

J29c 相対論的流体力学における散逸の実用的解法

高本亮 (京都大学)、犬塚修一郎 (名古屋大学)

近年進展が著しい 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の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。実際近年では、高温プラズマを完全流体近似した数値解析が盛んである。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。

相対論的な流体の計算に散逸を入れることの難しさは、数値計算の技術的な問題だけではなく、相対論的流体の散逸の理論自体が未だ未完成であることにある。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。この問題を回避するために様々な散逸の扱い方が研究されているが、未だどの扱い方が適切なのかは分かっておらず、数値的に実用的な取り扱いの方法も知られていない。

私たちはこれまでの研究で、安定で因果律を守る相対論的な散逸の理論の Israel-Stewart 理論は、物理的な理由ではなく方程式の型を双曲型に変えたという数学的な理由で安定になったことを示した。Israel-Stewart 理論は 1979 年に提出された理論だが、安定化のために導入した補正項の取り扱いの難しさからほとんど用いられていない。私たちは先の研究の結果を踏まえ、まずは Israel-Stewart 理論の補正項を扱い易く近似するという手法について議論する。一方 Israel-Stewart 理論は基本的に電信方程式なので、Green 関数の具体的な形はすでに得られている。そこで私たちは散逸を差分的に扱うのではなく、積分で取り扱う方法について議論する。最後に Green 関数を用いることで、Israel-Stewart 理論と実質的に等価でさらに簡単に取り扱える実用的解法について議論する。