

研究課題名 銀河系考古学のための次世代化学力学進化モデルの開発

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、理論モデルによる予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。本年度は初期段階として XT4 システムでのコードの最適化やテスト計算をほぼ完了させた。さらに、改良したコードを銀河系サイズの円盤銀河のシミュレーションに適用し、その初期成果がまとまりつつある段階に達した。

今回の改良では、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。さらに、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。また、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棒状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。このシミュレーションの連続する 2 つのスナップショットで、渦巻き腕の高密度領域を図 1 の白線のようにフィッティングを行い、渦巻き腕の回転角速度を導いたのが図 2 である。その結果、腕の回転角速度は星の回転速度とほぼ一致し、外側に行くに従って遅くなることがわかった。すなわち渦巻き腕構造は、星と同じ速度で差動回転していることがわかった (co-rotating spiral arms, see also Wada et al. 2011, ApJ, 735, 1)。さらに、この co-rotating spiral arm の周辺での粒子の動きを詳しく調べた結果、このような渦巻き腕は、非常に強い radial migration を引き起こすことがわかった。この結果は、国際研究会や英国天文学会年会などで発表しており、現在投稿論文を準備中である。

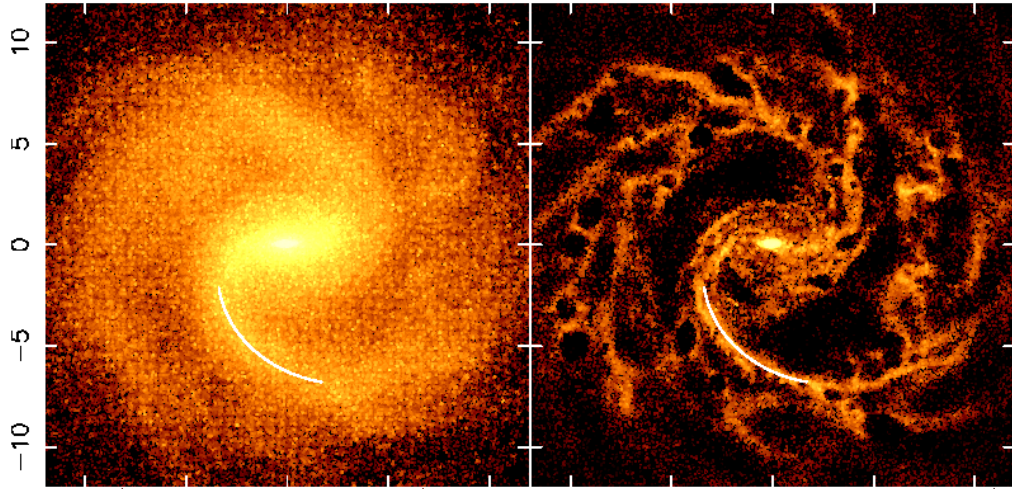


図 1: 銀河系サイズの円盤銀河の進化シミュレーション。左図は星、右図はガスの face-on での粒子分布を示している。白線は渦巻き腕のフィテイングの結果。

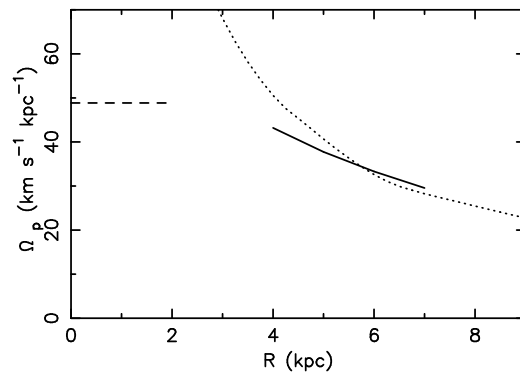


図 2: 渦巻き腕の回転角速度 (実線) と星の回転速度 (破線)。参考のため中心部の棒状構造の回転角速度も点線で示した。