

New Panoramic View of 12CO and 1.1mm Continuum Emission in the Orion A Molecular Cloud.I.Survey Overview and Possible External Triggers of Star Formation(論文レビュー)

佐々木 一成 (新潟大学大学院 自然科学研究科)

Abstract

星形成の主な場である巨大分子雲 (GMCs) において、どのように星形成が行われているかまだ不明瞭な点が多い。包括的な星形成の理解を深めるために、この論文では Orion-A 巨大分子雲北部について ASTE に搭載された AzTEC カメラによる 1.1mm ダスト連続波、及び NRO45m 鏡を用いた 12CO(J=1-0) 輝線の観測を行っている。この観測結果、及び星形成の引き金となっている可能性の高い外部からの影響について議論する。

1 Introduction

巨大分子雲 (Giant Molecular Cloud, GMCs) では大質量星・小質量星共に形成されているが、GMCs での星形成にはまだ不明瞭な点が多い。GMCs の研究は包括的な星形成の理解に不可欠である。Orion-A 巨大分子雲は地球に最も近い GMC で、オリオン座南部 ~ 72pc に伸びている。Orion-A 分子雲は大小両スケールで星形成が起こる引き金となり得る外的影響を受けていると考えられ、広域・高感度での観測及びマッピングに適している。

2 Observations

観測は以下のように行った。

- ・ AzTEC/ASTE Observation

2008 年 10 ~ 12 月、南米チリ Pampa la Bala に位置する ASTE10m 望遠鏡に搭載された AzTEC カメラを用いて、Orion-A 分子雲北部 $1.7^\circ \times 2.3^\circ$ の領域の 1.1mm ダスト連続波観測を実施した。観測期間中天候は概ね穏やかで、225GHz での典型的な opacity は 0.1 ~ 0.2 程度であった。

- ・ NRO 45m 12CO(J=1-0) Line Observation

2007 年 12 月 ~ 2008 年 5 月、野辺山国立天文台 (NRO)45m 電波望遠鏡及び 25 ビーム受信機 BEARS を用いて Orion-A 分子雲北部 $1.2^\circ \times 1.2^\circ$ の領域

の 12CO(J=1-0) 輝線の観測を行った。観測では On-The-Fly(OTF) 観測法を用いた。

3 Results

3.1 1.1mm Dust Continuum Emission

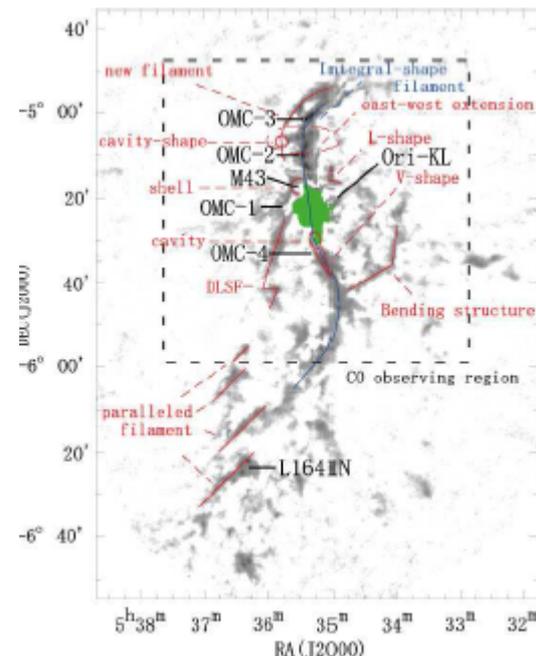


図 1: 1.1mm 連続波マップの特徴。点線で囲われた領域は 12CO(J=1-0) 輝線の観測領域。

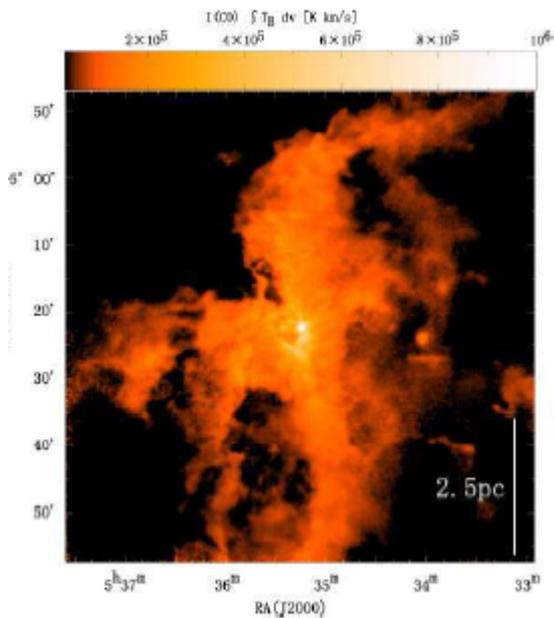


図 2: 12CO(J=1-0) 全積分強度図

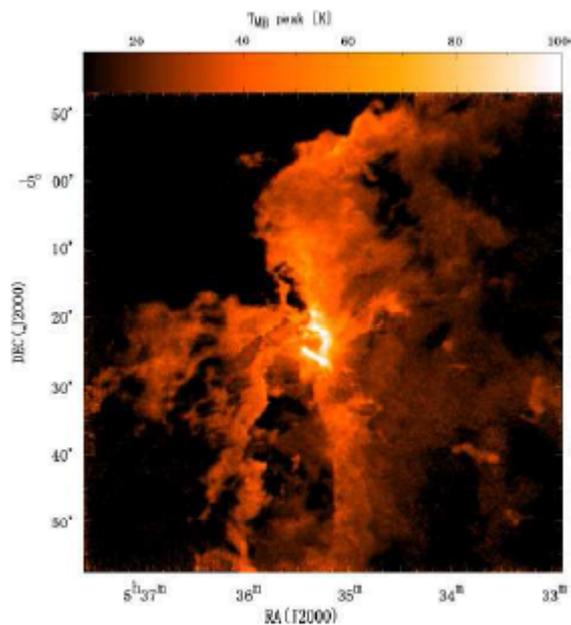


図 3: 12CO(J=1-0) ピーク強度図

図 1 は AzTEC/ASTE による Orion-A 北部の 1.1mm 連続波観測によるマップにおいて今回の観測で見つかった特徴的な構造を示している。これまでの研究で既に発見されていた integral-shape filament の他に赤字で表示されている様々な構造が発見された。

3.2 12CO(J=1-0) Emission

図 2,3 は各々12CO(J=1-0) 輝線の全積分強度図、及びピーク強度図である。1.1mm 連続波と同様 integral-shape filament が見られる。integral-shape filament 東部にはシャープな縁 ("CO front"、図 4 参照) が形成されている一方、西部は徐々に暗くなっている。ピーク強度図の分布は温度構造の分布とほぼ一致しており、integral-shape filament 等 main cloud component の温度は 60K ~ 110K 程となっている。

図 5 は 12CO 輝線の velocity channel map である。4.5 ~ 14km/s の速度帯では南から北へ向かって integral-shape filament の速度勾配が見えている。一方で 5.5km ~ 8km/s では南へ向かう DLSF の速度勾配が見える。従って DLSF は main cloud component を構成する分子雲とは運動学的に異なっている。

また、3.5 ~ 7.5km/s では integral-shape filament の東部に diffuse CO component が存在している。diffuse CO component のピーク強度及び速度は ~ 5K、

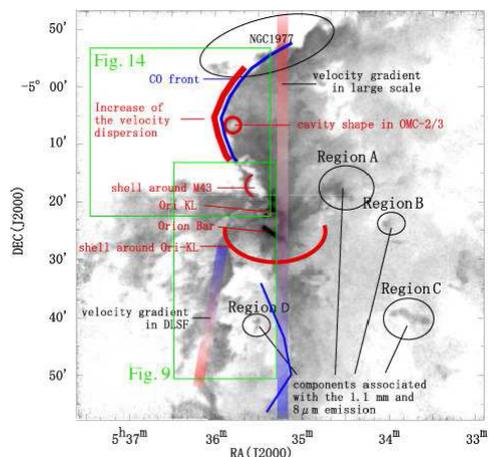


図 4: 12CO(J=1-0) 輝線マップの特徴

~ 5km/s 程であり、メインコンポーネントとは別の起源を持つ構造だと考えられる。Sakamoto et al.(1997) では今回の観測領域より南側に位置する活動星団形成領域 L1641N 東部に ~ 5K、~ 7km/s の diffuse CO component を発見しているが、これは今回観測した diffuse CO component と同一の物だと考えられる。従って diffuse CO component は integral-shape filament 東部 14pc に広がっている。

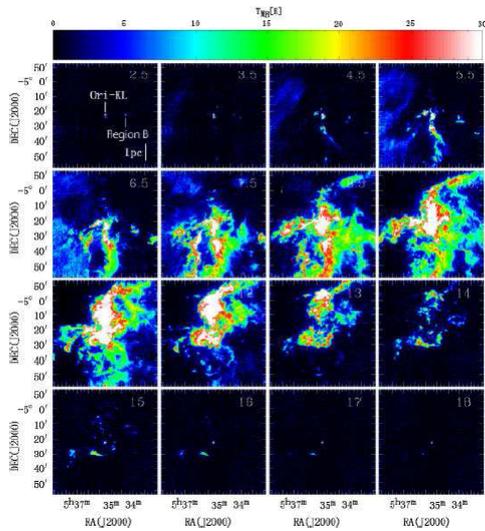


図 5: 12CO(J=1-0) velocity channel maps

3.3 Comparison among the AzTEC 1.1mm, 12CO peak intensity and the MSX 8 μ m MAP

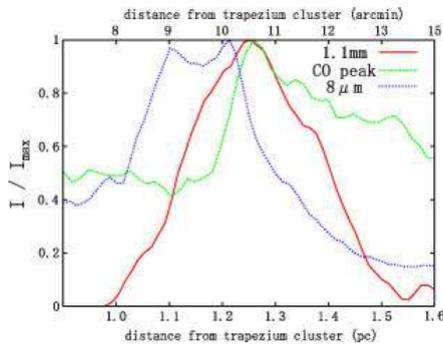


図 6: Intensity profiles of the 1.1mm, 12CO, 8 μ m

図 6 は M43、DLSF 付近の領域の AzTEC 1.1mm 連続波と MSX(Midcourse space experiment) 8 μ m 輝線、及び NRO45m 12CO(J=1-0) 輝線の分布を比較した物である。8 μ m 輝線は多環芳香族炭化水素による輝線で、電離水素領域で多く観測される。この領域には 2 つの電離水素領域 M42、M43 が存在し、それぞれ 1 Ori C、NU Ori に励起されている。8 μ m、1.1mm、12CO 輝線の分布にはシステムチックな傾向が見られる。12CO 輝線は電離水素領域からある程度離れた場所に分布しており、8 μ m 輝線は電離水素領域付近に多く分布している。1.1mm 連

続波はその中間に位置する。この距離に応じた分布傾向は図 4 中の Region A ~ D など他の領域でも見られる。

4 Discussion

4.1 Large scale possible external effect: Collision of the diffuse CO component on the cloud surface

12CO 観測では integral-shape filament 東部全体に diffuse CO component の分布が見られ、main cloud component と diffuse CO component は CO front で衝突していると考えられる。position-velocity(P-V) diagram を考えると、CO front を境に main cloud component の中心速度は 11 ~ 12km/s に対し diffuse CO component の中心速度は 5 ~ 6km/s となっている。同様にピーク強度を見ると diffuse CO component は 4 ~ 7K だが main cloud component では 50K を越えており、CO front を境に急激に増えている。diffuse CO component の起源としては Orion-A 分子雲の東方 ~ 100pc に存在する OB 型星 Orion OB 1b により星間物質が吹き飛ばされ、CO front で Orion-A 分子雲と衝突していると考えられる。diffuse CO component と main cloud component の衝突は大スケールでの星形成の引き金になっていると考えられる。

4.2 Intermediate scale possible external effect: Photo-Dominated Regions

Orion-A 分子雲中で形成された OB 型星、及び電離水素領域は数 pc スケールでの星形成の引き金となっている可能性がある。§ 3.3 で見たように、12CO、1.1mm、8 μ m 輝線の分布は電離水素領域からの距離に応じた分布になっている。強力な 8 μ m 輝線は電離水素領域からの FUV 放射が存在することを表している。一方で FUV のエネルギーは 12CO の解離エネルギーよりも高く、電離水素領域付近では 12CO の分布は少なくなる。1.1mm 連続波は暖かいダスト・冷たいダスト両方をトレースしている。従ってこれらのシステムチックな分布は PDR(Photo-Dominated Regions) モデル (Hollenbach & Tielens 1997) によって説明できる。Region A ~ D は相対的に孤立したダスト塊だが、12CO、1.1mm、8 μ m のシステムチック

クな分布が見られる。こうした塊が分子雲コアとなり UV 照射によるコアの圧縮が起き、星形成が引き起こされると考えられる。

5 Summary

AzTEC/ASTE による 1.1mm ダスト連続波、及び NRO45m 電波望遠鏡による $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線の広域マッピング観測により、以下のような結果を得られた。

1. 1.1mm 連続波により以前から知られていた integral-shape filament の他に特徴的な構造がいくつか発見された。

2. $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 観測により integral-shape filament 東側全体に広がる diffuse CO component が観測された。P-V diagram やピーク強度 profile は CO front を境に急激に変化している。これらの特徴から diffuse CO component は Orion-A から $\sim 100\text{pc}$ に位置する Orion OB 1b によって星間物質が掃き集められ、integral-shape filament と衝突していると考えられる。

3. ^{12}CO 、1.1mm、 $8\ \mu\text{m}$ は電離水素領域からの距離に応じた分布となっており、M43、DLSF・RegionA ~ D には各々 NU Ori、1 Ori C の PDRs が存在する。RegionA ~ D は PDRs が引き金となって星形成が起きる場だと考えられる。

Acknowledgement

今回の論文レビューにあたって宇宙論のゼミを開いていただいた宇宙物理学研究室の皆様、ありがとうございました。

Reference

福井康雄, 犬塚修一郎, 大西利和, 中井直正, 舞原俊憲,
& 水野亮 「星間物質と星形成」 2008, 日本評論社