

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

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 工学部土木工学科 (〒135-8584 東京都江東区豊洲3-7-5)
E-mail:h08206@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。今後首都圏付近で発生する地震に備え、震災時におけるグリッドロック現象の時空間拡大プロセスの分析とボトルネック箇所を解明することを目的とする。

本研究では、タクシープローブデータを解析し3月11日の首都東京のグリッドロック拡大の様子とボトルネックと推測されるリンクを抽出した。また震災時における首都高速道路出口の強制流出がグリッドロックを誘発する可能性を分析した。

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

1. はじめに

南海トラフ巨大地震および首都直下地震の震度分布の想定見直しが2012年3月末に内閣府・文部科学省から相次いで発表され、いずれも従来よりも強い地震動の範囲が拡大する報告であった¹⁾。大規模震災時に発生する交通の混乱や帰宅困難者に対する課題の検討が中央防災会議、東京都、国土交通省、警視庁、交通事業者で進められているところである²⁾。特に警視庁は2012年3月初旬に大地震時の交通規制の見直しを発表し、環状7号内側の全面通行止めから流入のみの禁止に変更とした³⁾。高速道路からの強制流出を強く謳っている。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では東京で震度5強と観測されたが、都市鉄道の運行が長時間にわたって停止し、都区内では大量の帰宅避難者による大混雑が発生した。自動車交通の渋滞も著しく各所で交通マヒ状態となり、震災時における都市道路ネットワークの脆弱さが浮き彫りとなった。わが国で、このような大規模なグリッドロック現象が発生した事例はなく、また都区内全域の大規模渋滞を想定した研究事例はみられない。

震災時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するとともに、ボトルネック箇所を解明し、震災時を見据えたボトルネック構造や交通運用方法のあり方を検討することが、首都東京の耐災性向上のための喫緊の課題と考える。

2. 分析方法

本研究は以下のアプローチによってボトルネック構造の解明を進める。

(1) グリッドロック箇所抽出方法

タクシープローブデータを活用して東日本大震災当日の渋滞状況をデジタル道路地図（以下、DRM）上に展開する。時々刻々変化するDRMリンク上の旅行速度から、グリッドロック箇所の特定とその拡大範囲を明らかにする。特に震災直後の首都高速の全線通行止めによって大量の車両が一般道へ流出したことで、大渋滞が早期に顕在化したと言われており、首都高速出口周辺部の渋滞の拡大状況を詳細に分析する。

複数社のプローブデータより、震災時のデータ数の相対的な大きさと入手可能性とを考慮して、日立オートモティブシステムズ社が提供するタクシープローブデータを選定し、2011年3月一か月間のデータを利用する。これは都内を走行する約3000台のタクシーの走行位置とリンク所要時間データであり、乗車有無を識別するフラグより乗車時の走行データのみ対象とすることで、道路交通状態を把握することが可能である。このタクシープローブデータのDRM 2次メッシュのデータカバー状況を考慮し、都区部および周辺地域の15メッシュ分（メッシュコード：533924-533926, 533934-533937, 533944-533947,

533954-533957) のDRMを対象とした。

この2種類のデータからDRMリンクごとの時間帯別旅行速度を算出し、時速5km/h未満が2時間にわたって連続したリンクをグリッドロック区間と本研究では定義する。なお、実交通現象におけるグリッドロックの厳密な定義はなく時速5km/h未満は歩行速度と同等で、極めて激しい渋滞状況を指す。

(2) ボトルネック箇所の抽出方法

以上のリンクごとの時間帯別旅行速度データをもとに、船岡ら⁴⁾が提案するボトルネック判定手法を参考にしてボトルネック分析を行う。表-1の例により具体的方法を説明する。連続するリンクごとに、タクシープローブから得られるリンク所要時間とDRMから得られるリンク長(計算値)をもとに各リンクの旅行速度を算出し、グリッドロックリンクを特定する。

例えば、メッシュ533936の路線番号316(都道316号)ではリンク3065:3074から3089:3090で20時以降に時速5km/h未満の旅行速度が連続しているが、リンク3090:3098では、3089:3090に比して速度上昇がみられる。これはボトルネックリンクの3089:3090を通過して走行状態が改善したと判定し、上流側の3089:3090をボトルネックとして抽出する。メッシュ533956の路線番号307(都道307号)も同様な考え方でボトルネックリンクを4530:4531と判定する。ただし、このケースは速度上昇がみられる下流リンクのプローブデータが存在しないため、一番下流の渋滞リンクをボトルネックと判定する。

なお、渋滞が交差点を超えて異なる路線に延伸した場合に、ボトルネック箇所を誤判定する可能性があるため、上記の手法にしたがって抽出したボトルネックリンクをGIS上に展開し可視化することで、ボトルネック箇所を特定する。

(3) 首都高速出口周辺部のグリッドロックの分析

首都高速株式会社は14時46分の地震後ただちに全面通行止めを実施し、走行車両を出口から流出させたため、発災直後に発生したグリッドロックは、首都高速出口周辺の道路で発生した渋滞が、その後急速に拡大したものと新聞等で報道された。

これが事実ならば、グリッドロック拡大状況を分析することで首都高速の震災時の運用方法や今後の対策に対していくつかの示唆を与えることができる。

第1に、全ての首都高速出口から車両を流出させるのではなく、出口周辺の一般道の道路容量を考慮して流出部を選別するような運用を行うことである。

第2に首都高速出口から流出させる際に出口周辺の道路容量が低い場合は、流出ランプと本線部に待機する車両が存在したと想定されるため、流出ランプおよび本線部の耐震強度の向上を優先的に進めるべき箇所を特定することで首都高速の強靱性を高める必要がある。

第3に都市間高速道路では既にスマートICとして実践されているが、既存の出入口間に中間出入口を

表-1 グリッドロック区間とボトルネックの抽出例

DRMリンク		時間帯別速度(km/h)										
2次メッシュ	ノード	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時
533936	3065	3074	24.5	21.8	17.6	7.6	8.5	6.3	5.4	3.0	2.6	3.9
533936	3074	3087	28.3	27.3	13.4	6.5	7.6	6.5	7.3	0.0	4.1	2.0
533936	3087	3089	19.7	22.6	11.5	9.6	6.1	6.6	5.7	3.4	2.8	2.6
533936	3089	3090	31.5	20.3	15.3	18.0	19.9	9.3	8.2	4.4	2.2	10.3
533936	3090	3098	38.9	30.7	16.4	14.1	22.8	8.0	16.0	9.0	6.7	14.6

DRMリンク		時間帯別速度(km/h)										
2次メッシュ	ノード	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時
533956	4517	4518					3.0	3.2	2.4			
533956	4519	4521	16.8	54.1	16.2	4.2	2.3	2.7		3.5		4.6
533956	4521	4522	20.1	61.7	7.6	2.8		3.0	3.3	2.0		3.3
533956	4522	4524	20.4	53.5	53.5	3.3		3.1	4.4	5.0		4.6
533956	4524	4526	18.4	44.1	44.1	22.1		8.5	3.8	5.4		4.2
533956	4526	4528	21.7			24.6		3.8	3.9	3.0		4.7
533956	4528	4529	25.0			3.0	8.1	5.8	4.5	3.2		6.1
533956	4529	4530	12.5			9.1	6.7		3.7	3.8	3.4	4.2
533956	4530	4531				8.5	4.0	2.3	6.0	4.6	6.0	3.1

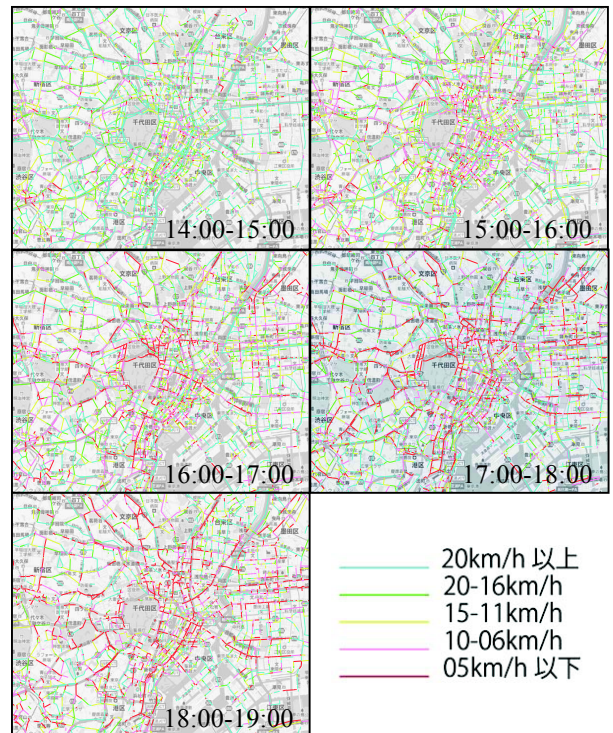


図-1 タクシープローブによる震災後の旅行速度の変化

設置するアイデアがある⁵⁾。これは震災時の強制流出の際に流出車両を分散させて、局所的な渋滞発生を緩和する効果がある。ただし、中間出入口の設置位置は一般道路の道路容量を考慮して選定する必要があるだろう。

以上の観点から、特に首都高速出入口周辺の渋滞の状況について詳細な考察を行う。

3. 分析結果

(1) 時間帯別渋滞区間の分析結果

図-1に14時から19時までの1時間ごとの都区部の旅行速度を示す。14時台ではほとんどのリンクで15km/h以上の旅行速度となっているが、震災直後の15時台から皇居周辺で時速5km/h未満のグリッドロック区間が出現し始める。その後16時台にはグリッドロック区間が拡大していき、帰宅時間帯には広域なグリッドロック現象が認められた。

(2) 都心方向への車両の流入傾向

図-2に18時から19時のグリッドロックを都心方向と郊外方向に分けて示す。青が都心に向かう交通で赤が郊外に向かう交通である。

首都圏の北東側で都心に流入する方向のグリッドロックが卓越し、南西側では郊外へ流出する方向のグリッドロックが卓越している。未だ原因の特定はできていないが、通常時の当該時間帯のODの解析、業務ODの分析、道路容量の地域別の比較を進めていきたい。

(3) グリッドロック区間とボトルネックの抽出

図-3にグリッドロック区間とボトルネックの候補を示す。図中の赤い太線がボトルネックリンクとして抽出した区間であり、黒丸がその先頭のボトルネック候補、黒い太線がグリッドロック区間である。

全般的な渋滞状況として、中央区内および放射方向の国道、都道等主要幹線道路でのグリッドロックが顕著であること、環状8号および環状7号東側では長い距離のグリッドロックが認められなかったことがあげられる。

中央区や港区内では、日比谷通り、昭和通り、新大橋通り、中央通りといった南北方向の道路と鍛冶橋通り、晴海通りなど東西方向の道路で長い距離のグリッドロックが発生しており、これらの道路の交差点部にボトルネック候補が多数存在する。また、環状道路となる山手通り、環状7号（平和島-明大前）と放射道路との交差点部にもボトルネック候補が認められる。

当然ではあるが、渡河部とこれにアクセスする道路でのグリッドロックも認められた。なお、比較的長いグリッドロック（概ね延長3km以上）が認められた放射幹線道路を、西側から時計回りに列举すると、第一京浜R15、第二京浜R1、海岸通りR357、甲州街道R20、青梅街道R5、春日通りR254、白山通りR17、本郷通りR455、明治通りR306、国道4号、国道6号、京葉道路R14、新大橋通りR50である。

図-4は地震発生直後の15時から19時までのグリッドロック区間の時空間的な拡大状況を図示したものである。震災直後に著しい速度低下を起こした図-3のリンクがボトルネックとなり、その後、グリッドロック区間が急速に空間的に拡大していったことがわかる。また、地震直後の15時台に著しい速度低下を起こした図-4の赤色の範囲は首都高速都心環状の西側出口の直近に多数存在する。

(4) 首都高速出口周辺部のグリッドロック構造の分析

震災直後に首都高速は全面通行止めとなり、大量の車両が一般道に流出したことで初期の大渋滞が発生し、それが起点になって渋滞が空間拡大していき、夕方17時過ぎからは帰宅の車両と、都市鉄道の運行停止によって、グリッドロックの拡大プロセスは発生した大量の歩行帰宅者で右左折が困難になった事が考えられる。これまでの分析結果を踏まえて、首都高速出口周辺で発生したグリッドロックの発生要

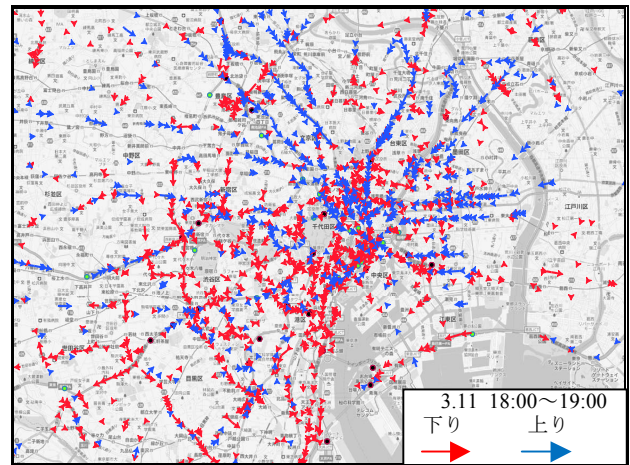


図-2 方向別グリッドロック箇所

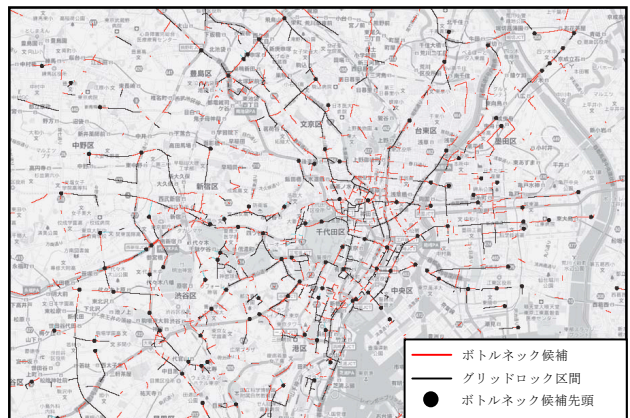


図-3 ボトルネックの抽出結果

因を考察したい。

図-3の分析から把握できた発災初期段階での著しい速度低下地点を表-2に示す。本研究で対象としたDRM2次メッシュのうち、環状8号内に存在する全79箇所の出口の42%にあたる33箇所がこれに該当し、37%にあたる29箇所の出口では強制流出の影響が認められなかった。

発災初期段階での著しい速度低下が出現した出口の特徴をみると、都心環状線の西側（代官町、霞が関、飯倉、芝公園）と、明治通りおよび山手通りの周辺に多く分布していることがわかった。都心環状線西側は出口間距離が長く、流出車が集中したのではないかと考えられる。反面、影響が小さかった都心環状線北東側の出口はそれぞれ近接していることから、分散流出により一般道の混乱を避けられた可能性がある。一方、明治通りや山手通り付近の放射線出口の多くが、都心環状線から最初または二番目に位置しており、やはり出口間距離が長い。これらのことから、一般道の道路構造や交通状況を勘案しつつ、緊急退出路としての中間出口（場合によっては通常時の利用考慮）の配置検討が示唆される。

なお、その他の17箇所の出口についても著しい速度低下が起きていた可能性はあるが、タクシープローブ機器搭載車両が当該道路を走行していない場合には、速度低下が確認できない点に留意されたい。

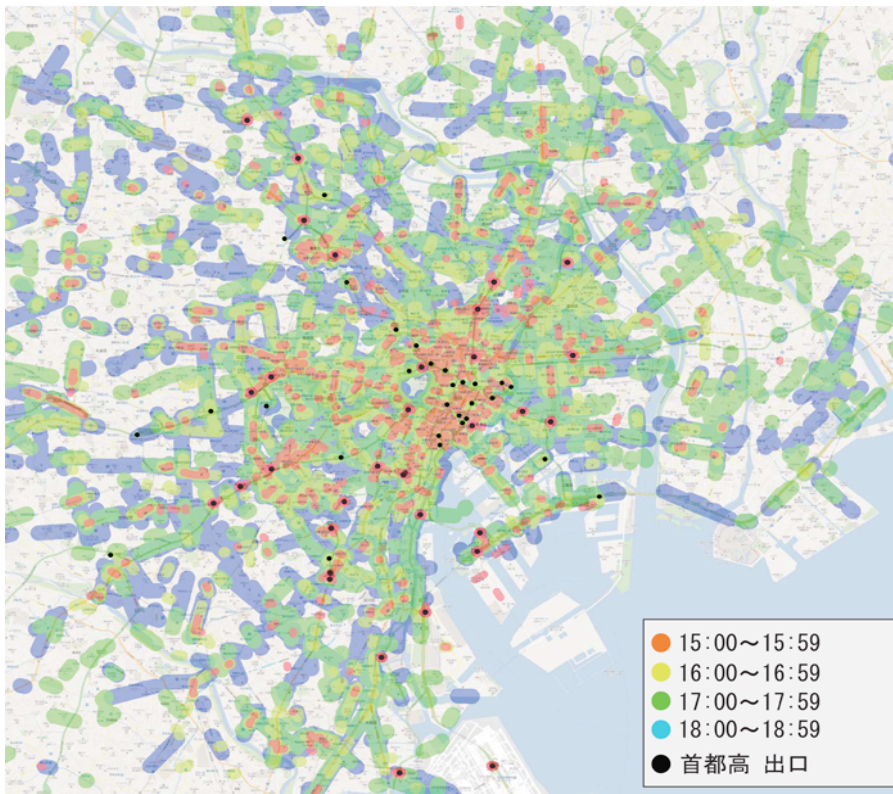


図-4 震災後著しい速度低下区間の時空間的な拡大状況

表-2 速度低下に影響した出口

一般道での速度低下を引起した出口		一般道での速度低下に影響がなかった出口	
路線番号	ランプ名	路線番号	ランプ名
C1	芝公園	C1	代官町
C1	飯倉	C1	一ツ橋
C1	霞が関	C1	神田橋
C1	北の丸	C1	呉服橋
C1	新富町	C1	江戸橋
C1	銀座	C1	宝町
目黒線	目黒	C1	京橋
目黒線	荏原	C1	汐留
目黒線	戸越	C2	西池袋
羽田線	芝浦	C2	新板橋
羽田線	羽田	東京高速	新橋
羽田線	鈴ヶ森	東京高速	新京橋
湾岸線	空港中央	東京高速	東銀座
湾岸線	大井	八重洲線	丸の内
湾岸線	臨界副都心	八重洲線	常盤橋
湾岸線	台場	品川線	五反田
向島線	向島	湾岸線	新木場
深川線	福住	向島線	箱崎
深川線	木場	向島線	浜町
上野線	本町	向島線	清洲橋
上野線	上野	深川線	枝川
上野線	入谷	渋谷線	高樹町
渋谷線	渋谷	渋谷線	用賀
渋谷線	池尻	池袋線	西神田
渋谷線	三軒茶屋	池袋線	飯田橋
池袋線	早稲田	池袋線	護国寺
池袋線	東池袋	新宿線	代々木
池袋線	北池袋	新宿線	幡ヶ谷
池袋線	板橋本町	新宿線	永福
池袋線	中台		
小松川線	錦糸町		
新宿線	新宿		
新宿線	初台		

4. おわりに

都区内における大規模な交通状況評価には、首都高速道路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。また、このような災害時に顕在化するボトルネックは把握されていない。本研究では、震災時を見据えたボトルネック構造や交通運用方法のあり方を検討することが、首都東京の耐災性向上のための喫緊の課題と考え、東日本大震災で発生したグリッドロック現象に着目して分析をおこなった。震災時におけるグリッドロック現象の時空間的拡大のプロセスの分析、ボトルネック箇所の抽出を行い、特に首都高速出口周辺の道路に注目したグリッドロック構造を考察した。

課題としては、複数のプローブデータやVICSデータ、常時観測データ等を統合的に扱い、グリッドロック現象把握のためのデータ精度の向上を図ることや、通常時のデータではあるものの道路交通センサ等により交通需要の把握を行い、グリッドロック発生の要因の推定を行う必要があると考えている。さらに、本研究で抽出した仮説としての首都高速の強制流出がグリッドロックを助長させる可能性とその対策を検討するために、交通マイクロシミュレータによる解析を進めたい。

謝辞

本研究は、(財)日本デジタル道路地図協会の研究助成を受けて実施した。また、(株)道路計画の石田貴志氏と柳沼秀樹氏にも多くのアドバイスと協力を得た。ここに記して謝意を表す。

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/n_ew_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/n_ew_2.htm
- 4) 船岡直樹, 割田博, 桑原雅夫, 佐藤光, 岡田知朗：首都高速道路におけるボトルネック判定手法構築に関する一考察, 土木学会土木計画学研究・講演集 Vol.36 CD-ROM, 2007年11月。
- 5) 「使える」ハイウェイ推進会議：「使える」ハイウェイ政策の推進に向けて提言本文, 2005年2月