

研究課題名 彗星衝突における有機分子生存率

利用者氏名(所属機関) 鈴木大輝(アストロバイオロジーセンター)

利用カテゴリ XC-A・XC-B・XC-B+・XC-MD・XC-Trial・GRAPE・計算サーバ・その他

生命起源の解明において、初期の地球に存在した有機分子の種類と量はその後の化学進化を研究するための初期条件を制約するための不可欠な情報である。有機分子の起源としては地上に飛来した隕石からアミノ酸や糖、核酸塩基などの重要生体分子が検出されたことから、宇宙からの持ち込みが注目されている。Pierazzo & Chyba (1999)は流体シミュレーションを用いて 1km サイズの彗星の衝突シミュレーションを行い、45 度入射角や効果を考慮することで $1\sim 10^{-3}$ 程度のアミノ酸が生存すると推定した。Ehrenfreund (2002)はこの結果を受け、巨大隕石や彗星の衝撃を 10%の有機分子が生存すると仮定すれば、地球上で生成するよりも宇宙からの運搬量が 1000 倍優位になることを主張した。

このように巨大隕石や彗星の衝突時の分子生存率は初期地球の有機分子の起源に直結するため生命起源研究全体に影響を与えうる。しかし、先行研究の計算は当時の計算機リソースの限界による制約もあり、現代の計算機で厳密に計算を再検証する必要がある。例えば、先行研究であるPierazzo & Chyba (1999)では入射角 Θ により $\sin \Theta$ の0.8乗で温度が減少すると仮定していた。その結果、入射角0度で達する最大温度は10000K程度であるが、45度、60度ではそれぞれ最大温度が75%、50%と減少すると仮定し分子の生存率を推定している。この研究で採用された温度減少の角度依存性は独立した研究である岩石への衝突のシミュレーションから定性的に推定されたものであり、現代の計算機で再評価することが求められる。そこで本研究では3次元の計算を要する入射角を考慮した計算は別の研究に基づき定性的に補正されていた。そこで当研究では**DISPHを用いた衝突シミュレーションを行い、現実的な3次元衝突を再現して重要な生体分子の生存率を推定した。**海洋と1kmサイズの彗星をDISPH粒子で構成して彗星衝突時の温度・圧力分布を再現した。様々な入射角のもと各粒子の最大温度を計算し、有機分子が生存可能と考えられる衝突後の最大温度が1200K以下となる体積（以下低温度領域と呼ぶ）の割合を考察した。

その結果、入射角が0度の垂直衝突ではほとんどの領域が最大で10000K以上まで加熱されてしまい、低温度領域は存在しなかった。一方で、入射角が45度を超える衝突では低温度領域が存在し、その割合は入射角度が大きくなるにつれ増加する傾向が確認された。例えば入射角が75度の斜め衝突では図1のような温度の時間変化が得られ、衝突後の5秒間における温度領域が全体積に対して3.7%程度であった。

そこで入射角度の分布を幾何学的に考慮し、

$$\text{生存確率} = \int [\text{低温度領域割合}] \times [\text{入射角 } \Theta \text{ で衝突する確立}] d\Theta$$

により分子の生存確率を計算すると、約2%となった。この割合は、従来のように楽観的

に考えられていた生存率よりも低いが、地球外から持ち込まれる有機分子の量が地球上での生成量と比べて約100倍多かったことが示唆された。

来年度はEoSの依存性を慎重に検討するほか、大気込みのモデルを構築することで温度低下の様子を再現し、より現実的な生存率を示すことを計画している。

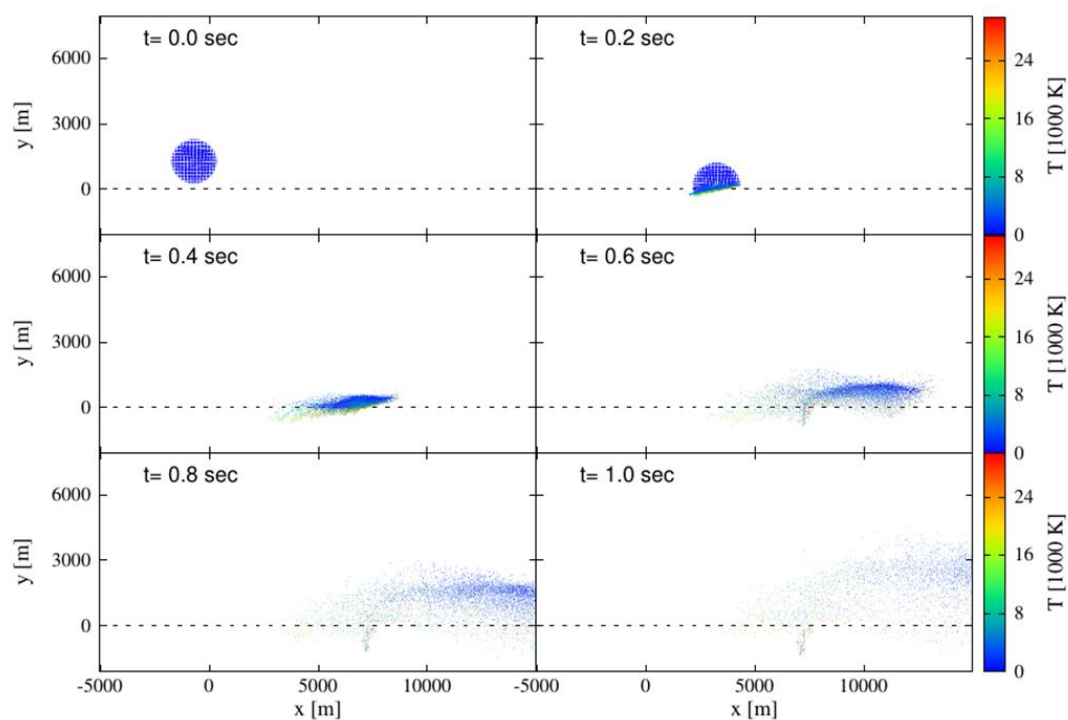


図1 入射角75度で衝突した際の温度の時間変化