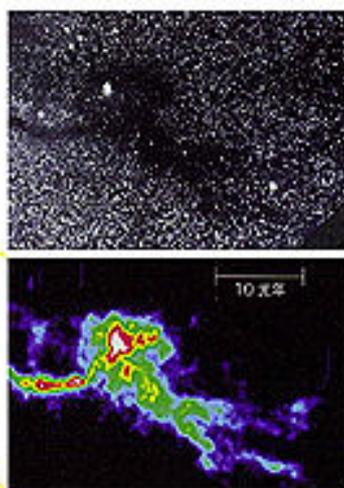
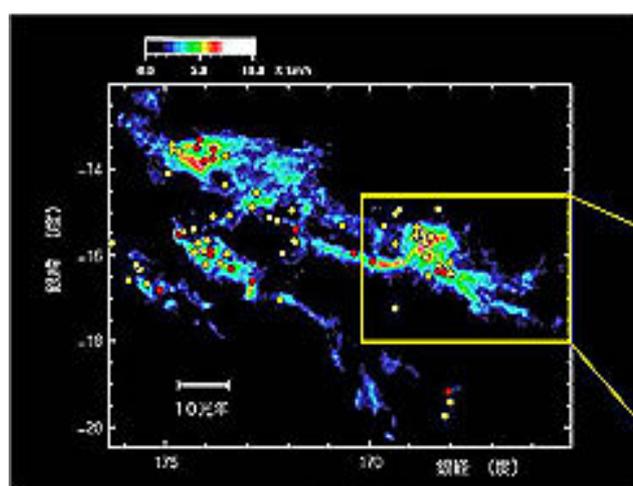


「フィラメント状分子雲の重力収縮についての 輻射流体シミュレーション」

東京工業大学 地球惑星科学専攻 中本研究室 修士2年
鐵 紘由紀

【研究背景 星形成とフィラメント構造】

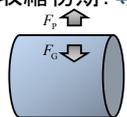
一般的に、恒星は分子雲の重力収縮によって形成される。なかでもフィラメント状をした高濃度領域において、多くの原始星・若い星が観測されている (Schneider&Elmegreen 1979)。よってフィラメント中での星形成理論が必要とされ、フィラメント形成 (Miyama et al. 1987) やその重力収縮 (Inuthuka&Miyama 1992 など多数) について、多くの研究者によって論じられている。



【図1 おうし座分子雲】
おうし座分子雲
¹³CO輝線観測
(色彩は輝線の強さ)
《理科年表
オフィシャルサイトより》
http://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/tenmon/tenmon_009_2.html

Back Ground

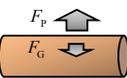
【収縮初期: 等温】 ~等温・非等温と収縮~



$$\begin{cases} F_p = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \propto r^{-1} \\ F_G = \frac{2G\lambda}{r} \propto r^{-1} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_p}{F_G} = \text{const.}$$

収縮!

【収縮後期: 非等温】



$$\begin{cases} F_p = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \propto r^{-1-2\gamma_{eff}} \\ F_G = \frac{2G\lambda}{r} \propto r^{-1} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_p}{F_G} = r^{2-2\gamma_{eff}}$$

収縮停止へ

圧縮の加熱
VS
放射の冷却

【分裂】



摂動不安定が顕著になり、
やがて分裂へ

【図2 温度状態と収縮】

フィラメント状分子雲は自己重力によって収縮・分裂し、やがて星へと進化する。この分裂の際、等温から非等温への転換が重要な要素となる。等温状態のフィラメントであれば、重力/圧力勾配の力の比が一定であり、初期に重力が圧力勾配の力を上回ってさえいれば、いつまでも収縮を続けることができる。しかし非等温になると、重力/圧力勾配の力の比がフィラメントの太さに依存するようになってしまう。縮むほどに抵抗力が大きくなり、やがては収縮が止まってしまうのである (これはフィラメント状という幾何学的特徴によるものであり、例えば球状のガスにおいては温度は重要でない)。

そして重力収縮するフィラメントが分裂をするためには、等温状態から脱し、収縮が収まる必要がある (Inutsuka & Miyama 1997)。よって、フィラメントの収縮・分裂を論じるためには、その温度変化を重要な要素として考慮しなくてはならない。

【問題点】

しかし先行研究 (Inuthuka&Miyama 1992 など) では、フィラメント内のエネルギー輸送について、主たる冷却効果である輻射輸送の効果を正確に再現できておらず、フィラメントが光学的に厚くなった時点で非等温とみなしていた。このため、得られた結論の妥当性については疑問が残るものとなっている。

前述の通り温度変化はフィラメントの進化段階を決定する重要な要素であるから、輻射によるエネルギー輸送をも正しく取り入れた研究が必要とされていた。

【本研究の目的】

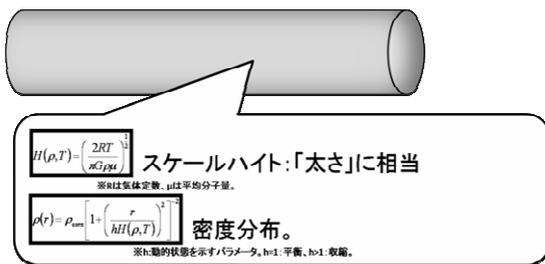
以上の問題点を解決するために本研究は、フィラメント状分子雲の進化について、輻射を適切に考慮しながらその重力収縮を追う。

【手法】

これまでに、近似的な解析を行った。

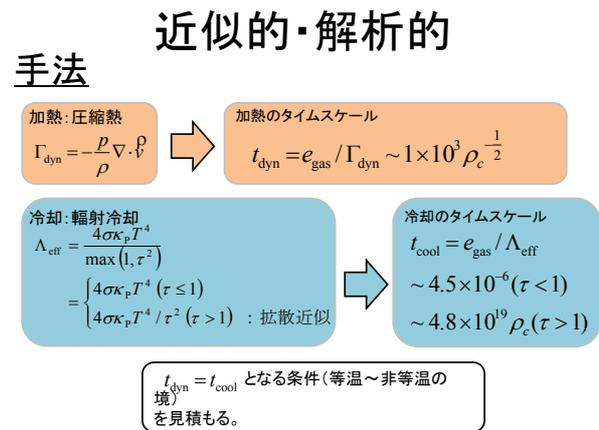
図3のように、無限に長い軸対象のフィラメントを仮定する。この際、密度分布は平衡状態の分布に収縮のファクターhを導入したものを用いる。

このフィラメントに対して図4のように加熱のタイムスケール、冷却のタイムスケールを見積もってやり、これらが等しくなる条件を求めてやることで、等温～非等温の切り替わる特徴的な密度を得ることができる。



本研究では、
・無限に長く
・全物理量が軸対称(r のみに依存)で
・磁場や乱流は無視した
フィラメント(ひも)を仮定。

【図3 フィラメントモデル】



【図4 加熱率と冷却率】

【結果】

ある特徴的な密度、

$$\rho_{\text{crit}} = \begin{cases} 2.85 \times 10^{-13} \left(\frac{T}{13.3 \text{K}} \right)^{10} \text{ g cm}^{-3} & (T \leq 13.3 \text{K}) \\ 2.85 \times 10^{-13} \text{ g cm}^{-3} & (T \geq 13.3 \text{K}) \end{cases}$$

を境に等温～非等温が転換する。これを用いると、このプロセスによって出来るガス塊の質量を見積もることができる。これには最小質量が存在し、太陽質量の約100分の1という値になる。

【今後の研究】

上記の解析結果を裏づけ、また定量的にフォローするために、輻射流体シミュレーションを行う。