

トンネル内交通流のシミュレーションについて

立命館大学理工学部 学生員 ○東 勝之

立命館大学理工学部 正 員 巻上安爾

1. はじめに 本研究は、トンネル内交通容量の低下現象の原因と、その対策検討の基礎資料を得るため、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ものである。本研究の対象とする道路区間は、交通渋滞がほとんど毎日のように頻発している名神高速道路天王山トンネル下り線の58年度交通実態調査実施区間とする。モデルはモンテカルロ型のシミュレーションを考え、ビデオ解析の結果から得られたデータに基づいて、トンネル内への流入車輛に対し、車種、車頭時間、希望速度あるいは速度勾配、加減速特性、急ブレーキ等の異常走行車の発生特性等に適切な理論分布をあてはめ、乱数発生により個々の車輛特性を付与し、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ションすることを試みる。

2. モデルの前提条件 シミュレーションモデルの開発にあたって、トンネル内の交通流の状態を次の三段階に分類する。①自由走行状態、②拘束走行状態、③渋滞状態。この三段階の交通流の状態に対してシミュレーションモデルの開発を試みるわけであるが、モデル構成の前提条件として次のように想定する。①モデルはモンテカルロ型のシミュレーションを前提とする。②実施時間帯は5～15分間を一時間帯とし、この一時間帯の中で交通需要は変動しないものとする。③流入交通量が与えられたとき、車線毎の車種構成、車頭時間及び走行速度は、実測値に基づいた理論分布に従って、逐次発生させていく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。④車群先頭車に追従する後続車については、追従理論を適用することを基本とする。適用する方程式は、渋滞、非渋滞別に想定したものを採用するものとする。

3. モデル構成と演算の論理 モデル開発のための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。道路に関する構成要素は道路延長上の測点の表示法のみである。まずシミュレーション上の測点を58年度調査の調査地点の位置と同一地点とすることにする。これを表1に示す。ただし l_i すなわち

表-1 測点番号、区間長および測点長

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_j	0	100.0	145.4	60.0	54.2	95.3	73.1	126.3	326.2	279.2	307.6
l_{-j}	0	100.0	245.4	305.4	359.6	454.9	528.0	654.3	980.5	1259.7	1567.3

始点から測点1までの距離、いわゆる導入区間の延長は100mとしている。

流入交通需要は、始点に到着する交通の時間当り流量の平均値として入力される。時間帯 T の流入交通量を $Q(T)$ 、走行車線と追越車線の車線分布率を、それぞれ l_s 及び l_m とすれば、当該時間帯の走行車線と追越車線の交通量、 $Q_s(T)$ 及び $Q_m(T)$ はそれぞれ、

$$Q_s(T) = l_s Q(T), \quad Q_m(T) = l_m Q(T) \quad \text{ただし } l_s + l_m = 1$$

現時間帯の単位時間当りの平均流入交通量 $\lambda(T)$ とすれば、車頭時間が τ 以上である確率 $P(X \geq \tau)$ は、 $P(X \geq \tau) = e^{-\lambda' \tau} \sum_{m=0}^{\infty} (\lambda' \tau)^m / m! = F(\tau) \cdots (1) \quad \lambda' = k \cdot \lambda(T)$

で与えられる。ここで k は最良の適合度を与えるアーラン分布の係数(ポアソン項数)で、図

Katsushi HIGASHI Yasuji MAKIGAMI

1で示されるような交通量との関連性を実測値から求めておくものとする。

さていま一様乱数Rを発生させたものとする。その値は(1)式で示される分布関数と対応させることができる。いまi番目に発生した車輛の(i-1)番目との間の車頭時間 τ_i は(1)式に代入して

$$R = e^{-\lambda \tau_i} \sum_{m=0}^{k-1} (\lambda \tau_i)^m / m! = F(\tau_i) \quad (\text{図2参照})$$

したがって、 $\tau_i = F^{-1}(R)$

実際には(1)式を実際に必要なmの値に対してF(τ)を数表化して、電算機に記憶させて呼び出せばよい。

当該車線の現時間における大型車混入率を P_L とすれば、すでに発生させた車輛の車種の判別は、さらに発生させた一様乱数Rによって、i) $R \leq P_L$ のときは、i番目の車輛は大型車 ii) $R > P_L$ のときは、i番目の車輛は普通車の判定式によって、車種区分を判定する。

次に車輛iが、現在走行している位置によって実測の速度分布に従って走行速度を定めるための速度偏差値 ξ_i を次式によって定める。いま標準正規分布の分布関数を $\Phi(\xi)$ とすれば、 $\Phi(\xi) = 1/\sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^{\xi} e^{-x^2/2} dx$ であり、車種区分の判定と同様に、新たに一様乱数Rを発生させ、 ξ_i に ξ_i を代入して $\xi_i = \Phi^{-1}(R)$ によって速度偏差値を定め、以後の車輛走行位置の算定の際に走行速度の計算根拠に用いる。

シミュレーションの実施は、演算の単位時間 Δt を現在時刻tに累加して、時刻が一時間帯に達するまで各種の演算を続けていくことが行われる。いまi番目の車輛が起点jに到達する時刻を $t(i,j)$ とする。当然シミュレーション区間の始点において

$$t(i,0) = \sum_{k=1}^i \tau_k \quad \cdots (2) \quad \text{が成立しているが、時刻} t \text{が} \quad t \leq t(i,0) \leq t+\Delta t \quad \text{の条件を満}$$

足し、かつ車輛番号がi以下でシミュレーション区間内に存在する全ての車輛の時刻($t+\Delta t$)における走行位置と各車輛の走行速度を算定するとともに、i番目の車輛については、始点への到着時刻から時刻($t+\Delta t$)の間、すなわち $[(t+\Delta t)-t(i,0)]$ の間の走行距離を算定し、走行位置を求めるものとする。

4. シミュレーション実施結果

シミュレーションを実施した渋滞時(16:45~17:00)の5分間毎に実測の平均走行速度と平均走行速度に速度の標準偏差分を加減した変動範囲に照合させて、シミュレーション結果の一部を図3に示す。シミュレーション結果と実測値とは少し差が見られる。今後よりよいシミュレーション結果が得られるようモデルに改良を加える必要がある。

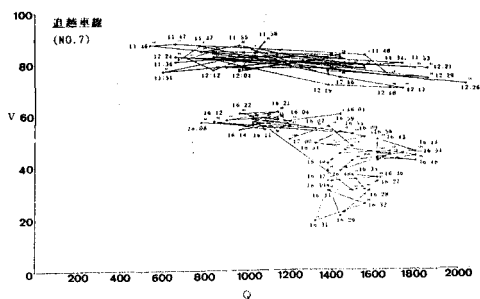


図-1 Q-V 相関図

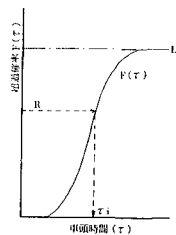


図-2

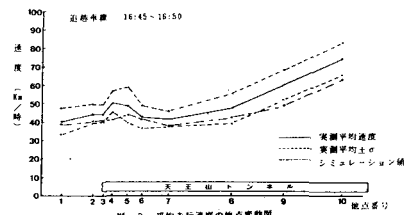
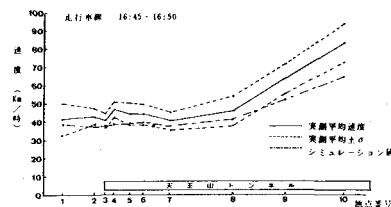


図-3 平均走行速度の地点変動図