

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行うために、最適化された銀河化学力学進化コードの開発を行う。

昨年度までに、ほぼ初期段階としてコードの改良は終了した。主な改良点は、SPH 法では Kelvin-Helmholtz 不安定性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, JCoPh, 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 N-body/SPH コード、GCD+、に導入した点である。さらに Price & Monaghan (2007, MNRAS, 374, 1347) で提案された adaptive softening length とエネルギー保存のための補正も導入した。また、Saitoh & Makino (2009, ApJ, 697, 99) で提案された独立時間刻みのリミッターも導入し、このリミッターが特に、超新星爆発などのフィードバックによるガスの膨張というような現象を追うのに非常に重要であることを確認した。これらの成果は、投稿論文としてまとめたが (Kawata et al. 2009, arXiv0902.4003)、さらなる改良とテストを行った結果を含めて、現在改訂版を準備している。

さらに輻射冷却や星形成、そして化学進化の点の改良も行った。輻射冷却においては、CLOUDY コード (Ferland et al. 1998, PASP, 110, 761) を利用し、冷却及び加熱率の計算表を作成し、それを使用した。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。これらのモデルをキャリブレートするために、M33 サイズのすでに形成し、安定進化中の円盤銀河の数 Gyr の進化シミュレーションを行い、観測との定量的な比較議論も行った (Rahimi & Kawata 2012, MNRAS in press)。しかし、Rahimi & Kawata での解像度は、約 $10^4 M_{\odot}$ だったため、より高解像度で同様のキャリブレーションを行う必要がある。

また、Grand, Kawata & Cropper (2012a, MNRAS, 421, 1529; 2012b submitted to MNRAS) では、改良されたコードを用いて銀河系サイズの棒状銀河シミュレーションを行い、渦巻き構造のパターンスピードとその周りの星の運動を詳しく調べた。その結果、シミュレーションでは、渦巻き構造は星と同様の速度で回転しており、その結果、巻き込みが起り、一時的で再発的な構造であることがわかった (Wada et al. 2012, ApJ, 745, 1 も参照)。さらにそのため、渦巻き構造の（回転方向に向かって）前面周辺の星は、減速

されて、銀河の内側に引きずられ、後面では加速されて外側に移動するという系統的な運動が見られた。

目的は少し異なるが、これらと同時に、磁気流体 (MHD) コードの開発も行っている。GCD+に MHD を導入したコードを完成させ、Barnes, Kawata & Wu (2012, MNRAS, 420, 3195) では、多くのテストシミュレーションと銀河団形成への適用の結果を発表した。現在、銀河団形成シミュレーションをこのコードで行い、銀河団磁場の成長を調べているが、将来は、銀河スケールでの磁場の影響にも適用したい。