

IV-215

信号交差点における追従車の発進挙動モデル

九州大学工学部 ○学生員 棚田 裕宣

九州大学工学部 正 員 角 知憲

九州大学工学部 正 員 壇 和喜

J R 東 海 正 員 河原 瑞將

1. はじめに

自動車の保有台数が増加の一途をたどっている現在、自動車交通が引き起こす公害は大きな社会問題となっており、特に都市部市街地における交通渋滞や交通騒音の深刻化は顕著なものである。これは市街地では信号交差点の間隔が比較的短く、それにより自動車が幾度となく発進・停止を繰り返すことを余儀なくされるからである。本論文では、自動車の挙動をドライバーと自動車のマン・マシンシステムであるものとみなして、信号交差点の車列中の2番車(追従車)に対する発進挙動モデルを追従理論により作成することで、追従車のドライバーに関する行動特性の定量化を試みる。そしてそれにより自動車が発する騒音に関しての音響出力を推定する手がかりを見い出そうとするものである。

2. 追従車の発進挙動モデル

追従理論とは、1車線を追い越しできない状態で走行する一連の自動車群において、各車の運転者がそれぞれ先行車に追突しないと思われる最小間隔で追従したときに、先行車の走り方を入力として、後続車全体の走行運動を求めるものである。

図-1に追従車の発進挙動モデルのブロック線図を示す。このモデルは、先頭車の発進挙動モデルを基礎にしておき、入力系部分について車間距離に関する伝達関数をつけ加えたものである。図-1の破線で囲んだ部分がそれである。

まず先頭車のモデル部分について、図中の H_v は速

度差に関する人の応答関数である。 $G_2(s)$ は、アクセルを踏み込む際の人の2次遅れを表わす関数であり、時定数 P を用いて $G_2(s) = 1 / (1 + P \cdot s)^2$ と表わされる。 A 、 K_v は自動車性能に関する定数であり、駆動力を p 、アクセルの踏み込み量を θ 、速度を V とすると、 $p = A \cdot (\theta - K_v \cdot V)$ と表される。 M は自動車の走行時における換算質量で、 $M = \{ (1 + \varepsilon) W_1 + (W_2 - W_1) \} / g$ で表される。ここで ε は走行時における車両回転系の換算重量率、 W_1 は車両重量、 W_2 は車両総重量である。 $M \cdot s$ 、 K_1 はそれぞれ質量、速度に比例する走行抵抗力である。また s と H_α を結ぶフィードバック経路はドライバーが加速度 α に回答してアクセルを操作することを表すものである。この先頭車のモデルは、発進とともに立ち上がるステップ関数 V_F (目標速度)を入力として、 $H_v \cdot H_\alpha \cdot P$ の3つのパラメータを推定する。

一方追従車の場合、運転者は現時点での先行車との速度差を判断して、将来(1 sec~2 sec後)の先行車の挙動を予測する。この予測は将来の車間距離が大きくなるか小さくなるかに換言できる。図中の T はこの将来の車間距離に関する人の応答関数である。また H_x は車間距離に関する応答関数である。この追従車モデルでは、目標速度 V_F ・車間距離に関するデータ $(X_L - X_F) - X_F$ ・先行車の速度データ V_L を入力として、 $H_v \cdot H_\alpha \cdot P$ に加えて $H_x \cdot T$ の5つのパラメータを推定する。

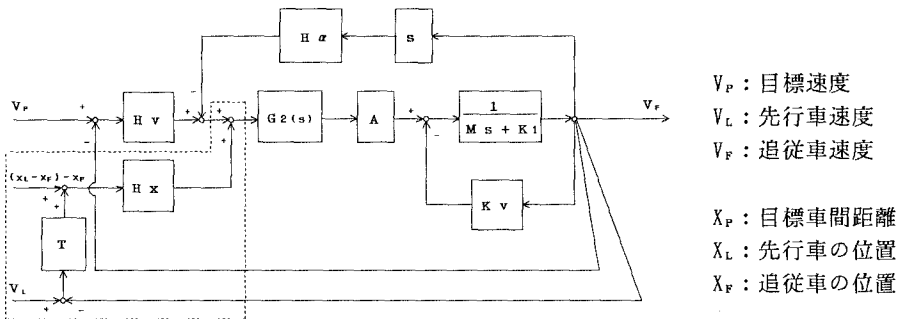


図-1 追従車の発進挙動モデル

3. 走行実験

モデルに入力するデータは、走行実験を行い測定した。実験は、信号交差点において発進する自動車が発進から定常走行へと移行するまで一直線上で行える場所を選び、先行車と追従車それぞれに加速度、速度、車間距離、回転数を同時に測定してデータレコーダーに入力した。図-2は、実験により得た先行車と追従車の速度、および車間距離に関するデータの一例である。これらのデータが、図-1のモデルの入力データとなる。

4. モデルのパラメータ推定および結論

パラメータの推定には、フーリエ変換・FFT (Fast Fourier Transform) といった数値演算の手法を使うことにより得られる理論の速度式をラプラス逆変換して時間領域での速度を求め、これを微分したものと観測された加速度との2乗誤差が最小となるようなパラメータの値を求めればよい。こうして求められたパラメータ値を用いて算出した加速度の理論値と観測値の変化を比較したものを図-3に示す。また5人のドライバーに対して得た34個のデータの各パラメータの平均値を表-1に、分布図を図-4に示す。

本論文で提案した追従車の発進挙動モデルは、自動車の機械性能を数量化し、運転者の行動特性をヒューマンファクターとした、マン・マシンシステムモデルである。図-3より、加速度変化の理論値は、

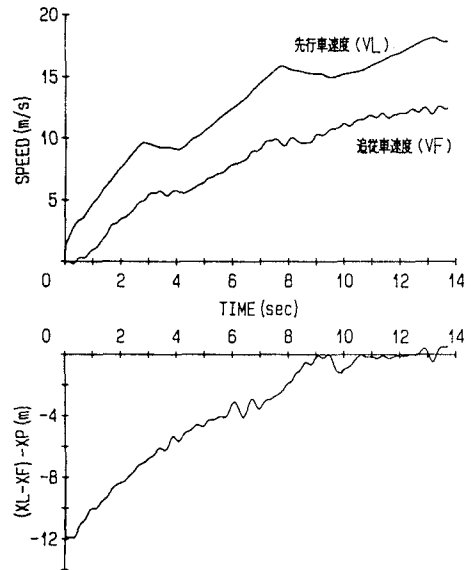


図-2 入力データ例

観測値を概ね再現しており、このモデルは妥当なものであると考えられる。ここで人の2次遅れに関するパラメータPについては、1速(P1)と2・3速(P23)とに分けて考えた。これは、自動車の発進挙動が半クラッチを含む1速の操作と、2・3速のそれでは大きく異なっているからである。

パラメータ推定は、2番車に対する発進挙動のモデルを用いて行ったが、これは一般に車列中のm番車にも適用できるものと考えられる。

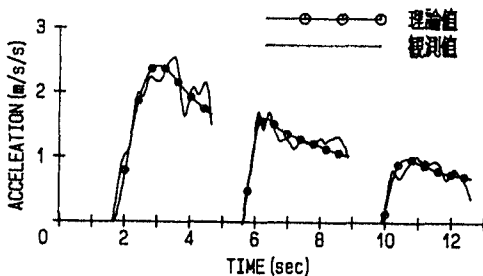


図-3 加速度の理論値と観測値の比較

表-1 各パラメータの平均値

Hv	H α	P1	P23	Hx	T
1.005	2.937	0.529	0.193	0.327	1.290

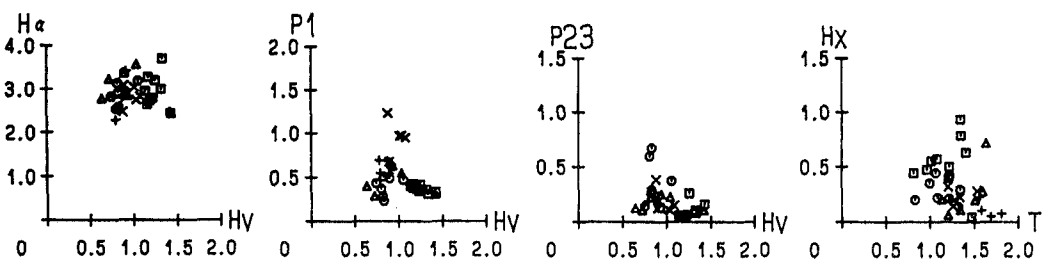


図-4 パラメータの分布（マークの違いはドライバー別）