

本論文は「ゆらぐ世界における異なる記述の階層とエントロピー生成」(Different Scales of Description and Entropy Production in Stochastic World)と題し、7章からなる。本論文の主な目的は、粗視化されたモデルでは捉えることのできない“隠れたエントロピー生成”の物理を、ゆらぎの定理など熱・統計力学の一般論の文脈で明らかにすることである。第1章は論文全体のイントロダクションであり、平衡熱力学の枠組みとそのゆらぐ世界への拡張について述べられている。第2章と第3章の内容は、本論文の主目的である“隠れたエントロピー生成”の概念を導入するための準備に充てられている。第2章では確率過程による記述にもとづいて系の熱力学的性質を議論するゆらぐ世界における熱力学の枠組みを、ゆらぎの定理を中心に据えて紹介している。第3章では、異なる記述の階層とは何かということについていくつかの例を用いながら説明している。また、それらの例のうち3つの系において特異摂動の一種である **slow-manifold** 法を用いて、詳細な自由度の階層の確率過程から粗視化された自由度の階層の確率過程を導いている。第4章では、熱浴のエントロピー生成が記述の階層に応じて異なる値をとるという例を通じて、全系のエントロピー生成の記述の階層間の差である“隠れたエントロピー生成”に着目する理由を議論している。さらに、第3章で導入したモデルを用いて“隠れたエントロピー生成”が存在する場合を具体的に例示している。第5章では“隠れたエントロピー生成”の満たす積分型ゆらぎの定理を用いることによって、“隠れたエントロピー生成”の符号の議論を行っている。“隠れたエントロピー生成”の符号は **Esposito** の2012年の論文でも部分的に議論されていた問題であるが、本論文では系を記述する変数の対称性についての制限なしに一般的に成り立つ結果が導かれている。この結果によって、“隠れたエントロピー生成”が非負の値をとる、すなわち粗視化されたモデルでは全系のエントロピー生成を過小評価するような状況が実現する条件が明らかにされた。また同時に、“隠れたエントロピー生成”が負になる場合についても力学系のモデルを新たに構築して議論を行い、この場合には前述の条件が破れていることを確かめている。第6章では“隠れたエントロピー生成”の影響を受けない不変量の探索が行われている。本章の内容は、定常状態熱力学の構築において重要な役割を果たすことが期待されている“過剰エントロピー生成”の考え方を“隠れたエントロピー生成”の文脈に適用するものである。“過剰エントロピー生成”は定常状態熱力学を構築する上で様々な定義が導入されており、それらのうち波多野らによって定義された量は **Santillán** らの2011年の研究によって“隠れたエントロピー生成”の影響を受けないことが既に明らかにされていた。そこで本論文では、小松らによって提案されたより物理的に測定が容易な“過剰エントロピー生成”について、不変量となる条件を導いている。また、**Netočný** らが導入したさらに異なる定義に関しても、3章で導入したモデルを用いて議論を行い、やはり不変量となっていることを示している。第7章では全体のまとめを行っている。

本論文での主要なオリジナルの結果である第5章および第6章の内容は川口喬吾氏との共同研究であるが、5章の核心である“隠れたエントロピー生成”に関するゆらぎの定理が成り立たない例として議論されている **Multi-Baker** 写像のモデルの構築において、論文提出者は中心的役割を果たした。また、第6章で議論されている3つの不変量のうち2つの不変性は論文提出者が主体となって導出した結果である。よって、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できるものと判断する。