



# 統計力学

について調べる



## ★ 関連キーワード

- 等重率の原理
- カノニカルアンサンブル
- 分配関数

## 「Paste (はすて)」とは？

ぱっと分かって、すっと頭に入る、テーマ別調べ方ガイドです。みなさんの学習をサポートする、総合図書館ラーニング・サポーター（LS）による作成です。レポート作成の際などにお役立てください

## 1. イントロダクション

### 1-1. 「統計力学」とは？

統計力学とは、多体からなる系の巨視的な性質および物理量を統計的に記述する学問である。ある 1 粒子や 2 粒子からなる簡単な系の物理的性質は、ニュートンの運動方程式あるいはシュレディンガー方程式を解くことによって予言が出来る。しかし、3 体問題あるいはそれ以上の多体系ともなれば、個々の粒子で個別に方程式を解析的に解くような、微視的なアプローチを行うことは事実上不可能である。このような物理系であっても、統計力学における各粒子の微視的な性質を反映させた確率的な手法を用いることで、熱力学的な量を求めることができる。

我々が普段目にする物体や身の回りの気体は、多数の原子や分子から構成される多体系であるため、圧力や密度、比熱といった物理量は統計力学を用いて予言される。従って統計力学は、物質の性質を探る物性物理の研究の基礎となる理論である。また宇宙の始まりから天体の形成、素粒子の理論やブラックホールに至るまで統計力学は用いられ、素粒子や宇宙分野の研究においても重要である。加えて、渋滞学や進化生物学のような応用物理の分野における、多体系が持つ普遍的な性質を用いて統計力学的に解析を行う研究も盛んであり、現代物理学の基礎となる理論であると言える。

### 1-2. 学習するにあたってのポイント

統計力学と言えば、平衡状態にある統計力学と非平衡状態におけるそれとがある。学部の通常の講義で習うのは、注目する系が熱浴と平衡状態にあるという仮定を置いた平衡統計力学である。この際特に重要なのは、平衡状態の仮定から導出される、カノニカル分布と呼ばれる微視的な状態の確率分布である。熱力学的な物理量はこのカノニカル分布を用いて計算されるため、これを理解することがまず重要であり、そのためには基本的な確率・統計の知識と熱力学の知識が必要になる。また、系のミクロな単位が量子論に従う電子や光子などになる場合では考え方ががらりと変わる。このような系を扱う場合には、加えて量子力学の知識が必要である。

## 2. 学習用資料

### 2-1. 事典・ハンドブック 類

#### ■ 岩波数学公式 / 森口繁一, 宇田川銈久, 一松信著

数学の公式集。手元に置いておくと便利。

【書誌 ID=1002104161】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 410.38||IWA

#### ■ 基礎物理数学 / ジョージ・アルフケン, ハンス・ウェーバー著

全 4 巻からなる数理物理の有名な本。特に Vol.3「特殊関数」は、統計力学に登場するガンマ関数やゼータ関数などの説明がある。理論物理学の具体的な問題を中心に数学の説明がなされており、物理学全体を概観するのにもよい。

【書誌 ID=1003114207】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.5|KIS

## 2-2. 最初に読むべき資料：教科書・古典

---

### ■ 統計力学 1 / 田崎晴明著

講義の参考文献に指定されることも多い統計力学の定番の教科書。第1巻では統計力学についての思想や基礎的な原理と体系に焦点を当てている。確率・統計や量子力学などの簡単な説明も含む自己完結型の本であり、大学の教科書に慣れてきた人にとっては分かりやすい一冊。

【書誌 ID=2004089952】総合図-A棟4階 学習用図書 420.8||SHI||37

### ■ 統計力学 / 北原和夫, 杉山忠男著

統計力学について入門的に書かれた教科書。統計力学の物理的な応用について、多くの具体例と共に説明されている。本書の後半では相転移現象についても取り扱いがあり、くりこみ群の説明まで書かれている。

【書誌 ID=2004168526】総合図-A棟4階 学習用図書 420.8||KOD||8

## 2-3. 最新情報が確認できる資料：主要雑誌・年鑑・Web ページ

---

最先端の研究を理解するためには統計力学以外の知識も必要であるが、興味があれば以下に挙げる資料を基に、現在どのような研究がされているかを調査してみると良い。

### ■ Physical Review Journals

アメリカ物理学会発行。物理学の有名なジャーナルの1つ。カテゴリがアルファベットで分けられており、さまざまな分野の論文が出版されている。統計力学に関する論文は Physical Review E で扱っている。大阪大学図書館からアクセス可能。

【ISSN= 2470-0053】【書誌 ID= OJ00000555】電子ジャーナル

### ■ arXiv (<https://arxiv.org/>)

査読を受ける前の最新の論文(プレプリント)がチェックできる web サイト。統計力学に関して stat というジャンルがあるが、これ以外にも関連するような物性(cond-mat)や量子力学(quant-ph)などの分野も調べるとよい。

## 2-4. その他専門書・学術論文等で注目すべきもの

---

### ■ 統計力学 2 / 田崎晴明著 / 久保亮五編

同著者によって書かれた統計力学 1 の続刊。グランドカノニカル分布や量子統計力学、イジング模型などの応用的な内容が取り上げられている。同著者によって書かれた「熱力学：現代的な視点から」と合わせて読むと良いかもしれない。

【書誌 ID= 2004089952】総合図-A棟4階 学習用図書 420.8||SHI||38

### ■ 非平衡系の統計力学 / 北原和夫著

非平衡状態からなる系の統計力学についての教科書。非平衡系は、通常の統計力学の講義で習

う熱浴と平衡な相互作用をする系とは異なり、基本的な原理に基づく体系が未だに完成していない。拡散現象や粒子の衝突を取り扱うボルツマン方程式などについての記述がある。

【書誌 ID=2003234506】総合図-A棟 4階 学習用図書 420.8||IWA||8

#### ■ 大学演習熱学・統計力学 / 久保亮五編

統計力学や熱力学の演習書。難易度が ABC で分類されており、問題の量が非常に豊富である。レポートで困った問題がある時は類似問題を探すと良い。院試対策にもよく用いられる。

【書誌 ID=2003294480】総合図-A棟 4階 学習用図書 426.5||KUB

#### ■ “Observation of Bose-Einstein Condensation in a Dilute Atomic Vapor”

E. A. Cornell, C. E. Wieman, et.al. Science 269: 198, (1995).

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.269.5221.198>

#### “Bose-Einstein Condensation in a Gas of Sodium Atoms”

W. Ketterle, et.al. Phys. Rev. Lett. 75, 3969, (1995).

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.75.3969>

1925 年にボースとアインシュタインによって予言された、量子統計力学で学ぶボソンの凝縮現象(ボース=アインシュタイン凝縮)を実験で初めて確かめた論文。ボース統計に従う中性アルカリ原子からなるガスを極低温にすることで、エネルギー的に最も低い状態に粒子が凝縮する状態を実現した。筆頭著者らは 2001 年にノーベル物理学賞を受賞した。

#### ■ Investigations on the theory of the Brownian movement / by Albert Einstein ; edited with notes by R. Fürth ; translated by A.D. Cowper

ブラウン運動についてのアインシュタインの元論文を英語に翻訳した文献。原子や分子といった存在がまだ確かめられていなかった時代に、統計力学的な手法を用いてアボガドロ数や散乱長などを予言した。使われている物理や数学は学部生でも十分理解できる内容である。

【書誌 ID= 2003082040】総合図-自動書庫 ||935/NE

## 2-5. 有用なナビゲートツール: ブックガイド・リンク集

---

#### ■ EMAN の物理学 (<https://eman-physics.net/quantum/contents.html>)

趣味で物理学の解説をしている WEB サイト。記事は出版物ではないため注意が必要であるが、幅広い物理の分野について入門的な解説がされており、教科書に書かれている基礎概念程度であれば参考になる。

## 3. レポート・論文執筆用資料

### 3-1. 有用な検索キーワード

---

◆ 主要キーワード: 統計力学/statistical mechanics

◆ 関連キーワード: 等重率の原理/カノニカル分布/分配関数

◆ 補助キーワード: ミクロカノニカル分布/グランドカノニカル分布/ボルツマンエントロピー

### 3-2. レポート・論文の書き方、学び方、引用・参考文献の書き方

---

■ LATEX2 $\epsilon$  美文書作成入門 / 奥村晴彦, 黒木裕介著(改訂第8版)

数式を含んだレポートや論文を書くのに必須である LaTeX の入門書。ハンドブックとしても使える。

【書誌 ID=2004511168】総合図-A 棟 2 階 アカデミック・スキル・コーナー 021.49||OKU

#### 本文中で紹介している図書・雑誌について

図書名・雑誌名の後ろに「書誌 ID」(10桁の数字)の記載があるものは大阪大学で所蔵しています。この10桁の数字で大阪大学 OPAC(蔵書検索システム)が検索できます。

