New H I views of the Galaxy and the Magellanic Clouds

2026/01/15 佐藤太河

Snezana Stanimirovic 2024：https://arxiv.org/abs/2412.02981

[アブスト]

中性水素HIの21 cm線の観測は星間物質(ISM)の冷たい相(CNM)と温かい相(WNM)、およびその中間の熱的に不安定な相(UNM)を調べる唯一の手法である。HIガスの物理的性質が銀河の環境によってどのように変化するかを、最新の電波観測データとシミュレーションを用いて検証した。天の川銀河(MW)と、マゼラン雲(LMC/SMC)およびNGC 6822といった近傍銀河を比較した結果、金属量が低い環境ほどCNMの割合f_{CNM}が減少することが観測的に示された。これは数値シミュレーションと良好に一致する。一方でWNMの温度が理論予測よりも有意に高く観測されるという矛盾も明らかになり、Lyman α radiation fieldなどの物理過程をより精密にシミュレーションに組み込む必要性が示唆された。

[オリジナリティ] MWおよび近傍銀河のＨＩ相構造について観測データとシミュレーションで検証・比較。

[ゴール]検証・比較の結果から次の研究指針を提案。

[方法・データ]

・BIGHICAT⇒McClure-Griffiths et al. 2023によるMWのHIのデータベースを使用。

・GASKAP (Galactic ASKAP survey)

⇒cold gasの温度が30 Kであるという仮定のもとGASKAPの吸収線データからマゼラン雲の各地点のf_{CNM}を算出。

(Fig. 4：Dempsey et al. 2022によるSMCのf_{CNM}の分布(左)およびChen, Steffes et al. (in preparation)LMCのf_{CNM}の分布(右))

・ LGLBS (Local Group L-Band Survey)⇒Pingel et al. 2024のNGC 6822のf_{CNM}の値を使用。

・TIGRESS-NCR simulation⇒Kim et al. 2024による、 f_{CNM} v.s. 金属量の数値シミュレーションの予測を使用。

[結果]

Fig. 3：(左)MWのスピン温度T_sとHI柱密度の関係, (右)MWの減光量A_Vとf_{CNM}の関係。

⇒$A_V < 1$のサンプルは$T_s = 80$~100 Kでピークに達するのに対し、$A_V > 1$のサンプルはT_s~50 K付近でピーク。

⇒ f_{CNM}がA_Vに応じて約10~80%まで増加し、 A_Vとf_{CNM}が高いポイントは、平均密度も高い。

⇒減光が高い高密度な環境ほどcoolingとshieldingが進み、その結果としてCNMがより多く存在することを示す。

Fig. 5：MWおよび近傍銀河の金属量$Z_{gas}/Z_{\odot}$とf_{CNM}の関係。

⇒赤・青の円： Kim et al. 2024のTIGRESS-NCR simulationによるf_{CNM}の予測値(Kim et al., private communication)。
色の違いは初期磁場の違いを示す。（としか書かれていない…、 f_{CNM}は磁場よりも金属量に依存！）

⇒緑の四角：それぞれの銀河の観測データの中央値。エラーバーは25~75パーセンタイルを示す。

⇒低金属量ではダストが少なく、UV放射のshieldingが効かなくなるため、光電加熱が促進し、 f_{CNM}が減少する。

[ディスカッション]

WNMの運動温度はT_k~5000-8800 Kと予測されおり、Kim et al. 2014では理論計算により、T_s~1000-4000 Kとなる。一方で、WNMの観測からは$T_s = 7200^{+1800}_{-1200}$(Murray et al. 2014)と、大幅に高い値になっている。

⇒理論計算でLy α 光子がT_sをT_kとカップリングさせる効果（Wouthuysen-Field effect)を考慮する際にLy α fluxの値を一定値として計算してしまってることが原因だと述べられている。

HIの相の各割合は文献によって依然として異なる。WSRT(Westerbork Synthesis Radio Telescope)およびGMRT(Giant Metrewave Radio Telescope)で得られたHIスペクトルによる研究(Koley & Roy 2019)ではCNM、UNM、WNMの割合を15%、75%、10%とする一方で21-SPONGE survey (Murray et al. 2018)では56%、41%、3%と劇的に異なる。

⇒これらの研究で採用されている異なる手法間の差異を理解するためには、今後の研究が必要であり、直接的な比較を行うためには、個々の相の温度範囲に対して同じ定義を用いることが重要であると述べられている。

Fig. 4

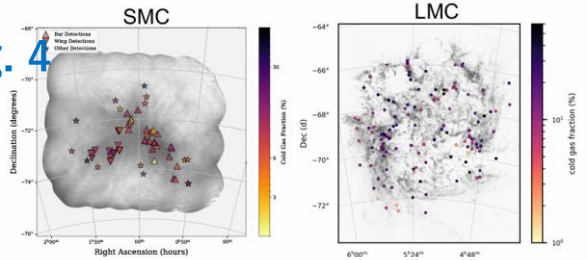


Fig. 3

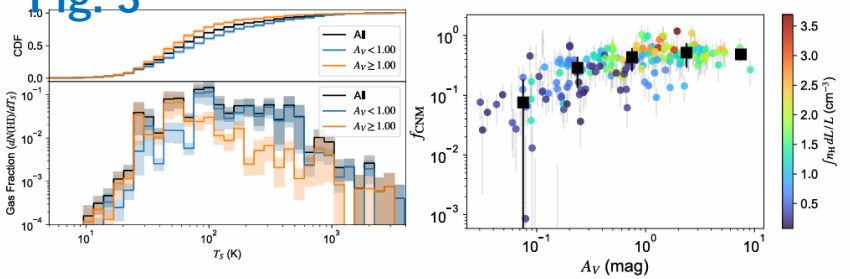
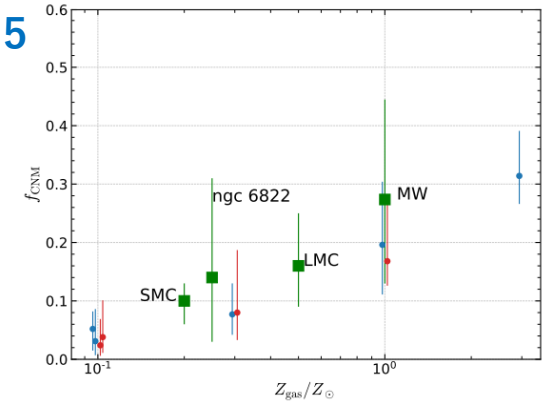


Fig. 5



[コメント]BIGHICATやLGLBSのHIのデータはNGC 6822の淡い星形成領域の研究に使えそう!?