

NGC3603 に付随する母体分子雲の観測的研究

服部 有祐 (名古屋大学大学院 理学研究科)

Abstract

大質量星は、一生の最期に超新星爆発を起こし周囲の環境に多大な影響を及ぼすなど銀河の進化において重要な役割を果たすが、その形成課程は明らかとなっていない。Furukawa et al. (2009) や Ohama et al. (2010) は、多数の大質量星を含む大規模星団 (Super Star Cluster: SSC) の 1 つである Westerlund2 の観測結果を用いて、分子雲同士の衝突による大質量星形成の説を提案した。三列星雲 (M20) においても同様の観測成果が報告されている (Torii et al. 2011)。以上の研究により、大質量星の形成において分子雲同士の衝突が重要であると考えられる。NGC3603 は、太陽系から約 7 kpc 離れた場所に位置する大規模星団 (SSC) である。星団近傍については観測がなされていたが、広範囲かつ高分解能な観測はされていない。そこで、NANTEN2 電波望遠鏡を用いて同領域の広範囲観測を行った。その結果、視線速度のことなる 2 つの分子雲を検出した。両分子雲は星団の中心方向で重なり、輝線強度比は星団周囲で高いため、2 つの分子雲は星団に付随すると考えられる。本研究では、NGC3603 が分子雲同士の衝突による結果であることを提案する。

1 Introduction

大質量形成のメカニズムには、下記の 3 つの理論が提案されている。

1. 小質量星の形成のメカニズム (Shu et al. 1987) に加え、極めて大きな降着率がみられる環境で、降着円盤からの質量降着によって大質量星が形成されるという説。
2. 星密度が高い環境下で、星同士の衝突が起こり合体した結果、大質量星が形成されるという説。
3. 分子雲の衝突により大質量星が形成されるという説 (Scoville et al. 1986)。

しかしながら、大質量星が太陽系近傍に存在しないこと、存在個数が小質量星に比べ少ないこと、短時間で母体の分子雲を消してしまうなどの理由から、観測的証拠が少ない。そこで本研究では、SSC 領域である NGC3603 の広範囲の解析を行うことで、大質量星の形成課程を明らかにすることを目的とした。

2 Methods/Instruments and Observations

観測にはチリ・アタカマ高地に設置された口径 4 m のミリ波・サブミリ波望遠鏡 NANTEN2 を用いた。実行ビーム半値幅 (HPBW) は $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ が 1.5 分角、 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 、 $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ が 2.6 分角であり、太陽系からの距離が 7kpc の位置における空間分解能は $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ が 3 pc、 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ が 5pc に相当する。

3 Results

NGC3603 方向の ^{12}CO と ^{13}CO 輝線の積分強度の空間分布を図 1 と図 2 に示す。中心の星団と重なる分子雲は視線速度が $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ の場合は 3.7–17.6 km s^{-1} (以下 10 km s^{-1} 雲) と 23.6–33.5 km s^{-1} (以下 30 km s^{-1} 雲) の範囲を積分した空間分布図である。また図の十字は中心星の位置を示す。 $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ の場合は 5.0–20.0 km s^{-1} と 27.0–34.0 km s^{-1} の範囲を積分した空間分布図にコントラストを引いた図である。星団方向で熱源の範囲と重なっていることが分かる。また図 3 は 10 km s^{-1} と 30 km s^{-1} の輝線強度比 $^{12}\text{CO}(J=2-1)/^{12}\text{CO}(J=1-0)$ の空間分布図であ

る。中心星の方向で強度比が高くなっていることがわかる。

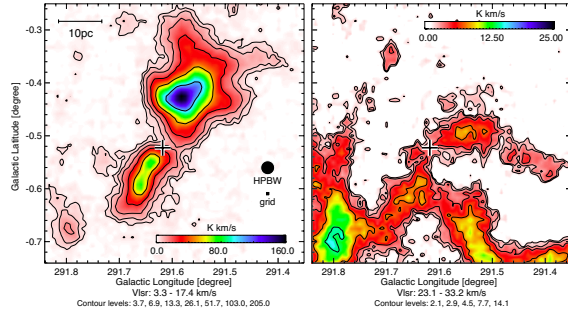


図 1: NGC3603 と相互作用する分子雲の $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 積分強度図。積分範囲は (左) $3.7-17.6 \text{ km s}^{-1}$ 、(右) $23.6-33.5 \text{ km s}^{-1}$ である。

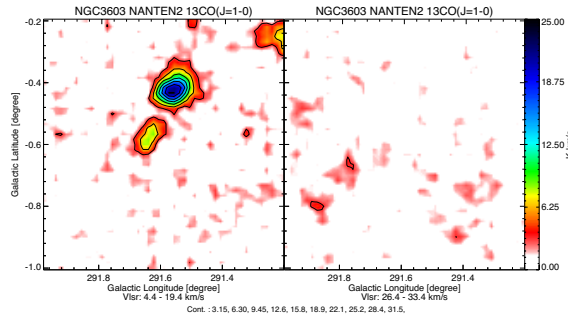


図 2: NGC3603 と相互作用する分子雲の $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ の輝線強度図。積分範囲は (左) $5.0-20.0 \text{ km s}^{-1}$ 、(右) $27.0-34.0 \text{ km s}^{-1}$ である。

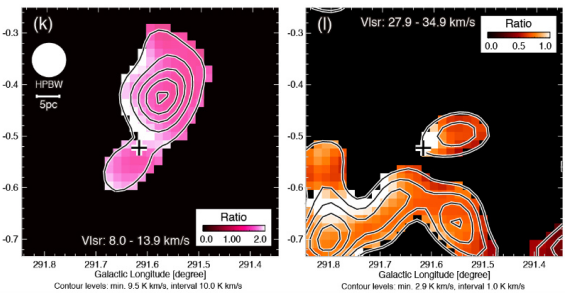


図 3: 左が 10 km s^{-1} 、右が 30 km s^{-1} の輝線強度比 $^{12}\text{CO}(J=2-1)/^{12}\text{CO}(J=1-0)$ の空間分布図。

4 Discussion

図 3 は $^{12}\text{CO}(J=2-1)/^{12}\text{CO}(J=1-0)$ の輝線強度比を表し、赤もしくは橙から白に変化するにつれて比が高くなり、これは励起状態を表す。図を見ると、どちらの分子雲も星団中心付近が白く、励起状態であることが分かる。反対に、星団から離れるにつれ低励起状態になっている。これは 2 つの分子雲が星団に付随することを示唆する。特に図 3 について、南から西にかけて高励起状態になっていないのは、分子雲コアの存在により紫外線放射が遮られているためであると考えられる。

次に 2 つの分子雲の速度差の原因について考察することで、分子雲の衝突の可能性に言及する。2 つの分子雲に速度差を生じる機構として 4 つの原因が考えられる。1 つ目は、超新星爆発による膨張運動である。NGC3603 方向中心から半径 1 度以内に 2 つの超新星残骸が確認しているが、いずれも NGC3603 から離れており、膨張の原因とは考えにくい。この可能性を棄却する。2 つ目は、星風による膨張運動である。Drissen et al(1995) によって得られた恒星風のエネルギーは、NGC3603 の 2 つの分子雲に速度分散を生じさせるには少ないと考えられるため、この可能性を棄却する。3 つ目は、重力により束縛された系での運動である。求めた分子雲が作る重力からの脱出速度より、実際に観測された視線速度が大きい。この可能性を棄却する。4 つ目は、2 つの分子雲の独立した運動である。2 つの文意寸の速度分散はほかの 3 つの機構では説明できないため、この可能性を示唆する。この機構は、SSC が分子雲の衝突によって形成された可能性を示唆する。

分子雲の衝突による数値シミュレーションが Habe & Ohta (1992) によって行われている。小さく高密度な分子雲と、大きく低密度な分子雲が一定の速度で近づくという初期条件のもとシミュレートされている。Habe & Ohta (1992) によると、密度差がある場合は星団形成を誘発しやすい。図 2 をみると、 10 km s^{-1} 雲は小さく高密度であり、 30 km s^{-1} 雲は大きく低密度であることが分かり、シミュレーションの初期条件に似ている。以上から、密度差のある分子雲同士の衝突によって星団形成が誘発されたことを示唆する。

5 Conclusion

今回の研究によって、NGC3603 方向に存在する巨大分子雲の広範囲観測を行うことによって、星団方向に付随する 2 つの分子雲の全体像を明らかにした。

2 つの分子雲は、星団方向で重なり、星団近傍で輝線強度比が高くなることが分かった。

2 つの分子雲は、互いに重力で束縛されていないことが分かった。

NGC3603 は、分子雲同士の衝突により SSC が形成されたことを示唆する。

Reference

Furukawa, N., Dawson, J. R., Ohama, A., et al. 2009, *ApJL*, 696, L115

Ohama, A., Dawson, J. R., Furukawa, N., et al. 2010, *ApJL*, 709, 9755

Torii, K., Enokiya, R., Sano, H., et al. 2011, *ApJ*, 738, 46

Shu, F. H., Lizano, S., & Adams, F. C. 1987, *Star Forming Regions*, 115, 417

Scoville, N. Z., Sanders, D. B., Sargent, A. I., et al. 1986, *ApJL*, 311, L47

Drissen, L., Moffat, A. F. J., Walborn, N. R., & Shara, M. M. 1995, *AJ*, 110, 2235

Habe, A., & Ohta, K. 1992, *PASJ*, 44, 203