P310a 巨大衝突過程を予測する機械学習モデルの構築

石田侑一郎 (東京大学), 小久保英一郎 (国立天文台)

地球型惑星形成過程の最終段階では、原始惑星が軌道進化と衝突合体を繰り返すことによって成長する。この段階は巨大衝突段階と呼ばれている。巨大衝突段階は N 体シミュレーションにより研究が行われてきた (e.g., Kokubo et al., 2006)。一方、近年巨大衝突段階の N 体シミュレーションを機械学習で代替することで計算量を削減する研究がなされている。先行研究では N 体シミュレーションより 4 桁短い時間で惑星系の最終状態を予測できる (Lammers et al. 2024)。しかし、この研究では、機械学習の教師データとして原始惑星が 3 個の N 体シミュレーションを利用しているため、原始惑星 4 個以上の系の予測に全ての重力相互作用を考慮できず、惑星系の進化を正確に予測できない。そのため、機械学習モデルに組み込まれている、衝突する原始惑星の組を予測するモデルの正解率が現状 60%程度に留まり、巨大衝突段階を経て形成する惑星系の性質を調べるには不十分である。本研究では、 N 体シミュレーションの結果から惑星の軌道進化や質量を予測する機械学習モデルを作成することを目標として、まず衝突する惑星を予測するニューラルネットワークを作成した。その結果、原始惑星を予測するモデルの正解率を 85%まで改善した。さらに、 N 体シミュレーションの結果はマージャーツリーという樹状グラフで表される。そのため、グラフニューラルネットワークというグラフ構造データに適したニューラルネットワークを使用して、 N 体シミュレーションの結果を学習することで、巨大衝突段階の惑星の成長過程を予測する機械学習モデルを作成した。発表では機械学習モデルの予測結果や作成過程について詳しく議論する。