

# ETC2.0データを活用した都心部における Macroscopic Fundamental Diagramに関する研究

尾高 慎二<sup>1</sup>・吉井 稔雄<sup>2</sup>・神戸 信人<sup>3</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

<sup>3</sup>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

我が国では、全国の都道府県庁所在地等の中心市街地において道路ネットワークは概成されつつあるものの、道路交通の需要が多いことから渋滞が発生するとともに、交通事故等の道路交通課題が残存している。都市内の交通状態の把握方法であるMacroscopic Fundamental Diagram (MFD) はエリア内の交通流動量と交通密度の関係を集計的に捉える指標として我が国においても適用に向けた研究が進められている。本研究では、近年蓄積が進んでいるETC2.0データを用いて、全国のうち3エリアを対象に、エリア内の集計交通流率（走行台キロ）と集計交通密度（走行台時）の集計QK関係からMFDの存在を確認するとともにその特徴について分析を行った。その結果、各エリアともエリア内においてMFDの存在を確認するとともに、交通状態が転換している可能性があることを示唆するとともに、高速道路ネットワークの有無により旅行速度に差が見られることを確認した。

**Key Words :** Macroscopic Fundamental Diagram, ETC2.0 Data, Picewise Linear Regression Models

## 1. はじめに

我が国では、全国の都道府県庁所在地等の中心市街地において道路ネットワークは概成されつつあるものの、道路交通の需要が多いことから渋滞が発生するとともに、交通事故等の道路交通課題が残存している。都市内の交通状態の把握方法として、Daganzo<sup>1)</sup>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、Geroliminis and Daganzo<sup>2)</sup>は実際の都市ネットワークにおいてMFDが存在することを明らかにした。我が国でも近年MFDを用いた研究は高速道路ネットワークを用いた流入制御手法に関する研究<sup>3)</sup>の他、王<sup>5)</sup>らによる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。そのような中、我が国においてはETC2.0等のプローブデータにより交通状態の分析のためのデータが取得、蓄積されつつある。そ

こで、本研究では、全国の都道府県庁を中心とした都心部の一定エリア内の道路ネットワークとして、愛媛県松山市、新潟県新潟市、東京都新宿区の3エリアを対象に、ETC2.0データを用い、エリア内の集計交通流率（走行台キロ）と集計交通密度（走行台時）の集計QK関係からMFDの存在を確認するとともにその特徴について分析を行う。

## 2. 集計QK

### (1) 集計QKの定義

本研究における、ETC2.0データを用いたMFDの考え方に基づく集計QK関係を既往研究<sup>7)</sup>に基づき定義する。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定め、同エリアの交通状態を示す指標として、式1, 2にて集計交通流率と集計交通密度を定義する。

$$Q = \sum_{i \in L} (q_i \times d_i) \quad (1)$$

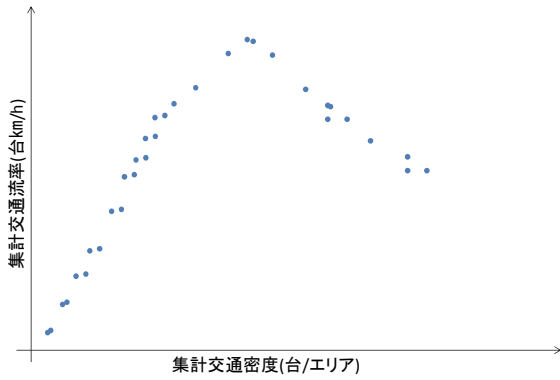


図-1 集計 QK 状態図イメージ

$$K = \sum_{i \in L} (q_i \times t_i) \quad (2)$$

- $Q$  : 集計交通流率(台km/h)
- $K$  : 集計交通密度(台/エリア)
- $q_i$  : リンク  $i$  の交通流率(台/h)
- $d_i$  : リンク  $i$  の区間長(km)
- $t_i$  : リンク  $i$  における所要時間(h)
- $L$  : エリア内のリンクの集合

(2) ETC2.0による集計QKデータの生成

a) ETC2.0データの概要

国土交通省が高速道路 (ITSスポット) 及び直轄国道 (経路情報収集装置) でETC2.0対応車載器より収集しているプローブ情報データのうち, 本研究では, 走行履歴データ (様式1-2) を用いる. 走行履歴データには, 車両情報 (車種, 用途), 時刻, 緯度・経度, 道路種別 (高速, 都市高速, 一般道, その他), 速度, DRMマッチング後のDRM等のデータが含まれている. 走行履歴データの蓄積条件は, ①走行距離200m毎, ②進行方向変化45度以上, ③挙動履歴 (前後加速度, 左右加速度, ヨー角速度が閾値を超過) となっており, 走行距離80kmまでが蓄積可能となっている. なお, 走行開始, 終了地点の概ね半径500mは個人情報の観点から収集されない.

b) ETC2.0データによる走行台キロ・走行台時の集計

ETC2.0走行履歴データのDRMマッチング前の緯度経度の位置データより2点間の直線距離を算出し, エリア内のETC2.0搭載車両の総走行台キロとして計上する. また, その緯度経度の蓄積時のGPS時刻を用いて, 2点間の所要時間を算出し, エリア内のETC2.0搭載車両の総走行台時として計上する. なお, データの異常値の除去については, 2点間の距離は, ETC2.0の取得条件を踏まえ250m以上, 所要時間については30分以上となるトリップについては, トリップを分割する等により異常値の除去を行っている.

3. 都心部におけるMFDの特徴分析

(1) 分析対象エリア

本研究では, 都心部のMFDの分析対象範囲として, 図2に示す愛媛県松山市 (以下, 愛媛県), 図3に示す新潟県新潟市 (以下, 新潟県), 図4に示す東京都新宿区 (以下, 東京都) の各都心部として県庁及び都庁を中心とした9km四方のエリアを対象とする.

(2) 分析データの概要

本研究で使用するETC2.0データの概要を表1に示す. 集計期間は平成27年4月から平成28年3月までの1年間366日とし, 1時間毎に先述のエリア内走行台キロと走行台時を集計したデータを使用する. 各エリアのETC2.0データの取得時間数とエリア内の延トリップ数を表2に示す. 取得時間数は, 各エリアとも8,760時間以上取得されている. また, エリア内の延トリップ数については, 愛媛

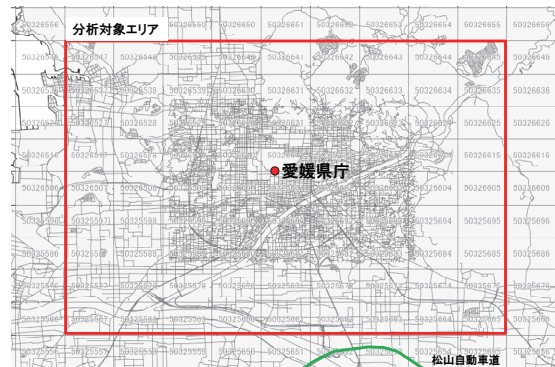


図-2 分析対象エリア (愛媛県松山市)



図-2 分析対象エリア (新潟県新潟市)

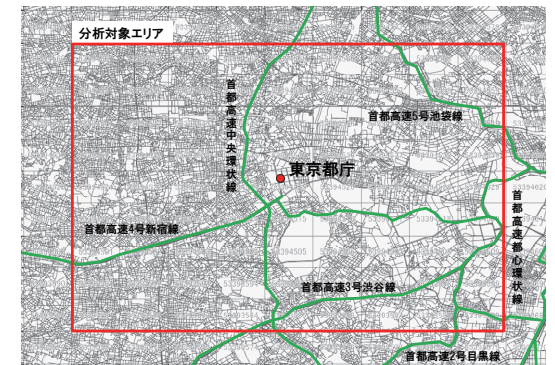


図-3 分析対象エリア (東京都新宿区)

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 (366 日)
集計単位	1 時間単位の集計 (最大: 8784 時間/年)

表-2 各エリアの取得時間数及び延トリップ数

取得時間数	愛媛県松山市: 8,782 時間/年 新潟県新潟市: 8,762 時間/年 東京都新宿区: 8,784 時間/年
エリア内延トリップ数	愛媛県松山市: 約 637,500 トリップ/年 新潟県新潟市: 約 1,892,900 トリップ/年 東京都新宿区: 約 13,804,000 トリップ/年

県で年間約64万トリップであるのに対し、新潟県で年間約189万トリップ、東京都では年間約1,380万トリップと地域によりデータ量には差がある状況である。

(3) MFD特徴分析

図5に愛媛県、図6に新潟県、図7に東京都のMFDを示す。また、線形回帰式の係数により各エリアのサービスレベルとして旅行速度の状況を示す。各エリアとも決定係数のR2が0.8以上となる集計QK関係が認められた。各エリアで旅行速度を比較すると、愛媛県が18.7、新潟県24.6、東京都で29.3と愛媛県で最も低いサービスレベルとなっている。これは、図2から図4の各エリアの道路ネットワークとして、エリア内に高速道路ネットワークが存在していることが影響しているものと考えられる。

各エリアのMFDの集計QK関係については、特に東京都の図7において、集計交通密度100付近において折れ点が存在し、交通状態が転換している可能性が考えられる。そこで、各エリアについて、図8に示すようなPicewise Linear 回帰分析 (折れ線回帰) によりMFD関係を分析する。Picewise Linear 回帰分析は以下の式3により、各パラメータを推定する。

$$y_i = \beta_1 (x d_1 + k d_2) + \beta_2 (x - k) d_2 \quad (3)$$

$y_i$  : 従属変数

$x$  : 独立変数

$k$  : break-point(閾値)

$d_1$  : ダミー変数( $x \leq k$  のとき 1)

$d_2$  : ダミー変数( $x > k$  のとき 1)

$\beta_1$  : 線分の傾き

Picewise Linear 回帰分析による各エリアのK (閾値) 及びパラメータの推定結果、決定係数を表3及び図9から図11に示す。分析の結果、全てのエリアでPicewise Linear 回帰分析において、自由度調整済み決定係数 (補正R<sup>2</sup>) が向上している。これは、各エリアにおいて交通状態が転

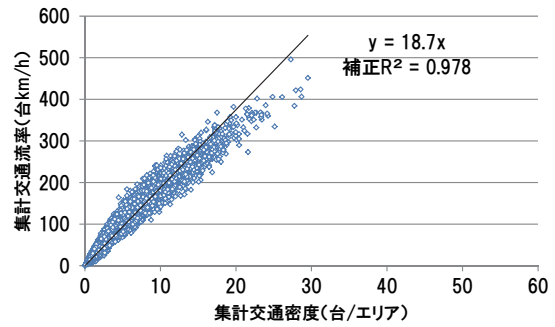


図-5 愛媛県松山市のMFD

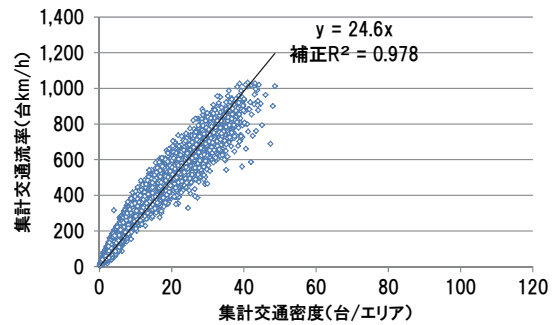


図-6 新潟県新潟市のMFD

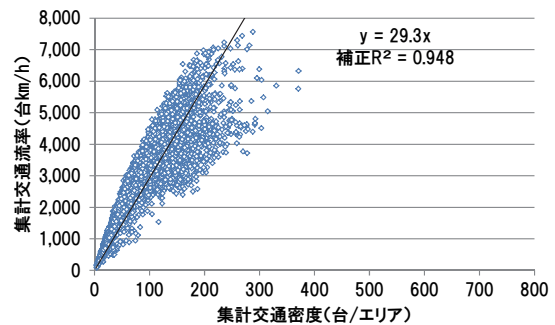


図-7 東京都新宿区のMFD

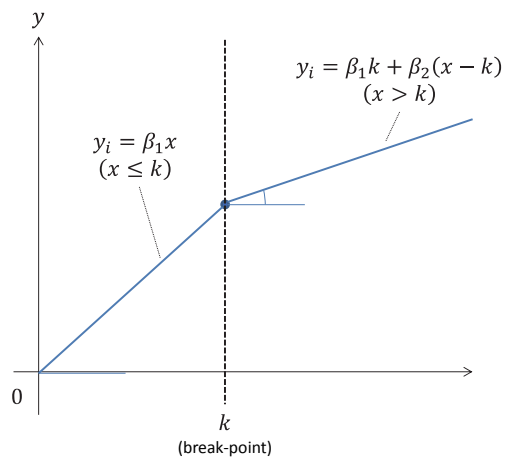


図-8 Picewise Linear 回帰モデル

換している可能性があることを示唆している。また、パラメータ  $\beta_1$  より、新潟県と東京都においては30以上と単回帰のパラメータよりも旅行速度が高くなる結果を得られた。一方、愛媛県については22.5と他のエリアに比べ低くなっている。これは先述のとおり、高速道路ネッ

表-3 Picewise Linear 回帰分析の推定結果

エリア	$\beta_1$	$\beta_2$	K	補正 R <sup>2</sup>	サンプル数
愛媛県	22.5 *	15.3 *	x:43 y:97.0	0.985	8,782
新潟県	32.3 *	19.1 *	x:89 y:287.8	0.986	8,762
東京都	38.6 *	16.3 *	x:73.9 y:2853.0	0.971	8,784

\* 1%有意 \*\* 5%有意

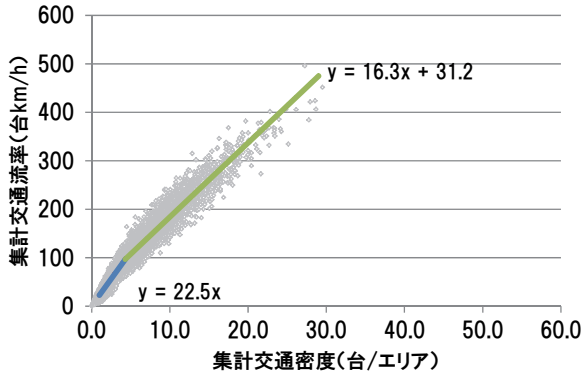


図-9 愛媛県松山市の MFD (Picewise Linear 回帰分析)

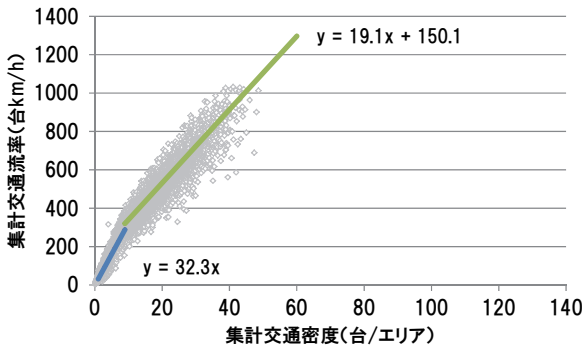
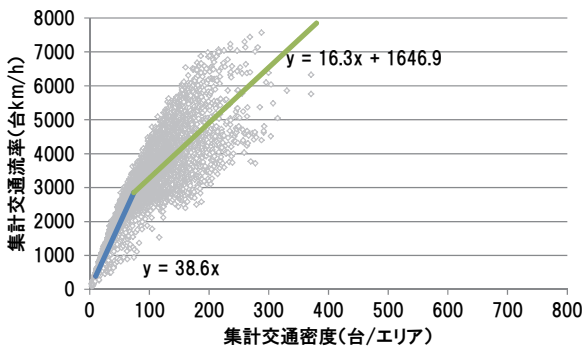


図-10 新潟県新潟市の MFD (Picewise Linear 回帰分析)



トワークが影響していることが考えられることから、今後道路ネットワークの特性等による分析を実施する。

#### 4. おわりに

本研究では、愛媛県松山市、新潟県新潟市、東京都新宿区の3エリアを対象に、ETC2.0データを用い、集計QK関係からMFDの存在を確認するとともにその特徴について分析を行った。その結果、各エリアともMFDが確認されるとともに、Picewise Linear 回帰分析結果より、交通状態が転換している可能性があることを明らかにした。今後は、各エリアの交通状態の違いについて分析を進めるとともに、都心部エリアにおける道路ネットワークの評価、道路整備の効果分析に向けた研究を推進する。なお、本研究は、地域道路経済戦略研究会における検討の一環として、四国地方整備局より委託され、ETC2.0データを用いて分析を行ったものである。

#### 参考文献

- 1) Daganzo, C. F.: Urban gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches, Transportation Research Part B, Vol.41, No.1, pp.49-62,2007.
- 2) Geroliminis, N. and Daganzo, C. F.: Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings. Transportation Research Part B, Vol. 42, No.9, pp. 759-770,2008
- 3) 割田博, 桑原雅夫, 吉井稔雄, 稲富貴久: 首都高速道路における集計 QK を用いたエリア流入制御の適用に関する研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.49, 2014.
- 4) 前原慎也, 吉井稔雄, 高山雄貴: MFD を用いた流入制御手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.49, 2014.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 吉井稔雄, 塩見康博, 孫瀟瀟, 北村隆一: 集計 QK を用いたエリア流入制御手法, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.37, 2008.

(2017.7.31 受付)

### A STUDY OF MACROSCOPIC FUNDAMENTAL DIAGRAM FOR THE CENTRAL AREA USING ETC2.0 PROBE DATA

Shinji ODAKA, Toshio YOSHII, and Nobuto KANBE