

追従走行実験に基づいた速度・車間距離特性についての一考察

大阪大学工学部 正 員 森 康男 大阪大学工学部 正 員 山田 稔
大阪大学大学院 学生員 ○鈴木 徹 大阪大学工学部 学生員 東 慎一郎

1. はじめに

これまで、微視的な速度変動と車間距離変動の関係を表現する追従モデルのパラメータを同定する場合に、その積分形である密度・速度という巨視的変量に対して地点観測データを当てはめることが多くなされてきた。しかしこうやって求められた追従モデルは、平均的な交通状況を表現するのみであって、相前後する車両の追従特性の違いがもたらす影響や、非定常状態における時間経過に伴う変動を表現するには十分ではないと考えられる。このため、例えば近年行なわれるようになった個々の車両のモデル化された追従挙動に基づいた交通流シミュレーションを行なう場合などには、用いる追従モデルに対し十分な検討が必要である。

本研究では、このような微視的な評価も可能な追従モデルを構築するための基礎情報を得るために、追従走行実験を行なって、速度と車間距離の特性を明らかにすることを目的とした。

2. 調査の概要

追従走行実験においては一般走行中の速度と車間距離の連続した記録を得ることが必要であるが、同時に、追従モデルを考えるために重要と考えられる渋滞流と非渋滞流との遷移領域に相当する速度40km/h前後の状態や、渋滞中の低速で走行する状態についても十分なデータが得られるように考慮した。

そのため、片側2～4車線で、信号交差点が原因の渋滞が頻発する都市内の一般幹線道路を対象に選んだ。そして、予め与えられたプログラムに従って走行する先行車を用意し、被験者はこれに追従して試験車を運転するようにした。被験者は一般運転者10人とし、すべて男性としたが運転経験は2年～20年と幅をもたせた。各被験者とも同一の約15kmのコースで、車間距離(m)
午前あるいは午後追従実験を行なった。所要時間はいずれも90分程度となった。実験に際しては、沿道や交通流の状況を把握するため試験車からビデオカメラで前方を撮影すると同時に、調査開始地点からの累加距離、累加時間、追従車の前部の車間距離計で測定した先行車との車間距離を、調査開始時から終了時まで1/20秒毎にビデオテープに記録した。

3. 速度・車間距離の分布特性

図-1は走行実験によって得られた速度・車間距離データの例として一人の被験者について示したものである。

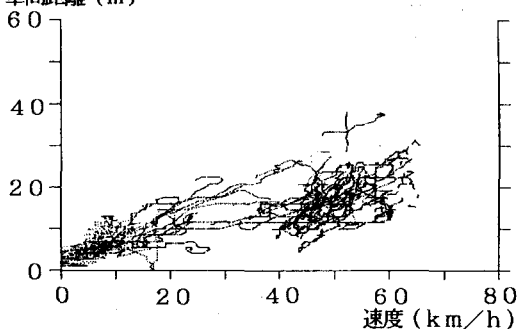


図1 実験走行で得られた速度、車間距離

ある。これより、速度0～30km/h、車間距離0～15mの部分と、もう一個所、速度40km/h以上、車間距離10～25mの部分で分布が密であり、その間の速度30～40km/hでは疎であることがわかる。速度と車間距離の時系列記録に基づいて分布の密な部分についての走行状態を調べたところ、低速側、高速側それぞれが渋滞流中および非渋滞流中の走行に対応しており、概ね5～10分程度は連続してそれぞれの領域内に存在していることがわかった。また図-1から、分布の傾きすなわち速度変化に対する車間距離の変化や、同じ速度での車間距離のばらつきやは表-1に示すようにそれぞれで異なる傾向にあることがわかる。

この結果は、この被験者のみならずすべての被験者についてほぼ同様の傾向が得られた。これらのことから、非渋滞流と渋滞流では運転者の追従挙動が異なっており、その境界は速度30～40km/h付近にあることがわかる。このことは地点観測データ等に基づく既往の研究で得られている渋滞・非渋滞の不連続な特性と

Yasuo MORI, Minoru YAMADA, Toru SUZUKI and Shin'ichirō HIGASHI

速度・車間距離 分布の比較		
分布 状態	渋滞 時	非渋 滞時
傾 き	小	大
ばらつき	小	大

ほぼ合致するものであり、本実験より、これが個々の運転者が持つ速度・車間距離特性に起因するものと考えられる。

4. 渋滞と非渋滞の追従特性の比較

図-1と同じ被験者について、速度40km/h以下の渋滞状態と考えられる時間帯と速度40km/h以上の安定した高速度走行を継続している時間帯に分類し、それぞれの状況下における加速度について集計した。図-2はこれを累積相対頻度で表わしたものである。これをみれば、渋滞時では非渋滞に比べて加速度0付近の傾きが緩やかであり、この付近の出現比率が比較的小さく、従って、大きな加速度や減速度が頻繁にとられていると考えられる。

同様に、相対速度（[自車速度]-[先行車速度]）を累積相対頻度で表わしたものが図-3である。これを見ると、渋滞流と非渋滞流の間で、相対速度の出現頻度にあまり差が見られない。

次に、渋滞、非渋滞それぞれの時間帯についての追従特性の差異を定量的に表現するために、一般追従方程式の考え方の基本である速度変化量が車間距離変化量の関数であるという次式を用い、これに実験走行のデータを当てはめ、最小自乗法により2つのパラメータ、感度係数 a と反応遅れ時間 T を求めた。なお実験データが1/20秒毎に得られていることから、 T は1/20秒の整数倍についてのみ考えることとした。

$$X_{t+T} = a S_t$$

ここで X : 加速度 (m/s^2) , a : 感度係数 ($1/s$)

S : 相対速度 (m/s) , T : 反応遅れ時間 (s)

図-4は各被験者ごとに求めた混雑状況別の感度係数 a と反応遅れ時間 T をプロットしたものである。これを見ると、まず感度係数では渋滞時は0.35~0.50の範囲にあるのに対し、非渋滞時には0.15~0.28の範囲にあり、各被験者とも明らかに渋滞時の方が車間距離の変化に対して敏感に速度を変化させて対応する傾向があるといえる。反応遅れ時間は感度係数ほど明らかではないが各被験者とも渋滞時は非渋滞時よりもやや小さな値になる傾向があり、渋滞時の方が車間距離変化に直ちに反応する傾向が強いと考えられる。

これらの結果より、非渋滞時よりも渋滞時の方が、運転者は先行車や自車の速度変化によって生じた車間距離の変化に対し、すばやくて、かつ大きな加減速により対応する傾向が強いといえる。このために、渋滞時の方が大きな加減速度が頻繁に観測されたものと考えられる。一方、先行車との速度差そのものが渋滞時と非渋滞時で大差なかったことについては、非渋滞時は比較的安定した走行状態にあるために、先行車の速度変動そのものが小さいことや、また先行車が何らかの原因で加減速してもやがて元の安定速度に戻る傾向があるために自車の対応が鈍くても相対速度が大きくなることはないからではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、追従走行実験によって得られた速度・車間距離データに基づいて、追従挙動の特性を明らかにすることを目的とした。その結果、速度・車間距離関係は速度30~40km/hを境に渋滞流と非渋滞流で不連続な分布をしており、それぞれで異なる追従特性を持っていることが明らかになった。そして渋滞状態では、モデルのパラメータの値が非渋滞よりも敏感な特性を示すことが明らかになった。

今後は、さらに被験者を増やして走行実験を重ねることにより、運転者が2種類の追従特性を切り替える条件を明らかにするとともに、道路構造や前後の車両の走行特性など外部的要因による影響を明らかにすることにより、非定常状態を表現する追従モデルを検討することが課題である。

累積相対頻度

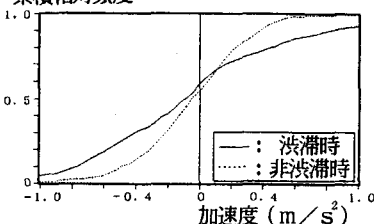


図-2 渋滞時と非渋滞時の加速度

累積相対頻度

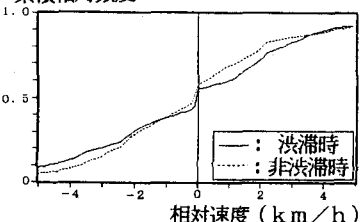


図-3 渋滞時と非渋滞時の相対速度

T : 反応遅れ時間 (s)

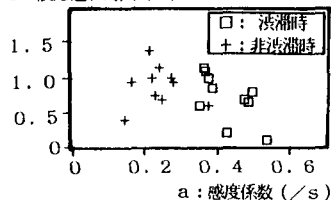


図4 全被験者の反応遅れ時間と感度係数