# ”WISDOM Project – IX. Giant Molecular Clouds in the Lenticular Galaxy NGC4429: Effects of Shear and Tidal Forces on Clouds”

：L. Liu et al.2021 ArXiv:2106.04327v1

GAゼミ@210613津久井

[アブスト] 銀河内でのほぼ全ての星形成は巨大分子雲GMC ($M \sim 10^4 - 10^7 M_\odot$)から生まれるため、GMCの力学的な不安定性を調べることは、銀河の星形成を理解する上で重要となる。GMCの力学安定性(e.g. 重力で束縛されているか否か、今後破壊されるか否か)を調べるため、これまで、自己重力と速度分散による内圧との釣り合いを定量化したビリアルファクター($\alpha_{\rm sg,vir} = 2E_{\rm turb}/|U_{\rm sg}|$(ガスの速度分散/重力エネルギー)$=M_{\rm sg,vir}/M$(ガスの速度分散/輝線の光度などによって測定される実際の質量))が使われてきた。NGC4429は天の川銀河と比較して、GMCの特徴が特異であり(個々のGMCに回転運動が見られた)、おそらく自己重力に加えて、母銀河の重力場による剪断力を受けていることがわかった。母銀河の背景重力場(GMCに対して潮汐力、剪断力(シア)として働く)を含め、ビリアル定理を一般化することで、GMCの力学的安定性を調べた。

[ゴール] GMCに作用している、外場の影響を全て考慮することによって、観測されているGMCの環境に依存した多様な特徴や形成進化を明らかにする。

[オリジナリティ] 母銀河の背景重力場を加えた修正ビリアル定理を新たに定式化し、観測データに適応した。

[ロジック]

1. 早期型銀河NGC4429のCO(3-2)のデータに対して、CPROPS$_{\rm TOO}$ codeを適用しGMC を同定し、物理量の導出を行った(サイズ$R_c$, 速度分散$\sigma_{obs}$,GMCの回転を引き去った速度分散$\sigma_{gs}$, CO(3-2)光度、光度から求めたガス質量など)。(Fig.1) GMCには背景重力場による剪断力による回転運動が見られた(Fig. 2, Fig. 3)。母銀河のガス回転曲線と星の輝度分布から背景重力場を導出した。(Fig. 4) 自己重力とそれを支えるガスの速度分散$\sigma_{gs}$だけを考慮した場合にはビリアルファクター$\alpha_{\rm sg,vir} \sim 1$となることがわかった(Fig. 5)。
2. 剪断力場とそれによる回転運動を考慮したモデルを構築し、一般化したビリアル定理を導出し、力学的安定性を定量化する有効ビリアルファクターは $\alpha_{\rm eff,vir} = 2E_{\rm turb}/|U_{\rm sg}| + E_{ext}/|U_{\rm sg}| \sim 1 + 1 = 2$となった。つまり、外場のエネルギーは自己重力エネルギーと同程度であることがわかり、GMCはビリアル化されていないことがわかった(Fig.6)。また剪断力から期待される潮汐半径と観測されるGMCのサイズはよく説明できることがわかった(Fig.7)。剪断力と自己重力下での運動方程式を解くことによって、半径方向に伸びているようなGMCの形状を再現することができた(Fig.8)。

[コメント] 前回紹介した、Miura et al. 2021ではCenAの中心領域にGMCのM_vir/M_gasに大きな値が見られ、ガスconversion factorの違いによるものかと議論していた。本論文と同様の解析を適用しガスのconversion factorの違いなどに頼らずに、CenAのGMCを説明できないか。

**Fig.5**

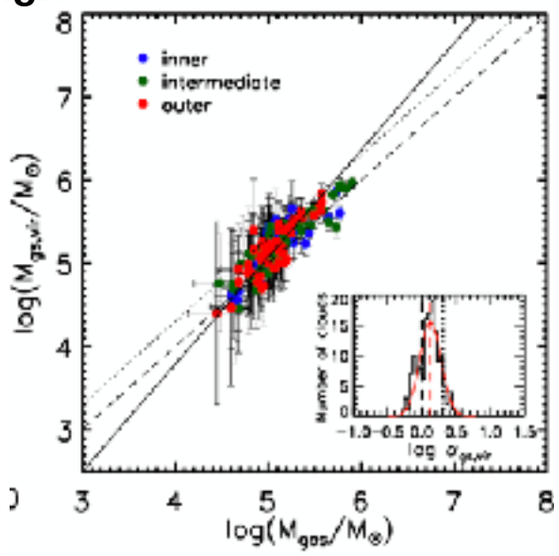



Fig5: ビリアル質量とガス質量関係(自己重力のみ)。

**Fig.6**

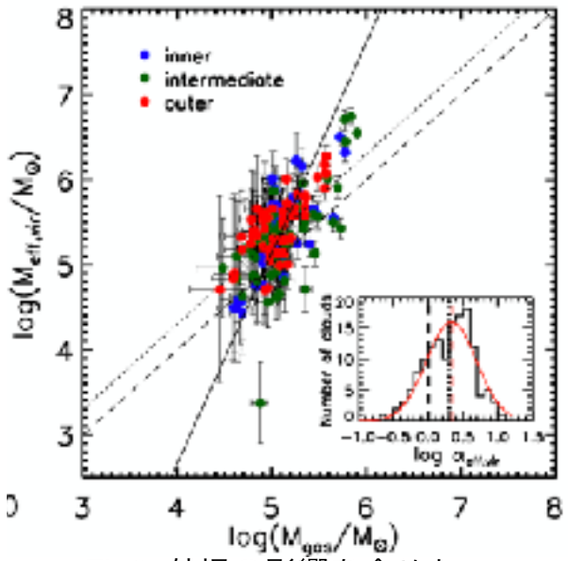



Fig6: 外場の影響を含めた有効ビリアル質量とガス質量関係。

**Fig.7**

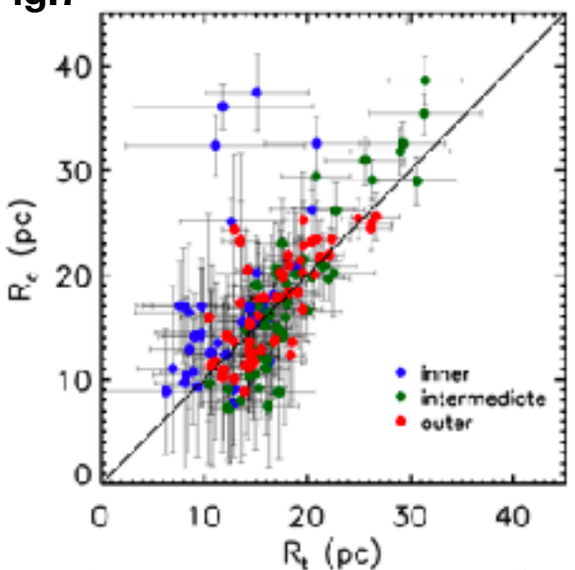



Fig7:観測されたGMC半径Rcとモデルから期待される潮汐半径Rt

**Fig.8**

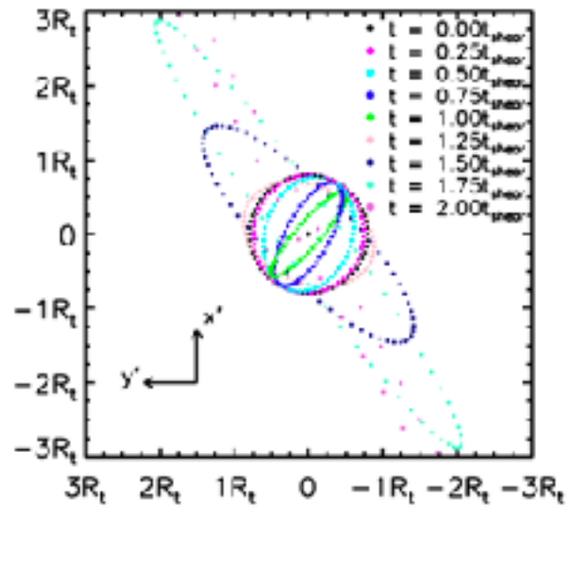



Fig 8:潮汐場と自己重力下でGMC内の流体の要素の運動を解いた結果。

Fig. 1

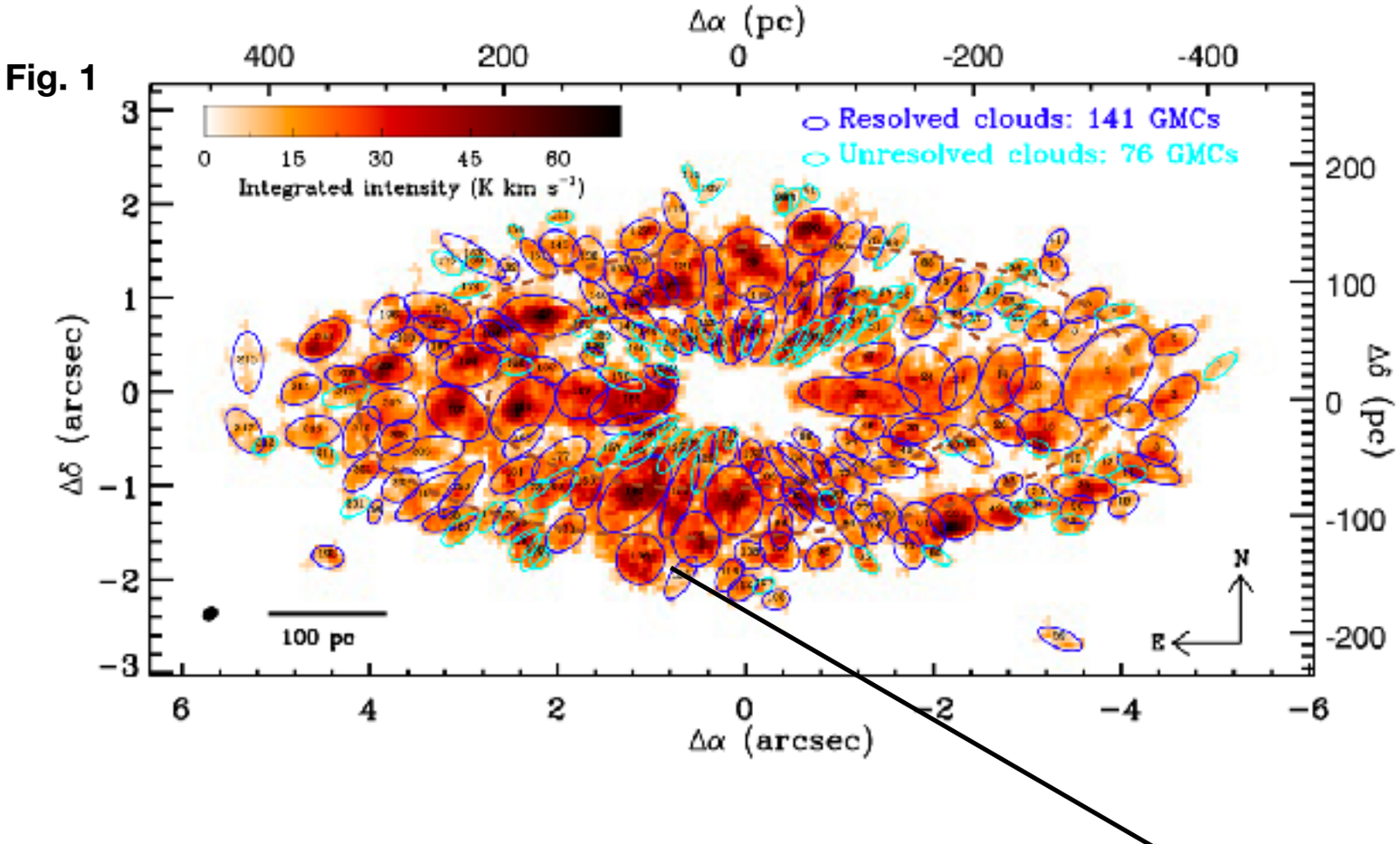



Fig. 1　CO(J=3->2)輝度分布と同定されたGMC: GMCは銀河の半径方向に向かって伸びていることがわかる。

Fig. 2　No.136 GMCの速度分布図:一つ一つのGMCは角速度一定の回転(solid rotation)でよく説明できる回転が見られる。

Fig. 3　母銀河の対極的な回転運動の速度場と個々のGMCの回転軸の向きと、角速度の大きさの関係: GMCの回転軸の向きは、銀河の速度勾配とよく相関しており、GMCは母銀河の潮汐力(shear)を受けて回転していることがわかる。(see also Figure 8 in the paper)

Fig. 3

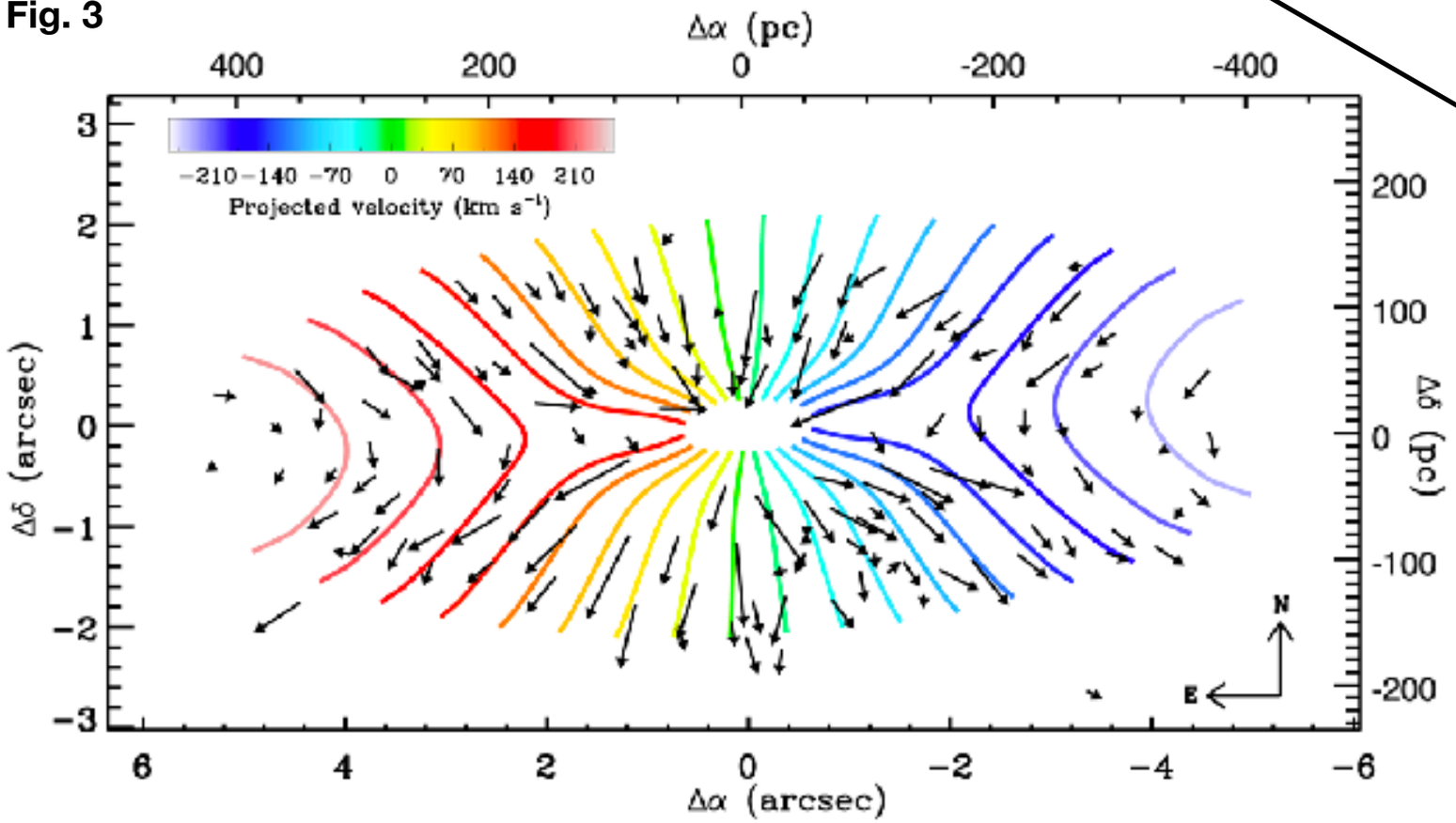
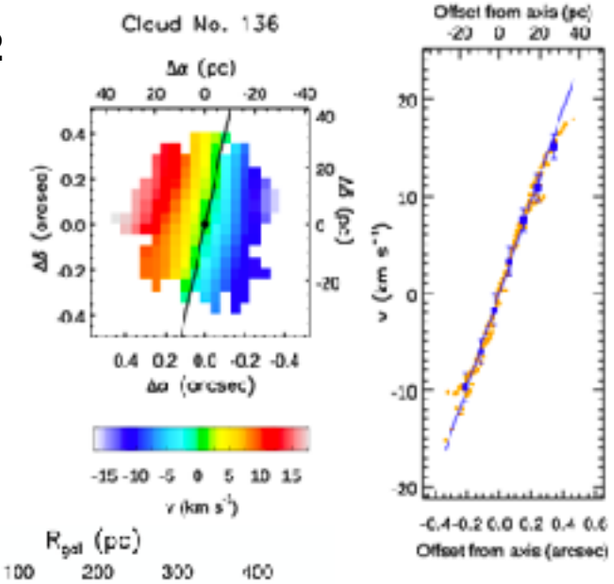



Fig. 2



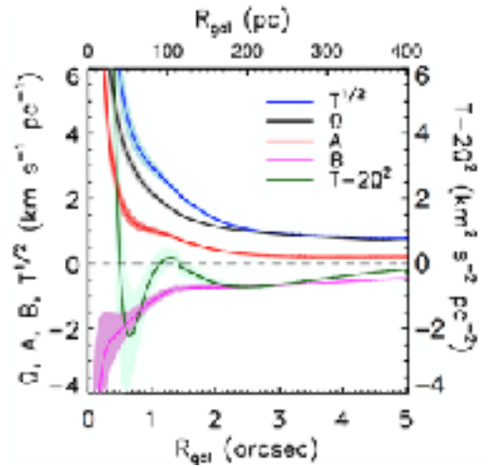




Fig. 4
回転曲線から導出された母銀河の潮汐場を定量化するパラメータ