

J01a 熱伝導・粘性を考慮した相対論的流体-Israel-Stewart 理論の numerical scheme

高本亮 (京都大学)、犬塚修一郎 (名古屋大学)

近年 Fermi 衛星に代表されるように X 線 線等の宇宙観測技術の進歩により高エネルギー天体现象の観測は飛躍的に進み、その結果数多くの定量的な情報が提供されてきている。そのため相対論的な効果を考慮することが本質的な高エネルギー現象について、解析的な理論のみならず数値シミュレーションによる定量的な理論解析への興味が高まってきている。しかしながら、観測される輻射の生成と密接に関連する散逸過程については明示的に考慮した理論解析はほとんど皆無である。

相対論的な流体に散逸を入れることの難しさは、相対論的流体の散逸の理論が非相対論の場合と全く異なる取り扱いを必要とすることにある。このことは、例えば非相対論において熱伝導方程式が放物型の偏微分方程式になっており、因果律を満たさない形になっていることから一端を容易に理解することが出来る。現在最も広く受け入れられている理論は 1979 年に Israel と Stewart らにより提出されたものである。この理論は安定化のために通常の散逸項に運動論的な補正項を加えており、実際に物理的なパラメータ範囲で安定で因果律を守ることが示されている。しかしこの補正項は数値的な取り扱いが非常に難しい形になっており、Israel-Stewart 理論が盛んに研究されている核理論の分野においてもいまだ満足な扱いはされていない。

私たちは Israel-Stewart 理論を数値的な誤差の範囲内で厳密に取り扱う数値解法について議論する。Israel-Stewart 理論の数値的な困難は運動論的な項由来の、運動論的な時間定数が導入される点にある。このため通常の差分スキームを適用すると流体の特徴的時間に比べて非常に短い時間を分解する必要があるが、私たちはこの問題に対し厳密解を用いることで任意の時間に関して厳密に正しい解を求めることで解決する。また核理論の分野では無視されることの多い熱伝導もきちんと取り扱う。