

交通事故の影響による MFD 形状の変化に関する分析

愛媛大学 学生会員 ○奥原瑠依 愛媛大学 正会員 吉井稔雄
愛媛大学 正会員 坪田隆宏 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 尾高慎二

1. はじめに

交通事故(以下, "事故")が発生すると, 通行止めや車線規制等による交通容量の低下を招き, 渋滞が発生する場合がある. ひとたび渋滞が発生すると, その影響は事故発生地点の近傍にとどまらず, エリア全体の交通流円滑性が低下すると考えられる. 先行研究¹⁾においては, 事故がエリアのネットワーク交通流状態に与える影響を分析し, 事故発生時の当該時間帯, 1 時間後, 2 時間後の時間帯における交通流状態を事故のない通常時の平均的なネットワーク交通流状態と比較し, 昼間時間帯では直前の 2 時間に発生した事故の影響を受けて速度が低下する時間帯があることを示した. 他方, 都市内道路ネットワークの交通流状態把握手法として, Daganzo²⁾は対象ネットワークエリア内における交通流動量と交通密度との関係を巨視的なレベルで捉える Macroscopic Fundamental Diagram(以下, "MFD")を提案している. ただし, MFD は OD 交通量やネットワーク性能が変化することによって, 動的に変化すると考えられる. また, OD 交通量は日常的には大きな変化が生ずることは少ないと考えられるのに対して, ネットワーク性能は事故発生や信号制御の変更によって大きく変化すると考えられる. そこで, 本研究では, 事故発生によるネットワーク性能の低下に焦点を絞り, 松山市 CBD 街路網を対象として, 事故が MFD 形状に与える影響を調べる.

2. ETC2.0 データを用いたネットワーク交通流状態算定方法

2. 1. プローブエリア流率とプローブエリア密度

対象エリア内を走行したプローブ車両軌跡データを用いて, 1 時間単位での総走行台キロと総走行台時を算定し, それぞれ式(1), (2)にて, プローブエリア流率, プローブエリア密度として定義する.

$$q_t = \sum_{i \in A_t} d_{it} \quad (1) \quad k_t = \sum_{i \in A_t} o_{it} \quad (2)$$

q_t : 時間帯 t におけるプローブエリア流率[台・km/1 時間] k_t : 時間帯 t におけるプローブエリア密度[台・時/1 時間]

d_{it}, o_{it} : 時間帯 t におけるプローブ車両 i の走行距離[km], 走行時間[時間]

A_t : 時間帯 t に対象エリア内を走行したプローブ車両の集合

2. 2. 正規化

ETC2.0 は現在普及段階であり, 時間の経過とともに ETC2.0 搭載車両数が増加している. このためサンプル数も増加し, プローブエリア流率, プローブエリア密度がともに増加することとなる. また, 全車両に占めるプローブ車両の混入率を計測することは容易ではない. そこで, ETC2.0 のサンプル数が変化した場合においても, 推定される全交通のエリア流率・エリア密度の値が一定の傾向を持って変化しないようにするため, 平日 1 か月平均の集計量を用い, 式(3)~(6)にて正規化されたエリア流率ならびにエリア密度を算定する. また, 両エリア流率とエリア密度で表現されるネットワーク交通流状態を Area Traffic State(以下, "ATS")と命名する.

$$q_m = \frac{\sum_{t \in M} q_t}{\sum_{t \in M} 1} \quad (3) \quad k_m = \frac{\sum_{t \in M} k_t}{\sum_{t \in M} 1} \quad (4) \quad Q_t = \frac{q_t}{q_m} \quad (5) \quad K_t = \frac{k_t}{k_m} \quad (6)$$

q_m : 1 か月平均のプローブエリア流率[台・km/1 時間] k_m : 1 か月平均のプローブエリア密度[台・時/1 時間]

M : 1 か月の平日時間帯の集合

Q_t, K_t : 時間帯 t におけるエリア流率[], エリア密度[]

3. 分析対象エリアとデータ概要

3. 1. 分析対象エリア

本研究では, 図 1 に示す愛媛県庁を中心とした松山市の 9km 四方エリア(以下, "CBD")を対象とする.

3. 2. 分析データ

分析データには、2015年4月1日から2016年3月31日までの平日246日のETC2.0データと人身事故データを用いる。ETC2.0データには各車両の緯度、経度、取得時間が設定されている。一方の人身事故データに関しては記録された時刻に基づいて1時間単位でCBD内の事故件数を集計する。

3. 3. 折れ線回帰によるMFDの推定

式(7)に示す折れ線回帰モデルを用いて、事故の有無に関係なく全ATSデータの近似線、すなわち、MFDを推定した結果を表1、図2に示す。また先行研究¹⁾によって、交通事故の発生から2時間以内はATSに影響が生じる可能性が示されている。そこで全ATSデータを、2時間前以降に事故が発生した時間帯、すなわち2時間前、1時間前または当該時間帯に事故が発生した時間帯、とそれ以外の時間帯に分類し、ブレイクポイント値に表1の推定結果($P_1=0.66$, $P_2=1.75$)を用い、式(7)によりMFDを推定する。推定結果を表2、図2に示す。結果より、2時間以内に事故が発生した場合のMFDが、事故が発生していない場合のMFDと比較して、エリア流率の値が小さい下方に位置していることが読み取れる。

また、2つの推定結果による残差二乗和の差の有意性を検定した結果を表3に示す。式(8)に示すF値を用いて検定した結果、有意な差があることが示された。これにより、事故がMFD形状に影響を与えていることが明らかになった。

4. おわりに

本稿では、愛媛県のCBD道路ネットワークを対象に、事故発生有無別にMFDの推定を行い、事故の発生によってMFDの形状が変化することを示した。今後は、事故発生によるMFDの変化を定量的に把握し、MFDの形状変化を考慮した上でネットワークブレイクダウンを回避する交通管制/制御手法の構築を行う。



図1 分析対象エリア

表1 MFD推定結果(全体)

P_1	0.66
P_2	1.75
β_1	1.15*
β_2	0.83*
β_3	0.69*
R^2	0.98
sample	5,902

表2 MFD推定結果(事故有無別)

	事故無	事故有
β_1	1.15*	1.15*
β_2	0.84*	0.82*
β_3	0.74*	0.66*
R^2	0.98	0.99
sample	3,332	2,570

有意水準: $p < 0.05^*$

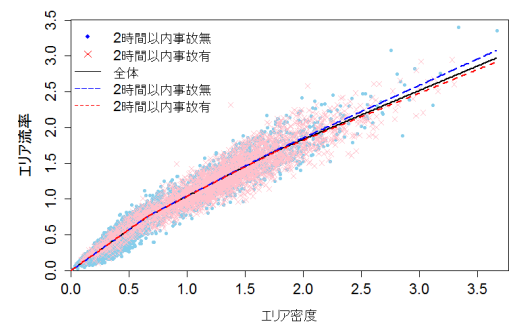


図2 MFD推定結果

表3 F検定

	残差平方和	自由度	F値
全体	132.14	5,900	149.41*
事故有無別	128.79	5,900	
級間平方和	3.35		

$F_{0.05}(1,5900) = 3.841$, 有意水準: $p < 0.05^*$

$$y = \beta_1(xd_1 + P_1d_2 + P_1d_3) + \beta_2\{(x - P_1)d_2 + (P_2 - P_1)d_3\} + \beta_3(x - P_2)d_3 \quad (7)$$

y : エリア流率[] x : エリア密度[] $P_{1,2}$: ブレイクポイント $\beta_{1,2,3}$: パラメータ
 d_1 : ダミー変数(1 if $x \leq P_1$) d_2 : ダミー変数(1 if $P_1 < x \leq P_2$) d_3 : ダミー変数(1 if $P_2 < x$)

$$F = \frac{S_A/(n-1)}{S_E/(n-h)} \quad (8)$$

S_A : 級間平方和 S_E : 残差平方和 h : 群の数 n : サンプル数

謝辞

本研究は、新道路技術会議「道路政策の質の向上に資する技術研究開発：交通事故リスクマネジメント手法の研究開発（代表：吉井稔雄）」の支援によって実施したものである。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 奥原瑠依, 吉井稔雄, 坪田隆宏, 尾高慎二, 白柳洋俊: 交通事故が周辺広域道路ネットワークに与える影響の分析手法, 第39回交通工学研究発表会論文集, Vo.39, 2019
- 2) Daganzo, C.F.: Urban gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches, Transportation Research Part B, Vol41, No.1, pp.49-62, 2007