

いということである。時間の問題を考える場合も基本法則に関する宇宙論的観点からの点検が必要のように思う。

参 考 文 献

K の CP violation の解説

R. G. Sacks, Science 176 (1972), 587.

H. Frauenfelder & E. M. Menly, Nuclear and Particle Physics, Benjamin Inc. 1975.

後者は非専門家がこの問題を理解するのに便利

最近の高エネルギー物理と宇宙論の関係については

佐藤(勝) Butsuri 1978年1月号 57p

佐藤(文), 佐藤(勝) 「自然」1978年12月号

CP violation のある系の熱平衡

D. Toussaint, S. B. Treiman, F. Wilczek, A. Zee Preprint, Princeton Univ. 1978.

バリオン数の生成については

M. Yoshimura, Phys. Rev. Letters 41 281 (1978).

S. Dimopoulos & L. Susskind, SLAC-Preprint- 2126 (1978).

D. Toussaint & F. Wilczek, Princeton-Uni. Preprint (1978).

J. Ellis, M. K. Gaillard, D. V. Nanopoulos, CERN -Preprint- Th-2596 (1978).

Maxwell の魔物について

東北大 高 木 正 博

エントロピー, 情報及び Maxwell の魔物について, Brillouin の議論を批判し, (物理的) エントロピーと(情報理論的または知的) 情報の間の関係は簡単には議論できないことを示す。また彼の「一般化された熱力学の第二法則」についても批判する。

エントロピーと情報の間の関係は整理すると次の様になり, かつそれに限ると思われ

高木正博

る。

	physical	intellectual
entropy	$S = k \ln w = -N$	$H = K \ln W = -N_I$
negentropy	$N = -k \ln w = -S$	$N_I = -K \ln W = -H$
information	$I_P = -\Delta S = \Delta N = -n_P$	$I = -\Delta H = \Delta N_I = -n_I$
neginformation	$n_P = -\Delta N = \Delta S = -I_P$	$n_I = -\Delta N_I = \Delta H = -I$
	k : Boltzmann 定数	K : 定数, $\frac{1}{\ln 2}$
	w : 物質のミクロな状態の数	W : 可能な事象の数

ここでは簡単のためすべて等確率であるとした。用語を統一的に理解するために neginformation = negative information を定義した。Brillouin の唱えた情報の負エントロピー原理は physical な場合 ($I_P = \Delta N$) , intellectual な場合 ($I = \Delta N_I$) それぞれに成立するものであつて、ミクロな状態に対する情報の時に $I = \Delta N$ が成り立つというのは疑問がある。我々がミクロな知識を得ただけでその物質が冷たくなるだろうか？

彼の「一般化された熱力学の第二法則」に対する定式化は次の様である。今 $I = S_0 - S_1$ より変分をとると $\Delta S_1 = \Delta S_0 - \Delta I$, 以後孤立系としての変化は $\Delta S_1 \geq 0$ だから $\Delta S_0 \geq \Delta I$, すなわち観測によるエントロピーの増加はそれによつて得られる情報より必ず大きいというものである。この議論では変分を含む式 $I = -\Delta S$ (この式も問題があるが) に対してさらに変分をとるということをやっており、得られる式は trivial なものであつて Brillouin の解釈した様な内容はもっていない (そのためには $\Delta S \geq I$ が言えなくてはならない)。

Brillouin は「一般化された熱力学の第二法則」の具体的例として Maxwell の魔物について議論している。今、光源のフィラメントの温度を $T_1 K$, 光の振動数を ν_1 , 観測される系及び魔物の温度を $T_0 K$ ($T_1 > T_0$) とする。一光子の観測による物理的エントロピーの変化を Brillouin は $h\nu_1/T_0$ としているがこれは明らかにおかしい。当然孤立系として光源も含めて不可逆過程の形をした $h\nu_1 (\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}) > 0$ としなければならない。 n 光子の場合は $nh\nu_1 (\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}) > 0$ となる。これらの観測から得られる微視的情報 (Brillouin によればそく物理エントロピーの減少) は $K \ln \frac{W_0}{W_1} > 0$, W_0 は最初の可能性の数, W_1 は観測後の可能性の数, となる。その際, Brillouin の様に最初から $W_0 \geq W_1$

と決めつけたり、 Szilard の様に位置情報として右か左かという設定にこだわったり、平均操作を加えたりする必要がないことに注意すべきである。素直に、どの限られた部分に粒子を観測できたかによればよいのである。結局全体の物理的エントロピーの変化は $nh\nu_1 \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right) - k \ln \frac{W_0}{W_1}$ となり増えたか減ったかは議論できないのである。

$nh\nu_1 \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right) - k \ln \frac{W_0}{W_1}$ の符号は決まらなると述べた。 Brillouin らはこれが正なら熱力学の第二法則は魔物（人間）がミクロな操作をしても成立するとしているがこれはよく考えてみるとゆるやかな規制である。熱力学の第二法則で重要なことは孤立系においてエントロピーは時間に対して常に増大するということである。しかるにこの場合まず観測する操作を行い、その後得られた情報を用いて、エントロピーを減少させる操作を行うので、時間的に二つの過程に分離され、それぞれにエントロピー変化を考えることができる。 Brillouin は減少させる操作でのまわりのエントロピー増大をゼロとしている。すなわち、よりきびしい規制（時間に対して常に増大）を考えれば、減少させる操作の過程において熱力学の第二法則はもはやりっぱに破れていることになる。この矛盾は物質のミクロな情報はそく物理的エントロピーの減少になると誤って考えていることによる。実際は、観測操作においてエントロピー増大がまぬがれえないと同様に減少させる操作においてもまたエントロピー増大がまぬがれえないのである。したがって、きびしい規制にもとづけば、比較すべき量は獲得した系内の情報量とその分だけ減少させる操作においてまわりで増加するエントロピーの量であって、観測操作でのエントロピー増大量ではない。予測的には得た情報量より減少操作でのエントロピー増大量の方が必ず大きくなっていると考えられるが、これはあくまでも普通の熱力学の第二法則と同様に現象論的には我々の経験によって決定されるべきものである。