

審査の結果の要旨

氏名 三浦 紋子

自らの意思で能動的に動くことができる粒子のことを自己駆動粒子と呼ぶが、その集団現象の一つとして人による旅客交通流が挙げられる。旅客交通流は社会経済活動に欠かせないものであり、その渋滞や混雑の解消のためこれまで様々な研究が行われてきた。その一つとして、ニュートン粒子の理論を基に自己駆動粒子のふるまいをモデル化することで、渋滞や混雑の原因を明らかにする研究が挙げられる。学位申請者はニュートン粒子で定義されるエントロピーと物理学的時間に注目し、自己駆動粒子におけるエントロピーと、自己駆動粒子によって体験される時間に関する先駆的な理論研究を行った。これらの結果をまとめた学位論文「自己駆動粒子系におけるエントロピーの特性と自己駆動粒子によって体験される時間に関する研究」は以下の4章からなっている。

第一章では、本研究の背景として社会問題となっている旅客交通流の渋滞を取り上げ、そのモデル化に関する先行研究を紹介した。さらに、交通流が空間的に階層構造を成すことを示し、階層間を結ぶ量としてニュートン粒子の理論においてはエントロピーがあることを紹介した。一方で、交通流の時間発展については、物理学的時間だけでなく運転手によって体験される時間があることを紹介し、本研究の新規性がこれまで自己駆動粒子において深い研究がなされていないエントロピーと体験される時間の理論的研究にあることを示した。

第二章では、車頭間隔に注目して自動車の位置のちらばり具合を示すエントロピーを定式化した先行研究を参考に、速度のちらばり具合を示すエントロピーをミクロの視点から新たに定義することで、系全体のエントロピー、相互情報量を定式化した。また、2種類の交通流マイクロモデルを用いて、一車線単路周期系における交通流シミュレーションを行い、定式化したエントロピーの時間発展の様子を探った。その結果、時間発展とともに系全体のエントロピーが増大する様子が確かめられたが、渋滞していない状態から、渋滞している状態に遷移する場合に系全体のエントロピーが時間発展とともに減少する様子が見られた。そこで、先行研究で定式化されている交通温度を用いて、温度—エントロピー線図を描画したところ、上記のエントロピーが減少する状況において熱が散逸していることが確かめられた。これにより、熱が捨てられた外界も含め

た系全体としては、エントロピーが増大していることが明らかとなった。

第三章では、旅客交通流において体験される時間の一つとして、航空機乗降時の体験される時間に着目し、搭乗客がどのように乗降時間を評価したかを実験により把握した。その結果、体験される時間と計測時間の比を変数とする搭乗客分布が歪んだ分布となり、体験される時間が計測時間よりも長くなる搭乗客の割合が実験条件により異なることが明らかとなった。この分布を ex-Gaussian 分布を用いてモデル化し、ex-Gaussian 分布の尾の引き方の長さを表現するパラメータである τ が、搭乗率、座席ピッチ、乗車・降車方法により変化することがわかった。以上の要因を変化させることで、乗降時に体験される時間が計測時間よりも長いと感じる一部の搭乗客に対して、体験される時間を短くできる可能性があることが明らかとなった。

第四章では自己駆動粒子系におけるエントロピーと体験される時間が共通項としてもつ不可逆性や歪みについて言及し、両研究のつながりを述べた。

以上、エントロピーと体験される時間という観点から旅客交通流等の自己駆動粒子系を特徴づける新たな概念と方法論を提案した功績は高く評価でき、今後は自動運転での車両制御や旅客交通流における渋滞の検知等の応用も期待される。得られた研究成果は、問題設定の有意義さ、アプローチの新規性、および結果や理論の妥当性、のいずれも十分な水準にあると認められる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。