

IV-123 トンネル内交通流のシミュレーションに関する基礎的研究

立命館大学 理工学部 正員 卷上安爾
日本道路公団大阪管理局 楠 喜税

1. はじめに

本研究は、高速道路の隘路となっているトンネルの交通現象を再現し、対策検討の基礎資料を得るために、トンネル内交通流のシミュレーションモデルを開発することを目的としている。モデル開発の基礎資料は、名神高速道路京都南～茨木間の天王山トンネル下り線を対象として昭和58年と60の2ヶ年にわたって実施された交通実態調査の解析結果である。調査は主としてトンネル監視用I T Vカメラを用いて、トンネル内交通流の伝送画面を録画することにより行われている。モデルはモンテカルロ型のシミュレーションを想定し、ビデオ解析の結果から得られたデータに基づいて、トンネル内へ流入する車両に対して、車種、車頭時間および走行速度の分布状況に適切な理論分布をあてはめ、乱数発生により個々の車両に特性値を付与し、車輛の進行を一定時刻毎に追跡して、トンネル内の交通流をシミュレートすることを試みたものである。

2. モデルの前提条件

モデル構成の前提条件として想定した事項は以下のとおりである。①シミュレーションの実行時間帯は5分間を単位とし、この時間帯においては交通需要は変動しないものとする。②流入交通量が与えられたとき、車線毎の車種構成、車頭時間および走行速度は、実測値に基づいた理論分布に従って、逐次発生させる乱数に対応した確率を伴って個々の車輛に付与されていくものとする。③車群先頭車に追従する後続車の挙動については、追従理論を適用することを基本とし、適用する方程式は、加速状況と減速状況別に想定したものをを用いるものとする。

3. モデル構成と演算の論理

対象とする道路区間は、一方向二車線のトンネル区間が主要部分である。ただしモデルの構成上、側方余裕や縦断勾配の変化が車頭時間の分布特性や交通量と速度の關係に影響を及ぼすことがないので、道路自体に関する構成要素は、道路延長上の測定の指定のみである。この測点を60年調査の調査地点の位置と同一地点にとる。ただしシミュレーションの実施区間の上流側に100 mの導入区間を設けている。なお、この測点上では、ビデオ解析の結果から5分間交通量と5分間の平均走行速度の關係を回帰分析により求め、車線別に図-1に例示するようなQ V式を求め

ておき、与えられた5分間交通量に対する測点別、車線別の平均走行速度が算定されるようになっている。

◎車両の発生；シミュレーション上流端における車両の発生は以下のとおりである。まず単位時間当りの平均流入交通量を λ (T)とすれば、車頭時間が τ 以上である確率 $P(X \geq \tau)$ は

$$P(X \geq \tau) = e^{-\lambda \tau} \sum_{m=0}^{\infty} (\lambda \tau)^m / m! = F(\tau) \dots \dots (1)$$

ただし、 $\lambda' = K\lambda$ (T)

ここでKはアーラン分布の係数で、交通量のレベルに対して、あらかじめ最良の適合度を与える値が

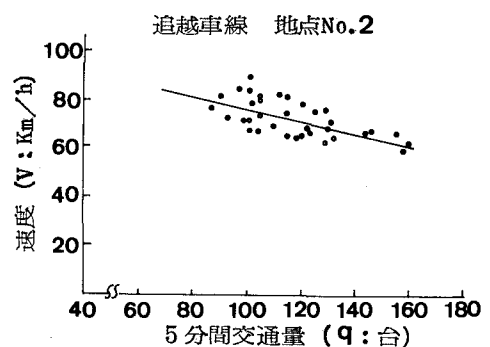


図-1 5分間交通量と走行速度との關係

実測結果から定められているものとする。このように $F(\tau)$ を設定すれば一様乱数 R を発生させて、 i 番目の車両とその前車との間の車頭時間 τ_i は、 $F(\tau)$ の逆関数 $F^{-1}(R)$ から求められるので、逐次乱数を発生させて、車両の発生を行っていくことができる。

◎車種の判別；同様に乱数を発生させ、大型混入率以下の乱数の場合に大型車と判定する。

◎速度傾向の付与；当該時間帯における平均走行速度は図-1の $Q-V$ 図から求められるが、実測値から求められる走行速度の分布状況を再現するために、各測点における走度の分布は速度計速結果の分散を用いた正規分布を仮定し、一様乱数に対応する速度偏差値 ξ_i を次のように定めた。すなわち標準正規分布の分布関数を $\Phi(\xi)$ とすれば、再度、一様乱数 R を発生させて、 $\xi_i = \Phi^{-1}(R)$ によって速度傾向を定める。

◎追従挙動の追跡；

時刻 t において、車両 i に後続する車両 ($i+1$) の間の車頭時間が追従範囲内にあるとき、車両 i の時刻 t における加減速度は、

$$a_i(t) = \frac{\lambda_0 \{v_i(t-T) - v_{i+1}(t-T)\}}{3.6 \{x_i(t) - x_{i+1}(t)\}^m}$$

ここに、 $a_i(t)$ 、 $v_i(t)$ および $x_i(t)$ はそれぞれ車両 i の時刻 t における加減速度 (m/sec^2)、走行速度 (m/sec) および走行位置である。また λ_0 は運転者の感応係数、 m には加速時 0、減速時に 1 の値を与えるものとしている。

3. シミュレーションの実施結果

シミュレーションの実行は、演算の単位時間を 2 秒にとり、時刻が単位時間帯である 5 分に達するまで、与えられた流入交通量のレベルの演算が実施され、流入車両の走行状況が追跡されていく。シミュレーション結果は各測点における 5 分間平均走行速度や、全車両の走行軌跡が出力される。図-2 および図-3 に平均走行速度の地点変動状況と走行軌跡の例を示す。両図とも交通量が夕方のピークを迎えて上昇し、極部的なショックラップが発生し始めた午後 3 時 30 分～35 分における追越車線のシミュレーション結果を実測結果と対比して示したものである。両図とも、トンネル抗口付近の微妙な速度の変動状況の再現はできていないものの、トンネル全体としては無理のない結果を得たと言える。

講演にあたっては、本モデルを用いた車線制御等の渋滞対策の評価結果についても述べる予定である。

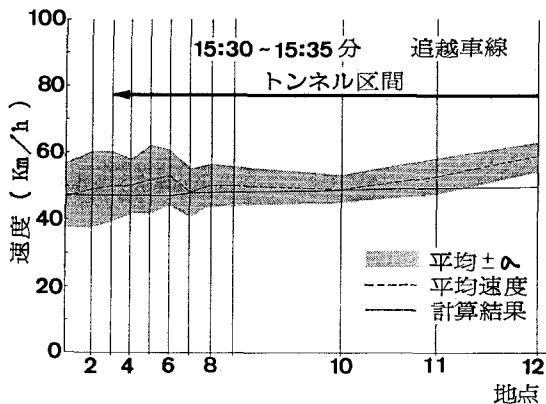


図-2 シミュレーションと実測値の比較

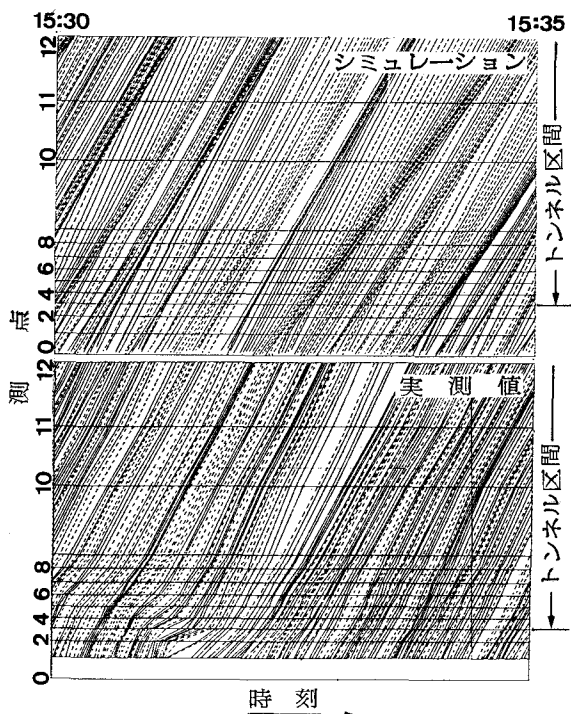


図-3 走行軌跡の比較