

ランダム系と統計物理学

京大基研 米 沢 富美子
京大理 松 原 武 生

§ 1. はじめに

1980年2月の研究部員会議で、長岡さんから、「統計物理学の課題」という標題の基研シンポジウムが提案された。久保先生が統計力学部門に来て下さるのをきっかけに、基研での統計物理学をより強固に — というのが目的のひとつであるが、この計画を最初に聞いたときは、自分とは関係のないことだと思い、野次馬として、その「課題」とやらをとっくり勉強させてもらおうと考えていた。だから、5月の世話人会で、「非線型・非平衡」、「ランダム系」、「相転移」を、シンポジウムの3本の柱としよう決められたときも、半ば狐につままれたような気持だった。そのとき何故そういう気持になったのかは、あとで考えて少しずつわかって来た。

物性は大別して、統計物理と固体物理とに分けられる — というような表現にぶつかるたびに抵抗を感じて来た。学会の分科としての「統計力学・物性基礎論」という2本立てもいつもすっきりしない。森先生が、1979年の基礎シンポジウムで「縦わり、横わり」という表現を使っているが¹⁾、これなら首肯できる。言うならば、統計物理学の基本的な原理・法則を見出すことが普遍性であり、統計物理学の具体的な問題を扱うことが個性（物性）であるとして²⁾、この両者を縦軸と横軸にとった座標上のどこかに、「ある問題のある扱い方」が位置づけられると考えていいのだろう。

昨今、統計力学とわれわれが理解しているものから受ける印象が、普遍過ぎて抽象に窮まる感のあることが、前述の異和感の根源であったようだ。特に、個別から目の離せないランダム系の立場からは尚のことである。いま、「ランダム系の課題は？」と問われたら、「個別の多様さの中から、ランダム系全体に亘る普遍性とランダム系にのみみられる固有性とを、如何に抽出するかにある」と答えるであろうから…。

§ 2. 「ランダム系」の定義

一般に、「不規則系」、「ランダム系」等の呼び方をするときには、ミクロなレベルでのstaticな空間的乱れを含む系をさしている。これは殆んどの場合、物質を構成する原子の種類や配置の乱れという形であられる。この種の乱れは、各格子点上のスピンのとる状態の熱的

な乱れとは本質的に異なることに注意しよう。前者は凍りついた乱れであり、動かないものと想定されているのに対して、後者は自由エネルギーを最小にするべく anneal できるのである。

ランダム系の問題で特に興味の対象になる多くの物性は、このような乱れた原子配置を背景にもつ別の対象物（電子とかスピンとか）に関連したものである。この背景と“対象物”は、しばしば舞台と役者に擬せられる^{3), 4)}。ミクロな乱れを擁した背景（舞台）の上での役者の演技を通して、背景の乱れを推し測ることとか、背景の乱れに関するマクロな情報から、ミクロな過程に対する仮説に基いて演技のいきばえを予想すること — 等の手続きは、一般の統計物理学と勿論変らない。

§ 3. 統計的扱い

エルゴード仮説に基いて、長時間平均が位相平均（アンサンブル平均）で置きかえられるものとし、位相空間での等重率を採用し、一方長時間平均は観測時間程度の短時間平均と大差ないものとみなして、位相平均を、マクロに観測される量と結びつけるのが、統計力学の基本的な方程式である。このとき、“変り得る乱れ”の時間的变化は十分早くて、“観測時間”の間にミクロカノニカルな状態の殆んど全てが尽くされることが前提になっている。

一方凍りついた乱れに対する統計的手続きは、いくつかの局所的な物理量に対しては、観測値は空間平均に相当すると考え、空間平均はアンサンブル平均に置きかえられるというある種のエルゴード性を仮定するのが、一般的な方針であった。この手続きによって、ランダム系のいくつかの物性が説明されて来た。

しかし、パーコレーションだとか、局在-非局在といった概念を扱うには、下手な平均をしてしまつては元も子もなくなってしまう。ミクロな情報全ての中から、本質的な情報を取り出すには、確率的に論ずるか、上手に平均するかしなければならない。このとき、先に述べた意味での“エルゴード性”は成り立たなくなっていると考えられる。ある種の等重率が成り立っていないと言っても良い。

この“エルゴード性”の消失は、凍りついた乱れの大きさ（「乱れの大きさ」を測る適当な尺度があるとして）が、「しきい値」に達してはじめて起こり得ることなので、明らかにランダム系に固有である。しかも、エルゴード性の消失は、乱れの詳細には依らないと予想されており、もしこれが正しいとすれば、“エルゴード性-非エルゴード性転移”は、ランダム系に普遍的な現象であるといつてよい。“エルゴード性”が成り立つ範囲でのランダム系の問題は、その全てが解決されているわけではないが、ある部分についてはかなりの成果が上っており、未解決の部分に対しても、基本方針は確立している。一方“非エルゴード性”への転移点で何

が起こるか、又“非エルゴード的”な状況での方法論は如何にあるべきかについては、今後に残された問題であり、重要な“課題”のひとつである。

註：シンポジウムで話した個々の問題の詳細は、裳華房の久保記念号に掲載の予定である。

文 献

- 1) 森 肇：基研シンポジウム「基礎物理学研究所の将来と物理学」1979年11月9日
p. 270.
- 2) 久保亮五編現代物理学の基礎「統計物理学」（岩波書店）.
- 3) 松田博嗣：日本物理学会誌 26, 263 (1971).
- 4) 久保亮五：日本物理学会 1980年講習会テキスト — ランダム系の物理学 p. 159.