

## 相対論的MHD流体の散逸過程

## On Dissipations in MHD fluids

# 中村 匡 [1]

# Tadas Nakamura[1]

[1] 福井県大

[1] FPU

<http://mira.bio.fpu.ac.jp>

散逸・拡散過程を相対論的な範囲で考える場合、因果律の問題が生じることはよく知られている。たとえば、単純な放物型方程式の  $t = 0$  での初期条件として関数をあたえた場合、 $t > 0$  での解はガウス関数になるが、これは無限遠でも厳密にはゼロにならない。つまり、有限の時間で無限遠まで到達する解が存在することになる。

非相対論の範囲では、この無限大の伝搬速度はさしたる問題にはならない。これは散逸の微視的物理を単純化した極限であり、巨視的なタイムスケールで見ると無限とあつかってよい速度が存在するのは、理論的矛盾ではないからである。ところが相対論的な場合は、光速より速い情報伝搬は禁止されているので、無限速度で伝搬する成分があるという結果は、因果律を破ることになり、本質的な矛盾である。この結果として、非物理的な発散解が発生する問題などが指摘されている。微視的物理を考えて、なんらかの有限な緩和時間を仮定すれば、伝搬速度が有限に押えられる拡散方程式をつくることは可能だが、そうすると、個々の微視的過程の物理を調べる必要があり、緩和時間より十分長い大規模現象にまで不要の計算を要求する事になる。

放物型の方程式が無限の伝搬速度成分をもつという問題は、連続体の熱力学の相対論的拡張に関連して古くから議論されてきた。このような理論は、無限伝搬速度によって生じる因果律の破れをおぎなうのが目的であるので「因果的熱力学 (causal thermodynamics)」と呼ばれる。エネルギー・運動量の拡散流が、平衡状態からのずれの線形関数であらわされると仮定すると、得られる流体方程式は放物型になり、粒子拡散と同様の無限伝搬速度の問題が生じる。これに対し、拡散流に2次の項まで含めるというような解決策がいくつか提案されているが、いまだ決定打がなく、21世紀になった現在でも議論が続いている。

以上の問題はもっぱら中性流体について研究されてきたが、MHD流体の場合、さらにエネルギー散逸機構としてオーム散逸が加わる。オーム散逸については、方程式に二階の時間微分項があらわれ、因果律の問題は生じないが、大規模現象に適用しようとする、上述の因果的熱力学と同様な問題が生ずる。講演では、これらの散逸項の問題とその解決の原理的困難さについて議論する。