

角運動量を含む相対論的熱力学

Relativistic Thermodynamics and Angular Momentum

中村 匡 [1]

Tadas Nakamura [1]

[1] 福井県大

[1] FPU

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

E.T. Jaynes (1957) の提唱した、複数の保存量に対してそれぞれひとつづつ温度を定義するという統計・熱力学の理論の観点から、著者は van Kampen (1967) による相対論的熱力学を解釈しなおして 2003 年秋の SGEPS 講演会で報告した。本講演ではこの路線の応用として角運動量を含む熱力学について考える。内部エネルギーのような熱力学変数として角運動量を扱うのは、非相対論領域ではどちらかという *trivial* な拡張でしかない (たとえば Landau & Lifshitz 1958)。しかし、一定の角運動量をもつ物体の相対論的熱力学は自明でなく興味深い効果を含んでいる。たとえば「相対論的に回転する車輪は車軸の部分よりタイヤの部分のほうが温度が高くなる」という効果は 1960 年代の相対論的熱力学論争のころから知られているが、ここでいう温度は連続体力学の観点からみた局所的な温度についてである。本研究からみちびかれる、タイヤ全体に体して定義される熱力学的温度は、車軸のそれと等しいことが示される。

このような、角運動量を含む相対論的熱力学は、局所的な温度の概念ではとらえられない問題にも有効である。たとえば、回転する円筒形の容器に光子が閉じ込められているという空洞輻射の問題を考えてみよう。光子は容器の壁と熱平衡にあるので、その角運動量に対する一般化温度は、容器の回転を反映したものになるはずである。この光子の分布は角運動量保存を束縛条件とした統計力学的計算で求められるが、それは角運動量を考慮にいれていないプランク分布とは違ったものになることが予想される。この場合、光子集団の局所的な温度というのは定義できないので、ここでの全体的な温度を定義する熱力学が重要になる。

この回転空洞の思考実験は、宇宙科学への応用を含む。近年、電磁波の軌道角運動量の重要性を指摘する論文がいくつか出版され、その実験的検証もなされている。Harwit (2004) はその宇宙科学への観測的応用について、いくつかの可能性を指摘している。本講演の観点から考えると、たとえば天体から来る電磁波を精密に測定してそれが角運動量をもつ熱平衡分布であることがわかれば、その天体の回転運動についての重要な情報になるであろう。講演では時間が許せばプラズマ波動と角運動量の関係についてもふれたい。

参考文献

Jaynes, E. T., Phys. Rev., vol 108 (1957), 620.

van Kampen, N. G., Phys. Rev., vol 173 (1968), 295.

Landau L. D. and E. M. Lifshitz, Statistical physics, Pergamon Press (1958).

Harwit, M., arXiv:astro-ph/0307430