

信号交差点で発進する追従車のマン・マシンシステムモデル

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 学生員 河原 瑞將

九州大学工学部 正 員 壇 和喜

1. はじめに

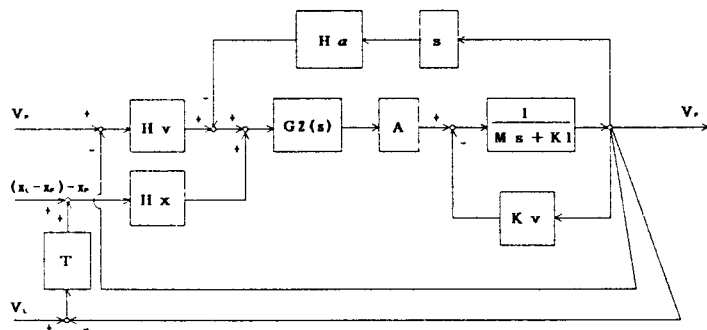
自動車の保有台数が増加の一途をたどっている現在、その自動車交通が引き起こす公害は大きな社会問題となっており、特に市街地における交通渋滞や交通騒音の深刻化は顕著なものである。これは市街地では信号交差点の間隔が比較的短く、それにより自動車が幾度となく発進・停止を繰り返すことを余儀なくされるからである。本論文では、自動車の挙動をドライバーと自動車のマン・マシンシステムであるものとみなして、信号交差点の車列中の2番車(追従車)に対する発進挙動モデルを追従理論により作成することで、追従車のドライバーに関する行動特性の定量化を試みる。そしてそれにより自動車が発する騒音に関しての音響出力を推定する手がかりを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車線を追い越して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。追従車の運転者は、現時点での先行車との車間距離を判断して、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。Hv, Hxはそれぞれ速度差、車間距離に関する人の応答関数である。G2(s)は人の2次遅れを表わす関数であり、時定数Pを用いて $G2(s) = 1 / (1 + P \cdot s)^2$ と表わされる。A、Kv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、 $p = A \cdot (\theta - Kv \cdot V)$ 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・s、K1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。

A、Kvを実際の自動車から与えた上で、先行車ではHv、H α 、Pの3つのパラメータを、追従車ではそれに加えてHx、Tの5つのパラメータを推定する。



V_p : 目標速度
 V_1 : 先行車速度
 V_f : 追従車速度

x_p : 目標車間距離
 x_1 : 先行車の位置
 x_f : 追従車の位置

図-1 追従車の発進挙動モデル

3. 走行実験

人の応答関数を推定するために、信号交差点での自動車の発進から定常走行に移るまでの速度変化を

走行実験で測定した。実験は、発進から定常走行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。

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、モデル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。図-2は、図-1のモデルで入力した速度差と車間距離のデータである。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。

図-3より、マンマシンシステムとして作成した自動車の発進挙動モデルは、信号交差点における追従車の実測加速度変化を概ね再現しており、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、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。

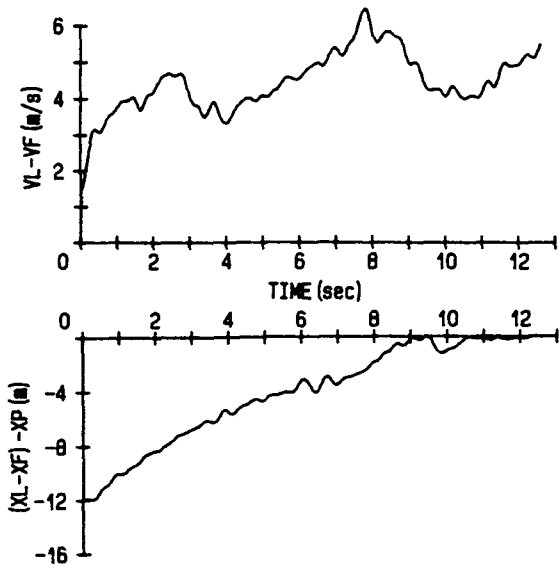


図-2 速度差と車間距離に関する入力データ

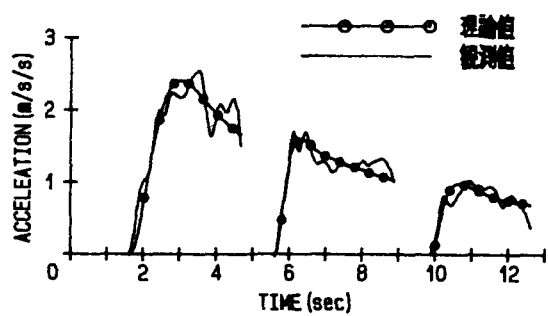


図-3 加速度の理論値と観測値の比較

表-1 各パラメータの平均値

Hv	Hα	P1	P23	Hx	T
1.005	2.937	0.529	0.193	0.327	1.290

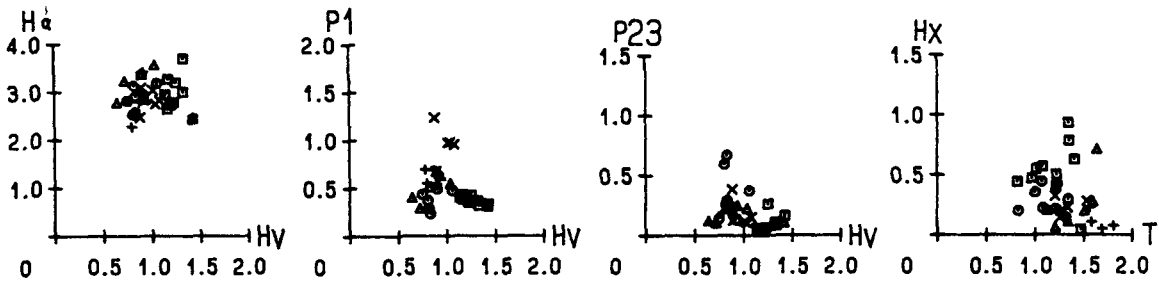


図-4 パラメータの分布 (マークの違いはドライバー別)