

R05a 銀河衝撃波の安定性: 体積粘性の効果

花輪知幸 (千葉大学)

星間ガスが重力ポテンシャルの谷に流れ込んだ際に発生する衝撃波は渦状銀河や棒渦状銀河の腕構造をつくる有力な機構である。この衝撃波発生を高解像度で数値シミュレーションすると Wiggle 不安定と呼ばれる筋状の構造が現れる。本講演ではこの Wiggle 不安定は数値的なもので、体積粘性が計算に取り入れられていなかったためであることを提示する。

衝撃波面では速度の空間変化が急なため、粘性率がごく僅かでも圧力テンソルに大きな粘性項が現れる。粘性のうち体積粘性 (bulk viscosity) は流れの圧縮率 ($\nabla \cdot v$) に比例し、圧力と同じく等方的に働く。従って流れがある方向に圧縮されると、それに垂直な方向にも体積粘性による「圧力」が発生する。実際の衝撃波面は極めて薄いですが、シミュレーションでは数値格子の数倍程度にぼやけるので、そこでは体積粘性を考える必要がある。衝撃波面に対して数値格子が傾いていると、この問題が顕在化する。数値流束を方向別に分離して求める従来の計算法では、衝撃波により x 方向に強く圧縮されても、 y 方向に働く体積粘性による力は考慮されない。

空間 5 次時間 3 次精度の MP5 法 (Suresh & Hyunh) に体積粘性を加えて、等温ガスを仮定した銀河モデルを計算すると、Wiggle 不安定は消え、安定な衝撃波が発生する。この方法で解像度を上げるとともに体積粘性の値を下げると、大局的な密度・速度場は変わらず、衝撃波面での速度勾配が切り立ってくる (適合性)。平面衝撃波の場合は収束性も確認できた。体積粘性を考慮すると、Carbuncle 不安定や 偶奇分離 (odd-even decoupling) といった数値不安定も抑えられる。また体積粘性は Kelvin-Helmholtz 不安定を抑制しないことも確認できた。

講演ではガスの温度の違いによる銀河衝撃波の位置の変化についても議論する。