

都市間交通におけるリンク途絶による影響分析

中川 拓朗¹・鈴木 康平²・金子雄一郎³

¹学生会員 日本大学大学院理工学研究科修士課程土木工学専攻 (〒101-8308 千代田区神田駿河台1-8-14)
E-mail:csta16014@g.nihon-u.ac.jp

²非会員 元日本大学理工学部土木工学科

³正会員 日本大学教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 千代田区神田駿河台1-8-14)
E-mail:kaneko@civil.cst.nihon-u.ac.jp

2011年3月に発生した東日本大震災では、東北新幹線の運休に伴って首都圏と東北圏間の移動性が大きく低下したが、航空や高速バスの増発等により一定の輸送量を確保した。このことから、災害によっていずれかの交通手段が利用不能となった場合においても、交通ネットワーク全体としての機能が喪失しないように、代替性を確保しておくことが重要である。本研究では、今後発生が想定されている南海トラフ巨大地震を対象に、基幹交通機関である東海道新幹線が途絶した場合の影響分析するとともに、新幹線の利用者を対象とした意識調査を実施し、震災時における行動変化等を把握した。その結果、新幹線の途絶による影響を都道府県単位で定量的に把握するとともに、震災時に発生が想定される都市間需要の特性について、一定の知見を得た。

Key Words : *inter-city transportation, link disruption, tokaido shinkansen*

1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災では、東北新幹線が約1ヶ月にわたり運休したため、首都圏と東北圏間の移動性は大きく低下した。一方、震災直後から航空や高速バスの増便あるいは臨時便が設定されたことで、首都圏と東北圏間の輸送量を一定程度確保したことが報告されている¹⁾。このことから、大規模震災によっていずれかの交通手段が利用不能となった場合においても、交通ネットワーク全体としての機能が完全に喪失しないように、あらかじめ代替性を確保しておくことが重要である。このことは、2014年に策定された中央防災会議の大規模地震防災・減災対策大綱や2015年に閣議決定した国土形成計画においても指摘されているところである。

都市間交通ネットワークを構成するリンク群が、震災に伴って途絶することによる影響を分析した既往研究として、黒田ら²⁾は、阪神淡路大震災における新幹線等の鉄道の寸断によるOD減少数を求めることで、航空の鉄道に対する代替機能の効果を把握しており、谷口ら³⁾は、新幹線の途絶により潜在航空旅客に及ぼす負荷が非常に大きいことを定量的に提示している。また、浅見⁴⁾は、東海道新幹線の長期不通による利用者への損失評価や、代替ルート構築によるリンク途絶時の社会的損失緩和を評価している。さらに奥村⁵⁾らは、都市間の交通ネット

ワークの機能を維持する上で、強靱化の効果が大きいリンクを見だし、順序付けを行うための数理計画モデルの提案している。

震災時における都市間交通のあり方を検討する際には、これらの既往研究の知見を踏まえつつ、実態に即した分析を行うことが重要である。具体的には、鉄道の代替手段となり得る航空や高速バスの活用による効果を把握したうえで、平常時とは異なる震災時の移動需要を考慮した輸送計画を策定する必要がある。このような視点から、震災時における都市間交通の移動量や移動目的などの需要特性について言及した既往研究は、東日本大震災時の行動を対象に事後的な調査を実施した著者ら⁶⁾の研究以外には存在しない。

以上を踏まえて本研究では、今後発生が想定されている南海トラフ巨大地震を対象に、東西間の基幹交通機関である東海道新幹線が途絶した場合の交通サービスへの影響と代替交通手段の確保による効果について、国土交通省の総合交通分析システム(NITAS)を用いて分析する。その上で、首都圏在住者で東海道新幹線を利用して中部・関西方面へ業務で出張した人を対象に意識調査を実施し、平常時の出張回数やその内容、新幹線の乗降車駅を把握するとともに、大規模地震の発生によって新幹線が長期間運休した場合の行動を把握することで、今後の震災対策に資する知見を得ることを目的とする。

2. 東海道新幹線の途絶による影響分析

(1) 分析の方法

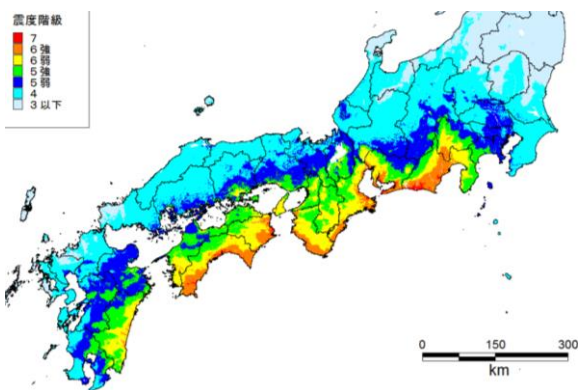
本研究では、南海トラフ巨大地震の発生によって東西間の基幹交通機関である東海道新幹線が運休した場合の交通サービスへの影響を、国土交通省の総合交通分析システム（以下、NITASと表記）の経路探索機能を用いて分析する。具体的には、最も被害を受けると想定されている地域（図-1参照）を参考に、①三島～名古屋間、②名古屋～新大阪間、③三島～新大阪間が途絶した場合の影響を分析する。これらの途絶区間を図-2に示す。

(2) 分析の前提条件

分析の前提条件について、次のとおり設定する。対象地域は全国とし、起終点は各都道府県庁とする。都市間交通ネットワークを構成する交通手段は、航空、鉄道、高速バス、自動車（アクセス・イグレスのみ）とする。なお、震災時において、東海道新幹線以外の交通機関は、在来線を含めて運行されるものと仮定する。

各交通機関の運賃や所要時間は、2015 年度末時点のネットワークを対象に、NITAS の経路探索機能を用いて求める。NITASにおける利用交通機関は、鉄道・高速バスを利用する「鉄道モード」と、航空・鉄道・高速バスを利用する「航空+鉄道モード」の2パターンとする。

経路探索時に必要となるパラメータは、既存資料を参考に設定する。時間評価値については、国土技術政策総合研究所「航空需要予測について」において構築された交通機関選択モデルのパラメータ推定結果（業務目的）に基づく 4,193 円/時⁸⁾を用いる。また、ガソリン代の燃費については、国土交通省「ガソリン乗用車の JC08 モード燃費平均値の推移」（平成 25 年度）に記載の 21 km/l⁹⁾を、ガソリン代の単価は資源エネルギー庁「石油製品小売市況調査（都道府県別）」の平成 27 年 11 月の全国平均値（レギュラー）である 131 円/l¹⁰⁾を用いる。



出典：内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」

図-1 南海トラフ地震の想定震度分布

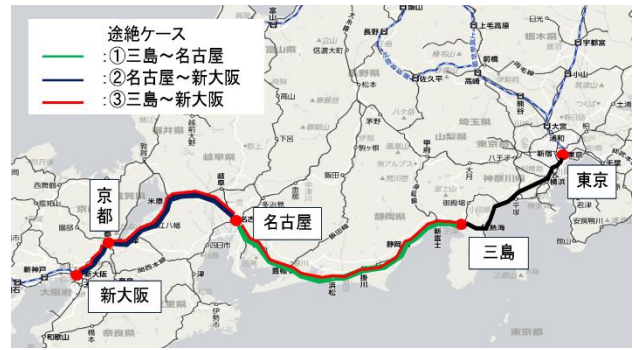


図-2 ケース毎の途絶区間

(3) 一般化費用の変化

(2)で示した前提条件の下、ケース毎に平常時及び東海道新幹線途絶時の一般化費用の差分を算出した結果を図-3に示す。これより各ケースとも、鉄道・高速バスを利用する「鉄道モード」が、航空・鉄道・高速バスを利用する「航空+鉄道モード」を大きく上回っていることがわかる。このことは、航空が途絶による一般化費用の増分の緩和に大きく寄与していることを示したものである。また、ケース間では、途絶延長の長いケース③（三島～新大阪間）の値が最も高く、次いでケース①（三島～名古屋間）、ケース②（名古屋～新大阪間）の順となっている。

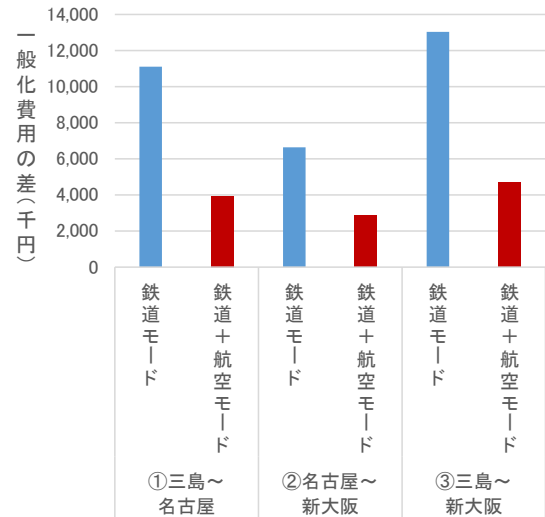


図-3 NITASによる各種指標の算定結果

(4) 都道府県別の影響分析

(3)で算出した東海道新幹線の途絶による都道府県間の一般化費用の増分について、発地ベースで集計した結果を図-4に示す。この数値が大きいほど、東海道新幹線の途絶によって他県等へのアクセシビリティが大きく低下していることを示している。図より、3ケースとも静岡県の値が最も高くなっているが、これは東海道新幹線以外の交通機関を利用した場合の時間や費用の増加が

大きいためである。特に静岡空港を発着する航空路線が少ないことが、大きく影響しているものと考えられる。

一方、都道府県間の一般化費用の増分に需要を乗じたものを図-5に示す。なお、需要については、第5回全国幹線旅客純流動調査（2010年）の都道府県間流動表（出発地～目的地、年間）の値（公共交通（航空・鉄道・バス）のみ）を用いる。図より、平常時の需要量が多い三大都市圏（東京都、神奈川県、愛知県、京都府、大阪府）を中心に高い値となっていることがわかる。

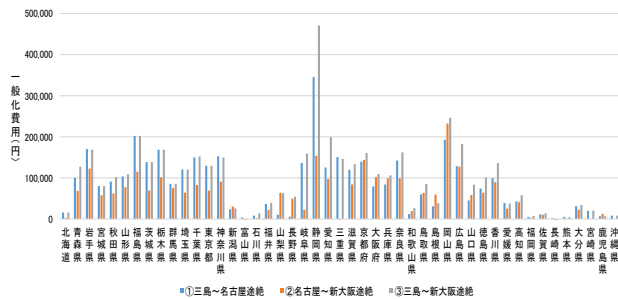


図-4 都道府県別の一般化費用の増分（発地ベース）

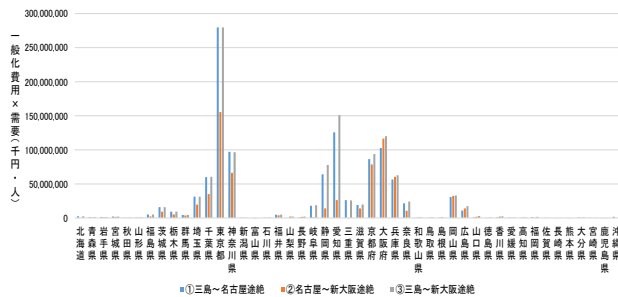


図-5 都道府県別の一般化費用の増分（需要で重み付け）（発地ベース）

3. 意識調査による東海道新幹線の途絶時における行動把握

(1) 調査の概要

2章において、東海道新幹線の途絶による影響は、需要規模を考慮した場合、首都圏をはじめとした三大都市圏を中心に大きいことが示された。一方で、東海道新幹線を利用した三大都市圏間の流動に着目した場合、平常時の流動量や移動目的は全国幹線旅客純流動調査等によって把握可能であるが、震災時においては、観光及び私用、緊急性の低い出張などの移動が取り止めになる一方、安否や被災状況の確認、応急復旧や業務支援等を目的とした移動が発生することが想定される。このうち、一定割合を占めるとされる業務支援等による移動の発生状況を事前に把握しておくことは、震災時の各交通機関の輸送計画を策定する上で、有用性が高いと考えられる。

そこで本研究では、首都圏在住者のうち、東海道新幹線を利用して中部・関西方面へ業務で出張した人を対象に、平常時の出張先や出張内容、大規模震災の発生によって長期間運休となった場合の行動について把握する。

調査の概要は表-1に示すとおりである。調査項目は、1) 平常時の出張内容、2) 新幹線が終日運休となった場合の行動、3) 新幹線が長期間運休となった場合の行動、4) 個人属性である。また、調査の回答者の属性を表-2に示す。性別は男性が多く、年齢は30代から40代が中心、職種は管理的職業従事者、専門的・技術的職業従事者、事務従事者が多く、業種は製造業、サービス業が多い。

表-1 意識調査の概要

調査期間	2016年2月15日～21日（スクリーニング調査及び本調査）
調査対象	首都圏（1都3県）在住で2015年1月～12月に東海道新幹線を利用して中部・関西方面へ業務で出張したモニター
サンプル数	800部（楽天リサーチのモニター）
調査項目	1) 平常時の出張内容 出張回数、直近の出張時期、新幹線の乗降駅、出張内容 2) 新幹線が終日運休となった場合の行動 出張継続の有無、代替交通手段、再出張時期 3) 新幹線が長期間運休となった場合の行動 出張先への訪問の有無、訪問内容、代替交通機関 4) 個人属性 性年齢、職種、業種、居住地及び勤務先（市区町村）

表-2 意識調査の回答者の属性

性別	男性 622 (77.8%)	女性 178 (22.3%)				
年齢	20歳代 56 (7.0%)	30歳代 210 (26.3%)	40歳代 267 (33.4%)	50歳代 138 (17.3%)	60歳代以上 129 (16.1%)	
居住地	東京都 391 (48.9%)	神奈川県 182 (22.8%)	埼玉県 100 (12.5%)	千葉県 127 (15.9%)		
職種	管理的職業従事者 173 (21.6%)	専門的・技術的職業従事者 220 (27.5%)	事務従事者 225 (28.1%)	販売従事者 111 (13.9%)	サービス職業従事者 42 (5.3%)	保安職業従事者 4 (0.5%)
	農林漁業従事者 0 (0.0%)	生産工程従事者 9 (1.1%)	輸送・機械運転従事者 0 (0.0%)	建設・探掘従事者 10 (1.3%)	運搬・清掃・包装等従事者 3 (0.4%)	その他 3 (0.4%)
	農業・林業 0 (0.0%)	鉱業等 1 (0.1%)	建設業 42 (5.3%)	製造業 269 (33.6%)	電気・ガス・熱・水道業 5 (0.6%)	情報通信業 73 (9.1%)
業種	運輸業・郵便業 16 (2.0%)	卸売業・小売業 94 (11.8%)	金融業・保険業 44 (5.5%)	不動産業・物品賃貸業 12 (1.5%)	学術研究・専門業等 34 (4.3%)	宿泊業・飲食店 4 (0.5%)
	生活関連サービス業・娯楽業 10 (1.3%)	教育・学習支援業 27 (3.4%)	医療・福祉 29 (3.6%)	サービス業 122 (15.3%)	公務 18 (2.3%)	

(2) 平常時の東海道新幹線を利用した出張の内容

東海道新幹線を利用した平常時の出張内容を示したのが表-3である。これより顧客・取引先の訪問が41.4%、本社・支社・支店・工場等の訪問が30.9%であり、自社及び顧客関連の出張が全体の約7割を占めていることがわかる。また、出張時の乗降駅は表-4に示すとおりであり、乗車駅では東京が、降車駅では名古屋と新大阪が多くなっている。

表-3 東海道新幹線を利用した出張の内容（平常時）

出張内容	人数	割合
本社・支社・支店・工場などの訪問	247	(30.9%)
顧客・取引先の訪問	331	(41.4%)
営業活動	61	(7.6%)
建設・土木等の監督	8	(1.0%)
視察・取材	15	(1.9%)
研修・セミナーへの参加	47	(5.9%)
大会・学会・コンベンションへの参加	22	(2.8%)
見本市・展示会への参加	14	(1.8%)
接待旅行・講演や演奏会の開催・出演	21	(2.6%)
ツアー・添乗	2	(0.3%)
有給の研究・教育・調査活動	8	(1.0%)
その他	24	(3.0%)
計	800	(100.0%)

注：出張内容は、観光庁「旅行・観光産業の経済効果に関する調査研究」、2015を参照して設定。

表-4 平常時の出張における東海道新幹線の乗降駅

乗車駅	人数	割合	降車駅	人数	割合	降車駅	人数	割合
東京	482	(60.3%)	三島	16	(2.0%)	三河安城	6	(0.8%)
品川	150	(18.8%)	新富士	13	(1.6%)	名古屋	236	(29.5%)
新横浜	153	(19.1%)	静岡	30	(3.8%)	岐阜羽島	5	(0.6%)
小田原	15	(1.9%)	掛川	8	(1.0%)	米原	6	(0.8%)
			浜松	21	(2.6%)	京都	99	(12.4%)
			豊橋	17	(2.1%)	新大阪	343	(42.9%)

(3) 東海道新幹線が終日運休となった場合の行動

震災時の行動を調査する前段として、まず、輸送障害等による短期的な運休時を想定した行動について把握する。具体的には、出張の当日、東海道新幹線が終日運転見合せとなった場合の行動について尋ねることとする。その結果は表-5 に示すとおりであり、全体の 48.1%が別の交通機関で出張先へ向かうと回答し、36.9%が別の日に出張すると回答している。

ここで、上述の別の交通機関の内訳を示したのが表-6 である。航空という回答が 74.8%と最も多く、空港別の内訳では、伊丹空港の割合が高い。この結果を平常時の新幹線の降車駅別に集計したのが図-6 である。これより新大阪及び京都では伊丹空港や関西空港の利用が、名古屋では中部国際空港の利用がそれぞれ多いことがわかる。一方、静岡など東京から比較的近距离の駅では、在来線や高速バスの利用が見られる。

また、変更後の出張時期の内訳を示したのが表-7 である。翌日～2日後が 51.5%と最も多く、次いで 1週間後が 27.5%，3～4日後が 12.2%となっている。

なお、出張目的と運休時の行動との関係を示したのが図-7 である。出張の内容として多く挙げられた自社の支店等への訪問と取引先への訪問については、別の交通機関での移動と別の日の出張がほぼ同じ割合である。また、研修・セミナー、見本市・展示会への参加については、開催日が限定されていることから、別の交通機関での移動の割合が高くなっている。

表-5 東海道新幹線の終日運休に伴う行動変化

運休に伴う行動変化	人数	割合
別の交通機関で出張先へ向かう	385	(48.1%)
別の日に出張する	295	(36.9%)
出張自体を取り止める	112	(14.0%)
その他	8	(1.0%)
計	800	(100.0%)

表-6 代替交通機関の内訳

代替交通機関	人数	割合
航空（中部国際空港）	37	(9.6%)
航空（伊丹空港）	199	(51.7%)
航空（関西国際空港）	49	(12.7%)
航空（神戸空港）	3	(0.8%)
在来線（JR東海道本線）	44	(11.4%)
在来線（JR中央本線）	2	(0.5%)
北陸新幹線	1	(0.3%)
高速バス	29	(7.5%)
社用車	9	(2.3%)
自家用車	10	(2.6%)
その他	2	(0.5%)
計	385	(100.0%)

表-7 変更後の出張時期の内訳

出張時期	人数	割合
翌日～2日後	152	(51.5%)
3～4日後	36	(12.2%)
1週間後	81	(27.5%)
2週間後	17	(5.8%)
1ヶ月後	5	(1.7%)
それ以上先	4	(1.4%)
計	295	(100.0%)

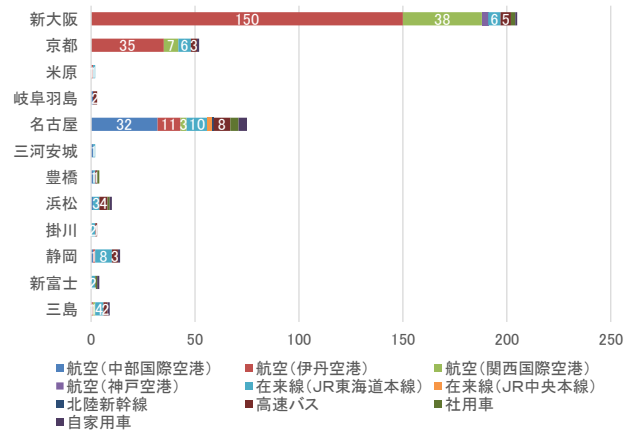


図-6 平常時の降車駅と代替交通機関との関係

(4) 東海道新幹線が長期間運休となった場合の行動

次に、南海トラフ巨大地震等の大規模地震の発生によって、東海道新幹線が長期間（1ヶ月～2ヶ月程度）運休した場合の想定行動について把握する。質問では、出張先の都市が被災し業務が中断している段階（応急復旧期）と出張先の都市機能が復旧し、業務が開始した段階（復興準備期）の2つに区分した上で、出張先を訪問する可能性の有無や訪問する場合の目的及び利用する代替交通機関について尋ねた。

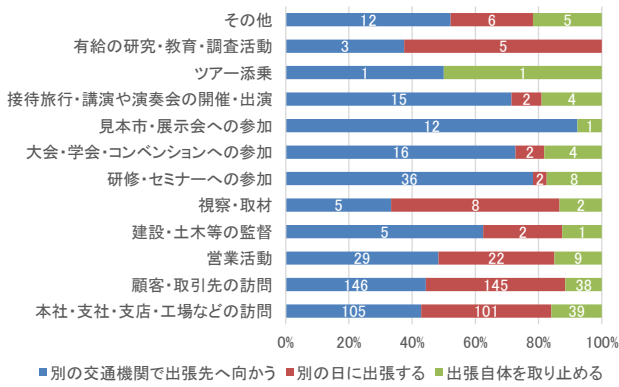


図-7 出張目的と行動の関係

まず、時期別の震災時における訪問可能性の有無を図-8 に示す。これより応急復旧期は 58.6%（「あると思う」、「多分あると思う」の合計）、復興準備期は 77.6%（同上）であり、復興準備期の方が出張先を訪問する可能性が高いことがわかる。また、訪問可能性がある場合の利用交通機関を図-10 に示す。応急復旧期及び復興準備期とも航空を利用する割合が高く、震災時の重要な代替交通機関であることが、あらためて確認された。

なお、応急復旧期に想定される訪問理由については、図-10 に示すとおり、顧客のお見舞いや業務支援が最も多く、次いで、支店等の被災状況の確認や支店等の従業員の安否確認が挙げられた。

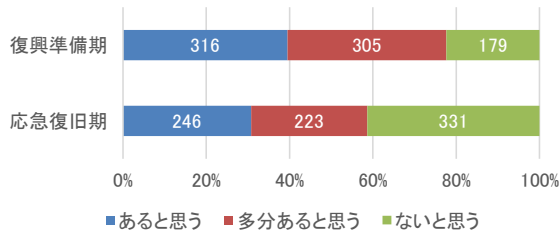


図-8 震災時における訪問可能性の有無

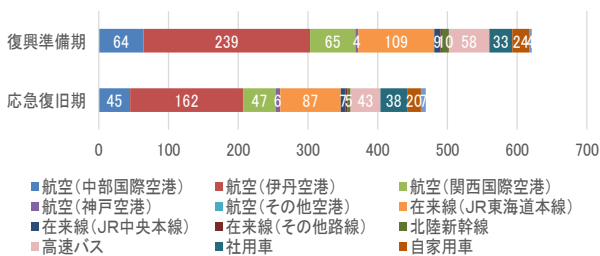


図-9 訪問可能性がある場合の利用交通機関

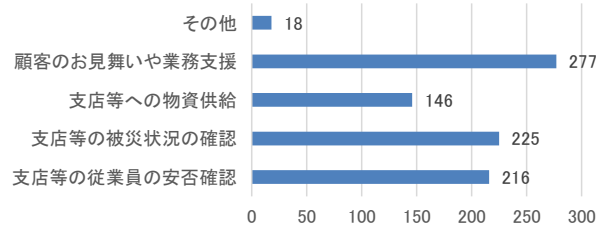


図-10 想定される訪問理由(応急復旧期)

4. おわりに

本研究では、大規模震災の発生によって東海道新幹線が途絶した場合の都市間交通サービスへの影響について、複数の交通機関を考慮した分析を行うとともに、新幹線利用者を対象とした意識調査を実施し、震災時における行動変化などを把握した。その結果、途絶による影響を都道府県単位で定量的に把握するとともに、震災時に発生が想定される都市間交通の需要特性について、一定の知見を得た。主な結論は次のとおりである。

第一に、東海道新幹線の途絶による都道府県間の一般化費用の増分について、発地ベースで見た場合、沿線である静岡県が最も高い値であること、また、一般化費用を需要で重み付けをした指標の増分については、平常時の需要量が多い三大都市圏を中心に高い値を示すことがわかった。なお、いずれの場合も、航空が一般化費用の増分を緩和していることが確認された。

第二に、東海道新幹線を利用した平常時の出張内容については、顧客・取引先の訪問が約 4 割、支店・工場等の訪問が約 3 割であり、顧客及び自社関連の出張が全体の約 7 割を占めていることがわかった。

第三に、大規模震災時を想定した場合の上述の訪問先への移動可能性について、応急復旧期における訪問可能性は全体の約 6 割であり、内容としては顧客のお見舞いや業務支援、支店等の従業員の安否確認や物資供給が多いこと。一方、復興準備期になると、訪問可能性は約 8 割に上昇することがわかった。また、いずれの場合も、代替交通機関として航空の利用が高い傾向が見られた。

今後の課題として、リンク途絶の影響分析については、2027 年に開業予定である中央新幹線を考慮した影響分析を行う必要がある。また、震災時における行動と産業や業種との関係を分析すること、中部・関西方面から首都圏への出張について同様の調査を行うこと、以上を踏まえた大規模震災時における都市間移動需要の推計方法を検討することなどが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究 B（代表：奥村誠東北大学教授）（課題番号 25289157）の支援

を受けて実施したものである。また、研究を進める上で、茨城大学の平田輝満准教授には有益なコメントをいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 金子雄一郎, 兵藤哲朗: 東日本大震災による交通システムの機能障害の発生状況と復旧について, 日本都市計画学会誌「都市計画」291号, pp.82-86, 2011.
- 2) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 正木智也, 長生武志: 兵庫県南部地震後における中・長距離旅客流動に関する分析, 土木計画学シンポジウム「阪神・淡路大震災に学ぶ—土木計画学からのアプローチ—」, pp.451-458, 1997.
- 3) 谷口守, 阿部宏史, 清水健夫: 潜在的な航空旅客負荷にみる新幹線途絶による影響の基礎的検討, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.4, pp.661-666, 2001.
- 4) 浅見均: 代替ルート構築によるリンク途絶時の社会的損失緩和—東海道新幹線を例として, 運輸政策研究, Vol.7(2), pp.30-36, 2004.
- 5) 浅見均: 東海道新幹線の長期不通時における利用者損失の評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.4, pp.729-735, 2001.
- 6) 奥村誠, Tirtom Huseyin, 山口裕通, Das Rubel: 都市間交通ネットワークの強靱化計画モデル, 土木計画学・研究講演集, Vol.50, CD-ROM, 2014.
- 7) 金子雄一郎, 相沢圭俊, 荒谷太郎: 東日本大震災後の都市間交通の状況と需要特性に関する研究, 第 33 回交通工学研究発表会論文集, pp.245-250, 2013.
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 航空需要予測について.
<<http://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kukou/keikaku/juyou1.html>>
- 9) 国土交通省: ガソリン乗用車の JC08 モード燃費平均値の推移 (平成 25 年度).
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr10_000024.html>
- 10) 資源エネルギー庁資源・燃料部石油流通課「石油製品小売市況調査 (都道府県別)」の平成 27 年 11 月の全国平均値 (レギュラー).
<http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1>

IMPACT ANALYSIS IN THE CASE OF LINK DISRUPTION IN INTER-CITY TRANSPORTATION

Takuro NAKAGAWA, Ko-hei SUZUKI and Yuichiro KANEKO