

星形成過程における化学進化シミュレーション

本山一隆 (総合研究大学院大学)

利用カテゴリ 計算サーバ

恒星や惑星は、分子雲中の高密度領域である分子雲コアの中で誕生する。重力収縮により分子雲コアが原始星へと進化する過程で、気相中の分子の一部がダストに凍結し、ダスト表面上で化学反応が進むことにより、単純な分子から生命の元となるアミノ酸やその前駆体などの複雑な有機分子が生成されると考えられている。本研究の目的は、星間ガス的高密度領域が重力収縮により原始星へと進化する過程において、単純な小分子から生命誕生のもととなる有機分子が生成する化学進化の多様性の起源をシミュレーションにより明らかにすることである。

ダスト表面反応の実装

我々のシミュレーションコードでは、星間ガスの流体としての進化と星間ガス中での化学反応を同時に計算することができる。しかし、化学反応については気相反応だけを組み込んでおり、星形成過程における化学進化で重要な役割を果たしているダスト表面での化学反応は取り入れることができていなかった。そこで、まず我々のシミュレーションコードにダスト表面反応を実装した。

ダスト表面での反応を含めた場合でも化学進化を正しく解けているかを検証するため、気相反応とダスト表面反応の両方を含めた化学進化計算のベンチマークテスト (Semenov et al. 2010) を解いた。図1は温度 100K、数密度 $2 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ 、 $A_V = 10 \text{ mag}$ を仮定した場合の化学進化の計算結果である。我々のシミュレーションコードの計算結果は他の化学反応計算コードと一致していることを確認できた。

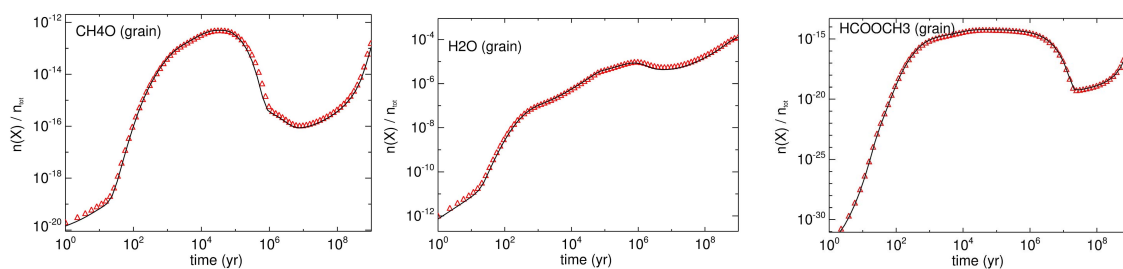


図 1: ダスト表面での分子の数密度の時間変化。左から CH_3OH 、 H_2O 、 HCOOCH_3 。三角: 我々のシミュレーションコードによる計算結果。実線: ALCHEMIC コードによる計算結果。

化学進化シミュレーション

分子雲コアが重力収縮する際の初期条件や環境条件を変え、化学進化にどのような違いが生じるかを調べた。図2は、分子雲コアが重力的に不安定になり重力収縮を始めるまで

にかかる時間を変えた場合の化学進化を調べ、様々な分子の空間分布を示したものである。重力収縮を始めるまでの時間の違いは重力収縮開始時の化学組成の違いを生むため、その後の化学進化にも大きな違いが表れることが分かった。このほかにも分子雲コアが持つ角運動量の大きさの違い、外部から入射する紫外線強度の違いが、重力収縮時の化学進化に与える影響を調べた。これらの研究の結果、初期条件や環境的な要因の違いが星形成時の化学進化に多様性をもたらす可能性があることが明らかになった。

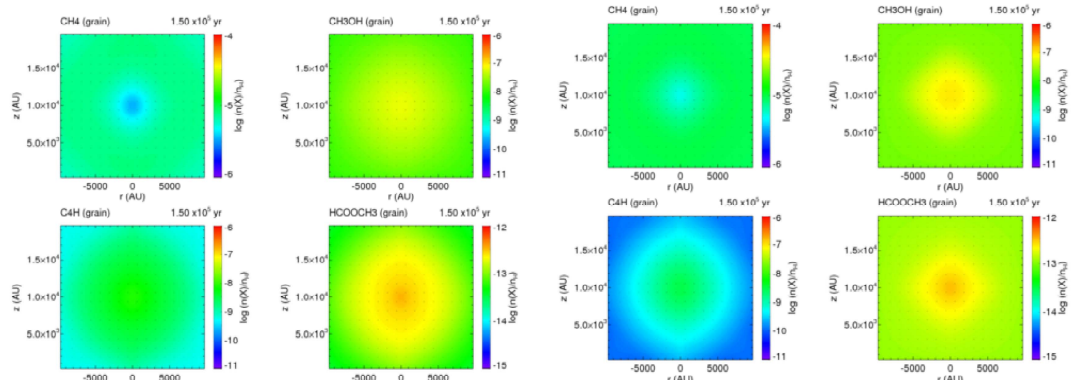


図 2: 分子雲コアが重力収縮を始めるまでの時間を変えた場合の $t = 1.5 \times 10^5 \text{ yr}$ での分子 (CH_4 、 CH_3OH 、 C_4H 、 HCOOCH_3) の空間分布。左: 重力収縮を始めるまでの時間が 10^4 yr の計算結果。右: 重力収縮を始めるまでの時間が 10^5 yr の計算結果。