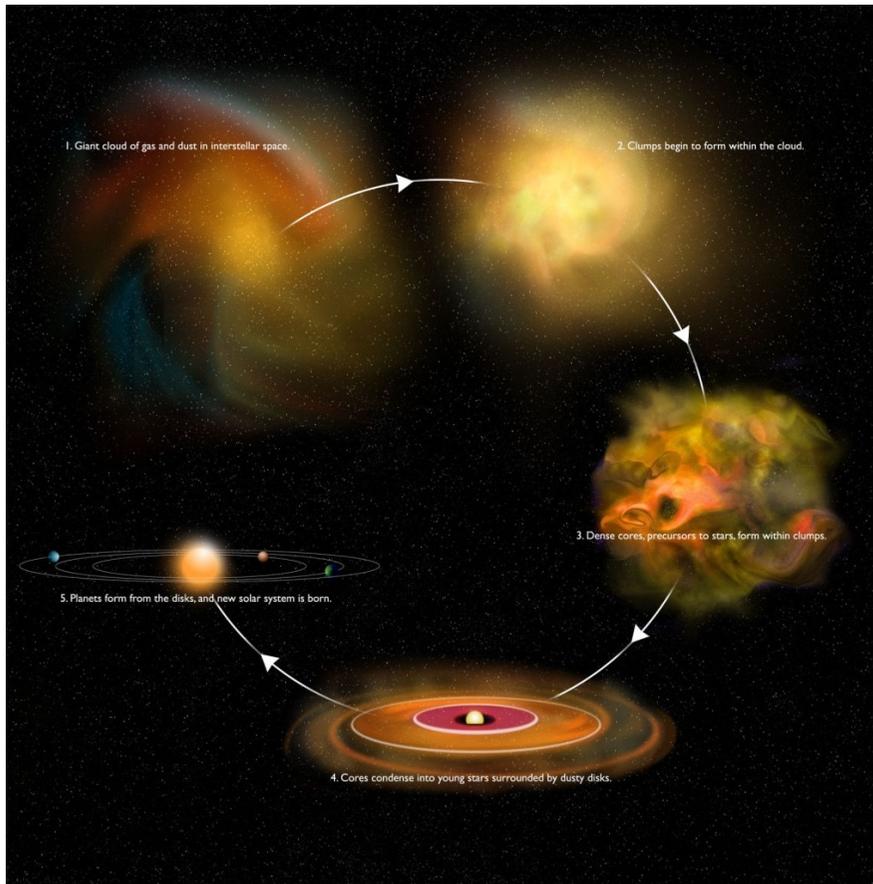


クエーサーに対するシルエットでみる
“電波暗黒雲”の構造・運動・化学組成

成田 佳奈香

(東京大学大学院 阪本研 修士2年)

はじめに

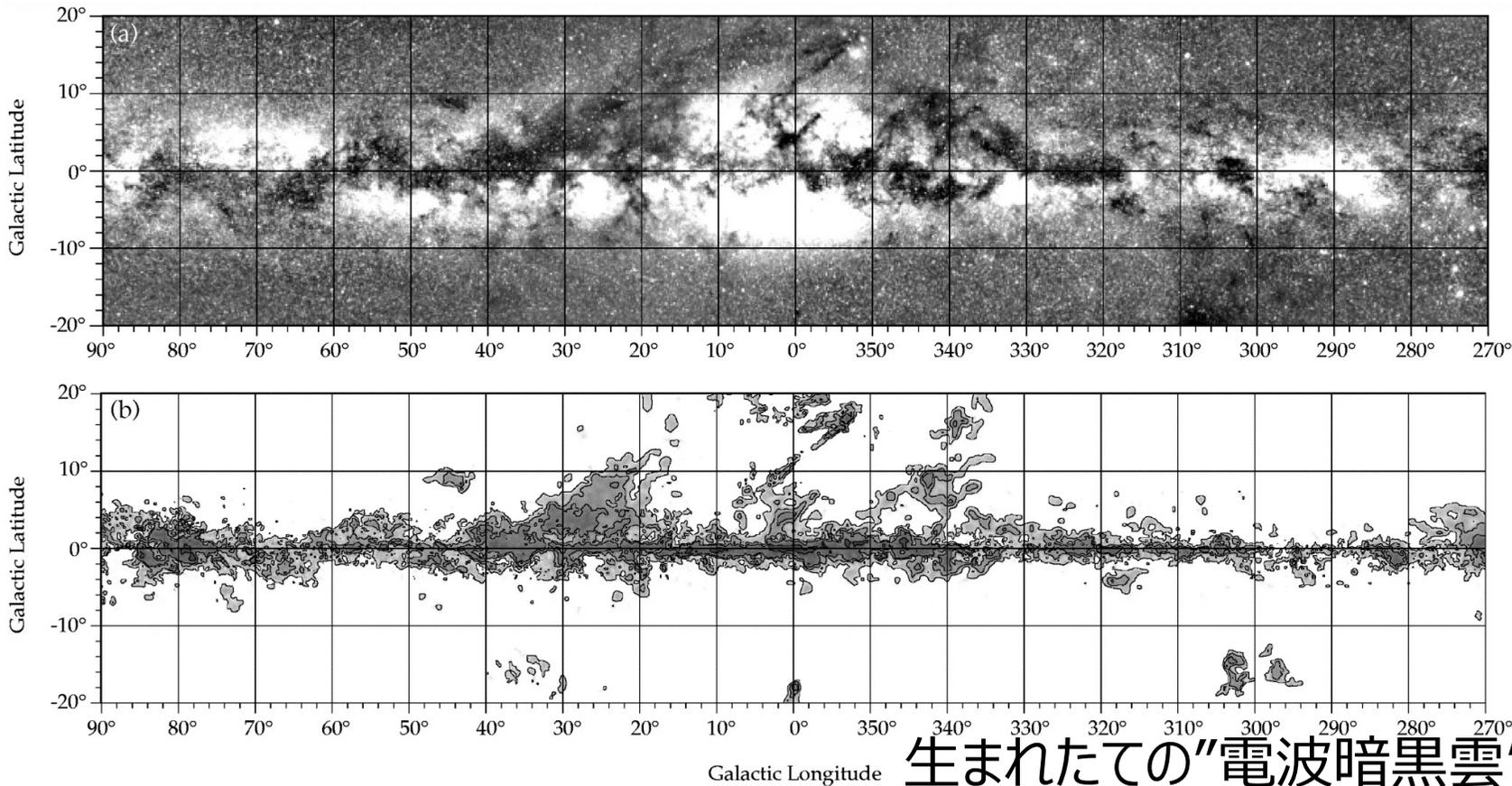


星は主に水素分子ガスからなる分子雲から生まれる。生まれた星はそのときの質量に応じて異なる進化をして、死ぬときにガスを星間空間にまきちらす。そしてそこから再びガスが集積して分子雲が生まれる。

このような宇宙での物質循環において、星の性質を決める役割を持つ分子雲の形成や進化について理解することは重要である。

ところが、**分子雲進化の初期条件である生まれたての分子雲**は希薄なため観測が難しく、その詳細構造や運動、化学組成などは進化はほとんどわかっていない。

光で見た暗黒雲と電波で見た分子雲



星の光を背景にしてシルエットでみえる暗黒雲も、電波での分子輝線観測では分子雲として光って見える

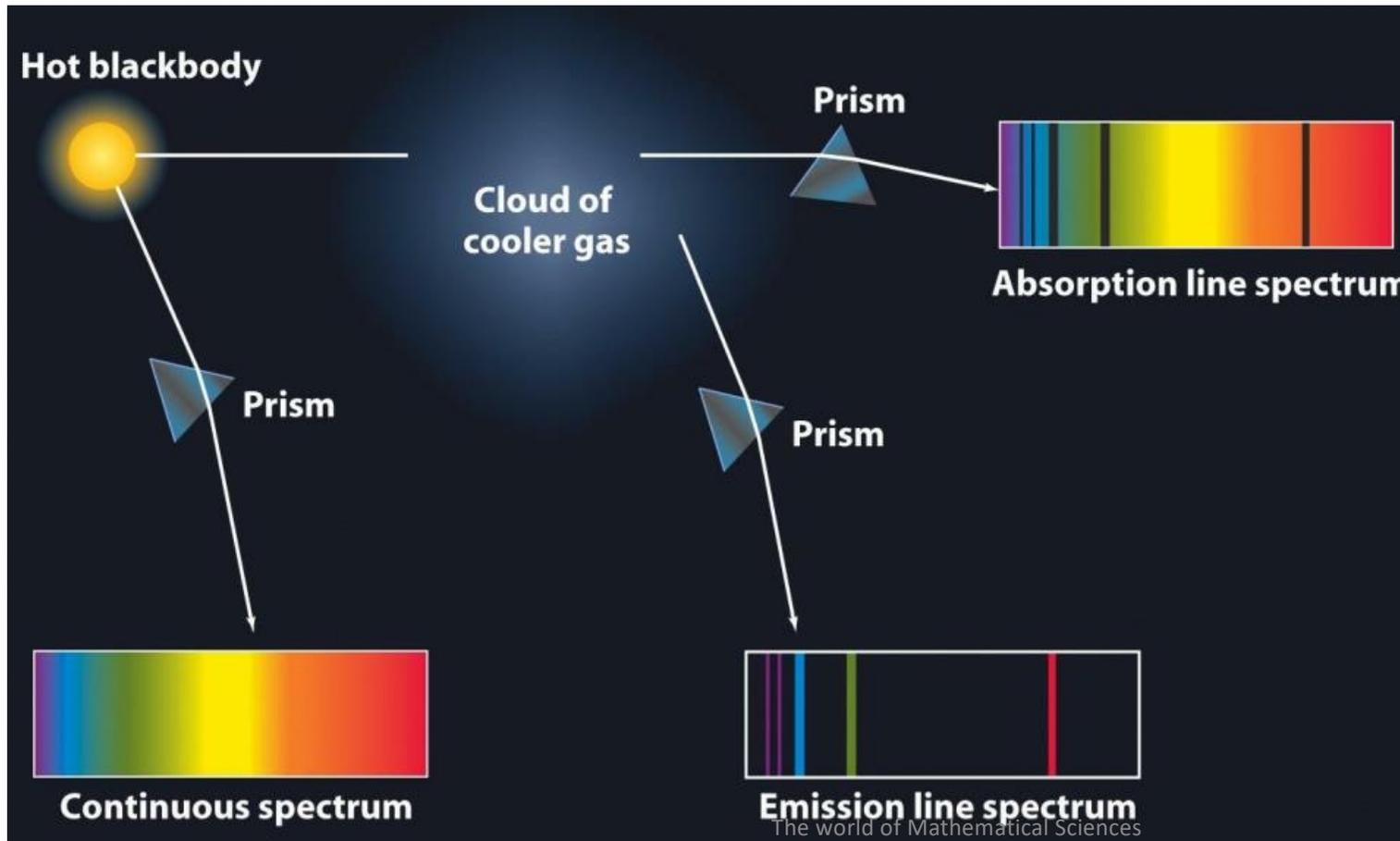


すべての分子が本当に見えているのだろうか？

生まれたての“電波暗黒雲”はどこにあるのか

Dame et al. 2001, ApJ, 547, 792

分子ガスからの輝線と吸収線



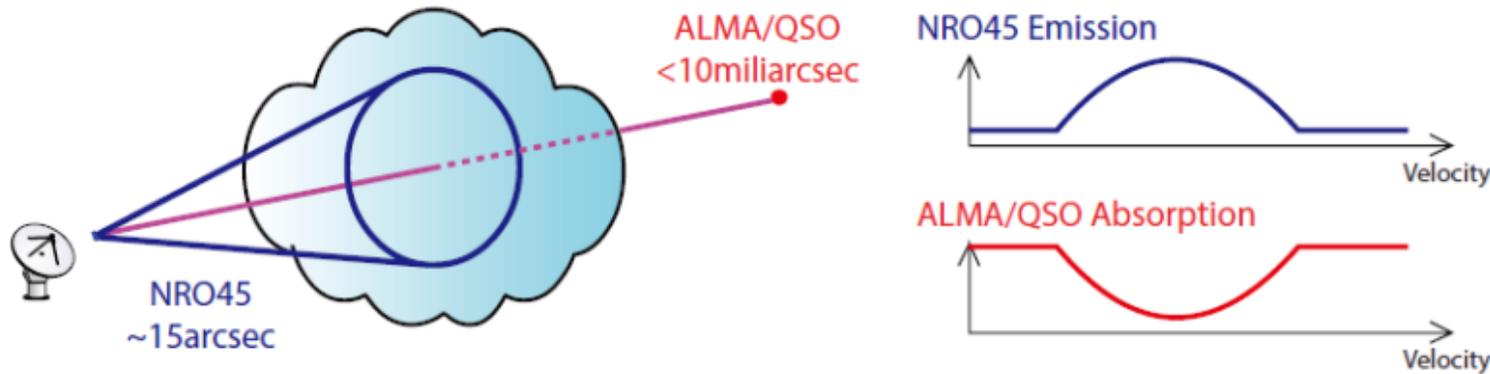
強い輝線を出せないような希薄で低温のガスでも、明るい電波源が背景にあれば、吸収線で見える



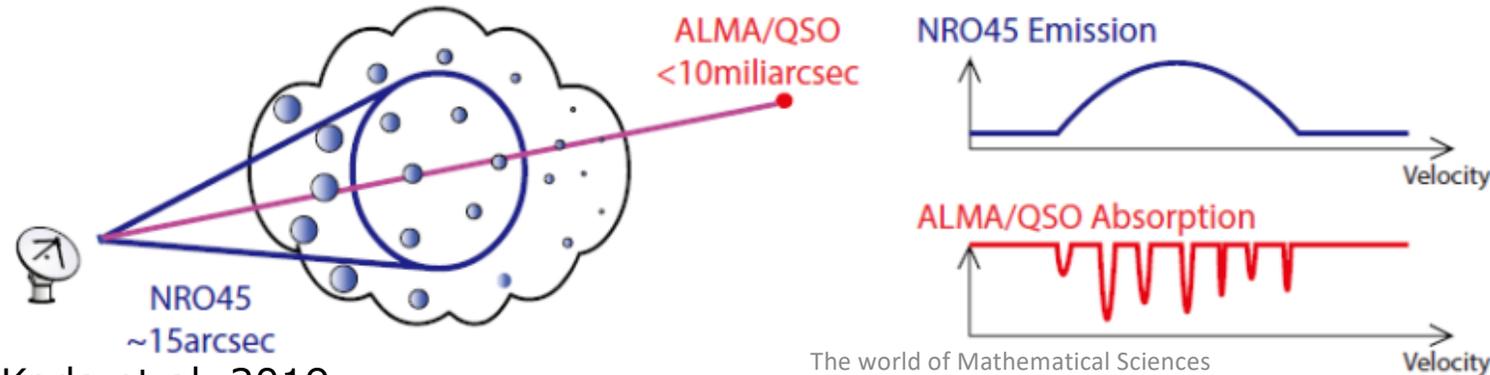
銀河面の背後のクエーサーを背景電波源として、さまざまな分子の吸収線を探してみる

ALMAと野辺山45m鏡の強力タッグ

(a) Continuous medium



(b) Clumpy medium

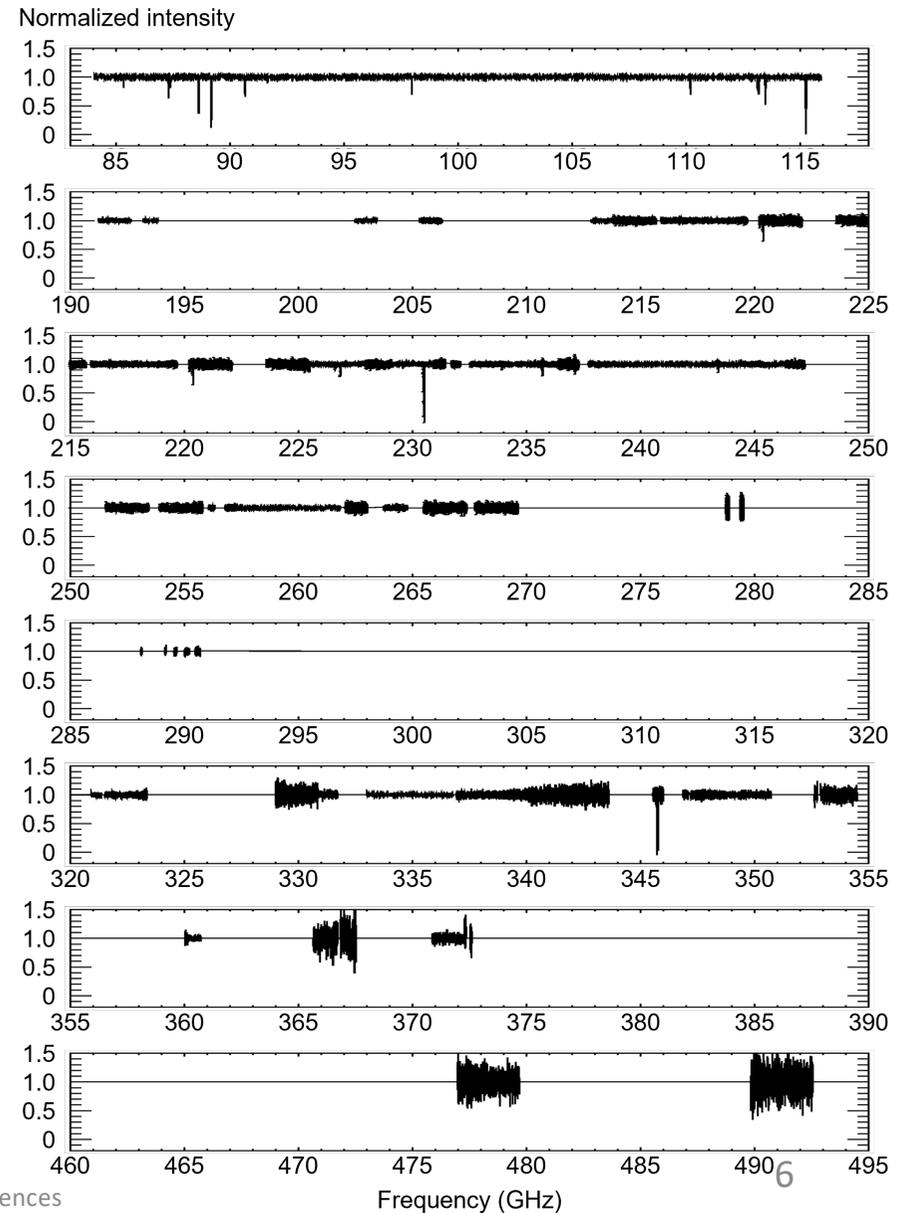


ALMAを用いた
吸収線観測と、
野辺山45m鏡に
よる輝線観測を
組み合わせれば、
分子雲の詳しい
内部構造や運動
が見えてくる

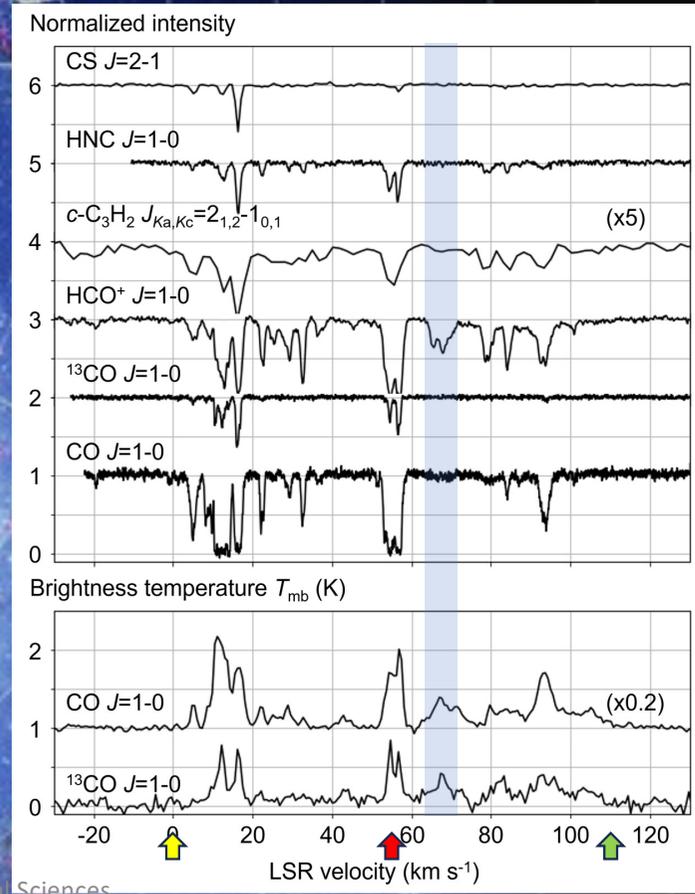
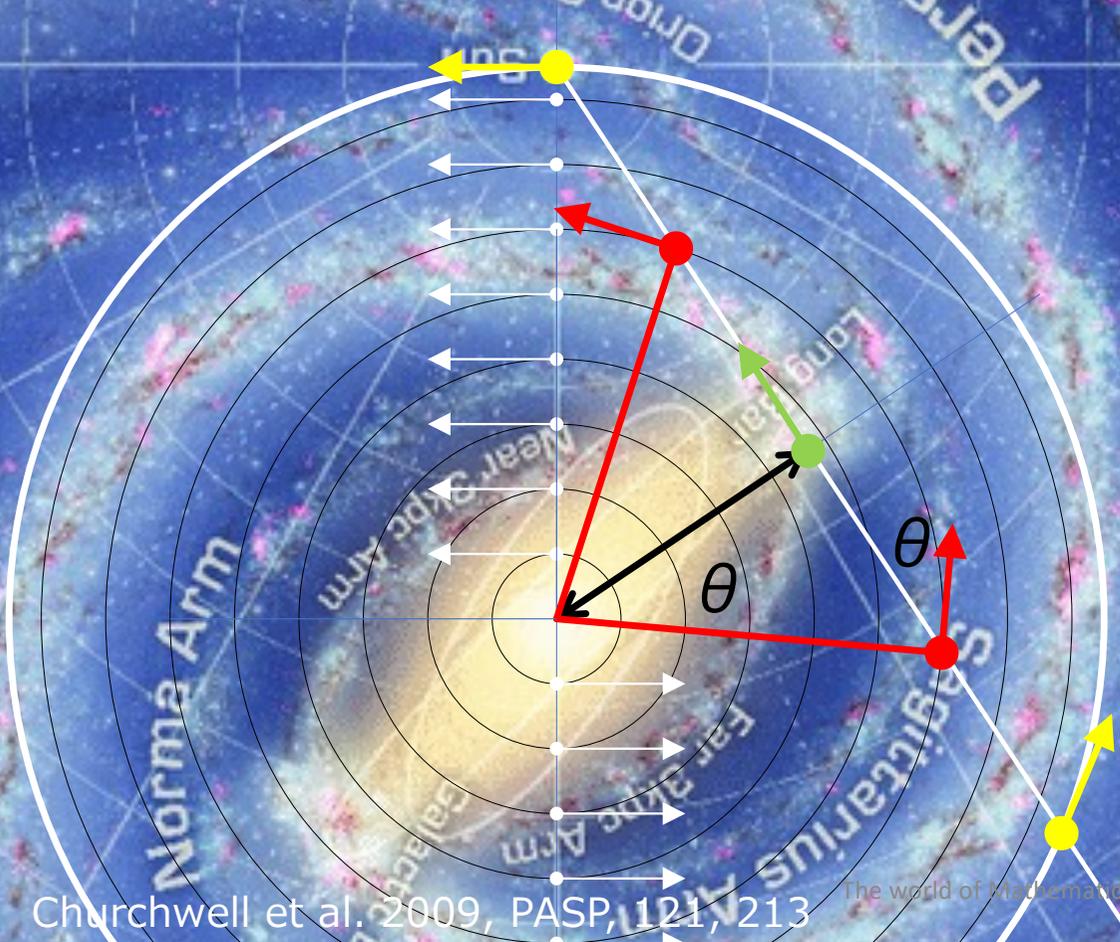
分子雲の化学組
成の多様性も見
えるかもしれない

得られた吸収線スペクトル

- ALMA校正用データに着目
- ALMAを用いた吸収線観測では CO、 HCO^+ 、 HCO 、 HCN 、 HNC 、 CN 、 C_2H 、 $\text{c-C}_3\text{H}_2$ 、 CS 、 SO 、 SiO 、 C を検出
 - 低密度の分子雲でもさまざまな分子が合成されている
- 野辺山45m鏡を用いた輝線観測ではCOのみを有意に検出
 - CO以外は希薄な分子雲中では励起されづらい



さまざまな場所からの吸収線・輝線の検出



ALMA+QSO



$<0.01'' = 50\text{AU}$
@5kpc

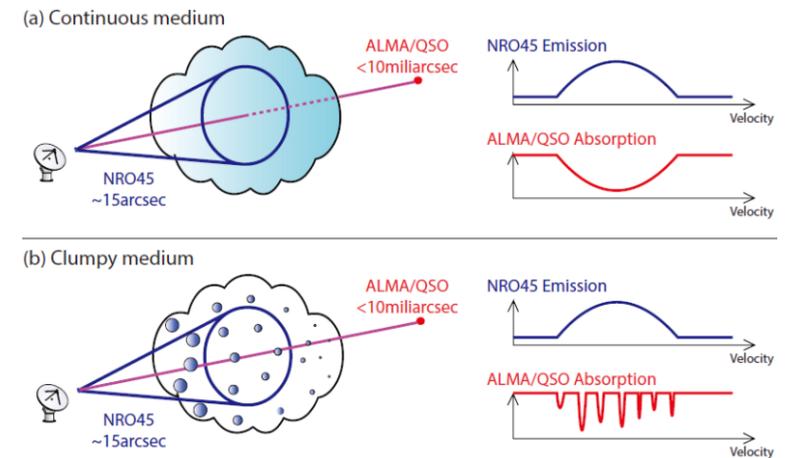
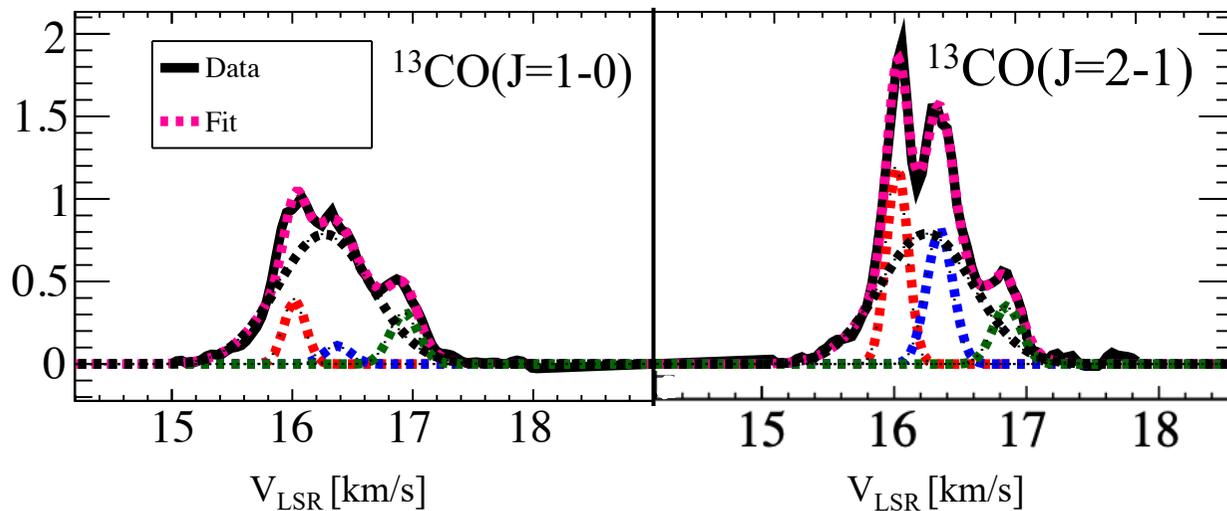
NRO 45m



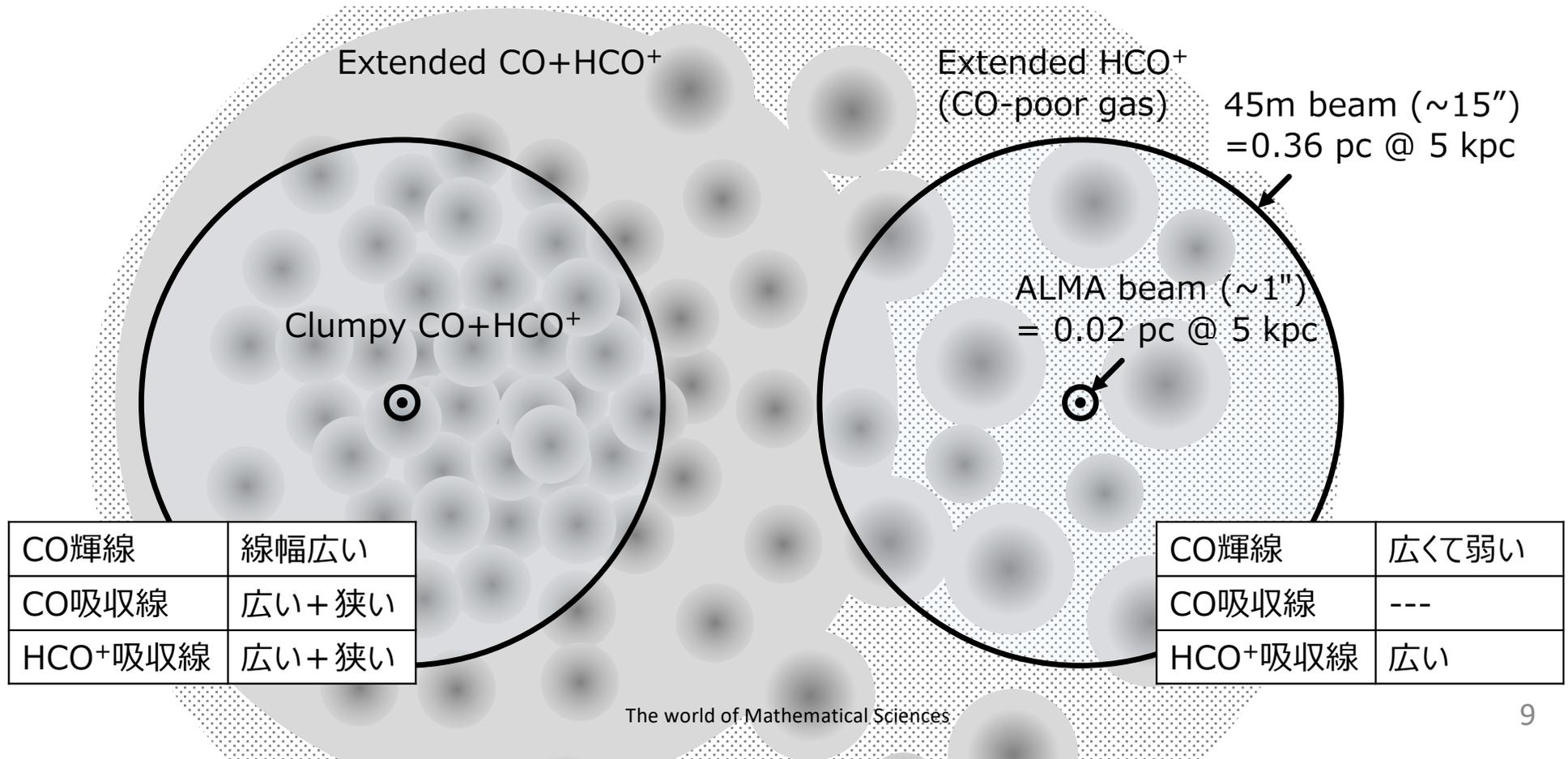
$15'' = 0.4\text{pc}$
@5kpc

個々の吸収線スペクトルのフィッティング

吸収線のそれぞれの速度成分は、線幅の狭い成分と広い成分からなる。
これらが塊状の成分と広がった成分に起因すると考えるとうまく説明できる。
→分子雲の内部での乱流も、これらの2成分があれば維持できるかもしれない。



見えてきた分子雲の最小構造単位



見えてきた分子雲の最小構造単位

Extended CO+HCO⁺

Extended HCO⁺
(CO-poor gas)

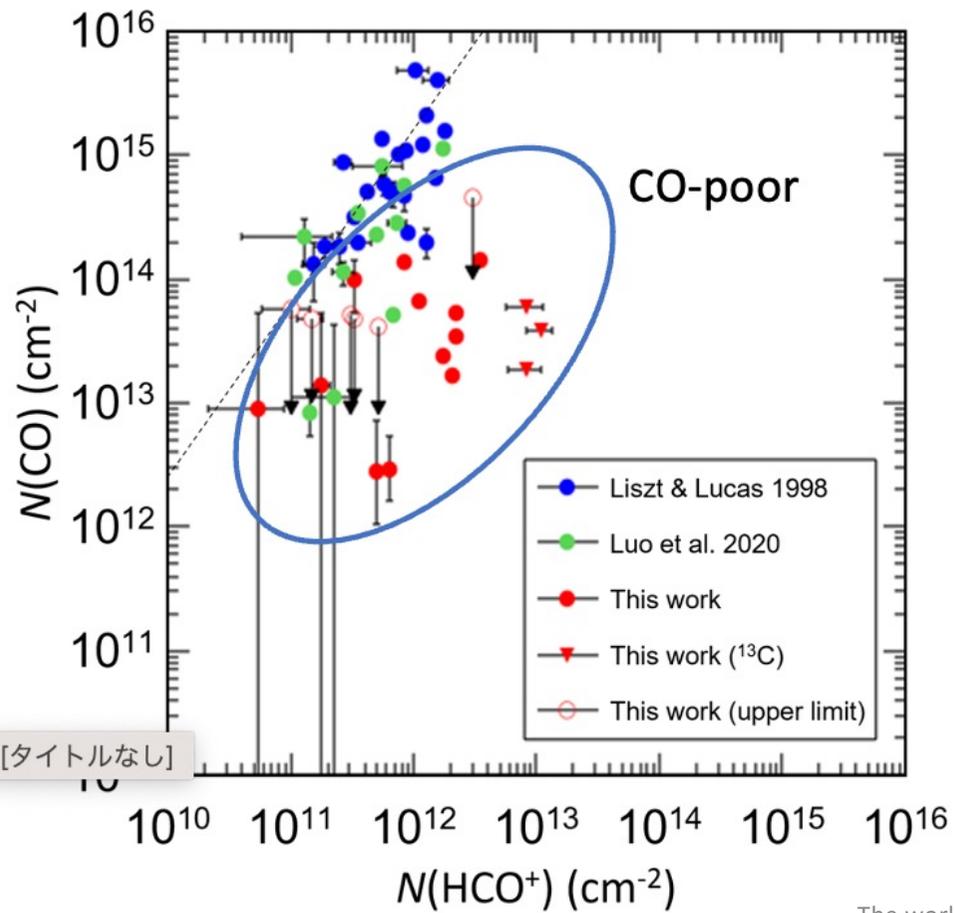
45m beam (~15")
=0.36 pc @ 5 kpc

予想される微細な空間構造は、質量が小さく、自己重力によって安定化することはない。このような希薄かつ乱流的な相と微細かつ冷たい相を生成する機構は何か？
→有力視されるのは熱的不安定性？

CO輝線	線幅広い
CO吸収線	広い+狭い
HCO ⁺ 吸収線	広い+狭い

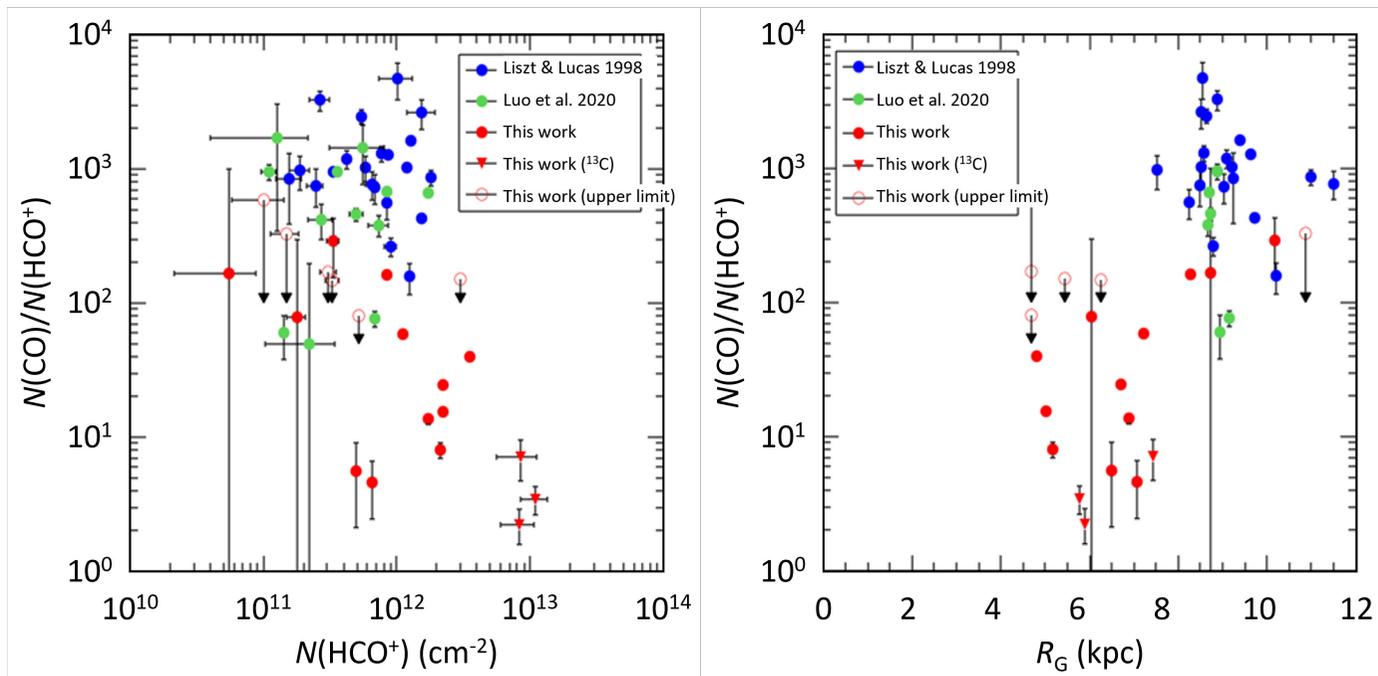
CO輝線	広くて弱い
CO吸収線	---
HCO ⁺ 吸収線	広い

COが枯渇したガスの発見



先行研究に比べて、COのアバundanceが最大3桁ほど低いガス（CO-poorガス）を発見！

COが枯渇したガスの発見



先行研究に比べて、COのアバundanceが最大3桁ほど低いガス（CO-poorガス）を発見！

→COのアバundanceには紫外線強度や宇宙線電離度が深く関わっている可能性
(Luo et al 2023)
→化学組成が銀河環境を反映している可能性??

まとめ

銀河系内の希薄な分子ガスに対してALMAでの吸収線観測と野辺山45m鏡での輝線観測を行うことで、

- 希薄な分子雲にも化学的な多様性があることが分かった。
- 分子雲の最小構造が見えてきた。
- 2相構造により乱流運動が維持されていることの観測的証拠を得た。
- COが枯渇している特異なガスが発見された。

銀河面の背後にはたくさんのクエーサーがあるため、ALMAと野辺山45m鏡を用いたフォローアップ観測を行い、分子雲の初期の進化について解き明かしたい。(ALMAの観測提案は提出済み)