

東日本大震災時のグリッドロック現象における 首都高速の影響分析

清田 裕太郎¹・岩倉 成志²・野中 康弘³

¹学生会員 芝浦工業大学大学院 理工学研究科 (〒135-8584 東京都江東区豊洲3-7-5)
E-mail:me13028@shibaura-it.ac.jp

²正会員 芝浦工業大学教授 工学部土木工学科 (〒135-8584 東京都江東区豊洲3-7-5)
E-mail:iwakura@shibaura-it.ac.jp

³正会員 株式会社道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2丁目13-14 マルヤス機械ビル)
E-mail:y_nonaka@doro.co.jp

2011年3月11日に発生した東日本大震災で首都東京の交通網は完全に麻痺した。道路交通網においても例外ではなく、大規模なグリッドロックが発生した。発災時において首都高速は速やかに一般交通を排除し、緊急輸送道路としての機能確保が求められるため、震災時における首都高速出入口付近の交通現象を解明し、都市道路ネットワーク全体の交通運用方法のあり方を検討することが重要である。

本研究では、東日本大震災時において首都高速の流入交通が一般道路の交通状況に与えた影響を5分毎に日本道路交通情報センターの一般道路渋滞状況データと首都高速出入口の車両感知器とを用いて定量的に検証する。

Key Words : traffic gridlock, Great East Japan Earthquake, Tokyo metropolitan expressway ,

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災時における都区内の交通混乱は記憶に新しい。近い将来発生が確実視される南海トラフ巨大地震および首都直下地震等を念頭に置いた防災対策への関心も高まっている。内閣府・文部科学省ではこれらの地震震度分布の想定を見直し、いづれも強い地震動の範囲が従来想定より拡大する予想を2012年3月末に発表した¹⁾。一方、中央防災会議、東京都、国土交通省、警視庁、交通事業者により大規模震災時に発生する交通の混乱や帰宅困難者等の課題に対する検討が進められてきた²⁾。警視庁は2012年3月初旬に大地震時の交通規制の見直しを発表し、人命救助・消火活動等に從事する緊急自動車等を円滑に通すための交通規制として、環状7号線内側方向への一般車両の通行禁止、環状8号線から都心方向への一般車両の流入抑制、首都高速をはじめとする緊急自動車専用路の一般車両の通行禁止を謳っており、首都高速を通行中の一般車両にあっては、交通情報板や警察官等の誘導に従って付近の出口から降りるよう促している³⁾。

首都高速には発災時において緊急輸送道路としての機能を速やかに確保することが求められ、東日本震災時に

おける首都高速出入口付近の交通現象の解明を通して、都市道路ネットワーク全体の交通運用方法のあり方を検討する意義は大きい。筆者らはこれまでタクシードロブデータを活用して、東日本大震災時の都区部におけるグリッドロック現象の時空間的拡大プロセスを分析し、発災直後の渋滞発生要因として首都高速の通行止めの影響を指摘した⁴⁾。しかし、タクシードロブデータは時空間的分解能が低いことから分析精度に限界があり、より詳細に渋滞現象を分析する必要がある。

そこで本研究では、首都高速の車両感知器データと日本道路交通情報センターの一般道路渋滞状況データを用いて、東日本大震災時における首都高速の流入交通が一般道路の渋滞状況に与えた影響を検証する。

2. 分析方法

(1) 分析データ

a) 首都高速車両感知器データの概要

首都高速の車両感知器は、主に交通状態や所要時間情報を提供することを目的として、高速本線上と出入口に設置されている。高速本線上の設置間隔は300m-600m

である。本分析で使用する車両感知器データは、5分毎の交通量(q), 平均速度(v), 占有率(Occ)である。ただし、出入口の車両感知器では5分毎の交通量(q)と占有率(Occ)が取得される。

b) 一般道路渋滞状況データの概要

日本道路交通情報センターから提供される一般道路の渋滞情報データを使用する。一般道路の渋滞状況は当該センターのビューアで確認できる。5分毎の平均速度によって区分され、20km/h以下は混雑状態として黄色で描写、10km/h以下は渋滞状態として赤色で描写される。描写される渋滞をビューア上で選択することで、渋滞長に関する情報が取得できるシステムとなっている。

なお、分析対象日は通常時と震災時の比較を行うため2011年3月4日(通常時)と同年3月11日(震災時)を対象とする。また、分析対象時間帯は、震災前と震災直後の渋滞状況を把握するため14:00~17:00を分析対象時間とする。

(2) 一般道路渋滞状況の把握

震災直前と震災直後の一般道路における渋滞発生状況を把握するために、一般道路渋滞状況データから首都高速出入口周辺における一般道路の交通状況(渋滞図)を時系列で整理し渋滞状況を把握する(図-1参照)。取得した渋滞図により目視で、渋滞先頭地点や渋滞・混雑の拡大傾向を把握する。

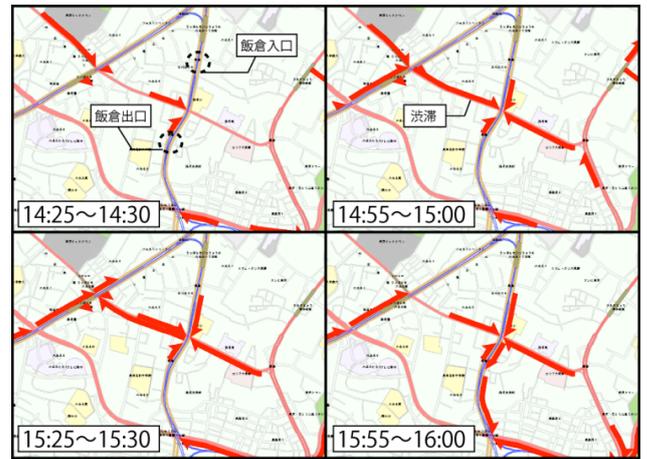


図-1 飯倉出入口付近の交通状況推移(震災時)

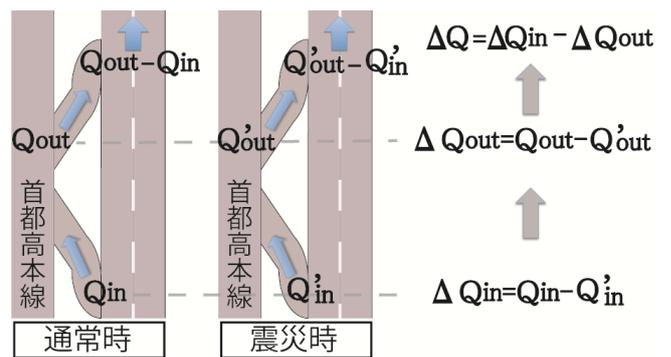


図-2 首都高速流入交通の交通負荷量算出の概念

(3) 首都高速流入交通量の把握

首都高速出入口の車両感知器データから、通常時と震災時における首都高速の車両流入の交通量を取得する。また、首都高速の出入口の相対的な位置関係を把握し、接続一般道路に対して交通量増減に寄与する出口と入口の関連付けを行う。出入口の車両感知器から取得した流入交通量の推移を整理したうえで、震災後の1時間(14:45-15:45)を対象に首都高速の閉鎖に伴い一般道路の利用を強いられた、通常は首都高速に流入する交通量(本研究では交通負荷量という)を算出する。ここで、通常時の流入交通量を Q_{in} とする。また、震災時において首都高速に流入することのできなかつた交通量を Q'_{in} とする。同様に流出交通量は、通常時は Q_{out} 、震災時は Q'_{out} とする。

(4) 首都高速流入交通の交通負荷量算出方法

首都高速流入交通の交通負荷量の評価を行う。交通負荷量算出の概念を図-2, 図-3に示す。評価にあたっては、首都高速の出入口前後区間の一般道路の渋滞状況にに着目する。通常時の流入交通量 Q_{in} と震災時における流入交通量 Q'_{in} の差である流入交通量差 ΔQ_{in} を求める(図-3参照：流入交通量)。同様に、通常時の流出交通量 Q_{out} と震災時における流通量 Q'_{out} の差である流出交通量差

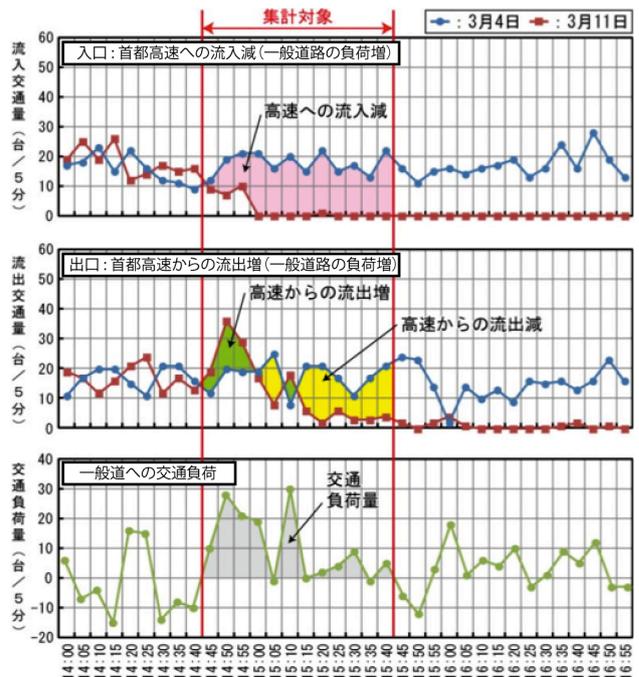


図-3 一般道路の交通負荷量(飯倉流入交通)

ΔQ_{out} を求める(図-3参照：流出交通量)。さらに流入 Q_{out} と震災時における流通量 Q'_{out} の差である流出交通量差 ΔQ_{out} を求める(図-3参照：流出交通量)。さらに流入交通量差 ΔQ_{in} と流出交通量差 ΔQ_{out} の差を交通負荷量

ΔQ として算出する(図-3参照：交通負荷量).

(5) 交通負荷量の算出式

以上で求めた震災時における首都高速の流入交通の交通負荷量が一般道路の交通状況に及ぼす影響を考察する。以下に首都高速の流入交通量から交通負荷量の算出式を示す(図2, 図3に対応).

[交通負荷量(ΔQ)算出式]

$$\Delta Q_{in} = Q_{in} - Q'_{in} \quad (\text{震災時流入交通量})$$

$$\Delta Q_{out} = Q_{out} - Q'_{out} \quad (\text{震災時流出交通量})$$

$$\Delta Q = \Delta Q_{in} - \Delta Q_{out} \quad (\text{交通負荷量})$$

ここに,

Q_{in} : 通常時流入交通量 Q'_{in} : 震災時流入交通量

Q_{out} : 通常時流出交通量 Q'_{out} : 震災時流出交通量

(6) 首都高速出口交通の速度推定方法

各出入口の震災前後1時間(13:45-15:45)を対象に首都高速出口交通の速度変化を車両感知器データから取得し, 考察する。具体的には, 震災前の平均速度に対する震災後の平均速度の比をもって評価する。この際, 出口の車両感知器データには速度が記録されていないため, 平均車長を7mと仮定して, 出口の車両感知器から取得可能な, 占有率(Occ)と交通量(q)から速度(v)を推定する方法をとった。首都高速出口交通の速度(v)推定式を以下に示す。

$$V = \frac{QL}{10Occ}$$

$$V = 0.7Q / Occ \quad (\text{出口交通の速度})$$

ここに,

L : 平均車長 Q : 出口交通量 Occ : 占有率

3. 首都高速流入交通の一般道路への影響分析

前項までの分析方法を用い, 飯倉出入口付近を例として, 震災時における首都高速の流入交通が高速出口付近の一般道路へ及ぼす交通負荷量の影響を考察する。

(1) 一般道路の交通状況推移

震災時における飯倉出入口周辺の一般道路の交通状況について, 14時30分から30分毎の時系列図示す(図1参照)。15時に飯倉出入口間の一般道路交差点において渋滞の発生が確認できる。震災直前の14時30分から14時45分にも出入口周辺で一時的な渋滞が観測されているが, 震災直

表-1 一般道路に影響を及ぼす出入口の抽出結果

代表ID名		霞が関(外)	飯倉	江戸橋	京橋	
首都高速	a	Q'out(直後-直前) 台/時	-124	-78	5	-54
	b	ΔQ (交通負荷量) 台/時	227	126	138	180
	c	V'out(直後/直前)	0.91	0.66	0.90	0.80
	d	Qout-Qin(3.04) 台/時	-91	-2	-49	-141
一般道路	道路名		六本木通り	外苑東通り	昭和通り	昭和通り
	e	渋滞発生状況確認(3.11)	有	有	有	有
	f	渋滞発生状況確認(3.04)	無	有	有	無

後に発生した渋滞が広域に拡大していく様子がみてとれる。なお, 通常時(3月4日)同時刻の飯倉出入口周辺において渋滞は発生しているものの, 震災発生後と同規模の渋滞が発生していないことを確認している。

(2) 震災前後の流出交通量の推移

首都高速都心環状線において一般道路に影響を及ぼした出入口の抽出結果の一覧を表-1に示す。飯倉出口に着目して, 震災発生時刻である14時45分を境とした震災前後各1時間の流出交通量の変動をみたところ, 震災後の流出交通量 Q'_{out} が震災直前と比較して78台/時減少していることが表-1からみてとれる。このことから, 震災後に首都高速から離脱した流出交通量が増加したことにより首都高速周辺一般道路の渋滞が悪化したわけではないことがわかる(表-1)。また, 飯倉出口ランプの速度をみると, 震災後は渋滞までには至っていないが, 前述した様に交通量が減少しているにもかかわらず, 速度が低下している様子がみてとれる(表-1)。

以上のことから震災時における首都高速周辺の一般道路では, 速度低下はみられるも流出交通量は, 通常時に比べ減少していたことがわかる。

(3) 一般道路への交通負荷

飯倉出入口周辺の一般道路で震災時の交通負荷量 ΔQ をみると, 通常時の飯倉出入口間における交通量に対して震災時の交通負荷量が126台/時増加していることがわかる。しかしながら, (2)で述べた様に震災時の流出交通量 Q'_{out} は, 通常時の流出交通量 Q_{out} 比べ減少している。すなわち, 首都高速の閉鎖に伴う当該地点の交通負荷量 ΔQ は, 震災後の首都高速からの流出交通量 Q'_{out} の増加に伴った渋滞ではなく, 首都高速の入口が閉鎖されたことにより首都高速本線に流入することができず, 一般道路利用を強いられた図-3に示した高速への流入減である, 震災時の流入交通量 Q'_{in} の影響が非常に強いことがわかる。なお, 飯倉出入口において通常時の流入交通量($Q_{out}-Q_{in}$)にほとんど差(-2台/時)がないことから, 震災時の交通負荷が大きかったことがわかる。このことから震災時において, 首都高速入口閉鎖に伴い本線に流入することのできなかつた流入交通量 Q'_{in} が通常時より減

少していた震災時における流出交通量 Q_{out} の減少値より大きく、一般道路への交通負荷量 ΔQ を増加させたことがわかる。よって飯倉周辺の一般道路は、首都高速の流出入交通の影響を顕著に受けていることが考えられる。

(4) その他の出入口への展開

飯倉出入口と同様のアプローチにより、首都高速都心環状線各出入口で同様の検証を行った結果、発災直後において首都高速の流出入交通が一般道路の交通状況に影響を及ぼしたと考えられる出入口として以下の出入口を抽出した。震が関(外回)、飯倉、京橋、江戸橋を抽出した。前述した飯倉を含め4箇所が抽出された。以上4箇所について周辺一般道路の渋滞状況を10分毎に時系列に整理したものを図4に示す。各出入口においても飯倉と同様に交通負荷量 ΔQ の値が大きいことがわかった(表-1参照)。

4. おわりに

都区内における大規模な交通状況評価には、首都高速の集中工事や橋脚耐震補強工事に伴う大規模規制時の事例などが存在するが、今回のケースのように帰宅避難需要が時空間的に集中し、大規模なグリッドロック現象を扱った事例はない。

本研究では、東日本大震災時における首都高速の流出入交通量と一般道路の交通状況の関係性を考察した。また、震災時における一般道路渋滞状況を整理し、首都高速の流出入交通量が一般道路に与える交通負荷量を算出した。その結果、震災時における流出入交通の一般道路への影響は、首都高速からの流出交通量の増加によるものよりも、首都高速本線に流入することができずに一般道路利用を強いられた交通の影響が非常に強いことがわかった。また本研究のアプローチより都心環状線で同様の現象が起きている出入口が飯倉を含め4箇所存在することがわかった。

今後は、同様の分析を放射路線を含む首都高速全線に展開し、首都高速の全出入口について首都高速の通行止めと都区内におけるグリッドロック現象の発生から収束までのプロセスの解明が急務であると考えられる。

近い将来発生が確実視される南海トラフ大地震や首都直下型地震に備え、首都高速を遅滞なく、速やかに緊急輸送道路として活用するための出入口直近ボトルネック構造の解明と都市道路ネットワーク全体の交通運用対策を検討していきたい。

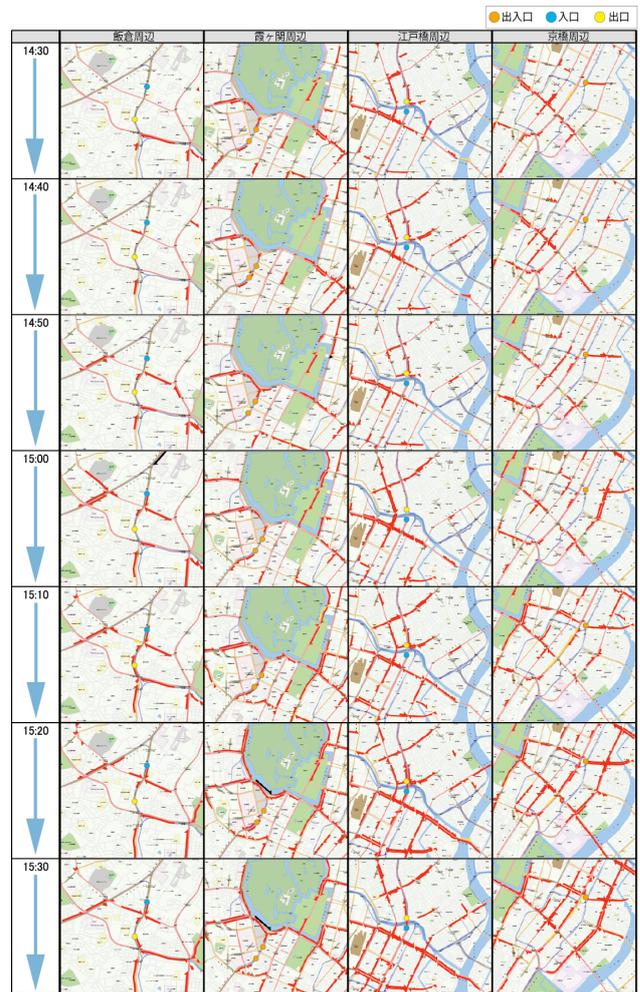


図-4 出入口付近の交通状況推移(震災時)

謝辞: 本研究を遂行するに際し、データ提供等で首都高速道路(株)の遠藤学史氏にご支援を頂いた。また、本研究は(一財)日本デジタル道路地図教会の研究助成を受けた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 内閣府：防災情報ページ。
<http://www.bousai.go.jp/>
- 2) 警視庁：大震災発生時における交通規制。
http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/shinsai_kisei/new_1.htm
- 3) 警視庁：震度5強が発生した場合の交通規制。
http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/shinsai_kisei/new_2.htm
- 4) 清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘; 東日本大震災時の都区内道路のグリッドロック現象に関する基礎的考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, CD-ROM 4pages, 2012.11