

## 物理学での情報量の客観性と主観性

白井仁人

一関工業高等専門学校

情報量とはなんだろうか？エントロピーとはなんだろうか？情報量（＝エントロピー）は確率  $p_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) を用いて  $I = -\sum p_i \log p_i$  と定義できる。こうして定義された**情報量は客観的な量だろうか、主観的な量だろうか？**本稿で、この問題について物理学的な視点から議論する。

情報量の概念の起源を探ると、熱力学におけるエントロピーにたどりつく。クラウジウス(1865)は熱力学の研究において  $\Delta S = \Delta Q/T$  という量を定義し、可逆なとき  $\Delta S = 0$  となり、不可逆なとき  $\Delta S > 0$  となることを明らかにした。こうして「不可逆性の尺度」としてのエントロピーの概念が導入された。さらに、ボルツマン(1877)は気体分子運動論の研究の中でエントロピー  $S$  が微視的状態数  $W$  を用いて  $S = k_B \log W$  ( $k_B$  はボルツマン定数) と表されることを示した。この式からエントロピーが「でたらめさ (不規則さ)」を表していることがわかる。とくに微視的状態数が  $W = \prod(N!/n_i!)$  と表される場合、エントロピーは確率  $p_i = n_i/N$  を用いて  $S \approx -k_B N \sum p_i \log p_i$  (式①) となる。こうしてエントロピーは確率を用いて表現される量となった。他方、シャノン(1944)は通信の理論において「信号のもつ情報量」を  $I = -\sum p_i \log_2 p_i$  (式②) と定義した。ここで、 $p_i$  はある信号を受け取る確率である。式①と②を比較すれば情報量  $I$  とエントロピー  $S$  が等価であることがわかる。こうして、エントロピー  $S$  は「情報量」という意味も含めた形でさまざまな科学の分野で用いられるようになった。

情報量  $I$  (＝エントロピー  $S$ ) は確率  $p_i$  を用いて定義されているため、情報量が客観的な量かどうかは確率が客観的かどうかによって決まる。つまり、確率の解釈が重要な鍵となる。ここで、確率には2通りの解釈があったことを思い出そう。第一は主観解釈であり、確率は「信念の度合い」と見なされる。第二は客観的な解釈（たとえば「仮想的相対頻度解釈」や「傾向性解釈」）であり、仮想的頻度解釈では確率は、同一条件で無限に繰り返される仮想的な試行（実験）における各事象の相対的な頻度と見なされる。この2つの解釈に対応させれば、情報量にも2つの解釈が可能になる。第一は主観的解釈に対応するもので、情報量は「われわれの無知の度合い」を表すと見なされる。したがって、もし完全な知識をもつ者（神のような存在）がいれば、その者にとって世界のエントロピー（無知の度合い）は常に0であり、増えたり減ったりしない。つまり、エントロピー増大則は成り立たない。第二は客観的解釈に対応するもので、情報量は客観的な世界（現象あるいは信号）の「無秩序さ（でたらめさ）」を表すと見なされる。この解釈によれば、時間とともに世界の無秩序さは増加するため、エントロピー増大則は客観的な法則として成り立つことになる。

このように情報量に対する主観的解釈と客観的解釈ではその世界観がまったく異な

ってくることになるが、どちらがもっともらしいのだろうか。この問題について本稿で議論する。そして、量子力学的な確率の意味や、世界の客観性と認識方法への依存性などを含めて、エントロピーの概念について考察する。