

# 2016年熊本地震における 高速道路網の機能的被害・復旧の時空間的分析

加藤 宏紀<sup>1</sup>・能島 暢呂<sup>2</sup>・佐藤 多恵<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 岐阜大学大学院 工学研究科博士課程生産開発システム工学専攻  
(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)  
E-mail: kato\_hir@gifu-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 岐阜大学教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)  
E-mail: nojima@gifu-u.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 岐阜大学大学院 自然科学技術研究科修士課程環境社会基盤工学専攻  
(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)  
E-mail: w4523014@edu.gifu-u.ac.jp

2016年熊本地震により影響を受けた高速道路網の日交通量データを入手し、時空間的な変動を可視化するるとともに高速道路機能の分析を行った。本震直後に熊本・大分両県で交通が寸断されたが、5月中旬以降にほぼ地震前の水準まで回復した。次に、地震後の初動対応・復旧の動向・通行状況の把握を目的として、日平均走行速度に着目した。また、高速道路のネットワーク施設水準・機能水準を表す3種類の指標を算出した。施設水準は、九州自動車道と大分自動車道で平常時より約60~100%、機能水準は同約50~80%低下した。その後、各指標とも約2~3週間ではほぼ地震前の水準まで戻った。阪神・淡路大震災および東日本大震災との事例間比較を行った結果、機能水準は施設水準をほぼ一貫して下回っており、ネットワーク復旧の完結後によりやく地震前の水準に回復することが明らかとなった。

*Key Words* : The 2016 Kumamoto Earthquake, highway networks, traffic volume, functional damage, restoration process, spatio-temporal analysis, network performance measures

## 1. はじめに

平常時の高速道路の役割として、自動車による広域・大量・高速な輸送のための交通手段であることが挙げられる。一方、災害時に高速道路の通行止めが発生すると、渋滞や迂回交通を引き起こし、緊急輸送や社会経済活動に影響を及ぼす。将来の防災対策を考える上で、事前対策により被害を防止することが最善ではあるが、被災した場合には被害を最小限にとどめ、迅速な復旧を行いネットワーク機能の回復に努めることが必要である。そのためにも、被災時の災害対応や交通機能の実態を把握することが重要である。

これまでに、内陸活断層地震による都市災害の典型例である阪神・淡路大震災と海溝型巨大地震による広域巨大災害の典型例である東日本大震災について道路事業者や国土交通省などにより、被害・復旧情報や災害対応に関する情報が発信され<sup>例えは 1)3)</sup>、高速道路網の自動車交通量のデータ収集・分析が行われてきた<sup>4)5)</sup>。

2016年熊本地震では、観測史上初めて短期間に震度7

が2回観測され(4月14日21時26分、 $M_{JMA}=6.5$ および4月16日1時25分、 $M_{JMA}=7.3$ 。以降、それぞれ前震および本震と表記)<sup>6)</sup>、九州地方の高速道路網も甚大な被害を受けた<sup>7)10)</sup>。

本研究では、2016年熊本地震における被災地およびその周辺の高速道路網を対象として、施設被害・災害対応状況・復旧状況と自動車交通量の時空間的な変動の関係を調べ、これに基づいて高速道路機能の分析を行う。

以下、2.では分析対象路線と使用データ、2016年熊本地震による道路被害と交通規制延長および復旧状況を示す。3.では2016年熊本地震発生前後の自動車交通量データを整理し、時空間的な変動を可視化する。4.では、高速道路のネットワーク施設水準・機能水準<sup>4)</sup>を用いて2016年熊本地震に関する評価を行い、阪神・淡路大震災や東日本大震災の評価結果<sup>5)</sup>と比較する。5.では、本研究で得られた主な成果と今後の課題について述べる。

## 2. 2016年熊本地震における高速道路の被災・復旧に関するデータ収集・整理

### (1) 対象路線と用いたデータ

本研究では、NEXCO 西日本管内の九州支社の高速自動車国道道路および主要な一般有料道路と自動車専用道路を分析対象とする。対象路線は、九州自動車道、九州道加治木支線、関門自動車道、九州中央自動車道、東九州自動車道、大分自動車道などの計 15 路線である（図-1）。インターチェンジ区間・ジャンクション区間（以降、IC 区間）は合わせて 121 区間、延長距離は計 994.0km である。対象期間は 2016 年熊本地震の発生当日を含む 9 か月間（1 月 1 日～9 月 30 日）とした。高速道路の路線情報については、国土交通省国土政策局の「国土数値情報ダウンロードサービス<sup>11)</sup>」の「高速道路時系列（データ時点：平成 26 年度）」を用いた。なお、平成 26 年度以降の開通区間は、文献<sup>12)~15)</sup>を参考に補った。

### (2) 地震による被害と交通規制延長および復旧状況

前震では、土工部盛土法面の崩落、土工部路面陥没、段差、隆起などの被害が発生した<sup>10)</sup>。また、本震による主な被害は 7 路線（約 599km）に及び、橋梁部ジョイントの段差 4 脚、跨道橋の落橋・桁ずれ、法面の土砂崩落などが報告されている<sup>9)</sup>。

前震および本震の発生に伴う高速道路の規制延長距離を図-2 に示す。前震直後、九州自動車道を中心として延長約 152.9km の通行止め措置がとられた。翌 15 日 1 時 10 分には、九州自動車道の益城熊本空港 IC～松橋 IC 間を除いて緊急車両が通行可能となり、通行止め延長が約 38.7km まで短縮された。しかし本震により、九州自動車道だけでなく大分自動車道にも大きな影響が及び、通行止めは 529.1km まで延びた。その後、順次通行止めが解除され、九州自動車道が 4 月 29 日 9 時 00 分に全区間開

通した。さらに、大分自動車道の湯布院 IC～日出 IC 間が 5 月 9 日 22 時 40 分に開通したことで、九州地方の高速道路が全面的に通行可能となった。ただし、全区間が開通してからも路面等の復旧工事のため、終日車線規制（片方向 1 車線通行）が行われていた<sup>9),16),17)</sup>。その後、大分自動車道の湯布院 IC～日出 JCT 間は 9 月 15 日に解除され、九州自動車道の益城熊本空港 IC～松橋 IC 間は 2017 年 4 月 28 日までに解除された。

## 3. 2016年熊本地震における自動車交通量の基礎的分析

### (1) 自動車交通量の短期的推移

2016 年熊本地震発生に伴う交通規制が、交通量に及ぼした影響を時空間的に見る。まず、九州自動車道（門司 IC～田上ランプ間）と大分自動車道（鳥栖 JCT～大分米良 IC 間）の断面交通量（上下線の交通量の合計値）の推移をそれぞれ図-3、図-4 に示す。前震発生当日は、21 時 26 分までの交通量データを含むため、交通量の減少はあまり見られない。

図-3(a)では、九州自動車道の植木 IC～八代 IC 間において、4 月 15 日の日平均交通量が地震前より大きく低下している。図-3(b)では、大型連休に向けて復旧が進められたことで部分的に規制解除が進み、前述の区間の交通量が徐々に回復している。図-3(c)では、熊本 IC～松橋 IC 間を除き、交通量がほぼ地震前の水準まで回復した。参考までに 9 月 14 日の交通量も示す。

図-4 を見ると、大分自動車道では、前震による被害がなかったため、4 月 15 日の交通量が前日と比べて 50%増加した。しかし、本震により日田 IC～大分 IC 間が通行止めとなった影響で、通行可能な隣接区間（鳥栖 JCT～日田 IC、大分 IC～大分米良 IC 間）においても急

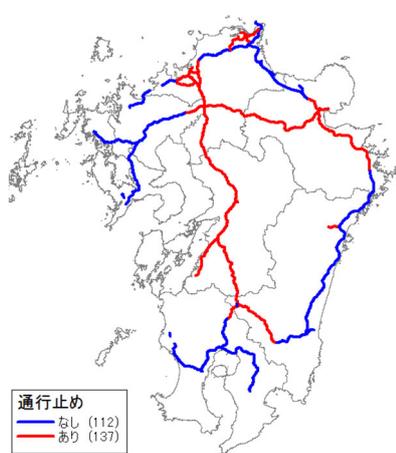


図-1 対象路線(通行止め区間も併記)

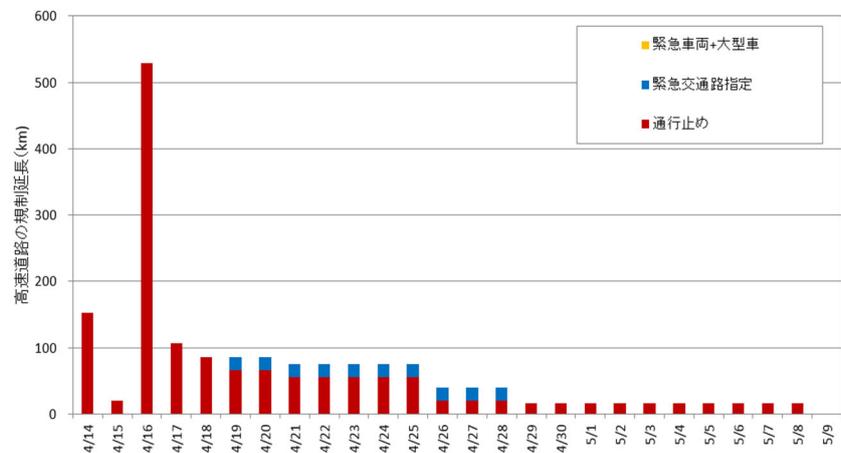
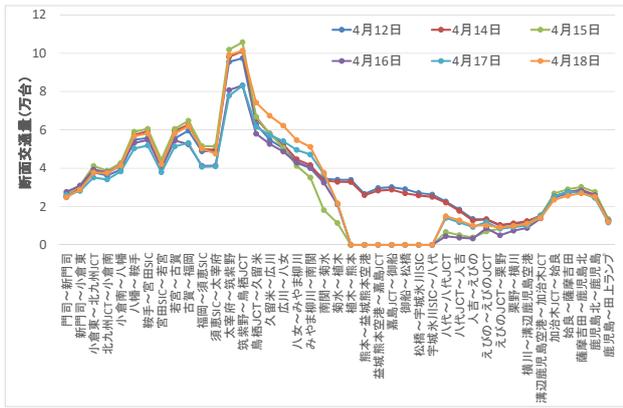
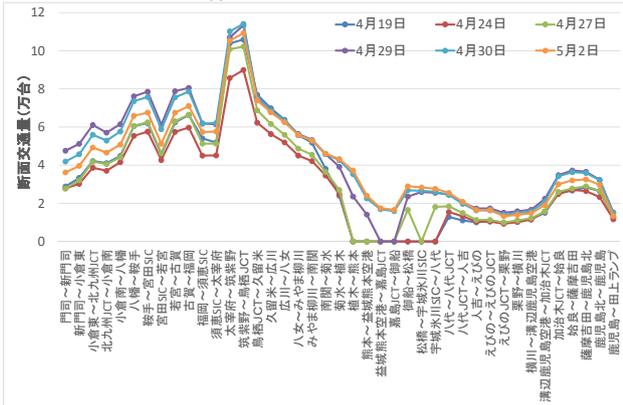


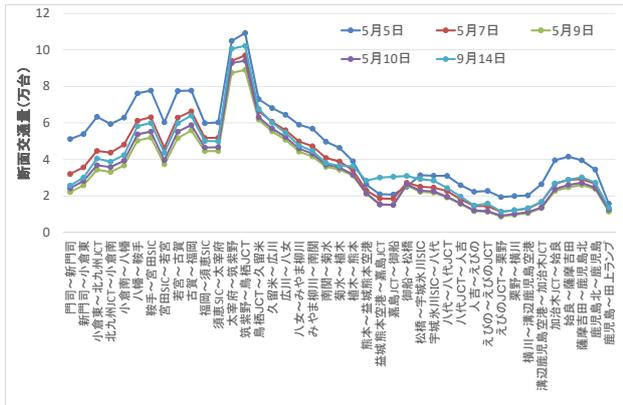
図-2 2016年熊本地震における高速道路の交通規制の延長距離



(a) 4月12日～4月18日

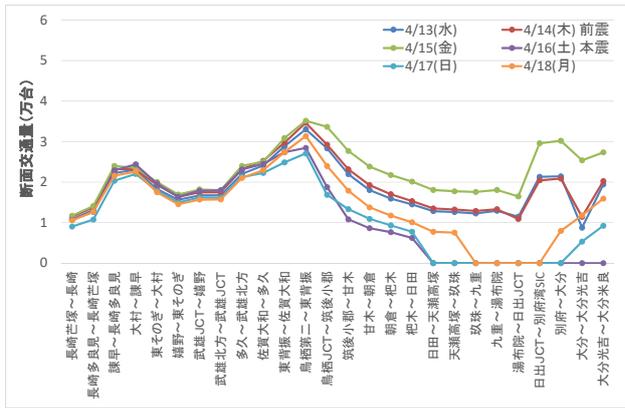


(b) 4月19日～5月2日

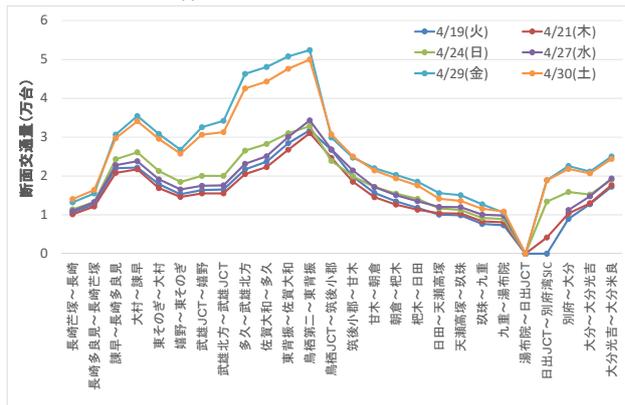


(c) 5月5日～9月14日

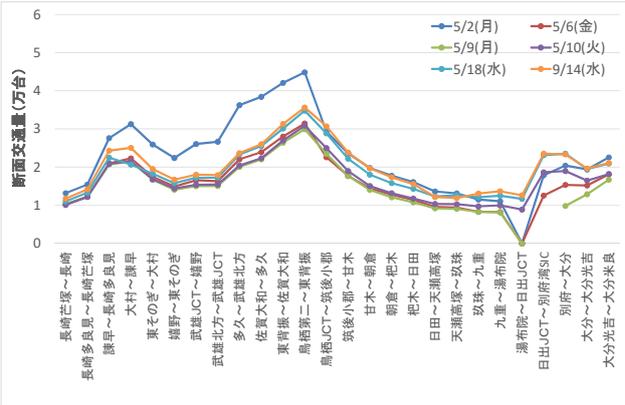
図3 2016年熊本地震における九州自動車道（門司～田上ランプIC間）の上下線合計線の自動車交通量（空欄は上下線のいずれかまたは両方が欠測）



(a) 4月13日～4月18日



(b) 4月19日～4月30日



(c) 5月2日～9月14日

図4 2016年熊本地震における長崎自動車道（長崎～鳥栖JCT間）と大分自動車道（鳥栖JCT～大分米良IC間）の上下線合計線の自動車交通量（空欄は上下線のいずれかまたは両方が欠測）

激に交通量が減少した。4月17日以降は開通区間が広がるとともに交通量が回復傾向にある。全線開通から約1週間後の5月18日には地震前の水準を上回っている。

次に、2016年熊本地震における高速道路の自動車交通量と内数としての大型車交通量の時空間分布を図-5に示す。本震発生直後には九州自動車道および大分自動車道の多くのIC間で通行止めとなったため、交通量が全体的に大幅に減少した。4月17日には交通規制の延長距離が107.2kmまで短縮されたが、両自動車道とも交通量の増加は見られなかった。その後は交通量が徐々に

回復している。これは、物資輸送車が4月19日から九州自動車道（植木IC～益城熊本空港IC間）で通行可能となったことが寄与したと考えられる。九州自動車道（益城熊本空港IC～松橋IC区間を除く）では5月11日に、大分自動車道では5月18日に、それぞれの交通量が地震前の水準まで回復した。

地震後の初動対応および復旧動向の把握を目的として、各自動車道の大型車交通量の推移をみる。九州自動車道では、地震後の復旧・復興支援を目的とした大型車交通量の明確な増加は認められなかった。一方、大分自動車

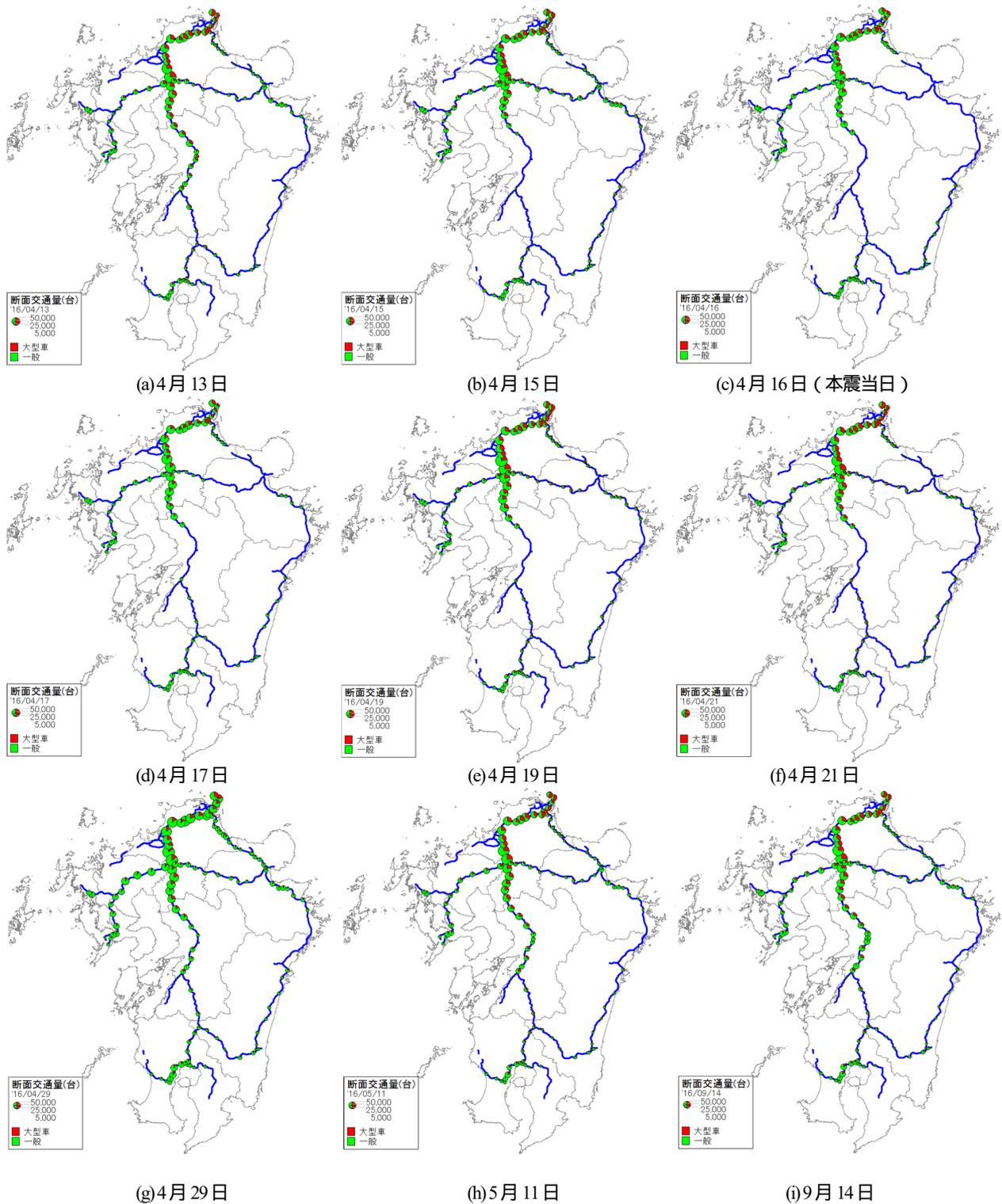
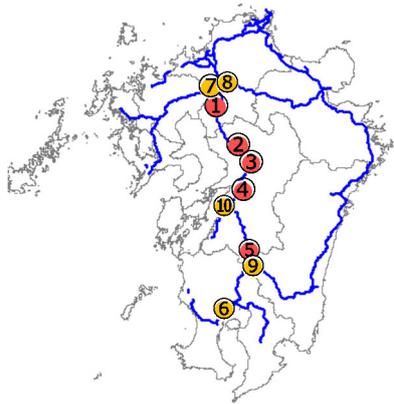


図-5 2016年熊本地震における高速道路自動車交通量と大型車交通量（赤色）の時空間分布

道と宮崎県内の東九州自動車道では、前震翌日と4月17日以降に大型車交通量が増加した。これは、自衛隊の広域支援や日本赤十字社による確実な物資供給を実施するために利用された影響<sup>18)</sup>と考えられる。ただし、この影響は九州地方全体でみると限定的である。

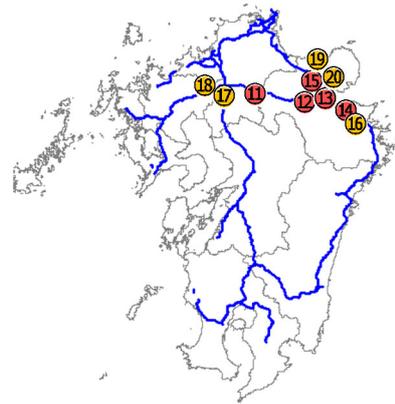
(2) 自動車交通量の2ヶ月間(4月~5月)の推移  
地震後の交通の流れの変化および代替ルート把握す

ることを目的として、地震前後2ヶ月間(4月~5月)の自動車交通量について分析・考察を行う。九州自動車道においては図-6(a)に示すように、被災地近傍( ~ )、被災地への主要アクセス道路( ~ )という観点から10IC区間を対象とした。大分自動車道においては被災地近傍( ~ )、被災地への主要アクセス道路( ~ )の10IC区間を対象とした(図-6(b))。



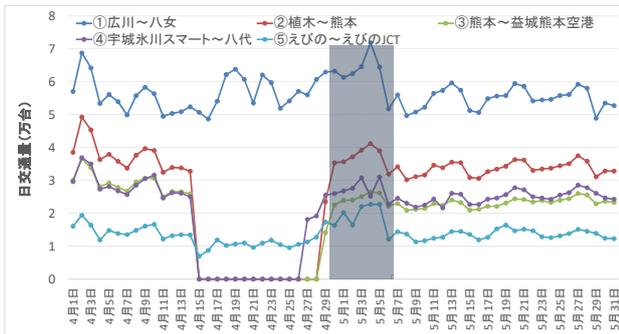
(a)九州自動車道

- ①【九州自動車道】広川IC～八女IC
- ②【九州自動車道】植木IC～熊本IC
- ③【九州自動車道】熊本IC～益城熊本空港IC
- ④【九州自動車道】宇城水川スマートIC～八代IC
- ⑤【九州自動車道】えびのIC～えびのJCT
- ⑥【東九州自動車道】加治木JCT～隼人西IC
- ⑦【長崎自動車道】東背振IC～鳥栖第2IC
- ⑧【大分自動車道】鳥栖JCT～筑後小郡IC
- ⑨【宮崎自動車道】えびのJCT～小林IC
- ⑩【九州自動車道】筑紫野IC～鳥栖JCT
- ⑪【大分自動車道】杷木IC～日田IC
- ⑫【大分自動車道】湯布院IC～日出JCT
- ⑬【大分、日出速見支線】日出JCT～速見IC
- ⑭【大分自動車道】大分IC～大分光吉IC
- ⑮【東九州道日出線】安心院IC～大分農業文化公園IC
- ⑯【東九州自動車道】大分米良IC～大分宮河内IC
- ⑰【九州自動車道】筑紫野IC～鳥栖JCT
- ⑱【長崎自動車道】鳥栖第2IC～東背振IC
- ⑲【東九州道日出線】宇佐IC～院内IC
- ⑳【日出バイパス】日出IC～速見IC

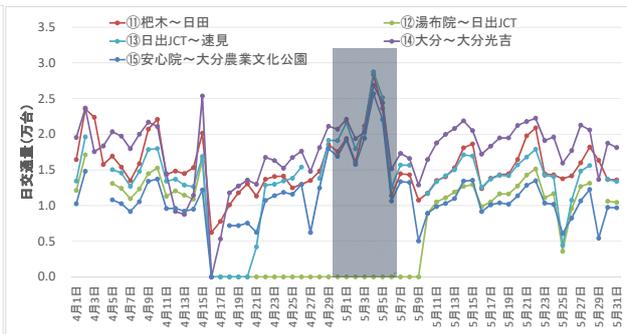


(b)大分自動車道

図6 各自動車道における「被災地近傍（赤色）」、「被災地への主要アクセス道路（黄色）」の概略的なIC位置



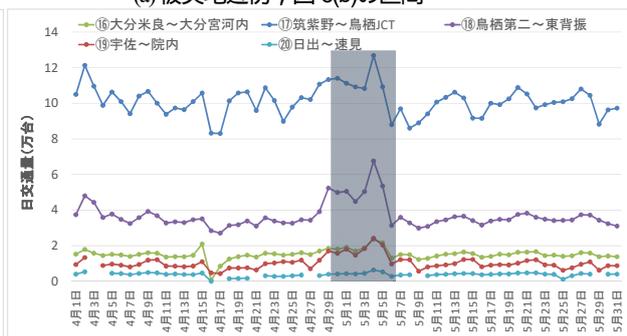
(a)被災地近傍，図-6(a)の区間



(a)被災地近傍，図-6(b)の区間



(b)被災地への主要アクセス道路，図-6(a)の区間  
図-7 2016年熊本地震における九州自動車道の交通量の推移（4月1日～5月31日）  
（空欄は上下線のいずれか又は両方が欠測）



(b)被災地への主要アクセス道路，図-6(b)の区間  
図-8 2016年熊本地震における大分自動車道の交通量の推移（4月1日～5月31日）  
（空欄は上下線のいずれか又は両方が欠測）

両自動車道における交通量の地震前後2ヶ月間の推移を図-7、図-8に示す<sup>補注1)</sup>。九州自動車道における被災地近傍（区間～，図-7(a)）では，区間～で急激に交通量が減少した。一方，区間～では本震後に交通量が増加しているが，区間～ではほぼ変化していない。このことから，物資輸送が主に九州地方の北側から行われたと推察される（海上からの支援物資が熊本港・三角港を中心として行われたこととの関連が考えられる）。その後は，被災区間の両端から復旧が進められるにしたがって交通量が回復している。九州自動車道では，通行止めが解除された4月29日以降に交通量が急増し，大型連休中は増加傾向にある。ただし，大型連休終了後は通常の水準に戻った（区間～では，緊急車両が少なくなっ

たことから減少傾向にある）。被災地への主要アクセス道路（区間～，図-7(b)）では，交通量の週間変動がみられるものの，本震直後から大型連休まで増加傾向にある。一方，区間～では交通量が地震前後でほぼ一定であることから，復旧時にはあまり活用されていなかったと考えられる。

次に，大分自動車道および東九州道日出線における被災地近傍（区間～）の交通量を図-8(a)に示す。4月15日には，前震当日と比べて交通量が1.3～2.2倍に急増したものの，本震に伴う通行止めで交通量は急激に減少した。その後は，区間～，の順に通行止めが解除されるにつれて，交通量が徐々に回復する傾向にある。大型連休が終了すると平常時の水準よりやや低くなった

ものの、5月9日に区間が開通したことにより大分自動車道が全線開通した。区間の交通量が大幅に増加しただけでなく、区間、～の交通量もほぼ地震前の水準まで回復している。図-8(b)の被災地への主要アクセス道路(区間～)では、本震直後に全区間で交通量が減少したが、ごく限定的なものであった。その後の交通量は地震前に近い水準で推移している。

### (3) 日平均走行速度に関する考察

前節まで自動車交通量(上下線の合計値を使用)に関する考察を行った。本節では、地震前後の日平均走行速度の推移に注目する。日平均走行速度に関しては、土地の形状や上下線片側のみ交通規制が行われたなどの理由から、上下線を区別して扱うこととした。ただし、一部区間については異常値が含まれている可能性がある。

九州自動車道で通行止めが比較的長期化した区間(植木IC～八代IC間)を含む4区間(図-9)を対象として、日平均走行速度の推移を図-10(a)～(d)に示す。菊水IC～植木IC間(図-10(c))では、上り線で15km/h程度、下り線では最大80km/hも日平均走行速度が低下した。南関IC～菊水IC間(図-10(b))では、上り線で10km/h程度、下り線では最大70km/h程度日平均走行速度が低下した。さらに北側の八女IC～広川IC間(図-10(a))まで離れると、通行止めによる日平均走行速度の低下は見られない。このように通行止め区間から離れるにつれて、日平均走行速度の低下が緩和される傾向にある。次に図-10(c)より南側に位置する御船IC～松橋IC間(図-10(d))に着目する。データ欠損のため、図-10(a)～(c)と同様の考察はできないものの、地震後の日平均走行速度が地震前よりも15km/h程度低下した。これは、前震・本震に伴う嘉島JCT～松橋IC間の路面変状の影響が大きいと推察される。なお、益城熊本空港IC～嘉島JCT間の終日対面通行規制<sup>17)</sup>により、当該区間を通行する際には一旦停止及び20km/hの速度規制が行われていた<sup>19)</sup>。

大分自動車道で本震翌日以降も通行止めであった九重

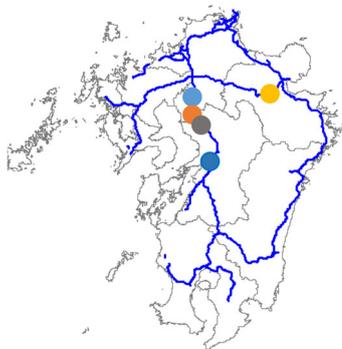
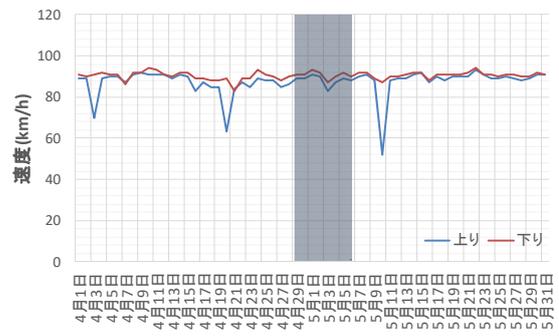
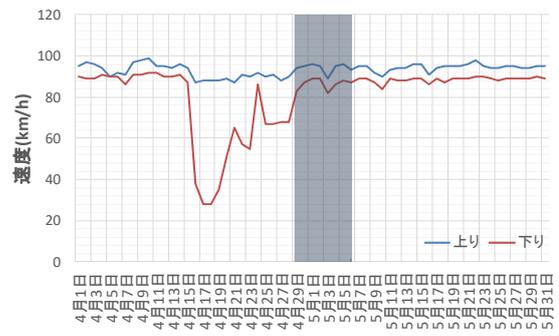


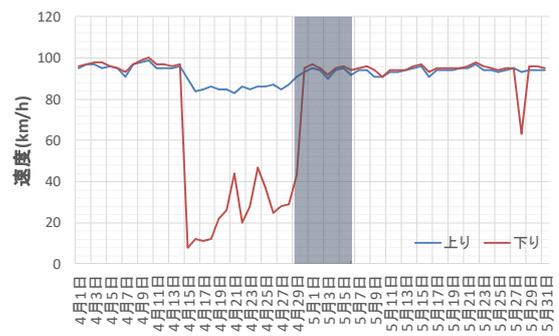
図-9 日平均走行速度の推移に着目するIC区間の概略的な位置(各丸印が、図-10の各IC区間に対応)



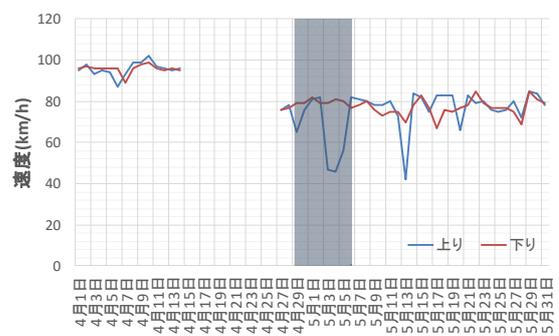
(a)九州自動車道、八女IC～広川IC間(図-9の)



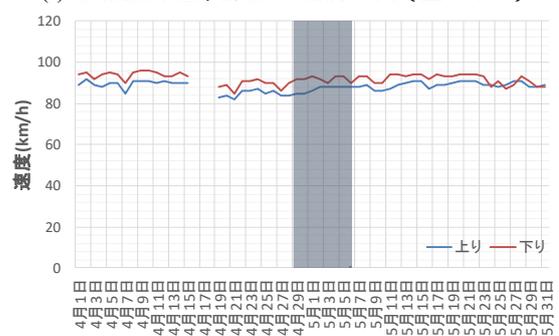
(b)九州自動車道、南関IC～菊水IC間(図-9の)



(c)九州自動車道、菊水IC～植木IC間(図-9の)



(d)九州自動車道、御船IC～松橋IC間(図-9の)



(e)大分自動車道、九重IC～湯布院IC間(図-9の)

図-10 日平均走行速度の推移(4月1日～5月31日)(空欄は、上下線のいずれかまたは両方が欠測)

IC～湯布院IC間（図-9）についての日平均走行速度の推移を図-10(e)に示す。本震直後に、平均で約6%走行速度が低下したが、約2週間で地震前の水準まで回復した。湯布院IC～日出JCT間（日平均走行速度データ欠損のため図示できず）では、2.(2)で述べたように終日対面通行規制<sup>16)</sup>が行われていたものの、周辺区間における日平均走行速度の低下はほぼなかった。また、対象期間を通じて、上下線の日平均走行速度に差が生じているのは、地形的な理由であると考えられる。

一般的な傾向として、地震に伴う日平均走行速度の低下は、大分自動車道よりも九州自動車道のほうが顕著であった。この理由として、3.(1),(2)から各自動車道の交通量の多寡（図-5）や交通容量の余裕の有無が大きな要因として推察される。九州自動車道と大分自動車道は、ともに4車線であるが、平常時の交通量が多い九州自動車道では、交通容量の減少に伴って容易に渋滞が発生し、平常時から交通容量に余裕のある大分自動車道では、日平均走行速度に対する影響がほぼなかったと考えられる。

#### 4. ネットワーク施設水準・機能水準<sup>4)</sup>を用いた地震間比較

##### (1) ネットワーク施設指標と機能指標<sup>4)</sup>

施設の復旧状況と自動車交通量に基づいて、以下に示す3種類の指標<sup>4)</sup>によってネットワーク全体の施設水準と機能水準を算出して複数の地震間で比較する。

- 通行開放区間数 $N$ （区間）：通行可能な区間数
- 通行開放区間の延長距離 $L$ （km）：通行可能な区間の距離の総和
- 区間自動車交通量×区間距離の総和 $V$ （台km）：区間自動車交通量とその区間距離の積の総和

通行開放区間数 $N$ および通行開放区間の延長距離 $L$ は、いずれも施設の状態のみに基づくもので、施設水準を表す指標としている。これに対して区間自動車交通量×区間距離の総和 $V$ は延べ自動車輸送キロに相当し、高速道路の機能を反映していることから、機能水準としている。

##### (2) 2016年熊本地震を対象とした評価結果

図-11はそれぞれ施設指標 $N$ 、 $L$ と機能指標 $V$ を地震前後を含む2ヵ月間について算出し、地震前の104日間の平均値で正規化して0～1（平常時）で表したものである。

図-11(a)は、九州自動車道（鳥栖JCT～加治木JCT間）の評価結果である。前震と本震に伴い、 $N$ 、 $L$ が大きく低下した。翌17日には $N$ 、 $L$ が地震前の80%前後まで回復した。その後は、横ばいの状態が続き、約3週間後に地震前の水準まで回復した。一方、機能水準 $V$ は、前震翌日に大きく低下した<sup>補注2)</sup>。その後 $V$ は4月29日に全区間が

復旧するまで、 $N$ 、 $L$ を大きく下回っており、施設水準と比較して回復が遅い。

図-11(b)は、大分自動車道（鳥栖JCT～大分米良IC間）の評価結果である。九州自動車道とは異なり、前震による被害はなかったため、本震直後に各指標とも急激に低下した。 $N$ 、 $L$ は、一部の期間を除き、本震後の九州自動車道と同様の傾向を示している。 $V$ については、前震翌日に増加したが、本震に伴い急激に減少し、29日まで $N$ 、 $L$ を大きく下回っている。また、大型連休期間を除くと、5月9日22時40分に全区間開通するまで $V$ は平常時の水準を下回っている。

図-11(c)は、図-11(a)と図-11(b)を合計した区間の評価結果である。 $N$ 、 $L$ は、前震と本震でそれぞれ平常時に比べて約40～90%低下した。本震翌日には、平常時の約80%まで回復したものの、対象区間が同100%になったのは前震から25日後であった。前震当日の $V$ は平常時とほぼ変わらず、本震当日に平常時と比べて約60%減少した<sup>補注3)</sup>。

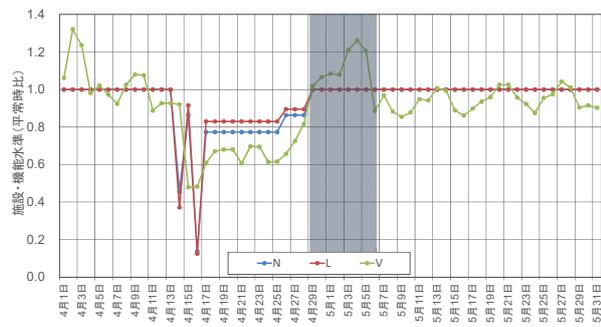
前震では、通行止めとなった路線数・区間数が少なく、迅速に復旧したことから走行可能な路線で交通量が増えたことから $V$ はあまり低下しなかった。一方、本震では多数の路線で通行止めが発生したが、 $N$ 、 $L$ は比較的早期に回復した。一方で、連続で通行可能な区間が少なかったため $V$ が低下した状態が続き、交通機能の回復が遅れたと考えられる。ここから、見かけ上 $N$ 、 $L$ が回復してもそれが断片的であった場合、 $V$ の回復に繋がらないことが明らかとなった。

2016年熊本地震における $V$ は、見かけ上は前震発生から約2週間で地震前の水準まで回復したように見える。しかし、復旧・復興および大型連休による交通需要の増加の影響を除外すると、実際に地震前の水準に戻ったのは前震から約3週間後であったと考えられる。

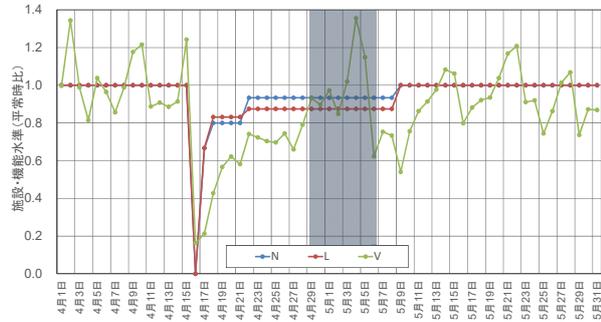
##### (3) 阪神・淡路大震災と東日本大震災を対象とした評価結果<sup>5)</sup>と2016年熊本地震との事例間比較

図-12に、阪神・淡路大震災と東日本大震災の前後における高速道路網の施設・機能水準の推移<sup>5)</sup>を示す。自動車交通量は、阪神・淡路大震災では月平均日交通量であるが、東日本大震災および2016年熊本地震では日平均交通量である点が異なる。また、ネットワーク対象範囲の設定次第で各指標の値が変化するため、単純な比較はできないことに留意が必要である。

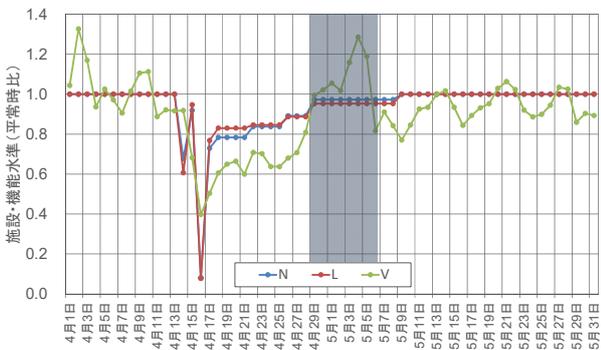
図-12(a)は、阪神・淡路大震災を対象として、4.(1)の指標を1994年10月～1996年10月の25ヵ月間において算出し、地震前の3ヵ月間の平均値で正規化したものである。ただし、対象とした道路ネットワークの範囲は、文献<sup>4)</sup>の対象路線のうち、阪神高速道路（3号神戸線・5号湾岸線・7号北神戸線・16号大阪港線の各全線）、中国自動



(a)九州自動車道（鳥栖JCT～加治木JCT）



(b)大分自動車道（鳥栖JCT～大分米良IC）

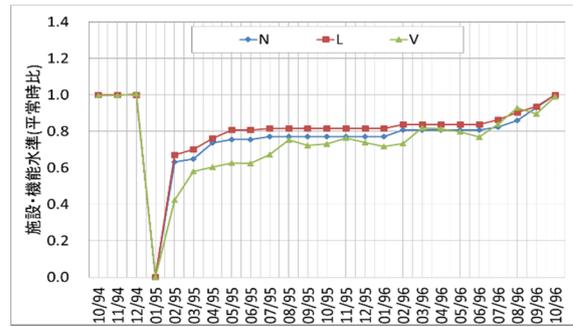


(c)九州自動車道と大分自動車道の合計

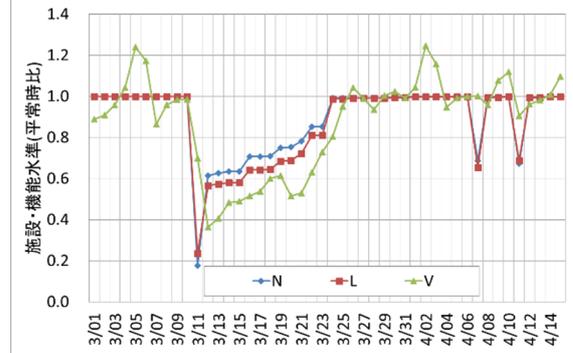
図-11 2016年熊本地震における高速道路網の施設・機能水準の推移（日平均交通量）

車道（吹田JCT～吉川JCT），名神高速道路（吹田JCT～西宮IC）に限定した． $N$ と $L$ は，地震後に大きく低下した後，復旧の停滞時期が1年間以上続いている．一方， $V$ は1995年7月までは $N$ および $L$ を大きく下回っており，断片的復旧が必ずしも機能的回復に結びつかなかったことを反映している．しかしその後，5号湾岸線と7号北神戸線への迂回交通が漸増したことに呼応するように漸増傾向を示し，1996年3月以降は， $N$ および $L$ にほぼ近い値となっている．

図-12(b)は，東日本大震災を対象として，4.(1)の指標を2011年3月1日～4月15日の1.5カ月において算出し，地震前の10日間の平均値で正規化したものである．対象とした道路ネットワークの範囲は，東北自動車道，常盤自動車道，磐越自動車道，東関東自動車道，北関東自動車道，仙台北部道路，仙台東部道路，三陸自動車道，青森・八戸・秋田・山形自動車道などの計42路線<sup>5)</sup>である． $N$ ， $L$ と $V$ は，見かけ上，阪神・淡路大震災とほぼ同様の傾向を示す<sup>補注2)</sup>．しかし交通量の回復は早く，わずかに約



(a)阪神・淡路大震災（月平均日交通量に基づく）



(b)東日本大震災（日平均日交通量に基づく）

図-12 震災下における高速道路網の施設・機能水準の推移の比較<sup>5)</sup>

2週間ではほぼ震災前の水準に達している．復旧に長期間を要するような高架橋の甚大な被害がなかったこと，交通開放が断片的ではなく，高速道路網のほぼ全体にわたって迅速に進められたことが挙げられる．この2点が，阪神・淡路大震災の事例との最大の相違点であるといえよう．また余震・誘発地震による影響は， $N$ ， $L$ の一時的な低下として表れているが，ごく短時間の交通規制であったため， $V$ については大幅な減少は見られない．

図-11(a)と図-12を比較すると，3指標とも類似した挙動を示している．図-11(b),(c)における $N$ ， $L$ については図-11(a)や図-12と同様の傾向を示している．一方，図-11(b)の $V$ に関しては $N$ ， $L$ が回復する前に震災前の水準に達している．これは，通行止めが解除される前に大型連休を迎えたことによるものであり，大型連休終了後は再び $N$ ， $L$ よりも $V$ の値が下回っている．3地震を比較した結果， $N$ ， $L$ が回復しなければ， $V$ が地震前の水準に達することはないことが明らかとなった．

施設水準 $N$ ， $L$ については，高速道路施設の復旧を直接表したものであるが，機能水準 $V$ は，施設機能を満たしていることはもとより交通需要の増減や地域性，交通のネットワーク機能など多くの要因が関係している．このため，復旧の予測をするときには可能な限り多くの要因を考慮する必要がある．

## 5. おわりに

本研究では、2016年熊本地震による影響を受けた高速道路網の日交通量データを用いて、時空間的な変動を可視化するとともに高速道路機能の分析を行った。主な成果を以下に列挙する。

- (1) 短期的な自動車交通量の変化に着目すると、前震によって九州自動車道が通行止めとなり、代替ルートとして大分自動車道や東九州自動車道が機能していた。しかし、本震の発生により熊本県・大分県で交通が寸断された。その後、交通規制が解除されるとともに交通量は徐々に回復し、5月中旬以降にほぼ地震前の水準まで回復した。
- (2) 地震前後の2ヶ月間の自動車交通量の変化に着目すると、本震後、九州自動車道の広川IC~八女IC間で交通量が増加傾向にあった。これは、熊本港・三角港を中心とする海上からの支援物資の輸送<sup>7)</sup>に伴う影響と考えられる。
- (3) 日平均走行速度に着目すると、九州自動車道の通行止め区間では最大80km/h程度低下した。通行止め区間から遠ざかるにつれて、日平均走行速度の低下が緩和される傾向にあった。通行止めが解除されると、車線規制が行われていた一部区間を除いて地震前の水準まで回復した。一方、大分自動車道では、日平均走行速度がほぼ変化しなかった。交通容量の余裕の有無が日平均走行速度の変化の有無をもたらしたと推察される。
- (4) 2016年熊本地震を対象として、高速道路のネットワーク施設水準・機能水準<sup>4)</sup>を用いた評価を行った。施設水準 $N, L$ は、九州自動車道では前震と本震によって、大分自動車道では本震によって、平常時に比べて約60~100%低下した。一方、機能水準 $V$ は両自動車道とも本震後に同約50~80%低下した。その後、各指標は交通規制が解除されるにつれて回復し、約2~3週間で地震前の水準近くまで回復した。両自動車道とも機能水準は、施設水準と比較して回復が遅いことが共通している。
- (5) 阪神・淡路大震災及び東日本大震災の事例<sup>5)</sup>と2016年熊本地震との事例間比較を行った。いずれの地震においても、施設水準 $N, L$ が回復しなければ機能水準 $V$ が地震前の水準に達しないことが明らかとなった。

今後、一般道の交通動態との関連に注目した分析を行うとともに、高速道路の通行止め状況と計測震度との関係について分析を行う方針である。

謝辞：交通量データ収集にあたっては、西日本高速道路(株)九州支社 道路管制センター交通計画課 福山良太氏

の協力を得た。記して深謝の意を表する。

## 補注

- (1) 図示は省略するが、自動車交通量の長期的な傾向を述べる。6月下旬から7月中旬にかけて、九州自動車道「被災地近傍」の区間 ~ や大分自動車道「被災地への主要アクセス道路」の区間 で突発的に日平均交通量が減少した。これは、梅雨前線や九州北部豪雨などの影響と推察される。8月中旬の急激な交通量の増加は、お盆前後の夏季休暇による影響と考えられる。また、大分自動車道では、長期的にはすべての区間で交通量の増加が見られた。これは、九州観光周遊ドライブバスによる影響<sup>20)</sup>と推察される。このサービスは、西日本高速道路株式会社九州支社が九州地方の観光支援を目的として、同社が管理する高速道路が定額で乗り放題となるものであり、2016年7月15日(金)~12月18日(日)まで実施された。この他にも、東九州道日出線の椎田南IC~豊前IC間(いずれのICも福岡県)が2016年4月24日に新しく開通した。地震前後2ヶ月間は、開通の影響は限定的であった。しかし、長期的には交通ネットワークが連結された効果により、大分自動車道における「被災地近傍」の自動車交通量の増加に寄与したものと推察される。
- (2) 地震当日の $V$ の値には、地震発生時刻(東日本大震災は14時46分、2016年熊本地震の前震は21時26分)までの交通量を含むため、見かけの低下度合いが小さい。
- (3) ただしVに関しては、対象区間において交通量が最も多い九州自動車道の植木IC~八代IC間が地震による通行止めの影響(注：提供データの表記であり、同IC区間において交通量が観測された期間もあるため欠測の可能性はある)を受けていた。このため、図-11(c)で示した結果は実際よりも $V$ が低下しているように見える可能性がある。

## 参考文献

- 1) 拓植章英：阪神・淡路大震災からの阪神高速道路の復旧，交通工学，Vol.30，pp132-139，1995.
- 2) 田中真一郎，米川英雄：高速道路の交通量にみる震災復旧状況，阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集，pp.255-258，1997.
- 3) 国土交通省：東日本大震災(第1報~第131報)，[http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai\\_110311.html](http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_110311.html) (2017.7.3 閲覧)
- 4) 能島暢呂：高速道路網の地震被害による交通機能への影響評価，第2回都市直下型地震災害総合シンポジウム論文集，文部省科学研究費補助金特定領域研究「都市直下型地震」総括班，pp.431-434，1997.
- 5) 能島暢呂，加藤宏紀：自動車交通量にみる高速道路機能の時空間的分析—東日本大震災と阪神・淡路大震災の事例比較—，土木学会論文集 A1，Vol.69，No.4，pp.121-133，2013.2.
- 6) 気象庁：平成28年(2016年)熊本地震，[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016\\_04\\_14\\_kumamoto/yoshin.pdf](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/yoshin.pdf) (2017.2.6 閲覧)

- 7) 内閣府：「熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について」, [http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin\\_37.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_37.pdf) (2016.12.14 閲覧)
- 8) 国土交通省：平成 28 年 (2016 年) 熊本地震による被災及び復旧状況について, <http://www.mlit.go.jp/common/001129766.pdf> (2017.2.10 閲覧)
- 9) 国土交通省：災害・防災状況, 「熊本県熊本地方を震源とする地震について (第 1 報 ~ 第 51 報)」, [http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai\\_160416.html](http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_160416.html) (2016.12.14 閲覧)
- 10) NEXCO 西日本：お知らせ・ニュースリリース一覧, 「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震による高速道路の通行止め・災害状況等について (第 1 報 ~ 第 13 報)」, <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h27/0121/> (2016.11.21 閲覧)
- 11) 国土交通省国土政策局国土情報課：国土数値情報ダウンロードサービス, 「高速道路時系列 (データ時点:平成 26 年度)」, [http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/gml\\_datalist.html](http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/gml_datalist.html) (2016.7.12 取得)
- 12) 国土交通省八代河川国道事務所：南九州西回り自動車道 芦北出水道路 芦北 IC ~ 津奈木 IC が開通, [http://www.qsr.mlit.go.jp/yatusiro/site\\_files/file/news/h27/20160120kisha.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/yatusiro/site_files/file/news/h27/20160120kisha.pdf) (2016.8.25 閲覧)
- 13) 国土交通省九州地方整備局：東九州自動車道佐伯 IC-蒲江 IC 開通のお知らせ ~ 大分市と宮崎市が高速道路でつながります!! , <http://www.qsr.mlit.go.jp/saiki/press/h27-01-15/h27-01-15.pdf> (2017.1 閲覧)
- 14) 西日本高速道路株式会社：西日本高速道路株式会社 HP, 東九州自動車道 (豊前 (ぶぜん) IC ~ 宇佐 (うさ) IC 間) が平成 27 年 3 月 1 日 (日曜) に開通します 早期開通割引を期間限定で実施 , 2015.1 , <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/0509a/> (2017.2.9 閲覧)
- 15) NEXCO 西日本：東九州自動車道 ついに、北九州市 ~ 宮崎市が直結 , [http://www.w-nexco.co.jp/higashi\\_kyushu-expwy/](http://www.w-nexco.co.jp/higashi_kyushu-expwy/) (2017.2.3 閲覧)
- 16) NEXCO 西日本：九州自動車道 (熊本 IC ~ 嘉島 JCT) の通行制限・通過所要時間及び大分自動車 (湯布院 IC ~ 日出 JCT) の通行規制について, 九州自動車道 (熊本 IC ~ 嘉島 JCT) の通行制限及び大分自動車道 (湯布院 IC ~ 日出 JCT) の通行規制について, <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/0509a/> (2017.2.9 閲覧)
- 17) NEXCO 西日本：お知らせ・ニュースリリース一覧, 「平成 28 (2016 年) 熊本地震による九州自動車道 (益城熊本空港 IC ~ 松橋 IC) の通行規制解除予定について」, <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h29/0425/> (2017.6.28 閲覧)
- 18) NEXCO 西日本：東九州自動車道のストック効果, 一熊本地震の救援活動や物流代替路として機能—, 別添 ストック効果(1) 九州南北軸の物流を支援 ほか, <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/1108/> (2017.2.9 閲覧)
- 19) NEXCO 西日本：九州自動車道 (益城熊本空港 IC ~ 松橋 IC) の通行制限・通過所要時間について, 平成 28 (2016) 年熊本地震による九州自動車道 (嘉島 JCT ~ 松橋 IC 間) の終日車線規制について, <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/1117/> (2016.11.17 閲覧)
- 20) NEXCO 西日本：高速道路定額乗り放題割引が観光復興を支援 ストック効果 , <http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/kyushu/h28/1108/pdfs/03.pdf> (2017.2.9 閲覧)

(2017. ?. ? 受付)

## SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF FUNCTIONAL DAMAGE AND RESTORATION PROCESS ON HIGHWAY NETWORKS IN THE 2016 KUMAMOTO EARTHQUAKE

Hiroki KATO, Nobuoto NOJIMA and Tae SATO

In this paper, daily traffic volumes on highway networks damaged in the 2016 Kumamoto Earthquake Disaster were spatiotemporally visualized and analyzed. The network functions of highways in Kumamoto and Oita prefectures were severed immediately after the main shock. Once the traffic restrictions and controls were lifted, traffic volumes got back to normal after mid-May. Next, in order to understand an initial response after an earthquake, trends of restoration and traffic flow, average daily travel speeds were also shown. Moreover, three kinds of highway network performance measures were assessed. Two physical measures describing the number of sections and total distances opened to traffic decreased by approximately 60% to 100% than normal in Kyusyu expressway and Oita expressway, while the functional measure describing traffic volumes decreased by approximately 50% to 80%. Each measure got back to normal within three weeks after the earthquake. Comparison with the past two catastrophic disasters, the Great Hanshin-Awaji Earthquake Disaster and the Great East Japan Earthquake Disaster were made. The functional measures were consistently lower than the physical measures, reaching the pre-quake level after the physical measures completely recovered.