

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 谷口 洋平

本研究は、高速道路の交通渋滞の抑制に効果があると考えられている渋滞吸収走行に着目し、その効果を評価したものである。研究の背景として、現在高速道路の交通流において、渋滞は依然として社会問題であるという点がある。国土交通省によるとその経済損失は年間 12 兆円にものぼる。これまで渋滞を解消すべく様々な研究が交通工学および物理学の研究者によってなされてきた。渋滞解消の手法としては、インフラ協調型と自動車の適応的制御に大別される。渋滞解消に向けた自動車の制御方法の中で注目されている技術の 1 つに Adaptive Cruise Control (ACC) がある。ACC とは前方車両と同じ速度および車速に応じた車間距離を維持する制御システムであるが、現状として ACC 車は装置が高価であるなどの問題から余り普及していない。別の方法として、全体の交通流に追従しながら渋滞を取るのではなく、それとは独立した運転を行うことで、渋滞の伝搬を遮蔽するという渋滞吸収走行 (Jam-absorption-driving、JAD) が 2013 年に発表された。JAD は、渋滞の規模に応じて、JAD を行う車 (吸収運転車) が前方車に対しての車間を多めに保って運転するというものである。また JAD 終了直後はすみやかに前方車に追従することが望まれるので、この点においては ACC の機能も活かすことができる。研究では車のダイナミクスを含んだ交通流モデルを構築し、その中で JAD を行った場合の渋滞解消の効果を数値シミュレーションと実験によって確認した。これらの結果をまとめた学位論文“A mathematical and physical approach to improve traffic flow by adaptive control of vehicle speed” (車速の適応的制御による交通流量の向上に関する数理物理学のアプローチ) は、以下の 4 章からなっている。

第一章では、本研究の背景の概説および研究目的をまとめ、研究の学術的及び社会的意義が述べられている。本研究でテーマとなる渋滞現象に付いての説明に始まり、渋滞問題解決に向けて取り組まれている様々な先行研究の紹介、更には渋滞問題を数理物理学の問題として扱う場合に用いられる交通流モデルに付いて説明している。次に、最近発表された従来とは異なるアプローチで渋滞解消を計る JAD について取り上げ、その運転手法で考慮されていない点を挙げ、本研究で取り組む内容について説明している。

第二章は JAD に関する先行研究の紹介を述べている。吸収運転車が JAD を行った時、自車両の前方に存在する渋滞の伝搬は抑えられるが、自車が JAD によって減速することでその影響から後方で新たな渋滞（2 次渋滞）が起きる事が考えられる。第二章ではこの 2 次渋滞の発生の有無について先行研究の理論にもとづいて説明している。この理論では 2 次渋滞発生の条件は高速道路上の車両の密度にのみ依存するというもので、JAD のパターンには寄らないという結果を得ている。

第三章では先行研究が考慮していない車両間の相互作用のダイナミクスを含んだ交通流モデルを構築し、その中で JAD を行った場合の渋滞解消の効果を数値シミュレーションによって確認している。学位申請者は、このシミュレーションによって、先行研究とは異なる結果である、同じ道路上の密度であっても、JAD のパターンによって 2 次渋滞の有無が変わることを明らかにした。更に申請者は JAD の実用性を考慮して、JAD の継続時間に制限を設けた場合の JAD の効果についてもシミュレーションを行っている。JAD は渋滞の規模がわかっていればいつでも開始できる。しかし JAD は先頭車が擾乱を起こしたという情報を得た後から行うのが現実的である。申請者はこのことを考慮に入れて数値シミュレーションを行った結果、その制限下でも JAD が成功する場合があることを示した。

第四章では、実車でのデモンストレーションを行い、JAD の効果を補強している。実験は 5 台の車を周回のサーキットで走らせ、先頭車が一時的に減速した時、後続の車の挙動がどうなるか観察した。その際に、JAD を行う場合と行わない場合、また行う場合でも予め開ける車間距離を様々に指定して全体の車の挙動を比較した。その結果、吸収運転車のとった車間距離によっては、吸収車は先頭車からの擾乱を受けることなく走行ができ、また最後尾車両の旅行時間（ある区間を走り切るのにかかった時間）も延びない場合があることを確認している。また先頭車からの擾乱を受けないために必要な吸収車の車間距離を実験データから求めている。

以上、学位申請者は本研究において 2 つの主たる研究成果をあげている。1 つは JAD の渋滞解消効果を車両の相互作用のダイナミクスを含めた系において評価し、2 次渋滞の発生条件を明らかにしたこと、もう一つは 2 次渋滞が起きないことを可能にする JAD の存在を実験にて確認したことである。その功績は高く評価でき、また今後は既存の渋滞研究の手法と併用した渋滞解決へ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。