

交通事故が CBD街路網のMFD形状に与える影響の分析

尾高 慎二¹・吉井 稔雄²・奥原 瑠依³・神戸 信人⁴

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18)

E-mail: odaka@oriconsul.com

²正会員 愛媛大学大学院教授 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: yoshii@cee.ehime-u.ac.jp

³学生会員 愛媛大学大学院教授 理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3)

E-mail: okuhara.rui.15@cee.ehime-u.ac.jp

⁴正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒530-0005 大阪市北区中之島3-2-18)

E-mail: kanbe@oriconsul.com

交通事故が発生することによる通行止めや渋滞が発生した場合には、その影響が事故発生地点の近傍にとどまらず周辺道路ネットワークにまで及び、事故に起因する交通流円滑性の低下が発生すると考えられる。そこで、本研究では、交通事故によりCBD街路網の交通流状態に影響を与えることを明らかにすることを目的に、愛媛県松山市を対象にETC2.0データに基づき算定される集計交通流率と集計交通密度を1ヶ月の時間集計交通流率並びに時間集計交通密度で正規化したネットワーク交通流状態（以下、集計QK）を観測し、道路ネットワークのMacroscopic Fundamental Diagram（以下、MFD）を推定する。また、交通事故の発生からの経過時間別のMFD推定結果から交通事故がMFDの形状に影響を及ぼすことを検証する。その結果、交通事故の影響によりMFDの形状に有意な差が生じていることが明らかとなった。

Key Words : Macroscopic Fundamental Diagram, ETC2.0 Data, Traffic Accident, CBD road network

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などにより交通容量が低下することで、事故発生地点から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周辺道路ネットワークにまで及び、事故に起因する周辺エリア全体の交通流円滑性の低下が発生すると考えられる。このように、交通流状態と事故は相互に影響を与えているが、これまで、事故がネットワーク交通流状態に与える影響についての研究は限定的である。著者ら¹⁾は、1時間単位に分析対象道路ネットワークの交通流状態として、プローブ車両の相対旅行速度を評価指標とし、事故発生の当該時間帯、1時間後、および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、昼間の時間帯では1時間前あるいは2時間前の時間帯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存在することを示した。

他方、都市内のネットワークの交通状態の把握方法として、Daganzo²⁾は対象エリア内における交通流動量と交通密度の関係を集計的なレベルで捉える指標として、Macroscopic Fundamental Diagram (MFD) を提案している。MFDは、エリア内の流動量を最大とする交通密度が存在することが示されており、我が国でも近年MFDを用いた研究として、王³⁾らは、一般道の渋滞を対象に車両感知器により観測されたデータを用いて、MFDの特徴を明らかにするとともに、渋滞領域が現れるメカニズムを分析している。また、吉井⁹⁾らはETC2.0の走行履歴データ（以下、ETC2.0）を用いて、47都道府県の県庁所在地の実CBD街路網を対象にネットワーク交通流状態を集計QKにより記述し、MFDを推定しその形状の分析から渋滞側領域を含まない形状と含む形状が存在することを示している。そこで本研究では、そこで、本研究では、事故がCBD街路網の交通流状態に影響を与える影響を明

らかにすることを目的に、愛媛県松山市を対象に、既往研究⁵⁾のETC2.0に基づき算定される集計交通流率と集計交通密度を1ヶ月の時間集計交通流率並びに時間集計交通密度で正規化した集計QKを一般道路ネットワークを対象に観測し、道路ネットワークのMFDを交通事故の発生からの経過時間別に推定し、その推定結果から交通事故がMFDの形状に影響を及ぼすことを検証する。

2. ETC2.0データを用いた集計QKの算定方法⁵⁾

(1) 集計QKの定義

本研究では、既往研究に基づき、エリア内の複数のリンクから構成される道路ネットワークを走行したETC2.0を用いて、1時間単位でのETC2.0による総走行台キロと総走行台時を算定し、それぞれ式(1)、式(2)にて集計交通流率と集計交通密度を定義する。

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

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

ここで

q_t : 時間帯 t における集計交通流率(台・km/1 時間)

k_t : 時間帯 t における集計交通密度(台・時/1 時間)

d_{it} : 時間帯 t におけるプローブ車両 i の走行距離(km)

o_{it} : 時間帯 t におけるプローブ車両 i の走行時間(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) 集計QKデータの正規化

ETC2.0 は現在普及段階であるため、毎月 ETC2.0 の走行台数(サンプル数)が増加しているため、サンプル数の伸びにより MFD の形状も相似的に伸びていることが指摘されている⁶⁾。また、ETC2.0 は一部の車両による走行状況であるため、道路ネットワークの変化がない場合でも上記のとおり集計 QK が変化するとともに、プローブ車両の混入率を計測することは容易でない。そこで、ETC2.0 のサンプル数が変化した場合においても、集計 QK の観測を可能とするために、以下の式(3)~(6)にて集計量の正規化を行う。まず、平日と休日別の1ヶ月平均の時間集計交通流率を式(3)、時間集計交通密度を式(4)により算定し、式(5)、式(6)にて各時間帯の集計交通流率と集計交通密度を正規化する。正規化された時間帯 t の集計交通流率と集計交通密度をそれぞれエリア交通流率、エリア交通密度として定義する。

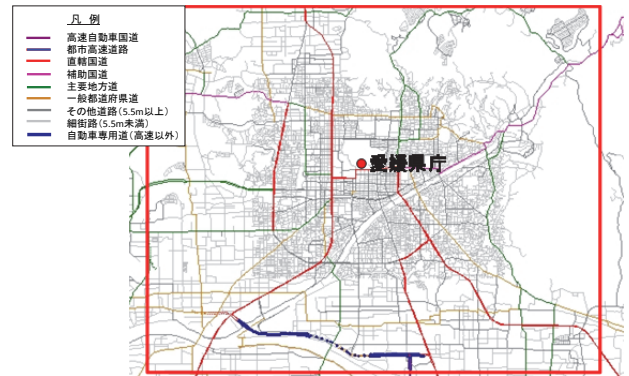


図-1 分析対象エリア (愛媛県松山市)

$$\overline{q}_m = \frac{\sum_{t \in M} q_t}{\sum_{t \in M} 1} \quad (3)$$

$$\overline{k}_m = \frac{\sum_{t \in M} k_t}{\sum_{t \in M} 1} \quad (4)$$

$$Q_t = \frac{q_t}{\overline{q}_m} \quad (5)$$

$$K_t = \frac{k_t}{\overline{k}_m} \quad (6)$$

ここで

\overline{q}_m : 1ヶ月平均の集計交通流率(台・km/1 時間)

\overline{k}_m : 1ヶ月平均の集計交通密度(台・時/1 時間)

M : 1ヶ月の平日または休日の時間帯の集合

Q_t : エリア交通流率

K_t : エリア交通密度

3. 交通事故がMFD形状に及ぼす影響の分析

(1) 分析対象エリア

本研究では、図1に示す愛媛県松山市(以下、松山市)の県庁を中心とした9km四方のエリア(以下、CBD)を対象とする。

(2) 分析データの概要

a) ETC2.0

本研究で使用するETC2.0の概要を表1に示す。集計期間は2015年4月から2016年3月までの平日246日とし、1時間毎に先述のエリア交通流率とエリア交通密度を使用する。松山市における取得時間数は、5,902時間取得されている。

b) 人身事故データ

人身事故データには、事故の発生場所や発生時刻等が

表-1 ETC2.0使用データの概要

対象データ	走行履歴データ (様式1-2)
集計期間	平成27年4月～平成28年3月 (平日246日)
集計単位	1時間単位の集計

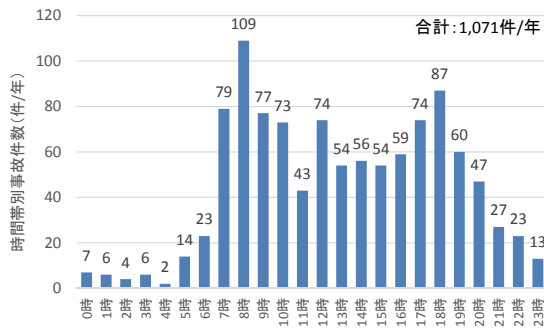


図-2 時間帯別事故件数 (人身事故)

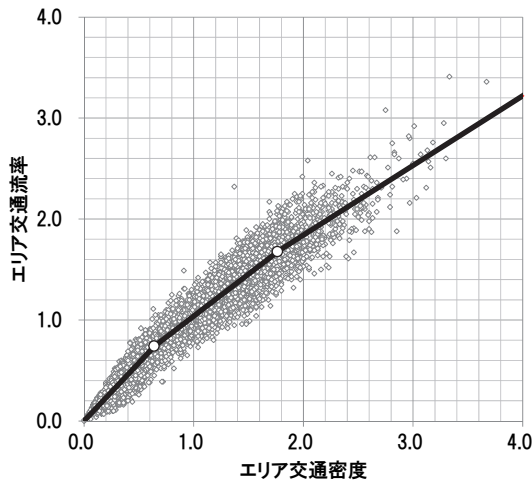


図-3 松山CBD道路ネットワークにおける集計QK及びMFD (平日)

表-3 ブレークポイント

事故状況	P1	P2
全体	0.66	1.75
事故なし日	0.47	0.50
事故後3時間以上	0.67	1.54
事故後2時間以内	0.56	1.79

表-4 折れ線回帰分析の推定結果

事故経過状況	β_1	β_2	β_3	補正 R^2	サンプル数
全体	1.15*	0.83*	0.69*	0.984	5,902
事故なし日	1.04*	5.26**	0.82*	0.976	120
事故後3時間以上	1.14*	0.85*	0.73*	0.982	3,526
事故後2時間以内	1.20*	0.83*	0.66*	0.986	2,259

* 1%有意 ** 5%有意

記載されており、対象エリア内で1年間平日に発生した人身事故件数は、1,071件である。図2に対象エリア内の

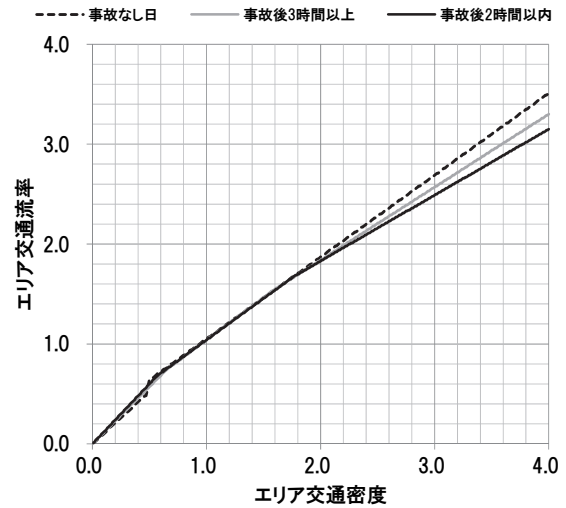


図-4 事故経過状況別のMFD推定結果

時間帯別の事故発生件数を示す。

(3) 折れ線回帰分析によるMFDの推定

集計QK関係の特徴を把握するために、松山市のCBD道路ネットワークにおいて、式(7)の折れ線回帰分析によりMFD関係を推定する。MFDの推定においては、既往研究¹⁾から交通事故の発生から2時間以内において、交通流状態に影響があることが示されていることから、「事故なし日」、「事故後3時間以上」、「事故後2時間以内」の事故発生からの経過時間別に推定する。図3は松山CBD道路ネットワークにおける平日の全データによる集計QK及び推定したMFDを示したものである。

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

ここで

y : エリア交通流率

x : エリア交通密度

P_i : ブレークポイント

d_1 : ダミー変数($x < P_1$ のとき 1)

d_2 : ダミー変数($P_1 < x \leq P_2$ のとき 1)

d_3 : ダミー変数($x > P_2$ のとき 1)

β_i : 傾き

折れ線回帰分析による推定結果として、表3にブレークポイント、表4に傾き及び補正済決定係数を示す。推定の結果から、事故発生からの経過時間別に全ての傾きが5%以上有意であるとともに、決定係数 R^2 が高い。また、傾きについても β_3 において「事故なし日」、「事故後3時間以上」、「事故後2時間以内」の事故発生時間に近い時間になるほど、傾きが小さくなっている。これ

は、事故により交通流状態が悪化し、円滑性が低下していることが考えられる。図4に事故経過状況別のMFDの推定結果を示す。

この事故発生からの経過時間別の傾きの差が有意な差であるかについて、各事故経過状況別の推定結果を当てはめた場合に比べ、全体の推定結果を当てはめた場合に増えた残差が誤差の範囲内であるかについてF検定により検証した結果を表5に示す。この結果から交通事故の影響によりMFDの形状に有意な差が生じていることが明らかとなった。

表-5 折れ線回帰分析の推定結果

	平方和	自由度	平均平方	F比	P値
事故経過状況別	119.138	5,893	0.0202	1.00	
全体	119.817	5,898			
差	0.679	5	0.1359	6.72	2.97E-06

4. おわりに

本研究では、事故がCBD街路網の交通流状態に影響を与える影響を明らかにすることを目的に、愛媛県松山市を対象に、既往研究⁵⁾のETC2.0に基づき算定される集計交通流率と集計交通密度を1ヶ月の時間集計交通流率並びに時間集計交通密度で正規化した集計QKを一般道路ネットワークを対象に観測し、交通事故の発生からの経過時間別のMFDを折れ線回帰分析による推定した。その結果から、交通事故がMFDの形状に影響を及ぼすこ

とをF検定による傾きの差の検定より明らかとした。今後、全国47都道府県のCBDを対象に同様の分析を実施する予定である。

謝辞

本研究は、国土交通省道路局による道路政策の質の向上に資する技術研究開発の研究として実施し、国土交通省からETC2.0プローブデータを、愛媛県警より松山市の人身事故データを頂いた。ここに謝意を表する。

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交通流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, Vol.39, 2019.
- 2) Daganzo, C. F.: Urban gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches, Transportation Research Part B, Vol.41, No.1, pp.49-62,2007.
- 3) 王鵬飛, 和田健太郎, 赤松隆, 原祐輔: 仙台市一般道路ネットワークにおける Macroscopic Fundamental Diagram に関する実証研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.50, 2015.
- 4) 王鵬飛, 赤松隆, 和田健太郎: Macroscopic Fundamental Diagram における渋滞領域発生メカニズムに関する実証研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.51, 2015.
- 5) 吉井稔雄, 坪田隆宏, Stephanie GITURU, 白柳洋俊: CBD 街路網を対象とした MFD の形状分析, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.59, 2019.
- 6) 尾高慎二, 吉井稔雄, 藤井浩史, 神戸信人: プローブデータを活用した MFD の特性及び要因に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.57, 2018.

(2019.10.4 受付)