平成 21 年度国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

研究課題名 高解像度数値シミュレーションによる銀河系考古学

利用者氏名 (所属機関): 河田　大介 (Mullard Space Science Laboratory, University College London)

利用カテゴリ　XT4B

銀河系は我々が最も詳細に観測できる円盤銀河の一つであり、我々は銀河系内の様々な年齢をもつ個々の星を観測することができる。このような星の運動や化学的性質は、銀河形成期の情報を含んだ化石といえ、これに基づいた研究は、しばしば“ 銀河系考古学 ”と呼ばれる。銀河系考古学の観測的な研究は現在、地上望遠鏡や観測衛星を駆使した多くの計画が進行しており、約 10 億もの銀河系の星の 6 次元の位相空間情報に加え、その化学組成まで明らかになることが期待されている。しかし、このような膨大な観測データから銀河系形成史を解明するための有益な情報を抽出するためには、理論モデルによる預言や仮説が必要不可欠である。　そこで本プロジェクトでは、超高解像度の銀河系形成数値シミュレーションを XT4 システムに最適化された銀河化学力学進化コードを用いて行う。

昨年度に続き、本年度も初期段階として XT4 システムでのコードの最適化やテスト計算を行った。昨年の改良では、SPH 法では Kelvin- Helmholtz 不安定性 (KHI) を追うことはできないとされていた問題を解決するために、Price (2008, J. Comp. Phys., 227, 10040) や Rosswog & Price (2007, MNRAS, 379, 915) によって提案された方法を、我々独自の銀河化学力学進化コードである GCD+に導入した。本年度は、以下のような改良を行い、テスト計算を行った。輻射冷却においては、CLOUDY コード (Ferland et al. 1998, PASP, 110, 761) を利用した冷却及び加熱率の計算表の応用した。星形成やフィードバックのモデル化では、粒子の質量を一定に保ちつつ、II 型及び Ia 型超新星爆発や低質量星からの質量放出も考慮できる新しいモデルを考案した。また、化学進化では、metal diffusion のモデル化 (Greif et al. 2009, MNRAS, 392, 1381) も導入している。

この新しいコードを用いて、すでに形成した銀河系サイズの円盤銀河の進化の数値シミュレーションを行った。その結果を図 1 に示す。このシミュレーションでは、ガスの輻射冷却、星形成、そのフィードバックも考慮されている。このテスト計算では、ガス及び星粒子の質量は 10^5 $M_\odot$ 程度であるが、フィードバックにより、とくに密度の薄い外側の領域でバブルが形成しているのが見られる。また、図 2 は、ガス密度に対する星形成率を、M51 の観測結果 (Kennicutt et al. 2007, 671, 333) と比較した結果を示している。シミュレーション結果は観測とよく一致しており、フィードバックを含めた星形成のモデル化は成功しているといえる。今後、このコードをさらにテスト改良し、渦巻き構造と星形成の関係などを深く調べたい。

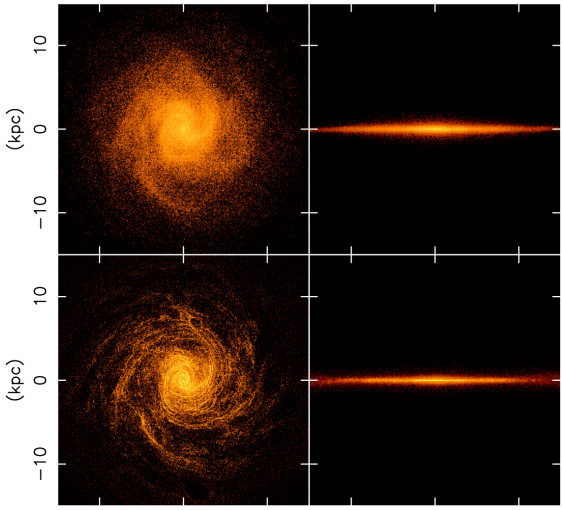

図 1:　銀河系サイズの円盤銀河の進化シミュレーション。上図は星、下図はガス、左図は face-on、右図は edge-on での粒子分布を示している。

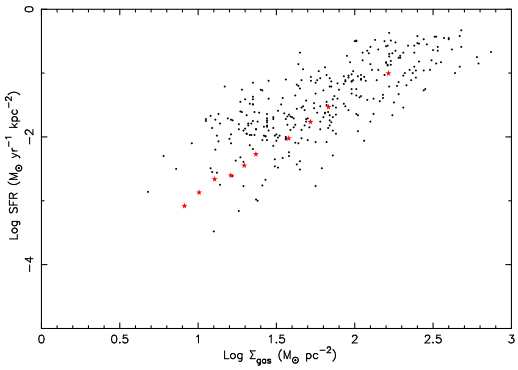

図 2:　ガス柱密度に対する星形成率。赤い星印がシミュレーション結果。黒い点が M51 での観測結果 (Kennicutt et al. 2007)。