

## Causal Dissipative Hydrodynamics : Analytically and Numerically Manageable Formulation beyond Israel-Stewart Formalism

J38a

齊田浩見

アルファ粘性は粘性を扱う最も単純な現象論で、フーリエ則は熱流を扱う最も単純な現象論だと言える。ところが、これらの現象論は単純すぎて物理的な妥当性を欠くことも分かっている。たとえば、散逸（粘性・熱流）の伝搬速度が無限大になることである。これは数学的には、熱流・粘性と温度差・空間スケールとの間の関係式に、粘性や熱流の時間微分が含まれていないことから理解できる。これらの現象論は、現実の散逸の緩和時間と同程度の時間スケールを持つ散逸現象（相対論的であろうがなかろうが）を記述できないし、因果律を考える必要がある状況（ブラックホール直近で一般相対論的な扱いが必要な状況）にも適用不可能である。

そこで、散逸の伝搬速度が有限であることを記述する物理的に妥当な理論が必要となる。その有力な候補に、EIT(Extended Irreversible Thermodynamics) あるいは、ほぼ同じ内容の Israel-Stewart 理論、がある。しかし、EIT の基礎方程式は複雑かつ特殊な形をしており、解析的に解くことも、数値的に安定に解くことも非常に難しい。EIT に基づいた宇宙物理現象の研究はほとんど進んでいない。仮に EIT に基づいた研究が可能になれば、例えばブラックホール直近での散逸現象の（理論的）研究も可能になり、天文理論の新しい展開ができる。

今回の講演では、EIT の特別な摂動展開を定式化する。EIT の現象論としての論理構成を正確に把握することで、どんな物理量をどんな小さな量で展開すればよいか、が分かる。少なくともその摂動の1次は、解析的にも数値的にも、もともとの EIT に比べて格段に扱いやすいと期待できる。また、その1次摂動を静水圧平衡にある星（散逸流体ボール）に適用し、EIT 的扱いだからこそ得られる結果（と思われるもの）を解析的に示す。