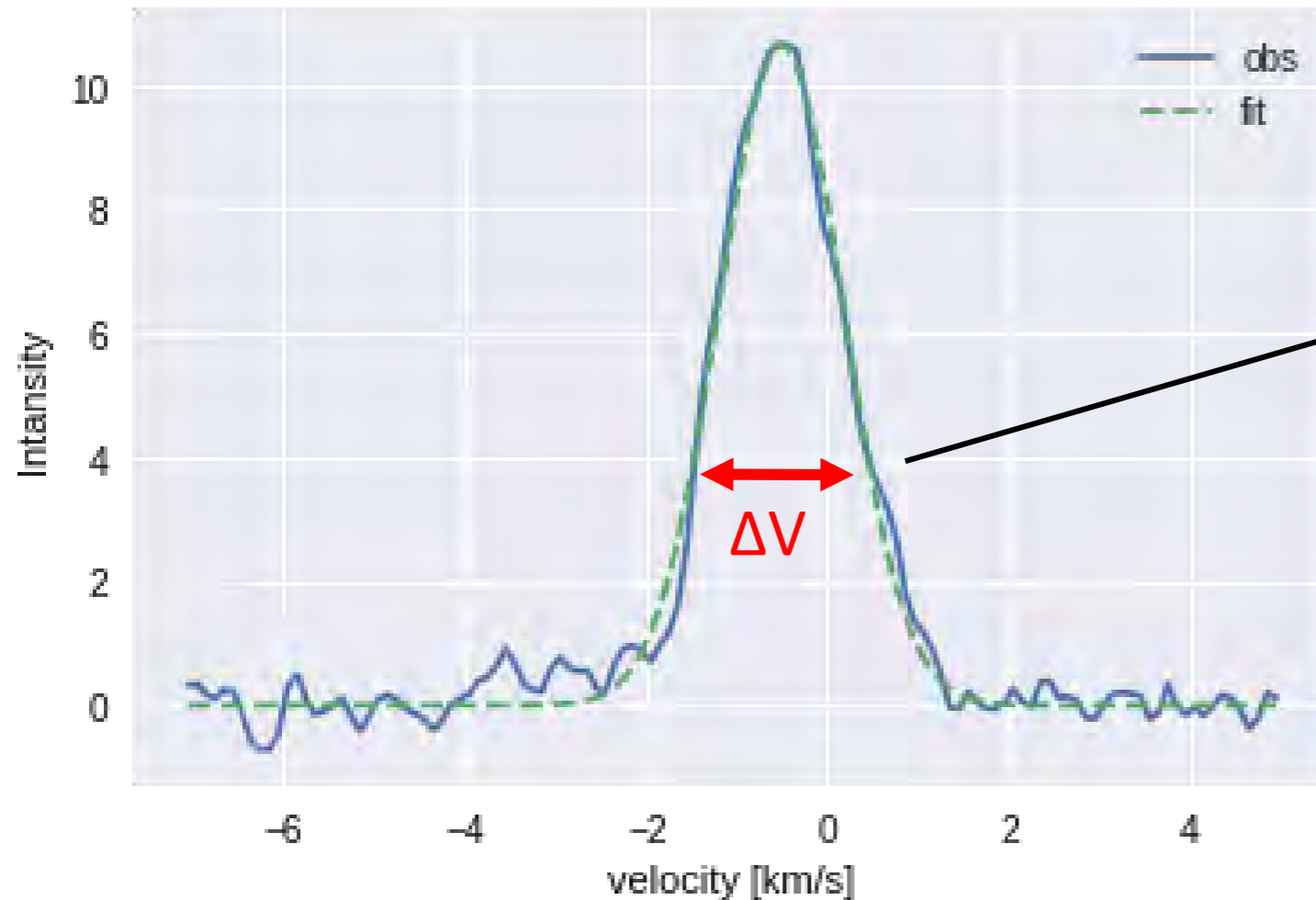


334個のコアの同定(白丸)

結果 野辺山45m鏡:dendrogram解析

同定されたコアに対するビリアル質量 M_{vir} の導出

structure=124



dendrogram解析で求められた $\Delta V, R$ からビリアル質量を導出

クランプに用いたビリアル質量の計算式

$$M_{vir} = 209 \left(\frac{R}{pc} \right) \left(\frac{\Delta V}{km\ s^{-1}} \right)^2 M_{\odot} \dots \text{式(1)}$$

(R :クランプの半径, ΔV :線幅)

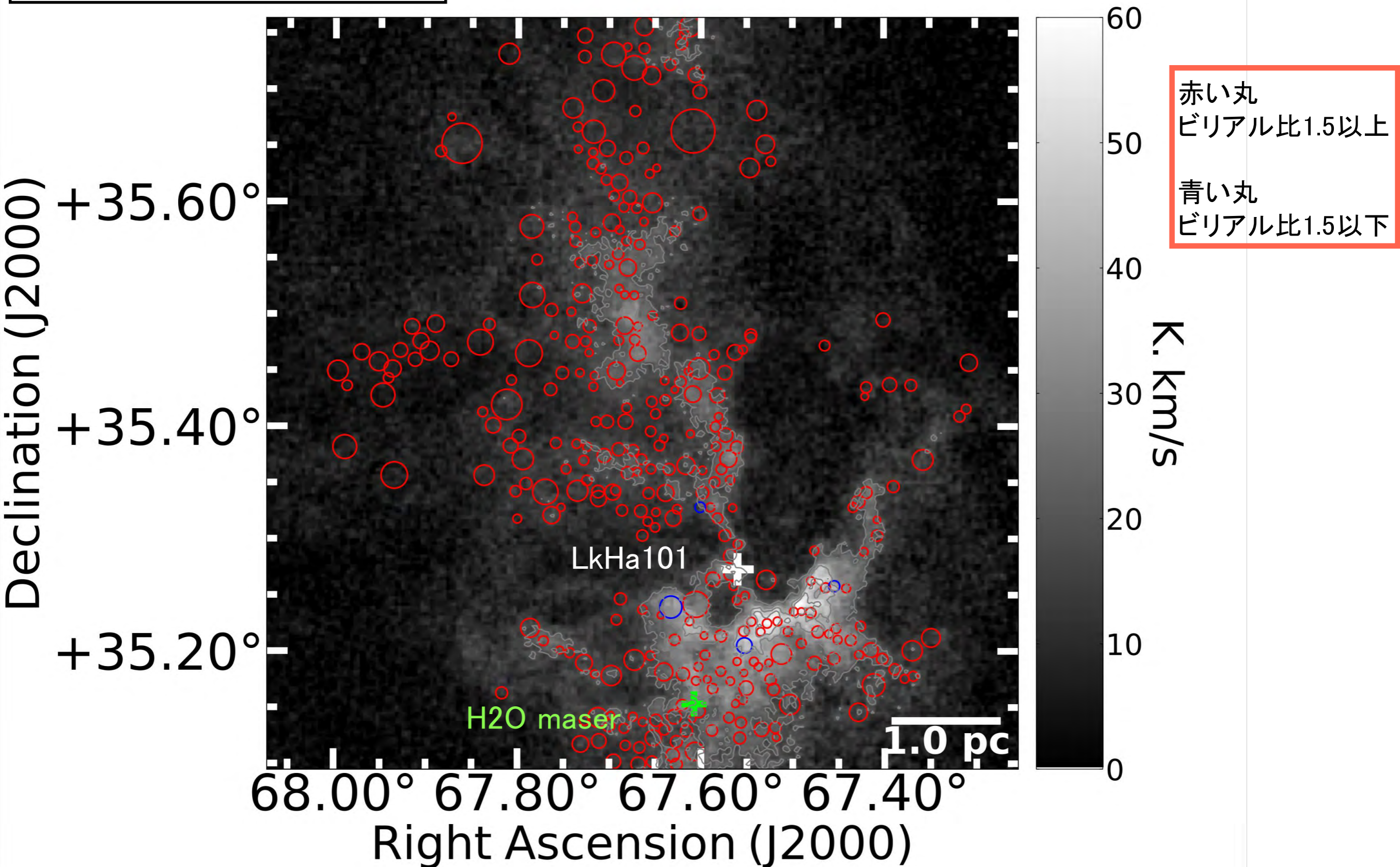
コアの平均スペクトル一例

$$\boxed{\text{ビリアル比}} = M_{vir}/M_{LTE}$$

ビリアル比 1.5以下 \Rightarrow 重力的に不安定なコア

結果 野辺山45m鏡: dendrogram解析

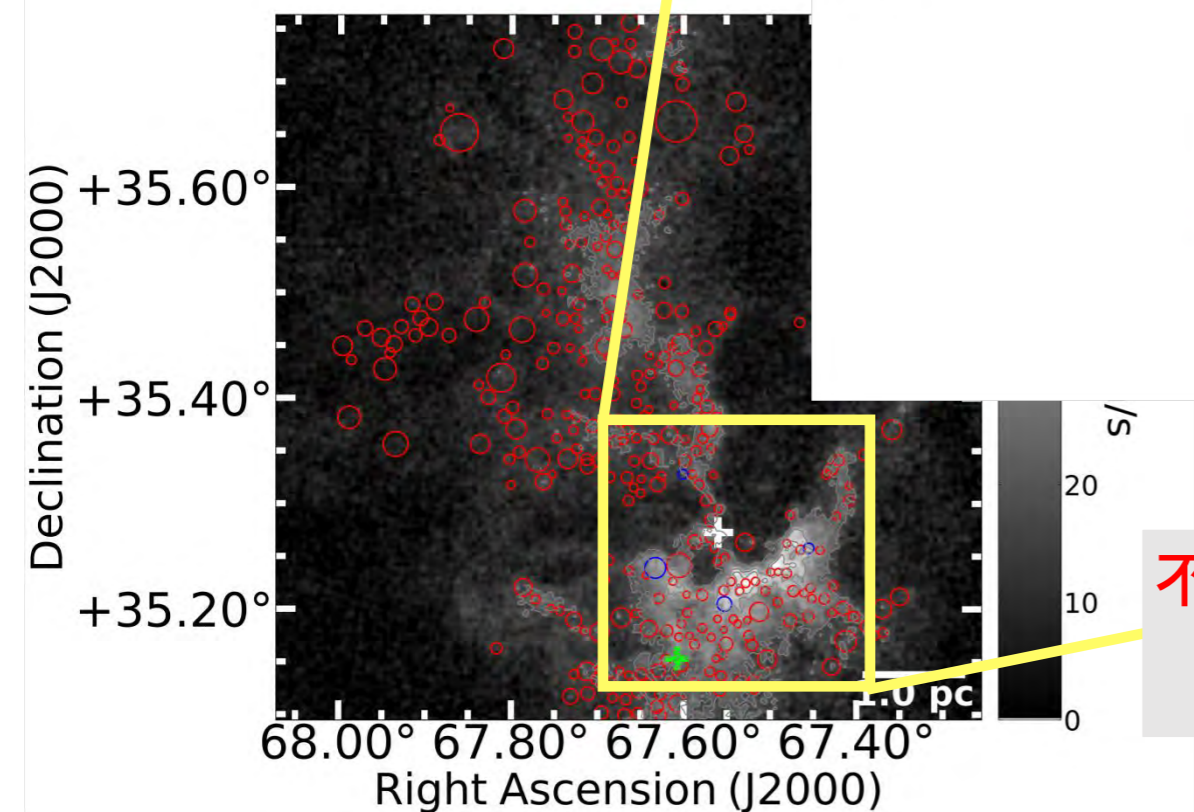
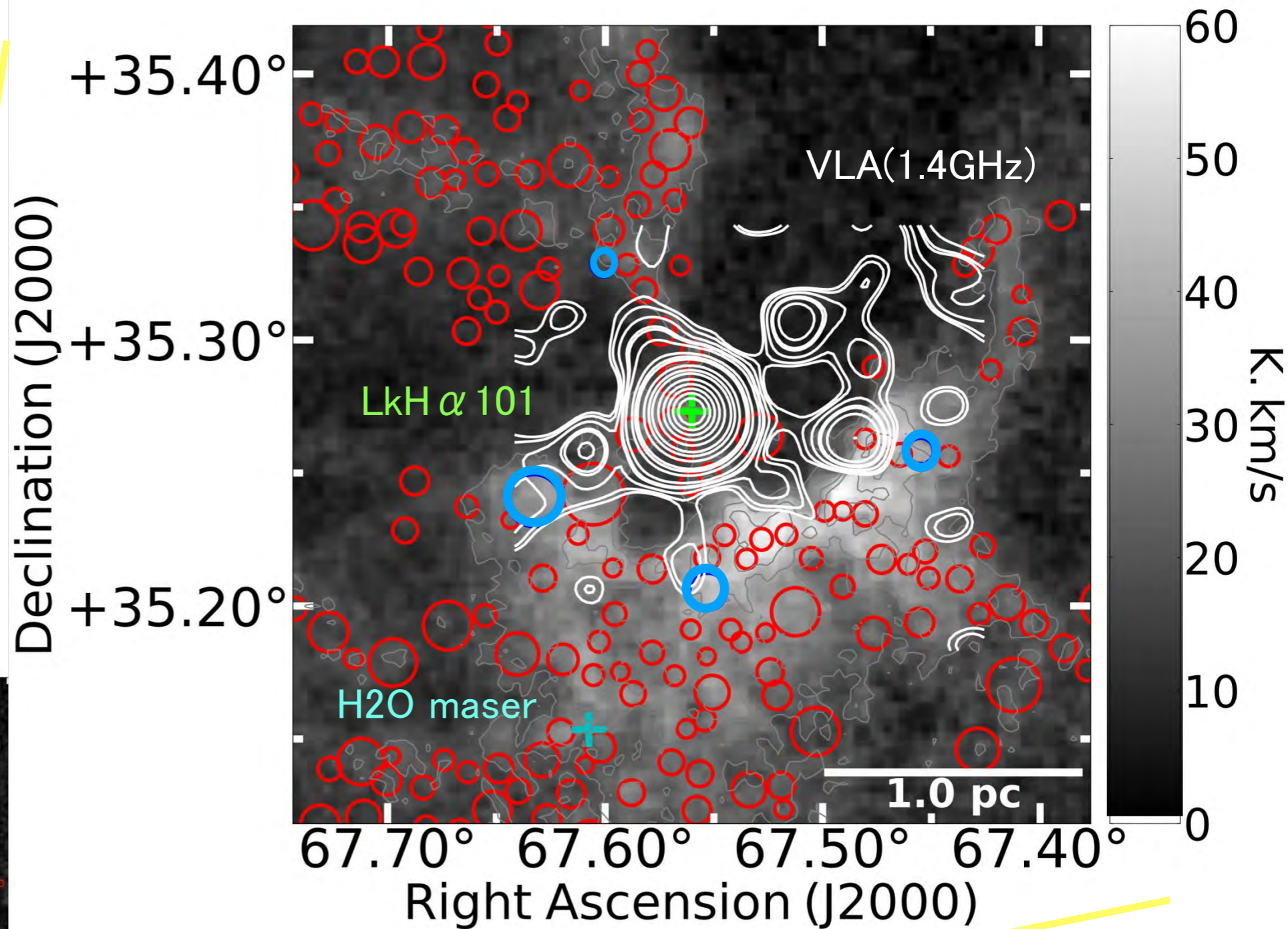
dendrogram解析の結果②



重力的に不安定なコア(ビリアル比1.5以下)が4つ検出された

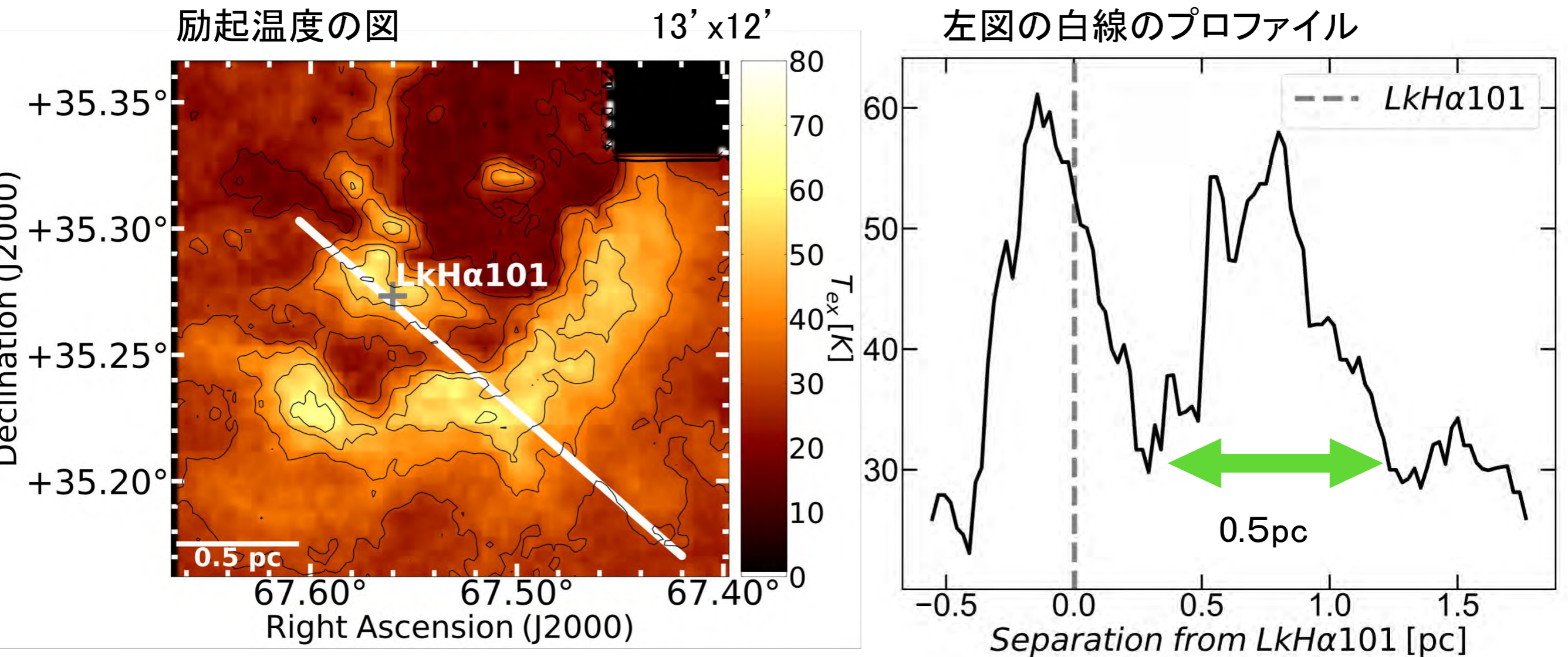
結果 野辺山45m鏡: dendrogram解析

VLA(1.4GHz)のコントア



不安定なコアはHII領域周囲にのみ存在
→HII領域による圧縮がコアに影響を与えている

考察①



PDRの理論モデルにおいて、UVは1Av,FUVは10Av(0.04pc)まで分子雲の中に入っていくとされている。

今回観測されたwarmed regionsの厚さは0.5pc程度

➡ LkH α 101より南部の方はクランピーな構造をしている
Goicoechea et al.2016にあるOrion bright barと似ている。

考察①

Orion Bright Bar

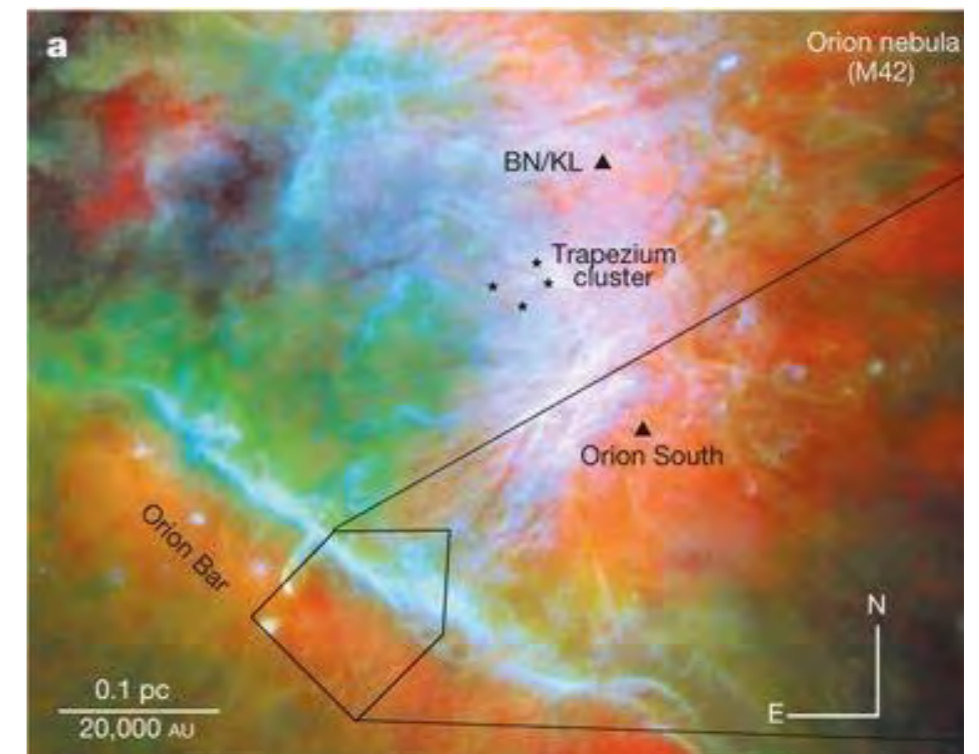
ALMAの観測

Goicoechea et al., Nature 537, 7619, Sep. (2016)

1. fragmented ridge of high density substructure
2. photo-ablative gas flows

結論

the cloud edge has been compressed by a high pressure wave that currently moves into the molecular cloud.

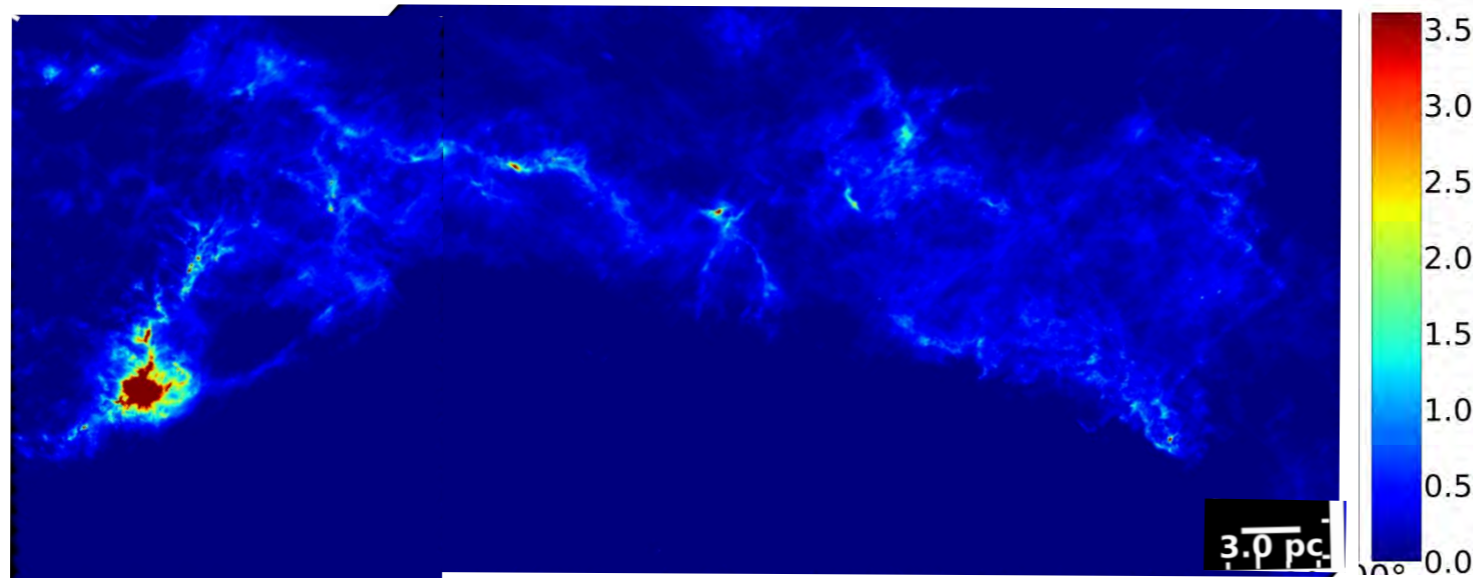


今回の結果

LkH α 101のような大質量星があれば、その周りに次世代の星たちが数百個誕生する

考察②

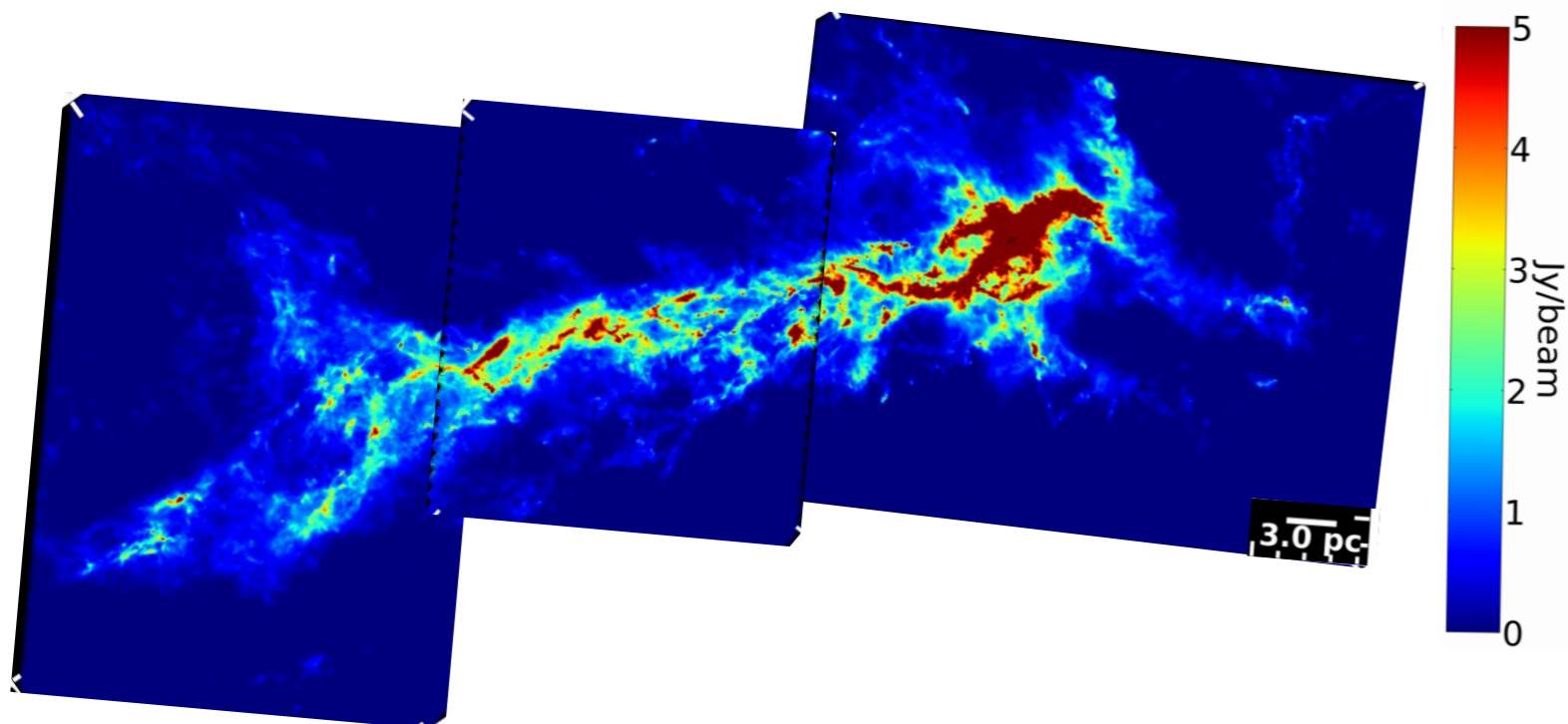
カリフォルニア分子雲(Herschel:350 μ m)



CMCとOMCの星形成率の違い

OMCに比べてCMCのフィラメントは少ない

オリオン分子雲(Herschel:350 μ m)

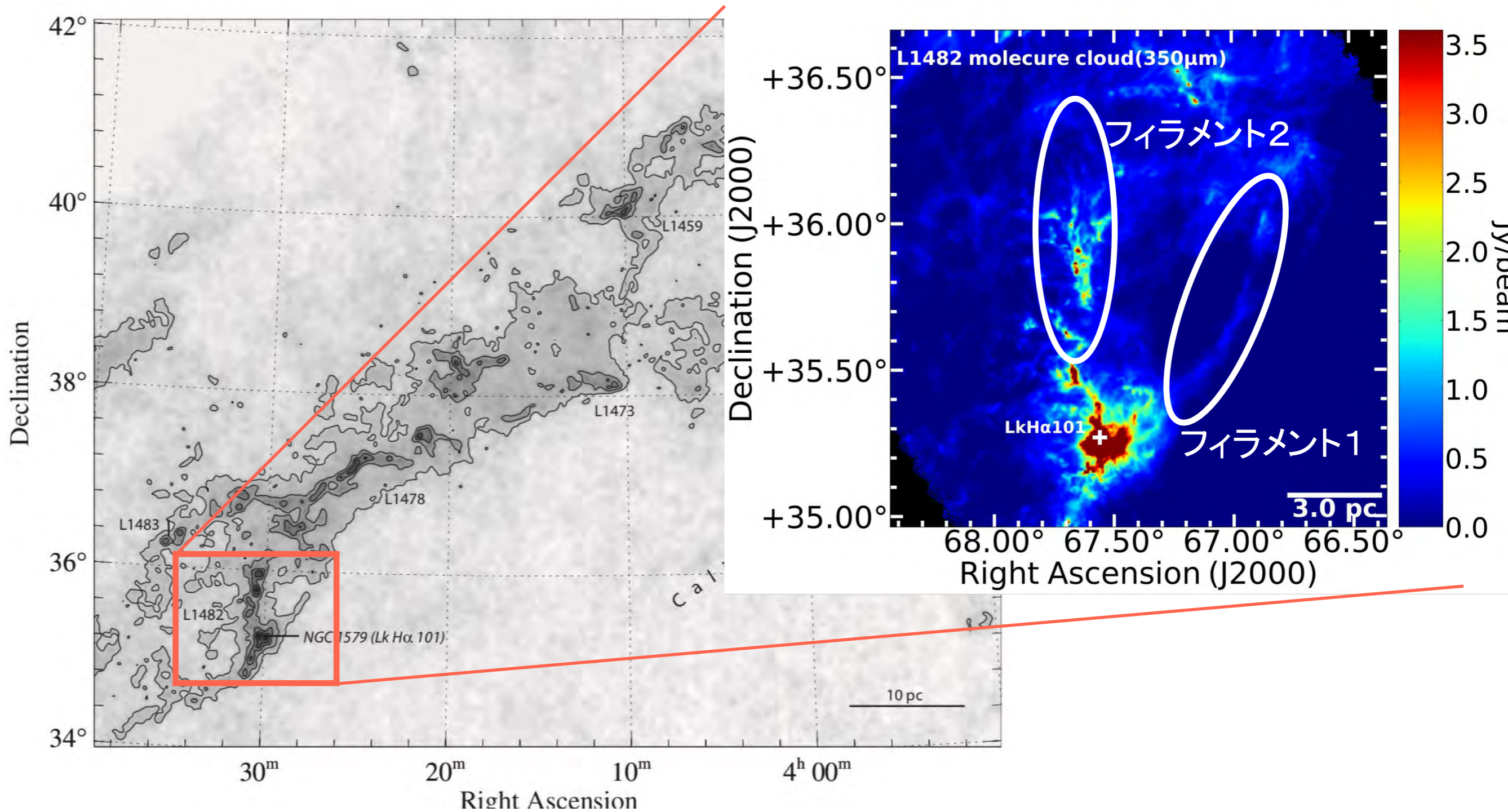


➡ 大質量星が誕生しないため、トリガー星形成が起こらないことから星形成率もOMCに比べて1桁小さくなると思われる。

考察

Herschel350 μ mの画像

↓ カリフォルニア分子雲(L1482領域)

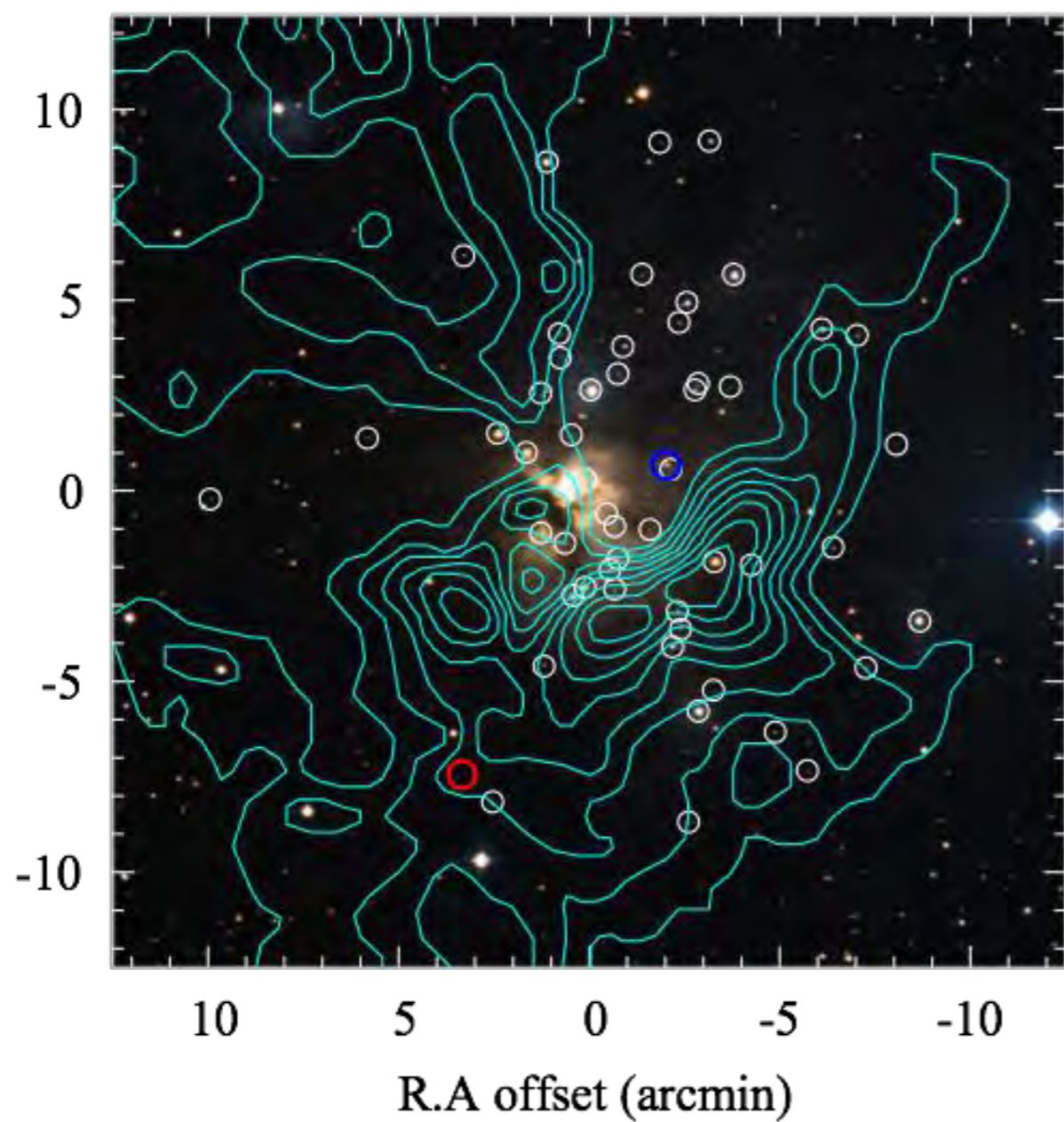


大質量星の誕生 ==> フィラメントが相互作用することで発生すると推定

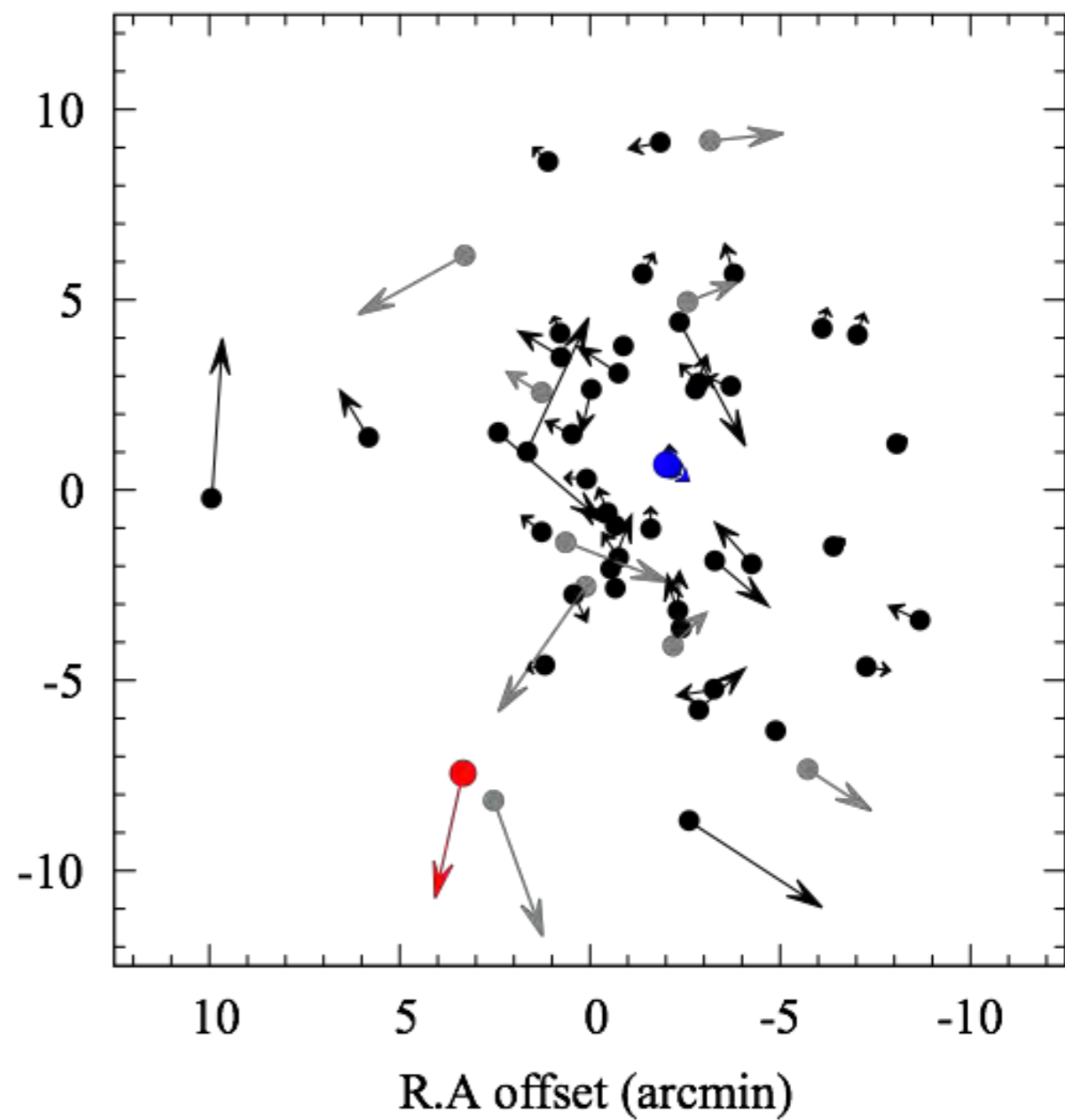
・LkH α 101もフィラメントの相互作用で誕生したと思われる。 Li et al.2014

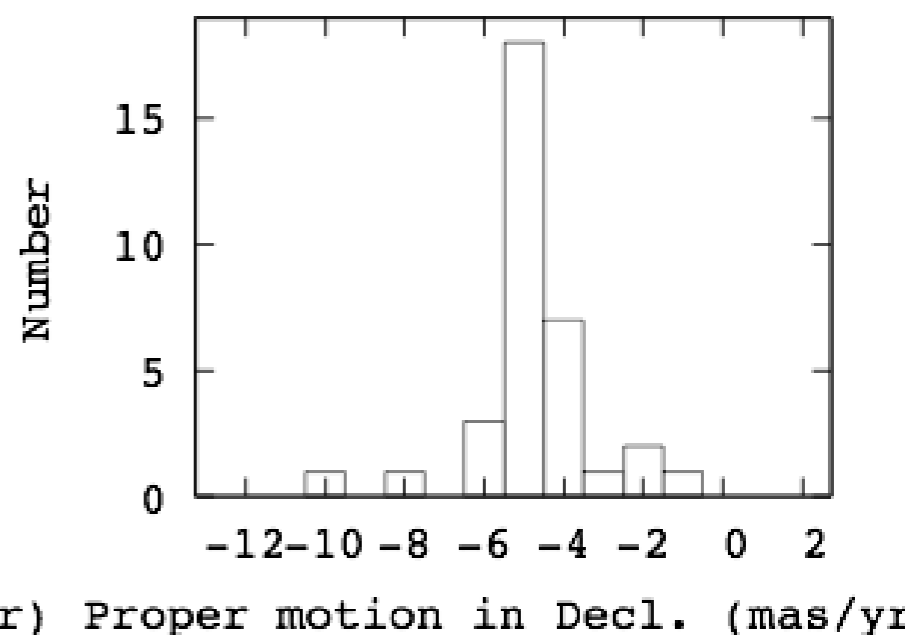
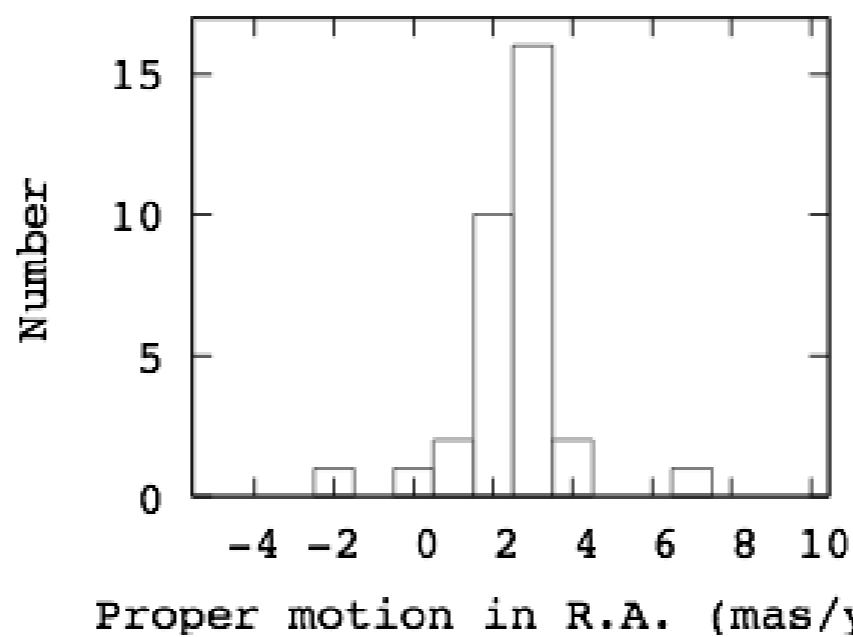
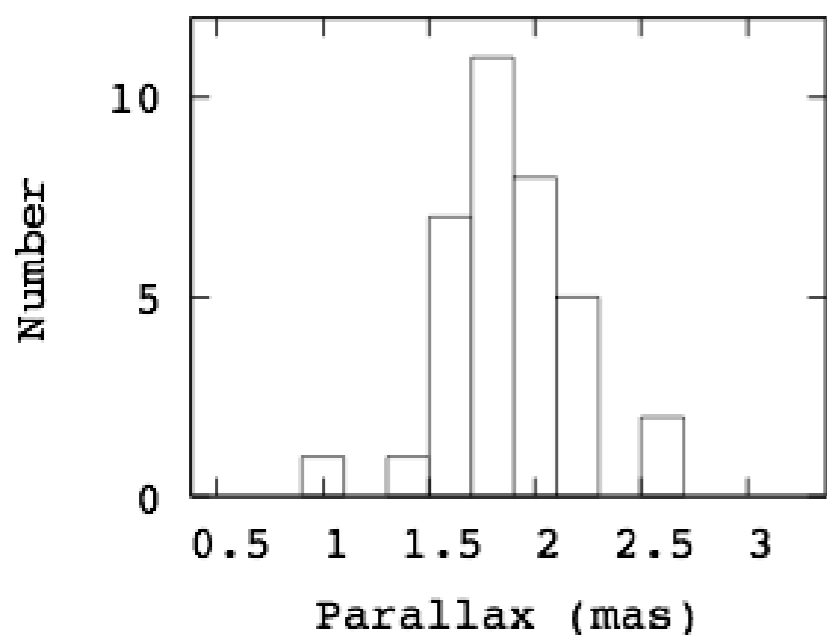
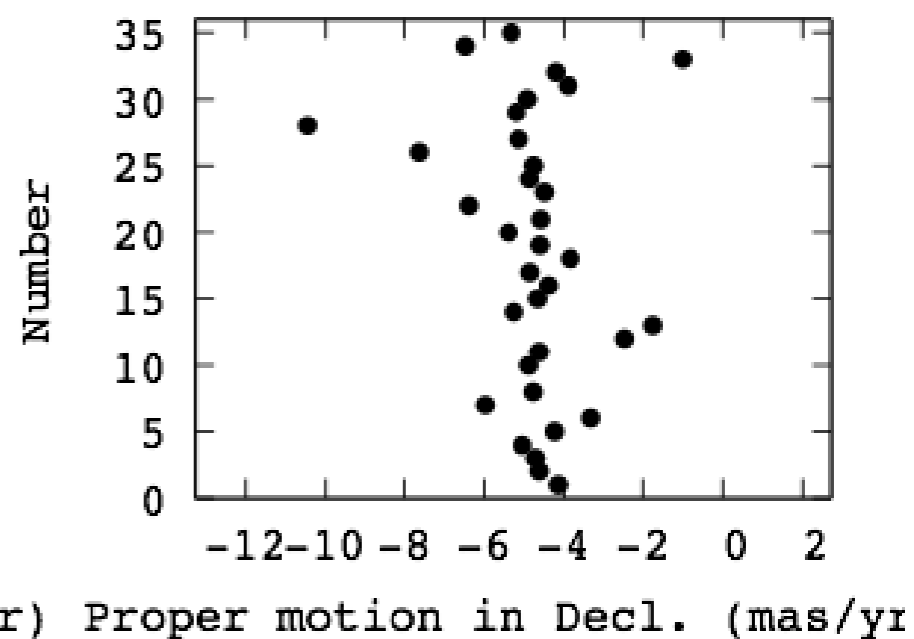
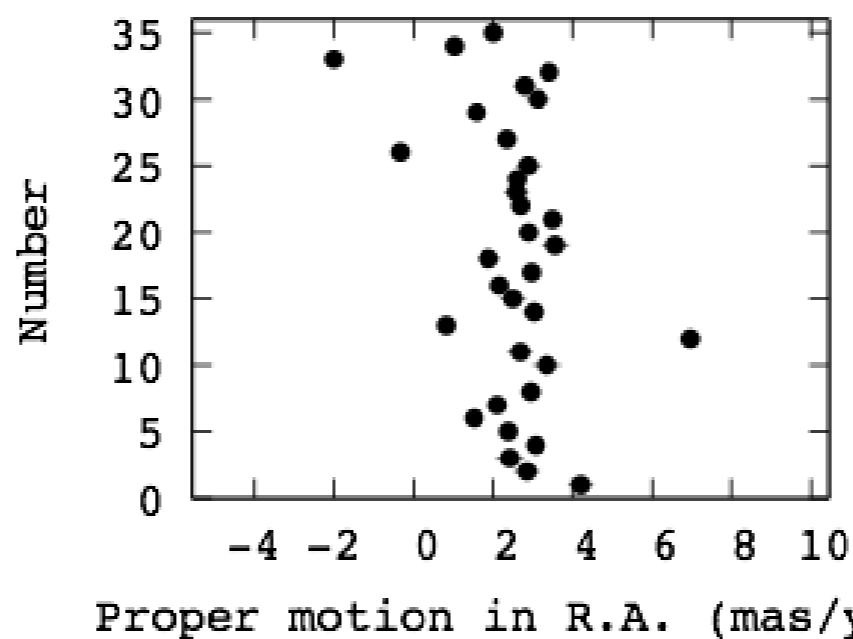
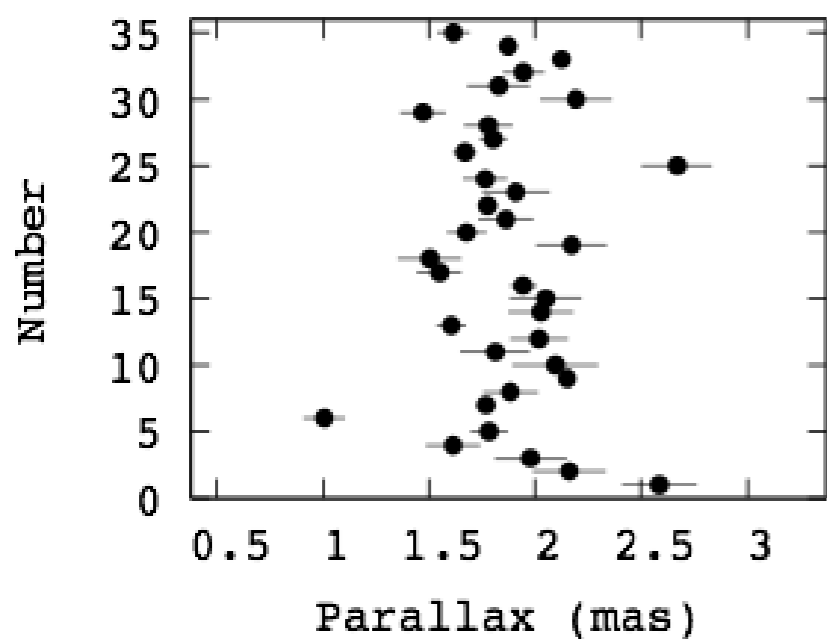
Fin

Decl. offset (arcmin)



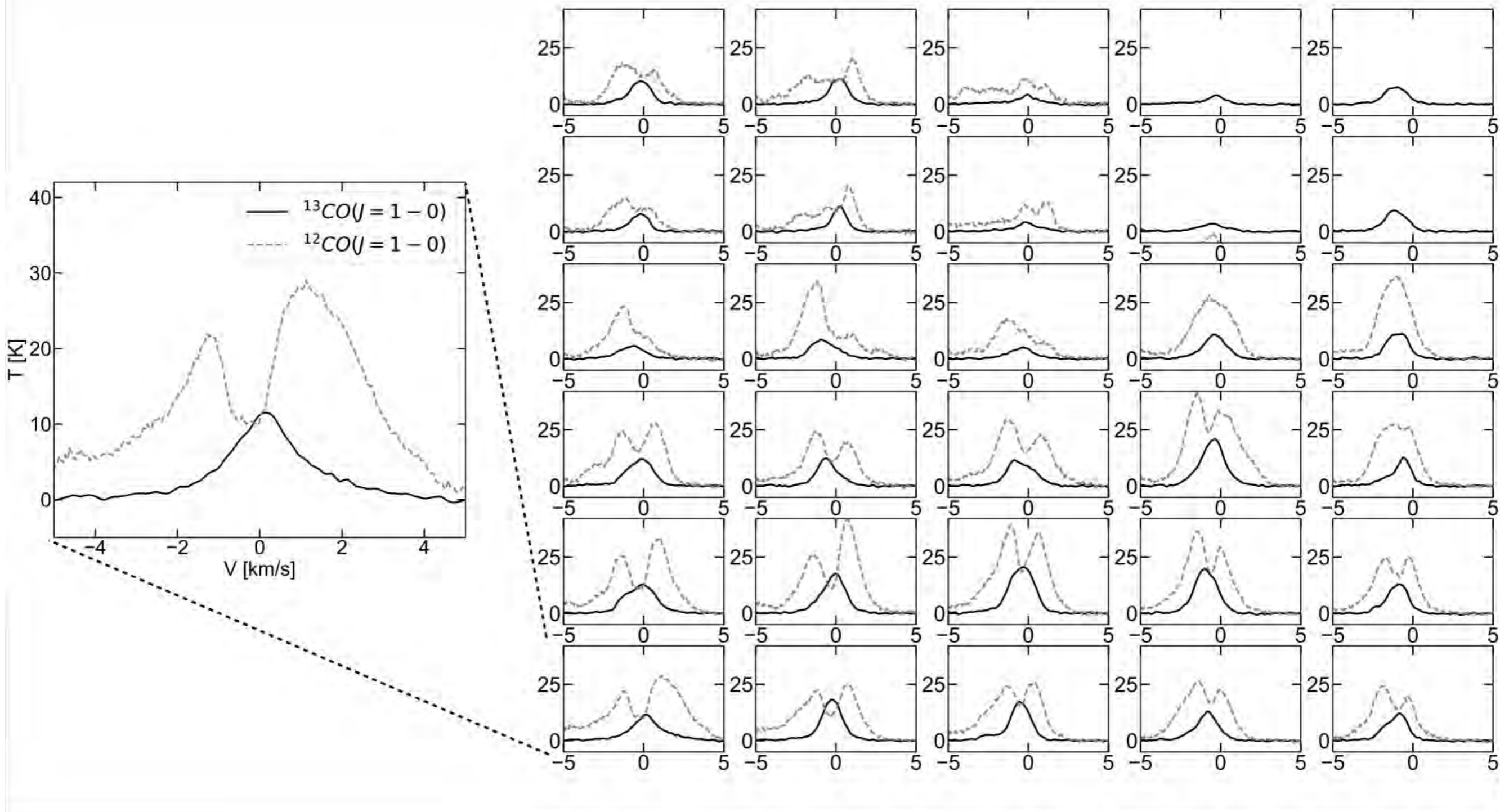
Decl. offset (arcmin)





12CO(J=1-0)と13CO(J=1-0)のプロファイルマップ (*12CO観測領域内)

13' x 12'



南部の方で自己吸収が見られる

