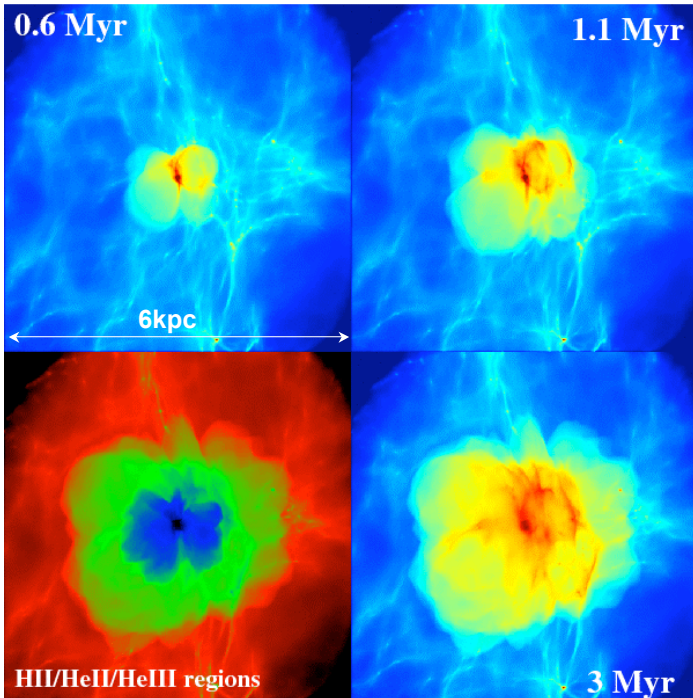


Formation of Primordial Stars in Early HII Regions

吉田直紀(名古屋大学大学院理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)
共同研究者 北山哲(東邦大) P. Oh (UCSB) L. Hernquist (CfA)

初代星まわりの電離領域の3次元輻射流体力学計算



要 旨

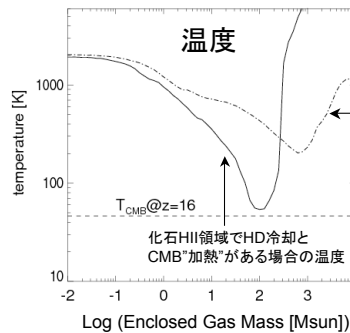
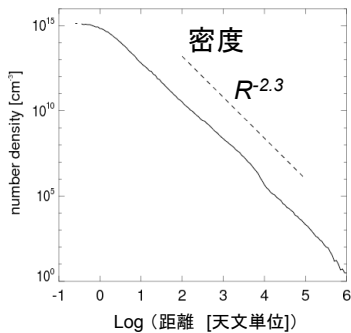
Λ +CDMモデルに基づく宇宙論的シミュレーションを行い、高赤方偏移宇宙でのHII/HeIII領域の形成とその進化について調べた。特に、中心天体の寿命が終わった後、化石HII領域中のガスがどのように冷却・再凝縮するか注目し、最終的にできる「第2世代星」の形成過程の詳細を研究した。分子ガス雲外側領域の温度はHD分子による冷却で100K以下になるが、最小値は宇宙背景放射の温度 $T=2.78(1+z)$ 程度になることが分かった。このため、初めのランナウェイ崩壊が起こる時のガス雲質量は、 $z=10-20$ でおおよそ10-40太陽質量となる。この値が、形成される星の質量の上限値を与えるとすれば、化石HII領域中で中間質量のPopulation III星が形成される可能性がある。

左図

初期構造形成の宇宙論的シミュレーション($\sim \text{Mpc}^3$)を行い、初代天体が紫外線によりまわりの中性ガスを電離していく様子を、レイトレーシング法で計算した。左上から右下へと時間進化をあらわす。左下の図はカラースケールを変え、それぞれ、HII/HeIII領域の広がりを表している。計算では水素とヘリウム個別にレイトレーシングを行い、HeIIIの境界はその広がりに比べて小さいと仮定した。100太陽質量の中心星により、直径おおよそ5kpcのHII領域と、その半分(体積では1/10程度)のHeIII領域が形成される。流体力学に光電離・加熱も含めて計算を進め、300万年(大質量星寿命)以降は、非平衡化学反応を解いてガスの進化をおこなった。

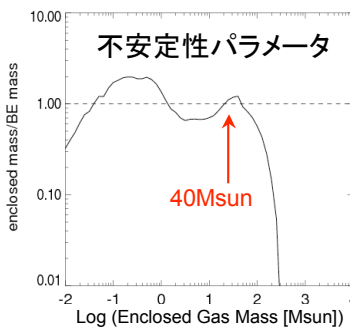
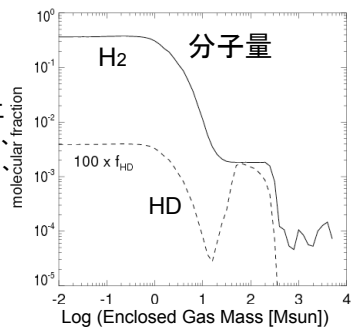
第2世代星形成ガス雲の構造

密度プロファイルは15桁以上にもわたってベキ則($R^{-2.3-2.4}$)でよくあらわされる。中性ガスから形成される初代天体の場合に比べ、内側1pc以内での温度勾配が大きいため、密度プロファイルも若干大きな勾配をもつと考えられる(Larson 1969)。



第一世代天体の場合(一点鎖線)と比べると、外側での温度が非常に大きく、また温度最小値も小さい。後者はHD冷却による。さらに、温度最小値をとる質量スケールが100太陽質量程度と、一般に第一世代星に見られる1000太陽質量に比べておおよそ一桁も小さくなっている。この計算の場合、温度最小点は宇宙マイクロ波背景放射の温度で制限されている。

分子量(fraction)はH₂/HDともに似たような進化をする。内側1Msunではほぼ完全分子雲となっている。40Msun程度までは化学分留がおこってHDの相対的な分量は大きいのが、それより内側では温度上昇がおこり、[HD/H₂]は一旦減少する。



重力不安定により崩壊する質量スケールを推定するため、ガス雲質量を局所的Bonnor-Ebert質量で割った比を示す。ピークが2つあり、内側1Msun程度は中心の完全分子コアの崩壊、外側40Msun程度の部分はガス雲全体の重力崩壊質量スケールを与えている。第一世代星に比べ、全体に温度が低く、また中心への質量降着率も小さい。

参考文献

- Yoshida, Oh, Kitayama, Hernquist (2006, astro-ph/0610819)
"Early Cosmological HII Regions and Their Impact on Second-Generation Star Formation"
- Yoshida, Omukai, Hernquist, Abel (2006, ApJ, 652, 6)
"Formation of Primordial Stars in a LCDM Universe"
- Kitayama, Yoshida, Susa, Umemura (2004, ApJ, 613, 631)
"The Structure and Evolution of Early Cosmological HII Regions"