

都市間高速道路における車線変更モデルの開発と適用

Development and application of a lane-change model for inter-urban motorways

赤羽研究室 1024037 稲吉 龍一
1024253 能登屋 駿人

1. はじめに

高速道路における主な渋滞発生箇所は、かつては料金所、サグ部およびトンネル入口であった。しかし、ETC利用率の増大によって料金所における渋滞が大幅に減少し、現在の渋滞原因の多くは後者が主体となっている。

サグ渋滞は、交通流率が高まるにつれ車線利用が追越車線に偏り、大きな車群が形成され、その中をサグの上り勾配で発生した減速波が下流から上流に向けて伝播し、増幅されていく過程で発生することが知られている。

本研究は、車群に対してLED表示板による車線変更の働きかけの車群分断効果を検証し、サグ渋滞発生の回避効果、発生遅延効果を定量的に評価する。

2. LED表示板の間欠表示による車線変更制御

図-1に示すように、過度な車線変更により、変更先の車線での渋滞を誘発しないように、LED表示板の間欠表示させる。そのため、間欠表示による車線変更促進効果と変更先の交通状況を、LED表示板の制御装置にフィードバックする方法を想定する。

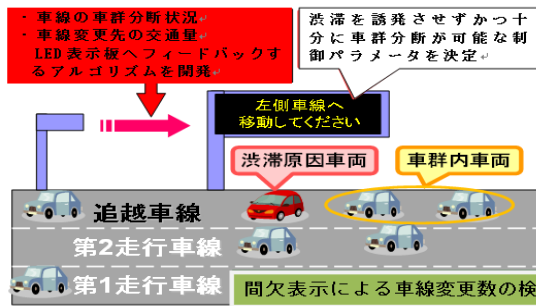


図-1 間欠表示によるサグ渋滞防止の概念

3. 車線変更シミュレーターの構築

間欠表示の効果を評価するための、車線変更シミュレーションの手順を示す。LED表示板の表示を確認した運転者が、車線変更をする意志を有するに至る確率を「車線変更意志率」と定義する。この意志率に応じて、実際に観測された車両を無作為に抽出し、車線変更モンテカルロシミュレーションにより車群分断の効果を評価する。

4. 車線変更モデルの同定

車線変更モデルを構築する際に利用する観測値は、ほぼ毎週土曜の午前にサグ渋滞が頻発している東名高速道路下り線の大和地区を観測区間とした。この区間に連続設置された11台のカメラで走行車両を同期撮影した画像データから特定の車両の走行軌跡の観測、分析を2006年7月15日、22日、29日、8月4日の計4日間行った。

この観測値を基に、車線変更サンプル数75台、同断念サンプル数102台、計177台で検証した。断念サンプルは、実際に車線変更したサンプル車両が、その直前に遭遇した隣接車線の間隙の状況から生成した。

表-1に示すように、一次の交互作用項までを説明変数とする判別モデルを開発した。基本の説明変数は、前方・後方相対速度、前方・後方ラグ、前方・後方ラグの時間変化率である。このうちラグとは、隣の車線の車両との時間差である。有意確率(p値)は、全ての説明変数に対して0.1%未満で高度に有意である。標準化された判別係数値から、「前方ラグ」および「前方ラグと後方ラグ変化率」の交互作用項の寄与度が顕著である。

表-1 車線変更の判別モデル

	係数	標準化係数
定数	-1.925	
基本説明変数		
前方ラグの変化率	5.108	0.854
後方ラグの変化率	3.013	0.508
前方ラグ[S]	0.83	1.796
後方ラグ[S]	-0.308	-0.781
基本説明変数の交互作用項		
前方相対速度*後方相対速度	-0.002	-0.844
前方相対速度*前方ラグ変化率	-0.177	-0.682
前方相対速度*後方ラグ	-0.017	-0.734
後方相対速度*前方ラグの変化率	0.171	0.645
前方ラグ変化率*後方ラグ変化率	-19.438	-0.946
後方ラグ変化率*前方ラグ	-1.575	-1.254

表-2 車線変更の判別モデルによる的中状況

	推定	変更	断念	計
実績		[台]	[台]	[台]
変更[台]		59	16	75
断念[台]		14	88	102
的中率[%]		79	86	83

表-2に、車線変更モデルの再現精度を示す。的中率は83%と車線変更モデルとして妥当な中率を実現できた。また、本モデルにより車線変更シミュレーションを行う。

5. シミュレーションによる車群の分断効果の評価

車線変更シミュレーションプログラムを作成し、観測日時のデータを基に、車群の分断効果の検証を行った。

シミュレーションの仕様は以下の通りである。

- 1) 再現区間：観測区間の起点からサグ部の 600m まで
- 2) 更新周期：1/30 秒
- 3) 対象：第 3 車線から第 2 車線への車線変更のみ
- 4) 車群分断の判断基準：第 3 車線において渋滞原因車群中で 3 秒以上の車頭時間が出現した場合（過年度研究による）
- 5) その他：ある 1 台の車線変更による第 2 車線の車頭時間変化を、以降の他車の車線変更判断に反映した。

車線変更促進表示により第 3 車線から第 2 車線に移動する意思を有するに至った車両の比率（車線変更意思率）を 30%、50%、70% に設定し、それぞれ 100 回ずつモンテカルロシミュレーションを実行した。

図-2 に 7 月 22 日の車線変更後の第 3 車線における車群中の最大車頭時間の分布を示す。

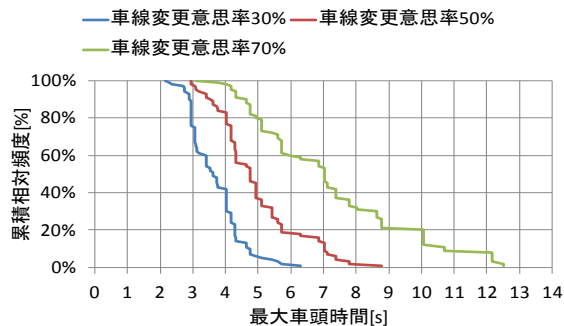


図-2 第 3 車線の最大車頭時間

図-2 より、車群分断の判断基準から、車線変更意思率が 30% の場合には約 70%、車線変更意思率が 50% 以上の時には約 100% の確率で車群分断が可能と期待される。

図-3 では、車線変更により発生した車頭時間の増加量の合計を表す。車線変更意思率 30% の時でも、約 70% の確率で新たに 3 秒以上の車頭時間が発生した。他の観測日でも同様の結果が見られた。

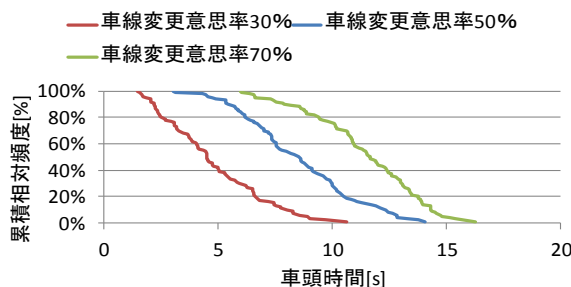


図-3 車線変更による車頭時間の合計増加量

次に車線変更後、車線変更先の第 2 車線で交通流率の増大による渋滞の誘発を確認するために、車線変更後の第 2 車線の交通流率を車線変更意思率別に求め、図-4 に示した。渋滞誘発のしきい値として、4 日間の第 2 車線の交通流率の最大観測値から設定した。車線変更意思率 30% では渋滞を引き起こす確率が約 18% だが、車線変更

意思率 50% 以上では、渋滞を引き起こす確率が非常に高く、車線変更後の渋滞誘発の危険性が見られた。

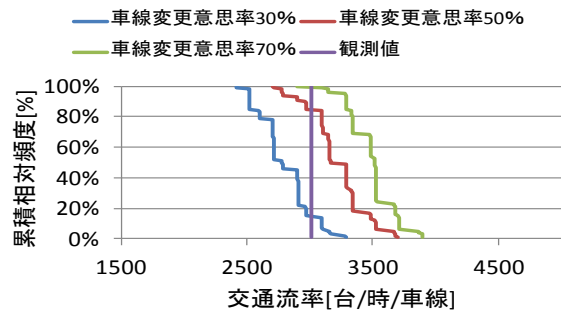


図-4 車線変更後の第 2 車線の交通流率

このことから、車線変更意思率 30% の場合では、約 70% の確率で車群が分断され、車線変更後の渋滞の誘発の危険性も少ないことがわかった。車線変更意思率が 50% 以上の場合は、フィードバック制御を行い、車線変更意思率が約 30% になる様に抑制する必要がある。

6. まとめ

本研究では高速道路サグ部の追越車線における車群分断による渋滞発生回避、遅延効果を検証した。

渋滞原因車群中の車両の車線変更挙動を、実際に車線変更を利用した走行状況と、その直前の車線変更を利用しなかった個走行状況とから、前方、後方ラグ等を説明変数とする判別式でモデル化した。同モデル的中率は 83% を達成した。

この車線変更モデルを適用して、LED 表示板等による運転者への車線変更促進の働きかけによる車群分断効果を、モンテカルロシミュレーションで検証した。その結果として以下のことが明らかとなった。

- 1) 車線変更意思率を増大させることにより車群内の車頭時間は増大し、車群分断のしきい値を車頭時間 3 秒としたときには、車線変更意思率 30% では 70%、50% 以上の場合には 100% の確率で車群分断が可能と推定された。
- 2) 車線変更後の第 2 車線の交通流率を推定し、車線変更先車線での渋滞誘発の可能性を検証した。その結果、車線変更意思率 30% では渋滞誘発可能性が低いだが、車線変更意思率 50% 以上ではそれが有意に高まることと推定された。

以上から、車線変更意思率 30% を目安に車線変更を促すと、車線変更先での渋滞の誘発もなく、車群分断ができることと期待される。車線変更意思率が 50% 以上となる可能性がある場合には、それを 30% 程度するフィードバック制御が必要であろう。

参考文献

- 1) 武藤憲弘, 赤羽弘和: 車両の走行軌跡の精密観測に基づくサグ渋滞の分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 40, CD-ROM, 2009.