

Boltzmann SPH 法を用いた天体形成過程の研究

釣部 通 (大阪大学 大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻)

利用カテゴリ XT4B

星の初期質量関数を与える理論モデルの構築は未解決の問題である。本研究では天体形成現象を計算理論天文学の側面から解明することを目的とする。星や星団はガス雲が重力的に収縮してできるが、その流体力学過程進化の段階で高密度な断熱コアと低密度な降着流の複合系が形成される。星の質量は、その後の合体や降着を経て最終的な質量へと到達するが、この過程までを 3 次元で正しく計算できる手法は現存しない。本研究では、新たな宇宙流体力学計算手法を構築することにより、天体形成の初期段階から競争的降着を経て天体形成が完了するまでの過程を正しく計算し、新たな理論的知見を得ることを目指す。

天体物理で多く用いられている SPH 法 (粒子法的流体力学) には (1) 差動回転円盤のような構造では、密度の見積もりに問題があること、(2) 高密度の断熱コアが形成された後は、数値流体力学計算の安定性条件の存在のため、時間刻を細かくしなくてはならず、系全体の進化正しく計算することは計算コストが高いことが分かっている。ここでは、(1) を Particle Rezoning 法で解決し、(2) の制約に縛られない新しい手法として Boltzmann SPH 法を構築し、その手法を適用することで天体形成の初期段階から完了時までを追跡し、その物理過程を明らかにすることを目指す。以下には、新たに得られた結果について報告する。

(1) 分子雲の収縮の結果形成する円盤の分裂: 現在の分子雲の熱的進化に従う収縮とそれに引き続いて起こる分裂過程をその質量降着期にまで及ぶ計算を行った。その結果、分子雲コアが収縮した後、自己重力によって支配された円盤が形成し、それが複数の分裂片に分裂した。それらの幾つかは合体し、最終的には近接バイナリからなる伴星と遠方の主星からなる階層的 3 体系が形成した。これらは、互いにそれぞれの重力圏に出来た降着円盤を通じて質量交換を行っている。その詳細については現在、解析を継続しているところである。

(2) 初代天体形成時における背景放射による分裂過程への影響: 太陽の 100 分の 1 程度の微量な重元素を含んだ天体の宇宙論的な形成について、宇宙背景放射の影響について調べた。収縮するガス雲は宇宙背景放射との相互作用により温度進化が背景放射の影響を考えない場合と異なる。ここでは、冷却するガス雲の温度が背景放射のために下げ止り高密度領域でほぼ等温的な進化をする場合について、フィラメント状雲の形成条件とその分裂過程について系統的に調べた。その結果、背景放射の影響を受けない場合には一時的に温度が極大値となる進化段階で分裂するのに対して、背景放射の影響を受けながら収縮する場合には分裂しないままフィラメント状に密度を上昇させてゆくことが分かった。このことは分裂片の質量スケールが小さくなることを示唆している。より高密度での進化については現在引き続き解析中である。

(3) 天体形成の初期段階でしばしば重要となる熱不安定性についてその暴走収縮を表す自己相似解を求めた。これはシミュレーションを用いた研究ではないが、相補的であり、研究上、関連した成果であるので報告しておく。