

交通事故発生による道路ネットワーク性能の動的変化解析手法

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 愛媛大学 非会員 堀口睦美

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, 事故発生の当該時間帯, 1 時間後, 2 時間後の各時間帯におけるネットワーク交通流状態を, 事故のない場合のネットワーク交通流状態と比較することで, 過去 2 時間以内に発生した事故の影響によって速度が低下する時間帯, つまり道路ネットワークの性能が低下する時間帯が存在することを示した. 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, 道路ネットワークの性能を表すことのできる Macroscopic Fundamental Diagram(以下, "MFD")を提案している. ただし, MFD は道路の状況が変化することで, MFD も動的に変化することが考えられる. 吉井ら³⁾は事故の発生によって MFD が動的に変化することを示したが, 愛媛県松山市のみを対象に行っており, 全国のネットワークにおいては明らかになっていない. そこで, 本研究では, 分析対象を全国の道路ネットワークに拡大し, 交通事故発生による道路ネットワーク性能の低下に焦点を絞り, MFD 形状の動的な変化について調べる.

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/時間] k_t : 時間帯 t におけるプローブエリア密度[台・時/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の増加に比例して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/時間] k_m : 1 か月平均のプローブエリア密度[台・時/時間]

M : 1 か月の平日時間帯の集合

Q_t, K_t : 時間帯 t における正規化エリア流率, 正規化エリア密度

3. 分析対象エリア

本研究では, プローブデータを取得できた 46 都道府県の県庁を中心とした 9km 四方のエリアを対象とする.

4. 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時間単位で事故件数を集計する。

5. 折れ線回帰による MFD の推定

分析対象の46都道府県を対象に、式(7)に示す折れ線回帰モデルを用いて、事故の有無を考慮せず全 ATS データの近似線、すなわち、MFD を推定した。また、先行研究により、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、それぞれ式(7)により MFD を推定した。例として宮城県の結果を表1、図1に示す。図1より、事故が発生していない場合の MFD と比較して、2時間以内に事故が発生した場合の MFD は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。次に、事故の有無による MFD の形状の差異について有意性を検定した。事故の有無別に推定した MFD による残差平方和と、事故の有無を考慮せずに全 ATS で推定した MFD の残差二乗和との差の有意性を、式(8)に示す F 値を用いて検定したところ、表2に示すとおり、両者に有意な差があることが示された。すなわち、事故の有無別に MFD の形状が異なることが示された。残りの45都道府県に対して同様の分析を行ったところ、全ての地域において事故有無別の MFD に有意に差があった。これにより、事故が MFD 形状に影響を与えていることが示された。

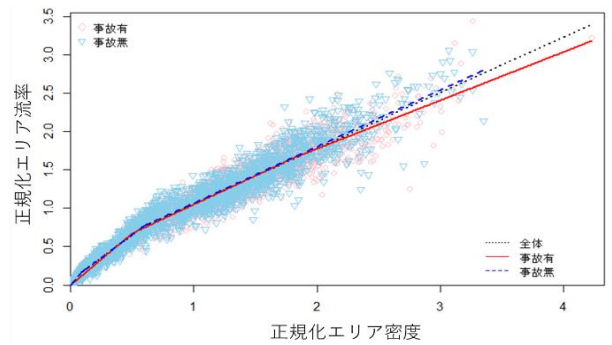


図1 事故有無別 MFD (宮城県)

表1 MFD 推定結果 (宮城県)

	全体		事故無		事故有	
	係数	T 値	係数	T 値	係数	T 値
p_1	0.1		0.1		0.5	
p_2	0.6		0.6		1.8	
β_1	1.8	43.6*	1.8	44.2*	1.4	94.3*
β_2	-0.6	-12.3*	-0.7	-12.5*	-0.6	-27.1*
β_3	-0.5	-30.3*	-0.4	-25.0*	-0.1	-5.3*
R^2	0.99		0.99		0.99	
sample	5,902		3,422		2,480	

*有意水準：p<0.05

表2 MFD 形状変化分析 (宮城県)

	平方和	自由度	F 値
全体	102.2	5,897	9.5*
事故有無別	101.3	5,892	
誤差	0.81	5	

$F_{0.05}(5,5897) = 2.2$, *有意水準：p<0.05

$$y = \beta_1 x + \beta_2(x - p_1)d_1 + \beta_3(x - p_2)d_2 \quad (7)$$

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

y : エリア流率 x : エリア密度 $p_{1,2}$: ブレークポイント $\beta_{1,2,3}$: パラメータ d_1 : ダミー変数(0 if $x \leq p_1$)
 d_2 : ダミー変数(0 if $x \leq p_2$) S_A : 級間平方和 S_E : 残差平方和 h : 群の数 n : サンプル数

6. おわりに

本稿では、46 都道府県の道路ネットワークを対象に、事故有無別に 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、プローブデータを用いたオンラインでの MFD の形状変化を示すシステムを構築し、グリッドロックを回避する交通制御を実施することで渋滞緩和の実現が期待できる。

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
- 3) 吉井稔雄, 奥原瑠依, 坪田隆宏: 交通事故の影響による MFD 形状変化分析, 交通工学論文集, 7 巻 2 号, p.A_201-A_206, 2021