

星の生まれる前の高密度コアについて近年、サブミリのダスト連続波による密度分布の観測、分子輝線による速度場の観測、連続波と分子輝線の比較による分子組成分布の推定が行われている。本研究では重力収縮する高密度コアの密度・速度構造と分子組成分布を数値計算によって調べ、これを観測結果と比較した。

コア内の密度分布は半径数千 AU 以内で一定、それより外側では半径の $-2 \sim -2.5$ 乗で減少し、Bonner-Ebert 球に似ていることが観測から分っている (e.g. Evans et al. 2001)。そこで計算ではまず中心密度 $\sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$ の Bonner-Ebert 球をつくり、密度をわずかに (1.1 倍) 増やした状態から収縮を開始した (Ogino, Tomisaka, & Nakamura 1999)。図 1 左列に $t = 1.05 \times 10^6$, 1.15×10^6 , 1.17×10^6 年での密度・速度分布を示す。観測では広い半径にわたって infall が見られるが、この特徴がモデルで再現されている。また観測されている高密度コアの多くは中心密度が 10^5 cm^{-3} 程度で infall 速度は $0.05\text{--}0.1 \text{ km s}^{-1}$ 程度であり (Lee et al. 1999; 2001)、モデルの 1.05×10^6 年での状態と合っている。初期状態の密度を平衡解の 4 倍とし、より動的な収縮を計算すると、中心密度が $3 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ になったときの infall 速度は 0.25 km s^{-1} 程度となり観測されている値よりも大きくなる。

収縮コア内の複数の流体素片において化学反応ネットワークを解くことにより分子組成の空間分布を各進化段階で求めた。化学反応ネットワークには気相反応だけでなくダスト表面への吸着・昇華、ダスト表面化学反応も含まれており、気相およびダスト表面分子の組成が得られる。初期密度が平衡解の 1.1 倍のモデルにおける気相分子組成分布を図 1 右列に示す。中心密度が $3 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ の段階 ($t = 1.05 \times 10^6 \text{ yr}$) ですでに CO, CS などの顕著な減少が見られ、これらは L1517B などの観測結果 (Tafalla et al. 2002) とよく一致する。一方、初期状態の密度を平衡解の 4 倍としたより動的な収縮モデルでは、中心密度が $3 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ の段階ではまだ CO 等の減少は激しくない。これは L1521E の観測結果 (Tafalla & Santiago 2004) を説明する。すなわち観測されているさまざまなコアでの中心密度、分子組成分布をモデルと比較すると、コアの収縮段階と収縮速度——動的な収縮か、平衡状態に近い状態から始まった収縮か——を見分けることが出来る。

さらに図 1 では中心密度が $3 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ の段階で $\text{NH}_3/\text{N}_2\text{H}^+$ 比が中心領域で高くなっていることがわかる。このような分布は L1517B など実際に観測されているが (Tafalla et al. 2002; Tafalla et al. 2004)、今まではその原因が不明であった。本研究では N_2H^+ の解離再結合に関する新しい実験結果 (Gepper et al. 2003) を反応ネットワークに採用することにより観測結果を再現できた。

本研究の化学反応ネットワークには重水素化分子が含まれており、各収縮段階における分子の重水素比の分布も得られた。コアの低い温度および気相 CO 分子の減少により、 $\text{H}_2\text{D}^+/\text{H}_3^+$, ND_3/NH_3 など分子中の重水素 / 水素比は時間とともに著しく上昇する。特に H_3^+ とその重水素化物は密度が 10^6 cm^{-3} 程度以上の高密度領域ではもっとも存在度の高いイオンとなり、星形成直前のコアの観測に適することがわかった。

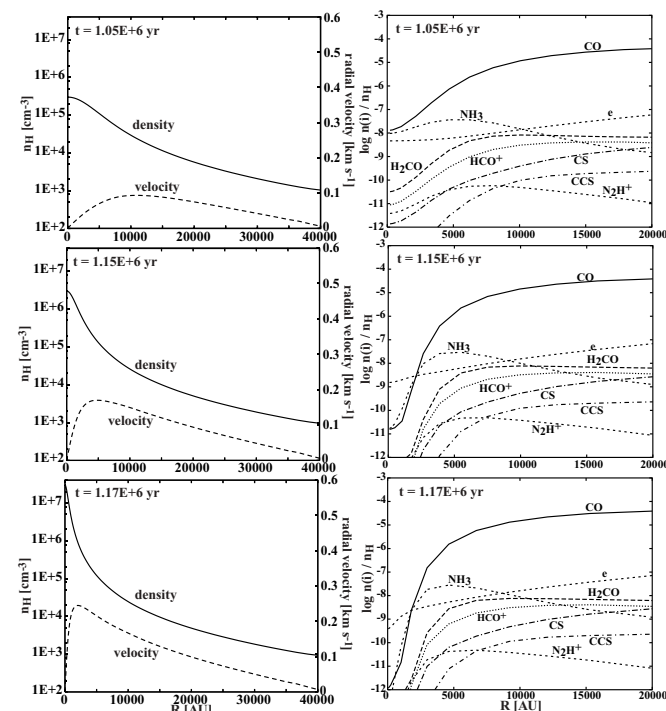


図 1: 収縮コア内の密度、速度、分子組成分布

以上の結果は現在投稿論文としてまとめている。結果の一部は国際学会ですでに口頭発表しており集録に掲載される (Aikawa 2004; Aikawa et al. 2004)。また主に 2002 年度の共同利用で得られた結果をまとめた論文が学術雑誌に掲載された (Aikawa et al. 2003)。

参考文献

- Aikawa, Y., Ohashi, N., & Herbst, E. 2003, ApJ, 593, 906
- Aikawa, Y. 2004, in Star Formation at High Angular Resolution, eds. Jayawardhana, R., Burton, M. G., & Burke, T. L., APS Conference Series, Vol. S-221, in press
- Aikawa, Y., Herbst, E., Caselli, P., Roberts, H., & Ohashi, N. 2004, in Proceedings of the 4th Cologne-Bonn-Zermatt Symposium, in press
- Evans, N.J.II, Rawlings, J.M.C., Shirley, Y. L., & Mundy, L.G. 2001, ApJ 577, 193
- Geppert, W. D., Thomas, R., Semaniak, J., Ehlerding, F., Oesterdahl, F., Djuric, N., Paal, A., & Uggla, M.,

- & Larsson. M. 2003, in the 4th Cologne-Bonn-Zermatt Symposium
- Lee, C. W., Myers, P. C., & Tafalla, M. 2001, ApJS, 136, 703
- Lee, C. W., Myers, P. C., & Tafalla, M. 1999, ApJ, 526, 788
- Ogino, S., Tomisaka, K., Nakamura, F. 1999, PASJ, 51, 637
- Tafalla, M., Myers, P. C., Caselli, P., Walmsley, C. M., & Comito, C. 2002, ApJ, 569, 815
- Tafalla, M., Myers, P. C., Caselli, P., & Walmsley, C. M. 2004, A&A, in press
- Tafalla, M., Santiago, J. 2004, A&A, 414, L53