東日本大震災時のグリッドロック現象に基づく 都区内道路のボトルネック箇所の考察

清田 裕太郎¹・岩倉 成志²・野中 康弘³

¹学生会員 芝浦工業大学院 理工学研究科建設工学専攻（〒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現象が発生した。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を行い、震災による渋滞現象の実態を明らかにすることを目的とする。本研究では、タクシブ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を時系列で分析し、上下車線別のグリッドロック発生リンクの特定とボトルネックと推定される地点を抽出した。

Key Words : *traffic gridlock, bottleneck, Great East Japan Earthquake*

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災において首都東京では、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。道路交通網においても、主要幹線道をはじめ、都区内の道路網全体が、長時間にわたり著しい渋滞に見舞われ、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。近い将来発生が確実視されている南海トラフ巨大地震および首都直下地震が発生した場合、同様の渋滞現象が発生すると考えられる。わが国で、このような大規模なグリッドロック現象を定量データで把握した事例はなく、また都区内全域の大規模渋滞を想定した研究例は少ない。

内閣府からは平成25年3月に南海トラフ大地震の被害想定¹⁾が発表され、首都直下地震の被害想定¹⁾最終報告が同年12月に発表された。いずれも首都圏において強い地震動の範囲が拡大する報告であり、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、交通事業者東日本大震災後より進められてきた²⁾。

先に述べた首都直下地震の被害想定をまとめた最終報

告では、大規模地震の発災直後から深刻な道路交通麻痺が発生することが懸念されており、「全く動かない交通渋滞」が発生する可能性が非常に高いことが謳われている。特に環状八号線の内側の渋滞は、早期の道路啓開や緊急交通路を確保することが困難になるとされている。また、緊急交通路以外の道路についても深刻な渋滞が発生する恐れがあり、消防車両をはじめとする、救命救急車両の現場への到達が困難となる可能性があるとして警視庁は、震度6弱以上の地震が発生した場合首都高速を含む7路線（首都高速、国道4号、国道17号、国道20号、国道246号、目白通り、外堀通り）について緊急交通路・緊急自動車専用路線として指定している³⁾。また、震度5強以上が発生した場合は、環状7号線内側への一般車両の通行を禁止し、環状8号線内に流入抑制を行うとしている³⁾。

これらの背景を踏まえて、本研究では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の分析を行い、タクシブローブデータから震災時におけるボトルネック箇所と通常時のボトルネック箇所と比較することで、震災時における都市道路ネットワークのボトルネック箇所の特定を行う。

都区内の道路ネットワークが抱える脆弱なボトルネッ

ク箇所を明らかにすることで、今後発生が予想される大規模地震を見据えた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. 既存研究の概観

(1) グリッドロックの定義

グリッドロック (Gridlock) という用語は、ニューヨーク市の交通技術者Roy CottamとSam Schwartzの発案とされ、1980年4月3日のニューヨークタイムズにおいて、ニューヨークの公共交通ストライキによって発生した大渋滞をGridlockと説明したのが最初とされている⁴⁾。

理論的研究では、Daganzoら⁵⁾やMahmassaniら⁶⁾の先行研究がある。Daganzoらは、グリッドロックは単一リンクで発生する交通集中で表現されるべきではなく、都市内交通において流出制限がない状態で、ネットワーク内の交通量が過剰に増えた時、最適な累積交通量に達する前にネットワークの機能を失う渋滞をグリッドロックとして扱うとしている。また、Mahmassaniらは、上記と同様の現象について、ネットワーク内の最大車両台数に達せずにネットワーク内のヒステリシスによって車両台数が変動する渋滞現象とし、zero-flowまたはminimal-flowとなる状態を扱うとしている。さらにMahmassaniは、グリッドロックの基本的特徴として複数箇所で発生する大渋滞が伝搬して大規模に広がることを指摘している。

上記のようにグリッドロック現象を外生データで判断しようとする場合、単路ではなくネットワークとして最適な累積交通量に達する前にその機能を失う大渋滞としてzero-flowまたはminimal-flowが観測されること、またその状態が面的に拡大していくことと捉えることができるであろう。しかし、都心部の各所における交通量をつぶさに観測することは現実的ではない。東日本大震災時においても、報道等を通して交差点を中心に車両がまったく動かない状態、すなわちMahmassaniらが定義するzero-flowまたはminimal-flow状態を目の当たりにしているが、現状においてzero-flowまたはminimal-flow状態を時空間的、網羅的に把握することは不可能である。

そこで本研究では、現時点で広域道路ネットワークを網羅的に観測可能なプローブデータからグリッドロック現象を捉えることを考え、平均旅行速度が歩行速度並みの時速5km/h未満の状態が2時間にわたって継続するリンクをグリッドロック箇所と仮定する。ここで、グリッドロック箇所の抽出条件を上記のように考えた理由を付記する。本研究では、実道におけるグリッドロック状態は無限に継続するものではなく、少なからずStop and Goを繰り返していずれ解ける状態になる、すなわちそこには

図-1 震災当日のQVKの関係

旅行速度が存在するという解釈に基づくものである。Mahmassaniらが行ったシカゴ市内のネットワークシミュレーションにおいても、交通流率とリンク密度の関係から、グリッドロック現象下にあつてネットワーク内の平均旅行速度は時速2.7km/hと解釈可能である⁶⁾。これは、本研究で定義した時速5km/hよりも低い速度であるが、対象としているネットワークが異なることから、直接的に比較するのは無理があろう。さらに、Mahmassaniらは、エリア内の集計QKにおいてヒステリシスによる車両台数と、これによる渋滞現象でグリッドロックを説明している。しかし、ここでは集計QKを描くほどのデータ分解能を有していないため、震災当日の都区内19箇所の車両感知器データから各地点のQKを重ね書きしてみると、図-1に示すように一般的にみられる渋滞領域から外れたプロットが確認できるが、集計QKを扱っているわけではないので判定が難しい。そこで、これをKV図に展開してみると、時速5km/hで密度が小さいにもかかわらず、速度も低い状態が出現する。これは、一般的な渋滞とは異なる速度低下現象であり、Stop and Goを繰り返す不安定な交通流を捉えたものと解釈される。そこで、本検討ではこのような状態になる時速5km/h以下の状態をグリッドロック状態と仮定したものである。因みに、ある観測リンクの平均旅行速度が時速5km/h未満で2時間継続する状態は、市街地における車両の平均走行速度を40Kmh程度、一般的な信号サイクル長を120秒程度（スプリットは各方向とも同程度）と仮定した時、当該リンクを通過するために2時間のうち9割近くは車両の身動きが取れない状態として試算される。

なお、わが国では大島・大口⁷⁾がシングルグリッドネットワークにおいてグリッドロック現象の発生条件を下流側リンクにおける交差点の合流比と右折車両の割合によって発生との検証を行っている。さらに、田中ら⁸⁾は交通シミュレータSOUND上の主に交差点で発生する双方向の通行を妨げて車両が身動きできなるエラー状態をグリッドロックとして扱っており、これを回避するためのネットワーク構築方法や演算ロジックなどの解決策を論じている。

(2) 大規模震災時の渋滞研究

東日本大震災以降、震災直後の都区内で発生した大渋滞に焦点をあてた研究は多く行われている。また、東日本大震災以前にも過去発生した阪神淡路大震災を教訓として、震災時における交通対応策の課題を中川・小林⁹⁾がまとめている。

中川・小林は、阪神大震災発災から、10年以上経過しているにもかかわらず、発災緊急時における交通対応の視点が変わっていないことを指摘し、発災から1-2日間に発生した現象を時系列で整理を行い大都市における震災時の交通対策に対して対策課題を明らかにしている。教訓と課題として、大渋滞の発生を抑制するための交通規制や、緊急輸送道路自体の運用方法を十分に議論する必要があるとしている。

東日本大震災の交通状況を対象とした既往研究では、プローブカーデータや、車両感知器などの常時観測データが多く用いられている。

飯島・堀口らは、東日本大震災時の交通麻痺状態をプローブカーデータを用いてエリア交通流動性に着目して分析を行っている^{10, 11)}。エリア内(1~2km四方)の交通状態指標であるエリア交通流動性から発災後のタイミングでどの場所から交通困難な状態が波及したか考察している。研究成果として、初期に交通渋滞が発生したのは、15:00頃に皇居北側の都心部から発生したとしている。なお、この成果は後述する筆者らの研究成果と一致する。

津田らは、タクシープローブデータを用いて東日本大震災時の交通状況から、首都直下型地震発生を想定して、緊急車両の走行状況を推定を試みている¹²⁾。タクシープローブデータから、一般車両の平均旅行速度を1kmメッシュ単位でGIS上に展開を行っている。研究成果として、道路種別や道路特性で走行性に違いがでること、発災時に放射状の幹線道路では、速度が最大80%低下することを指摘している。また課題として、首都直下型地震時の道路寸断による交通状況は推定できていないことを記している。

門間ら¹³⁾は、東日本大震災発生前後における東京23区内の交通状況をプローブデータから分析している。23区を4エリアに分解し、各エリア毎の地震発生後の平均旅行速度の変異を分析している、さらにエリア毎の混雑継続時間から、大渋滞発生から解消までの時間を考察している。千葉ら¹⁴⁾は、プローブデータに加えICカードデータを動線データとして、震災時の交通状況を考察している。プローブデータとICカードデータから震災当日の旅行平均速度と所要時間の算出を行い、震災直後の速度低下は、道路規格が高い程早い事を指摘しており、国道規格の道路で15:00台は、14:00台と比べて約40%の速度低下が発生するとしている。

また、東日本大震災時の交通状況を取り扱った事例を国土交通省が報告している¹⁵⁾。ここでは、震災時に首都圏全体で帰宅困難者が約515万人発生しており、都心から郊外向かう歩行者が深夜まで発生し続けていたことが報告されている¹⁶⁾。さらに、帰宅困難者が交通状況に多大な影響を与えたとして、帰宅行動の分析や鉄道復旧タイミングに関する研究も行われている^{17, 18)}。

東日本大震災発生以降、震災発生時の交通状況をプローブデータを用いて広域的に分析した研究が行われている。しかしながら、一般道のグリッドロック箇所やボトルネック箇所といった脆弱な箇所を震災時の状況から特定した研究研究は行われていない。

3. 分析方法

(1) グリッドロック箇所の抽出方法

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)に統合を行うことでGIS上に展開する。DRMリンク上に時々刻々変化するタクシープローブの旅行速度から、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。

プローブデータは複数社が収集しているが、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1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道路交通状態を把握することが可能となる。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を分析対象とする。また、震災当日タクシープローブデータのカバー率は、対象メッシュ内の全リンク総数を100%としたとき時間当たりの平均カバー率は45%である。

また、上記のとおりDRMデータベースに統合したタクシープローブデータからDRMリンクごとの時間帯別平均旅行速度を算出し、時速5km/h未満が2時間にわたって継続したリンクをグリッドロック箇所として抽出する。

(2) 上下区分別グリッドロック箇所の抽出方法

抽出したグリッドロック箇所が一般道の上下線のどちらで発生した現象であるかを、視覚的に判断できるように上下線別の区分を行う。

DRMデータベースと統合したタクシープローブデータは、該当のリンク完走したタクシーが侵入した起点側のノード番号と終点側のノード番号を識別することで、

図-2 都区内道路の時系列変化

ネットワーク上のどちらの方向に向かっているのか判断することが可能である。以上の方法でデータベース上に上下線のそれぞれにフラグを付ける。また、本研究では、上下線の区分するにあたって日本橋を中心点と置いていることから都心部である皇居周辺では、上下線の判断が難いため、外堀通り内のリンクは上下線区分の対象外とする。さらに、グリッドロック現象が都心方向と郊外方向どちらに発生したのかを視覚的に容易に判断するために、都区部の代表的な環状道路である環状6号線（山手通り）、環状7号線、環状8号線、明治通りも外堀通り内リンクと同様に対象外とする。

抽出した上下区分別のグリッドロック箇所の進行方向をより分かりやすくするために、都区内の代表的な放射幹線道路を対象を絞り込んだ。これより震災時の発生したグリッドロック現象を伴う渋滞が都心方向と郊外方向どちらに発生したグリッドロック現象であるか1時間ピッチの時系列図で考察を行う。

(3) ボトルネック箇所の抽出方法

以上のプロセスにより算出したリンクごとの時間帯別

表-1 グリッドロック箇所とボトルネックの抽出例

DRNリンク			時間帯別速度(km/h)											
2次メッシュ	ノード1	ノード2	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	1.6	
533936	3074	3087	28.3	27.3	13.4	6.5	7.6	6.5	7.3	0.0	4.1	2.0	2.6	
533936	3087	3089	19.7	22.6	11.5	9.6	6.1	6.6	5.7	3.4	2.8	2.6	3.2	
533936	3089	3090	31.5	20.3	15.3	18.0	19.9	9.3	8.2	4.4	2.2	10.3	8.0	
533936	3090	3096	38.9	30.7	16.4	14.1	22.8	8.0	16.0	9.0	6.7	14.6	9.3	
DRNリンク			時間帯別速度(km/h)											
2次メッシュ	ノード1	ノード2	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	
533956	4517	4519					3.0	3.2	2.4					
533956	4519	4521	16.8	54.1	16.2	4.2	2.3	2.7		3.5		4.8	3.9	
533956	4521	4522	20.1	61.7	7.6	2.8		3.0	3.3	2.0		3.3	1.9	
533956	4522	4524	20.4	53.5	53.5	3.3		3.1	4.4	5.0		4.6	3.5	
533956	4524	4526	18.4	44.1	44.1	22.1		8.5	3.8	5.4		4.2	3.4	
533956	4526	4528	21.7			24.6		3.8	3.9	3.0		4.7	4.8	
533956	4528	4529	25.0			3.0	8.1	5.8	4.5	3.2	5.8		6.1	4.0
533956	4529	4530	12.5			9.1	6.7		3.7	3.8	3.4	4.2	2.9	5.8
533956	4530	4531				8.5	4.0	2.3	6.0	4.6	6.0	3.1

図-3 平均旅行速度別リンク延長

図4 上下区分別グリッドロックの時系列変化

平均旅行速度データをもとに、船岡ら¹⁹⁾が提案するボトルネック判定手法を引用し、該当するボトルネックの特定を行う。

表-1の例により具体的方法を説明する。道路ネットワーク上で連続する道路リンクごとに、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、時速5km/h未満が2時間にわたって継続するグリッドロック箇所を特定する。

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未満の旅行速度が継続しているが、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、ボトルネックの上流リンクの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の先頭地点をボトルネック箇所として抽出する。

メッシュ533956の路線番号307（都道307号）も同様の考え方でボトルネック箇所を4530：4531の先頭地点と判

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、最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重なる路線に延伸した場合に、ボトルネック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箇所を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。また、通常日との比較を行うため、同様の方法で東日本大震災発生日の2011年3月11日と、震災発生一週間前にあたる2011年3月4日の両日について、同様の抽出を行う。

4. 分析結果

(1) 時間帯別渋滞区間の分析結果

図-2に2011年3月11日の14時から23時までの1時間ごとの都区部リンクの平均旅行速度を示す。また、図-3に時

図-5 ボトルネック箇所の抽出

間帯ごとの平均旅行速度別リンク延長を示す。

14時台ではほとんどのリンクで平均旅行速度は時速15km/h以上と20km/h以上となっていることがみてとれる。リンクごとの延長も時速5km/h以下のリンクは14時台にはほとんど存在しないことがわかる。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箇所が出現し始め、その後16時台になるとグリッドロック箇所の拡大が見られ、17時～18時台の帰宅時間帯には広域なグリッドロック現象が認められる。

図-3に示すリンク延長からも、15時台から時速5km/h以下が100kmを超え、18時台には300kmに達している様子がわかる。さらに、20時台以降は発生直後から拡大した渋滞が都区内全域に広がり、旅行速度の低い道路ネットワークが多く確認できる。

なお、震災発生直後には時速20km/hのリンク延長は増加するが、これはタクシープローブそのもののサンプル数の増加によるものと考えられる。また、時速10km/h以下となるリンク延長は震災発生後から増加し、その後延長300kmでほとんどの渋滞が定着したことがわかる。

これらのグリッドロック現象を伴った大渋滞は翌日4時頃まで継続したことを確認している。

表-2 重複するボトルネック箇所一覧

No	道路名	箇所名
1	国道6号	四ツ木橋
2	国道14号	緑3丁目
3	国道122号	飛鳥山
4	西新宿両国線	神保町
5	東京浦安線	日本橋
6	日比谷豊洲埠頭東雲町線	日比谷
7	日比谷豊洲埠頭東雲町線	築地4丁目
8	国道20号	四谷見附
9	国道21号	新宿4丁目
10	環状6号	神泉町
11	国道1号	戸越三丁目

(2) 時間帯・上下区分別グリッドロック

図-4に2011年3月11日の15時から23時までの1時間ごとの都区部の上下区分別グリッドロック箇所を示す。

15時台の震災発生直後に発生したグリッドロック箇所は、都心方向と郊外方向ともに方向別で目立った特徴は

見られないが、初期に発生したもののほとんどが環状8号線内で発生していることが確認できる。また、16時～17時台では、山手通りや明治通りの内側で多くのグリッドロック箇所が確認され、特に北東と南の郊外方向に多くのグリッドロック箇所が確認される。18時台～20時台では、川越街道や中山道の埼玉方面から都心方面の方向、南西方面はそのほとんどが都心から郊外方向にグリッドロックが多くみられる。21時台以降は、山手通りと明治通りの内側において都心方向と郊外方向へのグリッドロックが混在しているが、山手通りの外側では、ほとんどの放射方向の幹線道路で郊外方向に向かうグリッドロックが確認することができる。また、都心方向へのグリッドロックが多かったのは、18時台から21時台にかけて川越街道と日光街道、18時台から21時台の京葉道路、19時以降の世田谷通りとなっている。

震度5強以上が発生した場合、警視庁は環状7号線内側への一般車両の通行を禁止し、環状8号線内に流入抑制を行うとしているが、環状7号線を境界とした24箇所の交差点で、19時台以降に断続的な都心方向へのグリッドロック現象が確認されている。このことから、震度5強クラスの震災が発生した場合、環状7号線の境界において都心方向への交通集中が考えられる。都心方向および郊外方向へのグリッドロック現象がどのような原因で発生しているかは未だ特定に至っていない。よって、今後は通常時の当該時間帯のOD解析、とりわけ業務ODの分析、道路容量の地点間比較を進めていきたいと考えている。

(3) 震災時と通常時のボトルネック箇所の比較考察

震災時におけるグリッドロック箇所とボトルネック候補、通常時におけるボトルネック候補箇所を分析対象の全時間帯で抽出した結果を図-5に示す。ここで、3月11日の震災時について分析した結果、図中の黒丸がボトルネック候補、赤い太線がボトルネックを先頭とする影響リンク、黒い太線が平均旅行速度が極端に低下しているグリッドロック候補箇所である。一方、震災前の3月4日（通常日）について同様の分析を行い抽出したボトルネック候補を赤丸で示す。さらに震災日と通常日でボトルネック候補が重なった箇所を黒枠で囲んだ赤丸で示す。

東日本大震災時の都心部でプローブデータから捉えられたボトルネック候補箇所は145箇所である。また、同様に通常日に捉えられたボトルネック候補箇所は20箇所である。このうち、17箇所のボトルネックについて、震災時と通常時で重複することが確認された。

そこで、既往資料を引用した傍証として、国土交通省の首都圏渋滞ボトルネック対策協議会が指定する東京都内に存在する主要渋滞箇所²⁰⁾433箇所と上記の重複17箇所のボトルネック箇所を比較したところ、17箇所の重複ボトルネックのうち、主要渋滞箇所に指定されているの

は11箇所であった（表-2）。以上より、表-2に示す11箇所のボトルネックは、今後発生が確実視されている南海トラフ地震や首都直下地震がといった大規模災害が発生した際に、再び大渋滞の引き金となる可能性が高いと考えられる。よって、要注意なボトルネックとして平素から震災対応を考えておく必要があるものとする。

なお、震災時の145箇所のボトルネックの大半は、通常時にはボトルネックとして捉えられなかった箇所、すなわち震災による影響で発現したボトルネックと考えることもできるが、プローブデータの時空間的な分解能を勘案すると、直接的にこの結論を導くのは早計であり、さらにデータを拡充して検証する必要があると思われる。

5. 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の把握や非常時を想定した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、グリッドロック現象の時空間的拡大のプロセスとボトルネック箇所に関する考察を行った。

今後の展望としては、本研究で使用したタクシープローブデータに加えて複数のプローブデータや常時観測データ等をDRMベースでの統合・集約することで、グリッドロック現象の発生から収束に至るプロセスの分析を行うのためのデータ精度の向上を図るとともに、震災に代表される大規模災害時に想定される、都区内の道路状況をより精度高く分析することが重要である。

謝辞：本研究は日本デジタル道路地図協会ならびに科学研究費挑戦的萌芽（課題番号25630219）の研究助成を得て実施した。ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) 内閣府：防災情報ページ
- 2) 警視庁：大震災発生時における交通規制
- 3) 警視庁：震度5強が発生した場合の交通規制
- 4) New York Times：APR 3, 1980.
- 5) Daganzo, C. F. : Urban gridlock : Macroscopic modeling and mitigation approaches, *Transportation Research Part B*, Vol. 41, pp. 49-62, 2007.
- 6) Mahmassani, H. S., Saberi, M. and Zockaie, A. K. : Urban

- network gridlock :Theory, characteristics, and dynamics, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 80, pp. 79-98, 2013.
- 7) 大島大輔, 大口隆: シングルグリッドネットワークにおけるグリッドロック現象の発生条件, 土木計画学研究・講演集, Vol. 48, 2013.
 - 8) 田中伸治, 花房比佐友, 堀口良太, 桑原雅夫: 交通シミュレーションのグリッドロック問題解消策の検討, 生産研究, Vol. 61, No. 4, pp. 751-754, 2009.
 - 9) 中川大, 小林寛: 大都市における震災時の交通対応策に関する研究ー阪神淡路大震災の教訓と現状の課題, 土木学会論文集, Vol. 62, No. 1, pp. 187-206, 2006.
 - 10) 飯島護久, 堀口良太: 東日本大震災時のメッシュ交通情報を用いた都区部における交通流動性分析, 第29回日本道路会議, 2011.
 - 11) 飯島護久, 堀口良太: プローブデータに基づくエリア流動性情報提供に関する研究, 第9回 ITS シンポジウム, 2010.
 - 12) 津田圭介, 胡内健一, 許斐信亮: 首都直下地震発生時に想定される緊急対応車両の走行状況の推定, 日本工営技術情報, No. 21, pp. 37-45, 2013.
 - 13) 門間俊幸, 橋本浩良, 上坂克巳, 酒井大輔, 丹下真啓: 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, 土木学会土木計画学研究・講演集, Vol. 44, 2011.
 - 14) 千葉尚, 中村俊之, 森尾淳, 牧村和彦: 動線データが語る震災時の都内の交通状況〜プローブカーデータ, 交通系 IC データから〜, IBSAnnual Report 研究活動報告, 2011.
 - 15) 東京都: 東京都の帰宅困難者対策の基本的考え方, 2012.
 - 16) 国土交通省関東地方整備局: 3.11 東日本大震災当日の国管理道路(都内 23 区)の交通状況及び応急復旧上の支障, 第1回関東防災連絡会資料, 2011.
 - 17) 杉山茂樹, 高田和幸: 首都圏鉄道運行停止時の帰宅行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol. 46, 2012.
 - 18) 植田 綱基, 織田澤利守: 都市災害時における帰宅交通需要の時間分散政策, 土木計画学研究・講演集, Vol. 46, 2012.
 - 19) 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.
 - 20) 国土交通省関東地方整備局首都圏渋滞ボトルネック対策審議協議会: 首都圏の主要渋滞箇所特定結果, 2013.

(2014. 2. 28 受付)

URBAN GRIDLOCK AND BOTTLENECKS OF TOKYO ROAD NETWORKS DUE TO THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE

Yutaro KIYOTA, Seiji IWAKURA and Yasuhiro NONAKA

A massive traffic congestion and urban gridlock has been observed in many places of central Tokyo, when the Great East Japan Earthquake occurred on March 11, 2011. We analyzed the extended process through time and space of the urban gridlock after the earthquake disaster. It is intended to clarify the actual situation of the traffic congestion by the earthquake disaster.

In this study, we analyzed gridlock expansion of central Tokyo using taxi probe data. Furthermore, the gridlock every upbound and downbound traffic lanes were identified. The bottlenecks of high priority for reducing traffic congestion were extracted based on the above analysis.