

超大規模シミュレーションによる銀河形成過程の解明

斎藤貴之 (国立天文台)

利用カテゴリ XT4A

コード開発: 銀河の形成過程には、数十 Mpc スケールの潮汐場から pc スケール以下の星間物質の進化までの広いスケールが関わってくる。この広範なスケールをコンピュータで扱うため、銀河形成シミュレーションでは銀河ができる場所とそれ以外の空間を異なる分解能で表現する、マルチスケールのシミュレーション、所謂“ズームシミュレーション”、が行われている。従来、重力計算の高速化法として広く用いられているツリー法では、異なる重力ソフトニングをもつ粒子をひとつのツリーで計算する方法が知られていなかった。したがって、異なる重力ソフトニングをもつ粒子種ごとにツリーを作って力の計算をしていた。これは、マルチスケールの計算を行う上で大きな手間-計算速度の低下-になっていた。そこで我々は、プラマーソフトニングの場合について、異なるスケールを持つ粒子に対して力が対称になるように拡張し、さらにそのような粒子群の作る重力場の多重極展開を求めた。これにより、マルチスケールの重力計算をひとつのツリーで計算できるようになり、高速化に成功した。この内容は *New Astronomy* に投稿中である [1]。

スペクトル合成プログラム *Cloudy* を用いて、密度、温度、金属量、赤方偏移の四つをパラメータにした冷却/加熱関数を生成しコードに組み込んだ。

AGN トーラスシミュレーション: 銀河の形成進化に活動銀河核 (AGN) が大きく寄与することが知られている。そこで、AGN の寄与を銀河形成シミュレーションに取り込む準備として、孤立した銀河中心における AGN トーラス構造の三次元シミュレーションを行った。基本的な銀河モデルは Wada et al. (2009) [2] に準じている。予備的な実験から、このようなトーラス中で星形成とその後の超新星爆発だけを考慮したシミュレーションでは、トーラス中のガスの大半が速やかに星に変わってしまい、その後一気に爆発が起きてトーラス構造が吹き飛ばすという現象が起きることがわかった。この原因は、トーラスの力学的時間 (~ 0.1 Myr) が恒星の進化の時間 (~ 10 Myr) よりもずっと短いからである。そこで、従来考慮されてこなかった OB 星からの寄与を、Strömgren 半径内のガスを電離するという単純なモデルで考慮してシミュレーションを行った。これにより AGN トーラスはより緩やかな進化をするようになった。したがって本来あるべき若い大質量星からのフィードバックも漏らさず考慮することが、このようなコンパクト天体の進化を扱う上で重要であると言える。

図 1 は 10^5 粒子を用いた AGN トーラスシミュレーションの、計算開始から 4 Myr 経過したところでのガス及び星の分布である。非対称にフレアしたトーラス構造が見られる。この構造は ~ 10 Myr 程度で最終的に破壊された。AGN トーラス構造は大質量星の進化のタイムスケール程度が寿命なのかもしれない。現在このモデルをもちいてより大規模なシミュレーションからトーラス構造の進化と中心巨大ブラックホールの進化について定量的な解析を行っているところである。この研究を銀河形成シミュレーションにフィードバックすることで、銀河進化の重要な局面についての知見が得られると期待される。

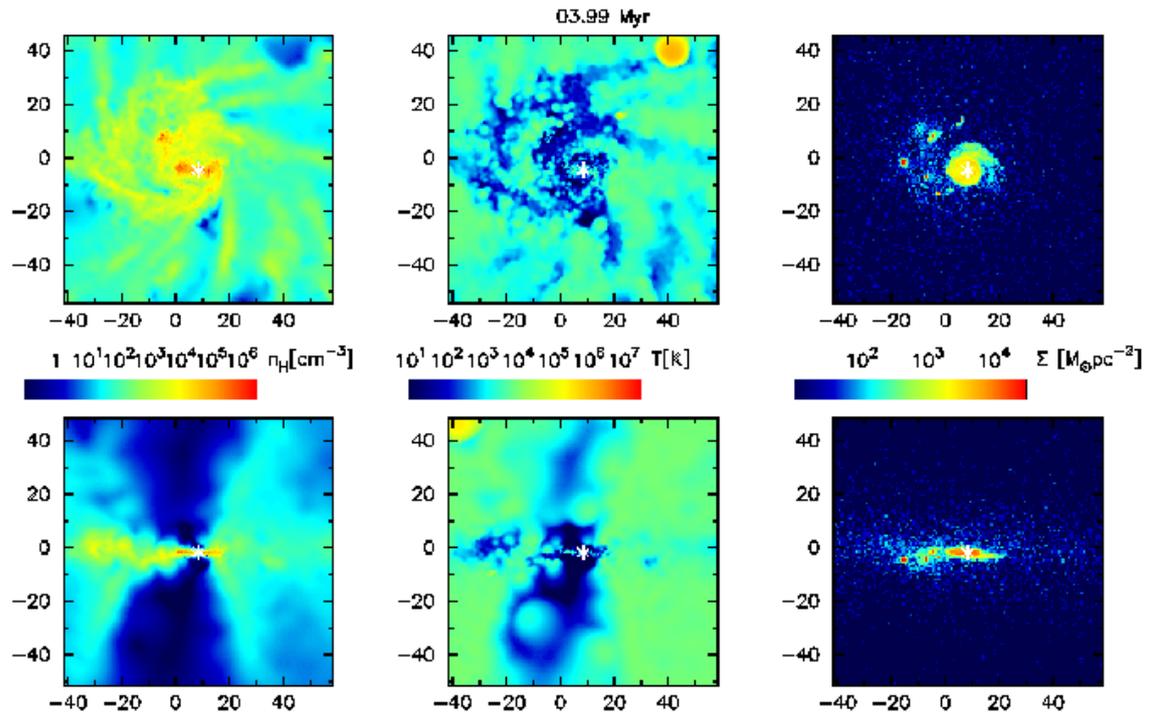


図 1: AGN トーラスシミュレーション。上のパネルがフェイスオン、下のパネルがエッジオンになっている。左のパネルがガス密度、真ん中のパネルがガス温度、右のパネルが星の面密度を表している。また白い点がブラックホールの位置を示している。各パネル $100 \text{ pc} \times 100 \text{ pc}$ の領域を表している。フレアしたトーラス構造が形成されている。

参考文献

- [1] Saitoh, T. R., & Makino, J. 2010, arXiv:1005.1752
- [2] Wada, K., Papadopoulos, P. P., & Spaans, M. 2009, ApJ, 702, 63