

論文審査の結果の要旨

氏名 鳥谷部祥一

本論文は7章からなり、第1章は序論、第2章は光ツイーザーの説明、第3章は粘性流体中の熱散逸の測定について、第4章は粘弾性流体中の熱散逸の測定について、第5章は電気回路における熱散逸の測定について、第6章はまとめと結論をそれぞれ記し、第7章は付録となっている。

生物の中にその典型が見られるように、比較的小さなサイズの系を分析しようとする、いくつかの困難がある。まず、揺らぎが相対的に大きくなり、見たい物理量をマスクする。また、容易に非平衡状態になり、平衡状態近傍という描像が破れる。さらに、通常のマクロ系であれば容易に測定できる量が、測定困難になることもある。このような系を分析するには、何か新しい手法が必要である。

その新しい手法として、鳥谷部氏は、Harada-Sasa 等式というものに目を付けた。これは元々は、揺動散逸定理（平衡状態の近傍で、線形応答係数と平衡状態における揺らぎが比例する）の破れの大きさと散逸率とが比例することを主張する等式であるが、鳥谷部氏は、それを、揺らぎの大きな非平衡状態における散逸率の測定に使えることに気づいたのである。

鳥谷部氏は、3つの系について、このアイデアを実験的に実証した。3つの系とは、粘性流体中のコロイド粒子、粘弾性流体中のコロイド粒子、電気回路である。これらの系で、速度相関を測定することにより、Harada-Sasa 等式を介して散逸率が測定できるというのである。

Harada-Sasa 等式は（一般には平衡状態でしか妥当性が保証されていない）Langevin 方程式に基づいているので、実際の物理系に適用できるかどうか保証の限りではないのだが、これらの系では散逸率も直接的に測れるので、Harada-Sasa 等式の妥当性も（従って、これらの系における Langevin 方程式の妥当性も）検証できる。

測定には様々な工夫が成されている。例えば、光ツイーザーを巧妙に用いてコロイド粒子の非平衡状態を作り出しているし、ピエゾ素子を用いて高速かつ高精度のドライブを行っている。電気回路でうまく等価回路を作り出すこともしている。

その結果、いずれの系においても、測定した非平衡度の範囲では、Harada-Sasa 等式がよく成り立つ（従って、Langevin 方程式で記述できる）ことを実証し、揺らぎの大きな非平衡状態における散逸率の測定に使えることを実証した。

本論文の非平衡度の範囲では、揺動散逸定理の破れは見えなかったものの、さらに非平衡度を上げたり、系を複雑化することも可能であり、今後の発展の第一歩を記した業績は大きい。従って、審査委員全員が、博士論文として十分な内容を持つものと認めた。

なお、本論文は、佐野雅己・村山能宏・谷口大相・江宏仁・中村壮伸・黒田真央との共同研究であるが、論文提出者が主体になって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。