

J65a General Relativistic Dissipative Hydrodynamics and Accretion Flow

齊田浩見

ブラックホール磁気圏や降着円盤など一般相対論的な天体現象の研究のために、流体力学に熱流、粘性、電流、化学反応 (ex. プラズマのイオン化や中性化反応) を無矛盾に取り入れることを考える。ここで注意することは、Navier-Stokes 方程式や Fourier 則などを単純に相対論化すると因果律を破ってしまう点である (例: 熱の伝搬速度が無限大になるという計算結果を得てしまう)。それらが非因果的な理論になっている原因は、Navier-Stokes 方程式や Fourier 則が「流体は局所的に熱平衡状態にある」と仮定している点である。そこで、非平衡物理学の研究で既に知られている、局所非平衡 (流体要素が「非平衡」状態にある) を仮定する流体力学 (Extended Irreversible Thermodynamics, EIT) を相対論的な天体現象へ応用することを目指す。EIT なら熱流、粘性、電流、化学反応 (これらは系の「非平衡性」そのものである) を因果律を保ったまま流体力学に取り込むことができる。また、EIT の相対論的拡張は Israel-Stewart の相対論的流体力学を含む。

これまでに、EIT を天体現象に応用する試みの先行研究はいくつかある。しかし EIT の基礎方程式系の複雑さが原因で、解析的にも数値的にも具体的な研究成果はまだ良く得られていないようである。

そこで本講演の目的は次の2つである。(1) 熱流と粘性だけを含む単純な設定で、EIT の本質と適用限界を解説する。特に、Navier-Stokes 方程式や Fourier 則との違いと、相対論的な効果を説明し、より多くの研究者が EIT に親しむ糸口を提供したい。(2) 定理を2つ発見したので、それらを示す: [定理 A] ずれ粘性だけがある場合では、質量密度が流体流線に沿って一定になる。[定理 B] 球対称な降着流やアウトフローでは、ずれ粘性が必ずゼロになる。これら2つは、時空計量テンソルのダイナミクス (アインシュタイン方程式) に依存しない非常に一般的な定理である。定理から想像される降着円盤の進化のシナリオと、今後の課題も議論したい。