

第IV部門

画像データを活用した都市高速合流部における合流ギャップ選択モデル

京都大学工学部 学生員 ○柳原 正実
 京都大学経営管理大学院 正会員 宇野 伸宏
 京都大学大学院工学研究科 正会員 塩見 康博

1. はじめに

都市高速道路の合流部では、ドライバーは前方の車両のみならず隣接車線の車両の挙動に対しても的確な判断・反応が求められ、単路部と比べてより大きな運転負荷が生じる。そのため追突事故や渋滞等、交通安全性および効率性の点で多種多様な問題が生じやすい。交通の円滑性・安全性の向上に資する効果的な対策を講じるためには、精緻な車両挙動データに基づいて渋滞や事故の原因となる車両挙動を明確化し、交通現象を的確に再現する交通流モデルの構築が必要となる。

本研究では都市高速道路合流部のビデオ画像から抽出した車両走行軌跡データを用いて、車両合流挙動モデルを構築する。合流時には、車両は自らが合流すべき車間を選択（合流ギャップ選択挙動）し、その後選択した車間への流入を実現するための速度調整を行う（合流ギャップ流入挙動）という2段階の挙動を取るものとする。本稿では合流挙動モデル構築の前段として前者に焦点を当て、合流ギャップ選択モデルを構築する。さらに、構築したモデルを用いて、ギャップ選択時の車両相互作用の特性について考察を行う。

2. 合流車両走行軌跡データの抽出

本研究では阪神高速道路1号環状線と12号守り線が合流する区間を分析対象とし、2005年8月30日8:49:00～9:04:00の15分間に連続する11台のビデオカメラで撮影された画像から抽出した車両走行軌跡データ¹⁾を分析に用いた。本研究の分析対象区間を図1に示す。

本研究ではまず、車両走行軌跡データより分析対象である合流車両を抽出する。当該区間は合流する2車線が共に本線車線であり走行上の優先権が明確ではないが、本研究では便宜上、環状線第4車線を従車線、守り線第2車線を主車線と位置づける。その上で、環状線から流入した車両の内、守り線からの車両に対してy方向に30[m]以下、x方向に5[m]以下に接近した車両を合流車両と定義し、その距離に初めて接近した

時点を合流完了時点と定義した。

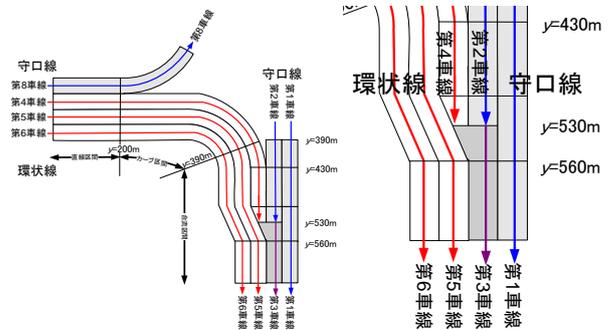


図1 分析対象区間と合流部拡大図

その結果、161台の合流車両データを取得した。図2に当該合流車両の選択した合流ギャップを示す。これより各時点ではほぼ全ての車両が、前方、直近、後方ギャップのいずれかを選択していることが確認できる。ここで合流完了t秒前において、選択ギャップが前方ギャップであるということは、合流車両が当該時点における守り線上の直前の車両と、さらにその1台前の車両で構成される車間に合流したことを意味する。その他の選択ギャップも同様に考える。

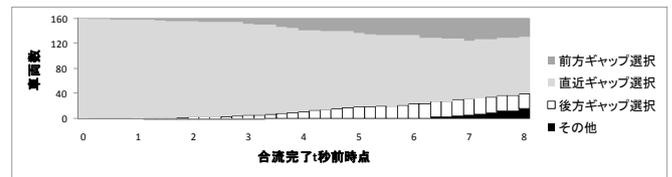


図2 選択合流ギャップ

3. 合流ギャップ選択モデル

図2の知見に基づき、合流車両は各時点で直近、前方、後方の3つのギャップから自らの合流する車間を選択している、と仮定する。その上で、合流ギャップ選択モデルを、式(3.1)の効用関数で表される三項選択LOGITモデルの構造を仮定し、合流完了前の各時点における各説明変数のパラメータ推定を行った。ただし、前方、後方車両が前方、後方ギャップへの合流の障害となっている場合、及び前方、後方ギャップが形成されていない場合は、そのギャップが選択肢として存在しないと考え、選択肢集合を限定してモデル推定を行う。すなわち、基本的には直近、前方、後方ギャップ

を選択肢集合とし、限定的に前方、後方ギャップを選択肢集合から除外する。

$$\begin{aligned} V_{\text{前方ギャップ}} &= \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3 + \varepsilon_1 \\ V_{\text{直近ギャップ}} &= \beta_0 + \varepsilon_0 \\ V_{\text{後方ギャップ}} &= \beta_4 z_4 + \beta_5 z_5 + \beta_6 z_6 + \varepsilon_{-1} \end{aligned} \quad (3.1)$$

ここで、 β_i ：未知パラメータ ($i=0,1,2,3,4,5,6$)、 z_1 ：前方車両 相対 y 方向距離、 $z_2 \cdot z_3$ ：前方ギャップ後方車両 相対 y 方向距離・速度、 z_4 ：後方車両 相対 y 方向距離、 $z_5 \cdot z_6$ ：後方ギャップ前方車両 相対 y 方向距離・速度、 ε_i ：誤差項 ($i=-1,0,1$)。

モデル適合度を示す自由度調整済み ρ^2 値について合流完了時点までの時間的変化を図3に、各パラメータの有意度を表す t 値の時間的変化を図4に示す。

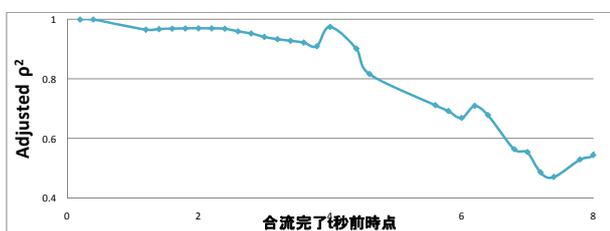


図3 モデル適合度の時間的変化

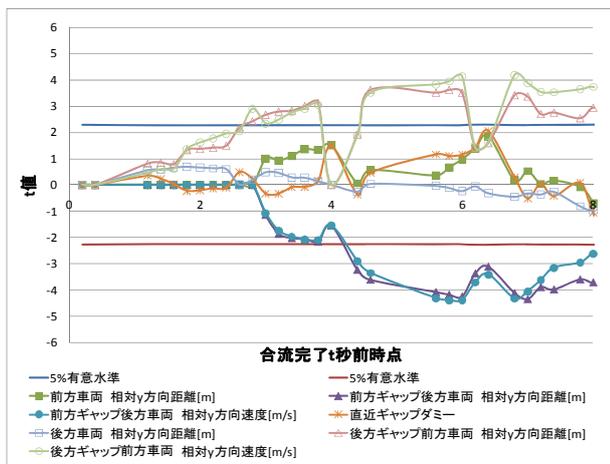


図4 各変数の t 値の時間的変化

図3より、合流完了時点に近づくにつれ、モデル適合度はほぼ単調に増加し、最終的には1.0となることが読み取れる。また図4より、合流完了時点近傍では合流ギャップ選択に統計的に有意な影響を示す説明変数が存在しないことがわかる。これは図2からもわかるように、合流完了時点近傍ではほぼすべての車両が直近ギャップを選択しており、この時点ではすでに選択ギャップが決定されている状態にあると考えられる。合流完了4~5秒前時点にまで遡ると、モデル適合度は幾分小さくなるものの、有意な影響のある説明変数が存在し、さらに遡るにつれ、適合度はさらに低下し、

かつ、有意な説明変数が存在しなくなることが読み取れる。よって、ギャップ選択の自由度が残されており、有意な説明変数が最も多く存在する中で、適合度最大となる合流完了4.6秒前時点のパラメータ推定結果に着目し(表1)、合流ギャップ選択に関する考察を行う。

表1 合流完了4.6秒前時点モデル推定結果

説明変数	パラメーター	t値
前方車両 相対y方向距離[m]	0.011	0.554
前方ギャップ後方車両 相対y方向距離[m]	-0.801	-3.621*
前方ギャップ後方車両 相対y方向速度[m/s]	-2.152	-3.355*
直近ギャップタミー	0.328	0.451
後方車両 相対y方向距離[m]	0.000	0.031
後方ギャップ前方車両 相対y方向距離[m]	0.465	3.628*
後方ギャップ前方車両 相対y方向速度[m/s]	1.774	3.507*
サンプル数	146	
L(0)	-160.397	
L(β^*)	-28.626	
ρ^2	0.822	
Adjusted ρ^2	0.817	

5%有意*

表1に示した推定結果において、統計的に有意になるパラメータは、ギャップ構成車両に関わる変数のみであり、合流車両自身と同じ車線上に存在する前方車両、後方車両の相対的位置に関わる説明変数は合流ギャップ選択に有意な影響を与えていないと考えられる。よって、当該区間における合流車両は守口線上の車両より前後車両が離れている場合、前後車両が選択に影響しないことがわかった。また、相対距離、相対速度は他の車両の距離、速度から合流車両のものを引いた値であり、パラメータの符号から前後のギャップの構成車両が合流車両に近い位置に存在するとき、当該ギャップが選択されやすいことが読み取れる。

4. まとめと今後の展望

本研究では、都市高速道路合流部のビデオ画像から得られた車両軌跡データを用いて、合流ギャップ選択モデルを構築した。合流完了4.6秒前時点に環状線合流車両が最終合流ギャップを選択すると仮定することで、適合度が高く、妥当な合流ギャップ選択モデルが構築可能であることが示された。今後は環状線だけではなく、守口線の合流車両についても分析し、両路線の合流車のギャップ選択挙動の比較分析を行う。

謝辞：本研究の実施にあたり、岐阜大学工学部の倉内文孝准教授から有益な示唆を多数頂戴した。また、データの収集に際しては、阪神高速道路(株)、(株)住友電気工業ならびに(株)システム科学研究所より多くのご協力・ご支援をいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 洪多禧, 宇野伸宏, 倉内文孝: 画像データを用いた車両追従挙動への影響要因に関する基礎的分析, 第28回交通工学研究発表会論文報告集, pp.85-88, 2008.