

第IV部門

速度回復誘導灯による渋滞対策検討のためのマイクロ交通シミュレーション

大阪市立大学 学生員 ○井垣 貴弘

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 内田 敬

1. 研究背景・目的

高速道路のサグ（縦断勾配が下りから上りへ変化する部分）は主要な渋滞原因である。阪神高速道路の深江サグを含む区間は全国の都市高速道路JCT区間別の渋滞ランキング（H28）でワースト1位（下り）、2位（上り）となっている¹⁾。

高速道路サグ部で起こる渋滞の対策として、阪神高速道路株式会社では「速度回復誘導灯（以下 PML: Pace Maker Light）」を用いた対策を行っている。PMLとは、路肩の壁面に等間隔に設置した LED を順に点滅させて光が前進する流れをつくる装置である。運転者が光の流れについていこうとする意識を利用したもので、この設備により交通流の整序化が期待されている。

本研究の目的はサグ部における PML の効果を表現できるマイクロ交通シミュレーションを構築し、交通流をタイムスペースダイアグラムで表現することである。

2. ミクロ交通シミュレーション

2.1. 車両追従モデル式の検討

PML の効果を組み込んだ交通シミュレーションを作成するにあたって、車両1台ごとの挙動に着目するミクロの視点で考えるための車両追従モデル式を基本式として検討した。運転者の目標車間距離がパラメータとして組み込まれている点、式の構造のわかりやすさから、本研究では越モデル²⁾を基本式として採用した。

越モデルを修正したものが(式 1)である。

$$\frac{dv_1(t+T)}{dt} = a \frac{\min[v_0(t), v^*] - v_1(t)}{|x_0(t) - x_1(t)|^l} + b \frac{(x_0(t) - x_1(t) - s^*)}{|x_0(t) - x_1(t)|^m} - c \sin\theta \quad \dots(式 1)$$

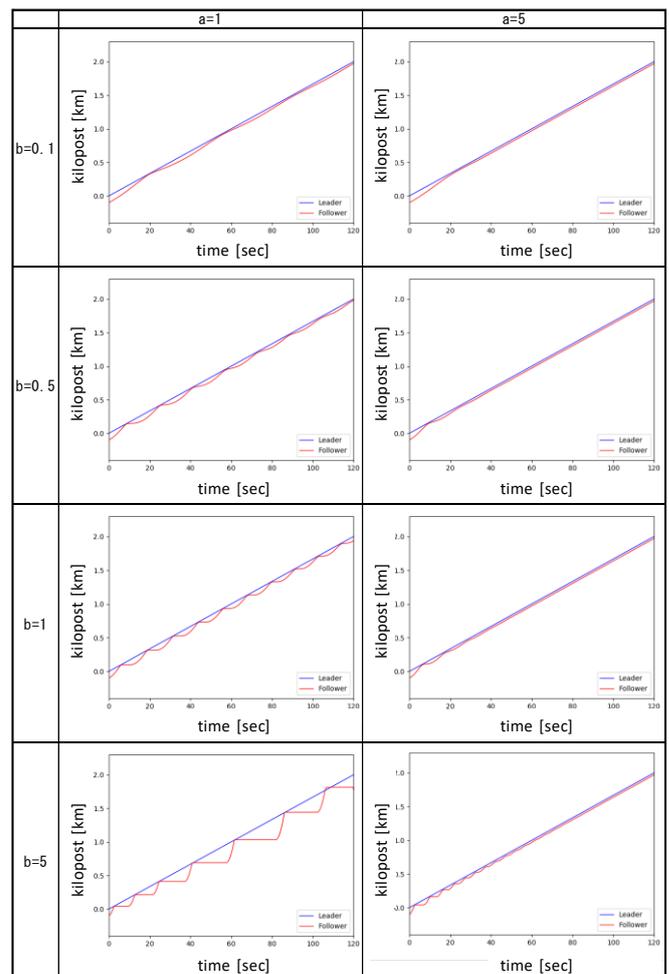
- v_0, x_0 : 先行車速度[m/s]、位置[m]
- v_1, x_1 : 追従車速度[m/s]、位置[m]
- a : 速度差パラメータ b : 車間距離パラメータ
- c : 勾配パラメータ l, m : 距離減衰パラメータ
- s^* : 目標車間距離[m] v^* : 希望速度[m/s]
- T : 反応遅れ時間[s] θ : 縦断勾配差[rad]

越モデルからの変更点は、第1項の分子に希望速度 v^* を導入したことである。希望速度を PML の光の流れの設定速度と関連づけることで、速度差パラメータ a との組み合わせにより各運転者への PML の影響の大小を設定することができるようになる。

2.2. モデル式の基本特性

パラメータ a, b が車両の追従に与える影響を確認するため、値をそれぞれ変更してシミュレーションを行った（表-1）。 a が大きいほど車間距離の伸縮が早く収束し、 b が大きいほど車間距離伸縮の波長が小さくなる。ただし、 $a = 1, b = 5$ のときは計算過程で追突・追い越しが発生しているため異なる挙動を示している。

表-1 パラメータ a, b の追従状況への効果を表すタイムスペースダイアグラム



3. 数値実験

3.1. 実験内容

特徴を持つ運転者のパラメータセットを使用して、サグ部の交通状態を再現する実験を行う。田平ら³⁾に示されている、被験者20名に対して実施した実道追従実験の結果を利用し、追従モデル式中の特徴パラメータを決定する。データはPMLなし、60km/h、80km/hでそれぞれ実施した追従実験での各被験者の道路区間ごとの車間距離の平均と分散である。このデータから各運転者の特徴を読み取り、特徴パラメータ a 、 b 、 c 、 T 、 s^* を適宜設定することで運転挙動に特徴を持たせる。

設定した運転者の特徴パラメータを表-2に示す。No.1-1~2-3はPMLの影響の受けやすさ、No.3,4は先行車との車間距離、No.5-1~6-3は勾配、No.7,8は反応遅れ時間に関してそれぞれ特徴を設定した。

各運転者に関してシミュレーションを行い、タイムスペースダイアグラムを作成する。渋滞量[$\text{km} \cdot \text{s}$] (= 渋滞の長さ×渋滞の継続時間) と捌け交通量[$\text{台}/\text{min}$] (= ある地点を通過した台数/単位時間) を求める。

3.2. 実験結果

同じ特徴パラメータ運転者の車両を20台連続で追従走行させる場合のシミュレーション結果(図-1)から渋滞量と捌け交通量を求め、運転者を4グループに分類した(図-2)。次に同じグループ内の運転者を20台連続で追従走行させるシミュレーションを行うと、渋滞量と捌け交通量は各グループ内での平均的な値となった。さらに、異なる特徴を持つ運転者として複数のグループから運転者を選択し、20台連続で追従走行させるシミュレーションを行った。その結果、渋滞量と捌け交通量は全体の平均的な値に集中した。

実験結果の要点は次の3点にまとめられる。(1) 良好な交通状態(渋滞量: 小、かつ捌け交通量: 大)になるのは目標車間距離 s^* が小さいときである。(2) PMLの影響が大きい、先行車の影響が小さいとき渋滞量が小さくなる。(3) 類似した特徴や異なる特徴を持つ運転者を追従走行させると、渋滞量と捌け交通量は組み合わせた運転者の平均的な値を示すようになる。

4. 結論

本研究の数値実験では、PMLの影響が大きい運転者は渋滞量を減らす結果が得られた。今後は、観測された交通流によるタイムスペースダイアグラム等を活用し、再現性確認やモデル式の再検討を行う必要がある。

表-2 運転者の特徴パラメータ

運転者 No.	特徴①	特徴②	パラメータ				
			a	b	c	T[s]	s^* [m]
0	標準	車間距離:標準	10	0.50	0.5	0.1	30
1-1	PML影響:大	車間距離:大	15	0.50	0.5	0.1	40
1-2		車間距離:標準	15	0.50	0.5	0.1	30
1-3		車間距離:小	15	0.50	0.5	0.1	20
2-1	PML影響:小	車間距離:大	9	0.50	0.5	0.1	40
2-2		車間距離:標準	9	0.50	0.5	0.1	30
2-3		車間距離:小	9	0.50	0.5	0.1	20
3	先行車影響:大		10	0.60	0.5	0.1	30
4	先行車影響:小		10	0.25	0.5	0.1	30
5-1	勾配影響:大	車間距離:大	10	0.50	1.0	0.1	40
5-2		車間距離:標準	10	0.50	1.0	0.1	30
5-3		車間距離:小	10	0.50	1.0	0.1	20
6-1	勾配影響:小	車間距離:大	10	0.50	0.1	0.1	40
6-2		車間距離:標準	10	0.50	0.1	0.1	30
6-3		車間距離:小	10	0.50	0.1	0.1	20
7	反応遅れ:大		10	0.50	0.5	0.2	30
8	反応遅れ:小		10	0.50	0.5	0.0	30

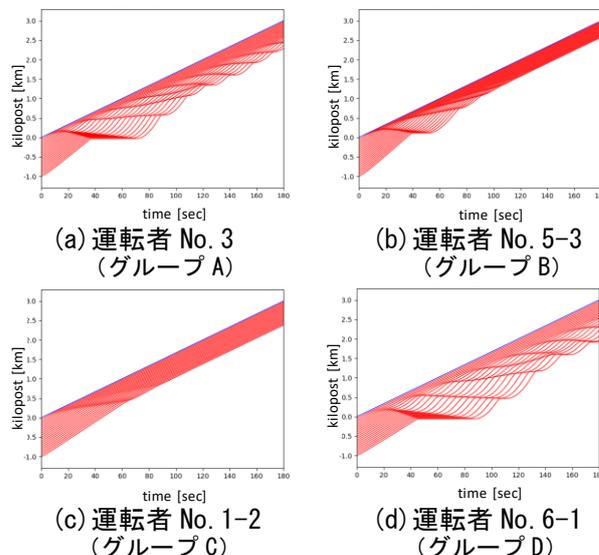


図-1 同じ特徴パラメータの車両を同時に走行させる場合のタイムスペースダイアグラム

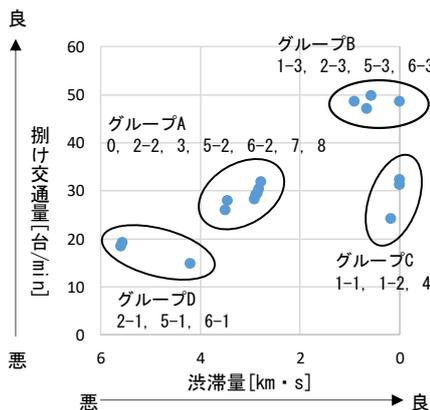


図-2 同じ特徴パラメータの車両を同時に走行させる場合の渋滞量と捌け交通量

参考文献

- 1) 都市高速道路の交通状況ランキング (平成 28 年), http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/pdf/ranking_6.pdf
- 2) 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., pp.1-7, 1986.
- 3) 田平優太, 塩見康博: 走光型視線誘導灯によるドライバーの追従挙動への影響分析, 第 55 回土木計画学発表会・講演集, No. 16-03, 2017.