

ボルツマン方程式を利用した現象の説明

古内理人

兵庫県立大学 理学部 物質科学科 2年

2017年2月19日

1 はじめに

大学で主に学ぶ統計力学は主に熱平衡について扱っているが、これはあくまで特殊な場合についてのみ扱っている。ならば非平衡物理学も総括したもっと一般的な考え方を生み出すことができればそれこそが統計力学の終着点といってもよいだろう。そこで、非平衡統計力学を体系化し、一般的な議論へ近づいていきたいのだがこの非平衡統計物理学はまだ体系としては発展途上であり今日でも研究段階である。本発表では今日の非平衡統計力学の考え方に大きく影響を与えた Boltzmann 方程式を紹介したい。この方程式は気体分子などの注目する粒子を Newton の力学の観点から運動を記述するような気体の分子運動論から考えていくことによってこの時に考え方の根幹として粒子の輸送現象を考えることで下に挙げる Boltzmann の輸送方程式として導き出された。

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{F} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{p}} = \text{衝突項} \quad (1)$$

この方程式の右辺に出てきている衝突項は、注目する粒子系によってその形を変える。この方程式から熱力学第二法則に大きくかかわりのあるエントロピーを考える H 定理が生まれ、これが非平衡統計力学の考え方の一つの題材となった。

2 概要

「はじめに」で述べた通り非平衡統計力学はいまだに発展途上でありいくつかの成果は上げられているのだがその体系は出来上がっていない。まずは上に挙げた Boltzmann 方程の導出を述べ、次にこの本発表の主な目的である方程式からどのようなことが説明できるのかということのをいくつかの例を挙げながら述べる。最後に非平衡統計力学がどのような発達をしてきたを簡潔にまとめることにする。

参考文献

- [1] Hisao Hayakawa. Non-equilibrium statistical mechanics of dissipative systems (2015)
- [2] 川崎 恭治. 非平衡と相転移—メソスケールの統計物理学—. 朝倉書店 (2000)
- [3] A. ゾンマーフェルト. 熱力学及び統計力学. 講談社 (1969)
- [4] 久保 亮五. 大学演習 熱学・統計力学 修訂版. 裳華房 (1961)

- [5] 西川 恭治 森 弘之. 朝倉物理学体系 10 統計物理学. 朝倉書店 (2000)
- [6] 木 増雄. 岩波講座 現代の物理学 4 統計力学. 岩波書店 (1994)
- [7] 田崎 晴明 新物理シリーズ 37 統計力学 1 培風館 (2008)
- [8] http://mathsoc.jp/meeting/kikaku/2010aki/2010_aki_ukai-p.pdf