

**X02a 相対論的流体力学方程式の数値的解法: 2次精度風上差分法**

川口聡、信田浩司、花輪知幸 (名大理学部)

相対論的なガスの流れを計算する、時間空間ともに2次精度の数値シミュレーションコードを開発した。開発したコードは、Roeの非相対論的流体力学方程式の数値解法を拡張したもので、衝撃波などの不連続面を数値振動なしに追跡できる。テスト問題として完全流体 ( $\gamma = \frac{5}{3}, \frac{4}{3}$ ) の衝撃波管問題を解き、相対論的な衝撃波も数値振動なしに計算できることを確かめた。開発した数値シミュレーションコードの特徴は以下の通りである。

【広い適用範囲】ガスの温度の高低や速度の大小によらず、精度よく計算できる。単一のコードで、超相対論的な流れも非相対論的な流れも計算できる。非相対論的な極限では、Roeの方法と同じ解を与える。衝撃波管問題では、速度  $v$  が  $10^{-5}$  のときも、0.99 のときも正常に動作することを確認した。

【TVD条件を満たす】風上差分法に基づいているので、得られる解はTVD (Total Variation Diminishing) 条件を常に満たし、数値誤差による振動が発生しない。Romero et al (1996, ApJ, vol. 462, p. 839) の方法は近似的な風上差分法である。

【保存形式】方程式を保存形式で記述しているため、系全体の粒子数・運動量・質量 (= エネルギー) が保存する。

【陽解法】時刻  $t = (j+1)\Delta t$  の速度・密度・温度は、時刻  $t = j\Delta t$  の速度・密度・温度の陽関数として与えられる。数値流速の計算も、保存量から速度・密度・温度への変換も陽関数で記述されているため、反復計算の必要がない。このためコードはベクトル化・並列化可能でスーパーコンピュータに移植可能である。