

プローブデータを用いた震災直後の都内の道路交通サービス状況の分析

門間 俊幸¹・橋本 浩良²・上坂 克巳²・酒井 大輔³・丹下 真啓³

¹正会員 国土技術政策総合研究所 建設経済研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）
E-mail: monma-t87yk@nilim.go.jp

²正会員 国土技術政策総合研究所 道路研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）
E-mail: hashimoto-h22ab@nilim.go.jp, uesaka-k92d8@nilim.go.jp

³正会員 社団法人 システム科学研究所（〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町428番地）
E-mail: tange@issr-kyoto.or.jp, dsakai@issr-kyoto.or.jp

渋滞等の日々刻々と変動する道路交通状況に対応した道路施策を適切に実施するには、そのサービスレベルを表す交通データを効率的にかつ常時に把握することが必要とされ、近年のICT技術の進展を踏まえ道路交通調査のあり方の抜本的な見直しが求められている。国土交通省では、H22道路交通センサスの実施を期に、交通量及び旅行速度のデータは「常時観測（連続観測）」を行うこととし、データの補完・推定方法の標準化の手法を策定した。本稿では、プローブ旅行時間データをもとに加工した常時観測の旅行速度データを活用して、本年3月11日に起きた東日本大震災前後の東京都内の道路交通サービスの状況を把握し、集計QKによる分析事例について紹介する。その結果、エリア全体の道路交通サービスを表す旅行速度指標としての平均旅行速度が、地震前後比較で約23km/hから約6km/hまで四分の一程度まで低下する状況等が把握でき、道路交通サービスの把握及び分析に有効となることが示された。

Key Words: road traffic survey, monitoring by traffic detectors, travel time data by probe car, Q-K macroscopic fundamental diagram

1. はじめに

渋滞などの課題の大きな箇所を厳選し、重点的に対策を講じるためには、従来の5年に1度の道路交通センサスだけでは必要なデータが取得できないのが実情である。時々刻々変動する交通量や旅行速度を、全国の幹線道路を網羅しつつ効率的に把握するため、道路交通調査のあり方の抜本的な見直しが求められている¹⁾。一方、直轄国道における車両感知器の拡充並びに民間での双方向通信型カーナビ・携帯ナビの普及及びITSスポットの全国展開等により、交通量及び旅行速度の常時観測データの全国的な取得が可能となりつつある^{2)~6)}。国土交通省では、平成22年度に実施された道路交通センサスを期に道路交通調査体系の見直しを行い、旅行速度及び交通量については、これらITデータを活用した常時観測方法を導入している⁷⁾。本稿では、常時観測データのうち、プローブデータをもとに加工した旅行速度データを活用して、平成23年3月11日に生じた東日本大震災前後の東京都内

の交通サービスについて、時間毎、エリア毎、路線の上方向別の分析を行うこととした。また、集計QKの概念を用いた状況分析を行い、道路交通サービスの把握及び分析に有効性を示すことを目的とする。

2. プローブデータの活用した旅行速度の常時観測

2.1 プローブデータの活用

これまで、旅行速度データは、人手またはプローブカーによる実走行調査を実施し、収集してきた。しかし、実走行による調査では、予算制約から調査時間・調査回数に限界があった。H17センサスにおいても、混雑時間帯の混雑方向のみの調査に限られ、時間的にも空間的にも限られたデータしか得ることができなかった。

しかし、近年、双方向通信型カーナビや携帯ナビ等が、GPS機能を用いて、一般車両のプローブデータを取得し、ドライバーへのリアルタイムな交通情報提供、走行支援



図-1 プローブデータの取得

に活用している(図-1)。これらプローブデータを実務に活用することができれば、実走行調査に比べ時間的空間的に大量の旅行速度データの収集が期待できる。国土交通省では、今後、ITSスポットから得られるデータも加えたプローブデータを軸として活用することで、旅行速度調査を大幅に高度化・効率化することを目指している。

2.2 交通調査基本区間及び算定方法

一般道路における旅行速度データの算定は、プローブデータを用いて行うことを基本としている。プローブデータは、元来カーナビでの情報提供サービスへの活用のために取得されたものであり、カーナビ向けに開発されたデジタル道路地図⁹⁾(以下「DRM」という。)に対応してデータが整理されている。DRMは基本的に幅員5.5m以上の道路同士の交差点間で区間が区切られており、たとえば、道路交通センサ対象区間上で全国約40万区

間、その他の道路も含めれば全国約482万区間が設定されている。

旅行速度データの算定は、DRM区間毎に取得されるプローブデータを、交通調査基本区間^{9,10)}に以下の算定方法により集計することにより行う。ここで、交通調査基本区間(図-2参照)とは、原則として、幹線道路(都道府県等以上のセンサ対象道路)の交差点間で挟まれる区間(全国で9万区間)をいい、以下のいずれかに該当する箇所で分割し設定されている。

- ①他の幹線道路(道路交通センサ対象道路)同士が接続する箇所(幹線道路同士の交差点、IC等)
- ②大規模施設のアクセス点
- ③道路管理者が異なる箇所
- ④自動車専用道路に指定されている区間の起点終点
- ⑤市区町村界と交差する箇所

【交通調査基本区間・方向別旅行速度Vの算定】^{11),12)}

$$V \text{ (km/h)} = \Sigma L_i / \Sigma T_i \times 3.6$$

ただし、 T_i : 各 DRM 区間旅行時間(計測データがある DRM 区間のみ)(秒)

L_i : 各 DRM 区間長(計測データがある DRM 区間のみ)(m)

i : 当該交通調査基本区間内の DRM 区間番号

また、交通調査基本区間内の、プローブデータの計測されているDRM区間の延長の合計が、交通調査区間を構成する全てのDRM区間の延長の合計に対して50%未満のときは、当該交通調査基本区間の旅行速度データは「データ無」とするものとしている。

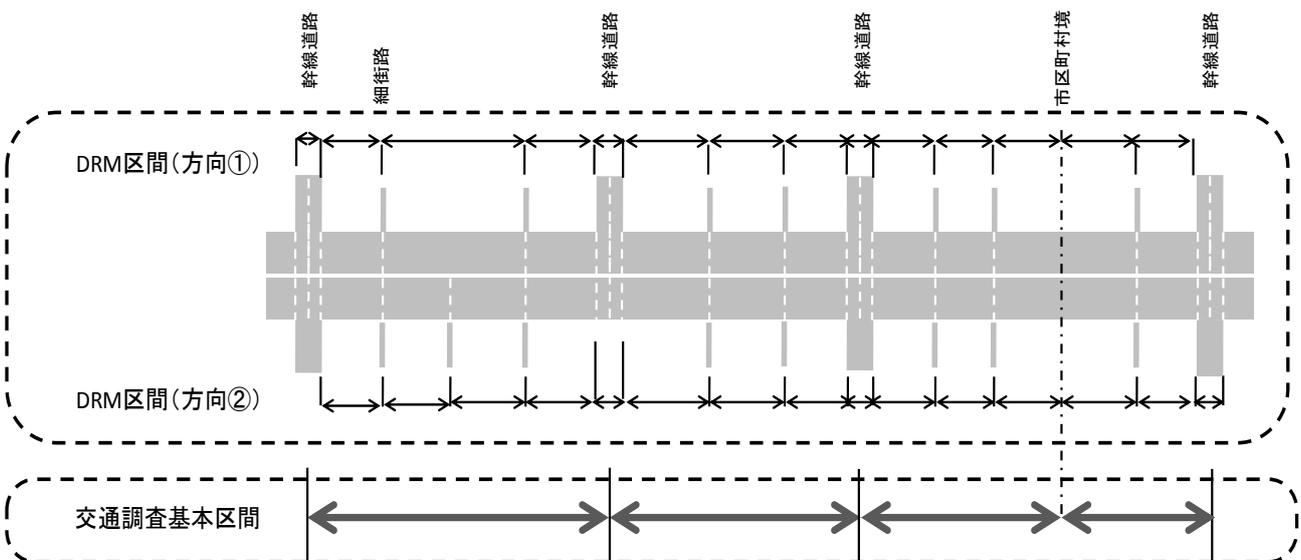


図-2 DRM区間と交通調査基本区間の関係

3. 震災前後の道路交通状況分析

3.1 東日本大震災時の東京23区内の交通状況

2011年3月11日14時46分頃、三陸沖の深さ24kmを震源とするマグニチュード9.0の巨大地震が発生し、宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県で震度6強など、広い範囲で強い揺れを観測した。東京都においても、震度5強を観測し、ライフラインの途絶、首都圏の帰宅困難、物資の不足、ガソリンの入手困難など、さまざまな問題が発生した。特に道路交通状況においては、鉄道の復旧の遅れ、通信の困難等により、道路に自動車が溢れ、道路が渋滞したため、徒歩で帰宅したり、帰宅困難者が発生したりするなど、道路交通サービスが低下した。

本稿では、地震当日の首都圏における帰宅困難や震災後の人の行動などを把握することで、今後の防災対策や様々な学術研究の基礎資料として提供することを目的とする。またプローブデータを用いた地震の前後3日間の時刻別の旅行速度を集計し、上記の道路交通サービスの低下とその後の回復状況について分析することとした。

3.2 震災前後のプローブデータの取得状況

プローブデータは、国土技術政策総合研究所において取得した携帯電話のプローブデータを利用した。当該プローブデータは、携帯電話のGPS機能を用いて収集された経路情報がDRM区間（DRM2203）毎に加工された旅行時間データとなっており、DRM区間毎、時刻毎の集計することが可能となっている。東京23区内のDRM区間の区間数は、15793区間となっている。DRM区間に集

計されたデータを用いて、2.2の旅行速度データの算定手順に従い、交通調査基本区間別、時刻別、上下方向別に平均旅行速度を算定した。

東京23区内の交通調査基本区間数（都道以上）は、3675区間（総延長2180km）となっており、震災前後の3月10日から12日までの3日間の時刻毎のデータ取得台キロ（DRM区間ベース）及びデータ取得率¹³⁾（交通調査基本区間ベース）は図-3に示す通りとなった。

データ取得台キロは、交通量の変動に類似する。通常時（3月10日）では、夜間は700台キロ程度まで低下するが、朝の混雑時は4000台キロ程度まで増加することが分かる。取得率（カバー率）の変動もデータ取得台キロと同様の傾向であり、夜間は約10%まで低下するものの、朝・夕ピーク時には、約40%まで増加することが分かる。

地震発生後（3月11日14時以降）を見てみると、データ取得台キロは、急激に減少するものの、取得率の低下は取得台キロの低下よりも少ない。これは、地震直後、路上に出ている自動車の数は多いものの、走行できなくなるため、取得台キロが減少したものと考えられる。

3.3 震災前後の東京23区内の交通状況

(1)面的な旅行速度の低下状況分析

3.2で算出された東京都内のすべての都道以上の交通調査基本区間の旅行速度について、地震の前日夕刻時16時から23時台までと地震当日（3月11日）夕刻時16時から23時台までの（調和）平均旅行速度を図-4に示す。

平均旅行速度は、通常時（前日）夕刻時では10km/h（図-4の橙色）～30km/h（図-4の緑色）の区間がほとんどであり、平均旅行速度は21.3km/hであったものが、地

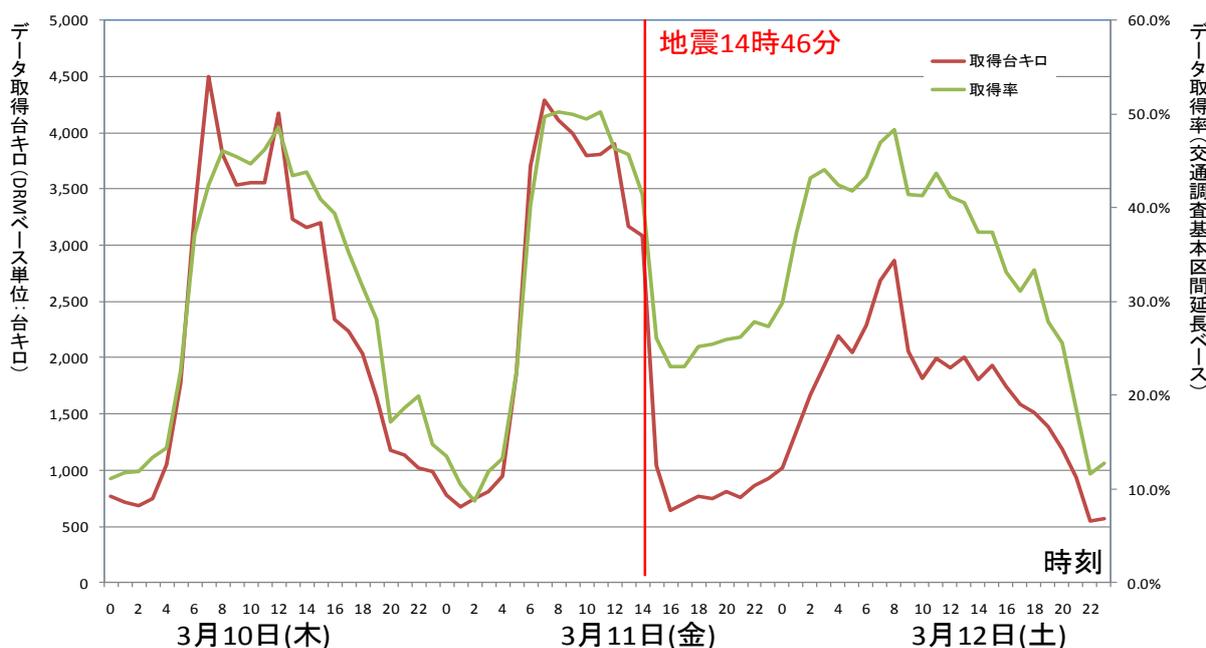


図-3 プローブデータの取得状況（取得台キロ及び取得率）

震直後の夕刻時には、23区内のほとんどの区間は10km/h以下（図-4の赤色）と速度の低下が観測されている。地震後の夕刻の平均旅行速度は6.2km/hとなり、徒歩より

若干速い程度となっている。

なお、東京23区内の面的な平均旅行速度を以下の式に基づき算出した。

$$V_{ave} = \sum L_i / \sum (L_i / V_i) \quad (式1)$$

ただし、 V_{ave} ：(調和) 平均旅行速度 (時刻別)

L_i ：交通調査基本区間*i*の区間延長 (旅行速度データが取得できている区間)

V_i ：交通調査基本区間*i*の平均旅行速度

地震前後3日間の時刻別の平均旅行速度の推移を図-5に示す。図-5から、通常時(前日)の旅行速度を見ると5時台までは旅行速度が30km/h程度だったものが、朝の混雑時に向けて、6時台より急激に旅行速度が低下し、8時頃に17km/h程度になり、その後、昼ごろ(12時~14時)にかけ若干速度が向上した後(約20km/h)、また夕方の混雑時に向けて低下(再び17km/h)し、18時台~20時台にかけ旅行速度が増加している。平日は、この傾向が繰り返すものと考えられ、金曜日でも地震直前まではほぼ前日と同様の旅行速度の推移を経ている。地震後、旅行速度は急激に低下している。15時台以降急激に旅行速度が低下しつづき、18時まで平均旅行速度は6km/h程度まで低下し、20時台に5.4km/hと最低となっている。その後は徐々に旅行速度は回復するものの、次の日の朝4時(地震後12時間)程度になっても平日並みのサービスレベルには回復していないことが読み取れる。

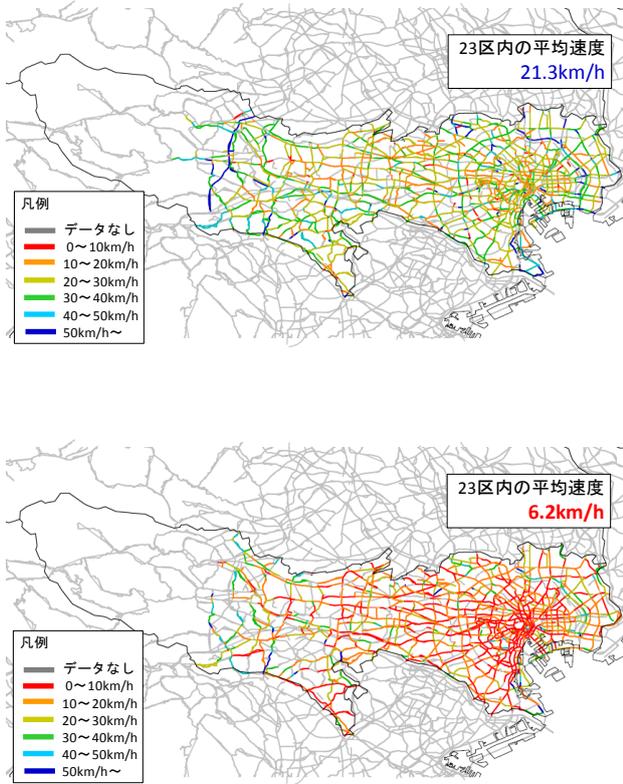


図-4 地震前後における東京都内の交通サービスの低下状況
 上図：3月10日(前日) 16時から23時までの平均旅行速度
 下図：3月11日(当日) 16時から23時までの平均旅行速度

(2)上下方向別の旅行速度分析

交通調査基本区間の上下方向別旅行速度データを用い、式1に従い、東京23区内の時刻別・上下方向別の調和平均

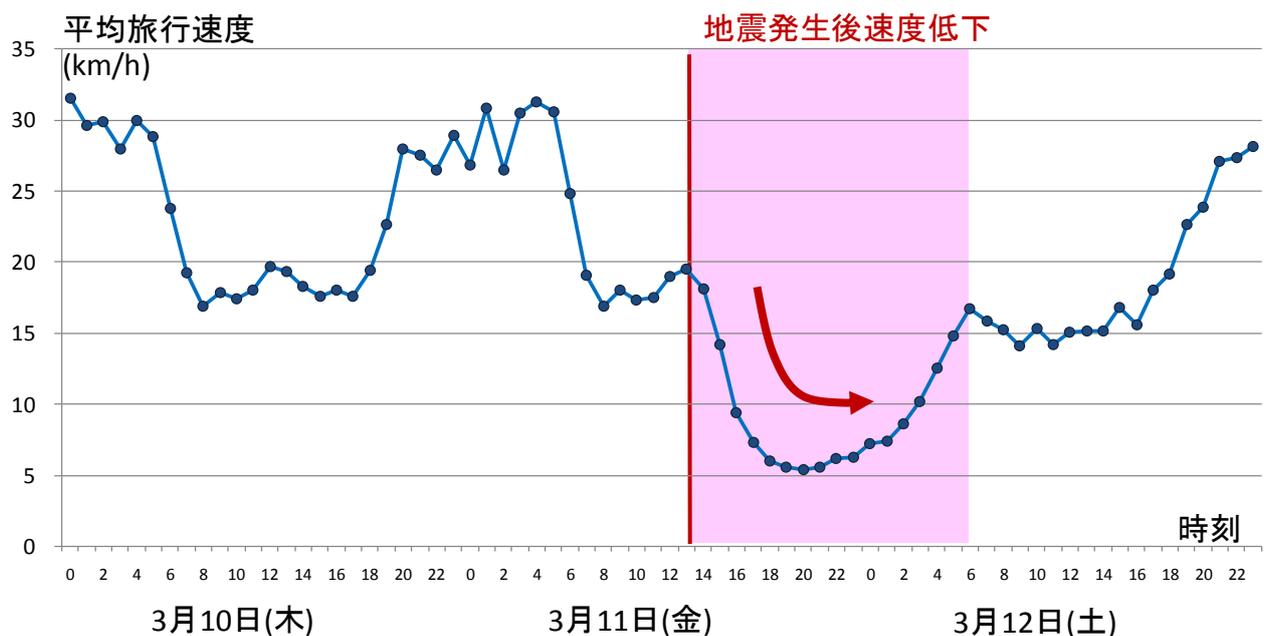


図-5 地震前後における東京23区内の平均旅行速度の推移

から回復までの時間帯を「混雑継続時間」という。)を
 図-7に示す。

図-7の東京23区内の区別の平均旅行速度の推移を見ると、地震発生後、一斉に旅行速度の低下が見られる。その後、すべての区間で16時間以上の混雑状況の継続(旅行速度サービスの未回復)が観測される。

旅行速度サービスについて、混雑継続時間から大きく分け図-7のA・CとB・Dの2区分に分類できる。区分AとCについては、地震発生後16~18時間後には、前日同時刻差で旅行速度サービスが回復している。ただし、区分Cについては、16時間後いったん回復した後、再び18時間後(翌日12日朝8時)から再び混み始め、23時間後(翌日12日昼13時)から旅行速度サービスレベルが通常と同程度まで回復している。

また、区分BとDについては、23時間後まで前日同時刻差での旅行速度サービスは回復していない。区分Bについては、地震発生後24(翌日14時)~28時間(同18時)後までには、旅行速度サービスが通常と同程度まで回復している一方、区分Dについては地震発生後30時間以上も混雑時間が継続していることが読み取れる。

区分AからDまでを地図上に分類したものを図-8に示す。区分Aと区分Cについては東京23区の西側を占め、区分Bと区分Dについては東側を占めている。区分Dは、荒川と江戸川に挟まれた地域で、渡河するための橋がボトルネックとなったため、混雑継続時間が他の区分に比べ最も長くなったものと考えられる。

また、区分A~D毎にエリアの平均旅行速度の時刻毎の推移を(1)と同様の方法で算出し、その結果を図-9に示す。通常時(10日)において、区分A及び区分Bについて

ては、昼間の12時間の旅行速度は常に低い状態であり、慢性的な渋滞が生じており、通常時のサービスレベルは低いことが分かる。一方、区分C及び区分Dは、朝の混雑時(特に7時)は、旅行速度は低下するものの、その時間帯以外は少し回復し、20~25km/hの旅行速度となり、区分A・Bに比べて、道路交通サービスレベルは高いことが分かる。

地震後については前述した通り、区分Aと区分Cの旅行速度のサービスレベルの回復が速く、区分Bと区分Dは遅くなっている。

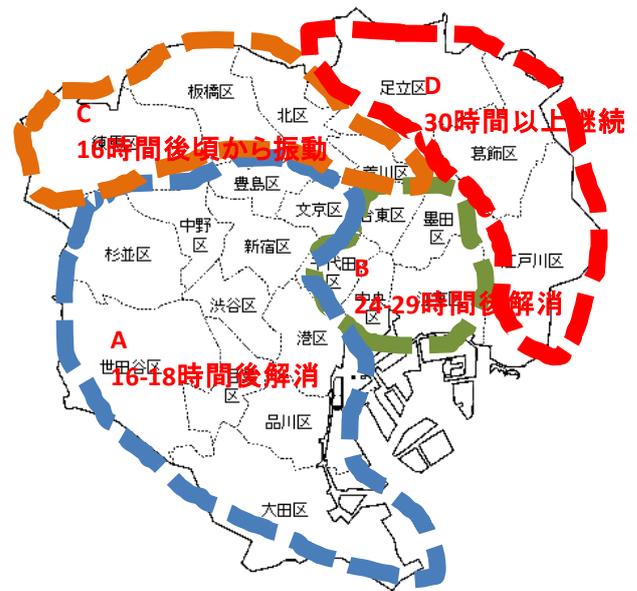


図-8 通常の混雑時のサービスレベルと地震後のサービスレベルの回復による分類

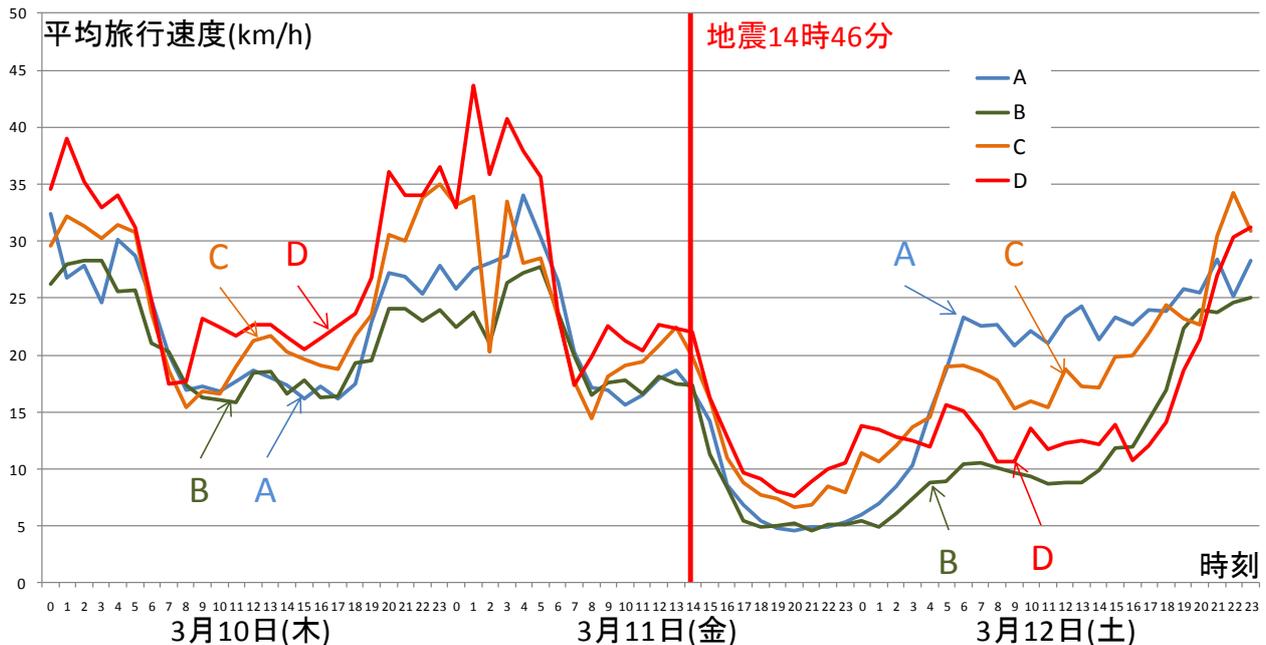


図-9 通常の混雑時のサービスレベルと地震後のサービスレベルの回復による分類(4区分) 毎の平均速度の推移

表-1 通常の混雑時のサービスレベルと地震後のサービスレベルの回復による分類

		通常の混雑時平均速度 (サービスレベル)	
		低い	高い
地震後の平均速度の回復	遅い	B	D
	速い	A	C

ただし、図-9より

- A: 港区, 新宿区, 文京区, 品川区, 目黒区, 大田区, 世田谷区, 渋谷区, 中野区, 杉並区, 豊島区
- B: 千代田区, 中央区, 台東区, 墨田区, 江東区
- C: 北区, 荒川区, 板橋区, 練馬区
- D: 足立区, 葛飾区, 江戸川区

4. エリアのマクロな交通状態量を用いた混雑継続時間の考察

(1) 東京23区における混雑継続時間の考察

3. ではプローブデータによる面的な旅行速度指標として、エリア毎の旅行速度を算出し、時間的経緯を示し、道路交通状況の変化の把握を行えることを示してきた。

エリアとしての交通サービス状況を表現し、分析する上で、吉井らは集計QKとして、対象エリアを総括するマクロな交通状態量として、集計交通流率ならびに集計交通密度を定義し¹⁴⁾、両者の関係を利用するエリア流入制御手法を開発し、分析の有効性を示している^{14)~17)}。そこで本章では、こうしたエリアの交通サービス状況をマクロな交通状態量で捉え得るという考え方を活用し、

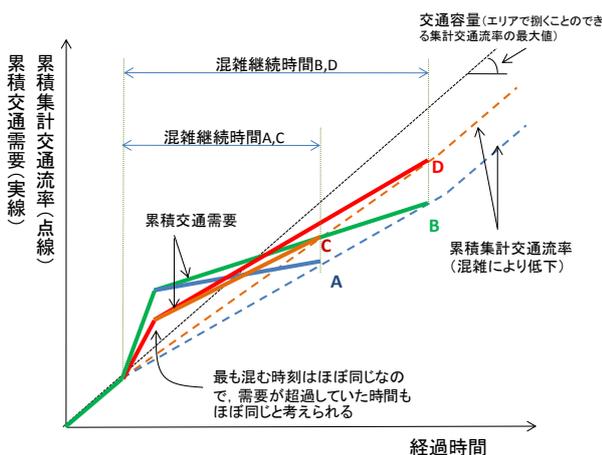


図-10 分類の交通需要、集計交通流率と混雑継続時間の考え方

※ 図は各エリアの交通容量を同じとしたときの概念図であり、流率や需要の大小関係は、実際のそれを表現するものではない。

地震後のエリア別の混雑継続時間の長さについて考察していきたい。

まず、区分Aと区分Bの混雑継続時間を比較すると区分Bの方が長い。このことは、区分Aに比べ区分Bの方が、通過交通も含むエリアの交通需要に対し、捌くことのできた集計交通流率が少なかったことを示す。この交通需要、集計交通流率と混雑継続時間の関係を図示すると図-10のA(青色線)とB(緑色線)の関係となると考えられる¹⁴⁾。

区分Cと区分Dの混雑継続時間の比較も上記と同様に、区分Dは橋等により捌くことのできた集計交通流率に比べ、交通需要の割合が多かったことを示すため、図-10のC(橙色線)とD(赤色線)の関係となると考えられる。

また、表-1にまとめた通り、区分Aと区分Bについては通常の混雑時の平均旅行速度は、他のエリアに比べ低く、渋滞が生じやすいということから、通常の発生交通量は、エリアで捌くことのできる集計交通流率の最大値に比べて、より高いものと考えられる。したがって、図-10では、区分A・Bは区分C・Dに比べて、地震時に発生した交通需要は多く、捌くことのできた集計交通流率は小さく(混雑による集計交通流率の低下幅が大きく)なるものと考えられる。

(2) 震災後の混雑継続時間の短縮方策

マクロな交通状態量でみると、発生が必要交通量が、集計交通流率を越えて累積していき、徐々に集計交通流率と必要交通量の差分だけ、過剰の累積交通需要が少なくなる(図-11の実線)。混雑継続時間をできる限り少なくするには、①地震時の発生交通量を少しでも抑えること(図-11の破線 $Q_1 \rightarrow Q_1'$)、②追加の発生交通量を少なくすること(図-11の点線 $Q_2 \rightarrow Q_2'$)、③エリアの集計交通流率を増加させることとなる。このうち③については、①②により交通密度の増加を原因とする流率低下を抑えることに加えて、ハード整備などのボトルネックとなる箇所の解消等となる。

①については、地震発生直後の移動を抑制するためには一斉に移動を開始しないことが重要となる。実際、地震直後の移動開始時期については、サーベイリサーチセンターによる「東日本大震災に関する調査(帰宅困難/心理と行動編)調査報告書(平成23年6月)」¹⁸⁾によると、地震直後の15時には3割弱、16時には約45%、17時には6割、18時までには全体の7割が移動を開始しており、一斉に移動していたことが伺われる。

移動の理由については、家族の安否等が通信機器等の連絡手段が付かなかったため、安否確認のため、帰るといふやむを得ない理由が存在した。仮に今後、安否確認手法を強化する等により、急いで帰る必要が無い人はゆ

ゆっくり落ち着いてから帰るという選択をすることで、全体の混雑継続時間を少なくすることができる可能性がある(図-11の①)。

また、追加の交通需要については、ボトルネックの解消もあるものの、都心の通過交通については、郊外から都心へ入ってきた上り方向の交通量を、例えば環状道路で受けることで、下り方向の交通量を少なくするということがも有効な手法となるものと考えられる(図-11の②)。

5. おわりに

最後にまとめとして、本稿は、プローブデータを交通調査基本区間の平均旅行速度に加工し、そのデータによりエリアの道路交通サービスの指標として平均旅行速度の推移を見ることで、道路交通サービスの影響をある程度把握することができることが示唆された。今後、これら常時に観測されるデータを活用して、道路施策の分析等に活用されていくものと期待している。

また、今回の分析では旅行速度データのみによる分析を行ったところであるが、車両感知器等より観測される常時の交通量データと合わせて分析することにより、実際のQK分析によるエリアでの制御効果等が示されるものと期待でき、今後の課題として参りたい。

補注

- [1] 集計交通流率は、実際に走行してきた車両の走行台キロをいい、交通容量は、エリアで捌けることのできる集計交通流率の最大値という。参考文献14)の集計QKのQに該当する。
- [2] 3. (2)で見たように路線の上下方向別についても、下り方向の累積交通量の捌ける量が少ないことから下り方向は図-9の区分BやDとなり、上り方向は区分AやCの様な関係となるものと考えられる。

参考文献

- 1) 清水将之, 川村顕大, 岩井亮太: 平成22年度道路交通センサスOD調査の実施概要について, 交通工学Vol.46 No.2, 2011.
- 2) 例えば牧村和彦, 中嶋康博, 佐藤弘子, 石田東生: 「カーナビゲーションシステムを用いた渋滞関連指標に関する基礎的研究」, 土木学会論文集Vol.758, No.4-63, pp. 1-10, 2004
- 3) 例えば毛利雄一: 「実験を活かした交通工学の発展へ」, 交通工学Vol.34, No.6, pp. 3-8, 1999
- 4) 例えば竹内栄一・馬淵一三・藤川謙: 車両感知器データを用いた高速道路の走行速度と損失時間, 高速道路と自動車Vol.46, No.11, pp.60-64, 2003
- 5) 石田東生: 総合交通データベースに向けて, 交通工

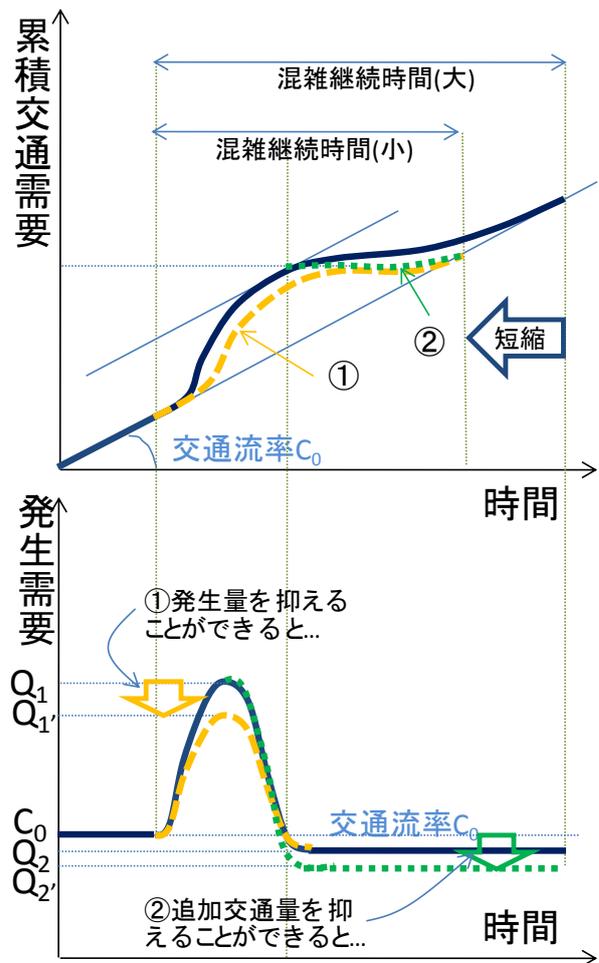


図-11 累積交通需要の増加速度と混雑経過時間の関係

黄色破線 は発生量を抑制できた場合
 緑色点線 は追加交通量を抑制できた場合

- 6) 石田東生: 危機にある大規模交通調査, 交通工学 Vol.46 No.2, pp.1-2, 2011
- 7) 上坂克巳・門間俊幸・橋本浩良・松本俊輔・大脇鉄也: 道路交通調査の新たな展開 ~5年に1度から365日24時間~, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.5.
- 8) 日本デジタル道路地図協会HP: <http://www.drm.jp/database/structure.html>
- 9) 松本俊輔・上坂克巳・大脇鉄也・古川誠: 各種交通データの効率的な活用のための幹線道路網のリンク表現に関する検討, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, 2010.
- 10) 松本俊輔・上坂克巳・大脇鉄也・古川誠: 全国の幹線道路を対象とした交通調査の基本となる区間の導入, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 11) 橋本浩良・河野友彦・門間俊幸・上坂克巳: 「交通円滑化対策のためのプローブデータの分析方法に関する研究」, 平成22年度国土交通省国土技術研究会
- 12) 門間俊幸・橋本浩良・河野友彦・上坂克巳: 常時観測データを用いた新たな道路サービスレベル指標に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.5.
- 13) 橋本浩良・河野友彦・門間俊幸・上坂克巳: 「一般車プローブデータの集計対象期間と旅行速度の推計精度の関

- 係分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.42, 2010
- 14) 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, 第 37 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2008.6
 - 15) 米澤悠二*2・吉井稔雄*3・北村隆一: 集計 QK を用いたエリア流入制御の有効性に関する研究
 - 16) 米澤悠二, 吉井稔雄, 北村隆一: 集計 QK を用いたエリア流入制御の実施効果検証, 第 38 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2008.
 - 17) Geroliminis N. and Daganzo C.F., Macroscopic modeling of traffic incities, 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C. 2007.
 - 18) サーベイリサーチセンター: 東日本大震災に関する調査(帰宅困難/心理と行動編) 調査報告書(平成 23 年 6 月), pp33-36, 2011.6.

ANALYSIS OF THE ROAD TRANSPORTATION SERVICE LEVEL OF TOKYO JUST AFTER THE EARTHQUAKE DISASTER USING PROBE DATA

Toshiyuki MOMMA, Hiroyoshi HASHIMOTO, Katsumi UESAKA, Daisuke SAKAI
and Masahiro TANGE