

論文の内容の要旨

論文題目 A mathematical and physical approach to improve traffic
flow by non car-following behavior in highways
(高速道路における車両の非追従挙動による全体の交通流量
の向上に関する数理物理学のアプローチ)

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ある手法に着目し、その効果を評価したものである。本研究の背景として、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系および物理学系の研究者によって取り組まれてきた。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。近年その中で着目されている研究の1つに Adaptive Cruise Control (ACC) がある。ACCとは前方車両に追従するシステムであり、これを車に搭載することで機械制御による自動運転が可能になる。先行研究によると、ACCを搭載した車 (ACC車) が高速道路上で25%~30%以上いる時、道路上で渋滞が発生しても、ACC車によってそれが除去されるという。しかしながら、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おらず (国土交通省のデータによると2014年時点で全車速ACCはおよそ3%)、渋滞解消に必要な数値と比べて低い値である。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手法『Jam-absorption-driving (JAD)』が2013年に発表されている。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、予め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。これまでの研究では、加速度を考慮しないなどシンプルな仮定を置いたうえでの基礎理論の構築だけであり、前方車の挙動に対するダイナミクスは含まれていなかった。本研究では、そ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た。

その結果渋滞解消に効果をもたらすJADのパターンを確認した。また道路上の交通流密度によってその条件は変化することも確認した。また、JADを行うことで、吸収運転車は後続車に擾乱を伝えることにもなるがその影響で後続に新たな渋滞（2次渋滞）が起きる事が考えられる。本研究では2次渋滞の有無についてシミュレーションによる評価を行った。その結果、既成の渋滞を消去しかつ2次渋滞を生まないためのJADの条件を確認することができた。2次渋滞の有無については先行研究でも議論がなされていたが、発生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ものであった。今回、本研究によってダイナミクスを考慮した結果、同じ道路上の密度であっても、JADのパターンによって2次渋滞の有無も変わることを明らかにした。更に本研究では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た。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。これ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。

本研究では、JADのような予め車間を空けることが、後続に旅行時間（ある距離を走り切るのにかかる時間）の悪影響を与えないことを実験によって示すべく、JADのデモンストレーションを行った。実験は5台の車を周回のサーキットで走らせ、先頭車がブレーキを踏む時、後続の車の挙動がどうなるか観察する。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、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、また旅行時間も延びないことを確認した。