

# 大規模地震時における 自動車避難行動に基づく避難施策の評価

長尾 一輝<sup>1</sup>・大畑 長<sup>2</sup>・柿元 祐史<sup>3</sup>・花房 比佐友<sup>4</sup>・二上 洋介<sup>5</sup>・  
江藤 和昭<sup>6</sup>・桑原 雅夫<sup>7</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811仙台市青葉区一番町4丁目6-1)

E-mail:nagao-kz@oriconsul.com

<sup>2</sup>正会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号09)

E-mail:ohhata-ta@plan.civil.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811仙台市青葉区一番町4丁目6-1)

E-mail:kakimoto@oriconsul.com

<sup>4</sup>正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ (〒101-0052東京都千代田区神田小川町3-10)

E-mail:hanabusa@i-transportlab.jp

<sup>5</sup>非会員 石巻市総務部 (〒986-8501石巻市穀町14番1号)

E-mail:Yosuke.Futakami@city.ishinomaki.lg.jp

<sup>6</sup>正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ東北支店 (〒980-0811仙台市青葉区一番町4丁目6-1)

E-mail:etoh@oriconsul.com

<sup>7</sup>正会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号09)

E-mail:kuwahara@plan.civil.tohoku.ac.jp

東日本大震災では、避難者の多くが自動車を利用したことにより、各地で激しい交通渋滞が発生し、避難途中で津波に巻き込まれる等、多くの犠牲者を出した。こうした大規模地震時の交通渋滞は、津波避難の遅れだけでなく、交通事故の誘発や緊急車両の通行障害など、様々な影響をもたらすことから、自動車避難者が迅速かつ確実に避難できる方策の検討が急務となっている。

本研究では、災害時の自動車避難行動モデルを組み込んだ避難行動シミュレーションを構築し、発災時の交通状況を再現した。さらに、当シミュレーションを用いて、交通集中による渋滞を抑制するための避難施策をハード・ソフト両面から検討し、その有効性を定量的に評価した。

**Key Words :** *evacuation plan, vehicular behavior, earthquake disaster*

## 1. はじめに

東日本大震災では、避難者の多くが自動車を利用したことにより、各地で激しい交通渋滞が発生し、避難途中で津波に巻き込まれる等、多くの犠牲者を出した。また、石巻市においては、津波警報が発令された2012年12月7日の三陸沖地震時には、津波被害は発生しなかったものの、東日本大震災と同様、多くの避難者が自動車を利用し、市内に激しい渋滞を引き起こした。

こうした大規模地震時の交通渋滞は、津波避難の遅れだけでなく、交通事故の誘発や緊急車両の通行障害など、様々な影響をもたらすことから、自動車避難者が迅速かつ確実に避難できる方策の検討が急務となっている。

こうした課題の解決等を目指し、東北大学を中心とした7団体の研究共同体である「DOMINGO (Data Oriented

Mobility Information Group) : データ指向型モビリティ情報生成グループ」(以下、DOMINGOと呼称)では、将来の大規模災害の減災に資するため、①道路インフラ整備・管理計画(道路配置、容量など)を支援するシステム、②災害後の住民の避難に有用な災害・交通状況のモニタリングシステムと交通状況の予測手法を確立するべく、「1.多様なデータの一元管理のためのデータベースの構築」「2.素因と誘因を考慮したリスク解析」「3.道路交通・災害状況のモニタリング手法の確立」「4.徒歩と車両の錯綜考慮型交通シミュレーションの構築」といった融合解析システムの技術開発を行っている<sup>1)</sup>。

本研究は、DOMINGOにおける技術開発の一環として、石巻市をケーススタディとして自動車避難者の避難方策を検討するものである。具体的には、災害時の自動車避難行動モデルを組み込んだ避難行動シミュレーションを

構築し、発災時として2012年12月7日の三陸沖地震時における交通状況を再現する。さらに、当シミュレーションを用いて、交通集中による渋滞を抑制するための避難施策をハード・ソフト両面から検討し、その有効性を定量的に評価する。

## 2. 石巻市における三陸沖地震時における交通渋滞の実態

大規模地震時における自動車避難施策を検討するには、避難時の渋滞発生要因、課題を明らかにした上で、課題解決のための施策検討が必要と考えられる。そこで本章では、2012年12月7日の三陸沖地震時における石巻市の交通渋滞の実態を分析し、その結果等を踏まえ、石巻市における大規模地震時の渋滞要因と課題を整理した。

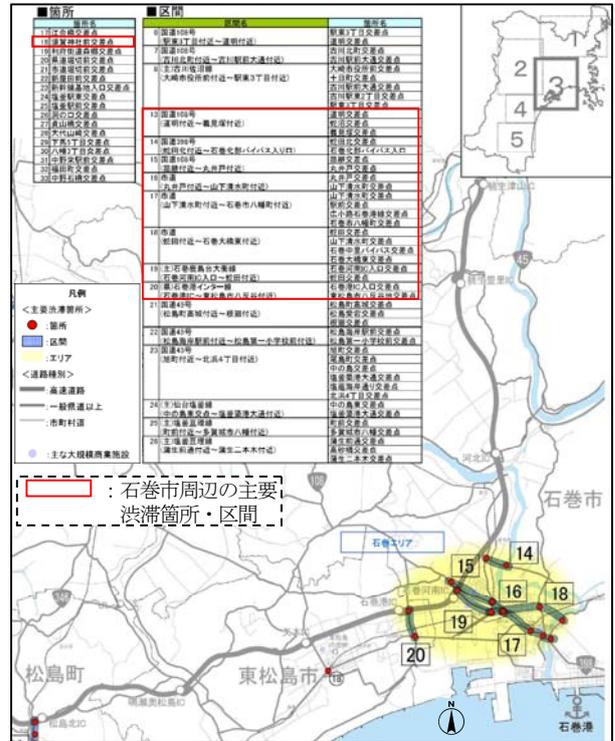
### (1) 石巻市における平常時の渋滞状況

地震発生時における石巻市の交通渋滞の実態分析にあたり、まず、平常時における交通渋滞の実態を整理した。

図-1は宮城県渋滞対策連絡協議会において制定されている宮城県内の主要渋滞箇所を示したものである。また、警察トラカンデータによる主要な道路断面の交通量及び旅行速度の時間変動、及び道路利用者が感じている渋滞箇所を図-2に示す。

これらの図より、平常時においては内陸部と石巻市街地や石巻港方面を結ぶ路線、国道45号との交差点部、石

巻市街地中心部へ向かう路線、中心市街地（JR石巻駅、石巻市役所付近）等が主な渋滞箇所となっていることが分かる。特に中心市街地部や旧北上川渡河部付近は道路構造の隘路と重なり、大きな道路混雑（速度低下）が発生しているほか、JR石巻駅付近の踏切部といった幹線道路以外の抜け道における渋滞も指摘されている。



出典：国土交通省東北地方整備局ホームページ（一部加工）

図-1 石巻市付近の主要渋滞箇所（H25.1制定）

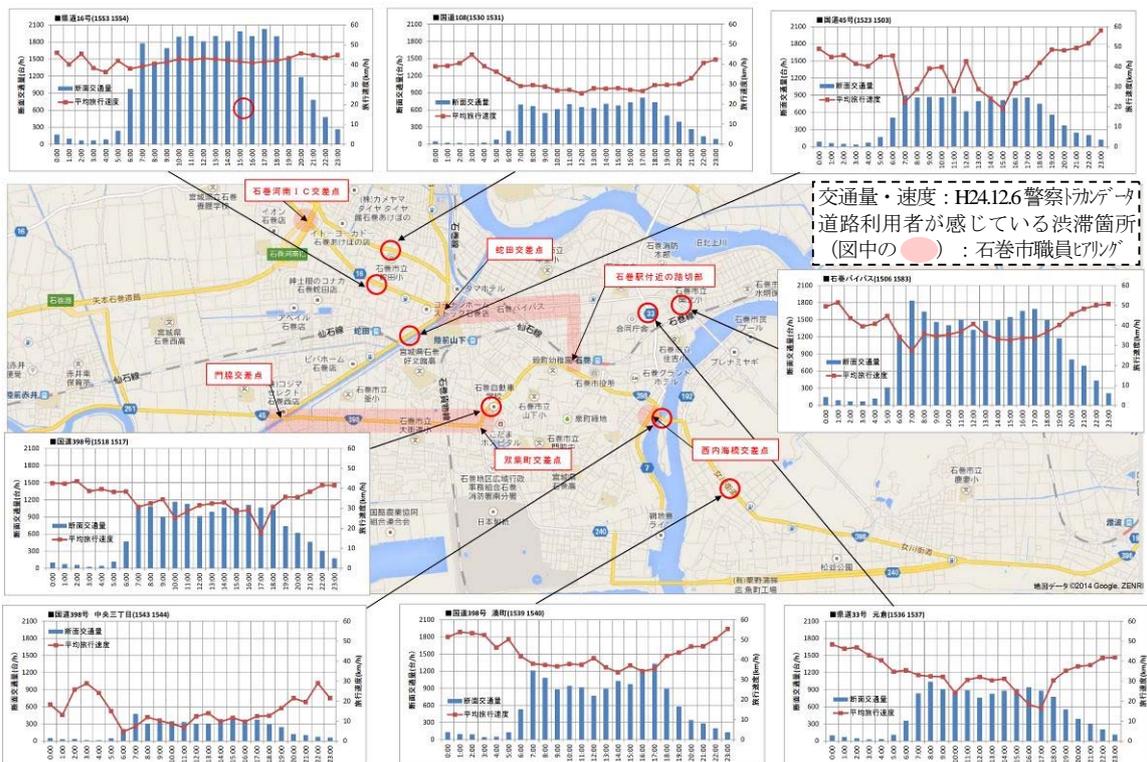


図-2 主要道路断面における交通量、速度の時間変動と道路利用者が感じている渋滞箇所

ここで主要道路断面における交通量（図-2）を見ると、都市部の道路では本来朝夕のラッシュ時に交通量が集中し、夜間や昼間は交通量が減少するのが通常であるが、石巻市の道路においてはこの傾向が見られず、昼間は常にラッシュ時と同等の交通量となっている。これは、復旧、復興需要に伴う交通量の増大に加え、道路ネットワークの未整備（中心市街地が島状、渡河部が少ない）により、交通の需要を捌くための交通容量を現状では担保していないことが原因と示唆される。そのため、幹線道路のみならずJR石巻駅付近の踏切部といった幹線道路以外の抜け道においても渋滞が発生していると考えられる。

## (2) 石巻市における地震発生時の渋滞状況

2012年12月7日の三陸沖地震時（表-1）における石巻市の交通渋滞の実態を整理した。

### a) 警察トラカンデータによる渋滞状況の把握

図-3は平常時の混雑が発生する主要断面における地震発生時の交通量及び旅行速度の時間変動を示したものである。

図-3を見ると、各地点ともに地震発生時間帯（17時台）において平常時と比較して速度が低下しており、平常時を上回る混雑状況が確認できる。これは、車避難に

より道路混雑が通常より増大していることが要因と考えられる。

次に、18時台になると交通量が各地点ともに平常時と比較して大幅に低下し、これに伴い速度が回復傾向にある。これは、概ねの避難が完了し、走行車両が減少したことを示していると考えられる。なお、この交通量が減少する傾向は津波浸水エリア（旧北上川沿岸部）において顕著に見られる。

19時台になると、平常時と比較して交通量が増加し、これに伴い速度も低下している。これは、津波警報の解除（19時20分）により、避難場所からの帰宅、待機していた業務交通等が発生し、交通需要が増加したものと想定される。

表-1 三陸沖地震（2012年12月7日）の概要

発生日時	平成 24 年 12 月 7 日 17:18 分
マグニチュード	7.3
場所及び深さ	牡鹿半島の東 240 km, 深さ 10 km
最大震度（石巻市）	震度 5 弱
津波警報	宮城県沿岸（17:22 発令, 19:20 解除）
津波高（石巻市）	1.0m（石巻市鮎川）

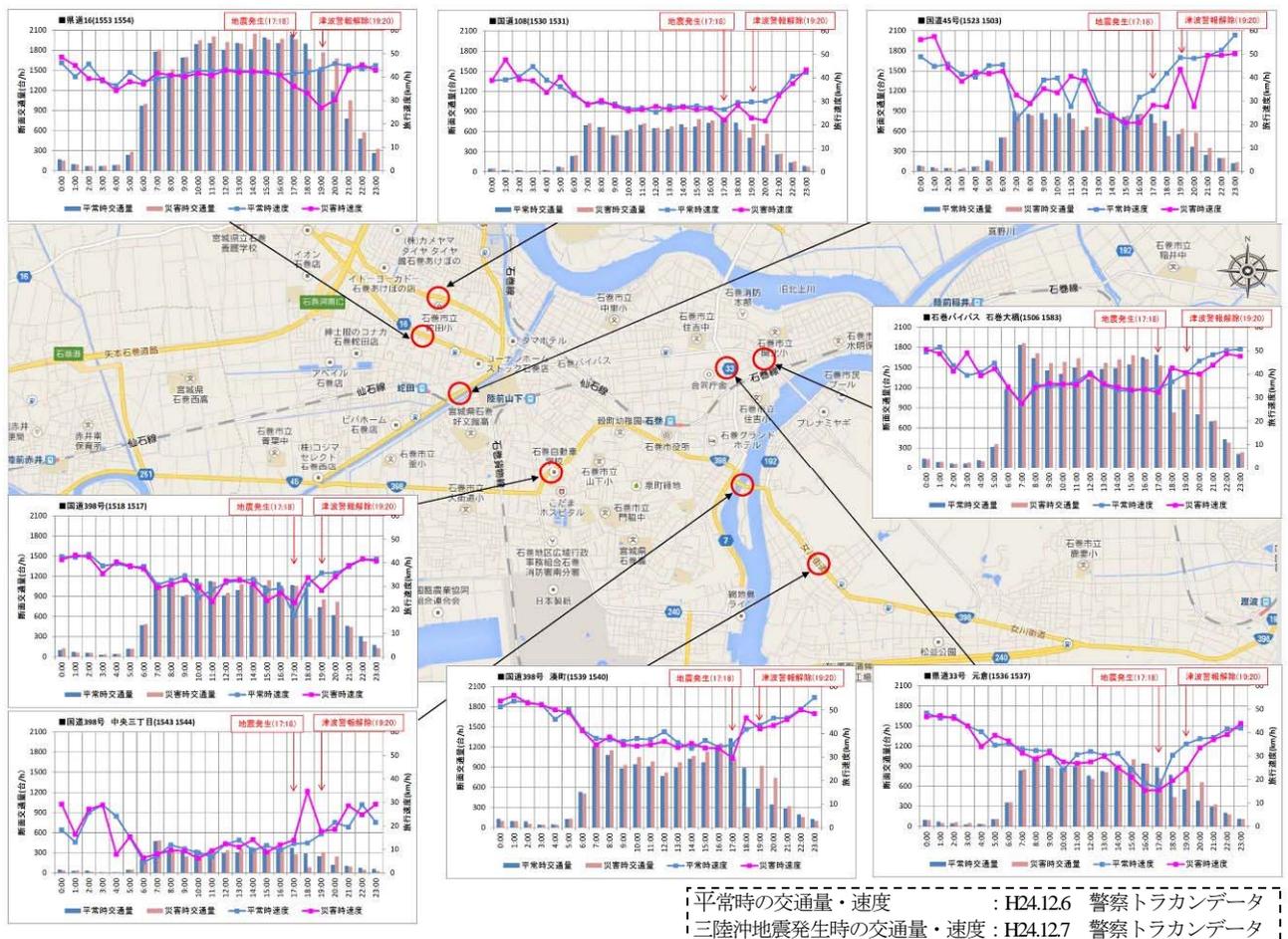


図-3 主要道路断面における交通量，速度の時間変動（平常時と三陸沖地震発生時の比較）

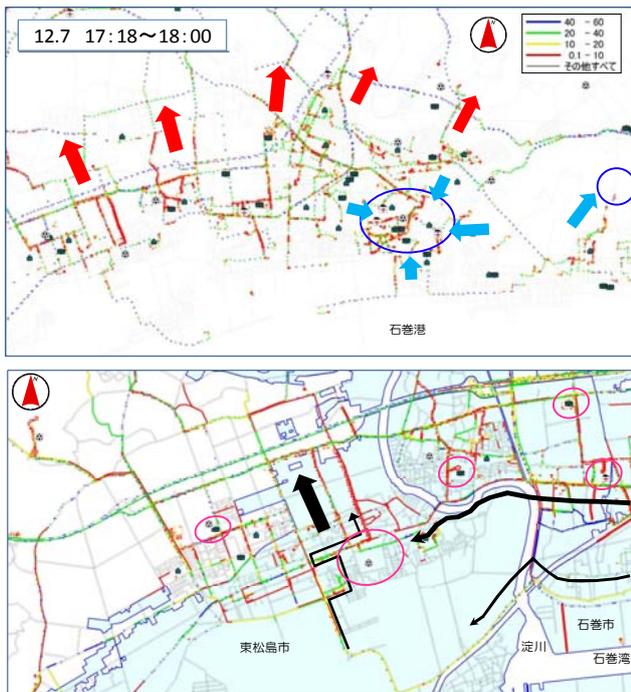


図-4 三陸沖地震発生時におけるプローブカーの軌跡

### b) プローブデータによる渋滞状況の把握

図-4は地震発生後（17時18分～18時）におけるプローブカーの走行軌跡を示したものである。

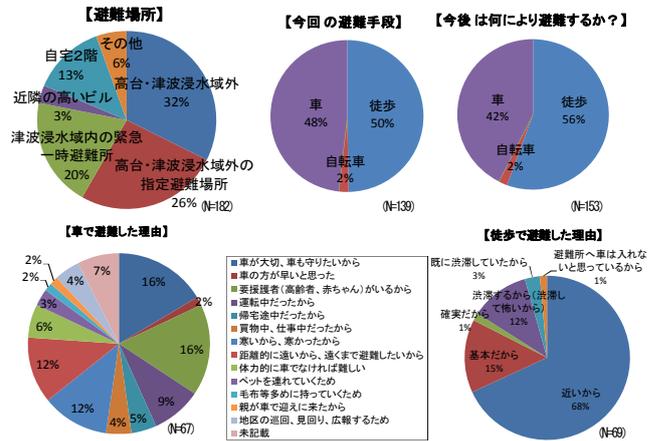
図-4で赤色で表示されている軌跡は10km/h未満を表しており、浸水エリア外や高台へ向かう方向で著しい避難渋滞が発生していることが分かる。さらに、走行軌跡を拡大した図を見てみると、施設に立ち寄る車両が確認でき、施設周辺で速度低下が発生していることが分かる。また、似たような道路条件で近接する南北ルートのうち、速度低下が見られるルートと速度低下が見られないルートが存在しており、特定の道路に避難交通が集中することが確認できる。

### c) 地域住民へのアンケート調査結果から把握された地震発生時における避難行動の状況

三陸沖地震時の避難行動の状況について、石巻市が地域住民に対し実施したアンケート調査結果<sup>2)</sup>により報告されている主な内容を以下に示す。

まず避難場所については、約半数の住民が高台や津波浸水域外へ避難しており、東日本大震災の教訓や津波避難訓練（2012年7月8日実施）が活かされたとしている。その一方で、高台である日和山や牧山では渋滞が発生し、車を利用した避難による渋滞の発生が顕在化したことも報告されている。

避難方法については車両による避難と徒歩による避難の割合がほぼ半々であり、「今後は何により避難しますか？」との問いかけについても約4割の住民が車避難を希望している。車両による避難の理由として最も多いのは「車が大切、車も守りたい」であり、東日本大震災で



※アンケート調査結果<sup>2)</sup>を基に集計

図-5 三陸沖地震時の避難行動の状況

車両を被災し、もう失いたくないと考えている住民が多いものと考えられる。それ以外の理由としては「距離的に遠いから」「要援護者（高齢者、赤ちゃん）がいるから」が多い。一方、徒歩による避難を行った理由として最も多かったのは「避難する場所が近いから」であった。

### (3) 石巻市における大規模地震時の渋滞要因と課題

ここまでの整理結果から、石巻市における大規模地震時の渋滞要因と課題を考察した。

まず、平常時から交通容量に余裕の無い道路が多いことにより、避難のための交通が集中すると幹線道路や避難施設付近の道路で激しい渋滞が発生していることが確認された。このことから、沿岸部と内陸部を結ぶ道路のリダンダンシー確保、島状の地形を有する当該市の特徴を踏まえた渡河部の交通容量の増大等による道路ネットワークの整備が課題と考えられる。

地震発生時のプローブデータを見ると、施設に立ち寄る車両や特定の道路への避難交通の集中も見られ、これらも地震発生時の渋滞を増大させていると考えられる。

また、アンケート調査結果では避難所付近には避難者の駐車場が少なく、路上駐車が発生するとさらに渋滞が悪化する状況が報告されている。このことから、高台における学校の校庭の開放や広場の活用等も含めた適切な避難施設の配置や、避難者への避難場所の情報提供（事前教育、広報）が必要であると考えられる。

地震時の避難方法については、アンケート調査結果によると今後も約4割の住民が車避難を希望している。地震発生時は家屋の倒壊、落下物、道路の損傷などによって渋滞や交通事故等が発生する恐れがあることから、避難方法は徒歩避難が原則であり、徒歩避難に対する継続的な周知が課題である。その上で、災害時要援護者の存在やその他地域の実情等により、やむを得ず自動車避難をせざるを得ない場合もあることから、徒歩避難と車避難の役割分担の明確化が必要と考えられる。

### 3. 災害時の自動車避難行動モデルを組み込んだ避難行動シミュレーションの構築

本研究では、災害時における交通集中による渋滞を抑制するための避難施策を検討するため、災害時の自動車避難行動モデルを組み込んだ避難行動シミュレーションを構築した。本章では、この避難行動シミュレーションの概要を説明する。

#### (1) 避難交通シミュレーションのフレームワーク

下図に避難シミュレーションのフレームワークを示す。本業務における避難交通シミュレーションは、広域ネットワークでの交通施策評価に定評のある交通流シミュレータSOUND（株式会社アイ・トランスポート・ラボ作成）を基本として、①災害イベントモデル、②避難行動モデルの機能を加えることで、車両による避難行動が再現できる避難シミュレーションを構築している。ここで、①災害イベントモデル、②避難行動モデルとは、それぞれ以下に示すものである。

- ①災害イベントモデル：地震による道路閉鎖、津波による道路浸水等のシナリオを受けて、各時刻における道路閉鎖をシミュレーションへの与件として設定する。
- ②避難行動モデル：発災時以降の避難行動開始割合の時間変化をシナリオとして指定し、各ゾーンで発生する避難者を、付近の緊急避難所や高台などの一次避難場所などへ避難先を設定し、避難行動をとるものとする。

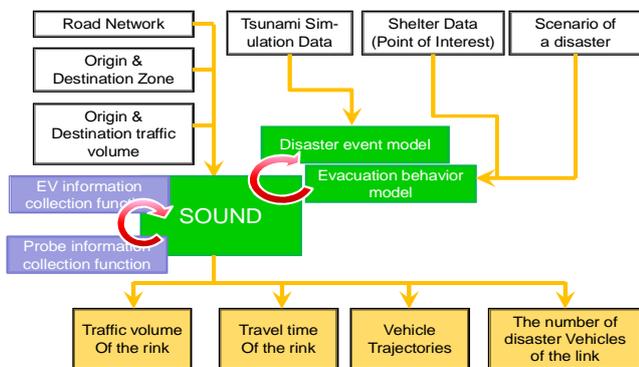


図-6 交通流シミュレータSOUNDを活用した災害時避難行動シミュレーションのフレームワーク

#### (2) 災害時避難行動シナリオの設定

大規模地震発生時の人々の避難意思決定は、避難行動シナリオを設定することにより表現した。

避難行動シナリオの設定メニューを表-2、被災者属性別の意思決定フローを図-7に示す。

被災者の属性は、避難車両（被災者）を「道路残留避難交通」「発災後当初出発予定交通」「発災後当初滞在予定交通」の3者に分類する。ここで、各々の属性は以下に定義される。

表-2 避難行動シナリオの設定メニュー

項目	シナリオ設定内容
被災者属性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・避難車両(被災者)を次の3者に分類 <ul style="list-style-type: none"> <li>—道路残留避難交通(地震発生時刻に道路上に残留していた避難交通)</li> <li>—発災後当初出発予定交通(地震が発生しなければ地震発生時刻以降に移動を予定していた避難交通)</li> <li>—発災後当初滞在予定交通(地震が発生しなければ地震発生時刻以降に移動を予定していなかった潜在的避難交通)</li> </ul> </li> </ul>
避難有無	・「避難する/しない」の意思決定は既存のアンケート調査結果を基に設定
目的地選択	・避難開始時の所在地から最寄りの避難所などを避難先の目的地とする
行動開始時刻選択	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震が発生してから行動を開始するまでの時間を設定(時間経過別避難開始割合、当初出発予定時刻の変更割合)</li> <li>・「地震直後に避難する/ピックアップなどの用事後に避難する」割合を設定</li> </ul>
経路選択	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震前:ロジック型経路選択モデル</li> <li>・避難時:最短コスト経路選択モデル(コスト:距離、旅行時間により設定)</li> </ul>

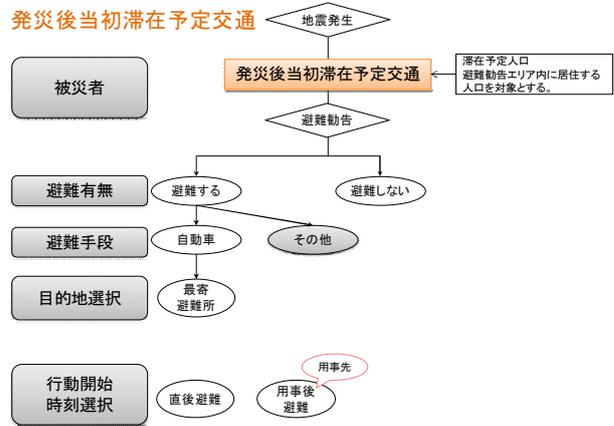
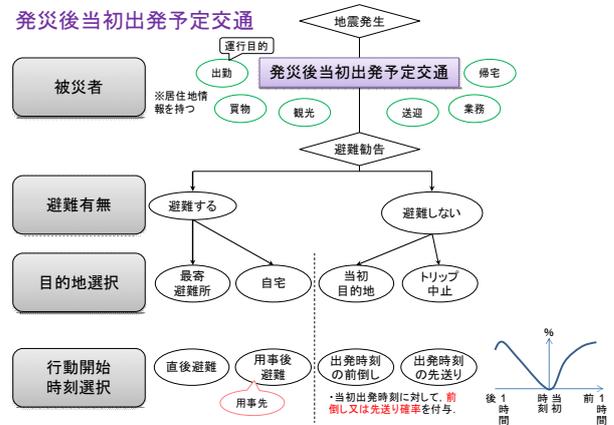
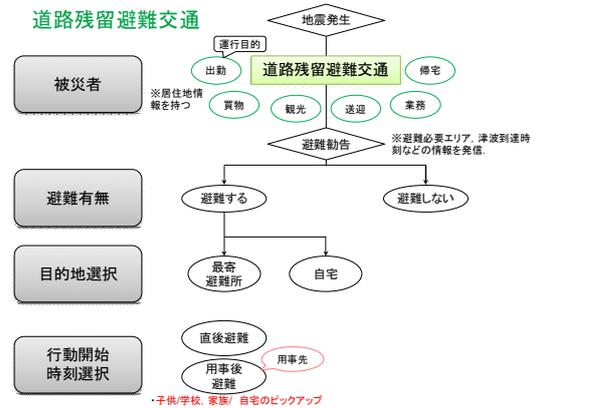


図-7 各属性の意思決定フロー

- ・道路残留避難交通：地震発生時刻に道路上に残留していた避難交通
- ・発災当初出発予定交通：地震が発生しなければ地震発生時刻以降に移動を予定していた避難交通
- ・発災当初滞在予定交通：地震が発生しなければ地震発生時刻以降に移動を予定していなかった潜在的な避難交通

避難時の各段階における行動選択（避難有無，目的地選択，行動開始時刻選択，経路選択）については，各行動に対する意思決定の選択率を与えることにより設定する．各行動に対する意思決定の選択率は，国土交通省が実施した東日本大震災におけるアンケート調査結果<sup>3)</sup>や2012年12月7日三陸沖地震時におけるアンケート調査結果<sup>2)</sup>といった既往の調査結果を参考（図-8など）とするとともに，本研究において災害時の避難行動に対するアンケート調査を実施することにより避難行動に対する情報を収集し，設定した．

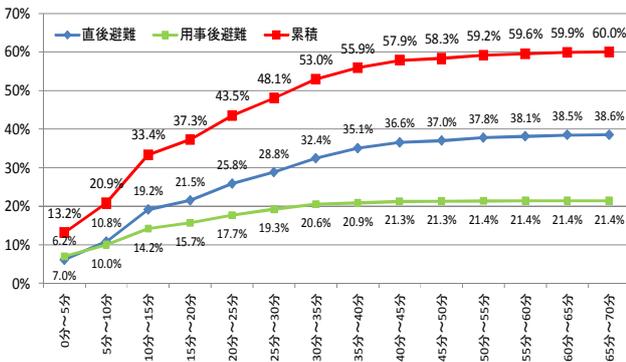


図-8 地震発生後の行動開始時刻の決定確率の根拠（国土交通省アンケート調査結果<sup>3)</sup>）

### (3) 津波シミュレーションの設定

5章において後述するが，本研究では，発災時として2012年12月7日の三陸沖地震時における交通状況を再現し，この再現結果を使用して津波被害による被害程度等を施策毎に比較することにより，避難施策の有効性を評価する．ここで，三陸沖地震時においては津波被災が発生しなかったことから，本研究では三陸沖地震時に東日本大震災と同規模の津波が発生したと仮定することにより，津波被害による被害程度等を算出することとした．

東日本大震災時における津波浸水シミュレーションは日本気象協会（DOMINGOの参加団体）が独自に計算したシミュレーション結果を当避難行動シミュレーション用の入力形式に加工し利用した．この津波浸水シミュレーション結果を用いて，50cm以上浸水した道路区間を通行不能リンクとすることにより，津波浸水による道路閉鎖区間を表現した．

### (4) 道路ネットワークの構築

ネットワークデータは，住友電工システムソリューションによる全国デジタル道路地図データベースを用いて対象範囲（市街地エリア）における基本道路（都道府県道以上及びそれ以外で幅員5.5m以上の道路など）及び細道路（基本道路以外で幅員3.0m以上の道路）により現況の道路網を再現した．信号現示については，石巻市街地部信号現示情報を用いて，方向別のスプリット情報を電子化し，ネットワークデータに反映させた．

### (5) ODデータの作成

本研究では，H22国土交通省自動車起終点調査結果をもとに作成された平成22年度道路交通センサスOD集計用マスターデータを用いて，同調査当時の石巻市内の人口分布変化（東日本大震災の影響など）を考慮し，ODデータ（平常時，発災時）を作成した．

平常時ODの作成フローを図-9に示す．作成にあたっては，避難渋滞をより適切に表現するため丁字単位に分割し作成するとともに，本研究における避難行動モデルはトリップ目的別に避難行動を記述することから，トリップ目的属性別に作成した．また，本研究でシミュレーションを実施する2012年12月7日の三陸沖地震時は東日本大震災以降であり，平成22年度道路交通センサスOD調査の実施日より人口分布の大きな変化が想定されることから，対象エリア内（石巻市，東松島市）の人口分布変化を反映した．さらに小林ら<sup>4)</sup>の手法を用いて感知器交通量（警察トラカンデータ）による補正を行った．

発災時ODは，上述の方法で作成した平常時ODに，発災後当初滞在予定交通（潜在的な避難交通）の分のODを付加することにより作成した．

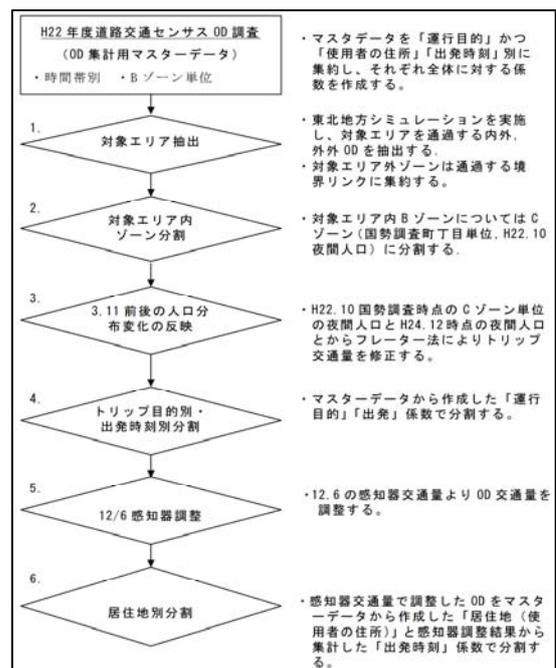


図-9 平常時ODの作成フロー

#### 4. 避難交通シミュレーションの再現性

前章において構築したシミュレーションが現状の平常時及び発災時の交通状況をどの程度再現できているかを把握するため、現況再現性の検証を行った。

##### (1) 平常時の交通状況の再現

発災時の交通状況の再現にあたり、まず、災害が発生していない平常時における交通状況の再現性を確認した。

検証対象日時は三陸沖地震の前日となる2012年12月6日の15:00~19:00とした。再現性の検証データは同日の警察トラカンデータ(58地点)を用い、実測値とシミュレーションによる予測値の時間帯別交通量を比較検証した(図-10)。

図-10を見ると、全体的に45°線の周辺に分布(実測値≒予測値)しており、また相関係数も全ての時間帯において0.9以上を担保していることから、本シミュレータは概ね平常時の交通状況を示していると考えられる。

図-11は平常時の夕ピーク時におけるシミュレーション演算による渋滞発生状況を示したものである。同図より、内陸部と石巻市街地や石巻港方面を結ぶ路線、国道45号との交差点部、石巻市街地中心部に向かう路線、中心市街地(JR石巻駅付近)で渋滞の発生が見られる。これは警察トラカンデータ等から把握された現状の平常時における渋滞状況(2章にて前述)とほぼ同様の傾向であり、

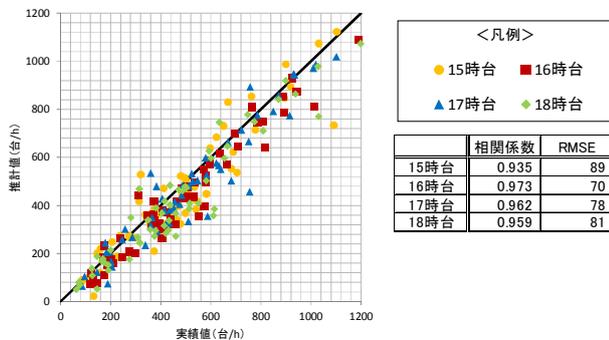


図-10 平常時におけるリンク交通量の実測値と予測値の比較検証結果



図-11 シミュレーション演算による平常時渋滞発生状況(2012年12月6日 17:15時点)

本シミュレーションにより実際の平常時の渋滞状況が概ね再現できていると考えられる。

##### (2) 発災時の交通状況の再現

次に、発災時の交通状況の再現性を確認した。

検証対象日時は三陸沖地震が発生した2012年12月7日の15:00~19:00である。検証データは平常時と同様、同日の警察トラカンデータ(58地点)を用い、実測値とシミュレーションによる予測値の時間帯別交通量を比較検証した(図-12)。

図-12を見ると、実測値と予測値の相関係数は、18時台がやや低いものの、発災直後を含む17時台は0.8程度を確保している。

図-13は発災時におけるシミュレーション演算による渋滞発生状況を示したものである。同図より、地震発生後に、地震発生前に発生していた幹線道路の渋滞が延伸し、石巻市街地のほぼ全域に渡り渋滞している状況が確認できる。また、幹線道路の重渋滞による細街路を含

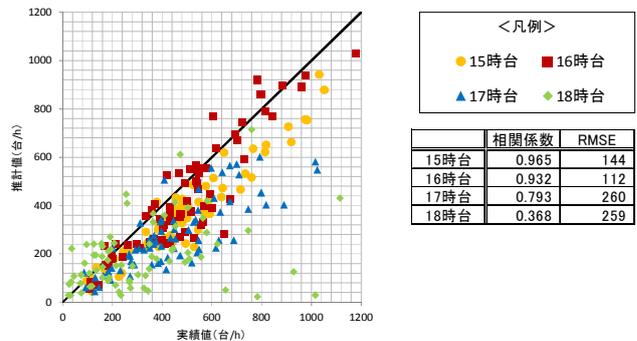


図-12 発災時におけるリンク交通量の実測値と予測値の比較検証結果

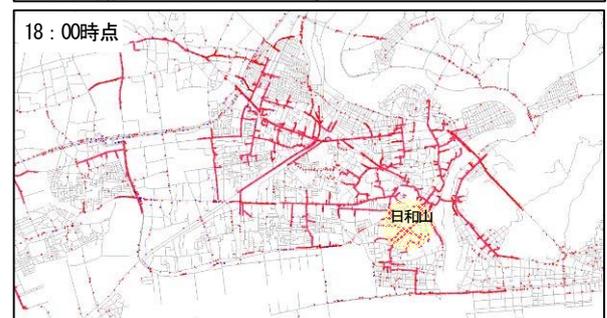
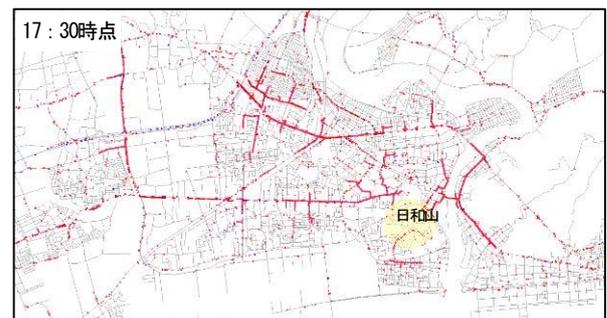


図-13 シミュレーション演算による発災時渋滞発生状況(2012年12月7日 17:30, 18:00時点)

む交差道路への渋滞の波及や、避難場所である高台の日和山へのアクセス道路における渋滞も確認でき、発災後における避難渋滞が概ね再現できていると考えられる。

しかしながら、2章で前述したとおり、発災時の渋滞は様々な要因が複合的に影響して発生していることから、発災時の再現について引き続きさらなる検証が必要と考えている。よって、今後地元関係者に対し発災時の渋滞状況とシミュレーション結果との整合性をヒアリングにより確認するなど、再現結果のさらなる精度向上を図ることとする。

## 5. 避難施策検討

石巻市において、2章で整理した大規模地震時の渋滞要因と課題を踏まえ、やむを得ず自動車により避難せざるを得ない場合における避難施策を検討した。

### (1) 避難施策の立案にあたっての基本的な考え方

2章で整理した災害時避難の問題・課題を踏まえ、避難施策の立案にあたっての基本方針と対応策を整理すると表-2のとおりとなる。問題・課題は「避難施設」「道路ネットワーク」「自動車避難」に関するものに大別され、それらへの対応策として「①自動車避難対応の避難施設の整備」「②避難道路の整備」「③交通規制」「④発生交通量の抑制」の切り口から施策を検討した。

### (2) 避難施策の内容

前節に示した対応策①～④について、それぞれの避難

施策を具体的に検討した。

### a) 自動車避難対応の避難施設の整備

発災時において避難者の駐車場が少ないことや、避難所付近における路上駐車存在等により渋滞が悪化する状況を踏まえ、自動車避難対応の避難施設の整備を施策として設定した。具体的には図-14に示すとおり、石巻市津波避難計画<sup>5)</sup>に基づき避難所を整備し、かつ高台の学校において校庭を開放して駐車スペースを確保したケースを設定した。

表-2 避難施策の立案にあたっての基本的な考え方

問題・課題	対応の基本方針	対応策
<b>■ 避難施設に関する問題、課題</b> ・ 避難所の設置数、立地条件、自動車避難対応の有無（駐車場の有無など）	<b>■ 避難所の増設や駐車場の確保を図る</b>	<b>①自動車避難対応の避難施設の整備</b>
<b>■ 道路ネットワークに関する問題、課題</b> ・ 石巻市の地勢にあった道路ネットワークとなっていない。 ⇒ 河川に囲まれた島状の地形により渡河部が少ない ⇒ 沿岸部から内陸部へ向かう主要交差点が終日混雑している。	<b>■ 地域の実情にあった道路ネットワークの強化</b>	<b>②避難道路の整備</b> ・ 道路の新設や拡幅（渡河部の増設等） ・ 混雑交差点の立体化
	<b>■ 交通需要の調整（混雑区間への自動車の流入抑制）</b>	<b>③交通規制</b> ・ 沿岸部への進入禁止
<b>■ 自動車避難に関する問題、課題</b> ・ 津波到達時間、避難場所までの距離、災害時要援護者の存在、避難路の状況などの制約から自動車により避難せざるを得ない住民の需要がある。	<b>■ 自動車避難と徒歩避難の適切な役割分担</b> ・ 自動車避難から徒歩避難への転換	<b>④発生交通量の抑制</b> ・ 避難所からの距離に応じた交通手段分担

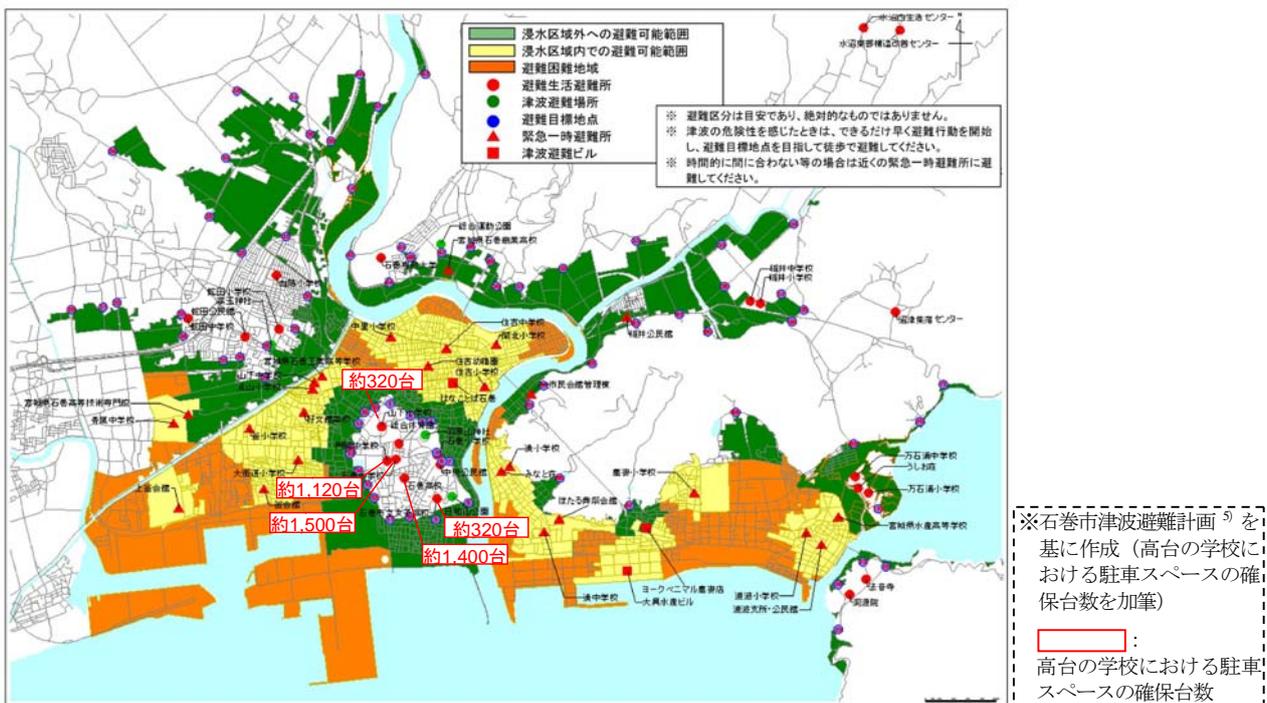


図-14 「①自動車避難対応の避難施設の整備」の設定ケース例

(石巻市津波避難計画<sup>5)</sup>に基づく避難施設に加え、高台の学校において校庭を開放して駐車スペースを確保したパターン)



出典：石巻市復興整備計画（第15回変更）<sup>6)</sup>

図-15 「②避難道路の整備」の設定ケース例（石巻市復興整備計画<sup>6)</sup>に基づく道路の新設・拡幅）



図-16 「②避難道路の整備」の設定ケース例  
（混雑交差点の立体交差化）

### b) 避難道路の整備

平常時から交通容量に余裕の無い道路が多く、避難のための交通が集中すると幹線道路や避難施設付近の道路で激しい渋滞が発生していることを踏まえ、石巻市復興整備計画<sup>6)</sup>に基づく道路の新設・拡幅（石巻市の地勢を踏まえた旧北上川の渡河部の増設等）を行うケース（図-15）や、慢性的に渋滞している幹線道路との交差点部を立体化するケース（図-16）を設定した。

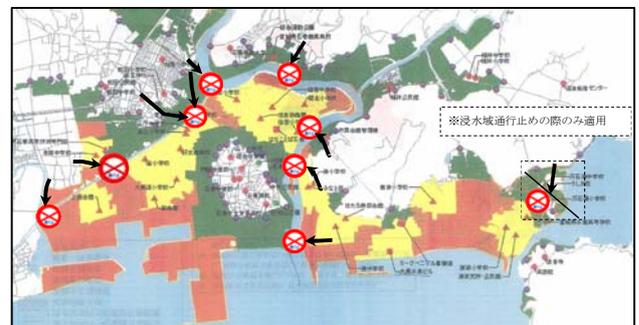


図-17 「③交通規制」の設定ケース例  
（市街中心部（島状の地域）及び沿岸部全体への流入規制）

### c) 交通規制

発災時において沿岸部から高台や浸水域外への避難交通が集中し渋滞が発生している状況に対し、津波浸水域等の交通の流入規制を行うことにより混雑区間への車の流入を防ぐソフト施策も有効と考えられる。

そこで、発災時の交通規制施策として、市街中心部（島状の地域）へ流入規制を行うケースと沿岸部全体への流入規制を行うケースを設定した（図-17）。

### d) 発生交通量の抑制

やむを得ず自動車避難をする住民と徒歩避難をする住民の役割分担を図った場合を想定したソフト施策のケー

スとして、避難所から居住地までの距離に応じた交通手段の分担を図り、発生する自動車交通を抑制する施策を設定した。具体的には、避難所に対して半径500mの南半円の領域内の車両の50%、100%の割合が徒歩避難に転換したケースを設定した。

### (3) 避難施策の評価

前節に示したa)~d)の避難施策に対し、3章で構築した避難行動シミュレーションを用い、施策の有無別や施策毎の比較を行うことにより、各施策の有効性を検証する。

具体的には、a)~d)の組み合わせのバリエーション等により様々なケースを設定し、ネットワーク全体の総旅行時間や、避難所までの到達時間、東日本大震災と同等の津波が発生した場合の被災車両台数等を指標として設定し、定量的に評価することとした。

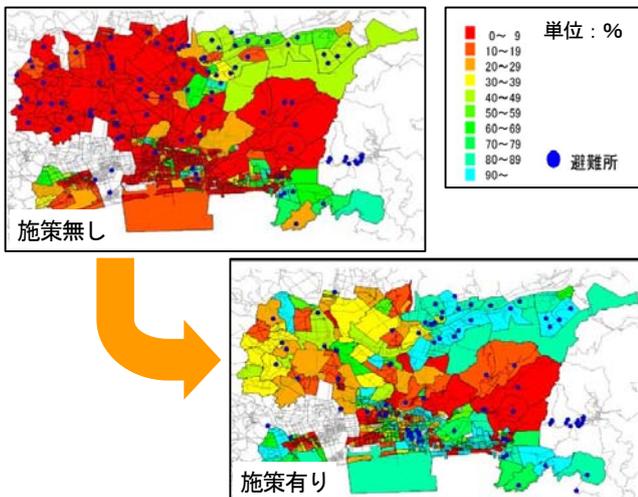


図-18 避難施策の評価イメージ

(地震発生後●分以内に避難所へ到達できた人の割合)

## 6. おわりに

本研究では、2012年12月7日の三陸沖地震時における石巻市の交通渋滞の実態を分析し、石巻市の災害時避難における問題・課題を明らかにするとともに、発災時における災害時の自動車避難行動モデルを組み込んだ避難行動シミュレーションを構築し、発災時の交通状況を再現した。さらに、災害時避難における問題・課題を踏まえ、交通集中による渋滞を抑制するための避難施策をハード・ソフト両面から検討した。

避難施策シミュレーションを用いた避難施策の評価結果などは講演時に発表する。

### 参考文献

- 1) 大畑長, 浦山利博, 花井健太, 彦坂健太, 花房比佐友, 今井武, 津田博之, 江藤和昭: 災害時と平常時の交通マネジメントのためのデータ融合解析システムの紹介, 第47回土木計画学研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2013.
- 2) 石巻市総務部防災対策課: 平成24年12月7日三陸沖を震源とする地震に伴う津波警報緊急調査集計結果(検証), 2013.
- 3) 国土交通省都市局街路交通施設課: 津波避難を想定した避難路, 避難施設の配置及び避難誘導について(第3版), 2013.
- 4) 小林正人, 堀口良太, 花房比佐友, 小出勝亮: ネットワーク交通シミュレーションのための時間帯別OD交通量と確率経路選択モデルのロジット感度パラメータ一括推定プログラムの開発, 第32回交通工学研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2012.
- 5) 石巻市: 石巻市津波避難計画, 2013.
- 6) 石巻市: 石巻市復興整備計画(第15回変更), 2014.

(2014.4.25 受付)

## EVACUATION PLAN ASSESSMENT BASED ON VEHICULAR BEHAVIOR ANALYSIS IN LARGE-SCALE EARTHQUAKE DISASTER

Kazuki NAGAO, Yuji KAKIMOTO, Takeshi OHHATA, Hisatomo HANABUSA and Yosuke FUTAKAMI