

種族Ⅲ星母天体における重力収縮の遅れによる 冷却への影響

No. 429

中村和貴(理論)

種族Ⅲ星(初代星)は宇宙で最初に生まれた星である。初代星は元素がまだ H と He 以外の元素がほとんど存在しない宇宙で形成され、星の内部で C 以降の元素を生成し、超新星爆発により宇宙にばらまく重要な星である。しかし、初代星の質量はいまだはっきりとはわかっていない。初代星に限らず星形成を考えるには冷却を考えることが非常に重要である。これは、星形成の過程で密度が上昇するにつれて温度が上昇するが、温度が上昇することで自己重力と圧力が釣り合うためである。初代星が形成される時期には C 以降の元素が無い、 H_2 分子が主要な冷却材となる。しかしここで H_2 分子から HD 分子が生成される。 H_2 分子は電気双極子モーメントが無く回転遷移の準位が $j=0$ から $j=2$ の遷移が最小である等核二原子分子であるのに対し、 HD 分子は等核二原子分子でないため回転遷移の準位が $j=0$ から $j=1$ の遷移が最小である。回転遷移の準位及び、慣性モーメントの差により HD 分子は量は少ないものの H_2 分子より低温まで冷却が可能であり、星形成の途中に何らかの要因で HD 分子を形成する時間が伸び、 HD 分子の量が増えると星を形成するガス雲はより低温になる。これまでにガス雲から初代星が形成されるまでの数値シミュレーションが数多く行われてきたが、 HD 分子を形成する時間が伸びる要因として、ガス雲の回転などの影響が挙げられてきた。回転により密度の上昇率が低下したガス雲では、より多くの HD 分子が形成され、より低温まで冷却が効く。温度が下がると温度による圧力で支えられる質量が低下し、ガス雲からは通常の星に比べて低質量の星が形成される。このような星形成を解くための流体シミュレーションでは、しばしば **Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)** 法という手法が用いられてきた。SPH 法では星形成を解くために、いくつかのパラメータを設定する必要がある。しかし、その設定したパラメータによる、初代星形成の時間に影響する可能性にはあまり研究されてきていなかったためまずこれを調査した。パラメータとしては人工粘性、タイムステップ、ソフトニング長、粒子数があり、これらを変更し、自己相似解の存在が知られているポリトロップを仮定して数値シミュレーションを行った。その結果パラメータによる密度の成長率への影響は大きく見積もって 20%程度だと分かった。また、別の遅れの要因として乱流による影響を考えた。乱流は星形成初期は小さくても、重力エネルギーが流入することによって音速程度まで増幅されることが先行研究で示されている。このような乱流がガス雲の収縮を妨げる可能性を考え影響を調査した。その結果計算した範囲の密度進化の初期では成長率を上げ、後半では成長率を落とすことが判明した。さらにこれらの結果を得られた密度進化の成長率の値を用いて、熱進化を解く **one-zone** 近似計算を行った。その結果今回調べた SPH のパラメータの変化や、乱流によるガス雲の収縮の遅れは熱進化にあまり大きな影響を与えないことが分かった。