

## IV-157

## 高速道路のサグにおける渋滞現象のシミュレーション

東北大学大学院 情報科学研究科 学 生 員 森川昇平\*

東北大学大学院 情報科学研究科 正 員 武山 泰\*\*

東北大学大学院 情報科学研究科 フェロー 稲 村 肇\*\*\*

## 1. はじめに

高速道路のサグ部におけるボトルネック現象についてのシミュレーションには、先行車の軌跡を観測値のとおりを与え、追従モデルのパラメータを1台ごとに最適化アルゴリズムで決定した、追従シミュレーションがある<sup>1)</sup>。このシミュレーションにより、追従モデルが追従状態にある実交通現象をかなりの精度で再現できることがわかった。しかし、このシミュレーションは観測した実現象のみの再現であり、一般的な状況の再現は行われていない。

本研究においては、追従モデルを用いて、車両の性能や重量を考慮した、高速道路のサグ部片側2車線の交通流シミュレーションを構築し、サグにおける一般的な状況の交通流を再現する。また、サグ部における車群の先頭車と追従車の走行挙動を解析し、渋滞現象の発生について考察する。

## 2. 交通流シミュレーションの構築

本シミュレーションモデルは、コンピュータ上で車を発生させ、各車の挙動を再現させて、サグが原因で発生するとされている減速波の発生地点と減速波の伝播の様子を、コンピュータグラフィックスを用いて再現するものである。検討対象区間は、東北道、福島西 IC～二本松 IC の福島トンネル付近のサグを含む 7.5km とした。

シミュレーションモデルには、入力条件として対象区間の縦断勾配と標高（舗装仕上り高）、自由走行時の車両の速度が入力される。

シミュレーションの大まかな流れは図1に示す。発生してからは、先頭に位置する車両から順に周囲の状況に応じて、自由走行、追従走行、車線変更のいずれかを選択して走行させる。検討対象区間を通過した車両は消去される。

キーワード：サグ、ボトルネック、減速波、シミュレーション、追従

\*\*\* 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉工学部土木棟4階 TEL (022) 217-7507

シミュレーションの単位時間間隔において、対象とするすべての車両の処理が終わると、時間が更新され、次の時間間隔における車の処理が行われる。時間間隔は 0.5[sec]、解析時間は 20[min]=1200[sec]とした。

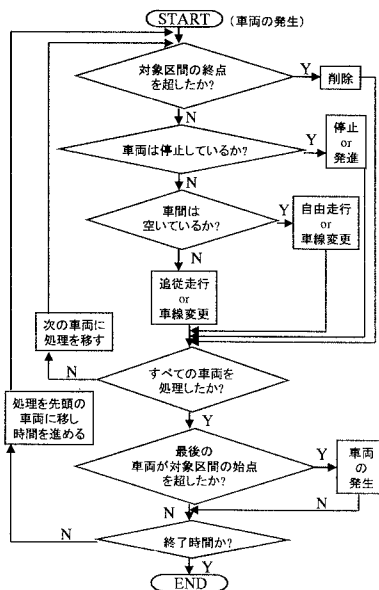


図1 2車線のシミュレーションのフローチャート

## (1) 車両の発生

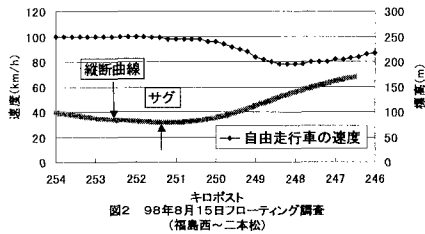
初期状態に対象区間にシフト型指数分布に従って求まる車頭間隔で終点から始点へ、順に配置される。その後は各車線の最後尾の車両が 400m 地点を超えたときに、シフト型指数分布に従って求まる車頭間隔だけ最後尾の車両の後ろに発生させる。シフト型指数分布とは、ある最小車頭時間以下の車頭時間を発生させないようにした指数分布である。

## (2) 自由走行

前方の車両との距離が 150m 以上離れている車両を自由走行とした。自由走行状態の車両は、図2の実測データに基づいて走行させる。様々な車両の発生のため、希望速度に応じて実測データを拡大・縮小させる。

## (3) 車線変更

車両は必要があれば車線変更をする。直前の車両が遅いときの車線変更や、車両の走行性能により希望速度が



出せない場合や後方から速い車両がきた際の避譲行動などが考慮されている。

#### (4) 追従走行

追従挙動を表現するために、本シミュレーションモデルでは、次のような越<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>による追従式を用いる。

$$\dot{V}_f(t) = \alpha \dot{S}(t - T_1) + \beta [\dot{S}(t - T_2) - f[V_f(t - T_2)]] - \gamma \sin \theta \quad (1)$$

ただし、 $V_f$ ：追従車の速度、 $S$ ：前車との車頭距離、 $T_1$ 、 $T_2$ ：反応遅れ(タイムラグ)、 $\theta$ ：縦断勾配、 $f$ ：運転者の希望車間を表す速度の関数、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ：モデルパラメータ。

#### (5) 登坂時の走行

自動車の加速度はエンジンによる駆動力と、空気抵抗、路面との転がり摩擦抵抗等の走行抵抗、登坂時の重力の影響による抵抗の走行抵抗との差によって決まる。

$$T = ma + R_a + R_{r1} + R_g \quad (2)$$

ただし、 $T$ ：駆動力 (N)、 $m$ ：車両の質量 (kg)、 $a$ ：加速度 ( $m/s^2$ )、 $R_a$ ：空気抵抗 (N)、 $R_{r1}$ ：転がり摩擦抵抗 (N)、 $R_g$ ：勾配抵抗 (N)、

駆動力はエンジントルク、タイヤ半径、伝達装置等の減速比により定まる。

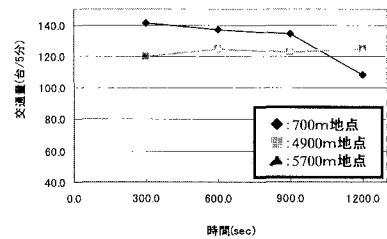
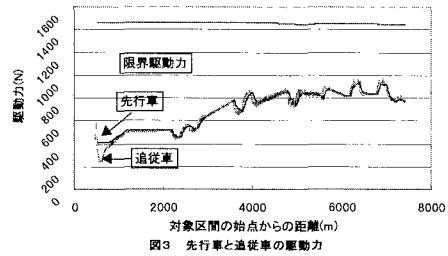
### 3. シミュレーション結果の解析と考察

#### (1) 自由走行車の駆動力についての考察

図1の自由走行車の速度分布から式(2)により駆動力を求めた。それが図3である。図3を見ると、勾配部では限界駆動力に対する余裕が小さくなっている。勾配値は2.0%程度で、最大でも2.851%に過ぎない。

#### (2) 実交通現象のシミュレーションによる再現

本シミュレーションは、グラフィックスにより減速波の発生の様子がコンピュータの画面上で確認できる。その利点を利用して、交通量を徐々に増やしていき減速波発生時や渋滞発生時の交通量、速度、車線利用率を測定してみた。220(台/5分/2車線)を越え、追従車線側から減速波が発生し、それが上流に伝播していった。追従車線における5分間の平均交通量の様子を表した図



4では減速波が上流に伝播したため、700m地点での交通量が減少している事が確認できる。また、700m地点での交通量が270(台/5分/2車線)にもなるほど発生させたときにも、サグ部での交通量は220(台/5分/2車線)ほどでしかなかった。実測値における交通量は瞬間最大交通量で、260(台/5分/2車線)渋滞時では220(台/5分/2車線)であることから、本シミュレーションによりサグ部での交通量がほぼ再現されたといえる。

### 4. 結論

本研究では、サグにおける渋滞の一般的な状況を再現することができた。サグにおける交通量がほぼ再現できている。減速波の伝播の様子もとらえることができた。しかし、登坂車線設置の効果の再現に向けて以下の問題点が明らかになった。まず、合流部での合流車と譲る車両の挙動である。登坂車線の利用の判断も必要である。ドライバーの車線選択行動を明らかにするとともに、車両性能とドライバーの運転挙動をとりいれたサグ部における走行モデルの開発の必要性などがあげられる。

### 参考文献

- 1) 越 正毅：高速道路のボトルネック容量，土木学会論文集，No. 371/IV-5, 1986. 7.
- 2) Xing, J., 越 正毅：高速道路のサグにおける渋滞現象と車両追従挙動の研究，土木学会論文集，No. 506/IV-26, 1995. 1.