

交通状態の時空間変化がMFDに与える影響

土生 恭祐¹・桑原 雅夫²・原 祐輔³

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町三丁目12-1)

E-mail: habu@oriconsul.com

²正会員 東北大学 大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)

E-mail: kuwahara@plan.civil.tohoku.ac.jp

³正会員 東北大学 未来科学技術共同研究センター (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09)

E-mail: hara@plan.civil.tohoku.ac.jp

近年、都市内ODデータ等に依存しない都市の交通状況の把握方法としてエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係を示すMacroscopic Fundamental Diagram(MFD)が注目されてきている。しかし、実際のデータから観測されるMFDは同一のエリア平均占有時間に対するエリア平均交通量にばらつきが見られ、複数の交通状態が確認される。そこで、本研究では(1)交通の傾向は時間帯によって異なる、(2)日々の交通の空間分布パターンはある程度安定している、と考え時間と交通の空間分布がもたらすMFDへの影響を調べた。本研究から、時間帯によりエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係は異なり、時間帯による差異はその時間帯における渋滞頻出リンクの差異で表現され、実際には入手が困難な時間帯別ODのパターンの傾向が渋滞の空間分布という形で見出すことができることが確認された。

Key Words : Macroscopic fundamental diagram, Traffic congestion, Detector data, Urban mobility

1. はじめに

(1) 交通渋滞と交通管理政策の評価指標

我が国で発生する交通渋滞による損失時間は年間38.1億人時間と非常に大きく、渋滞の軽減・解消を目的とする交通管理政策は我々の市民生活の向上に必要不可欠なものとなっている。交通管理政策の評価及び設計方法も高度化され、1日単位の静的な分析から時間変化を追える動的な解析方法にシフトしつつある。しかし、既存の交通モデルは、(1)動的なODデータを代表とする膨大な入力情報が必要である、(2)ドライバーの経路選択モデル化が難しいゲーム行動である、(3)過飽和ネットワークでの動的な理論解析が困難である、の3つの問題がある。そこで、これらの問題を解決するために、モデル化の重点を従来のミクロな予測からマクロの観測に重点を移し、都市全体の交通状況を把握する研究がすすめられている。

(2) MFD研究の現状及び本研究の位置付け

Daganzo(2007)¹⁾は、エリア内の交通状態を巨視的にとらえることで詳細な交通流予測に頼らない指標であるMacroscopic Fundamental Diagram(MFD)を提案した。MFDは対象エリアにおける平均交通量と平均占有時間の関係を

表す指標である。そして、Geroliminis and Daganzo(2008)²⁾によって、実際の都市ネットワークにおいてMFDが存在することが確認された。また、彼らはトリップ完了数がリンクの平均交通量と比例関係であることも併せて確認しており、既存の手法では観測が困難なトリップ完了数をMFDを用いて評価することが可能である。

その後、様々な都市でMFDの描写が行われたが、エリア平均占有時間に対してエリア平均交通量がGeroliminis and Daganzo(2008)²⁾のMFDの様に一意に求められるとは限らないことが分かった。この、同じ平均占有率であっても平均交通量がばらつく原因としては、Daganzo et al.(2011)³⁾やMazoloumian et al.(2010)⁴⁾より、ネットワーク内における交通の偏りが平均交通量を押し下げることが理論的に示されている。

また、1日の交通の推移は時間によって異なる傾向を示すことが考えられる。そして、この交通の傾向の時間推移はある程度安定して存在しているものではないかと考えられる。そこで、本研究では実際の都市で観察されるこの同一エリア平均占有率に対するエリア平均交通量の差異が実際の都市の交通の時空間の差異によって表現する方法の探索を行った。

- a. エリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係を時間別で分解して分析
- b. 渋滞リンクの分布を時間別で分解して分析
- c. 各リンクの交通状態とエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係の分析

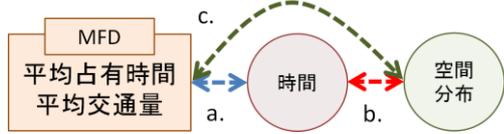


図-1 本研究での各解析の関係



図-2 対象領域

(3) 研究の流れ

本研究では、大きく分けて図-1に示す3種類の解析を行った。まず、時間別のエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係を調べた。これより、時間によってエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係がどの様に異なるか調べた。次に、時間帯によって異なる交通状況が実際のネットワーク内の交通分布の上での差異を調べた。そして最後に、ネットワーク内の交通分布の差異がエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係にどのような影響を与えているかについて調べた。この3つの解析より、エリア平均占有時間とエリア平均交通量で表されるMFDが交通状態の時空間変化によって受ける変化についての解析を行った。

2. 対象エリア及びデータ集計方法

(1) 対象エリア及び使用データ

本研究では、神奈川県横浜市の図-2に示す領域に設置されている神奈川県警交通管理センター光学式車両感知器にて観測された5分間交通量と5分間占有時間のデータを用いた。感知器は全部で437リンク、721車線に設置されている。また、使用するデータの期間は2012年1月の三日とデータ欠損がある25、31日を除く17日間のデータを使用した。

(2) MFD集計方法

MFDの描写に必要な平均交通量と平均占有時間の集

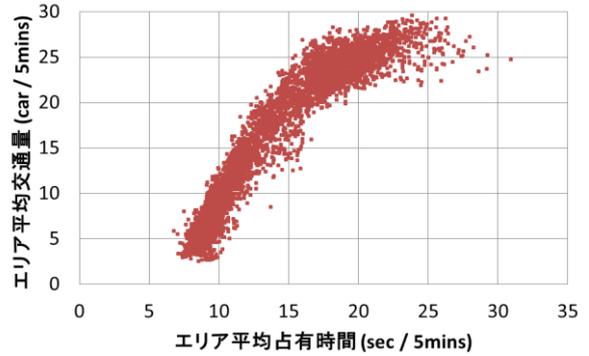


図-3 観測されたMFD

計方法を示す。本研究で用いるデータは様々な車線数で構成されているリンクが混在している。そこで、本研究では各リンクの交通量及び占有時間を表現しつつネットワーク形状を保つため、複数車線で構成されているリンクは平均交通量は各リンクの和を、平均占有時間は各リンクの平均占有時間の平均値を用いて集計を行う(式(1)、式(2))。

$$\bar{q}^{wc} = \frac{\sum_i q_i^c l_i}{\sum_i l_i}, \quad q_i^c = \sum_j q_{ij} \quad (1)$$

$$\bar{o}^{wc} = \frac{\sum_i o_i^c l_i}{\sum_i l_i}, \quad o_i^c = \frac{\sum_j o_{ij}}{\sum_j 1} \quad (2)$$

- \bar{q}^{wc} : 平均交通量
- \bar{o}^{wc} : 平均占有時間
- q_{ij} : リンク*i*, 車線*j*の交通量
- o_i^c : リンク*i*の占有時間
- o_{ij} : リンク*i*, 車線*j*の占有時間
- q_i^c : リンク*i*の交通量
- l_i : リンク*i*の長さ

(3) 平均速度集計方法

各感知器からは、交通量と占有時間の観測値しかわからない。そこで、全ての車両の車長を5mと定義して各リンクの平均交通量を算出する。なお、複数車線から構成されるリンクは各車線の走行台数で重みづけを行って平均速度の算出を行った(式(3))。

$$\bar{v}_i^c = \frac{\sum_j \bar{v}_{ij} q_{ij}}{\sum_j q_{ij}}, \quad \bar{v}_{ij} = \frac{q_{ij} c}{o_{ij}}, \quad (3)$$

- \bar{v}_i^c : リンク*i*の平均速度
- \bar{v}_{ij} : リンク*i*, 車線*j*の平均速度
- c : 車長 (5m)

3. 時間別エリア平均占有時間・交通量

(1) 1日のエリア平均占有時間・交通量の推移

実際にMFDを描写したものを図-3に示す。平均占有時間が15秒前後の取りうるエリア平均交通量は25台弱から15台付近まで観察されるように、非常にばらつきが生じ

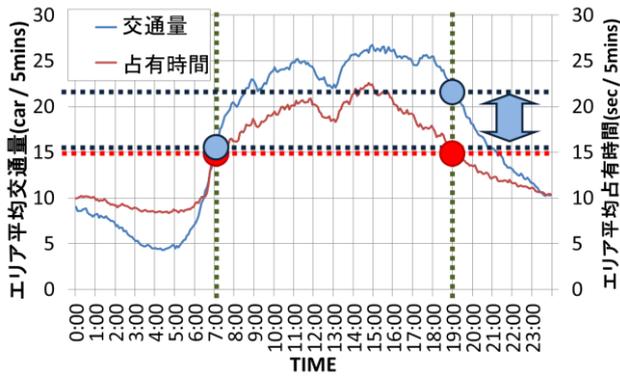


図-4 エリア平均占有時間・交通量の平均の時間変化

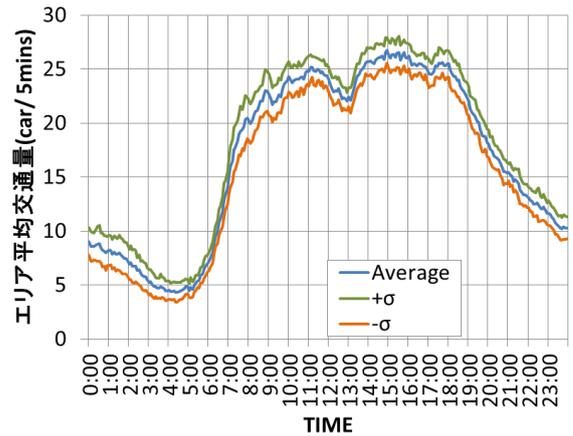


図-6 時間別エリア平均交通量の推移

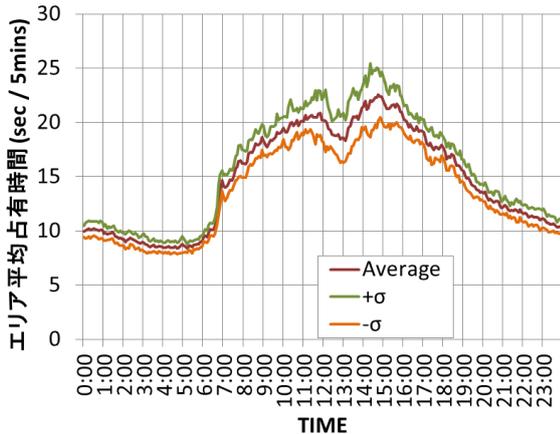


図-5 時間別エリア平均占有時間の推移

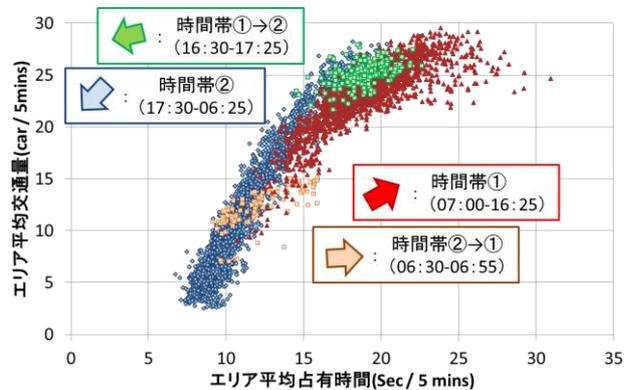


図-7 時間別エリア平均占有時間の推移

ていることが観察された。このままでは、エリア平均占有時間からエリア平均交通量を特定するのは難しいことが読み取れる。

そこで、1日のエリア平均占有時間とエリア平均交通量の推移について解析を行った。図-4より、同一のエリア平均占有時間であったとしても時間帯によってエリア平均交通量の取りうる値が異なることが確認された。また、図-4より日々の交通状況は時間帯によって異なり、様々な交通状態が1日を通じてゆっくりと推移している様子が確認された。

(2) 同一時刻におけるエリア平均占有時間・交通量

図-4は、エリア平均占有時間とエリア平均交通量の平均値を用いている。その為、図-4のみでは同一時間でエリア平均占有時間とエリア平均交通量が同じか否かはわからない。そこで、各時間におけるエリア平均占有時間とエリア平均交通量のばらつきについて確認を行った。

同一時刻におけるエリア平均占有時間の推移を図-5、エリア平均交通量の推移を図-6に示す。図-5、図-6より同一時刻におけるエリア平均占有時間とエリア平均交通量のばらつきは時間経過による変化に対して小さいこと

が観察された。これより、エリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係は同一時刻では安定しており、それらが時間経過とともに推移していることが言える。

(3) 時間帯別MFD分割

平均占有時間と平均交通量の関係は近い時間では傾向が似ており、遠い時間では傾向が異なる。これより、MFDの上の傾向が時間帯で場合分けをすることができるのではないかと考えられる。時間帯によってMFDを使い分けることでエリア平均占有時間に対するエリア平均交通量の関係をより高い精度で説明することができる。そこで、実際にMFDを時間帯別で分割を行い平均交通量のばらつきについて調べた。

本研究では、MFDを時間帯① (07:00-16:25) と時間帯② (17:30-06:25) の2つの時間帯に分けてMFDの評価を行った (図-7)。時間帯別に分けることで、MFDがグラフ上で分割されていることが見て取れた。また、それぞれの傾きも時間帯①と時間帯②で傾きが大きく異なり、これからも時間帯によって異なる交通の傾向を示していることが読み取れる。そして、2つの時間帯が存在する同一占有時間における平均交通量の分散 (図-5) の比較を

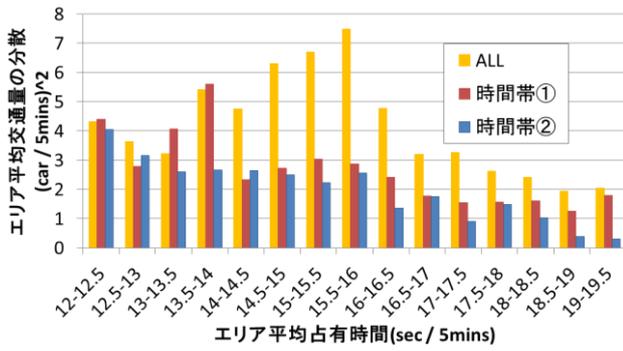


図-8 時間帯別エリア平均交通量の分散

行ったところ、分割を行う前の全データより時間帯①、時間帯②の双方において改善が見られた。これより、時間帯によって交通パターンが異なり、MFDを分割することで交通パターン別のMFDを見つけることが可能であることが確認された。

4. 時間帯別渋滞リンク

(1) ネットワーク内全リンクの分散

a) 概要と集計方法

3より、同一の時刻ではエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係が同じであることが確認された。しかし、これはあくまでもエリア平均占有時間とエリア平均交通量の関係であり、交通の空間分布の安定性を示したものではない。そこで、3.にて確認されたMFDの安定性が交通分布の安定性を示しているかの確認を行った。

まず、同一時間におけるネットワーク内のリンクの分散について調べた。同一エリア平均占有時間に対する交通量の高低は、Mazouloumian *et al.*(2010)⁴⁾によりネットワーク内の全リンクの交通量の分散で表現できるとしている。そこで、本研究のデータもこれが当てはまるか確認を行った。

ある時刻 (d (日付), h (時間), m (分)) におけるネットワーク内の全リンクの交通量の平均と分散は、式(4), (5)に示される。

$$Ave(f_{d,h,m}) = \frac{\sum_i (f_{d,h,m,i})}{\sum_i 1} \quad (4)$$

$$Var(f_{d,h,m}) = \frac{\sum_i (f_{d,h,m,i} - Ave(f_{d,h,m}))^2}{\sum_i 1} \quad (5)$$

$Ave(f_{d,h,m})$: 時刻 d , h , m のエリア平均交通量

$f_{d,h,m,i}$: 時刻 d , h , m , リンク i の交通量

$Var(f_{d,h,m})$: 時刻 d , h , m のエリア交通量の分散

また、ある時刻におけるネットワーク内の全リンクの占有時間の平均と分散は交通量の式と同様に式(6), (7)に示される。

$$Ave(o_{d,h,m}) = \frac{\sum_i (o_{d,h,m,i})}{\sum_i 1} \quad (6)$$

$$Var(o_{d,h,m}) = \frac{\sum_i (o_{d,h,m,i} - Ave(o_{d,h,m}))^2}{\sum_i 1} \quad (7)$$

$Ave(o_{d,h,m})$: 時刻 d , h , m のリンク平均占有時間

$o_{d,h,m,i}$: 時刻 d , h , m , リンク i の占有時間

$Var(o_{d,h,m})$: 時刻 d , h , m のエリア平均占有時間の分散

その後、各時刻におけるエリア平均交通量と占有時間の分散を用いて同一の時間帯におけるエリア平均交通量と平均占有時間の分散のばらつき具合を調べた。本研究では同一時間 (同一 h) 単位で集計を行った。同一 h におけるリンク交通量の分散の平均と分散の集計方法を式(8)に、リンク占有時間の分散の平均と分散を式(9)に示す。

$$Ave(Var(f_h)) = \frac{\sum_d \sum_m (Var(f_{d,h,m}))}{\sum_d \sum_m 1} \quad (8)$$

$$Ave(Var(o_h)) = \frac{\sum_d \sum_m (Var(o_{d,h,m}))}{\sum_d \sum_m 1} \quad (9)$$

$Ave(Var(f_h))$: h 時台におけるエリア平均交通量の分散の平均

$Ave(Var(o_h))$: h 時台におけるエリア平均占有時間の分散の平均

b) 観測結果

h 時における平均リンク交通量の分散とその $\pm\sigma$ の推移を図-9、平均占有時間の分散とその $\pm\sigma$ の推移を図-10に示す。

エリア平均交通量の分散及びエリア平均占有時間の分散は時間によってとりうる値は異なっているが、全体を通じて同一時刻では同じような値を示していることが確認された。Mazouloumian *et al.*(2010)⁴⁾にてエリア平均交通量の分散の値によって同一エリア平均占有時間下におけるエリア平均交通量が異なることが確認されており、本研究でも同様の傾向が確認された。これより、同一の時刻では交通の空間分布が似ている状況であるのではないかと推測される。

(2) 同一時刻別渋滞リンク頻度分析

a) 概要と集計方法

(1)より、同一の時間では交通状態が似ており、その傾向は時間によって異なることが考えられる。そこで、本研究では各時間における渋滞パターンを調べることで渋滞の分布パターンがエリア平均交通量と平均占有時間

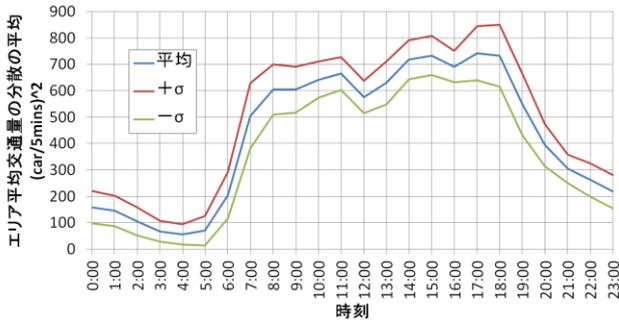


図-9 エリア平均交通量の分散の平均の推移

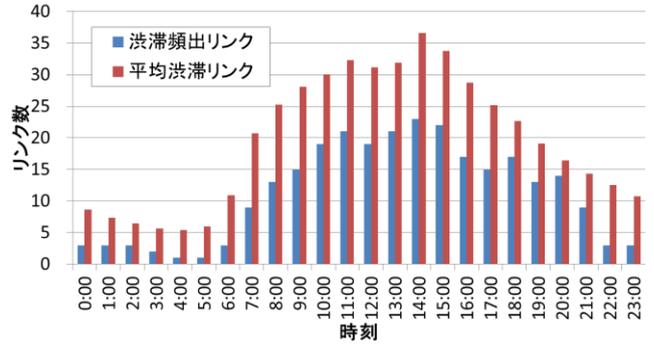


図-11 時間別エリア平均交通量の推移

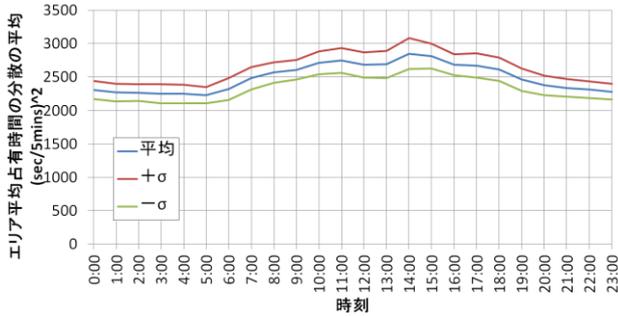


図-10 エリア平均占有時間の分散の平均の推移

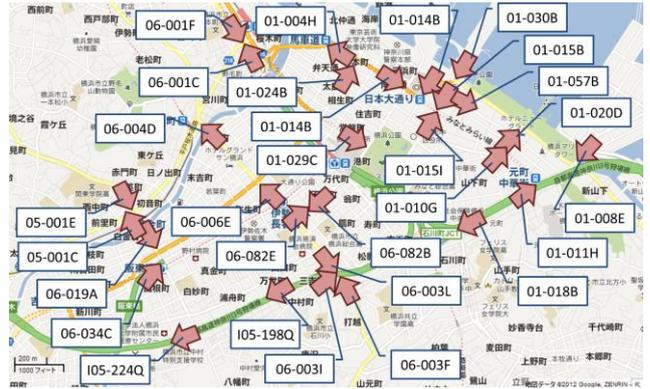


図-12 渋滞頻出リンク発生リンク

の関係の違いに影響を与えているかの確認を行った。

本研究では、各時間における渋滞頻出リンクを定義し、その空間分布を評価することで各時間における渋滞パターンの比較を行う。渋滞リンクは平均速度が10km/h以下のリンクと定義する。また、 h 時台におけるリンク i のリンク平均速度が10km/h以下のデータが全データの60%以上のときにリンク i は h 時台の渋滞頻出リンクであると定義した。各リンクの各時間における渋滞リンクの割合の算出方法を式(10)、式(11)に示す。

$$P(v_{i,h} \leq 10) = \frac{\sum_d \sum_m \delta_{i,d,h,m}}{\sum_d \sum_m 1} \geq 0.6 \quad (10)$$

$$\delta_{i,d,h,m} = \begin{cases} 1 & \text{if } v_{i,d,h,m} \leq 10 \\ 0 & \text{if } v_{i,d,h,m} > 10 \end{cases} \quad (11)$$

$P(v_{a_i,h} \leq 10)$: h 時台におけるリンク i の渋滞割合

b) 観測結果

各時間における平均渋滞リンク数と渋滞頻出リンク数を図-11に示す。図-11より、交通量、渋滞リンク数が少ない明け方の時間帯を除き、ネットワーク全体の渋滞リンクの多くは渋滞頻出リンクで発生していることが見て取れる。このことから、各時間における渋滞の空間分布は渋滞頻出リンクの分布パターンの違いによって表現することができると思われる。

(3) 渋滞頻出リンクの空間分布

a) 渋滞頻出リンク発生リンク

各時間における渋滞頻出リンクを調べたところ、最低一つの時間で渋滞頻出リンクが発生したリンクは図-12に示す29リンクのみで発確認された。これは全体の7%に過ぎない。これより、各時間帯特有の渋滞パターンはこの29リンクの交通状態の違いによって表現することができる。

b) 時間帯別渋滞頻出リンク

3より、エリア平均占有時間と平均交通量の関係は時間帯によって異なることが確認されている。この違いが29本の渋滞頻出リンクの候補の交通状態の違いによって表現されているかについて調べた。

3にて定義を行った時間帯別に渋滞リンクの傾向を調べ、1回以上渋滞頻出リンクが発生する29リンクを時間帯①に渋滞するリンク、時間帯②に渋滞するリンク、常に渋滞するリンクの3つのグループに分けた。各グループのリンク位置を図-13に示す。また、各リンクの時間帯別の渋滞頻度を表-1、表-2、表-3に示す。全29リンクのうち15リンクはにて3.定義した時間帯によって渋滞頻度の傾向が変わらなかったが、残りの14リンクについては時間帯①と時間帯②で渋滞発生頻度が異なる。これにより、エリア平均占有時間と平均交通量の違いはこの14リンクの渋滞分布パターンの違いによって表現されている。



図-13 時間帯別渋滞頻出リンク

表-1 時間帯別渋滞頻度（常に渋滞しているリンク）

（赤：渋滞割合60%以上，青：渋滞割合20%以下，
白：その他）

HOURL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06-001F	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-004D	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
05-001C	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
05-001E	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-006E	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-034C	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-015B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-015I	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-003F	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-003I	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-003L	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-020D	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-008E	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-011H	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-018B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤

表-2 時間帯別渋滞頻度（時間帯①に渋滞しているリンク）

（赤：渋滞割合60%以上，青：渋滞割合20%以下，
白：その他）

HOURL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06-019A	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-004H	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-065A	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-029C	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-030B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-057B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
105-224Q	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤

表-3 時間帯別渋滞頻度（時間帯②に渋滞しているリンク）

（赤：渋滞割合60%以上，青：渋滞割合20%以下，
白：その他）

HOURL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
06-001C	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-024B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-082B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
06-082E	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-014B	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
105-198Q	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤
01-010G	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤	赤

ことが言える。そして、この渋滞パターンの際は都市内のODパターンの違いに由来するものと考えられる。これより、本解析により渋滞頻出リンクを調べることにより、入手が困難な都市内ODの傾向を吸い上げていることが確認される。

(4) 渋滞頻出リンクの状態とMFD

時間帯によるMFDの分割は特定のネットワークの渋滞頻度の傾向による違いで表現されることが明らかになった。そこで、特定のリンクの交通状態がネットワーク全体の平均占有時間と平均交通量の関係を示しているのかの確認を行った。表-2、表-3に示された計14本のリンクをそれぞれ渋滞状態と非渋滞状態で場合分けを行い、同一の占有時間に対する平均交通量のばらつきを調べた。

しかし、これら14本の各リンク単一の交通状態の差異からは同一の平均占有時間に対する平均交通量のばらつきは大きく、また、取りうる値の差異は確認できなかった。これより、表-2、表-3示した渋滞頻出リンクはあくまでも特定の傾向が高いだけであり、厳密にネットワーク全体の交通状態を単一リンクの情報だけでは判断できないことが言える。

5. おわりに

本研究では、実際に観測されたデータを用いてMFDの描写を行い、生じる同一平均占有時間における平均交通量のばらつきを抑える方法についての検討を行った。MFDのばらつき（同一の平均占有時間における平均交通量の分散）を、1日の時間帯および交通状態の空間分布と関連付けて解析を行った。解析に用いた横浜市中心部のデータは時間帯によって平均占有時間と平均交通量の関係が異なり、それらが時間経過とともにゆっくりと推移していることが観察された。そこで、交通の傾向は時間帯毎で異なると考え、時間帯別でMFDの分割を行う方法を提案した。MFDは時間帯で分割を行うことで同一平均占有時間に対する平均交通量のばらつきを抑えることに成功し、この手法は効果があるものであることが確認できた。そして、この時間帯による交通状況の差異は実際の都市の交通分布では頻出頻度が高い渋滞リンクの組み合わせの違いによって表現されていることが確認された。

謝辞：本論文の作成に当たり、神奈川県警様よりデータ提供をして頂きました。ここにお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Daganzo, C. F., 2007. Urban gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches. *Transportation Research Part B*, Vol. 41, No.1, pp. 49-62.
- 2) Geroliminis, N. and Daganzo, C. F., 2008. Existence of urbanscale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings. *Transportation Research Part B*, Vol. 42, No. 9, pp. 759-770.
- 3) Daganzo, C. F., Gayah, V. V. and Gonzales, E. J., 2011. Macroscopic relations of urban traffic variables: Bifurcations, multivaluedness and instability. *Transportation Research Part B*, Vol. 45, No.1, pp. 278-288.
- 4) Mazlounian, A., Geroliminis, N. and Helbing, D., 2010. The spatial variability of vehicle densities as determinant of urban network capacity. *Philosophical Transactions of the Royal society A*, Vol. 368, pp. 4627-4647.

(2013. 5. 7 受付)

THE EFFECT OF SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF TRAFFIC CONDITION ON MACROSCOPIC FUNDAMENTAL DIAGRAMS

Kyosuke HABU, Masao KUWAHARA and Yusuke HARA

This study quantitatively examines the variability of MFD (Macroscopic Fundamental Diagram) in City of Yokohama in relation to a time sequence of traffic conditions and spatial patterns of congestion to clarify requirements of the MFD stability. By using a MFD, we can find a space-mean flow from a space-mean density on a large urban area easily. But some MFD observe a space-mean flow in a same a space-mean density with high scatter. In this study, we focus on a time and a spatial distribution of congested links. The result indicate that we can get a space-mean flow from a space-mean density with low scatter in the same time and the spatial distribution of congested links are tend to be same in the same time.