

国土地理院つくば32m電波望遠鏡によるアンモニア分子反転遷移輝線の銀河系中心領域サーベイ観測III

○荒井 均(国立天文台)、永井 誠、中井 直正、瀬田 益道、藤田 真司、他宇宙観測グループ(筑波大学)



概要：筑波大学・宇宙観測研究室では、国土地理院と筑波大学の間に結ばれた「超長基線電波干渉計による高精度観測に関する共同研究」協定に基づき、国土地理院つくば32m電波望遠鏡を天文学研究のために運用している。その中で、我々は2009年から銀河系中心領域におけるアンモニア(NH₃)分子反転遷移輝線の広域サーベイ観測を行ってきた。今回は、主に特徴的な輝線強度比を示している領域についてを報告する。

1. 観測・データ

アンテナ	国土地理院32m電波望遠鏡(紙面右上)	グリッド間隔	50"×50"
観測周波数	23.6-25.1 GHz (NH ₃ (1,1)-(6,6))	ポインティング天体	VX-Sgr
観測偏波	両円偏波	ポインティング精度	~25"
空間分解能	~140" (5.4 pc@8.0 kpc)	観測点数	2664点
ビーム能率	0.4-0.45	システム雑音温度	75-200 K
分光計	Acqiris AC240 (FX型デジタル分光計)×4台	1点毎の観測時間	30-240s
周波数分解能	~61 kHz (0.76 km/s @24GHz)	ΔT _{rms}	0.1-1.0 K

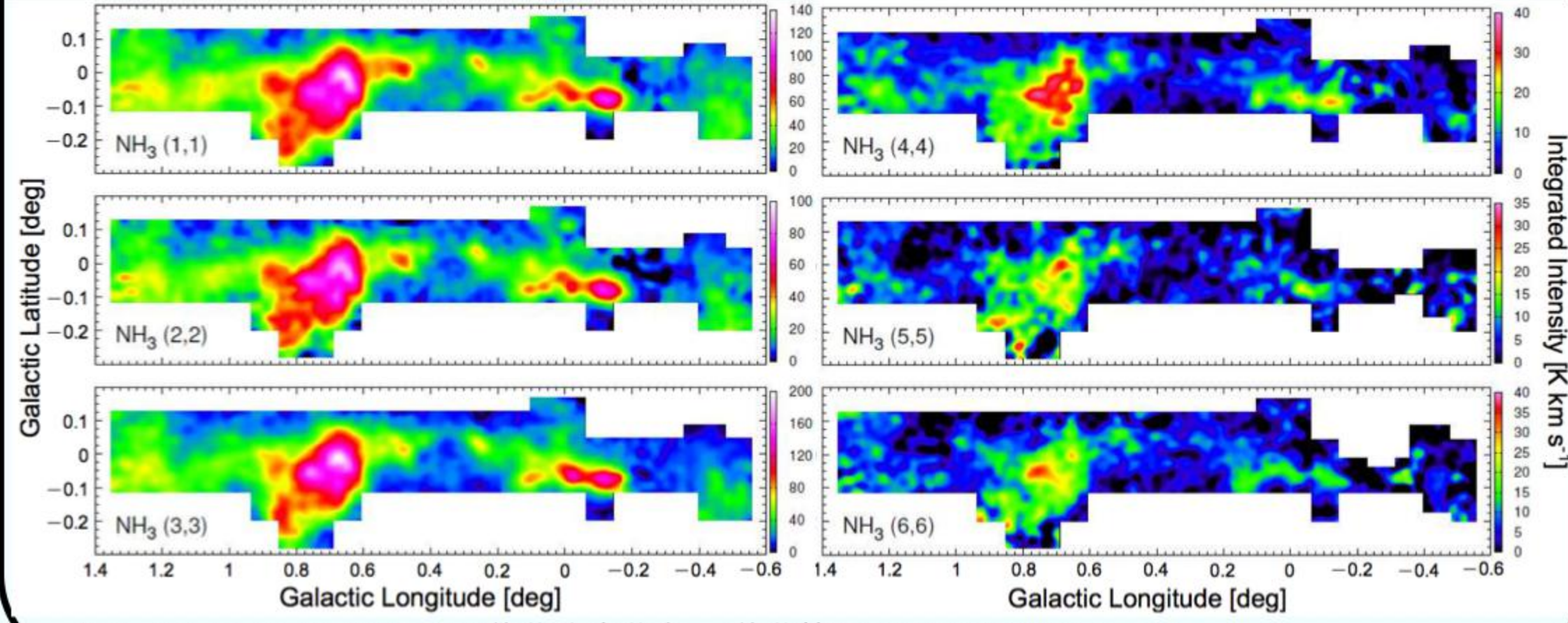


図1. NH₃(J,K)=(1,1)-(6,6)の積分強度分布。(積分範囲:-200から200 km s⁻¹)

2. G0.18-0.04:Sickle Cloud

◆Sickle領域についての先行研究

- 電波連続波や水素再結合線の観測で発見されたHII領域。その形が草刈り鎌(Sickle)に似ている為“Sickle”と呼ばれる。(Pauls+, 1980, Yusef-Zadeh+, 1984)
- 分子雲の一部表面部分が電離化されることで形成されたと言われている。(Serabyn+, 1991)
- 主な電離源として、近傍に位置するQuintuplet星団が最有力。(Lang+, 1997)

◆これまでの近傍の分子輝線観測

- CSの高励起輝線(J=3-2,5-4)でSickleの母天体と思われる分子雲(V_{LSR}~30 km s⁻¹)のマッピング。(Serabyn+, 1997)
- (l,b)=(0°.16, -0°.10)で高励起H₂(J=7)検出。回転温度~900 K。(Rodriguez-Fernandez+, 2001)
- (l,b)=(0°.18, -0°.04)でNH₃(J,K)=(8,8),(9,9)観測。PDRを示唆するNH₃の低存在比。(Mills+, 2013)

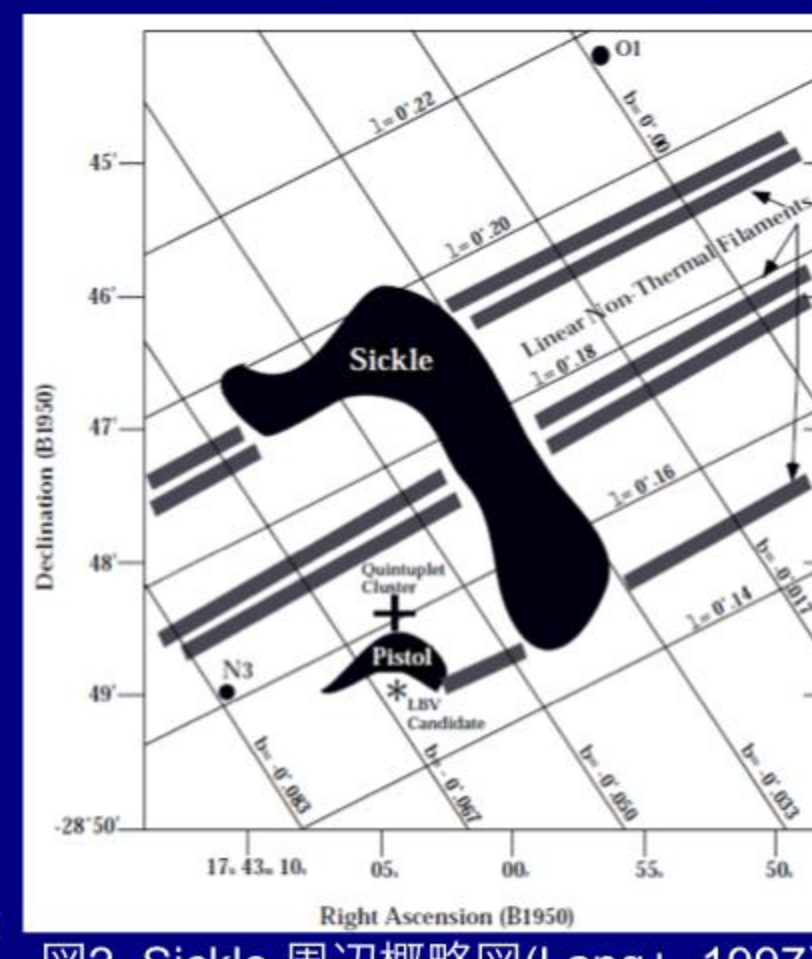


図2. Sickle 周辺概略図(Lang+, 1997)

◆今回の観測

- 明るい(J,K)=(4,4),(5,5) (V_{LSR}~25 km s⁻¹)検出(図4) 回転温度~240K(図5)
- Sickle に似た形状で更に広く分布(図3)
- 明確に非常に低いオルソ-パラ比(OPR) < 0.5 (Ori-KLやW51など他の大質量形成領域で時折見られる。) e.g. Sorai+, 2008

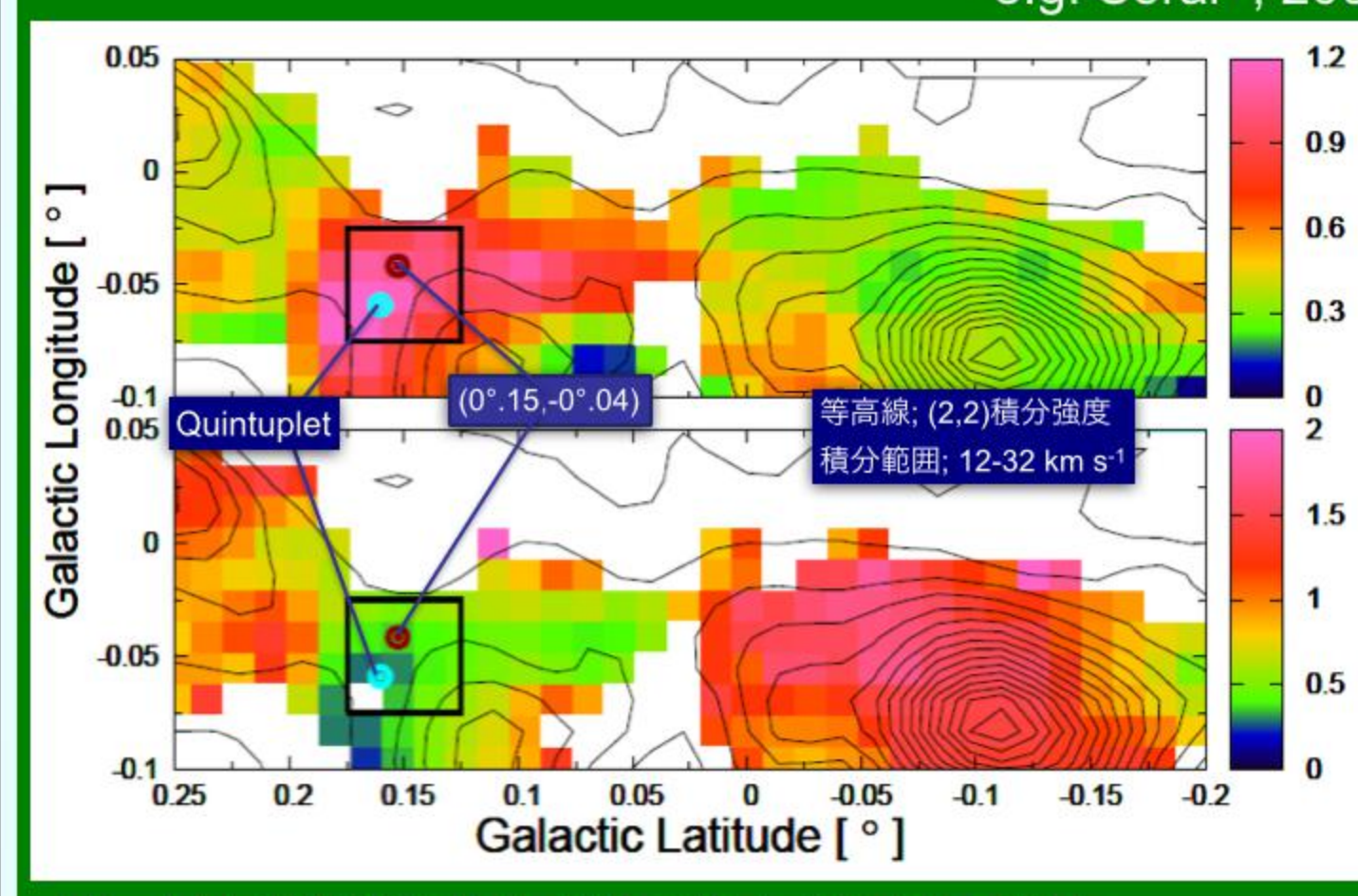


図3. 上図: 積分強度比(4,4)/(2,2)分布 下図:OPR分布

◆NH₃低OPRの原因?

説1. NH₃分子の低OPRなH₂分子との陽子交換?
(Faure+, 2013)

↓

H₂分子の低OPRを示唆?

説2. ダストの遠赤外線放射による回転遷移の励起によってmeta-stable(J=K)のOPRが変化した?

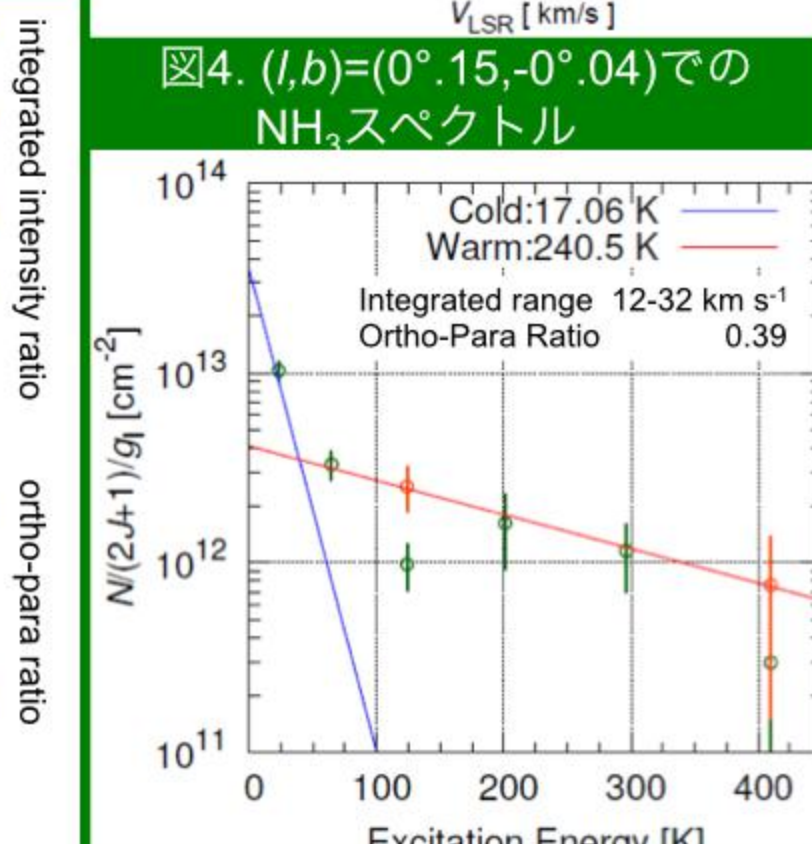


図4. (l,b)=(0°.15, -0°.04)でのNH₃スペクトル

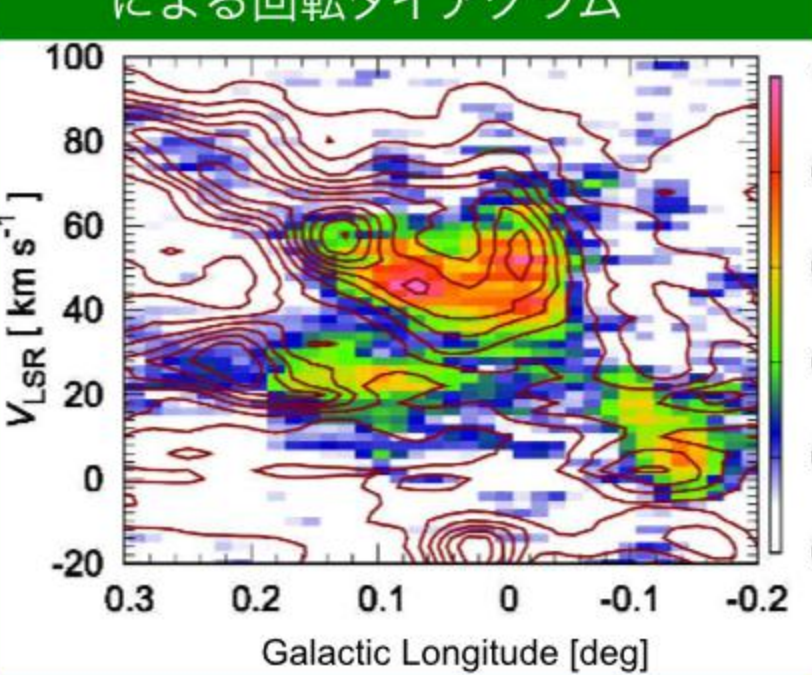


図5. (l,b)=(0°.15, -0°.04)積分強度による回転ダイアグラム

図4. 銀経-速度ダイアグラム(銀緯-0°.049~-0°.035) カラー: NH3(4,4), 等高線: ¹³CO(1-0) (Oka+, 1998)

3. Sgr B2 領域

◆Sgr B2領域についての先行研究

- 分子雲衝突をきっかけとして形成されたといわれるCMZ内最大の星形成領域 Sgr B2 Main (0°.67, -0°.04) (Hasegawa+, 1994)
- Sgr B2 Main が興味を集める分、その周辺部の研究は少ない。
- 近年、分子雲衝突跡と思われるSiOシェルがSgr B2 Main南の領域で発見される。(Tsuboi+, et al. 2014)

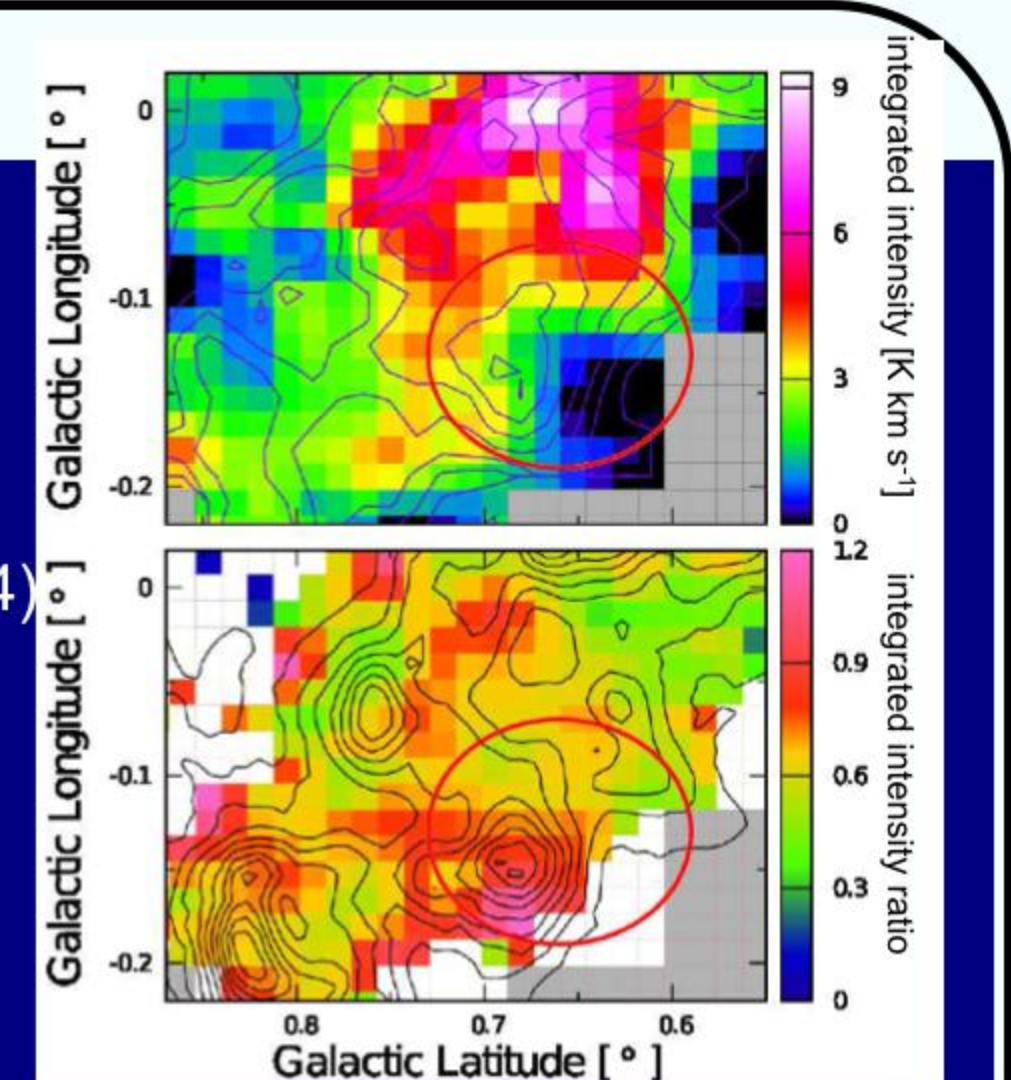


図6. 上: NH₃(5,5)の30-50 km s⁻¹積分強度(等高線)と50-70 km s⁻¹積分強度(カラー) 下: HNC(2-1)積分強度(Jones+, 2013)

◆今回の観測

- Tsuboi+, 2014で発見されたシェルが、高温分子ガストレーサーのNH₃(5,5)でも発見。(図6上)
- 分子雲GMC0.68-0.17は、低励起のNH₃輝線やHCO⁺, HCNでは目立たない。一方、ショクトレーサーである有機分子(HNCO, HC₃N, CH₃OH etc.)では、NH₃(5,5)同様に分子雲クランプで見える。(図6下)
- 同分子雲周辺のNH₃積分強度比(5,5)/(4,4)~1.1、回転温度500K相当で検出。周辺領域で熱源となりそうなHII領域やX線天体の報告はこれまで無い。

◆Tsuboi+, 2014で示唆されている分子雲衝突を支持する結果。

- 高温分子ガスの短い冷却時間スケール(<10³年) 衝突して間もない or 衝突中であることを示唆。

- 末星形成&高温な分子雲衝突領域の貴重な例である可能性。
- 星形成以前の分子雲衝突初期状態を観測できる絶好の領域?

4. Sgr D 領域

◆Sgr Dについての先行研究

- 丸く広がったのHII領域と超新星残骸が並んで見えている電波源。(図9)
- その丸いHII領域は銀河円盤上にある。(Lis+, 1991)
- その中の“core”と呼ばれるコンパクトHII領域は、銀河中心に属していると言われている。(Blum+, 1999)
- 近年、銀河中心に属する新しい超新星残骸が発見された。(Sawada+, 2009; 図9のDS1)
- 様々な距離の天体が視線上に重なる複雑な領域。銀河中心領域に付随する分子雲は以前から発見されているが、詳しい研究は少ない。

◆今回の観測

- 銀河中心領域に属する分子雲GMC1.07-0.06で周辺で高いNH₃(5,5)/(4,4)強度比(図10)
- 同じ領域で有機分子輝線の強度比が高い。(上のGMC0.68-0.17と類似した結果。)
- HII領域 or 超新星残骸からショックを受けている?

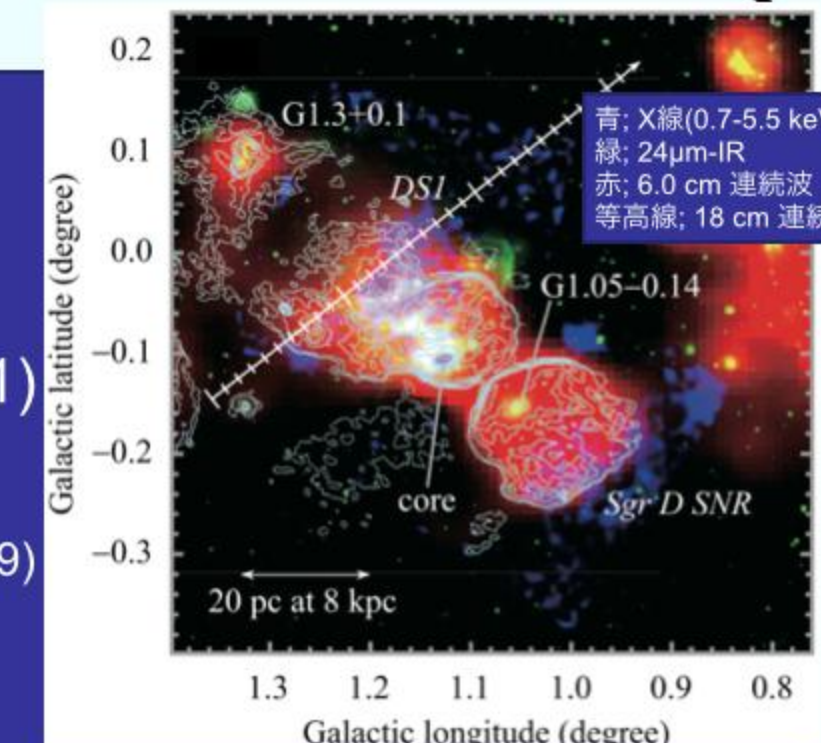


図9. Sgr D 領域(Sawada+, 2009)

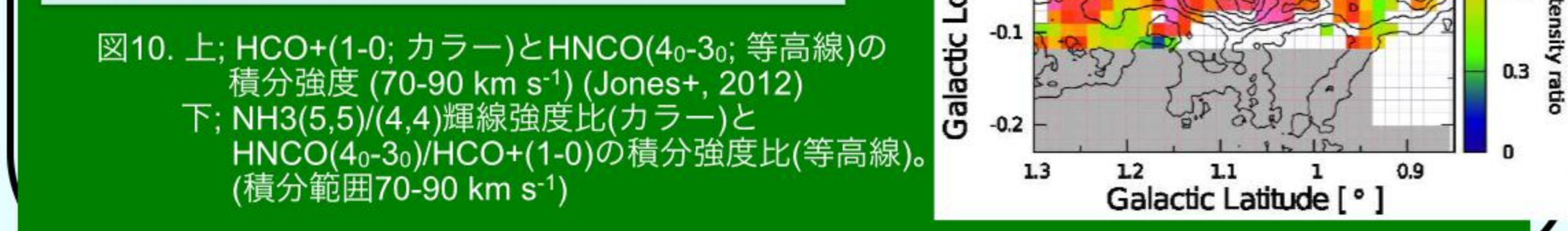


図10. 上: HCO⁺(1-0; カラー)とHNC(4-3₀; 等高線)の積分強度 (70-90 km s⁻¹) (Jones+, 2012) 下: NH₃(5,5)/(4,4)輝線強度比(カラー)とHNC(4-3₀)/HCO⁺(1-0)の積分強度比(等高線)。(積分範囲70-90 km s⁻¹)

References

Blum, R.D., et al. 1998, ApJ, 512, 237
 Faure, A., et al. 2013, ApJ, 770, L2
 Hasegawa, T., et al. 1994, ApJ, 429, 77
 Jones, P.A., et al. 2012, MNRAS, 419, 2961
 Jones, P.A., et al. 2013, MNRAS, 433, 211
 Lang, C.C., et al. 1997, ApJ, 474, 275
 Lis, D.C., et al. 1991, ApJ, 379, 53
 Mills, E.A.C., et al. 2013, ApJ, 772, 105
 Oka, T., et al. 1998, ApJ, 118, 455
 Pauls, T. et al. 1980, A&A, 85, 26
 Sawada, M., et al. 2009, PASJ, 61, S209
 Tsuboi, M., et al. 2014, IAU symposium
 Yusef-Zadeh, F., et al. 1984, Nature, 310, 557