

論文審査の結果の要旨

氏名 沙川貴大

本論文は10章からなり、第1章は序論、第2章はマクスウェルの悪魔に関する概説、第3章は古典系の動力学・測定・情報に関する概説、第4章は量子系の動力学・測定・情報に関する概説、第5章は熱力学第二法則のユニタリー時間発展による証明の概説、第6章はフィードバック制御があるときの熱力学第二法則について、第7章はメモリーの熱力学について、第8章は確率的熱力学についての概説、第9章はフィードバック制御があるときの非平衡関係式について、第10章はまとめと結論、をそれぞれ記している。

本論文は、長い間論争になっているマクスウェルの悪魔についての分析を、近年盛んになっている微小系の統計力学と情報理論の観点から行った、申請者の研究をまとめたものである。その主要な結果は、以下のようなものである。

まず、量子制御・量子情報処理プロセスに必要なエネルギーコストの下限を決定することに成功した。これらの不等式は、情報量と熱力学変数を対等に扱う形に拡張された熱力学第二法則「情報熱力学の第二法則」になっている。さらに、仕事のゆらぎの高次キュムラントを取り入れた熱力学第二法則 (Jarzynski 等式) を、フィードバック制御のプロセスに一般化した。そして、その等式を、サブミクロンスケールの古典コロイド粒子に対するフィードバック制御の実験により検証した。

これらの成果により、マクスウェルの悪魔についての理解が格段に進んだのみならず、統計力学の微小系へのある種の拡張にもなっており、さらに、ナノマシン・ナノデバイス制御への応用の可能性も開けた。よって本論文は、博士論文として十分な内容を持つものと審査委員全員が認めた。

なお、本論文は、上田正仁氏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。