

へびつかい座 分子雲の構造解析

神 貴志 (新潟大学大学院 自然科学研究科)

Abstract

暗黒星雲は一般的に低温かつ高密度であり、ガスが主として分子の状態である星間分子雲である。この分子雲中の高密度が分子雲コアであり、その収縮によって星が形成される。へびつかい座 分子雲は近傍にある暗黒星雲であり星形成の現場として非常によい研究対象である。

Maruta et al (2010) の研究ではへびつかい座 分子雲において 68 個の分子雲コアを同定し、それぞれのコアの物理量を導出した。同定したコアにピリアル解析を適用することにより大部分のコアが束縛されている状態にあり収縮して星が形成されると考えられる。またピリアル解析から外圧がこれらのコアに重要な影響を及ぼしていると考えられる。

1 Introduction

暗黒星雲は一般的に低温かつ高密度であり、ガスが主として分子の状態である星間分子雲である。この分子雲中の高密度が分子雲コアであり、その収縮によって星が形成される。へびつかい座 分子雲は近傍にある暗黒星雲であり集団的星形成が行われている。

Maruta et al (2010) の研究は野辺山 45m 電波望遠鏡のアーカイブデータを用いて、へびつかい座 分子雲の $H^{13}CO^+$ ($j = 1 - 0$) 輝線データの解析を行った。 $H^{13}CO^+$ ($j = 1 - 0$) の臨界密度は $1 \times 10^5 \text{cm}^{-3}$ であり、光学的にも薄いことから高密度トレーサーであり、分子雲コアの観測、同定に適している。輝線データに clump find algorism を適用して、68 個のコアを同定し、 $H^{13}CO^+$ ($j = 1 - 0$) コアの半径 (R_{core}), コアの速度分散 (dv_{core}), 光度質量 (M_{LTE}), 重量質量 (M_{vir}) 等の物理量を導出した。68 個の $H^{13}CO^+$ ($j = 1 - 0$) コアの物理量は Maruta et al (2010) の Table1 に記載されている。さらに同定したコアにピリアル解析を適用することにより、コアの力学的状態の評価を行った。

2 Methods

同定したコアにピリアル解析を適用する。ここでコアは一様球であると近似するとピリアル方程式は

以下のように表せる。

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 I}{dt^2} = U + W + S$$

I は慣性モーメント、 U は内部エネルギー、 W は磁場の効果を含む重力エネルギー、 S は表面項を表している。

右辺のそれぞれの項は以下のように与えられる。

$$U = \frac{3Mdv_{\text{tot}}^2}{8\ln 2}$$

$$W = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R_{\text{core}}} \left[1 - \left(\frac{r}{r_{\text{cr}}} \right)^2 \right]$$

$$S = -4\pi R^3 P_{\text{ex}}$$

M はコア質量を表し、ここでは M_{LTE} を採用する。 r_{cr} はコアを貫く磁束、 r_{cr} は臨界磁束、 P_{ex} は表面圧力、 dv_{tot}^2 はコアの全速度分散を表している。

P_{ex} と r_{cr} 以外のピリアル方程式の右辺の項は Maruta et al (2010) の Table1 から計算することができる。ただし温度に関しては一部の多少高温領域にあるコアの温度を $T = 18\text{K}$ とし、他は $T = 12\text{K}$ とする。

個々のコアの P_{ex} の評価は困難であるため、へびつかい座 分子雲の subclump から観測された平均密度と平均速度分散を用いて以下のように評価する。

$$P_{\text{ex}} \approx \frac{1}{2} \rho \langle v^2 \rangle$$

平均表面圧力は $P_{\text{ex}} / k_B \approx 3 \times 10^6 \text{Kcm}^{-3}$ と見積もることができ、ここではすべてのコアに対してこ

の値を採用する。
 また磁場の項の評価は非常に困難であるためここでは簡単のために $\beta_{cr} = 0$ と仮定する。

3 Results

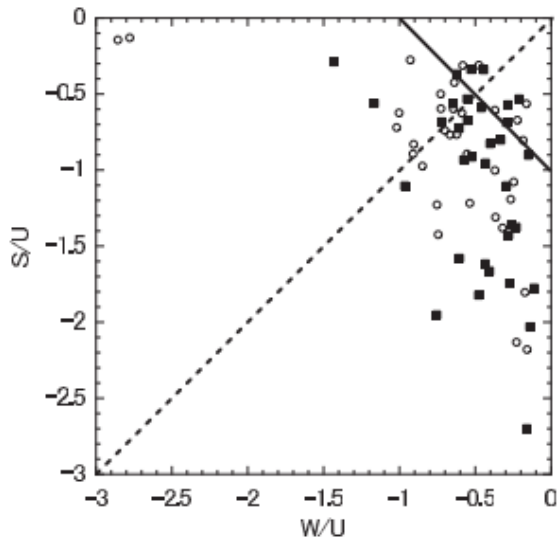


図 1:

図 1 はビリアル方程式の右辺を内部エネルギー (U) で規格化した表面項 (S) と重力項 (W) の関係を表している。実線は $U+W+S=0$ となる状態を表している。これは内部エネルギーと重力エネルギーと表面項が釣り合っていて力学的平衡状態を表している。実線の下は $U+W+S < 0$ となるため、そこに存在するコアは収縮していることが分かる。破線は $W=S$ となるような重力項と表面項が等しい状態を表している。破線より下の場合 $W > S$ を表し、破線より上の場合 $W < S$ を表している。 \circ は原始星が付随しているコアを表し、 \blacksquare は原始星が付随していないコアを表している。

4 Discussion

実線より下は $U+W+S < 0$ であるためにそこに位置しているコアは束縛された状態と分かる。図 1 から大部分のコアが実線 ($U+W+S=0$) の下に位置して

いるため、大部分のコアが収縮して星形成が行われると考えられる。また大部分のコアは破線 ($S=W$) の下に位置している。このことから重力項より表面項の方が小さな値となるため、表面項が収縮に大きく影響を与えていることが分かる。そして破線 ($S=W$) より上に位置しているコアに関してもほとんどは $S=W$ (破線) からのズレが小さいために表面項も力学的に重要な役割を果たしていると考えられる。

5 Conclusion

同定したコアにビリアル解析を適用することで大部分のコアが束縛された状態であることが分かった。さらに大部分のコア重力項より外圧の項が重要であることが分かった。これらの結果からクラスター環境でのコアの形成と進化は外圧によって大きく制御されていることが考えられる。

Reference

Maruta et al. Apj714,680,(2010)