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

ESTIMATON OF TRAVEL SPEED OF EMERGENCY RESPONSE VEHICLES AFTER A MAJOR EARTHQUAKE IN TOKYO METROPOLIS

津田圭介 *・胡内健一 *・許斐信亮 *
Keisuke TSUDA, Ken'ichi KOUCHI and Shinsuke KONOMI

A major earthquake could occur at any time in the near vicinity of Tokyo Metropolis. Many vehicles and pedestrians will be expected on the road network because of the disruption to public transport. Emergency response vehicles will be affected by the congestion. The objective of this study was to estimate the reduction in travel speed that emergency response vehicles will experience after the great earthquake compared with that of regular vehicles. We obtained probe data from taxis and records of emergency activities by Tokyo Gas Co. Ltd and used them to estimate travel speed with respect to road types on a local grid cell network.

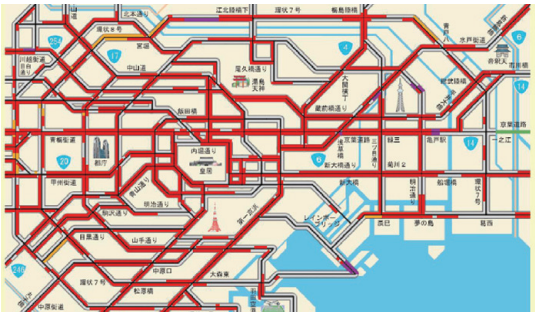
Keywords : *probe data, travel speed, emergency response vehicle, earthquake in Tokyo Metropolis, traffic simulation*

1. はじめに

我が国では、マグニチュード（M）7.0 クラスの地震が毎年のように発生しており、社会生活に多大な被害を与えている。首都圏における M7 クラスの地震の切迫性 [1] は従来から指摘されており、その対策が急務である。首都圏には政治・行政機能、企業の本社機能等が集中しており、東京湾北部地震の際には、東京都で約 390 万人、首都圏においては約 650 万人の帰宅困難者が発生するものと想定されている [2]。実際に、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災では、公共交通の運休と高速道路の通行止めの影響で、東京都は約 352 万人、さらに首都圏で約 515 万人の帰宅困難者が発生したと推計されており [3]、都心から郊外（放射方向）へ向かう自動車および歩行者の列が深夜まで発生し続けた [4]（**図－1**）。廣井ら [5] による首都圏の帰宅困難者の調査報告によると、震災当日に自動車を利用して帰宅した人に関する平均帰宅所要時間は埼玉県で 5.0 時間、神奈川県で 4.5 時間、千葉県で 9.5 時間と推計されている。また、平成 25 年 4 月から施行される東京都条例により、一斉帰宅に係る施策の推進の中で待機指示の努力義務が定められているが [6]、自宅に帰れた人の 83.6% が、同等規模の災害が発生した際にも同様の行動をとると回答していることや [5]、胡内ら [7] の行動意向調査より、大地震発生時に 7 割程度の人はその場にとどまらず、自宅へ引き返したり、職場に向かったりする行動をとると回答していることを鑑みると、首都直下地震発生時における帰宅困難者の発生とそれに伴う混雑発生の可能性を示唆している。

このような自然災害発生時の帰宅困難者の滞留による混雑の発生は、人々の帰宅行動のみならず、救急対応の車両の走行の妨げになる可能性がある。例えば、消防防災上の課題として、東日本大震災における帰宅困難者による道路渋滞の発生と交通規制の必要性が指摘されている [8]。消防の救急搬送のほかにも、ガス事業者によるガス漏れ等への緊急対応など災害発生後の迅速な対応が求められる活動は数多くあり [9]、帰宅困難者や企業参集者等による自動車交通の発生による影響を定量的に評価 [10] しておくことは重要である。

本研究では大規模地震時の応急・復旧計画やライフライン関連事業者の BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）の立案に資するため、東日本大震災発生前後における東京都内の一般車両の走行実績と、ガス事業者の緊急対応の稼働実績を比較分析し、緊急対応車両の走行性を推定した。さらに、首都直下地震発生時を想定し、緊急対応車両の走行阻害状況を定量的に評価した。



図－1　東日本大震災後の幹線道路の道路状況（23 時台）[11]

*　コンサルタント国内事業本部　社会システム事業部
都市・交通計画部

2. 大地震時の行動実態に関する資料整理

今後の地域防災対策やライフライン関連事業者の BCP 等に東日本大震災の経験を活用していくためには、災害発生後の様々な人々の行動を想定することが必要である。そこで、地震発生後の人々の行動について資料調査、WEB アンケート調査を行い整理した。その結果を以下に示す。

(1) 地震発生後の参集行動

はじめに、ライフライン関連事業者や行政機関における BCP および参集行動に関する資料を整理した。

新潟県中越地震時の際にガス事業者がとった緊急対応の実績として、BCP の召集体制に関するマニュアルに基づき、地震発生から 1 時間以内に対策本部を設置し、緊急対応を開始したことが報告されている [12]。また、国土交通省の業務継続計画 [13] では、時間帯ごとの参集可能人数を以下のように仮定している。

① 地震発生の 1 時間後には 4km 圏内に居住する職員のうち 6 割が参集可能

② 地震の発生 3 時間後には 12km 圏内に居住する職員の参集が可能

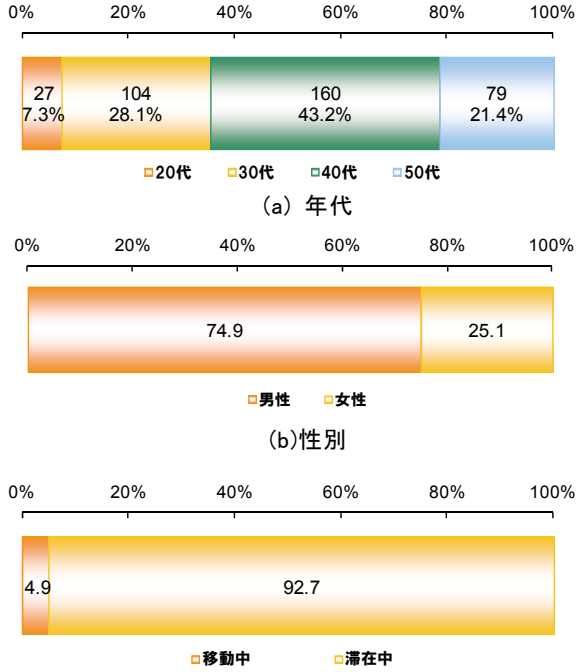
③ 地震の発生 12 時間後から 3 日後では 20km 圏内に居住する職員が参集可能

このように、地震発生から 1 時間後～ 12 時間後の間においては、職員の参集に困難を伴うことが想定されていることから、迅速な参集に向けた課題の把握が重要といえる。

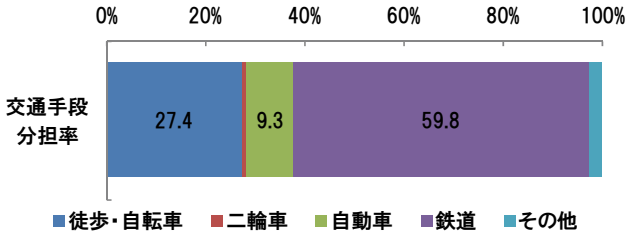
(2) 地震発生後の帰宅行動

本研究では、東日本大震災発災後の行動実態を把握するため平成 24 年 1 月に WEB アンケート調査を実施した。調査対象者は、千葉県に在住し、かつ地震発生時に中央区、千代田区、港区の 3 区において滞在または移動していた人である。有効サンプル数は 370 サンプルで、9 割以上が 30 代～ 50 代、約 75% が男性、地震発生時に滞在中だった人が 9 割以上を占めている（図－ 2）。

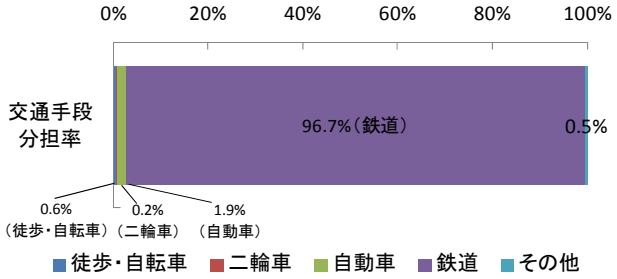
まず、地震発生後の帰宅のために利用した交通手段に関しては、約 6 割が鉄道、約 3 割が徒歩・自転車となっている（図－ 3）。また､自動車を利用した割合は 1 割程度となっている。東京都都市圏パーソントリップ調査結果 [14] によると、通常時の千葉県内から中央区、千代田区、港区への通勤 OD の交通手段は約 97% が鉄道となっている（図－ 4）。2005 年千葉県北西部地震の際にも首都圏のほとんどの鉄道は長時間運休する [15] など脆弱性が指摘されたが、東日本大震災についても公共交通の運休の影響が反映された結果となった。



図－ 2 WEB アンケートの取得サンプルの属性



図－ 3 地震発生後の帰宅における交通手段分担率



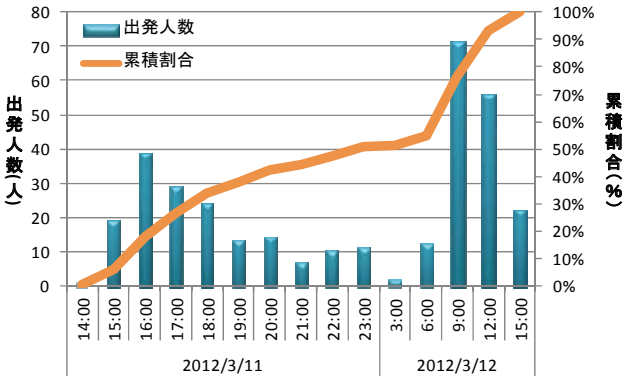
※第 5 回東京都市圏パーソントリップ調査結果を集計

図－ 4 通常時の千葉県～都心部間の通勤交通手段分担率

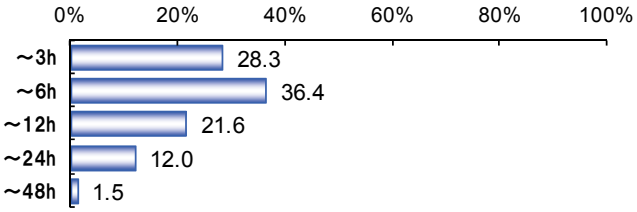
次に、発災後の帰宅時間について集計した。帰宅開始時刻に関しては、発災後 3 時間以内が全体の約 25%、6 時間以内が約 45% となっている。また、4 割以上が翌 9 時以降に帰宅を開始していることがわかる（図－ 5）。このような行動パターンは、公共交通の運行状況に影響をされているものと推測される。同様の結果は、内閣府によるアンケート調査 [16] からも示唆される。

さらに、地震後に帰宅が完了するまでに要した時間を集計すると（図－ 6）、3 時間以内で帰宅できた割合は 3 割弱

であり、帰宅に要する時間が大きく増加していることがうかがえる。また約 1 割が帰宅完了するまで 12 時間以上の時間を要している。これらの集計の結果、公共交通の運行状況に影響を受け、地震発生後 24 時間程度は帰宅困難者の滞留が発生していたと考えられる。



図－ 5　東日本大震災後の帰宅行動を開始した時刻



図－ 6　東日本大震災後の帰宅に要した時間

3.　東日本大震災時の旅行速度の把握

門間ら[17] は、プローブデータをもとに交通調査区間単位で平均旅行速度を推定し、その時間推移によって、道路交通サービスへの影響を把握できるとしている。また、秦ら[18] は 2007 年新潟県中越地震後のプローブカーデータを用いて、道路状況把握の可能性を検討している。そこで、本研究ではプローブデータを用いて東日本大震災時の旅行速度を把握し、首都直下地震発生後の一般車両の交通状況を想定した。

一方、緊急対応車両に関して、南部ら[19] は、救急車プローブデータを活用した救急搬送時の走行性に関する分析を行っている。ライフライン事業者による緊急対応車両のプローブデータの活用事例はこれまでにあまりみられないため、本研究では、東日本大震災後におけるガス事業者による緊急対応車両の出動実績データを用いることとした。

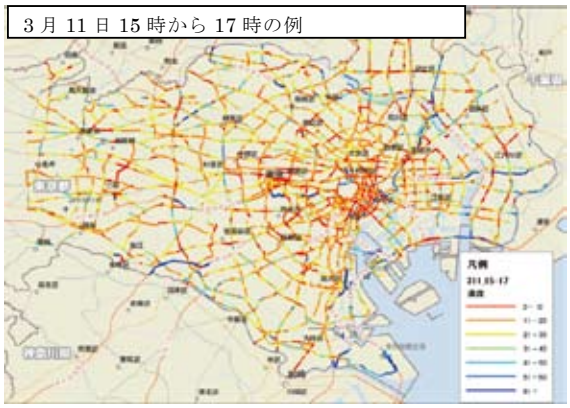
首都直下地震時における緊急対応車両の旅行速度を推定する手法としては、デジタル道路地図[20]（以下 DRM）区間上で緊急対応車両の走行経路と重なる一般車両の旅行速度と緊急対応車両の旅行速度の比を道路種別ごとに算出し、その比率を一般車両の旅行速度に掛けることで、面的に緊急対応車両の旅行速度を推定した。

(1) 一般車両の走行データ

一般車両の走行データとして、日立オートモティブシステムズ株式会社から提供を受けたタクシープローブデータを用いた。プローブデータの概要を**表－ 1** に示す。本データは、東京 23 区内を走行しているタクシー（約 2,600 台）に設置されている GPS 機器を用いて収集された走行履歴情報について、DRM 区間ごとに加工した旅行時間データである。DRM 区間ごと、時間ごとに集計が可能で、マップマッチングすれば可視化できるデータ形式となっている[21]（**図－ 7**）。これらを時系列的に分析し東日本大震災時の一般車両の走行状況を把握した。

表－ 1　タクシープローブデータの概要

データ取得範囲	東京 23 区
データ提供期間	平成 23 年 3 月 1 日～平成 23 年 3 月 31 日
データ集計単位	60 分ごと
収集台数	2,600 台程度
データ項目	・車両台数 ・DRM 区間情報 (2 次メッシュコード、ノード番号、道路種別) ・リンク旅行時間情報（単位：0.1 秒）
データ提供元	日立オートモティブシステムズ株式会社



図－ 7　タクシープローブデータの GIS 上での可視化

(2) 緊急対応車両の実績データ

東日本大震災後における緊急対応車両の走行状況を把握するために、東京ガス株式会社から提供された出動実績データを用いた。出動実績データの概要を**表－ 2** に示す。東京ガス株式会社では、ガス供給設備における漏洩等に迅速に対応するため、24 時間対応可能な緊急出動拠点を管轄内に 19 カ所配置している。

出動実績データには、19 カ所の緊急出動拠点から緊急対応した出動実績が記録されている。

本研究では、東京都内に配置されている 8 カ所の拠点で緊急対応に区分される出動実績データを解析し、東京都内における緊急対応車両の走行状況を把握した。なお、出動実績データには走行経路の記録がないため、ドライバーへ

の利用経路に関するヒアリングを行った。その結果、目的地に最短距離で行ける幹線道路を利用する傾向があることがわかった。

表－2　出動実績データの概要

データ取得範囲	東京ガス株式会社管轄内 （東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県）
データ提供期間	平成 23 年 3 月 11 日～ 18 日
データ項目	・出動日時分、到着日時分 ・出動拠点名、到着地住所 ・出動区分（一般出動、緊急出動）

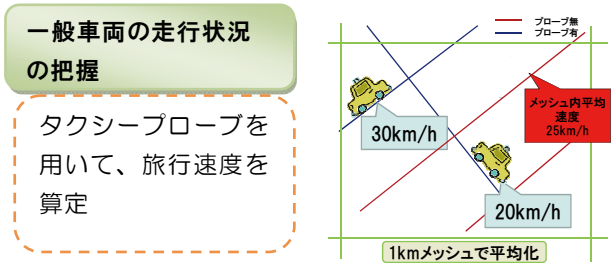
(3) 東日本大震災時の旅行速度の把握手法

一般車両と緊急対応車両の平均旅行速度を道路区間ごとに集計する手法を**図－8** に示す。一般車両に関しては、区間ごとに実測されているタクシーの走行速度から、日時別、道路種別、路線別、1km メッシュ単位等の平均速度を算出した。なお、タクシープローブデータの特性上、実車中の走行区間のみデータを取得するため、各時間帯においてプローブデータが得られない区間がある。このためメッシュ内で速度が得られていない区間には、メッシュ内で得られている速度データの平均値を与えた。

一方、緊急対応車両の旅行速度に関しては、拠点から現場まで最短距離で移動したと仮定して移動距離を算出し、出動に要した時間で割ることにより、緊急対応車両の速度を推計した。実際の緊急対応車両の動きとしては、拠点から現場への移動と、ある現場での対応が終了した後に拠点からの無線連絡により次の現場へ直接移動（現場から現場）する場合がある。しかし、そこまでの移動経路を示す詳細なデータが保存されていないため本研究においては、すべての移動を拠点から現場と仮定した。

また、速度を算出するネットワークとして、タクシープローブデータの取得範囲および緊急対応車両の主な利用経路（幹線道路）の条件から、東京 23 区内の国道および主要地方道、一般都道を対象とした。道路の規格による走行状況の差異を把握するため、道路種別に関しては、国道、4 車線以上の都道、3 車線以下の都道の 3 つに分類して速度を算出した（**図－9**）。

帰宅行動開始が地震の発生 3 時間から 6 時間に集中していることや発災翌日の朝から昼にかけて集中していること（**図－5**）、業務継続計画の考え方では、参集の状況等は発災後 1 時間、3 時間後、6 時間、12 時間、24 時間後と変化することで様相が変化すると想定していることを考慮して、集計単位を 3 時間単位とし、地震発生後 24 時間程度を集計対象時間帯とした。



図－8　旅行速度の把握手法イメージ

図－9　分析対象とした道路ネットワーク（東京 23 区内）

(4) 一般車両の旅行速度の分析

1) 東京 23 区内の平均旅行速度

DRM 区間ごとに 1 時間単位で集計されている旅行時間データについて車両台数を重みとした加重平均処理を施し、3 時間単位での平均旅行時間を求めた。DRM 区間の平均旅行速度は DRM 区間長を平均旅行時間で除して算出した。

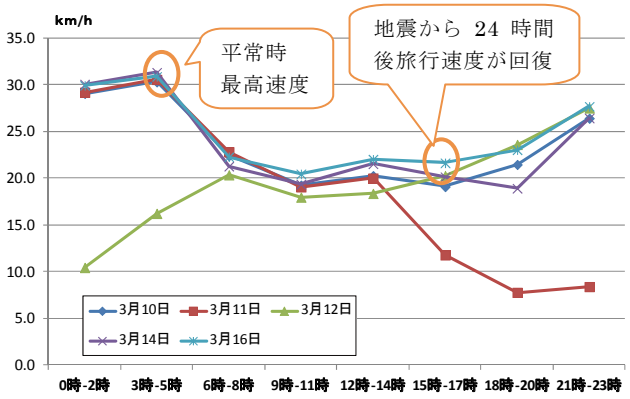
平常時の交通実態を把握するために東日本大震災発生前日の 3 月 10 日（木）、東日本大震災発生後の交通実態を把握するために 3 月 11 日（金）の 15 時以降と翌 3 月 12 日（土）、震災後最初の平日で計画停電の影響により公共交通機関が間引き運行した 3 月 14 日（月）および公共交通機関がほぼ正常運行に戻った 3 月 16 日（水）を分析対象とした。

東京 23 区内全体の 3 時間ごとの平均旅行速度の推移を**図－10** に示す。3 月 11 日の旅行速度は発災前の 14 時までは 3 月 10 日（平常時）とほぼ同じように旅行速度が推移しているが、発災後急激に旅行速度が低下し夕刻（18 時から 20 時）は 7.8km/h まで低下している。また、18 時から翌 2 時まで 10km/h 以下で旅行速度が推移していることから、夕刻から深夜に至るまで、東京 23 区内全体で渋滞が発生していたことを示している。

平常時では旅行速度が最高値（約 30km/h）となる深夜帯（3 時から 5 時）にあっても、発災後の 12 日の同時間帯においては旅行速度が平常時の半分程度の約 15km/h であり、発災後 12 時間経過しても継続して混雑状況であったといえる。発災から 24 時間後の 12 日 15 時から 17 時の旅行速度は平常時と同等に回復している。よって、発災後の渋滞や

混雑の状況は 24 時間程度継続していたと推測される。

10 日と 16 日の旅行速度の推移をみると、通常は 3 時から 5 時台までは旅行速度が約 30km/h であったものが、朝の通勤時間帯（6 時から 9 時）には速度低下が発生し、日中（12 時から 14 時）は若干速度が上昇し、また夕刻（18 時から 20 時）から、旅行速度が上昇する傾向が確認できる。公共交通が間引き運転された 14 日については、平常時（10 日）と比較して旅行速度がやや小さくなる時間帯（18 時から 20 時台）もあるが、大きな違いは見られなかった。



図－ 10　旅行速度の時間推移の日別比較

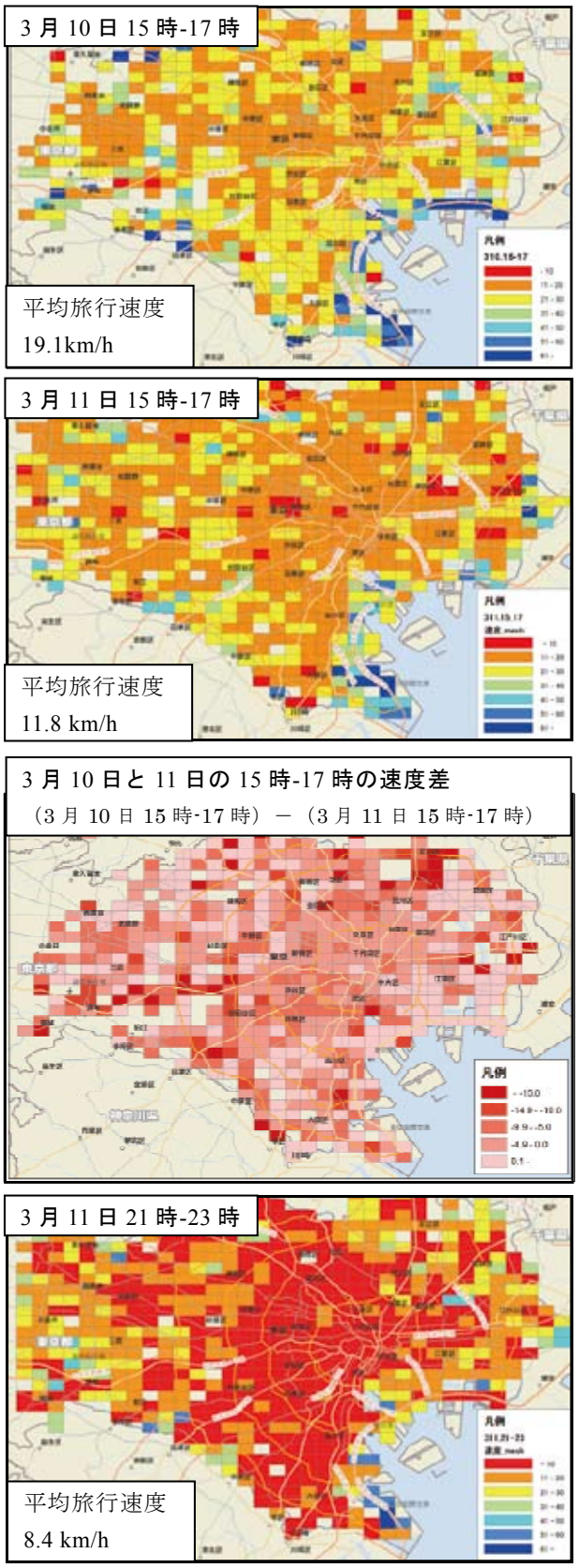
2）平均旅行速度の平面分布の比較

次に一般車両の平均旅行速度を面的に分析するために、1km メッシュ単位での平均旅行速度を算出した。当該メッシュ内でプローブデータを取得している DRM 区間総延長を、当該メッシュ内の総旅行時間で除することで算出している（式（1））。V_{mi} はメッシュ i の平均速度を示し、L_{ij} は、メッシュ i 内の DRM 区間 j の区間長、T_{ij} はメッシュ i 内の DRM 区間 j に対する旅行時間を示す。

$$V_{mi} = \sum L_{ij} / \sum T_{ij} \qquad (1)$$

図－ 11 に、3 月 10 日 15 時から 17 時、3 月 11 日 15 時から 17 時、3 月 11 日 21 時から 23 時における一般車両の平均旅行速度を 1km メッシュ単位で表した。3 月 10 日 15 時から 17 時の旅行速度は**図－ 10** に示すように平常時で最も旅行速度が小さい時間帯であり、20km/h 以下のメッシュが全体の約 40% を占める。一方で震災当日の同時間帯では、20 km/h 以下のメッシュが全メッシュの約 65% と増加しており、全体の平均旅行速度も 7.3 km/h 低下している。

また、3 月 11 日の 21 時から 23 時は震災後の速度低下が著しい時間帯の一つであり、平均旅行速度が 20km/h 以下のメッシュは全体の約 80% を占め、10km/h 以下に関しても約 50% となっている。とくに都心や放射道路に沿って旅行速度が小さくなっている傾向が確認できる。

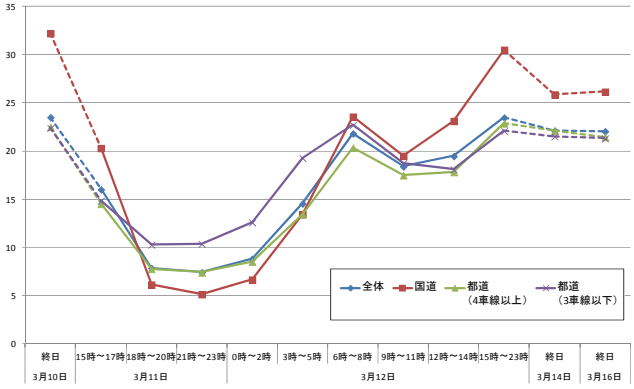


図－ 11　一般車両の 1km メッシュでの平均旅行速度の分布

3）平均旅行速度の道路種別比較

3 月 10 日（木）から 3 月 16 日（水）までの一般車両について道路種別ごとに平均した時間帯別の旅行速度を**図－ 12** に示す。国道において発災後 3 時間で旅行速度が約

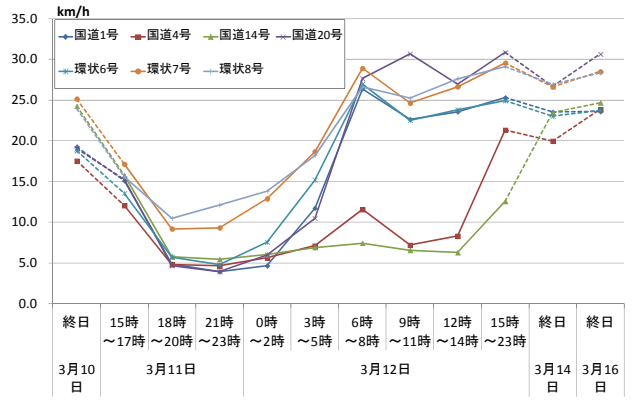
15km/h 低下し、18 時～翌 5 時までは都道よりも小さくなっている。このことから、発災後は国道に車両が集中したことが考えられ、他種別の道路よりも混雑度が大きかったと推測される。



図－ 12　一般車両の旅行速度時間帯推移（道路種別集計）

4）平均旅行速度の主要幹線道路別比較

東西、南北方向の放射方向に延びる幹線道路（国道 1 号、国道 4 号、国道 14 号、国道 20 号）および環状道路（環状 7 号、環状 8 号）における平均旅行速度の時間帯推移の集計結果を**図－ 13** に示す。すべての幹線道路について発災後に旅行速度の低下が見られるものの、環状線よりも放射方向の幹線道路の速度低下の程度が大きい。これは、東京都内中心部から郊外方向への帰宅行動により、放射方向の主要幹線道路に車両が集中したことが原因として考えられる。とくに千葉方面に向かう国道 14 号、埼玉方面に向かう国道 4 号については発災後 24 時間経過しても旅行速度が 10km/h 未満で推移していることから継続して交通混雑が発生していると考えられる。国道 4 号は、地震によって東北自動車道の通行が規制された後に緊急交通路に指定されたことで東北方面へ向かう車両が集中したこと、国道 14 号では、当該道路から沿岸部に向かって液状化現象が発生し、復旧に時間が掛ったことや千葉方面に向かう公共交通機関の復旧も他方面に比べて時間を要したことが原因として考えられる。



図－ 13　一般車両で主要幹線別旅行速度の時間帯推移

5）一般車両についての旅行速度の分析結果

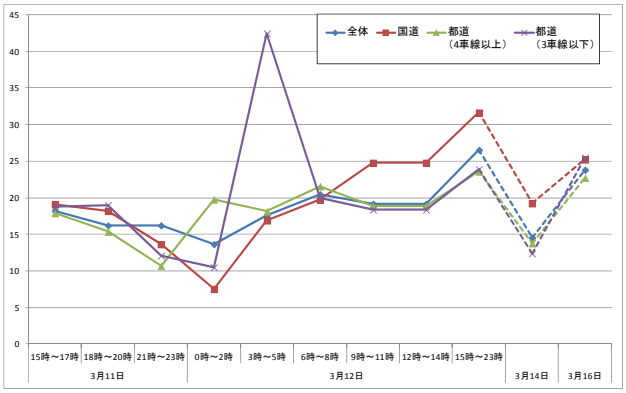
以上の分析結果から、東日本大震災発災後の一般車両の旅行速度に関して、地震発生後から速度低下が発生し、最も速度が低下した時で、平常時の半分以下になっていたことがわかった。また、地震から 24 時間くらいで速度が平常時程度に回復したことが確認できた。しかしながら、地域別、方面別、道路種別によって速度変化の経時的な特性が異なっており、首都直下地震発災時の交通状況の想定は、このような特性を踏まえた上で行う必要があるといえる。

（5）緊急対応車両の旅行速度の推定

東京ガス株式会社から提供を受けた緊急対応車両の出動実績データを用いて、東日本大震災発災後における緊急対応車両の旅行速度を推定した。

図－ 14 に緊急対応車両についての道路種別ごとの平均旅行速度の時間帯推移を示す。緊急対応車両は一般車両ほどの大きな速度低下は見られないものの、発災後から翌 2 時までは旅行速度が低下傾向にある。また、3 月 11 日 18 時から翌 6 時については都道の旅行速度よりも国道の旅行速度の方が小さい時間帯がある。この結果は、一般車両の旅行速度の算定結果と同様であり、国道で車両混雑に巻き込まれたため速度が低下したと推測される。

また、3 月 16 日の旅行速度は、道路種別によらず約 25km/h に収束していることから、平常時の緊急車両の平均旅行速度は 25km/h 程度であると考えられる。

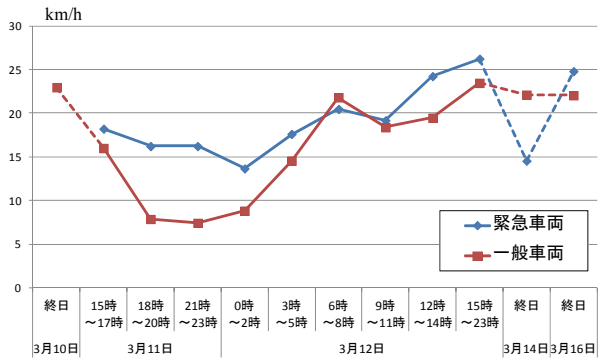


図－ 14　緊急車両の旅行速度の時間帯推移

（6）一般車両旅行速度と緊急対応車両の旅行速度の比較

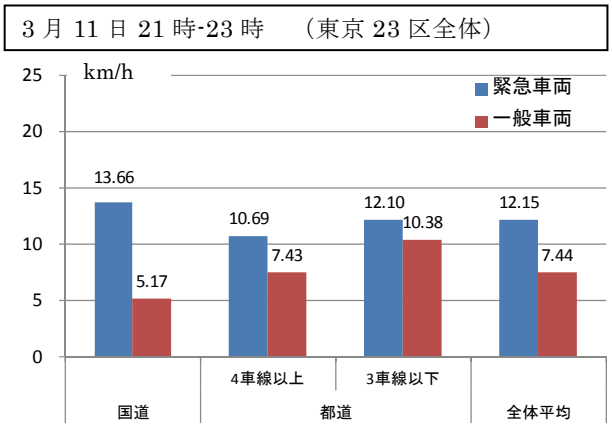
（4）および（5）で整理した一般車両と緊急対応車両の平均旅行速度を比較すると、両者とも発災後に低下傾向にあるが、緊急車両の速度低下は一般車両に比べて小さい傾向にある（**図－ 15**）。発災から 18 時間後の 3 月 12 日の 6 時から 8 時には、緊急車両、一般車両の旅行速度が発災直後（3 月 11 日 15 時から 17 時）の平均旅行速度を超えており交通が安定したと考えられる。なお、3 月 14 日について平常時よりも速度低下が見られるが、これは東部（千葉）方面への緊急出動実績が多くなっており、国道 14 号から沿岸

部に向かって液状化現象が発生し、復旧に時間が掛ったことや千葉方面に向かう公共交通機関の復旧も他方面に比べて時間を要したことが原因と推測される。

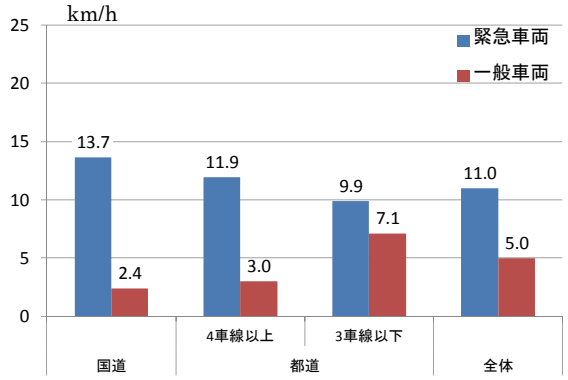


図－ 15　緊急対応車両と一般車両の平均旅行速度の時間帯推移（東京 23 区内）

緊急対応車両と一般車両の旅行速度を DRM 区間ごとに算定し、これを道路種別ごとに集計した（**図－ 16**）。すべての道路種別において、一般車両の旅行速度より緊急車両の旅行速度の推定結果が大きくなっており、車両混雑の状況下であっても緊急対応車両の走行性は概ね確保されている。これは、緊急対応車両に搭載されているパトランプの効果が適切に表れている結果と考えられる。



図－ 16　東京 23 区全体での道路種別ごとの旅行速度の比較結果



図－ 17　荒川区周辺での道路種別ごとの旅行速度の比較結果

緊急対応車両の走行性について地域特性を把握するため、東京都荒川区周辺における 3 月 11 日 21 時から 23 時の緊急対応車両と一般車両の道路種別ごとの旅行速度を推定した結果を**図－ 17** に示す。荒川区周辺に位置する拠点は今次の震災で最も多くの出動実績があり、車両混雑の大きかった国道 4 号および 6 号が近接しているため混雑の影響を大きく受けたと推測される地区である。東京 23 区全体の比較結果（**図－ 16**）に比べ、全道路種別に対して、旅行速度差が大きい。緊急対応車両と一般車両の旅行速度差についても、地域性と道路種別による相違が明確となった。

4.　緊急対応車両の走行状況の推定

道路種別ごとに一般車両の旅行速度を求め、これらに一般車両と緊急対応車両の速度比を DRM 区間ごとに掛けて、緊急対応車両の旅行速度を面的に算出した。緊急対応車両の旅行速度を DRM 区間別に予測し、速度の低下状況をメッシュ単位で平均化することにより、面的に走行状況を推定した。具体的な手法を以下に示す。

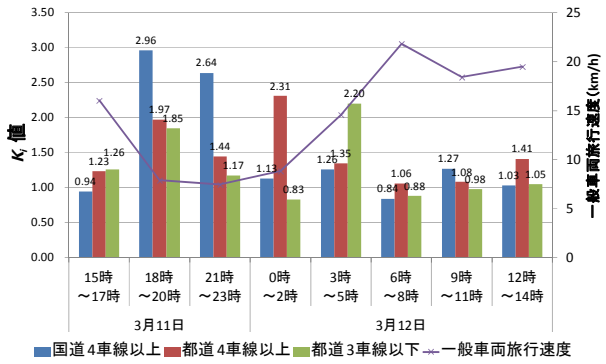
(1) 緊急対応車両と一般車両の速度比算出

緊急対応車両の平均旅行速度 $\hat{V}_e$（km/h）を一般車両の平均旅行速度 $\hat{V}_p$（km/h）で除することで速度比 k_i を推定した（式（2））。なお、添字 i は、国道、4 車線以上の都道、3 車線以下の都道を表している。推定した k_i 値を一般車両の DRM 区間の旅行速度 V_p に乗じて、緊急車両の DRM 区間の旅行速度 $\overline{V_e}$ を推定した（式（3））。

$$k_i = \hat{V}_{ei} / \hat{V}_{pi} \tag{2}$$

$$\overline{V_{ei}} = k_i \times V_{pi} \tag{3}$$

図－ 18 に時間帯別の k_i 値の推定結果を示す。一般車両の旅行速度が小さい時間帯（3 月 11 日 18 時～翌 2 時）において k_i 値が 1.0 より大きくなっていることから、混雑状況下にあっても緊急車両の走行環境はある程度確保されていると考えられる。また、混雑状況下において、国道や都道で車線数が多い規格の路線で k_i 値が大きい。



図－ 18　時間帯別の k_i 値

(2) 緊急対応車両の速度低下率の算出

式 (3) で推定した緊急対応車両の旅行速度から 1km メッシュ単位での旅行速度の低下率を算出した。メッシュ単位の旅行速度の低下率は、当該メッシュ内に含まれる DRM 区間の旅行速度の低下率を、DRM 区間長を重みとした加重平均により算出した。なお、速度低下率の基準となる平常時の緊急対応車両の平均旅行速度は 25km/h とした。これは、**図－15** から、平常時の緊急対応車両の平均旅行速度が 25km/h と推定されたことによる。

図－19 に発災後 6 時間後から 9 時間後の緊急車両の低下状況を示す。放射状の幹線道路沿いで速度低下が見られ、南方面に向かう幹線道路（国道 1 号、国道 15 号）では低下率が大きく、最大 80% 速度が低下している。緊急対応車両はパトランプの効果により混雑状況下においても走行環境は確保されるものと推測されるが、一般車両の旅行速度が著しく低下している区間や走行方面によって、一般車両の速度低下の影響を受け、平常時から大きく旅行速度が低下する。そのため首都直下地震発生時においては、今次の震災後で混雑が発生している区間、例えば放射状の幹線道路以外のルートを選択し、現場へと移動することが一つの有効な手段であるといえる。

図－19 緊急車両の旅行速度低下率（発災 6 ～ 9 時間後）

5. 結論

本研究では、東日本大震災前後の東京都内における一般車両の走行実績とガス事業者の緊急対応車両の出動実績を使用して緊急対応車両の走行性を定量化し、面的に分析した。その分析結果から首都直下地震時の緊急対応車両の走行性を検討した。

(1) 分析結果のまとめ

東日本大震災時の旅行速度の分析から、緊急対応車両の走行状況は以下のようにまとめられる。

- 緊急対応車両は一般車両よりも、発災後の速度低下は少なく一般車両の 2 倍程度の速度は確保される。
- 緊急対応車両の旅行速度の低下状況として、道路種別等の道路特性の違いや、地域特性による走行性の違いが見られる。

結果から首都直下地震などの大地震時の交通状況については以下のように想定される。

- 首都直下地震時の緊急対応車両の速度低下率は放射状の幹線道路において速度低下が大きく、最大 80% 速度が低下する。ただし、緊急対応車両は一般車両の 2 倍程度の旅行速度は確保されることが想定される。
- 緊急対応車両の走行状況は、道路特性や地域特性、道路交通状況に影響を受ける。

(2) 本研究の課題

本研究における課題としては、以下に示すことが挙げられる。

- 詳細なデータが得られなかったため、緊急対応車両の移動をすべて「拠点から現場」と仮定して行ったが、今後は緊急対応車両の稼働実績を精査し、「現場から現場」の移動を考慮した推定が必要である。
- 首都直下地震のような強震時を対象とするには、道路の寸断や通行規制等の影響も考慮していく必要がある。

上記の課題を考慮し、首都直下地震時における緊急車両の走行性を推定するには、交通流シミュレーションによる推定が必要となる。この推定の条件として、道路特性や地域特性も考慮することが望ましい。

謝辞：本稿の作成にあたり、データを提供頂いた東京ガス株式会社、日立オートモティブシステムズ株式会社を始めとする関係者の皆様には、多大なご支援を賜りました。ここに謝意を表します。

参考文献

1) 内閣府：平成 22 年度防災白書、http://www.bousai.go.jp/hakusho/h22/index.htm、2010
2) 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」：首都直下地震対策専門調査会報告、2005
3) 東京都：東京都の帰宅困難者対策の基本的考え方、2012.1
4) 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
5) 東京都：東京都帰宅困難者条例、2012.1
6) 廣井悠、関谷直也、中島良太、藁谷峻太郎、花原英徳：東日本大震災における首都圏の帰宅困難者に関する社会調査、地域安全学会論文集、No.15、pp.343-353、2011
7) 胡内健一、許斐信亮、丸山喜久、猪股渉、乗藤雄基：大地震発生下の行動特性を考慮した東京湾北部地震後の歩行者流動解析、第 3 回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関す

るシンポジウム講演集、土木学会、pp. 67-72、2011
8) 総務省消防庁：第 26 次消防審議会資料　第 26 次消防審議会答申骨子（案）について、http://ns1.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento、2011
9) 豊田安由美、庄司学：ライフライン事業者が想定する地震時応急復旧活動のシナリオとその相互依存関係：首都直下地震を想定した場合の事例分析、地域安全学会論文集、No. 10、pp. 55-65、2008
10) 豊田安由美、庄司学：地震災害時における道路ネットワークの機能が配電設備の応急復旧活動に及ぼす影響、地域安全学会論文集、No.15、pp.169-178、2011
11) 財団法人日本道路交通情報センターホームページ：http://www.jartic.or.jp/
12) 社団法人 日本ガス協会：新潟中越地震における設備、緊急・復旧、支援対応の自己評価、2009
13) 国土交通省：国土交通省業務継続計画、http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/05/050621_.html、2009
14) 東京都市圏交通計画協議会：http://www.tokyo-pt.jp/person/pt_gaiyou.html、2012
15) 高浜勉、翠川三郎、大堀道広：鉄道事業者の地震時対応の調査に基づいた地震発生後の鉄道輸送能力低下に関する検討、地域安全学会論文集、No. 8、pp. 253-258、2006
16) 内閣府：平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震に際しての帰宅実態に関するアンケート調査（集計結果）、http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku_syuto/kitaku/2/sub1.pdf、2011
17) 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、第 44 回土木計画学会研究発表論文集、paper No. 17、2011
18) 秦康範、鈴木猛康、下羅弘樹、目黒公郎、小玉乃理子：新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供とプローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望、日本地震工学会論文集、Vol.9、No.2、pp. 148-159、2009
19) 南部繁樹、吉田傑、赤羽弘和：プローブデータの分析に基づく救急車への緊急走行支援方策の検討、IATSS Review、Vol.34、No.3、pp. 55-62、2009
20) 日本デジタル道路地図協会：http://www.drm.jp/、2012
21) 熊谷正俊、蛭田智昭、伏木匠、奥出真理子：プローブカー走行履歴に基づく経路誘導用リンク列の生成、第 8 回 ITS シンポジウム、2009