

## 1.3 熱力学の様々な流儀

数学では、いくつかの公理  $A_1, A_2, \dots, A_n$  をおいて<sup>11</sup>、それを組み合わせて様々な定理  $T_1, T_2, T_3, \dots$  を導いてゆく。その公理と定理の総体  $A_1, A_2, \dots, A_n, T_1, T_2, T_3, \dots$  をその数学の「内容」であるとする、同じ内容の数学を得るのに、公理の選び方がある程度は換えることができる。即ち、公理の中のひとつ  $A_1$  の代わりに、定理の中のひとつ  $T_1$  を公理として採用しても、まったく同じ内容の数学ができることがある。つまり、 $T_1, A_2, \dots, A_n$  から  $A_1, T_2, T_3, \dots$  が導けて、総体としては、やはり  $A_1, A_2, \dots, A_n, T_1, T_2, T_3, \dots$  が得られる、ということがある。

これと同じように、物理学の理論でも、数学の公理に相当する出発点の「要請」(「仮定」とか「基本法則」とも呼ばれる)の選び方がある程度換えても、同じ内容の理論が得られることが多い。即ち、その範囲内でどの選び方をしても、得られる物理的な結果は同じものになる。この事情は熱力学にもあてはまり、同じ内容の熱力学を得るのに、出発点の「要請」には様々な選び方がある<sup>12</sup>。そこで、様々な流儀をごく大ざっぱに分類してみよう。

まず、熱力学をどんな理論として論ずるかで大別すると、

I. 必要とあらば、エネルギー保存則などのミクロ系の物理学の知識を用いる流儀

II. 熱力学だけで閉じた理論体系として論じる(ミクロ系の物理学などの知識を要求しない)流儀

の2つがある。IIは、数理的な魅力にはあふれているのだが、当然ながら、必要な要請の数は増えてしまう。また、前節で述べたように、量子論・統計力学・熱力学・相対論が(便宜上4つに分かれてはいるものの)相互に依存し合って一体化して現代物理学の礎<sup>いしづえ</sup>を築いているのが現実であるので、無理に切り離して考えるのは、筆者はどうも好きになれない。そこで、本書ではIの流儀でいくことにする。

また、熱力学に登場する変数には、2.6節で説明するように、大きく分けて「示量変数」(エネルギーや物質質量など)と「示強変数」(圧力や温度など)があるが、どちらを基本的な変数に選ぶかで、

A. 示量変数だけを基本的な変数に選んで熱力学を展開していく流儀

B. 基本的な変数の一部を示強変数(特に温度)におきかえて熱力学を展開していく流儀

の2つの流儀がある。歴史的には温度などに着目して熱力学が作られてきた経緯があるので、Bの流儀を採用する教科書が多い。しかし、この流儀では熱力学で最も重要な量である「エントロピー」に至るのに数学的に難しい内容の積分を行う必要があるし、何よりも、12章や15章で述べるように「一次相転移」がある場合には不完全になる。これに対して、ギブズ(J. W. Gibbs)が創始したAの流儀は、これらの難点が全て解消される上に、量子論や統計力学とのつながりもスムーズである。そこで、本書ではAの流儀でいくことにする。

即ち、本書はI.Aの流儀の本である。この流儀の熱力学は、上述のように多くのメリットがあるのだが、残念ながら教科書はきわめて少なく、筆者が知る限りは、巻末の参考文献[1]だけである。個々の教科書には長所も短所もあるのが常であり、上記の教科書も、I.Aの流儀のメリットを生かし切れていないなど、不満な点を挙げればきりが無い。多数の教科書が出版されているような流儀の熱力学を学ぶ際には、ある教科書の不満点は他の教科書で解消すればいいのだが、たった一冊しかないのでは、それもままならない。そこで、I.Aの流儀がもつ長所をフルに生かしたもっとも広い適用範囲を持つ一般的な形式を記述した教科書を目指したのが本書である。

そういうわけで、本書では、たとえば「温度」が5章で始めて定義されることになる。熱力学は知らなくても温度は皆が日常的に使っているもので、これは奇異に感じられるかもしれない。しかし、よく考えてみて欲しい。温度とは何だろうか?ほとんどの人は、温度を理解しているわけではなく、見知っているだけだと思う<sup>13</sup>。だから、先入観さえ捨てれば、本書の流儀の方が分かりやすいと感じる学生さんは少なくないと思う。

## 1.4 用語・記号・記法に関する注意

これは熱力学に限ったことではないのだが、物理学では、用語は完全に統一されているわけではない。統一する必要もないし、統一してしまうとかえって不便な点も少なくないからである。言葉の定義は、そのとき読んでいる文献に合わせて臨機応変に使い分けるものであり、普遍的な定義などないのである。だから、何を読むにしても、個々の用語をどういう意味で使っているかをチェックしながら読むのが常識である。

<sup>11</sup>♣♠ 正確に言うと、公理と「無定義語」を出発点におく。以下で説明するような任意性は、公理の選び方だけでなく、無定義語の選び方にも存在する。

<sup>12</sup>ただし、以下で説明するように、必ずしも適用範囲は一致せず、ある流儀では適用範囲内なのに、他の流儀では適用範囲外に出てしまうこともある。

<sup>13</sup>温度 = 定数 × 平均運動エネルギー、と習った人もいると思うが、「スピン系」や量子効果が顕著に表れる系などでは、それは正しくない。