

星間空間

星間媒質サブサイエンスワーキンググループ

町田 真美(国立天文台)

星間媒質(ISM)グループ

体制

代表：町田真美 (NAOJ)

副代表：山本宏昭 (名古屋大学)

書記：村瀬 建 (鹿児島大学, D1)

論文紹介係：大前陸人 (九州大学, M2)

メンバー：スタッフ・PD 20名、学生 6名

活動：毎月第4水曜日 10時30分～12時

論文紹介、他望遠鏡との連携検討 など

沿革 2014年11月 発足

歴代代表

半田利弘 (～2016年3月)

立原研吾 (2016年4月～2018年3月)

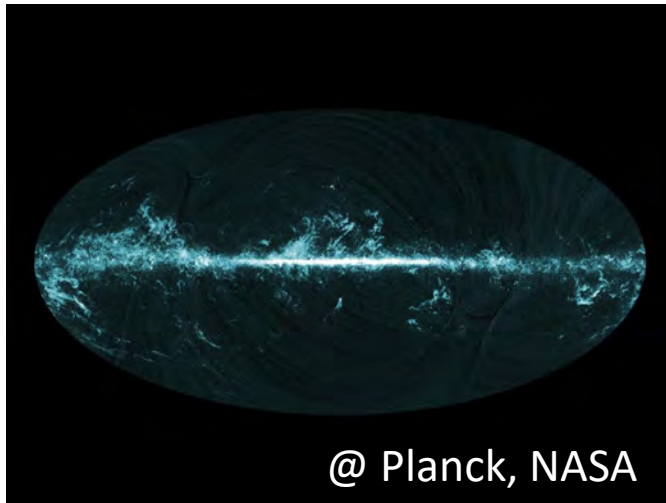
町田真美 (2018年4月～)

星間媒質グループの扱う範囲

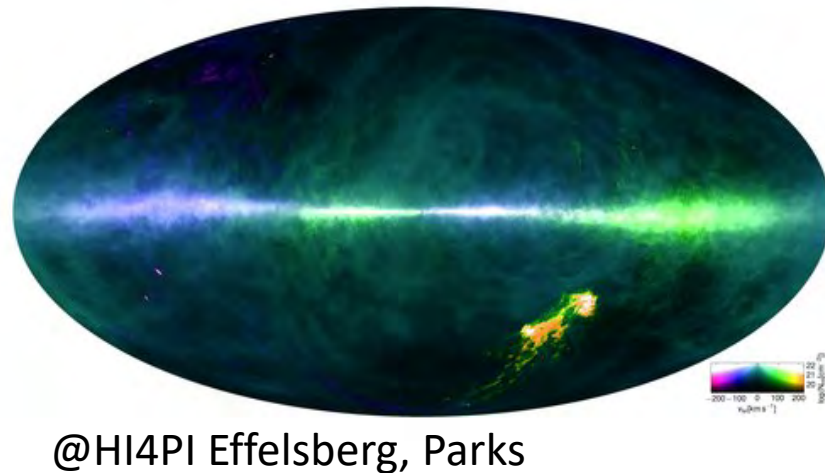
星間媒質 = 天体の“周り”にある全てが対象

中性水素などの輝線(吸収線)、電波連続波・偏波に着目

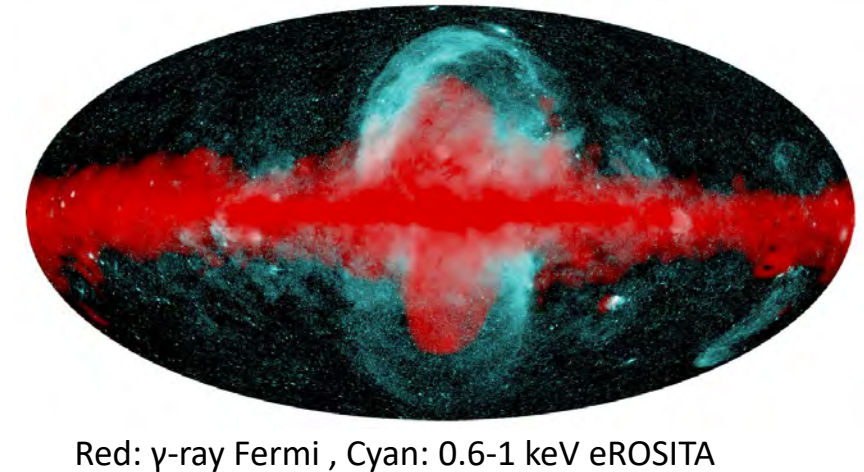
一酸化炭素輝線



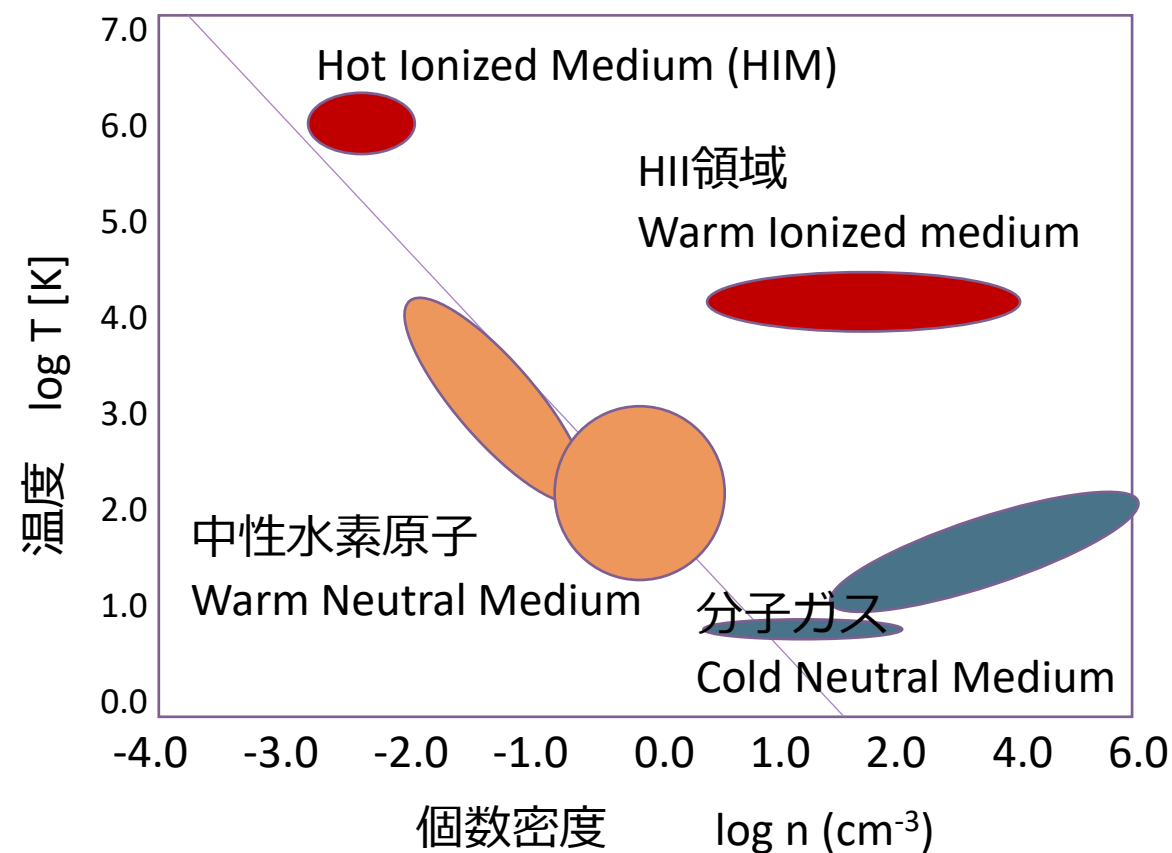
中性水素輝線



X線+ガンマ線



星間ガスの多温度構造



体積占有率

総質量

高温プラズマ



暖かいプラズマ

暖かい原子ガス



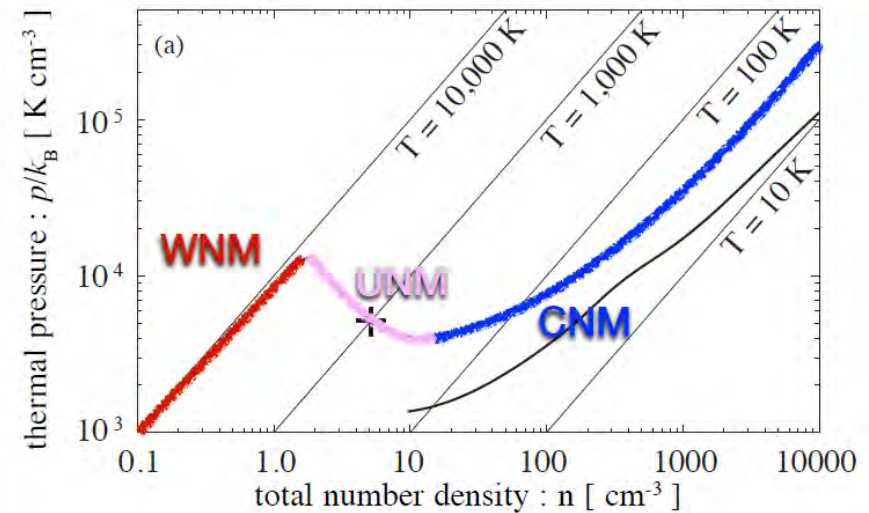
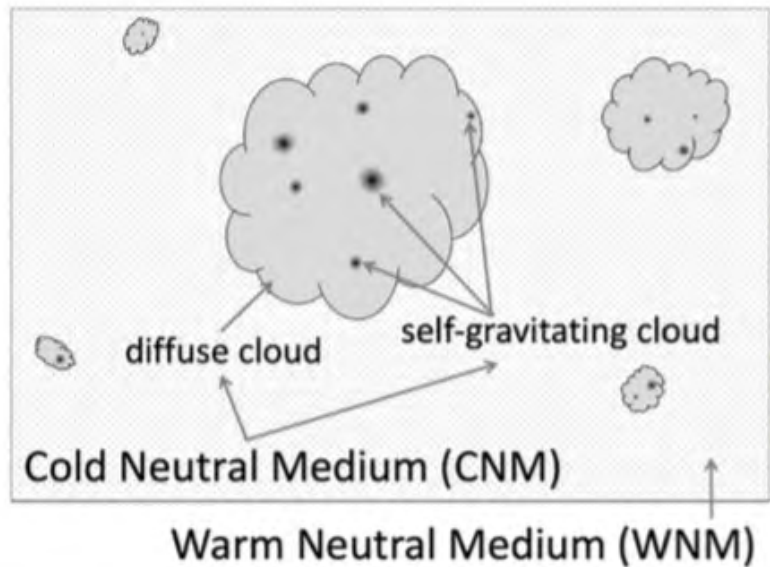
暖かい分子ガス

相転移



冷たい分子ガス

熱力学的進化：WNM⇔CNMの相転移



熱不安定性などによって、
平衡状態が遷移する。

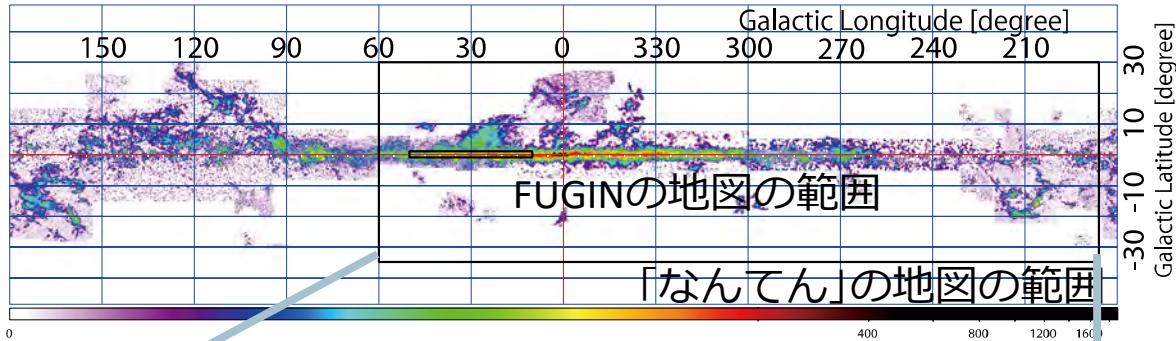
⇒ 中間状態 (UNM) 存在

Nakanishi+20

分子雲形成モデル確立のためには
高分解能HIデータが必須

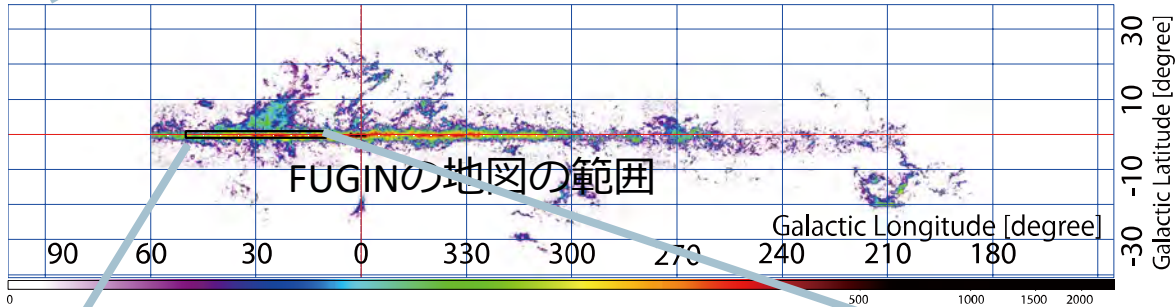
CO輝線観測の分解能の変遷

2001年 CfA1.2m鏡銀河面サーベイ(銀経方向360度をカバー)



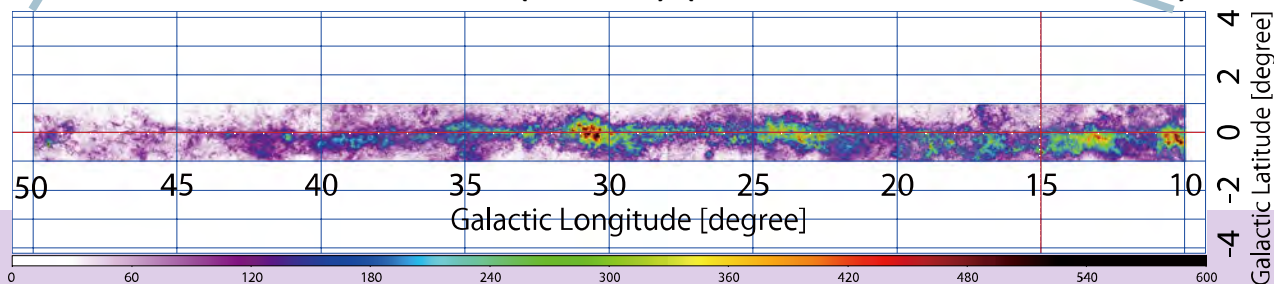
空間分解能 ~ 9分角

2004年 「なんてん」銀河面サーベイ(銀経方向220度をカバー)



空間分解能 ~ 3分角

2017年 野辺山45m銀河面サーベイ(FUGIN) (銀経方向40度をカバー)



空間分解能 ~ 20秒角

HIの観測

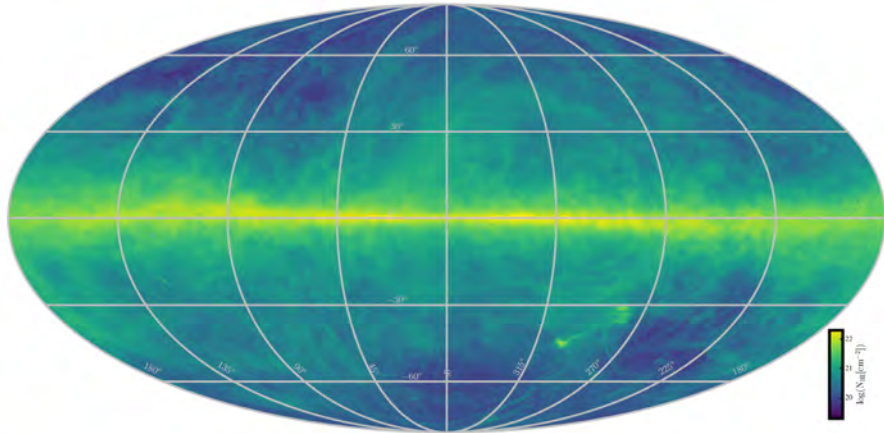
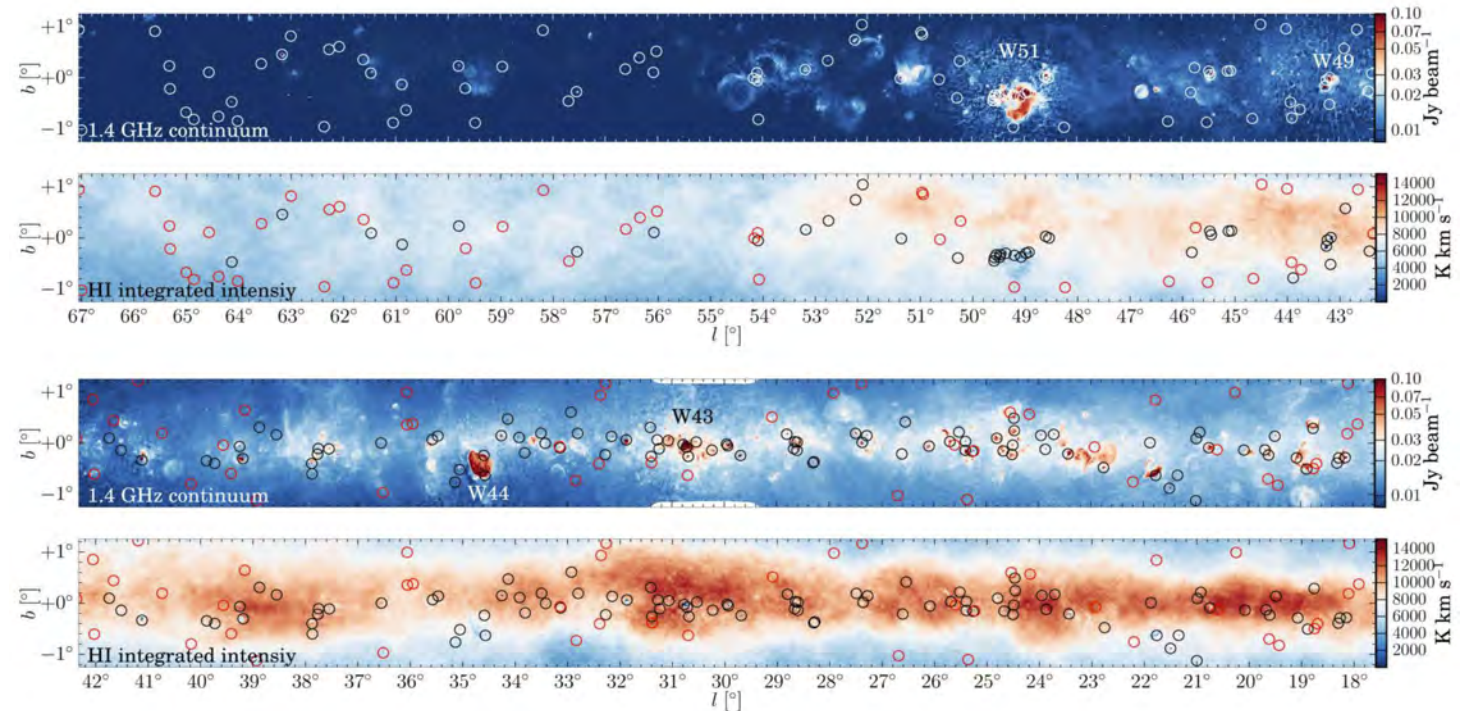


Fig. 2. HI4PI: all-sky column density map of HI gas from EBHIS and GASS data as integrated over the full velocity range $-600 \leq v_{\text{hel}} \leq 600 \text{ km s}^{-1}$. The map is in Galactic coordinates using Mollweide projection.

HI4PI (Bekhti + 2016, A&A, 594, A116)
 Effelsberg 100m (北天) + Parkes 64m (南天)
 によるサーベイの合成データ
 空間分解能 ~ 16 分角

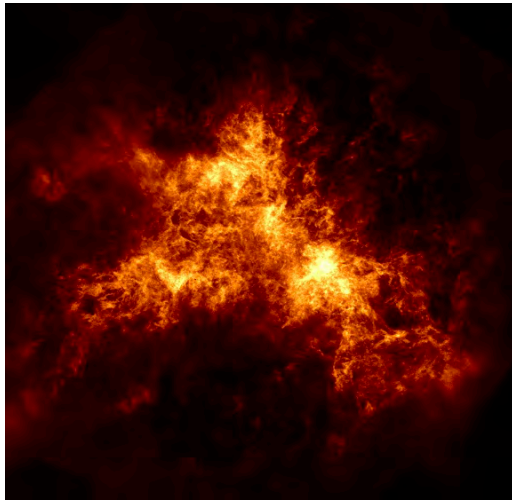
THOR



THOR (Wang + 2020, A&A, 634, A83)
 VLAによる銀河面サーベイ。
 $67^\circ < l < 17^\circ$ 、 $|b| < 1^\circ$
 HI, OH輝線、1.4GHz連続波
 空間分解能 $\sim 20\text{-}40$ 秒角

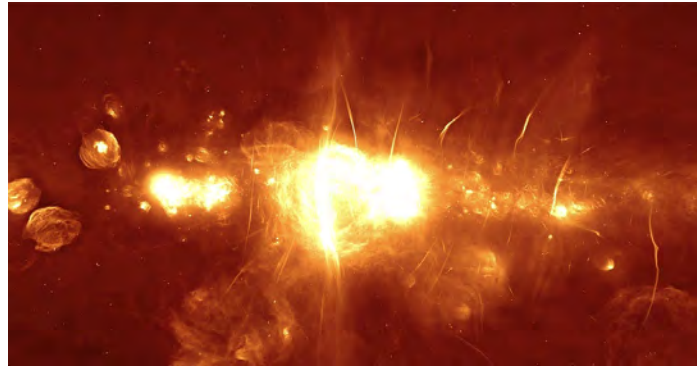
SKA先行機によるISM関連の観測

ASKAP -- HI
GASKAP 小マゼラン雲



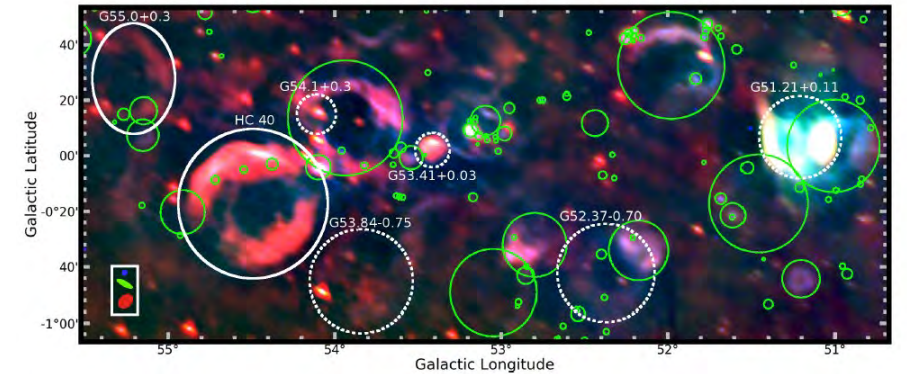
WALLBY (系外銀河HIサーベイ)
EMU(continuum)
GASKAP (天の川銀河のHIサーベイ)

MeerKAT – 連続波
Galactic center



高感度観測により、多数のフィラメント、SNRを分解。

LOFAR – 144MHz連続波
超新星残骸 Driessen et al. ApJ (2018)

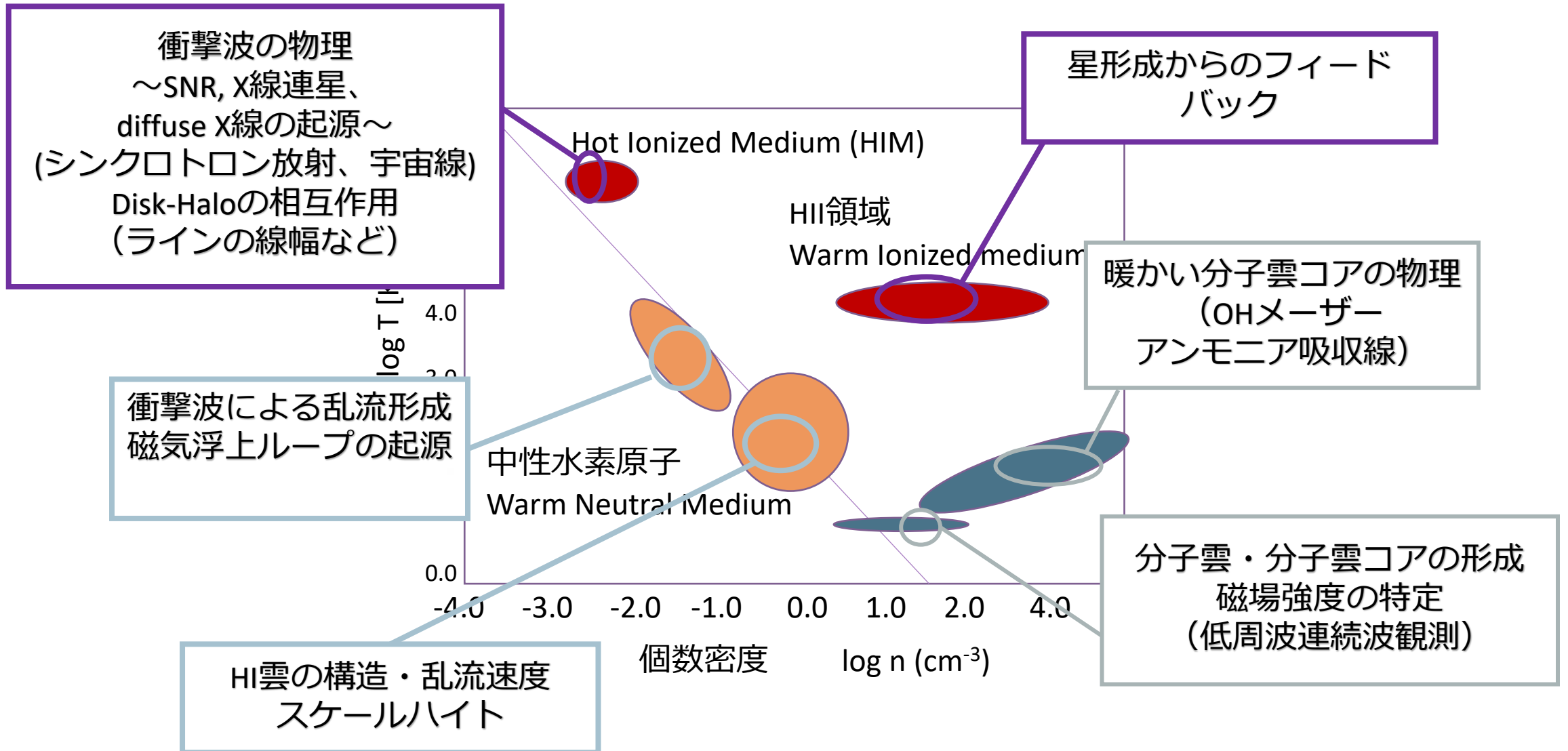


1.4 GHz (blue, VLA), 327 MHz (green, WSRT), and 144 MHz (red, LOFAR)

低エネルギーの観測により、1GHz帯では既に放射非効率となっている高年齢SNRを多数発見

高感度・高視野のメートル波・センチ波観測のアウトプットが始まっています

星間現象SWGの注目トピックス



Dark gas

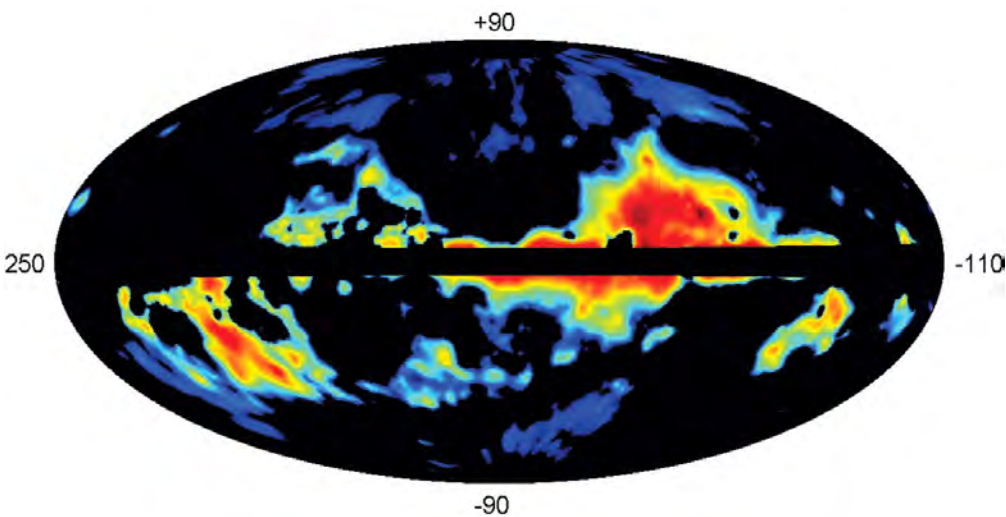
➤ 一般的なHI輝線やCO輝線の観測では検出できない星間ガス(Dark matterではない)。

- ✓ HI: 光学的に薄いと仮定
- ✓ CO: $n(\text{H}_2) > 100\text{cm}^{-3}$ の分子雲をトレース

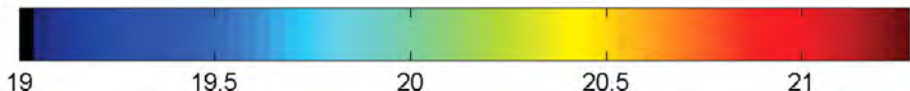
➤ 多くの観測によりその存在が示唆されている

→ 存在は間違いないが、正体が正確には不明

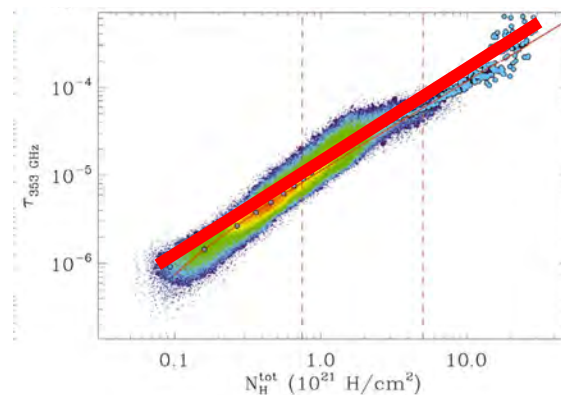
- ✓ CO輝線ではトレースできない低密度分子雲？
- ✓ 光学的に厚いHI (CNM)が広がっている？



$\log(\text{NH}_{\text{dark}})$ (atom cm^{-2}) Grenier+2005, Science, 307, 1292

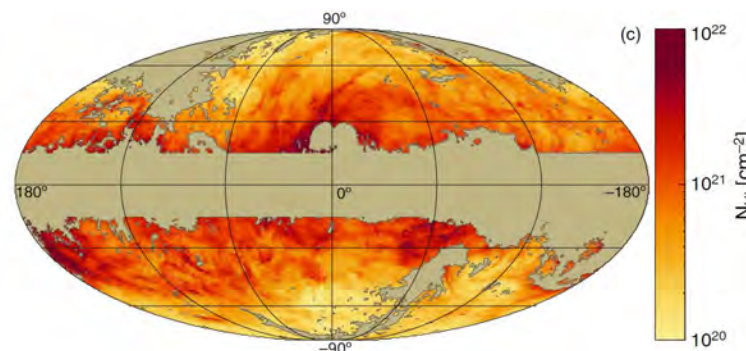


Planck Collaborations, A&A, 2011, 536, A19



ダストの光学的厚み
 > 原子・分子ガス
 ⇒ 見えないガスの成分

Fukui+2015, ApJ, 798, 6



Planck + HI

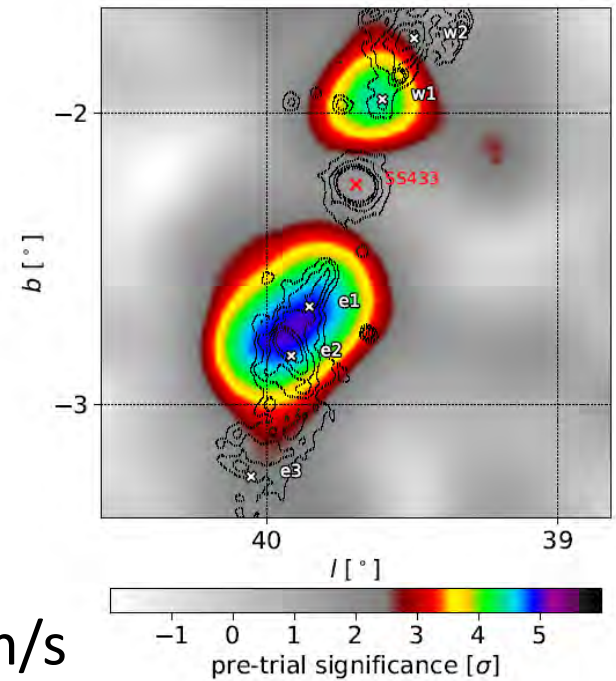
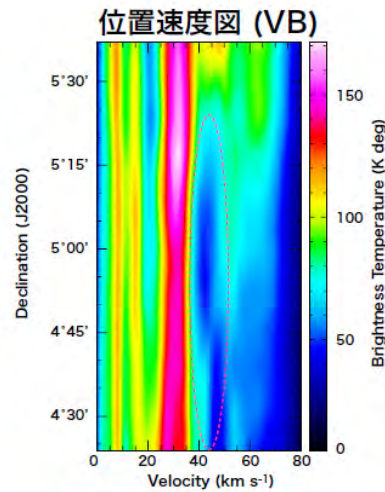
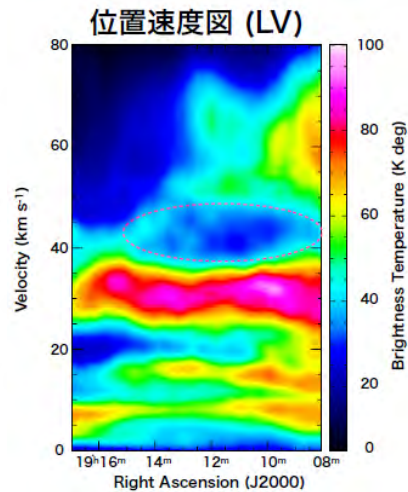
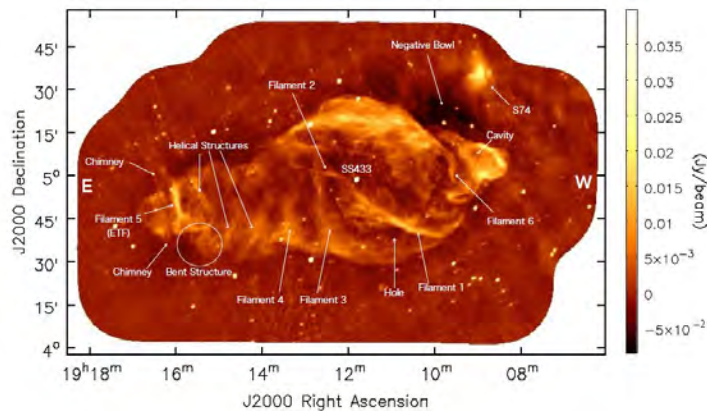
- HIの光学的厚み
- スピン温度
- ↓
- HIの柱密度を算出

SKAのより高分解能HI観測によって、より詳細にダークガスの分布・正体・物理量を明らかにする。

宇宙ジェット W50/SS433

Sakemi et al. (2021)

Abeysekera et al. (2018, Nature)



空間的に相関するHIキャビティを発見 33km/s~55km/s
 →連続波とHIの分解能が異なる
 X線ローブにγ線、対応する放射（電波、Hαなどなし）
 → ジェット内部の小スケールの衝撃波が起源か？

高空間分解能・高感度のHI, 連続波観測が必要

フェルミバブル

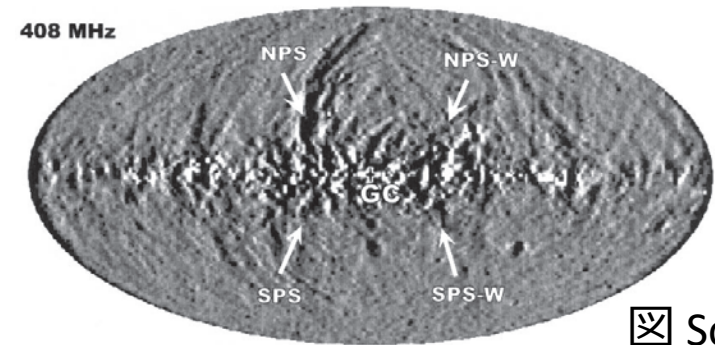
• Starburst or jetにより銀河の中心核はnuclear windを噴出。MWも例外ではない。

- soft X ray (Snowden+97)
- radio continuum (Finkbeiner04)
- polarized radio lobes (Carretti+13)
- γ ray (Su+10)

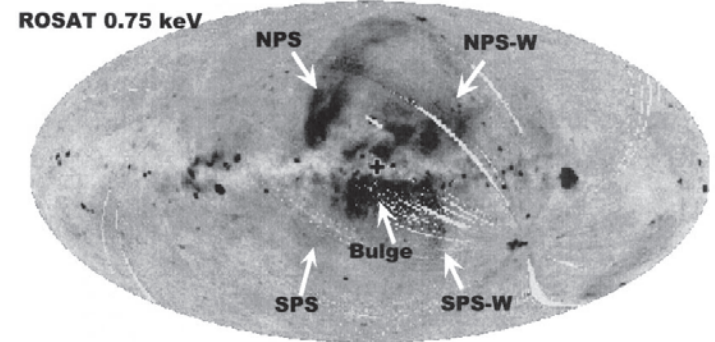
→ 銀河系中心核の過去の活動性を示す明らかな証拠(Time scale=数10~数100 Myr)。

恒常的? 間欠的?な jet?? Star formation??

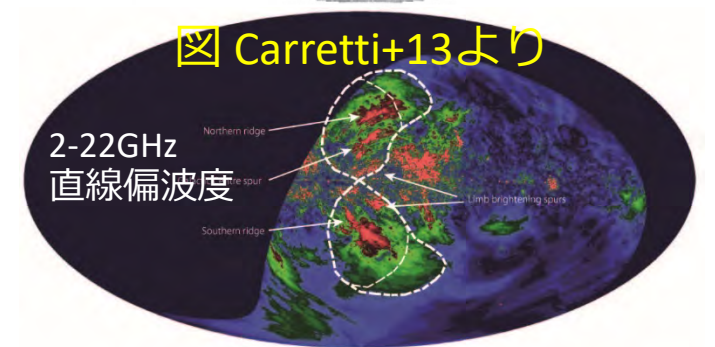
根元はどこにつながる?? →Double Helix??



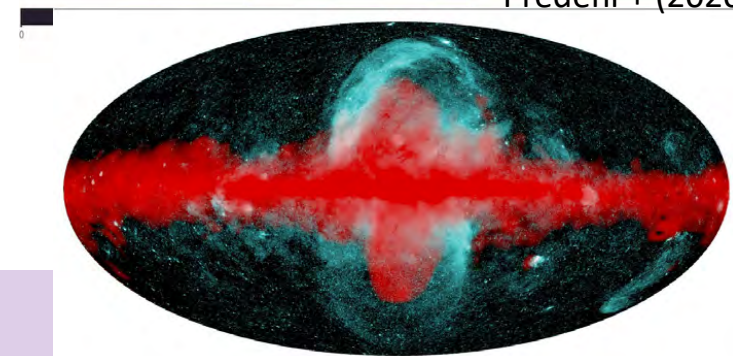
☒ Sofue 2000より



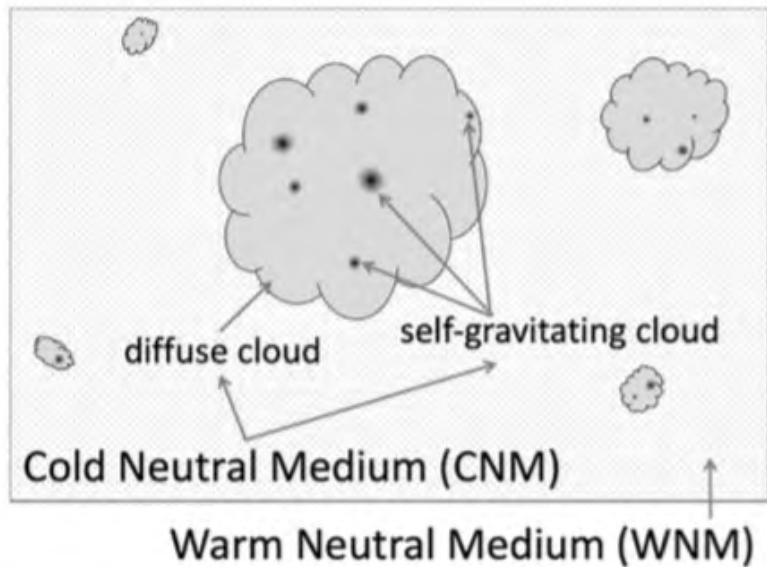
☒ Carretti+13より



Predehl + (2020)



系外銀河のHIガスと分子ガス



銀河系は最高分解能を達成可能。

→ 天の川銀河はedge-on

- 銀河面のHI観測が吸収のために困難
- spiral構造を観測できないため、arm形成などのglobalな分子雲形成研究が困難

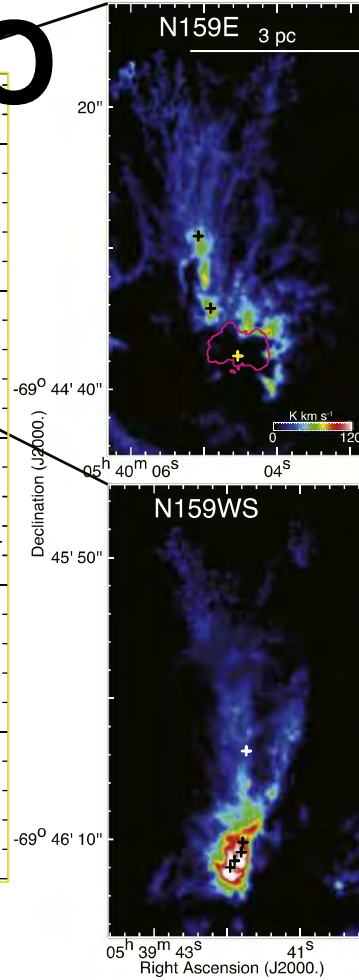
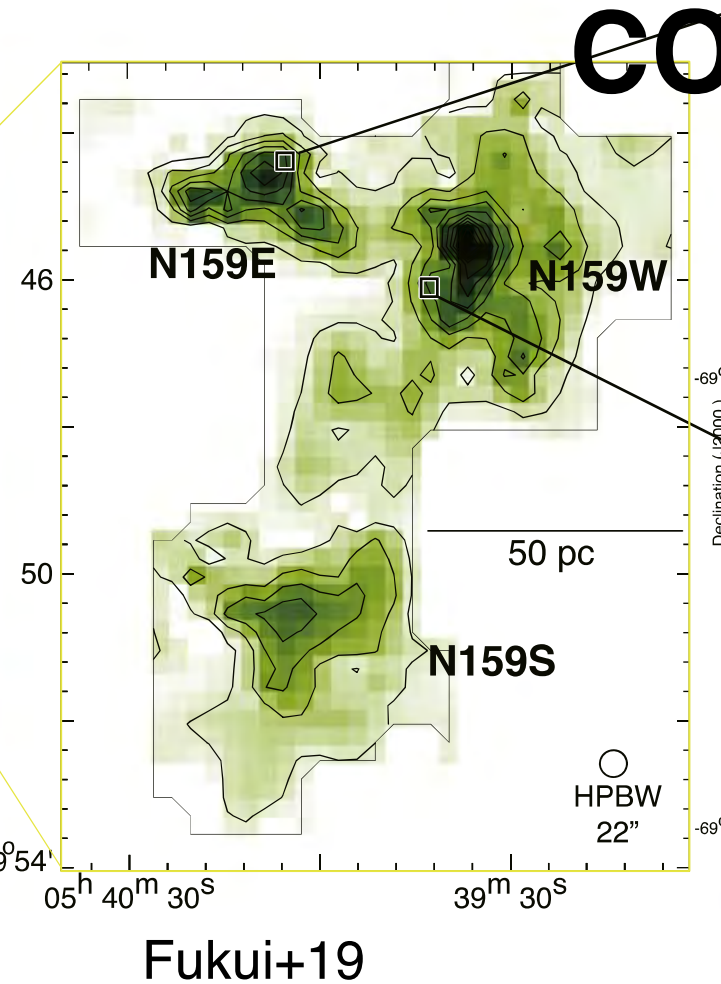
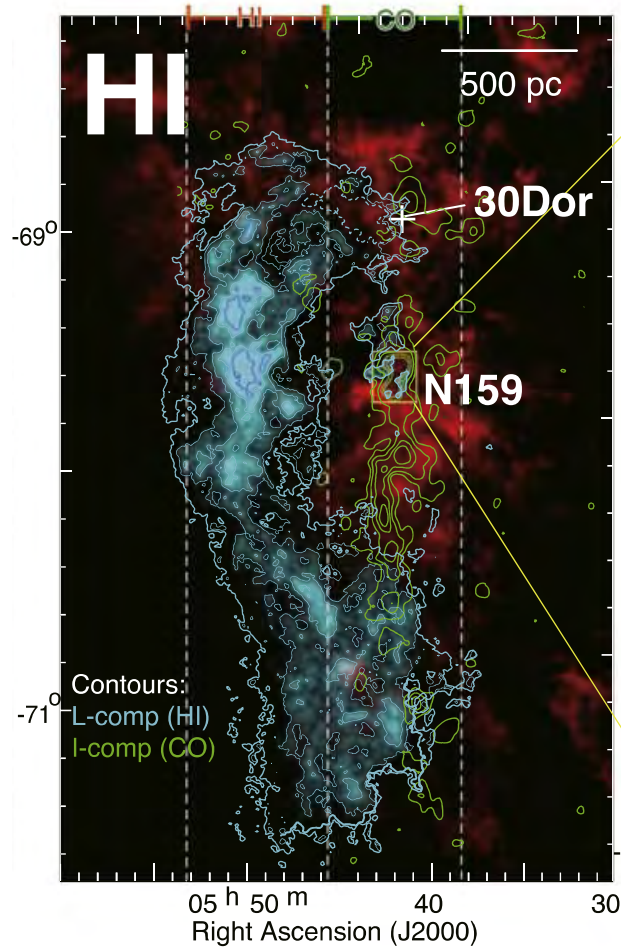
→ 系外の近傍銀河のHI観測が重要

LMC

分解能~60秒角

分解能~20秒角

分解能~0.3秒角

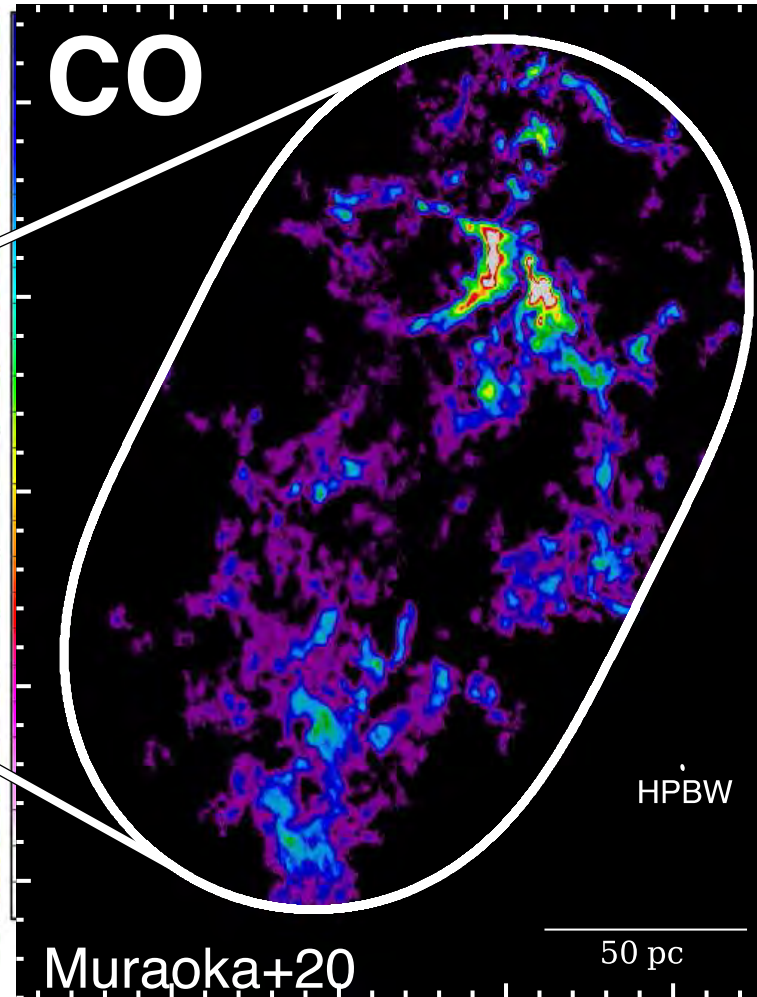
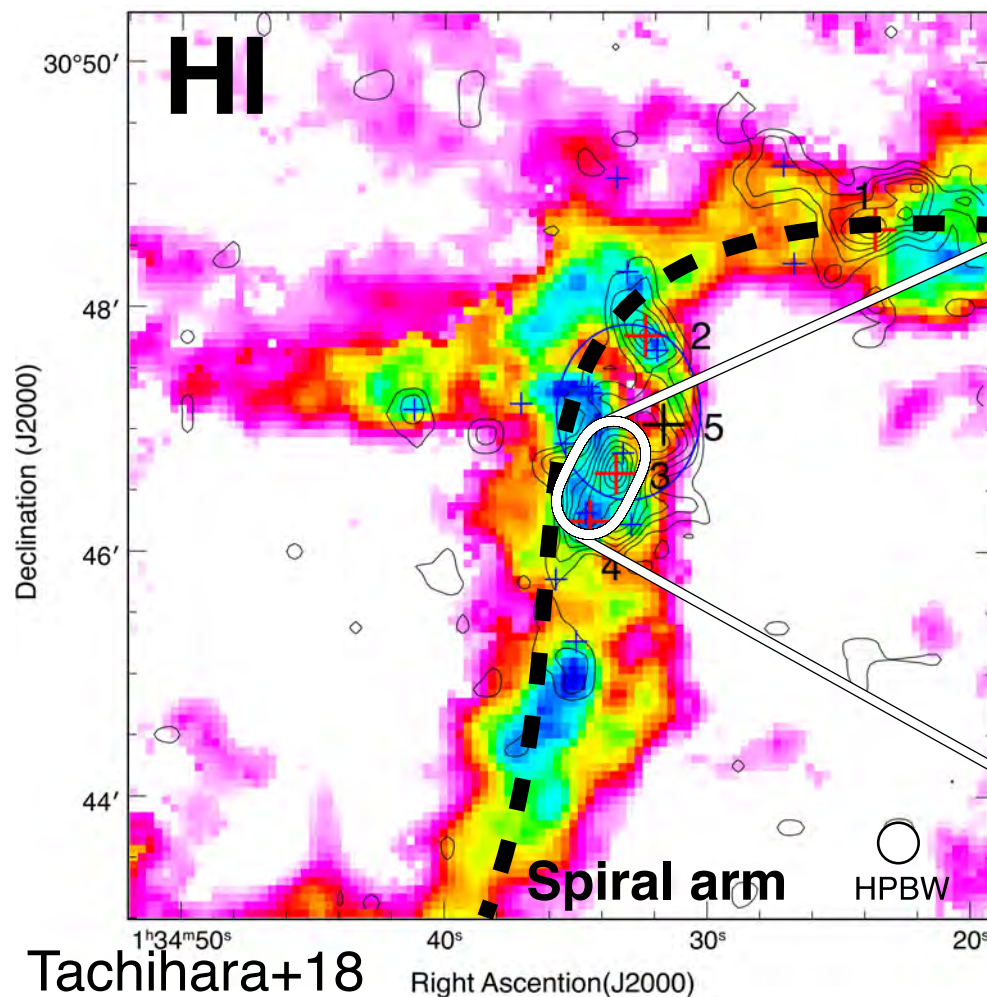


HIの高分解能データが不足している

M33

分解能~10秒角

分解能~0.5秒角



HIの高分解能データが不足している

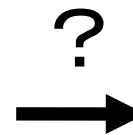
アンモニアマッピング観測～Beyond band 5

星間ガスから分子雲コアまでの物理プロセスの解明

- 宇宙物質循環のミッシングリンク
- 主要なプロセス
 - ・ 分子雲の自己重力による収縮
 - ・ 超新星、分子雲衝突などによる強い衝撃、圧縮
- 分子輝線による広い領域の観測が必要



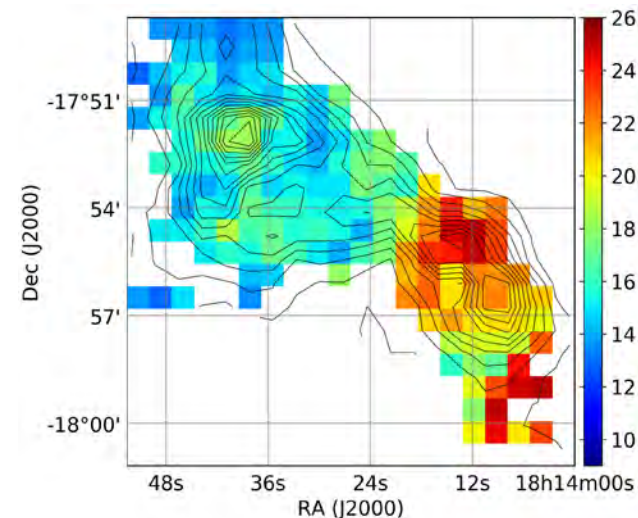
星間ガス



暗黒星雲, 分子雲コア

分子輝線による広範囲観測

- CO輝線などによる銀画面サーベイ (NANTEN, FUGINなど)
- アンモニア分子輝線でのマッピング観測 (23 ~ 25GHz)
 - ・ 超微細構造線から光学的厚み
 - ・ 異なる励起状態の輝線強度比から分子雲の温度
- 先行研究: HII領域が付随している分子雲の観測 (Chibueze+2013; Nakano+2017; Burns+2019)
- 分子雲内での温度勾配の確認 (Murase in prep)



W33での温度分布図

まとめ～星間現象SWGの注目トピックス

