

車両追跡データを用いた高速道路三車線区間における 車線利用と速度低下に関する研究

Study on the relationship between Lane Utilization and Velocity Drop on a Three-lane Expressway

using Vehicle Tracking Data

丹羽 航洋*
Koyo NIWA

*交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

1. はじめに

多車線高速道路では、車線利用率が高速道路の交通容量に影響を与えていることが指摘されている。また、高速道路単路部ボトルネックでは交通量が増加すると、追越車線に車両が集中し、追越車線から減速波が発生して交通集中渋滞に至る例が報告されている。

近年では技術の飛躍的な進歩によって、高速道路交通システム(ITS)の整備が進み、特に欧米ではこのシステムを利用した動的交通運用により、車線利用の偏りが是正することは、速度低下や渋滞発生を抑制することに効果があることが確認されており、日本においても将来的に同様な取り組みを検討する必要があると考えられる。

本研究では以上の背景を踏まえ、東名高速道路上り線大和トンネル付近を対象とし、ビデオカメラによる観測調査を行い、映像データを分析することで車線利用の偏りが発生する要因・プロセス、車線利用の偏りと速度低下の関係について車両の挙動も考慮し明らかにすることを目的とする。

2. データ取得方法と基礎分析

本研究では東名高速道路(上り線)大和地区を対象にビデオカメラによる観測調査を行い、その映像データを画像処理技術によってデータ化し、利用データとした。観測調査として高速道路本線を見下ろす位置4地点(水頭橋[26.1kp]・大和5号橋[25.7kp]・大和1号橋[25.0kp]・大和トンネル出口坑口[24.4kp])にカメラを設置し、6日間行う。撮影した映像データから自動画像処理技術により車両追跡データを作成し、データクレンジングを行った後、本研究の利用データとした。

各日程・地点の5分間交通量・車線利用率・車線速度を図1のようにまとめ、交通状況を把握する。その後、基礎分析を行った得られた主な知見をまとめる。

速度

- ✓ 交通量が増加するに従い右車線の速度が徐々に低下する。中央車線の速度は右車線と比べて緩やかに低下し、左車線速度はほぼ低下しない。
- ✓ 大和トンネルの手前である大和1号橋地点、大和トンネル出口直後である大和トンネル出口坑口地点

では他の二地点と比べ速度がやや低い。

- ✓ 大和トンネル出口坑口地点では、他地点と比較し、急激な速度低下が起こらない。このため、渋滞は大和トンネル以前の地点で発生すると考えられる。
- ✓ 速度が大幅に低下する時間帯において、大和1号橋地点よりもその上流である大和5号橋地点、水頭橋地点ではより大きく速度低下する傾向にある。
- ✓ 最大交通量が記録され、臨界状態であると考えられる状態において、三車線速度は約80km/hである。(図2)

利用率

- ✓ 中央車線速度が低下するにつれ右車線利用率が上昇する。

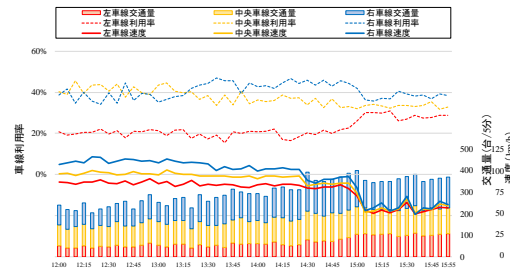


図1 11月23日(水祝)大和1号橋地点

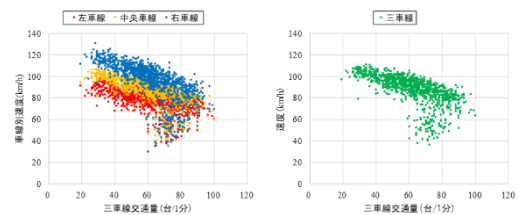


図2 大和1号橋地点 QV 図

3. 車線速度・車線利用率に関する重回帰分析

1分間車線速度・車線利用率などを変数として用い、車線利用率や車線速度がどのような要因で変化するかを重回帰分析を用いて明らかにする。全容で示したように三車線全体での速度が80km/h程度が臨界状態となっている。ため、80km/hを境界として、別個のモデルを作成する。

- (1)1分後右車線利用率変化に関する重回帰分析
右車線利用率の変化には中央車線速度が影響している

ことが考えられる。本分析では、時刻tにおける中央車線速度や車線利用率の差などを説明変数、時刻tからt+1にかけての1分後右車線利用率変化を被説明変数として重回帰分析を行った。結果を表1に示す。なお、説明変数はステップワイズ法で抽出した。

表1 重回帰分析結果(80km/h以上)

| | B | 標準化係数 | t値 | VIF |
|-------------------|------------|---------|---------|-------|
| (定数) | 12.738 *** | | 8.437 | |
| ① 中央車線速度 | -0.109 *** | -0.100 | -7.049 | 1.194 |
| ② 右中央速度差 | -0.143 *** | -0.096 | -6.815 | 1.173 |
| ③ 右車線利用率変化 | -0.314 *** | -0.313 | -17.065 | 1.976 |
| ④ 中央車線利用率変化 | -0.213 *** | -0.187 | -10.283 | 1.952 |
| ⑤ 右中央利用率差 | -0.381 *** | -0.547 | -29.655 | 1.998 |
| R | | 0.614 | | |
| Adjusted R-square | | 0.376 | | |
| 標準誤差 | | 6.436 | | |
| F値 | | 443.071 | | |

***p<0.001,**p<0.01,*p<0.05

①より、中央車線速度が低下すると、右車線利用率が上昇する。②より、右車線速度と中央車線速度が近い場合、右車線利用率が上昇する傾向にあるといえる。これは車線間の速度差が大きい場合、スムーズに車線変更を行うことが難しいことが影響する可能性がある。③⑤より、右車線利用率が増加傾向にある場合や、中央車線と比較して右車線に利用が偏っている場合、その揺り戻しが起こることにより、右車線利用率の変化に負の影響を与えると考えられる。

(2)車線速度に関する重回帰分析

各車線速度を被説明変数として重回帰分析を行う。結果を表2に示す。

表2 各車線速度重回帰結果(80km/h以上)

| | 左車線速度 | | | | 中央車線速度 | | | | 右車線速度 | | | |
|-------------------|------------|--------|--------------|-------|-------------|--------|--------------|-------|-------------|--------|--------------|-------|
| | B | 標準化係数 | t値 | VIF | B | 標準化係数 | t値 | VIF | B | 標準化係数 | t値 | VIF |
| (定数) | 95.268 *** | | 111.260 *** | | 111.260 *** | | 247.877 *** | | 133.629 *** | | 245.442 *** | |
| ① 全車線交通量 | -0.343 *** | -0.531 | -168.565 *** | 1.191 | -0.332 *** | -0.682 | -155.096 *** | 1.164 | -0.448 *** | -0.672 | -152.095 *** | 1.428 |
| ② トンネル直前ダミー | -1.437 *** | -0.087 | -5.965 *** | 1.091 | -2.188 *** | -0.124 | -10.341 *** | 1.094 | -4.295 *** | -0.178 | -15.710 *** | 1.098 |
| ③ トンネル直後ダミー | -3.800 *** | -0.206 | -13.948 *** | 1.129 | -6.665 *** | -0.349 | -27.565 *** | 1.157 | -8.837 *** | -0.329 | -28.525 *** | 1.142 |
| ④ 1分前右中央利用率差 | — | — | — | — | -0.036 *** | -0.055 | -0.463 *** | 1.410 | -0.074 *** | -0.084 | -1.275 *** | 1.134 |
| ⑤ 右中央利用率差 | — | — | — | — | — | — | -0.080 *** | — | -0.080 *** | -0.080 | -1.249 *** | 1.335 |
| ⑥ 1分前中央左利用率差 | — | — | — | — | 0.048 *** | 0.052 | 3.959 *** | 1.333 | — | — | — | — |
| ⑦ 中央左利用率差 | 0.034 ** | 0.039 | 2.597 *** | 1.155 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| R | | | 0.879 | | | | 0.718 | | | | 0.756 | |
| Adjusted R-square | | | 0.458 | | | | 0.515 | | | | 0.572 | |
| 標準誤差 | | | 8.349 | | | | 5.223 | | | | 6.734 | |
| F値 | | | 159.805 | | | | 782.754 | | | | 989.322 | |

***p<0.001,**p<0.01,*p<0.05

①より、交通量が増加するにつれ、全ての車線速度が低下する傾向にある。②③より、トンネル直前ダミー、トンネル直後ダミーについて車線毎に標準化前の絶対値を比較すると、右車線、中央車線、左車線の順に高くなっている。このことから、右側の車線ほどトンネルというボトルネックの影響を強く受けて減速する傾向にあると考えられる。④⑤より右車線に車線利用が偏ると、右車線速度が低下する。また、中央車線速度モデル内について同変数に着目すると、1分後の中央車線速度の低下の要因ともなっていると考えられる。

4. 個車の走行に着目した分析

個車の走行に着目し、車線利用と速度低下に与える影響を検証する。

(1)中央車線低速車

中央車線に低速車両が走行している場合、後続車が追い越し挙動を起こして右車線の利用率が上昇することが考えられる。このことを検証するため、車間距離が100m以上あるにもかかわらず80km/h以下で走行している車両を低速車と定義し、中央車線に低速車両が走行する場

合、1分間車線利用率を、中央車線を低速車が走行した1分前1分間車線利用率・1分後1分間車線利用率と平均値の差の検定(t検定)によって比較した結果、有意な差がみられ、図3に示すように中央車線を低速車両が走行する場合、低速車両を追い越すために右車線を利用する車両が増えるため、前後時間帯と比べ右車線利用率が上昇、中央車線利用率が低下していることが検証できた。

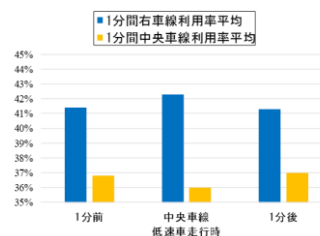


図3 中央車線低速車走行による影響

(2) 隣接車線走行車両

同じ5秒間において各車線に走行車両が出現するケースを抽出し、走行速度を比較すると、中央車線を走行する車両の速度は自車の近辺を走行する右車線走行車両の速度と高い相関関係にある。このことから、前章の重回帰分析の結果、右車線に車線利用が偏ることが1分後の中央車線速度の低下の要因ともなったのは、右車線に車線利用が偏ることで1分後の右車線速度が低下し、右車線速度の低下が同時刻の中央車線速度に影響を及ぼしているためであることが考えられる。

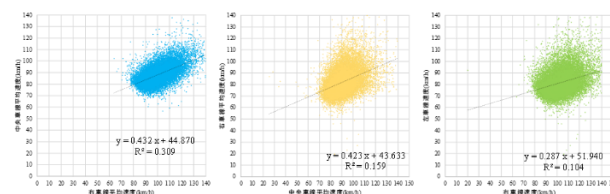


図4 同一時間内走行速度比較(三車線速度80km/h以上)

5. おわりに

本研究ではビデオカメラによる観測調査を行い、映像に画像処理を行う事で得られた車両追跡データを用い、東名高速道路上り線大和トンネル付近の三車線道路を対象に車線利用が右車線に偏る要因、車線利用が右車線に偏ることが速度低下に与える影響について明らかにした。各分析の結果を統合すると、速度低下と車線利用の偏りは相互に影響を与え、以下のような悪循環が起きている可能性が示唆された。

1. 中央車線速度が低下する
2. 中央車線から右車線に利用が移り、右車線交通量が増加する
3. 右車線速度が低下する
4. 右車線を走行する車両速度が低下する影響を受け、中央車線速度が低下する

修士論文指導教員：Jan-Dirk Schmöcker 准教授