

熊本地震における九州の広域道路網の機能低下および緊急救援物資の実態とシステムの問題点

THE STATE OF ROAD NETWORK AND ACTUAL TRANSPORTATION OF EMERGENCY RELIEF SUPPLIES IN KUMAMOTO EARTHQUAKE

外井 哲志¹・大枝 良直²
Satoshi TOI and Yoshinao OEDA

¹ 元九州大学大学院工学研究院 環境社会部門 (〒813-0033 福岡市東区多々良 1-32-19)

E-mail: toi@doc.kyushu-u.ac.jp

² 九州大学大学院工学研究院 環境社会部門 (〒819-0395 福岡市西区元岡 744)

E-mail: oeda@doc.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

熊本地震は2016年4月に発生した。阪神淡路大地震、東日本大震災の経験から、災害支援準備は整えられていたものの、4月14日の「前震」が発生した28時間後、4月16日にはさらに強い「本震」が発生し、地震による山体崩壊、土砂崩れ等の2次災害が多発した。

交通、電力および通信も遮断される事態に陥り、交通網は至るところで寸断され、限られた通行可能な道路に車が集中し、大渋滞が発生するなど、交通の混乱が生じた。こうした状況の中で救援物資の輸送は困難を極めた。東日本大震災時に避難所に物資が届かなかったことへの対策として、内閣府と関係省庁が、物資輸送として「プッシュ型支援」⁽¹⁾を行うことが決定されていたが、今回の熊本地震においても物流拠点から各避難所まで物資が届かない事態が発生した。この結果、災害時において、市民生活を支える救援物資輸送の重要性が再認識されることとなった。

本稿では以上を踏まえて、熊本地震が広域交通に及ぼした影響と緊急物資輸送の実態を概観する。

このため、これまでの大災害に関する交通混雑や物資輸送に関する研究を概観した後、①九州全域の道路網を対象として、熊本地震による道路の被災状況の時間的変化に関するデータを整理し、時間経過に伴う道路網の回復に対する広域交通流動の変化を明らかにする。そして、地震発生から平成29年末までの間の九州全域の総走行時間の変化に基づく時間損失額を推定して熊本地震の広域交通への影響の評価を試みるとともに、緊急輸送道路ネットワーク計画の基本的考え方について述べる。

次に、②九州地域内の救援物資輸送の走行経路と物流の実態を調査し、その結果をもとに、地震後の道路通行止めや規制が輸送経路、輸送時間に与えた影響と、集積

所での荷卸しと仕分け作業等の物流現場作業の実態を把握し、課題と今後の救援物資輸送対応策について述べる。

2. 既存研究

(1) 災害時の交通量・混雑、交通規制に関する研究

秋田ら¹⁾は阪神淡路大震災発生から3日間に焦点をあて、震災当日に運転免許証を保有していた震災経験者を対象としたアンケート調査結果をもとに、震災直後の大渋滞を引き起こした一因である自家用車の利用について、交通規制の実施が自家用車トリップを減少させる可能性を持つことを示し、交通規制下においても自家用車の利用意向が強い被験者の属性要因を明らかにした。

倉内ら²⁾は阪神淡路大震災の際に記録された交通量感知器のデータを用いてOD交通量⁽²⁾を推計し、その結果から震災時の交通発生集中パターンを分析し、交通規制が道路網交通量に大きな影響を及ぼしたことを示した。

清田ら³⁾は、東日本大震災で発生したグリッドロック現象⁽³⁾に着目し、震災時におけるグリッドロック現象の時間空間の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。

大口ら⁴⁾は、東京23区を対象に、通常時と震災時のOD交通量を仮定し、通常時及び東日本大震災時の現況再現シミュレーションを実施し、交通渋滞状況に対応する緩和施策について評価を行った。

今回の熊本地震では、交通システムの脆弱性に対して、以下のような多くの課題が指摘された。

家田ら⁵⁾は広域交通ネットワークの被災状況について報告を行い、その中で熊本地震での施設被害と復旧の全体的状況を紹介し、既往災害と比較した。その中で、発災後からゴールデンウィークまでの間に、高速道路の通

表-1 防災情報記載例

局番	振興局等	路線番号	路線名	箇所		規制種別	規制開始日時		規制延長	規制内容		規制変更日時	
				始点	終点		月/日	時刻		当初	現在	月/日	時刻
1	宇城	32	小川嘉島線	宇城市豊野下郷	(浄水寺橋)	橋梁段差	4/15	0:08		全面通行止め			
1	宇城		国道218号	宇城市豊野寺村		法面崩壊	4/15	0:53		全面通行止め	解除	4/15	16:30
1	宇城	255	竜北小川停車場線		(小川跨線橋)	橋梁崩壊	4/15	1:05		全面通行止め			
1	宇城	220	三本松甲佐線	美里町	218号交差点から	落石	4/15	0:08	2km	全面通行止め			

行規制が解除され、国道など一般道路での長期的な通行止めを伴う被害は既往震災と比較して少なかったことを示した。また、道路啓開⁴⁾や広域的な交通マネジメント、代替交通確保方策などに関する技術的知見やノウハウについて、重要な課題と今後の方向性を提案した。

桑原ら⁶⁾は都市交通の実態について報告し、地震直後の道路交通規制箇所、都市内の渋滞状況、熊本市内流入旅行時間の推移などの実態を示した。また、地震直後に実施した対応策を現地での調査、交通・道路データサービスなどを通して明確にした。

溝上⁷⁾は、交通量常時観測データ・スマートカードのバス決済データから熊本地震後の熊本都市圏における道路交通パターンと公共交通運行実態・利用状況を推計し、本震後に観測交通量および総トリップ数の推定値が地震前の75%程度に低下していること、バス利用者数が地震発生後3週間程度大きく減少(路線によって1/5程度、1/2程度など)したが、5月のGW明けから回復してきたことなどを報告している。

(2) 道路網への影響と道路網の代替性に関する研究

1995年の阪神淡路大震災では高速道路を中心に大きな被害を受け、橋脚の倒壊、橋桁の落下など道路が被災した。この巨大災害をきっかけに交通システムの脆弱性が指摘され、災害に強い道路網の形成を目指して多くの道路網の接続性評価に関する研究が行われてきた。

宇佐美ら⁸⁾は道路の途絶の発生しにくさの評価を実務レベルで用いるため、道路維持・管理業務で用いられている「異常気象時通行規制区間数」、「過去の全面通行止め実績」、「要対策斜面数」などの指標を総合化して評価に組み込む方法を提案した。

飯田ら⁹⁾や若林¹⁰⁾らは、リンク信頼度の与件のもとで、ノード間信頼度(道路網の任意の2点間で、円滑な走行移動が保証される確率)を効率的に求める方法を提案し、交通量の確率的変動にもとづいてリンク信頼度を推定する方法を提案した。

一方で、自然災害発生直後には、救助・救援活動や緊急物資の輸送のための緊急輸送路が確保されていること(連結性)が求められる。

倉内ら¹¹⁾や瀬戸ら¹²⁾は道路網の接続性に着目して、災害発生確率や、リンク途絶確率などの不確実性を排除した非重複経路(多重性)の考え方をを用いて、道路網そのものを評価する手法を提案した。

外井ら¹³⁾は、災害発生直後から応急復旧までを救助・

救援活動、支援物資輸送の機能が維持できる必要最低限の道路網が確保されている状態と想定し、この状態の確保を、道路網全体の多重性の視点から評価する考え方を提案した。

国土審議会政策部会防災国土づくり委員会¹⁴⁾は、東日本大震災の被害からの教訓として、東日本大震災では、道路の啓開、復旧が迅速に行われたこと、新幹線の全線復旧が阪神・淡路大震災と比較して短期間で実現したことの背景に、阪神・淡路大震災における被害を踏まえ、耐震補強対策を実施してきた結果、落橋等の致命的な被害を防ぐことができたことや、個々の地域や施設の耐震性の強化等が着実に進んできた成果をあげ、一方で、広域的ネットワークの整備の課題として、災害時の多様なモード間の相互補完、地域内でのネットワークの代替性・多重性の確保、災害時の代替性・多重性確保を踏まえたミッシングリンク⁵⁾の解消などをあげている。

(3) 救援物資輸送に関する既存研究

物資供給について、苦瀬ら¹⁵⁾は緊急物資輸送を①被災地外から各県の集積場所まで、②県から市町村の集積場所まで、③市町村から避難場所までの三段階に分けた。東日本大震災で緊急輸送物資の過不足が生じた五つの原因を挙げ、その問題点に対して、緊急支援物資輸送計画を提案し、「プッシュ型」支援の実施が提言された。

物資輸送について、宮下ら¹⁶⁾は、道路の不通による輸送障害、避難者と避難所を確実に把握することの困難さ、情報通信手段の制約により輸送の停滞などを指摘されている。また、苦瀬ら¹⁷⁾は集積所までの荷卸し作業や仕分けが非効率であったことも指摘している。

土木計画学研究委員会の物流調査団¹⁸⁾は、避難生活期間の救援物資のニーズに対して柔軟に対応するため、「プル型」と「プッシュ型」支援の間でバランスをとる必要があること、また物流の混乱が生じやすいことなどが指

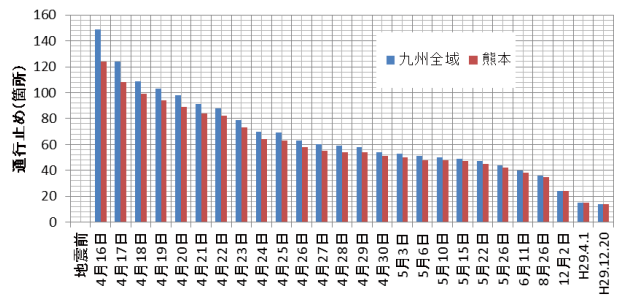


図-1 通行止め箇所数推移

摘された。また、輸送実態について、山本¹⁹⁾は大手運輸企業の物資輸送の具体的な取り組みと問題点を述べた。

伊藤ら²⁰⁾は、南海トラフ巨大地震対策における政府調達物資の供給計画と各府県の受援計画に関して、災害時の支援物資のロジスティクスの観点から二次拠点の継作業の非効率性に言及し、二次拠点の廃止を提案するとともに、二次拠点を廃止した場合の問題点と一次拠点が役割を果たすためのトラック数やフォークリフト数などの機材の準備のための情報を検討している。

星野²¹⁾は、荷卸し作業の混乱の原因は、物流業務経験のない職員が荷卸し作業を行った場合が多く、必要物資の品目、数量を把握できず、搬入管理と在庫管理が不十分であったことが原因であると述べている。

西脇ら²²⁾は、熊本地震に関する資料分析やヒアリングを通して、すべての被災者のもとにタイムリーに緊急輸送物資が届かなかったことの原因として、1)関係者間のコミュニケーションの問題、2)協定書や計画書に関する解釈の齟齬、3)国・県・市町村の役割に関する認識の相違という3つの視点が欠如していたことを指摘した。

3. 道路の被災状況の影響の時間的推移²³⁾

(1) 研究の方法

九州地方整備局から提供された九州地方の道路網のリンクデータと OD 交通量データ等および交通量配分⁽⁶⁾計算ソフト JICA-STRADA35 を用いた。

通行止め解除段階に応じて対象リンクに通行規制箇所を設定し、交通規制の解除段階別の道路網データを複数作成し、解除段階別の各道路網に同一の OD 交通量データを利用者均衡配分法で配分した。そして、解除段階別に遅れ時間、時間損失額の計算を行った。

(2) 通行止め箇所および通行止めの解除段階

平成 28 年 4 月 14 日と 16 日の熊本地震発生直後から、平成 29 年 12 月 20 日までの期間において、内閣府ホームページ²⁴⁾及び、熊本県防災ホームページ²⁵⁾上で公開された通行止め区間情報を収集し、表-1 のように整理した。通行止め箇所は「全面通行止め」の場合のみとし、道路 149 ケ所、リンク数で 286 ケ所を、配分計算時に考慮する通行止め箇所とした。

通行止め箇所数⁽⁷⁾の推移を図-1 に示す。図-1 から、熊本地震による道路区間の通行止めは箇所数としてはほとんどが熊本県内で発生していることが分かる。また、通行止め箇所数は、発災直後は 149 ケ所あったが、4 月末には約 1/3 の 53 ケ所に減少している。その後緩やかに減少し、発災後の 1 年 8 箇月を経た平成 29 年末には 13 ケ所にまで減少しており、道路の復旧が進んだことが読み取れる。

九州全域の 4 月 16 日、4 月 30 日と平成 29 年 12 月末に

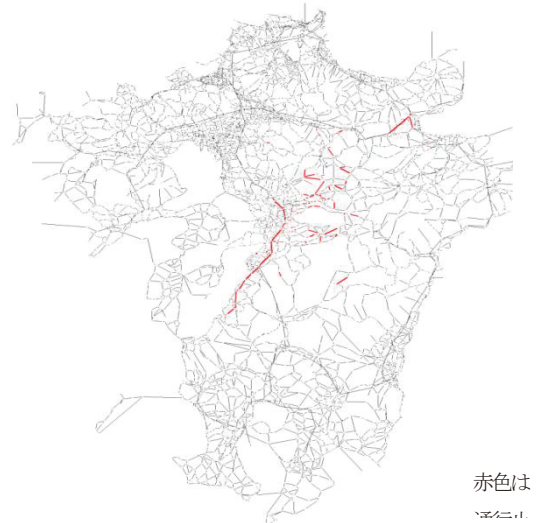


図-2 九州全域通行止め箇所(4月16)



図-3 九州全域通行止め箇所(4月30)



図-4 九州全域通行止め箇所(H29年12月20)

における通行止め箇所図を、それぞれ図-2、図-3と図-4に示す。図-2を見ると、4月16日には九州の高速道路のかなりの部分が（ほとんどが点検のため）通行止めになっ

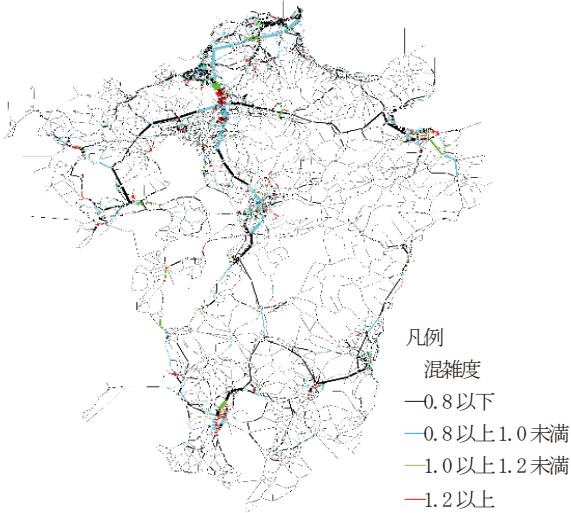


図-5 九州全域交通流図 (地震発生前)

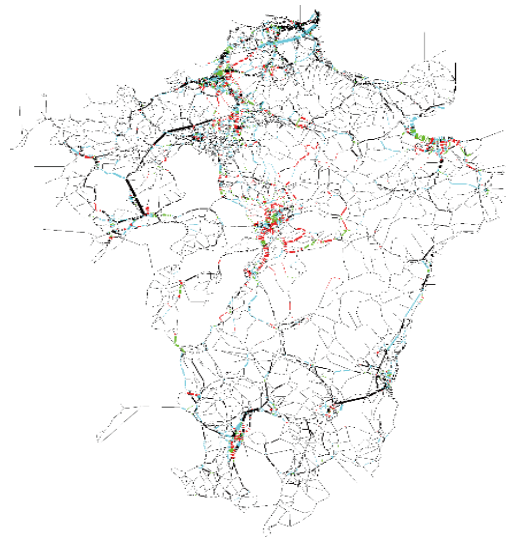


図-6 4月16日

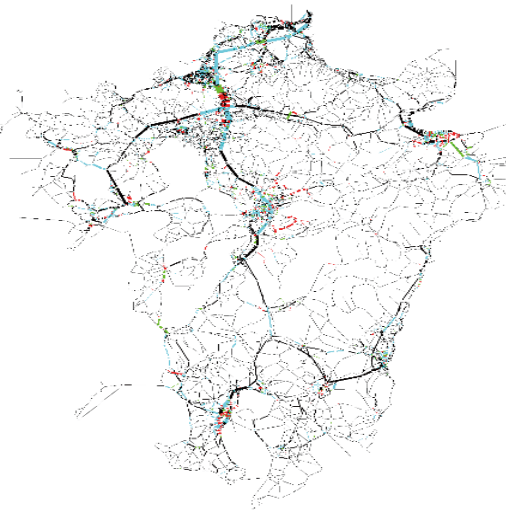


図-7 4月

ており、九州全域にその影響が及んでいる。一方、図-3では発災後約2週間の4月30日には高速道路の通行止めは一部を残すのみとなり、通行止め区間の大部分が熊本

県内に存在している状況が読み取れる。

(3) 交通量配分結果による道路混雑の把握

OD 交通量配分計算の結果から道路混雑状況を図-5(28/4/16)、図-6(4/30)、図-7(29/12/20)に図示した。交通流図における線の太さが交通量を表し、線の色が混雑度を表す。

図-5と図-6を比較すると、地震発生前には、混雑度⁽⁸⁾はあまり高くなく、交通量の多かった九州自動車道や大分自動車道ならびに、福岡都市高速道路の自動車専用道路が地震直後に交通規制によって使用できなくなっている点や、熊本県全体の混雑度が増加し、混雑度が1.2以上になっている箇所が増加していることが読み取れる。

(4) 遅れによる時間損失額

通行止め段階別に交通量配分を行い、各回において得られた車種別交通量と各リンクの走行時間を、全リンクについて合計することで、通行止め段階別に九州全域の総走行時間を算出した。感覚的に理解しやすくするために、車種別の時間価値原単位⁽⁹⁾を用いて、総走行時間に対して時間費用評価⁽¹⁰⁾を行った。以下では、熊本地震の影響を時間損失額でみることにする。

総走行時間費用及び、地震発生前との差をとった時間損失額をそれぞれ図-8、図-9に示す。本震直後の時間損失額は地震前の総走行時間費用の約21%に当たる。

しかし、翌日の4月17日には、多くの高速道路区間で通行止め解除が行われたため、時間損失額が大幅に減少している。このことから熊本地震直後には高速道路の通行止めが九州全体に及ぼす影響が非常に大きかったが、4月30日以降は熊本県内の道路で発生する時間損失の占め

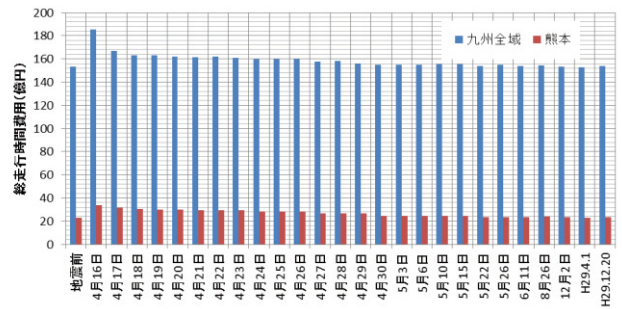
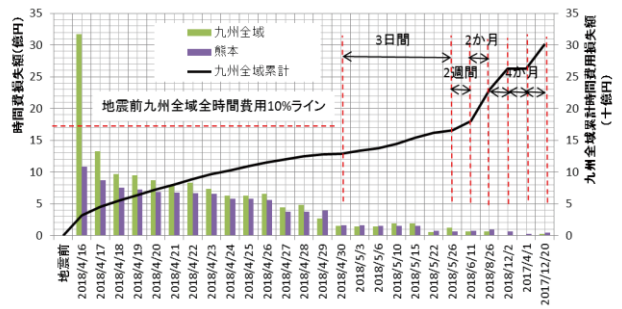


図-8 総走行時間費用



る割合がほとんどであることが読み取れる。

次に、本震発生時の平成28年4月16日から時間が小さくなり安定した平成29年12月20日までの期間を対象とし、図-9には九州全域における時間損失額の累計も示している。平成29年12月20日時点における最終的な累計時間損失額は約300億円となった。この被害額は熊本地震が道路網の被災を介して地域にもたらした間接的被害であるとはいえ、熊本県により公表された熊本地震における熊本県内の被害額⁽¹⁾のうち、電気・ガス施設の受けた被害額が約280億円であることから、ほぼこれらの物的被害に相当する額であるといえる。

4. 救援物資輸送の実態²⁶⁾

(1) 緊急救援物資輸送の概要

インフラの復旧、救援物資以外の物流が機能しはじめた初期混乱期後半以降は、政府供給物資以外に、各地方自治体や民間企業、個人が直接手配した物資が物資集積所へ到着するようになった。政府調達物資は、被災地近くにある大手輸送会社の大型物流センターに集められたのち、各被災地の物資集積所に輸送するのが基本である。輸送ルートが定められている指定輸送業者とは異なり、地方自治体や民間企業からの依頼で輸送する一般運送業者は独自のルートで被災地へ輸送するため、その輸送実態は把握できない。中小規模の輸送事業者に対しては、国や自治体からの輸送要請や、他の民間組織からの依頼もあり「プル型」と「プッシュ型」の両方がある。そこで、本研究では、中小規模の一般輸送事業者それぞれの輸送実態に対して、調査と分析を行う。なお、以上の支援物資輸送体制の概要を図-10に示す(文献19より

転載)。

(2) 実態把握のための調査

本調査では、災害時の発生直後における救援物資の輸送実態を明らかにするため、中小規模の物流・輸送業者に対してアンケート調査を実施し、九州地方で救援活動に参加したトラック運転者の輸送行動を把握することにした。調査はアンケート調査票を対象地域の輸送事業者へ郵送し、地震後輸送活動に参加したトラック運転者が回答し、返送してもらう方法で行った。主な調査内容は、①輸送実施の日、出発地・目的地、②輸送ルート(同封した地図に手書き)、道路の渋滞状況・渋滞区間、③地震発生前に同じ地域への輸送経験の有無(経験がある場合は)地震前・後で利用するルートの変化、④集積所および避難所での荷卸し作業の混雑状況・待ち時間、⑤自由意見、とした。

調査対象として、九州各県のトラック協会ホームページから福岡県及び熊本県トラック協会の会員となっているトラック事業者を抽出した。平成28年12月～29年1月までに合計1370通を郵送した。有効配布数1,333件のうち、217件の回答があった(回収率16.2%)。そのうち、「輸送したことはない」という回答が65件あり、有効回収数は152件(有効回収率11.4%)であった。

(3) 調査結果の分析

日別に救援物資輸送を実施したトラック事業者数の推移を示したものが図-11であり、震災直後は事業者自身が被災していたことや指揮が混乱していたこともあって、当日すぐ被災地へ輸送できる会社は極めて少なかった。しかし、今回のプッシュ型支援があって、物資輸送シ

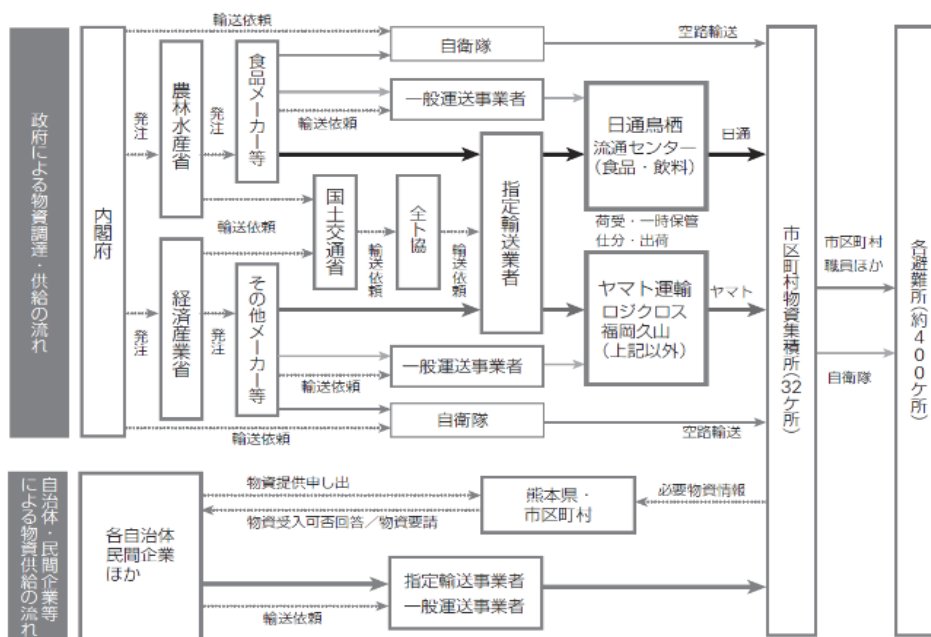


図-10 支援物資輸送体制(文献21より転載)

テムが緊急災害にある程度迅速に対応できる体制になったため、翌日にすぐ本格的な輸送が開始された。4月16日には最初の輸送ピークを迎えた。16日に本震が発生し、18日に二度目のピークを迎えた。

4月22日以後は、被災状況の安定と避難者数の減少に伴い、中小規模の輸送事業者の物資輸送がほぼ終了したと推測できる。

a) 出発地・目的地

救援物資の15.4% (22件) は九州地区以外の自治体や民間企業から直接輸送されているが、直接被災地へ輸送された救援物資以外は、各地の一般運送業者が物資をトラック協会の緊急物資輸送センターへ輸送し、仕分け後に現地のトラック事業者によって被災地へ輸送される場合が多い。いくつかのアンケート回答から、今回の地震では、福岡県トラック協会の筑後緊急物資輸送センターがこのような役割をしていたものと考えられる。表-2は出発地と目的地別の主要物資集積所を示している。

b) 輸送経路

今回のアンケート調査対象は福岡県と熊本県内の一般の運送業者に限られたので、輸送ルートは福岡エリア(北九州市、久留米市・鳥栖市も含む)と熊本地震での主要被災地間の往復経路と想定した。運転者の多くは福岡ICから高速道路を走行し、熊本県内の通行止め区間の手前の植木ICで降りて、国道や県道を利用し、各主要被災地へ物資を輸送している。また、調査結果では、26.5%の回答者は高速道路を利用していない。アンケート調査の回答から、その理由は、高速道路の渋滞と熊本管内ICの通行規制と通行止めがあったことと、高速道路の通行料金が高かったためであることがわかる。

回収した調査票のうち、地震後の輸送経路を手描きした有効調査票は129件あった。地震後の輸送経路変化の傾向を把握するため、ArcGisを用いてすべての経路を入力し、OD別にまとめて分析した。

出発地と目的地により、福岡区域(古賀、大宰府なども含める)、北九州区域、鳥栖・久留米・八女区域、熊本・益城町区域、阿蘇区域、八代・宇土・宇城・えびの市等の南区域6つの区域に分け、輸送日ごとに経路をまとめて、時間の経過による経路の変化傾向を分析した。

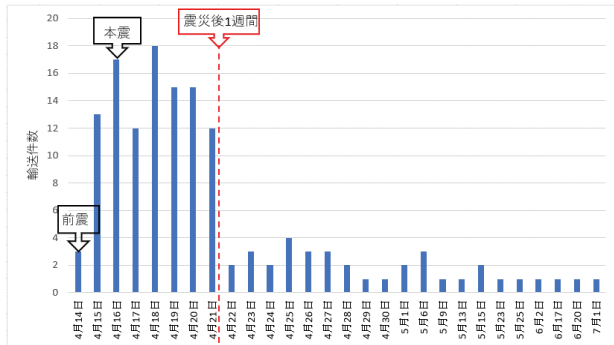


図-11 救援物資輸送の日別の実施状況

表-2 主要救援物資集積所

出発地	福岡博多区	旧青果市場
	北九州	総合派遣福祉センター
		消防訓練センター
	福岡中央区	旧大名小学校
		福岡県庁、福岡市役所
	福岡東区	九州大学病院
	その他	筑後緊急物資輸送センター
		筑豊緊急物資輸送センター
目的地		ヨコクラ病院
	熊本東区	kkウイング
	熊本中央区	熊本大学
		熊本中央病院
	熊本南区	アクアドームくまもと
	熊本西区	ファインテラスせいじの
	益城町	グランメッセ熊本
		広安愛児園
	その他	

図-12は、福岡-熊本・益城町間の輸送日別の経路変化を示したものである。前震が発生した4月14日に輸送が開始したが、件数は1件と少なかった。

14日から19日まで、植木~熊本区間の高速道路が通行止めになっていたため、4月14日~4月19日の経路は多様化し、高速道路と一般道路の両方を利用する経路がある。21日ころから、経路は高速道路に集中している様子が見えるが、基本的には目的地集積所付近のICで降りる傾向がある。

日別に見ると、15日には、植木ICまでは高速道路を利用した経路となっているケースが多いが、南関ICから先は、有明海沿岸から熊本市内に入るルートや、山鹿、菊池市を經由し、熊本、益城に入るルートが使われている。植木ICから先は、合志市を經由して菊陽町まで輸送したルートもある。16日は九州自動車道を使うルートと、古賀付近から県道を使って、国道322号と3号を經由したルートが利用されている。

18日は、輸送件数が最も多い日であり、経路も多様化している。福岡市から一貫して国道3号を利用し、熊本、益城まで輸送したルート、広川IC、南関IC、菊水ICと植木ICで降りて一般道路を利用し、熊本市内に入るルートなど使われている。19日からのルートには、高速道路を菊水ICや植木ICまで走行し、国道を經由して熊本、益城に入る場合が多いが、25日前後から、時間の経過とともに、高速道路の利用区間が長くなり、熊本ICや益城熊本空港ICで降りる経路となっている。

図-13は、北九州-熊本・益城町の経路変化を示すものである。4月16日の本震発生当日から輸送事例がある。北九州-熊本・益城町の経路は、福岡からの経路と比べると、九州自動車道を走行したケースが多く、北九州及び本州地区などから物資を輸送する場合、高速道路以外



図-12 福岡—熊本・益城町の経路変化

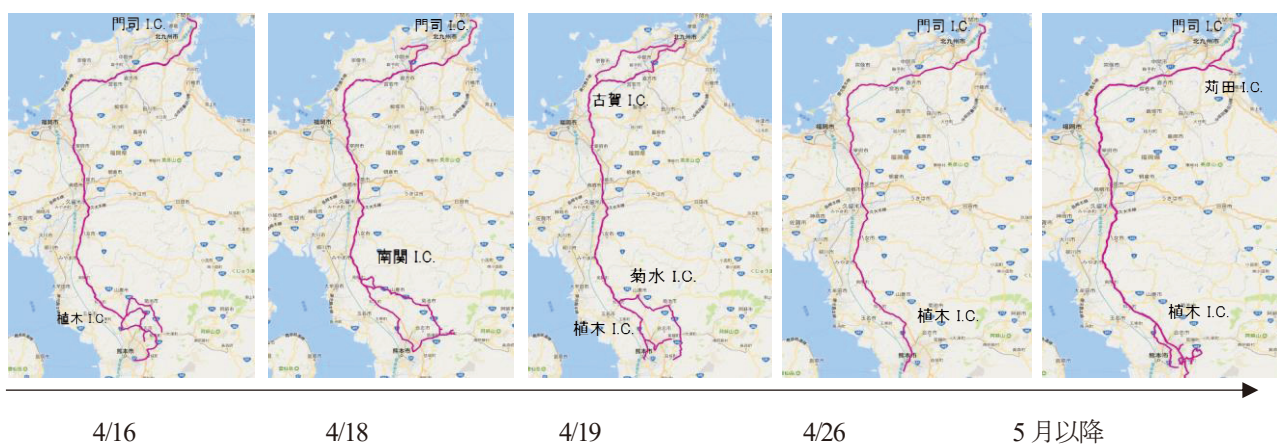


図-13 北九州—熊本・益城町の経路変化

の国道，県道等の情報に関する情報が不足するため，高速道路が渋滞している場合でも，目的地近くまで高速道路を利用する傾向があるように思われる．4月16日～4月19日は植木～熊本ICの通行止めにより，植木ICや菊水ICで降りる場合が多くなる．

c) 集積所および避難所での荷卸し作業の混雑状況・待ち時間

図-14には日別の荷卸し作業の待ち時間を示している．図-14より，混雑がある時は最長8時間を超える待ち時間があり，極めて待ち時間が長く，荷卸し作業の非効率性と混乱が推察される．

荷卸し作業の待ち時間は震災後約1週間から10日で減少する傾向が現れている．表-3は熊本県内の主要集積所を目的地としたケースの荷卸し作業の待ち時間をまとめたものである．4月15日～17日には荷卸しの待ち時間が180分（3時間）を超えるケースが多く，当初の混乱の様子が想像できる．4月15日のグランメッセ熊本⁽¹²⁾，4月17日のkkウイング，益城町役所では7～8時間を超える待ち時間が報告されている．西原村では，4月19日は4時間，4月20日も3時間を要している．

d) 輸送所要時間と荷卸しの待ち時間の比較

アンケート調査では，出発から目的地に到着するまでの所要時間を尋ねていなかったため，通行止め解除段階ごとに，交通量配分によって得られるリンク所要時間を

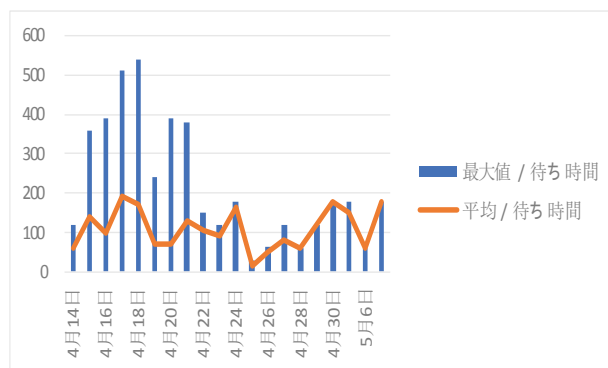


図-14 日別の荷卸し作業の待ち時間

用いて，地震発生からの経過に伴う所要時間の推定を試みた．推定日は地震前（4月14日）と，4月16日～4月30日の連続15日とした．また，出発地は福岡市と北九州市（門司区），目的地は熊本市と益城町とした．上述の計算から求めた所要時間の推定値は，GoogleMapで求めた現在の2地点走行の所要時間と地震前の所要時間の比を用いて補正したものである．

4月16日の所要時間が4組のODともに最長となっており，いずれも6時間程度であったが，4/17以後は漸次減少を始め，2～3時間程度に短縮し，地震前のレベルに近づいている．図-15は輸送の地震前後の所要時間差から求めた平均遅れ時間とアンケートによる荷卸しの平均待ち

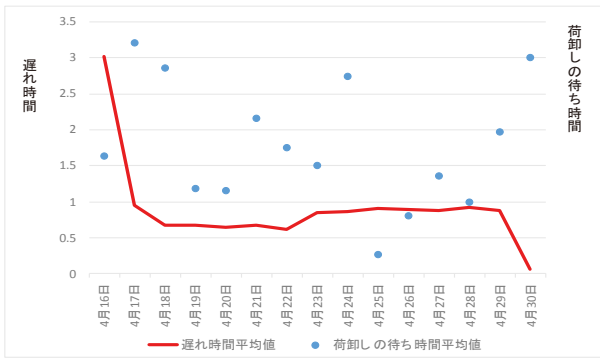


図-15 遅れ時間と荷卸しの待ち時間の推移

時間との関係を示すものである。図-15を見ると、4月17日から九州自動車道の通行止め解除に伴い、輸送の遅れ時間は荷卸しの平均待ち時間より1~2時間程度短かった。

このことから、今回の熊本地震では、支援物資が迅速に被災者へ届かない原因として、荷卸し作業の混雑は交通渋滞などより影響が大きかったと推察できる。

5. 熊本地震における緊急支援物資輸送の改善点と問題点

過去の問題がどのように改善されたのか、また、改善できなかった問題と新たに生じた問題を明らかにするため、これまで得られた熊本地震後の救援物資輸送の記録と情報及びアンケート調査に加えて、緊急物資輸送の実態を最もよく把握していると思われる、福岡県と熊本県のトラック協会へのヒアリング調査を行った。そして、これらの調査結果を次のように整理した。

(1) 熊本地震で改善した問題点

東日本大震災の教訓を踏まえて、プッシュ型の救援物資輸送は、今回の熊本地震で初めて本格的に行われることになった。政府が主導した集積拠点までの「プッシュ型」幹線輸送については、

①集積拠点での備蓄物資の不足、遅れ、物資の数量と種

類が被災者のニーズにマッチしないという問題はかなり改善された。

②拠点運営は十分とは言えないが、集積拠点までの物資輸送は比較的効率化された。

③今回の地震後では、仕分け、配分、配送は、各地のトラック協会を通して、専門的な知識を持つ民間の物流業者に大量委託したため、物資の供給は前回よりスムーズに行われたが、物流業者への委託が遅れ、混乱を招いた集積所もあり、1週間程度の混乱が生じていた。

(2) 熊本地震における救援物資の問題点

a) アンケート調査より

①熊本県外の主要集積地として、福岡県（隣県）は今回地震後で重要な役割を果たしていた。

②高速道路の通行規制による渋滞と料金軽減政策なしによる一般道路の迂回利用は、輸送遅れ時間が長くなったことの要因である。

③余剰物資⁽¹³⁾の増大と滞留問題について、荷卸し作業の待ち時間は震災後約10日間で減少する傾向があったが、表-4によれば、5月以降でも荷卸し作業の混乱が生じたことが見られた。

④熊本地震では、平均的には、交通混雑による輸送の遅れよりも集積拠点での荷卸し作業遅れの方が長かった。

b) ヒアリング調査より

①物流専門家、物流機材、現場作業員が不足していた。

②1次集積拠点が被災しており、代替場所を準備していなかった。

③防災訓練が不十分であり、荷卸し、仕分け、積み込みの方法も合理的ではなかった。

④支援の初期段階では、避難所にも「プッシュ型」支援で物資を届けた方がよい。

⑤2段階輸送の非効率性を実感した。ラストワンマイル⁽¹⁴⁾について、具体的な計画を持っていなかった。

⑥熊本県内集積所の集積機能が飽和になり、水・毛布・簡易トイレ類の物資が余剰になったため、福岡県内の倉

表-3 主要集積所の荷卸し作業の待ち時間（3時間以上に着色）

施設名	4月15日	4月16日	4月17日	4月18日	4月19日	4月20日	4月21日	4月22日	4月23日	4月24日	4月26日	4月29日	4月30日	5月以後	不明
kkウイング		180	120				380							90	360
		60	240				120								
			510												
熊本大学（病院）	180	0			5	75	45						60		60
					120		150								
アクアドームくまもと						40									
グランメッセ熊本	450			30									60		65
ファインテラスせいじの						60									
東部浄化センター		0	30		60										
流通団地	20		0	60	20		150		30		60	120		230	30
				30											
広安愛児園										180					
益城町役所	180	60	480		30		0	60						180	150
	120	60	120												
西原村					240	180									

庫に移送されたことがあった。

(3) 対応策の提案

熊本地震では、被災者に物資が届かない原因は道路混雑による遅ればかりではなく、集積拠点での物資積み下ろし作業の混雑が大きかった。したがって、今後は次のような対応策を考えるべきである。

- ①訓練の強化が必要である。
- ②ピンポイントで設けられた拠点ではなく、それぞれの地域に集積拠点を設ける必要がある。福岡県トラック協会が設置した筑後・筑豊・北九州緊急物資輸送センターのような大型のトラックが往来できる、支援物資の備蓄や被災者が避難できる総合的な施設の建設が望ましい。
- ③各物資集積所で迅速に対応できる物流専門家と物資運搬の効率化に必要な機材の配備計画が不可欠である。
- ④集積拠点での荷卸し、仕分け、積み込みを岩手方式⁽¹⁵⁾で行う。
- ⑤集積拠点だけではなく、避難所（少なくとも学校や公民館）への物資供給も初期に「プッシュ型」支援で行うべきである。
- ⑥1次拠点と避難所の距離が長くなければ、2次拠点を省いて直接輸送することが望ましい。

6. 結論

本研究では、これまでの災害時の交通輸送問題について概観した後に、①熊本地震による道路の被災による九州全域の広域交通流動への影響と、②九州地区内の救援物資輸送の実態に関して分析を行い、熊本地震から明らかになった道路網の機能と輸送・物流における防災上の問題点と対策について考察を行った。結論は以下のとおりである。

①通行止め箇所影響について

地震直後の全面通行止め箇所は149ヶ所で九州全域に及んでいるが、約2週間後の4月30日までに箇所数にして3分の2程度が解除され、53箇所まで減少した。さらに約1年をかけて10分の1の15箇所程度に減少し、平成29年末には13箇所になっている。九州全域で復旧が進み、相対的に熊本県の被害全体に占める割合が増加した。長期にわたって熊本県内に道路混雑が残った。

最も損失の大きかった地震直後の4月16日においては、約32億円の時間損失が生じた。これは地震発生前の九州全域の総走行時間費用の約21%にあたる増加であり、熊本県では11億円の時間損失で地震発生前の熊本県の総走行時間費用の約50%にあたる増加であった。累計の時間損失額は、平成29年度末までに九州全域で約300億円に上り、電気、ガス施設の物的被害にも匹敵する金額であることがわかった。

③緊急物資輸送の体制について

通行止めによる道路混雑に起因する輸送の遅れよりも、物流集積拠点での混乱による遅れの影響が大きいことがわかった。

物流集積拠点での混乱の原因はいくつかあるが、第1に、防災訓練が不十分で、荷卸し、仕分け、積み込みの方法が合理的ではなかったことが大きい。このため、現場が大変混乱し、荷卸しの待機時間が大変長くなっていた。また、熊本県が事前に指定した1次集積拠点の「グランメッセ熊本」が被災したため、集積拠点として機能しなかったことも災いし、輸送先を急遽「kkウイング」に移動したため、混乱が起きた。集積拠点の代替性についても今後考えていく必要がある。

第2に、拠点の階層性の問題、プッシュ型支援とプル型支援のバランスの問題がある。熊本地震では、2次拠点の設置が労力と時間のロスとなった。すなわち、ラストワンマイルについて具体的な計画や現地での物資の配送計画を持っていなかった。また、「プル型」支援では避難所で必要な物資の内容と量を調べるのに時間がかかった。今後は、初期の段階では、避難所にも「プッシュ型」で支援する方策も考えておくべきである。

謝辞：本調査に回答して頂いた各トラック事業者とトラック協会の方々に厚く御礼を申し上げます。

補注

(1)『プッシュ型』は、発災直後などニーズ情報が十分に入らない場合に、概ねの被害状況などを踏まえて国が被災地以外の地域から食料など当面必要な物資を現地に送り込むもの。『プル型』は、支援物資のニーズ情報が十分に得られる被災地へ、ニーズに応じて物資を供給する通常の物資支援の場合の輸送方法。

(2)出発地と目的地の間の移動交通量

(3)想定容量を超える自動車が殺到して交差点などで渋滞が生じ、四方に延びた渋滞の列が別々の交差点の通行を妨げ、次々と渋滞が連鎖していく現象。

(4)大規模災害発生時に被災地で緊急車両等が通行可能となるように道路上の瓦礫等の除去処理を行い、救援ルートを確認する作業のこと。

(5)道路の未整備のため路線が途中で途切れている区間を指す。

(6)2点間（出発地と目的地）の交通量が推定されたとき、2点間を結ぶ経路を利用する交通量を経路の所要時間や費用などを用いて経路別に配分し、それらを重ね合わせて道路区間の交通量を推定すること。

(7)実際の通行止めの解除は時々刻々行われているが、規制開始が18:00までは当日は全日規制があったものとした。

(8)実測交通量/設計交通量で算出される道路の混み具合を表す数値。一般には1.0以上で混雑と判定。

(9)、(10)総走行時間に対して時間費用評価⁽²⁰⁾

$BT_i = \sum_j \sum_l (Q_{ijm} \times T_{ijm} \times \alpha_j)$ 、ここに、 BT_i ：通行止め段階*i*の総走行時間費用（円/日）、 Q_{ijm} ：通行止め段階*i*におけるリンク

m の車種 j の交通量 (台/日), T_{ij} : 通行止め段階 i におけるリンク m の車種 j の走行時間 (分), α_j : 車種 j の時間価値原単位 (円/分・台) (乗用車 40.10, 小型貨物 47.91, 普通貨物 64.18).

(11) 熊本地震デジタルアーカイブにおける「熊本地震のおおむね3か月間の対応に関する検証報告書」によれば, 総被害額3兆7850億円, うち建築物2兆377億円, 商工関係8200億円, 公共土木施設2685億円, 農林水産1487億円・・・などとなっている.

(12) 1次集積拠点の「グランメッセ熊本」は4月16日の本震で被災し, 使用不能となり, 1次集積拠点は「kk ウイング」に移動した.

(13) 各避難所へ輸送完了後余剰した物資や, あまりの膨大な量に仕分け作業が短時間でできない物資.

(14) 物流では, 最終拠点からエンドユーザーへ商品(物資)を届ける物流の最後の区間, あるいはそのサービス.

(15) 支援側からの貨物車が1次集積所の中まで入り, 1か所ですべての荷卸しを完了する. 降ろされた物資はヤードに品目別に整理して保管される. 1次集積所から先の輸送については, 別の場所で物資をヤードから積み込みして出発する.

参考文献

- 1) 秋田直也, 小谷通泰: 大規模災害時の交通規制下における自家用車利用意向に関する分析, 土木計画学研究・論文集 17, pp. 641-648, 2000
- 2) 倉内文孝, 飯田恭敬: 阪神・淡路大震災発生後の時点経過を追った OD 交通量の変化に関する研究, IATSS review= 国際交通安全学会誌, pp. 146-154, 1998
- 3) 清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘: 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, 土木計画学研究・講演集 46, 2012,
- 4) 大口敬, 伊藤麻紀, 水田隆三, 堀口良太, 飯島護久: 東京 23 区を対象とした大規模災害時交通シミュレーションと交通渋滞緩和策の評価, 第 33 回交通工学研究発表会論文集, pp. 273-278, 2013.
- 5) 家田仁, 岩倉成志, 平田輝満, 柳沼秀樹: 「熊本地震広域交通ネットワークの被災の特性と復旧・復興・今後のあり方」, 土木計画学・熊本地震調査報告, 2016年5月.
- 6) 桑原雅夫, 原祐輔, 三谷卓摩, 川崎洋輔, 竹之内篤, 井料隆雅, 浦田淳司: 熊本地震都市内交通の被害と提言, 土木計画学・熊本地震調査報告, 2016年5月.
- 7) 溝上章志: 「熊本市圏における道路交通パターンと公共交通運行・利用の実態」, 日本都市計画学会九州支部・熊本地震調査報告書, 29-37, 2018. 2
- 8) 宇佐美誠史, 寺内義典, 川上洋司, 本多義明: 「災害時の道路網評価における道路の強弱性に関する研究」, 土木計画学研究・論文集, No15, 713-720, 1998. 9
- 9) 飯田恭敬, 若林拓史, 福島博: 「道路網信頼性の近似解析方法の比較研究」, 土木学会論文集, 第 407 号/IV-11, 107-116,

1989

- 10) 若林拓史, 飯田恭敬, 井上陽一: 「シミュレーションによる道路網の交通量変動分析とリンク信頼度推定法」, 土木学会論文集, No458/IV-18, 35-44, 1993. 1
- 11) 倉内文孝, 宇野伸宏, 夏皓清, 葉光毅: 「台湾道路ネットワークにおける接続脆弱性解析とその活用」, 第 42 回土木計画学研究発表会・講演集, 2010
- 12) 瀬戸裕美子, 倉内文孝, 宇野伸宏: 「脆弱性の概念を用いた道路網接続性評価に関する研究」, 第 37 回土木計画学研究・講演集, 2008
- 13) 外井哲志, 大枝良直, シュタイナー木による緊急輸送道路ネットワークの構成に関する考察, 第 58 回土木計画学研究発表会・講演集 147, 2018. 11
- 14) 国土審議会政策部会防災国土づくり委員会, 災害に強い国土づくりへの提言 ~減災という発想にたった巨大災害への備え~, 平成23年7月
- 15) 苦瀬博仁: ロジスティクスからみた被災地への緊急支援物資供給と産業復興計画の課題 (特集 東日本大震災後の物流サービスの再構築), 運輸と経済 72 (3), pp. 15-21, 2012
- 16) 宮下侑子, 福本潤也: 東日本大震災における支援物資の流動実態の解明, 土木計画学研究・講演集 45, 2012.
- 17) 苦瀬博仁: 矢野裕児: 市民を兵糧攻めから守る「災害のロジスティクス計画」, 都市計画, pp. 87-90, 2011.
- 18) 土木計画学研究委員会物流調査団: 熊本地震物流被害と対策と提言, 土木計画学・熊本地震調査報告, 2016年5月.
- 19) 山本慎二: 熊本地震の災害支援物資対策と今後の課題について, 運輸政策研究, pp. 023-028, 2016.
- 20) 伊藤秀行: 南海トラフ巨大地震における政府調達物資供給計画の実行可能性の検討, 実践政策学, 第 3 巻 1 号, 2017.
- 21) 星野裕志: 災害時の救援物資の輸送と被災者への対応, 九州うんゆジャーナル, vol. 107, pp. 43-48, 2016
- 22) 西脇文哉, 畑山満則, 伊藤秀行: 熊本地震における緊急輸送物資の計画と実態に関する考察, 第 55 回土木計画学研究・講演集, 2017
- 23) 胡雨吟, 外井哲志, 新垣孝宗, 大枝良直: 熊本地震における通行止めが九州の広域道路網の機能低下に及ぼした影響とその回復過程に関する研究, 都市計画論文集, Vol. 53 No. 3, 2018.
- 24) 防災情報のページ-内閣府 <http://www.bousai.go.jp/>
- 25) 熊本県防災情報ホームページ <http://cyber.pref.kumamoto.jp/bousai/>
- 26) 胡雨吟, 外井哲志, 新垣孝宗, 大枝良直, 熊本地震における中小輸送事業者による救援物資の輸送実態及び輸送経路の把握, 日本都市学会年報, VOL. 52, 2019.
- 27) 国土交通省道路局, 都市・地域整備局: 費用便益分析マニュアル, 平成 20 年 11 月.

(2019. 10. 4 受付)