

画像データを用いた都市高速道路本線合流部における車両挙動解析とモデル化

交通情報工学研究室 服部政洋

1. はじめに

道路の合流部やオンランプなどの車両錯綜が生じる区間は、ドライバーが大きなストレスを感じる箇所であり、「認知」「判断」「操作」のミスによる交通安全性および効率性の面で様々な問題が生じやすい。

そうした状況を改善するための対策として、近年発展の著しいITS技術をはじめ、多種多様な施策が考えられるが、そうした施策の効果を定量的に評価する方法として交通シミュレーションが挙げられる。

本研究では、これまでは技術的に入手不可能であった詳細な車両挙動を記述した交通データセットを用いて、交通シミュレーションの再現性の向上に寄与できるような、合流ギャップ選択モデルを構築した。

本線合流部は、既存研究で取り上げられることの多かった高速道路のオンランプ合流部とは異なり、通行上の優先権が明確ではない特殊な合流部である。本研究では、当該合流部のギャップ選択モデルの構築を通じて、この特殊な合流部に関して新たな知見を得ることを目的とする。

2. 分析対象と区間と画像データの概要

2.1. 守環合流部

図1に示す本研究の対象地点の阪神高速道路守口線・環状線合流部（以下守環合流部と記す）は、交通量のピーク時には時間交通量が8,000台を超えることもあり、両路線とも交通量が多いことに加えて、合流前の2車線が合流後に1車線となる本線合流部である。分析上での車線番号を①～⑤で示す。

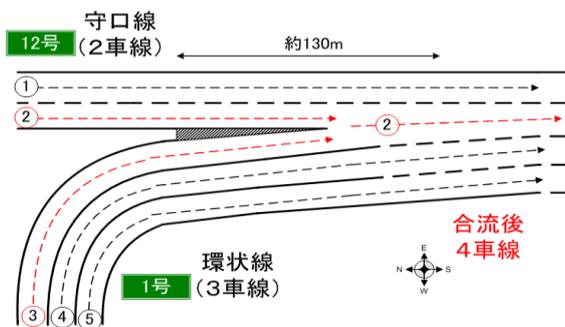


図1 守環合流部の模式図

それゆえ、平成16年9月平日平均で8時間/日の渋滞が発生しており、交通事故の件数も少なくなく交

通効率性、安全性の面で種々の問題が生じている。

2.2. 画像データ

本研究では、車両挙動の分析に耐えうる精緻な車両軌跡データを取得する目的で、分析対象地点を撮影した地点について、手動で車両軌跡を抽出するシステムを用いた。静止画像を0.2秒ごとに観測し、2005年8月30日8:49:00～9:04:00の15分間の車両軌跡データ(以下目視データと記す)を抽出した。

3. 守環合流部における交通流解析

分析時間の15分を含む当該日の午前中に、守環合流部で合流する環状線と守口線は、交通量のピーク時には路線単位で4,000台を超えていた。つまり、合流前の守口線は環状線と比べると車線数あたりの交通量が多い。また交通流動の分析からは、下流からの速度低下の伝播は守口線にのみ伝播していることがわかった。表1は、目視データ内での車線別の流入・流出車両台数である。

表1 守環合流部の流入・流出別交通量

| 流入\流出 | 第1車線 | 第2車線 | 第4車線 | 第5車線 | 流入合計 |
|-------|------|------|------|------|------|
| 第1車線 | 328 | 70 | 9 | | 407 |
| 第2車線 | 12 | 185 | 184 | 58 | 439 |
| 第3車線 | 21 | 166 | 21 | 3 | 211 |
| 第4車線 | | 13 | 280 | 26 | 319 |
| 第5車線 | | | 10 | 333 | 343 |
| 流出合計 | 361 | 434 | 504 | 420 | 1719 |

赤枠で網掛けしたものが第2車線と第3車線の区間を通過した車両であり、総計627台と、全体の1/3強も存在している。特に、守口線第2車線から抜ける車両が多く、上述した守環合流部の交通流動の分析と合わせて考えると、守環合流部では相当な錯綜が生じているといえそうである。

4. 本線合流部における合流挙動モデルの構築

4.1. 合流ギャップの定義

合流ギャップ選択とは、合流を行う車両が合流対象車線の車列中のどの車間に進入するかというものである。本研究の分析対象である守環合流部における本線合流部は、守口線走行車両(以下、守口合流車)と環状線走行車両(以下、環状合流車)それぞれについて合流ギャップを定義する。図2に守口合流車が

合流ギャップを選択する場合の定義を示す。なお、ギャップ番号は合流車両の相対的な位置によって変化する。

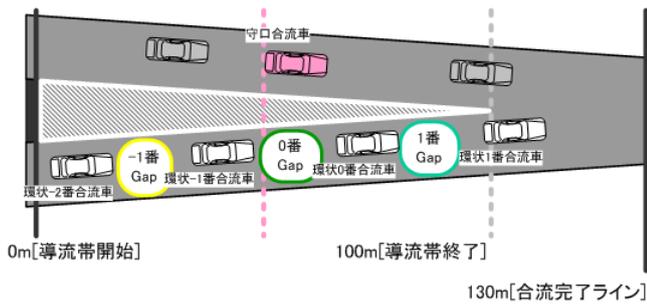


図2 守口合流車が選択する合流ギャップの定義

本研究では、合流完了ラインを通過するまでの残り時間が 8,7,6,5 秒前の時点でギャップ選択がなされたと想定し、分析を進めることとする。

4.2. 合流ギャップ選択モデルの構築

モデル構築の基礎分析として行った選択ギャップの集計分析では、ギャップが持つ物理量、つまりギャップ長さやギャップタイム、ギャップ変化率などの影響があまりみられなかった。ギャップ選択へ影響を与えると判断する要因は、ギャップが持つ物理量というよりむしろ自車両に対して、0 番ギャップの前後車両となる 0 番合流車あるいは-1 番合流車との相対的な位置や速度、加速度であった。

以上を踏まえ、合流ギャップ選択行動において、本節では選択肢となる流入対象のギャップには相関がないものと仮定し、3 項選択ロジットモデルを用いる。各選択肢の効用関数は以下のように定義する。

$$V_{gap-1,n} = \alpha_1 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \beta_3 x_{3n} + \beta_4 x_{4n} + \beta_5 x_{5n} + \beta_6 x_{6n}$$

$$V_{gap0,n} = \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \beta_3 x_{3n} + \beta_4 x_{4n} + \beta_5 x_{5n} + \beta_6 x_{6n}$$

$$V_{gap1,n} = \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \beta_3 x_{3n} + \beta_4 x_{4n} + \beta_5 x_{5n} + \beta_6 x_{6n}$$

変数定義は次の通りである。

$V_{gap-1,n}$: 個人nの-1 番ギャップに対する効用

$V_{gap0,n}$: 個人nの0 番ギャップに対する効用

$V_{gap1,n}$: 個人nの1 番ギャップに対する効用

α_1 : -1 番ギャップの効用関数の定数項

β_i : 未知パラメータ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$)

x_{in} : 説明変数 ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$)

モデルに用いる説明変数は以下のとおりである。

- ・ 環状線におけるギャップ後方車と自車との相対距離
 - ・ 環状線におけるギャップ後方車と自車との相対速度
 - ・ 環状線におけるギャップ後方車と自車との相対加速度
 - ・ 守口線におけるギャップ後方車と自車との相対距離
 - ・ 守口線におけるギャップ後方車と自車との相対速度
 - ・ 守口線におけるギャップ後方車と自車との相対加速度
- 定式化した効用関数を用いると、個人 n の選択ギャップ i に対する選択確率は以下ようになる。

$$P_n(i) = \frac{\exp(V_{gap i,n})}{\exp(V_{gap-1,n}) + \exp(V_{gap0,n}) + \exp(V_{gap1,n})}, \quad i = -1, 0, 1$$

パラメータの推定結果を表 3, 4 に示す。

表3 合流 8 秒前のギャップ選択モデル推定結果

| 説明変数 | パラメーター | t値 |
|-------------------------|---------|-------|
| -1 番ギャップの選択肢固有ダミー | -3.024 | -9.12 |
| ギャップ後方車と自車との相対距離(環状) | 0.008 | 7.12 |
| ギャップ後方車と自車との相対速度(環状) | -0.083 | -1.48 |
| ギャップ後方車と自車との相対加速度(環状) | 1.556 | 2.97 |
| ギャップ後方車と自車との相対距離(守口) | 0.006 | 4.46 |
| ギャップ後方車と自車との相対速度(守口) | 0.081 | 1.80 |
| ギャップ後方車と自車との相対加速度(守口) | 0.835 | 2.26 |
| サンプル数 | 198 | |
| Log likelihood function | -217.53 | |
| Lmax | -145.37 | |
| ρ^2 | 0.33 | |
| Adjusted ρ^2 | 0.32 | |

5%有意

表4 合流 5 秒前のギャップ選択モデル推定結果

| 説明変数 | パラメーター | t値 |
|-------------------------|---------|--------|
| -1 番ギャップの選択肢固有ダミー | -6.154 | -10.48 |
| ギャップ後方車と自車との相対距離(環状) | 0.009 | 7.17 |
| ギャップ後方車と自車との相対速度(環状) | 0.177 | 2.64 |
| ギャップ後方車と自車との相対加速度(環状) | 2.312 | 4.09 |
| ギャップ後方車と自車との相対距離(守口) | 0.007 | 6.22 |
| ギャップ後方車と自車との相対速度(守口) | 0.101 | 1.94 |
| ギャップ後方車と自車との相対加速度(守口) | 1.528 | 3.36 |
| サンプル数 | 267 | |
| Log likelihood function | -293.33 | |
| Lmax | -86.67 | |
| ρ^2 | 0.70 | |
| Adjusted ρ^2 | 0.70 | |

5%有意

以上より、ギャップ選択へ影響を与えるると判断する要因は、ギャップが持つ物理量というよりむしろ自車両に対する 0 番合流車あるいは-1 番合流車との相対的な位置や速度、加速度であることが統計的に示され、また推定されたギャップ選択モデルの説明力も高く、これを用いることでより再現性の高い交通流シミュレーション構築が可能と考えられる。