

JCT 近傍における案内標識の影響を考慮した交通流シミュレーション分析 ～新名神高速道路の亀山 JCT を対象として～

A Traffic flow simulation considering lane changing behavior near a junction: targeting the Kameyama junction of the Shinmeishin expressway

交通計画研究室 s133540 田中 翔

In the segment before the Kameyama junction on the Shinmeishin expressway heading for Nagoya, unnatural high rate of using cruising lane occurs, which may cause an excessive expansion of traffic jam. Misleading directional signboards and drivers' misunderstanding about the lane direction may contribute to this phenomenon. This study aims to simulate the lane changing behavior and the resulting traffic flow on the segment before the Kameyama junction and to evaluate the effects of a countermeasure. Firstly, I develop a multi-agent traffic simulation considering the special lane changing behavior on the segment and calibrate it based on actual vehicle detector data. Then, I simulate the situation where drivers perceive the accurate information about lane direction. As a result, the traffic jam will be moderated by providing the accurate information such as improved directional signboard.

1. はじめに

高速道路上の交通流に乱れが生じる要因として、車線利用率の偏り、潜在的ボトルネックの存在、交通集中による交通容量の低下等が挙げられる。特に、多数の車線変更が生じる分合流部では、安全かつ円滑な交通を実現する上で更なる改善が必要である。

新名神（新名神高速道路）上り線にある亀山JCT近傍では、ドライバーの思い込みと案内標識の内容が相乗作用し、走行車線（左側車線）に利用が偏り、交通に乱れが生じている。これがエスカレートすると走行車線に渋滞が拡大するが、追越車線（右側車線）は空いた状態になるという非合理的な現象がしばしば起きている。

新名神の亀山 JCT 近傍における既存研究としては、園田¹⁾の追跡分析の研究がある。この研究では、現地での交通状況をビデオ撮影し、車両感知器では観測のできないような JCT 直近部において、車両を1台1台追跡し、ドライバーの運転挙動を見ている。この研究結果によると、交通量が多い時に普通車の名古屋方面利用者は、JCT 手前 500m 地点にある案内標識を境に多くの車線変更を行う挙動が確認されており、全体の12%が走行車線に移動しているとある。このことから、案内標識はドライバーに対して何らかの影響を与えていることが分かっている。しかし、実際の観測データを用いて実態把握の分析を行ったものであり、この渋滞の対策までは考えられていない。

そこで、本研究では、園田の追跡分析から得られた知見をNEXCO中日本提供の新名神上り線の交通流観

測データにより把握した上で、車両挙動モデルを構築し、時々刻々に変化する走行環境とドライバー同士の相互作用を考慮できるマルチエージェントシミュレーションにより実データの再現を行う。そして、渋滞緩和対策による効果を検証する。

2. 調査対象区間の概要

本研究の対象区間は、図-1に示す新名神上り線の亀山JCT近傍である。この区間では、JCT手前200m地点までは2車線道路区間であるが、それより下流側では、伊勢方面へ向かうための車線が右側に派生するため、3車線区間となる。3車線区間になると、名古屋方面利用者は左側2車線、伊勢方面利用者は右側の車線を利用し目的地へ向かう。図-1における案内標識は、写真-1に示すようなものであり、JCTまでの距離と目的地の方面が記載されている。これらの案内標識は、JCT手前2km地点からJCT到達までに6つ設置されている。

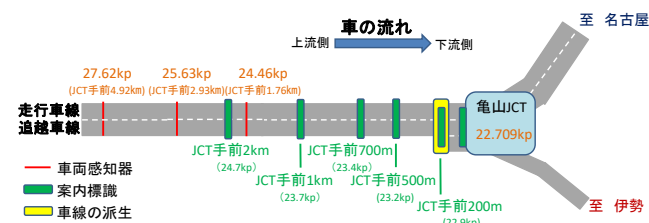


図-1 調査対象区間と案内標識の位置



写真-1 JCT 手前 500m 地点に存在する案内標識

3. 交通流の実態分析

3.1 データ概要

使用するデータは、2012年度1月～12月のうち渋滞が発生した17サンプルの「10分間交通量」データであり、調査対象区間は新名神上り線の土山SA（38.2kp）～亀山JCTである。分析に使用するデータには、各地点の車線別速度、車線別交通量等が含まれており、これらから、車線別車線利用率を算出し、それぞれの結果を視覚化して考察する。

3.2 分析結果

車両感知器によるデータ取得位置は、図-1に示した27.62kp, 25.63kp, 24.46kpの3地点である。図-2は、左縦軸に走行車線利用率（%）、右縦軸に全車線平均速度（km/h）、横軸に時刻（時間）を示しており、図中にある網掛けは渋滞発生期間を示す。この図の24.46kpを見ると、渋滞発生時の走行車線利用率が80%以上と急激に高くなっている。それに対し25.63kpより上流では、渋滞の発生に関わらず車線利用率はほとんど50:50であることがわかった。この傾向は、17サンプル中13サンプルで見られた。また、渋滞の発生時刻を地点別に比較すると、24.46kpでは15時20分、25.63kpでは15時40分であり、渋滞はJCTから近い順に発生し、上流に伝播していることがわかる。

この結果から、園田の既存研究にもあるように、渋滞時の名古屋方面利用者は、JCTに近づくにつれて走行車線に偏る傾向があることを把握した。そして、走行車線に偏る原因は、JCT近傍に存在する案内標識の影響ではないかと考えられる。

4. 交通流シミュレーション

4.1 ドライバータイプの定義

今回のシミュレーションでは、ドライバータイプを大きく名古屋方面利用者と伊勢方面利用者に分類し、そのうち名古屋方面利用者を案内標識の「影響あり」と「影響なし」に分類した。また、それぞれを普通車と大型車に分類し、6種類のドライバータイプを考慮した。

名古屋方面利用者は、走行車線と追越車線の2車線を利用して名古屋方面へ向かうドライバーであり、そのうち、「影響あり」は、時々刻々案内標識の影響を受け続けることで、走行車線を利用しないといけないという心理の強いドライバーとした。

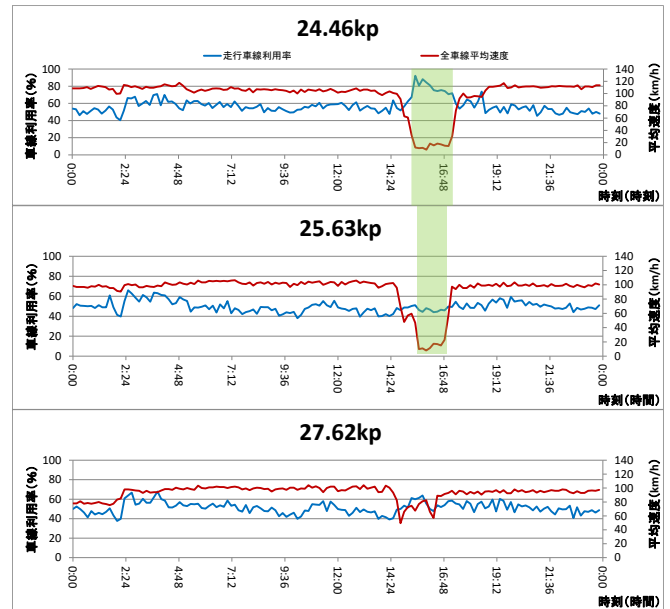


図-2 走行車線利用率と全車線平均速度の時間推移

対して「影響なし」は、案内標識の影響は全く受けて、快適な速度で走行できる車線を利用するドライバーとした。

伊勢方面利用者は、基本的に一番右側の車線を利用して伊勢へ向かうドライバーとした。

4.2 車両挙動モデル

車両挙動は、中村ら²⁾の既存研究から得られた知見により作成した。ここでは、本研究での渋滞流を再現するにあたって最も重要な車両挙動モデルである車線変更モデルについて説明する。車線変更モデルは、図-3に示すように、「車線変更の動機付け」、「ギャップ探索」、「車線変更実行」の3段階の判断手順で行う。

「車線変更の動機付け」では、まず走行中のドライバーは、車線変更の有無を決定する。車線変更をしない（今の車線にとどまる）効用を0とし、車線変更することによる効用を式(1)によって求める。式(1)の説明変数およびパラメータ値は表-2に示す。

$$V_j = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 \quad (1)$$

V_j : 車線変更することによる効用
 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: パラメータ
 x_1, x_2, x_3 : 説明変数

車線変更確率は、非集計2項ロジットモデル（式(2)を参照）を適用して、走行車線走行時では、右側車線に車線変更を行う確率を求め、追越車線走行時では、左側車線に車線変更を行う確率を求める。この確率が乱数値より高ければ、ドライバーは車線変更を希望する。この時、乱数値は0~1の間の一様分布を仮定した。

$$P_j = \frac{1}{1 + e^{-v_j}} \quad (2)$$

P_j : 車線変更確率

本研究では、各ドライバータイプに対して異なる行動ルールを与える必要がある。そこで、表-2の説明変数とパラメータ値に新たな説明変数とパラメータ値を加えることにした。算出式を式(3)に示す。

$$L_0 \times D \times \alpha \quad (3)$$

L_0 : 方面影響ダミー (-1, 0, 1)

D : 発生位置からの距離

α : 方面影響パラメータ (負のパラメータ)

表-3には、各ドライバータイプの方面影響ダミーを示す。方面影響ダミーが1の時は車線変更することによる効用が低くなり、-1の時は車線変更することによる効用が高くなる。0の時は、車線の影響を受けないということになる。また、説明変数に発生位置からの距離を設定したことで、自車がJCTに近づくほど車線の影響を受けることを考慮した。

次に、右前車との車間時間の算出式を式(4)に示す。この式は、右前車が自車よりも速い場合は、負の値になり、衝突することはないが、正の値の場合は、衝突するまでの時間が算出される。右後車、左前車、左後車も同様である。

$$T_d = \frac{d}{S_2 - S_1} \quad (4)$$

T_d : 車間時間 (sec)

d : 車間距離 (m)

S_1 : 右側車線前方車の速度 (m/s)

S_2 : 自車の速度 (m/s)

「ギャップ探索」では、車線変更を希望したドライバーは、隣接車線のギャップ探索を行う。この時、左右前後に存在するエージェントとは、自車に一番近いエージェントを指し、これらのエージェントとの車間時間により車線変更実行の有無を決定する。

「車線変更実行」では、隣接車線のギャップが車線変更可能な場合に車線変更を行う。

4.3 シミュレーションの設定

このシミュレーションモデルは、高速道路を考慮してタイムスキニングを0.1秒とし、また、車両の発生は車間時間分布が指数分布に従うと仮定して車両を発生させた。

シミュレーションで使用する初期値は、表-4、5に示す通りである。希望速度に関しては、それぞれの車両に対して、正規分布に従った速度を与えている。

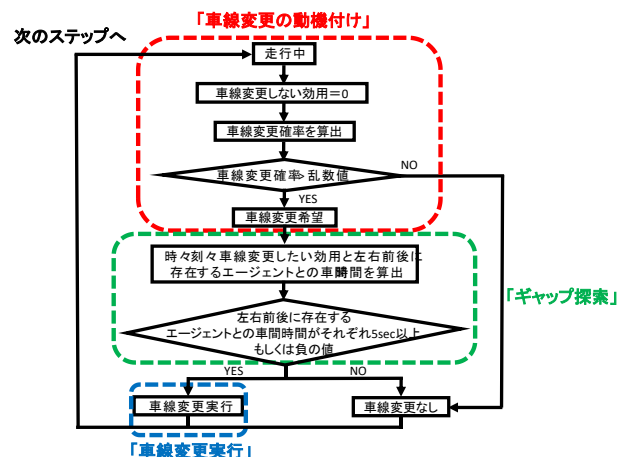


図-3 車線変更希望のフローチャート

表-2 車線変更モデルの説明変数とパラメータ値

説明変数	パラメータ値	t値
定数項	-0.227	-2.05
速度・希望速度[m/sec]	-0.31	-10.5
車間距離[m]	-0.00589	-6.81
(先行大型車ダミー)×縦断勾配[%]	0.767	4.8
ρ^2 値	0.121	
的中率[%]	66.9	

表-3 各ドライバータイプの方面影響ダミー

ドライバータイプ	名古屋方面影響あり			名古屋方面影響なし			伊勢方面		
走行中の車線	左車線	中央車線	右車線	左車線	中央車線	右車線	左車線	中央車線	右車線
隣接車線	右車線	左車線	右車線	左車線	右車線	左車線	右車線	左車線	右車線
L_0	1	-1	1	-1	0	0	1	-1	1

表-4 各エージェントの初期値

エージェント	普通車	大型車
希望速度の平均[km/h]	110	100
希望速度の標準偏差[km/h]	5	3
制限速度[km/h]	100	80
車両重量[wt]	2000	25000
車線変更所要時間[sec]	2秒	2秒

表-5 方面別比率と大型車混入率

エージェント	名古屋方面	伊勢方面
名古屋・伊勢比率(%)	85	15
大型車混入率(%)	20	5

4.4 交通流の再現

実データを用いて「方面影響パラメータ」と「案内標識の影響者割合」の最適な組み合わせを検討する。

「方面影響パラメータ」は-100~-0.0001,「案内標識の影響者割合」は0.5~1までの範囲における組み合わせで1時間分のシミュレーションを3回ずつ実行した。評価指標は、5分間毎に取得した走行車線利用率(%)と渋滞時の1時間に換算した交通流率である。

図-4には、全ての名古屋方面利用者が案内標識の影響を受け、「案内標識の影響者割合」が1であると仮定した時に「方面影響パラメータ」を変えながらシミュレーションを行った結果を示している。この図の上のグラフは、パラメータ別の走行車線利用率を示し、下のグラフは、パラメータ別の交通流率を示している。これらの結果は、全ての名古屋方面利用者が案内標識の影響を受けていると仮定しているが、実際は案内標識の影響を受けないドライバー(名古屋方面に向かうには走行車線と追越車線の利用が可能であることを認知しているドライバー)が存在する。そのため、実際は、これらの結果よりも走行車線利用率は低くなり、交通流率は高くなると考えられる。これらのことから、走行車線利用率が実データよりも高く、また、交通流率が実データよりも低い-0.1~-0.01のパラメー

タの中に最適なパラメータが存在すると考えられる。

次に「案内標識の影響者割合」の推定を行う。使用するパラメータは、-0.1, -0.05, -0.01とし、これらのパラメータに対して、割合を0.95, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5の組み合わせでシミュレーションを実行した。これらの結果を図-5に示す。この結果から、実データに最も近づいた組み合わせは、パラメータが-0.1の時は0.95, パラメータが-0.05の時は0.9, パラメータが-0.01の時は0.7であった。そこで、図-6にこれらの組み合わせで得られた走行車線利用率と全車線平均速度の時間推移のグラフを示す。パラメータが-0.05で割合が0.9の組み合わせの時、速度が急激に低下したと同時に走行車線利用率も一瞬低下するが、その後、急激に走行車線利用率が高くなっており、実際の交通流を最も再現できていることが確認できた。

4.5 渋滞緩和対策の検討

渋滞拡大要因となっている案内標識のデザインを改良し、「案内標識の影響者割合」が0であると仮定した時と「案内標識の影響者割合」が0.9の時のシミュレーションを30回ずつ実行した。案内標識のデザインを改良したことで、全ての名古屋方面利用者は、追越車線を利用して名古屋方面へ向かうことができることを理解した状態であるとしている。図-7では、

「案内標識の影響者割合」が0.9の時を対策前、0の時を対策後とし、上に渋滞中の交通流率、中央に渋滞中の伊勢交通流率、下に渋滞中の最大捌け交通量のヒストグラムを示している。対策前と対策後を比較すると、全ての結果において対策後の方が渋滞中の捌け交通量が多いことがわかる。このことから、案内標識のデザインを変えること等により、正確な情報提供が可能になれば、渋滞が緩和されることを確認できた。

5. まとめ

本研究では、新名神の亀山 JCT 近傍で発生している渋滞の拡大要因を把握し、渋滞緩和対策の効果を検証することを目的として研究を進めてきた。その研究結果から、渋滞拡大要因として考えられている案内標識の影響を考慮した車両挙動をモデル化し、シミュレーションを行うことで、実際の亀山 JCT で拡大している渋滞を概ね再現できた。そして、走行車線に利用が偏る渋滞よりも、両車線が同時に渋滞する方が渋滞緩和に効果があることが分かった。

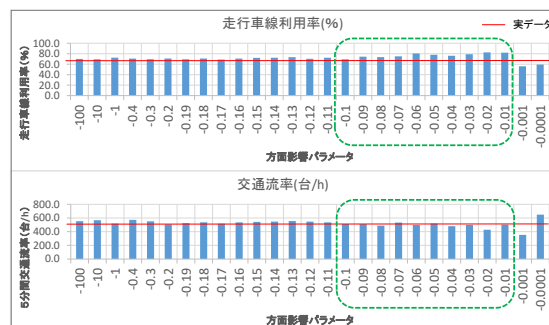


図-4 渋滞中の走行車線利用率および交通流率比較（方面影響パラメータ推定）

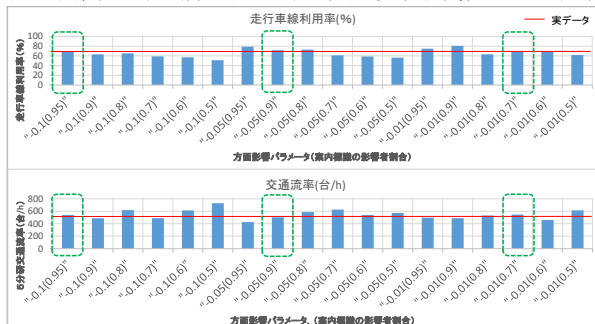


図-5 渋滞中の走行車線利用率および交通流率比較（案内標識の影響者割合推定）

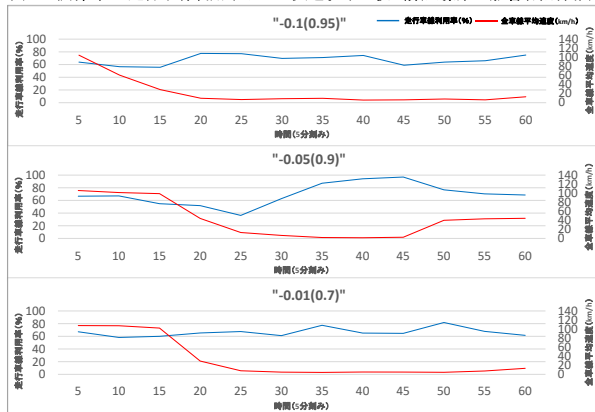


図-6 時系列に示した走行車線利用率の比較（パラメータと割合の決定）

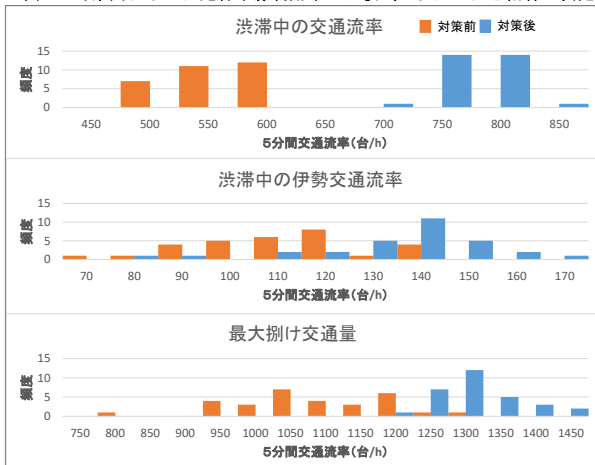


図-7 渋滞中の捌け交通量の比較

謝辞

本研究の推進に際して、高速道路交通データを提供して頂きました中日本高速道路様、artisoc 4.0 standard を無償貸与して頂いた株式会社構造計画研究所様には、深く感謝しております。

参考文献

- 1) 園田健：新名神亀山 JCT 近傍における渋滞時の車線利用変化とその実態に関する考察，修士論文，pp.26-31，豊橋技術科学大学大学院，2015
- 2) 中村英樹，鈴木弘司，劉俊晟：ドライバーストレスの間接計測に基づく高速道路車路部におけるサービス水準の評価，土木学会論文集 No772，PP11-21，2004. 10