

定常重力場中の熱平衡分布関数

Equilibrium particle distribution in a static gravitational field

中村 匡 [1]

Tadas Nakamura[1]

[1] 福井県大

[1] FPU

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

相対論的熱力学では、重力場のもとでの平衡温度分布が一様でないことが知られている。これは質量とエネルギーが等価であるため、エネルギーが重力の影響をうけて「下の方に溜まる」(ポテンシャルの低いほうがエネルギー密度が高くなる)からである。このような状況下で粒子の熱平衡分布がどうなるかは理論的に興味深く、また、プラズマ不安定などを考えるときにも重要な問題である。本研究では Schwarzschild 時空などの曲がった空間に静止している系を分析するかわりに、平坦な空間 (Minkowski 空間) 中を一様に加速する系 (Rindler 系) について調べた。これは加速度と重力の等価原理から、両者が同様の扱いができると仮定したアプローチであり、計算の簡単さから重力場中の量子場などの研究によく使われる手法である。

ここでは、統計力学的手法のアプローチの中で、エネルギーなどの保存法則を拘束条件として最大エントロピー原理から平衡分布を導出するという Jaynes によって提唱された情報理論的手法を用いる。相対論的な状況では、拘束条件に対応する保存量としてはエネルギーだけではなく、運動量と角運動量も同様のあつかいをしなければならない。このときの角運動量は 4 次元 Minkowski 空間での回転に対応する保存量であり、空間回転に対応する 3 成分以外に時間と空間をまだく回転、つまり Lorentz Boost に対応する 3 成分も保存される。Rindler 系を考えるばあい、この後者の 3 成分の保存が重要であり、これからくる拘束条件にもとづいて、平衡分布を求めることができる。

重力場のない場合の相対論的な熱平衡分布については、長い間、いわゆる Synge-Jüttner 分布が実現されると信じられてきた。上で述べた最大エントロピー原理からも、この分布になることが示せる。しかし、近年になって、動力的アプローチからもとめた分布が Synge-Jüttner 分布とは異なるということが指摘され、どちらが平衡分布として実現されるかという問題はまだ決着がついていない。当然のことながら、重力がある場合にも同様の問題が生じることが予測される。講演では、最大エントロピー原理の結果を紹介するとともに、動力的アプローチとの関係についても論じる。